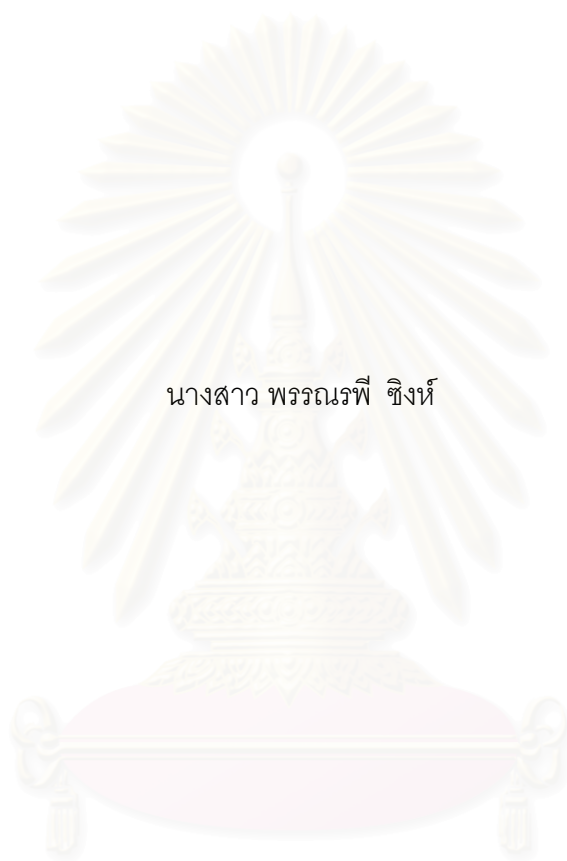


การศึกษาเปรียบเทียบภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของดีโซฮอล์ในเครื่องยนต์ CI



นางสาว พรรณรพี ชิงห์

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

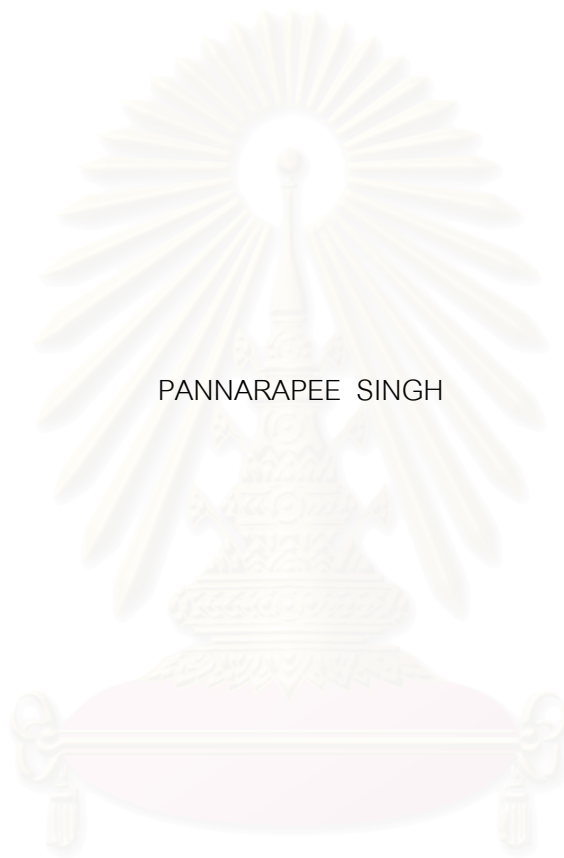
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3540-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARATIVE STUDIES OF VISUALIZED DIESEL COMBUSTION PHENOMENA IN CI ENGINE



PANNARAPEE SINGH

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-3540-5



พรรณรพี ชิงห์ : การศึกษาเปรียบเทียบภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของดีเซลฮอลในเครื่องยนต์ CI (COMPARATIVE STUDIES OF VISUALIZED DIESEL COMBUSTION PHENOMENA IN CI ENGINE) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร , 410 หน้า. ISBN 974-17-3540-5.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปรากฏการณ์การเผาไหม้ของดีเซลฮอลในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบมีอากาศหมุนจากภาพที่ถ่ายด้วยระบบ endoscope

การศึกษานี้ได้นับเป็นครั้งแรกในโลกที่แสดงให้เห็นรายละเอียดครอบคลุมปรากฏการณ์ของสเปย์ดีเซล การติดและการลามของเปลวไฟ ตลอดจนการวิเคราะห์ผลของภาพถ่ายในรูปการแจกแจงความน่าจะเป็นของปรากฏการณ์เปลวไฟ การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟ และการแจกแจงความเข้มข้นของเขม่าด้วยวิธี two-color method ขณะเครื่องยนต์มีความเร็วคงที่ตาม ECE-15 พร้อมเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์การปลดปล่อยความร้อนที่วัดได้จากข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้

จากผลการศึกษานี้สรุปได้ว่าการใช้ดีเซลฮอลจะให้ระยะฟุ้งที่ยาวกว่าและมีมุมสเปย์ที่กว้างกว่าดีเซล การฉีดที่ช้ากว่าของดีเซลฮอลส่งผลให้เห็นเปลวไฟเริ่มต้นและสิ้นสุดช้ากว่า โดยที่มีช่วงเวลากการเผาไหม้ไม่แตกต่างจากดีเซลนัก

ปรากฏการณ์การเผาไหม้ของดีเซลฮอลมีพฤติกรรมคล้ายคลึงกับเชื้อเพลิงดีเซล แม้ว่าจะมีความแปรปรวนสูงกว่า ให้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าและมีความเข้มข้นของเขม่าต่ำกว่าดีเซล และสามารถสรุปได้ว่าปรากฏการณ์การเผาไหม้ที่สังเกตได้จากแนวโน้มของการพัฒนาอุณหภูมิเปลวไฟซึ่งวิเคราะห์จากภาพถ่ายนี้เป็นไปในทิศทางที่สอดคล้องกับการปลดปล่อยความร้อนที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้

ภาควิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล.....ลายมือชื่อนิสิต.....  
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ปีการศึกษา.....2546.....



# # 4370406021 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: INDIRECT INJECTION / DIESEL / DIESOHOL / COMBUSTION / VISUALIZATION /  
SPRAY PHENOMENA / COMBUSTION PHENOMENA

PANNARAPEE SINGH : COMPARATIVE STUDIES OF VISUALIZED DIESOHOL  
COMBUSTION PHENOMENA IN CI ENGINE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF.  
KANIT WATTANAVICHIEEN, Ph.D., 410 pp. ISBN 974-17-3540-5.

This work aims to investigate the combustion phenomena of diesohol in a swirl chamber of IDI engine using the images taken by endoscopic system.

This study, first time in the world, reveals detailed diesohol spray phenomena, spray combustion and probability distribution of flame. Two-color method was also employed to estimate the distribution of flame temperature and soot concentration under ECE-15 constant engine speed steady state test conditions. Results have been compared with heat release that estimated from in-cylinder pressure information.

The results show that diesohol has longer spray penetration as well as wider spray angle than diesel fuel. The delay of diesohol injection timing results in the late end of combustion. However, similar period of burn duration has been observed. Characteristics of diesohol combustion phenomena is similar to diesel fuel but higher cycle-by-cycle variation, lower flame temperature and lower soot concentration compared to diesel fuel. It can also be concluded that the development trend of flame temperature from observed combustion phenomena agree well with the heat release information.

Department.....Mechanical Engineering... Student's Signature.....

Field of study.....Mechanical Engineering... Advisor's Signature.....

Academic year .....2003.....

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง ที่ได้คำแนะนำ และช่วยเหลือในด้านต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนลุล่วงไปด้วยดี

ขอแสดงความขอบคุณ Mr. Peter Werlberger เป็นอย่างสูง ที่ได้ช่วยแนะนำวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบและการใช้โปรแกรม ขอขอบคุณคุณพิสุทธิ ธนบดีภัทร์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านการติดตั้งเครื่องยนต์และอุปกรณ์ต่างๆ, ด้านเทคนิคต่างๆ, การทดสอบ และการเก็บข้อมูล การทดลอง ขอขอบคุณคุณพิชญ์ ปริญาจารย์, คุณเทอดศักดิ์ ชัยสุริยะพันธ์, คุณวิสุทธิ กวยรักษา, คุณวิรุทธิ์ เกื้อกิตติวงศ์, คุณจักรภาพ นาครฤทธิ์ และคุณกาญจน์ ร่มพล ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านการติดตั้งเครื่องยนต์, การทดสอบ, การเก็บข้อมูล และในส่วนปลีกย่อยอื่นๆ ขอขอบพระคุณคุณแสวง เกตุนาถ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ ในการติดตั้งเครื่องยนต์และการทดสอบ ขอขอบคุณคุณเลิศ เพียรอภิธรรม ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการใช้งานโปรแกรมการพิมพ์ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาทางด้านเทคนิคต่างๆเกี่ยวกับเครื่องยนต์ รวมถึงเพื่อนนิสิตปริญญาโท, รุ่นน้องและรุ่นพี่ที่สำเร็จการศึกษาแล้วทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณบุคคลท่านอื่นๆที่มีส่วนเกี่ยวข้องซึ่งอาจไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติ ที่ให้การสนับสนุนทางการศึกษาและให้กำลังใจเสมอมาจนผู้เขียนวิทยานิพนธ์สำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

บทที่	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ด
สารบัญคำย่อและสัญลักษณ์ .....	พ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.6 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิจัย.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีเครื่องยนต์ดีเซลและการเผาไหม้.....	5
2.1 ดีเซลและกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด .....	5
2.1.1 กระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด .....	5
2.1.1.1 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง (Direct-Injection or DI Systems) .....	5
2.1.1.2 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม (Indirect-Injection or IDI Systems) .....	5
2.1.2 ไอเสียในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด .....	7
2.1.2.1 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO <sub>x</sub> ) .....	7
2.1.2.2 ไฮโดรคาร์บอน .....	9
2.1.2.3 Particulate Matter .....	10
2.1.2.4 คาร์บอน.....	10

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีเครื่องยนต์ดีเซลและการเผาไหม้ (ต่อ)</b>	
2.2 แบบจำลองเชิงปรากฏการณ์ของการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ จุดระเบิดด้วยการอัด(Phenomenological Model of CI Engine Combustion) .....	11
2.2.1 การศึกษาทางภาพถ่ายของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ CI .....	11
2.2.2 การศึกษาโครงสร้างของดีเซลสเปร์ย์.....	13
2.2.2.1 โครงสร้างสเปร์ย์ทั้งหมด .....	13
2.2.2.2 การแตกตัวเป็นละออง .....	15
2.2.2.3 การฟุ้งของสเปร์ย์.....	16
2.2.2.4 การระเหยของสเปร์ย์ .....	17
2.2.2.5 กระบวนการจุดระเบิดของสเปร์ย์ดีเซล .....	20
2.2.3 การวิเคราะห์การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลโดยวิธีการถ่ายภาพ.....	23
<b>บทที่ 3 ทฤษฎีแอลกอฮอล์และการใช้แอลกอฮอล์ในเครื่องยนต์ CI .....</b>	<b>43</b>
3.1 คุณสมบัติของแอลกอฮอล์ (เอทานอล) .....	43
3.2 การใช้แอลกอฮอล์ในเครื่องยนต์ CI .....	43
3.3 ตัวอย่างงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้แอลกอฮอล์ในเครื่องยนต์ CI.....	45
3.3.1 เลขซีเทนและแนวโน้มของการเกิดควัน.....	45
3.3.2 การพิจารณาในแง่ของอุณหพลศาสตร์ .....	46
3.3.3 NO <sub>x</sub> emission จากเชื้อเพลิงเอทานอลที่ผสมสารปรับปรุงการจุดระเบิด...	47
3.3.4 ความหนาแน่นพลังงานของเอทานอล .....	48
<b>บทที่ 4 ทฤษฎีวิธีการวัดแบบ Two-Color Method.....</b>	<b>49</b>
4.1 การวัดอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นของเขม่า .....	49
4.1.1 นิยามของอุณหภูมิเปลวไฟ .....	49
4.1.2 การคำนวณการแจกแจงอุณหภูมิและเขม่า .....	49

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
<b>บทที่ 4 ทฤษฎีวิธีการวัดแบบ Two-Color Method (ต่อ)</b>	
4.2 ความแม่นยำ .....	55
4.2.1 ผลของการสะสมรวมตัวของเขม่าบน Window .....	55
4.2.2 การสะท้อนที่ผนัง .....	55
4.2.3 ผลของการแจกแจงอุณหภูมิและเขม่าที่ไม่สม่ำเสมอ .....	55
4.2.4 ความแม่นยำโดยรวม .....	56
4.3 การถ่ายภาพเต็มขอบเขตของการแจกแจงอุณหภูมิและเขม่า.....	56
4.3.1 บทนำ.....	56
4.3.2 การวัดอุณหภูมิเต็มขอบเขตโดยใช้กล้องแบบ Solid-State .....	57
4.4 สรุป .....	59
<b>บทที่ 5 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย .....</b>	<b>60</b>
5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	60
5.1.1 เครื่องยนต์.....	60
5.1.2 ไดนาโมมิเตอร์.....	61
5.1.3 เครื่องควบคุมไดนาโมมิเตอร์.....	62
5.1.4 ระบบการถ่ายภาพซึ่งใช้ Endoscopes.....	63
5.1.4.1 CCD Camera .....	63
5.1.4.2 Combustion Chamber Endoscopy.....	64
5.1.4.3 Combustion Chamber Windows.....	64
5.1.4.4 Strobe Gun .....	65
5.1.4.5 Light Unit.....	65
5.1.4.6 Lighting Set .....	65
5.1.4.7 Crank Angle Encoder.....	66
5.1.4.8 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor).....	67
5.1.4.9 ระบบกรองอากาศ (Filter Unit) .....	68
5.1.5 คันเร่งแบบนิวเมติกส์ (Pneumatic Actuator) .....	69
5.1.6 Cooling Water Tank .....	70
5.1.7 PC และ VisioScope Software .....	70

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
<b>บทที่ 5 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย (ต่อ)</b>	
5.1.8 แผนผังโดยรวมของอุปกรณ์ต่างๆในห้องทดสอบ .....	72
5.1.8.1 แผนผังการจัดวางอุปกรณ์.....	72
5.1.8.2 แผนผังการต่อสายไฟ .....	73
5.1.8.3 แผนผังการต่อระบบการถ่ายภาพ.....	74
5.2 เชื้อเพลิงทดสอบ .....	75
5.2.1 ดีเซลอ้างอิง (Reference Diesel) .....	75
5.2.2 เชื้อเพลิงดีโซฮอลล์ .....	75
5.2.3 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงทดสอบ .....	75
5.2.4 คุณสมบัติที่สำคัญของดีโซฮอลล์ที่จะเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์.....	76
5.2.4.1 คุณสมบัติด้านการระเหย (Volatility).....	76
5.2.4.2 เลขซีเทน .....	76
5.2.4.3 จุดวาบไฟ .....	78
5.2.4.4 การหล่อลื่น .....	78
5.2.4.5 ความเสถียรของเชื้อเพลิง .....	78
5.3 การดัดแปลงเครื่องยนต์ .....	79
5.3.1 การติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายภาพในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า.....	79
5.3.2 การปรับเทียบขนาดทางพื้นที่ .....	79
5.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	80
5.4.1 การเลือกจุดทำงาน .....	80
5.4.2 การทดสอบ .....	82
<b>บทที่ 6 ผลการทดสอบ .....</b>	<b>83</b>
6.1 สเปร์ยเชื้อเพลิง .....	83
6.2 ปฏิกิริยาการเผาไหม้และการแจกแจงความน่าจะเป็น.....	120
6.3 การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า.....	191
6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์การเผาไหม้กับการปลดปล่อยความร้อนจาก เชื้อเพลิง (Heat Release), อัตราการปลดปล่อยความร้อน (Heat-Released Rate) และสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ (Mass Fraction Burned).....	244

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
<b>บทที่ 7 อภิปรายผลการวิจัย สรุปผล และข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>279</b>
7.1 อภิปรายผลการวิจัย.....	279
7.1.1 การวิเคราะห์ลักษณะสเปรย์.....	279
7.1.2 การวิเคราะห์ปรากฏการณ์การเผาไหม้และการแจกแจงความน่าจะเป็นของ เปลวไฟที่เผาไหม้.....	280
7.1.3 การวิเคราะห์การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า.....	282
7.1.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์การเผาไหม้กับ อัตราการปลดปล่อยความร้อน (heat-released rate diagram), การปลดปล่อยความร้อน (heat release) และสัดส่วนโดยมวล ที่เผาไหม้ (mass fraction burned).....	284
7.2 สรุปผล.....	285
7.3 ข้อเสนอแนะ.....	286
7.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยนี้.....	286
7.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยที่จะทำต่อไปในอนาคต.....	287
<b>รายการอ้างอิง.....</b>	<b>288</b>
<b>บรรณานุกรม.....</b>	<b>294</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>295</b>
ภาคผนวก ก ข้อมูลการตั้งค่าการถ่ายภาพที่จุดทำงานต่างๆ.....	296
ภาคผนวก ข ข้อมูลการประมวลผลภาพถ่ายด้วยโปรแกรม AVL VisioScope.....	317
ภาคผนวก ค รูปแบบการขับขี่ของ ECE Mode (ECE Mode Driving Pattern).....	385
ภาคผนวก ง สภาวะทางการทดลองและกราฟการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง.....	387
<b>ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....</b>	<b>410</b>



## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2-1 การแปลความหมายของรูปถ่ายสีของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล .....	12
3-1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีทั่วไปของเอทานอลเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล...	44
5-1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ทดสอบ.....	60
5-2 รายละเอียดของระบบฉีดเชื้อเพลิง .....	60
5-3 ข้อมูลทางเทคนิคของ endoscope ชนิด M10.....	64
5-4 ข้อมูลทางเทคนิคของ light unit .....	65
5-5 ข้อมูลทางเทคนิคของ crank angle encoder.....	67
5-6 รายละเอียดของเครื่องอัดอากาศ .....	68
5-7 ข้อมูลทางเทคนิคของ PC .....	70
5-8 คุณสมบัติของเอทานอล .....	76
5-9 คุณสมบัติของดีเซลและดีโซฮอลล์ .....	77
5-10 จุดทดสอบและรายละเอียด .....	81
6-1 ก ลักษณะของสเปร์ยเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา..	84
6-1 ข ลักษณะของสเปร์ยเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	85
6-1 ค ลักษณะของสเปร์ยเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	86
6-1 ง ลักษณะของสเปร์ยเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	87
6-1 จ ลักษณะของสเปร์ยเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm.....	89
6-1 ฉ ลักษณะของสเปร์ยเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm.....	90
6-1 ช ลักษณะของสเปร์ยเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	91
6-1 ซ ลักษณะของสเปร์ยเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2500 rpm, 40 Nm.....	93



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
6-1 ฉ ลักษณะของสเปร์ยเชื้อเพลิงดีเซลและดีไซฮอลล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 20 Nm.....	94
6-1 ญ ลักษณะของสเปร์ยเชื้อเพลิงดีเซลและดีไซฮอลล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm.....	95
6-2 การเปรียบเทียบพัฒนาของสเปร์ยเชื้อเพลิงดีเซลในแต่ละจุดทำงาน.....	97
6-3 การเปรียบเทียบพัฒนาของสเปร์ยดีไซฮอลล์ในแต่ละจุดทำงาน.....	100
6-4 ระยะเวลาสูงสุดและมุมของสเปร์ยสูงสุดที่แต่ละจุดทำงาน.....	119
6-5 ภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลในแต่ละจุดทำงาน.....	121
6-6 ภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของดีไซฮอลล์ในแต่ละจุดทำงาน.....	123
6-7 ก การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็นที่รอบเดินเบา.....	126
6-7 ข การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	127
6-7 ค การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	128
6-7 ง การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	129
6-7 จ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2000 rpm, 50 Nm.....	130
6-7 ฉ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2250 rpm, 10 Nm.....	131
6-7 ช การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	132
6-7 ซ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2500 rpm, 40 Nm.....	133
6-7 ฌ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2750 rpm, 20 Nm.....	134
6-7 ฎ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2750 rpm, 40 Nm.....	135

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
6-8 ก การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็นที่รอบเดินเบา...	136
6-8 ข การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	137
6-8 ค การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	138
6-8 ง การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	139
6-8 จ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2000 rpm, 50 Nm.....	140
6-8 ฉ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2250 rpm, 10 Nm.....	141
6-8 ช การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	142
6-8 ซ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2500 rpm, 40 Nm.....	143
6-8 ฌ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2750 rpm, 20 Nm.....	144
6-8 ฎ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็น ที่ 2750 rpm, 40 Nm.....	145
6-9 ก สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่รอบเดินเบา.....	168
6-9 ข สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	169
6-9 ค สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	170
6-9 ง สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	171

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
6-9 จ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2000 rpm, 50 Nm.....	172
6-9 ฉ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2250 rpm, 10 Nm.....	173
6-9 ช สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	174
6-9 ซ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2500 rpm, 40 Nm.....	175
6-9 ฅ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2750 rpm, 20 Nm.....	176
6-9 ฎ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2750 rpm, 40 Nm.....	177
6-10 ก สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลไฮดรอลิกที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่รอบเดินเบา.....	178
6-10 ข สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลไฮดรอลิกที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	179
6-10 ค สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลไฮดรอลิกที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	180
6-10 ง สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลไฮดรอลิกที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	181
6-10 จ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลไฮดรอลิกที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2000 rpm, 50 Nm.....	182
6-10 ฉ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลไฮดรอลิกที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2250 rpm, 10 Nm.....	183
6-10 ช สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลไฮดรอลิกที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	184
6-10 ซ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลไฮดรอลิกที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2500 rpm, 40 Nm.....	185

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
6-10 ฉ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีไซฮอลต์ที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2750 rpm, 20 Nm.....	186
6-10 ญ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีไซฮอลต์ที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2750 rpm, 40 Nm.....	187
6-11 ก การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่รอบเดินเบา.....	192
6-11 ข การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	194
6-11 ค การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	196
6-11 ง การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	198
6-11 จ การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2000 rpm, 50 Nm.....	200
6-11 ฉ การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2250 rpm, 10 Nm.....	202
6-11 ช การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	204
6-11 ซ การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2500 rpm, 40 Nm.....	206
6-11 ฌ การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2750 rpm, 20 Nm.....	208
6-11 ฎ การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2750 rpm, 40 Nm.....	210
6-12 ก ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า ที่รอบเดินเบา.....	212
6-12 ข ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า ที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	213
6-12 ค ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า ที่ 1000 rpm, 30 Nm .....	214
6-12 ง ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า ที่ 2000 rpm, 30 Nm.. .....	215
6-12 จ ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า ที่ 2000 rpm, 50 Nm .....	216
6-12 ฉ ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า ที่ 2250 rpm, 10 Nm .....	217
6-12 ช ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า ที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	218

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
6-12 ช ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า ที่ 2500 rpm, 40 Nm .....	219
6-12 ฉ ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า ที่ 2750 rpm, 20 Nm .....	220
6-12 ญ ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า ที่ 2750 rpm, 40 Nm .....	221
6-13 การเปรียบเทียบตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงต่างๆของเปลวไฟและช่วงการเผาไหม้ ของดีไซฮอลล์เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล.....	243
6-14 การเปรียบเทียบจุดเริ่มต้นการเผาไหม้และจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ที่ได้จากการวิเคราะห์ ภาพปรากฏการณ์กับอัตราการปลดปล่อยความร้อน.....	277

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
2-1 แผนภาพอัตราการปลดปล่อยความร้อนของเครื่องยนต์ DI ทั่วไป ซึ่งบ่งบอกเฟสการเผาไหม้ดีเซลต่างๆ .....	6
2-2 แผนภาพอัตราการขีดและอัตราการเผาไหม้ในระบบการเผาไหม้ดีเซล naturally aspirated .....	7
2-3 แผนผังสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลที่ได้ नियามตัวแปรหลักๆ .....	13
2-4 ภาพร่างขอบเขตไอรอบนอกของสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลจากภาพถ่ายเงาความเร็วสูง 12 รูปของเครื่องอัดความเร็วสูง .....	14
2-5 แผนผังของสเปรย์เชื้อเพลิงที่ถูกขีดในแนวรัศมีออกจากแกนห้องเผาไหม้เข้าสู่ อากาศหมุน ระบุรูปร่างของการกระจายอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิง/อากาศ ( $\phi$ ) ภายในลำเชื้อเพลิง .....	14
2-6 ภาพถ่ายแสดงปรากฏการณ์เริ่มต้นและสภาวะคงตัวของสเปรย์เหลวความดันสูง.....	15
2-7 (a) ขอบเขตภายนอกที่วัดได้ของสเปรย์ที่ถูกขีดเข้าไปในอากาศหมุน (b) tip penetration ของสเปรย์เป็นฟังก์ชันของเวลาสำหรับอัตราของอากาศหมุนต่างๆ... ..	17
2-8 การเปรียบเทียบฟิล์ม 3 ชนิดระหว่างการระเหยของสเปรย์ (หัวฉีดเดี่ยว) .....	18
2-9 ภาพถ่ายแสดงการพัฒนาของสเปรย์ที่ความดันแวดล้อม $P_a = 1.53$ MPa .....	19
2-10 การพัฒนาของ tip penetration ของสเปรย์ตามเวลา .....	20
2-11 ระยะเวลาฟุ้งของสเปรย์ก่อนการจุดระเบิด .....	21
2-12 รูปภาพโดยละเอียดของสเปรย์เริ่มต้น .....	22
2-13 ระยะเวลาฟุ้งของสเปรย์เชื้อเพลิงเหลวสำหรับกรณีทดสอบมาตรฐาน .....	25
2-14 Flame lift-off สำหรับกรณีทดสอบมาตรฐาน .....	25
2-15 Flame length สำหรับกรณีทดสอบมาตรฐาน .....	25
2-16 ค่าสัมพัทธ์กับคุณสมบัติที่ค่า KL factor ต่างๆ .....	27
2-17 Processing points distribution .....	28
2-18 การเปรียบเทียบกระบวนการเผาไหม้โดย Long Zhang และคณะ .....	29
2-19 การเปรียบเทียบเวกเตอร์ความเร็วเปลวไฟที่คำนวณโดยวิธี cross-correlation โดย Long Zhang และคณะ .....	30
2-20 การเปรียบเทียบคุณสมบัติเปลวไฟโดย Long Zhang และคณะ .....	31



สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
2-21 ชุดของภาพถ่ายขณะใดขณะหนึ่งของสเปรย์ที่ไม่ระเหย, สเปรย์ที่ระเหย, เปลวไฟ S และเปลวไฟ L .....	33
2-22 ภาพถ่ายความเร็วสูงโดยตรงของเปลวไฟ S.....	34
2-23 อัตราการปลดปล่อยความร้อนสำหรับเปลวไฟ S และเปลวไฟ L .....	34
2-24 ภาพวาดแสดงแนวคิดของการก่อตัวของเขม่าในเปลวไฟดีเซล .....	35
2-25 ภาพถ่ายความเร็วสูงโดยตรงของเปลวไฟ.....	36
2-26 ที่มาของระยะยกเข็มหัวฉีด, ความดันในกระบอกสูบ, อัตราการปลดปล่อยความร้อน และ integrated heat release .....	37
2-27 ภาพถ่ายโดยตรง, รูปภาพของอุณหภูมิเปลวไฟและรูปภาพของ KL factor ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบอากาศหมุน .....	39
2-28 ภาพถ่ายโดยตรง, รูปภาพของอุณหภูมิเปลวไฟ และรูปภาพของ KL factor ในห้องเผาไหม้หลัก ( Injection timing : 4°CA BTDC – 8°CA ATDC ).....	40
2-29 ภาพถ่ายโดยตรง, รูปภาพของอุณหภูมิเปลวไฟ และรูปภาพของ KL factor ในห้องเผาไหม้หลัก ( Injection timing : 12°CA BTDC – TDC ) .....	41
2-30 ที่มาของการกระจายของพื้นที่ทุก 100 K ในอุณหภูมิเปลวไฟและพื้นที่ทุก 0.05 ใน KL factor ในห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบอากาศหมุน ช่วงการฉีด : 4°CA BTDC – 8°CA BTDC .....	42
2-31 ที่มาของการกระจายของพื้นที่ทุก 100 K ในอุณหภูมิเปลวไฟและพื้นที่ทุก 0.05 ใน KL factor ในห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบอากาศหมุน ช่วงการฉีด : 12°CA BTDC – TDC.....	42
3-1 Relative air/fuel ratio ( $\lambda$ ) และเลขชี้แทนของ alkanols เทียบกับ normal alkanes .....	45
3-2 วัฏจักรเชื้อเพลิง-อากาศของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดสำหรับการเผาไหม้ดีเซล และเอทานอล.....	47
3-3 NO emission กับอัตราส่วนอากาศ/เชื้อเพลิงสัมพัทธ์สำหรับการใช้งานเชื้อเพลิงดีเซล และเอทานอล.....	48
4-1 Spectral transmissivity curve of secondary filter taking lens, endoscope and edge filter into account .....	51
4-2 Spectral sensitivity ของตัวกรองสีตัวแรกในกล้อง .....	53

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4-3 ค่าสัมพัทธ์กับคุณสมบัติค่า $k_{ks}$ ต่างๆ .....	54
4-4 ความเข้มการแผ่รังสีในแถบสีแดงกับคุณสมบัติค่า $k_{ks}$ ต่างๆ .....	54
4-5 การวางตัวของระบบการวัดแบบ two-color เต็มขอบเขตโดยใช้กล้อง solid-state.....	57
4-6 การติดตั้งการทดลองสำหรับการวัดคุณสมบัติเต็มขอบเขตโดยใช้ fiber optics .....	59
5-1 เครื่องยนต์ทดสอบบนแท่นทดสอบและต่อกับไดนาโมมิเตอร์.....	61
5-2 เครื่องควบคุมไดนาโมมิเตอร์.....	62
5-3 หน้าจอการทำงาน (Operating Panel) ของ BME.....	62
5-4 CCD camera และเลนส์ .....	63
5-5 endoscopes และ combustion chamber window ที่ใช้ในการทดสอบ .....	64
5-6 Light Unit .....	65
5-7 Crank Angle Encoder ที่ต่อเข้ากับเพลลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ทดสอบ.....	66
5-8 วิธีการต่อ Encoder และอุปกรณ์ .....	66
5-9 เครื่องอัดอากาศ.....	67
5-10 อากาศป้อนเข้าที่ปราศจากน้ำมันและฝุ่นสู่อุปกรณ์แบบหล่อเย็น.....	68
5-11 คันเร่งแบบนิวเมติกส์.....	69
5-12 Cooling Water Tank .....	70
5-13 โปรแกรม VisioScope Software .....	71
5-14 แผนผังการจัดวางอุปกรณ์ในห้องทดสอบ .....	72
5-15 แผนผังการต่อสายไฟของเครื่องยนต์ทดสอบ .....	73
5-16 แผนผังการต่อระบบการถ่ายภาพ.....	74
5-17 รูปถ่ายด้านล่างของฝาสูบที่ติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายภาพ .....	79
5-18 ภาพของฝาสูบที่ผ่าออกเพื่อจำลองการปรับเทียบ .....	79
5-19 การปรับเทียบขนาดของห้องเผาไหม้โดยการทำสเกลวัดระยะ .....	80
5-20 แผนภาพของจุดทำงานที่ใช้ในการทดสอบ .....	80
6-1 นิยามของระยะพุ่งที่วัดในการทดสอบนี้.....	102
6-2 ก ระยะพุ่งของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลล์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา.....	103
6-2 ข ระยะพุ่งกระทบของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลล์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm .....	104



สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
6-2 ค ระยะเวลาฟุ้งกระแทบของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm .....	104
6-2 ง ระยะเวลาฟุ้งกระแทบของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm .....	105
6-2 จ ระยะเวลาฟุ้งกระแทบของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm .....	105
6-2 ฉ ระยะเวลาฟุ้งกระแทบของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm .....	106
6-2 ช ระยะเวลาฟุ้งกระแทบของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm .....	106
6-2 ซ ระยะเวลาฟุ้งกระแทบของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2500 rpm, 40 Nm .....	107
6-2 ฌ ระยะเวลาฟุ้งกระแทบของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 20 Nm .....	107
6-2 ฎ ระยะเวลาฟุ้งกระแทบของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm .....	108
6-3 แนวโน้มของค่าระยะเวลาฟุ้งสูงสุดในแต่ละจุดทำงาน.....	108
6-4 ก มุมของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา .....	112
6-4 ข มุมของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm .....	112
6-4 ค มุมของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm .....	113
6-4 ง มุมของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm .....	113
6-4 จ มุมของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm .....	114
6-4 ฉ มุมของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm .....	114
6-4 ช มุมของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm .....	115
6-4 ซ มุมของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2500 rpm, 40 Nm .....	115
6-4 ฌ มุมของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 20 Nm .....	116
6-4 ฎ มุมของสเปร์ยดีเซลและดีโซฮอลต์ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm .....	116
6-5 แนวโน้มของมุมของสเปร์ยสูงสุดในแต่ละจุดทำงาน .....	117

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
6-6 สเกลบอกเปอร์เซ็นต์ของโอกาสเกิดเปลวไฟในภาพการแจกแจงความน่าจะเป็น.....	125
6-7 ก กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของเชื้อเพลิงดีเซลที่รอบเดินเบา.....	147
6-7 ข กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของ เชื้อเพลิงดีเซลที่ 1000 rpm, 20 Nm .....	148
6-7 ค กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของ เชื้อเพลิงดีเซลที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	149
6-7 ง กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของ เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	150
6-7 จ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของ เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2000 rpm, 50 Nm .....	151
6-7 ฉ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของ เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2250 rpm, 10 Nm .....	152
6-7 ช กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของ เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2250 rpm, 20 Nm .....	153
6-7 ซ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของ เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2500 rpm, 40 Nm .....	154
6-7 ฌ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของ เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2750 rpm, 20 Nm .....	155
6-7 ฎ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของ เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2750 rpm, 40 Nm .....	156
6-8 ก กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่รอบเดินเบา .....	157
6-8 ข กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่ 1000 rpm, 20 Nm .....	158
6-8 ค กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่ 1000 rpm, 30 Nm .....	159
6-8 ง กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่ 2000 rpm, 30 Nm .....	160
6-8 จ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่ 2000 rpm, 50 Nm .....	161
6-8 ฉ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่ 2250 rpm, 10 Nm .....	162
6-8 ช กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่ 2250 rpm, 20 Nm .....	163
6-8 ซ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่ 2500 rpm, 40 Nm .....	164

**สารบัญภาพ (ต่อ)**

ภาพประกอบ	หน้า
6-8 ฉ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีไซฮอลล์ที่ 2750 rpm, 20 Nm	..... 165
6-8 ญ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีไซฮอลล์ที่ 2750 rpm, 40 Nm	..... 166
6-9 การแบ่งพื้นที่เป็น 8 ส่วนเพื่อพิจารณาแนวโน้มของทิศทางการเคลื่อนที่ของเปลวไฟ.....	167
6-10 ก ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีเซลที่รอบเดินเบา.....	168
6-10 ข ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีเซลที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	169
6-10 ค ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีเซลที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	170
6-10 ง ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีเซลที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	171
6-10 จ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีเซลที่ 2000 rpm, 50 Nm.....	172
6-10 ฉ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีเซลที่ 2250 rpm, 10 Nm.....	173
6-10 ช ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีเซลที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	174
6-10 ซ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีเซลที่ 2500 rpm, 40 Nm.....	175
6-10 ฌ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีเซลที่ 2750 rpm, 20 Nm.....	176
6-10 ฎ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีเซลที่ 2750 rpm, 40 Nm.....	177
6-11 ก ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีไซฮอลล์ที่รอบเดินเบา.....	178
6-11 ข ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีไซฮอลล์ที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	179

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
6-11 ค ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีไอโซลต์ที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	180
6-11 ง ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีไอโซลต์ที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	181
6-11 จ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีไอโซลต์ที่ 2000 rpm, 50 Nm.....	182
6-11 ฉ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีไอโซลต์ที่ 2250 rpm, 10 Nm.....	183
6-11 ช ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีไอโซลต์ที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	184
6-11 ซ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีไอโซลต์ที่ 2500 rpm, 40 Nm.....	185
6-11 ฌ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีไอโซลต์ที่ 2750 rpm, 20 Nm.....	186
6-11 ฎ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็น ของเปลวไฟดีไอโซลต์ที่ 2750 rpm, 40 Nm.....	187
6-12 สเกลอุณหภูมิของภาพการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟ.....	191
6-13 สเกลความหนาแน่นสัมพัทธ์ของเขม่าของภาพการกระจายความเข้มข้นเขม่า.....	191
6-14 ก สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา.....	223
6-14 ข สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	224
6-14 ค สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	225
6-14 ง สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	226
6-14 จ สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm.....	227

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
6-14 ฉ สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่iongศาข้อเหวียงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm.....	228
6-14 ช สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่iongศาข้อเหวียงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	229
6-14 ซ สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่iongศาข้อเหวียงต่างๆ ที่ 2500 rpm, 40 Nm.....	230
6-14 ฌ สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่iongศาข้อเหวียงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 20 Nm.....	231
6-14 ฉ สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่iongศาข้อเหวียงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm.....	232
6-15 ก สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่รอบเดินเบา.....	233
6-15 ข สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	234
6-15 ค สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	235
6-15 ง สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	236
6-15 จ สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่ 2000 rpm, 50 Nm.....	237
6-16 ฉ สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่ 2250 rpm, 10 Nm.....	238
6-15 ซ สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	239
6-15 ซ สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่ 2500 rpm, 40 Nm.....	240
6-15 ฌ สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่ 2750 rpm, 20 Nm.....	241



สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
6-15 ญ สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวม ที่ 2750 rpm, 40 Nm.....	242
6-16 ก อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา.....	246
6-16 ข อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	247
6-16 ค อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	248
6-16 ง อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	249
6-16 จ อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm.....	250
6-16 ฉ อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm.....	251
6-16 ช อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	252
6-16 ซ อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2500 rpm, 40 Nm.....	253
6-16 ฌ อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 20 Nm.....	254
6-16 ฎ อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm.....	255
6-17 ก ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา.....	257
6-17 ข ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	258
6-17 ค ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	259
6-17 ง ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	260
6-17 จ ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm.....	261
6-17 ฉ ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm.....	262
6-17 ช ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	263
6-17 ซ ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2500 rpm, 40 Nm.....	264
6-17 ฌ ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 20 Nm.....	265
6-17 ฎ ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm.....	266
6-18 ก สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา.....	267
6-18 ข สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm.....	267
6-18 ค สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm.....	268
6-18 ง สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm.....	268
6-18 จ สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm.....	269
6-18 ฉ สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm.....	269

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
6-18 ข สັดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm.....	270
6-18 ข สັดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2500 rpm, 40 Nm.....	270
6-18 ฉ สັดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 20 Nm.....	271
6-18 ฉ สັดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm.....	271
6-19 ก การหาจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ( $^{\circ}$ CA) แบบต่างๆ เทียบกับจุดเริ่มต้นของเปลวไฟ ที่แต่ละจุดทำงานของเชื้อเพลิงดีเซล.....	273
6-19 ข การหาจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ (ms) แบบต่างๆ เทียบกับจุดเริ่มต้นของเปลวไฟ ที่แต่ละจุดทำงานของเชื้อเพลิงดีเซล.....	273
6-20 ก การหาจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ( $^{\circ}$ CA) แบบต่างๆ เทียบกับจุดเริ่มต้นของเปลวไฟ ที่แต่ละจุดทำงานของดีโซฮอล.....	274
6-20 ข การหาจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ (ms) แบบต่างๆ เทียบกับจุดเริ่มต้นของเปลวไฟ ที่แต่ละจุดทำงานของดีโซฮอล.....	274
6-21 ก การหาจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ( $^{\circ}$ CA) เทียบกับจุดสิ้นสุดของเปลวไฟ ที่แต่ละจุดทำงานของเชื้อเพลิงดีเซล.....	275
6-21 ข การหาจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ (ms) เทียบกับจุดสิ้นสุดของเปลวไฟ ที่แต่ละจุดทำงานของเชื้อเพลิงดีเซล.....	275
6-22 ก การหาจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ ( $^{\circ}$ CA) เทียบกับจุดสิ้นสุดของเปลวไฟ ที่แต่ละจุดทำงานของดีโซฮอล.....	276
6-22 ข การหาจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ (ms) เทียบกับจุดสิ้นสุดของเปลวไฟ ที่แต่ละจุดทำงานของดีโซฮอล.....	276
ง-1 กราฟเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลเมื่อเพิ่มความเร็วรอบ.....	409
ง-2 กราฟเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลเมื่อเพิ่มโหลด.....	409

## สารบัญคำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ	คำอธิบาย	หน่วย
$a(\lambda)$	สัมประสิทธิ์การดูดซับเชิงสเปกตรัม	$m^{-1}$
ATDC	หลังจุดศูนย์ตายบน	
(A/F)	อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงจริง	
$(A/F)_{stoi}$	อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สมบูรณ์	kg air / kg fuel
bsfc	Brake specific fuel consumption	mg/J
BMEP	Brake Mean Effective Pressure	Pa
BTDC	ก่อนจุดศูนย์ตายบน	
$c_1$	ค่าคงที่ของ Planck	$Wm^2$
$c_2$	ค่าคงที่ของ Planck	K.m
$d_n$	Fuel-injection-nozzle orifice diameter	
EGR	Exhaust Gas Recirculation	
EOC	จุดสิ้นสุดการเผาไหม้	$^{\circ}CA$
EOI	จุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง	$^{\circ}CA$
$I_{e,\lambda}$	รังสีสเปกตรัม	W/m
$I_{e,\lambda,0}$	เป็นรังสีสเปกตรัมที่จุดเริ่มต้น	W/m
k	ตัวแปรที่ขึ้นกับความเข้มข้นเขม่า	
$k_{ks}$	KL factor	
$k_{opt}$	optical correction factor	
$L_{e, meas}$	ค่าการแผ่รังสีที่วัดได้ทั้งหมด	$W/m^2$
$L_{e,\lambda}$	รังสีสเปกตรัมของตัวทำความร้อนใดๆ	$W/m^3$
$L_{e,\lambda,Black}$	รังสีของวัตถุดำ	$W/m^3$
$L_n$	Fuel-injection-nozzle orifice length	
N	ความเร็วรอบของเครื่องยนต์	rev/min
$P_a$	ความดันที่ได้จากการทดสอบซึ่งอัดอากาศโดยไม่มีกริด	Pa
$P_{amb}$	ความดันแวดล้อม	Pa
$P_f$	ความดันที่ได้จากการทดสอบการเผาไหม้ปกติ	Pa
$rg_{th}$	ความเข้มของแถบสีแดงและเขียว	



### สารบัญคำย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

คำย่อ	คำอธิบาย	หน่วย
$R_s$	อัตราส่วนอากาศหมุน (swirl ratio)	
$R_{th}$	ความเข้มของแถบสีแดง	$W/m^2$
S	ระยะฟุ้งของสเปรย์ที่ไม่สัมผัสกับอากาศหมุน	m
SOC	จุดเริ่มต้นการเผาไหม้	$^{\circ}CA$
SOI	จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิง	$^{\circ}CA$
$S_s$	ระยะฟุ้งของสเปรย์ที่สัมผัสกับอากาศหมุน	m
t	เวลาหลังจากเริ่มการฉีด	s
T	อุณหภูมิสัมบูรณ์	K
TDC	จุดศูนย์ตายบน	
$T_g$	อุณหภูมิก๊าซ	K
$v_j$	ความเร็วลำเชื้อเพลิงเริ่มต้น	m/s
$\alpha$	Absorptivity	
$^{\circ}CA$	องศาข้อเหวี่ยง	
$\Delta P$	ความดันที่ตกคร่อมหัวฉีด	Pa
$\epsilon$	Emissivity	
$\eta$	ประสิทธิภาพ	%
$\theta$	Spray angle	deg
$\lambda$	ความยาวคลื่น	m
$\rho$	Reflectance	
$\rho_g$	ความหนาแน่นก๊าซ	$kg/m^3$
$\rho_l$	ความหนาแน่นของเหลว	$kg/m^3$
$\tau$	Transmissivity	
$\tau_i$	illumination delay	ms
$\tau_p$	pressure recovery delay	ms
$\tau_s(\lambda)$	ค่า Transmissivity ที่ทราบค่า	
$\phi$	อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิง/อากาศ	

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในประเทศไทย หากจะพิจารณางานวิจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิงแอลกอฮอล์ที่มีโครงทิศทางที่ชัดเจนและต่อเนื่องยาวนาน คงจะต้องถือว่าโครงการสวนพระองค์เป็นโครงการบุกเบิกที่สำคัญซึ่งเริ่มต้นขึ้นในปี พ.ศ.2528 ซึ่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ทรงมีพระราชกระแสให้ศึกษาต้นทุนการผลิตแอลกอฮอล์จากอ้อย เพราะว่าเป็นอนาคตอาจเกิดเหตุการณ์น้ำมันขาดแคลนหรืออ้อยราคาตกต่ำ การนำอ้อยมาแปรรูปเป็นแอลกอฮอล์เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะแก้ไขปัญหานี้ได้ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ได้พระราชทานเงินทุนวิจัยใช้ในการดำเนินงาน 925,000 บาท เพื่อใช้ในการจัดสร้างอาคารและอุปกรณ์ต่างๆ ในเดือนตุลาคม พ.ศ.2537 โครงการสวนพระองค์ สวนจิตรลดา ร่วมกับกลุ่มบริษัทสุราทิพย์จัดขยายกำลังการผลิตแอลกอฮอล์เพื่อให้มีพอใช้ผสมกับเบนซินธรรมดาเป็นแก๊สโซฮอล์สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์เบนซินทุกคันของโครงการฯ โครงการทดลองนี้จัดเป็นหนึ่งในหกโครงการเฉลิมพระเกียรติเนื่องในวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ เสด็จเถลิงถวัลยราชสมบัติ 50 ปี ของสำนักพระราชวัง ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2538 สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ เสด็จพระราชดำเนินทรงเปิดโรงงานผลิตแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงที่กลุ่มบริษัทสุราทิพย์น้อมเกล้าฯ ถวายและดำเนินการกลั่นแอลกอฮอล์ตลอดมา หอกลิ้นใหม่นี้มีกำลังผลิต 25 ลิตรต่อชั่วโมง ต่อการกลั่น 1 ครั้ง (batch) ได้แอลกอฮอล์ 900 ลิตร ซึ่งต่อมาในปี พ.ศ.2545 ได้พัฒนาเพิ่มเติมอุปกรณ์ระบบแยกน้ำ (Dehydration Unit) เพื่อดึงน้ำออกจากแอลกอฮอล์ให้ได้มากที่สุด ระบบแยกน้ำดังกล่าวมี 2 ระบบคือ Molecular Sieve Dehydration Unit และ Membrane Dehydration Unit เมื่อแยกน้ำออกแล้วจะได้แอลกอฮอล์ 99.5% เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อไป ปัจจุบันการผลิตแก๊สโซฮอล์จะใช้แอลกอฮอล์ 99.5% ผสมกับเบนซิน 91 ในอัตราส่วน 1:9 และใช้เติมให้กับรถยนต์ของโครงการสวนพระองค์ ที่สถานีบริการเชื้อเพลิงในโครงการสวนพระองค์ สวนจิตรลดา [1]

โครงการดีโซฮอล์ (น้ำมันดีเซล+แอลกอฮอล์) เริ่มขึ้นในปี พ.ศ.2541 โดยบริษัท APACE (ออสเตอร์เลีย) และการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ร่วมกับโครงการสวนพระองค์ สวนจิตรลดา ทดลองผสมแอลกอฮอล์ 95% กับน้ำมันดีเซลและ emulsifier (ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้แอลกอฮอล์กับน้ำมันดีเซลผสมกันได้โดยไม่แยกชั้น) ที่อัตราส่วน 14:85:1 ดีโซฮอล์จะใช้กับรถเครื่องยนต์ดีเซล เช่นรถแทรกเตอร์ของโครงการฯ จากผลการทดลองพบว่าสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดีพอสมควร

และสามารถลดควันดำลงไปประมาณ 50% อย่างไรก็ตามดีไซเนอร์ผู้ทรงคุณวุฒิกล่าวว่ามีสีขาวชั้นเหมือนนม และต้องการการดัดแปลงติดตั้งปั๊มเพิ่มความดันในระบบเชื้อเพลิงทำให้อ่อนข้างยุ่งยากในการใช้งาน [1]

โดยทั่วไปเอทานอลไม่เหมาะที่จะเป็นเชื้อเพลิงทดแทนโดยตรงในเครื่องยนต์ CI เนื่องจากเอทานอลมีค่าซีเทนที่ต่ำมาก ดังนั้นจึงมักใช้ในรูปแบบของระบบเชื้อเพลิงคู่ซึ่งเป็นการฉีดเอทานอลเข้าไปในไอดีก่อนที่จะผสมกับเชื้อเพลิงดีเซล หรือผสมเอทานอลกับเชื้อเพลิงดีเซลเป็นเชื้อเพลิงผสมที่เรียกว่าดีไซฮอล แต่อย่างไรก็ตาม ควรคำนึงถึงคุณสมบัติต่างๆ ของเอทานอลที่ซึ่งจะเป็นอุปสรรคในการใช้ดีไซฮอลเป็นเชื้อเพลิงทดแทนซึ่งจะมีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องยนต์, การเก็บเชื้อเพลิง, การผสม และผลกระทบต่อวัสดุในระบบเชื้อเพลิง คุณสมบัติของเอทานอลที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์ได้แก่ เลขซีเทนที่ต่ำ ซึ่งมีผลทำให้ ignition delay ยาวนานขึ้น และอาจทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ได้อลดลง, คุณสมบัติในการระเหย (volatility) ของเอทานอลที่สูง จะมีผลทำให้เกิด cavitation ที่ปลายของหัวฉีดซึ่งทำให้เครื่องยนต์เดินไม่ราบเรียบ หรือเกิด vapor lock ในระบบเชื้อเพลิงซึ่งทำให้เครื่องยนต์ดับและไม่สามารถติดเครื่องได้ทันที และค่าความร้อนที่ต่ำของเอทานอลจะทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลง ดังนั้นเพื่อที่จะให้ได้กำลังเท่าเดิม จึงต้องฉีดเชื้อเพลิงมากขึ้นซึ่งเป็นผลให้ได้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นตามมา ส่วนคุณสมบัติที่มีผลต่อการเก็บเชื้อเพลิงได้แก่ จุดวาบไฟของเอทานอลที่ต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศทำให้ยากต่อการเก็บรักษา จึงควรเก็บเชื้อเพลิงให้พ้นจากแหล่งที่มีประกายไฟ, ความเสถียรของเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นเหตุให้มีการปนเปื้อนของน้ำ คุณสมบัติที่มีผลต่อการผสมเชื้อเพลิงคือ เอทานอลไม่ละลายในเชื้อเพลิงดีเซล ทำให้เกิดการแยกเฟส จึงต้องมีการเติม emulsifier เพื่อให้เชื้อเพลิงทั้งสองสามารถละลายเข้ากันได้ดี อย่างไรก็ตามเอทานอลสามารถดูดความชื้นในอากาศเข้าไปละลายผสมได้ซึ่งหากเกิดขึ้นในปริมาณสูงมักพบว่าความเสถียรของเชื้อเพลิงจะเสียและเกิดการแยกชั้นได้ และคุณสมบัติทางเคมีของเอทานอลจะมีผลต่อวัสดุที่ใช้ในระบบเชื้อเพลิง นั่นคือเอทานอลจะกัดกร่อนโลหะบางชนิด หรือทำให้ยางเสียรูป เป็นต้น การแก้ไขปัญหาดังกล่าวเหล่านี้ อาจทำได้โดยการดัดแปลงเครื่องยนต์และระบบเชื้อเพลิง

นอกจากนี้การขาดข้อมูลและความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมและการเผาไหม้ของดีไซฮอลในเครื่องยนต์และผลของตัวแปรการทำงานต่างๆ ที่มีต่อสมรรถนะทำให้การพัฒนาในด้านนี้เป็นไปอย่างล่าช้า การทำความเข้าใจถึงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงและธรรมชาติของการเผาไหม้จะช่วยให้สามารถนำเชื้อเพลิงชนิดนี้มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

หลายปีที่ผ่านมางานวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับการศึกษาปรากฏการณ์ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลโดยการถ่ายภาพ ช่วยให้สามารถเข้าใจถึงธรรมชาติการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้เพิ่มเติมนอกเหนือจากการศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์, ทดสอบไอเสียที่

ปล่อยออกมา, การศึกษาข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้และไดอะแกรมอัตราการปลดปล่อยความร้อน ในทำนองเดียวกัน เราสามารถศึกษาเปรียบเทียบปรากฏการณ์การเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลและดีไซฮอลโดยการถ่ายภาพควบคู่ไปกับการศึกษาข้อมูลความดันและไดอะแกรมอัตราการปลดปล่อยความร้อนเพื่อให้เข้าใจปรากฏการณ์จากใช้เชื้อเพลิงดีไซฮอลเพื่อปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องยนต์และระบบเชื้อเพลิงสำหรับการเชื้อเพลิงชนิดนี้ต่อไปในอนาคต

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาลักษณะเปลวไฟที่เกิดขึ้นโดยการตรวจดูด้วยวิธี Visualization ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ CI ที่ใช้เชื้อเพลิงดีไซฮอล เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลของการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นและเปรียบเทียบกับห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์CI ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลทั่วไป

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 จับภาพการเปลี่ยนแปลงของเปลวไฟที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ CI ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลอ้างอิงในช่วงองศาข้อเหวี่ยงที่กำหนดตามจุดทำงานที่เลือก

1.3.2 จับภาพการเปลี่ยนแปลงของเปลวไฟที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ CI ที่ใช้เชื้อเพลิงดีไซฮอลในช่วงองศาข้อเหวี่ยงที่กำหนดตามจุดทำงานที่เลือก

1.3.3 วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากข้อ 1.3.1 และ 1.3.2 ในแง่ของลักษณะของสเปร์ย์, ลักษณะของเปลวไฟในเชิงรูปภาพและกราฟ

## 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ติดตั้งเครื่องยนต์, อุปกรณ์การวัดต่างๆ และอุปกรณ์ Visualization

1.4.2 จับภาพการเปลี่ยนแปลงของเปลวไฟที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ CI ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลอ้างอิงในช่วงองศาข้อเหวี่ยงที่กำหนดตามจุดทำงานที่เลือกทั้งหมดรวม 10 จุดทำงาน

1.4.3 จับภาพการเปลี่ยนแปลงของเปลวไฟที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ CI ที่ใช้เชื้อเพลิงดีไซฮอลในช่วงองศาข้อเหวี่ยงที่กำหนดตามจุดทำงานที่เลือกทั้งหมดรวม 10 จุดทำงาน

1.4.4 ประมวลผลที่ได้จากข้อ 1.4.2 และ 1.4.3 โดยใช้โปรแกรม AVL VisioScope 1.1TV ออกมาในรูปของอุณหภูมิเปลวไฟดีเซล, ความเข้มข้นของเขม่า, วิเคราะห์สเปกตรัม, วิเคราะห์ความน่าจะเป็น และประมวลผลที่ได้ในรูปกราฟความสัมพันธ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

1.4.5 วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบผลที่ประมวลแล้วจากข้อ 1.4.4 ระหว่างเชื้อเพลิงดีเซล อ่างอิงและดีเซลฮอล์

1.4.6 เรียบเรียงทฤษฎี, ผลการทดลอง, อภิปรายผลและสรุปผลส่งเป็นวิทยานิพนธ์

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถวิเคราะห์ผลของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ CI เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลฮอล์ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์การเกิดเปลวไฟในห้องเผาไหม้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับแต่งเครื่องยนต์ให้ได้สมรรถนะและประสิทธิภาพสูงสุด

## 1.6 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

1.6.1 ทฤษฎีการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ CI

1.6.2 แอลกอฮอล์และการใช้แอลกอฮอล์ในเครื่องยนต์ CI

1.6.3 ทฤษฎีการวิเคราะห์แบบ Two-Color Method

1.6.4 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

1.6.5 ผลการทดลอง

1.6.5.1 สเปกตรัมและการเผาไหม้ของสเปกตรัม โดยการถ่ายภาพที่ใช้แสงแฟลชช่วย, กราฟแนวโน้มของระยะฟุ้งกระแทกและมุมสเปกตรัมที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ในแต่ละจุดทำงาน

1.6.5.2 ปรากฏการณ์การเผาไหม้และความน่าจะเป็นในการเกิดเปลวไฟ โดยการถ่ายภาพที่ไม่ใช้แสงแฟลชช่วย

1.6.5.3 วิเคราะห์การกระจายอุณหภูมิเปลวไฟ, พื้นที่ของการกระจายอุณหภูมิเปลวไฟ และความเข้มข้นของเขม่า

1.6.5.4 เปรียบเทียบผลการเผาไหม้ที่ได้กับแผนภูมิอัตราการปลดปล่อยความร้อน, ความร้อนที่ปลดปล่อย และสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้

1.6.6 อภิปรายผล, สรุปผล และข้อเสนอแนะ



## บทที่ 2

### เครื่องยนต์ดีเซลและการเผาไหม้

#### 2.1 ดีเซลและกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

##### 2.1.1 กระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

ลักษณะที่สำคัญของกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด (Compression-Ignition or CI Engine) นั้นพอสรุปได้ดังนี้คือ เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ที่ปลายจังหวะอัดก่อนการเริ่มต้นการเผาไหม้เล็กน้อย เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปด้วยความเร็วสูงโดยผ่านรูหัวฉีด จะแตกตัวเป็นละอองฝอย เข้าไปในตัวห้องเผาไหม้ แล้วระเหยผสมกับอากาศที่มีความดันและอุณหภูมิสูงที่อยู่ในกระบอกสูบ เนื่องจากอุณหภูมิและความดันของอากาศสูงกว่าจุดการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง (Fuel's Ignition Point) ส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงที่ผสมกันแล้วจะจุดระเบิดและเผาไหม้พร้อมกันทันทีหลัง delay period ความดันกระบอกสูบก็จะเพิ่มขึ้น เป็นผลให้เกิดการอัดส่วนที่ยังไม่เผาไหม้ ทำให้ delay period และเวลาในการระเหยของเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าที่หลังการเผาไหม้ส่วนแรกลดลง ซึ่งจะมีการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว การเผาไหม้จะมีต่อไปจนเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าไปถูกเผาไหม้จนหมด

2.1.1.1 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง (Direct-Injection or DI Systems) เป็นระบบที่มีห้องเผาไหม้แบบเปิดห้องเดียวซึ่งเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าไปโดยตรง ซึ่งโมเมนตัมและพลังงานของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดจะเพียงพอต่อการกระจายเชื้อเพลิง และอัตราการผสมอากาศ จึงไม่ต้องมีการนำอากาศเข้ามาเพิ่มอีก

2.1.1.2 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม (Indirect-Injection or IDI Systems) เป็นระบบที่ห้องเผาไหม้ถูกแบ่งเป็น 2 บริเวณ และเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า (prechamber) ซึ่งต่อกับห้องเผาไหม้หลัก (main chamber) ซึ่งอยู่เหนือหัวลูกสูบ โดยผ่านทางหัวฉีด หรือ orifices 1 หัวหรือมากกว่า

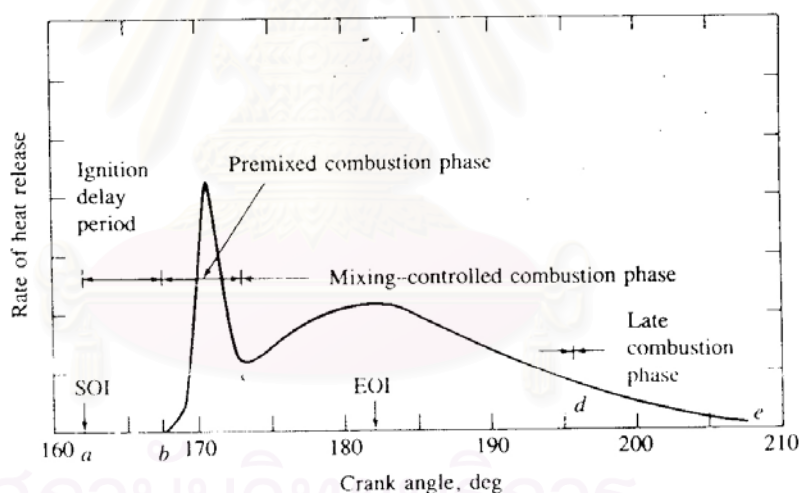
กระบวนการเผาไหม้แบบจุดระเบิดด้วยการอัดแสดงโดยแผนภูมิอัตราการปลดปล่อยความร้อนสำหรับเครื่องยนต์ DI ดังรูปที่ 2-1

*Ignition delay* ( $ab$ ) เป็นช่วงระหว่างการเริ่มฉีดน้ำมันกับการเริ่มต้นการเผาไหม้ (หาจากการเปลี่ยนความชันของแผนภูมิความดัน-มุมข้อเหวี่ยง หรือจากแผนภูมิอัตราการปลดปล่อยความร้อน)

*Premixed or rapid combustion phase (bc)* เป็นช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ผสมกับอากาศเป็นส่วนผสมที่ติดไฟได้ในช่วง ignition delay ซึ่งจะเผาไหม้พร้อมกันทันที เมื่อส่วนผสมที่กำลังเผาไหม้นี้รวมกับเชื้อเพลิงซึ่งพร้อมที่จะเผาไหม้และเผาไหม้ในช่วงนี้ อัตราการปลดปล่อยความร้อนจะสูง

*Mixing-controlled combustion phase (cd)* เมื่อเชื้อเพลิงและอากาศที่ผสมกันในช่วง ignition delay จะถูกเผาไหม้จนหมดไป อัตราการเผาไหม้จะถูกควบคุมด้วยอัตราการผสม ในขณะที่มีหลายกระบวนการเกี่ยวข้อง เช่น การแตกตัวเป็นละอองของเชื้อเพลิงเหลว, การระเหย, การผสมของไอเชื้อเพลิงกับอากาศ, ปฏิกริยาทางเคมีของการเกิดเปลวไฟล่วงหน้า อัตราของการเผาไหม้จะถูกควบคุมโดยกระบวนการผสมระหว่างไอเชื้อเพลิงกับอากาศ

*Late combustion phase (de)* อัตราการปลดปล่อยความร้อนจะต่ำไปจนถึงจังหวะขยายตัว เนื่องจากหลายเหตุผล คือ เชื้อเพลิงบางส่วนยังเผาไหม้ไม่หมด หรือ ส่วนของพลังงานเชื้อเพลิงปรากฏอยู่ในรูปของเขม่า และผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงหนา ชาร์จในกระบอกสูบไม่สม่ำเสมอและการผสมในช่วงนี้จะช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น



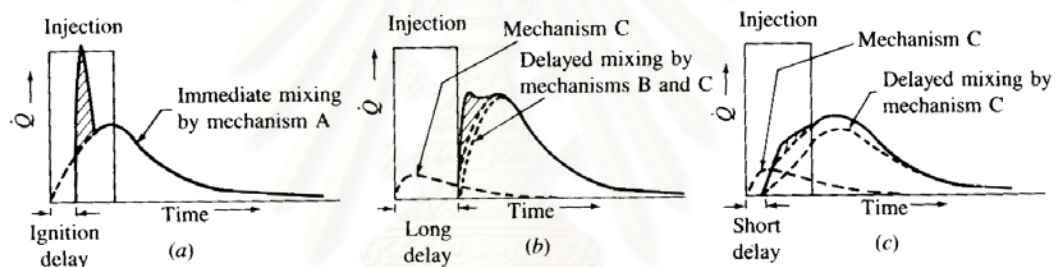
รูปที่ 2-1 แผนภาพอัตราการปลดปล่อยความร้อนของเครื่องยนต์ DI ทั่วไป

ซึ่งบ่งบอกเฟสการเผาไหม้ดีเซลต่างๆ [2]

ในเครื่องยนต์ IDI ที่มีห้องเผาไหม้ช่วยแบบมีก๊าสหมุน (Swirl chamber) ที่ซึ่งอากาศในห้องเผาไหม้หลักไม่พร้อมสำหรับการผสมทันที จะไม่มียอดแหลมแรกในโค้งอัตราการปลดปล่อยความร้อนดังเช่นในเครื่องยนต์ DI เนื่องจากขนาดห้องเผาไหม้ที่เล็ก ผนวกกับอัตราของก๊าสหมุนที่สูงที่เกิดก่อนการฉีด เป็นผลทำให้เชื้อเพลิงตกกระทบผนังอย่างมาก และความจริงที่ว่าเครื่องยนต์ IDI มีช่วง ignition delay ที่สั้นกว่าเนื่องจากอัตราส่วนการอัดที่สูงกว่า ทำให้อัตราการเผาไหม้เริ่มต้นต่ำ

Lyn [3] ได้เสนอรูปแบบการฉีด, การผสม และการเผาไหม้ ในเครื่องยนต์ดีเซลที่สำคัญไว้ 3 แบบ ดังนี้

- การฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ด้วยค่าโมเมนตัมที่สูง การผสมจะดำเนินไปอย่างทันทีที่เชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ และมีผลต่อการเผาไหม้น้อยมาก
- เชื้อเพลิงสะสมรวมตัวที่ผนังห้องเผาไหม้ การผสมระหว่างช่วง ignition delay เนื่องมาจากการระเหยที่จำกัด สามารถไม่นำมาคิดได้ หลังจากการจุดระเบิด การระเหยจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และอัตราการระเหยจะถูกควบคุมโดยการเข้ามาของก๊าซร้อนสู่พื้นผิว การผสมในแนวรัศมีจะถูกเหนี่ยวนำโดยแรงเหวี่ยงที่ต่างกัน ดังนั้นการเผาไหม้จะล่าช้าออกไปโดย ignition delay
- เชื้อเพลิงกระจายใกล้ๆกับผนัง โดยการผสมดำเนินไประหว่างช่วง ignition delay แต่เป็นอัตราที่น้อยกว่ากลไก A. หลังจากการจุดระเบิด การผสมจะถูกเร่งโดยกลไกเดียวกับกลไก B.



รูปที่ 2-2 แผนภาพอัตราการฉีดและอัตราการเผาไหม้ในระบบการเผาไหม้ดีเซล naturally aspirated : (a) เครื่องยนต์ DI ด้วยหัวฉีดตรงกลางหลายรู , (b) เครื่องยนต์ชนิด "M" ที่ฉีดเชื้อเพลิงที่ผนัง , (c) เครื่องยนต์ IDI ที่มีห้องเผาไหม้แบบอากาศหมุน [3]

## 2.1.2 ไอเสียในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

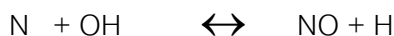
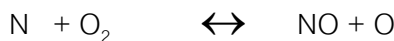
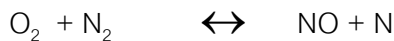
2.1.2.1 ออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) ไนโตรเจนออกไซด์, ไนตริกออกไซด์ (NO) และ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ ) เกิดขึ้นในระหว่างการเผาไหม้ของน้ำมันโดย 2 กลไก คือ

- การรวมตัวทางความร้อนของโมเลกุลออกซิเจนและไนโตรเจนที่ปรากฏในอากาศที่เผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง
- ปฏิกิริยาของออกซิเจนในบรรยากาศกับสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในเชื้อเพลิง



การเกิด  $\text{NO}_x$  ขึ้นกับอุณหภูมิ, ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ตำแหน่งใดๆ และ residence time ตาม

“Zeldovich mechanism” [4]



ความเข้มข้นของ  $\text{NO}_x$  ในไอเสียเครื่องยนต์จะมากกว่าที่ได้จากการทำนายโดยสมการทางเทอร์โมไดนามิกส์

การเกิด NO และออกไซด์ตัวอื่นของไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามอุณหภูมิเปลวไฟซึ่งอาจแนะนำได้ว่า ส่วนผสมที่หนาแน่นน้อยและอุณหภูมิที่สูงกว่าจะทำให้เกิดความเข้มข้นของ  $\text{NO}_x$  สูงสุด ซึ่งไม่เป็นความจริงสักทีเดียวเพราะว่าการเกิด  $\text{NO}_x$  จะขึ้นกับความเร็วยุติเปลวไฟด้วย ส่วนผสมที่บางจะมีความเร็วยุติเปลวไฟที่ต่ำ ซึ่งจะใช้เวลาในการเกิด  $\text{NO}_x$  มากกว่า

กลไกการเผาไหม้หลักในเครื่องยนต์ดีเซลคือกระบวนการ Diffusion ซึ่งถูกควบคุมโดยอัตราที่ซึ่งเชื้อเพลิงและอากาศผสมกัน กระบวนการนี้ต่อเนื่องมาจากกระบวนการ Premixed ซึ่งนิวเคลียสของเชื้อเพลิง-อากาศเผาไหม้เองโดยธรรมชาติที่อัตราที่ถูกควบคุมโดยจลนศาสตร์ของปฏิกิริยา

เมื่อเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าไปในอากาศไอดี ก็จะต้องเข้ามาแล้วฟุ้งกระจาย ทำให้อัตราส่วนผสมแปรผันอย่างมาก ที่แกนกลางของสเปรย์จะมีเชื้อเพลิงเหลวเกิดขึ้นในหยด ที่ระยะไกลออกไปจะเป็นบริเวณที่อัตราส่วนผสมน้อยกว่า 1 เปลวไฟจะมีอยู่ที่บริเวณตรงกลางที่อัตราส่วนผสมเท่ากับ 1  $\text{NO}_x$  จะเกิดขึ้นในอัตราที่แปรผันตามอัตราส่วนผสมที่ตำแหน่งนั้น

การเกิด  $\text{NO}_x$  จะเกิดขึ้นอย่างเด่นชัดในบริเวณเปลวไฟส่วนผสมบางระหว่างเฟสการเผาไหม้แบบ Premixed และ Particulate matter จะเกิดขึ้นโดยมากในบริเวณเชื้อเพลิงหนา ระหว่างช่วงการเผาไหม้แบบ Diffusion การลดสัดส่วนของช่วงการเผาไหม้แบบ Premixed จะทำให้ช่วงเฟสการเผาไหม้แบบ Diffusion เพิ่มขึ้น ทำให้  $\text{NO}_x$  ลดลง แต่ Particulate เพิ่มขึ้น

แต่ถ้าลดช่วง Diffusion จะทำให้ช่วง Premixed เพิ่มขึ้น ทำให้ Particulate ลดลง แต่  $\text{NO}_x$  เพิ่มขึ้น เรียกลักษณะนี้ว่า "NO<sub>x</sub> - PM trade-off"

**2.1.2.2 ไฮโดรคาร์บอน** ไอเสียไฮโดรคาร์บอนส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากเชื้อเพลิงที่ยังไม่เผาไหม้ในส่วนผสมเชื้อเพลิง-อากาศที่บางเกินกว่าที่จะเผาไหม้ และอีกส่วนเกิดจากเชื้อเพลิงที่ไปกระทบผนังกระบอกสูบมากเกินไประหว่างช่วง ignition delay ทั้งสองกระบวนการนี้จะขึ้นกับความยาวนานของช่วง ignition delay ในแง่กลับกันคุณสมบัติการจุดระเบิด (เลขซีเทน) ของเชื้อเพลิงดีเซล จะมีผลสำคัญต่อช่วง ignition delay และไอเสียไฮโดรคาร์บอน

5 แหล่งสำคัญของไอเสียไฮโดรคาร์บอนจากกระบวนการเผาไหม้ดีเซล ที่นำเสนอโดย J. Gary Hawley, Roy W. Horrocks และคณะ [4] ซึ่งประกอบด้วย

1) การผสมมากเกินไป (Overmixing) ของเชื้อเพลิงและอากาศภายใต้ขีดจำกัดส่วนผสมบางของการเผาไหม้ ซึ่งจะมีผลสำคัญที่สุดในช่วงเดินเบา และโหลดน้อย ส่วนผสมในที่นี้จะบางเกินกว่าที่จะเผาไหม้อย่างเหมาะสมได้ ไอเสียจากแหล่งนี้สามารถลดได้โดย ประการแรก การลดช่วง ignition delay โดย delay จะลดลงเองโดยธรรมชาติเมื่อเพิ่มโหลด ทำให้ได้การเผาไหม้ที่สะอาดขึ้น ประการที่สอง การตั้งเวลาการฉีดล่วงหน้าออกไป จะเพิ่มอุณหภูมิและความดันจากสภาวะเริ่มต้นที่หนาว จะเป็นการลดไอเสียไฮโดรคาร์บอน

2) การผสมน้อยเกินไป (Undermixing/Overfueling) ของอัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิงที่หนาเกินไปสำหรับการเผาไหม้สมบูรณ์ ถ้ามีอากาศไม่เพียงพอ เชื้อเพลิงบางส่วนจะเผาไหม้ไม่หมด เกิดเป็นควันดำ ซึ่งเมื่ออัตราส่วนผสมเพิ่มขึ้นเกิน 0.9 จะทำให้ไอเสียไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการปรับเทียบอุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิง

Overfueling สามารถเกิดได้ถ้ามี EGR มากเกินไป เพราะความเข้มข้นของออกซิเจนจะลดลง เป็นการเพิ่มค่าอัตราส่วนผสม

3) การที่สเปรย์เชื้อเพลิงกระทบผนังมากเกินไป (Overpenetration) เกิดเป็น wall wetting จะมีผลต่อไอเสียไฮโดรคาร์บอนอย่างมากในเครื่องยนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบที่เล็ก

4) Quenching ของปฏิริยามากเกินไป เนื่องมาจากการขยายตัวของสารผสม ซึ่งจะมีผลเฉพาะภายใต้สภาวะการทำงานหนึ่งของเครื่องยนต์

5) เชื้อเพลิงที่รั่วจาก injector sac และรูหัวฉีด เชื้อเพลิงสามารถตกค้างได้ในหัวฉีดหลังจากการฉีด เชื้อเพลิงนี้จะเข้าสู่ห้องเผาไหม้ภายหลังในวัฏจักร และเผาไหม้ไม่หมด การออกแบบระบบเชื้อเพลิงอย่างระมัดระวัง สามารถลดปัญหานี้ได้

### 2.1.2.3 Particulate Matter ส่วนประกอบหลักๆ ของ PM ในไอเสียดีเซล ได้แก่

- คาร์บอน 31 %
- Unknown 8 %
- ซัลเฟตและน้ำ 14 %
- เชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ 7 %
- น้ำมันที่ไม่เผาไหม้ 40 %

เมื่อเทียบกับการตรวจสอบไอเสียในยานพาหนะ จะนิยาม particulates ว่าเป็นสารใดๆ ที่สะสมรวมตัวบนกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 325 K สารเหล่านี้ส่วนใหญ่คือไฮโดรคาร์บอนที่ยังไม่เผาไหม้ หรือไม่ก็เขม่า ดังนั้นการลดเขม่าจะทำให้ particulates ลดลง

PM จะถูกเพิ่มโดยการเผาไหม้ของซัลเฟอร์ในเชื้อเพลิงเป็น SO<sub>2</sub> และซัลเฟต ซึ่งรวมตัวกับน้ำในนิวเคลียสคาร์บอน

แหล่งหลักแหล่งอื่นของ particulates คือ น้ำมันหล่อลื่น ซึ่งถูกเผาไหม้บางส่วน สัดส่วนของ PM โดยเบื้องต้นจะขึ้นกับประสิทธิภาพของ piston ring pack และขึ้นกับ valve stem sealing น้อยกว่า สิ่งสำคัญอีกอย่างคือการลดปริมาณน้ำมันที่อยู่ใน blow-by gases ให้น้อยที่สุด และการกำจัดคาร์บอนจากแบร็งของเทอร์โบชาร์จเจอร์

### 2.1.2.4 คว้น การวัดค่าคว้น จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของกระบวนการ

เผาไหม้ คว้นดำที่เกิดจากดีเซล ประกอบด้วย อนุภาคคาร์บอนที่ถูกปล่อยออกมาโดยการแตกตัวทางความร้อน (thermal cracking) ของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่ กระบวนการนี้เกิดที่ด้านส่วนผสมของหน้าเปลวไฟระหว่างช่วงการเผาไหม้แบบ Diffusion คาร์บอนจะรวมกันเป็นก้อนในอนุภาคที่มองเห็นเป็นคว้นในไอเสีย อนุภาคของคว้นบางตัวจะสันดาปเมื่อเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้เข้าสู่ด้านส่วนผสมบางของปฏิกิริยา ส่วนมากจะสันดาประหว่างจังหวะขยายตัวหลังจากที่เปลวไฟ diffusion เผาไหม้หมดไป

การเกิดคว้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงและอัตราส่วนผสมที่สูงกว่า การเกิดคว้นสามารถลดได้โดย ประการแรก การลดเวลาที่ใช้โดยการเผาไหม้แบบ Diffusion ซึ่งสามารถทำได้โดยเพิ่มการผสมของเชื้อเพลิงและอากาศให้เร็วขึ้น นั่นคือเพิ่มอากาศหมุนหรือเพิ่มอัตราการฉีด และใช้สเปรย์ที่ละเอียดกว่า ประการที่สอง การฉีดล่วงหน้า จะทำให้ได้เวลาระหว่างจังหวะขยายตัวสำหรับการเผาไหม้เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการลดคว้นได้

การเกิดควันจะเพิ่มขึ้นตามโหลด เนื่องมาจากการเผาไหม้ทั้งหมดหนาขึ้น และเวลาของการเผาไหม้แบบ Diffusion เพิ่มขึ้น, อุณหภูมิสูงขึ้น และการเผาไหม้ระหว่างจังหวะขยายตัวลดลง เนื่องมาจาก diffusion phase ที่ยาวนานขึ้นและความเข้มข้นของออกซิเจนที่ลดลง ผลนี้จะเป็นปัจจัยที่จำกัด Brake Mean Effective Pressure (BMEP) ของเครื่องยนต์ดีเซล การปรับปรุงระบบเชื้อเพลิงและอากาศของเครื่องยนต์ซึ่งเป็นการลดเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้แบบ Diffusion จะเป็นการเพิ่ม BMEP เนื่องจากแนวโน้มของควันที่ลดลง

ปัจจัยอื่นที่ทำให้เกิดควัน คือการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนผสม ซึ่งรวมถึงการควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงที่แยระหว่างช่วง transient และ EGR ส่วนเกิน

## 2.2 แบบจำลองเชิงปรากฏการณ์ของการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด (Phenomenological Model of CI Engine Combustion)

การศึกษาภาพถ่ายของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด และการวิเคราะห์ข้อมูลความดันในกระบอกสูบ จะทำให้ได้แบบจำลองของกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด แนวคิด “อัตราการปลดปล่อยความร้อน” ซึ่งมีนิยามว่าเป็นอัตราที่ซึ่งพลังงานเคมีของเชื้อเพลิงที่ถูกปลดปล่อยออกมาโดยกระบวนการเผาไหม้ จะเป็นสิ่งสำคัญในการทำ ความเข้าใจแบบจำลองนี้ และสามารถคำนวณได้จากข้อมูลความดันในกระบอกสูบต่อมุมข้อเหวี่ยงหนึ่งๆ โดยเป็นพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาเพื่อสร้างความดันที่วัดได้

### 2.2.1 การศึกษาทางภาพถ่ายของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ CI

ในการศึกษาการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลจะใช้การถ่ายภาพความเร็วสูงที่ถ่ายได้หลายพันภาพต่อวินาที บางส่วนของการศึกษานี้ได้กระทำในห้องเผาไหม้ที่ใกล้เคียงกับที่ใช้ในทางปฏิบัติมากๆ ภายใต้สภาวะการทำงานปกติของเครื่องยนต์ ลำดับของแต่ละภาพถ่ายจะ ให้ข้อมูลสำคัญของธรรมชาติของกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลชนิดต่างๆ

ลำดับการเผาไหม้ที่ถูกบันทึกบนฟิล์มสีจะมีลักษณะดังนี้

*Fuel Spray(s)*

หยดเชื้อเพลิงจะสะท้อนแสงออกมา และเป็นตัวบอกถึงการขยายตัวของสเปรย์เชื้อเพลิงเหลวก่อนจะสิ้นสุดการระเหย

*Premixed Flame*

บริเวณนี้ให้การส่องสว่างที่น้อยเกินกว่าที่จะบันทึกได้ในระดับที่ใช้ จึงต้องเติม copper additive ในเชื้อเพลิง ซึ่งผลคือสามารถมองเห็นเปลวไฟสีฟ้าธรรมชาติมีแสงสว่างสีเขียว

### Diffusion Flame

อุณหภูมิคาร์บอนอุณหภูมิสูงที่กำลังเผาไหม้ในเปลวไฟนี้ จะให้ความสว่างเกินพอ เป็นสีเหลืองขาว เมื่อเปลวไฟเย็นลง การแผ่รังสีความร้อนจากอนุภาคจะเปลี่ยนสีเปลวไฟจากสีส้มเป็นสีแดง

### Over-rich Mixture

บริเวณสีน้ำตาลซึ่งมักถูกล้อมรอบโดยเปลวไฟ diffusion สีขาว แสดงถึงการเป็นบริเวณที่มีส่วนผสมหนาเกินไป ซึ่งเป็นที่ที่เกิดเขม่าอย่างมาก เมื่อกลุ่มหมอกที่เติมไปด้วยเขม่าของเชื้อเพลิงหนาสัมผัสกับอากาศที่ยังไม่เผาไหม้ จะเกิดเป็นเปลวไฟ diffusion อุณหภูมิสูงสีขาว

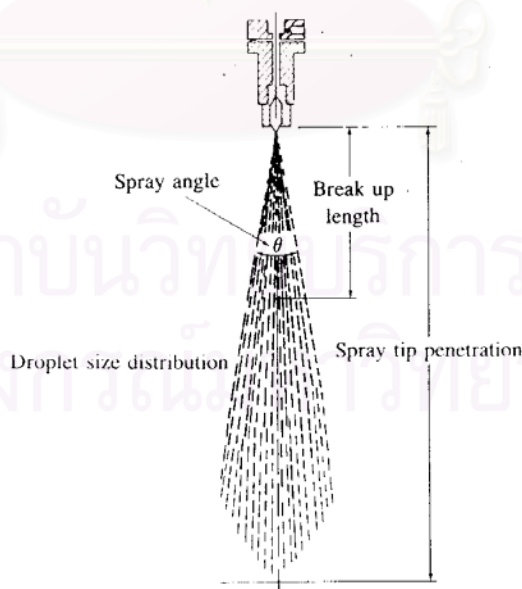
ตารางที่ 2-1 การแปลความหมายของรูปถ่ายสีของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล [2]

สี	ความหมาย
เทา	พื้นหลัง; ก๊าซ (อากาศในจังหวะแรกๆ, ผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ที่ได้ภายหลัง) จะโปร่งใส และไม่เปล่งแสง
เขียว	-ช่วงแรกของกระบวนการเผาไหม้; เป็นเปลวไฟชนิด "premixed" ซึ่งส่องสว่างน้อย ซึ่งจะทำให้เห็นได้โดยเติม copper เข้าไปในเชื้อเพลิง -หลังจากนั้น; ก๊าซที่เผาไหม้แล้วข้างต้นจะมีอุณหภูมิประมาณ 1800°C
ขาวและเหลือง-ขาว	อุณหภูมิคาร์บอนเผาไหม้ในเปลวไฟ diffusion ที่ประมาณ 2000-2500°C
เหลือง, ส้ม-แดง	คาร์บอนเผาไหม้ในเปลวไฟ diffusion ที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า สามารถเห็นได้ครั้งสุดท้ายในฟิล์มที่ 1000°C
น้ำตาล	กลุ่มหมอกเขม่าจากบริเวณที่ส่วนผสมหนา เมื่อมาเจอกับอากาศ(สีเทา) มักจะกลายเป็นขอบสีขาวของเปลวไฟที่ร้อน



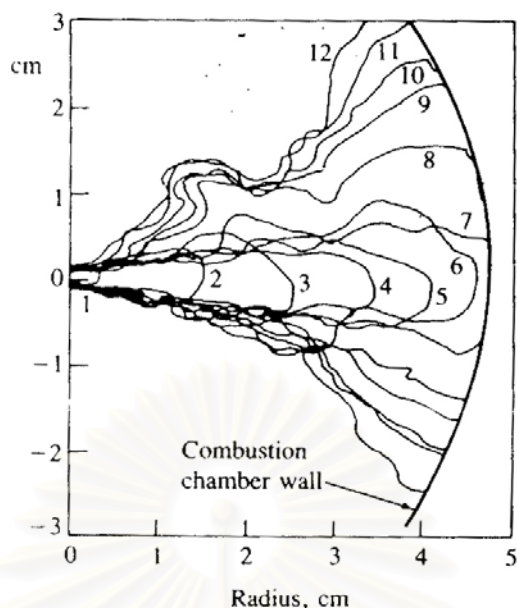
## 2.2.2 การศึกษาโครงสร้างของดีเซลสเปรย์

2.2.2.1 โครงสร้างสเปรย์ทั้งหมด เชื้อเพลิงถูกนำเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลโดยผ่านหัวฉีด โดยมีผลต่างความดันระหว่างท่อป้อนเชื้อเพลิงและกระบอกสูบมาก หัวฉีดดีเซลมาตรฐานมักทำงานด้วยความดันในการฉีดเชื้อเพลิงระหว่าง 120 และ 1700 atm ที่เวลาของการฉีด อากาศในกระบอกสูบจะมีความดัน 50 ถึง 100 atm, อุณหภูมิประมาณ 1000 K และความหนาแน่นระหว่าง 15 และ 25 kg/m<sup>3</sup> รูปที่ 2-3 แสดงโครงสร้างของสเปรย์เชื้อเพลิงเครื่องยนต์ DI ทั่วไป เมื่อลำของเหลวออกจากหัวฉีด มันจะกลายเป็นลำ turbulent jet และ induced vortex แพร่กระจายออกไปผสมกับอากาศที่อยู่รอบๆ ที่ผิวภายนอกของลำของเหลวจะแตกออกเป็นหยดที่ใกล้กับทางออกของหัวฉีด ลำของเหลวที่ออกจากหัวฉีดครอบคลุมความยาวค่าหนึ่งๆที่เรียกว่า "Breakup length" ก่อนจะแตกตัวออกเป็นละอองหยดที่มีขนาดต่างๆกัน เมื่อหยดเคลื่อนออกจากหัวฉีด มวลของอากาศภายในสเปรย์จะเพิ่มขึ้น, สเปรย์ลู่ออก, ความกว้างสเปรย์เพิ่มขึ้น และความเร็วลดลง หยดเชื้อเพลิงระเหย เมื่อกระบวนการลำเลียงอากาศดำเนินไปปลายของสเปรย์พุ่งไกลออกไปในห้องเผาไหม้เมื่อการฉีดเชื้อเพลิงดำเนินไป แต่ด้วยอัตราที่ลดลงรูปที่ 2-4 แสดงสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลที่ทำปฏิกิริยากับผนังภายนอกรูปทรงกระบอกของห้องเผาไหม้รูป disc ในเครื่องอัดความเร็วสูง ภายใต้สภาวะการฉีดดีเซลทั่วไป ผนังกระบอกสูบทำให้สเปรย์แตกออกเป็นครึ่งหนึ่งซึ่งไหลตามเส้นรอบวงในทิศใดทิศหนึ่ง สเปรย์ที่อยู่ติดกันจะบังคับการไหลเข้าในแนวรัศมีไปตามแกนห้องเผาไหม้



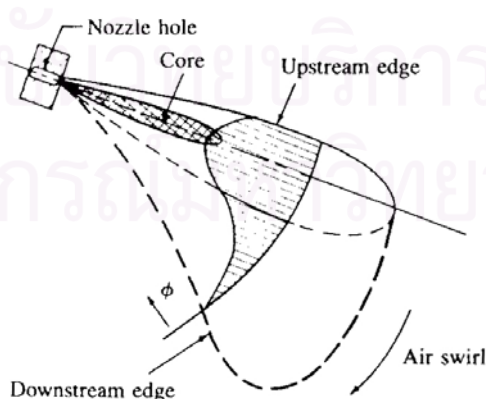
รูปที่ 2-3 แผนผังสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลที่ได้นิยามตัวแปรหลักๆ [2]





รูปที่ 2-4 ภาพร่างขอบเขตไอโรบนอกของสเปร์รี่เชื้อเพลิงดีเซลจากภาพถ่ายเงาความเร็วสูง 12 รูปของเครื่องอัดความเร็วสูง ซึ่งแสดงถึงการกระทำต่อกันของสเปร์รี่ที่กำลังระเหยกับผนังทรวงกระบอกของห้องเผาไหม้ ความดันในการฉีด 60 MPa เวลาห่างรูป 0.14 ms [2]

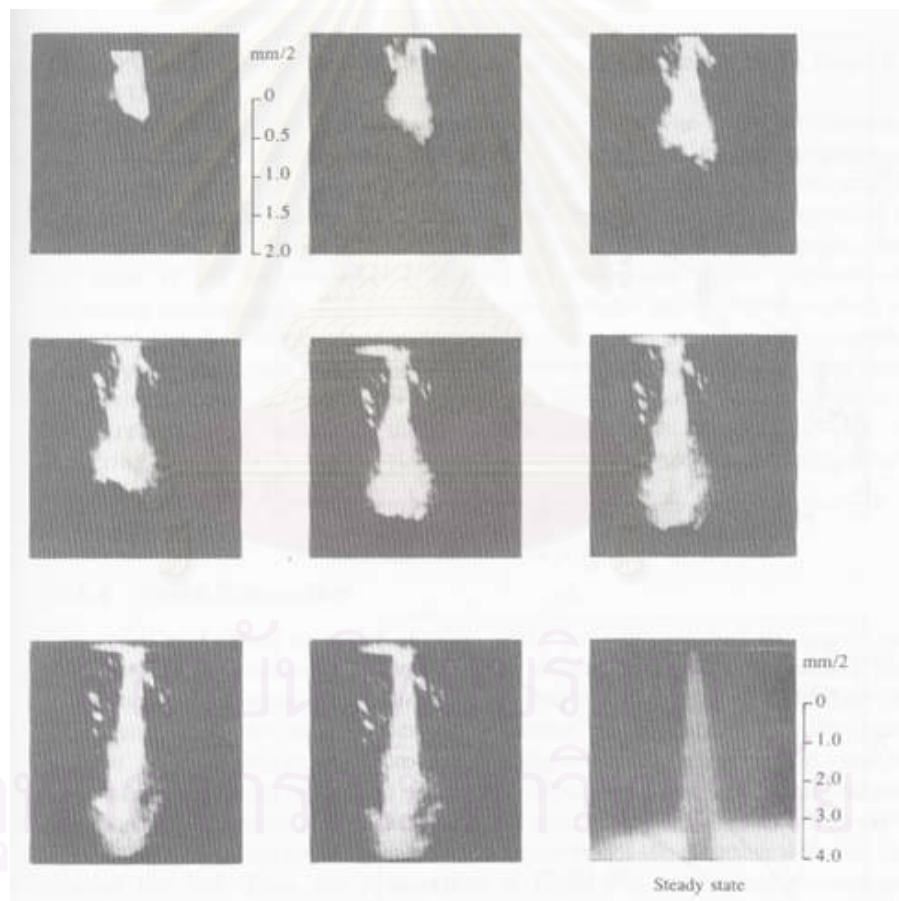
แผนผังของรูปแบบสเปร์รี่ซึ่งเกิดจากเมื่อลำเชื้อเพลิงถูกฉีดในแนวรัศมีออกไปสู่การไหลแบบที่มีอากาศหมุนแสดงในรูปที่ 2-5 มีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างทั้งทิศทางตามแนวรัศมีและแนวเส้นสัมผัสระหว่างลำเชื้อเพลิงเริ่มต้นกับอากาศ โครงสร้างของลำเชื้อเพลิงจะซับซ้อนกว่า เมื่อสเปร์รี่ลำเลียงอากาศและซ้าลง สเปร์รี่จะโค้งงอมากขึ้นไปตามทิศทางของอากาศหมุน ลักษณะที่ลำค้ำชูของสเปร์รี่คือ บริเวณขนาดใหญ่ที่มีไอบรรจุอยู่ที่ปลายทางของแกนของเหลว



รูปที่ 2-5 แผนผังของสเปร์รี่เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดในแนวรัศมีออกจากแกนห้องเผาไหม้เข้าสู่อากาศหมุน ระบูป่ารงของการกระจายอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิง/อากาศ ( $\phi$ ) ภายในลำเชื้อเพลิง [2]

2.2.2.2 การแตกตัวเป็นละออง ภายใต้สภาวะการฉีดดีเซล ลำเชื้อเพลิงมักจะก่อให้เกิดสเปรย์รูปกรวยที่ทางออกของหัวฉีด พฤติกรรมแบบนี้ เรียกว่า วิธีการแตกตัวเป็นละออง และเกิดเป็นหยดที่มีขนาดเล็กกว่าหัวฉีดมากที่ความเร็วต่ำๆ การแตกตัวเกิดจากการเติบโตอย่างไม่เสถียรของคลื่นพื้นผิวที่เกิดจากความตึงผิว และเกิดเป็นหยดที่ใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของลำเชื้อเพลิง

ลำดับของรูปภาพที่บันทึกด้วย exposure time สั้นมากของการปรากฏของลำของเหลวจากหัวฉีดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.34 mm และ  $L_n/d_n = 4$  เข้าไปในไนโตรเจนความดันสูงที่อุณหภูมิห้อง แสดงในรูปที่ 2-6 จากรูปแสดงให้เห็นว่า ปลายสเปรย์พุ่งกระทบและสเปรย์แพร่กระจายในช่วงแรกของการเดินทางได้อย่างไร ข้อมูลเช่นนี้ถูกใช้เพื่อตรวจสอบผลของความหนาแน่นก๊าซและของเหลว, ความหนืดของเหลว และรูปร่างหัวฉีดที่มีต่อการพัฒนาสเปรย์



รูปที่ 2-6 ภาพถ่ายแสดงปรากฏการณ์เริ่มต้นและสภาวะคงตัว (ขวาล่าง) ของสเปรย์เหลวความดันสูง เวลาระหว่างรูป 2.1  $\mu\text{s}$  ของเหลว : น้ำ ก๊าซ : ไนโตรเจนที่ 1380 kPa

$\Delta P$  คร่อมหัวฉีด 11 MPa เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด 0.34 mm [2]

สำหรับการแตกตัวเป็นละอองของลำเชื้อเพลิง มุมของสเปรย์ (Spray angle  $\theta$ ) มีค่าตามความสัมพันธ์คือ

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{1}{A} \cdot 4\pi \left( \frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{1/2} \frac{\sqrt{3}}{6} \quad (2-1)$$

ที่ซึ่ง  $\rho_g$  และ  $\rho_l$  เป็นความหนาแน่นก๊าซและของเหลว และ A เป็นค่าคงที่สำหรับรูปร่างหัวฉีด (ค่าสมการทางตัวเลขของ A คือ  $A = 3.0 + 0.28(L_n/d_n)$  ที่ซึ่ง  $L_n/d_n$  เป็นอัตราส่วนความยาว/เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด) [2]

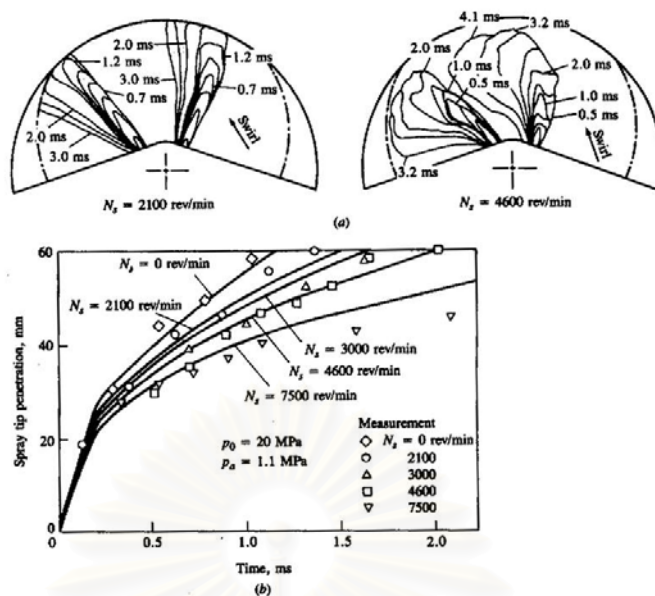
แนวโน้มการแตกตัวของลำเชื้อเพลิงสามารถสรุปได้ดังนี้ มุมลู่ออกของลำเชื้อเพลิงเริ่มต้นเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความหนาแน่นก๊าซ การลู่ออกเริ่มอย่างก้าวหน้าที่ใกล้กับหัวฉีดเมื่อความหนาแน่นก๊าซเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงทางออกหัวฉีด มุมการลู่ออกของลำเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเมื่อลดความหนืดเชื้อเพลิง โดยที่การลู่ออกเริ่มขึ้นที่ทางออกหัวฉีดเมื่อความหนืดของของเหลวต่ำกว่าค่าหนึ่ง กระบวนการพัฒนาสเปรย์ขณะเริ่มต้นจะไม่ได้รับผลกระทบจากการระเหย

**2.2.2.3 การฟุ้งของสเปรย์** ความเร็วและระยะที่สเปรย์พุ่งเข้าไปในห้องเผาไหม้ มีส่วนสำคัญที่มีผลต่ออัตราการใช้อากาศ และการผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ ในเครื่องยนต์บางแบบที่ผนังห้องเผาไหม้ร้อนและมีอากาศหมุนสูง ต้องการให้น้ำมันฉีดไปกระทบผนัง แต่ในระบบดีเซล DI หลายสเปรย์ ถ้าฟุ้งมากไปจะกระทบผนังที่เย็น ทำให้อัตราการผสมต่ำและการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ถ้าฟุ้งน้อยเกินไป ทำให้การใช้อากาศไม่ดี เนื่องจากอากาศที่รอบนอกของห้องเผาไหม้ไม่สัมผัสกับเชื้อเพลิง ดังนั้น การฟุ้งของสเปรย์เชื้อเพลิงเหลวภายใต้สภาวะปกติดังที่พบในเครื่องยนต์ดีเซลจึงมีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง

ได้มีการนำเสนอหลายความสัมพันธ์เกี่ยวกับการฟุ้งของสเปรย์เชื้อเพลิงที่ขึ้นกับข้อมูลทางการทดลอง และทฤษฎี turbulent jet ของก๊าซ ซึ่งทำนาย ระยะฟุ้ง S ของปลายสเปรย์เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้สำหรับการฉีดเข้าไปในอากาศหนึ่ง ดังที่เกิดในเครื่องยนต์ DI ขนาดใหญ่กว่าโดยเป็นฟังก์ชันของเวลา [2]

$$S = 3.07 \left[ \frac{\Delta P}{\rho_g} \right]^{1/4} (td_n)^{1/2} \left( \frac{294}{T_g} \right)^{1/4} \quad (2-2)$$

ที่ซึ่ง  $\Delta P$  เป็นความดันที่ตกคร่อมหัวฉีด, t เป็นเวลาหลังจากเริ่มการฉีด และ  $d_n$  เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด ทุกปริมาณแสดงในหน่วย SI นั่นคือ t เป็นวินาที, S และ  $d_n$  เป็นเมตร,  $\Delta P$  เป็นพาสคาล,  $\rho_g$  เป็นกิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และ  $T_g$  เป็นเคลวิน



รูปที่ 2-7 (a) ขอบเขตภายนอกที่วัดได้ของสเปรย์ที่ถูกฉีดเข้าไปในอากาศหมุน  
(b) tip penetration ของสเปรย์เป็นฟังก์ชันของเวลาสำหรับอัตราของอากาศหมุนต่างๆ  
เส้นทึบแสดงสมการ (2-3) [2]

ผลของการเผาไหม้ในอากาศหมุนที่มีต่อการพุ่งของสเปรย์ถูกแสดงในรูปที่ 2-7 ซึ่งแสดงว่ารูปร่างสเปรย์และตำแหน่งจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่ออากาศหมุนเพิ่มขึ้น ระยะพุ่งของสเปรย์ที่สัมพันธ์กับอากาศหมุน  $S_s$  เทียบกับระยะพุ่งเทียบเท่าที่ไม่มีอากาศหมุน  $S$  คือ

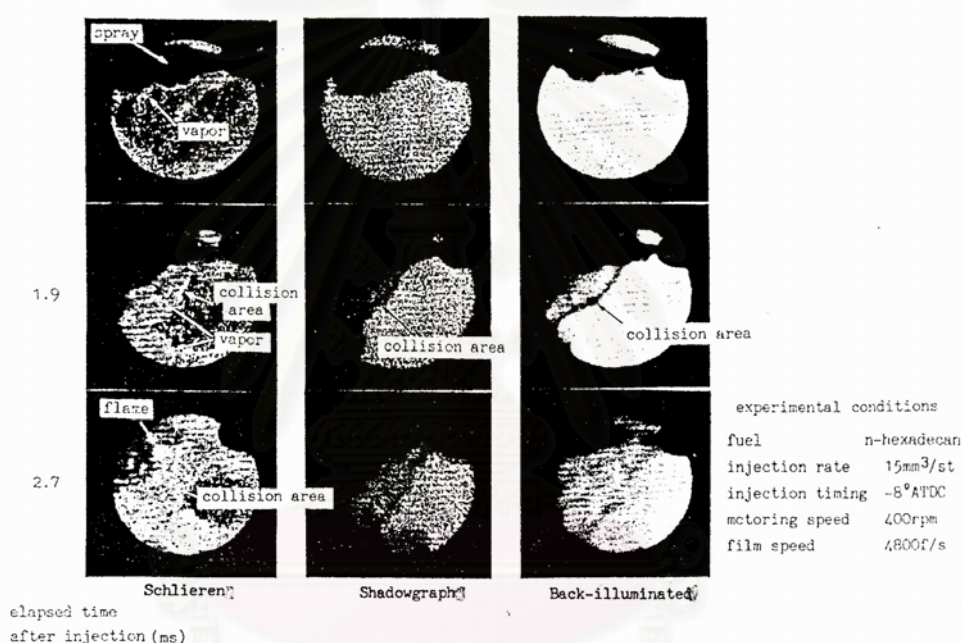
$$\frac{S_s}{S} = \left( 1 + \frac{\pi R_s N S}{30 v_j} \right)^{-1} \quad (2-3)$$

ที่ซึ่ง  $R_s$  คือ อัตราส่วนอากาศหมุน (swirl ratio) ซึ่งเท่ากับอัตราอากาศหมุนเป็นรอบต่อนาทีหารด้วยความเร็วเครื่องยนต์  $N$  (รอบต่อนาที) และ  $v_j$  เป็นความเร็วลำเพื่อเพลิงเริ่มต้น (เมตรต่อวินาที) อากาศหมุนจะลดทั้งการพุ่งของสเปรย์และแพร่กระจายสเปรย์ออกไปได้เร็วกว่า

**2.2.2.4 การระเหยของสเปรย์** Yasuhide Tani, Akinori Saito และ Masatoshi Yamada [5] ได้ศึกษาการระเหยของสเปรย์เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ที่มีหัวฉีดเดี่ยวในเครื่องยนต์ DI ขนาดเล็ก โดยการเปรียบเทียบภาพถ่ายแบบ high-speed Schlieren ซึ่งเป็นภาพถ่ายที่ถ่ายเพื่อเลือกและมุ่งเน้นที่ความสว่างของภาพของแต่ละบริเวณ ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างสเปรย์, ไอ และเปลวไฟ diffusion ซึ่งการสังเกตกระบวนการระเหยของสเปรย์เชื้อเพลิงในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ จะช่วยในการทำนายสภาวะการเผาไหม้ที่ตามมา

ได้ โดยเชื้อเพลิงเหลวที่ถูกฉีด ซึ่งแตกตัวออกเป็นหยดเล็กๆ ใกล้เคียงกับทางออกของหัวฉีด เพื่อก่อตัวเป็นสเปรย์จะต้องระเหยก่อนที่จะผสมกับอากาศและเผาไหม้ไป

รูปที่ 2-8 แสดงแต่ละภาพถ่ายของกระบวนการระเหยของสเปรย์จากอุปกรณ์หัวฉีดเดี่ยวที่ถ่ายโดยระบบ Schlieren, Shadowgraph และ Back-illuminated film กระบวนการระเหยจากหัวฉีดเดี่ยวเกิดขึ้นได้ดังนี้ เมื่อเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ ส่วนนอกของสเปรย์จะแตกตัวเป็นละอองโดยแรงเฉือนของอากาศรอบๆ ทำให้เกิดการระเหย จากนั้นปลายสเปรย์จะไปถึงผนังซึ่งจะกระทบอย่างแรง เพราะว่าการพุ่งสูง ทำให้เกิดบริเวณที่มีการชนของผนัง การระเหยจะเกิดต่อไปพร้อมกับการขยายตัวของบริเวณที่มีการชน



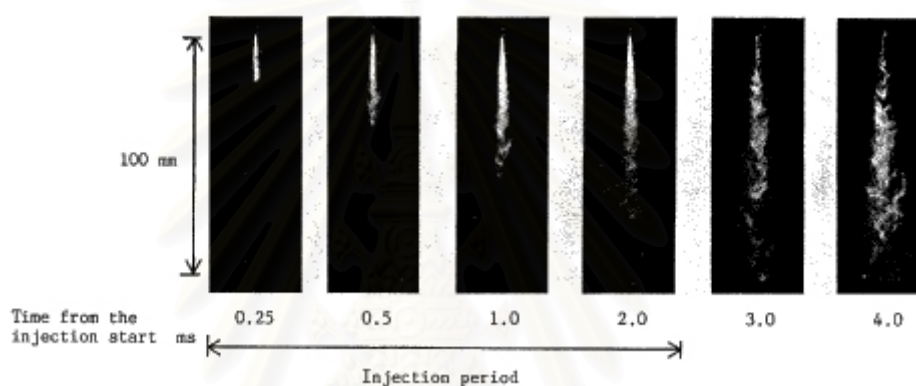
รูปที่ 2-8 การเปรียบเทียบฟิล์ม 3 ชนิดระหว่างการระเหยของสเปรย์ (หัวฉีดเดี่ยว) [5]

A.Azetsu และคณะ [6] ได้ศึกษาโครงสร้างอย่างละเอียดของสเปรย์ดีเซล โดยการตรวจสอบสเปรย์ที่ไม่ระเหย, ขอบเขตไม่แน่นอนและไม่สม่ำเสมอในแบบ 2 มิติ โดยใช้เทคนิค laser sheet illumination โดยศึกษากลไกการกระจายตัวของลำเชื้อเพลิงในเชิงของภาพถ่าย และจะมีการบันทึกความสำคัญของปฏิกิริยาระหว่าง liquid surface-air, liquid turbulence และ cavitation ที่มีต่อกลไก วัด break-up length โดยใช้ probe สอดเข้าไปและอธิบายผลของความดันรอบๆและเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด และศึกษาขนาดหยดเชื้อเพลิงเฉลี่ยและการแจกจ่ายของความหนาแน่นของหยดโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์โดยเลเซอร์



ในการทดลอง เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้สเปรย์ที่ถูกเติมด้วย ไนโตรเจนที่อัดความดันที่อุณหภูมิห้อง ความดันจะถูกเปลี่ยนจาก 0.1 MPa เป็น 1.53 MPa และจะศึกษาผลของความดันรอบๆที่มีต่อรูปร่างและโครงสร้างของสเปรย์ที่ไม่สม่ำเสมอ, รูปร่างไม่แน่นอนและไม่ระเหย

ภาพถ่ายในรูปแบบที่ 2-9 แสดงภาพถ่ายของสเปรย์ภายใต้ความดันล้อมรอบที่ 1.53 MPa ที่จังหวะ 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 ms หลังจากเริ่มต้นการฉีด เมื่อปลายสเปรย์ไปถึงจุดๆหนึ่ง ซึ่งขึ้นกับสถานะของการฉีด รูปร่างของปลายสเปรย์จะเปลี่ยนไปทันที หลังจากการเปลี่ยนรูปร่างนี้ จะสามารถเห็นโครงสร้างคล้ายการแตกกิ่ง (branch-like structure) ซึ่งจะแผ่ขยายย้อนกลับจากแกนกลางของสเปรย์



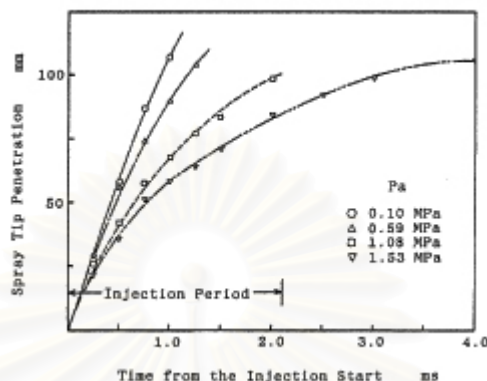
รูปที่ 2-9 ภาพถ่ายแสดงการพัฒนาของสเปรย์ที่ความดันแวดล้อม  $P_{amb} = 1.53$  MPa [6]

ระหว่างช่วงเวลากการฉีด (0.25 ms – 2 ms) โครงสร้างคล้ายการแตกกิ่งนี้จะไม่สามารถเห็นได้ชัด โครงสร้างคล้ายการแตกกิ่งนี้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนขึ้นหลังจากสิ้นสุดการฉีด (3.0 ms, 4.0 ms) โครงสร้างคล้ายการแตกกิ่งนี้จะชัดเป็นพิเศษในบริเวณใกล้หัวฉีด แสดงว่ามีความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (heterogeneity) อย่างมากในการกระจายของหยดของเชื้อเพลิงในสเปรย์ในระยะยาว และจะมีความไม่เป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้นระหว่างช่วงการฉีด

นอกเหนือจากโครงสร้างคล้ายการแตกกิ่งนี้ ยังมีแกนที่หนาแน่นมากที่ศูนย์กลางของสเปรย์ระหว่างช่วงการฉีด จากการตรวจสอบภาพถ่ายอย่างใกล้ชิด จะสังเกตเห็นว่าแกน (core) นี้จะยืดขยายเกือบเป็นแนวตรงไปสู่บางจุดที่ใกล้ปลายหัวฉีดมาก และหลังจากจุดนี้จะคดเคี้ยวเล็กน้อย ซึ่งทำให้แกนของสเปรย์มีรูปร่างหยัก ความยาวการหยักและขนาดของมันจะเพิ่มขึ้นทีละน้อย เมื่อมันเคลื่อนที่ไกลออกไปจากปลายหัวฉีด



รูปที่ 2-10 แสดงการเติบโตของ spray tip penetration กับเวลาจากจุดเริ่มต้นการฉีด penetrating length จะยืดออกไปโดยตัวมันเองโดยจะลดอัตราการเติบโตตามเวลาและจะสั้นลงเมื่อเพิ่มความดันแวดล้อม



รูปที่ 2-10 การพัฒนาของ tip penetration ของสเปรย์ตามเวลา [6]

#### 2.2.2.5 กระบวนการจุดระเบิดของสเปรย์ดีเซล T. Ishiyama, K.Miwa และ

O. Horikoshi [7] ได้ศึกษากระบวนการระเบิดของสเปรย์ดีเซลโดยวัดองค์ประกอบของส่วนผสมเชื้อเพลิง-อากาศที่เกิดขึ้นในช่วง ignition delay โดยการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในอากาศอุณหภูมิสูงในเครื่องอัดความเร็วสูง (Rapid Compression Machine, RCM) และเปรียบเทียบองค์ประกอบของส่วนผสมกับองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดสอบการแตกตัวทางความร้อนเพียงอย่างเดียวโดยใช้ flow reactor

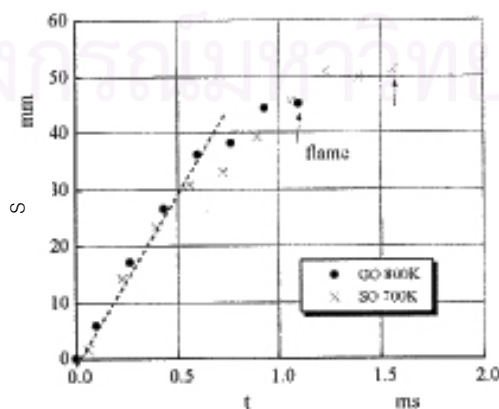
การผสมเชื้อเพลิง-อากาศระหว่างช่วง ignition delay มีอิทธิพลอย่างมากต่อกระบวนการเผาไหม้ทั้งหมดในเครื่องยนต์ดีเซลความเร็วสูงขนาดเล็ก ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการควบคุม ignition delay เพื่อลดไอเสียของเขม่า,  $\text{NO}_x$  และไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้ (Unburned Hydrocarbon, UHC) โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนลดลง

ในการศึกษานี้จะใช้ ignition delay 2 ชนิด คือ pressure recovery delay  $\tau_p$  ซึ่งได้มาจากการคำนวณโค้งความดัน-เวลา ซึ่งวัดโดย piezoelectric transducer และโค้งการยกตัวของเข็มหัวฉีดโดย photoelectric detector เวลาการจุดระเบิดจะหาจากผลต่างความดัน  $P_f - P_a$  ที่ซึ่ง  $P_f$  คือความดันที่ได้จากการทดสอบการเผาไหม้ปกติ ส่วน  $P_a$  คือความดันที่ได้จากการทดสอบซึ่งอัดอากาศโดยไม่มีการฉีด delay ถูกนิยามว่าเป็นช่วงเวลาจากเริ่มต้นการฉีดถึงเวลาเมื่อ  $P_f - P_a$  เป็นค่าบวกอีกครั้งหลังจากที่ลดลงเป็นค่าลบเนื่องมาจากการดูดความร้อนของสเปรย์ ignition delay อีกชนิดคือ illumination delay  $\tau_i$  ได้มาจากการปล่อยแสงที่มองเห็นได้ที่ตรวจพบโดย phototransister ที่มีมุมมองกว้าง

ในขั้นแรกจะตรวจสอบองค์ประกอบของส่วนผสมในช่วง ignition delay โดยการฉีด gas oil เข้าไปในอากาศหนึ่งที่ถูกอัดจนมีอุณหภูมิ 800 K จะพบไฮโดรคาร์บอนเบา ( $C_1$ - $C_4$ ) เป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยา และสังเกตเห็นไฮโดรคาร์บอน  $C_6$ - $C_8$  เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงดั้งเดิม แสดงว่าเชื้อเพลิงดำเนินการแตกตัวต่อไป และผลิตไฮโดรคาร์บอนเบา ก่อนจะสังเกตเห็นการปลดปล่อยความร้อนอย่างเด่นชัด แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจาก gas oil ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนหลายชนิด จึงเป็นไปได้ที่จะระบุว่าชนิดใดถูกเหนี่ยวนำมาจากเชื้อเพลิงโดยปฏิกิริยาใดๆ ในการวิเคราะห์ปัญหานี้จึงเปลี่ยนมาใช้ simple oil ที่อุณหภูมิอากาศเดียวกันที่เริ่มต้นการฉีด รูปแบบการปลดปล่อยความร้อนของ simple oil จะมีคุณลักษณะที่กระจัดกระจายมากกว่าเนื่องจากว่ามันมี ignition delay สั้นกว่า gas oil ดังนั้นสำหรับ simple oil อุณหภูมิอากาศจะลดลงเหลือ 700 K เพื่อว่าโค้งอัตราการปลดปล่อยความร้อนสอดคล้องกับโค้งของ gas oil ที่ 800 K โดยประมาณ

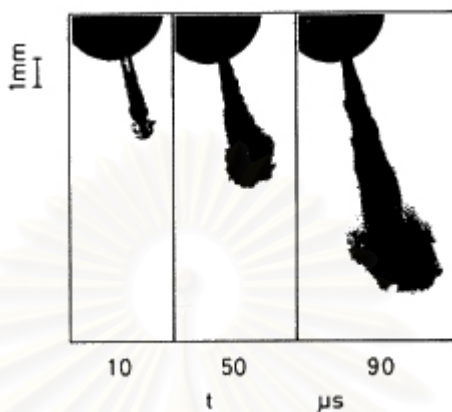
ในแง่ของความดัน-เวลาและกระบวนการจุดระเบิด พบว่า  $\tau_i$  มักจะสั้นกว่า  $\tau_p$  เสมอ เปลวไฟที่มองเห็นได้เริ่มต้นมักจะปรากฏที่เวลาประมาณ  $P_f - P_a$  มีค่าน้อยสุด นั่นคือเริ่มต้นของการปรากฏของการปลดปล่อยความร้อน ไม่ตรวจพบการปล่อยแสงระหว่างกระบวนการสุ่มตัวอย่างของส่วนผสม ซึ่งหมายความว่า การสลายตัวของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นก่อนเปลวไฟที่สามารถมองเห็นได้จะปรากฏ และความร้อนเริ่มถูกปลดปล่อยอย่างเด่นชัด ดังนั้นการเผาไหม้ต้องเริ่มต้นในช่วงต้นในส่วนผสม

รูปที่ 2-11 แสดงระยะฟุ้ง S ที่หาจากรูปถ่ายความเร็วสูง โดยความสัมพันธ์ระหว่างการฉีด gas oil เข้าไปในอากาศ 800 K และการฉีด simple oil เข้าไปในอากาศ 700 K ระยะฟุ้ง S ทั้งสองเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงกับเวลาถึงประมาณ 0.5 ms และอัตราการเติบโตลดลงหลังจากนั้น และพบว่าสเปรย์แตกตัวเป็นละอองเล็กน้อยในช่วงที่ระยะฟุ้งเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง ช่วงเวลานี้เรียกว่า "break-up time"



รูปที่ 2-11 ระยะฟุ้งของสเปรย์ก่อนการจุดระเบิด [7]

รูปที่ 2-12 แสดงภาพถ่ายของสเปร์ย์ที่ไม่ระเหยในไนโตรเจน 1 MPa ที่ถ่ายด้วย nano-spark light source [8] สเปร์ย์ในภาพถ่ายเหล่านี้ถืออยู่ในส่วนเริ่มต้นของ break-up time (ในกรณีนี้คือ 0.4 ms



รูปที่ 2-12 รูปภาพโดยละเอียดของสเปร์ย์เริ่มต้น [7]

จากภาพถ่ายความเร็วสูงของสเปร์ย์ในอากาศอุดมทฤษฎีและความดันสูง สามารถเห็นได้ว่าเปลวไฟที่มองเห็นได้ในตอนแรก แทบจะไม่ปรากฏที่ปลายของสเปร์ย์ แต่มักจะถูกพบในขอบกลางของสเปร์ย์ ใกล้กับปลายหัวฉีดเมื่อถูกฉีดเข้าไปในอากาศนี้ เชื้อเพลิงที่พื้นผิวของสเปร์ย์มีแนวโน้มที่จะเริ่มต้นการเผาไหม้เพราะว่ามันมักจะสัมผัสกับอากาศที่ล้อมรอบ ส่วนผสมที่ถูกให้ความร้อนโดยปฏิกิริยาการเผาไหม้จะถูกนำเข้าไปในสเปร์ย์ และจะให้เอนทัลปีแก่ส่วนในของสเปร์ย์ โดยการใช้ความร้อนนี้ จะเป็นการเริ่มต้นการสลายตัวทางความร้อนหรือการเผาไหม้ภายใต้สภาวะเชื้อเพลิงหนา ณ ตรงนั้น อุณหภูมิของส่วนผสมจะลดลงเนื่องจากการดูดกลืนความร้อนโดยการสลายตัวทางความร้อน ในบริเวณใกล้เคียงของปลายสเปร์ย์ เชื้อเพลิงจะแตกตัวเป็นละอองเป็นอย่างดี เป็นหยดเชื้อเพลิงหลายหยดซึ่งสามารถระเหยได้ง่ายและเริ่มสลายตัว นอกจากนี้ความสามารถในการผสมนั้นแข็งแกร่งมากเสียจนกระทั่งส่วนผสมร้อนที่ก่อตัวในชั้นนอกมีแนวโน้มที่จะถูกนำเข้าไปในส่วนในของสเปร์ย์ สามารถคาดได้ว่าเป็นการยากสำหรับส่วนผสมร้อนที่จะรักษาอุณหภูมิของมันและที่จะเร่งปฏิกิริยา ในแง่กลับกัน ในส่วนต้นทางของสเปร์ย์ กระแสหมุนวนของการผสมจะน้อยมากเสียจนกระทั่งส่วนผสมสามารถรักษาอุณหภูมิของมันได้ เนื่องจากมีเชื้อเพลิงที่แตกตัวเป็นละอองเล็กน้อยที่ถูกทำให้ร้อนที่ใกล้ๆกับมัน ผลที่ตามมาคือส่วนผสมร้อนที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยความร้อนอย่างรวดเร็วควรมีอยู่ที่ขอบกลางของสเปร์ย์ ขนาดของส่วนผสมนั้นน้อยสอดคล้องกับขนาดกระแสหมุนวนตรงนั้น เป็นที่คาดเดาว่าอุณหภูมิอากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการเริ่มต้นกระบวนการเผาไหม้ตอนต้น

### 2.2.3 การวิเคราะห์การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลโดยวิธีการถ่ายภาพ

เพื่อที่จะทำตามกฎข้อบังคับเรื่องไอเสีย และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงให้ต่ำที่สุด สิ่งสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์คือการทำความเข้าใจกระบวนการในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ให้ดีขึ้น การวัดเฉพาะความดันกระบอกสูบ, ตัวแปรในการฉีด, ก๊าซไอเสีย นั้นไม่เพียงพออีกต่อไป ซึ่งมีหลายวิธีที่ทำกัน วิธีหนึ่งคือการจำลองการฉีดเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ อีกวิธีหนึ่งคือการใช้วิธีทางแสงในการตรวจดูกระบวนการในกระบอกสูบ

มีหลายวิธีทางแสงที่ใช้ในการตรวจดูเครื่องยนต์ดีเซลในที่นี้ จะใช้แต่ละวิธีแยกจากกัน โดยจะต้องดัดแปลงห้องเผาไหม้เพื่อให้แสงเข้าได้ เมื่อใช้แสงเลเซอร์จะต้องดัดแปลงห้องเผาไหม้อย่างมาก เพื่อให้แสงเลเซอร์ทะลุผ่านห้องเผาไหม้ ทำให้การเปลี่ยนแปลงด้านรูปทรงที่เกิดขึ้นมีอิทธิพลต่อการเกิดสเปกตรัมเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ การวัดที่สภาวะคงตัวนั้นทำได้ยาก เนื่องจากปัญหาเขม่าที่เกาะบน protection window ในการตรวจสอบส่วนใหญ่ในที่นี้ จะเดินเครื่องยนต์แล้วฉีดเชื้อเพลิงเฉพาะไม่กี่วัฏจักรระหว่างการวัดเพื่อป้องกันการเกิดเขม่าที่ window

Dec [9] ใช้วิธี elastic scattering เพื่อวัดการพุ่งของสเปกตรัมเชื้อเพลิงเหลวในเครื่องยนต์ แผ่นเลเซอร์บางๆเข้าสู่ห้องเผาไหม้ผ่าน windows ในปลอกสูบ และรูปภาพจะได้มาผ่าน window ใน piston bowl Ricart และคณะ [10] ใช้ระบบการวัดที่ขึ้นกับ endoscope เพื่อวัดการพุ่งของสเปกตรัมเชื้อเพลิงเหลว ในการให้แสงกับสเปกตรัมเชื้อเพลิง แสงเลเซอร์จะถูกนำทางไปในห้องเผาไหม้โดยผ่าน optical fiber รูปได้มาโดยกล้องดิจิทัลชนิดขาว-ดำ 8 บิต เนื่องจากตำแหน่งของ endoscope ที่ใช้จะวัดสเปกตรัมเชื้อเพลิงหลังจากออกจากหัวฉีดแล้ว 10 mm และเมื่อเปลวไฟที่ส่องสว่างปรากฏในรูป จะไม่สามารถวัดการพุ่งได้อีกต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากในภาพขาว-ดำไม่สามารถที่จะแยกสเปกตรัมเชื้อเพลิงออกจากเปลวไฟได้

ในการวัดการกระจายของเขม่าในเปลวไฟดีเซลที่กำลังเผาไหม้ จะใช้วิธี Laser Induced Incandescence (LII) อีกวิธีหนึ่งคือ two-color method โดยการวัดความเข้มการแผ่รังสีของเขม่าที่ค่าความยาวคลื่นที่ต่างกันสองค่า จะสามารถคำนวณได้ทั้งการกระจายของเขม่าและอุณหภูมิเขม่า ถ้าได้มาซึ่งภาพสองมิติของการแผ่รังสีของเขม่า จะสามารถคำนวณการกระจายอุณหภูมิได้ ข้อเสียข้อหนึ่งของวิธีนี้คือ ความเข้มที่ถูกวัดเกิดจากความลึกทั้งหมดไม่ใช่ระนาบของรูปภาพที่ถูกระบุไว้อย่างดี ในการวัดความเข้มชั้นเขม่าในเครื่องยนต์ดีเซล Black และคณะ [11] ใช้วิธี laser extinction method แสงเลเซอร์ที่ทราบค่าความเข้มเข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยผ่านปลอกสูบ ความเข้มของลำแสงเลเซอร์จะถูกวัดที่ด้านตรงข้ามของกระบอกสูบโดยใช้ความแตกต่างของความเข้มเป็นตัววัดความเข้มชั้นของเขม่า วิธีนี้สามารถวัดความเข้มชั้นในเขม่าเย็นได้

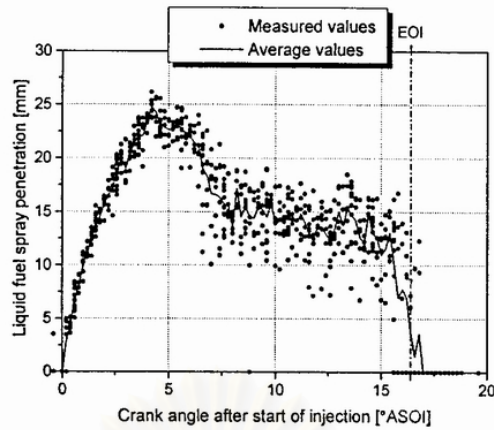
Larsson [12] ได้ศึกษาการฉีดเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล DI โดยใช้ระบบทางแสงที่ขึ้นกับ endoscope และวัดการพุ่งของสเปรย์เชื้อเพลิงเหลว, flame lift-off และ flame length ในรูปภาพ

การตั้งค่าเครื่องยนต์ที่ต่างกัน 13 ค่า จะถูกเปรียบเทียบในการทดสอบทางแสง แต่ละจุดการทดสอบจะบันทึก 3 ลำดับภาพ 2 ลำดับภาพจะใช้แสงแฟลชเพื่อส่องสว่างให้สเปรย์เชื้อเพลิงก่อนที่จะเผาไหม้ ลำดับแรกจะได้มา 8 ภาพ ที่มุมข้อเหวี่ยงในช่วง  $-12$  ถึง  $60^{\circ}$  ATDC ที่  $1.0^{\circ}$  CA resolution ลำดับที่สองได้มา 6 ภาพ ที่มุมข้อเหวี่ยงในช่วง  $-11$  ถึง  $8.6^{\circ}$  ATDC ที่  $0.2^{\circ}$  CA resolution ลำดับที่สาม รูปภาพของการส่องสว่างด้วยตนเองจะถูกบันทึกโดยไม่ต้องใช้แสงเพิ่มเติม รูปภาพถูกใช้สำหรับการคำนวณการกระจายอนุกรม 8 รูปภาพจะถูกบันทึกที่แต่ละมุมข้อเหวี่ยงในช่วง  $-12$  ถึง  $60^{\circ}$  ATDC ที่  $1.0^{\circ}$  CA resolution รูปภาพทั้งหมดถูกบันทึกในวัฏจักรการเผาไหม้ที่ต่างกัน

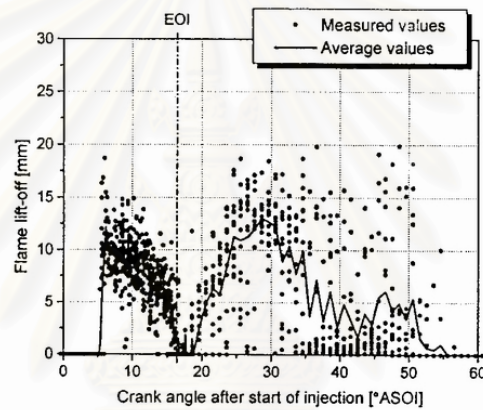
การพุ่งของสเปรย์เชื้อเพลิงเหลว, flame lift-off และ flame length จะถูกวัดสำหรับแต่ละกรณี ค่าที่วัดจะถูกนำมาเฉลี่ย รูปที่ 2-13 แสดงระยะพุ่งของสเปรย์เชื้อเพลิงเหลวสำหรับ  $SOI = -9^{\circ}$  ATDC จะเห็นได้ว่าเมื่อเริ่มต้นการฉีด ค่าที่วัดจะเบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยเล็กน้อย หลังจาก SOC การเบี่ยงเบนจะมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมาจากการแปรปรวนในตำแหน่งของเปลวไฟ ดังจะสามารถเห็นได้ในรูปที่ 2-14 ซึ่งแสดง flame lift-off ระยะ flame lift-off จะแปรปรวนมากกว่าระยะพุ่งของสเปรย์ หลังการพุ่งของสเปรย์เชื้อเพลิงเหลว เปลวไฟไปถึงหัวฉีดหลังจากสิ้นสุดการฉีด (EOI) หลังจากนั้น flame lift-off จะแสดงการแปรปรวนมากกว่า แต่ดูเหมือนจะเคลื่อนออกไปจากหัวฉีดอีกครั้ง Winklhofer [13] แสดงให้เห็นว่าสำหรับความดันในการฉีดที่คล้ายคลึงกัน flame lift-off เบื้องต้นคือ 13-15 mm จากหัวฉีด ซึ่งเป็นระยะทางจากหัวฉีดที่มากกว่าในการทดลองเหล่านี้เล็กน้อย

กรณีมาตรฐานสำหรับการทดสอบนี้ คือ เริ่มฉีดเชื้อเพลิงที่  $-9^{\circ}$  ATDC ความดันที่ทางเข้า 141 kPa อุณหภูมิที่ทางเข้า  $26^{\circ}$  C ปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีด 40.4 mg/inj โหลด 40% และเส้นผ่านศูนย์กลางรู 0.227 mm



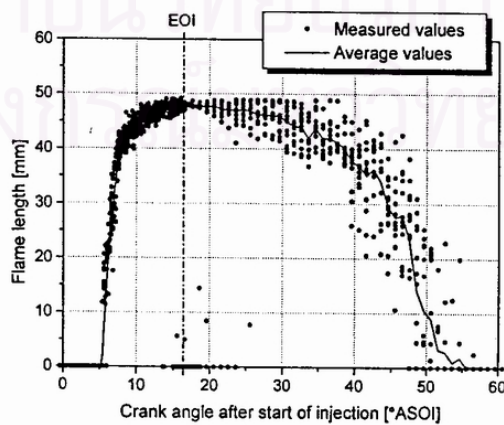


รูปที่ 2-13 ระยะพุ่งของสเปรย์เชื้อเพลิงเหลวสำหรับกรณีทดสอบมาตรฐาน [12]



รูปที่ 2-14 Flame lift-off สำหรับกรณีทดสอบมาตรฐาน [12]

เช่นเดียวกับ flame lift-off ดูเหมือนว่า flame length จะค่อนข้างเสถียรจนถึง EOI ดังรูปที่ 2-15 จากนั้น flame length จะเริ่มแปรปรวน



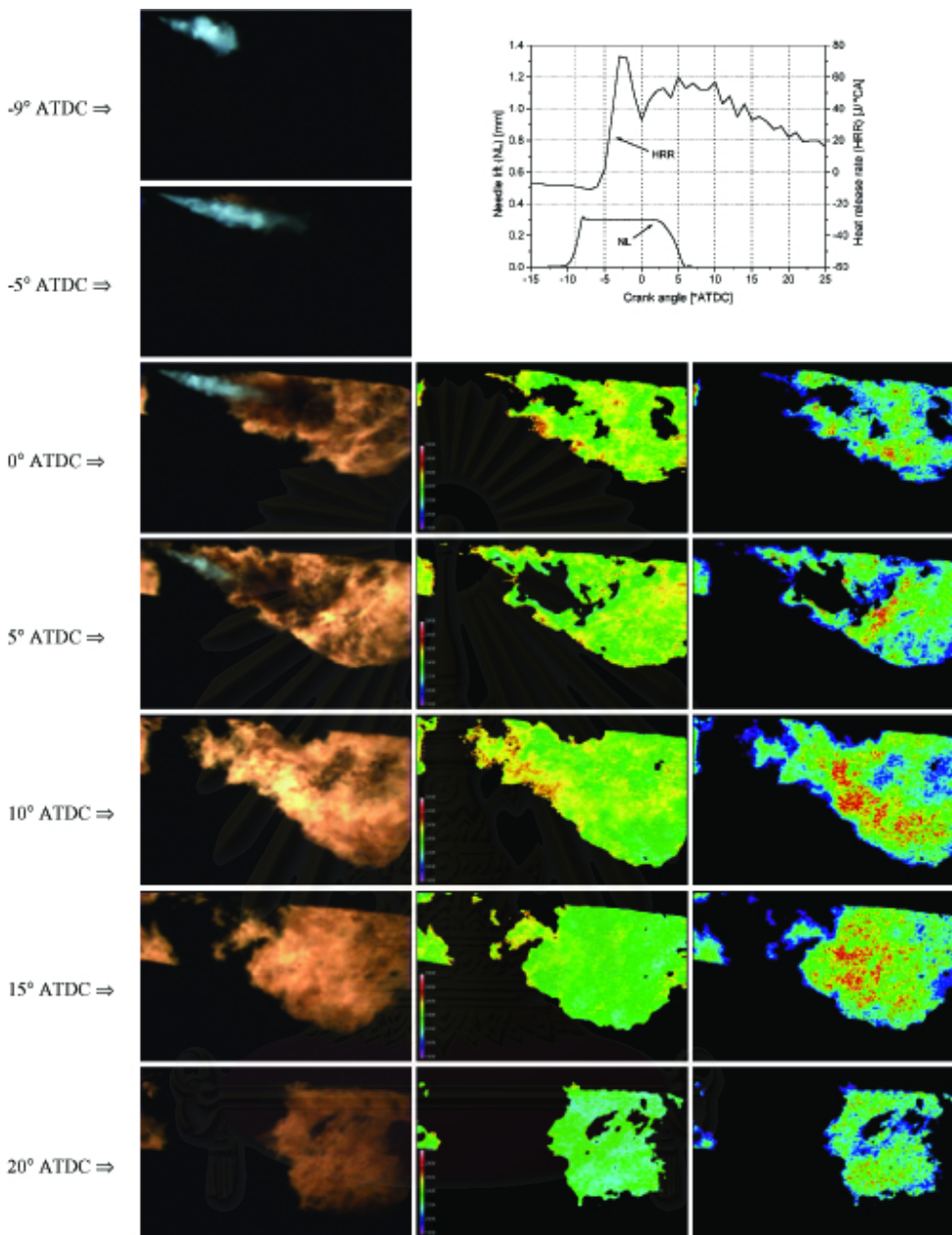
รูปที่ 2-15 Flame length สำหรับกรณีทดสอบมาตรฐาน [12]



เมื่ออุณหภูมิอากาศขาเข้าเพิ่มขึ้น อุณหภูมิทั้งหมดในห้องเผาไหม้หลังจากการอัดจะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะทำให้การพุ่งสูงสุดของสเปร์ย์เชื้อเพลิงลดลง อุณหภูมิก๊าซที่สูงกว่าจะทำให้ช่วงการล่าช้าลดลงด้วย ส่วนของการเผาไหม้แบบ premixed ลดลง และการเผาไหม้แบบ diffusion จะเริ่มต้นเร็วขึ้น เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนที่สูงจากการเผาไหม้แบบ diffusion และดังนั้นการระเหยที่เพิ่มขึ้น การพุ่งของสเปร์ย์เชื้อเพลิงเหลวจะลดลงจากค่าสูงสุดเร็วขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศขาเข้า จะมีความแตกต่างเล็กน้อยใน flame lift-off และ flame length เมื่ออุณหภูมิขาเข้าถูกเปลี่ยน ยกเว้นความแตกต่างที่จุดเริ่มต้นของการเผาไหม้แบบ diffusion

เมื่อระดับโหลดลดลง ช่วง ignition delay จะเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากพื้นผิวและอุณหภูมิของก๊าซตกค้างในห้องเผาไหม้ที่ต่ำลง ดังนั้น ส่วนของการเผาไหม้แบบ premixed จะเพิ่มขึ้น การเผาไหม้ที่สว่างจะเกิดภายหลังด้วยระดับโหลดที่ต่ำกว่าเนื่องจากระยะเวลาในการฉีดที่สั้นกว่า flame length จะสั้นกว่าที่โหลดเครื่องยนต์ที่ต่ำกว่า

การกระจายของเขม่าและอุณหภูมิถูกคำนวณในรูปภาพเปลวไฟโดยใช้วิธี two-color method ในรูปที่ 2-16 แสดงผลของการคำนวณที่จำเป็นสำหรับกรณีมาตรฐาน แถวซ้ายแสดงรูปภาพที่ได้มาของสเปร์ย์เชื้อเพลิงเหลวและเปลวไฟ แถวกลางแสดงการกระจายอุณหภูมิในเปลวไฟ และแถวขวาเป็นการกระจายของเขม่า ในรูปภาพ หัวฉีดจะอยู่มุมบนซ้ายของรูป ในบางรูปของเปลวไฟจะมีเปลวไฟเล็กๆ อยู่ต่ำกว่าหัวฉีด ซึ่งเปลวไฟนี้จะไม่เกี่ยวกับสเปร์ย์เชื้อเพลิงที่ศึกษา แต่จะเป็นของ 1 ใน 3 สเปร์ย์อื่น ในรูปภาพอุณหภูมิ สเกลสี (ม่วง-ฟ้า-เขียว-เหลือง-แดง-ขาว) ระบุช่วงของอุณหภูมิ 1800 ถึง 3000 K ในรูปการกระจายเขม่า สเกลสีตัวเดิมจะระบุความหนาแน่นของเขม่าจัดช่วงจากเขม่าบางจนถึงเขม่าหนาแน่น กราฟข้างบนรูปที่ 2-16 เป็นการพล็อตระยะยกของเขม่าและอัตราการปลดปล่อยความร้อน เส้นจุดแนวตั้งคือมุมข้อเหวี่ยงที่ซึ่งได้มาซึ่งรูปภาพ ดังที่เห็นที่ 0 และ 5 °ATDC ในรูปที่ 2-16 เปลวไฟข้างหน้าสเปร์ย์เชื้อเพลิงจะถูกทำให้เย็นลงโดยเชื้อเพลิงทำให้เกิดความเข้มข้นการแผ่รังสีเปลวไฟที่ต่ำกว่า การแผ่รังสีของเปลวไฟจะต่ำเกินกว่าที่จะคำนวณการกระจายอุณหภูมิและเขม่าได้ ดังนั้นจะไม่มีอุณหภูมิและความหนาแน่นเขม่าแสดงในพื้นที่ข้างหน้าสเปร์ย์เชื้อเพลิง

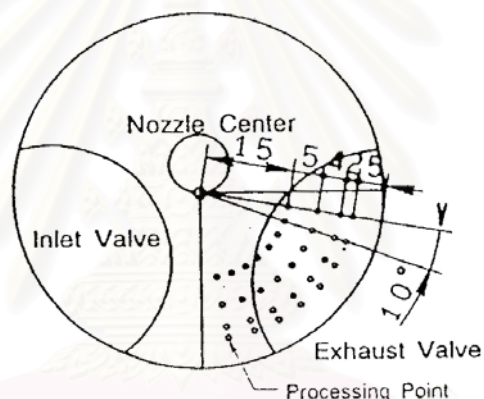


รูปที่ 2-16 ค่าสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ค่า  $k_{ks}$  ต่างๆ [12]

Long Zhang และคณะ [14] ได้วิเคราะห์ปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล DI ลงในรายละเอียด โดยจะประยุกต์ใช้วิธี “cross-correlation” และ “two-color method” เพื่อวัดการเคลื่อนที่ของเปลวไฟที่เผาไหม้และอุณหภูมิเปลวไฟ ตามลำดับ โดยกระบวนการถ่ายภาพความเร็วสูง จุดประสงค์ของการตรวจสอบนี้คือเพื่อศึกษาผลของตัวแปรของเครื่องยนต์ เช่น pumping rate, ขนาดหัวฉีด และ injection timing ที่มีต่อกระบวนการเผาไหม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลต่อการเคลื่อนที่ของเปลวไฟและอุณหภูมิเปลวไฟ

หลักการของวิธี “cross-correlation” สำหรับการวัดความเร็วเปลวไฟได้ถูกอธิบายโดย Shioji [15] และโดย Yamaguchi [16] โดยการคำนวณฟังก์ชัน cross-correlation 2 มิติระหว่างภาพถ่ายการเผาไหม้ 2 ภาพในช่วงเวลาสั้นๆ จะสามารถหาเวกเตอร์ความเร็วได้โดยการสแกนตำแหน่งของ maximum cross-correlation coefficient และโดยการทราบช่วงของเวลา

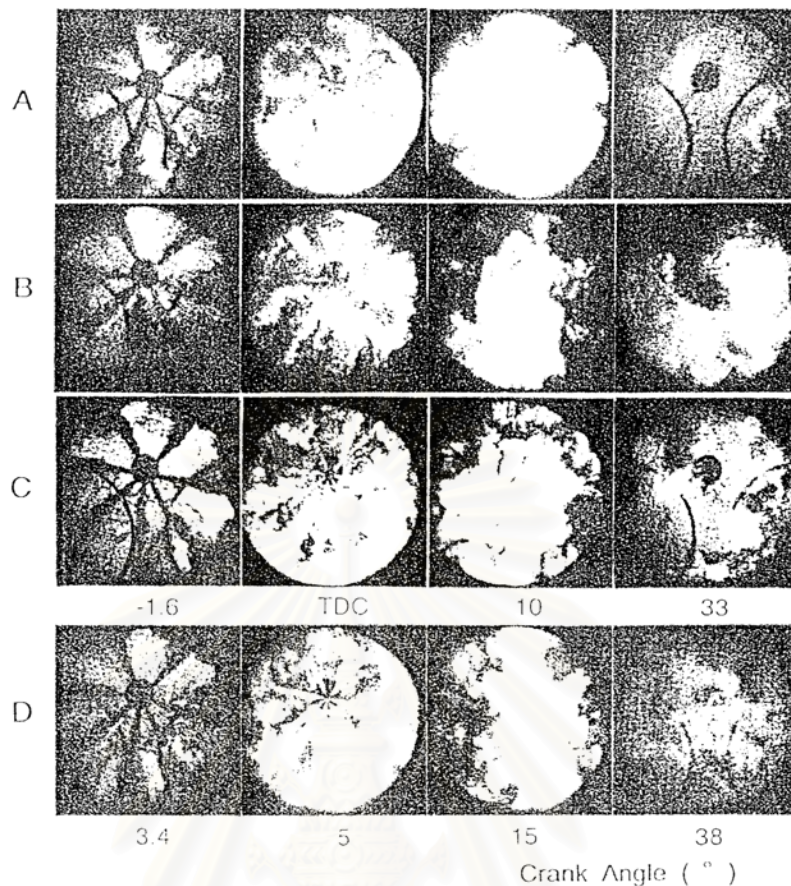
ตำแหน่งของจุดที่ทำการวัด 32 จุดในบริเวณที่มองเห็นได้ของห้องเผาไหม้แสดงไว้ในรูปที่ 2-17 บริเวณทั้งหมดจะถูกวัดเพื่อแสดงรูปแบบการเคลื่อนที่ของเปลวไฟและจุดศูนย์กลางของอากาศหมุนเพื่อลดเวลาในการคำนวณ การเปรียบเทียบระหว่างสถานะต่างๆ จะกระทำที่จุดที่ทำการวัด 32 จุด เนื่องจากวิธีนี้ต้องการก้อนที่มีแสงสว่าง (luminous lumps) อย่างน้อย 2 รูปแบบ ภายในบริเวณที่ทำการวัดเพื่อให้ได้เวกเตอร์ที่ถูกต้อง ดังนั้นบริเวณที่ทำการวัดจะถูกตรึงไว้ที่  $10 \times 10$  mm ในครั้งแรก สำหรับเวกเตอร์บางตัวที่ผิดปกติไป บริเวณที่ทำการวัดจะถูกเปลี่ยนเป็น  $20 \times 20$  mm สำหรับการคำนวณใหม่



รูปที่ 2-17 Processing points distribution [14]

อุณหภูมิเปลวไฟจะถูกวัดโดยวิธี “two-color method” ในกรณีนี้การ calibration จะกระทำโดยการปรับเทียบกับค่าที่ได้จากการถ่ายภาพตะเกียงฮาโลเจนมาตรฐานในสถานะเดียวกับภาพถ่ายการเผาไหม้ ความยาวคลื่นที่ใช้คือ สีแดง ( $0.65 \mu\text{m}$ ) และสีน้ำเงิน ( $0.46 \mu\text{m}$ )

รูปที่ 2-18 แสดงรูปที่เลือกมาของกระบวนการเผาไหม้ภายใต้สถานะการทดลองต่างๆ มุมข้อเหวี่ยงจะถูกระบุไว้ได้รูป



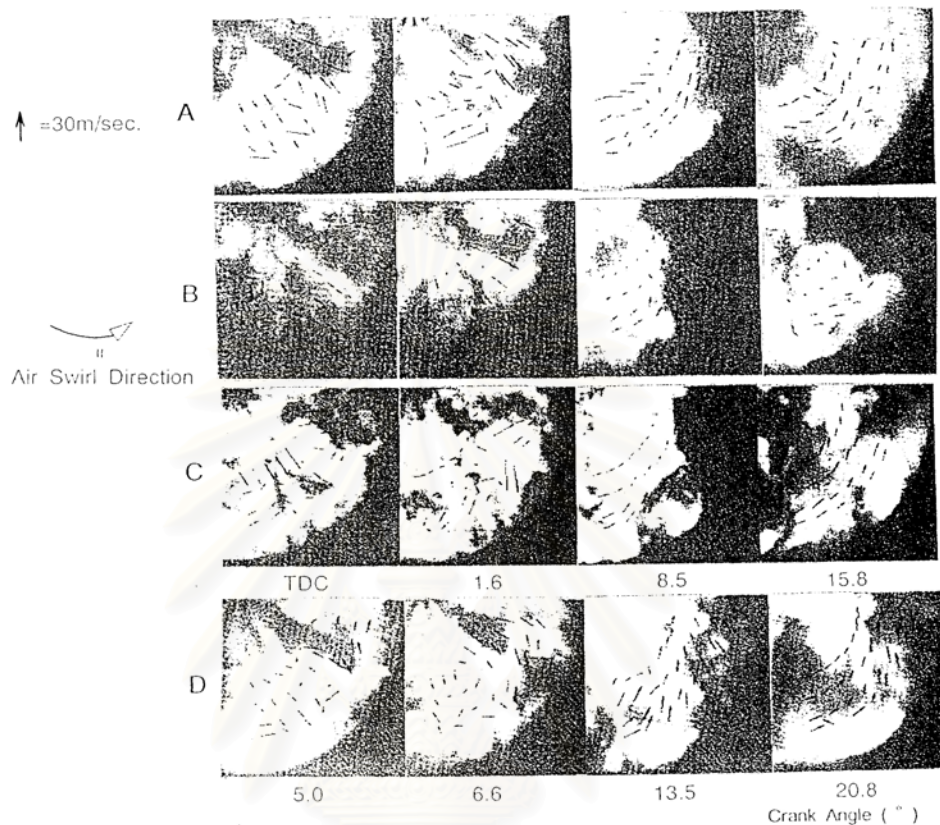
รูปที่ 2-18 การเปรียบเทียบกระบวนการเผาไหม้โดย Long Zhang และคณะ [14]

จากการเปรียบเทียบกระบวนการเผาไหม้พบว่ากรณีที่มี pumping rate ต่ำกว่า (รูป B) การแพร่กระจายของเปลวไฟจะช้าและมีเขม่ามากในเปลวไฟระหว่างจังหวะการเผาไหม้แบบ diffusion ความแตกต่างระหว่างพื้นที่หัวฉีด แสดงไว้ในรูป A และ C พบว่าหัวฉีดที่มีพื้นที่ใหญ่จะมีเขม่ามากกว่าในเปลวไฟใกล้ๆผนังห้องเผาไหม้ และเมื่อ injection timing ถูกหน่วงลงจาก  $11^{\circ}$  BTDC (รูป A) ไปเป็น  $5^{\circ}$  BTDC (รูป D) จะพบว่าแสงสว่างของเปลวไฟจะลดลงและจุดสิ้นสุดของการเผาไหม้จะล่าช้าออกไป

รูปที่ 2-19 แสดงผลของเวกเตอร์ความเร็วของเปลวไฟที่คำนวณโดยวิธี cross-correlation method การคำนวณเริ่มต้นที่เวลาเมื่อ spray plume ของเชื้อเพลิงเกือบถูกปกคลุมด้วยเปลวไฟ ดังนั้นจากจุดเริ่มต้นของการคำนวณ จะสมมติว่ามีการเผาไหม้แบบ diffusion อยู่ทั่วไป ถ้ามองอย่างกว้างๆ จะพบว่าการเคลื่อนที่ของเปลวไฟในช่วงเวลาของการฉีดจะแตกต่างกันไป จากการเคลื่อนที่ของเปลวไฟหลังจากสิ้นสุดการฉีด ระหว่างการฉีดเชื้อเพลิง เวกเตอร์ความเร็วจะผิดปกติกว่าในทั้งทิศทางและขนาด แต่อย่างไรก็ตาม ที่เวลาสั้นๆ หลังจากสิ้นสุดการฉีด เวก



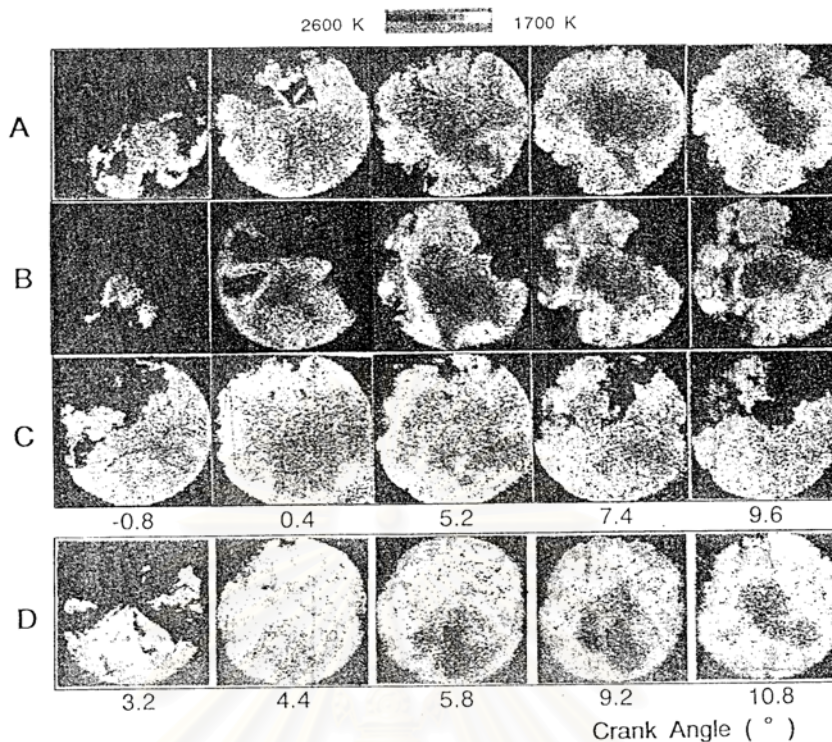
เตอร์ความเร็วส่วนมากจะมุ่งหน้าไปในทิศเดียวกับการหมุนของอากาศและการเคลื่อนที่แบบผิดปกติจะลดลงอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2-19 การเปรียบเทียบเวกเตอร์ความเร็วเปลวไฟที่คำนวณโดยวิธี cross-correlation โดย Long Zhang และคณะ [14]

เนื่องจากจะพิจารณาการเคลื่อนที่แบบผิดปกตินั้นให้สัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการเป็น turbulence ขนาดใหญ่ในบริเวณที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่ามี turbulence อย่างหนักหน่วงเกิดขึ้นโดยเชื้อเพลิงที่ฉีด, spray plume ที่ไปกระทบผนังห้องเผาไหม้และการเผาไหม้ที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันระหว่างช่วงเวลานี้

อุณหภูมิเปลวไฟที่คำนวณโดยวิธี two-color method สำหรับสภาวะทางการทดลองจาก A ไปสู่ D แสดงไว้ในรูปที่ 2-20 จากผลเหล่านี้จะแสดงถึงการกระจายไปตามส่วนต่างๆ และการเปลี่ยนแปลงของเวลาของอุณหภูมิเปลวไฟ ในกรณีเหล่านี้ จะมุ่งเน้นไปที่อุณหภูมิสูง (มากกว่า 2000 K) ซึ่งสัมพันธ์กับการเกิด  $\text{NO}_x$  และการเผาไหม้เขม่า เพื่อว่าจะได้ทำการเปรียบเทียบเลขฟิกเชล (คือตัวเลขของฟิกเชลที่แสดงถึงขนาดของพื้นที่) ที่มากกว่า 2000 K สำหรับสภาวะการทำงานต่างๆ



รูปที่ 2-20 การเปรียบเทียบอุณหภูมิเปลวไฟโดย Long Zhang และคณะ [14]

การเปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยความร้อนและการปล่อยก๊าซไอเสีย ผลของ pumping rate ที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยความร้อนจะเป็นค่าสูงสุดสำหรับการเผาไหม้ทั้งแบบ premixed และ diffusion ซึ่งสูงขึ้นภายใต้สภาวะที่ pumping rate มีค่าสูง

สำหรับหัวฉีดที่มีพื้นที่ผิวใหญ่ ค่าสูงสุดของอัตราการปลดปล่อยความร้อนระหว่างช่วงการเผาไหม้แบบ premixed จะสูงกว่า เป็นผลของอุณหภูมิเปลวไฟที่สูงกว่าในช่วงการเผาไหม้แบบ premixed แต่ค่าสูงสุดของอัตราการปลดปล่อยความร้อนระหว่างกระบวนการเผาไหม้แบบ diffusion จะต่ำกว่า เป็นผลจากอุณหภูมิเปลวไฟที่ต่ำกว่าและการเคลื่อนที่ของเปลวไฟที่ช้ากว่าในจังหวะ diffusion ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

เมื่อ injection timing หน่วงลง ค่าสูงสุดของการปลดปล่อยความร้อนจะลดลง ในระหว่างการเผาไหม้แบบ premixed และ diffusion ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิเปลวไฟที่ต่ำลงเนื่องจากสภาวะการทำงานนี้

Pumping rate ที่สูงจะทำให้ควันลดลงและ  $\text{NO}_x$  เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการเผาไหม้ที่รวดเร็วและอุณหภูมิเปลวไฟที่สูงขึ้นภายใต้ injection timing เดียวกัน เพื่อรักษาระดับ  $\text{NO}_x$  ให้คงเดิม วิธีทั่วไปคือการหน่วง injection timing ทำให้อุณหภูมิเปลวไฟต่ำลง ดังนั้นการเผาไหม้เข้ามาที่ขึ้นกับอุณหภูมิที่สูงกว่าจะไม่อยู่ในกรณีของการฉีดในตอนแรก

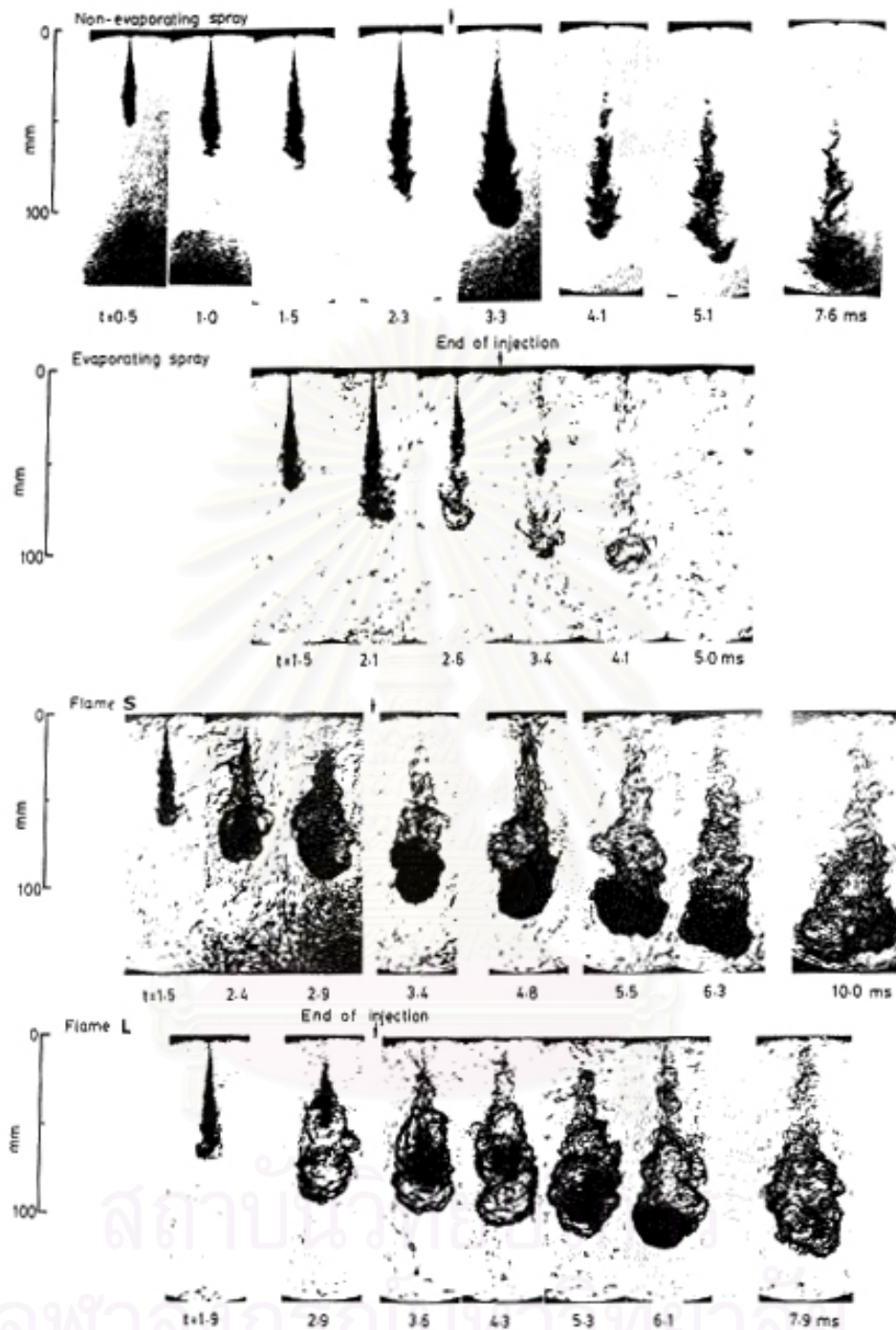


หัวฉีดที่มีพื้นที่รูเล็ก จะทำให้อุณหภูมิเปลวไฟต่ำลงระหว่างการเผาไหม้แบบ premixed ดังนั้นการเกิด  $\text{NO}_x$  ระหว่างจังหวะการเผาไหม้แบบ premixed อาจลดลง ซึ่งบอกเป็นนัยว่าการใช้หัวฉีดที่มีพื้นที่รูเล็กกว่าจะสามารถจำกัดหรือลดระดับ  $\text{NO}_x$  ที่ injection timing เดิมหรือหนึ่งวงเล็กน้อย

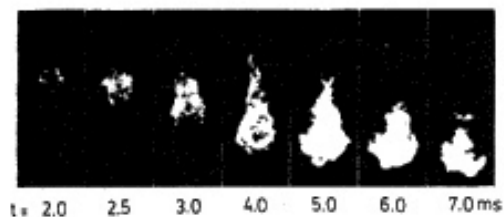
Yong June Chang และคณะ [17] ได้ตรวจสอบกระบวนการก่อตัวและการเผาไหม้ของอนุภาคเขม่าในเปลวไฟดีเซลด้วยเครื่องอัดความเร็วสูง โดยตรวจดูกลุ่มหมอกของเขม่าโดยวิธี laser schlieren ณ ขณะใดขณะหนึ่ง และประมาณอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิง/อากาศของบริเวณการเกิดเขม่าจากการกระจายความเข้มข้นเชื้อเพลิงที่วัดได้ในสเปรย์ที่ไม่ระเหย การแปรผันของความเข้มข้นเขม่าในเปลวไฟจะสัมพันธ์กับอัตราการปลดปล่อยความร้อนด้วย

Aoyagi และคณะ [18] ได้ตรวจสอบกระบวนการก่อตัวและการเผาไหม้ของอนุภาคเขม่าโดยวิธีสูมตัวอย่างก๊าซโดยตรง และ Matsui และคณะ [19] ตรวจสอบโดยวิธี two-color method ความเป็นมาตามเวลาของความเข้มข้นเขม่าที่วัดโดยทั้ง 2 วิธีนี้เปิดเผยว่าการก่อตัวของเขม่าเริ่มต้นขึ้นพร้อมกับการเริ่มต้นของการเผาไหม้แบบ diffusion และความเข้มข้นของเขม่าจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามเวลาระหว่างช่วงการฉีด ความเข้มข้นนี้มีค่าสูงสุดเมื่อสิ้นสุดการฉีด จากนั้นเขม่าจะสั่นดาปในอัตราที่รวดเร็วจนความเข้มข้นลดลงเหลือ 1/50 ของความเข้มข้นสูงสุด แต่หลังจากที่อุณหภูมิเปลวไฟลดลงต่ำกว่า 1800 K การเผาไหม้ในที่ใกล้เคียงจะหยุดลง และเขม่าถูกปล่อยออกมาที่ระดับความเข้มข้นนั้น Kamimoto และคณะ [20] ได้คำนวณอัตราการเผาไหม้เขม่าในเปลวไฟดีเซลโดยการใช้ข้อมูลจากการทดลอง และพบว่าอัตราการเผาไหม้เขม่าในเปลวไฟดีเซลเป็นอัตราที่ถูกควบคุมโดย partial pressure ของออกซิเจนรอบๆ อนุภาคเขม่า เนื่องมาจากการผสมแบบ turbulent

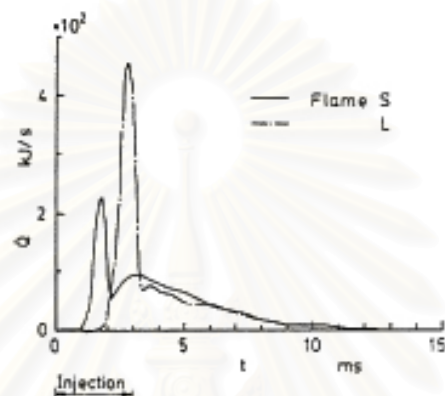
รูปที่ 2-21 แสดงชุดของภาพถ่ายขณะใดๆของสเปรย์และเปลวไฟ รูปที่ 2-22 แสดงภาพถ่ายโดยตรงของ”เปลวไฟ S” (เปลวไฟที่มี ignition delay สั้น) อัตราการปลดปล่อยความร้อนสำหรับเปลวไฟ S และ เปลวไฟ L (เปลวไฟที่มี ignition delay ยาว) แสดงในรูปที่ 2-23 ในรูปเหล่านี้ t หมายถึงเวลาหลังจากเริ่มฉีดเชื้อเพลิง



รูปที่ 2-21 ชุดของภาพถ่ายขณะใดขณะหนึ่งของสเปรย์ที่ไม่ระเหย, สเปรย์ที่ระเหย, เปลวไฟ S และเปลวไฟ L [17]



รูปที่ 2-22 ภาพถ่ายความเร็วสูงโดยตรงของเปลวไฟ S [17]



รูปที่ 2-23 อัตราการปลดปล่อยความร้อนสำหรับเปลวไฟ S และเปลวไฟ L [17]

การเปรียบเทียบระหว่างสเปรย์ที่ไม่ระเหยกับสเปรย์ที่ระเหย แสดงให้เห็นว่า สเปรย์ที่ระเหยมีเงาที่ใกล้บริเวณปลายสเปรย์สว่างกว่า ซึ่งบอกเป็นนัยว่ามีไอเชื้อเพลิงอยู่ตรงนั้น ในกรณีของสเปรย์ที่ระเหยสามารถสังเกตส่วนมืดบางๆ ใกล้ทางออกหัวฉีดซึ่งแสดงถึงที่มีหยดเชื้อเพลิงหรือแกนของเหลวซึ่งมีความยาวประมาณ 40-50 mm สอดคล้องกับระยะทางที่ต้องการสำหรับเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดจนแตกตัวและระเหย การเปรียบเทียบระหว่างสเปรย์ที่ระเหยกับเปลวไฟ บ่งบอกว่าระหว่างช่วงการฉีด ความยาวของเงามีดใกล้หัวฉีดสำหรับเปลวไฟจะสั้นกว่า ซึ่งอาจเนื่องมาจากอุณหภูมิก๊าซสูงในเปลวไฟ และบริเวณที่มากับเงามีมืดจะสังเกตได้ใกล้ปลายของเปลวไฟ S และ L ซึ่งไม่สามารถสังเกตในสเปรย์ที่กำลังระเหย

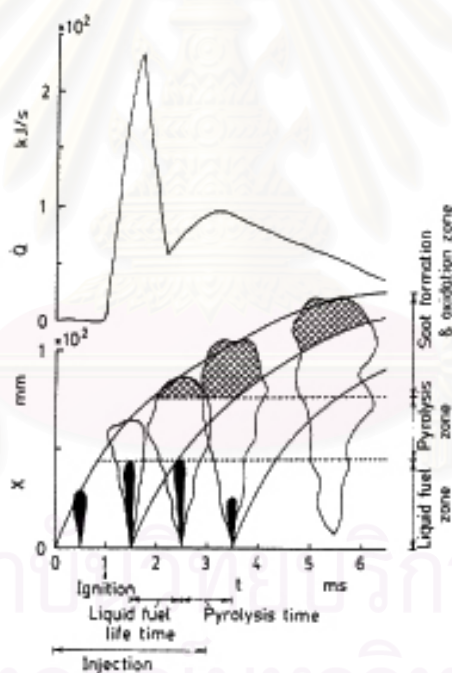
จากการเปรียบเทียบภาพถ่าย Schlieren ในรูปที่ 2-21 และอัตราการปลดปล่อยความร้อนในรูปที่ 2-23 เราจะหาความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดเขม่าและการปลดปล่อยความร้อนได้ดังนี้

ในกรณีของเปลวไฟ S : ระหว่างช่วงการเผาไหม้เริ่มต้น ไม่ตรวจพบเขม่าในเปลวไฟ เขม่าถูกสังเกตเห็นเป็นครั้งแรกทันทีหลังจากเริ่มช่วงการเผาไหม้แบบ diffusion และบริเวณที่เกิดเขม่าจะขยายปริมาตรอย่างรวดเร็วไปสู่ปลายเปลวไฟ เมื่ออัตราการปลดปล่อยความร้อนถึง

จุดสูงสุด ขนาดของบริเวณที่เกิดเขม่าก็สูงสุดด้วย ต่อมาขนาดของบริเวณที่เกิดเขม่าจะคงที่สักพัก จากนั้นเขม่าจะสันดาปหรือจะจัดกระจายที่ละน้อยและดับลงในที่สุด

ในกรณีของเปลวไฟ L : นั่นคือเปลวไฟที่มี ignition delay ยาวนานกว่า จะสังเกตจากภาพถ่ายพบว่ามีความหนาแน่นน้อยกว่าเปลวไฟ S การที่ ignition delay ยาวนานกว่าทำให้การปลดปล่อยความร้อนเริ่มต้นสูงกว่าเนื่องจากมีเวลาเพียงพอที่จะเตรียมส่วนผสม การขยายตัวของความร้อนอย่างรวดเร็วของปริมาตรเปลวไฟเกิดขึ้นระหว่างช่วงการเผาไหม้เริ่มต้นเนื่องจากการปลดปล่อยความร้อนที่สูงและการขยายตัวอย่างรวดเร็วในช่วงส่งเสริมการผสมและการลำเลียงอากาศ เป็นไปได้ว่าอัตราการผสมที่สูงกว่าในเปลวไฟ L จะลดการเกิดเขม่าและส่งเสริมการเผาไหม้เขม่า

การสังเกตภาพวาดแสดงในรูปที่ 2-24 ซึ่งนำเสนอโดย Yong June Chang และคณะ เป็นการสรุปและแปลลำดับการเกิดและการเผาไหม้ทั้งหมดของอนุภาคเขม่าโดยอาศัยแนวโน้มจากข้อมูลจากผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ ดังนี้



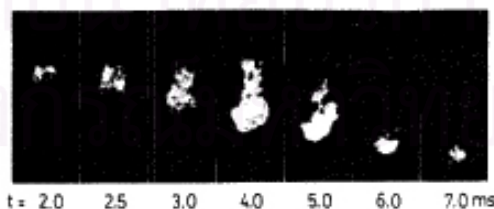
รูปที่ 2-24 ภาพวาดแสดงแนวคิดของการก่อตัวของเขม่าในเปลวไฟดีเซล [17]

1.) *Ignition delay period* – Miwa และคณะ [21] พบจากการศึกษาตัวอย่างก๊าซโดยตรงว่าเชื้อเพลิงที่ระเหยหลังจากเดินทางห่างจาก orifice หัวฉีดไประยะหนึ่ง จะเกิดความร้อนอย่างรวดเร็ว โดยความร้อนจากอากาศร้อนและผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ที่ทำปฏิกิริยาบางส่วน และพบว่าที่ไกลจาก orifice ออกไปอีก ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากความร้อน เช่น  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$  และ  $\text{C}_2\text{H}_4$  จะสูงขึ้น

2.) *Initial combustion period* – เมื่อความดันก๊าซในระบบออกสู่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากการจุดระเบิด สเปร์รี่จะเพิ่มปริมาตรขึ้นอย่างทันทีทันใด (ยกเว้นที่บริเวณไถ่ orifice) เป็นการแสดงถึงการปลดปล่อยความร้อนอย่างรวดเร็วตลอดทั่วทั้งสเปร์รี่ทั้งหมด กลุ่มก้อนของส่วนผสมที่ติดไฟได้ที่เตรียมระหว่าง ignition delay เผาไหม้ในประมาณ 1 ms เป็นเปลวไฟที่ไม่ส่องสว่างและผลิตภัณฑ์ที่ร้อนจากการเผาไหม้ มีส่วนมากกว่าในเปลวไฟทั้งหมด กลุ่มก้อนส่วนผสมที่มีอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิง/อากาศหนาแน่นกว่าที่จะเผาไหม้จากจุดตรวจจุดเล็กๆ จะดำเนินการเกิดความร้อนเนื่องจากการสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ที่ร้อนจากการเผาไหม้ซึ่งเด่นชัดในเปลวไฟ กลุ่มส่วนผสมหนาซึ่งมีแนวโน้มที่จะให้อนุภาคเขม่าเดินทางลงปลายทาง (ไปสู่ปลายเปลวไฟด้วยผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้) นั่นคือเมื่อมันขึ้นกับการเกิดความร้อนที่ตามมา, nucleation และการจับตัวเป็นก้อน

3.) *Diffusion combustion period* – หลังจากการเกยกันของเวลาประมาณ 2 ms จากเริ่มต้นของการจุดระเบิด อนุภาคเขม่าปรากฏในบริเวณไถ่ที่ปลายเปลวไฟเมื่อช่วงการเผาไหม้แบบ diffusion เริ่มขึ้น ข้อมูลการสุ่มตัวอย่างก๊าซที่ได้จาก Aoyagi และคณะ [16] ด้วยเครื่องยนต์ดีเซล DI แสดงว่าเขม่าถูกตรวจพบทันทีหลังจากปลายเปลวไฟไปถึงตำแหน่งที่สุ่มตัวอย่าง

เชื้อเพลิงที่ฉีดระหว่างช่วงเวลานี้จะเดินทางห่างจาก orifice หัวฉีดออกไประยะหนึ่งในสถานะของเหลว และสลายตัวอย่างรวดเร็วโดยความร้อนเมื่อเชื้อเพลิงระเหย ผลิตภัณฑ์จากความร้อนพุ่งกระทบไปในบริเวณที่เผาไหม้ ผ่นวกกับเชื้อเพลิงแรกเริ่ม ผลคือมีบางส่วนเผาไหม้และบางส่วนเกิดเขม่าและดังนั้นจึงเกิดกระบวนการเผาไหม้ เมื่อกลุ่มก้อนส่วนผสมหนาเหล่านี้ซึ่งเกิดเขม่าเข้าถึงในบริเวณไถ่ที่ปลายเปลวไฟ เขม่าจะมีปริมาณสุดท้าย 20% ของคาร์บอนรวมกับเชื้อเพลิงแรกเริ่ม ดังแสดงในรูปที่ 2-24



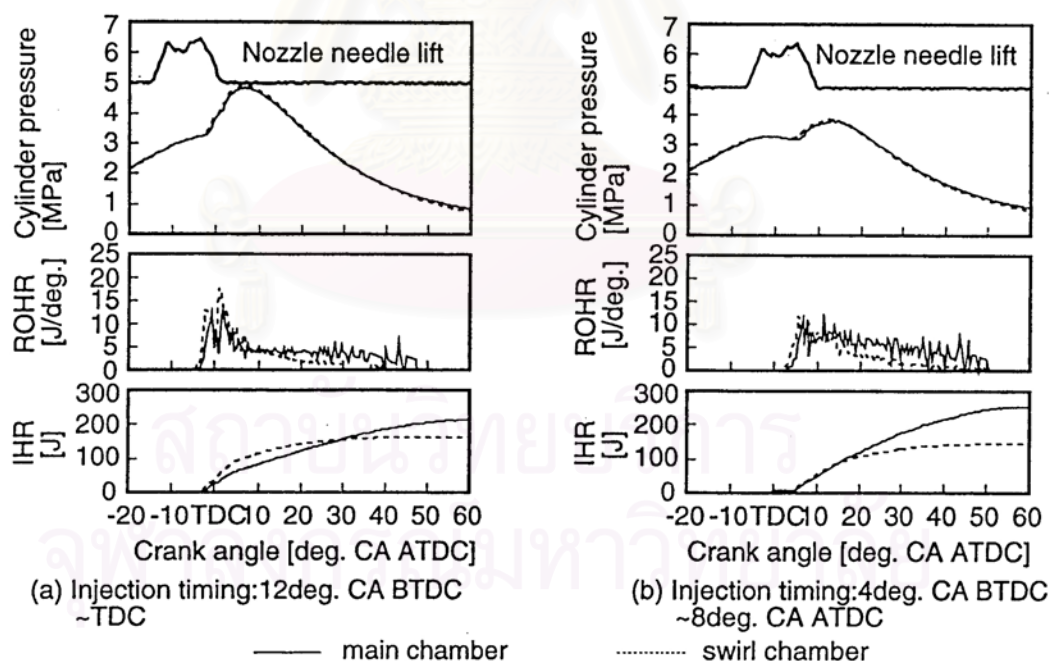
รูปที่ 2-25 ภาพถ่ายความเร็วสูงโดยตรงของเปลวไฟ [17]



เงามืดเนื่องจากแสงธรรมชาติที่ดับลงโดยอนุภาคเขม่าถูกสังเกตเห็นอย่างชัดเจน เฉพาะในบริเวณใกล้ปลายเปลวไฟ ในขณะที่ภาพถ่ายโดยตรงในรูปที่ 2-22 และ รูปที่ 2-25 แสดงว่าบริเวณที่ส่องสว่างเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอขึ้นถึงบริเวณใกล้กับ orifice หัวฉีด ถึงแม้ว่าการส่องสว่างจะน้อยเทียบกับการส่องสว่างของปลายเปลวไฟ ซึ่งอาจบ่งชี้ว่าอนุภาคเขม่าหรือแหล่งกำเนิดเขม่าด้วยความเข้มข้นต่ำมีอยู่ในบริเวณนี้ การวัดการกระจายอนุภาคเปลวไฟตามแกน โดยวิธีการวิเคราะห์แบบ two-color method ของภาพถ่ายสี บอกถึงการกระจายเชิงเปรียบเทียบ

4.) *Period after the end of injection* – บริเวณที่มีเขม่าบรรจุอยู่ ไหลลงปลายทางหลังจากสิ้นสุดการฉีด และที่ 6-7 ms หลังจากเริ่มต้นการฉีด อนุภาคเขม่าส่วนมากเผาไหม้อย่างมาก เนื่องมาจากการเผชิญกับอากาศผ่าน turbulent diffusion

Hajime Fujimoto และคณะ [22] ได้ตรวจสอบปรากฏการณ์การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล IDI ที่มีห้องเผาไหม้แบบอากาศหมุนโดยวิธีทางแสง การกระจายของการปล่อยอนุภาค OH ออกมาโดยธรรมชาติถูกวัดผ่าน band pass filter และ KL factor [23] และอนุภาคเปลวไฟได้มาจากวิธี two-color method



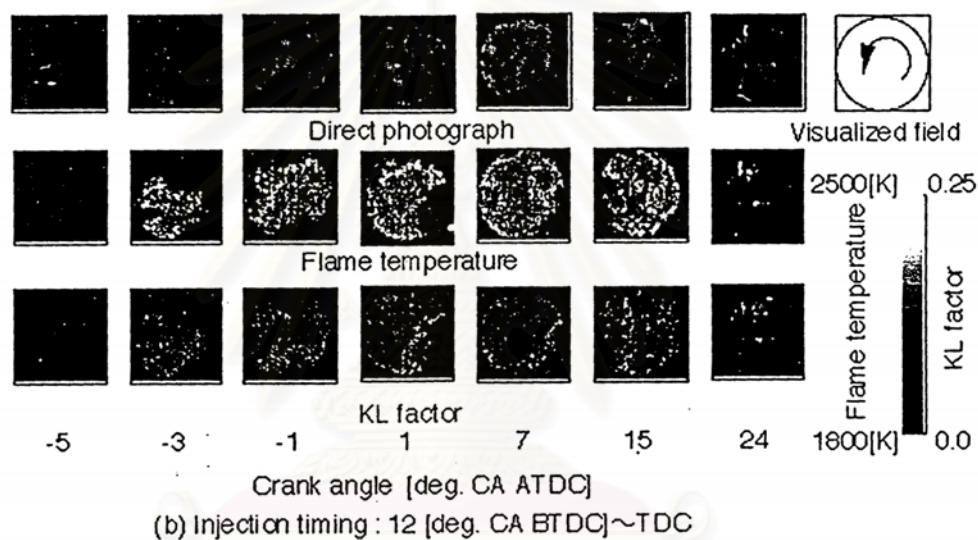
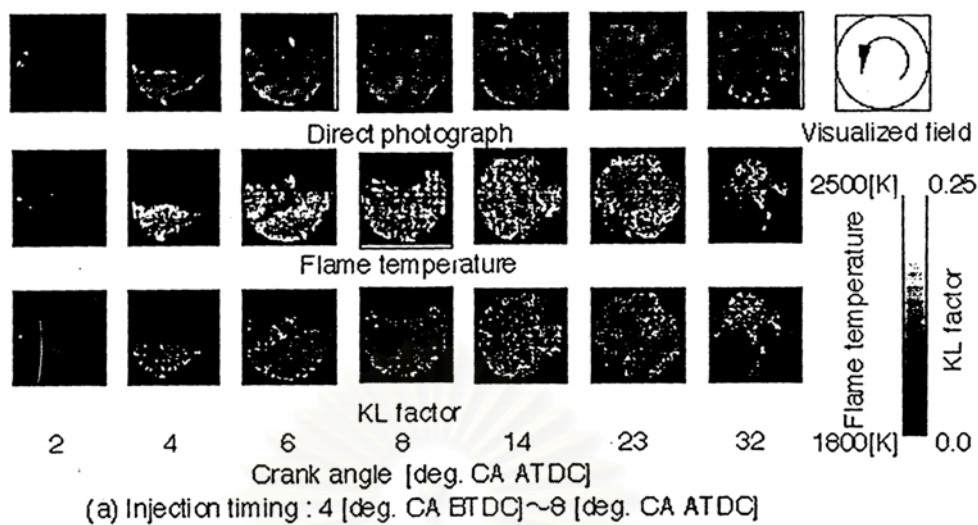
รูปที่ 2-26 ที่มาของระยะยกเข็มหัวฉีด, ความดันในระบบออสบูบ, อัตราการปลดปล่อยความร้อน และ integrated heat release [22]



รูปที่ 2-26 เป็นที่มาของระยะยกเข็มหัวฉีด, ความดันในกระบอกสูบ, อัตราของการปลดปล่อยความร้อน (Rate of Heat Release, ROHR) และ integrated heat release (ISR) ในกรณี injection timing จาก  $4^{\circ}$ BTDC ถึง  $8^{\circ}$ BTDC และ  $12^{\circ}$ BTDC ถึง TDC เส้นทึบแสดงกรณีของห้องเผาไหม้หลัก และเส้นประแสดงกรณีของห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบอากาศหมุน ที่มาของความดันในทั้งสองห้องเผาไหม้เหมือนกันทั้งๆที่ injection timing ต่างกัน เมื่อ injection timing ช้าลง ความดันในกระบอกสูบลดลงเล็กน้อยหลัง TDC จากนั้นจะสูงสุด โดยสอดคล้องกับความจริงที่ว่านี้ ยอดแรกของอัตราการผลิตปล่อยความร้อนในทั้งสองห้องเผาไหม้จะน้อยกว่าและยอดที่ 2 จะเด่นชัดกว่าในกรณีของ injection timing ที่เร็วขึ้นเนื่องจากความดันในห้องเผาไหม้หลักแตกต่างออกไปเนื่องมาจาก timing ที่ช้ากว่า อีกสิ่งที่น่าสนใจคือ integrated heat release ในห้องเผาไหม้ทั้งสองแสดงที่มาที่จังหวะแรกของการเผาไหม้ในกรณีของ timing ที่ช้ากว่าเหมือนกัน ในแง่ตรงข้าม integrated heat release ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้ามากกว่าในห้องเผาไหม้หลักในกรณีของ timing ที่เร็วกว่า ดูเหมือนว่าแนวโน้มเกิดจากการปล่อยออกมาของเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ปริมาณมากจากห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบมีอากาศหมุนสู่ห้องเผาไหม้หลักเนื่องมาจาก timing ที่ล่าช้า

รูปที่ 2-27 แสดงภาพถ่ายโดยตรง, รูปภาพของอุณหภูมิเปลวไฟและรูปภาพของ KL factor ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบอากาศหมุน: (a) injection timing จาก  $4^{\circ}$ BTDC ถึง  $8^{\circ}$ ATDC และ (b) injection timing จาก  $12^{\circ}$ BTDC ถึง TDC

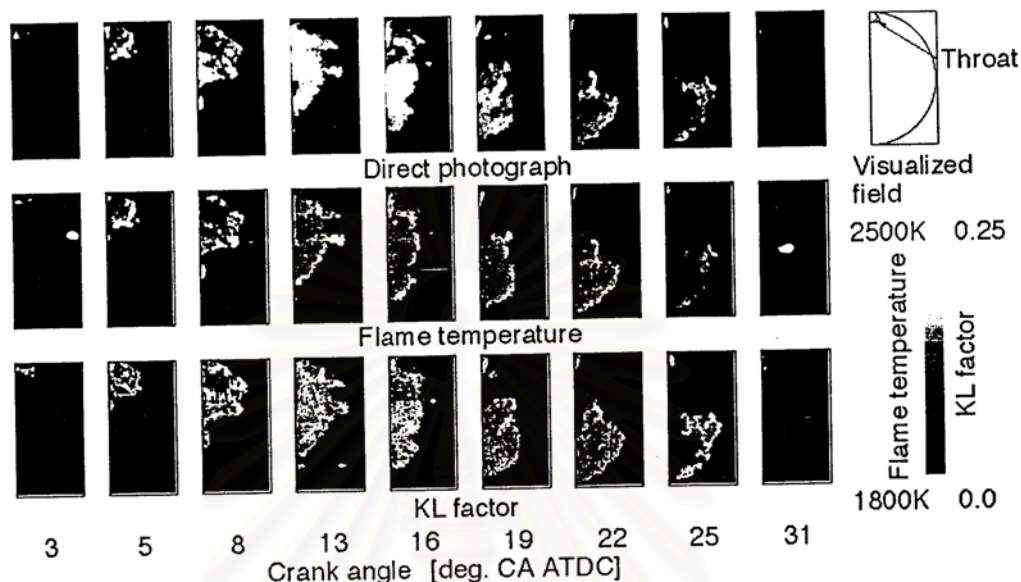
เปลวไฟที่มองเห็นได้ครั้งแรกปรากฏที่ควอเตอร์ที่ 4 ในแต่ละกรณีใกล้กับหัวเผา จากนั้นเปลวไฟพัฒนาตามการเคลื่อนที่ของอากาศหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา เปลวไฟครอบคลุมบริเวณในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าเกือบทั้งหมดที่ประมาณ  $14^{\circ}$ ATDC ในกรณี (a) และที่ประมาณ  $3^{\circ}$ ATDC ในกรณี (b) เมื่อการแพร่กระจายของเปลวไฟเร็วขึ้น ความสว่างของเปลวไฟก็ยิ่งสูงขึ้น peak timing ของความสว่างสูงสุดจะเร็วขึ้นและช่วงการเผาไหม้ในกรณี (b) จะสั้นกว่าในกรณี (a) ความแตกต่างในแนวโน้มเหล่านี้ถูกดึงจากความแตกต่างใน ignition delay เนื่องมาจาก injection timing การไหลแบบซับซ้อนปรากฏที่ประมาณ  $8^{\circ}$ ATDC ใกล้กับคอคอดในทั้งสองกรณี เหตุผลคือปฏิกิริยาระหว่างการเคลื่อนที่แบบอากาศหมุนและการไหลออกจากห้องเผาไหม้ล่วงหน้าสู่ห้องเผาไหม้หลักที่มีอยู่ใกล้คอคอดที่ timing นี้



รูปที่ 2-27 ภาพถ่ายโดยตรง, รูปภาพของอุณหภูมิเปลวไฟ และรูปภาพของ KL factor ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบอากาศหมุน [22]

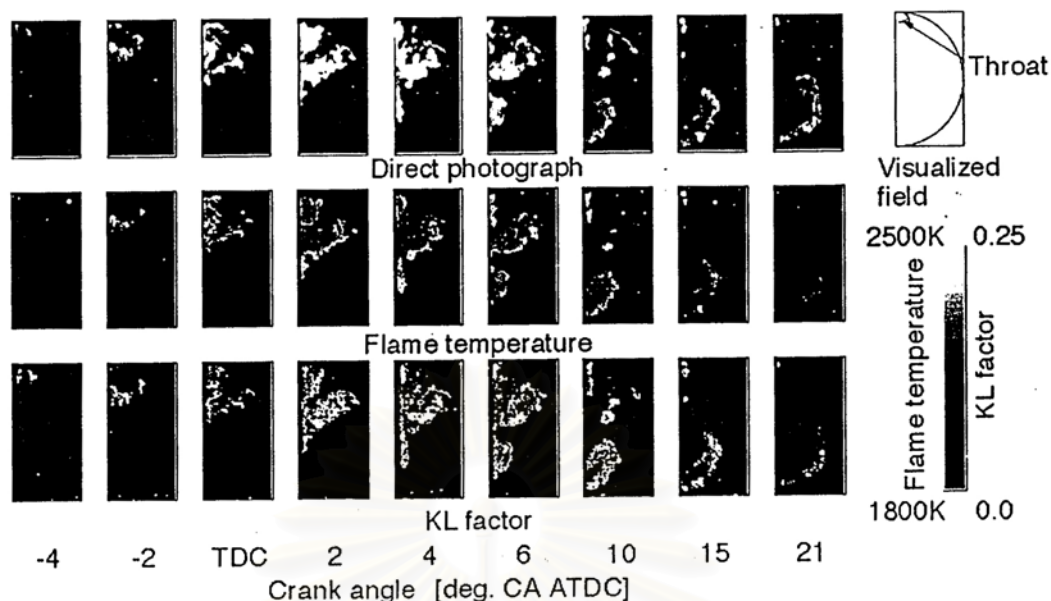
กล่าวโดยทั่วไป แนวโน้มของการกระจายอุณหภูมิเปลวไฟเกือบเหมือนเดิม และดังที่ทราบกันดีว่า KL factor แสดงแนวโน้มในทางกลับกันของอุณหภูมิเปลวไฟโดยไม่คำนึงถึง injection timing บริเวณของอุณหภูมิเปลวไฟที่สูงเกิน 2200 K ปรากฏที่บริเวณปลายเปลวไฟที่จังหวะเริ่มต้นของการเผาไหม้ นั่นคือที่ช่วงเวลาก่อนการเผาไหม้แบบ premixed โดยไม่ขึ้นกับ injection timing บริเวณที่ KL factor มีค่าสูง คงอยู่ใกล้ทางเข้าของคอคอดและใกล้ผนังด้านซ้ายของห้องเผาไหม้ล่วงหน้าเนื่องจากผลการเย็นตัวลง (quenching effect) จากจังหวะกลางถึงจังหวะหลังของการเผาไหม้ นั่นคือระหว่างช่วงการเผาไหม้แบบ diffusion บริเวณที่อุณหภูมิสูง ปรากฏที่บริเวณตรงกลางของบริเวณเปลวไฟ และบริเวณที่ KL factor มีค่าสูง คงอยู่รอบๆ บริเวณอุณหภูมิสูงที่ส่วนบนของห้องเผาไหม้ แนวโน้มของ KL factor นี้เกิดจากความจริงที่ว่าอุณหภูมิ

ของสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าอุณหภูมิเปลวไฟ ในแง่กลับกัน อุณหภูมิเปลวไฟที่ด้านต่ำกว่า มีค่าต่ำกว่า อุณหภูมิเปลวไฟที่ด้านสูงกว่าของห้องเผาไหม้ เพราะว่าการไหลออกจากห้องเผาไหม้ล่วงหน้าเพิ่มขึ้น และผลของการหดตัวมากขึ้นระหว่างจังหวะนี้



รูปที่ 2-28 ภาพถ่ายโดยตรง, รูปภาพของอุณหภูมิเปลวไฟ และรูปภาพของ KL factor ในห้องเผาไหม้หลัก ( Injection timing :  $4^{\circ}\text{CA BTDC} - 8^{\circ}\text{CA ATDC}$  ) [22]

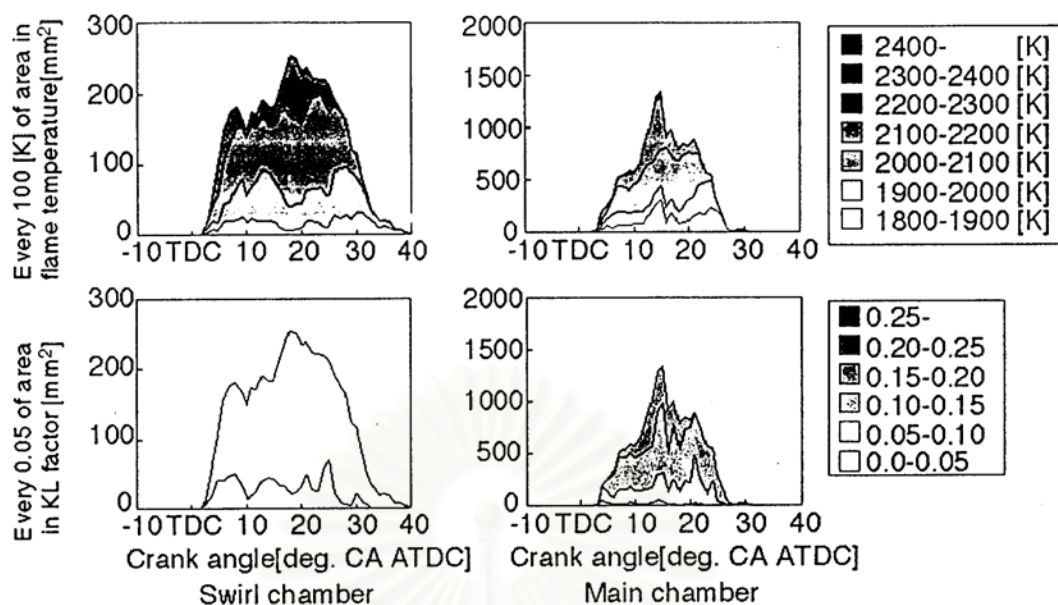
รูปที่ 2-28 และ 2-29 แสดงภาพถ่ายโดยตรง, รูปภาพของอุณหภูมิเปลวไฟ และรูปภาพของ KL factor ในห้องเผาไหม้หลักในกรณีของช่วงการฉีดจาก  $4^{\circ}\text{BTDC}$  ถึง  $8^{\circ}\text{ATDC}$  และจาก  $12^{\circ}\text{BTDC}$  ถึง TDC ตามลำดับ แนวโน้มของอุณหภูมิเปลวไฟแสดงผลกลับกับ KL factor ในห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ล่วงหน้าดังกล่าวข้างต้น กล่าวโดยละเอียด ปรากฏการณ์การเผาไหม้เกือบเหมือนเดิมโดยไม่คำนึงถึง injection timing เปลวไฟปรากฏในห้องเผาไหม้หลักหลังจากเกิดการจุดระเบิดในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าและพัฒนาขึ้นในแนวรัศมี หลังจากนั้นบริเวณที่มีดปรากฏใกล้ผนังกระบอกสูบที่อยู่ข้างๆทางออกของคอคอด ปรากฏการณ์เกิดจากการเย็นตัวลงเนื่องจากพื้นผิวที่เย็นของลูกสูบที่จังหวะเริ่มแรกของการเผาไหม้ อุณหภูมิสูงปรากฏที่บริเวณปลายเปลวไฟเนื่องจาก diffusion ที่รุนแรงและการผสมระหว่างปลายเปลวไฟและสิ่งแวดล้อม จากจังหวะกลางถึงจังหวะหลังของช่วงการเผาไหม้ KL factor ค่าสูงปรากฏที่บริเวณตรงกลางของบริเวณเปลวไฟ ในแง่กลับกัน KL factor ที่ต่ำคงอยู่ที่บริเวณปลายเปลวไฟ นั่นคือการเผาไหม้อีกครั้งของเขม่าเด่นชัดที่บริเวณนี้ ช่วงการเผาไหม้จะสั้นกว่า และการส่องสว่างของเปลวไฟสว่างกว่าในกรณีของ injection timing ที่เร็วกว่า เพราะว่าคุณสมบัติในกระบอกสูบในห้องเผาไหม้หลักสูงกว่า



รูปที่ 2-29 ภาพถ่ายโดยตรง, รูปภาพของอุณหภูมิเปลวไฟ และรูปภาพของ KL factor ในห้องเผาไหม้หลัก ( Injection timing :  $12^{\circ}\text{CA BTDC} - \text{TDC}$  ) [22]

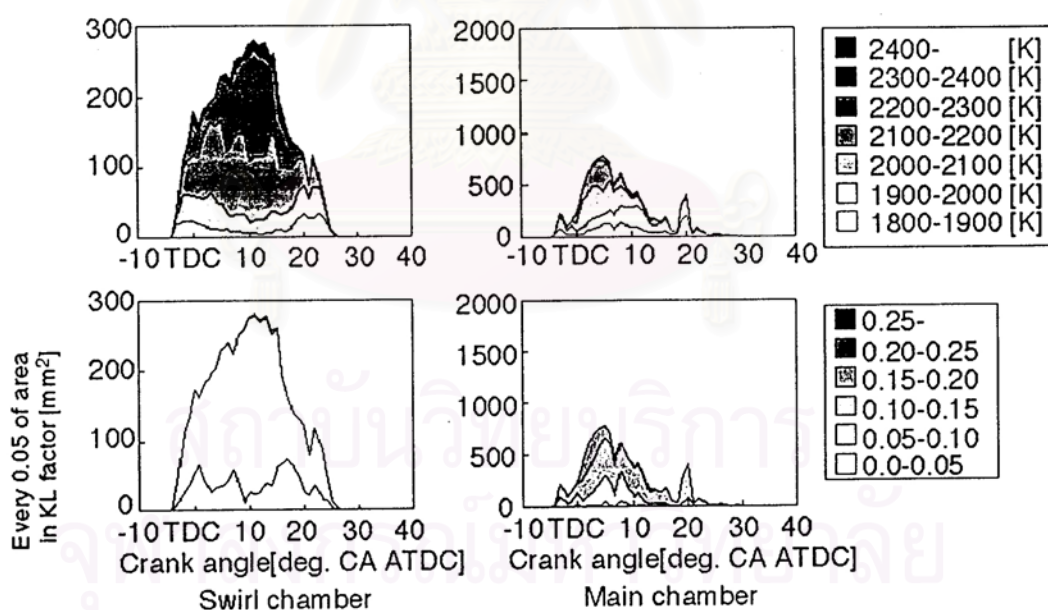
รูปที่ 2-30 และรูปที่ 2-31 แสดงที่มาของการกระจายอุณหภูมิเปลวไฟในพื้นที่ต่างๆ 100 K และทุกๆ 0.05 ของพื้นที่ใน KL factor ในทั้งห้องเผาไหม้ล่วงหน้าและห้องเผาไหม้หลัก ในกรณีของช่วงเวลารอคอยจาก  $4^{\circ}\text{BTDC}$  ถึง  $8^{\circ}\text{ATDC}$  และจาก  $12^{\circ}\text{BTDC}$  ถึง TDC ตามลำดับ ในห้องเผาไหม้ swirl บริเวณของอุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2000 K โดยเฉพาะอย่างยิ่งมากกว่า 2200 K จะเด่นชัด แนวโน้มนี้เด่นชัดมากขึ้นในกรณีของ injection timing ที่เร็ว เหตุผลคือความดันในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าสูงกว่าและ ignition delay สั้นกว่า ถ้า injection timing เร็วกว่าในห้องเผาไหม้หลัก บริเวณของอุณหภูมิเปลวไฟที่สูงลดลง และบริเวณอุณหภูมิเปลวไฟที่ต่ำกว่า 1900 K ซึ่งแทบจะไม่ปรากฏในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าเกิดขึ้นแม้ว่าจะคำนึงถึง injection timing เพราะว่าการทดลองเป็นไรโรลด์ และถูกสูบเคลื่อนที่จาก TDC ถึง BDC บริเวณที่อุณหภูมิเปลวไฟต่ำใหญ่ขึ้นเมื่อ injection timing หน่วงลง ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าบริเวณที่ KL factor น้อยกว่า 0.10 ครอบคลุมบริเวณเปลวไฟทั้งหมดโดยไม่คำนึงถึง injection timing บริเวณที่ KL factor ต่ำกว่า 0.05 ในกรณีของ injection timing ที่เร็วจะใหญ่กว่าในกรณีของ injection timing ที่ช้า ในห้องเผาไหม้หลัก บริเวณของ KL factor ที่มากกว่า 0.10 ปรากฏโดยไม่คำนึงถึง injection timing เนื่องจากเป็นช่วงเคลื่อนลงของลูกสูบ บริเวณนี้ในกรณีของ injection timing ที่ช้าจะใหญ่กว่าในกรณีของ injection timing ที่เร็ว





รูปที่ 2-30 ที่มาของการกระจายของพื้นที่ทุก 100 K ในอุณหภูมิเปลวไฟและพื้นที่ทุก 0.05 ใน KL factor ในห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบอากาศหมุน

ช่วงการฉีด :  $4^{\circ}\text{CA BTDC} - 8^{\circ}\text{CA BTDC}$  [22]



รูปที่ 2-31 ที่มาของการกระจายของพื้นที่ทุก 100 K ในอุณหภูมิเปลวไฟและพื้นที่ทุก 0.05 ใน KL factor ในห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบอากาศหมุน

ช่วงการฉีด :  $12^{\circ}\text{CA BTDC} - \text{TDC}$  [22]



## แอลกอฮอล์และการใช้แอลกอฮอล์ในเครื่องยนต์ CI

### 3.1 คุณสมบัติของแอลกอฮอล์ (เอทานอล)

เอทานอล ( $C_2H_5OH$ ) หรือ เอทิลแอลกอฮอล์ เป็นของเหลวไม่มีสี และกลิ่นไม่ฉุน เป็นแอลกอฮอล์ประเภท monohydric สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำได้ทุกสัดส่วน เอทานอลที่ไม่มีน้ำผสมอยู่เลยเรียกว่า เอทานอลบริสุทธิ์ (*absolute ethanol*) เมื่อเอทานอล 95% รวมตัวกับน้ำ 5% จะได้ส่วนผสมที่เดือดคงที่ (หรือ azeotrope)

คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีทั่วไปของเอทานอลเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซลแสดงในตารางที่ 3-1

### 3.2 การใช้แอลกอฮอล์ในเครื่องยนต์ CI

ในกรณีที่น่าแอลกอฮอล์มาใช้ในเครื่องยนต์ CI จะไม่ใช่แอลกอฮอล์ในเครื่องยนต์ CI โดยตรง เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางอุณหพลศาสตร์ของแอลกอฮอล์ที่ทำให้แอลกอฮอล์ไม่เหมาะที่จะเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ CI เช่น ค่าซีเทนที่ต่ำ, ค่าความร้อนที่ต่ำ, ปัญหาด้านการกัดกร่อน, ปัญหาการแยกเฟส, ปัญหาด้านการผสม และปัญหาด้านการหล่อลื่น เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงที่สามารถลดควัน, particulates และ  $NO_x$  ได้

การนำแอลกอฮอล์มาใช้ในเครื่องยนต์ CI นั้น จะต้องมีการปรับแก้เข้ามาช่วย เช่น การใช้อัตราส่วนการอัดที่สูงขึ้น หรือการใช้หัวเผาเข้ามาช่วยในการติดเครื่องขณะเย็น และสารปรับปรุงการจุดระเบิด (ignition improvers), การใช้ระบบเชื้อเพลิงคู่ เป็นต้น อีกวิธีหนึ่งที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายคือการผสมเอทานอลกับเชื้อเพลิงดีเซลเป็นเชื้อเพลิงผสมที่เรียกว่า "ดีไซฮอล"

ในทางปฏิบัติ การผสมแอลกอฮอล์กับเชื้อเพลิงดีเซลอย่างธรรมดานั้นเป็นไปได้ เนื่องจากจากการละลายซึ่งกันและกันไม่ดี (poor solubility), การอมน้ำ และมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการแยกเฟส ดังนั้นจึงได้มีการหาเทคนิคอื่นและสารปรุงแต่งเพื่อช่วยในการใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงช่วย เช่น ดีไซฮอลผสมกับ emulsifier เพื่อปรับปรุงเสถียรภาพของเฟส

ปัจจัยอื่นที่ควรพิจารณาได้แก่ ความหนืดของแอลกอฮอล์ที่ต่ำกว่า และคุณสมบัติด้านการหล่อลื่นของแอลกอฮอล์ ซึ่งจะทำให้เกิดการสึกหรอในอุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงทั่วไปมากเกินไป และคุณสมบัติด้านการระเหย (volatility) ที่สูงกว่าอาจเพิ่มความเสี่ยงของการเกิด vapor lock และ cavitation ที่บริเวณปลายหัวฉีดได้

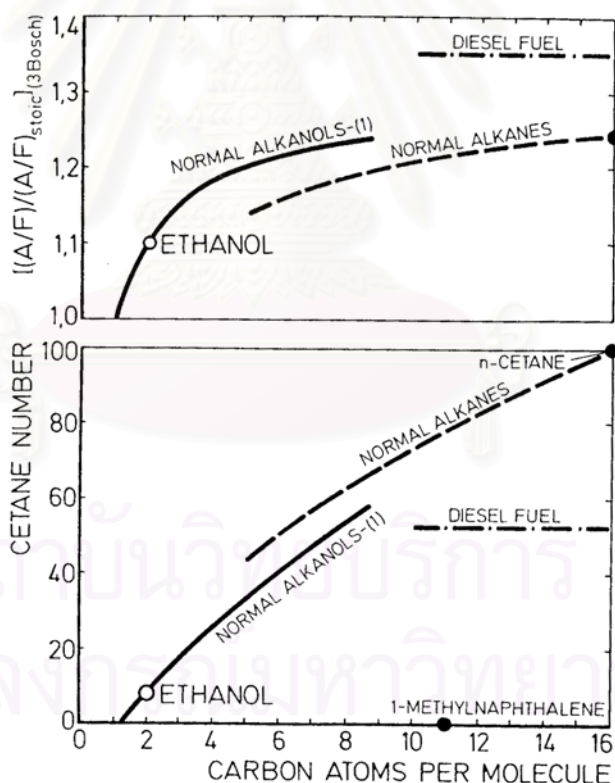
ตารางที่ 3-1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีทั่วไปของเอทานอลเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล [4], [24], [25], [26]

คุณสมบัติ	เชื้อเพลิงดีเซล	เอทานอล
สูตรทางเคมี	$C_3 - C_{25}$	$C_2H_5OH$
น้ำหนักโมเลกุล %	$\approx 200$	46.07
ส่วนประกอบ, % โดยน้ำหนัก		
คาร์บอน	84-87	52.2
ไฮโดรเจน	33-16	13.1
ออกซิเจน	0	34.7
ความถ่วงจำเพาะ, $15.56^\circ C/15.56^\circ C$	0.81-0.89	0.796
ความหนาแน่น, $kg/m^3 @ 15.56^\circ C$	668.5-738.34	659.52
ความตึงผิว, N/m	-	$0.02138 @ 40^\circ C$
ความดันไอ, kPa	1.379	15.858
Octane Number		
RON	-	108
MON	-	92
(R+M)/2	N/A	100
Cetane Number	40-55	8
Water solubility, @ $21.11^\circ C$		
เชื้อเพลิงในน้ำ, % โดยปริมาตร	Negligible	100
น้ำในเชื้อเพลิง, % โดยปริมาตร	Negligible	100
จุดเยือกแข็ง, $^\circ C$	-40 to -1.11	-114
จุดหลอมเหลว, $^\circ C$	-	-117
จุดเดือด, $^\circ C$	187.78 to 343.33	77.78
ความหนืด, $kg/m.s @ 15.56^\circ C$	0.0026-0.0041	0.00119
จุดวาบไฟ, $^\circ C$	73.89	12.78
Autoignition Temperature, $^\circ C$	$\approx 315.56$	422.78
Latent heat of vaporization, kJ/kg	$\approx 232.6$	921.1
Flammability limits, % โดยปริมาตร		
Lower	1	4.3
Higher	6	19
Heating value, kJ/kg		
HHV(liquid fuel-liquid water)	44,660-46,520	29,772.8
LHV(liquid fuel-liquid water)	41,868-44,194	26,749
Heating value, stoichiometric mixture		
Mixture in vapor state, $kJ/m^3 @ 20^\circ C$	3,610.4	3,461.36
ค่าความร้อนจำเพาะ, kJ/kg.K	1.8	2.386
Stoichiometric air/fuel ratio	14.7	9
Bulk modulus @ $20^\circ C$ , MPa	1585.7	1060

### 3.3 ตัวอย่างงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้แอลกอฮอล์ในเครื่องยนต์ CI

H.O.Hardenberg และ A.J.Schaefer [27] ได้ศึกษาการใช้เอทานอลโดยตรงในเครื่องยนต์ดีเซล และเทียบกับทฤษฎีการเผาไหม้ดีเซล โดยมีการปรับปรุงคุณภาพการจุดระเบิดของเอทานอลโดยเติมสารปรับปรุงการจุดระเบิด แล้วอภิปรายผลที่ได้ในเทอมของ effectiveness, กลไกการทำงาน, มลพิษจากไอเสีย และการประหยัดเชื้อเพลิง

**3.3.1 เลขซีเทนและแนวโน้มของการเกิดควัน** แผนภูมิรูปล่างในรูปที่ 3-1 แสดงเลขซีเทนของ normal alkanes และ normal alkanols โดยเป็นฟังก์ชันของความยาวโซ่โมเลกุล จะเห็นว่าเลขซีเทนจะลดลงมากขึ้นเมื่อความยาวโซ่สั้นลง และสำหรับที่ความยาวโซ่เดียวกัน แอลกอฮอล์จะมีเลขซีเทนต่ำกว่า normal alkanes ผลที่ตามมาคือเมทานอลและเอทานอลซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ที่มีโซ่สั้นมากจะมีคุณภาพการจุดระเบิดต่ำมากเป็นพิเศษ ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับการใช้แอลกอฮอล์ในเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรง



รูปที่ 3-1 Relative air/fuel ratio  $(A/F)/(A/F)_{stoic}$  และเลขซีเทนของ alkanols เทียบกับ normal alkanes [27]

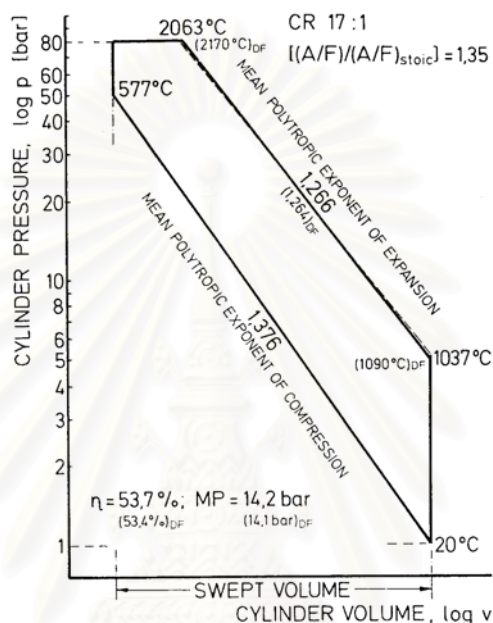
ส่วนแผนภาพรูปบนของรูปที่ 3-1 จะสังเกตเห็นแนวโน้มในการเกิดควันดำที่ต่ำ ซึ่งจากผลการทดลองที่แสดงในแผนภาพรูปบนของรูปที่ 3-1 จะจำกัดกำลังที่ได้สูงสุดของเครื่องยนต์ดีเซล DI เพื่อให้ได้ relative air/duel ratio เท่ากับ 1.35 (สอดคล้องกับอากาศส่วนเกิน 35%) เมื่อเดินเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลทั่วไปที่ค่าของควันที่เลือกคือ 3 Bosch Unit ในขณะที่เครื่องยนต์เดียวกันที่ใช้เอทานอลที่ค่าของควันค่าเดียวกันจะสามารถทำงานที่ 1.1 เท่าของอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงเมื่อเผาไหม้สมบูรณ์ ((A/F)<sub>stoi</sub>) ด้วยกำลังที่ได้ที่สูงกว่า หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่เผาไหม้แล้วเกิดควันดำมากในเครื่องยนต์ดีเซล ถ้าสามารถเอาชนะปัญหาคุณภาพการจุดระเบิดที่ไม่เพียงพอได้โดยการประยุกต์ใช้กับวิธีใดๆก็ตาม

**3.3.2 การพิจารณาในแง่ของอุณหพลศาสตร์** ในเรื่องอันเกี่ยวกับประสิทธิภาพและกำลังที่ได้ของวัฏจักรทางอุณหพลศาสตร์ที่ทำงานในเครื่องยนต์สันดาปภายใน องค์ประกอบของเชื้อเพลิงและไหลของเครื่องยนต์ดีเซล (อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง) นับเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อส่วนประกอบของก๊าซทำงาน แต่อย่างไรก็ตามในเครื่องยนต์ดีเซล ความแตกต่างระหว่างเชื้อเพลิงต่างๆ และความแตกต่างของก๊าซทำงานจะมีผลกระทบต่อส่วนของวัฏจักรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาไหม้, จังหวะการขยายตัว และจังหวะการปล่อยไอเสียเท่านั้น ส่วนในจังหวะดูดและอัดจะไม่ได้รับผลกระทบอันเนื่องมาจากความแตกต่างนี้ เพราะในสองจังหวะนี้จะใช้อากาศเป็นสารทำงานเพียงอย่างเดียว

รูปที่ 3-2 เป็นวัฏจักรเชื้อเพลิง-อากาศทางทฤษฎีของเครื่องยนต์ดีเซลที่ได้จากการคำนวณเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลและเอทานอล ตัวเลขตัวใหญ่หมายถึงถึงเอทานอล ส่วนตัวเลขตัวเล็กในวงเล็บและมีตัวห้อย DF หมายถึงถึงเชื้อเพลิงดีเซล จากรูปแสดงว่าการเผาไหม้ของเอทานอลและเชื้อเพลิงดีเซลทั่วไปในเครื่องยนต์ดีเซลจะให้ประสิทธิภาพ  $\eta$  เท่ากัน และความดันเฉลี่ย (BMEP หรือ MP) เท่ากัน จึงกล่าวเป็นนัยว่าในทางปฏิบัติ การปลดปล่อยความร้อนจะเหมือนกัน แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิต่ำสุดของวัฏจักรเมื่อเผาไหม้เอทานอลและอุณหภูมิมือเริ่มจังหวะปล่อยไอเสียจะต่ำกว่าในกรณีของเชื้อเพลิงดีเซล แต่เลขดัชนีโพลีโทรปิกของเอทานอลในจังหวะขยายตัวจะมากกว่า เนื่องจากความจริงที่ว่าผลการลดลงของเลขดัชนีของผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในไอเสียซึ่งมีความเข้มข้นมากกว่าจะถูกชดเชยโดยผลการเพิ่มขึ้นของเลขดัชนีของอุณหภูมิต่ำกว่ามากเกินไป

ตัวเลขในรูปที่ 3-2 จะอ้างอิงเฉพาะวัฏจักรดีเซลทางทฤษฎีเท่านั้น และไม่สามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลในทางปฏิบัติโดยตรงได้ แต่อย่างไรก็ตามรูปที่ 3-2 จะบ่งชี้ถึงผลดีของการเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงดีเซลธรรมดาไปเป็นเอทานอลได้ นั่นคือที่กำลังเท่ากัน และ

การประหยัดเชื้อเพลิงที่เกี่ยวข้องกับการสิ้นเปลืองพลังงาน จะสามารถคาดคะเนได้ว่าระดับ  
 อุณหภูมิการเผาไหม้จะต่ำลง ซึ่งทำให้การเกิด  $\text{NO}_x$  ลดลง และการเกิดควันที่ลดลงอย่างแตกต่าง  
 ผลทางทฤษฎีที่อภิปรายนี้ไม่สามารถนำไปตรวจสอบกับเครื่องยนต์ในทางปฏิบัติ  
 ภายใต้สภาวะที่เหมือนกันได้ เนื่องจากเอทานอลที่บริสุทธิ์จะทำให้การจุดระเบิดไม่ดีเท่าที่ควรภาย  
 ใต้สภาวะการทำงานทั้งหมดของเครื่องยนต์



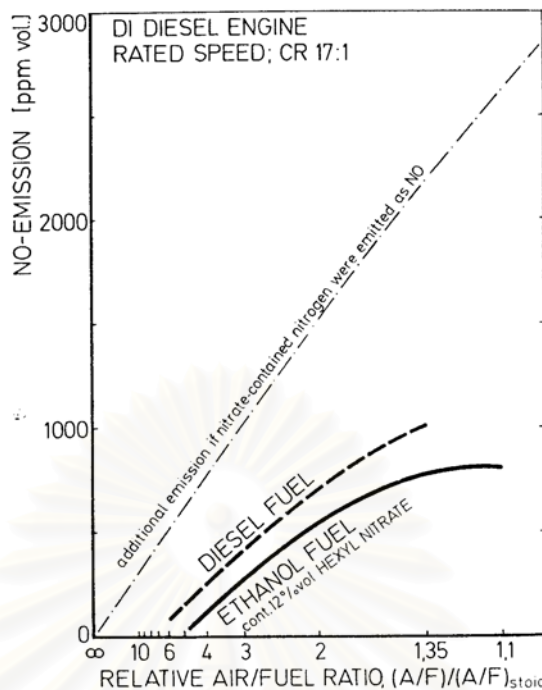
รูปที่ 3-2 วัฏจักรเชื้อเพลิง-อากาศของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด  
 สำหรับการเผาไหม้ดีเซลและเอทานอล [27]

วิธีในทางปฏิบัติวิธีเดียวของการเผาไหม้เอทานอลในเครื่องยนต์ดีเซลที่ไม่ได้ดัด  
 แปลงคือ การปรับเปลี่ยนคุณภาพการจุดระเบิดของเอทานอลให้เป็นไปตามที่ต้องการโดยการเติม  
 สารปรับปรุงการจุดระเบิด ผลที่ตามมาคือจะได้เชื้อเพลิงที่เป็นส่วนผสมที่มีเอทานอลเป็นส่วน  
 ประกอบหลัก (ethanolic diesel fuel)

3.3.3  $\text{NO}_x$  emission จากเชื้อเพลิงเอทานอลที่ผสมสารปรับปรุงการจุดระเบิด ที่  
 ภายใต้โหลดทางความร้อน ไนเตรตอินทรีย์ (organic nitrate) จะสลายตัว และปล่อยอนุมูล  $\text{NO}_2$   
 ซึ่งถ้าไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นต่อไป ก็จะเพิ่มปริมาณ  $\text{NO}_x$  ในก๊าซไอเสีย

จากผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่แสดงในรูปที่ 3-3 จะเห็นได้ว่าปริมาณ NO  
 ระหว่างการเผาไหม้เชื้อเพลิงเอทานอลจะน้อยกว่าปริมาณ NO ที่เกิดจากเชื้อเพลิงดีเซลที่ทุกช่วง  
 โหลด นั่นคือทุกช่วงของอัตราส่วนอากาศ/เชื้อเพลิง





รูปที่ 3-3 NO emission กับ Relative air/fuel ratio  
สำหรับการใช้งานเชื้อเพลิงดีเซลและเอทานอล [27]

**3.2.4 ความหนาแน่นพลังงานของเอทานอล** ในแง่ของวิธีการทางปฏิบัติ การเปรียบเทียบระบบเผาผลาญแอลกอฮอล์ต่างๆ ควรกระทำบนพื้นฐานของการสิ้นเปลืองที่เกี่ยวข้องกับค่าความร้อน หรือปริมาตรและน้ำหนัก ตัวอย่างเช่นในหน่วย MJ/km หรือ miles/BTU

การพิจารณาที่สำคัญที่สุดเมื่อใช้เอทานอลในเครื่องยนต์ดีเซล คือปริมาณของเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าไปในกระบอกสูบจะต้องเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้พลังงานเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าเท่าเดิม นั่นคือกำลังของเครื่องยนต์ที่ได้เหมือนเดิม ในบางกรณีการเพิ่มปริมาณของเชื้อเพลิงที่ฉีดนี้อาจหมายความว่าต้องปั๊มหัวฉีดที่ใหญ่ขึ้น หรือดัดแปลงหัวฉีดเพื่อหลีกเลี่ยงช่วงเวลาการฉีดที่ยาวนาน

ในการสรุปสามารถบอกได้ว่า ทั้งๆที่ยังมีปัญหายุ่งยากอยู่หลายประการ แต่การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลจะนำมาซึ่งข้อดีหลายข้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาในแง่ของมลพิษจากเครื่องยนต์ที่ลดลง

## ทฤษฎีวิธีการวัดแบบ Two-Color Method

คุณลักษณะหนึ่งของการเผาไหม้ดีเซลคือการเปล่งแสงที่เกิดจากการแผ่รังสีทางความร้อนของอนุภาคเขม่าที่อุณหภูมิสูง เพื่อที่จะได้ประโยชน์จากธรรมชาติการเปล่งแสงของดีเซล จึงได้มีการพัฒนา Two-color method ขึ้นและใช้ในการวัดอุณหภูมิการเผาไหม้ดีเซลตั้งแต่ในทศวรรษที่ 1940 ในส่วนนี้จะอธิบายทฤษฎีและลักษณะการนำไปใช้งานของ Two-color method ลงไปในรายละเอียด

### 4.1 การวัดอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นของเขม่า

#### 4.1.1 นิยามของอุณหภูมิเปลวไฟ

ระหว่างการเผาไหม้ดีเซลจะมีทั้งอนุภาคเขม่าในสถานะของแข็งและผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ที่เป็นก๊าซปรากฏขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ในการเผาไหม้ดีเซล สิ่งที่น่าสนใจคือการแผ่รังสีที่รุนแรงจากอนุภาคเขม่า เนื่องจาก Two-color method ใช้ประโยชน์จากการแผ่รังสีทางความร้อนจากอนุภาคเขม่า วิธีนี้จึงเป็นการวัดอุณหภูมิของอนุภาคเขม่าโดยตรง จึงไม่ได้วัดอุณหภูมิของก๊าซที่เผาไหม้โดยตรง แต่อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิ 2 ค่าที่ต่างกันน้อยกว่า 1 เคลวินสามารถจะได้ เมื่อก๊าซแวดล้อมและอนุภาคเขม่าบรรลุสมดุลทางความร้อนโดยใช้เวลาประมาณ  $10^{-5}$  ถึง  $10^{-6}$  วินาทีภายในกระบอกสูบ เมื่อความตึงผิวบนอนุภาคเขม่าหายไป จะสามารถพิสูจน์ได้อีกด้วยว่าอนุภาคเขม่าจะแปรตามอุณหภูมิก๊าซแวดล้อมได้อย่างน่าเชื่อถือเมื่อมันเปลี่ยนตามเวลา

จากการอภิปรายข้างต้น อาจสันนิษฐานได้ว่าอุณหภูมิของอนุภาคเขม่าและอุณหภูมิก๊าซที่เผาไหม้โดยประมาณแล้วเหมือนกัน ส่วนอุณหภูมิเปลวไฟที่กล่าวในบทนี้จะอ้างถึงอุณหภูมิอนุภาคเขม่า

#### 4.1.2 การคำนวณการแจกแจงอุณหภูมิและเขม่า

ทุกวัตถุจะปลดปล่อยรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาเนื่องมาจากอุณหภูมิที่แน่นอนของมัน ในปี 1900 M. Planck ได้คิดค้นรายละเอียดทางทฤษฎีของการแผ่รังสีความร้อนเชิงสเปกตรัมของ blackbody radiator Einstein พัฒนาทฤษฎีนี้ต่อไปอีกในปี 1917 โดยขึ้นกับสมมติฐานควอนตัมแสง ดังนี้ [28]

$$L_{e,\lambda,Black}(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1} \quad (4-1)$$

$L_{e,\lambda,Black}$	คือ รั้งสีของวัตถุดำ	$[W/m^3]$
$c_1$	คือ ค่าคงที่ของ Planck	$[Wm^2]$
$c_2$	คือ ค่าคงที่ของ Planck	$[K.m]$
$\lambda$	คือ ความยาวคลื่น	$[m]$
$T$	คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์	$[K]$

แบบจำลองทางอุณหพลศาสตร์ใช้เป็น blackbody radiator (วัตถุที่ดูดซับการแผ่รังสีทั้งหมด หรือ วัตถุที่ซึ่งความสามารถในการสะท้อนหายไป) ในอีกแง่หนึ่ง ตัวกระจายความร้อนจริงมีความสามารถในการสะท้อนที่แน่นอน ซึ่งขึ้นกับความยาวคลื่นและอุณหภูมิ ส่วนของการแผ่รังสีทั้งหมดที่มีผลกระทบต่อวัตถุที่สังเกตจะถูกดูดซับ, สะท้อน และส่งผ่าน ดังสมการ [28]

$$\rho(\lambda, T) + \tau(\lambda, T) + \alpha(\lambda, T) = 1 \quad (4-2)$$

ที่ซึ่ง  $\rho$  คือ reflectance,  $\tau$  คือ transmissivity และ  $\alpha$  คือ absorptivity

กฎของ Kirchoff ที่ได้มาจากกฎข้อที่ 2 ของอุณหพลศาสตร์ นิยามว่า emissivity  $\epsilon$  [ไม่มีหน่วย] เท่ากับ absorptivity  $\alpha$  [ไม่มีหน่วย] [28]

$$\epsilon(\lambda, T) = \alpha(\lambda, T) \quad (4-3)$$

รั้งสีสเปกตรัมของตัวทำความร้อนใดๆ ด้วยค่า emissivity ทั่วไป  $L_{e,\lambda}$   $[W/m^3]$  คือ [28]

$$L_{e,\lambda}(\lambda, T) = \epsilon(\lambda, T) \cdot L_{e,\lambda,Black}(\lambda, T) \quad (4-4)$$

แบบจำลองของ gray body คือตัวทำความร้อนที่มี emissivity ที่ไม่ขึ้นกับความถี่และอุณหภูมิ ดังนั้นสมการจึงประยุกต์เป็น [28]

$$\epsilon(\lambda, T) = \epsilon = \text{constant} \quad (4-5)$$

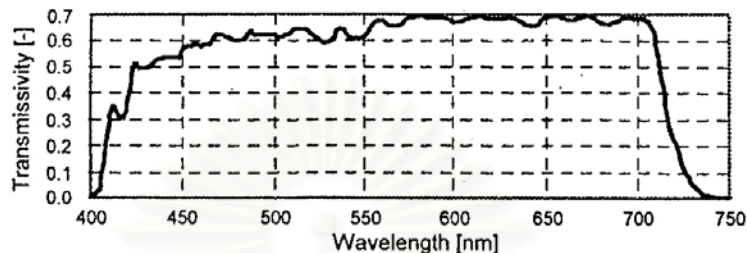
การแผ่รังสีทั้งหมดของตัวทำความร้อนทั่วไปได้มาจากการอินทิเกรตสมการ (4-4)

$$L_e = c_1 \cdot \int_0^\infty \epsilon(\lambda, T) \cdot \frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{c_2}{\lambda \cdot T}} - 1} d\lambda \quad (4-6)$$

แน่นอนว่าเศษส่วนของสเปกตรัมทั้งหมดเท่านั้นที่เกี่ยวข้องกับการวัดอุณหภูมิทางแสง ถ้ารูปภาพได้มาโดยผ่านตัวกรอง  $F_s$  (รูปที่ 4-1) กับค่า transmissivity ที่ทราบค่า  $\tau_s(\lambda)$  [ไม่มีหน่วย] ค่าการแผ่รังสีที่วัดได้ทั้งหมด  $L_{e,meas}$   $[W/m^2]$  คือ [28]

$$L_{e,meas} = k_{opt} \cdot c_1 \cdot \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \varepsilon(\lambda, T) \cdot \frac{1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{c_2}{\lambda \cdot T}} - 1} \cdot \tau_s(\lambda) \cdot d\lambda \quad (4-7)$$

$k_{opt}$  คือ ตัวแปรที่อธิบายสภาพทางภาพจากแหล่งการแผ่รังสีถึง sensor element สิ่งที่ต้องทำเป็นอันดับแรกอย่างอื่นคือ จะไม่คิด transmissivity จากตัวกรองภายนอก  $[\lambda_{min} - \lambda_{max}]$



รูปที่ 4-1 Spectral transmissivity curve of secondary filter taking lens, endoscope and edge filter into account [28]

ตาม Beer-Lambert พฤติกรรมการดูดซับเชิงสเปกตรัม (spectral absorption behavior) ของก๊าซที่มีความหนาแน่นและอุณหภูมิคงที่สามารถแสดงในรูปแบบต่างๆ ดังนี้ [28]

$$dI_{e,\lambda} = -a(\lambda) \cdot I_{e,\lambda} \cdot ds \quad (4-8)$$

ที่ซึ่ง  $I_{e,\lambda}$  [W/m sr] แสดงรังสีสเปกตรัม และ  $a(\lambda)$  [ $m^{-1}$ ] เป็นสัมประสิทธิ์การดูดซับเชิงสเปกตรัม หลังจากเดินทางตามเส้น  $s$  [m] ค่ารังสีคือ [28]

$$I_{e,\lambda} = I_{e,\lambda,0} \cdot e^{-a(\lambda) \cdot s} \quad (4-9)$$

ที่ซึ่ง  $I_{e,\lambda,0}$  [W/m sr] เป็นรังสีสเปกตรัมที่จุดเริ่มต้น สัดส่วนที่ถูกดูดกลืนไปตามเส้นทางคือ [28]

$$I_{e,\lambda,0} - I_{e,\lambda} = I_{e,\lambda,0} \cdot (1 - e^{-a(\lambda) \cdot s}) \quad (4-10)$$

จากสมการที่ (4-3) จะได้ค่า emissivity ของก๊าซที่มีความหนาแน่นและอุณหภูมิคงที่ คือ

$$\varepsilon(\lambda) = 1 - e^{-a(\lambda) \cdot s} \quad (4-11)$$

Angström ได้พิสูจน์แล้วว่ากฎของ Beer-Lambert ใช้ได้กับเปลวไฟที่ยกขึ้นมาจากการเผาไหม้ของอนุภาคเขม่า หลังจากช่วง ignition delay และการจุดระเบิดทางความร้อน การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลโดยแท้จริงแล้วจะถูกทำให้เด่นโดยการเผาไหม้ของอนุภาคเขม่า การเผาไหม้เองนั้นอยู่ภายใต้กระบวนการ diffusion อย่างมากเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากการเผาไหม้ ในเขตที่ไม่มีควัน คาร์บอนจะถูกปล่อยออกมาเป็นเขม่าซึ่งโดยส่วนมาก

จะถูกทำให้แย่งอีกครั้งในเฟสหลังการเผาไหม้ (afterburn phase) ถ้าอนุภาคเขม่าอยู่ในสมดุลทางความร้อนกับก๊าซแวดล้อมที่เผาไหม้

จากการวัดแสดงว่า ค่าคงที่การดูดซับสำหรับเปลวไฟดีเซลสามารถอธิบายตาม Gstrein [29] คือ :

$$a(\lambda) = \frac{k}{\lambda} \quad (4-12)$$

ที่ซึ่ง k [ไม่มีหน่วย] เป็นตัวแปรที่ขึ้นกับความเข้มข้นเขม่า

ค่า emissivity เชิงสเปกตรัม ตามสมการ (4-11) จะกลายเป็น

$$\varepsilon(\lambda) = 1 - e^{-\frac{k \cdot s}{\lambda}} \quad (4-13)$$

ดังนั้นการประยุกต์ emissivity จึงต้องเป็นปริมาณที่ขึ้นกับความเข้มข้นเขม่าและความหนาของ layer เมื่อ  $k \cdot s \gg \lambda$  ค่า emissivity ในช่วงสเปกตรัมที่วัดได้จะเหมือนกับ emissivity ของ blackbody radiator นั่นคือ เปลวไฟจะหนาแน่นทางแสง (optically dense) ในกรณีนี้การแผ่รังสีที่วัดได้จะขึ้นกับหน้าเปลวไฟที่ไปพบกับ image sensor ในอีกแง่หนึ่ง  $k \cdot s \ll \lambda$  เปลวไฟจะโปร่งใสในช่วงที่สังเกต และสัดส่วนของพลังงานการแผ่รังสีที่วัดได้มาจากการสะท้อนจากผนังห้องเผาไหม้ที่มีเขม่าปนอยู่ การวัดเปลวไฟดีเซลที่มีเขม่าสอดคล้องกับสมการต่อไปนี้โดยมีการกระจายทางความร้อน และการกระจายความหนาแน่นเขม่า :

$$L_{e, meas} = k_{opt} \cdot c_1 \cdot \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \left[ 1 - e^{-\frac{k \cdot s}{\lambda}} \right] \cdot \frac{1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{c_2}{\lambda \cdot T}} - 1} \cdot \tau_s(\lambda) \cdot d\lambda \quad (4-14)$$

ในซอฟต์แวร์ประเมินผล ความเข้มของแถบสีเขียวและแดง ถูกนำมาใช้ในการคำนวณอุณหภูมิ อุณหภูมิเปลวไฟสามารถหาโดยใช้ความเข้มและค่าสัมพัทธ์ ความเข้มของแถบสีแดง  $R_{th}$  [W/m<sup>2</sup>] คือ

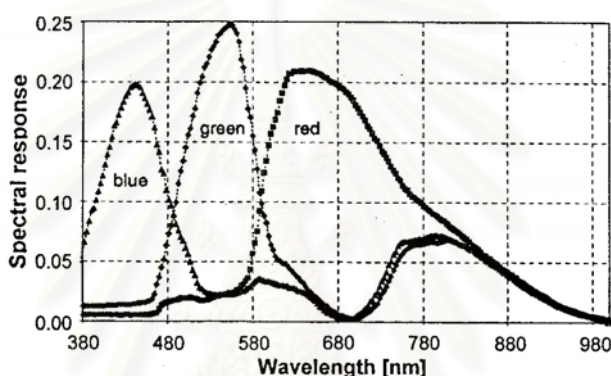
$$R_{th}(T, k_{ks}) = k_{opt} \cdot c_1 \cdot \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \left[ 1 - e^{-\frac{k \cdot s}{\lambda}} \right] \cdot \frac{1}{\lambda^5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} \cdot \tau_s(\lambda) \cdot \tau_R(\lambda) \cdot d\lambda \quad (4-15)$$



ความสัมพันธ์ระหว่างแถบสีแดงและเขียว  $rg_{th} [-]$  :

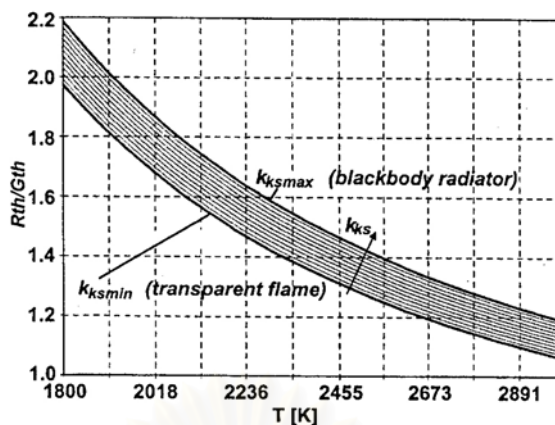
$$rg_{th}(T, k_{ks}) = \frac{R_{th}(T, k_{ks})}{G_{th}(T, k_{ks})} = k_{opt, green} \cdot \frac{\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \left[ 1 - e^{-\frac{k_{ks}}{\lambda}} \right] \cdot \frac{1}{\lambda^5} \cdot \tau_s(\lambda) \cdot \tau_R(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \left[ 1 - e^{-\frac{k_{ks}}{\lambda}} \right] \cdot \frac{1}{\lambda^5} \cdot \tau_s(\lambda) \cdot \tau_G(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (4-16)$$

ในสมการ (4-15) และ (4-16),  $k_{ks} = k \cdot s$  [m] และ  $\tau_R$  [ไม่มีหน่วย] และ  $\tau_G$  [ไม่มีหน่วย] เป็น spectral sensitivity ของกล้อง ดูรูปที่ 4-2



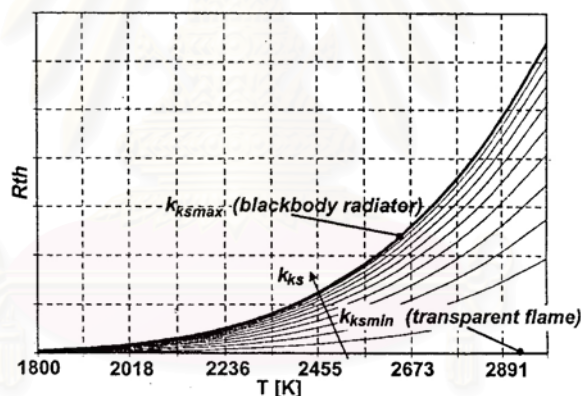
รูปที่ 4-2 Spectral sensitivity ของตัวกรองสีตัวแรกในกล้อง [28]

ดังที่อธิบายข้างต้น emissivity ในช่วงสเปกตรัมที่สังเกต  $[\lambda_{min} - \lambda_{max}]$  เป็นค่าที่ขึ้นกับความถี่ที่สังเกตได้เท่านั้นเมื่อสภาวะ  $k_{ks} \approx \lambda$  สำหรับ  $\lambda_{min} < \lambda < \lambda_{max}$  ไม่รุนแรงจนเกินไป ในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลง (transition range) สมการจะถูกกำจัดโดยค่าสัมพัทธ์ที่ใช้  $k_{ks}$  เพื่อว่าชุดของโค้งที่ได้จะมีระยะเท่ากันที่กึ่งกลางของช่วงอุณหภูมิ (ดูรูปที่ 4-1) เราจะเห็นว่าช่วงอุณหภูมิถูกนิยามโดยขึ้นกับค่าสัมพัทธ์ที่วัดได้เรียบร้อยแล้ว รูปที่ 4-3 แสดงค่าสัมพัทธ์ซึ่งอยู่ในช่วง transition คือจาก  $k_{ks, min}$  ถึง  $k_{ks, max}$  ชุดผลลัพธ์ของกราฟจะมีระยะทางเท่ากันในตรงกลางของช่วงอุณหภูมิ



รูปที่ 4-3 ค่าสัมพัทธ์กับอุณหภูมิที่ค่า  $k_{ks}$  ต่างๆ [28]

รูปที่ 4-4 แสดงชุดของกราฟสำหรับความสว่างของสวอนดีแดง เมื่อทราบค่าทั้ง 2 ชุดของกราฟ อุณหภูมิผลลัพท์จะถูกกำหนดโดยการหาตัวแปรของกราฟ  $k_{ks0}$  สำหรับที่ซึ่งความเข้มที่วัดได้ และค่าสัมพัทธ์ผลิตอุณหภูมิผลลัพท์ออกมาเหมือนกัน



รูปที่ 4-4 ความเข้มการแผ่รังสีในแถบสีแดงกับอุณหภูมิที่ค่า  $k_{ks}$  ต่างๆ [28]

ดังที่เห็นในรูป 4-4 blackbody radiator ที่ถูกกำหนดโดย  $k_{ks,max}$  จะจำกัดค่าความเข้มที่เป็นไปได้ที่อุณหภูมิผลลัพท์ที่ทราบค่า ในการคำนวณจะสมมติว่าอย่างน้อยที่สุด 1 พิกเซลจะหนาแน่นทางแสง เพื่อหา optical correction factor  $k_{opt}$  จะกำหนดพิกเซลหนึ่งที่มีความเข้มสูงสุดที่อุณหภูมิที่ระบุให้เป็น blackbody radiator

## 4.2 ความแม่นยำ

### 4.2.1 ผลของการสะสมรวมตัวของเขม่าบน Window

ระหว่างการทดสอบเครื่องยนต์ เขม่าที่สะสมรวมตัวบน optical window จะลดค่า transmissivity และทำให้เกิดความผิดพลาดในการประมาณค่าอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า โดยที่ Matsui และคณะ [30] พบว่าการสูญเสีย transmissivity จะมีผลต่ออุณหภูมิเปลวไฟที่วัดได้น้อยกว่าความเข้มข้นเขม่า

ในการลดผลของการสะสมรวมตัวของเขม่าที่มีต่อผลการวัดแบบ two-color ให้น้อยที่สุด Yan และ Borman [31] ได้พัฒนา window ที่ทำจากแร่ควอartzที่สามารถทำความสะอาดได้ด้วยตนเอง ซึ่งสามารถที่จะรักษาพื้นผิว window ให้ปราศจากเขม่า แม้หลังการทำงานไปแล้วหลายชั่วโมงก็ตาม

### 4.2.2 การสะท้อนที่ผนัง

สังเกตว่าการแผ่รังสีที่ตรวจสอบโดยระบบ two-color รวมถึงการแผ่รังสีโดยตรงจากเปลวไฟ (เขม่า+ก๊าซ) และการแผ่รังสีที่สะท้อนจากผนังและการแผ่รังสีทางความร้อนโดยพื้นผิวผนัง เนื่องจากอุณหภูมิพื้นผิวของผนังต่ำกว่าอุณหภูมิเขม่ามาก จึงสามารถละผลของพวกมันในบริเวณที่มองเห็นได้ ในบริเวณอินฟราเรด การแผ่รังสีอย่างมากจากผนังจะปรากฏขึ้น และผลนี้ต้องนำมาทำความเข้าใจ โดยการใช้องค์ประกอบที่มองเห็นได้ Matsui และคณะ [30] พบว่าผลของการแผ่รังสีที่สะท้อนจากผนังด้านตรงข้ามที่มีต่อการประมาณอุณหภูมิเปลวไฟมีน้อยมาก (ประมาณ 2 หรือ 3 เคลวิน) ในขณะที่ความผิดพลาดในการหา KL factor [32] มีมากที่สุด 10% ที่ความเข้มข้นเขม่าที่ต่ำมาก และลดลงเป็น 2% ที่ความเข้มข้นเขม่าสูง เมื่อความยาวคลื่นอินฟราเรดถูกนำมาใช้ ความผิดพลาดในอุณหภูมิที่ประมาณอยู่ในช่วงจาก 50 ถึง 150 เคลวิน นอกจากนี้ความผิดพลาดในค่าประมาณของ KL factor สามารถสูงถึง 50%

### 4.2.3 ผลของการแจกแจงอุณหภูมิและเขม่าที่ไม่สม่ำเสมอ

Two-color method จะให้เฉพาะอุณหภูมิเปลวไฟที่แท้จริงถ้าอุณหภูมิสม่ำเสมอในพื้นที่ที่มีอยู่ตามเส้นการมอง (line-of-sight) ความไม่สม่ำเสมอ (non-uniformity) ของอุณหภูมิและความเข้มข้นของเขม่าจะมีผลต่อความหมายทางกายภาพของอุณหภูมิเปลวไฟและค่า KL ที่วัดโดยเทคนิคนี้ ได้มีการศึกษาในรายละเอียดเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิและการกระจายเขม่าที่ไม่สม่ำเสมอที่มีต่อผลจากการวัดแบบ two-colors โดย Matsui และคณะ [33],[30] และโดย Yan และ Borman [31] สิ่งที่พวกเขาค้นพบสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลของความไม่สม่ำเสมอของความเข้มชั้นเขม่าต่ออุณหภูมิที่วัดได้รุนแรงน้อยกว่าผลของอุณหภูมิที่ไม่ราบเรียบต่อ KL factor ถ้าการกระจายความไม่สม่ำเสมอที่รุนแรงของอุณหภูมิคงอยู่ ค่า KL factor ที่ประเมินได้จะมีค่าต่ำไป
2. อุณหภูมิที่วัดโดย Two-color method จะสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยทางตัวเลข เพราะว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของ monochromatic intensity [32] กับอุณหภูมิจะสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ
3. อุณหภูมิเปลวไฟที่ใกล้ window มากกว่า จะมีผลกระทบต่ออุณหภูมิที่วัดได้มากกว่าอุณหภูมิเปลวไฟที่อยู่ไกลออกไป นั่นคืออุณหภูมิเปลวไฟจะเอนเอียงไปตามอุณหภูมิใกล้ window
4. อุณหภูมิเปลวไฟที่วัดได้จะมีค่าเข้าใกล้อุณหภูมิเปลวไฟสูงสุดถ้าค่าสูงสุดของอุณหภูมิและความเข้มชั้นเขม่าซ้อนทับเส้นการมอง

#### 4.2.4 ความแม่นยำโดยรวม

บทสรุปโดยทั่วไปบทหนึ่งที่น่าประจักษ์ออกมาจากการอภิปรายข้างต้นคือ Two-color method จะเหมาะสมเป็นอย่างดีสำหรับการวัดอุณหภูมิที่แม่นยำ ในอีกแง่หนึ่งโหลดของเขม่าที่วัดโดยวิธีนี้ควรทำด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากแนวโน้มของการแทรกแซงโดยตะกอนที่ window และการกระจายเขม่าที่ไม่สม่ำเสมอตามเส้นทางทางแสงของการวัด

### 4.3 การถ่ายภาพเต็มขอบเขตของการแจกแจงอุณหภูมิและเขม่า

#### 4.3.1 บทนำ

ในส่วนก่อนหน้านี้อธิบายถึงลักษณะที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับ Two-color method ระบบ two-color จะวัดอุณหภูมิเปลวไฟในปริมาตรควบคุมเล็กๆ ดังที่ถูกระบุโดยสนามการมองของ probe ดังนั้นจึงเป็นการวัดเส้นการมองที่จำเป็น แต่อย่างไรก็ตามในการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล ต้องการที่จะได้อุณหภูมิเปลวไฟและการกระจายเขม่าใน 2 มิติ ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพเป็น detector ในระบบ two-color อุปกรณ์ถ่ายภาพสามารถเป็นได้ทั้งกล้องที่ใช้ฟิล์มทั่วไปหรือกล้องแบบ solid-state การใช้กล้องแบบ solid-state จะลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการล้างฟิล์มที่ยาวนานและน่าเบื่อหน่าย และกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลลงไปได้อย่างมาก แต่อย่างไรก็ตาม กล้องแบบใช้ฟิล์มความเร็วสูงยังคงเป็นวิธีที่นิยมมากกว่าในการได้รูปภาพ two-color ความเร็วสูงตามมา

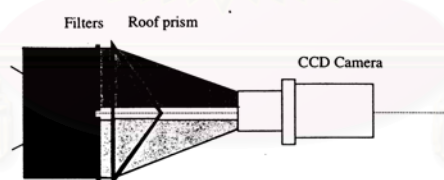
ในที่นี้ขออธิบายเฉพาะกล้องแบบ solid-state ชนิด CCD (Charged-Coupled Devices) ซึ่งเป็นกล้องที่ใช้ในการทดสอบนี้

#### 4.3.2 การวัดอุณหภูมิเต็มขอบเขตโดยใช้กล้องแบบ Solid-State

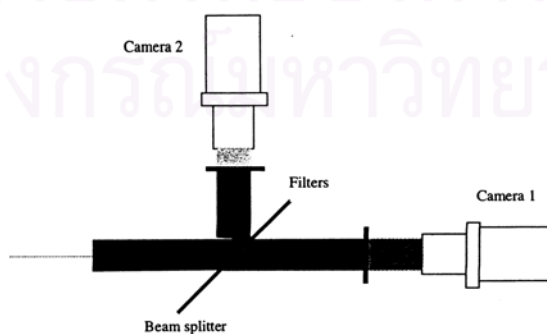
ในขณะที่การใช้กล้องแบบฟิล์มความเร็วสูงจะให้การวัดอุณหภูมิและเข้ามาที่เต็มขอบเขตซึ่งกระจายตามเวลาโดยมีความละเอียดสูง (high-resolution time-resolved full-field) แต่ต้องใช้กระบวนการและการล้างฟิล์มที่ยาวนานและการวิเคราะห์ข้อมูลที่น่าเบื่อหน่าย

กล้องแบบ solid-state ประกอบด้วยการจัดวาง photosensors ใน 2 มิติ (พิกเซล) ซึ่งเปลี่ยนโฟตอนที่เกิดขึ้นให้เป็นอิเล็กตรอน output จากกล้อง solid-state สามารถเปลี่ยนในเชิงตัวเลขให้เป็นจำนวนสเกลสีเทาอย่างง่ายดาย ซึ่งสามารถ calibrate เพื่อให้ได้อุณหภูมิเปลวไฟปรากฏ (apparent flame temperature) ในกรณีนี้ได้ประยุกต์ใช้การอภิปรายของการวัดที่จุดเดียวกับการวัดเต็มสนามด้วยกล้องแบบ solid-state ในการเปรียบเทียบกับกล้องที่ใช้ฟิล์มความเร็วสูง การใช้กล้องแบบ solid-state จะกระจายด้วยความต้องการสำหรับ online calibration และการล้างฟิล์มที่น่าเบื่อหน่าย กล้องแบบ solid-state ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดคือ CCD (Charged-Coupled Devices)

ระบบ full-field two-color ที่ใช้ monochrome CCD cameras มี 2 วิธี ดังแสดงในรูปที่ 4-5 ในวิธีแรกจะใช้กล้อง CCD ตัวเดียว (รูปที่ 4-5(a)) โดยบันทึกรูปภาพสองรูปที่ความยาวคลื่นที่เลือกบนกล้องด้านต่อด้านโดยการวาง image doubler ข้างหน้ากล้องและวาง band-pass filter สองตัวระหว่าง image doubler และกล้อง [34] อีกทางเลือกหนึ่งคือสามารถบันทึกรูปภาพสองรูปที่ความยาวคลื่นที่เลือกแยกกันโดยกล้องสองตัว แต่ละตัวมีตัวกรองสีวางไว้ข้างหน้า



(a) Full field two-colour system with one monochrome CCD camera



(b) Full field two-colour system with two monochrome CCD cameras

รูปที่ 4-5 การวางตัวของระบบการวัดแบบ two-color เต็มขอบเขตโดยใช้กล้อง solid-state

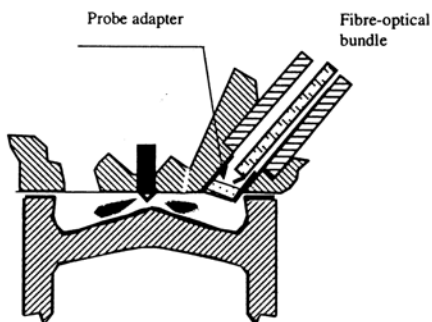


ข้อเสียของกล้อง CCD คือมันมีความละเอียดน้อยกว่าฟิล์มและโดยปกติสามารถถ่ายภาพได้ 1 รูปต่อ cycle ถึงแม้จะเป็นกล้อง CCD ความเร็วสูง เช่น Kodak "EktaPro HS Solid-State Motion Analyser" ถูกนำมาใช้เพื่อให้ได้หลายรูปใน cycle เดียวกัน แต่ความละเอียดของกล้องถูกจำกัดที่  $128 \times 128$  พิกเซล [35] ทางเลือกอื่นคือรูปภาพ two-color หลายรูปสามารถได้มาโดยใช้ framing streak camera [36]

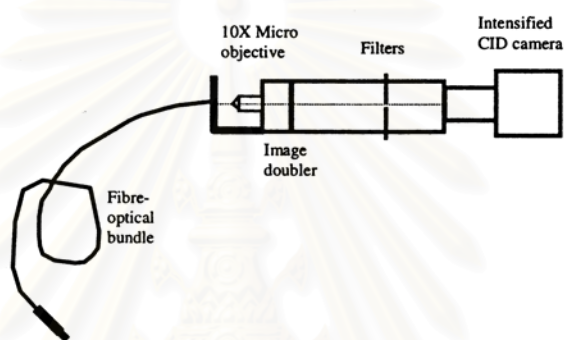
ระบบ full-field two-color ที่อธิบายไว้นี้ ถูกออกแบบเพื่อถ่ายภาพผ่าน optical window ขนาดใหญ่ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการดัดแปลงเครื่องยนต์อย่างมาก ในการเอาชนะความยากนี้ Shakal และ Martin [34] ได้พัฒนาระบบถ่ายภาพชนิด endoscope ซึ่งต้องการการดัดแปลงเครื่องยนต์น้อยที่สุด การติดตั้งระบบแสดงในรูปแบบที่ 4-6 กลุ่มท่อเส้นใยนำแสง (fiber-optical bundles) ที่เชื่อมต่อกันบรรจุเส้นใยนำแสงเดี่ยวๆ หลายตัว ตำแหน่งที่สัมพันธ์กันถูกจัดเตรียมให้เหมือนกันทั้งสองปลายเพื่อสามารถส่งผ่านรูปภาพได้ การใช้กลุ่มท่อเส้นใยนำแสงยังทำให้สนามการมองกว้างขึ้นกว่าการมองผ่าน window โดยตรง สนามการมองถูกจำกัดอยู่ที่  $45^\circ$  โดยเลนส์ที่วางที่ปลายของ bundle ที่ด้านข้างเครื่องยนต์ ตำแหน่งทางพื้นที่ของสนามการมองจะถูกกำหนดไกลออกไปโดยกระจกเล็กๆ ที่ติดกับปลายของกลุ่มท่อเส้นใยนำแสงดังแสดงในรูปแบบที่ 4-6(a) bundle ทั้งหมดถูกวางห่างจาก optical window ที่ติดตั้งใน probe adapter เป็นระยะ 1 mm ซึ่งป้องกันกลุ่มท่อเส้นใยนำแสงจากการสัมผัสผิวสรีระการเผาไหม้ที่รุนแรง ขนาดของช่องทางเข้ามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm กลุ่มท่อเส้นใยนำแสงมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 mm

ในรูปแบบที่ 4-6(b) output จากอีกปลายของกลุ่มท่อเส้นใยนำแสงถูกขยายโดยเลนส์วัตถุ กล้องจุลทรรศน์ (microscope objective) กำลังขยาย 10 เท่า จากนั้นรูปที่ขยายแล้วจะถูกแบ่งออกเป็นรูปภาพด้านต่อด้านสองรูปผ่าน image doubler 10 nm bandwidth filters สองตัวที่ 550 นาโนเมตรและ 650 นาโนเมตร ถูกใช้สำหรับการวัด two-color การใช้กล้องแบบ gateable intensified solid-state เป็นสิ่งจำเป็นเนื่องมาจากการแผ่รังสีที่ต่ำที่กล้องได้รับ เนื่องมาจากการส่งผ่านที่สูงสูญเสียในระบบทางแสง จากนั้นสามารถใช้สองรูปภาพที่บันทึกในเฟรมเดียวเพื่อให้ได้การวัดคุณสมบัติเต็มขอบเขตและ KL factor โดยใช้ Two-color method

ในทางเลือกอื่น สามารถส่งผ่านภาพการเผาไหม้สู่กล้อง intensified โดยระบบ endoscope ซึ่งประกอบด้วย optical window, glass rod probe ที่มีขนาดยาว และ carbanically linked transmission arm สี่ชิ้น [37]



(a) Probe adapter with fibre optical bundle installed



(b) Optical set-up of the imaging system

รูปที่ 4-6 การติดตั้งการทดลองสำหรับการวัดอุณหภูมิเต็มขอบเขตโดยใช้ fiber optics [33]

#### 4.4 สรุป

Two-color method เป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดสำหรับการวัดอุณหภูมิการเผาไหม้ดีเซล ซึ่งมีศักยภาพของการวัดอุณหภูมิเปลวไฟอย่างต่อเนื่องและขณะใดขณะหนึ่งในเครื่องยนต์ดีเซล และเป็นวิธีที่ง่ายในติดตั้งและสามารถใช้พื้นที่ในเครื่องยนต์น้อยที่สุด ปัจจุบันจะใช้วิธีนี้เป็นประจำในการศึกษาการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล

นอกจากนี้ Two-color method มีความสามารถในการตรวจหาประมาณเขม่าในเครื่องยนต์ดีเซล แต่อย่างไรก็ตามการวัด KL factor ควรกระทำด้วยความระมัดระวัง เพราะค่าของมันได้รับผลกระทบจากตะกอนที่ window, การสะท้อนที่พื้นผิว และการกระจายเขม่าที่ไม่สม่ำเสมอได้โดยง่าย

Two-color method เป็นวิธีการวัดแบบเส้นการมอง (line-of-sight) ซึ่งให้อุณหภูมิเปลวไฟที่แท้จริงโดยสมมติว่าอุณหภูมิสม่ำเสมอทางพื้นที่ตามเส้นการมอง ความไม่สม่ำเสมอของอุณหภูมิและความเข้มข้นเขม่าจะมีผลกระทบต่อความหมายทางกายภาพของอุณหภูมิเปลวไฟและ KL factor ที่วัดได้จากเทคนิคนี้

## บทที่ 5

### อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

#### 5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

##### 5.1.1 เครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นชนิด CI 4 จังหวะ 4 สูบวางเรียง 12 วาล์ว ระบายความร้อนด้วยน้ำ ยี่ห้อ FORD รุ่น RANGER WL 2.5 ลิตร ไม่มีเทอร์โบชาร์จเจอร์ เจาะฝาสูบเข้าไปในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบมีอากาศหมุน (swirl chamber) ของสูบที่ 4 เพื่อตรวจดูการเผาไหม้โดยการถ่ายภาพด้วยระบบที่ใช้ endoscope รายละเอียดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการวิจัยนี้แสดงไว้ในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ทดสอบ

รุ่น:	WL 2.5 L
แบบ:	4 สูบ วางเรียง, IDI, Naturally aspirated
ระบบหล่อเย็น:	น้ำ
ความจุกระบอกสูบ:	2499 CC
วาล์ว:	12 วาล์ว ( 3 วาล์วต่อสูบ : ไอดี 2, ไอเสีย 1)
เส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ:	93 mm
ระยะชัก:	92 mm
อัตราส่วนการอัด:	21.6 : 1
กำลังสูงสุด:	60 kW ที่ 4100 rpm
แรงบิดสูงสุด:	170 N-m ที่ 2500 rpm

ตารางที่ 5-2 รายละเอียดของระบบฉีดเชื้อเพลิง

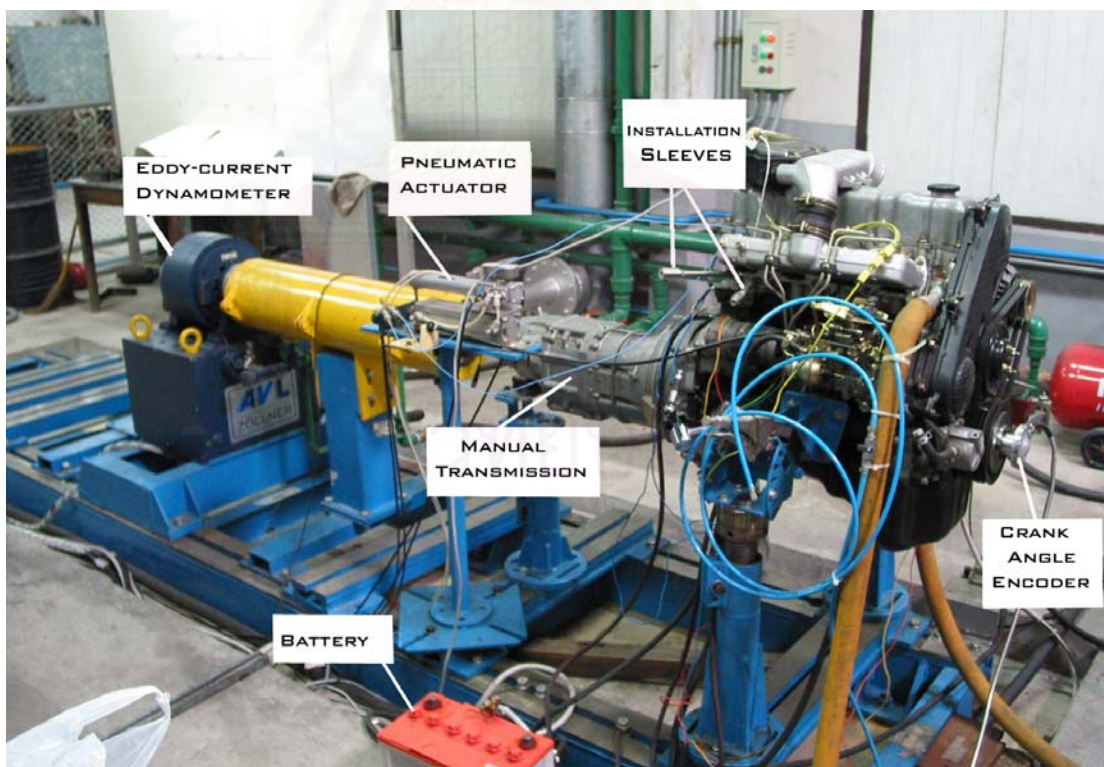
ระบบฉีดเชื้อเพลิง:	ปั๊มหัวฉีดน้ำมันแบบงานง่าย
ปั๊มฉีดเชื้อเพลิง:	ZEXEL 862 Q 910969 (LICENCE BOSCH)
ชนิดหัวฉีด:	หัวฉีดรูเดี่ยว (Single hole nozzle)
ความดันในการฉีด:	11.4 MPa – 12.1 MPa

### 5.1.2 ไดนาโมมิเตอร์

ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้เป็นชนิดกระแสหมุนวน (Eddy Current) ที่มีโรเตอร์แบบดรัม ยี่ห้อ AVL รุ่น Alpha 40 กำลังสูงสุด 40 กิโลวัตต์ แรงบิดสูงสุด 75 นิวตัน-เมตร ความแม่นยำในการวัดแรงบิด  $\pm 0.2\%$  ของค่าเต็มสเกล อัตราเร็วสูงสุด 17,000 รอบต่อนาที ความแม่นยำในการวัดอัตราเร็วแบบดิจิทัลคือ  $\pm 1$  รอบต่อนาที ต่อ  $\pm 1$  ตัวเลข

หลักการทำงานของไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวนนี้คือ กระแสตรงสู่ขดลวด จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นในตัวแหล่งกำเนิด เมื่อโรเตอร์หมุน ความหนาแน่นสนามจะแปรผัน และกระแสหมุนวนจะถูกเหนี่ยวนำในพื้นที่ผิวของห่วงสเตเตอร์ที่ล้อมรอบโรเตอร์ เส้นสนามแม่เหล็กของกระแสหมุนวนจะตรงข้ามกับสนามกระตุ้นโดยตรง และมีผลการหน่วงโรเตอร์ ผลการหน่วงนี้จะเป็นสัดส่วนกับกระแสกระตุ้น

ดังนั้นแรงบิดซึ่งถูกนำมาใช้กับตัวแหล่งกำเนิด จะถูกวัดโดยใช้ strain gauge load cell ตัววัดความเร็วแบบดิจิทัลถูกใช้เพื่อวัดความเร็วในการหมุน จากค่าเหล่านี้ กำลังของเครื่องยนต์ทดสอบจะถูกคำนวณ กำลังนี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นความร้อนและถูกนำออกไปโดยน้ำหล่อเย็นซึ่งไหลผ่านห่วงสเตเตอร์



รูปที่ 5-1 เครื่องยนต์ทดสอบบนแท่นทดสอบและต่อกับไดนาโมมิเตอร์

### 5.1.3 เครื่องควบคุมไดนาโมมิเตอร์

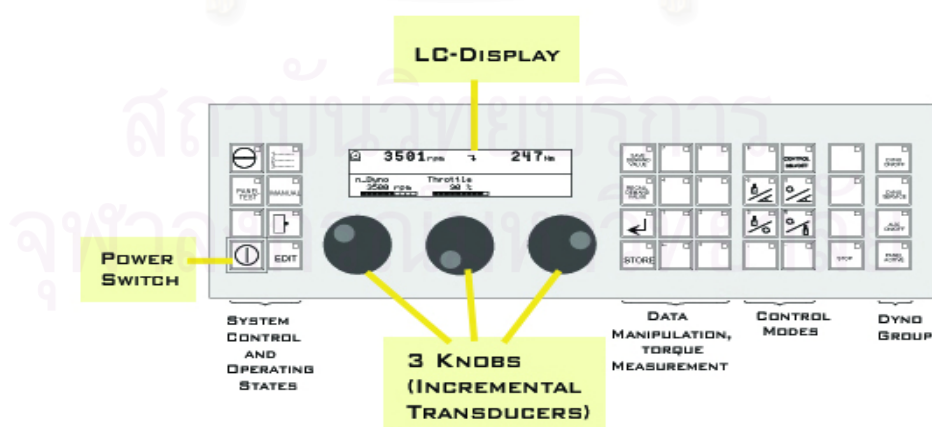
เครื่องควบคุมไดนาโมมิเตอร์ (Dyno Monitoring Unit) นี้มีชื่อว่า Bremsen-Monitoring-Einheit (BME) ซึ่งที่ใช้เป็นรุ่น BME 300 ผลิตโดย บริษัท AVL-List GmbH

BME เป็นหน่วยควบคุมขนาดเล็กสำหรับควบคุมความเร็วและทอร์กของไดนาโมมิเตอร์

รูปที่ 5-2 เป็นภาพถ่ายแสดง BME ที่ถูกประกอบใน case 19" (rack-mount)



รูปที่ 5-2 เครื่องควบคุมไดนาโมมิเตอร์



รูปที่ 5-3 หน้าจอการทำงาน (Operating Panel) ของ BME



รูปที่ 5-3 แสดงหน้าจอกำหนดการทำงาน (Operating Panel) ของ BME ซึ่งบนหน้าจอกำหนดการทำงานนี้ มีองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้คือ

LC-Display (Liquid crystal display) ประกอบด้วย 2 ส่วน ในโหมดการทำงานปกติ ส่วนบนแสดงค่าจริงได้ 4 ค่า และส่วนล่างแสดงค่าที่ต้องการได้ 3 ค่า ในโหมด parameter ส่วนบนแสดง 4 บรรทัดของตัวแปร (1 บรรทัดสำหรับทุกๆ ระดับตัวแปร) และส่วนล่างแสดงข้อความ

Power Switch เป็นปุ่มเปิด/ปิด สวิตช์ BME

Knobs ใช้ incremental transducers 3 ตัว เพื่อควบคุมเมนูที่กระทำเกี่ยวกับตัวแปรและสำหรับตั้งค่าที่ต้องการ

Operating Buttons มี 35 ปุ่ม จัดกลุ่มด้วย integrated LED

#### 5.1.4 ระบบการถ่ายภาพซึ่งใช้ Endoscopes

ระบบการถ่ายภาพที่ใช้เป็นของบริษัท AVL-List GmbH ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ กล้อง CCD พร้อม lens 25 mm และ 50 mm และ quick connector สำหรับ lens 50 mm และตัวยึดกล้อง (camera holder), endoscope สำหรับห้องเผาไหม้, window สำหรับห้องเผาไหม้, strobe gun, light unit, crank angle encoder, ระบบกรองอากาศ, PC และ AVL VisioScope software

5.1.4.1 CCD Camera กล้อง CCD ที่ใช้เป็นรุ่น PixelFly VGA COLOR ซึ่งมี sensor เป็นแบบสี่ขนาด 1/2" มีความละเอียด (resolution) 640X480 พิกเซล ทนอุณหภูมิสูงสุดได้ไม่เกิน 50 °C

รูปที่ 5-4 แสดงรูปภาพของ CCD camera พร้อมอุปกรณ์เลนส์



รูปที่ 5-4 CCD camera และเลนส์

5.1.4.2 Combustion Chamber Endoscopy เป็นระบบ endoscope ที่ใช้กับห้องเผาไหม้ ซึ่งเป็นแบบที่มีอากาศหล่อเย็น ที่ใช้ในการทดสอบนี้คือ endoscope ชนิด M10 ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm, มุมเปิดที่ปลาย 80° และมุมมอง 30°

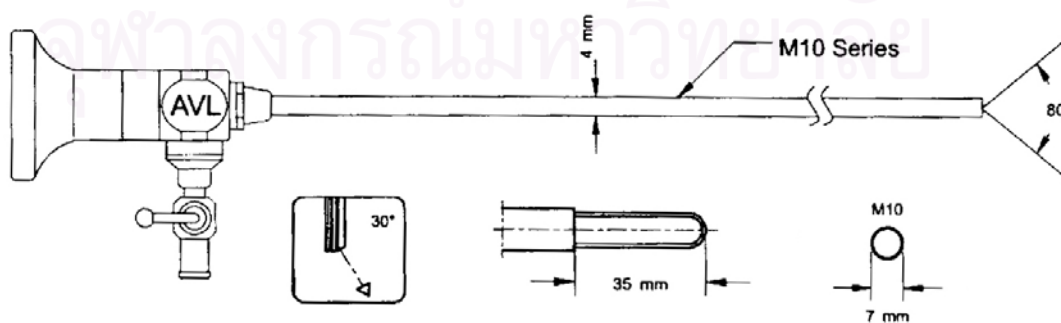
ข้อมูลทางเทคนิคของ M10 endoscope แสดงไว้ในตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 ข้อมูลทางเทคนิคของ endoscope ชนิด M10

Three different viewing angle:	0° straight ahead
	30° forward view
	60° angled view
Visual field:	80° (wide-angle)
Length of shaft (working length):	330 mm
Tube diameter:	4 mm
Cooling medium:	clean compressed air (~6 bar)
Operating temperature uncooled:	150 °C max.

5.1.4.3 Combustion Chamber Windows ทำจากแก้วควอร์ตซ์ที่ทนอุณหภูมิและความดัน ประกอบด้วย sleeve เหล็กเป็นตัวยาว window และหลอดแก้วควอร์ตซ์ปลายแบนหรือกึ่งกลม มี windows รูปร่างต่างๆ เพื่อให้เข้ากับมุมมองที่หลากหลายของ endoscopes ในการทดสอบนี้จะใช้ combustion chamber window ที่มีมุมมอง 30° เพื่อให้สอดคล้องกับมุมมองของ endoscope ที่ใช้

รูปที่ 5-5 แสดง endoscopes ชนิด M10 และ ชุดของ combustion chambers windows ที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 5-5 endoscopes และ combustion chamber window ที่ใช้ในการทดสอบ

5.1.4.4 Strobe Gun ถูกต่อเข้ากับ STROBE-GUN (X1) socket ของ Light Unit ใ้ เพื่อหามุมที่ถูกต้องของสัญญาณ Trigger สู่ TDC โดยใช้ “TDC shift”

5.1.4.5 Light Unit เป็นแหล่งกำเนิดแสงให้แก่ห้องเผาไหม้ ประกอบด้วย cold light source, Strobe flash gun และ AVL 427 Engine Timing Unit ดังแสดงในรูปที่ 5-6 และข้อมูลทางเทคนิคของ light unit แสดงไว้ในตารางที่ 5-4



รูปที่ 5-6 Light Unit

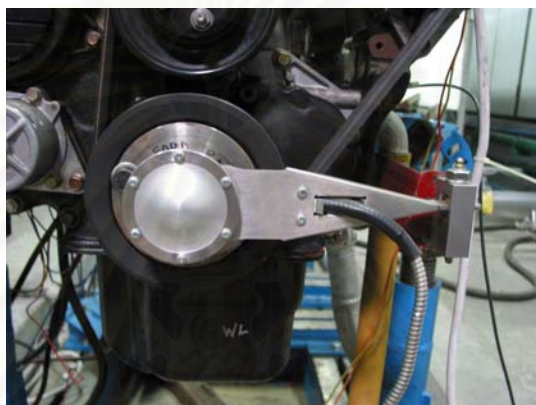
ตารางที่ 5-4 ข้อมูลทางเทคนิคของ light unit

Power Supply:	100 / 230 V switchable
<b>Strobe</b>	
Frequency:	10 Hz max.
Light yield with fibre optic cable:	40 mJ / flash
Flash duration:	20 $\mu$ s
<b>Cold light source</b>	
Infinitely variable light output	
High light output due to high quality condenser system	

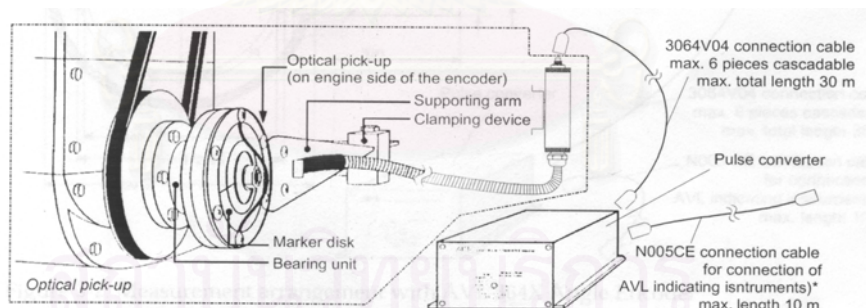
5.1.4.6 Lighting Set ประกอบด้วย light guide ซึ่งเป็น Optical fibre และ lighting head lighting head ทำจากแก้วควอตซ์ต่อเข้ากับ fibre optic cable และถูกขันด้วย lock nut ที่ installation sleeve ที่ฝาสูบในวิธีเดียวกับ combustion chamber window lighting head ที่ใช้ในการทดสอบนี้มีมุมแสง  $0^\circ$  ซึ่งเป็นมุมที่เห็นภาพสเปรย์ได้ชัดเจน

5.1.4.7 Crank Angle Encoder ใช้เพื่อวัดตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงสำหรับเป็นข้อมูลเพื่อควบคุม AVL VisioScope AVL VisioScope ต้องการความละเอียด 0.1 หรือ 0.05 องศาข้อเหวี่ยง crank angle encoder ที่ใช้เป็นรุ่น 364C Optical Angle Encoder

รูปที่ 5-7 แสดงภาพของ crank angle encoder ที่ต่อเข้ากับเพลลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ทดสอบเพื่อกำหนดตำแหน่งขององศาข้อเหวี่ยง รูปที่ 5-8 แสดงการติดตั้ง encoder และข้อมูลทางเทคนิคของ crank angle encoder แสดงไว้ในตารางที่ 5-5



รูปที่ 5-7 Crank Angle Encoder ที่ต่อเข้ากับเพลลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ทดสอบ



รูปที่ 5-8 วิธีการต่อ Encoder และอุปกรณ์

ตารางที่ 5-5 ข้อมูลทางเทคนิคของ crank angle encoder

ช่วงความเร็ว:	10 ถึง 15000 rev/min
ความต้านทานการสั่นสะเทือน:	Max. $100 \times 9.81 \text{ m/s}^2$ (100 g) for 10 mio. rev. Max. 200 g for brief periods
อุณหภูมิแวดล้อมที่ยอมได้:	-30 ถึง +70 °C
อุณหภูมิแวดล้อมที่ยอมได้ ที่พื้นผิวการติดตั้ง:	-30 ถึง +100 °C
อายุการดูแลภายใต้โหลดรุนแรง:	อย่างน้อยที่สุด 10 ล้านรอบที่การสั่นสะเทือนที่ยอม ได้สูงสุด
โหลดโดยมวลบนเพลาช้อเหวียงหรือ เพลาลูกเบี้ยว:	ประมาณ 530 ถึง 630 g ขึ้นกับตำแหน่งการติดตั้ง encoder (น้อยที่สุดในตำแหน่งแวนอน)

#### 5.1.4.8 เครื่องอัดอากาศ ( Air Compressor )

เครื่องอัดอากาศ มีหน้าที่อัดอากาศสำหรับจ่ายให้คัมแรงแบบนิวเมติกส์และ  
อากาศหล่อเย็นของระบบ endoscopes

เครื่องอัดอากาศที่ใช้ในการทดสอบนี้มีรายละเอียดดังตารางที่ 5-6 และรูปที่  
5-9 แสดงภาพของเครื่องอัดอากาศที่ใช้ในการทดสอบ



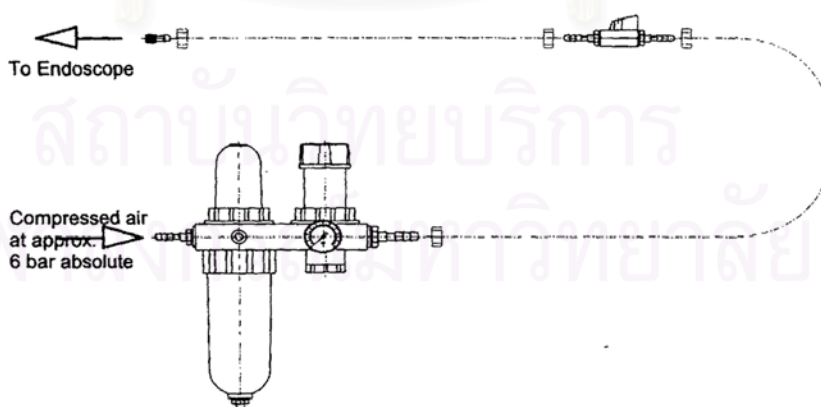
รูปที่ 5-9 เครื่องอัดอากาศ



ตารางที่ 5-6 รายละเอียดของเครื่องอัดอากาศ

ยี่ห้อ:	H'A'FELE Hi-COM 50
รุ่น:	Supertiger 245
กำลัง:	2.00 HP (1.50 kW)
ความถี่:	50 Hz
โวลต์/เฟส:	230/1
แอมป์:	9.00
อากาศไหลเข้า:	245.00 litre/min (8.65 CFM)
อากาศไหลออก:	135.00 litre/min (4.77 CFM)
ความดัน:	8.0 บาร์ (116 PSI)
ปริมาตรถัง:	50 litre
RPM:	2850
dB-A:	79

5.1.4.9 ระบบกรองอากาศ (Filter Unit) สำหรับในสถานะที่ใช้อากาศอัดในการหล่อเย็น endoscopes ต้องใช้ระบบกรองอากาศเพราะฝุ่นและน้ำมันในอากาศอัดสามารถทำให้เกิดการสะสมรวมตัวที่เลนส์ด้านหน้า ซึ่งเป็นผลร้ายต่อคุณภาพของรูปภาพ และอาจทำให้ชุดอุปกรณ์ endoscope บอดอย่างสิ้นเชิง รูปที่ 5-10 แสดงระบบกรองอากาศ



รูปที่ 5-10 อากาศป้อนเข้าที่ปราศจากน้ำมันและฝุ่นสู่ endoscope แบบหล่อเย็น

ความดันอากาศอัดที่ป้อนเข้าสู่ระบบจะต้องมีระดับความดันอยู่ที่ประมาณ 6 บาร์สัมบูรณ์ และอุณหภูมิอากาศอัดต้องไม่เกิน 20 °C ถ้าอากาศอัดถูกป้อนที่ความดันที่ต่ำกว่า

หรืออุณหภูมิที่สูงกว่านี้จะทำให้ชุดอุปกรณ์ endoscope ร้อนเกินไป ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายที่ไม่อาจซ่อมได้แก่อุปกรณ์ นอกจากนี้ยังมีวาล์วควบคุมความดันด้วยเกจวัดความดันที่รวมอยู่ใน Filter Unit เพื่อปรับความดันป้อนเข้า

#### 5.1.5 คันเร่งแบบนิวเมติกส์ (Pneumatic Actuator)

คันเร่ง เป็นตัวควบคุมการเปิด/ปิดของปั๊มฉีดเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ที่ใช้ในการทดสอบนี้เป็นแบบนิวเมติกส์

คันเร่งที่ใช้ในการทดสอบนี้เป็นรุ่น SMC-SPCP-004 ซึ่งมีความดันสูงสุด 10.0 บาร์ รูปที่ 5-11 แสดงภาพคันเร่งแบบนิวเมติกส์ที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 5-11 คันเร่งแบบนิวเมติกส์

### 5.1.6 Cooling Water Tank

เป็นถังสำหรับพักและระบายความร้อนของน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ ควบคุมอุณหภูมิโดย thermostat ที่ตั้งค่าอุณหภูมิทำงานที่ 85 °C ดังแสดงในรูปที่ 5-12



รูปที่ 5-12 Cooling Water Tank

### 5.1.7 PC และ VisioScope Software

ข้อมูลทางเทคนิคของ PC ที่ใช้กับระบบนี้มีรายละเอียดดังตารางที่ 5-7

ตารางที่ 5-7 ข้อมูลทางเทคนิคของ PC

CPU:	Intel Pentium III Processor
Operating system:	Microsoft Windows NT 4.0 / 2000
SCSI controller:	Adaptec AHA2940 Wide SCSI Controller
Hard disk:	Ultra Wide SCSI hard disk
Power supply:	115 V / 230 V switchable

AVL VisioScope software เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท AVL-List GmbH ใช้สำหรับตั้งค่าเริ่มต้นของการถ่ายภาพ, ควบคุมการบันทึกการถ่ายภาพและการแสดงภาพ และประมวลผลภาพถ่ายที่ถ่ายโดยกล้อง CCD ออกมาในรูปแบบต่างๆ

AVL VisioScope software ที่ใช้เป็น Version 1.1 TV และใช้ร่วมกับโปรแกรม Thermovision ซึ่งใช้ในการประมวลผลภาพถ่ายออกมาในรูปของอุณหภูมิเปลวไฟดีเซล (diesel flame temperature) และความหนาแน่นของเขม่า (soot concentration) ด้วยหลักการของ two-color method



รูปที่ 5-13 โปรแกรม VisioScope Software

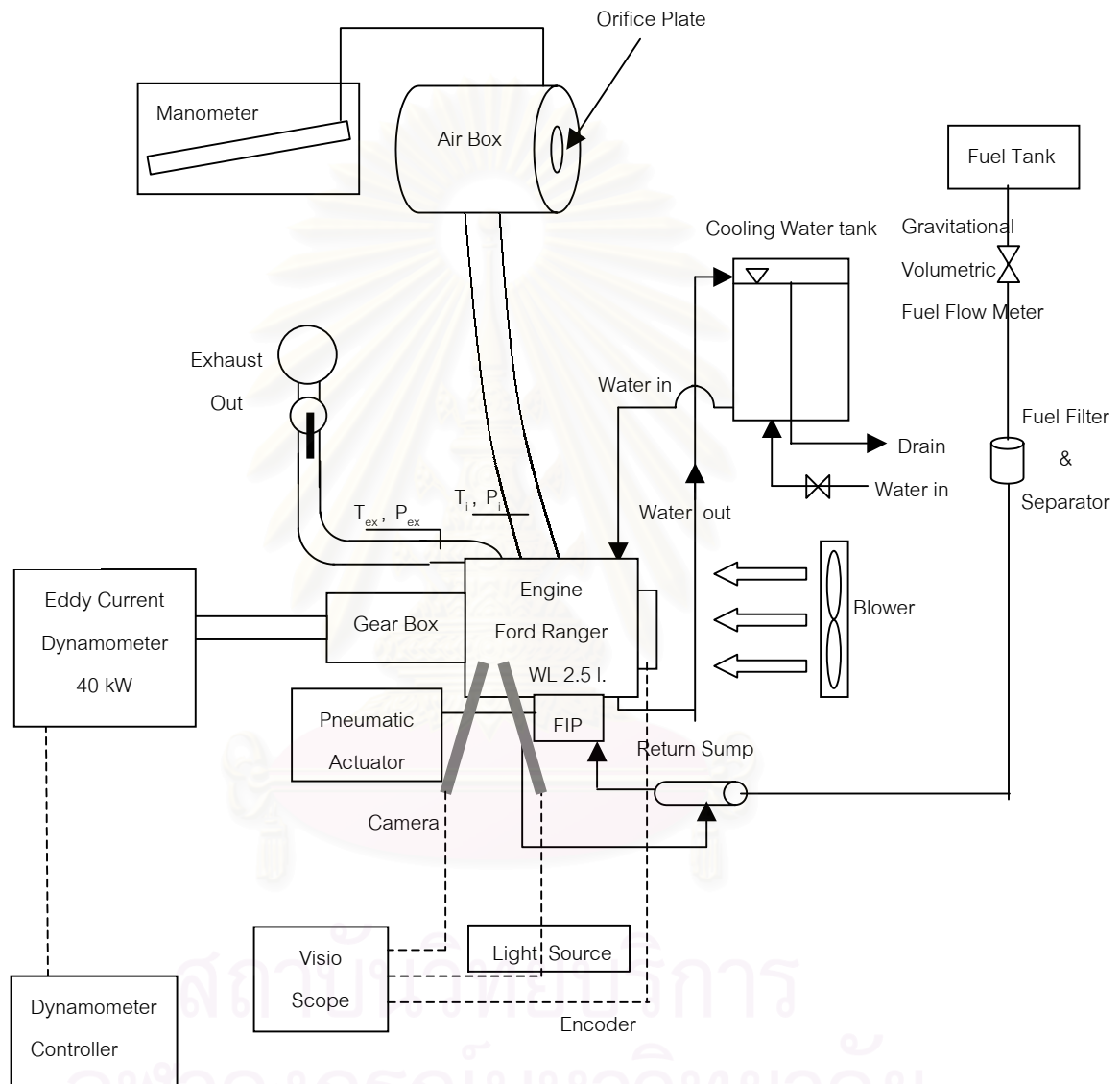
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.1.8 แผนผังโดยรวมของอุปกรณ์ต่างๆในห้องทดสอบ

### 5.1.8.1 แผนผังการจัดวางอุปกรณ์

การจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องทดสอบ สามารถแสดงเป็นแผนผังได้ดังรูปที่

5-14

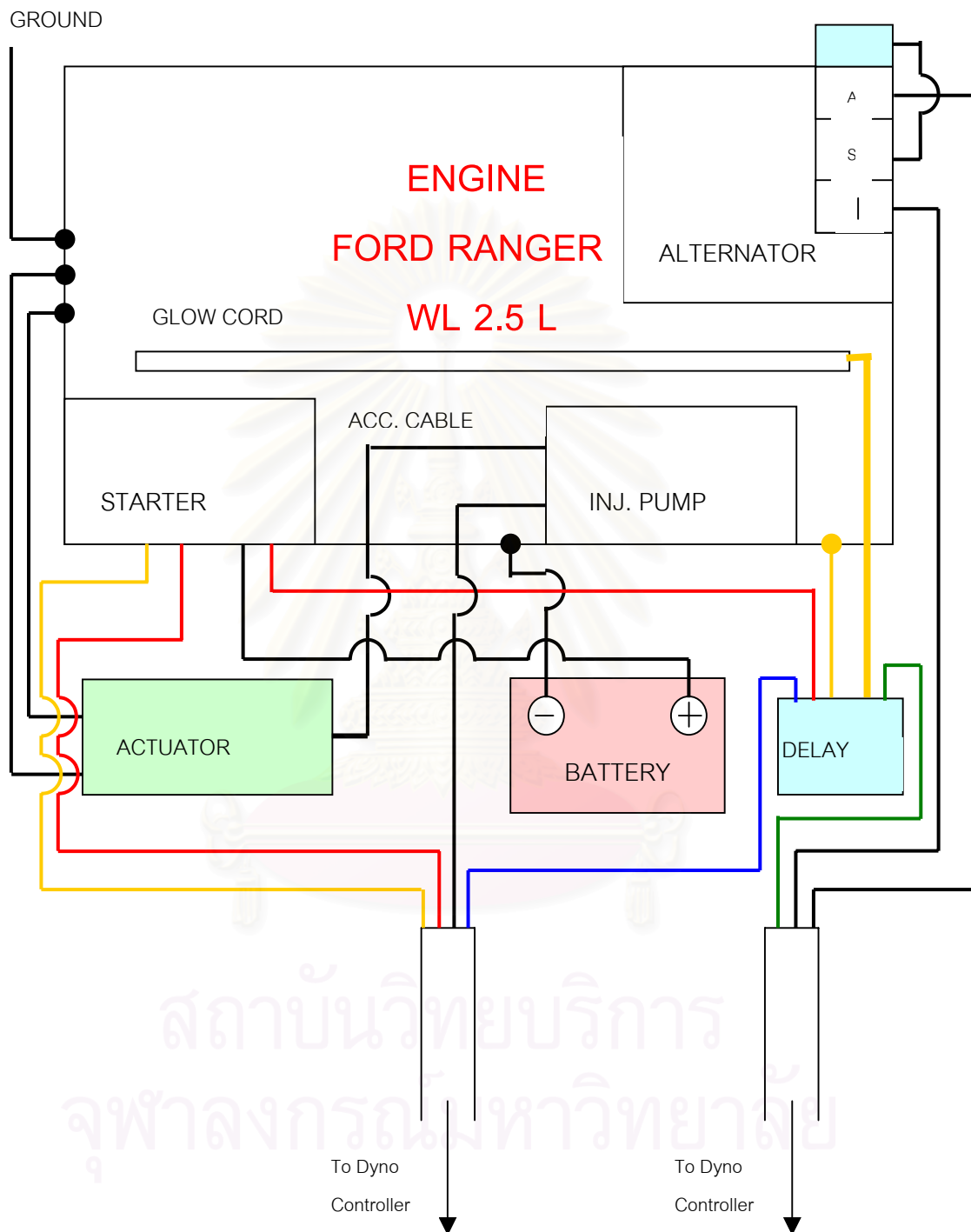


รูปที่ 5-14 แผนผังการจัดวางอุปกรณ์ในห้องทดสอบ



### 5.1.8.2 แผนผังการต่อสายไฟ

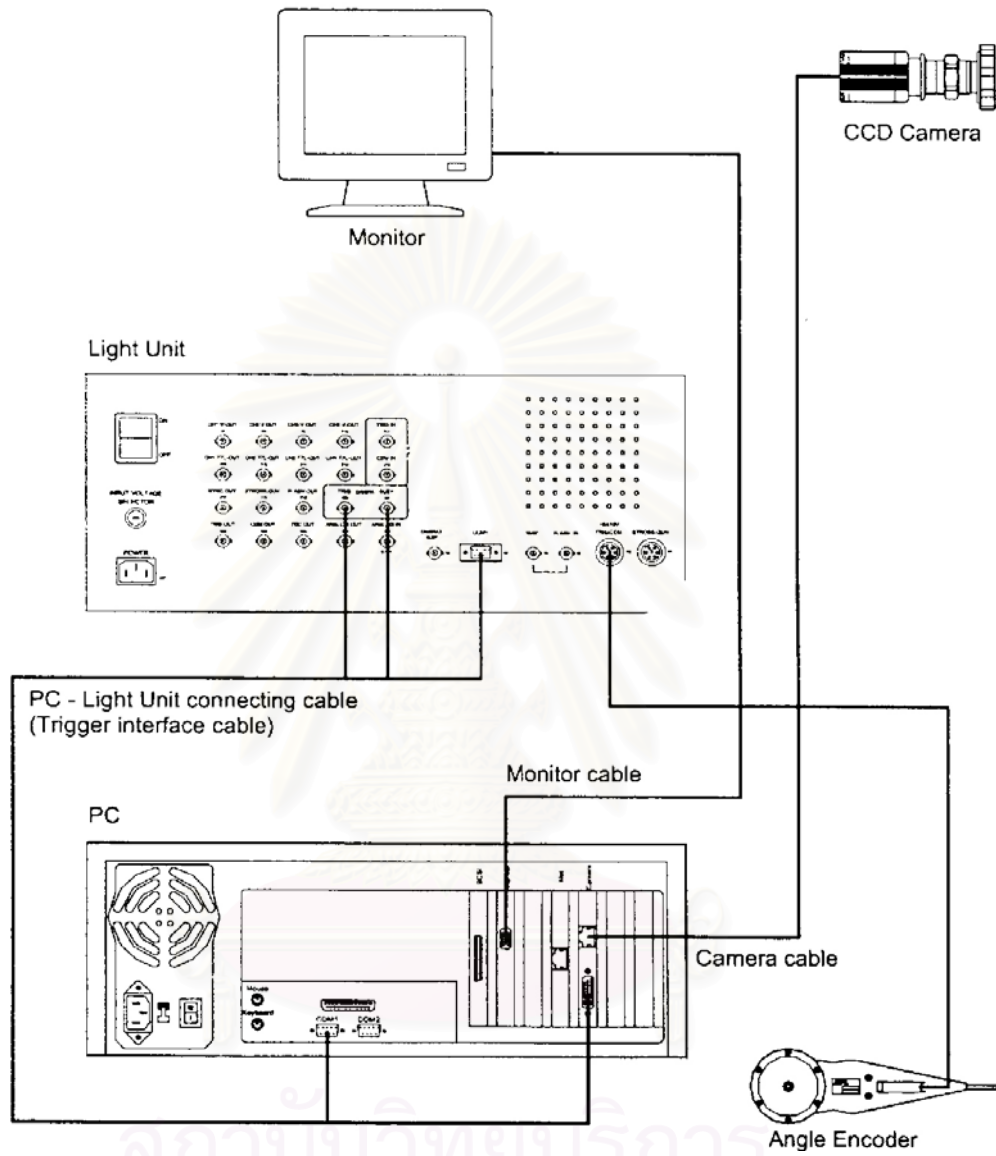
แผนผังการต่อสายไฟของเครื่องยนต์ แสดงไว้ในรูปที่ 5-15



รูปที่ 5-15 แผนผังการต่อสายไฟของเครื่องยนต์ทดสอบ

### 5.1.8.3 แผนผังการต่อระบบการถ่ายภาพ

การต่อระบบการถ่ายภาพเป็นไปตามรูปที่ 5-16



รูปที่ 5-16 แผนผังการต่อระบบการถ่ายภาพ

## 5.2 เชื้อเพลิงทดสอบ

### 5.2.1 ดีเซลอ้างอิง (Reference Diesel)

ในการทดสอบนี้จะใช้เชื้อเพลิงดีเซลอ้างอิงจากโรงกลั่นโดยปราศจากการเติม additive โดยมีเลขซีเทนที่สูง 57.8 และระดับกำมะถันน้อยกว่า 500 ppm ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงดีเซลที่มีคุณสมบัติพื้นฐานตามที่ใช้ในตลาดในประเทศไทยทั่วไป เชื้อเพลิงดีเซลนี้เป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเปรียบเทียบพื้นฐานและเป็นองค์ประกอบพื้นฐานสำหรับการผสมกับแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ 99.5% เป็นดีโซฮอล

### 5.2.2 เชื้อเพลิงดีโซฮอล

เชื้อเพลิงผสมดีโซฮอลได้จากการผสมเชื้อเพลิงดีเซล, เอทานอล และ additive โดยมีอัตราส่วนคือ เชื้อเพลิงดีเซล 89%, anhydrous ethanol 10% และ emulsifier 1%

จุดประสงค์ของการเติม additive ลงไปในส่วนผสมคือเพื่อให้เอทานอลสามารถละลายได้ในเชื้อเพลิงดีเซล emulsifier นี้ทำให้เอทานอลยังคงเป็นสารละลายในเชื้อเพลิงดีเซลภายใต้ทุกสภาวะการทำงานทางสิ่งแวดล้อมและยังช่วยปรับปรุงการหล่อลื่น, ปกป้องจากการสึกหรอ และป้องกันการกัดกร่อน emulsifier นี้ไม่มีโลหะเป็นองค์ประกอบ [38]

### 5.2.3 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงทดสอบ

คุณสมบัติของเอทานอลแสดงในตารางที่ 5-8 และเปรียบเทียบกับรายละเอียด ASTM D 4806 สำหรับเอทานอลที่จะผสมกับเชื้อเพลิง

คุณสมบัติเบื้องต้นของทั้งเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลถูกแสดงเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 5-9 โดยเปรียบเทียบกับรายละเอียดเชื้อเพลิงดีเซลของประเทศไทย หลายคุณสมบัติของเชื้อเพลิงดีโซฮอลสามารถอ้างถึงผลการเจือจางของเอทานอลในเชื้อเพลิงดีเซลได้โดยตรง ความหนาแน่นที่ต่ำกว่าและความหนืดที่ต่ำกว่าของเอทานอลเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซลเป็นผลให้คุณสมบัติเหล่านี้ในเชื้อเพลิงผสมดีโซฮอลที่ได้ลดลงเล็กน้อย ทำนองเดียวกัน เอทานอลมีองค์ประกอบพลังงานต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซลและเชื้อเพลิงผสมดีโซฮอลที่ได้มีพลังงานต่อปริมาตรต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 5% เอทานอลไม่มี aromatics เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นดีโซฮอลจะมี aromatics ผสมอยู่น้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซลคร่าวๆประมาณ 10% โดยการเจือจาง

ตารางที่ 5-8 คุณสมบัติของเอทานอล [38]

คุณสมบัติ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ค่าที่ได้จากการทดสอบ	ค่าตามมาตรฐาน ASTM D 4806
ความหนาแน่นที่ 15.6 °C	กรัม/ซม. <sup>3</sup>	ASTM D 4052	0.7935 – 0.7985	-
ลักษณะที่ปรากฏ		ตรวจจูด้วยตา	ไม่มีสารแขวนลอย	ไม่มีสารแขวนลอยหรือการตกตะกอน
สี	-	ตรวจจูด้วยตา	ไม่มีสี	-
ปริมาณเอทานอล	ปริมาตร	TIS 640-1985	99.0% min	92.0% min
ปริมาณน้ำ	ปริมาตร	ASTM D 4928	0.5% max	1.0% max
ปริมาณ denaturant	ปริมาตร		0.5% max	1.96% - 4.76%
Solvent Washed Gum	มก./ลิตร	ASTM D 381	50 max	5.0 max
จุดวาบไฟ	°C	ASTM D 56	Report	-
ความดันไอที่ 37.8 °C	kPa	ASTM D 5191	Report	-
ความเป็นกรดโดยรวม	มก./ลิตร เป็นกรดอะซิติก	ASTM D 1613	56 max	0.007 max
PH	-	APHA-4500-HB	6.0 – 8.0	

Note \*%โดยปริมาตรโดยประมาณของปริมาณ denaturant = 100 - %EtOH content - %vol. water content

## 5.2.4 คุณสมบัติที่สำคัญของดีโซฮอลล์ที่จะเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์

5.2.4.1 คุณสมบัติด้านการระเหย (Volatility) จุดเดือดของเอทานอลต่ำกว่าส่วนที่เดือดต่ำสุดของเชื้อเพลิงดีเซลปกติ จึงควรระมัดระวังเมื่อทำการทดสอบการกลั่นตัวของดีโซฮอลล์ เพื่อให้สอดคล้องกับอัตราการให้ความร้อนเพื่อคาดการณ์อัตราการระเหยของเชื้อเพลิง [39]

5.2.4.2 เลขซีเทน เลขซีเทนเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเชื้อเพลิงที่จุดระเบิดด้วยการอัด ซึ่งมีอิทธิพลต่อความสามารถในการติดเครื่อง, ไอเสียที่ปล่อยออกมา และความดันกระบอกสูบสูงสุดและเสียงจากการเผาไหม้

ในขณะที่เอทานอลมีค่าออกเทนที่สูงสำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ แต่มันมีค่าซีเทนที่ต่ำตามมาสำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด เป็นที่ทราบกันทั่วว่าการเติมเอทานอลในเชื้อเพลิงดีเซลจะลดเลขซีเทนของดีโซฮอลล์ผสมที่ได้ [38]

ตารางที่ 5-9 คุณสมบัติของดีเซลและดีโซฮอล์ [38]

คุณสมบัติ	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ดีเซล อ้างอิง	ดีโซฮอล์	Thailand Diesel Specification
ความถ่วงจำเพาะที่ 15.6/15.6 °C		ASTM D1298	0.8378	0.8333	0.810 – 0.870
API gravity @ 15.6/15.6 °C		ASTM D4052	37.4	-	-
Cetane number		ASTM D613	57.8	49.7	47 min.
Cetane index		ASTM D976	54.8	53	47 min.
ความหนืด @ 40 °C	CST	ASTM D445	3.227	2.574	1.8 – 4.1
Pour point	°C	ASTM D97	-3	-6	10 max.
Cloud point	°C	ASTM D2599	3.6	-	16 max.
ปริมาณกำมะถัน	%wt.	ASTM D4294	0.042	-	0.05 max.
Copper strip corrosion number	Number	ASTM D130	1a	1a	1a
คาร์บอนตกค้าง	%wt.	ASTM D4530	< 0.001	0.001	0.05 max.
Water and sediment	%vol	ASTM D2709	Trace	-	0.05 max.
Ash, %wt.		ASTM D482	< 0.001	0.001	0.01 max.
จุดวาบไฟ	°C	ASTM D93	71	12	52 min.
Distillation		ASTM D86			
IBP	°C		174.4	-	-
10 % recovered	°C		216.5	-	-
50 % recovered	°C		285.6	-	-
90 % recovered	°C		351.6	335.2	350 max.
End point	°C		373.4	-	-
สี		ASTM D1500	-	-	-
การหล่อลื่นโดย HFRR	µm	CEC F-06-A-96	545	426	460 max.
ความเป็นกรดโดยรวม		ASTM D974	0.02	-	-
ความเสถียรในการ สันดาป	mg/100 ml.	ASTM D2274	0.63	-	-
ปริมาณน้ำ	%wt.	ASTM D4928	0.0074	-	-
Lower heating value	kJ/kg		45,920	44,202	44,500 min.



**5.2.4.3 จุดวาบไฟ** จุดวาบไฟของดีโซฮอล์ต่ำกว่าจุดวาบไฟของเชื้อเพลิงดีเซลและต่ำกว่าจุดวาบไฟต่ำสุดที่ได้รับอนุมัติโดยรายละเอียดเชื้อเพลิงดีเซลของประเทศไทย จุดวาบไฟเป็นการวัดอุณหภูมิต่ำสุดที่ซึ่งเชื้อเพลิงสามารถจุดระเบิดเมื่อสัมผัสกับแหล่งการจุดระเบิดภายใต้สภาวะทางห้องทดลองที่กำหนดไว้เป็นอย่างดี จุดวาบไฟของเชื้อเพลิงมีผลกระทบต่อการใช้งานการขนส่งและการเก็บของเชื้อเพลิงและควรใช้ความระมัดระวังในการจัดการและการนำส่งเชื้อเพลิง การวัดจุดวาบไฟโดยทั่วไปถูกทำให้เด่นชัดโดยองค์ประกอบเชื้อเพลิงในส่วนผสมที่มีจุดวาบไฟต่ำสุด ในกรณีของดีโซฮอล์ จุดวาบไฟจะถูกควบคุมโดยจุดวาบไฟของเอทานอล [38]

**5.2.4.4 การหล่อลื่น** emulsifier ของดีโซฮอล์ต้องปรับปรุงการหล่อลื่นของเชื้อเพลิงผสมได้มากเพื่อให้แน่ใจว่ามีการหล่อลื่นเพียงพอและการปกป้องจากการสึกหรอก่อนเวลาอันควรของระบบฉีดเชื้อเพลิง [38]

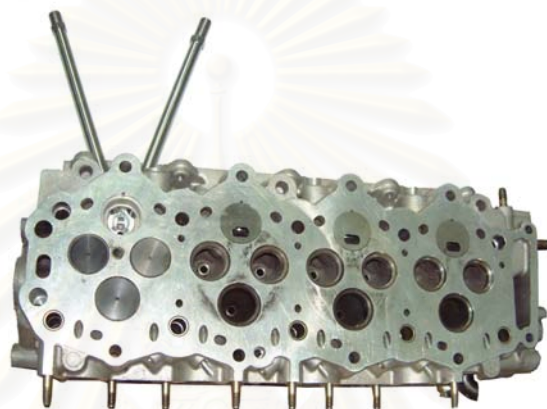
**5.2.4.5 ความเสถียรของเชื้อเพลิง** เชื้อเพลิงดีเซลไม่สามารถผสมกับเอทานอลได้ง่ายในทุกสภาวะ ปัญหาที่เกิดขึ้นมากคือสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ และ/หรือมีการปนเปื้อนของน้ำ ซึ่งทำให้เกิดความไม่เสถียรหรือการแยกเฟส เชื้อเพลิงดีเซลโดยทั่วไปจะมีความหนาแน่นสูงกว่าเอทานอล ดังนั้นจึงมักเห็นชั้นเชื้อเพลิงดีเซลหนาที่ใกล้กันถึงเมื่อเกิดการแยกเฟส ชั้นหนาของเอทานอลจะอยู่ข้างบนสุด ภายใต้สภาวะที่มีการปนเปื้อนของน้ำมาก เมื่อความหนาแน่นที่มากกว่าของน้ำสามารถทำให้เกิดเฟสเอทานอล/น้ำที่ใกล้กันถึงและชั้นดีเซลหนาที่ใกล้ส่วนบนสุดของถัง

หนึ่งในหน้าที่หลักของ emulsifier ของดีโซฮอล์คือเพื่อปรับปรุงการละลายซึ่งกันและกันได้ของเอทานอลในเชื้อเพลิงดีเซล emulsifier เหล่านี้ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยในการละลายและช่วยให้เชื้อเพลิงเกิดเสถียรภาพภายใต้ช่วงกว้างของอุณหภูมิซึ่งสามารถพบในการใช้งานเชื้อเพลิงจริง [38]

### 5.3 การดัดแปลงเครื่องยนต์

#### 5.3.1 การติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายภาพในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า

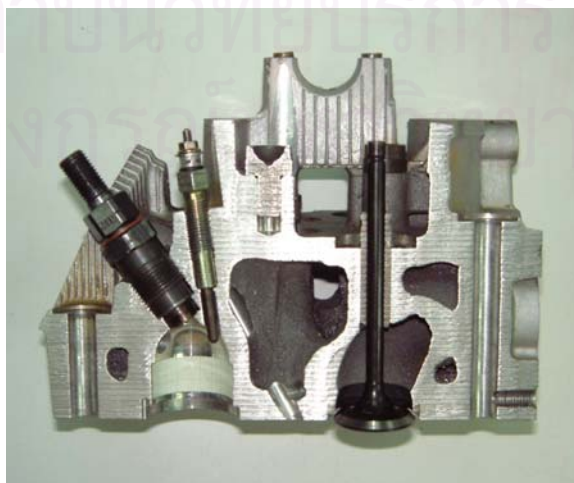
เนื่องมาจากข้อจำกัดทางพื้นที่ของเครื่องยนต์ ดังนั้นห้องเผาไหม้ที่จะทำการติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายภาพได้คือห้องเผาไหม้ล่วงหน้า (swirl chamber) ของสูบที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายภาพจึงใช้ระบบ endoscope ซึ่งเป็นระบบที่ประหยัดพื้นที่ ซึ่งสามารถทำได้โดยเจาะฝาสูบเพื่อติดตั้ง installation sleeves สองตัว ตัวหนึ่งสำหรับสอด light guide เพื่อให้แสงสว่าง ส่วนอีกตัวหนึ่งสำหรับติดตั้งระบบ endoscope ซึ่งต่อเข้ากับกล้อง CCD camera ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 5-17



รูปที่ 5-17 รูปถ่ายด้านล่างของฝาสูบที่ติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายภาพ

#### 5.3.2 การปรับเทียบขนาดทางพื้นที่

ขนาดและระยะต่างๆที่เห็นในจอภาพของคอมพิวเตอร์นั้น ไม่ใช่ขนาดที่แท้จริง จึงต้องทำการปรับเทียบขนาดทางพื้นที่ (spatial calibration) ของห้องเผาไหม้ล่วงหน้าที่เห็นในจอภาพให้เท่ากับขนาดที่แท้จริงโดยการทำสเกลที่ขอบของห้องเผาไหม้ดังรูปที่ 5-18 และ 5-19



รูปที่ 5-18 ภาพของฝาสูบที่ผ่าออกเพื่อจำลองการปรับเทียบ

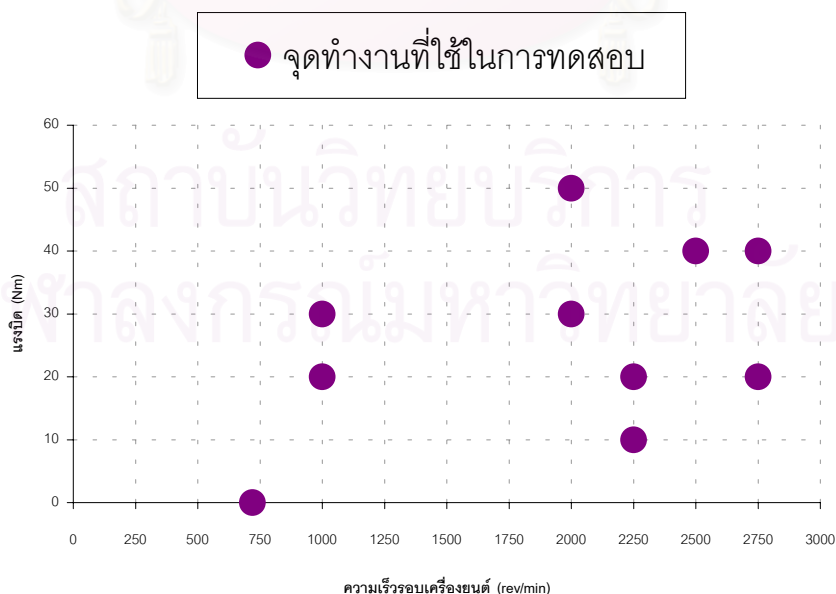


รูปที่ 5-19 การปรับเทียบขนาดของห้องเผาไหม้โดยการทำสเกลวัดระยะ

## 5.4 วิธีดำเนินการวิจัย

### 5.4.1 การเลือกจุดทำงาน

ในการเลือกจุดทำงาน จะทำการพิจารณาเลือกมาเฉพาะจุดทำงานที่มีความน่าสนใจเพียงบางจุดเท่านั้น เนื่องมาจากข้อจำกัดด้านภาระและความเร็วรอบของไดนาโมมิเตอร์ที่มีอยู่ ซึ่งเกณฑ์ในการเลือกจุดทำงานจะขึ้นอยู่กับมาตรฐานรูปแบบการขับชี้ของ ECE Mode, การประหยัดเชื้อเพลิงที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบและการทดสอบการวิ่งจริงที่ความเร็วคงที่บนท้องถนน จุดทำงานที่เลือกในการทดสอบนี้มีทั้งหมด 10 จุดทำงาน มีรายละเอียดดังรูปที่ 5-20 และตารางที่ 5-10



รูปที่ 5-20 แผนภาพของจุดทำงานที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 5-10 จุดทดสอบและรายละเอียด

จุดทดสอบ	แหล่งที่มา	รายละเอียด
1. รอบเดินเบา 720 rpm, 0 Nm.	ECE Mode Driving Pattern	ความถี่ 39.49% ของช่วง เวลาตลอดช่วงการทดสอบ
2. 1000 rpm, 20 Nm.	ECE Mode Driving Pattern	ความถี่ 2.05%
3. 1000 rpm, 30 Nm.	จุดทำงานที่ประหยัดเชื้อ เพลิงมากที่สุดจากการ ทดสอบสมรรถนะของเครื่อง ยนต์บนแท่นทดสอบเมื่อ เทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล	bsfc ประหยัดขึ้น 20.98%
4. 2000 rpm, 30 Nm.	ECE Mode Driving Pattern	ความถี่ 7.69%
5. 2000 rpm, 50 Nm.	การทดสอบการวิ่งจริงบน ท้องถนน	ความเร็ว 50 กม./ชม. โดยใช้เกียร์ 4
6. 2250 rpm, 10 Nm.	ECE Mode Driving Pattern	ความถี่ 4.10%
7. 2250 rpm, 20 Nm.	จุดทำงานที่ประหยัดเชื้อ เพลิงมากที่สุดจากการ ทดสอบสมรรถนะของเครื่อง ยนต์บนแท่นทดสอบเมื่อ เทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล	bsfc 25.9% (ประหยัดมากที่สุดใ n performance map)
8. 2500 rpm, 40 Nm.	ECE Mode Driving Pattern	ความถี่ 3.59%
9. 2750 rpm, 20 Nm.	ECE Mode Driving Pattern	ความถี่ 12.31%
10. 2750 rpm, 40 Nm.	ECE Mode Driving Pattern	ความถี่ 6.15%

สำหรับรูปแบบการขับขี่แบบ ECE Mode สามารถดูได้ในภาคผนวก ค

#### 5.4.2 การทดสอบ

แต่ละจุดทำงานจะแบ่งการบันทึกข้อมูลออกเป็น 2 ชนิดคือ แบบมีแสงแฟลชช่วย และแบบไม่มีแสงไฟใดๆทั้งสิ้น การบันทึกแบบมีแสงแฟลชช่วยจะใช้ในการวิเคราะห์สเปกตรัมจากการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้ช่วย ส่วนการบันทึกแบบไม่มีแสงไฟใดๆทั้งสิ้นจะใช้ในการคำนวณอุณหภูมิเปลวไฟดีเซล, ความเข้มข้นของเขม่า และคำนวณความน่าจะเป็นของการเกิดเปลวไฟที่ตำแหน่งใดๆในรอบการบันทึก(Repetitions)ต่างๆ

ในการทดสอบนี้ จะกำหนดค่าองศาข้อเหวี่ยงที่จะทำการบันทึกคืออยู่ในช่วง  $-10^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $40^{\circ}\text{CA}$  เพื่อให้ครอบคลุมถึงจุดเริ่มต้นที่มีการฉีดเชื้อเพลิงจนสิ้นสุดการเผาไหม้ และกำหนดการบันทึกซ้ำอีก 6 ครั้ง (7 Repetitions : Repetition ที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6) ซึ่งการกำหนดการบันทึกซ้ำนี้จะขึ้นกับพื้นที่ของหน่วยความจำสูงสุดของคอมพิวเตอร์ที่สามารถจุได้ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการเฉลี่ยทั้งหมด (ensembled-average) เพื่อลดผลกระทบจาก cycle-by-cycle variation ให้น้อยที่สุด [32]

การตั้งค่าสำหรับการบันทึกข้อมูลขณะถ่ายภาพ สามารถดูได้ในภาคผนวก ก และข้อมูลการประมวลผลภาพถ่ายหลังเก็บข้อมูลแล้ว (post-processing data) ดูได้ในภาคผนวก ข



## บทที่ 6

### ผลการทดสอบ

จากการศึกษาภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ดีเซล ชนิดห้องเผาไหม้ ล้วงหน้าที่มีอากาศหมุนโดยการถ่ายภาพด้วยอุปกรณ์ VisioScope และวิเคราะห์ผลด้วยหลักการ two-color method พบว่าสามารถแบ่งผลการวิเคราะห์หรือออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

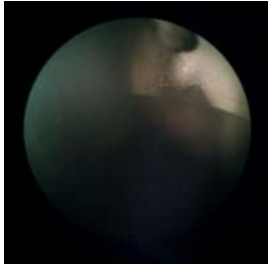
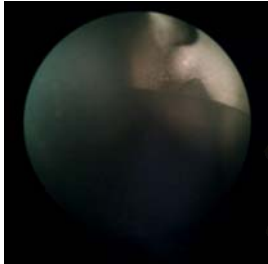
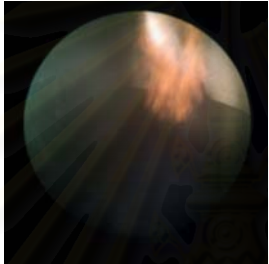
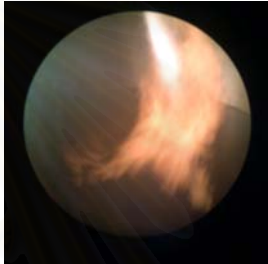
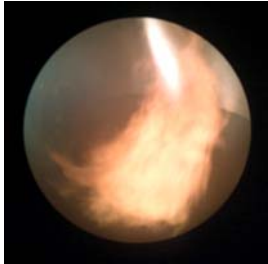
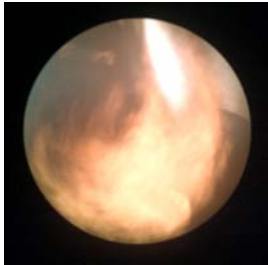
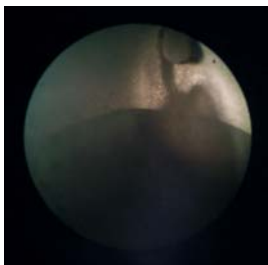
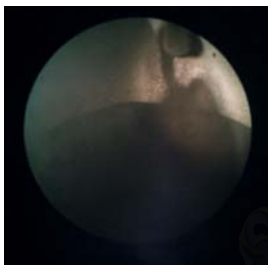
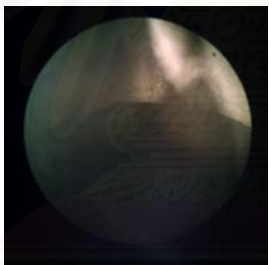
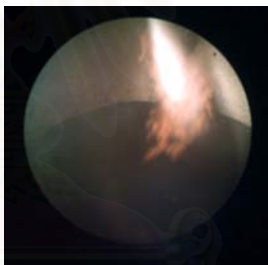
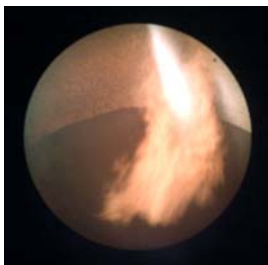
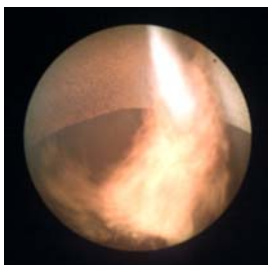
- 1.) สเปรย์เชื้อเพลิง
- 2.) ปรากฏการณ์การเผาไหม้และการแจกแจงความน่าจะเป็น
- 3.) การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นของเขม่า
- 4.) ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์การเผาไหม้กับแผนภูมิอัตราการปลดปล่อยความร้อน (heat-released rate diagram), ความร้อนที่ปลดปล่อย (heat release) และสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ (mass fraction burned)

#### 6.1 สเปรย์เชื้อเพลิง

ลักษณะการพัฒนาของสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลเมื่อเปรียบเทียบกับสเปรย์ดีไซซอลที่จุดทำงานต่างๆ ณ ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ (0, 2, 4, 6, 8 และ 10 °CA) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6-1 (ก ถึง ฉ) และการเปรียบเทียบพัฒนาของสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลและดีไซซอล ณ ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงดังกล่าวในแต่ละจุดทำงานแสดงไว้ในตารางที่ 6-2 และ 6-3 ตามลำดับ



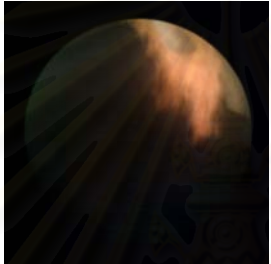
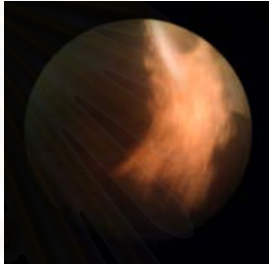
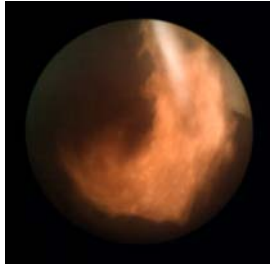
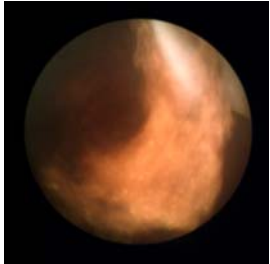

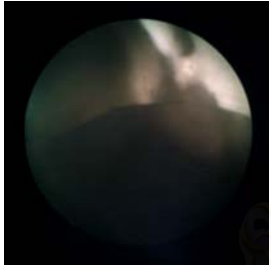
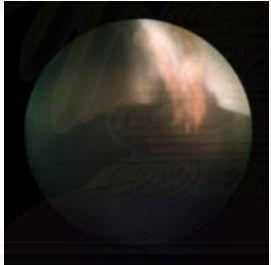
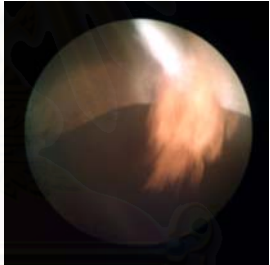
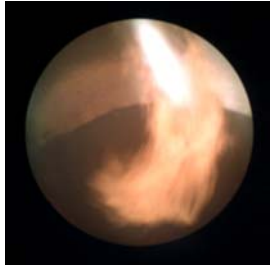
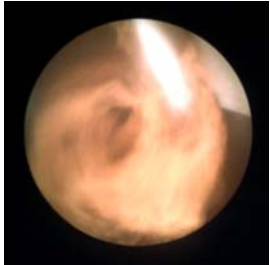
ลักษณะของสเปรย์โดยทั่วไปคือเมื่อเชื้อเพลิงถูกฉีดออกมาจากหัวฉีด สเปรย์จะพัฒนาตัวตามแนวแกนของสเปรย์ (spray core) แกนของสเปรย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็น liquid core จะเกิดการสะท้อนแสงแฟลชทำให้ปรากฏภาพเป็นกลุ่มควันขาวพุ่งไปตามแนวแกนของสเปรย์และบริเวณรอบนอกซึ่งเป็นละอองฝอย เมื่อหยุดเชื้อเพลิงที่แตกตัวรวมกับอากาศแวดล้อมและมีสัดส่วนผสมที่เหมาะสมก็จะเกิดการติดไฟ ระยะพุ่ง (penetration) ของสเปรย์เชื้อเพลิงเหลวจะเพิ่มขึ้นตามองศาข้อเหวี่ยงจนกระทั่งถึงค่าสูงสุดที่จุดเริ่มต้นของการเผาไหม้แบบ premixed ซึ่งการระเหยของเชื้อเพลิงและการติดไฟจะเริ่มขึ้น เมื่อการเผาไหม้ของส่วนผสมเริ่มลามขึ้น ระยะพุ่งของสเปรย์จะลดลงอย่างมาก นอกจากนี้ผลของอากาศหมุน (swirl) ในห้องเผาไหม้จะทำให้สเปรย์บิดเบี้ยวและส่วนที่ติดไฟจะถูกพัดพาไปตามทิศทางของอากาศหมุนและถูกดูดผ่าน connecting passage ลงสู่ห้องเผาไหม้หลัก

ตารางที่ 6-1 ก ลักษณะของสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา

	0 °CA ATDC	2 °CA ATDC	4 °CA ATDC	6 °CA ATDC	8 °CA ATDC	10 °CA ATDC
Diesel						
Diesohol						

ที่ความเร็วรอบเดินเบาพบว่าที่ 0 °CA ATDC เริ่มเห็นสเปรย์ดีเซลขณะที่ยังไม่เห็นสเปรย์ดีโซฮอล์ ที่ 2 °CA ATDC เริ่มเห็นสเปรย์ดีเซลยาวกว่าสเปรย์ดีโซฮอล์ แต่ยังไม่เห็นการเปล่งแสง ที่ 4 °CA ATDC เห็นสเปรย์ดีโซฮอล์มีระยะพุ่งยาวกว่าสเปรย์ดีเซล และเริ่มเห็นการเปล่งแสงของสเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสอง แต่สเปรย์ดีเซลจะติดไฟได้มากกว่า ที่ 6 °CA ATDC ระยะพุ่งของสเปรย์ดีโซฮอล์ยาวกว่าและสเปรย์เริ่มติดไฟ แต่สเปรย์ดีเซลจะติดไฟได้มากกว่า ที่ 8 °CA ATDC สเปรย์ดีโซฮอล์มีระยะพุ่งยาวกว่าสเปรย์ดีเซล แต่สเปรย์ดีเซลติดไฟได้มากกว่า และที่ 10 °CA ATDC สเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองติดไฟมากขึ้น และเปลวไฟถูกพัดพาไปโดยทิศทางของอากาศหมุน และถูกดูดผ่าน connecting passage ลงสู่ห้องเผาไหม้หลัก โดยที่สเปรย์ดีเซลติดไฟได้มากกว่าสเปรย์ดีโซฮอล์

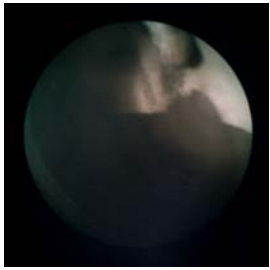
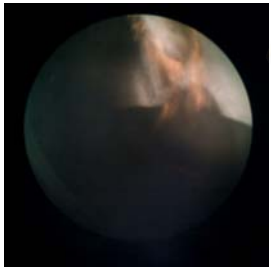

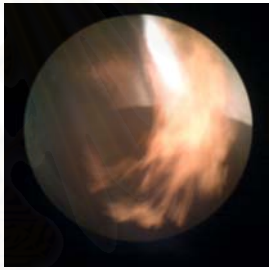
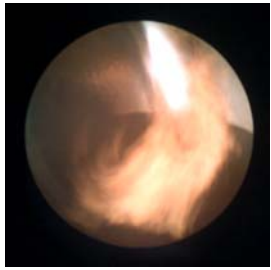
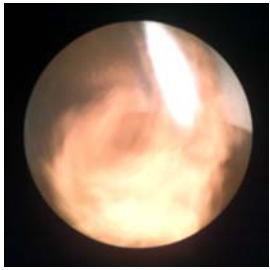


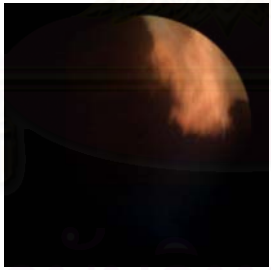
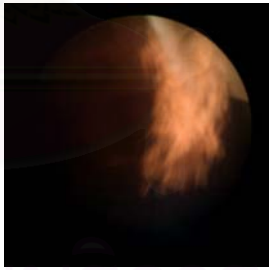

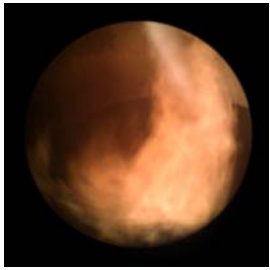
ตารางที่ 6-1 ข ลักษณะของสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm.

	0 °CA ATDC	2 °CA ATDC	4 °CA ATDC	6 °CA ATDC	8 °CA ATDC	10 °CA ATDC
Diesel						
Diesohol						

ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm, แรงบิด 20 Nm พบว่าที่ 0 °CA ATDC เริ่มเห็นสเปรย์ดีโซฮอล์แต่ยังไม่เห็นสเปรย์ดีเซล ที่ 2 °CA ATDC เห็นสเปรย์ดีเซลที่ยังไม่เปล่งแสงแต่มีการติดไฟที่ปลายสเปรย์ ส่วนสเปรย์ดีโซฮอล์จะเห็นการเปล่งแสงแต่ยังไม่มีการติดไฟและระยะพุ่งของสเปรย์ดีโซฮอล์จะยาวกว่า ที่ 4 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลมีการติดไฟมากขึ้น แต่แกนของสเปรย์ยังไม่มีการเปล่งแสง สเปรย์ดีโซฮอล์มีการเปล่งแสงและติดไฟมากขึ้นแต่น้อยกว่าสเปรย์ดีเซล ระยะพุ่งของสเปรย์ดีโซฮอล์ยาวกว่า ที่ 6 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลไม่เปล่งแสง และจะติดไฟมากกว่าสเปรย์ดีโซฮอล์ สเปรย์ดีโซฮอล์มีการเปล่งแสง ที่ 8 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลไม่เปล่งแสง และติดไฟมากกว่าสเปรย์ดีโซฮอล์ สเปรย์ดีโซฮอล์เปล่งแสงและมีระยะพุ่งที่ยาวกว่า ที่ 10 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลเปล่งแสงเล็กน้อย สเปรย์ดีโซฮอล์เปล่ง

แสงมากกว่า และมีระยะเวลาฟุ้งยาวกว่าสเปรย์ดีเซล และติดไฟได้มากกว่าโดยเปลวไฟจะถูกพัดพาไปตามทิศทางของอากาศหมุน และถูกดูดผ่าน connecting passage ลงสู่ห้องเผาไหม้หลัก

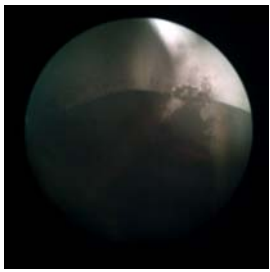
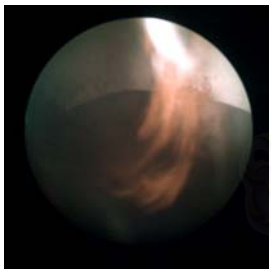
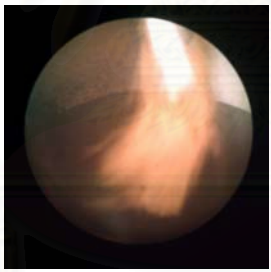
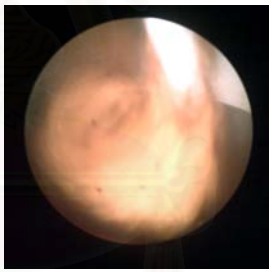
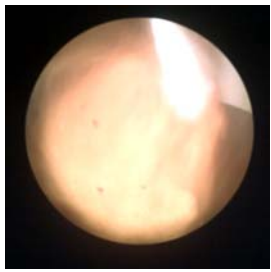
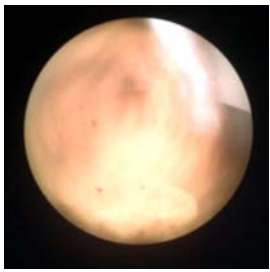
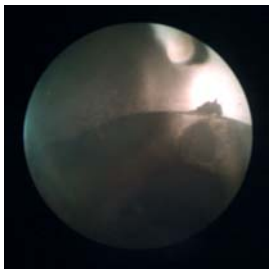
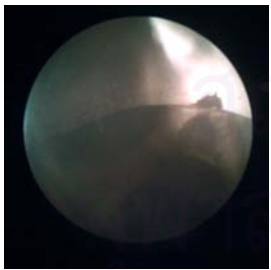
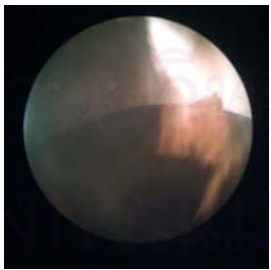
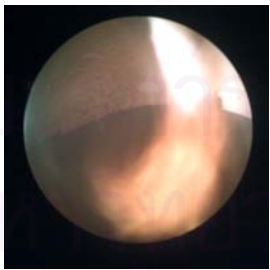
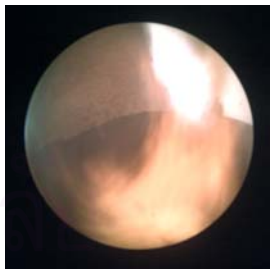

ตารางที่ 6-1 ค ลักษณะของสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm.

	0 °CA ATDC	2 °CA ATDC	4 °CA ATDC	6 °CA ATDC	8 °CA ATDC	10 °CA ATDC
Diesel						
Diesohol						

ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm, แรงบิด 30 Nm พบว่าที่ 0 °CA ATDC จะเห็นสเปรย์ดีเซลโดยที่ยังไม่เห็นสเปรย์ดีโซฮอล ที่ 2 °CA ATDC เห็นสเปรย์ดีเซลที่ยังไม่เปล่งแสงและมีการติดไฟที่ปลายสเปรย์เล็กน้อย ในขณะที่เริ่มเห็นสเปรย์ดีโซฮอลเล็กน้อย ที่ 4 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลมีการเปล่งแสงและติดไฟ ส่วนสเปรย์ดี

ไซฮอลล์ไม่มีการเปล่งแสง แต่มีการติดไฟ ระยะฟุ้งของสเปรย์ดีเซลยาวกว่าสเปรย์ดีไซฮอลล์ ที่ 6 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลเปล่งแสงและมีการติดไฟได้มากกว่าสเปรย์ดีไซฮอลล์ สเปรย์ดีไซฮอลล์ไม่มีการเปล่งแสง ระยะฟุ้งของสเปรย์ดีเซลยาวกว่าสเปรย์ดีไซฮอลล์ ที่ 8 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลมีการเปล่งแสงและมีระยะฟุ้งและขนาดมูมสเปรย์ที่มากขึ้น มีการติดไฟมากขึ้นและมากกว่าสเปรย์ดีไซฮอลล์ ขณะที่สเปรย์ดีไซฮอลล์ไม่มีการเปล่งแสงและมีการติดไฟที่น้อยกว่า ที่ 10 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลมีระยะฟุ้งยาวขึ้นและยาวกว่าสเปรย์ดีไซฮอลล์ ปลายสเปรย์ดีเซลมีการติดไฟมากขึ้นและถูกพัดพาไปตามทิศทางของอากาศหมุน ส่วนสเปรย์ดีไซฮอลล์ยังคงไม่มีการเปล่งแสง และมีขนาดมูมที่แคบกว่าสเปรย์ดีเซล


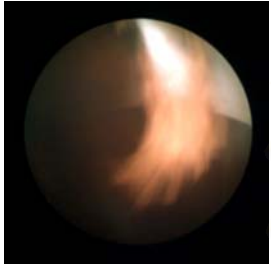
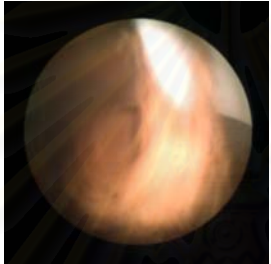
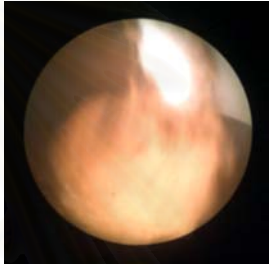
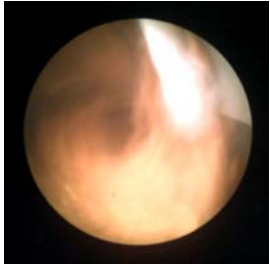
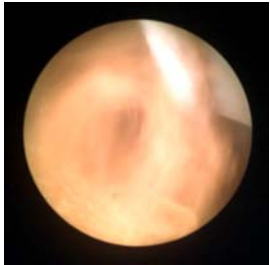
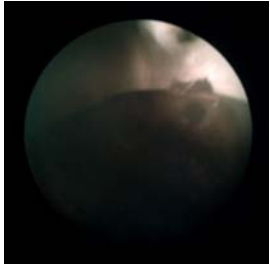
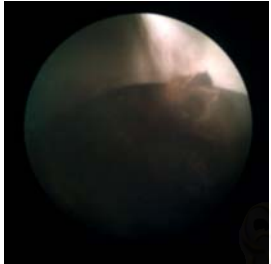
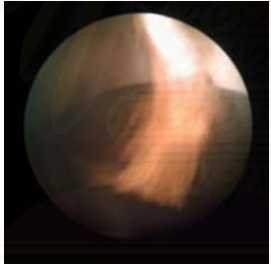
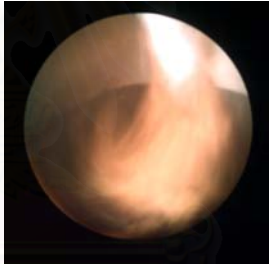
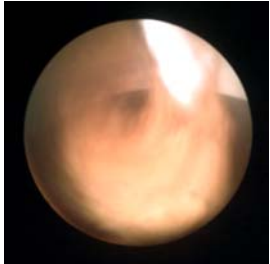
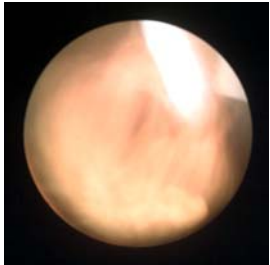
ตารางที่ 6-1 ง ลักษณะของสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลและดีไซฮอลล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm.

	0 °CA ATDC	2 °CA ATDC	4 °CA ATDC	6 °CA ATDC	8 °CA ATDC	10 °CA ATDC
Diesel						
Diesohol						



ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm, แรงบิด 30 Nm. พบว่าที่ 0 °CA ATDC เริ่มเห็นสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสอง โดยเห็นระยะฟุ้งของสเปร์ยดีเซลที่ยาวกว่า ที่ 2 °CA ATDC จะเห็นสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสง แต่สเปร์ยดีเซลมีการติดไฟได้มากกว่าและมีระยะฟุ้งที่ยาวกว่าสเปร์ยดีโซฮอล ที่ 4 °CA ATDC สเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสง โดยที่สเปร์ยดีเซลมีการติดไฟมากกว่าสเปร์ยดีโซฮอล ที่ 6 °CA ATDC สเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสง ระยะฟุ้งของสเปร์ยทั้งสองใกล้เคียงกัน แต่สเปร์ยดีเซลมีการติดไฟได้มากกว่าและบริเวณที่เป็นเปลวไฟจะถูกพัดพาไปตามทิศทางของอากาศหมุน ที่ 8 °CA ATDC สเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสง โดยที่สเปร์ยดีเซลมีระยะฟุ้งยาวกว่าและมีการลามของเปลวไฟมากกว่าสเปร์ยดีโซฮอล ที่ 10 °CA ATDC สเปร์ยดีเซลเริ่มที่จะบิดเบี้ยวเนื่องจากผลของอากาศหมุนที่มากขึ้น ส่วนสเปร์ยดีโซฮอลมีระยะฟุ้งที่ยาวขึ้นและมีขนาดใหญ่ขึ้น และติดไฟมากขึ้นโดยเปลวไฟมีการม้วนตัวไปตามทิศทางของอากาศหมุน



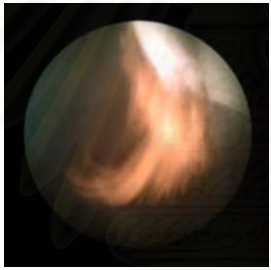
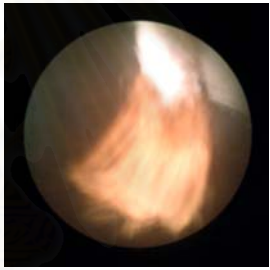
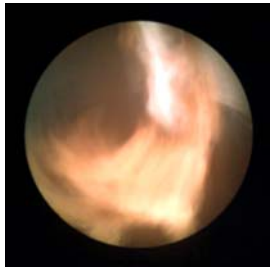
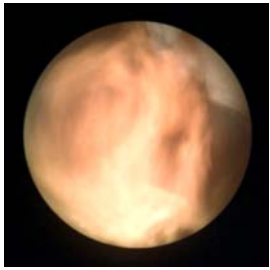



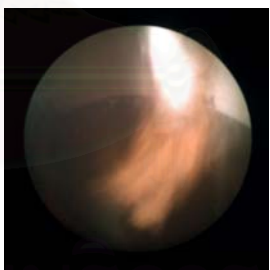
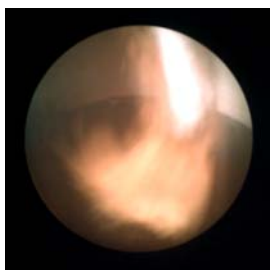
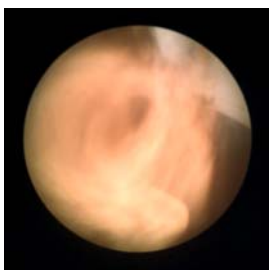
ตารางที่ 6-1 จ ลักษณะของสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล์ ณ องศาเชื้อเพลิงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm.

	0 °CA ATDC	2 °CA ATDC	4 °CA ATDC	6 °CA ATDC	8 °CA ATDC	10 °CA ATDC
Diesel						
Diesohol						

ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm, แรงบิด 50 Nm. พบว่าที่ 0 °CA ATDC เห็นระยะพุ่งของสเปรย์ดีเซลยาวกว่าสเปรย์ดีโซฮอล์ ที่ 2 °CA ATDC เห็นระยะพุ่งของสเปรย์ดีเซลยาวกว่า สเปรย์ดีเซลเริ่มเปล่งแสงและติดไฟมากกว่า ที่ 4 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลมีระยะพุ่งยาวกว่าสเปรย์ดีโซฮอล์ สเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสง และสเปรย์ดีเซลติดไฟได้มากกว่า ที่ 6 °CA ATDC สเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสง ระยะพุ่งของสเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกัน สเปรย์ดีเซลติดไฟได้มากกว่า ที่ 8 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลมีระยะพุ่งยาวกว่าแต่มุมสเปรย์แคบกว่าสเปรย์ดีโซฮอล์ สเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสง และปลายสเปรย์ที่ติดไฟจะ

ม้วนตัวไปตามทิศทางของอากาศหมุน ที่ 10 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลมีระยะพุ่งที่สั้นลงและมุมสเปรย์เล็กลงในขณะที่สเปรย์ดีโซฮอล์มีขนาดใหญ่ขึ้นและระยะพุ่งที่ยาวขึ้น เปลวไฟที่ปลายสเปรย์จะดูกลมต่อไปตามทิศทางของอากาศหมุน



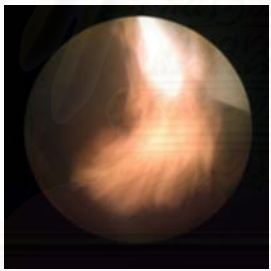
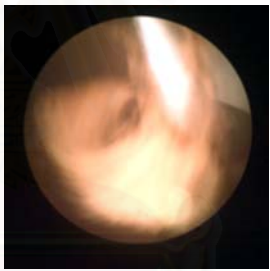
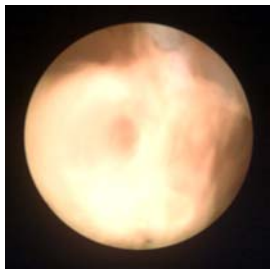




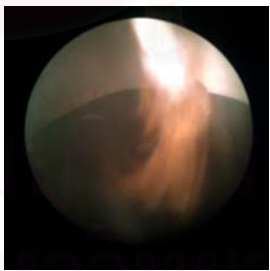
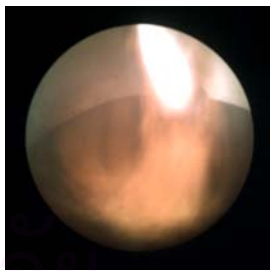
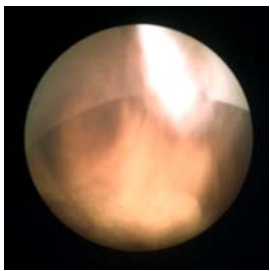
ตารางที่ 6-1 ดู ลักษณะของสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm.

	0 °CA ATDC	2 °CA ATDC	4 °CA ATDC	6 °CA ATDC	8 °CA ATDC	10 °CA ATDC
Diesel						
Diesohol						

ที่ความเร็วรอบ 2250 rpm, แรงบิด 10 Nm. พบว่าที่ 0 °CA ATDC จะเริ่มเห็นสเปรย์ดีเซลที่ยังไม่มีการเปล่งแสง แต่ยังไม่เห็นสเปรย์ดีโซฮอล์ ที่ 2 °CA ATDC สเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองเริ่มเปล่งแสงโดยที่สเปรย์ดีเซลมีระยะพุ่งที่ยาวกว่าและเริ่มติดไฟเล็กน้อย ที่ 4 °CA ATDC สเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสงมาก

ขึ้นและมีระยะเวลาฟุ้งใกล้เคียงกัน แต่สเปร์ยดีเซลจะติดไฟได้มากกว่า ที่ 6 °CA ATDC สเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสงและมีระยะเวลาฟุ้งใกล้เคียงกัน แต่สเปร์ยดีเซลจะติดไฟได้มากกว่า ที่ 8 °CA ATDC สเปร์ยดีเซลเริ่มสลายตัวและกระบวนการลุกไหม้ยังคงดำเนินต่อไป ส่วนสเปร์ยดีโซฮอล์มีระยะเวลาฟุ้งที่ยาวขึ้นและปลายสเปร์ยที่ติดไฟจะม้วนตัวไปตามทิศทางของอากาศหมุน ที่ 10 °CA ATDC ไม่เห็นสเปร์ยดีเซลแล้ว ในขณะที่ยังเห็นสเปร์ยดีโซฮอล์เล็กน้อย

ตารางที่ 6-1 ข ลักษณะของสเปร์ยเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm.

	0 °CA ATDC	2 °CA ATDC	4 °CA ATDC	6 °CA ATDC	8 °CA ATDC	10 °CA ATDC
Diesel						
Diesohol						


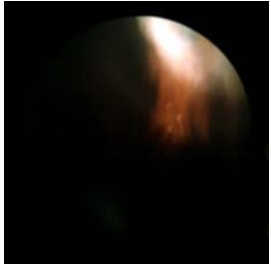

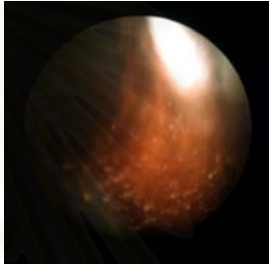
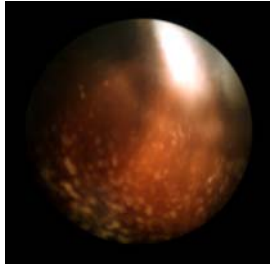



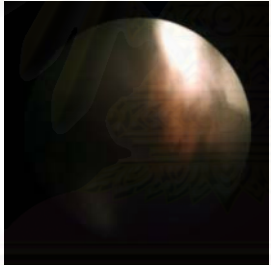
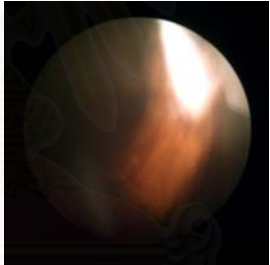
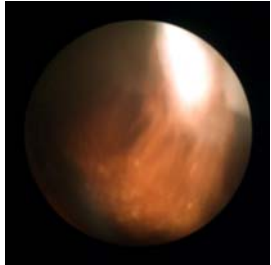
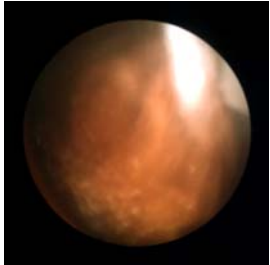
ที่ความเร็วรอบ 2250 rpm, แรงบิด 20 Nm. พบว่าที่ 0 °CA ATDC จะเริ่มเห็นสเปรย์ดีเซล ในขณะที่ยังไม่เห็นสเปรย์ดีโซฮอล์ ที่ 2 °CA ATDC สเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสง โดยที่สเปรย์ดีเซลมีระยะพุ่งยาวกว่าสเปรย์ดีโซฮอล์และมีการติดไฟ ส่วนสเปรย์ดีโซฮอล์ยังไม่มีติดไฟ ที่ 4 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลมีระยะพุ่งที่ยาวขึ้นและยาวกว่าสเปรย์ดีโซฮอล์ สเปรย์ดีเซลมีการติดไฟมากขึ้นและเปลวไฟเริ่มถูกพัดพาไปตามทิศทางของอากาศหมุน ส่วนสเปรย์ดีโซฮอล์เริ่มติดไฟเล็กน้อย ที่ 6 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลมีระยะพุ่งยาวขึ้นและยาวกว่าสเปรย์ดีโซฮอล์ สเปรย์ดีโซฮอล์มีการติดไฟมากขึ้น ในขณะที่สเปรย์ดีเซลมีการติดไฟที่มากกว่าและเปลวไฟมีการม้วนตัวไปตามทิศทางของอากาศหมุน ที่ 8 °CA ATDC ไม่เห็นสเปรย์ดีเซลแล้ว ในขณะที่ยังเห็นสเปรย์ดีโซฮอล์ซึ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีการติดไฟมากขึ้น ที่ 10 °CA ATDC สเปรย์ดีโซฮอล์มีระยะพุ่งยาวขึ้น และเห็นเปลวไฟมีการม้วนตัวตามทิศทางของอากาศหมุนเล็กน้อยและเห็นเปลวไฟเริ่มเคลื่อนลงสู่คอคอด



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





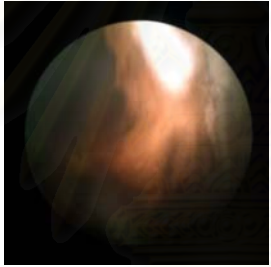
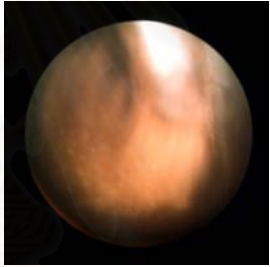
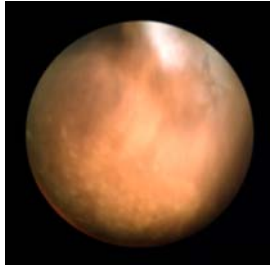
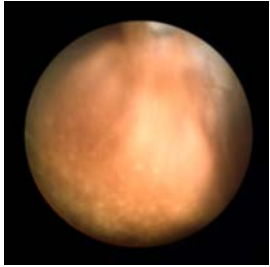


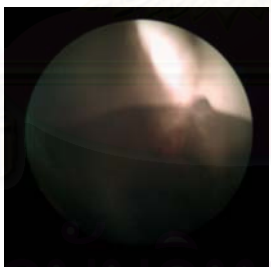

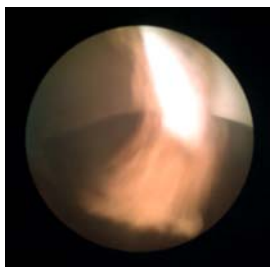

ตารางที่ 6-1 ซึ่ ลักษณะของสเปร์ย์เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2500 rpm, 40 Nm.

	0 °CA ATDC	2 °CA ATDC	4 °CA ATDC	6 °CA ATDC	8 °CA ATDC	10 °CA ATDC
Diesel						
Diesohol						

ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm, แรงบิด 40 Nm. พบว่าที่ 0°CA ATDC เริ่มเห็นสเปร์ย์ดีเซล แต่ยังไม่เห็นสเปร์ย์ดีโซฮอล์ ที่ 2 °CA ATDC สเปร์ย์เชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสง โดยที่สเปร์ย์ดีเซลมีระยะพุ่งที่ยาวกว่าและมีการติดไฟมากกว่าสเปร์ย์ดีโซฮอล์ ที่ 4 °CA ATDC สเปร์ย์เชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสงและมีการเพิ่มขึ้นของขนาดและระยะพุ่ง โดยที่สเปร์ย์ดีเซลมีระยะพุ่งที่ยาวกว่าและมีการติดไฟมากกว่าสเปร์ย์ดีเซล ที่ 6 °CA ATDC สเปร์ย์เชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสง สเปร์ย์ดีโซฮอล์มีระยะพุ่งที่ยาวกว่าสเปร์ย์ดีเซล แต่สเปร์ย์ดีเซลยังคงติดไฟมากกว่า และพบเข้ามาเริ่มติดบริเวณกระจกของ combustion

chamber window ในขณะที่เชื้อเพลิงดีเซลยังไม่ปรากฏความเข้มมา ที่ 8 °CA ATDC สเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสงและมีการติดไฟพอๆกัน แต่สเปรย์ดีเซลมีมุมสเปรย์ที่กว้างกว่าและระยะพุ่งยาวกว่า ที่ 10 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลเริ่มสลายตัว ส่วนสเปรย์ดีโซลยังคงพัฒนาต่อไป


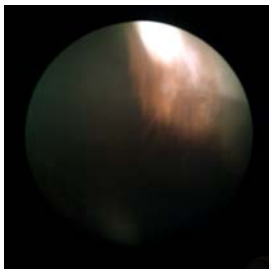
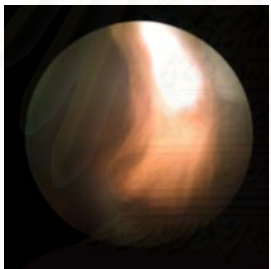
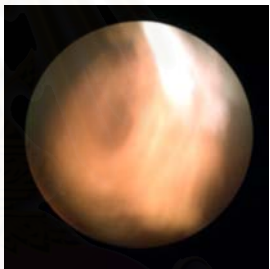

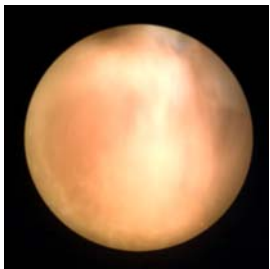


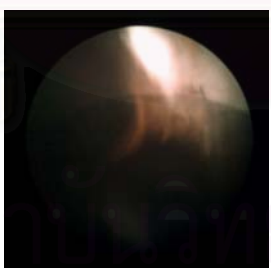
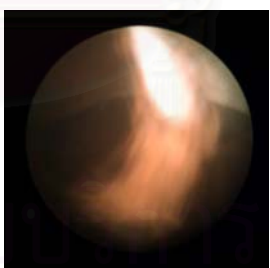
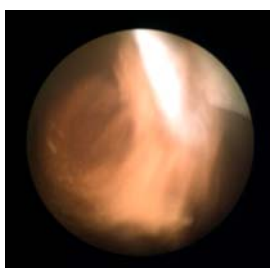
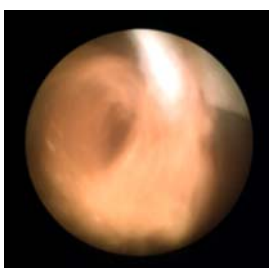
ตารางที่ 6-1 ณ ลักษณะของสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซล ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 20 Nm.

	0 °CA ATDC	2 °CA ATDC	4 °CA ATDC	6 °CA ATDC	8 °CA ATDC	10 °CA ATDC
Diesel						
Diesohol						

ที่ความเร็วรอบ 2750 rpm, แรงบิด 20 Nm. พบว่าที่ 0 °CA ATDC เริ่มเห็นสเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองโดยจะเห็นระยะพุ่งของสเปรย์ดีเซลยาวกว่า ที่ 2 °CA ATDC สเปรย์ดีเซลมีการเปล่งแสงและมีระยะพุ่งยาวกว่าสเปรย์ดีโซล ที่ 4 °CA ATDC สเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองมีระยะพุ่งใกล้เคียงกัน แต่สเปรย์ดีเซลมีการติดไฟ





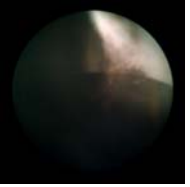

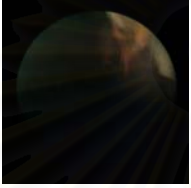
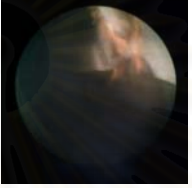
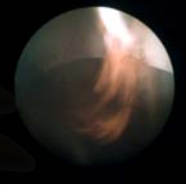
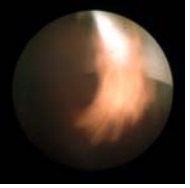
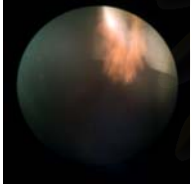
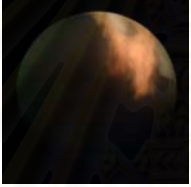
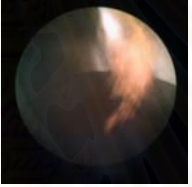
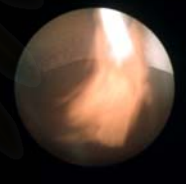
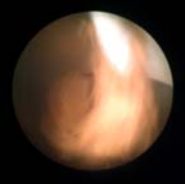
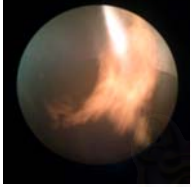
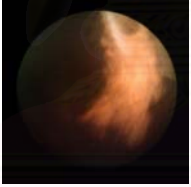
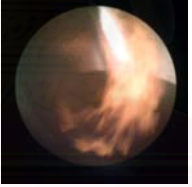
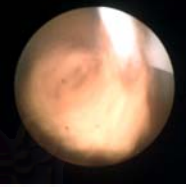
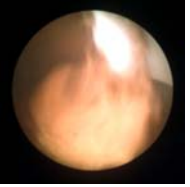
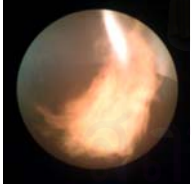
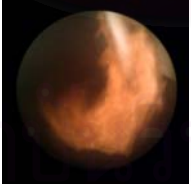
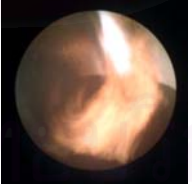
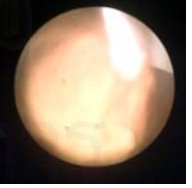
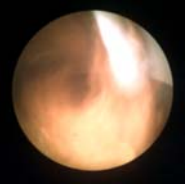
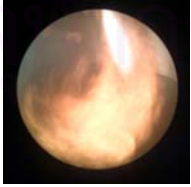
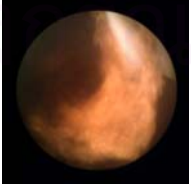
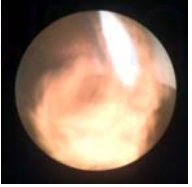
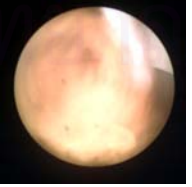
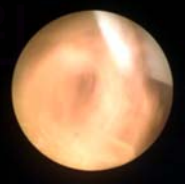
มากกว่า ที่  $6^{\circ}\text{CA ATDC}$  สเปรย์ดีเซลติดไฟมากขึ้นและเปลวไฟเริ่มม้วนตัวไปตามทิศทางของอากาศหมุน ในขณะที่สเปรย์ดีโซฮอล์มีการติดไฟเล็กน้อยและมีระยะฟุ้งที่ยาวกว่า ที่  $8^{\circ}\text{CA ATDC}$  สเปรย์ดีโซฮอล์มีการเปล่งแสงและมีระยะฟุ้งยาวกว่าสเปรย์ดีเซลและมีการติดไฟมากขึ้น ที่  $10^{\circ}\text{CA ATDC}$  สเปรย์ดีโซฮอล์มีระยะฟุ้งเท่าเดิมและมีการติดไฟมากขึ้น ในขณะที่มองไม่เห็นสเปรย์ดีเซลแล้ว

ตารางที่ 6-1 ญ ลักษณะของสเปรย์เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm.

	$0^{\circ}\text{CA ATDC}$	$2^{\circ}\text{CA ATDC}$	$4^{\circ}\text{CA ATDC}$	$6^{\circ}\text{CA ATDC}$	$8^{\circ}\text{CA ATDC}$	$10^{\circ}\text{CA ATDC}$
Diesel						
Diesohol						





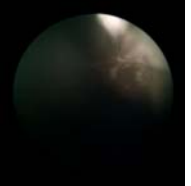
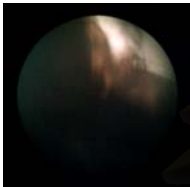
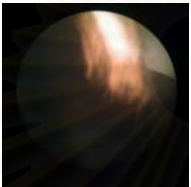
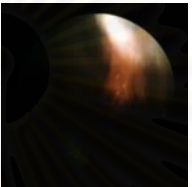

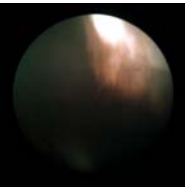
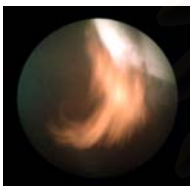
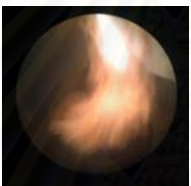

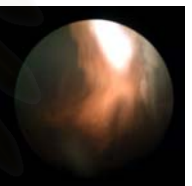

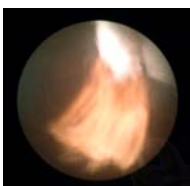
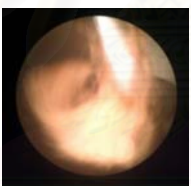
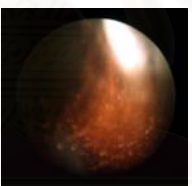

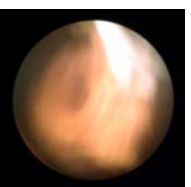
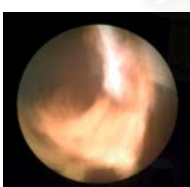
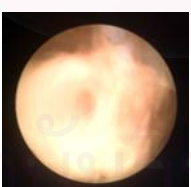
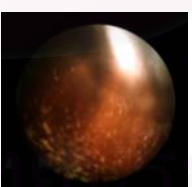
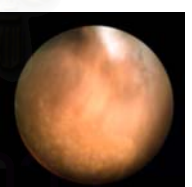
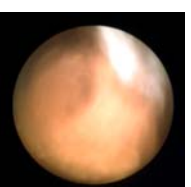
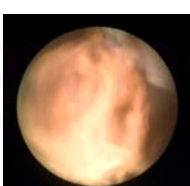
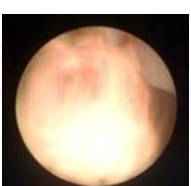

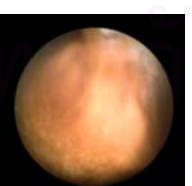
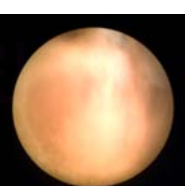
ที่ความเร็วรอบ 2750 rpm, แรงบิด 40 Nm. พบว่าที่ 0 °CA ATDC เริ่มเห็นสเปรียดีเซล แต่ยังไม่เห็นสเปรียดีโซฮอลล์ ที่ 2 °CA ATDC สเปรียเชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสงโดยสเปรียดีเซลสว่างกว่าสเปรียดีโซฮอลล์ และระยะฟุ้งของสเปรียดีเซลจะยาวกว่า การติดไฟของสเปรียเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกันโดยเปลวไฟดีโซฮอลล์จะสว่างน้อยกว่า ที่ 4 °CA ATDC สเปรียดีเซลเปล่งแสงสว่างกว่าสเปรียดีโซฮอลล์ ระยะฟุ้งของสเปรียดีเซลยาวกว่าและสเปรียดีเซลติดไฟได้มากกว่า ที่ 6 °CA ATDC สเปรียเชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสง สเปรียดีโซฮอลล์มีระยะฟุ้งที่ยาวกว่า แต่สเปรียดีเซลติดไฟได้มากกว่าและเปลวไฟมีการม้วนตัวไปตามทิศทางของอากาศหมุน ที่ 8 °CA ATDC สเปรียเชื้อเพลิงทั้งสองมีการเปล่งแสง สเปรียดีโซฮอลล์มีระยะฟุ้งยาวกว่าและมุมสเปรียแคบกว่าสเปรียดีเซล สเปรียดีโซฮอลล์มีการติดไฟมากขึ้นและเปลวไฟมีการม้วนตัวไปตามทิศทางของอากาศหมุน ที่ 10 °CA ATDC ไม่เห็นสเปรียดีเซลแล้ว ในขณะที่สเปรียดีโซฮอลล์มีระยะฟุ้งลดลง และยังคงมีการเปล่งแสงอยู่

ตารางที่ 6-2 การเปรียบเทียบพัฒนาของสเปร์ย์เชื้อเพลิงดีเซลในแต่ละจุดทำงาน

	รอบเดินเบา	1000 rpm, 20 Nm.	1000 rpm, 30 Nm.	2000 rpm, 30 Nm.	2000 rpm, 50 Nm.
0 °CA ATDC					
2 °CA ATDC					
4 °CA ATDC					
6 °CA ATDC					
8 °CA ATDC					
10 °CA ATDC					



ตารางที่ 6-2 การเปรียบเทียบพัฒนาของสเปกตรัมเชื้อเพลิงดีเซลในแต่ละจุดทำงาน (ต่อ)

	2250 rpm, 10 Nm.	2250 rpm, 20 Nm.	2500 rpm, 40 Nm.	2750 rpm, 20 Nm.	2750 rpm, 40 Nm.
0 °CA ATDC					
2 °CA ATDC					
4 °CA ATDC					
6 °CA ATDC					
8 °CA ATDC					
10 °CA ATDC					












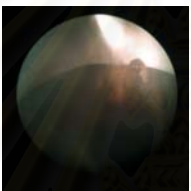
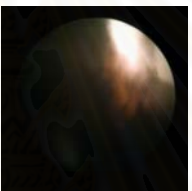


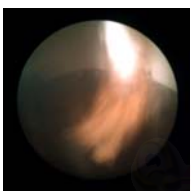
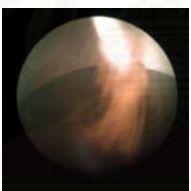
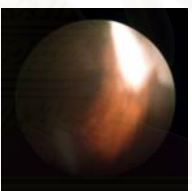


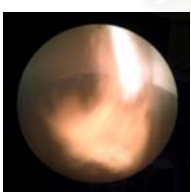
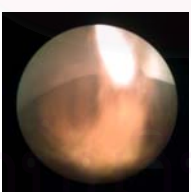
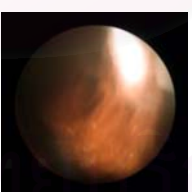
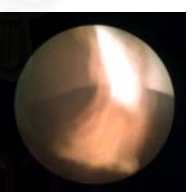
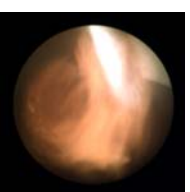
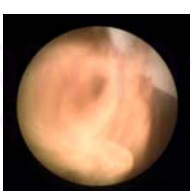
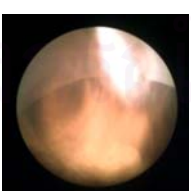
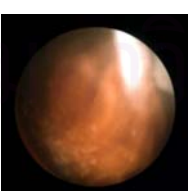
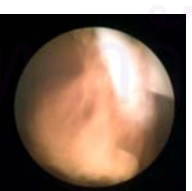
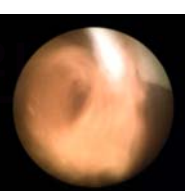
สำหรับการเปรียบเทียบสเปรย์ดีเซลที่จุดทำงานต่างๆจากตารางที่ 6-2 พบว่าที่ 0 °CA ATDC ที่ 1000 rpm, 20 Nm. ยังไม่เห็นสเปรย์ ส่วนที่จุดทำงานที่เหลือจะเริ่มเห็นสเปรย์ที่มีการเปล่งแสง ที่ 2 °CA ATDC เริ่มเห็นสเปรย์ที่รอบเดินเบา ที่ 1000 rpm, 20 Nm. จะเห็นสเปรย์และมีการติดไฟ ที่ 2000 rpm, 30 Nm. และ 2000 rpm, 50 Nm. เห็นสเปรย์เปล่งแสงและติดไฟซึ่งเปลวไฟมีสีส้ม ที่ 2500 rpm, 40 Nm. สเปรย์ติดไฟซึ่งเปลวไฟมีสีแดง และที่ 2750 rpm, 20 Nm. สเปรย์และเปลวไฟมีการเปล่งแสงอย่างมาก ที่ 4 °CA ATDC สเปรย์ติดไฟมากขึ้น โดยที่รอบเดินเบาที่มีการติดไฟน้อยที่สุด สเปรย์มีการเปล่งแสงยกเว้นที่ 1000 rpm, 20 Nm. สเปรย์เริ่มม้วนตัวไปตามทิศทางของอากาศหมุน ที่ 2500 rpm, 40 Nm. สเปรย์ติดไฟซึ่งเปลวไฟมีสีแดงและเห็นเขม่าเกาะที่ window ส่วนที่จุดทำงานอื่นเปลวไฟมีสีเหลือง-ส้ม และที่ 2750 rpm, 20 Nm. เปลวไฟเปล่งแสงอย่างมากและมองไม่เห็นสเปรย์ ที่ 6 °CA ATDC สเปรย์มีการติดไฟมากขึ้นซึ่งจะม้วนตัวไปตามทิศทางของอากาศหมุนและมีการเปล่งแสงโดยที่ 1000 rpm, 20 Nm. สเปรย์มีการเปล่งแสงน้อยที่สุด เปลวไฟมีสีเหลือง-ส้ม ยกเว้นที่ 1000 rpm, 20 Nm. เปลวไฟมีสีแดง และที่ 2500 rpm, 40 Nm. เปลวไฟมีสีแดงและเห็นเขม่าเกาะที่ window ที่ 2750 rpm, 20 Nm. เปลวไฟมีการเปล่งแสงอย่างมากและมองไม่เห็นสเปรย์ ที่ 8 °CA ATDC สเปรย์ติดไฟมากขึ้นและม้วนตัวตามทิศทางของอากาศหมุน สเปรย์มีการเปล่งแสงมาก ยกเว้นที่ 1000 rpm, 20 Nm. สเปรย์มีการเปล่งแสงน้อย ที่ 2250 rpm, 20 Nm. และ 2750 rpm, 20 Nm. มองไม่เห็นสเปรย์แล้ว โดยส่วนมากเปลวไฟมีสีเหลือง-ส้มอ่อน ยกเว้นที่ 1000 rpm, 20 Nm. เปลวไฟมีสีแดง และที่ 2500 rpm, 40 Nm. เปลวไฟมีสีแดง และที่ 10 °CA ATDC สเปรย์มีระยะพุ่งที่ยาวขึ้น ที่ 2000 rpm, 30 Nm. สเปรย์เริ่มบิดเบี้ยวเนื่องจากผลของอากาศหมุน ที่ 2250 rpm, 10 Nm., 2250 rpm, 20 Nm., 2500 rpm, 40 Nm., 2750 rpm, 20 Nm. และ 2750 rpm, 40 Nm. จะไม่เห็นสเปรย์อีกต่อไป

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6-3 การเปรียบเทียบพัฒนาของสเปกตรัมของสเปรย์ดีโซฮอสลินในแต่ละจุดทำงาน

	รอบเดินเบา	1000 rpm, 20 Nm.	1000 rpm, 30 Nm.	2000 rpm, 30 Nm.	2000 rpm, 50 Nm.
0 °CA ATDC					
2 °CA ATDC					
4 °CA ATDC					
6 °CA ATDC					
8 °CA ATDC					
10 °CA ATDC					

ตารางที่ 6-3 การเปรียบเทียบพัฒนาของสเปกตรัมของสเปรย์ดีโซลสันในแต่ละจุดทำงาน (ต่อ)

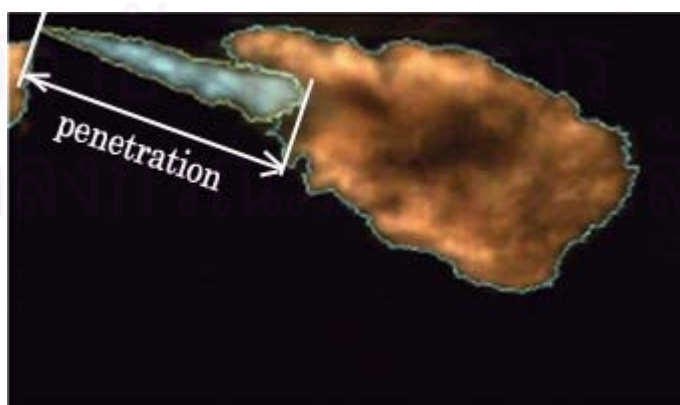
	2250 rpm, 10 Nm.	2250 rpm, 20 Nm.	2500 rpm, 40 Nm.	2750 rpm, 20 Nm.	2750 rpm, 40 Nm.
0 °CA ATDC					
2 °CA ATDC					
4 °CA ATDC					
6 °CA ATDC					
8 °CA ATDC					
10 °CA ATDC					



สำหรับการเปรียบเทียบสเปร์ยดีไซซอลที่จุดทำงานต่างๆจากตารางที่ 6-3 พบว่าที่ 0 °CA ATDC จะยังมองไม่เห็นสเปร์ยกเว้นที่ 1000 rpm, 20 Nm., 2000 rpm, 30 Nm., 2000 rpm, 50 Nm. และ 2750 rpm, 20 Nm. ที่ 2 °CA ATDC เริ่มเห็นสเปร์ยาวขึ้น และมีบางจุดทำงานที่สเปร์ยเริ่มติดไฟเล็กน้อย ที่ 4 °CA ATDC ที่รอบเดินเบาและ 1000 rpm, 20 Nm. สเปร์ยมีการเปล่งแสงเล็กน้อย ที่ 1000 rpm, 30 Nm. สเปร์ยไม่เปล่งแสง ที่จุดทำงานอื่นๆ สเปร์ยมีการเปล่งแสงที่มากกว่า โดยสเปร์ยเริ่มติดไฟยกเว้นที่รอบเดินเบา สเปร์ยมีระยะพุ่งที่ยาวขึ้น ที่ 6 °CA ATDC สเปร์ยเปล่งแสงมากขึ้นยกเว้นที่ 1000 rpm, 30 Nm. สเปร์ยไม่มีการเปล่งแสง สเปร์ยมีระยะพุ่งยาวขึ้นและติดไฟมากขึ้น ซึ่งเปลวไฟจะม้วนตัวตามทิศทางของอากาศหมุน ที่ 8 °CA ATDC สเปร์ยติดไฟมากขึ้นและเปล่งแสงมากขึ้นยกเว้นที่ 1000 rpm, 30 Nm. สเปร์ยไม่เปล่งแสง สเปร์ยมีระยะพุ่งยาวขึ้นและติดไฟมากขึ้น และที่ 10 °CA ATDC ระยะพุ่งของสเปร์ยยาวขึ้นยกเว้นที่ 2250 rpm, 10 Nm. จะไม่เห็นสเปร์ยอีกต่อไป สเปร์ยยังคงเปล่งแสงและเปลวไฟม้วนตัวไปตามทิศทางของอากาศหมุน สังเกตว่าที่ 1000 rpm, 30 Nm. เปลวไฟมีสีสีแดงและที่ 2500 rpm, 40 Nm. เปลวไฟมีสีแดงแดง ในขณะที่จุดทำงานอื่นเปลวไฟจะมีสีเหลือง-ส้ม

นอกจากการพิจารณาลักษณะของสเปร์ยเชื้อเพลิงจากการถ่ายภาพแล้ว เพื่อขยายความจากข้อมูลในรูปภาพ จะสามารถพิจารณาจากค่าระยะพุ่ง (penetration) และมุมของสเปร์ย (spray angle) ที่วัดได้โดยประมาณในแต่ละองศาข้อเหวี่ยงได้อีกด้วย

นิยามของระยะพุ่งในที่นี้ หมายถึงความยาวของลำสเปร์ยเชื้อเพลิงนับจากปลายหัวฉีดจนถึงปลายสเปร์ย (spray tip) โดยรวมถึงส่วนของเชื้อเพลิงที่มีการระเหยที่ปลายของสเปร์ย แต่ไม่รวมถึงส่วนของปลายสเปร์ยที่ลุกไหม้เป็นเปลวไฟแล้ว รูปที่ 6-1 เป็นการขยายความของนิยามของระยะพุ่งในที่นี้



รูปที่ 6-1 นิยามของระยะพุ่งที่วัดในการทดสอบนี้

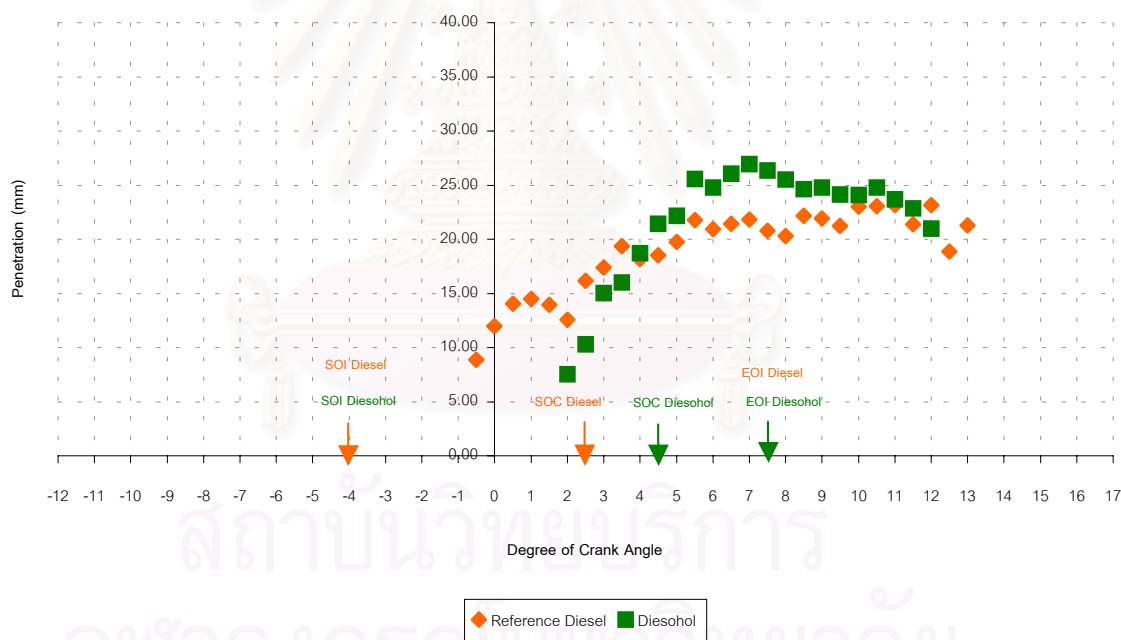


นิยามของมุมของสเปรย์ที่วัดได้ หมายถึงมุมลู่ออกของสเปรย์ในหน่วยองศา ซึ่งครอบคลุมถึงส่วนของหยดเชื้อเพลิงที่ฟุ้งกระจายรอบๆลำของสเปรย์ด้วย

รูปที่ 6-2 (ก) ถึง (ญ) แสดงกราฟของระยะฟุ้งที่วัดได้โดยประมาณที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ในช่วงของการฉีดเชื้อเพลิงของสเปรย์ดีเซลและสเปรย์ดีโซฮอล โดยที่แกนนอนแสดงตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ( $^{\circ}CA$ ) และแกนตั้งแสดงระยะฟุ้งจากปลายหัวฉีดถึงปลายสเปรย์ (มิลลิเมตร)

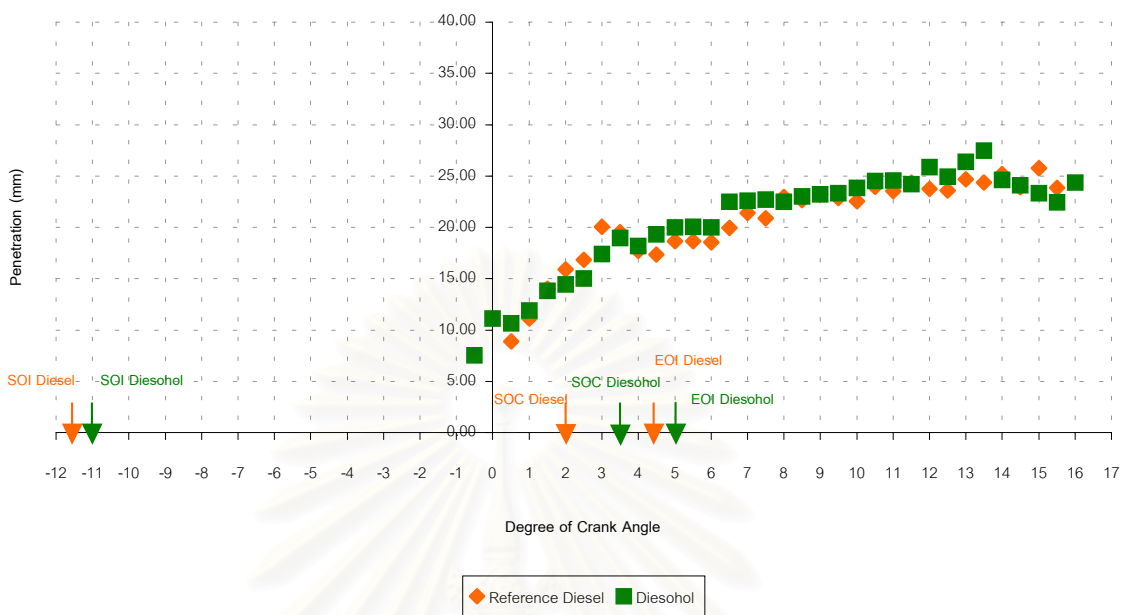
จุดสีส้มแทนข้อมูลของเชื้อเพลิงดีเซล และจุดสีเขียวแทนข้อมูลของดีโซฮอล และรูปที่ 6-3 แสดงแนวโน้มของระยะฟุ้งสูงสุดที่จุดทำงานต่างๆ

Spray Tip Penetrations between Reference Diesel and Diesohol at Idle



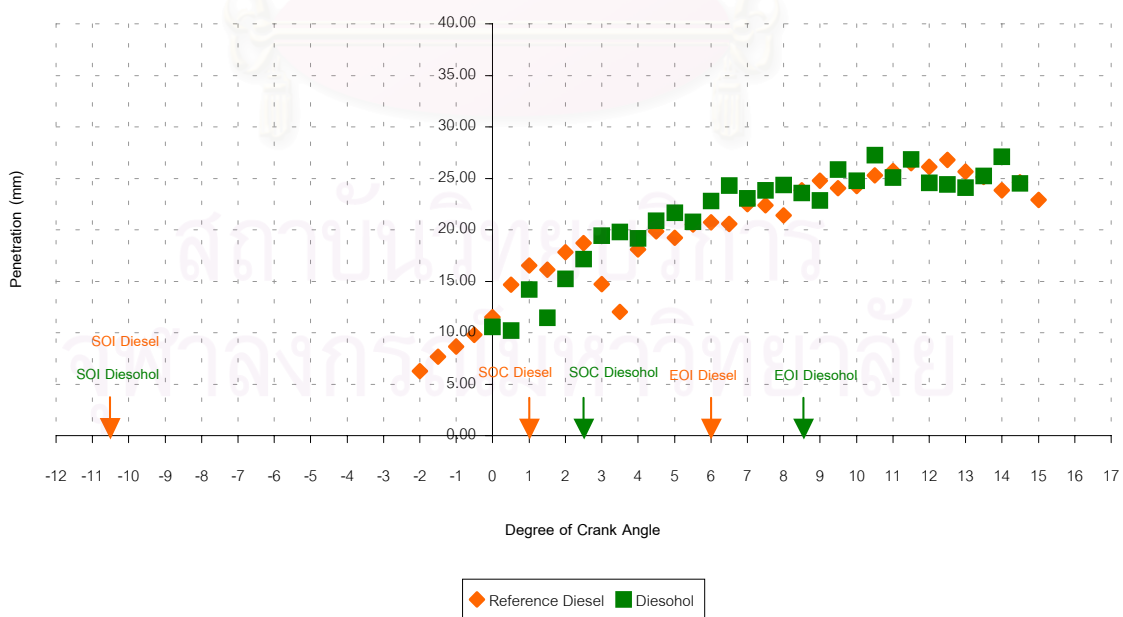
รูปที่ 6-2 ก ระยะฟุ้งของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา

Spray Tip Penetrations between Reference Diesel and Diesohol at 1000 RPM, 20 Nm.



รูปที่ 6-2 ข ระยะพุ่งของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm.

Spray Tip Penetrations between Reference Diesel and Diesohol at 1000 RPM, 30 Nm.



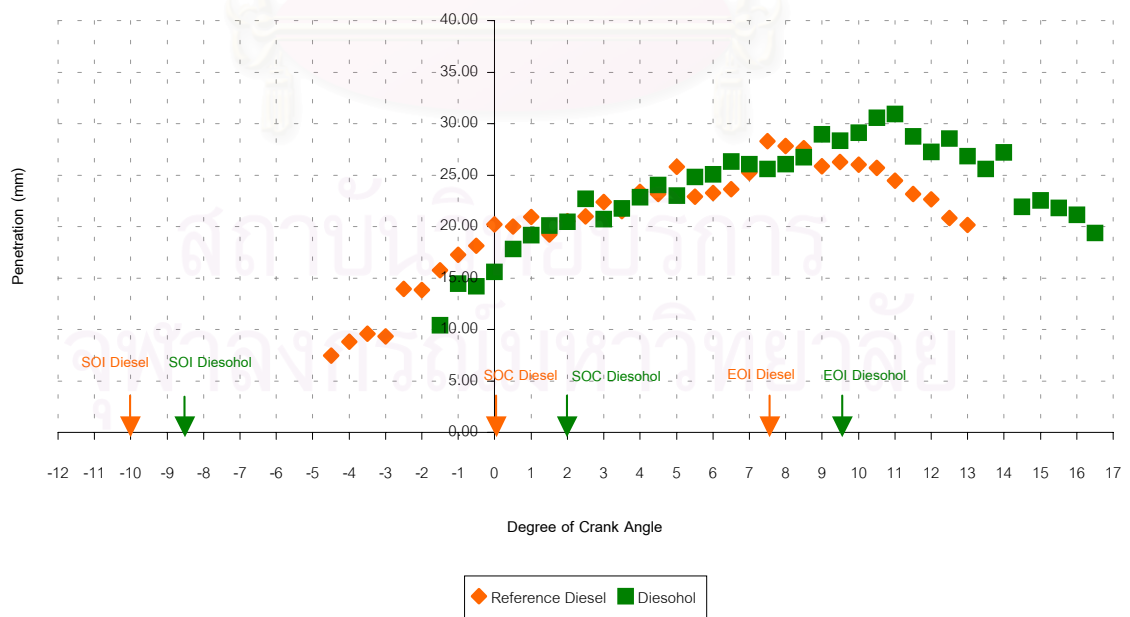
รูปที่ 6-2 ค ระยะพุ่งของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm.

Spray Tip Penetrations between Reference Diesel and Diesohol at 2000 RPM, 30 Nm.



รูปที่ 6-2 ง ระยะพุ่งของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm.

Spray Tip Penetrations between Reference Diesel and Diesohol at 2000 RPM, 50 Nm.



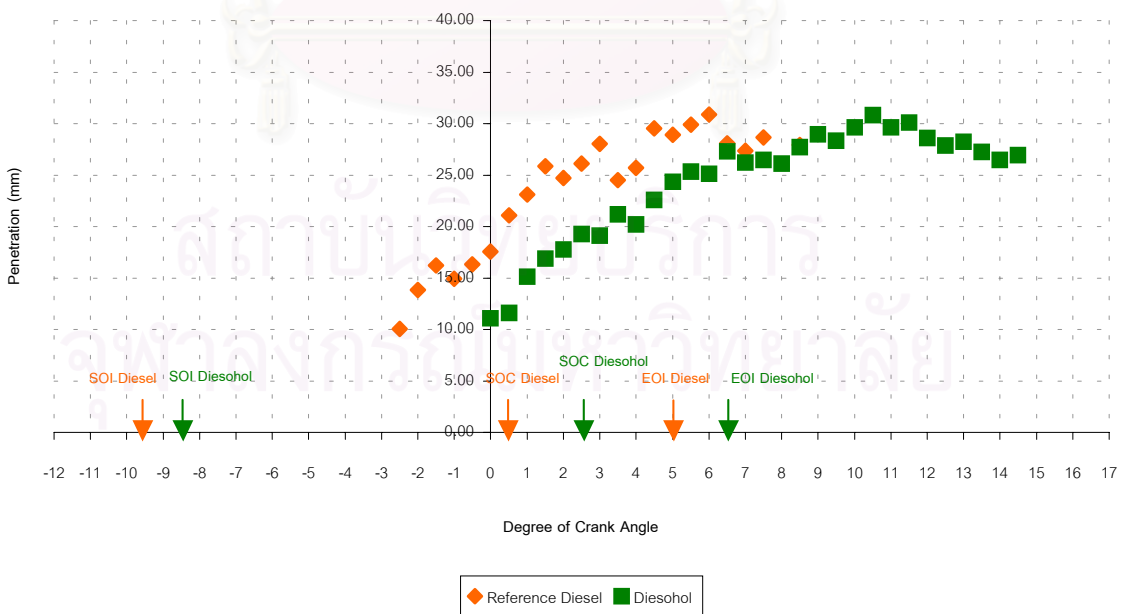
รูปที่ 6-2 จ ระยะพุ่งกระทบของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm.

Spray Tip Penetrations between Reference Diesel and Diesohol at 2250 RPM, 10 Nm.



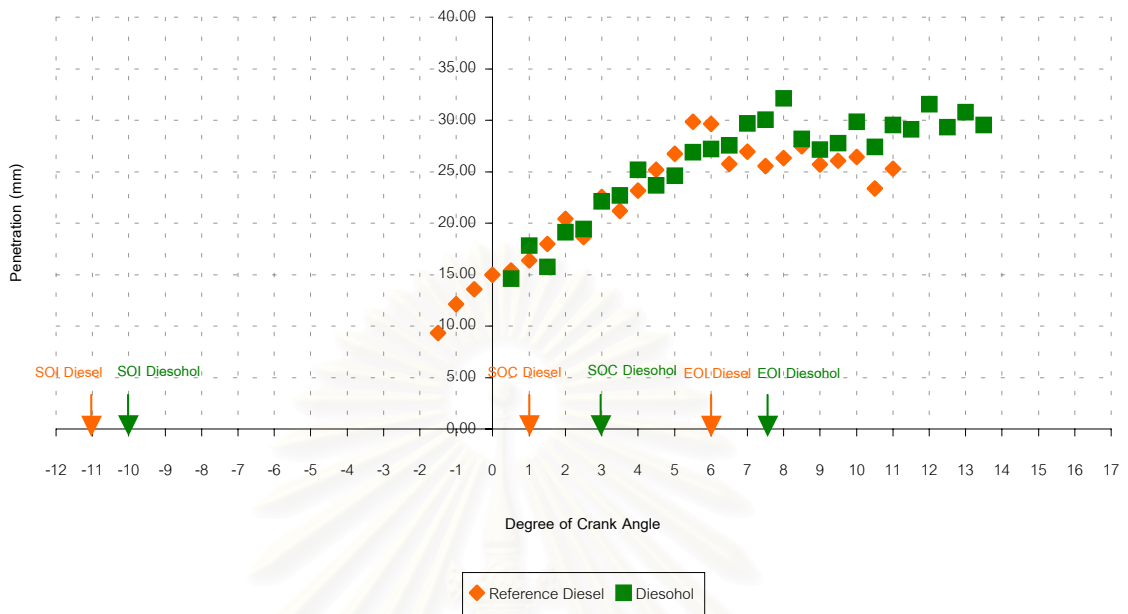
รูปที่ 6-2 ฉ. ระยะพุ่งกระทบของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลต์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm.

Spray Tip Penetrations between Reference Diesel and Diesohol at 2250 RPM, 20 Nm.



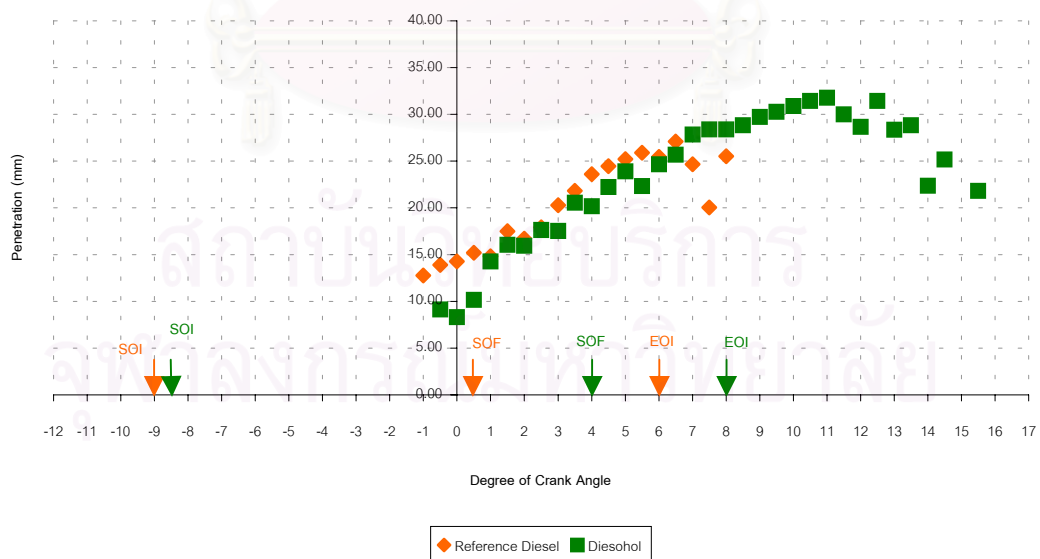
รูปที่ 6-2 ช. ระยะพุ่งกระทบของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลต์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm.

Spray Tip Penetrations between Reference Diesel and Diesohol at 2500 RPM, 40 Nm.



รูปที่ 6-2 ข ระยะเวลาพุ่งกระทบของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลต์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ  
ที่ 2500 rpm, 40 Nm.

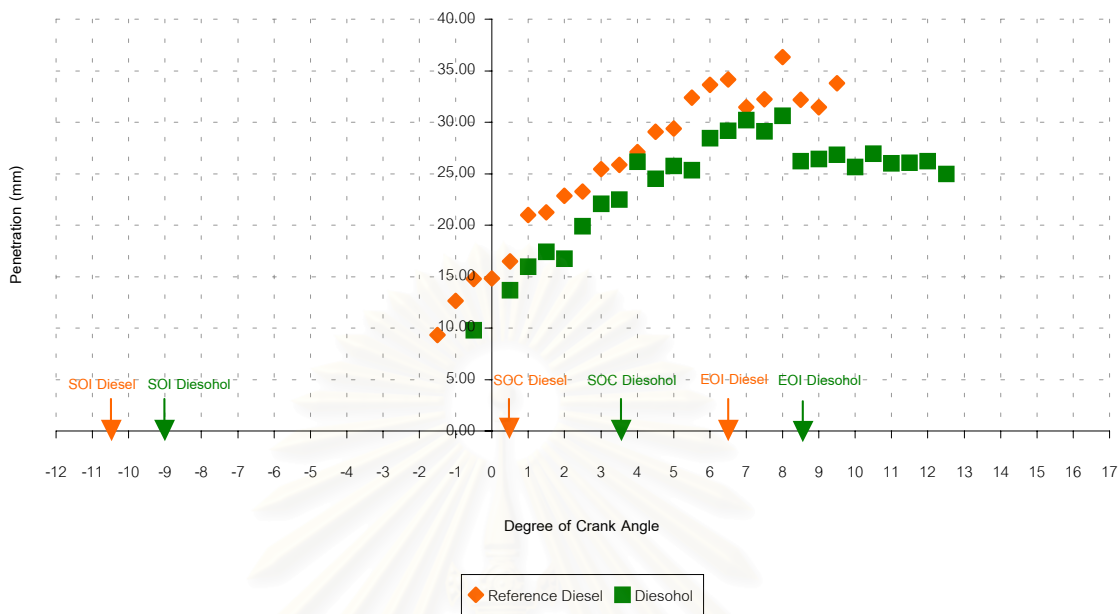
Spray Tip Penetrations between Reference Diesel and Diesohol at 2750 RPM, 20 Nm.



รูปที่ 6-2 ฉ ระยะเวลาพุ่งกระทบของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลต์ต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ  
ที่ 2750 rpm, 20 Nm.

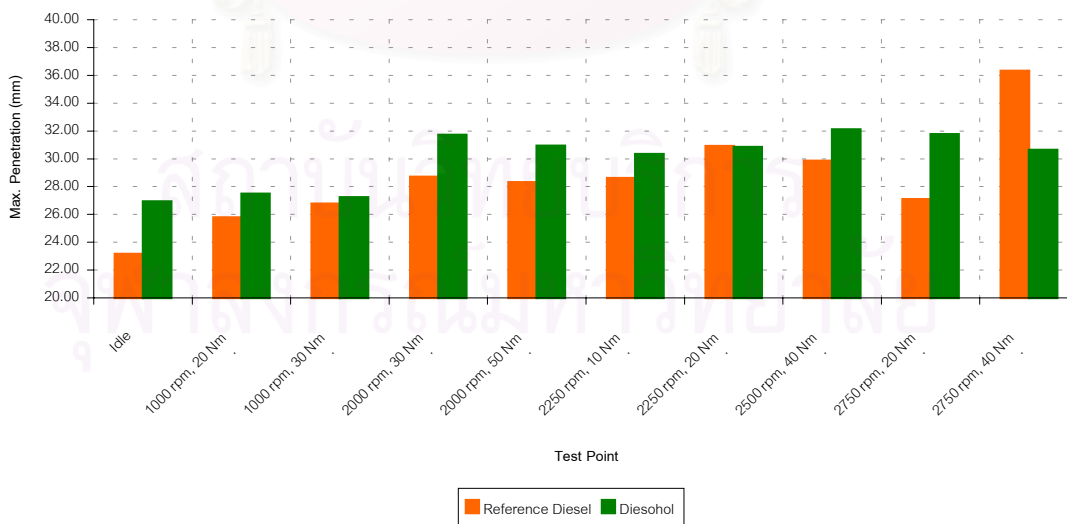


Spray Tip Penetrations between Reference Diesel and Diesohol at 2750 RPM, 40 Nm.



รูปที่ 6-2 ฎ ระยะเวลาพุงกระทบของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลต่อองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm.

Spray Penetration Trend at Each Test Point



รูปที่ 6-3 แนวโน้มของค่าระยะพุงสูงสุดในแต่ละจุดทำงาน

จากการพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะฟุ้งที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆในแต่ละจุดทำงานของสเปรียดีเซลและสเปรียดีโซฮอลล์ พบว่าเนื่องมาจากอุปสรรคด้านตำแหน่งในการติดตั้ง endoscope ทำให้ไม่สามารถเห็นปลายหัวฉีดและไม่สามารถระบุจุดเริ่มต้นฉีดเชื้อเพลิง (SOI) ได้ แต่อย่างไรก็ตาม SOI และ EOI ที่ระบุในรูปที่ 6-2 (ก) ถึง (ญ) ได้มาจากการคำนวณจากข้อมูลความดันในกระบอกสูบที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ [36] และจะสามารถอธิบายแนวโน้มของการพัฒนาสเปรียดีเซลนี้

ที่รอบเดินเบา ในช่วง  $-0.5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $3.5^{\circ}\text{CA}$  พบว่าสเปรียดีเซลมีระยะฟุ้งยาวกว่าสเปรียดีโซฮอลล์ ในช่วง  $4.5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $11.5^{\circ}\text{CA}$  พบว่าสเปรียดีโซฮอลล์มีระยะฟุ้งยาวกว่าสเปรียดีเซล ระยะฟุ้งสูงสุดของสเปรียดีโซฮอลล์ ( $26.93\text{ mm}$  ที่  $7^{\circ}\text{CA}$ ) ยาวกว่าสเปรียดีเซล ( $23.16\text{ mm}$  ที่  $11$  และ  $12^{\circ}\text{CA}$ ) และหลังจากระยะฟุ้งของสเปรียดีโซฮอลล์ทั้งสองถึงค่าสูงสุดแล้ว จะมีความยาวลดลง

ที่  $1000\text{ rpm}$ ,  $20\text{ Nm}$ . พบว่าการพัฒนาระยะฟุ้งของสเปรียดีโซฮอลล์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันมากนัก ระยะฟุ้งสูงสุดของสเปรียดีโซฮอลล์ ( $27.49\text{ mm}$  ที่  $13.5^{\circ}\text{CA}$ ) ยาวกว่าสเปรียดีเซล ( $25.78\text{ mm}$  ที่  $15^{\circ}\text{CA}$ ) และหลังจากระยะฟุ้งของสเปรียดีโซฮอลล์ทั้งสองถึงค่าสูงสุดแล้ว จะมีความยาวลดลง

ที่  $1000\text{ rpm}$ ,  $30\text{ Nm}$ . พบว่าการพัฒนาระยะฟุ้งของสเปรียดีโซฮอลล์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันมากนัก ในช่วง  $0^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $2.5^{\circ}\text{CA}$  ระยะฟุ้งของสเปรียดีเซลยาวกว่าสเปรียดีโซฮอลล์ ในช่วง  $3^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $8^{\circ}\text{CA}$  ระยะฟุ้งของสเปรียดีโซฮอลล์ยาวกว่าสเปรียดีเซล ระยะฟุ้งสูงสุดของสเปรียดีโซฮอลล์ ( $27.23\text{ mm}$  ที่  $10.5^{\circ}\text{CA}$ ) ยาวกว่าสเปรียดีเซล ( $26.77\text{ mm}$  ที่  $12.5^{\circ}\text{CA}$ ) และหลังจากระยะฟุ้งของสเปรียดีโซฮอลล์ทั้งสองถึงค่าสูงสุดแล้ว จะมีความยาวลดลง

ที่  $2000\text{ rpm}$ ,  $30\text{ Nm}$ . พบว่าในช่วง  $-1.5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $2.5^{\circ}\text{CA}$  ระยะฟุ้งของสเปรียดีเซลยาวกว่าสเปรียดีโซฮอลล์เล็กน้อย แต่หลังจาก  $2.5^{\circ}\text{CA}$  เป็นต้นไป ส่วนมากระยะฟุ้งของสเปรียดีโซฮอลล์ยาวกว่าสเปรียดีเซล ระยะฟุ้งสูงสุดของสเปรียดีโซฮอลล์ ( $31.71\text{ mm}$  ที่  $11^{\circ}\text{CA}$ ) ยาวกว่าสเปรียดีเซล ( $28.69\text{ mm}$  ที่  $10^{\circ}\text{CA}$ ) และหลังจากระยะฟุ้งของสเปรียดีโซฮอลล์ทั้งสองถึงค่าสูงสุดแล้ว จะมีความยาวลดลง

ที่  $2000\text{ rpm}$ ,  $50\text{ Nm}$ . พบว่าจะเห็นสเปรียดีโซฮอลล์ปรากฏช้ากว่าสเปรียดีเซล ในช่วงแรกตั้งแต่  $-1.5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $1^{\circ}\text{CA}$  ระยะฟุ้งของสเปรียดีเซลยาวกว่าสเปรียดีโซฮอลล์ ในช่วงกลางตั้งแต่  $1.5^{\circ}\text{CA}$  ไปจนถึง  $8.5^{\circ}\text{CA}$  ระยะฟุ้งของสเปรียดีโซฮอลล์ทั้งสองมีทั้งสั้นกว่าและยาวกว่าสลับกันไป และในช่วงหลังตั้งแต่  $9^{\circ}\text{CA}$  เป็นต้นไปพบว่าระยะฟุ้งของสเปรียดีโซฮอลล์ยาวกว่าสเปรียดีเซล

ระยะพุ่งสูงสุดของสเปร์ยดีไฮซอล (30.94 mm ที่ 11 °CA) ยาวกว่าสเปร์ยดีเซล (28.30 mm ที่ 7.5 °CA) และหลังจากที่ระยะพุ่งของสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองถึงค่าสูงสุดแล้ว จะมีความยาวลดลง ที่ 2250 rpm, 10 Nm. พบว่าในช่วงแรกตั้งแต่ 0 °CA ถึง 4.5 °CA โดยส่วนมากระยะพุ่งของสเปร์ยดีเซลยาวกว่าสเปร์ยดีไฮซอล ในช่วงหลังตั้งแต่ 5 °CA เป็นต้นไป โดยส่วนมากระยะพุ่งของสเปร์ยดีไฮซอลจะยาวกว่าสเปร์ยดีเซล ระยะพุ่งสูงสุดของสเปร์ยดีไฮซอล (30.33 mm ที่ 9.5 °CA) ยาวกว่าสเปร์ยดีเซล (28.60 mm ที่ 8.5 °CA) และหลังจากที่ระยะพุ่งของสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองถึงค่าสูงสุดแล้ว จะมีความยาวลดลง

ที่ 2250 rpm, 20 Nm. พบว่าสเปร์ยดีเซลพัฒนาตัวขึ้นก่อนสเปร์ยดีไฮซอล ในช่วงแรกจาก 0 °CA ถึง 7.5 °CA ระยะพุ่งของสเปร์ยดีเซลยาวกว่าสเปร์ยดีไฮซอลอย่างเด่นชัด หลังจาก 7.5 °CA ไปแล้ว จะไม่เห็นสเปร์ยดีเซลอีกต่อไป แต่ยังคงเห็นสเปร์ยดีไฮซอลต่อไป ระยะพุ่งสูงสุดของสเปร์ยดีเซล (30.90 mm ที่ 6 °CA) ยาวกว่าสเปร์ยดีไฮซอล (30.83 mm ที่ 10.5 °CA) เล็กน้อย และหลังจากที่ระยะพุ่งของสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองถึงค่าสูงสุดแล้ว จะมีความยาวลดลง

ที่ 2500 rpm, 40 Nm. พบว่าสเปร์ยดีเซลพัฒนาตัวขึ้นก่อนสเปร์ยดีไฮซอล ในช่วงแรกค่าระยะพุ่งมีค่าขึ้นๆลงๆสลับกันไป หลังจาก 6.5 °CA ไปแล้ว ระยะพุ่งของสเปร์ยดีไฮซอลยาวกว่าสเปร์ยดีเซล ระยะพุ่งสูงสุดของสเปร์ยดีไฮซอล (32.11 mm ที่ 8 °CA) ยาวกว่าสเปร์ยดีเซล (29.84 mm ที่ 5.5 °CA) และหลังจากที่ระยะพุ่งของสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองถึงค่าสูงสุดแล้ว จะมีความยาวลดลง

ที่ 2750 rpm, 20 Nm. พบว่าจะเห็นสเปร์ยดีเซลปรากฏขึ้นก่อนสเปร์ยดีไฮซอลเล็กน้อย ในช่วงแรกจาก 1 °CA ถึง 6.5 °CA สเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองมีระยะพุ่งใกล้เคียงกัน ระยะพุ่งสูงสุดของสเปร์ยดีเซล (27.10 mm ที่ 6.5 °CA) ซึ่งสั้นกว่าสเปร์ยดีไฮซอล (31.77 mm ที่ 11 °CA) และหลังจากที่ระยะพุ่งของสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองถึงค่าสูงสุดแล้ว จะมีความยาวลดลง

ที่ 2750 rpm, 40 Nm. พบว่าระยะพุ่งของสเปร์ยดีเซลยาวกว่าสเปร์ยดีไฮซอลทุกองศาข้อเหวี่ยง ระยะพุ่งสูงสุดของสเปร์ยดีเซล (36.32 mm ที่ 8 °CA) ยาวกว่าสเปร์ยดีไฮซอล (30.64 mm ที่ 8 °CA) และหลังจากที่ระยะพุ่งของสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองถึงค่าสูงสุดแล้ว จะมีความยาวลดลง

จากการพิจารณาระยะพุ่งสูงสุดในแต่ละจุดทำงานของสเปร์ยดีเซลเปรียบเทียบกับสเปร์ยดีไฮซอลพบว่าโดยส่วนมากระยะพุ่งของสเปร์ยดีไฮซอลจะยาวกว่าสเปร์ยดีเซล ยกเว้นที่ 2750 rpm, 40 Nm. ระยะพุ่งของสเปร์ยดีไฮซอลสั้นกว่าสเปร์ยดีเซล และที่ 2250 rpm, 10 Nm. สเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองมีระยะพุ่งใกล้เคียงกัน

นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเมื่อเพิ่มโหลด (จาก 20 Nm. เป็น 30 Nm. ที่ 1000 rpm, จาก 10 Nm. เป็น 20 Nm. ที่ 2250 rpm และจาก 20 Nm. เป็น 40 Nm. ที่ 2750 rpm) ระยะเวลาฟุ้งสูงสุดของสเปร์ยดีเซลเพิ่มขึ้น ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 2000 rpm เมื่อเพิ่มโหลดจาก 30 Nm. เป็น 50 Nm. พบว่าระยะเวลาฟุ้งสูงสุดของสเปร์ยดีเซลลดลงเล็กน้อย สำหรับสเปร์ยดีโซฮอลล์พบว่าเมื่อเพิ่มโหลดระยะเวลาฟุ้งสูงสุดจะลดลงที่ทุกจุดทำงานดังกล่าว

เมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 1000 rpm เป็น 2250 rpm และ 2250 rpm เป็น 2750 rpm ที่โหลด 20 Nm. พบว่าระยะเวลาฟุ้งสูงสุดของสเปร์ยดีเซลจะเพิ่มขึ้นและลดลง ในขณะที่ระยะเวลาฟุ้งของสเปร์ยดีโซฮอลล์เพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 1000 rpm เป็น 2000 rpm ที่ 30 Nm. พบว่าระยะเวลาฟุ้งกระทบสูงสุดของสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 2500 rpm เป็น 2750 rpm ที่ 40 Nm. พบว่าระยะเวลาฟุ้งสูงสุดของสเปร์ยดีเซลเพิ่มขึ้น แต่ระยะเวลาฟุ้งสูงสุดของสเปร์ยดีโซฮอลล์ลดลง

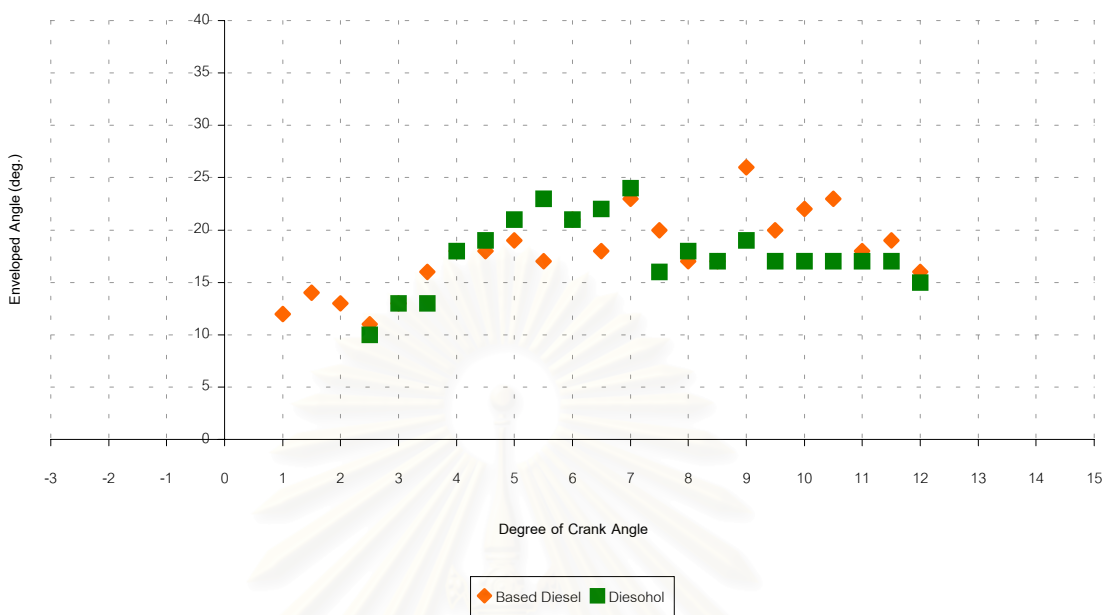
รูปที่ 6-4 (ก) ถึง (ญ) แสดงกราฟของมุมของสเปร์ย ซึ่งครอบคลุมถึงส่วนที่เป็นหยดเชื้อเพลิงที่ฟุ้งกระจายรอบๆ แกนของสเปร์ย โดยแกนนอนแสดงตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ( $^{\circ}CA$ ) และแกนตั้งแสดงมุมของสเปร์ยที่วัดได้ (องศา) จุดสีส้มแทนข้อมูลของเชื้อเพลิงดีเซล และจุดสีเขียวแทนข้อมูลของดีโซฮอลล์

รูปที่ 6-5 แสดงแนวโน้มของมุมของสเปร์ยสูงสุด ตามลำดับ ที่จุดทำงานต่างๆ

ตารางที่ 6-4 เป็นการสรุปแนวโน้มของระยะเวลาฟุ้งและมุมของสเปร์ยที่จุดทำงานต่างๆ โดยพิจารณาระยะฟุ้งสูงสุดและมุมของสเปร์ยสูงสุดในแต่ละจุดทำงาน และตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงที่เกิดระยะเวลาฟุ้งสูงสุดและตำแหน่งที่เกิดมุมของสเปร์ยสูงสุดของเชื้อเพลิงดีเซลเปรียบเทียบกับดีโซฮอลล์

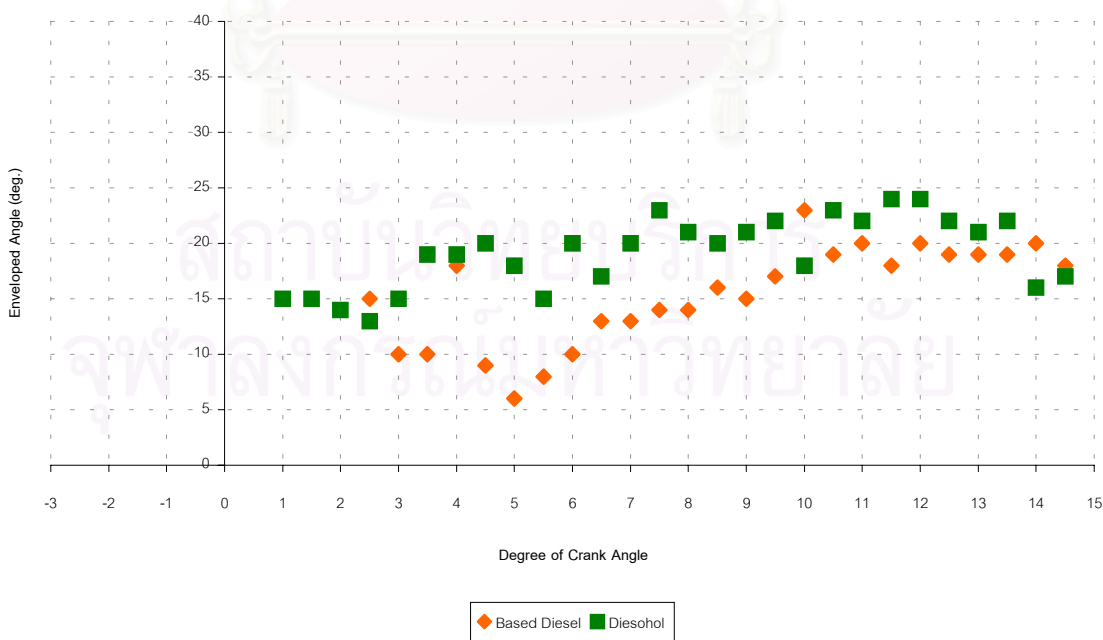
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Enveloped Spray Angles of Based Diesel and Diesohol at Idle



รูปที่ 6-4 ก มุมของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา

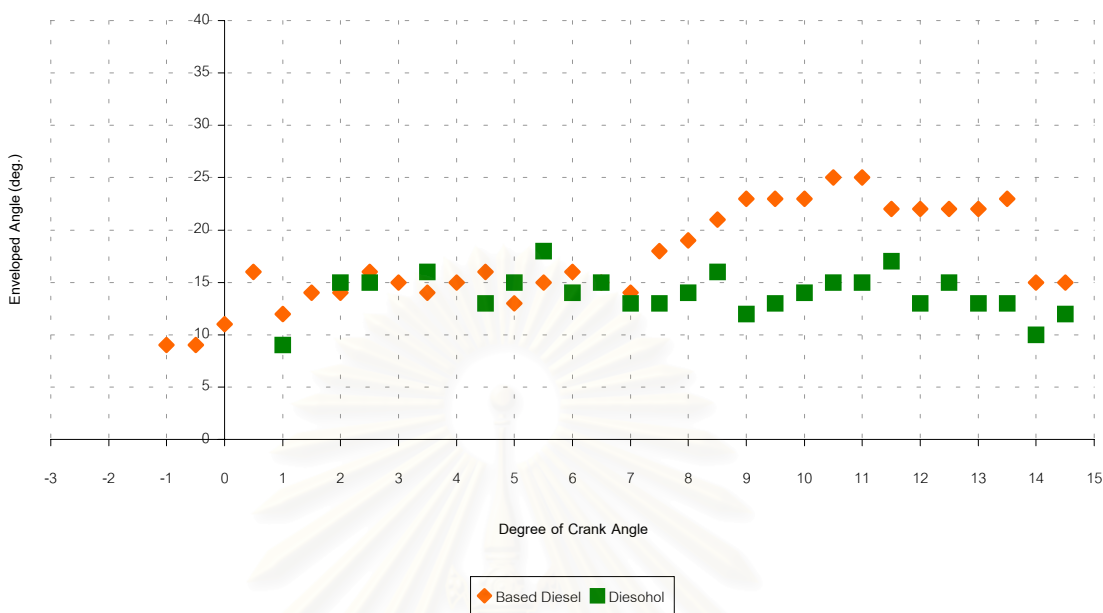
Enveloped Spray Angles of Based Diesel and Diesohol at 1000 RPM, 20 Nm.



รูปที่ 6-4 ข มุมของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm.

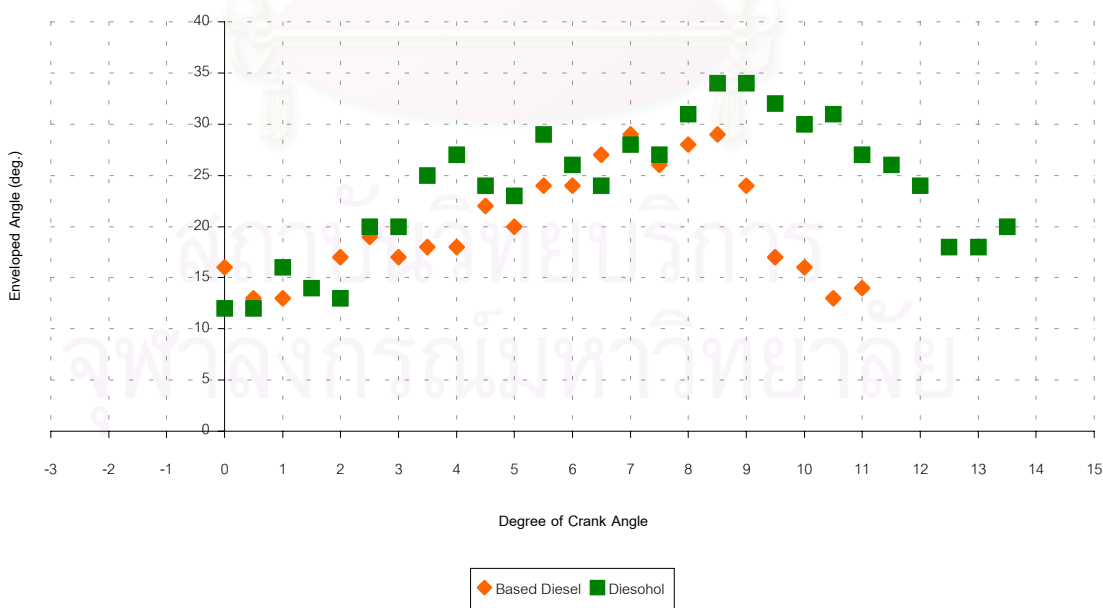


Enveloped Spray Angles of Based Diesel and Diesohol at 1000 RPM, 30 Nm.



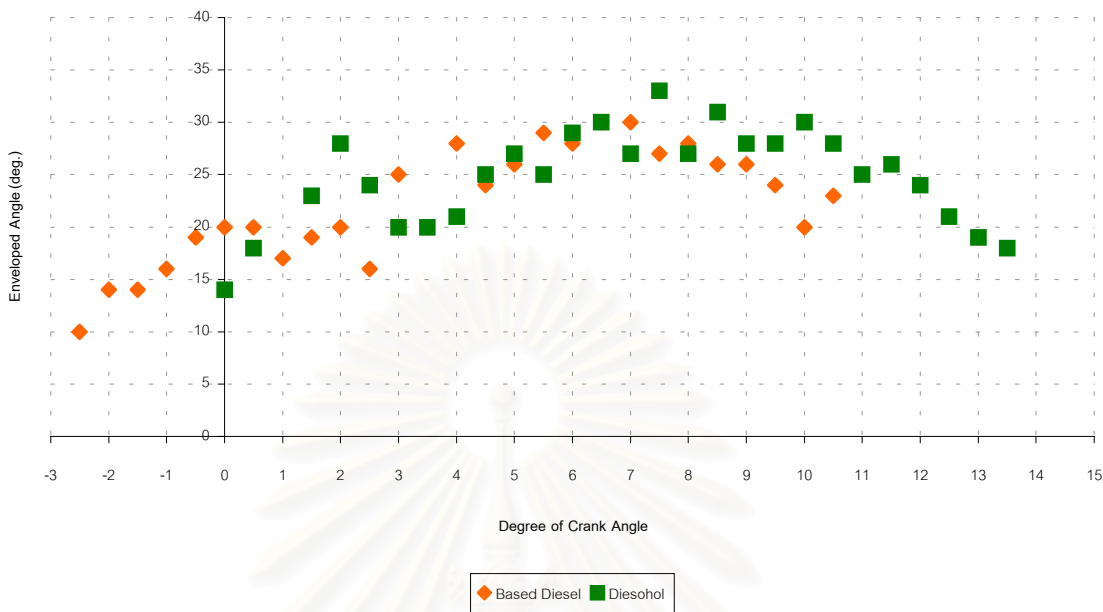
รูปที่ 6-4 ค มุมของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm.

Enveloped Spray Angles of Based Diesel and Diesohol at 2000 RPM, 30 Nm.



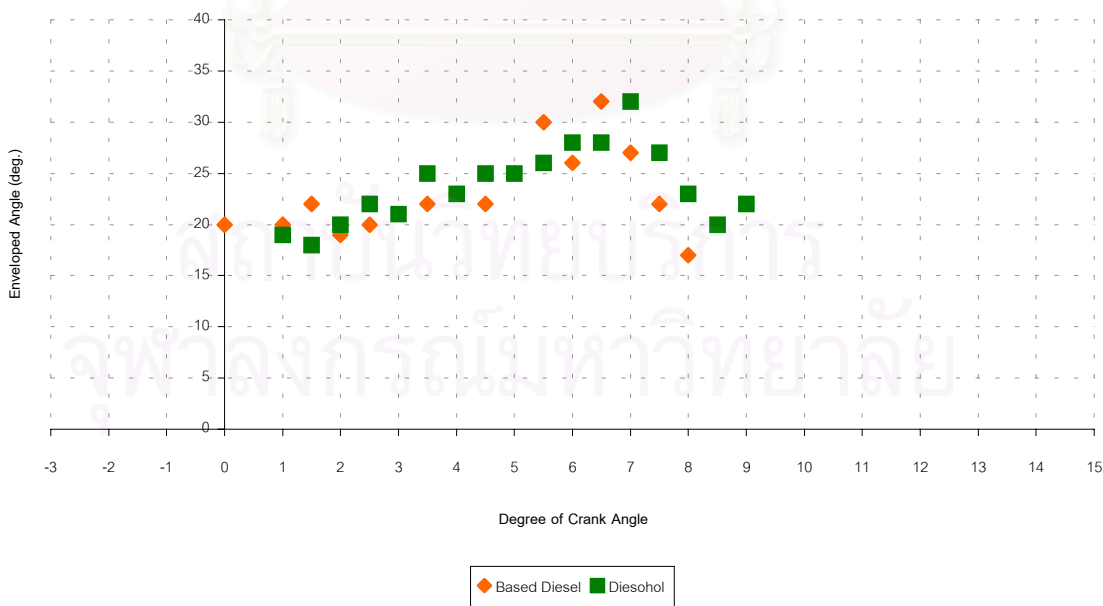
รูปที่ 6-4 ง มุมของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm.

Enveloped Spray Angles of Based Diesel and Diesohol at 2000 RPM, 50 Nm.



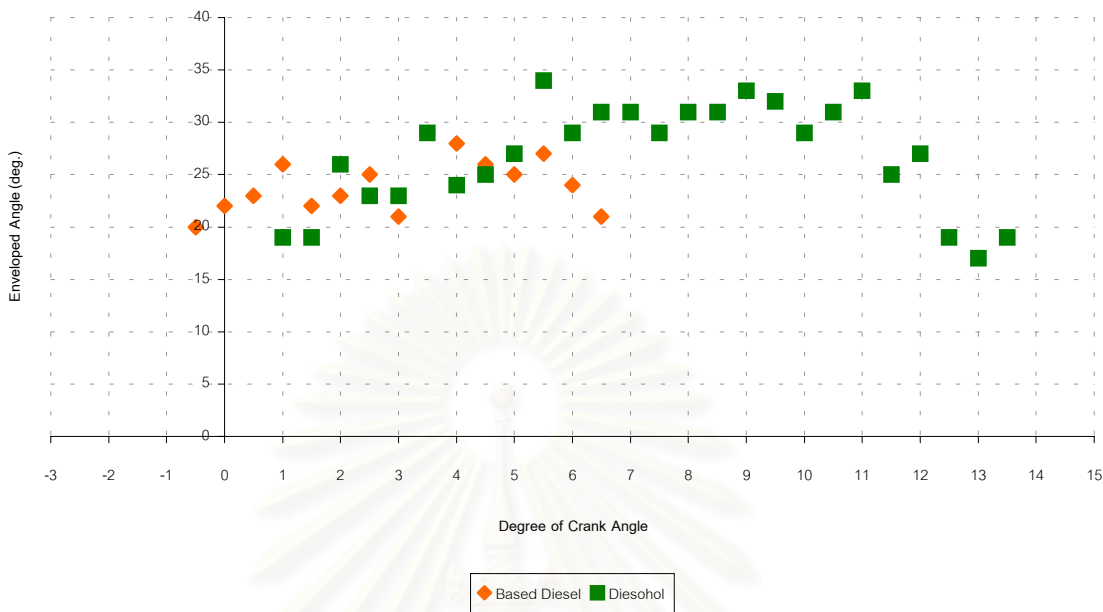
รูปที่ 6-4 จ มุมของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm.

Enveloped Spray Angles of Based Diesel and Diesohol at 2250 RPM, 10 Nm.



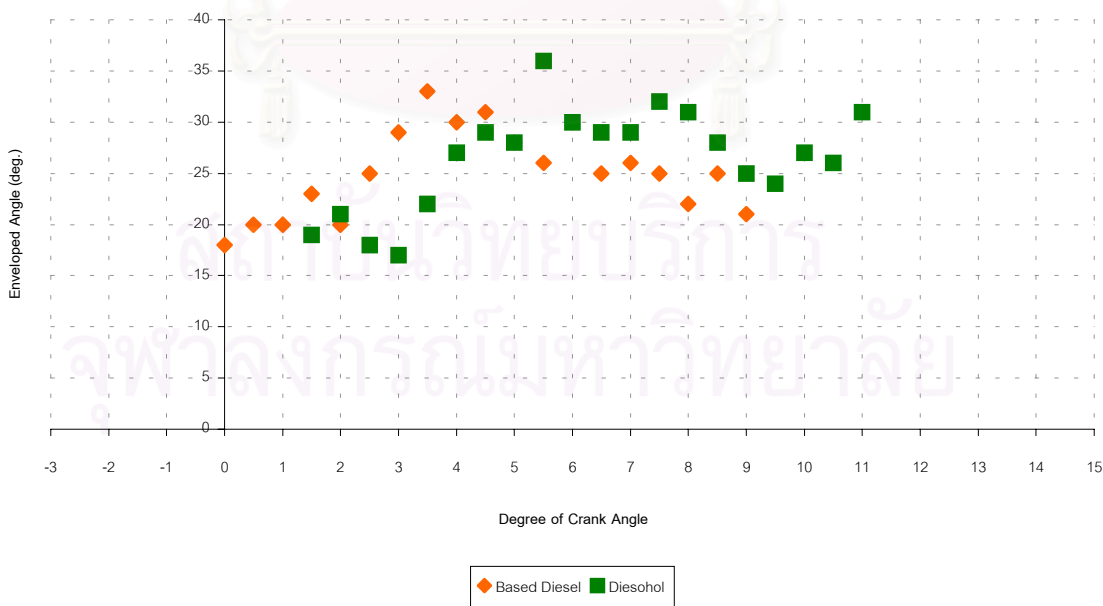
รูปที่ 6-4 ฉ มุมของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm.

Enveloped Spray Angles of Based Diesel and Diesohol at 2250 RPM, 20 Nm.



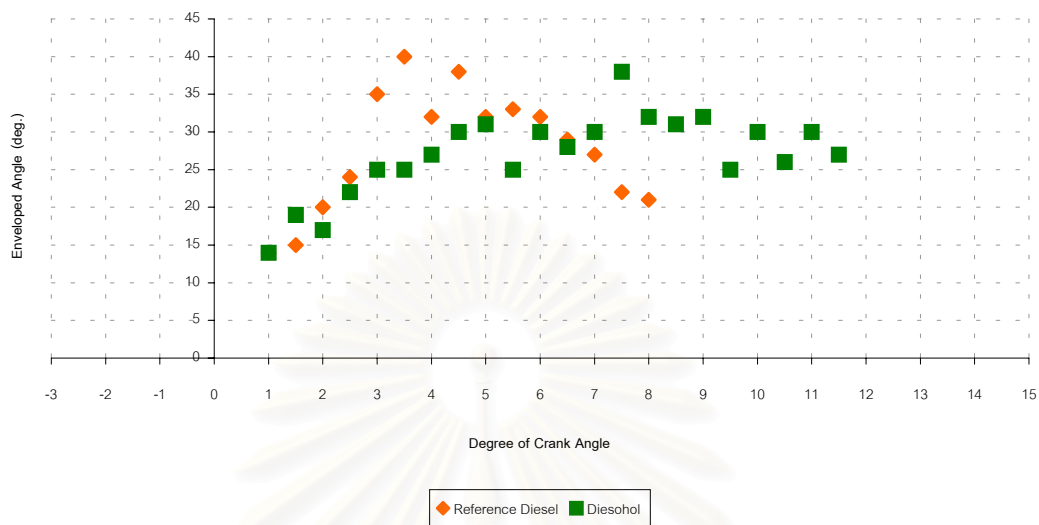
รูปที่ 6-4 ข มุมของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm.

Enveloped Spray Angles of Based Diesel and Diesohol at 2500 RPM, 40 Nm.



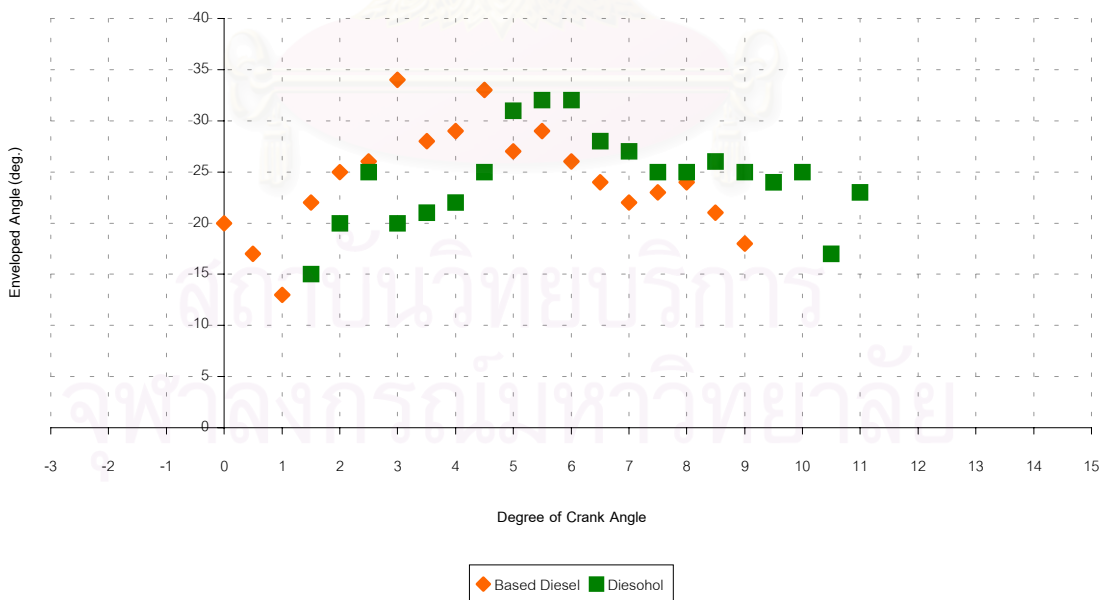
รูปที่ 6-4 ข มุมของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2500 rpm, 40 Nm.

Spray Angles of Reference Diesel and Diesohol at 2750 RPM, 20 Nm.



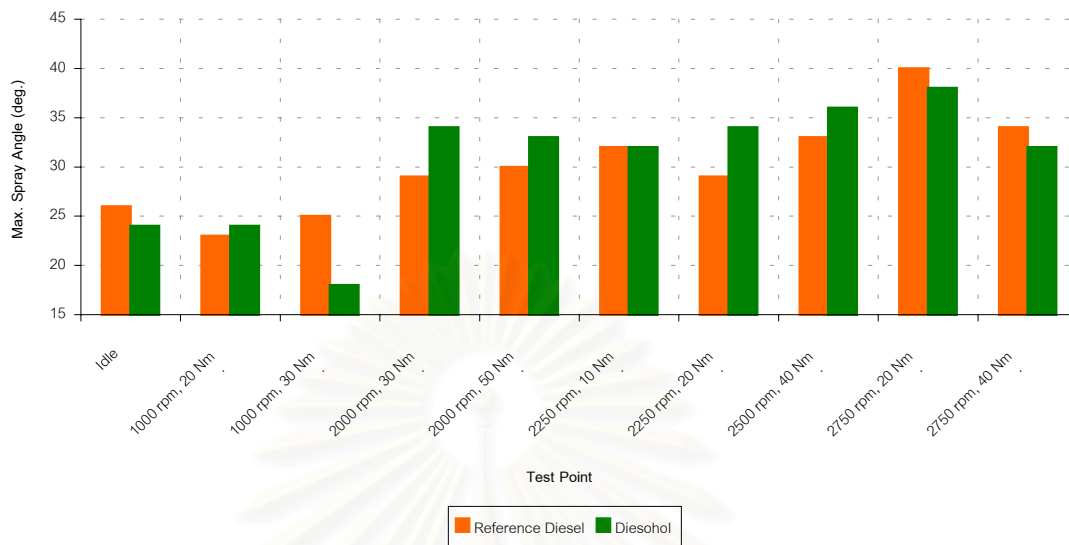
รูปที่ 6-4 ฉ มุมของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 20 Nm.

Enveloped Spray Angles of Based Diesel and Diesohol at 2750 RPM, 40 Nm.



รูปที่ 6-4 ข มุมของสเปรย์ดีเซลและดีโซฮอลที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm.

Spray Angle Trend at Each Test Point



รูปที่ 6-5 แนวโน้มของมุมของสเปรย์สูงสุดในแต่ละจุดทำงาน

เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ของมุมของสเปรย์ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ในแต่ละจุดทำงานของสเปรย์ดีเซลเปรียบเทียบกับสเปรย์ดีโซฮอล จะสามารถอธิบายได้ดังนี้

ที่รอบเดินเบา ขนาดมุมของสเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองไม่ต่างกันมากนัก ที่เห็นชัดเจนคือในช่วง  $4.5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $7^{\circ}\text{CA}$  มุมของสเปรย์ดีโซฮอลกว้างกว่าสเปรย์ดีเซล และตั้งแต่  $9^{\circ}\text{CA}$  เป็นต้นไป มุมของสเปรย์ดีเซลกว้างกว่าสเปรย์ดีโซฮอล

ที่ 1000 rpm, 20 Nm. พบว่าในช่วงแรกขนาดมุมของสเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองต่างกัน อย่างเห็นได้ชัด นั่นคือในช่วง  $3^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $9.5^{\circ}\text{CA}$  และในช่วง  $10.5^{\circ}\text{CA}$  จนถึง  $13.5^{\circ}\text{CA}$  มุมของสเปรย์ดีโซฮอลกว้างกว่าสเปรย์ดีเซล

ที่ 1000 rpm, 30 Nm. พบว่าในช่วงแรกขนาดของมุมสเปรย์เชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในช่วงหลังตั้งแต่  $6^{\circ}\text{CA}$  เป็นต้นไป มุมของสเปรย์ดีเซลกว้างกว่าสเปรย์ดีโซฮอล

ที่ 2000 rpm, 30 Nm. พบว่าในช่วงแรกตั้งแต่  $2.5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $6^{\circ}\text{CA}$  และช่วงหลังตั้งแต่  $7.5^{\circ}\text{CA}$  เป็นต้นไป มุมของสเปรย์ดีโซฮอลกว้างกว่าสเปรย์ดีเซล

ที่ 2000 rpm, 50 Nm. พบว่าในช่วงแรกตั้งแต่  $1.5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $2.5^{\circ}\text{CA}$  และช่วงหลังตั้งแต่  $8.5^{\circ}\text{CA}$  เป็นต้นไป มุมของสเปรย์ดีโซฮอลกว้างกว่าสเปรย์ดีเซล



ที่ 2250 rpm, 10 Nm. พบว่าในช่วงแรก ขนาดของมุมของสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าไม่ต่างกันมากนัก แต่ในช่วงหลัง 7 °CA เป็นต้นไป มุมของสเปร์ยดีไซฮอลด์จะกว้างกว่าสเปร์ยดีเซล

ที่ 2250 rpm, 20 Nm. พบว่าตั้งแต่ช่วงหลัง 5 °CA เป็นต้นไป มุมของสเปร์ยดีไซฮอลด์จะกว้างกว่าสเปร์ยดีเซล

ที่ 2500 rpm, 40 Nm. พบว่าในช่วงแรกตั้งแต่ 1.5 °CA ถึง 5 °CA มุมของสเปร์ยดีเซลกว้างกว่าดีไซฮอลด์ แต่ในช่วงหลังตั้งแต่ 5.5 °CA เป็นต้นไป มุมของสเปร์ยดีไซฮอลด์จะกว้างกว่าสเปร์ยดีเซล

ที่ 2750 rpm, 20 Nm. พบว่าในช่วง 3 °CA ถึง 4.5 °CA มุมของสเปร์ยดีเซลกว้างกว่าสเปร์ยดีไซฮอลด์ แต่ในช่วงหลัง 7 °CA เป็นต้นไป มุมของสเปร์ยดีไซฮอลด์จะกว้างกว่าสเปร์ยดีเซล

ที่ 2750 rpm, 40 Nm. พบว่าในช่วงแรกตั้งแต่ 1.5 °CA ถึง 4.5 °CA มุมของสเปร์ยดีเซลกว้างกว่าสเปร์ยดีไซฮอลด์ แต่ในช่วงหลังจาก 5 °CA เป็นต้นไป มุมของสเปร์ยดีไซฮอลด์จะกว้างกว่าสเปร์ยดีเซล

เมื่อพิจารณาขนาดสูงสุดมุมของสเปร์ยดีเซลเปรียบเทียบกับสเปร์ยดีไซฮอลด์ในแต่ละจุดทำงานพบว่าขนาดสูงสุดของมุมของสเปร์ยดีไซฮอลด์กว้างกว่าสเปร์ยดีเซลที่ 1000 rpm, 20 Nm., 2000 rpm, 30 Nm., 2000 rpm, 50 Nm., 2250 rpm, 20 Nm. และ 2500 rpm, 40 Nm. แต่มุมสูงสุดของสเปร์ยดีไซฮอลด์จะแคบกว่าสเปร์ยดีเซลที่รอบเดินเบา, 1000 rpm, 30 Nm., 2750 rpm, 20 Nm. และ 2750 rpm, 40 Nm. และที่ 2250 rpm, 10 Nm. ขนาดสูงสุดของมุมของสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองเท่ากัน

เมื่อเพิ่มโหลดจาก 20 Nm. เป็น 30 Nm. ที่ 1000 rpm และจาก 30 Nm. เป็น 50 Nm. ที่ 2000 rpm พบว่ามุมสูงสุดของสเปร์ยดีเซลเพิ่มขึ้น แต่มุมสูงสุดของสเปร์ยดีไซฮอลด์ลดลง เมื่อเพิ่มโหลดจาก 10 Nm. เป็น 20 Nm. ที่ 2250 rpm พบว่ามุมสูงสุดของสเปร์ยดีเซลลดลง แต่มุมสูงสุดของสเปร์ยดีไซฮอลด์เพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มโหลดจาก 20 Nm. เป็น 40 Nm. ที่ 2750 rpm พบว่ามุมสูงสุดของสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองลดลง

เมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 1000 rpm เป็น 2000 rpm ที่ 30 Nm., จาก 1000 rpm เป็น 2250 rpm และจาก 2250 rpm เป็น 2750 rpm ที่ 20 Nm. พบว่ามุมสูงสุดของสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 2500 rpm เป็น 2750 rpm ที่ 40 Nm. พบว่ามุมสูงสุดของสเปร์ยดีเซลเพิ่มขึ้น แต่มุมสูงสุดของสเปร์ยดีไซฮอลด์ลดลง

ตารางที่ 6-4 ระยะเวลาสูงสุดและมุมของสเปร์ยสูงสุดที่แต่ละจุดทำงาน

จุดทำงาน	Max. Penetration (mm)		ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยง (°CA)		Max. Spray Angle (degree)		ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยง (°CA)	
	ดีเซล	ดีโซฮอลล์	ดีเซล	ดีโซฮอลล์	ดีเซล	ดีโซฮอลล์	ดีเซล	ดีโซฮอลล์
Idle	23.16	26.93	11, 12	7	26	24	9	7
1000 rpm, 20 Nm.	25.78	27.49	15	13.5	23	24	10	11.5, 12
1000 rpm, 30 Nm.	26.77	27.23	12.5	10.5	25	18	10.5, 11	5.5
2000 rpm, 30 Nm.	28.69	31.71	10	11	29	34	7	8.5, 9
2000 rpm, 50 Nm.	28.30	30.94	7.5	11	30	33	6.5, 7	7.5
2250 rpm, 10 Nm.	28.60	30.33	8.5	9.5	32	32	6.5	7
2250 rpm, 20 Nm.	30.90	30.83	6	10.5	29	34	3.5	5.5
2500 rpm, 40 Nm.	29.84	32.11	5.5	8	33	36	3.5	5.5
2750 rpm, 20 Nm.	27.10	31.77	6.5	11	40	38	3.5	7.5
2750 rpm, 40 Nm.	36.32	30.64	8	8	34	32	3	5.5, 6

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 6.2 ปราบกฎการณการเผาไหม้และการแจกแจงความน่าจะเป็น

ปราบกฎการณการเผาไหม้สามารถพิจารณาได้จากภาพถ่ายเปลวไฟในห้องเผาไหม้ล่งหน้าซึ่งไม่ใช่แสงแฟลชช่วย ดังนั้นจะเห็นเฉพาะเปลวไฟเท่านั้น โดยจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของทิศทางของเปลวไฟและสีของเปลวไฟซึ่งจะสามารถประมาณอุณหภูมิของเปลวไฟขณะนั้นได้ ส่วนการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution) เป็นการแสดงสัดส่วนร้อยละของโอกาสที่จะเกิดเปลวไฟ ณ บริเวณใดๆ ที่แต่ละองศาข้อเหวียงในจำนวนรอบการบันทึก (Repetitions) ทั้งหมด การแจกแจงความน่าจะเป็นจะบ่งบอกแนวโน้มของทิศทางเคลื่อนที่ของเปลวไฟและบ่งชี้ว่าเปลวไฟมีโอกาสที่จะไม่เคลื่อนที่ทับตำแหน่งเดิมได้

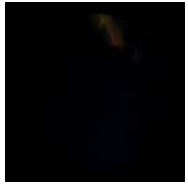

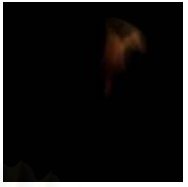
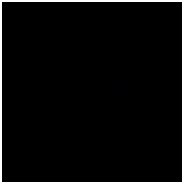
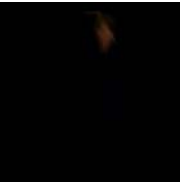

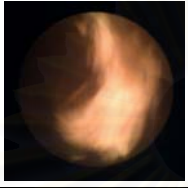
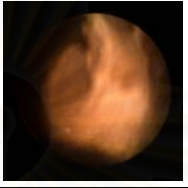


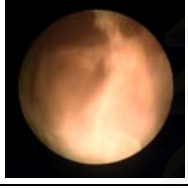
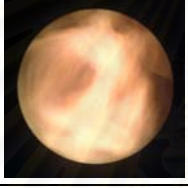

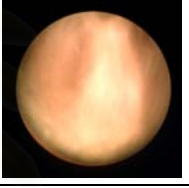

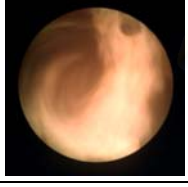
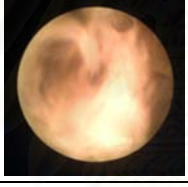
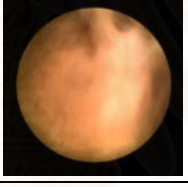
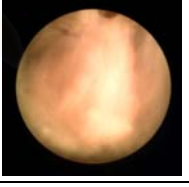
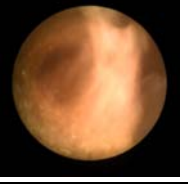
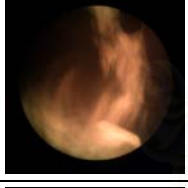
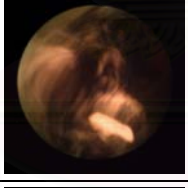
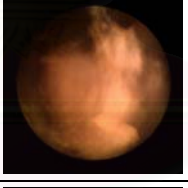
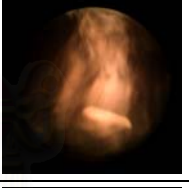

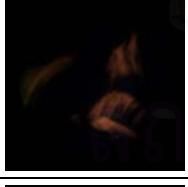

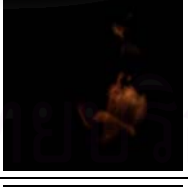
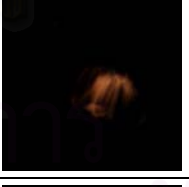

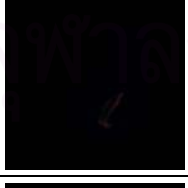
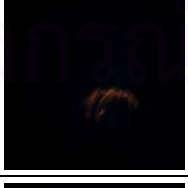
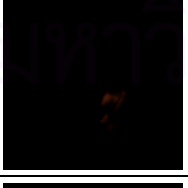
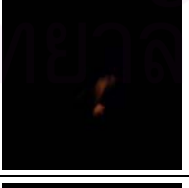
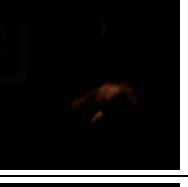

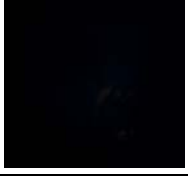
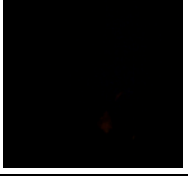
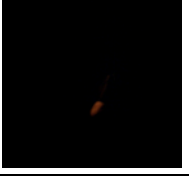

ภาพการแจกแจงความน่าจะเป็น ได้มาจากการประมวลผลภาพถ่ายเปลวไฟการเผาไหม้ทั้งหมดที่ถ่ายโดยไม่ใช่แสงแฟลชที่ยังไม่ได้เฉลี่ย 6 ครั้งของการบันทึกซ้ำ

ตารางที่ 6-5 เป็นการแสดงภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลที่องศาข้อเหวียงต่างๆ (ในที่นี้เลือกแสดงเพียงบางจุดคือที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 °CA ATDC) ในแต่ละจุดทำงานเปรียบเทียบกับกัน และตารางที่ 6-6 แสดงภาพการเผาไหม้ของดีไฮโซลที่องศาข้อเหวียงต่างๆ ในแต่ละจุดทำงานเปรียบเทียบกับกัน

ตารางที่ 6-5 ภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลในแต่ละจุดทำงาน

	รอบเดินเบา	1000 rpm, 20 Nm.	1000 rpm, 30 Nm.	2000 rpm, 30 Nm.	2000 rpm, 50 Nm.
0 °CA ATDC					
5 °CA ATDC					
10 °CA ATDC					
15 °CA ATDC					
20 °CA ATDC					
25 °CA ATDC					
30 °CA ATDC					
35 °CA ATDC					

ตารางที่ 6-5 ภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลในแต่ละจุดทำงาน (ต่อ)

	2250 rpm, 10 Nm.	2250 rpm, 20 Nm.	2500 rpm, 40 Nm.	2750 rpm, 20 Nm.	2750 rpm, 40 Nm.
0 °CA ATDC					
5 °CA ATDC					
10 °CA ATDC					
15 °CA ATDC					
20 °CA ATDC					
25 °CA ATDC					
30 °CA ATDC					
35 °CA ATDC					



ตารางที่ 6-6 ภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของดีเซลอินแต่ละจุดทำงาน

	รอบเดินเบา	1000 rpm, 20 Nm.	1000 rpm, 30 Nm.	2000 rpm, 30 Nm.	2000 rpm, 50 Nm.
0 °CA ATDC					
5 °CA ATDC					
10 °CA ATDC					
15 °CA ATDC					
20 °CA ATDC					
25 °CA ATDC					
30 °CA ATDC					
35 °CA ATDC					

ตารางที่ 6-6 ภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของดีเซลอินแต่ละจุดทำงาน (ต่อ)

	2250 rpm, 10 Nm.	2250 rpm, 20 Nm.	2500 rpm, 40 Nm.	2750 rpm, 20 Nm.	2750 rpm, 40 Nm.
0 °CA ATDC					
5 °CA ATDC					
10 °CA ATDC					
15 °CA ATDC					
20 °CA ATDC					
25 °CA ATDC					
30 °CA ATDC					
35 °CA ATDC					


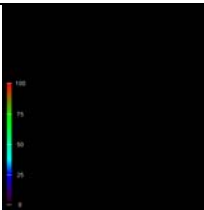
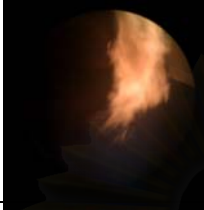
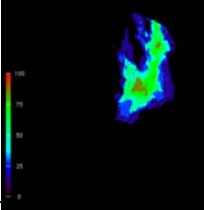
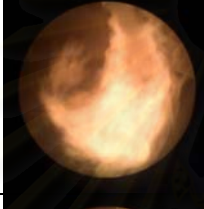
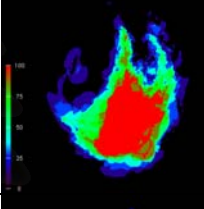
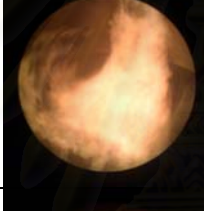
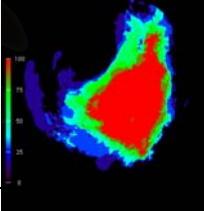
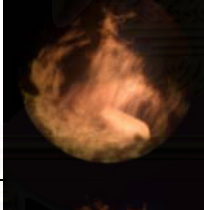
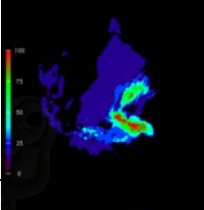
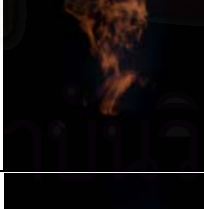
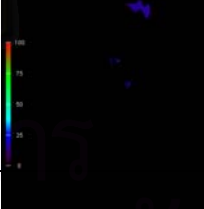
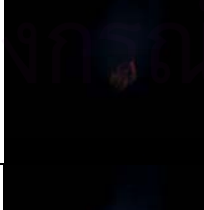
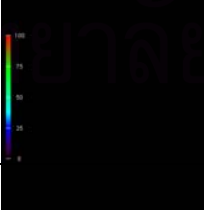
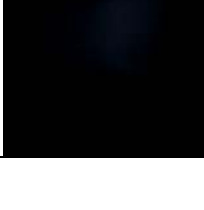
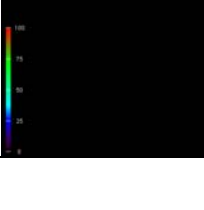
จากการพิจารณาภาพเปลวไฟ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ในแต่ละจุดทำงาน พบว่าที่ 2000 rpm, 2500 rpm และ 2750 rpm จะเห็นเปลวไฟดีเซลก่อนเปลวไฟดีโซฮอล์ที่ 0 °CA ATDC และ จะเห็นเปลวไฟดีโซฮอล์สิ้นสุดการเผาไหม้หลังจากเปลวไฟดีเซลดังจะเห็นได้ที่ 30 และ 35 °CA ATDC จะยังคงเห็นเปลวไฟดีโซฮอล์อยู่ในขณะที่เปลวไฟดีเซลมอดไปแล้ว นอกจากนี้จะสังเกตเห็นว่าเมื่อเพิ่มโหลด เปลวไฟจะมีลดลง เช่นจาก 1000 rpm, 20 Nm. เป็น 30 Nm., 2000 rpm, 30 Nm. เป็น 50 Nm., 2250 rpm, 10 Nm. เป็น 20 Nm. และ 2750 rpm, 20 Nm. เป็น 40 Nm. และที่ 2500 rpm, 40 Nm. จะเห็นเขม่าติดที่ window ทั้งกรณีเปลวไฟดีเซลและดีโซฮอล์

ตารางที่ 6-7 (ก ถึง ญ) เป็นการแสดงภาพเฉลี่ยของเปลวไฟเชื้อเพลิงดีเซลที่เผาไหม้ที่ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 °CA ATDC) เปรียบเทียบกับการแจกแจงความน่าจะเป็นที่จะเกิดเปลวไฟในแต่ละจุดทำงาน และตารางที่ 6-8 (ก ถึง ญ) แสดงภาพเปลวไฟดีโซฮอล์ที่เผาไหม้ที่ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 °CA ATDC) เปรียบเทียบกับการแจกแจงความน่าจะเป็นที่จะเกิดเปลวไฟในแต่ละจุดทำงาน โดยในตารางที่ 6-7 และ 6-8 คอลัมน์กลางจะแสดงภาพเปลวไฟที่เผาไหม้ และคอลัมน์ขวาสุดแสดงภาพการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟโดยที่จะมีสเกลแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความน่าจะเป็นจาก 0% ถึง 100% ดังแสดงในรูปที่ 6-6 ซึ่งสเกล 100% หมายความว่ามีโอกาสที่จะเกิดเปลวไฟ ณ ตำแหน่ง นั้นๆ ในทุกรอบการบันทึก


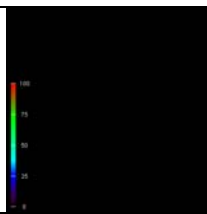
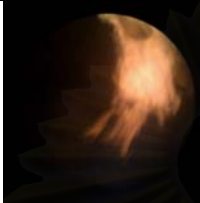
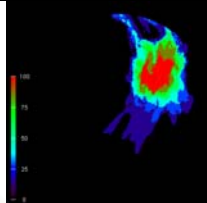

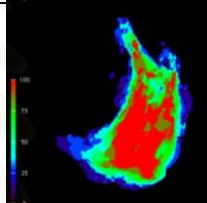
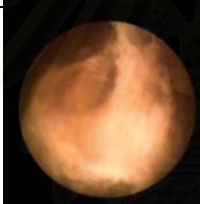
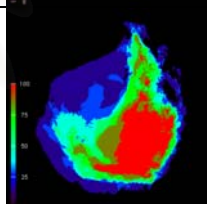
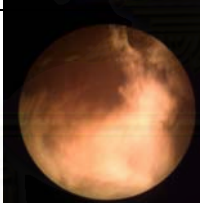
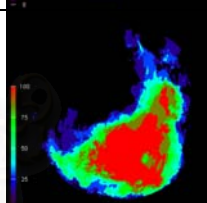
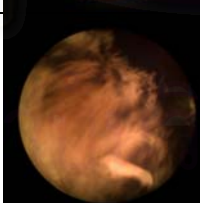
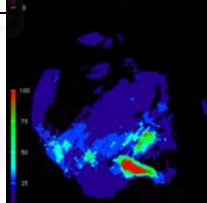
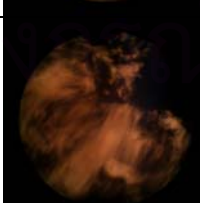
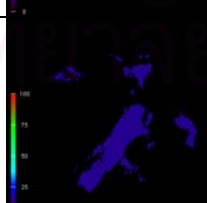

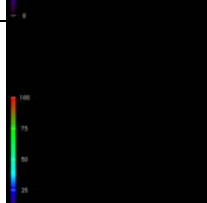


รูปที่ 6-6 สเกลบอกเปอร์เซ็นต์ของโอกาสเกิดเปลวไฟ  
ในภาพการแจกแจงความน่าจะเป็น

ตารางที่ 6-7 ก การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็นที่รอบเดินเบา


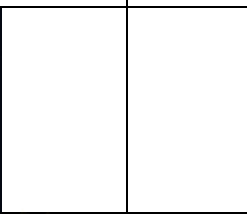
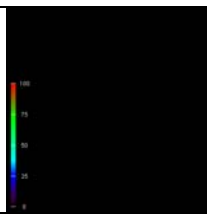

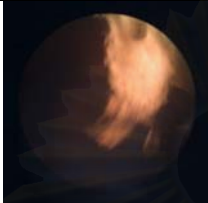

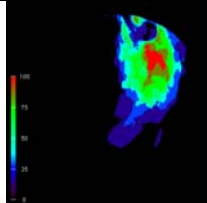

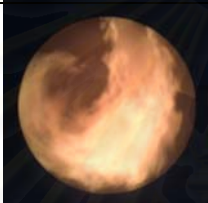

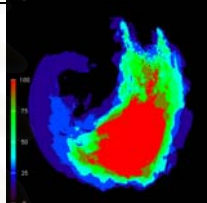

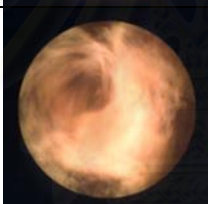
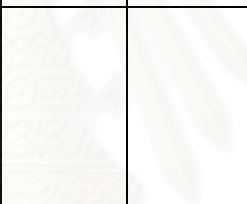
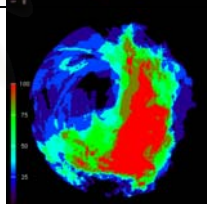

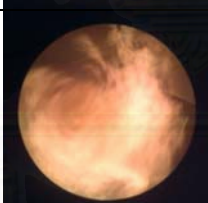
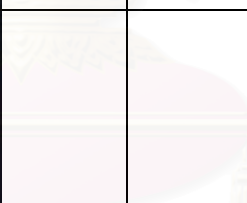
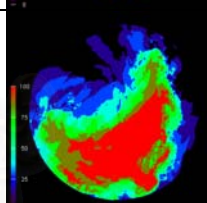

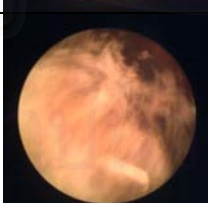
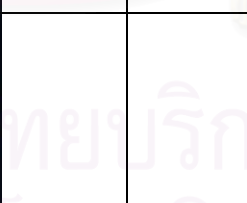
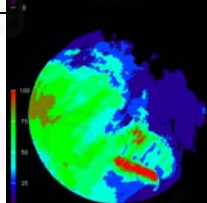

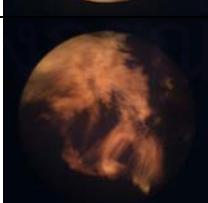

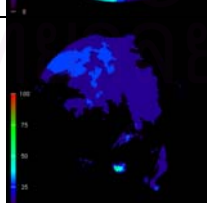

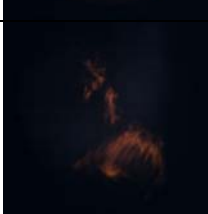
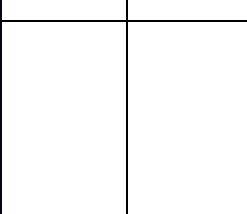
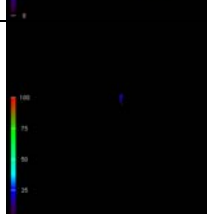

	เปลวไฟ	การแจกแจงความน่าจะเป็น
0 °CA		
5 °CA		
10 °CA		
15 °CA		
20 °CA		
25 °CA		
30 °CA		
35 °CA		

ตารางที่ 6-7 ข การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 1000 rpm, 20 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				



ตารางที่ 6-7 ค การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 1000 rpm, 30 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-7 การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2000 rpm, 30 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-7 จ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2000 rpm, 50 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-7 ฉ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2250 rpm, 10 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-7 ข การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2250 rpm, 20 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				




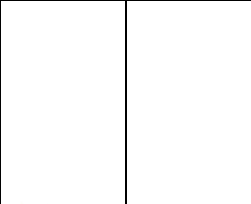
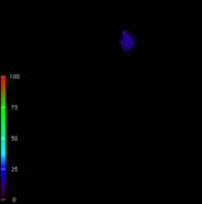
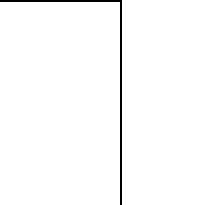


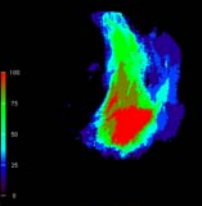
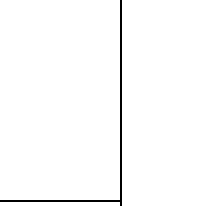


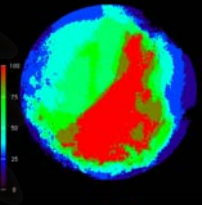
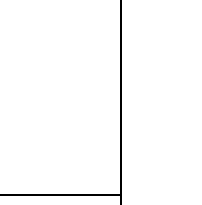
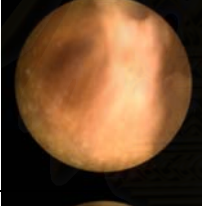
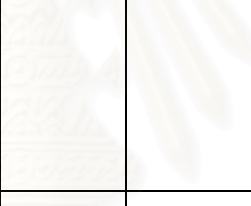
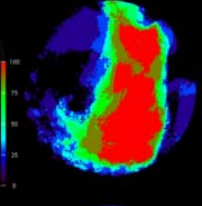
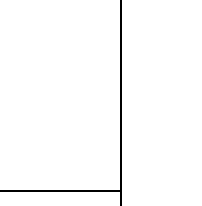
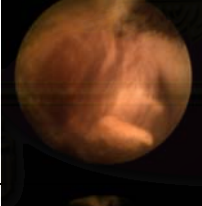
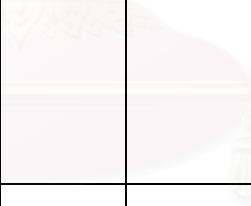
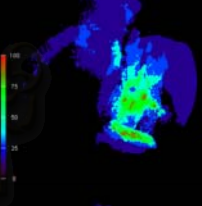
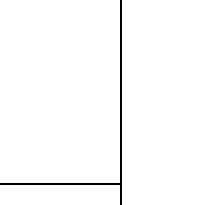
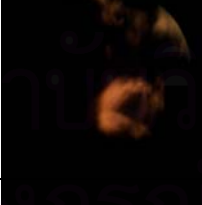

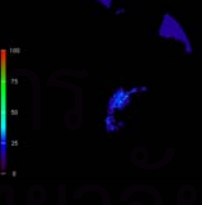
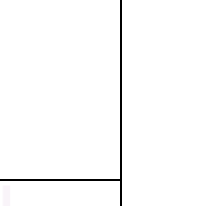


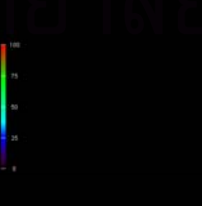
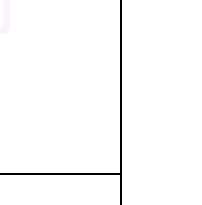

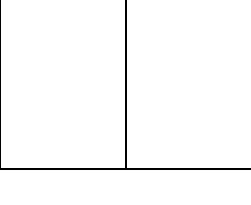
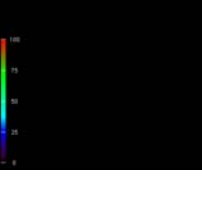
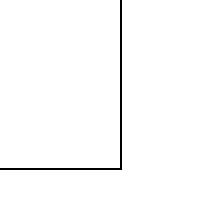
ตารางที่ 6-7 ซ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2500 rpm, 40 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-7 ฉ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2750 rpm, 20 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-7 ญ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีเซลและการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2750 rpm, 40 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-8 ก การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซซอลและการแจกแจงความน่าจะเป็นที่รอบเดินเบา


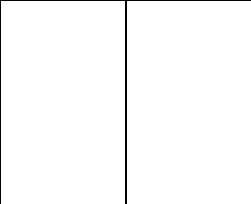
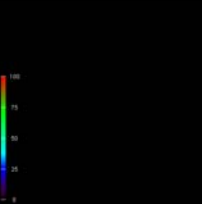

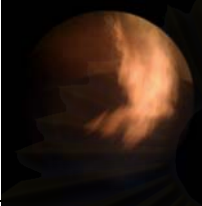

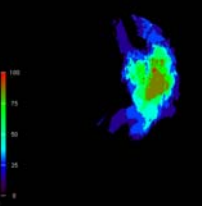



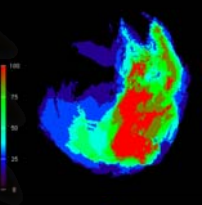

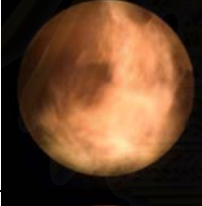
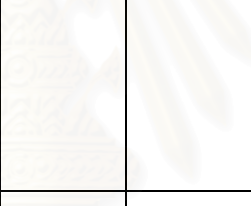
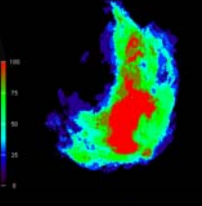


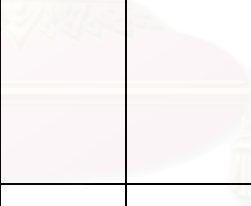
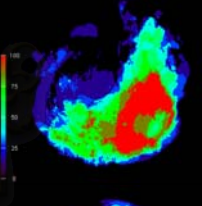



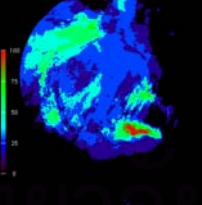



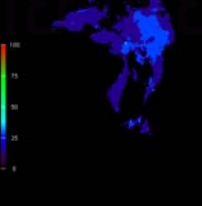


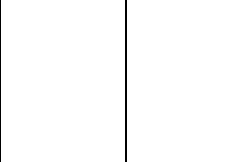


	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-8 ข การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซซอลและการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 1000 rpm, 20 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				



ตารางที่ 6-8 ค การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 1000 rpm, 30 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-8 ง การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซซอลด์และการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2000 rpm, 30 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-8 จ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซสอลด์และการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2000 rpm, 50 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-8 ฉ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2250 rpm, 10 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-8 ข การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซซอลด์และการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2250 rpm, 20 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-8 ซ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซสอลและการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2500 rpm, 40 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				



ตารางที่ 6-8 ฉ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2750 rpm, 20 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ตารางที่ 6-8 ญ การเปรียบเทียบภาพเปลวไฟดีไซฮอลล์และการแจกแจงความน่าจะเป็น  
ที่ 2750 rpm, 40 Nm.

	เปลวไฟ		การแจกแจงความน่าจะเป็น	
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

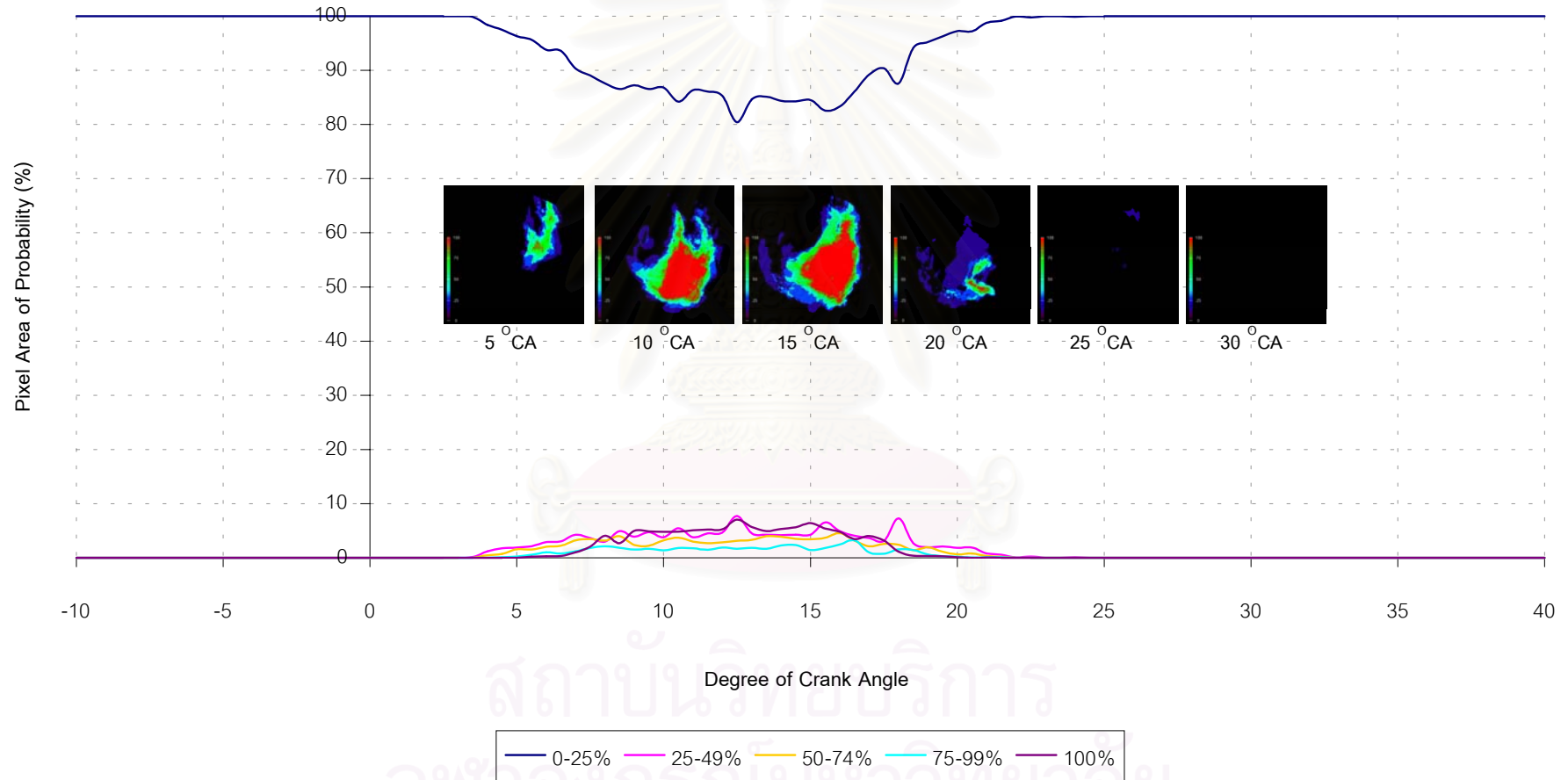
จากการพิจารณาภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเปลวไฟดีเซลและดีไซฮอลล์ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ พบว่าปรากฏการณ์การเผาไหม้จะเกิดหลังจากการฉีดสเปรย์เชื้อเพลิงและการเกิดสเปรย์ บริเวณรอบนอกและปลายของสเปรย์ที่ระเหยกกลายเป็นไอจะผสมกับอากาศแวดล้อมแล้วลุกไหม้เป็นเปลวไฟ เปลวไฟจะแพร่กระจายไปตามทิศทางของอากาศหมุน และแพร่กระจายลงสู่ connecting passage ในที่สุด และพบว่าลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งสองไม่ต่างกัน และเมื่อพิจารณาการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟของเชื้อเพลิงทั้งสองพบว่ามีแนวโน้มในการเคลื่อนที่เหมือนกันคือ เปลวไฟจะเกิดขึ้นหลังจากเชื้อเพลิงถูกฉีดไปช่วงเวลาหนึ่ง จากนั้นจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของอากาศหมุน และที่ช่วงองศาข้อเหวี่ยงหลัง เปลวไฟจะมอดลงและมีบางส่วนเคลื่อนที่ลงสู่ connecting passage ไปสู่ห้องเผาไหม้หลักในที่สุด

รูปที่ 6-7 และ 6-8 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ความน่าจะเป็นของเชื้อเพลิงดีเซลและดีไซฮอลล์ที่ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่จุดทำงานต่างๆ



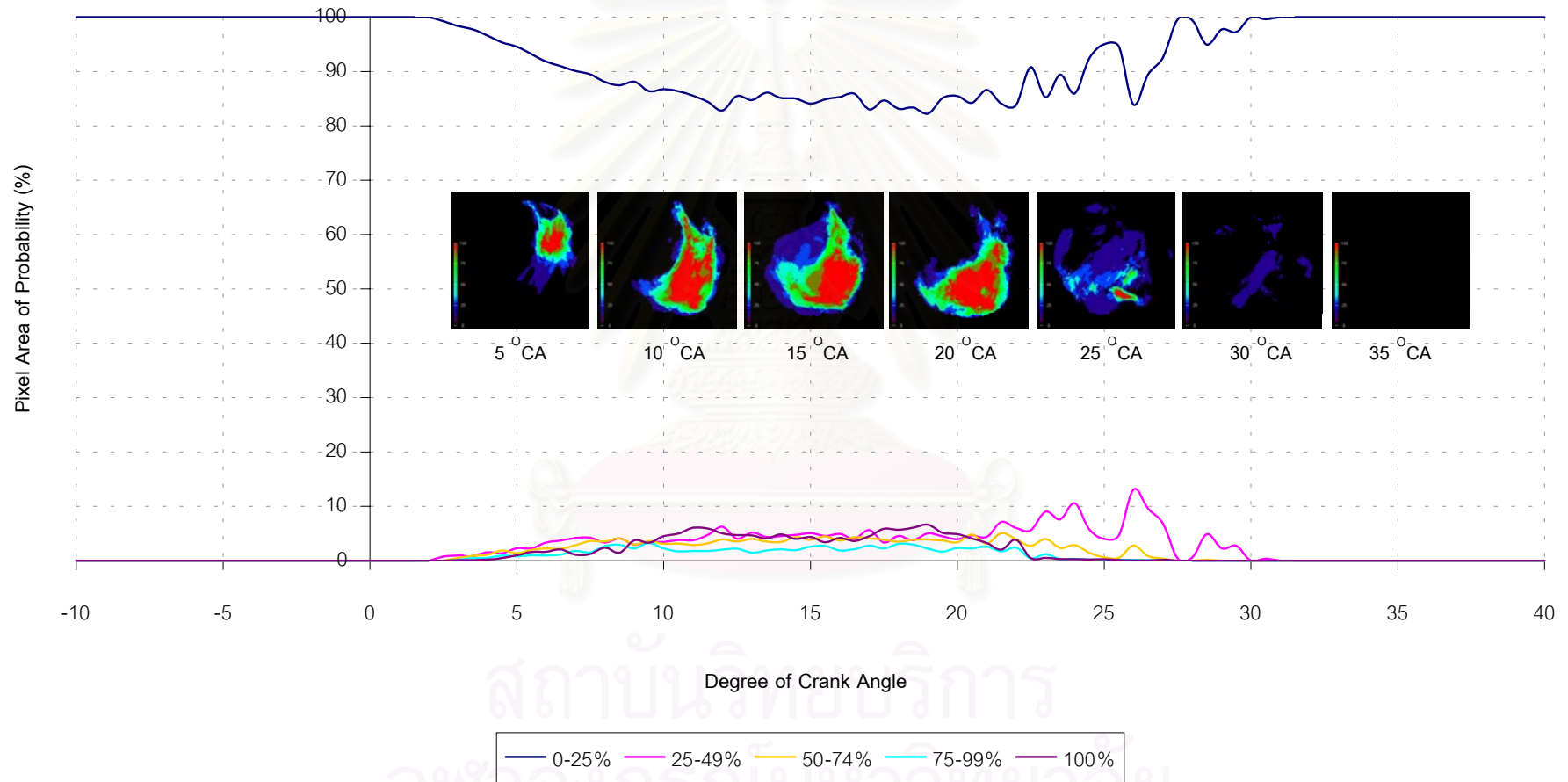
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### Pixel Area of Flame Probability Distribution of Based Diesel at Idle



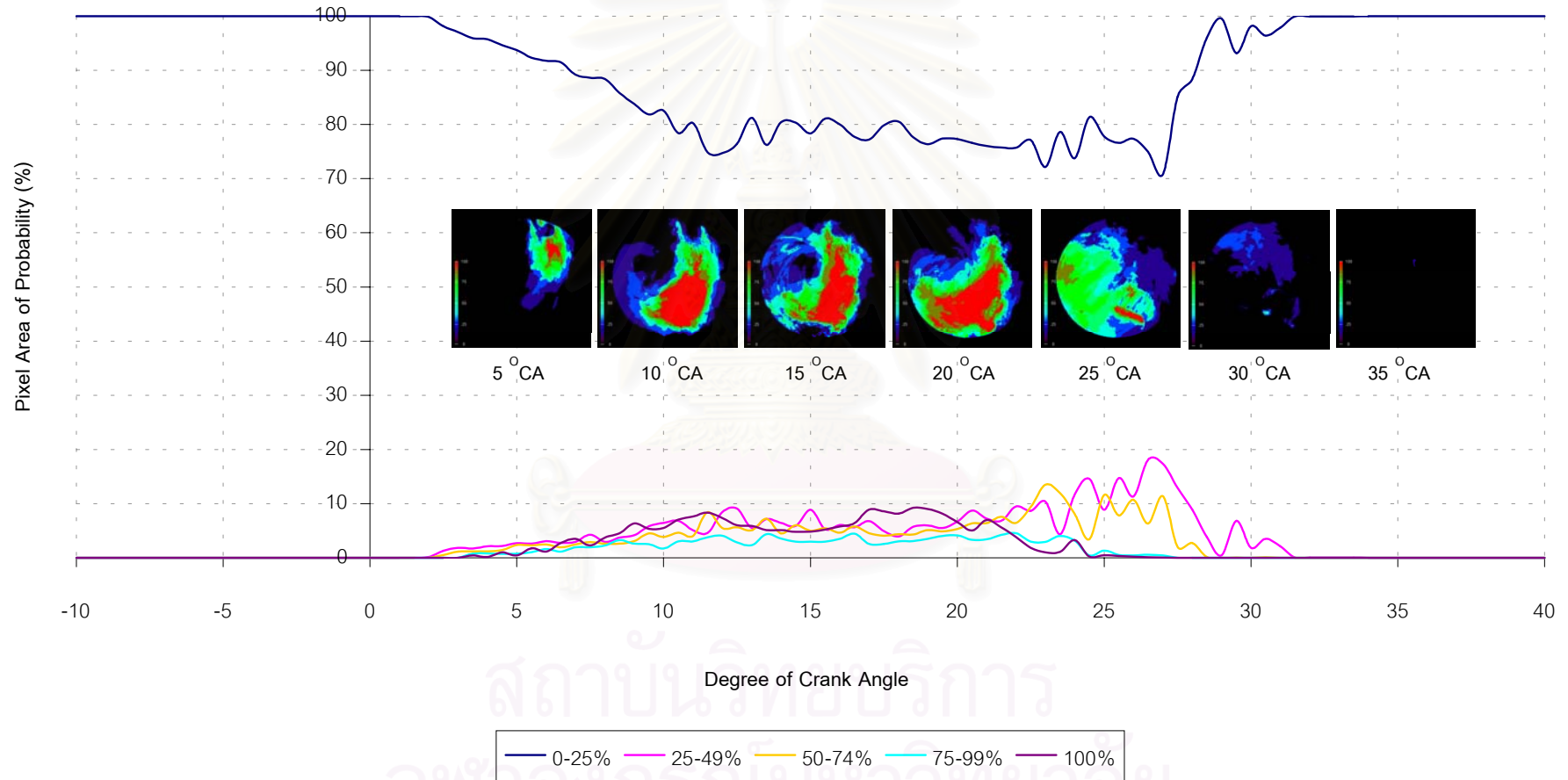
รูปที่ 6-7 ก กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของเชื้อเพลิงดีเซลที่รอบเดินเบา

Pixel Area of Flame Probability Distribution of Based Diesel at 1000 RPM, 20 Nm.



รูปที่ 6-7 ข กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของเชื้อเพลิงดีเซลที่ 1000 rpm, 20 Nm.

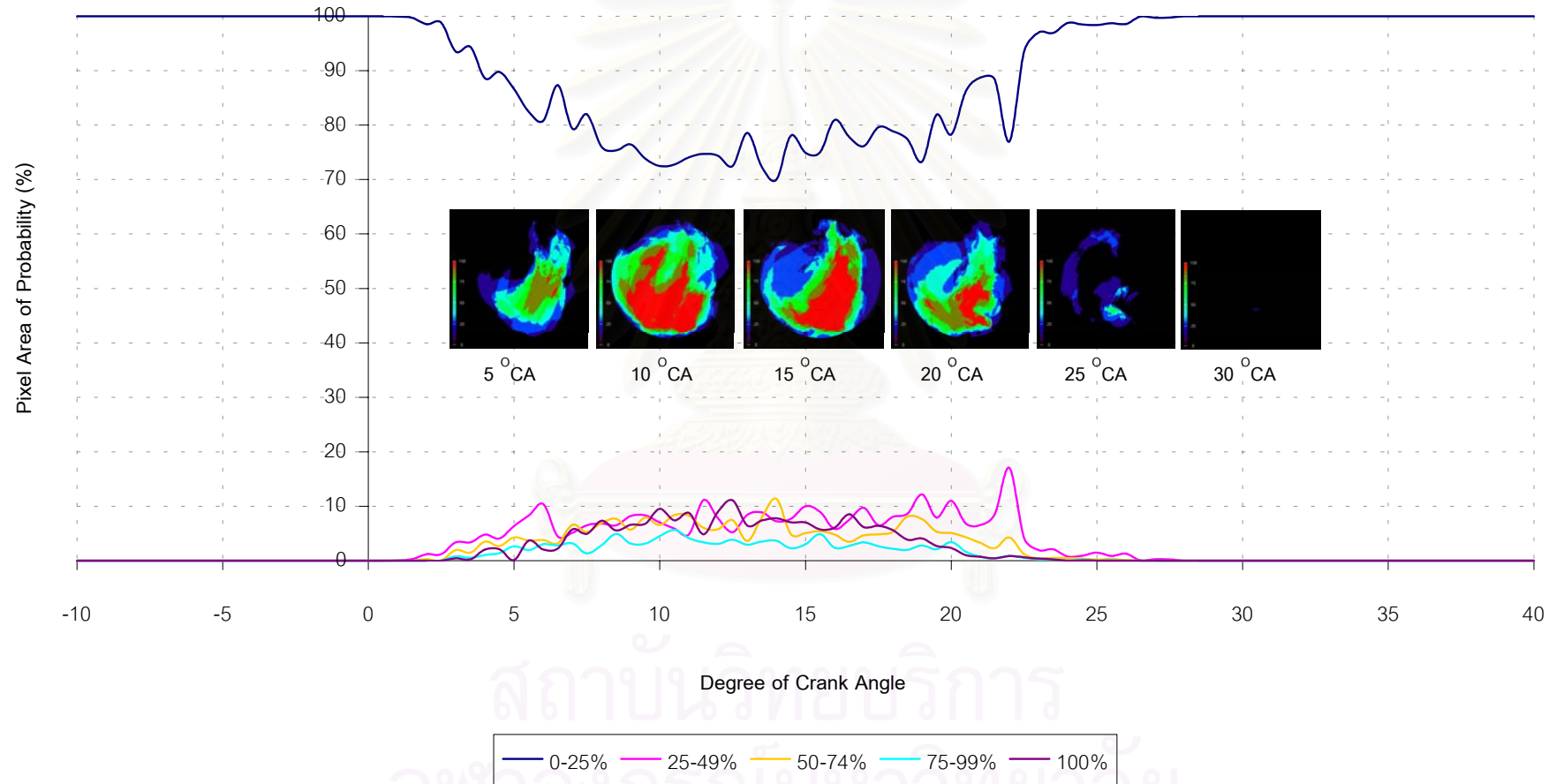
Pixel Area of Flame Probability Distribution of Based Diesel at 1000 RPM, 30 Nm.



รูปที่ 6-7 ค กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของเชื้อเพลิงดีเซลที่ 1000 rpm, 30 Nm.

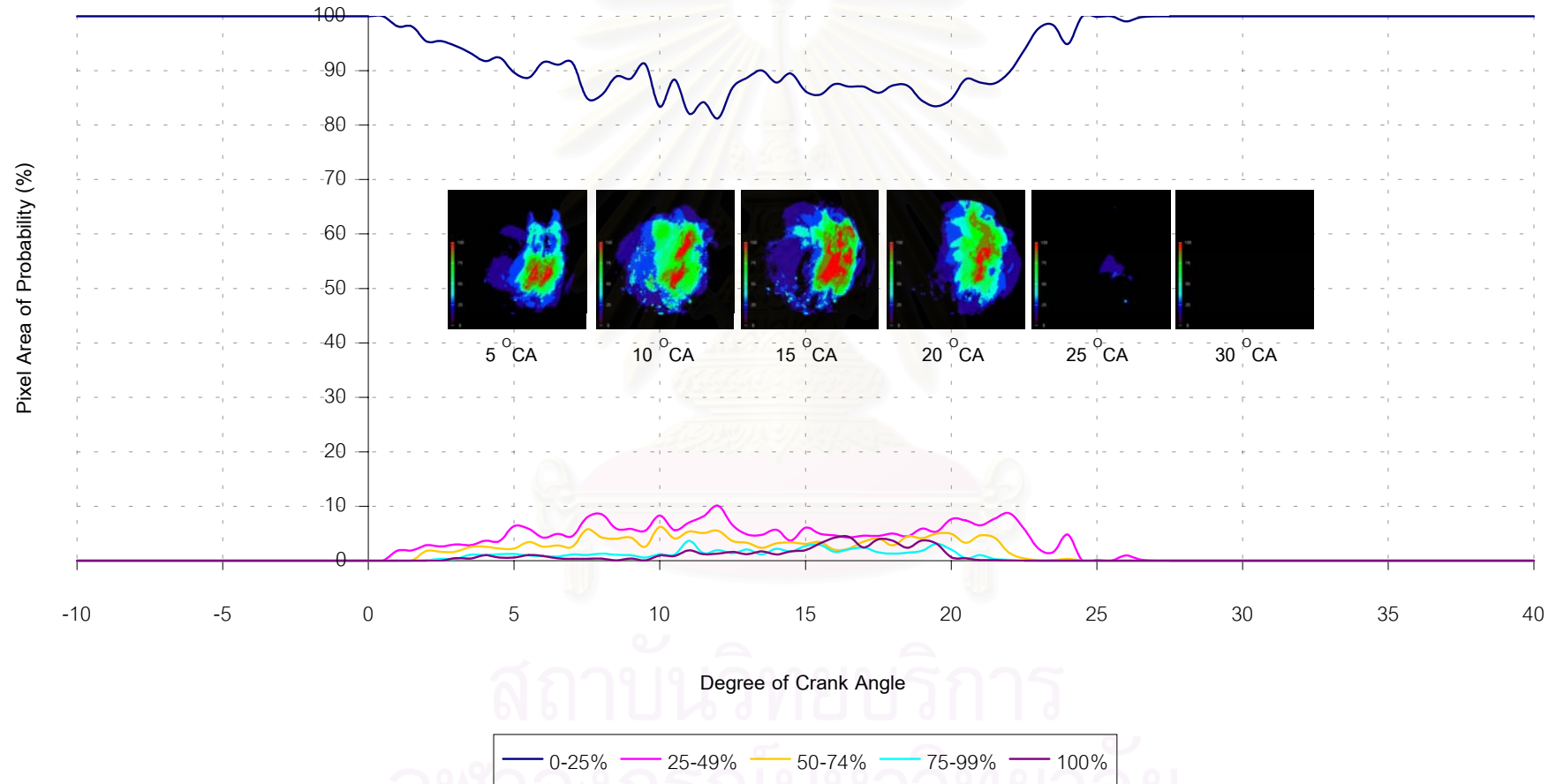


Pixel Area of Flame Probability Distribution of Based Diesel at 2000 RPM, 30 Nm.



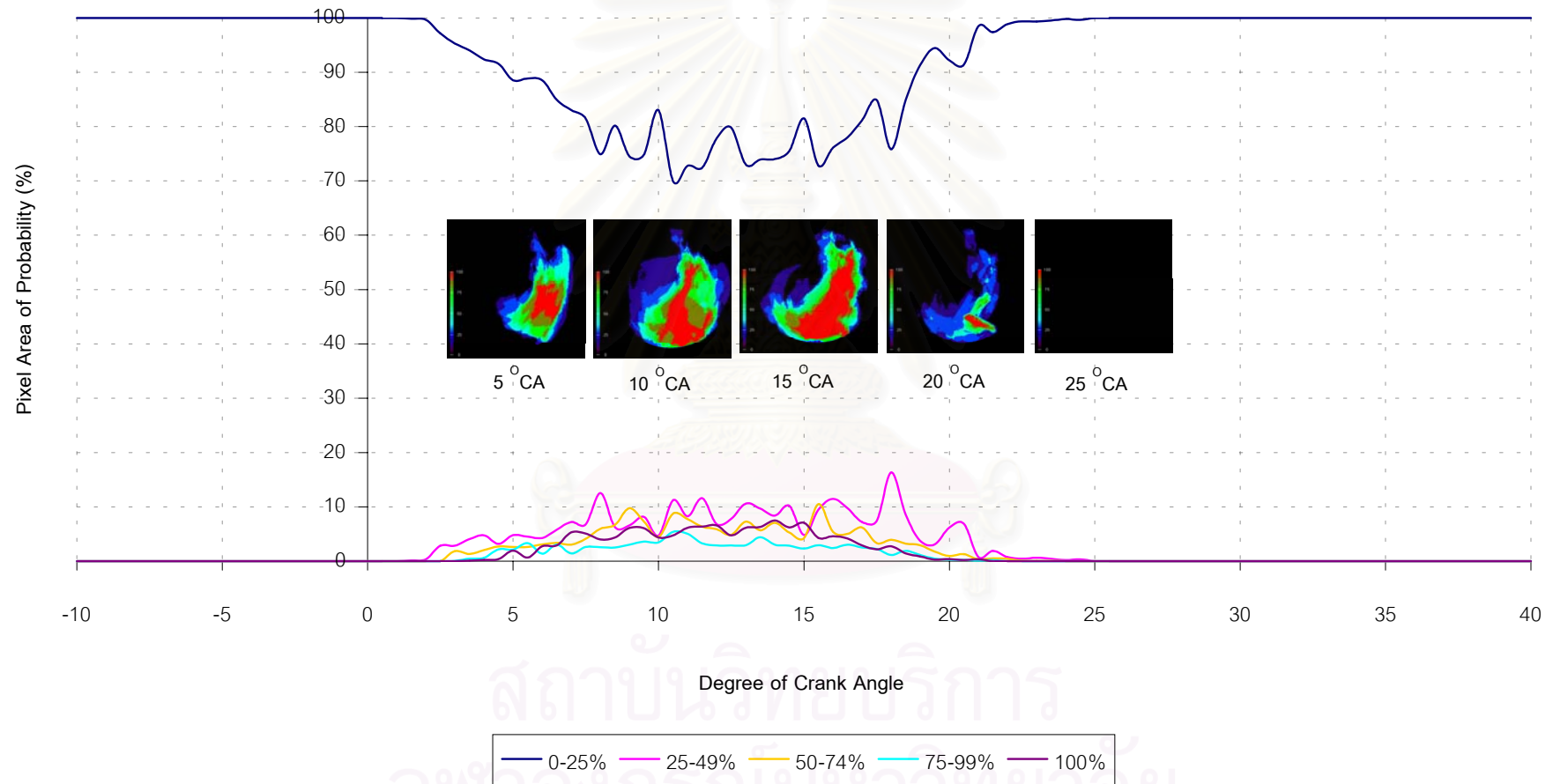
รูปที่ 6-7 ง กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของเชื้อเพลิงดีเซลที่ 2000 rpm, 30 Nm.

Pixel Area of Flame Probability Distribution of Based Diesel at 2000 RPM, 50 Nm.



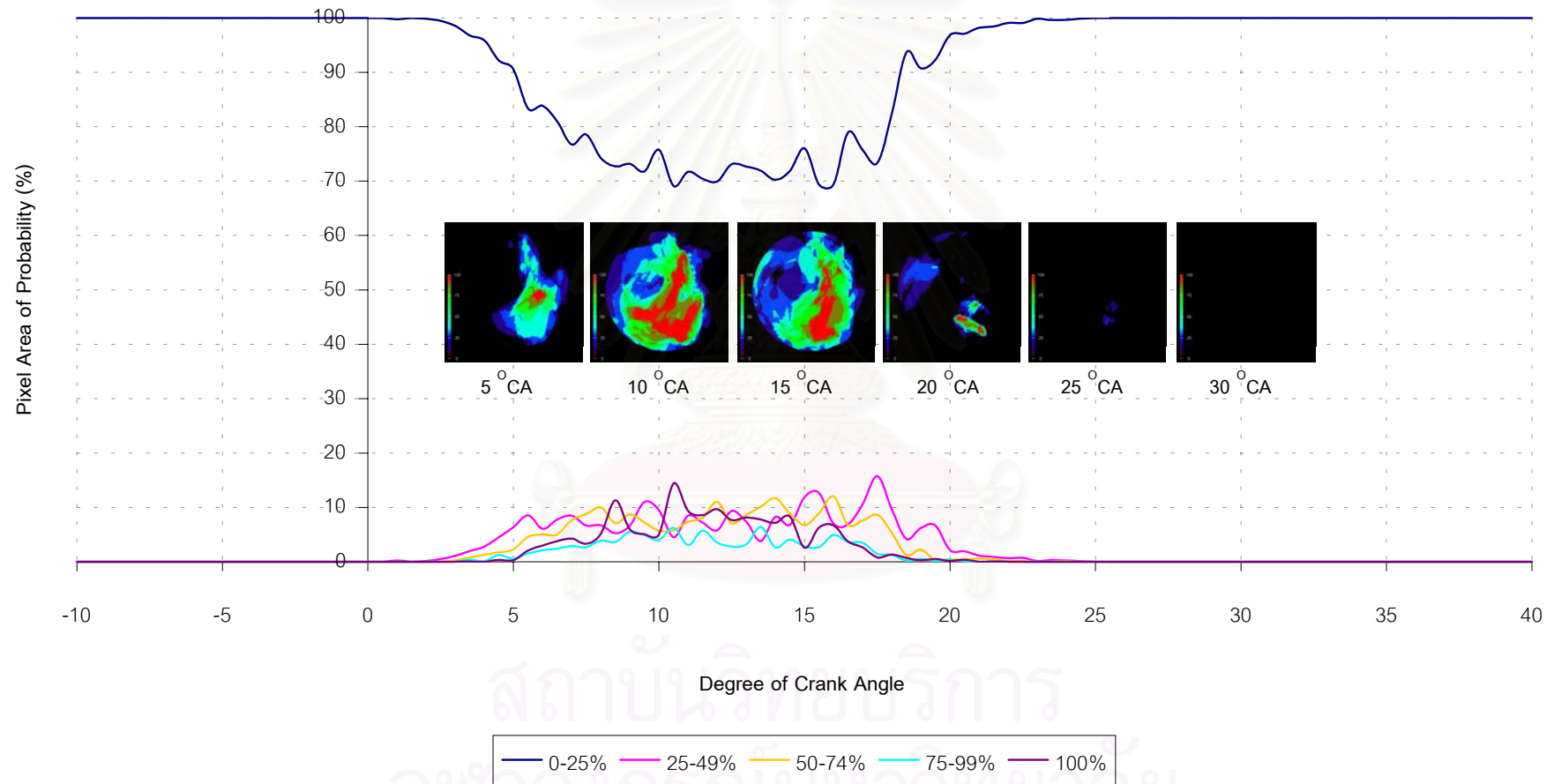
รูปที่ 6-7 จ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของเชื้อเพลิงดีเซลที่ 2000 rpm, 50 Nm.

Pixel Area of Flame Probability Distribution of Based Diesel at 2250 RPM, 10 Nm.



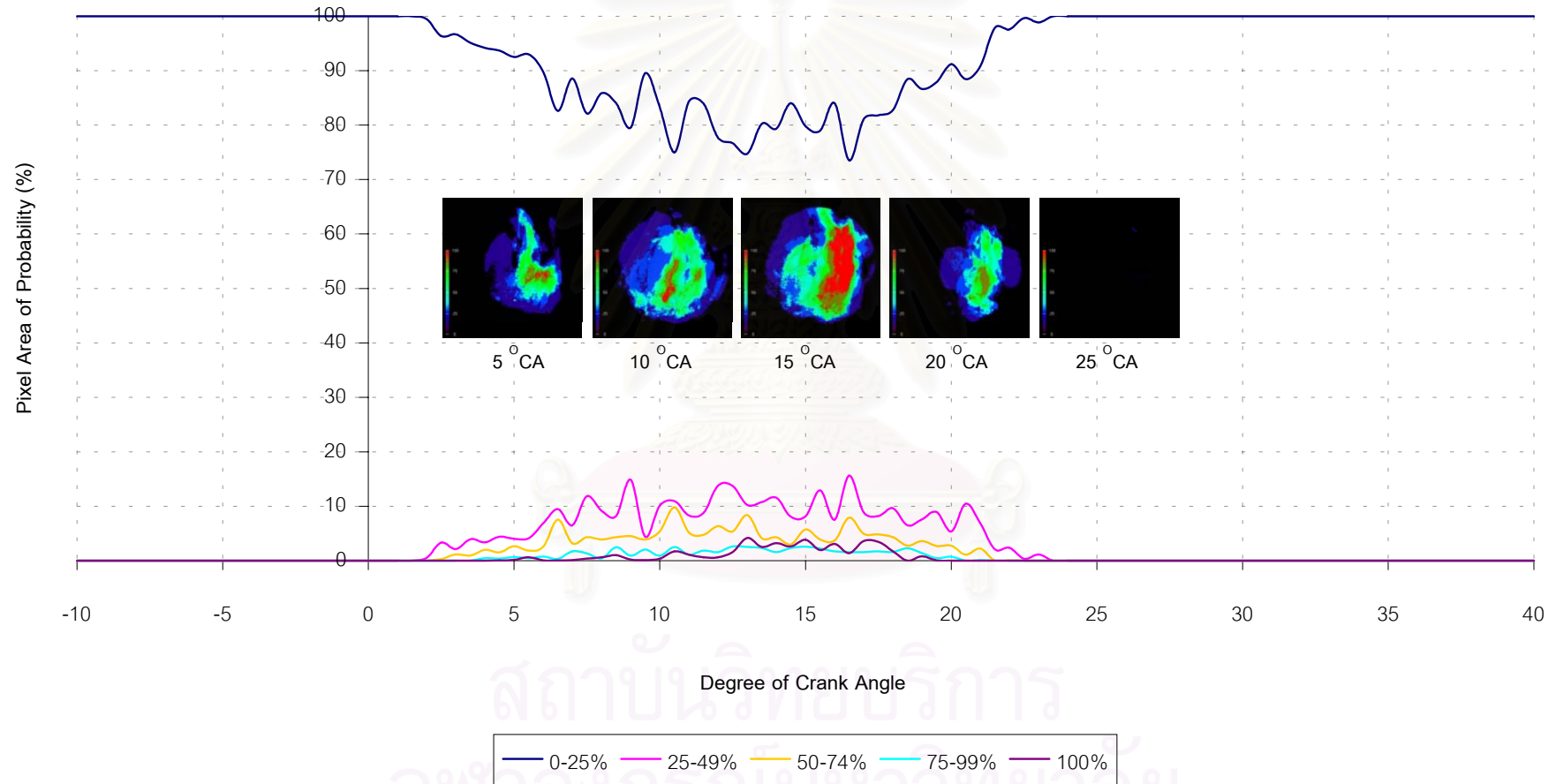
รูปที่ 6-7 จ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของเชื้อเพลิงดีเซลที่ 2250 rpm, 10 Nm.

Pixel Area of Flame Probability Distribution of Based Diesel at 2250 RPM, 20 Nm.



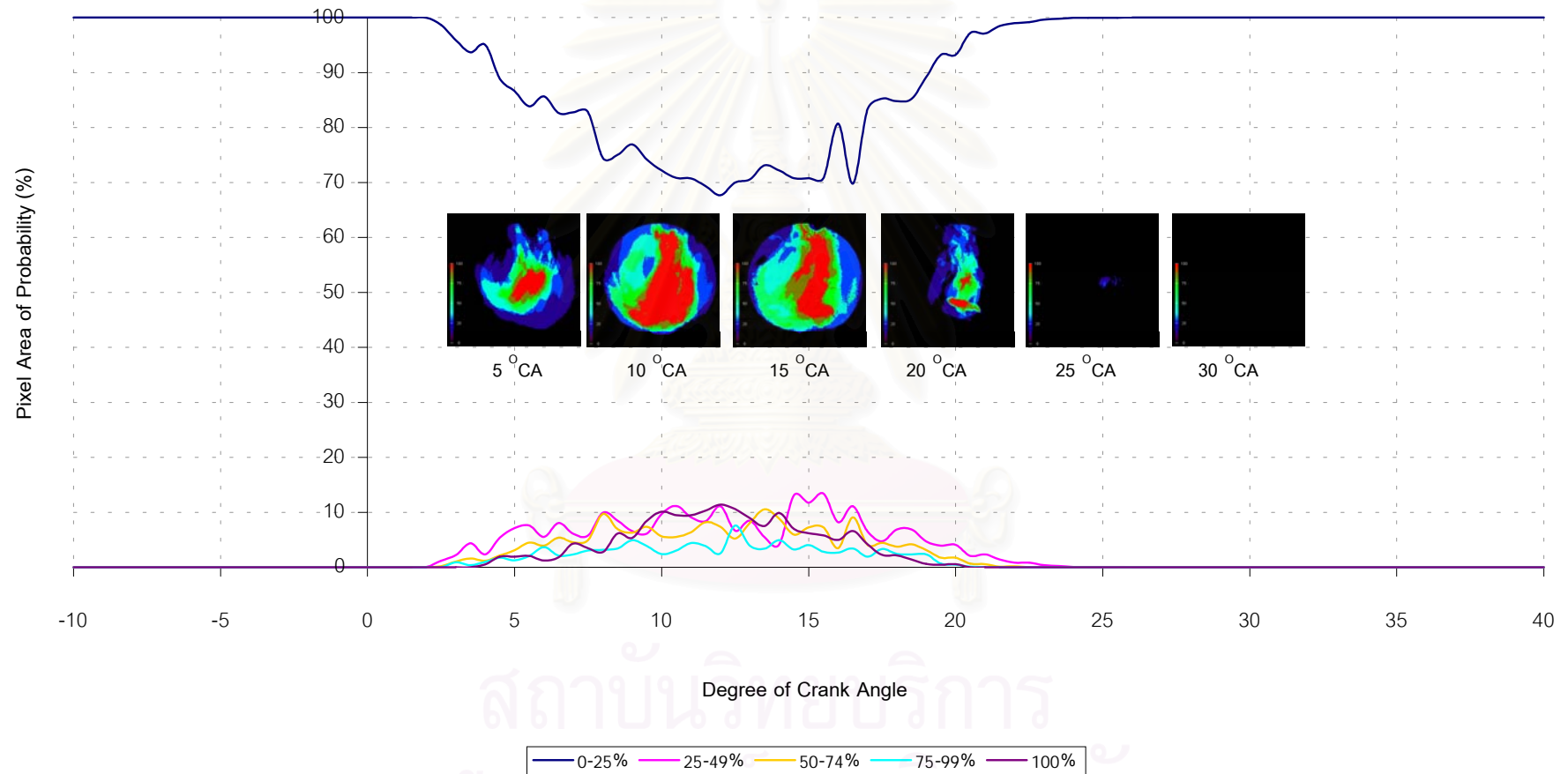
รูปที่ 6-7 ซ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของเชื้อเพลิงดีเซลที่ 2250 rpm, 20 Nm.

Pixel Area of Flame Probability Distribution of Based Diesel at 2500 RPM, 40 Nm.



รูปที่ 6-7 ซ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของเชื้อเพลิงดีเซลที่ 2500 rpm, 40 Nm.

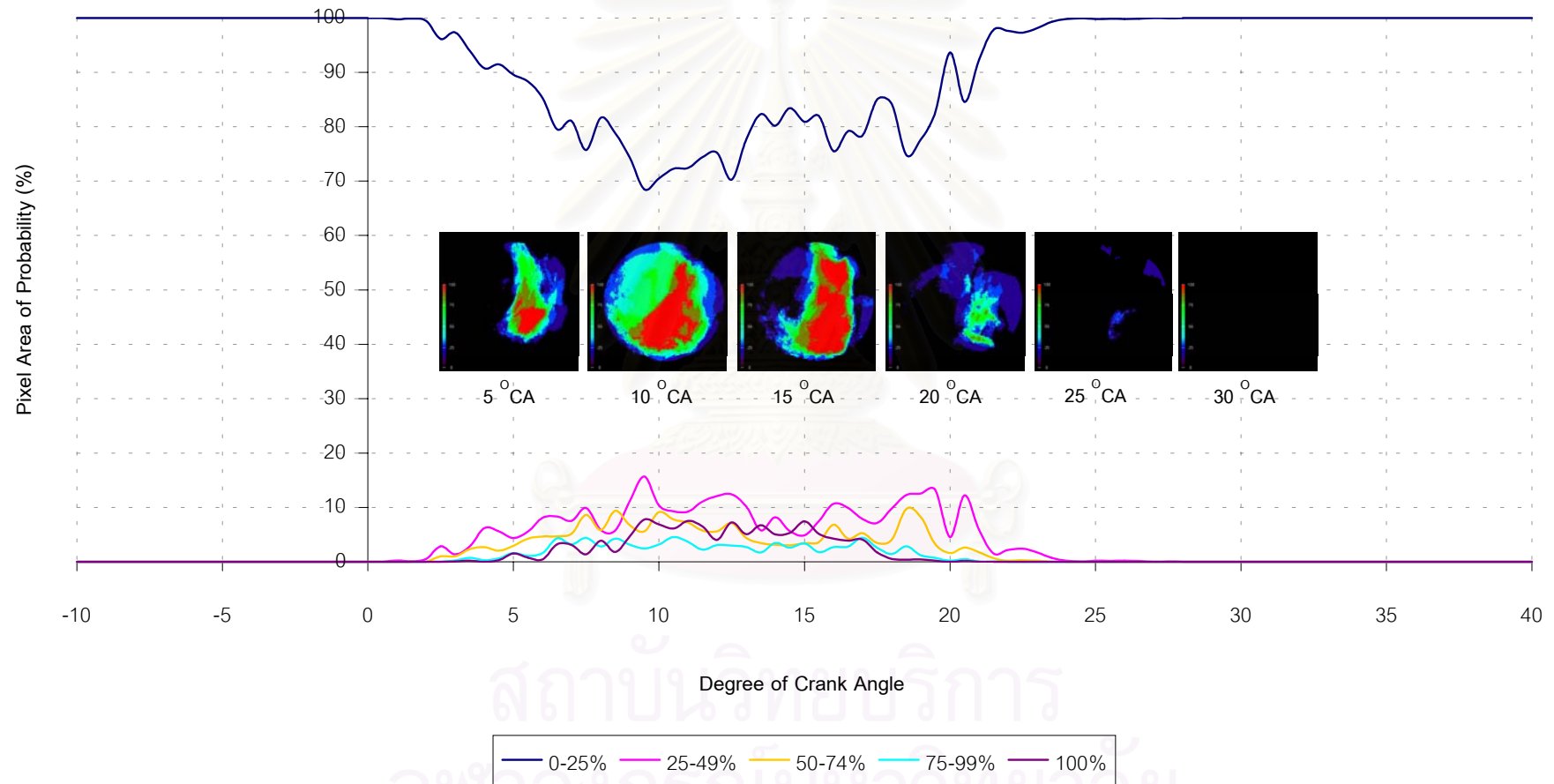
Pixel Area of Flame Probability Distribution of Diesel at 2750 RPM, 20 Nm.



รูปที่ 6-7 ฉ. กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของเชื้อเพลิงดีเซลที่ 2750 rpm, 20 Nm.

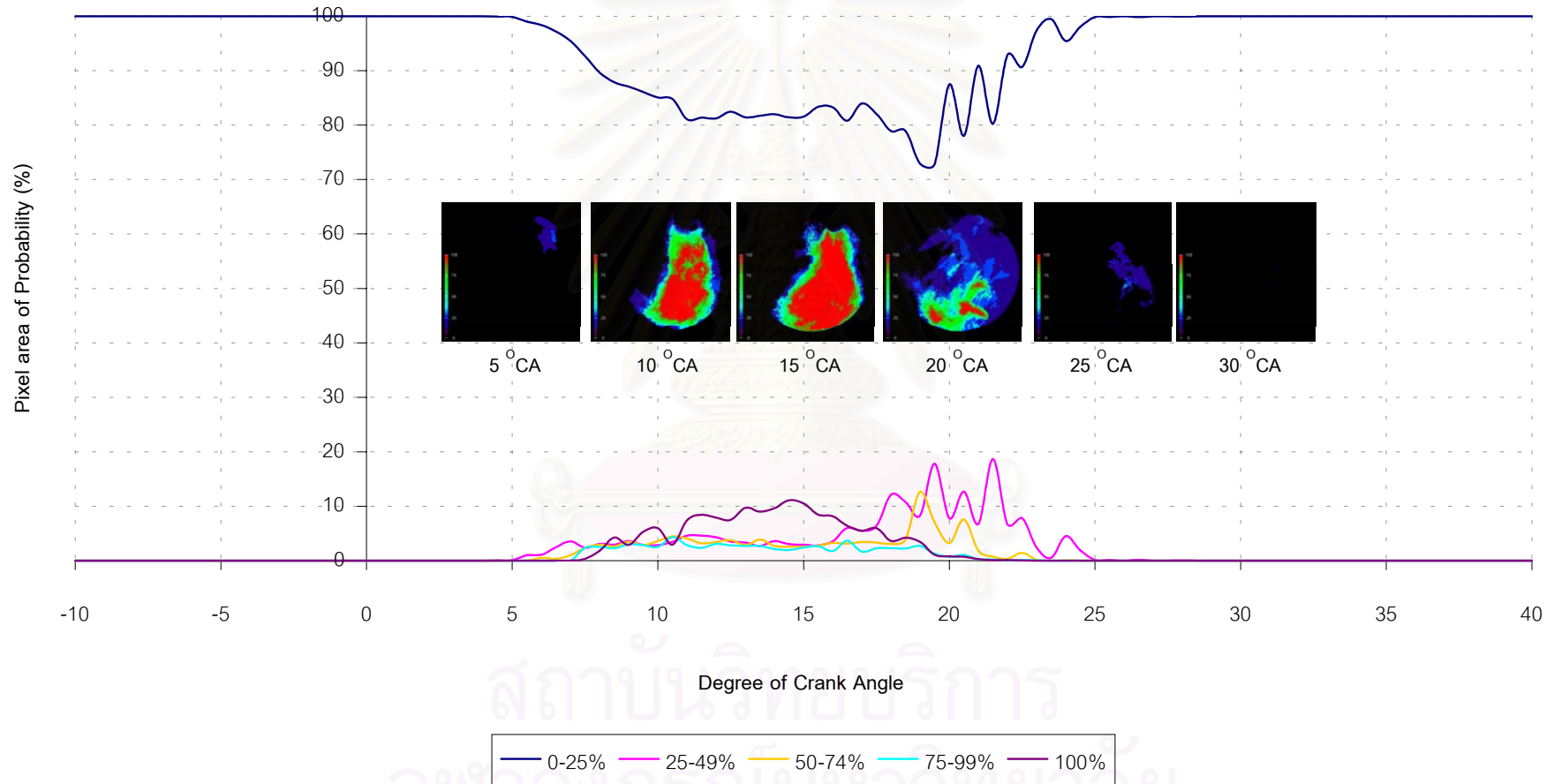


Pixel Area of Flame Probability Distribution of Based Diesel at 2750 RPM, 40 Nm.



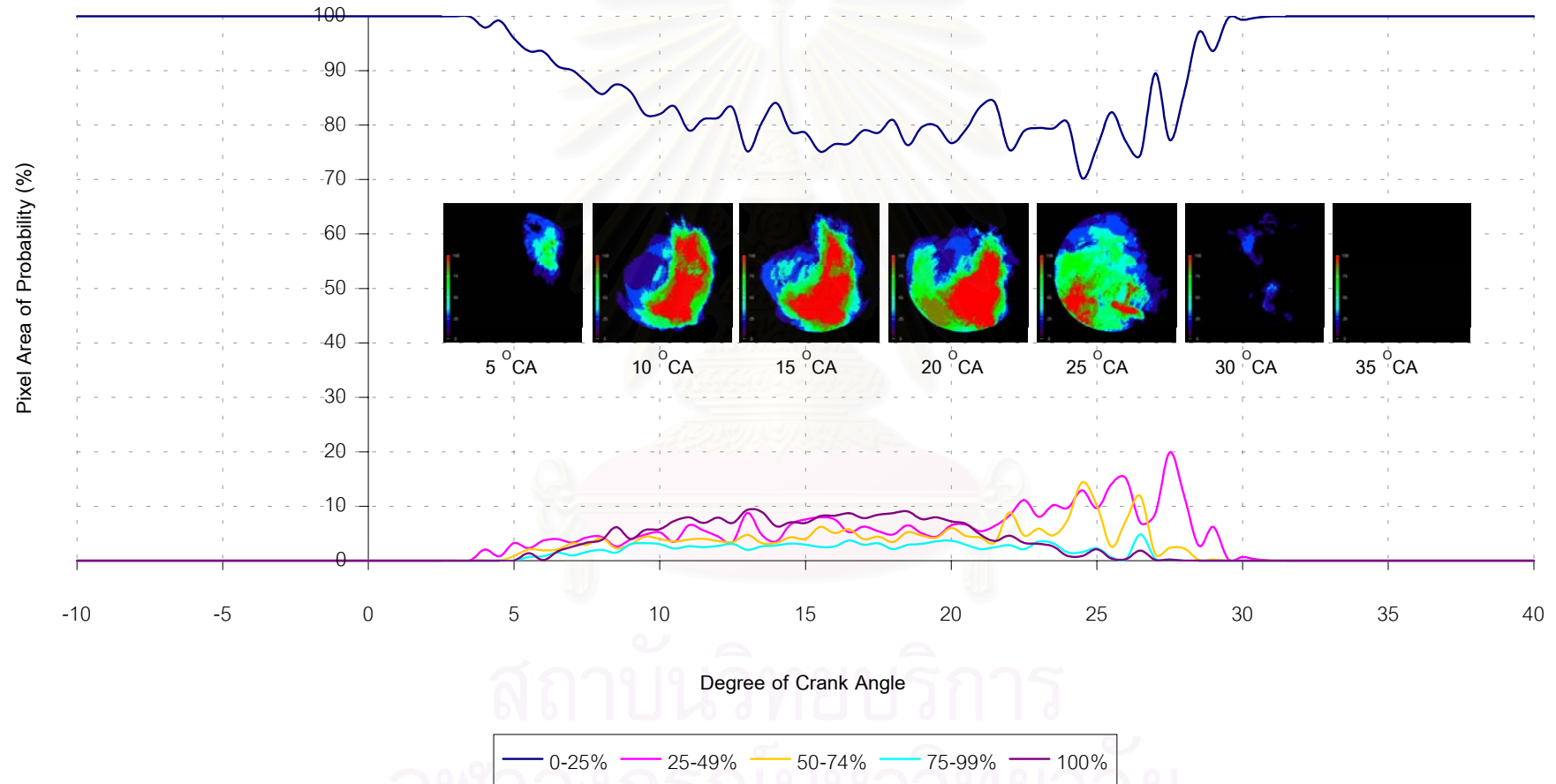
รูปที่ 6-7 ญ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของเชื้อเพลิงดีเซลที่ 2750 rpm, 40 Nm.

Pixel Area of Flame Probability Distribution of Diesohol at Idle



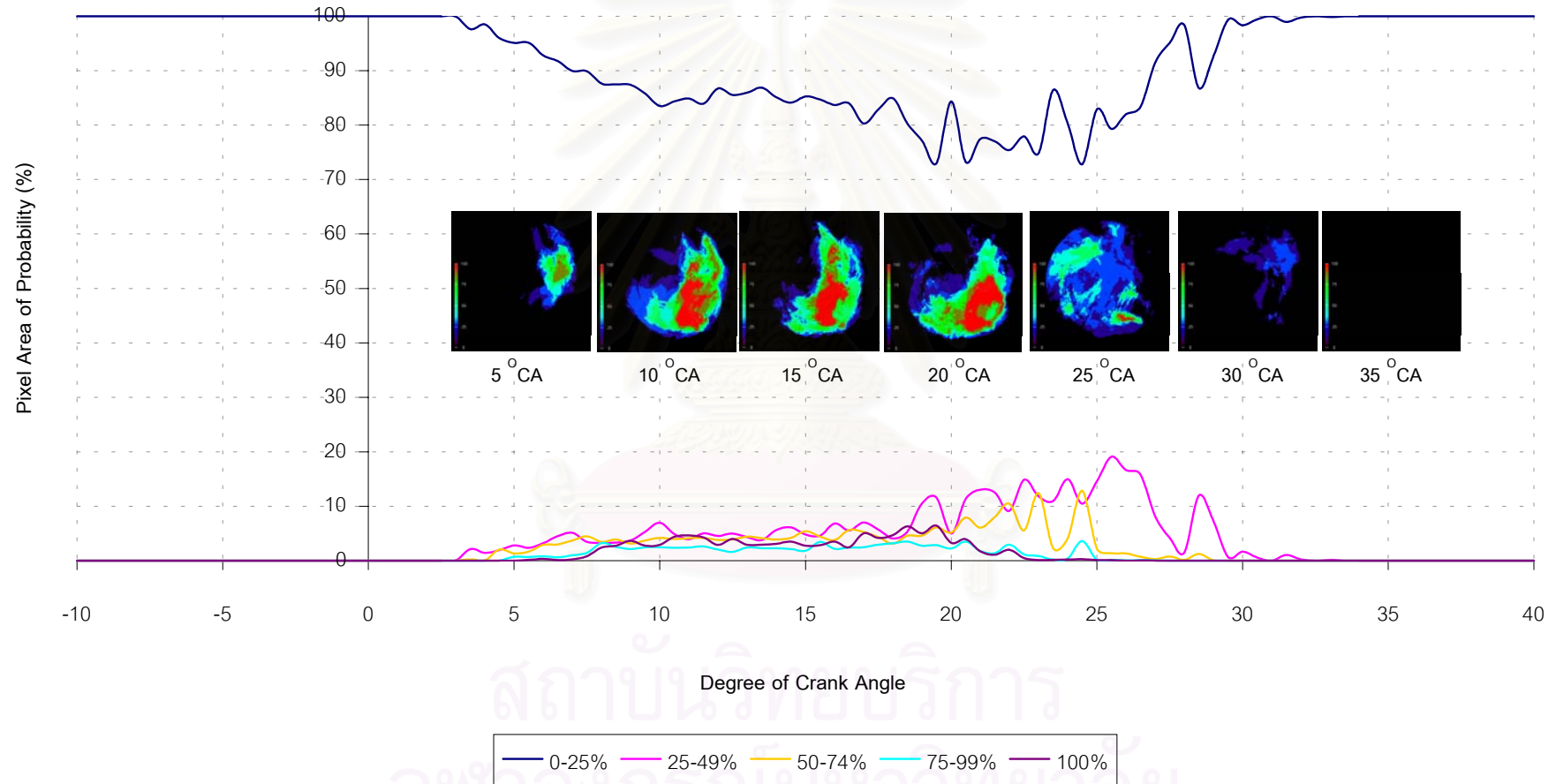
รูปที่ 6-8 ก กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่รอบเดินเบา

Pixel Area of Flame Probability Distribution of Diesohol at 1000 RPM, 20 Nm.



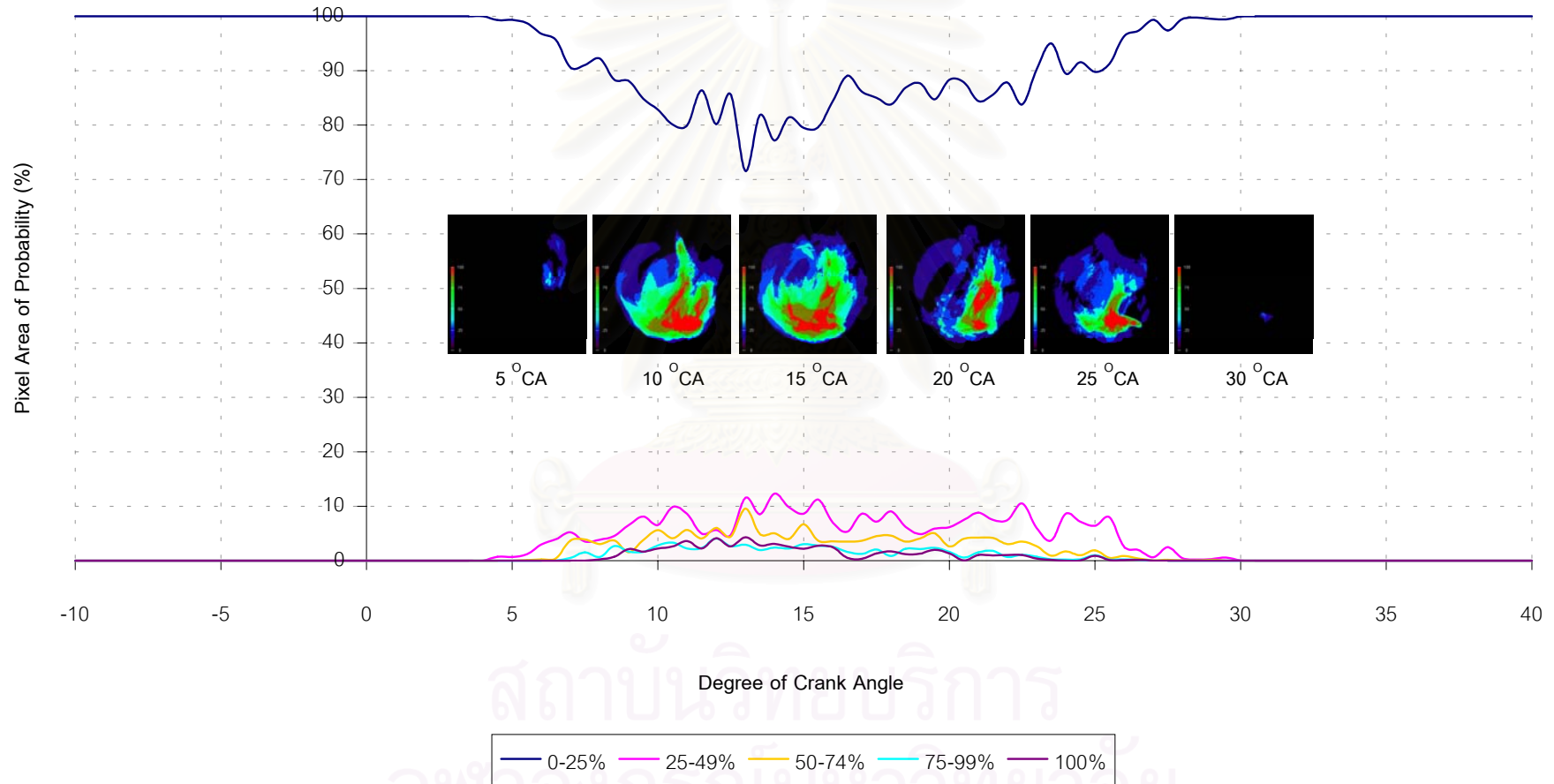
รูปที่ 6-8 ข กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่ 1000 rpm, 20 Nm.

Pixel Area of Flame Probability Distribution of Diesohol at 1000 RPM, 30 Nm.



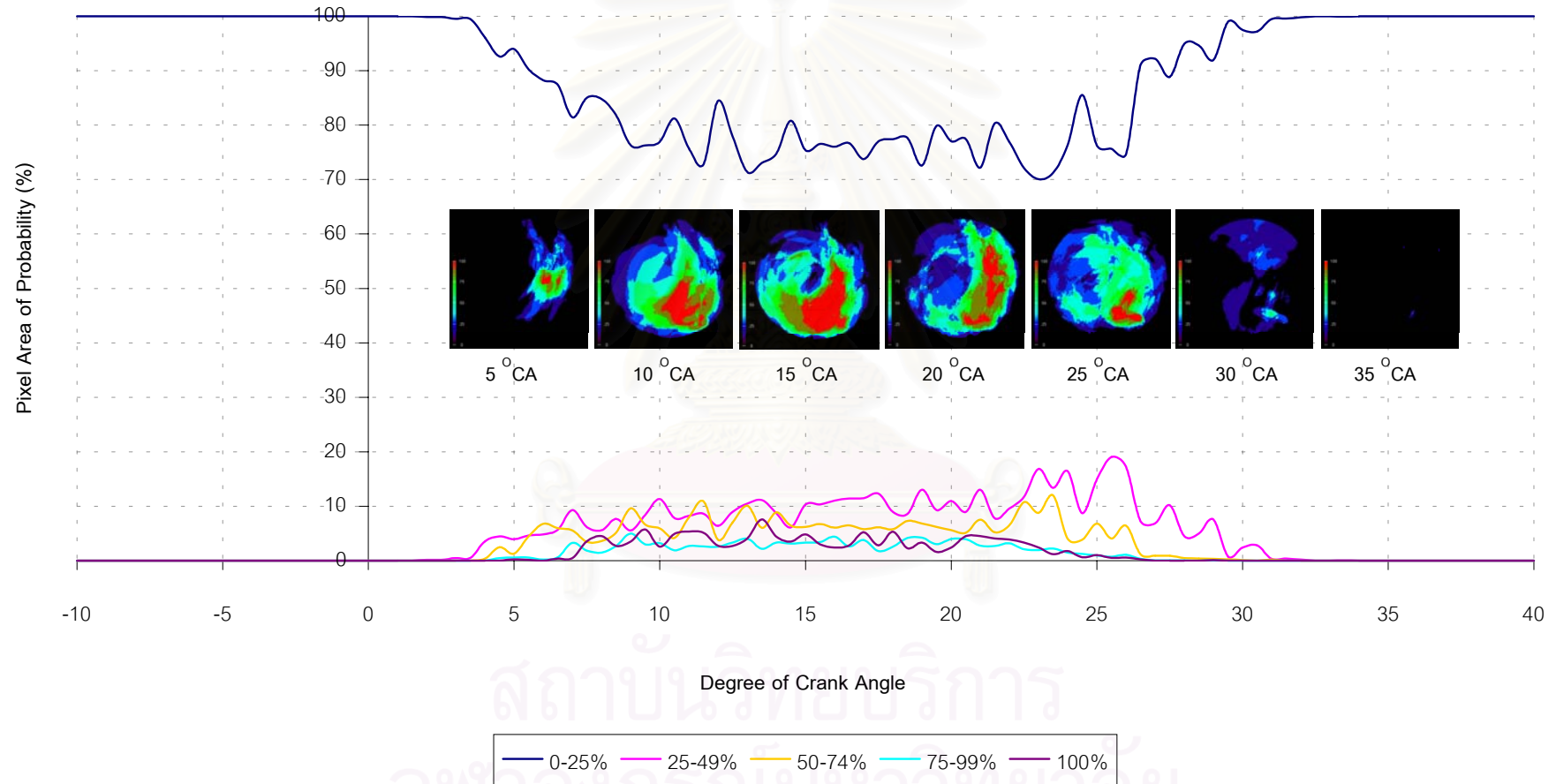
รูปที่ 6-8 ค กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลล์ที่ 1000 rpm, 30 Nm.

Pixel Area of Flame Probability Distribution of Diesohol at 2000 RPM, 30 Nm.



รูปที่ 6-8 ง กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่ 2000 rpm, 30 Nm.

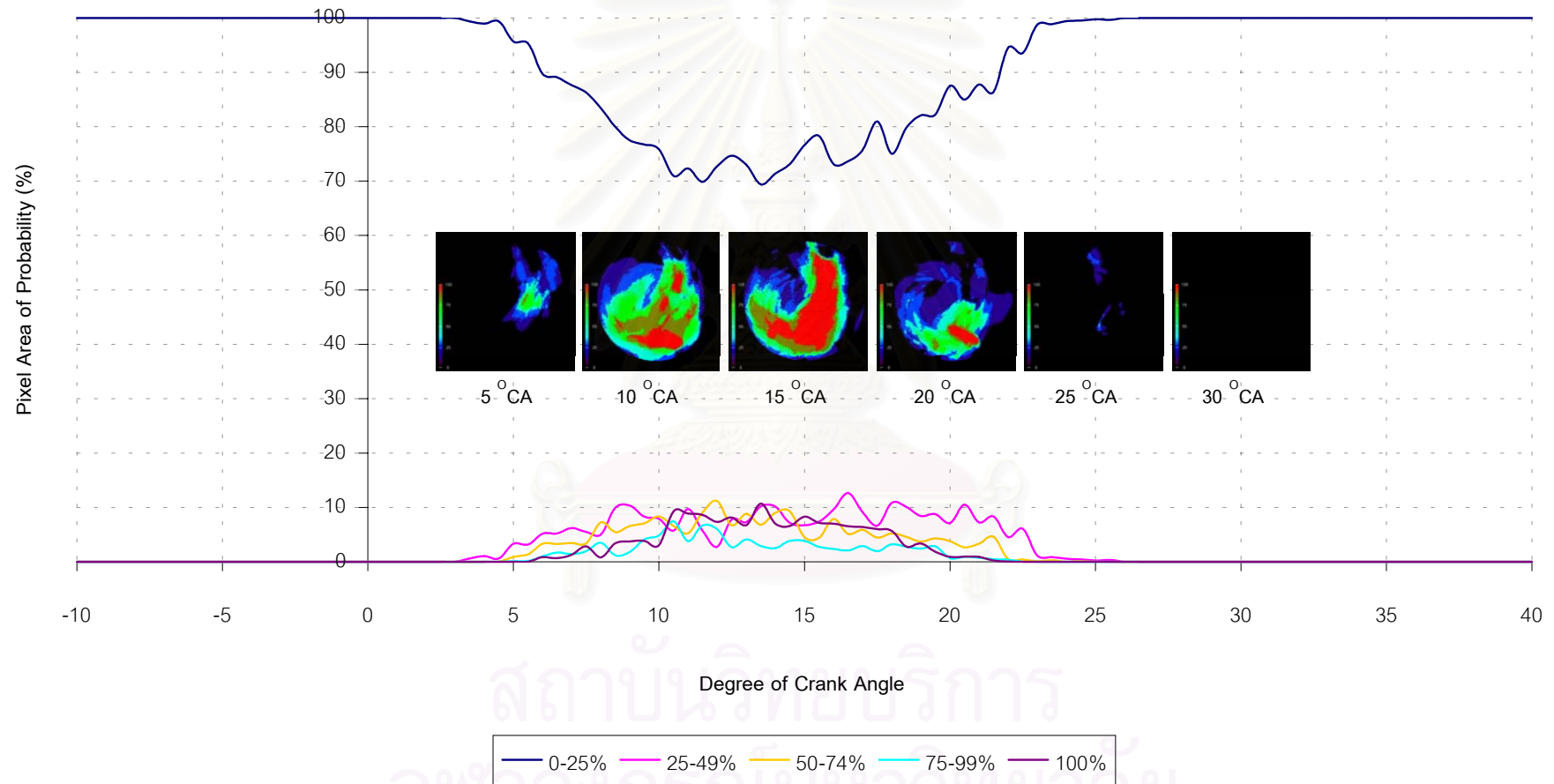
Pixel Area of Flame Probability Distribution of Diesohol at 2000 RPM, 50 Nm.



รูปที่ 6-8 จ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลล์ที่ 2000 rpm, 50 Nm.

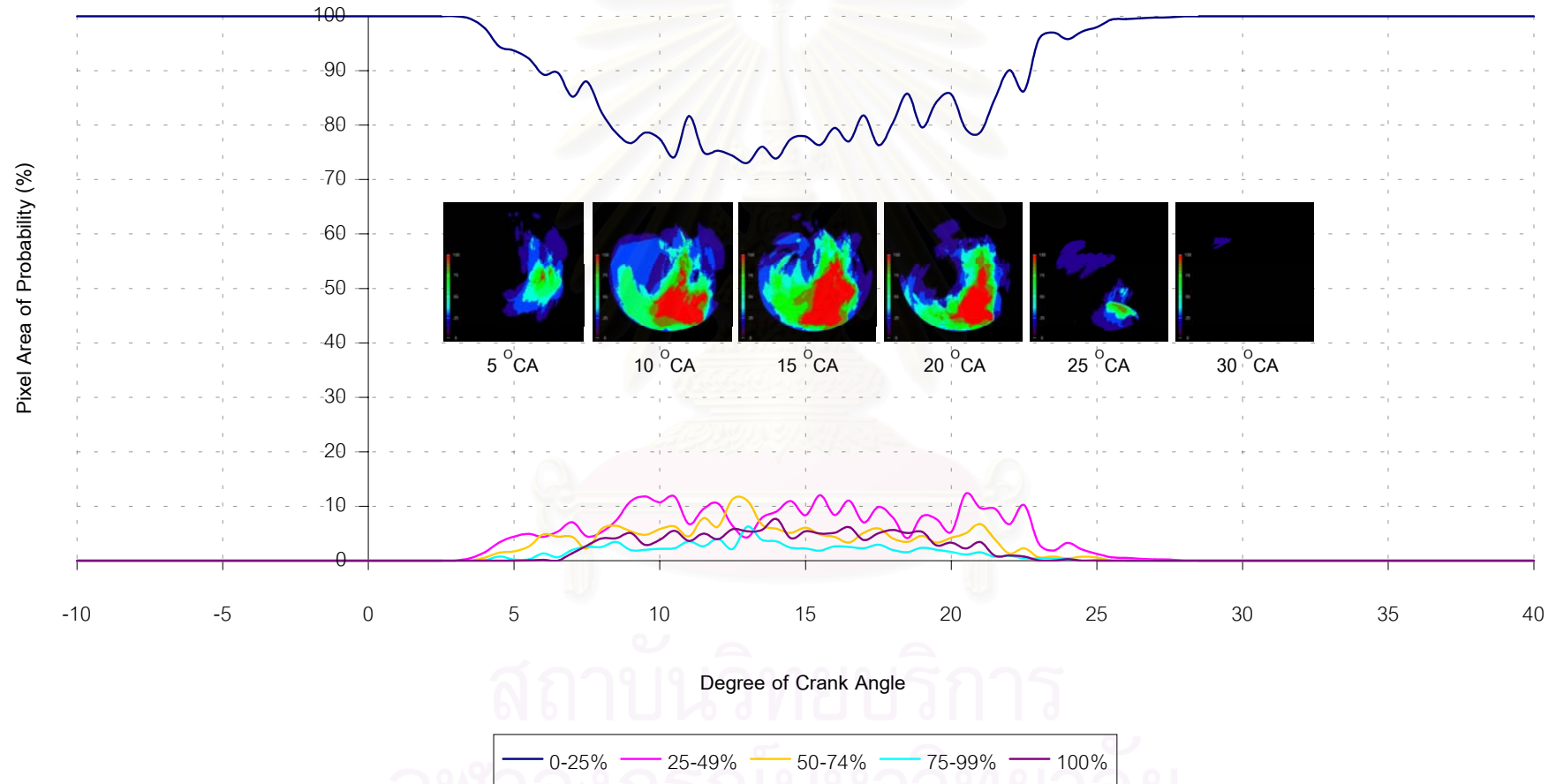


Pixel Area of Flame Probability Distribution of Diesohol at 2250 RPM, 10 Nm.



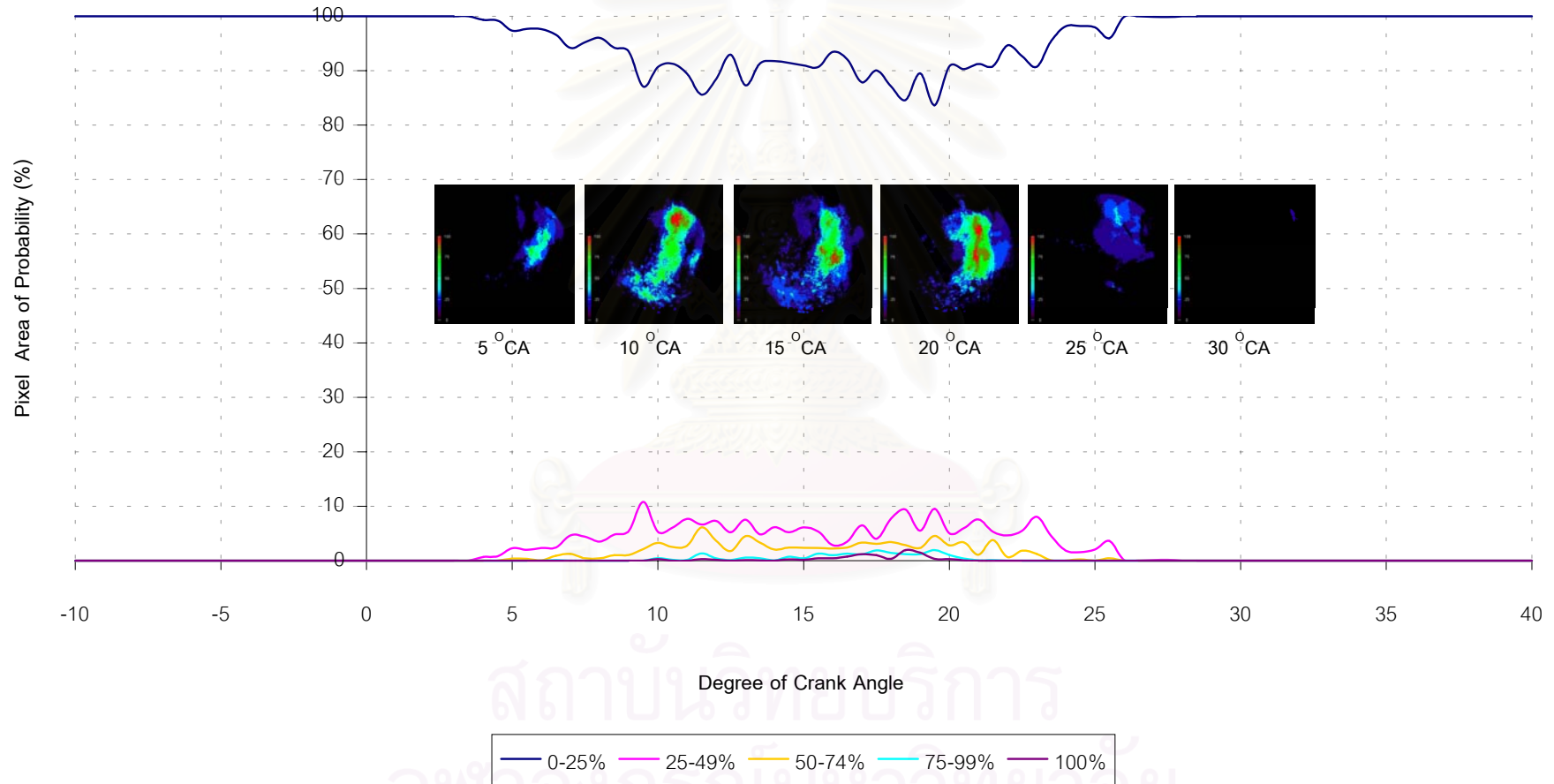
รูปที่ 6-8 จ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลล์ที่ 2250 rpm, 10 Nm.

Pixel Area of Flame Probability Distribution of Diesohol at 2250 RPM, 20 Nm.



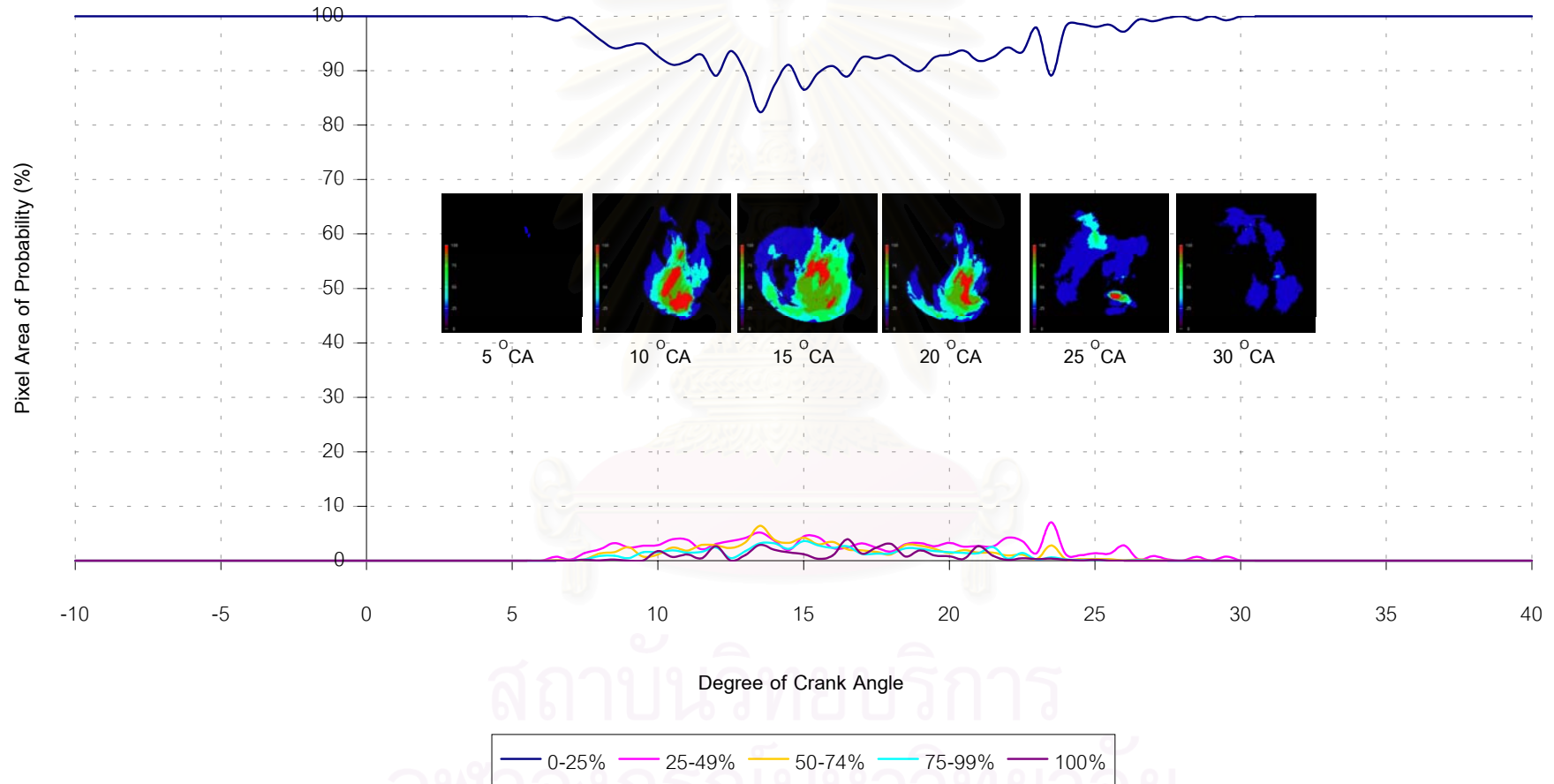
รูปที่ 6-8 ข กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่ 2250 rpm, 20 Nm.

Pixel Area of Flame Probability Distribution of Diesohol at 2500 RPM, 40 Nm.



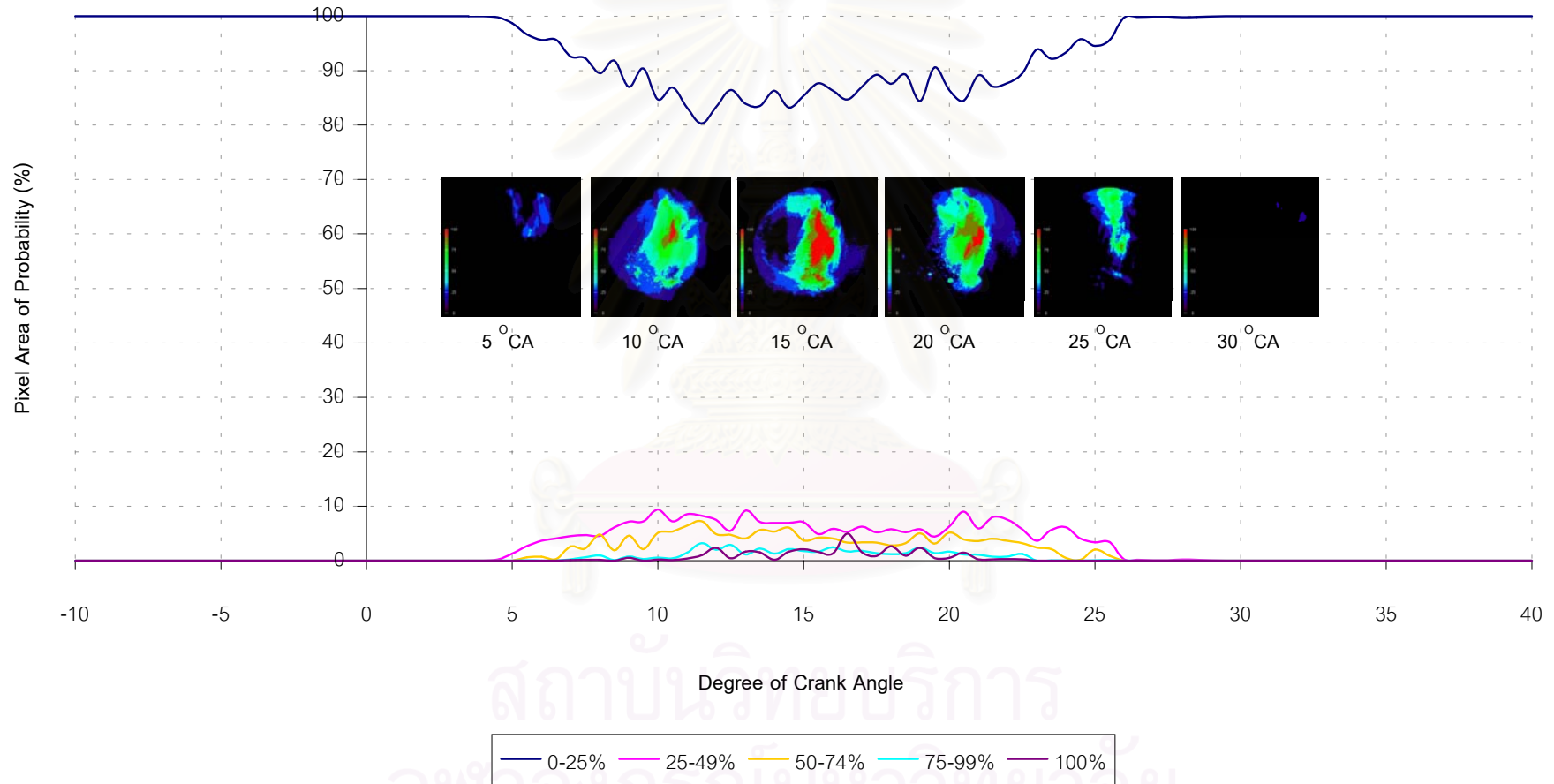
รูปที่ 6-8 ซึ่ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลล์ที่ 2500 rpm, 40 Nm.

Pixel Area of Flame Probability Distribution of Diesohol at 2750 RPM, 20 Nm.



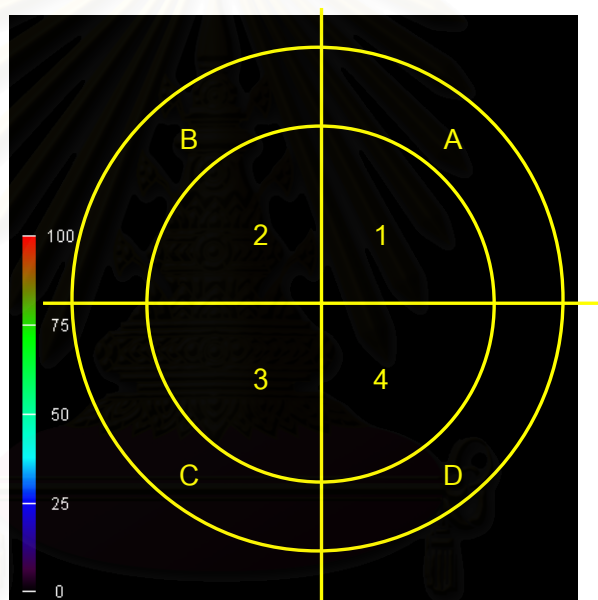
รูปที่ 6-8 ฉ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่ 2750 rpm, 20 Nm.

Pixel Area of Flame Probability Distribution of Diesohol at 2750 RPM, 40 Nm.



รูปที่ 6-8 ณ กราฟเปอร์เซ็นต์การแจกแจงความน่าจะเป็นของดีโซฮอลที่ 2750 rpm, 40 Nm.

จากรูปที่ 6-7 และ 6-8 สามารถขยายความได้โดยการแบ่งพื้นที่ของภาพถ่ายในห้องเผาไหม้เป็นส่วนๆ เพื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ครอบคลุมโดยเปลวไฟที่มีความน่าจะเป็นต่างๆ องศาข้อเหวี่ยงนั้นๆ ในที่นี้จะแบ่งพื้นที่ของภาพถ่ายในห้องเผาไหม้ออกเป็น 8 ส่วน คือตัวเลข 1, 2, 3 และ 4 แสดงพื้นที่ที่รอบใน และตัวอักษร A, B, C และ D แสดงพื้นที่ที่รอบนอก ดังแสดงในรูปที่ 6-9 และจะพิจารณาความน่าจะเป็นในการเกิดเปลวไฟในช่วง 75-100 % ภาพการแบ่งพื้นที่เพื่อขยายความความหมายของการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีเซลและดีไซฮอลล์แสดงในรูปที่ 6-10 และ 6-11 ตามลำดับ และสรุปสัดส่วนของพื้นที่ที่เปลวไฟที่มีความน่าจะเป็น 75-100% เทียบกับส่วนนั้นแสดงในตารางที่ 6-9 และ 6-10 สำหรับเปลวไฟดีเซลและดีไซฮอลล์ตามลำดับ

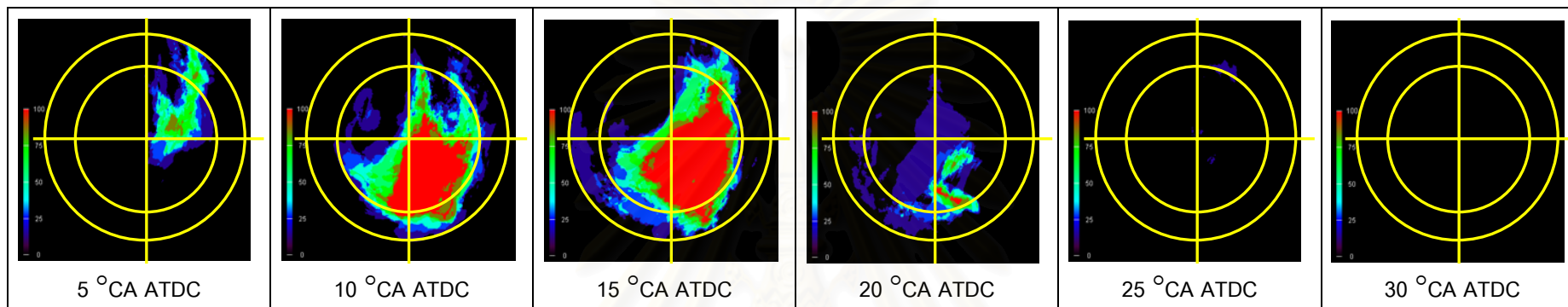


รูปที่ 6-9 การแบ่งพื้นที่เป็น 8 ส่วนเพื่อพิจารณาแนวโน้มของทิศทาง  
การเคลื่อนที่ของเปลวไฟ

สถาบันวิจัยการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



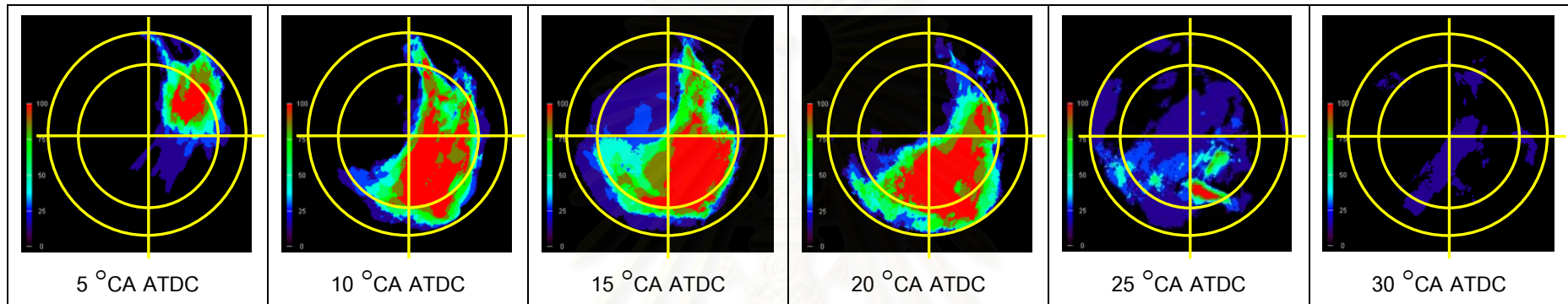
รูปที่ 6-10 ก ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีเซลที่รอบเดินเบา



ตารางที่ 6-9 ก สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่รอบเดินเบา

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	~10%	1	~20%	1	~40%	1	0	1	0	1	0
A	~5%	A	0	A	~5%	A	0	A	0	A	0
2	0	2	0	2	~5%	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	0	3	~25%	3	~30%	3	~1%	3	0	3	0
C	0	C	<10%	C	0	C	0	C	0	C	0
4	0	4	~80%	4	~90%	4	~10%	4	0	4	0
D	0	D	~15%	D	~10%	D	~2%	D	0	D	0

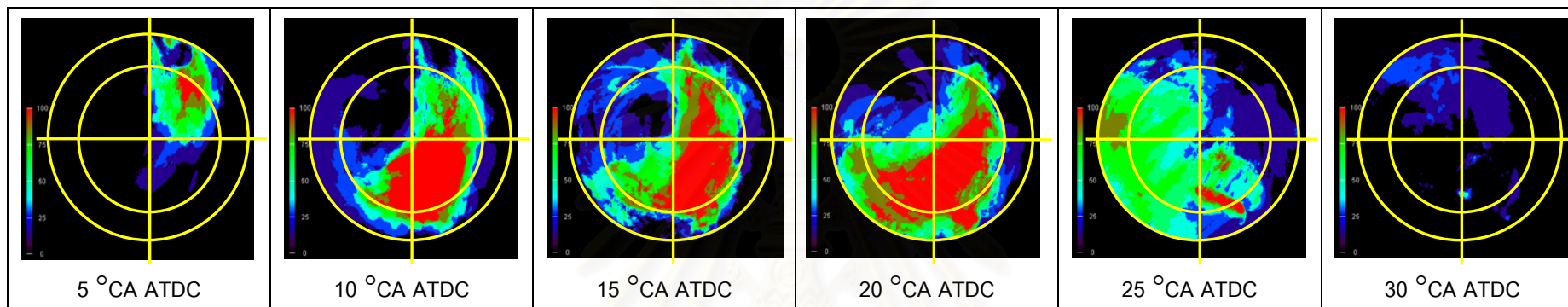
รูปที่ 6-10 ข ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีเซลที่ 1000 rpm, 20 Nm.



ตารางที่ 6-9 ข สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 1000 rpm, 20 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	~40%	1	~30%	1	~25%	1	~25%	1	0	1	0
A	~10%	A	~5%	A	~5%	A	0	A	0	A	0
2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	0	3	~20%	3	~40%	3	~50%	3	0	3	0
C	0	C	0	C	~5%	C	<10%	C	0	C	0
4	0	4	~90%	4	~90%	4	~80%	4	~15%	4	0
D	0	D	<20%	D	<15%	D	~25%	D	0	D	0

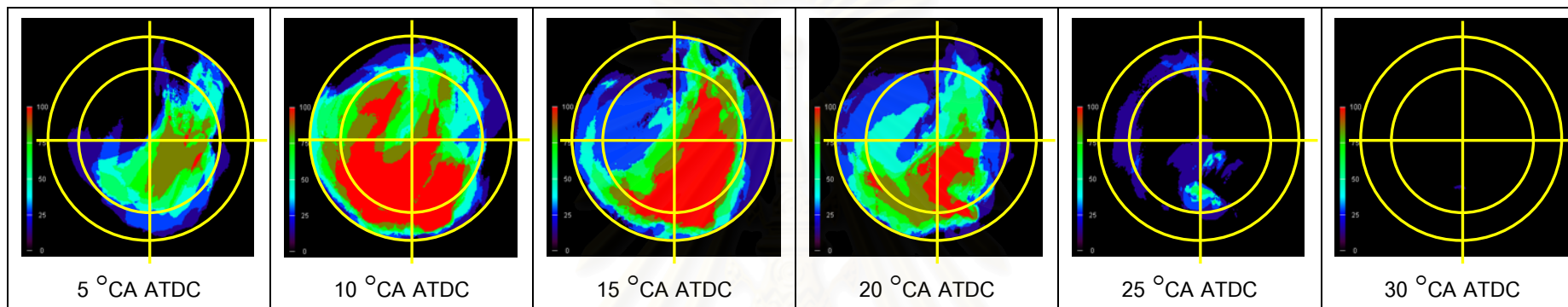
รูปที่ 6-10 ค ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีเซลที่ 1000 rpm, 30 Nm.



ตารางที่ 6-9 ค สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 1000 rpm, 30 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	~20%	1	~25%	1	~50%	1	~40%	1	0	1	0
A	~10%	A	0	A	~10%	A	~5%	A	0	A	0
2	0	2	0	2	0	2	0	2	<5%	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	~20%	B	0
3	0	3	~40%	3	~25%	3	~70%	3	~5%	3	0
C	0	C	~10%	C	<10%	C	~50%	C	~10%	C	0
4	0	4	~80%	4	~80%	4	~80%	4	~15%	4	0
D	0	D	~20%	D	~10%	D	~25%	D	~10%	D	0

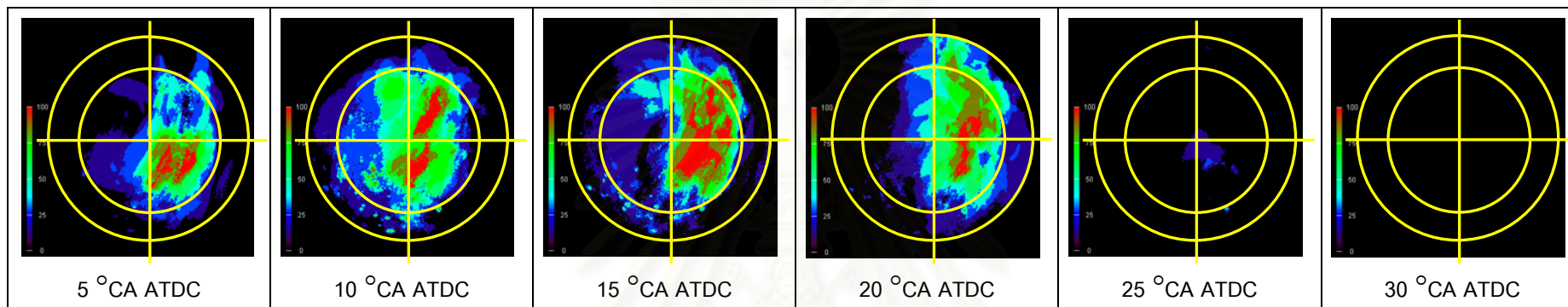
รูปที่ 6-10 ง ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีเซลที่ 2000 rpm, 30 Nm.



ตารางที่ 6-9 ง สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2000 rpm, 30 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	~20%	1	~25%	1	~60%	1	~10%	1	0	1	0
A	0	A	<5%	A	~10%	A	0	A	0	A	0
2	0	2	~50%	2	0	2	0	2	0	2	0
B	0	B	~5%	B	0	B	0	B	0	B	0
3	~5%	3	~90%	3	~25%	3	~50%	3	0	3	0
C	0	C	~50%	C	~25%	C	~25%	C	0	C	0
4	~50%	4	~70%	4	~80%	4	~50%	4	0	4	0
D	0	D	~30%	D	~25%	D	~15%	D	0	D	0

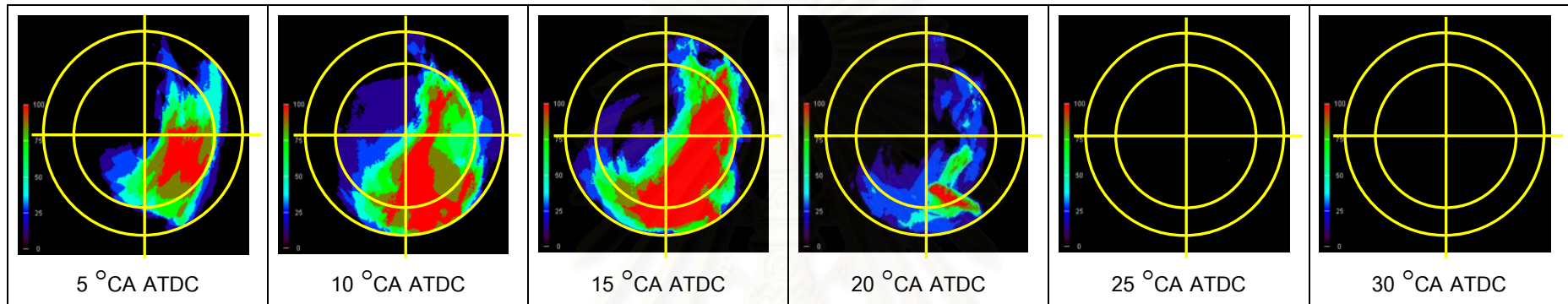
รูปที่ 6-10 จ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีเซลที่ 2000 rpm, 50 Nm.



ตารางที่ 6-9 จ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2000 rpm, 50 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	<10%	1	~20%	1	~50%	1	~40%	1	0	1	0
A	0	A	0	A	~10%	A	~10%	A	0	A	0
2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	<5%	3	~15%	3	~2%	3	0	3	0	3	0
C	0	C	0	C	0	C	0	C	0	C	0
4	~50%	4	~20%	4	~60%	4	~15%	4	0	4	0
D	0	D	0	D	0	D	0	D	0	D	0

รูปที่ 6-10 ฉ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีเซลที่ 2250 rpm, 10 Nm.

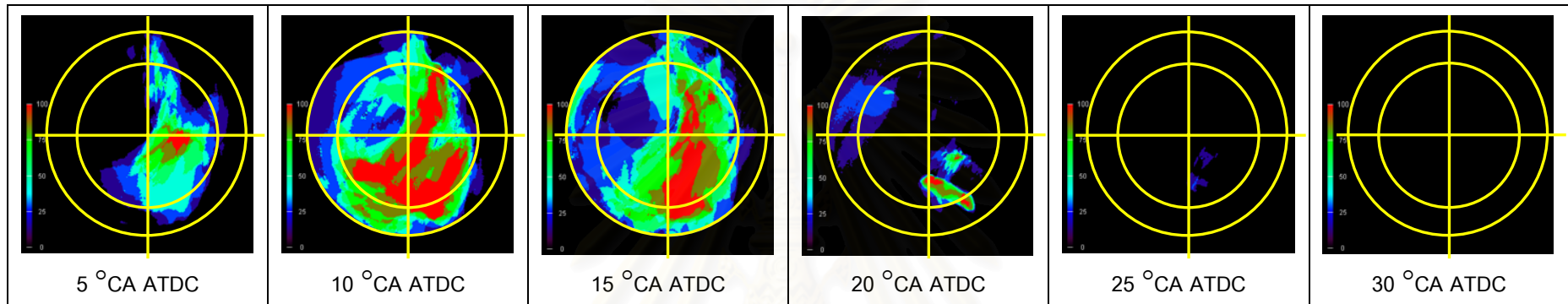


ตารางที่ 6-9 ฉ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2250 rpm, 10 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	<20%	1	~25%	1	~40%	1	0	1	0	1	0
A	0	A	0	A	~10%	A	0	A	0	A	0
2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	<5%	3	~25%	3	~30%	3	0	3	0	3	0
C	0	C	~15%	C	~30%	C	0	C	0	C	0
4	~80%	4	~60%	4	~80%	4	~15%	4	0	4	0
D	<10%	D	~50%	D	~40%	D	<15%	D	0	D	0



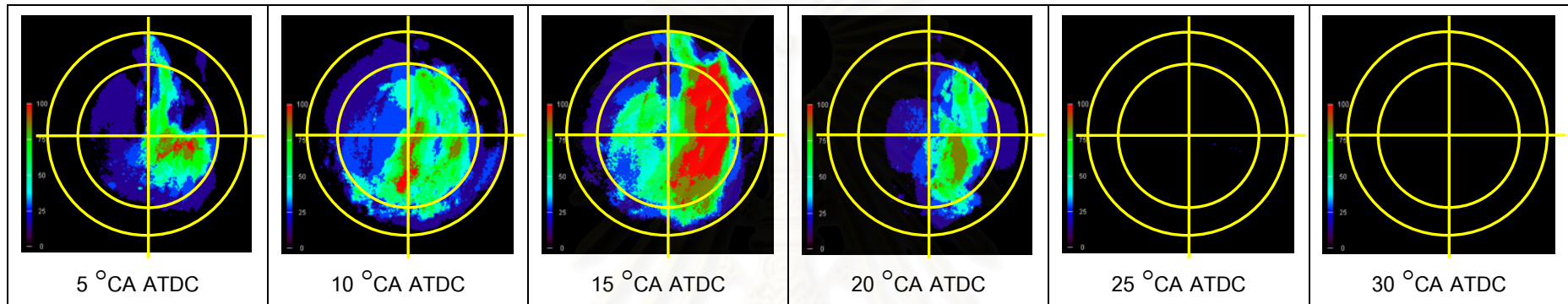
รูปที่ 6-10 ข ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีเซลที่ 2250 rpm, 20 Nm.



ตารางที่ 6-9 ข สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2250 rpm, 20 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	~10%	1	~25%	1	~20%	1	0	1	0	1	0
A	0	A	~5%	A	0	A	0	A	0	A	0
2	0	2	~5%	2	0	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	~5%	3	~60%	3	~10%	3	~5%	3	0	3	0
C	0	C	~15%	C	~5%	C	0	C	0	C	0
4	~20%	4	~80%	4	~60%	4	~10%	4	0	4	0
D	0	D	~15%	D	<15%	D	<10%	D	0	D	0

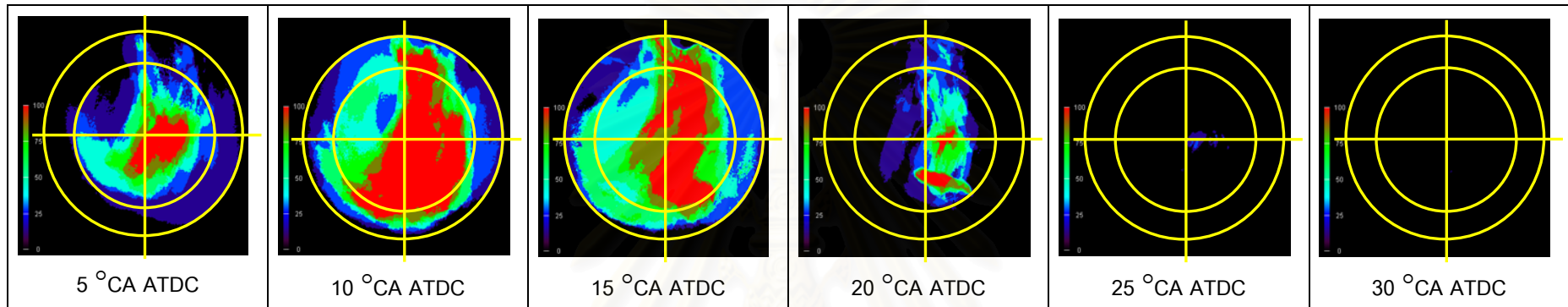
รูปที่ 6-10 ซ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีเซลที่ 2500 rpm, 40 Nm.



ตารางที่ 6-9 ซ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2500 rpm, 40 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	~5%	1	~10%	1	~70%	1	~2%	1	0	1	0
A	0	A	0	A	~15%	A	0	A	0	A	0
2	0	2	0	2	<5%	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	0	3	~15%	3	<5%	3	0	3	0	3	0
C	0	C	0	C	0	C	0	C	0	C	0
4	~20%	4	~15%	4	~80%	4	~15%	4	0	4	0
D	0	D	0	D	<10%	D	0	D	0	D	0

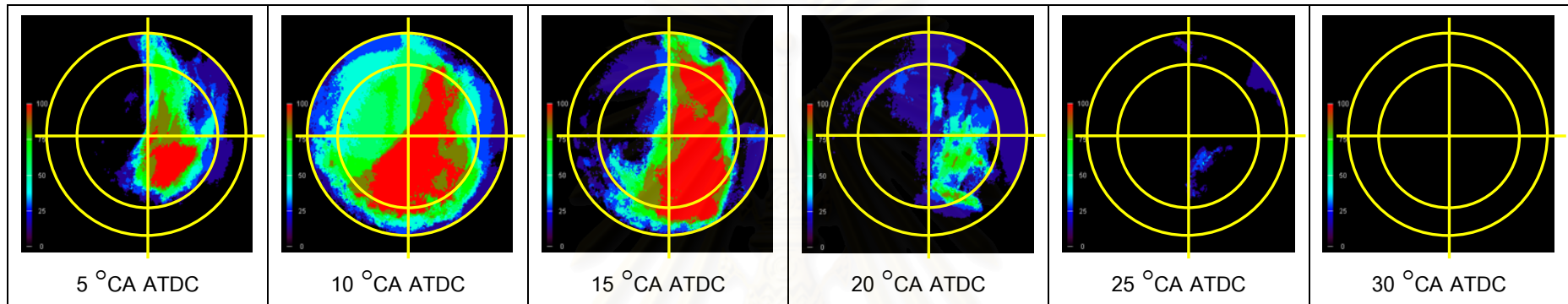
รูปที่ 6-10 ฉ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีเซลที่ 2750 rpm, 20 Nm.



ตารางที่ 6-9 ฉ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2750 rpm, 20 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	~10%	1	~80%	1	~80%	1	<5%	1	0	1	0
A	0	A	~10%	A	~10%	A	0	A	0	A	0
2	<5%	2	<10%	2	~10%	2	0	2	0	2	0
B	0	B	<5%	B	<5%	B	0	B	0	B	0
3	~10%	3	~60%	3	~40%	3	<5%	3	0	3	0
C	0	C	<5%	C	0	C	0	C	0	C	0
4	~20%	4	~95%	4	~70%	4	~5%	4	0	4	0
D	0	D	<5%	D	<5%	D	0	D	0	D	0

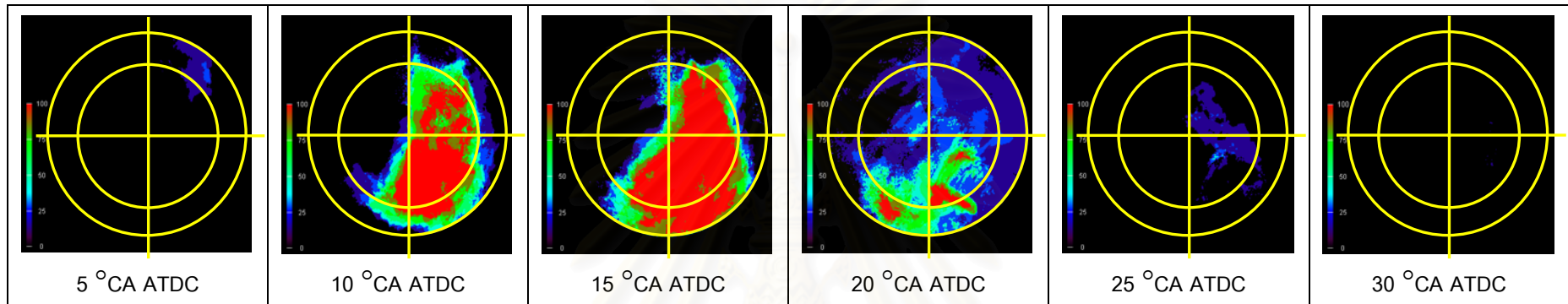
รูปที่ 6-10 ญ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีเซลที่ 2750 rpm, 40 Nm.



ตารางที่ 6-9 ญ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2750 rpm, 40 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	~40%	1	~60%	1	~80%	1	0	1	0	1	0
A	0	A	<10%	A	~20%	A	0	A	0	A	0
2	0	2	<5%	2	<5%	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	<10%	3	~50%	3	~40%	3	0	3	0	3	0
C	0	C	~15%	C	~10%	C	0	C	0	C	0
4	~60%	4	~90%	4	~80%	4	~10%	4	0	4	0
D	0	D	<15%	D	~25%	D	~1%	D	0	D	0

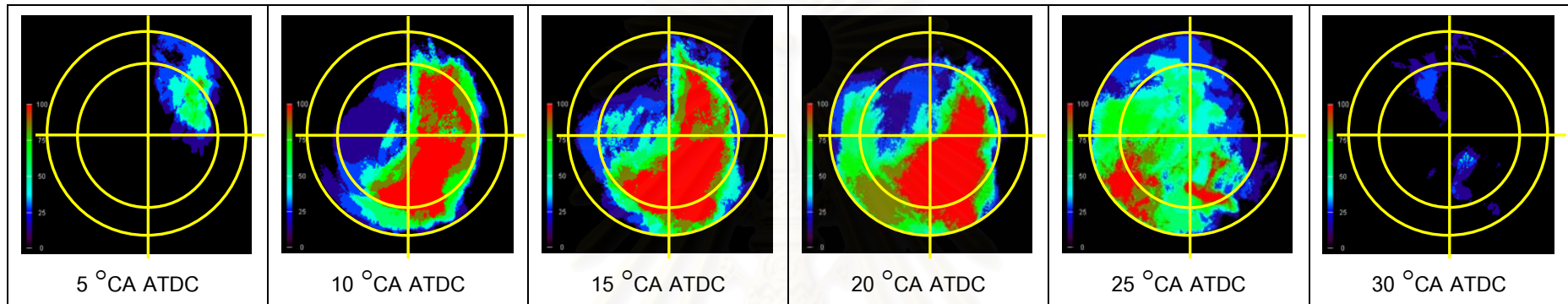
รูปที่ 6-11 ก ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีไซซอลที่รอบเดินเบา



ตารางที่ 6-10 ก สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีไซซอลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่รอบเดินเบา

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	0	1	~50%	1	~80%	1	0	1	0	1	0
A	0	A	<10%	A	~10%	A	0	A	0	A	0
2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	0	3	~25%	3	~25%	3	~1%	3	0	3	0
C	0	C	<10%	C	~20%	C	~15%	C	0	C	0
4	0	4	~90%	4	~90%	4	~15%	4	0	4	0
D	0	D	~20%	D	~70%	D	<10%	D	0	D	0

รูปที่ 6-11 ข ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีไซฮอลที่ 1000 rpm, 20 Nm.

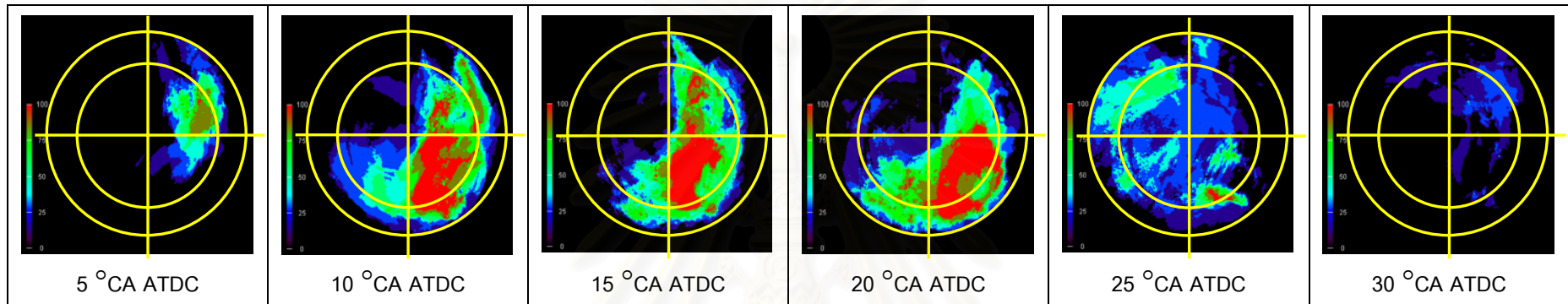


ตารางที่ 6-10 ข สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีไซฮอลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 1000 rpm, 20 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	~1%	1	~80%	1	~70%	1	~40%	1	0	1	0
A	~2%	A	~10%	A	<5%	A	0	A	0	A	0
2	0	2	0	2	0	2	0	2	<1%	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	<1%	B	0
3	0	3	~40%	3	~50%	3	~50%	3	~30%	3	0
C	0	C	<10%	C	~10%	C	~40%	C	~50%	C	0
4	0	4	~80%	4	~80%	4	~80%	4	~20%	4	0
D	0	D	~15%	D	~25%	D	~30%	D	<5%	D	0



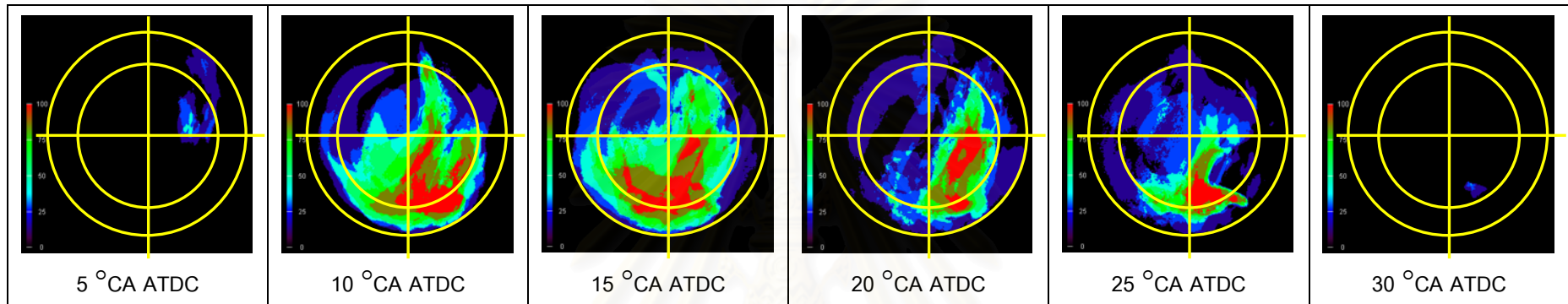
รูปที่ 6-11 ค ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีไซซอลที่ 1000 rpm, 30 Nm.



ตารางที่ 6-10 ค สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีไซซอลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 1000 rpm, 30 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	~20%	1	~15%	1	~20%	1	~10%	1	0	1	0
A	~5%	A	~10%	A	<5%	A	0	A	0	A	0
2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	0	3	0	3	~10%	3	~15%	3	0	3	0
C	0	C	0	C	<5%	C	<10%	C	0	C	0
4	0	4	~80%	4	~60%	4	~80%	4	<10%	4	0
D	0	D	~15%	D	~10%	D	~40%	D	<5%	D	0

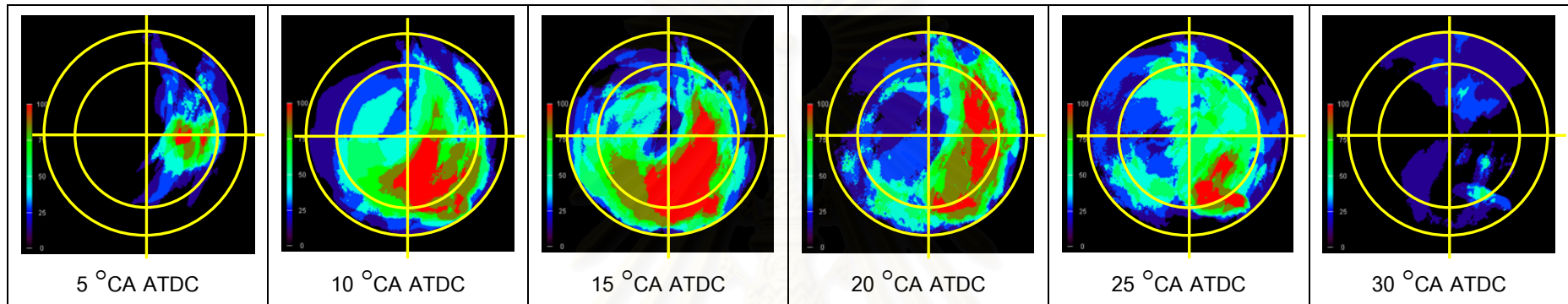
รูปที่ 6-11 ง ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีไซฮอลล์ที่ 2000 rpm, 30 Nm.



ตารางที่ 6-10 ง สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีไซฮอลล์ที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2000 rpm, 30 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	0	1	~10%	1	<10%	1	~10%	1	0	1	0
A	0	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0
2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	0	3	~20%	3	~40%	3	<5%	3	<10%	3	0
C	0	C	<15%	C	~20%	C	~2%	C	<10%	C	0
4	0	4	~60%	4	~40%	4	~40%	4	~25%	4	0
D	0	D	~20%	D	~15%	D	~10%	D	~10%	D	0

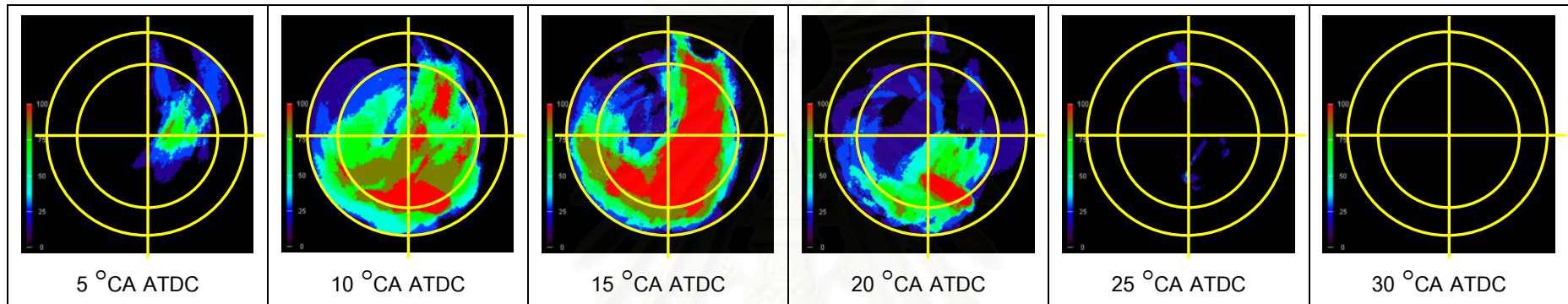
รูปที่ 6-11 จ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีไซซอลที่ 2000 rpm, 50 Nm.



ตารางที่ 6-10 จ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีไซซอลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2000 rpm, 50 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	~10%	1	<10%	1	~15%	1	~30%	1	0	1	0
A	0	A	0	A	0	A	~10%	A	0	A	0
2	0	2	0	2	~5%	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	0	3	~20%	3	~50%	3	~1%	3	0	3	0
C	0	C	~1%	C	~25%	C	0	C	0	C	0
4	<15%	4	~70%	4	~70%	4	~70%	4	~30%	4	0
D	0	D	~30%	D	~25%	D	~25%	D	~15%	D	0

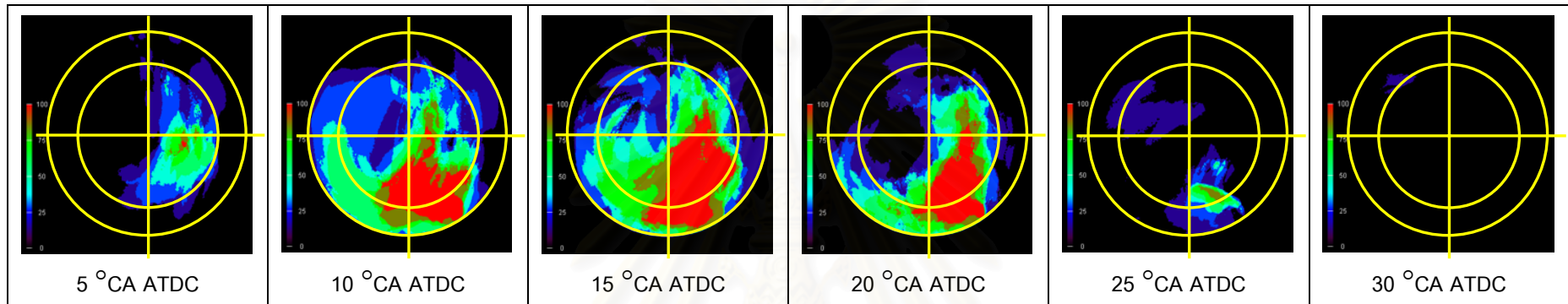
รูปที่ 6-11 ฉ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีเซลที่ 2250 rpm, 10 Nm.



ตารางที่ 6-10 ฉ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2250 rpm, 10 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	<10%	1	~30%	1	~20%	1	0	1	0	1	0
A	0	A	0	A	~70%	A	0	A	0	A	0
2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	<5%	B	0	B	0	B	0
3	0	3	~60%	3	~70%	3	~10%	3	0	3	0
C	0	C	~15%	C	~50%	C	<10%	C	0	C	0
4	<2%	4	~60%	4	~80%	4	~30%	4	0	4	0
D	0	D	~15%	D	~15%	D	~10%	D	0	D	0

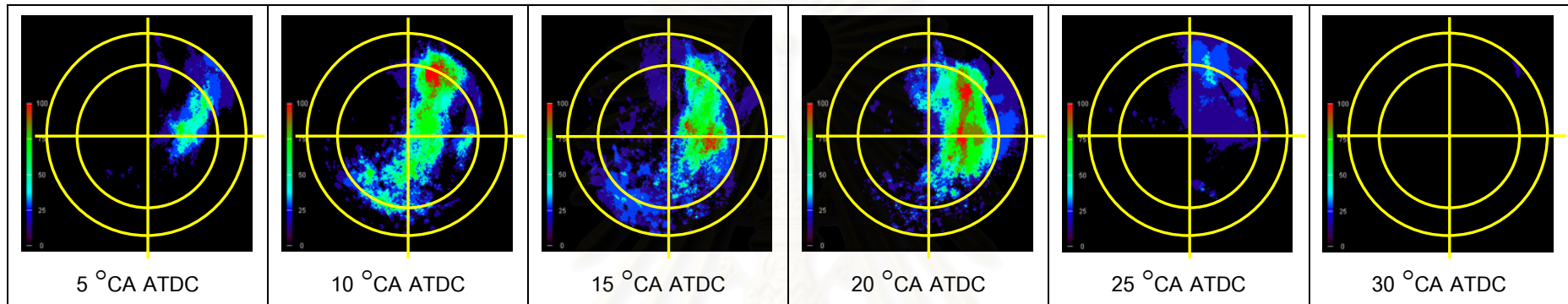
รูปที่ 6-11 ข ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีไซฮอลที่ 2250 rpm, 20 Nm.



ตารางที่ 6-10 ข สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีไซฮอลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2250 rpm, 20 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	~5%	1	~10%	1	~25%	1	<15%	1	0	1	0
A	0	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0
2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	0	3	~25%	3	~20%	3	<10%	3	0	3	0
C	0	C	~15%	C	<15%	C	~10%	C	0	C	0
4	<10%	4	~50%	4	~90%	4	~60%	4	<10%	4	0
D	0	D	~30%	D	~50%	D	~30%	D	<2%	D	0

รูปที่ 6-11 ซ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีไซฮอลที่ 2500 rpm, 40 Nm.

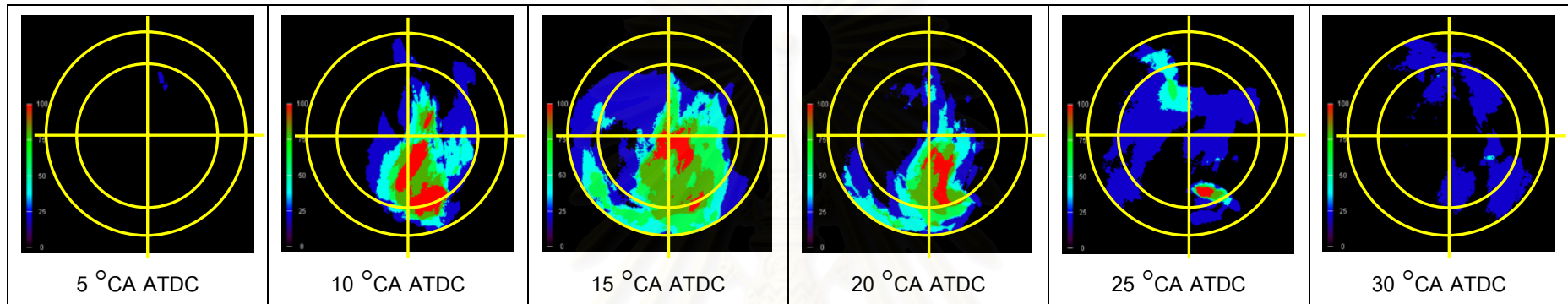


ตารางที่ 6-10 ซ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีไซฮอลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2500 rpm, 40 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	0	1	~15%	1	<10%	1	~20%	1	0	1	0
A	0	A	<10%	A	<1%	A	<5%	A	0	A	0
2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0
C	0	C	0	C	0	C	0	C	0	C	0
4	0	4	0	4	~10%	4	~10%	4	0	4	0
D	0	D	0	D	0	D	0	D	0	D	0



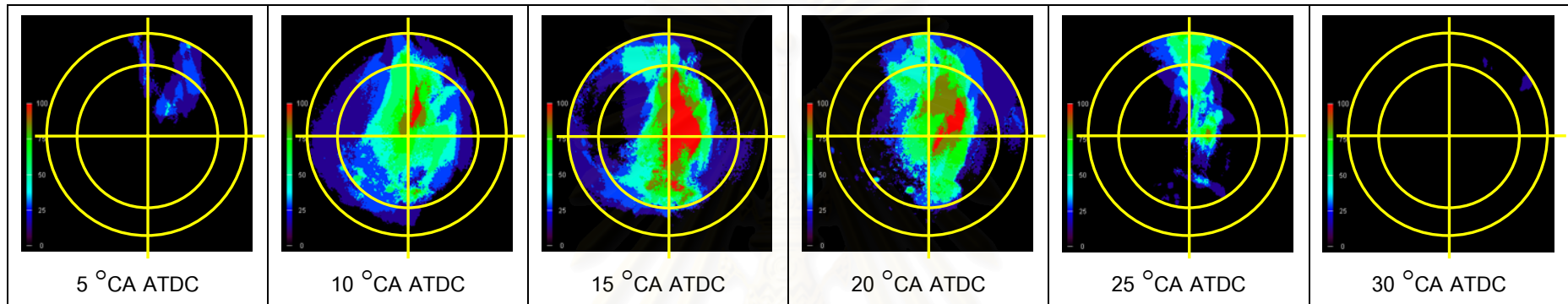
รูปที่ 6-11 ฉ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีเซลที่ 2750 rpm, 20 Nm.



ตารางที่ 6-10 ฉ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีเซลที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2750 rpm, 20 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	0	1	~10%	1	~10%	1	0	1	0	1	0
A	0	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0
2	0	2	0	2	<10%	2	0	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	0	3	~25%	3	~40%	3	~20%	3	0	3	0
C	0	C	0	C	~10%	C	~2%	C	0	C	0
4	0	4	~50%	4	~50%	4	~40%	4	~10%	4	0
D	0	D	~10%	D	~10%	D	~10%	D	0	D	0

รูปที่ 6-11 ญ ภาพการแบ่งพื้นที่ภาพถ่ายเพื่อขยายความการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีไซฮอลล์ที่ 2750 rpm, 40 Nm.



ตารางที่ 6-10 ญ สัดส่วนพื้นที่โดยประมาณของเปลวไฟดีไซฮอลล์ที่มีความน่าจะเป็นในช่วง 75-100% ที่ 2750 rpm, 40 Nm.

5 °CA ATDC		10 °CA ATDC		15 °CA ATDC		20 °CA ATDC		25 °CA ATDC		30 °CA ATDC	
1	0	1	~15%	1	~50%	1	~40%	1	~2%	1	0
A	0	A	0	A	0	A	~2%	A	0	A	0
2	0	2	<10%	2	~20%	2	<10%	2	0	2	0
B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
3	0	3	<1%	3	~15%	3	0	3	0	3	0
C	0	C	0	C	0	C	0	C	0	C	0
4	0	4	~1%	4	~40%	4	~15%	4	<2%	4	0
D	0	D	0	D	0	D	0	D	0	D	0

จากการวิเคราะห์ภาพการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟในพื้นที่แต่ละส่วนในรูปแบบที่ 6-10 (ก ถึง ญ) และ 6-11 (ก ถึง ญ) และตารางที่ 6-9 (ก ถึง ญ) และ 6-10 (ก ถึง ญ) จะพบแนวโน้มที่จุดทำงานต่างๆ ดังนี้

ที่รอบเดินเบา เปลวไฟดีเซลในช่วง  $5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $15^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน 1 ในช่วง  $10^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $20^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน 3, 4 และ D และที่  $25^{\circ}\text{CA}$  และ  $30^{\circ}\text{CA}$  จะไม่พบโอกาสเกิดเปลวไฟตั้งแต่ 75-100% ส่วนเปลวไฟดีเซลในช่วง  $10^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $15^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน 1 ในช่วง  $10^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $20^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน 3, C, 4 และ D และที่  $5^{\circ}\text{CA}$ ,  $25^{\circ}\text{CA}$  และ  $30^{\circ}\text{CA}$  จะไม่พบโอกาสเกิดเปลวไฟที่ 75-100%

ที่ 1000 rpm, 20 Nm. เปลวไฟดีเซลในช่วง  $5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $20^{\circ}\text{CA}$  จะอยู่ในส่วน 1 ในช่วง  $5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $15^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน A ในช่วง  $10^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $20^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน 3, D ในช่วง  $10^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $25^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน 4 และที่  $30^{\circ}\text{CA}$  จะไม่พบเปลวไฟที่มีความน่าจะเป็น 75-100% ส่วนเปลวไฟดีเซลในช่วง  $5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $20^{\circ}\text{CA}$  จะอยู่ในส่วน 1 เช่นเดียวกับเปลวไฟดีเซล ในช่วง  $5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $15^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน A เช่นเดียวกับเปลวไฟดีเซลเช่นกัน ในช่วง  $10^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $25^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน 3, C, 4 และ D และที่  $30^{\circ}\text{CA}$  จะไม่พบเปลวไฟที่มีความน่าจะเป็น 75-100%

ที่ 1000 rpm, 30 Nm. เปลวไฟดีเซลในช่วง  $5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $20^{\circ}\text{CA}$  จะอยู่ในส่วน 1 ที่ 5, 15 และ  $20^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน A ในช่วง  $10^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $25^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน 3, C, 4 และ D และที่  $30^{\circ}\text{CA}$  จะไม่พบเปลวไฟที่มีความน่าจะเป็น 75-100% ส่วนเปลวไฟดีเซลในช่วง  $5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $20^{\circ}\text{CA}$  จะอยู่ในส่วน 1 เช่นเดียวกัน ในช่วง  $5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $15^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน A ในช่วง  $10^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $25^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน 4 และ D และที่  $30^{\circ}\text{CA}$  จะไม่พบเปลวไฟที่มีความน่าจะเป็น 75-100%

ที่ 2000 rpm, 30 Nm. เปลวไฟดีเซลในช่วง  $5^{\circ}$  ถึง  $20^{\circ}\text{CA}$  จะอยู่ในส่วน 1, 3 และ 4 ในช่วง  $10^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $20^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน C และ D และที่  $25^{\circ}\text{CA}$  และ  $30^{\circ}\text{CA}$  จะไม่พบเปลวไฟที่มีความน่าจะเป็น 75-100% ส่วนเปลวไฟดีเซลในช่วง  $10^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $20^{\circ}\text{CA}$  จะอยู่ในส่วน 1 ในช่วง  $10^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $25^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน 3, C, 4 และ D และที่  $5^{\circ}\text{CA}$  และ  $30^{\circ}\text{CA}$  จะไม่พบเปลวไฟที่มีความน่าจะเป็น 75-100%

ที่ 2000 rpm, 50 Nm. เปลวไฟดีเซลในช่วง  $5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $20^{\circ}\text{CA}$  จะอยู่ในส่วน 1 และ 4 ในช่วง  $5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $15^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่ในส่วน 3 และที่  $25^{\circ}\text{CA}$  และ  $30^{\circ}\text{CA}$  จะไม่พบเปลวไฟที่มีความน่าจะเป็น 75-100% ส่วนเปลวไฟดีเซลในช่วง  $5^{\circ}\text{CA}$  ถึง  $20^{\circ}\text{CA}$  เปลวไฟจะอยู่



เปลวไฟจะอยู่ในส่วน 2 และที่  $5^{\circ}\text{CA}$  และ  $30^{\circ}\text{CA}$  จะไม่พบเปลวไฟที่มีความน่าจะเป็น 75-100%

เมื่อพิจารณาโดยรวมจะสรุปแนวโน้มได้คือเปลวไฟที่มีความน่าจะเป็น 75-100% โดยส่วนมากจะอยู่ในส่วน 1 และ 4 มากที่สุด (ที่  $5, 10, 15, 20$  และ  $25^{\circ}\text{CA}$ ) โดยเปลวไฟดีเซลจะครอบคลุมพื้นที่ในส่วน 1 ประมาณร้อยละ 0.625 ถึง 10 ของพื้นที่ของการมองเห็นทั้งหมด และเปลวไฟดีโซฮอลล์จะครอบคลุมพื้นที่ในส่วน 1 ประมาณร้อยละ 0.125 ถึง 10 ของพื้นที่การมองเห็นทั้งหมด เปลวไฟดีเซลจะครอบคลุมพื้นที่ในส่วน 4 ประมาณร้อยละ 1.25 ถึง 11.25 ของพื้นที่การมองเห็นทั้งหมด และเปลวไฟดีโซฮอลล์จะครอบคลุมพื้นที่ในส่วน 4 ประมาณร้อยละ 1.875 ถึง 11.25 ของพื้นที่การมองเห็นทั้งหมด นอกจากนี้จะพบว่าเปลวไฟดีเซลจะครอบคลุมพื้นที่ในส่วน 3 ประมาณร้อยละ 0.125 ถึง 12.25 ของพื้นที่การมองเห็นทั้งหมด และประมาณร้อยละ 0.125 ถึง 8.75 สำหรับเปลวไฟดีโซฮอลล์ และเปลวไฟจะครอบคลุมพื้นที่ในส่วน A, B, C, D ในสัดส่วนที่น้อยลงมา แต่อย่างไรก็ตาม เปลวไฟจะไม่ค่อยไปถึงส่วน 2 และ B หรือถ้าเปลวไฟไปถึงสองส่วนนี้ก็อยู่ในสัดส่วนที่น้อยมาก และที่องศาข้อเหวี่ยงหลังๆ ( $20, 25$  และ  $30^{\circ}\text{CA}$ ) ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเปลวไฟ 75-100% จะลดน้อยลงจนกระทั่งที่  $30^{\circ}\text{CA}$  ความน่าจะเป็นในทุกส่วนของพื้นที่จะมีค่าเป็นศูนย์

เมื่อพิจารณาในแง่ทิศทางการเคลื่อนที่ของเปลวไฟพบว่าเปลวไฟเริ่มต้นขึ้นในส่วน 1 โดยส่วนใหญ่ (และส่วน A เล็กน้อย) เมื่อเวลาผ่านไปเปลวไฟจะอยู่ในส่วน 1 ลดลงและแพร่กระจายไปสู่ส่วน 4 (และส่วน D เล็กน้อย) จากนั้นจะแพร่กระจายไปสู่ส่วน 3 (และส่วน C เล็กน้อย) ตามทิศทางของอากาศหมุน แล้วลงสู่ connecting passage ซึ่งอยู่ในส่วน 4 ในที่สุด

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

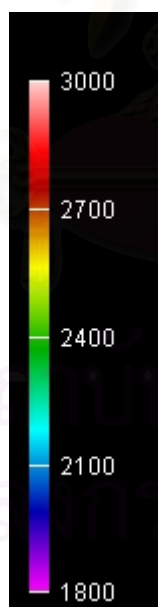
### 6.3 การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่า

ภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ที่ได้ นั้น สามารถนำมาคำนวณหาการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นของเขม่าได้ด้วยวิธี two-color method โดยใช้ซอฟต์แวร์ ThermoVision เวอร์ชัน 1.1 อุณหภูมิเปลวไฟที่คำนวณโดยวิธี two-color method นี้ วัดจากอุณหภูมิการเผาไหม้ของอนุภาคเขม่าที่แผ่รังสีทางความร้อน ส่วนความเข้มข้นของเขม่าหมายถึงความหนาของเขม่า ณ บริเวณนั้นๆ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์จากภาพถ่าย 2 มิติ

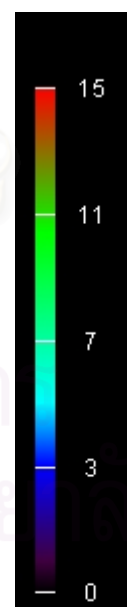
ตารางที่ 6-11 (ก ถึง ญ) แสดงภาพการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่สอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟที่คำนวณได้ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 °CA ATDC) ของเชื้อเพลิงดีเซลเปรียบเทียบกับดีโซฮอล์ในแต่ละจุดทำงาน

รูปภาพการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟที่นำเสนอ จะมีสเกลบอกค่าอุณหภูมิปรากฏอยู่ทางมุมล่างด้านซ้ายมือ สเกลของอุณหภูมิเปลวไฟจะมีค่าตั้งแต่ 1800 K ถึง 3000 K ดังรูปที่ 6-12

รูปภาพการกระจายความเข้มข้นเขม่า จะแสดงความหนาแน่นเขม่าที่สอดคล้องกับการกระจายอุณหภูมิที่ได้ และจะมีสเกลบอกค่าความหนาแน่นของเขม่าทางด้านซ้ายมือ สเกลของความหนาแน่นของเขม่าเป็นสเกลสัมพัทธ์จะมีค่าตั้งแต่ 0 (เขม่าเบาบาง) จนถึง 15 (เขม่าหนาแน่น) ดังรูปที่ 6-13



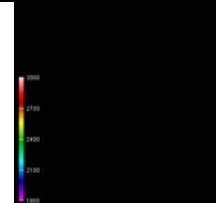
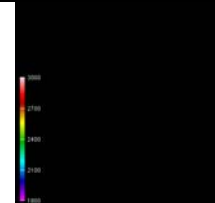
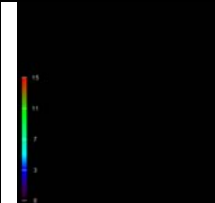
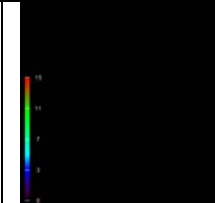
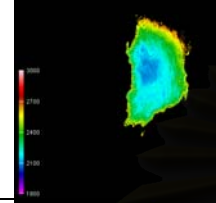
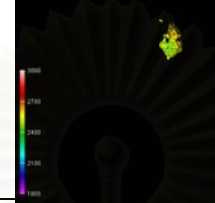
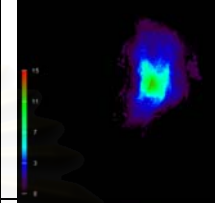
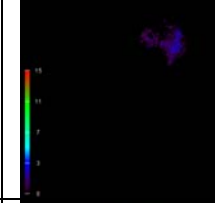
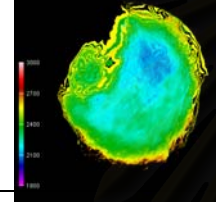
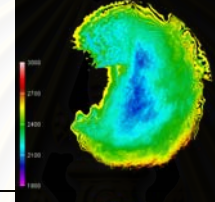
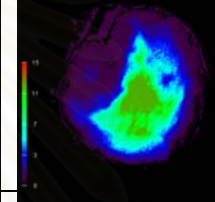
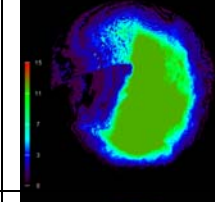
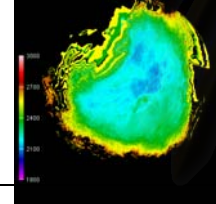
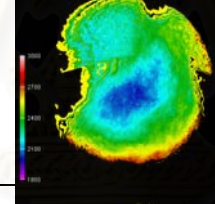
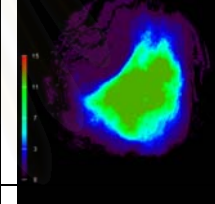
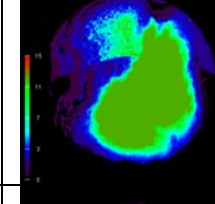
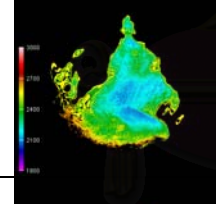
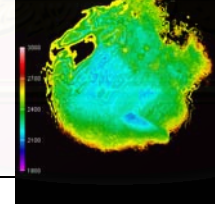
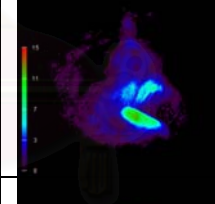
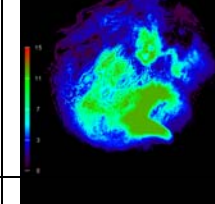
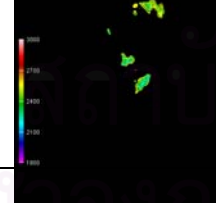
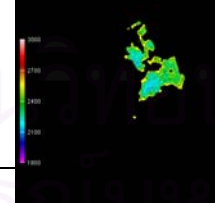
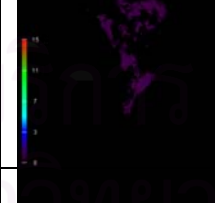
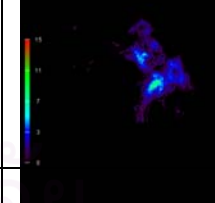
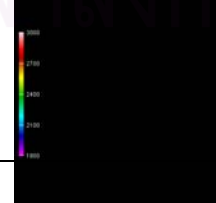
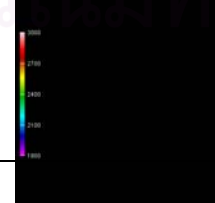
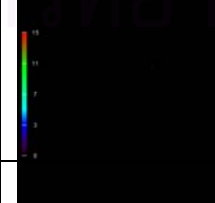
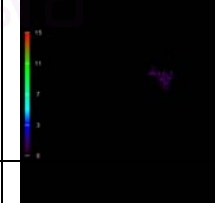
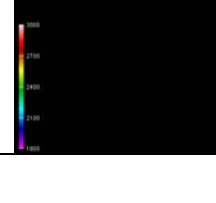
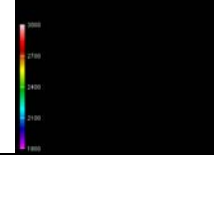
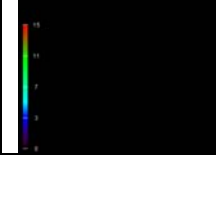
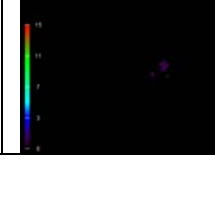
รูปที่ 6-12 สเกลอุณหภูมิของภาพการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟ



รูปที่ 6-13 สเกลความหนาแน่นสัมพัทธ์ของเขม่าของภาพการกระจายความเข้มข้นเขม่า



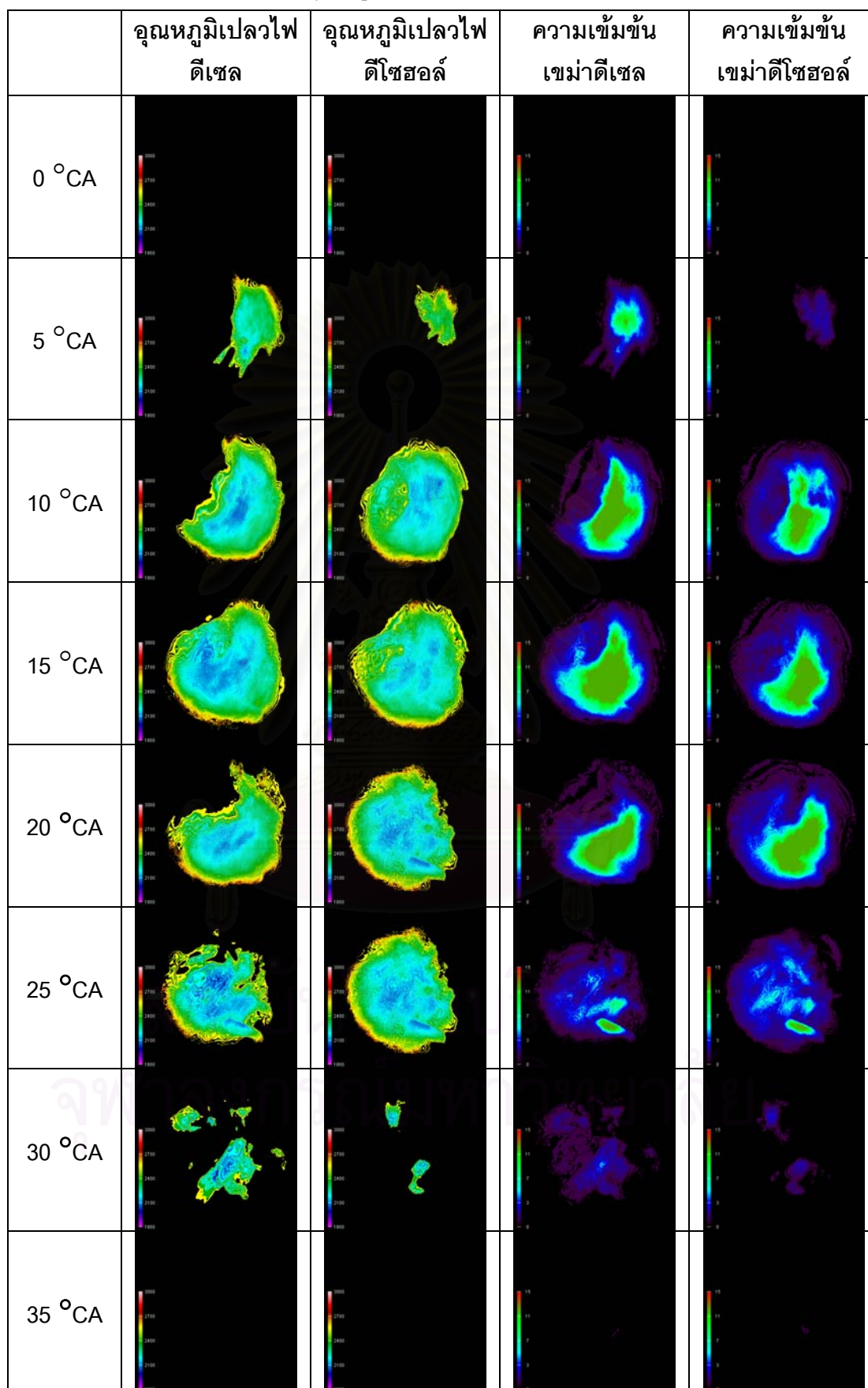
ตารางที่ 6-11 ก การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่รอบเดินเบา

	อุณหภูมิเปลวไฟ ดีเซล	อุณหภูมิเปลวไฟ ดีโซฮอลล์	ความเข้มข้น เขม่าดีเซล	ความเข้มข้น เขม่าดีโซฮอลล์
0 °CA				
5 °CA				
10 °CA				
15 °CA				
20 °CA				
25 °CA				
30 °CA				
35 °CA				

ที่รอบเดินเบา เมื่อพิจารณาการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟโดยรวมแล้วพบว่าเปลวไฟจะมีอุณหภูมิสูงที่ขอบนอก (สีแสด) และลดต่ำลงมาที่บริเวณด้านใน (สีเหลือง, สีเขียว, สีฟ้า) จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีอุณหภูมิต่ำสุด (สีน้ำเงิน) และเมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเขม่าจะได้แนวโน้มที่สอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟนั่นคือที่ขอบนอกจะมีความหนาแน่นเขม่าต่ำและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่บริเวณด้านใน จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีความหนาแน่นเขม่าสูงสุด

ที่ 5 °CA ATDC จะสังเกตเห็นเปลวไฟดีเซลมีขนาดใหญ่กว่าเปลวไฟดีไซโซลล์และเปลวไฟดีเซลมีอุณหภูมิต่ำกว่าเปลวไฟดีไซโซลล์ ทำให้ความหนาแน่นเขม่าในเปลวไฟดีเซลมีมากกว่าที่ 10 °CA ATDC เปลวไฟดีไซโซลล์มีอุณหภูมิต่ำกว่าเปลวไฟดีเซล ทำให้ความหนาแน่นเขม่าของเปลวไฟดีไซโซลล์มากกว่าด้วย ที่ 15 °CA ATDC เปลวไฟดีไซโซลล์มีอุณหภูมิต่ำกว่าเปลวไฟดีเซลและความหนาแน่นเขม่ามากกว่า ที่ 20 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลเริ่มมีบริเวณเล็กกลางและเริ่มเคลื่อนที่ลง connecting passage ในขณะที่เปลวไฟดีไซโซลล์ยังคงเผาไหม้อยู่ เนื่องจากเปลวไฟดีไซโซลล์ครอบคลุมบริเวณที่ใหญ่กว่า ดังนั้นจะสังเกตเห็นความหนาแน่นเขม่าที่มากกว่า ที่ 25 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมอดลงโดยที่เปลวไฟดีไซโซลล์มีอุณหภูมิต่ำกว่าและมีความหนาแน่นเขม่าสูงกว่า

ตารางที่ 6-11 ข การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 1000 rpm, 20 Nm.



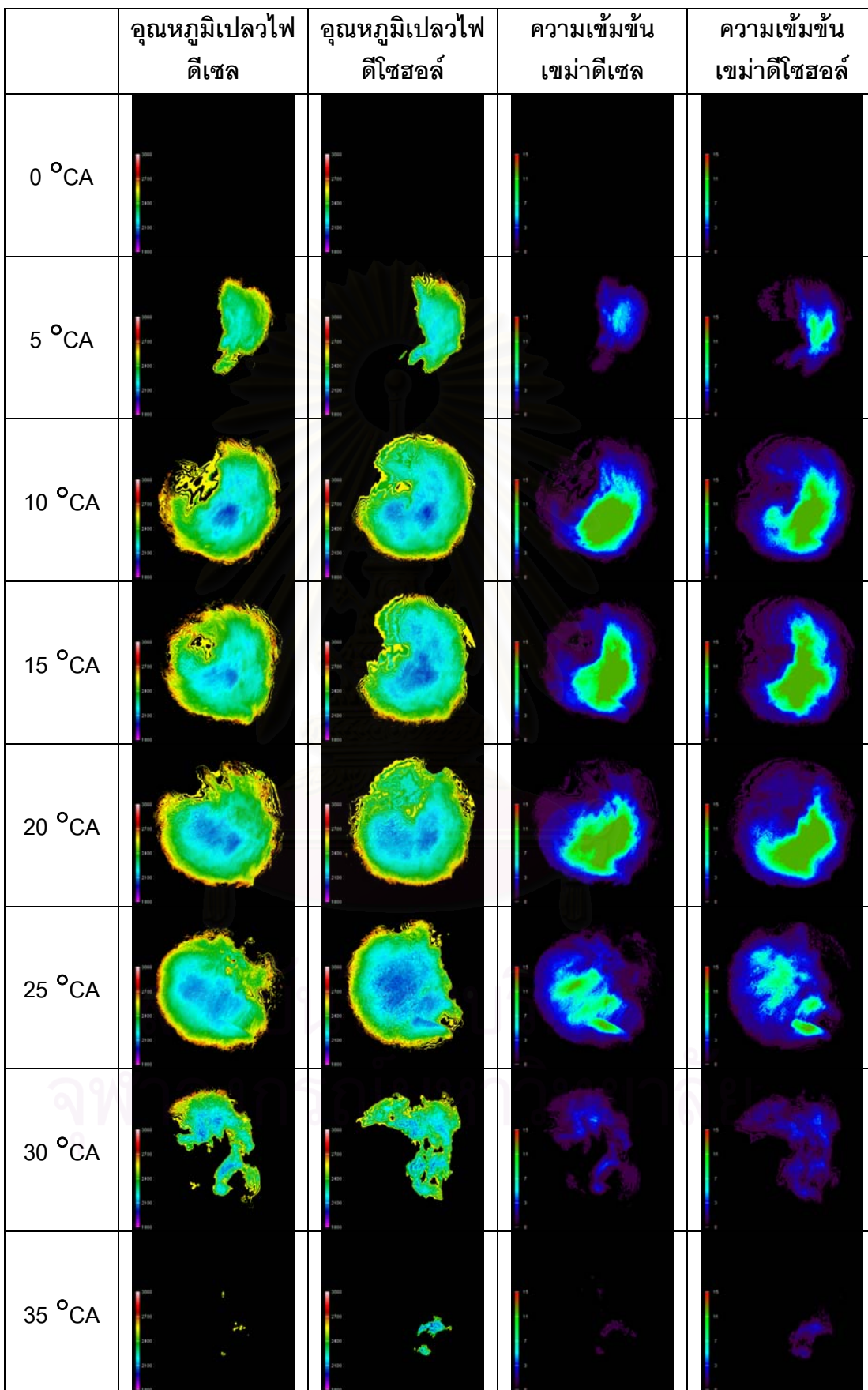
ที่ 1000 rpm, 20 Nm. เมื่อพิจารณาการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟโดยรวมแล้วพบว่าเปลวไฟจะมีอุณหภูมิสูงที่ขอบนอก (สีแสด) และลดต่ำลงมาที่บริเวณด้านใน (สีเหลือง, สีเขียว, สีฟ้า) จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีอุณหภูมิต่ำสุด (สีน้ำเงิน) และเมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเขม่าจะได้แนวโน้มที่สอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟนั่นคือที่ขอบนอกจะมีความหนาแน่นเขม่าต่ำและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่บริเวณด้านใน จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีความหนาแน่นเขม่าสูงสุด

ที่ 5 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมีอุณหภูมิต่ำกว่าเปลวไฟดีไซฮอลล์ และมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีไซฮอลล์ด้วย ที่ 10 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมีอุณหภูมิต่ำกว่าและความหนาแน่นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีไซฮอลล์ ที่ 15 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลยังคงมีอุณหภูมิต่ำกว่าและความหนาแน่นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีไซฮอลล์ ที่ 20 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีการแจกแจงอุณหภูมิใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากเปลวไฟดีไซฮอลล์ครอบคลุมบริเวณที่ใหญ่กว่าเปลวไฟดีเซล จึงเห็นว่าเปลวไฟดีไซฮอลล์มีบริเวณที่มีเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีเซล ที่ 25 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองยังคงเผาไหม้อยู่และมีบางส่วนที่เริ่มเคลื่อนที่ลงสู่ connecting passage อุณหภูมิเปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกันและความหนาแน่นเขม่าใกล้เคียงกัน ที่ 30 °CA ATDC จะเห็นเปลวไฟดีเซลครอบคลุมบริเวณมากกว่าเปลวไฟดีไซฮอลล์ ทำให้ความหนาแน่นเขม่าของเปลวไฟดีเซลมีมากกว่าเมื่อเทียบกับเปลวไฟดีไซฮอลล์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 6-11 ค การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 1000 rpm, 30 Nm.

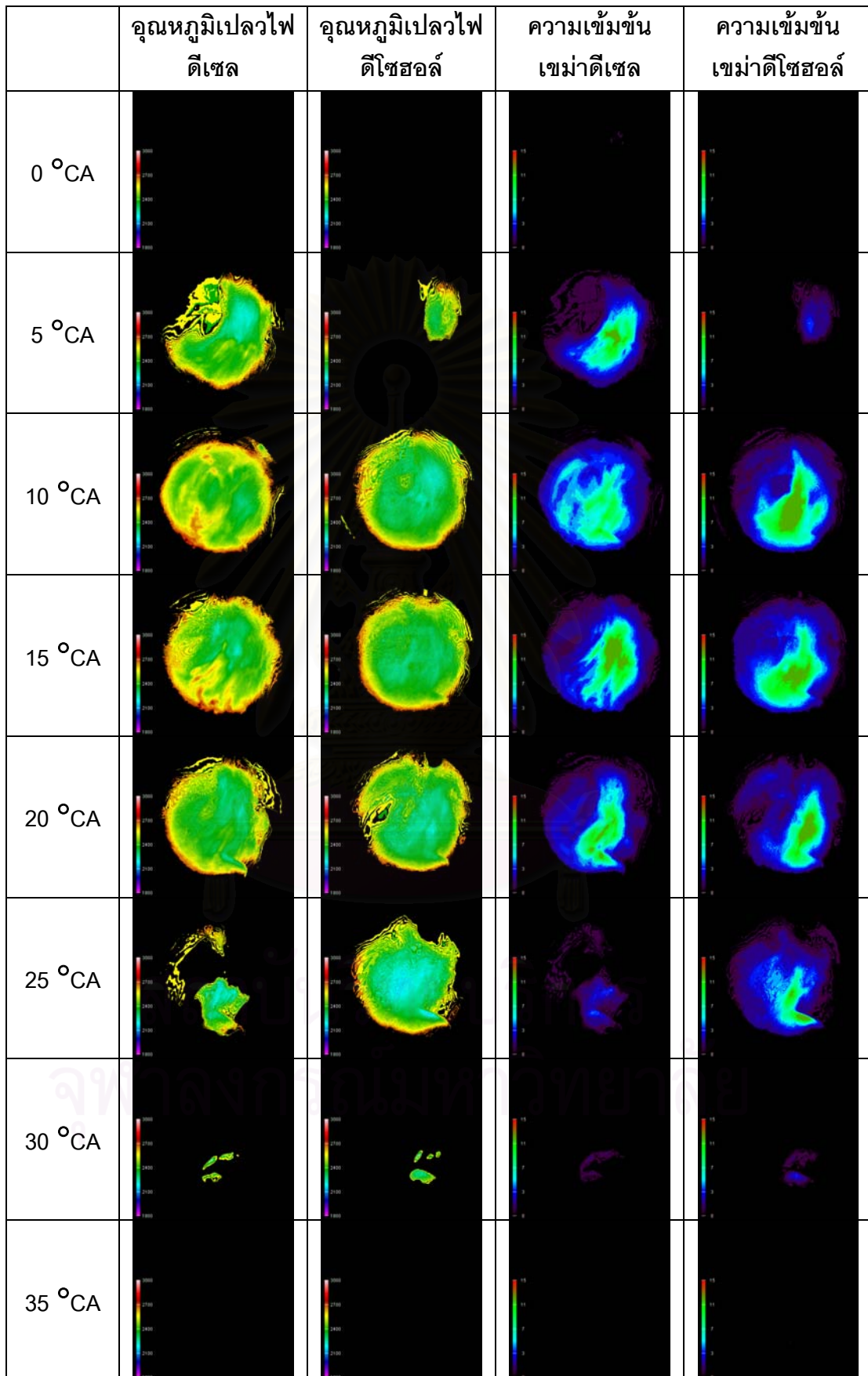


ที่ 1000 rpm, 30 Nm. เมื่อพิจารณาการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟโดยรวมแล้วพบว่าเปลวไฟจะมีอุณหภูมิสูงที่ขอบนอก (สีแสด) และลดต่ำลงมาที่บริเวณด้านใน (สีเหลือง, สีเขียว, สีฟ้า) จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีอุณหภูมิต่ำสุด (สีน้ำเงิน) และเมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเขม่าจะได้แนวโน้มที่สอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟนั่นคือที่ขอบนอกจะมีความหนาแน่นเขม่าต่ำและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่บริเวณด้านใน จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีความหนาแน่นเขม่าสูงสุด

ที่ 5 °CA ATDC เปลวไฟดีไซฮอลล์ครอบคลุมบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำมากกว่าเปลวไฟดีเซล ทำให้ความหนาแน่นเขม่าในเปลวไฟดีไซฮอลล์มีมากกว่า ที่ 10 °CA ATDC จะเห็นเปลวไฟทั้งสองมีอุณหภูมิลดลงเหมือนกัน แต่เมื่อพิจารณาความหนาแน่นเขม่าแล้วพบว่าเปลวไฟดีเซลครอบคลุมบริเวณที่ความหนาแน่นเขม่าสูงมากกว่าเปลวไฟดีไซฮอลล์ ที่ 15 °CA ATDC เปลวไฟดีไซฮอลล์มีอุณหภูมิต่ำกว่าและมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีเซล ที่ 20 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีการแจกแจงอุณหภูมิและความหนาแน่นเขม่าใกล้เคียงกัน เพียงแต่เปลวไฟดีไซฮอลล์ครอบคลุมบริเวณที่ใหญ่กว่า ที่ 25 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองยังคงเผาไหม้ต่อไป และมีบางส่วนซึ่งอุณหภูมิต่ำเคลื่อนที่ลงสู่ connecting passage โดยที่เปลวไฟดีไซฮอลล์ครอบคลุมบริเวณที่อุณหภูมิต่ำมากกว่า แต่เมื่อพิจารณาความหนาแน่นเขม่าพบว่าเปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีความหนาแน่นเขม่าใกล้เคียงกัน เพียงแต่เปลวไฟดีเซลจะมีบางบริเวณเล็กๆที่มีความหนาแน่นเขม่าสูง ที่ 30 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองเริ่มมอดลงและครอบคลุมพื้นที่เล็กลง โดยมีการแจกแจงอุณหภูมิและความหนาแน่นใกล้เคียงกัน



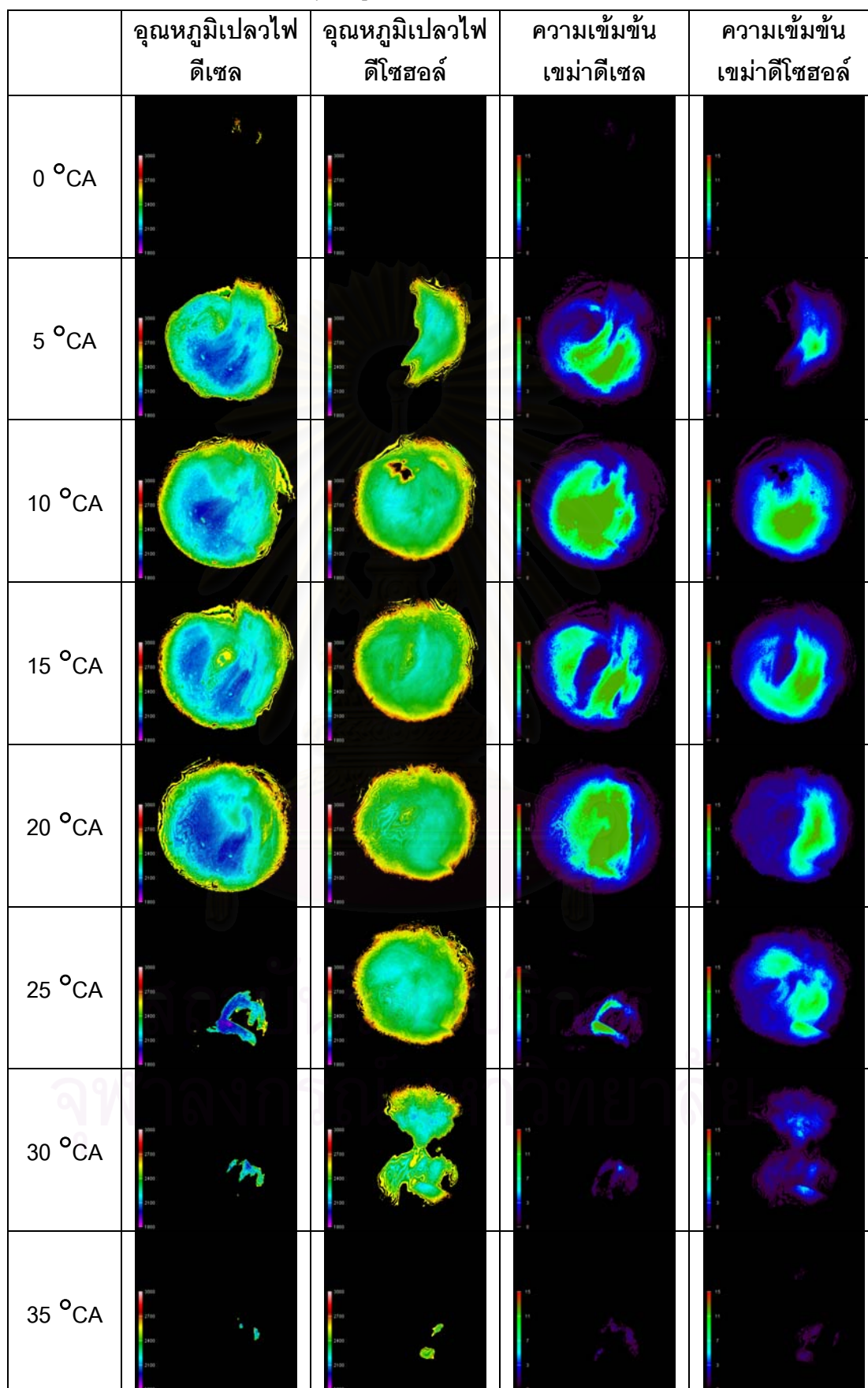
ตารางที่ 6-11 ง การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2000 rpm, 30 Nm.



ที่ 2000 rpm, 30 Nm. เมื่อพิจารณาการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟโดยรวมแล้วพบว่าเปลวไฟจะมีอุณหภูมิสูงที่ขอบนอก (สีแสด) และลดต่ำลงมาที่บริเวณด้านใน (สีเหลือง, สีเขียว) จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีอุณหภูมิต่ำสุด (สีฟ้า) และเมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเขม่าจะได้แนวโน้มที่สอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟนั่นคือที่ขอบนอกจะมีความหนาแน่นเขม่าต่ำและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่บริเวณด้านใน จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีความหนาแน่นเขม่าสูงสุด

ที่ 5 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลเกิดหลังเปลวไฟดีเซลดังจะเห็นได้จากที่เปลวไฟดีเซลมีขนาดเล็กกว่า จึงเห็นว่าเปลวไฟดีเซลมีการแจกแจงอุณหภูมิที่ครอบคลุมบริเวณที่ใหญ่กว่า ความหนาแน่นเขม่าจึงมากกว่า ที่ 10 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมีบริเวณที่อุณหภูมิเปลวไฟต่ำมากกว่าเปลวไฟดีเซล ดังนั้นเปลวไฟดีเซลจึงมีความหนาแน่นเขม่าที่มากกว่า ที่ 15 °CA ATDC เปลวไฟทั้งสองมีการแจกแจงอุณหภูมิและความหนาแน่นเขม่าใกล้เคียงกัน ที่ 20 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมีบริเวณที่อุณหภูมิต่ำสุด (สีฟ้า) มากกว่าจึงทำให้มีบริเวณที่มีความหนาแน่นเขม่าสูงมากกว่า ที่ 25 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลเริ่มมอดลงในขณะที่เปลวไฟดีเซลยังคงเผาไหม้ต่อไปและมีบางส่วนซึ่งอุณหภูมิต่ำเคลื่อนที่ลงสู่ connecting passage จึงเห็นว่าเปลวไฟดีเซลมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่า

ตารางที่ 6-11 จ การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2000 rpm, 50 Nm.



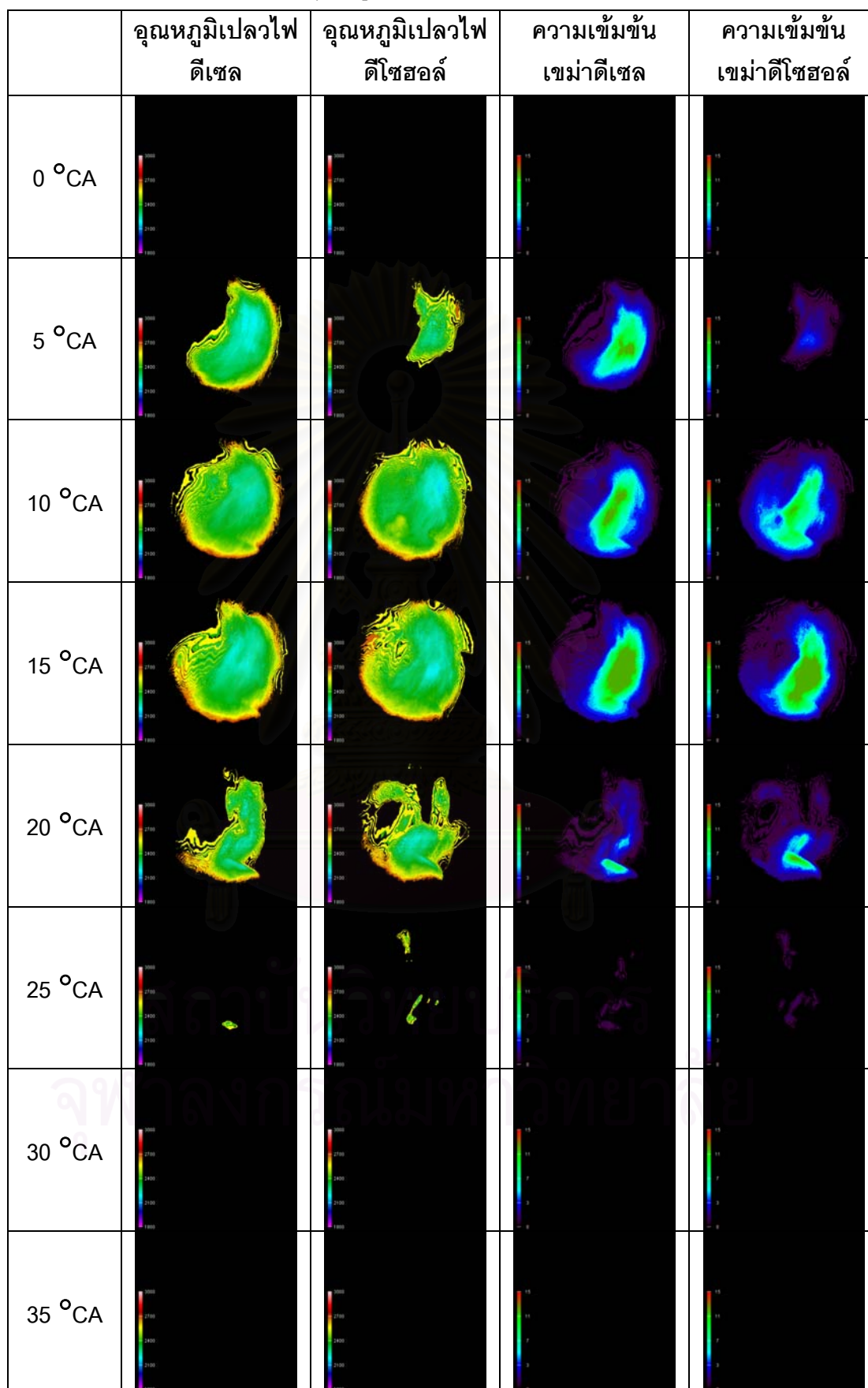
ที่ 2000 rpm, 50 Nm. เมื่อพิจารณาการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟโดยรวมแล้วพบว่าเปลวไฟจะมีอุณหภูมิสูงที่ขอบนอก (สีแสด) และลดต่ำลงมาที่บริเวณด้านใน (สีเหลือง, สีเขียว, สีฟ้า) จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีอุณหภูมิต่ำสุด (สีน้ำเงิน) และเมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเขม่าจะได้แนวโน้มที่สอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟนั่นคือที่ขอบนอกจะมีความหนาแน่นเขม่าต่ำและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่บริเวณด้านใน จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีความหนาแน่นเขม่าสูงสุด

ที่ 5 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมีอุณหภูมิต่ำกว่าและมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีโซฮอล ที่ 10, 15 และ 20 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลยังคงมีอุณหภูมิต่ำกว่าและมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีโซฮอล ที่ 25 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมอดลงและเคลื่อนที่ลงสู่ connecting passage โดยที่เปลวไฟดีเซลมีอุณหภูมิต่ำกว่าและมีความหนาแน่นเขม่าสูงกว่าเปลวไฟดีโซฮอลแต่อยู่ในปริมาณที่น้อยกว่ามาก เนื่องจากเปลวไฟดีเซลจะครอบคลุมบริเวณที่เล็กกว่าเมื่อเทียบกับเปลวไฟดีโซฮอล



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6-11 ข การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2250 rpm, 10 Nm.



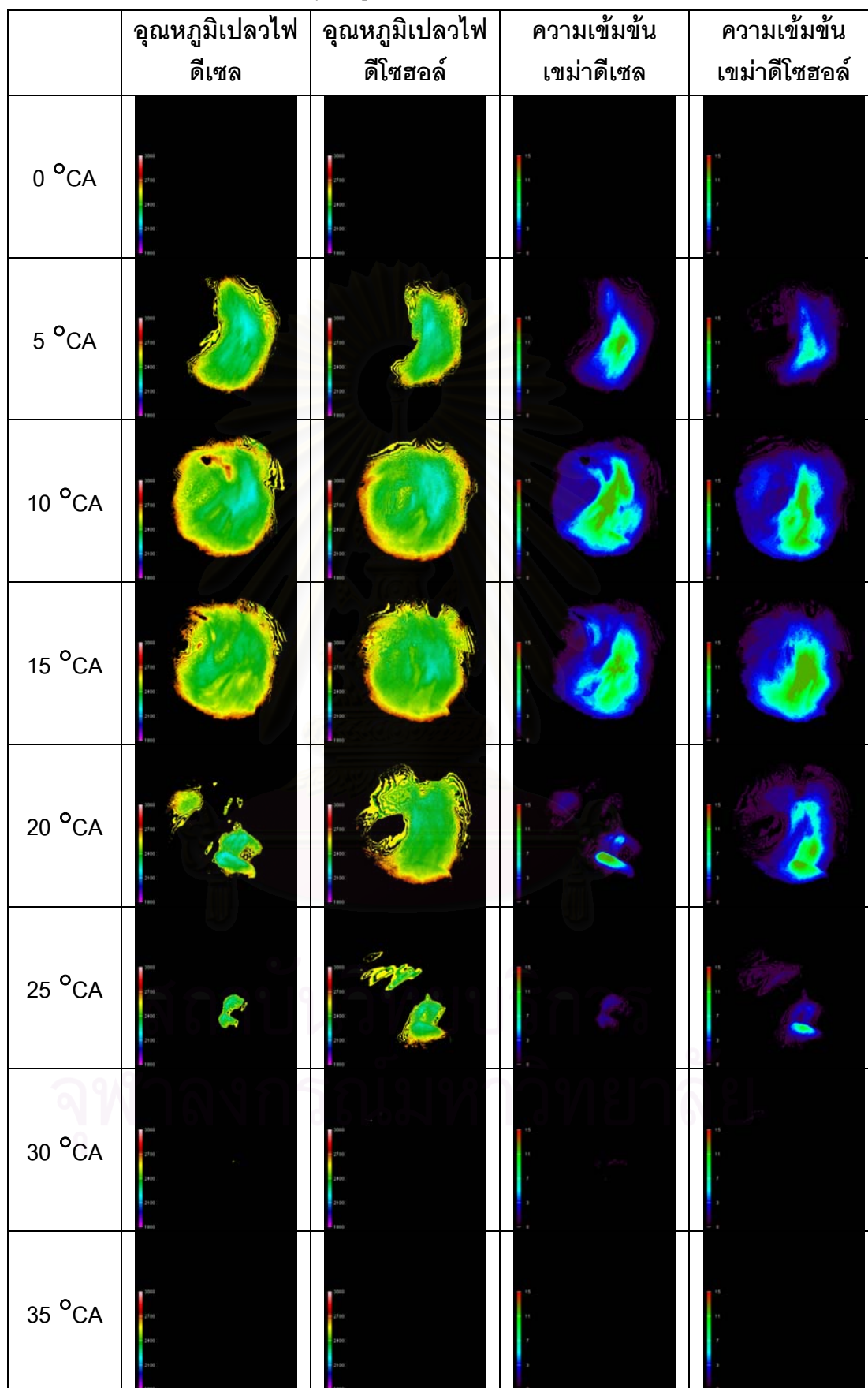


ที่ 2250 rpm, 10 Nm. เมื่อพิจารณาการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟโดยรวมแล้วพบว่าเปลวไฟจะมีอุณหภูมิสูงที่ขอบนอก (สีแสด) และลดต่ำลงมาที่บริเวณด้านใน (สีเหลือง, สีเขียว) จนกระทั่งที่บริเวณตรงกลาง เปลวไฟจะมีอุณหภูมิต่ำสุด (สีฟ้า) และเมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเขม่าจะได้แนวโน้มที่สอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟนั่นคือที่ขอบนอกจะมีความหนาแน่นเขม่าต่ำและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่บริเวณด้านใน จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีความหนาแน่นเขม่าสูงสุด

ที่ 5 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมีขนาดใหญ่กว่าเปลวไฟดีโซลล์และมีอุณหภูมิเปลวไฟต่ำกว่า ทำให้มีความหนาแน่นเขม่ามากกว่า ที่ 10 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีการแจกแจงอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน แต่เปลวไฟดีโซลล์มีบริเวณที่อุณหภูมิเปลวไฟต่ำ (สีฟ้า) มากกว่าเปลวไฟดีเซล และความหนาแน่นเขม่าของเปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกัน แต่เปลวไฟดีเซลจะมีบางส่วนที่มีความหนาแน่นเขม่าสูงกว่า ที่ 15 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีการแจกแจงอุณหภูมิและความหนาแน่นเขม่าใกล้เคียงกัน ที่ 20 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองเริ่มมอดลงและมีบางส่วนซึ่งอุณหภูมิต่ำเคลื่อนที่ลงสู่ connecting passage โดยเปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีการแจกแจงอุณหภูมิและความหนาแน่นเขม่าใกล้เคียงกัน ที่ 25 °CA ATDC จะเห็นเปลวไฟขนาดเล็กซึ่งเป็นการสันดาปเขม่าที่เหลือในช่วงหลังของการเผาไหม้



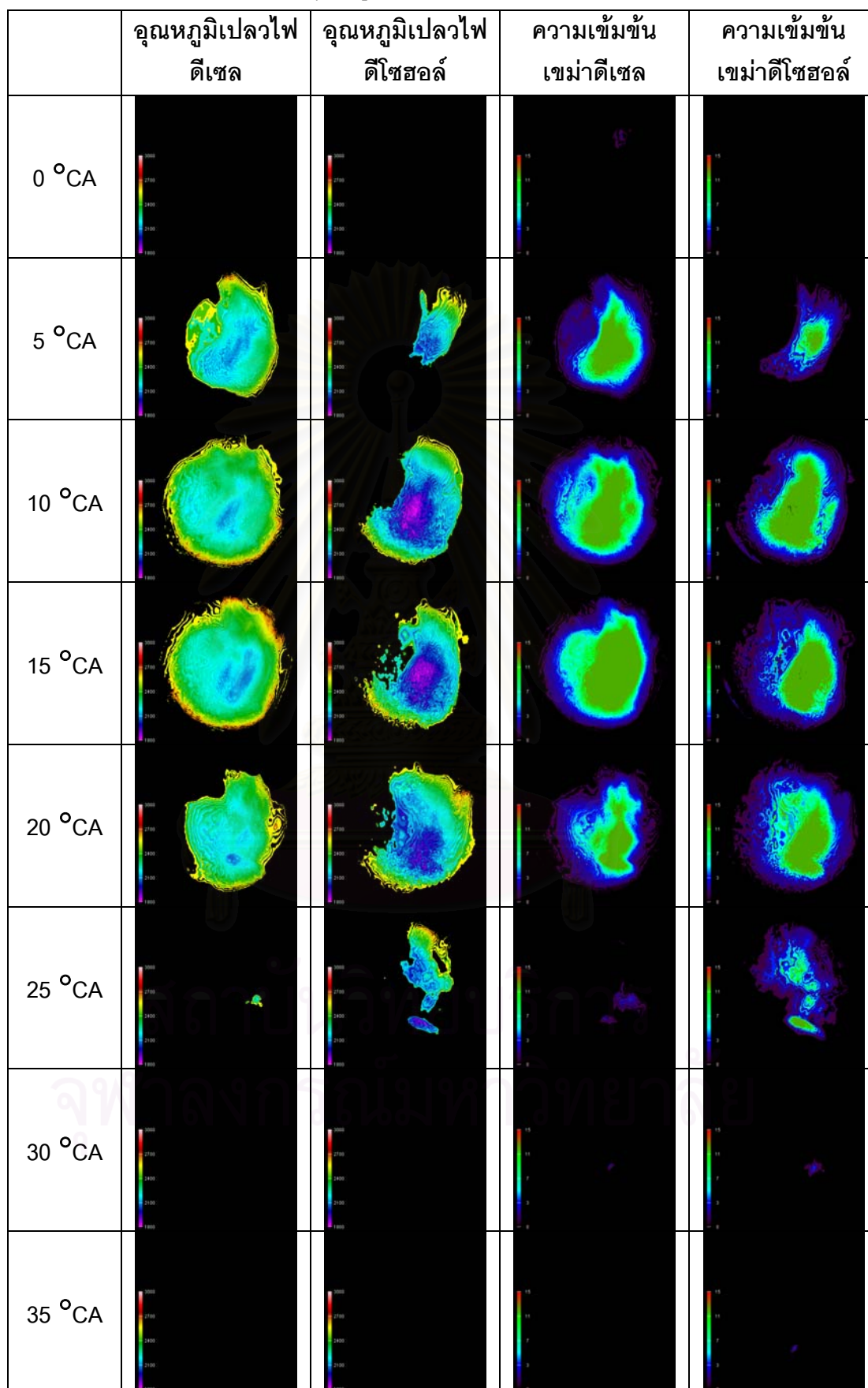
ตารางที่ 6-11 ข การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2250 rpm, 20 Nm.



ที่ 2250 rpm, 20 Nm. เมื่อพิจารณาการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟโดยรวมแล้วพบว่าเปลวไฟจะมีอุณหภูมิสูงที่ขอบนอก (สีแสด) และลดต่ำลงมาที่บริเวณด้านใน (สีเหลือง, สีเขียว) จนกระทั่งที่บริเวณตรงกลาง เปลวไฟจะมีอุณหภูมิต่ำสุด (สีฟ้า) และเมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเขม่าจะได้แนวโน้มที่สอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟนั่นคือที่ขอบนอกจะมีความหนาแน่นเขม่าต่ำและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่บริเวณด้านใน จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีความหนาแน่นเขม่าสูงสุด

ที่ 5 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีการแจกแจงอุณหภูมิใกล้เคียงกัน เพียงแต่เปลวไฟดีเซลมีบริเวณที่อุณหภูมิต่ำ (สีฟ้า) มากกว่า จึงทำให้มีบางส่วนที่มีความหนาแน่นเขม่าสูงที่ 10 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีการแจกแจงอุณหภูมิและความหนาแน่นเขม่าใกล้เคียงกัน ที่ 15 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีการแจกแจงอุณหภูมิใกล้เคียงกัน เพียงแต่เปลวไฟดีเซลมีบริเวณที่อุณหภูมิต่ำ (สีฟ้า) มากกว่า จึงทำให้มีบริเวณที่ความหนาแน่นเขม่าสูงมากกว่าเปลวไฟดีเซล ที่ 20 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมอดลงและส่วนที่อุณหภูมิต่ำเคลื่อนที่ลงสู่ connecting passage ในขณะที่เปลวไฟดีเซลยังคงเผาไหม้ต่อไป ทำให้ความหนาแน่นเขม่าครอบคลุมบริเวณที่ใหญ่กว่า ที่ 25 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมีการเผาไหม้เขม่าที่เหลือส่วนเปลวไฟดีเซลมอดลงและมีส่วนที่อุณหภูมิต่ำเคลื่อนที่ลงสู่ connecting passage

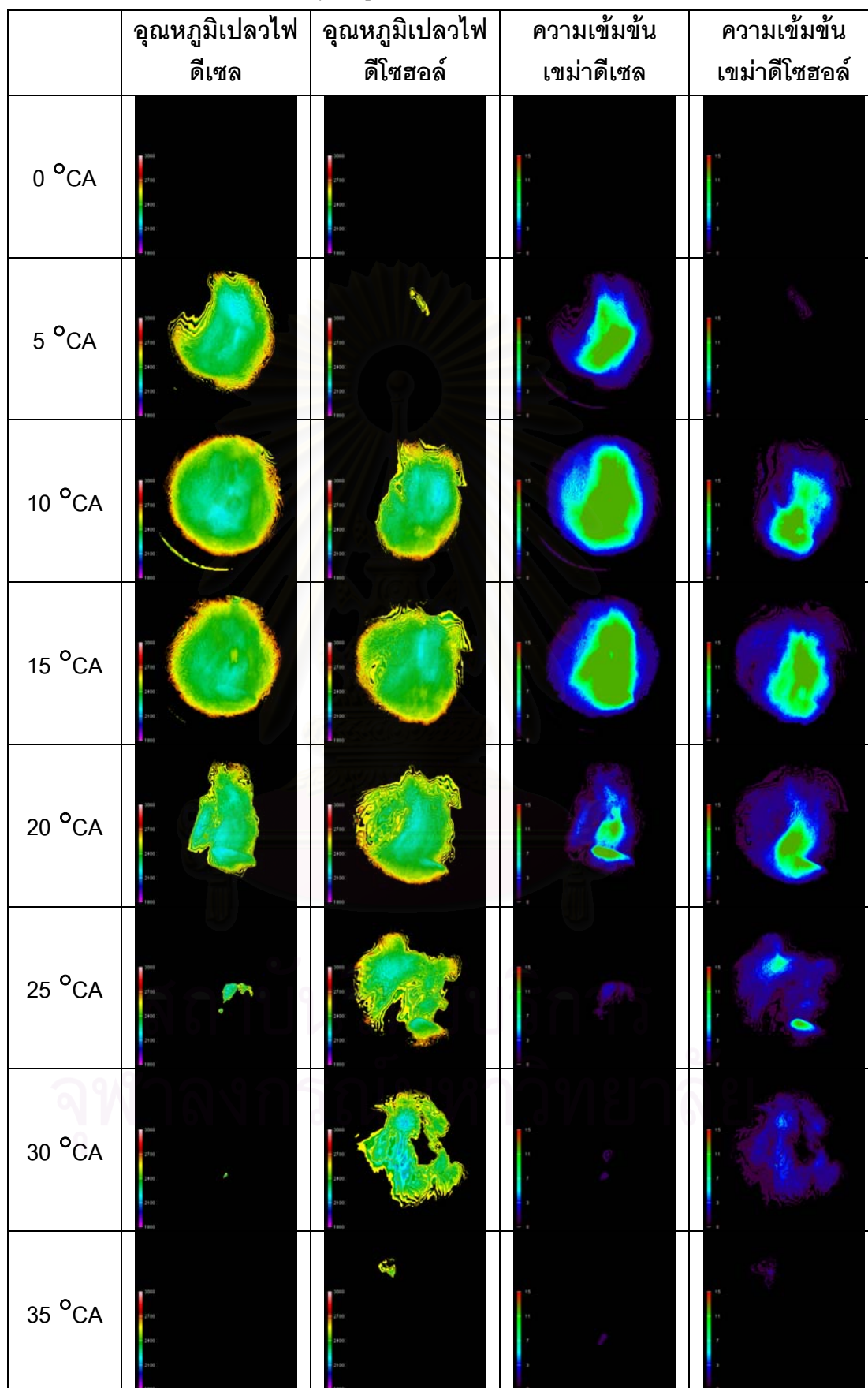
ตารางที่ 6-11 ซ การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2500 rpm, 40 Nm.



ที่ 2500 rpm, 40 Nm. เมื่อพิจารณาการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟโดยรวมแล้วพบว่า เปลวไฟจะมีอุณหภูมิสูงที่ขอบนอก (สีแสด) และลดต่ำลงมาที่บริเวณด้านใน (สีเหลือง, สีเขียว, สีฟ้า) จนกระทั่งที่บริเวณตรงกลาง เปลวไฟจะมีอุณหภูมิต่ำสุด (สีน้ำเงินและสีชมพูซึ่งแสดงค่าอุณหภูมิต่ำสุดในสเกล) และเมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเขม่าจะได้แนวโน้มที่สอดคล้องกับ อุณหภูมิเปลวไฟนั่นคือที่ขอบนอกจะมีความหนาแน่นเขม่าต่ำและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่บริเวณด้านใน จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีความหนาแน่นเขม่าสูงสุด

ที่ 5 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมีขนาดใหญ่กว่าเปลวไฟดีโซฮอล์และครอบคลุมบริเวณที่ อุณหภูมิต่ำ (สีน้ำเงิน) มากกว่า ทำให้ความเข้มข้นเขม่าที่ได้มากกว่าด้วย ที่ 10 °CA ATDC แม้ว่าเปลวไฟดีเซลจะมีขนาดใหญ่กว่า แต่เปลวไฟดีโซฮอล์ครอบคลุมบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ (สีน้ำเงิน และสีชมพู) มากกว่า ทำให้เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีความหนาแน่นเขม่าใกล้เคียงกัน ที่ 15 °CA ATDC แม้ว่าเปลวไฟดีโซฮอล์จะมีบริเวณที่อุณหภูมิประมาณ 1800 K ถึง 2100 K (สีน้ำเงิน และสีชมพู) มากกว่าเปลวไฟดีเซล แต่เปลวไฟดีเซลมีขนาดใหญ่กว่าและมีบริเวณที่อุณหภูมิเปลวไฟประมาณ 2100 K ถึงประมาณ 2250 K (สีฟ้า) มากกว่า จึงทำให้ความหนาแน่นเขม่าของเปลวไฟดีเซลมากกว่า ที่ 20 °CA ATDC เปลวไฟดีโซฮอล์มีอุณหภูมิต่ำกว่าและความเข้มข้นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีเซล ที่ 25 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมอดลงเหลือน้อยกว่าเปลวไฟดีโซฮอล์ ทำให้ความหนาแน่นเขม่าของเปลวไฟดีโซฮอล์มีมากกว่า

ตารางที่ 6-11 ฉ การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2750 rpm, 20 Nm.



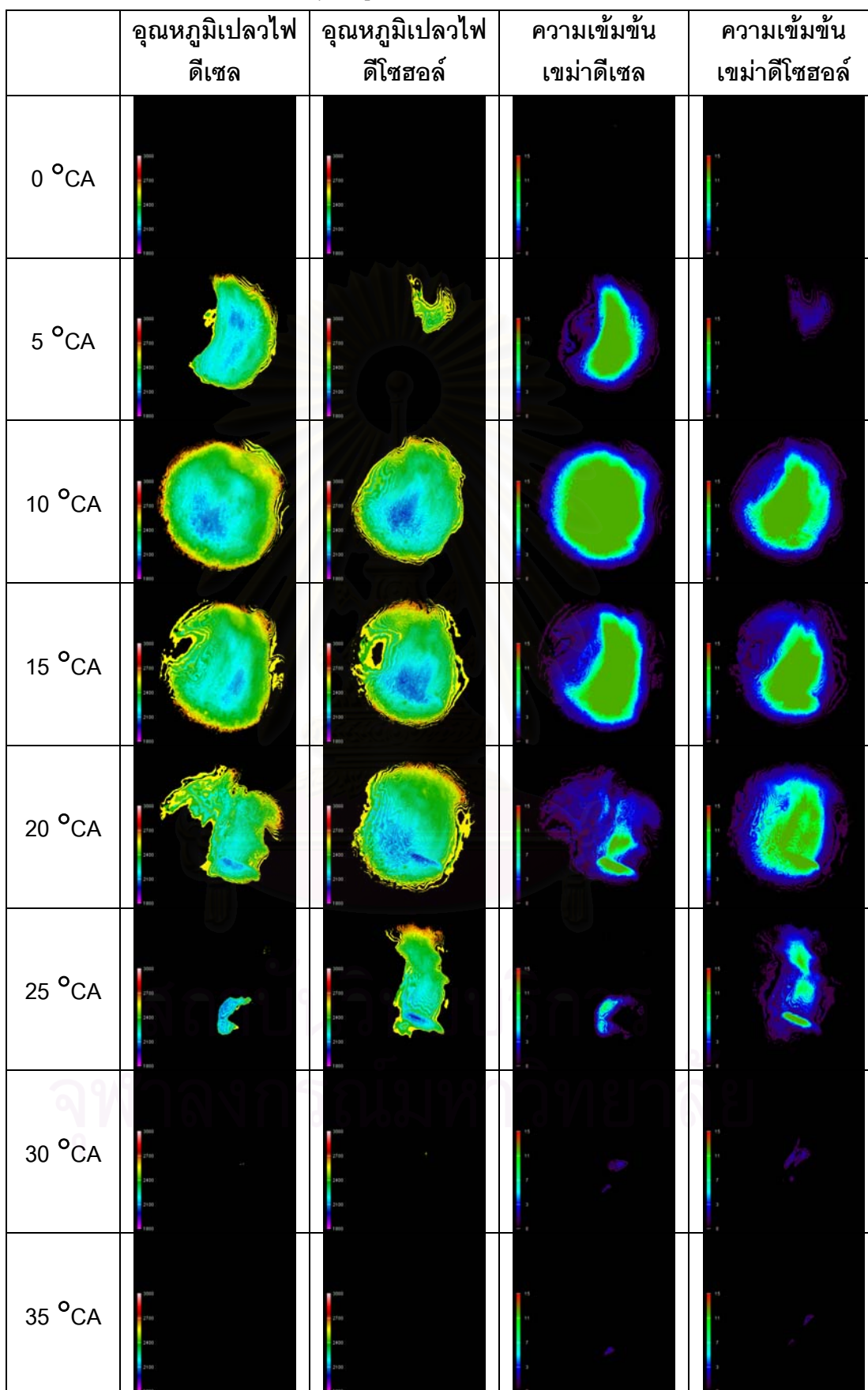


ที่ 2750 rpm, 20 Nm. เมื่อพิจารณาการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟโดยรวมแล้วพบว่าเปลวไฟจะมีอุณหภูมิสูงที่ขอบนอก (สีแสด) และลดต่ำลงมาที่บริเวณด้านใน (สีเหลือง, สีเขียว) จนกระทั่งที่บริเวณตรงกลาง เปลวไฟจะมีอุณหภูมิต่ำสุด (สีฟ้า) และเมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเขม่าจะได้แนวโน้มที่สอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟนั่นคือที่ขอบนอกจะมีความหนาแน่นเขม่าต่ำและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่บริเวณด้านใน จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีความหนาแน่นเขม่าสูงสุด

ที่ 5 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมีขนาดใหญ่กว่าเปลวไฟดีโซลซึ่งเริ่มก่อตัว ดังนั้นจะเห็นว่าเปลวไฟดีเซลจะมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่า ที่ 10 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมีขนาดใหญ่กว่าเปลวไฟดีโซล แต่เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีการแจกแจงอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาความหนาแน่นเขม่า พบว่าเปลวไฟดีเซลมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่า ที่ 15 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีการแจกแจงอุณหภูมิใกล้เคียงกัน แต่เปลวไฟดีเซลมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่า ที่ 20 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลเริ่มมอดลง ในขณะที่เปลวไฟดีโซลยังคงเผาไหม้ต่อไปและครอบคลุมพื้นที่มากกว่า แต่การแจกแจงอุณหภูมิและความหนาแน่นของเปลวไฟทั้งสองใกล้เคียงกัน ที่ 25 และ 30 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมอดดับไป แต่ยังคงเห็นเปลวไฟดีโซลเผาไหม้ต่อไป



ตารางที่ 6-11 ญ การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2750 rpm, 40 Nm.



ที่ 2750 rpm, 40 Nm. เมื่อพิจารณาการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟโดยรวมแล้วพบว่าเปลวไฟจะมีอุณหภูมิสูงที่ขอบนอก (สีแสด) และลดต่ำลงมาที่บริเวณด้านใน (สีเหลือง, สีเขียว, สีฟ้า) จนกระทั่งที่บริเวณตรงกลาง เปลวไฟจะมีอุณหภูมิต่ำสุด (สีน้ำเงิน) และเมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเขม่าจะได้แนวโน้มที่สอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟนั่นคือที่ขอบนอกจะมีความหนาแน่นเขม่าต่ำและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่บริเวณด้านใน จนกระทั่งที่ใจกลางของเปลวไฟจะมีความหนาแน่นเขม่าสูงสุด

ที่ 5 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลมีขนาดใหญ่กว่าเปลวไฟดีโซลล์ ทำให้ความหนาแน่นเขม่าในเปลวไฟดีเซลครอบคลุมพื้นที่มากกว่า ที่ 10 °CA ATDC การแจกแจงอุณหภูมิของเปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาความหนาแน่นเขม่าแล้วพบว่าเปลวไฟดีเซลมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่า ที่ 15 °CA ATDC แม้ว่าเปลวไฟดีเซลจะมีบริเวณที่มีอุณหภูมิประมาณ 1950 K ถึง 2100 K (สีน้ำเงิน) น้อยกว่าเปลวไฟดีโซลล์ แต่เปลวไฟดีเซลมีบริเวณที่มีอุณหภูมิประมาณ 2100 K ถึง 2250 K (สีฟ้า) มากกว่า จึงทำให้ความหนาแน่นเขม่ามากกว่า ที่ 20 °CA ATDC เปลวไฟดีเซลเริ่มมอดลงและมีส่วนที่อุณหภูมิต่ำ (สีน้ำเงิน) เคลื่อนที่ลงสู่ connecting passage ในขณะที่เปลวไฟดีโซลล์ยังคงเผาไหม้ต่อไปและมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่า โดยมีส่วนที่อุณหภูมิต่ำเคลื่อนที่ลงสู่ connecting passage




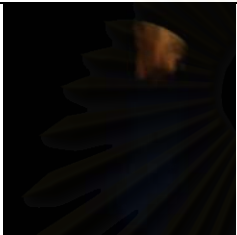
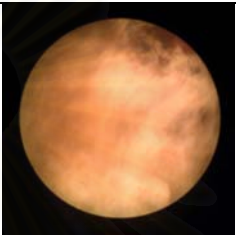

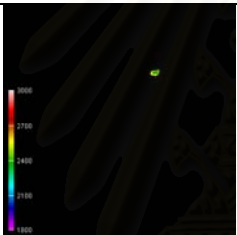
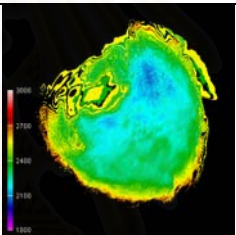
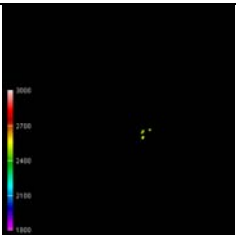
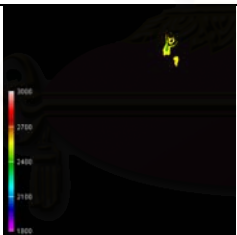
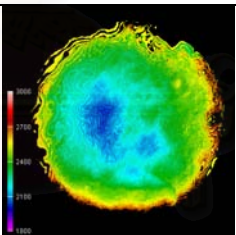
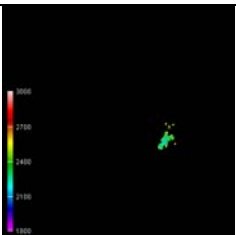
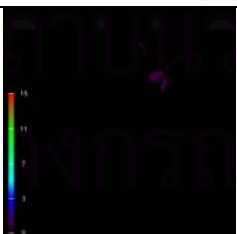
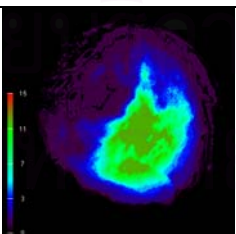
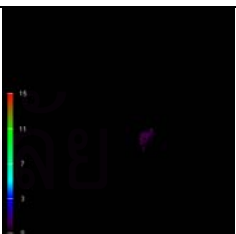
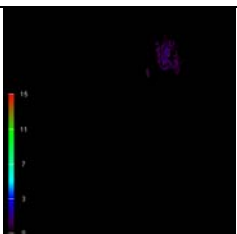
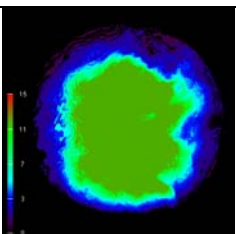
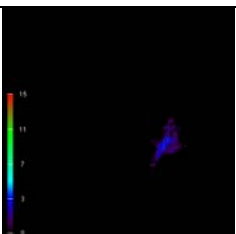
การเปรียบเทียบรูปภาพเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟ และความเข้มข้นเขม่า ณ องศาข้อเหวี่ยงที่เริ่มเห็นเปลวไฟ, องศาข้อเหวี่ยงที่พบบริเวณพื้นที่ของภาพถ่ายเปลวไฟที่มีอุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K มีพื้นที่มากที่สุด และองศาข้อเหวี่ยงที่สิ้นสุดเปลวไฟที่ส่องสว่างจะถูกวิเคราะห์ด้วยวิธี two-color method โดยใช้ซอฟต์แวร์ ThermoVision เวอร์ชัน 1.1 และแสดงในตารางที่ 6-12 (ก) ถึง (ญ)

ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงที่ยกมา 3 ค่าดังกล่าว จะอ้างอิงถึงช่วงของอุณหภูมิเปลวไฟที่ระหว่าง 1800 K และ 3000 K ซึ่งเป็นช่วงที่มีนัยสำคัญสำหรับการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล เปลวไฟที่เปล่งแสงน้อยซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงดังกล่าวนี้ จะไม่นิยามในที่นี้

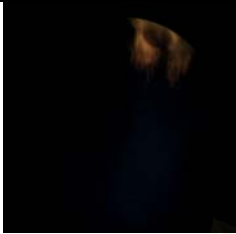
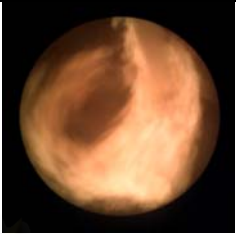


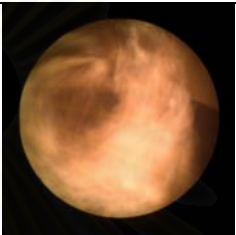

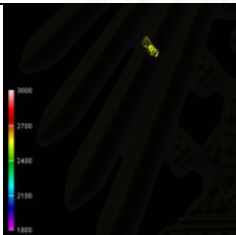
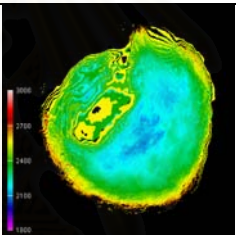
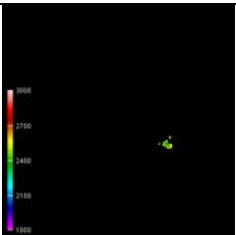
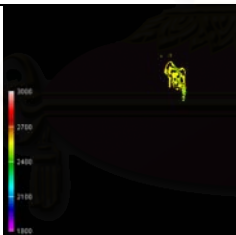
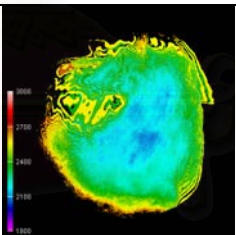
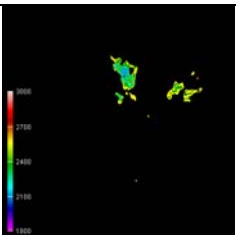
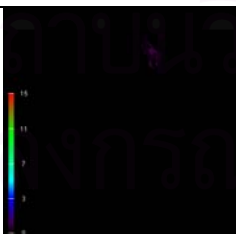
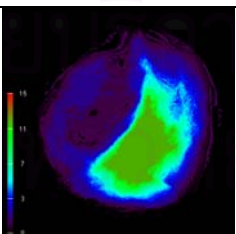
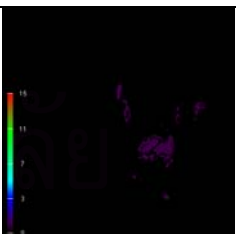
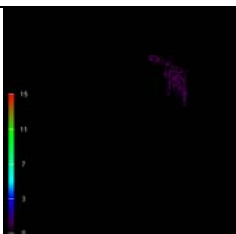
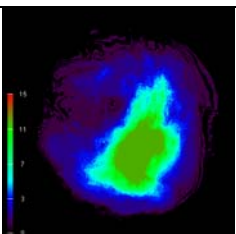
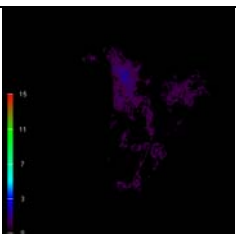
รูปที่ 6-14 (ก) ถึง (ญ) แสดงกราฟของสัดส่วนพื้นที่ของบริเวณที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมของเชื้อเพลิงดีเซลเปรียบเทียบกับดีโซลล์ที่จุดทำงานต่างๆ และรูปภาพเปลวไฟที่องศาข้อเหวี่ยง 3 ค่าตามตารางที่ 6-9 (ก) ถึง (ญ)

รูปที่ 6-15 แสดงกราฟของสัดส่วนพื้นที่ของบริเวณของอุณหภูมิเปลวไฟต่อพื้นที่รูปภาพรวมในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟตั้งแต่ 1800 K ถึง 3000 K

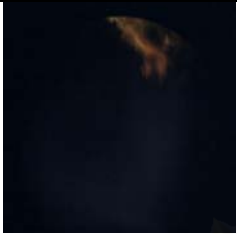


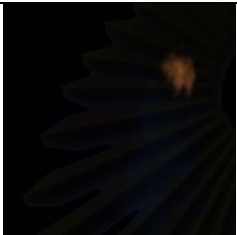
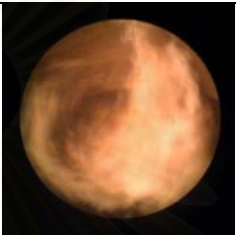

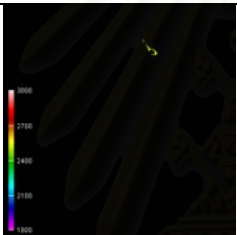
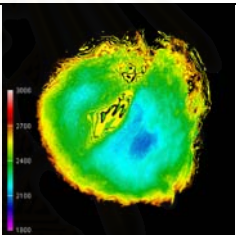
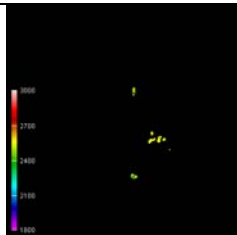
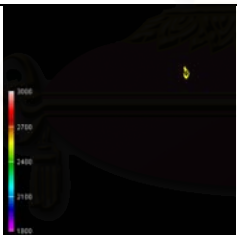
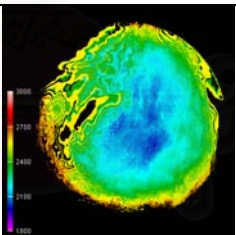
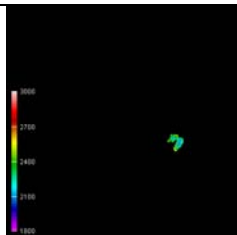
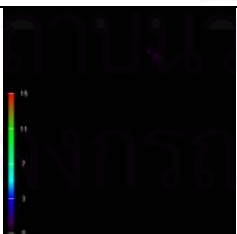
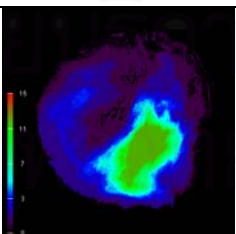
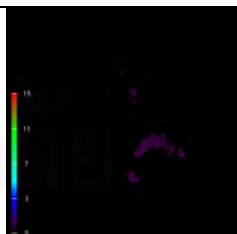
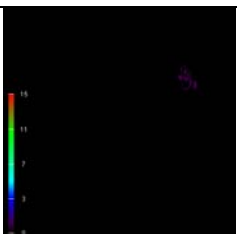
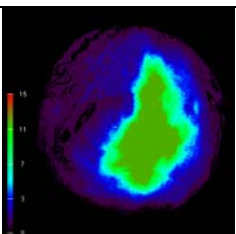
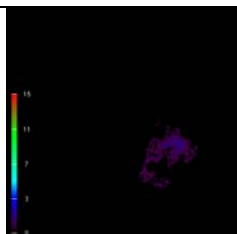
ตารางที่ 6-12 ก ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่รอบเดินเบา

		First visible flame	Max area of 2400 K	End of visible flame	
Idle	Average	Diesel	 2.5 °CA	 11.5 °CA (8.40%)	 26.5 °CA
		Diesohol	 4.5 °CA	 19 °CA (11.18%)	 29.5 °CA
	Flame Temp.	Diesel	 2.5 °CA	 11.5 °CA (8.40%)	 26.5 °CA
		Diesohol	 4.5 °CA	 19 °CA (11.18%)	 29.5 °CA
	Soot Concentration	Diesel	 2.5 °CA	 11.5 °CA (8.40%)	 26.5 °CA
		Diesohol	 4.5 °CA	 19 °CA (11.18%)	 29.5 °CA

ตารางที่ 6-12 ข ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 1000 rpm, 20 Nm.





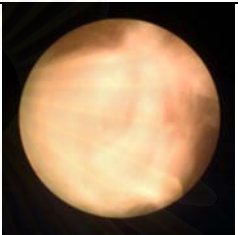
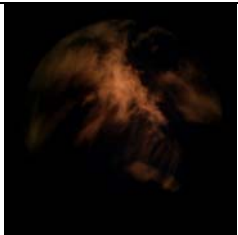
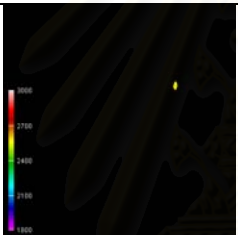
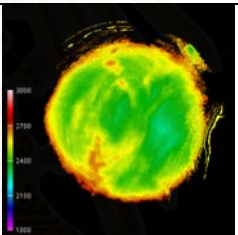
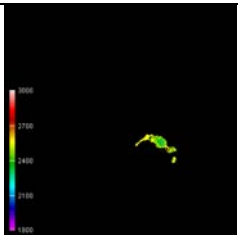
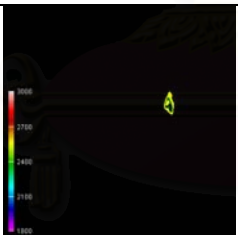
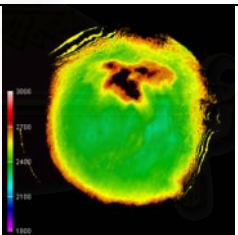
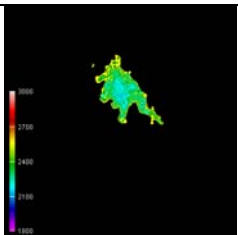
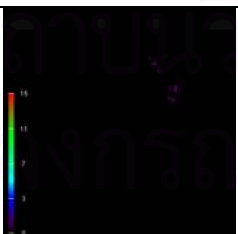
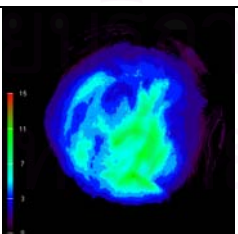
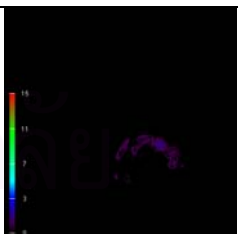
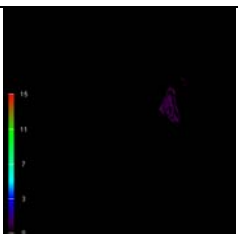
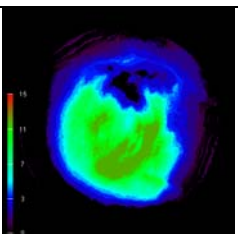
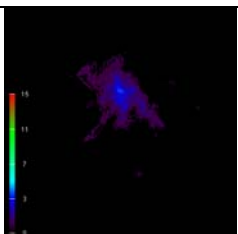
		First visible flame	Max area of 2400 K	End of visible flame	
1000 rpm , 20 Nm.	Average	Diesel	 2 °CA	 12 °CA (8.63%)	 33.5 °CA
		Diesohol	 3.5 °CA	 16 °CA (8.37%)	 32 °CA
	Flame Temp.	Diesel	 2 °CA	 12 °CA (8.63%)	 33.5 °CA
		Diesohol	 3.5 °CA	 16 °CA (8.37%)	 32 °CA
	Soot Concentration	Diesel	 2 °CA	 12 °CA (8.63%)	 33.5 °CA
		Diesohol	 3.5 °CA	 16 °CA (8.37%)	 32 °CA

ตารางที่ 6-12 ค ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 1000 rpm, 30 Nm.

		First visible flame	Max area of 2400 K	End of visible flame
1000 rpm , 30 Nm.	Average	Diesel  1 °CA	 20.5 °CA (11.21%)	 35 °CA
		Diesohol  2.5 °CA	 15.5 °CA (8.99%)	 38.5 °CA
	Flame Temp.	Diesel  1 °CA	 20.5 °CA (11.21%)	 35 °CA
		Diesohol  2.5 °CA	 15.5 °CA (8.99%)	 38.5 °CA
	Soot Concentration	Diesel  1 °CA	 20.5 °CA (11.21%)	 35 °CA
		Diesohol  2.5 °CA	 15.5 °CA (8.99%)	 38.5 °CA




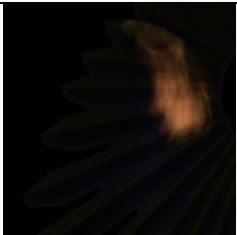
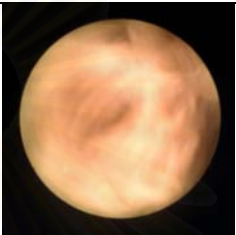
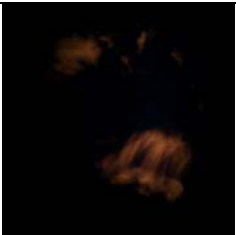
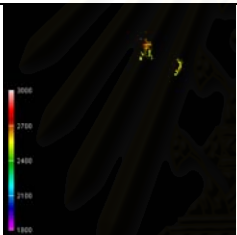
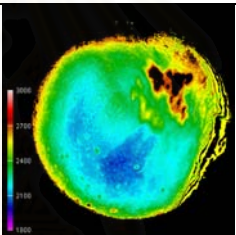
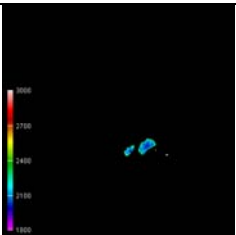
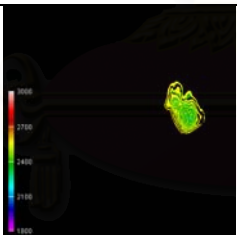
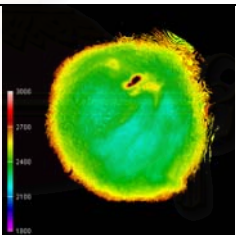
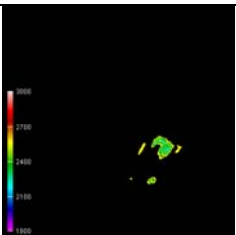
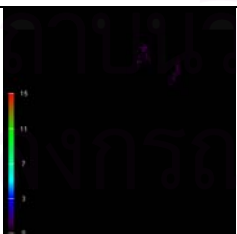
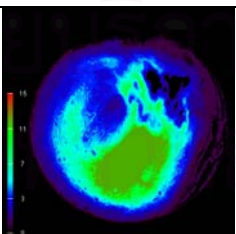
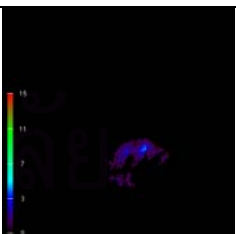
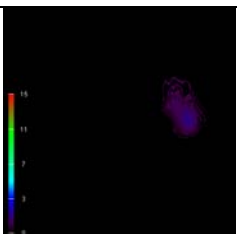
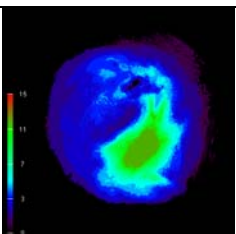
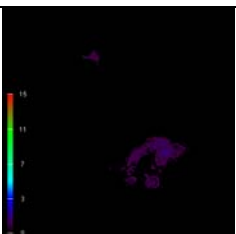


ตารางที่ 6-12 ง ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2000 rpm, 30 Nm.

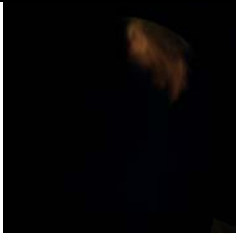



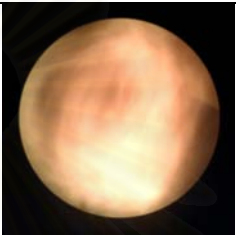
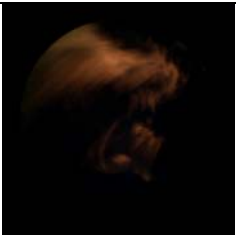
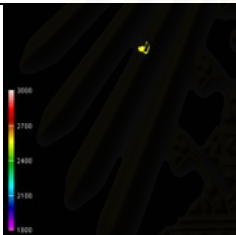
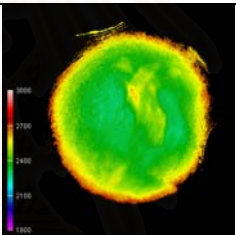
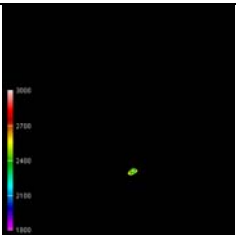
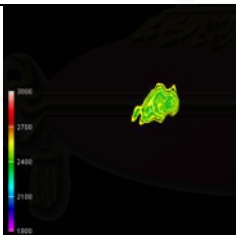
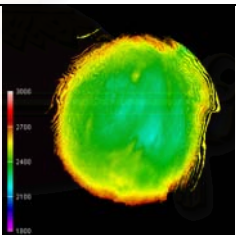
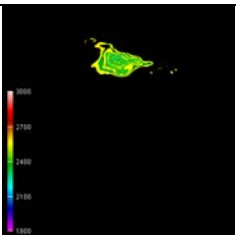
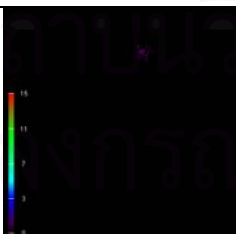
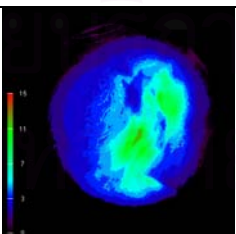
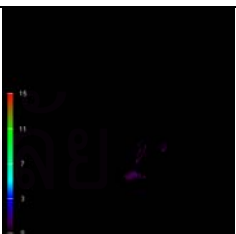
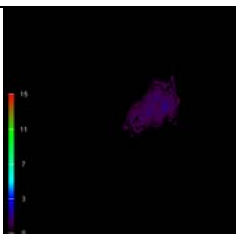
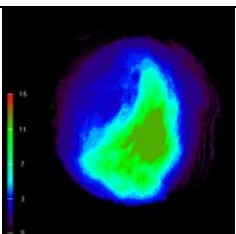
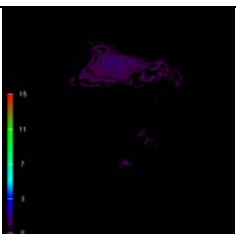
		First visible flame	Max area of 2400 K	End of visible flame	
2000 rpm , 30 Nm.	Average	Diesel	 0.5 °CA	 10 °CA (18.35%)	 31.5 °CA
		Diesohol	 3 °CA	 13 °CA (15.47%)	 34 °CA
	Flame Temp.	Diesel	 0.5 °CA	 10 °CA (18.35%)	 31.5 °CA
		Diesohol	 3 °CA	 13 °CA (15.47%)	 34 °CA
	Soot Concentration	Diesel	 0.5 °CA	 10 °CA (18.35%)	 31.5 °CA
		Diesohol	 3 °CA	 13 °CA (15.47%)	 34 °CA






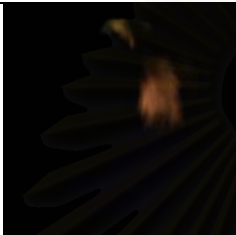
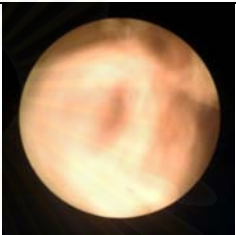
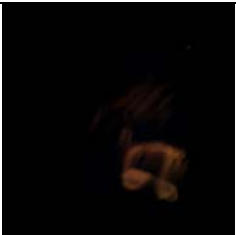
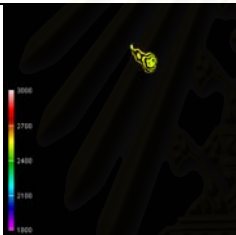
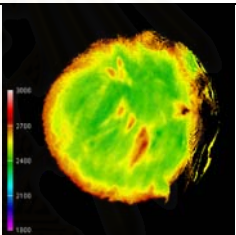
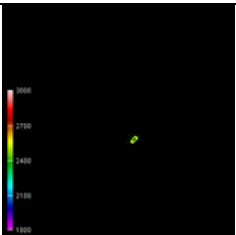
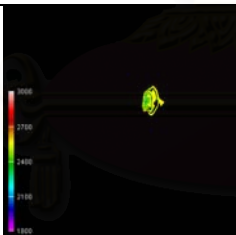
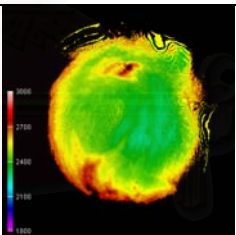
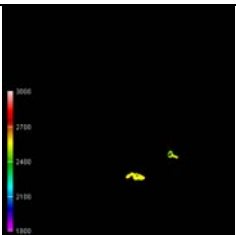
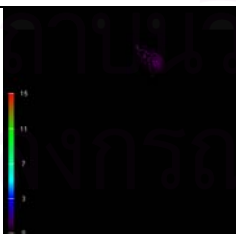
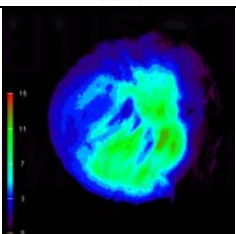
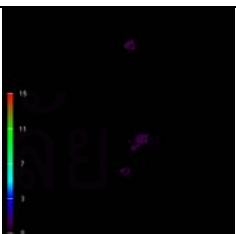
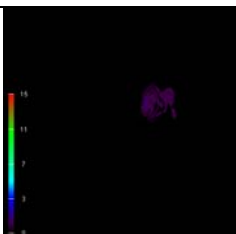
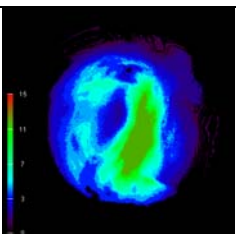
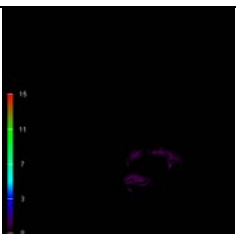
ตารางที่ 6-12 จ ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2000 rpm, 50 Nm.

		First visible flame	Max area of 2400 K	End of visible flame	
2000 rpm , 50 Nm.	Average	Diesel	 0 °CA	 12 °CA (9.83%)	 32 °CA
		Diesohol	 2 °CA	 13 °CA (12.47%)	 36.5 °CA
	Flame Temp.	Diesel	 0 °CA	 12 °CA (9.83%)	 32 °CA
		Diesohol	 2 °CA	 13 °CA (12.47%)	 36.5 °CA
	Soot Concentration	Diesel	 0 °CA	 12 °CA (9.83%)	 32 °CA
		Diesohol	 2 °CA	 13 °CA (12.47%)	 36.5 °CA

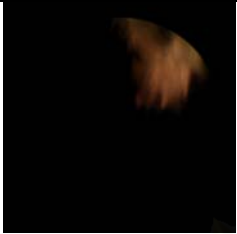
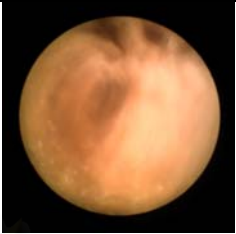


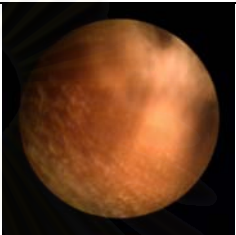

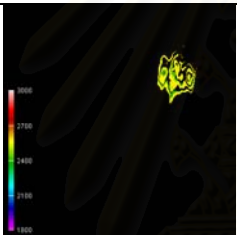
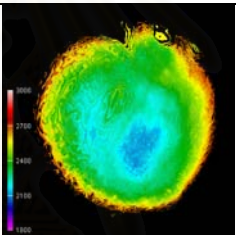
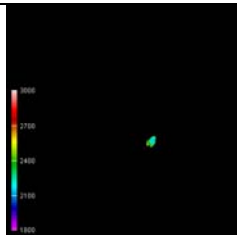
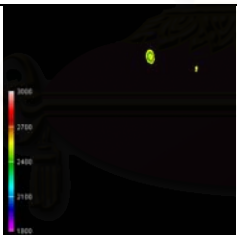
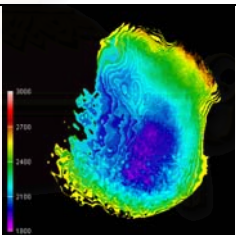
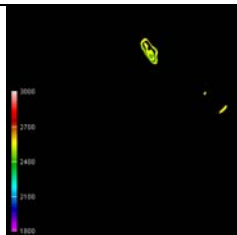
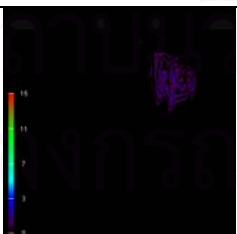
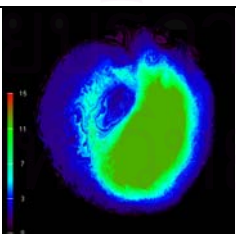
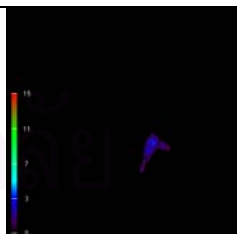
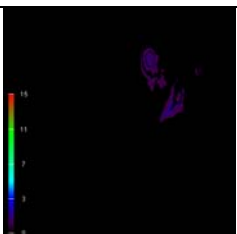
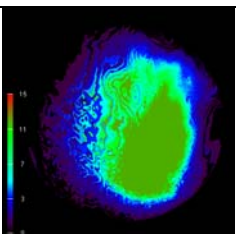
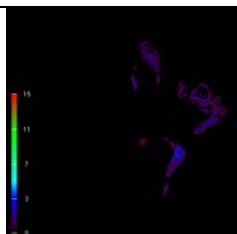
ตารางที่ 6-12 จ ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2250 rpm, 10 Nm.

		First visible flame	Max area of 2400 K	End of visible flame
2250 rpm , 10 Nm.	Average	Diesel  0.5 °CA	 10.5 °CA (14.79%)	 26 °CA
		Diesohol  3.5 °CA	 13.5 °CA (13.62%)	 27.5 °CA
	Flame Temp.	Diesel  0.5 °CA	 10.5 °CA (14.79%)	 26 °CA
		Diesohol  3.5 °CA	 13.5 °CA (13.62%)	 27.5 °CA
	Soot Concentration	Diesel  0.5 °CA	 10.5 °CA (14.79%)	 26 °CA
		Diesohol  3.5 °CA	 13.5 °CA (13.62%)	 27.5 °CA

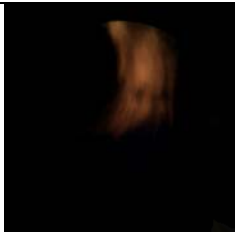

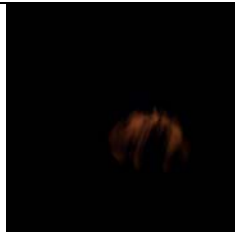


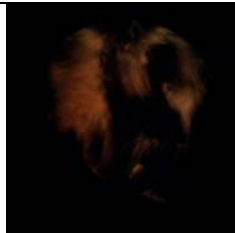
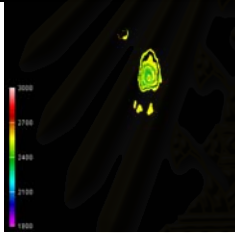
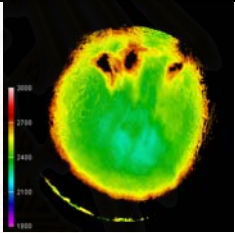
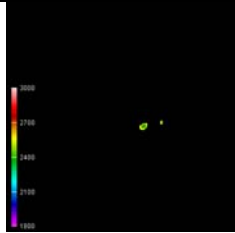
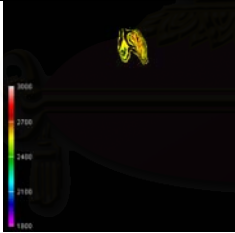
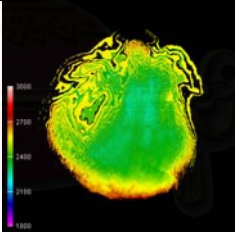
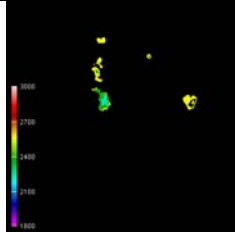
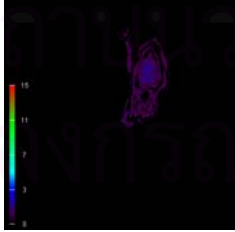
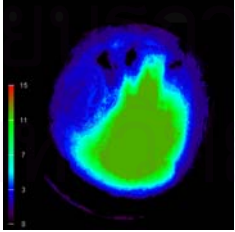
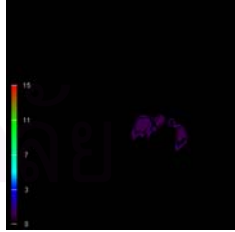
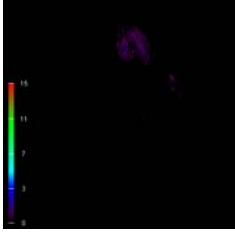
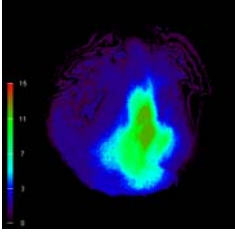
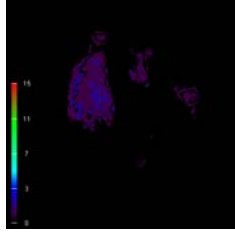
ตารางที่ 6-12 ข ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2250 rpm, 20 Nm.

		First visible flame	Max area of 2400 K	End of visible flame	
2250 rpm , 20 Nm.	Average	Diesel	 0.5 °CA	 12 °CA (22.64%)	 28 °CA
		Diesohol	 2.5 °CA	 13 °CA (17.57%)	 28.5 °CA
	Flame Temp.	Diesel	 0.5 °CA	 12 °CA (22.64%)	 28 °CA
		Diesohol	 2.5 °CA	 13 °CA (17.57%)	 28.5 °CA
	Soot Concentration	Diesel	 0.5 °CA	 12 °CA (22.64%)	 28 °CA
		Diesohol	 2.5 °CA	 13 °CA (17.57%)	 28.5 °CA

ตารางที่ 6-12 ซ ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2500 rpm, 40 Nm.

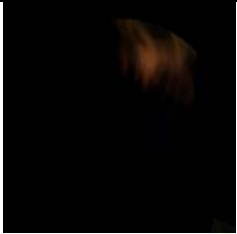

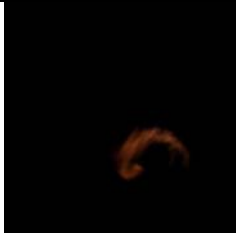

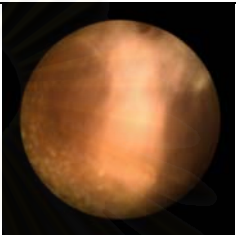

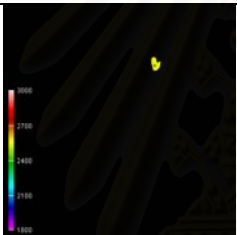
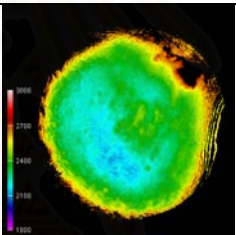
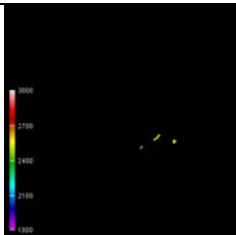
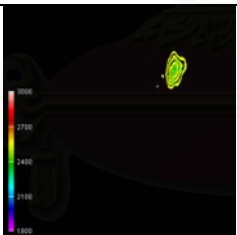
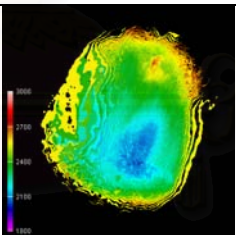
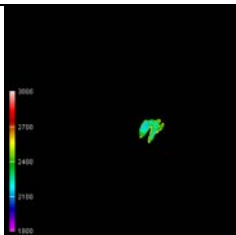
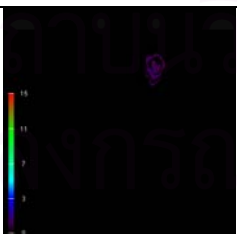
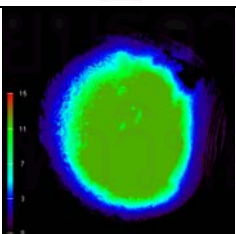
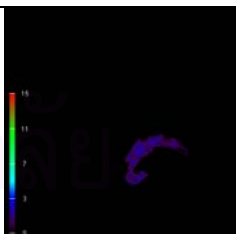
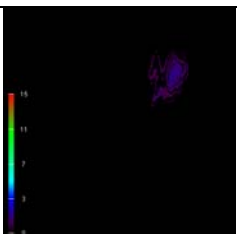
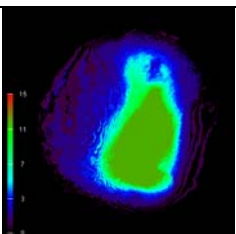
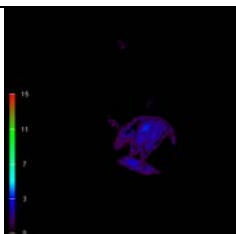
		First visible flame	Max area of 2400 K	End of visible flame	
2500 rpm , 40 Nm.	Average	Diesel	 1 °CA	 12.5 °CA (11.03%)	 28 °CA
		Diesohol	 3 °CA	 18 °CA (4.72%)	 29 °CA
	Flame Temp.	Diesel	 1 °CA	 12.5 °CA (11.03%)	 28 °CA
		Diesohol	 3 °CA	 18 °CA (4.72%)	 29 °CA
	Soot Concentration	Diesel	 1 °CA	 12.5 °CA (11.03%)	 28 °CA
		Diesohol	 3 °CA	 18 °CA (4.72%)	 29 °CA

ตารางที่ 6-12 ฉ ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2750 rpm, 20 Nm.

		First visible flame	Max area of 2400 K	End of visible flame
2750 rpm , 20 Nm.	Average	Diesel  2 °CA	 11 °CA (16.50%)	 29 °CA
		Diesohol  4 °CA	 16 °CA (12.25%)	 33 °CA
	Flame Temp.	Diesel  2 °CA	 11 °CA (22.12%)	 29 °CA
		Diesohol  4 °CA	 16 °CA (12.25%)	 33 °CA
	Soot Concentration	Diesel  2 °CA	 11 °CA (16.50%)	 29 °CA
		Diesohol  4 °CA	 16 °CA (12.25%)	 33 °CA



ตารางที่ 6-12 ภาพการเปรียบเทียบเปลวไฟ, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าที่ 2750 rpm, 40 Nm.

		First visible flame	Max area of 2400 K	End of visible flame	
2750 rpm , 40 Nm.	Average	Diesel	 0.5 °CA	 9.5 °CA (10.42%)	 28.5 °CA
		Diesohol	 3.5 °CA	 17 °CA (9.74%)	 29.5 °CA
	Flame Temp.	Diesel	 0.5 °CA	 9.5 °CA (10.42%)	 28.5 °CA
		Diesohol	 3.5 °CA	 17 °CA (9.74%)	 29.5 °CA
	Soot Concentration	Diesel	 0.5 °CA	 9.5 °CA (10.42%)	 28.5 °CA
		Diesohol	 3.5 °CA	 17 °CA (9.74%)	 29.5 °CA



จากตารางที่ 6-12 (ก ถึง ญ) ตัวเลขได้ภาพหมายถึงองศาข้อเหวี่ยง ตัวเลขในวงเล็บได้ภาพในคอลัมน์กลางหมายถึงสัดส่วนร้อยละของพื้นที่สูงสุด

เมื่อพิจารณาภาพเปลวไฟที่เผาไหม้, การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเข้ามาในตารางที่ 6-12 (ก ถึง ญ) พบว่าองศาข้อเหวี่ยงที่เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองเริ่มต้นเผาไหม้และสิ้นสุดการเผาไหม้ต่างกัน โดยเปลวไฟจะเริ่มมีเขม่าตั้งแต่เริ่มต้นการเผาไหม้จนกระทั่งสิ้นสุดการเผาไหม้ เมื่อพิจารณาจุดที่เปลวไฟมีสัดส่วนพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 2400 K มากที่สุด พบว่าเปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีองศาข้อเหวี่ยงต่างกันและมีการแจกแจงอุณหภูมิและปริมาณเขม่าที่ต่างกัันดังนี้

ที่รอบเดินเบา เปลวไฟดีโซฮอลล์มีอุณหภูมิต่ำกว่าและมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีเซล

ที่ 1000 rpm, 20 Nm. เปลวไฟดีเซลมีบริเวณที่อุณหภูมิต่ำ (สีน้ำเงิน) มากกว่า ทำให้เปลวไฟดีเซลมีบริเวณที่มีความหนาแน่นเขม่าสูงมากกว่าเปลวไฟดีโซฮอลล์

ที่ 1000 rpm, 30 Nm. เปลวไฟดีโซฮอลล์มีอุณหภูมิต่ำกว่าและมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีเซล

ที่ 2000 rpm, 30 Nm. เปลวไฟดีโซฮอลล์มีบริเวณที่อุณหภูมิประมาณ 2400 K (สีเขียว) มากกว่าทำให้มีความหนาแน่นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีเซล

ที่ 2000 rpm, 50 Nm. เปลวไฟดีเซลมีอุณหภูมิต่ำกว่าและมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีโซฮอลล์

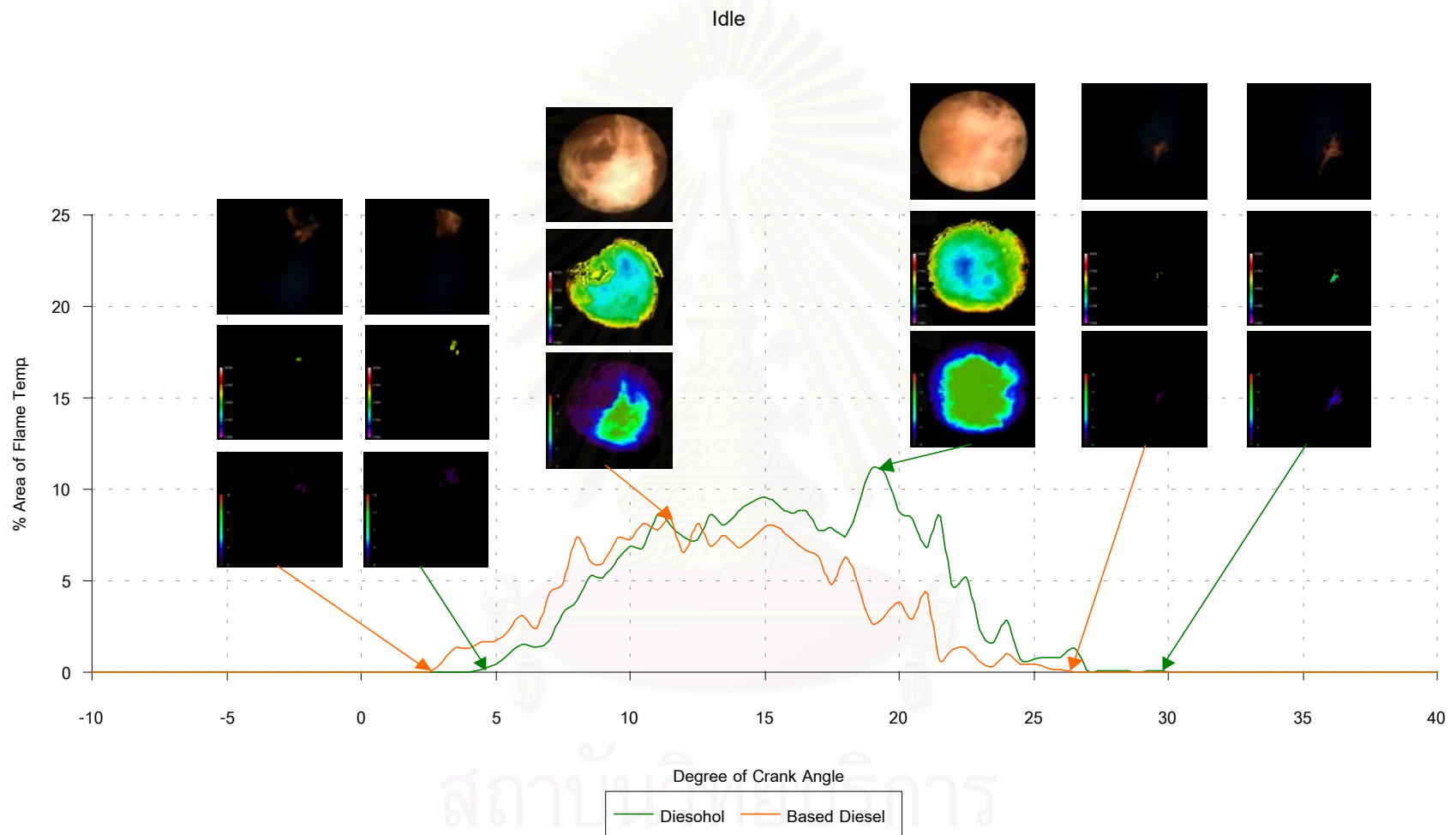
ที่ 2250 rpm, 10 Nm. เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีการแจกแจงอุณหภูมิที่ประมาณ 2400 K (สีเขียว) ใกล้เคียงกัน แต่เปลวไฟดีโซฮอลล์มีบางบริเวณที่อุณหภูมิต่ำกว่า (สีฟ้า) มากกว่า ทำให้เปลวไฟดีโซฮอลล์มีความหนาแน่นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีเซล

ที่ 2250 rpm, 20 Nm. เปลวไฟดีโซฮอลล์มีอุณหภูมิต่ำกว่าและมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีเซล

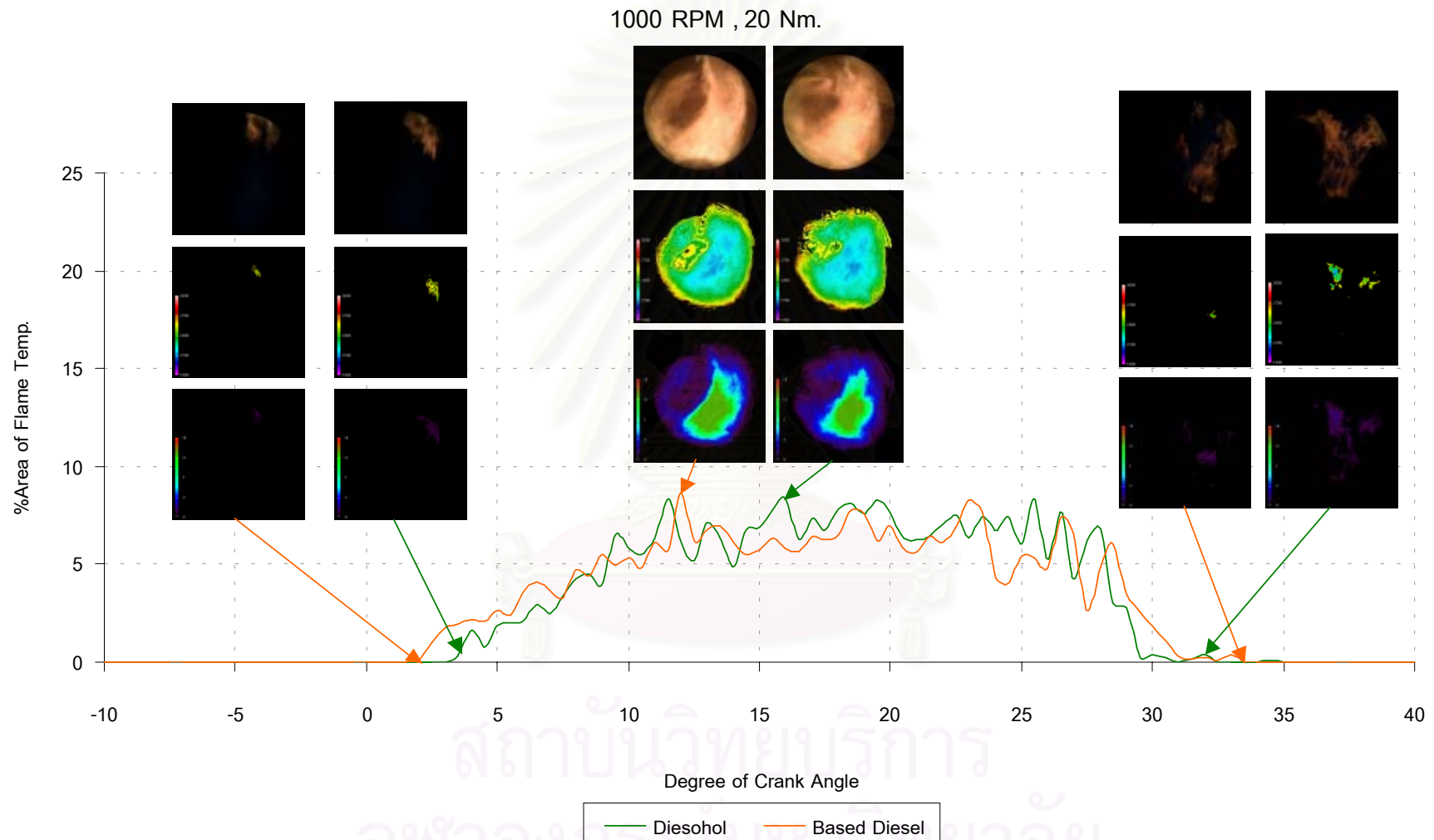
ที่ 2500 rpm, 40 Nm. แม้ว่าเปลวไฟดีโซฮอลล์จะมีบริเวณที่อุณหภูมิต่ำมาก (สีน้ำเงินและสีชมพู) มากกว่าเปลวไฟดีเซล แต่เปลวไฟดีเซลมีบริเวณที่มีอุณหภูมิประมาณ 2100 K (สีฟ้า) มากกว่า ทำให้ปริมาณเขม่าของเปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกัน

ที่ 2750 rpm, 20 Nm. เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองมีการแจกแจงอุณหภูมิใกล้เคียงกัน แต่เปลวไฟดีเซลมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่าเปลวไฟดีโซฮอลล์

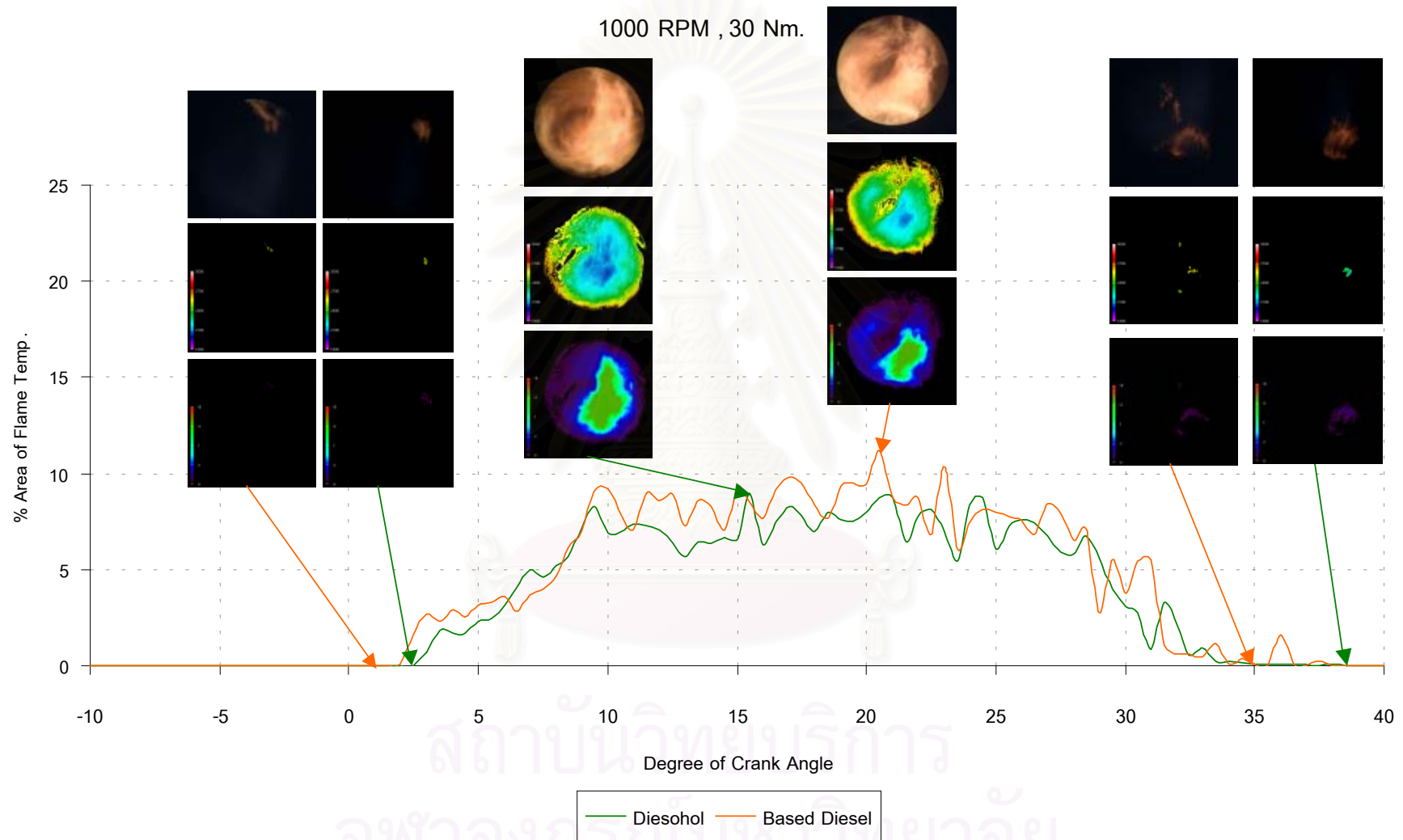
ที่ 2750 rpm, 40 Nm. เปลวไฟดีเซลมีบริเวณที่อุณหภูมิประมาณ 2100 K (สีฟ้า) มากกว่า ทำให้เปลวไฟดีเซลมีความหนาแน่นเขม่ามากกว่า



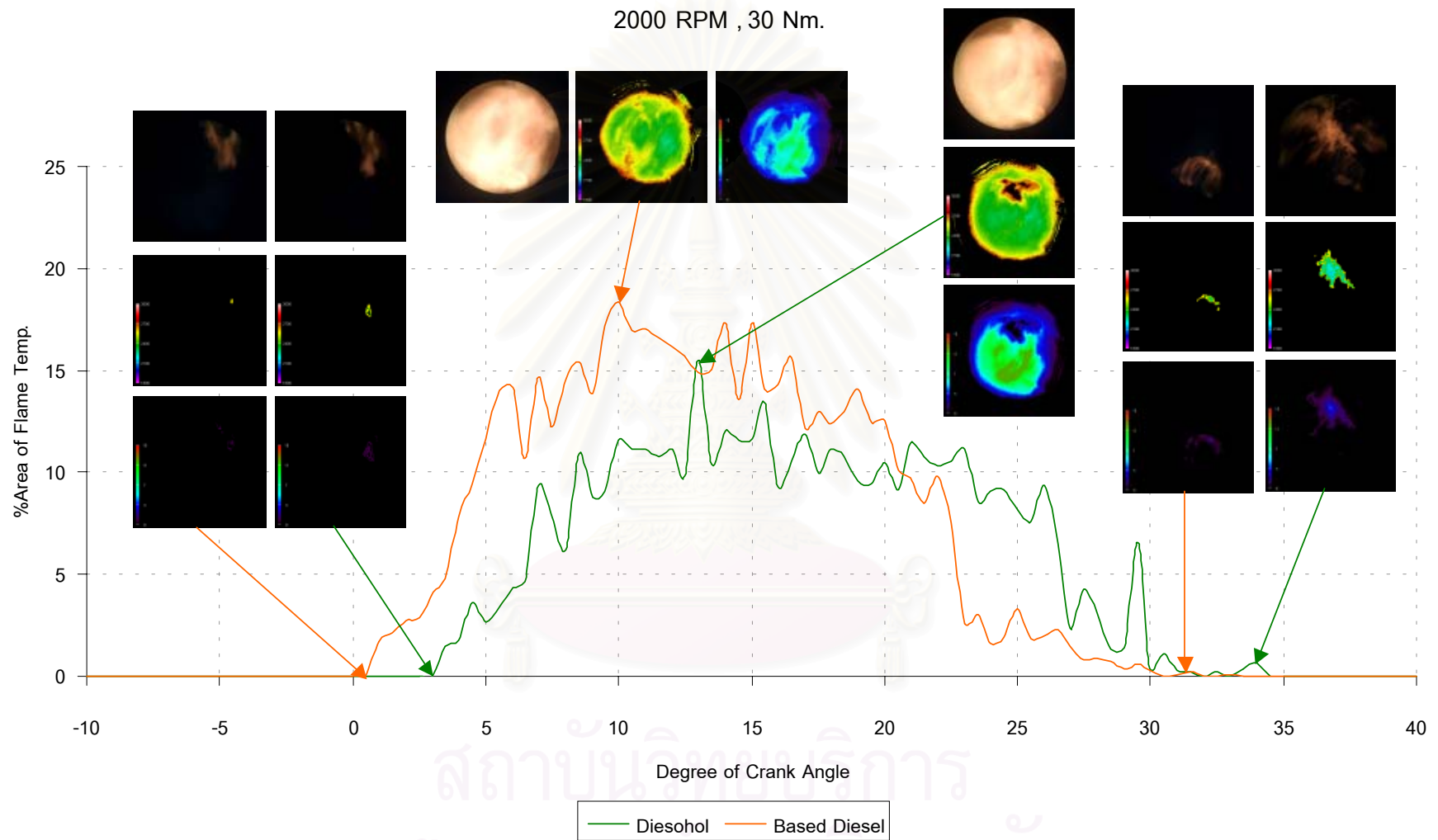
รูปที่ 6-14 ก สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมทั้งของศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา



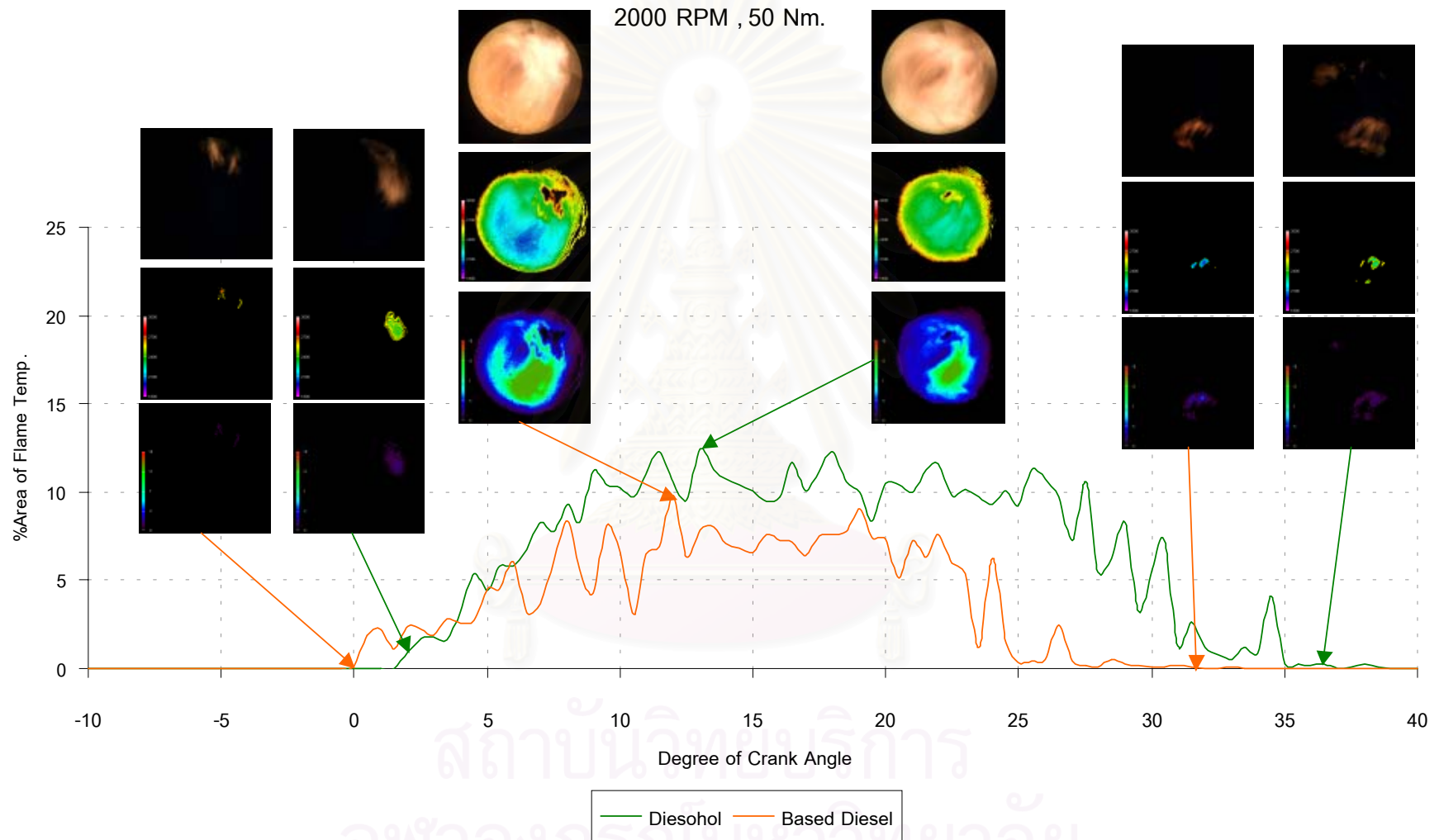
รูปที่ 6-14 ข สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm.



รูปที่ 6-14 ค สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมทั้งของสาขาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm.

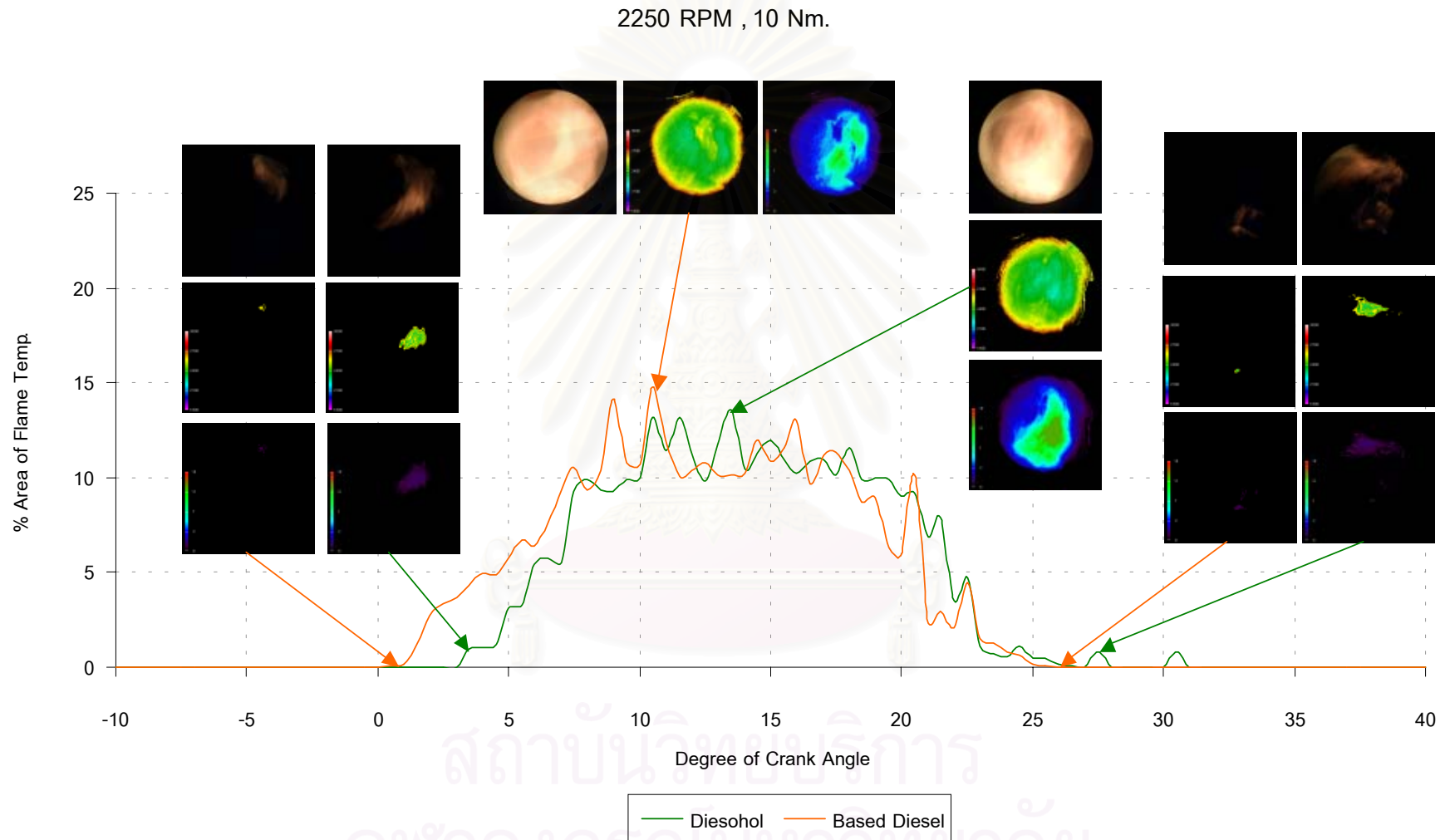


รูปที่ 6-14 ง สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมทั้งองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm.

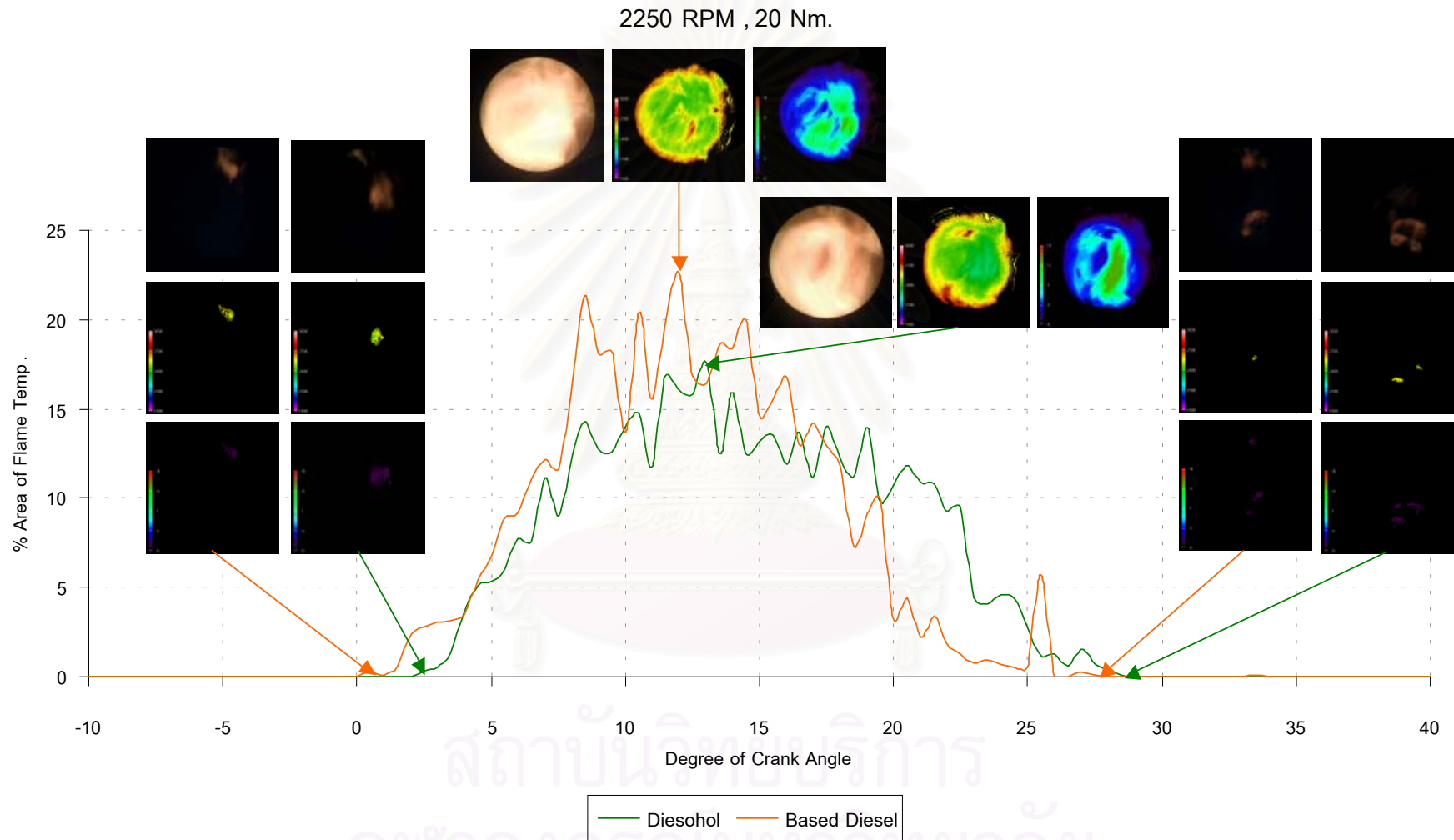


รูปที่ 6-14 จ สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมทั้งของศาช้อเหวียงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm.

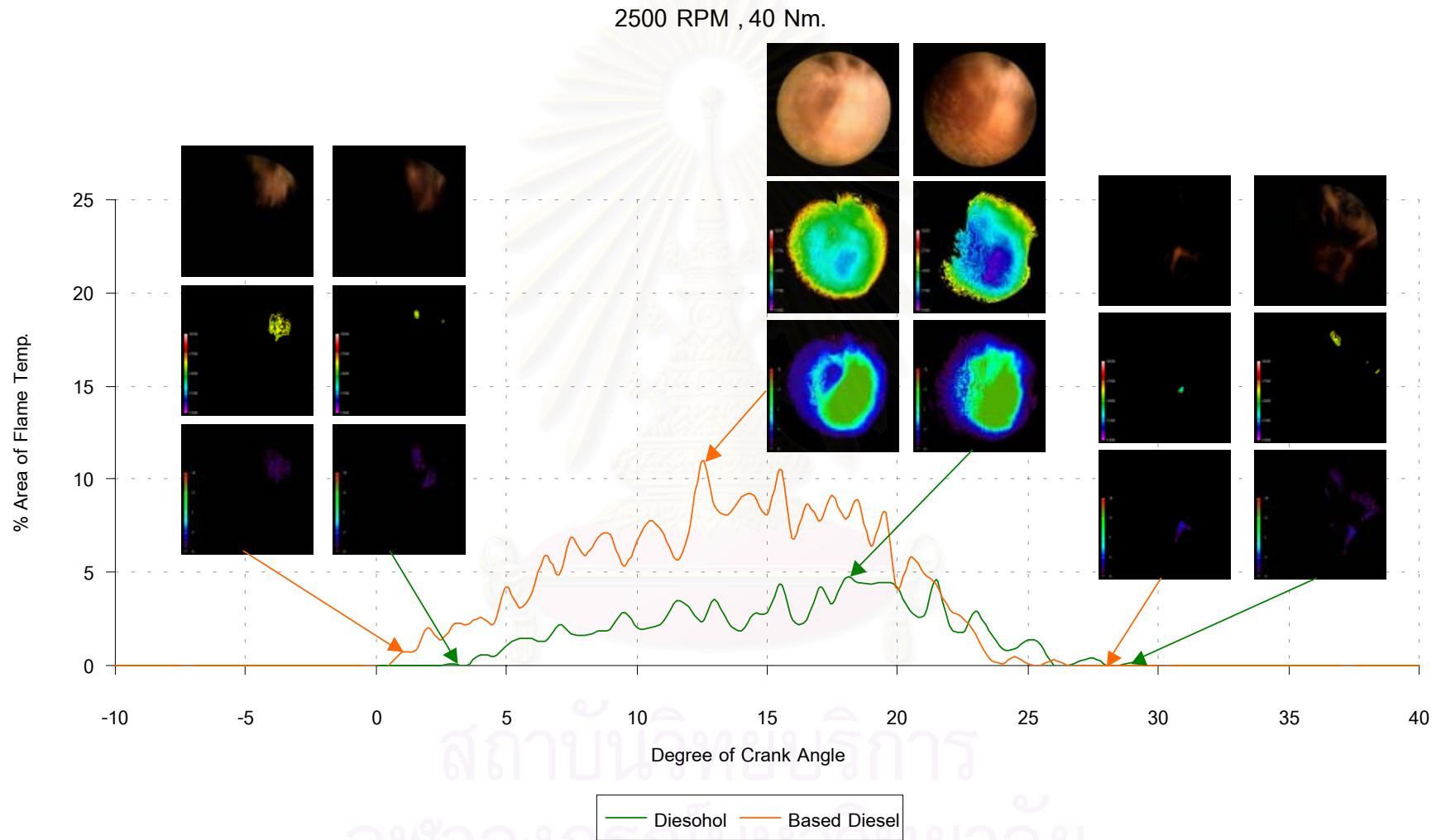




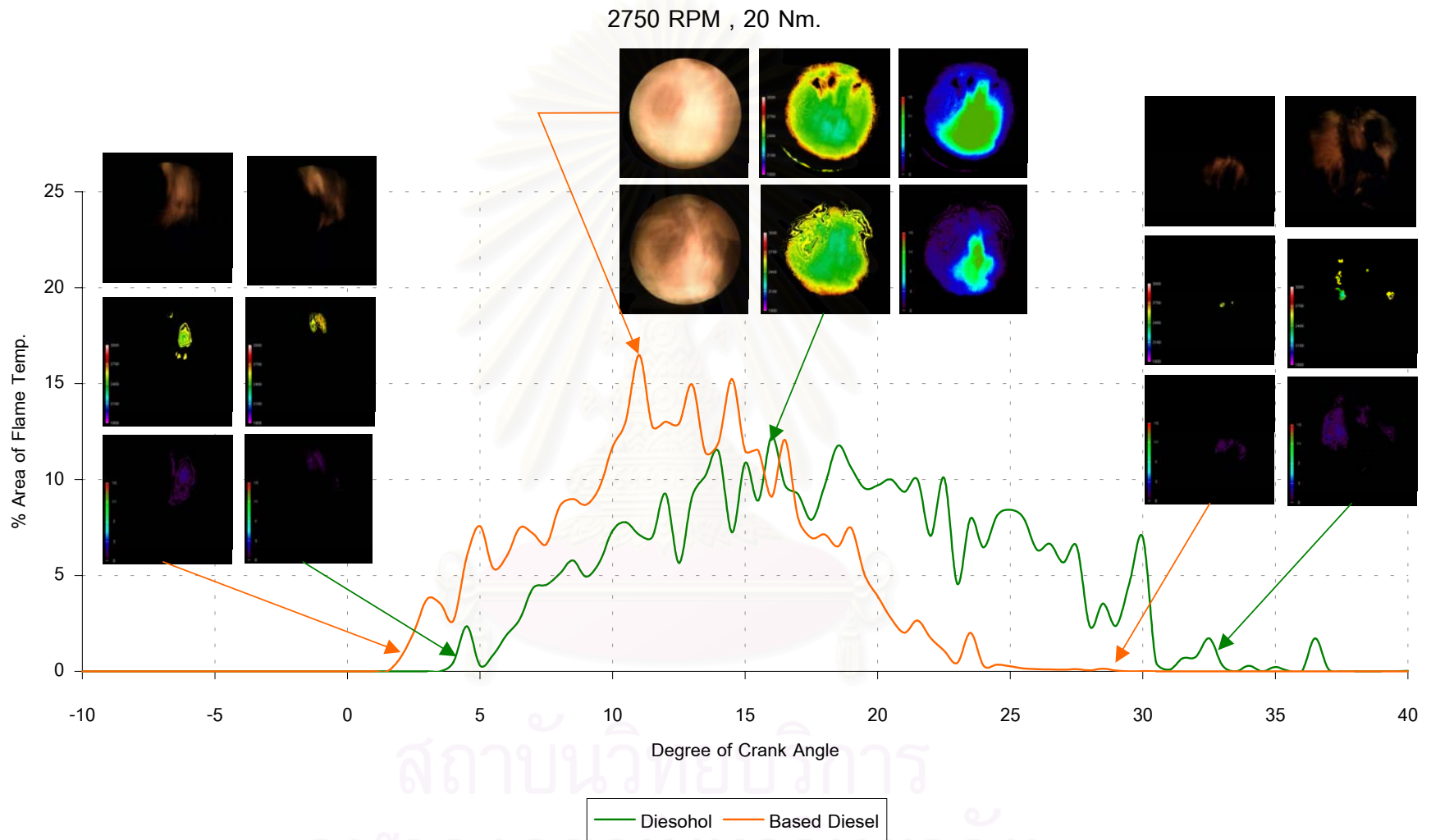
รูปที่ 6-14 ฉ สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมทั้งของสายข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm.



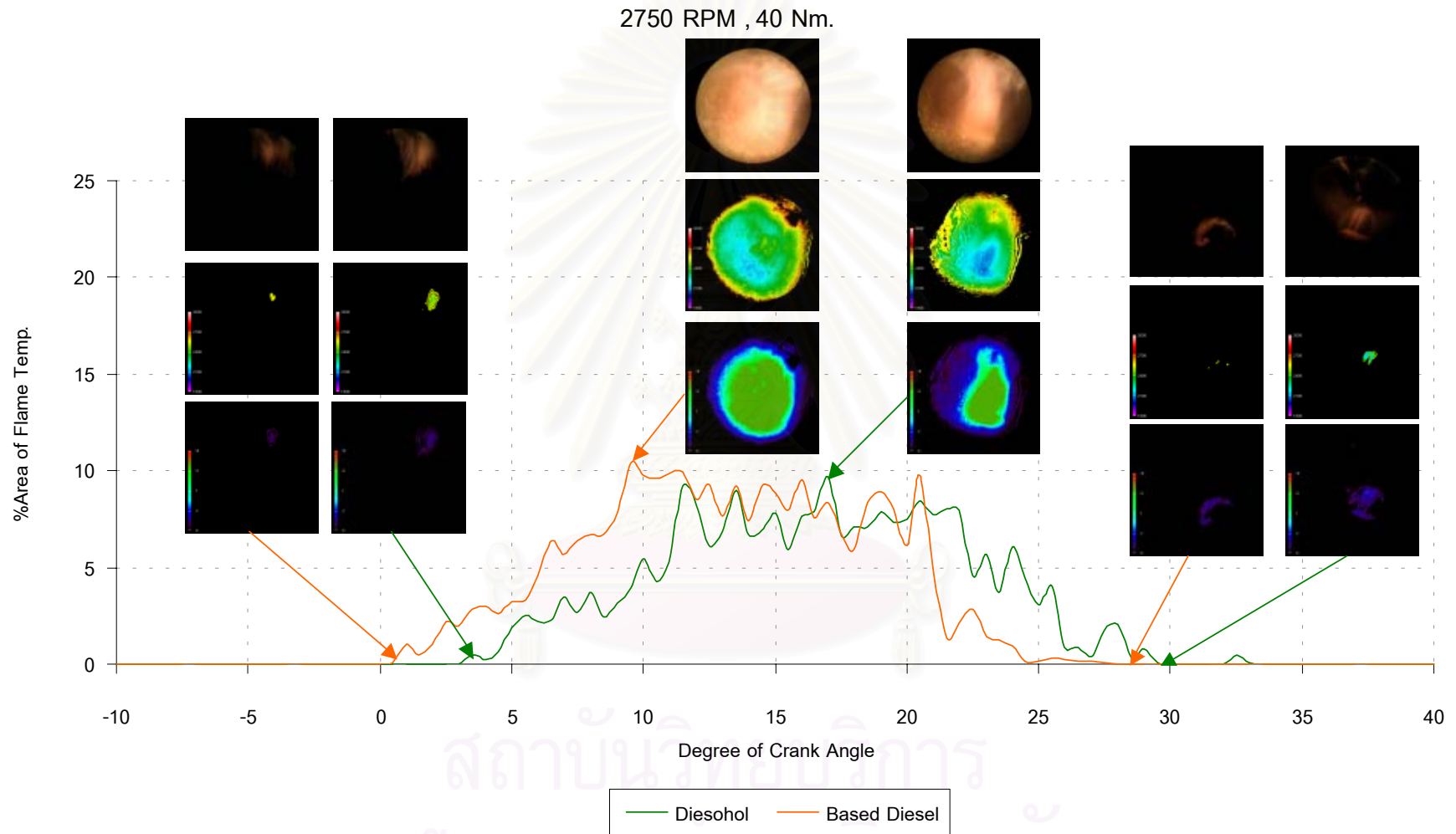
รูปที่ 6-14 ข สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมทั้งองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm.



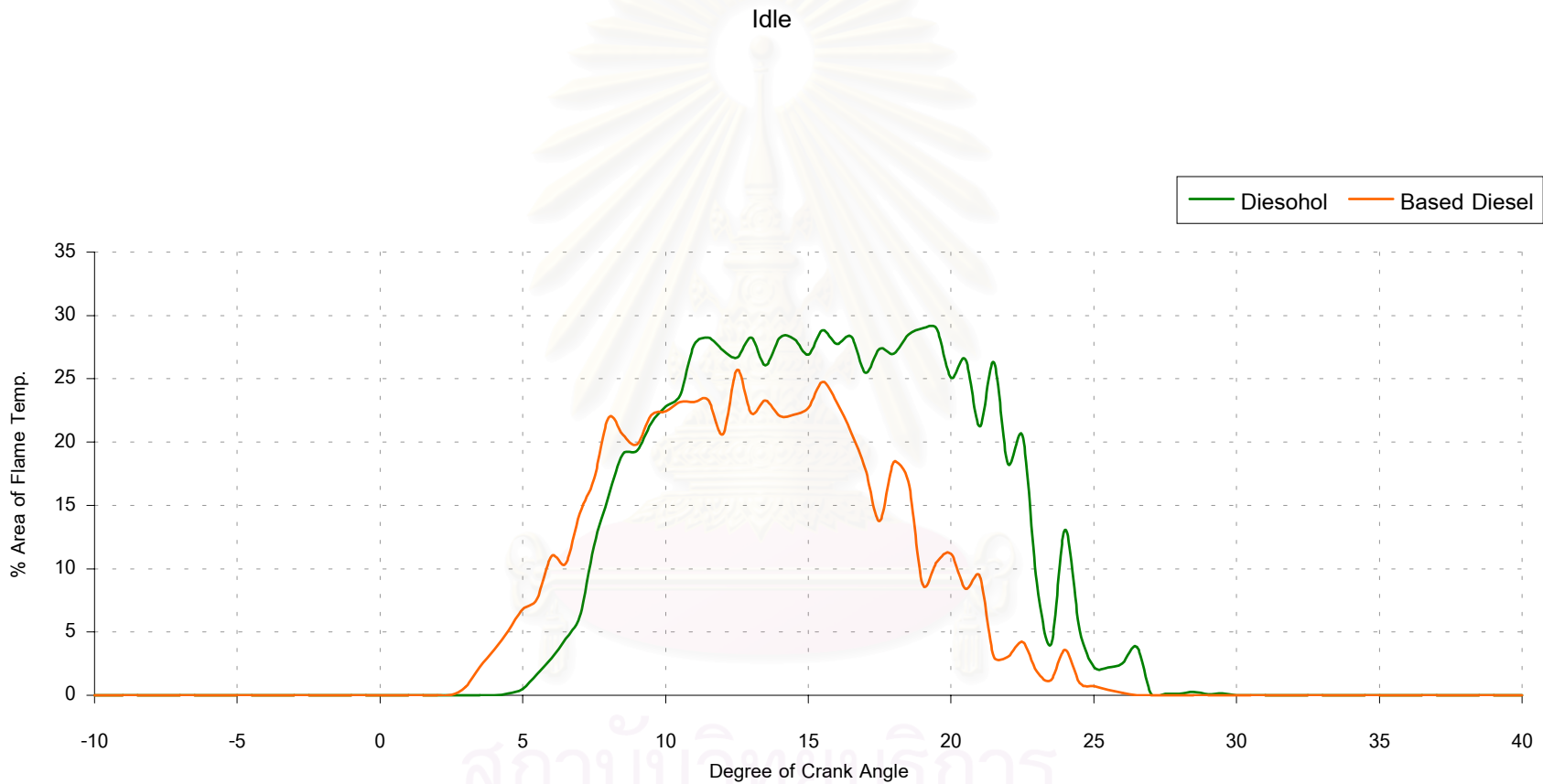
รูปที่ 6-14 ซึ่ แสดงส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2500 rpm, 40 Nm.



รูปที่ 6-14 ฉ สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมทั้งของเชื้อเพลิงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 20 Nm.

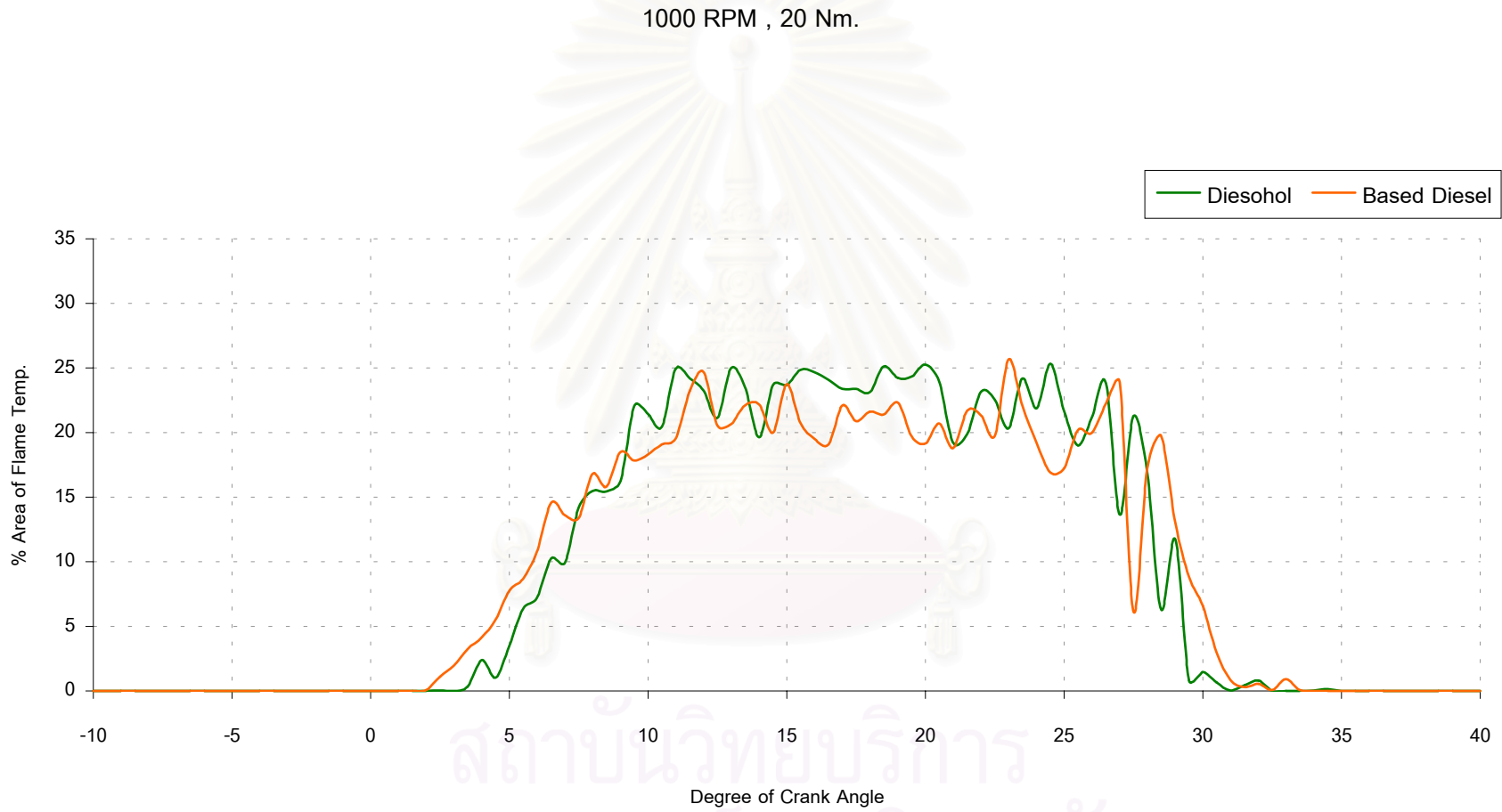


รูปที่ 6-14 ญ สัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm.



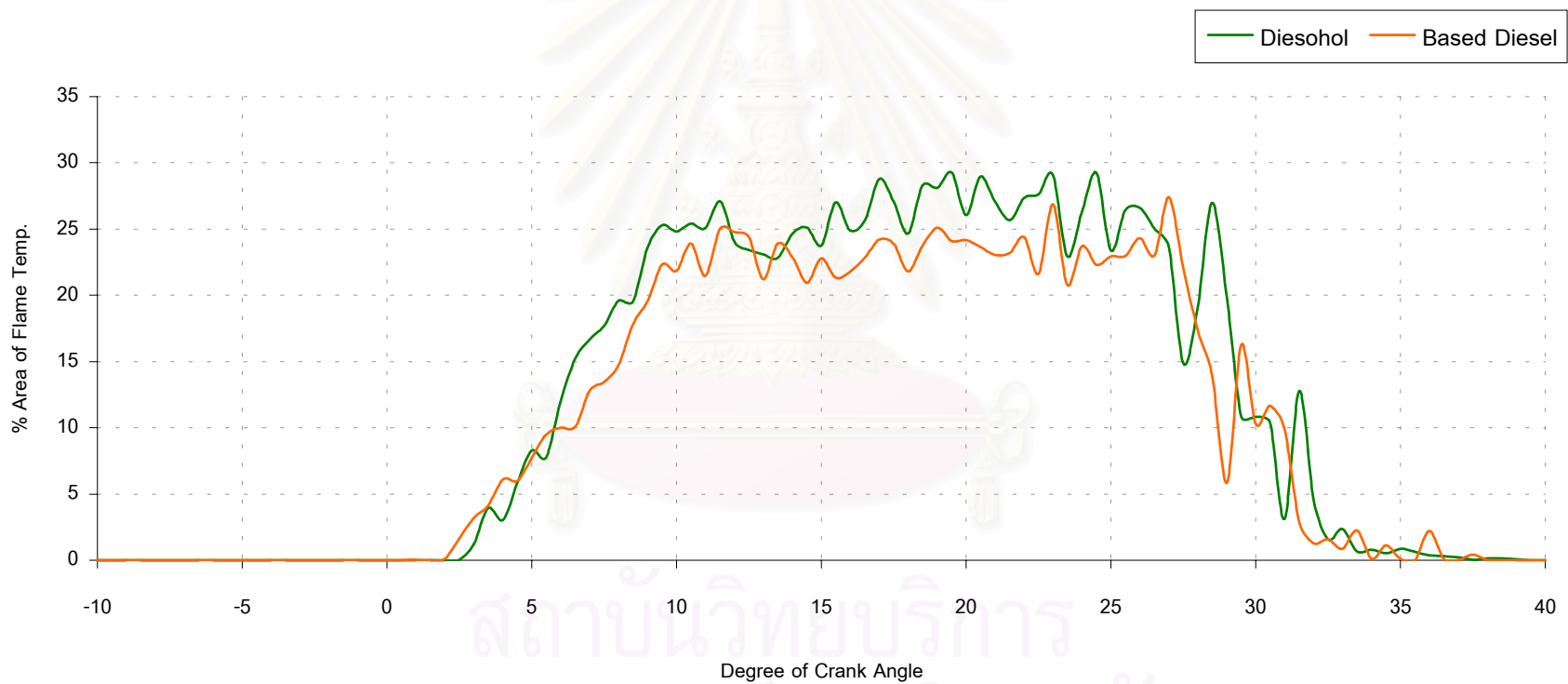
รูปที่ 6-15 ก สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมที่รอบเดินเบา





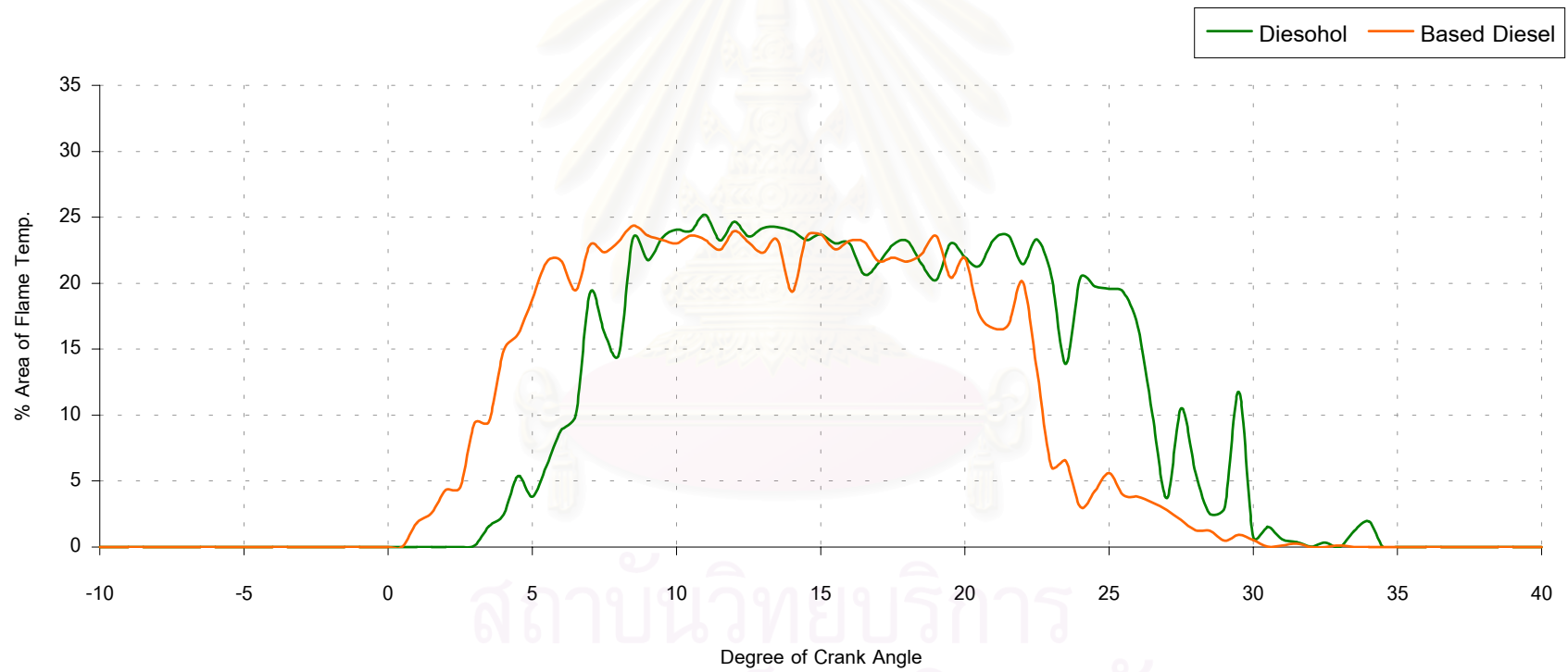
รูปที่ 6-15 ข สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมที่ 1000 rpm, 20 Nm.

1000 RPM , 30 Nm.



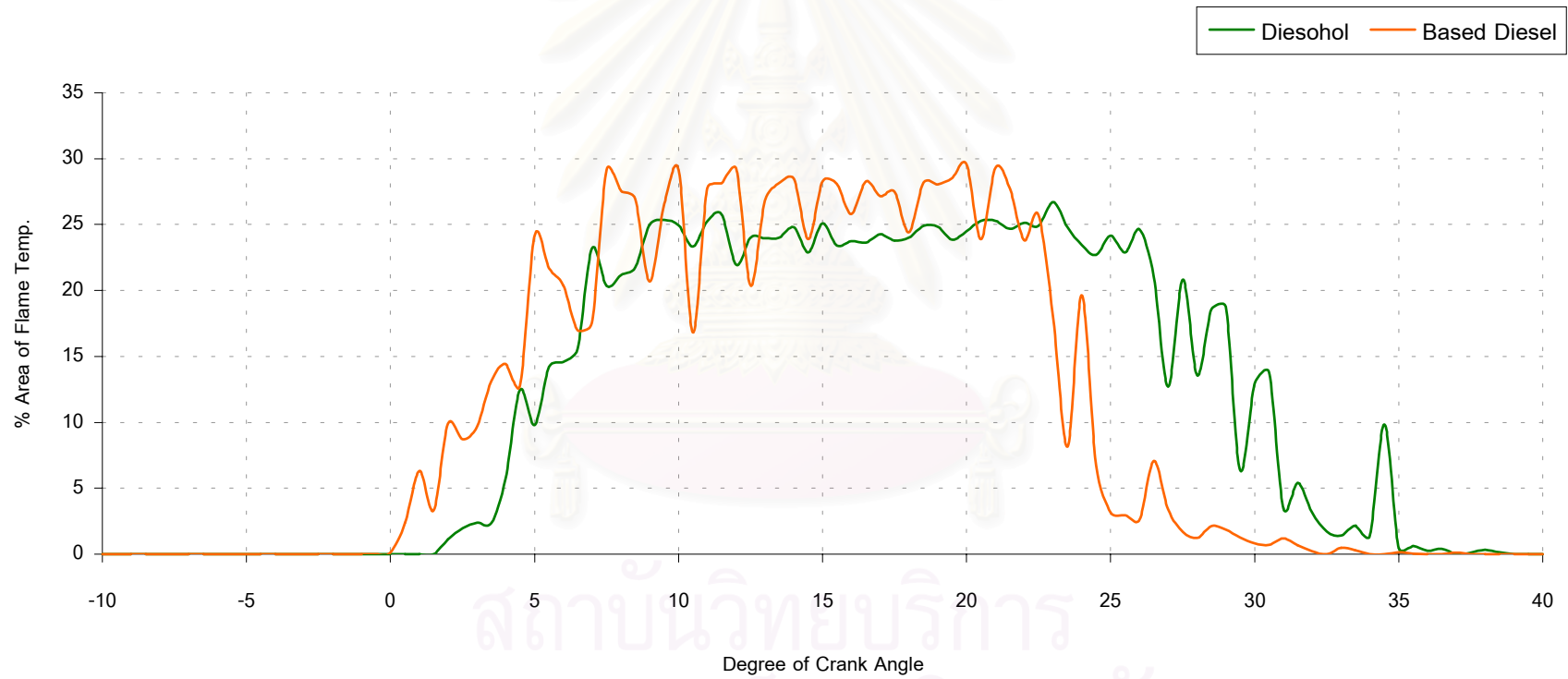
รูปที่ 6-15 ค สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมที่ 1000 rpm, 30 Nm.

2000 RPM , 30 Nm.



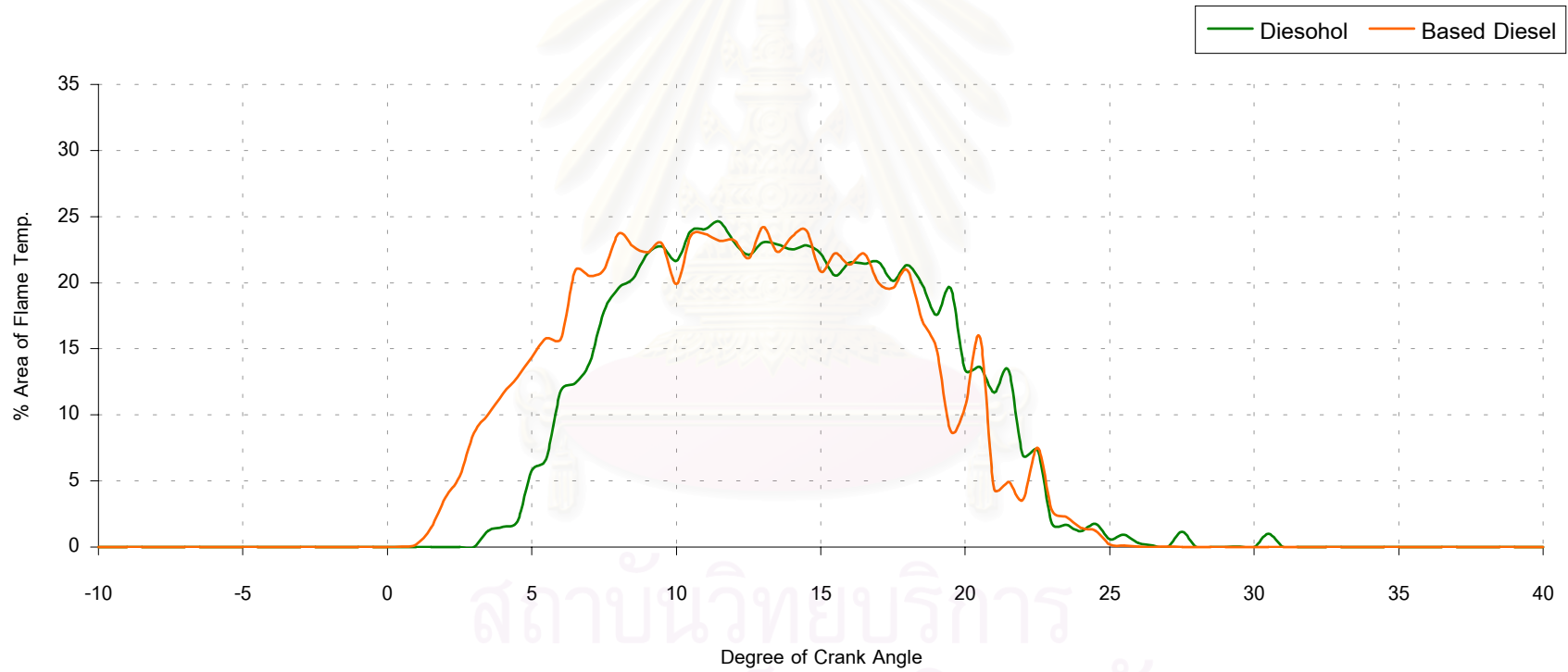
รูปที่ 6-15 ง สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมที่ 2000 rpm, 30 Nm.

2000 RPM , 50 Nm.



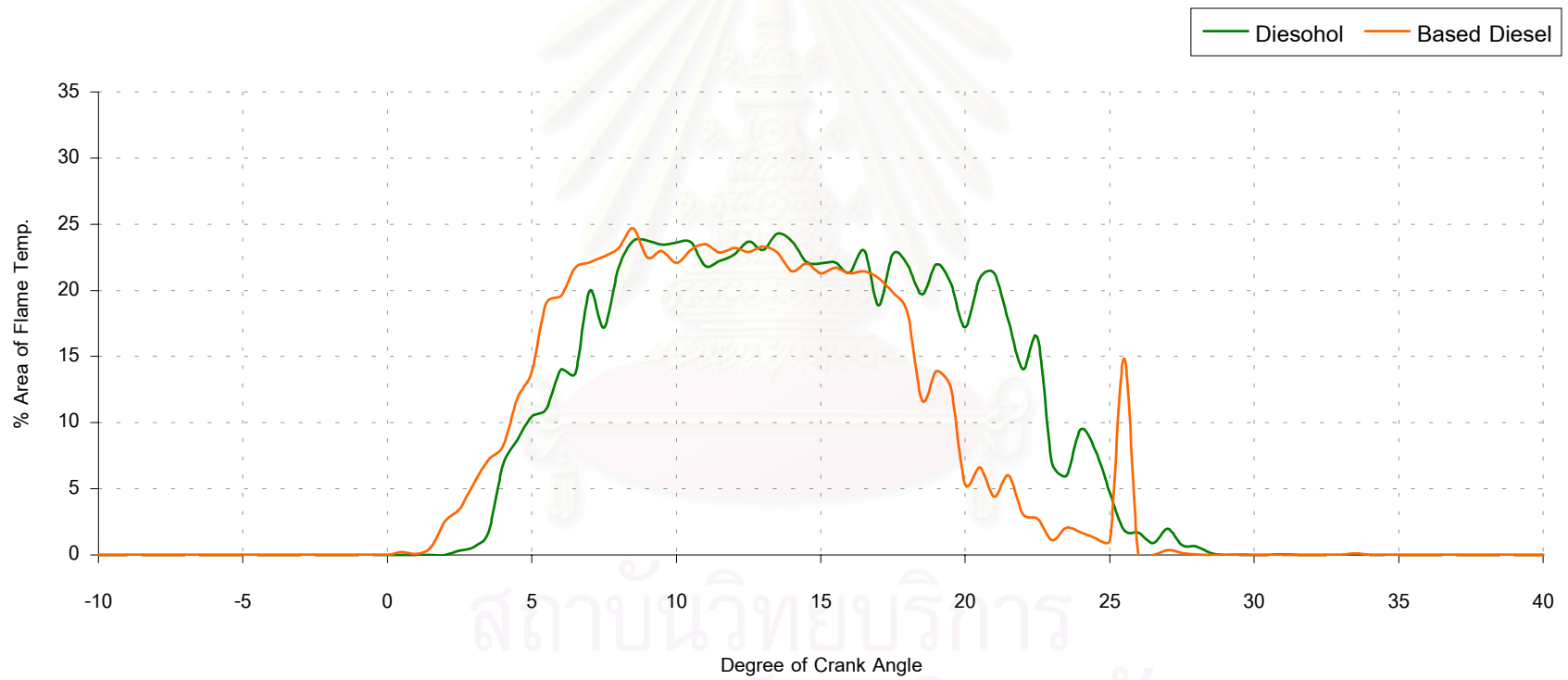
รูปที่ 6-15 จ สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมที่ 2000 rpm, 50 Nm.

2250 RPM , 10 Nm.



รูปที่ 6-15 ฉ สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมที่ 2250 rpm, 10 Nm.

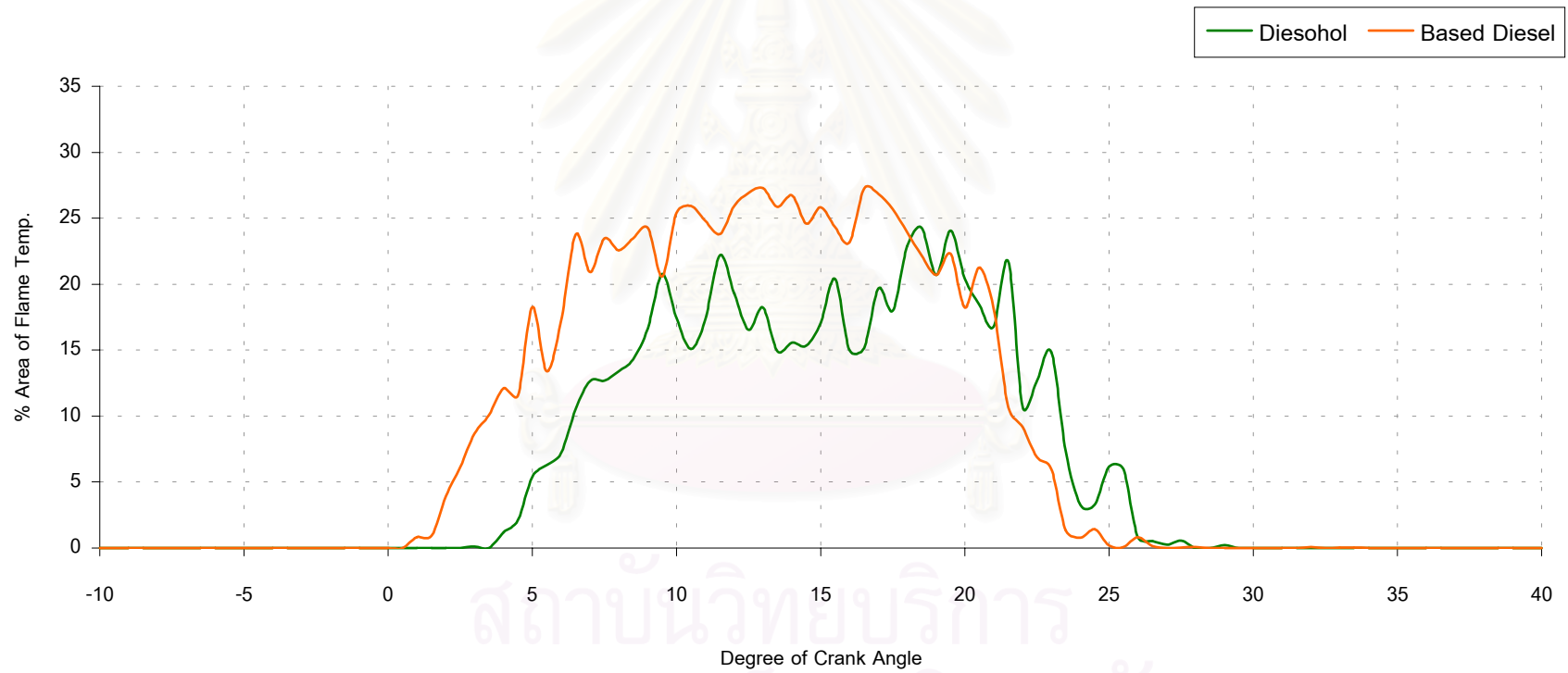
2250 RPM , 20 Nm.



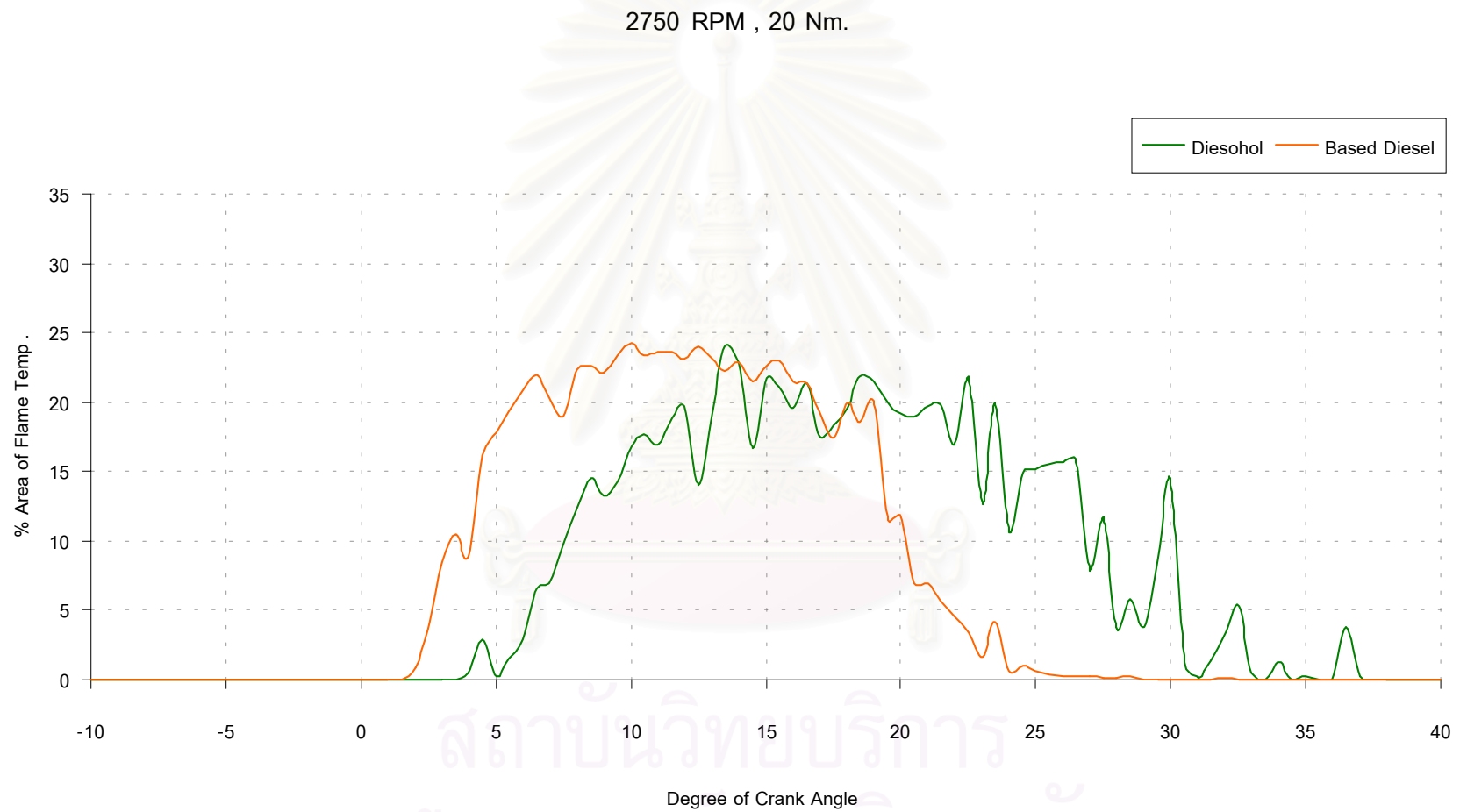
รูปที่ 6-15 ข สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมที่ 2250 rpm, 20 Nm.



2500 RPM , 40 Nm.

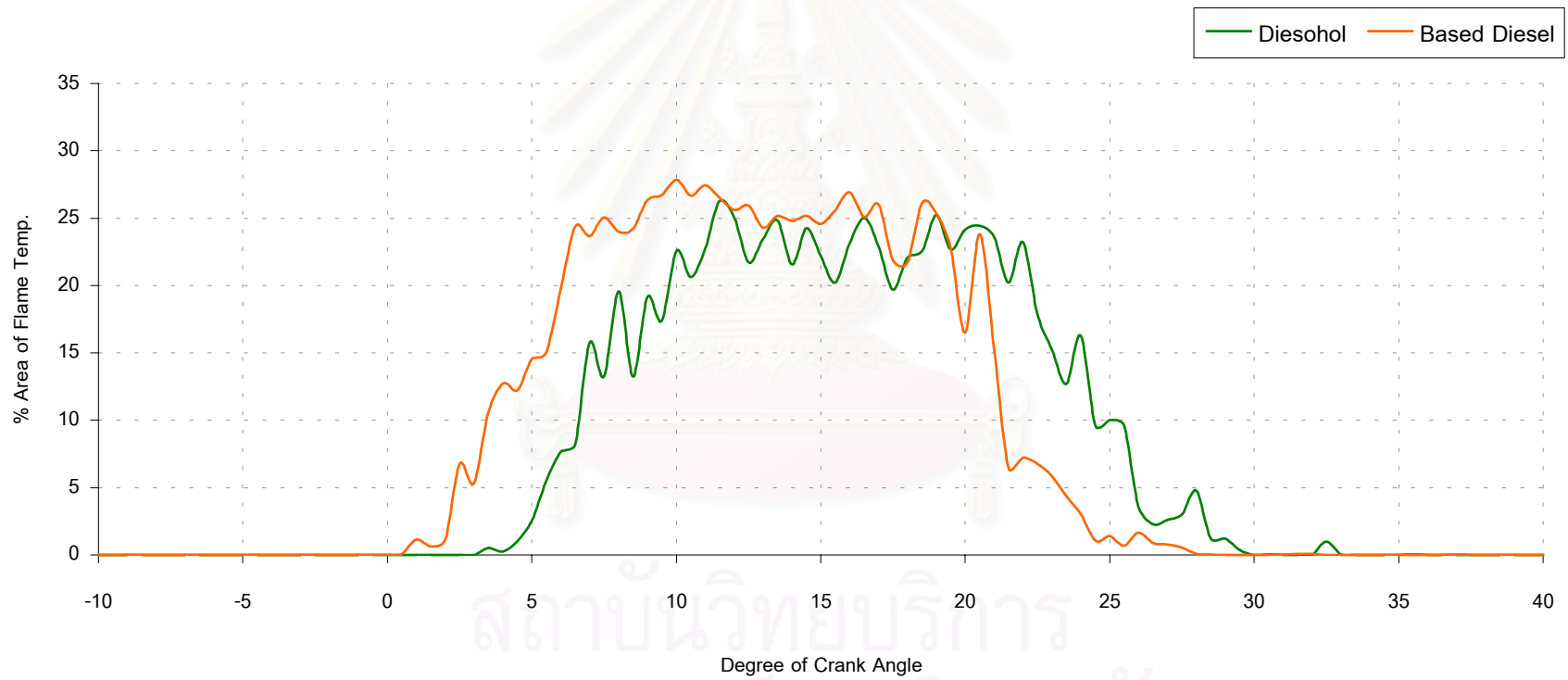


รูปที่ 6-15 ซ สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมที่ 2500 rpm, 40 Nm.



รูปที่ 6-15 ฉ สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมที่ 2750 rpm, 20 Nm.

2750 RPM , 40 Nm.



รูปที่ 6-15 ญ สัดส่วนพื้นที่ในช่วงอุณหภูมิเปลวไฟ 1800 K ถึง 3000 K ต่อพื้นที่รูปภาพรวมที่ 2750 rpm, 40 Nm.

ตารางที่ 6-13 การเปรียบเทียบตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงต่างๆของเพลวไฟ และช่วงการเผาไหม้ของดีไซฮอลล์เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล

จุดทดสอบ	จุดที่เริ่มเห็นเปลวไฟ (°CA)		จุดที่ตัดส่วนพื้นที่ที่มีอุณหภูมิ เปลวไฟ >2400 K มีบริเวณ สูงสุด (°CA)		จุดสิ้นสุดการมองเห็นเปลวไฟ (°CA)		ช่วงการเผาไหม้ (ช่วงที่เห็นเปลวไฟเปล่งแสง) (°CA)	
	ดีเซล	ดีไซฮอลล์	ดีเซล	ดีไซฮอลล์	ดีเซล	ดีไซฮอลล์	ดีเซล	ดีไซฮอลล์
Idle	2.5	4.5	11.5	19	26.5	29.5	24	25
1000 rpm, 20 Nm.	2	3.5	12	16	33.5	32	31.5	28.5
1000 rpm, 30 Nm.	1	2.5	20.5	15.5	35	38.5	34	36
2000 rpm, 30 Nm.	0.5	3	10	13	31.5	34	31	31
2000 rpm, 50 Nm.	0	2	12	13	32	36.5	32	34.5
2250 rpm, 10 Nm.	0.5	3.5	10.5	13.5	26	27.5	25.5	24
2250 rpm, 20 Nm.	0.5	2.5	12	13	28	28.5	27.5	26
2500 rpm, 40 Nm.	1	3	12.5	18	28	29	27	26
2750 rpm, 20 Nm.	2	4	11	16	29	33	27	29
2750 rpm, 40 Nm.	0.5	3.5	9.5	17	28.5	29.5	28	26

ตารางที่ 6-13 แสดงสรุปผลการเปรียบเทียบตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงที่เริ่มเห็นเปลวไฟส่องสว่าง, ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงที่สัดส่วนพื้นที่ที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K มีบริเวณสูงสุด, ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงที่สิ้นสุดเปลวไฟที่ส่องสว่าง และช่วงการเผาไหม้ (burn duration) หรือช่วงที่เห็นเปลวไฟส่องสว่าง ซึ่งนับจากตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงที่เริ่มเห็นเปลวไฟส่องสว่างจนถึงสิ้นสุดเปลวไฟที่ส่องสว่าง ที่จุดทำงานต่างๆ

เมื่อพิจารณารูปที่ 6-14 (ก ถึง ฉ) และตารางที่ 6-13 พบว่าดีเซลเริ่มต้นเผาไหม้หลังเชื้อเพลิงดีเซลทุกจุดทำงาน และสิ้นสุดการเผาไหม้หลังเชื้อเพลิงดีเซลที่ทุกจุดทำงานยกเว้นที่ 1000 rpm, 20 Nm. แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งสองพบว่าเชื้อเพลิงทั้งสองมีช่วงการเผาไหม้ไม่ต่างกัน และเมื่อพิจารณารูปที่ 6-15 (ก ถึง ฉ) พบว่าภาพการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟโดยรวม (ตั้งแต่ 1800 K ถึง 3000 K) ในเชิง 2 มิติ ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 30 % เมื่อเทียบกับพื้นที่รูปภาพโดยรวม

#### 6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์การเผาไหม้กับการปลดปล่อยความร้อนจากเชื้อเพลิง (Heat Release), อัตราการปลดปล่อยความร้อน (Heat-Released Rate) และสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ (Mass Fraction Burned)

เมื่อเกิดการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ อุณหภูมิและความดันในห้องเผาไหม้จะเพิ่มสูงขึ้น และมีการปลดปล่อยความร้อนออกมา จึงมีข้อสมมติฐานว่าการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟน่าจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการปลดปล่อยความร้อน, การปลดปล่อยความร้อนจากเชื้อเพลิง และสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนที่ปลดปล่อย-องศาข้อเหวี่ยง, อัตราการปลดปล่อยความร้อน-องศาข้อเหวี่ยง และสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้-องศาข้อเหวี่ยง ได้มาจากการวัดข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ทดสอบ ซึ่งกระทำโดยติดตั้ง piezoelectric pressure transducer แทนที่หัวเผาของห้องเผาไหม้ล่วงหน้าของสูบที่ 4 สัญญาณองศาข้อเหวี่ยงถูกทริกโดย crank shaft encoder และเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดโดย Cussons P4500 (Autoscan) [40]

รูปที่ 6-16 (ก ถึง ฉ) แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงดีเซลเปรียบเทียบกับดีเซลที่ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่จุดทำงานต่างๆ ในหน่วย  $\text{kJ}/^{\circ}\text{CA}$  โดยเปรียบเทียบกับภาพเปลวไฟที่ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงที่เริ่มเห็นเปลวไฟส่องสว่าง, ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงที่สัดส่วนพื้นที่ที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K มีบริเวณสูงสุด และตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงที่สิ้นสุดเปลวไฟที่ส่องสว่าง

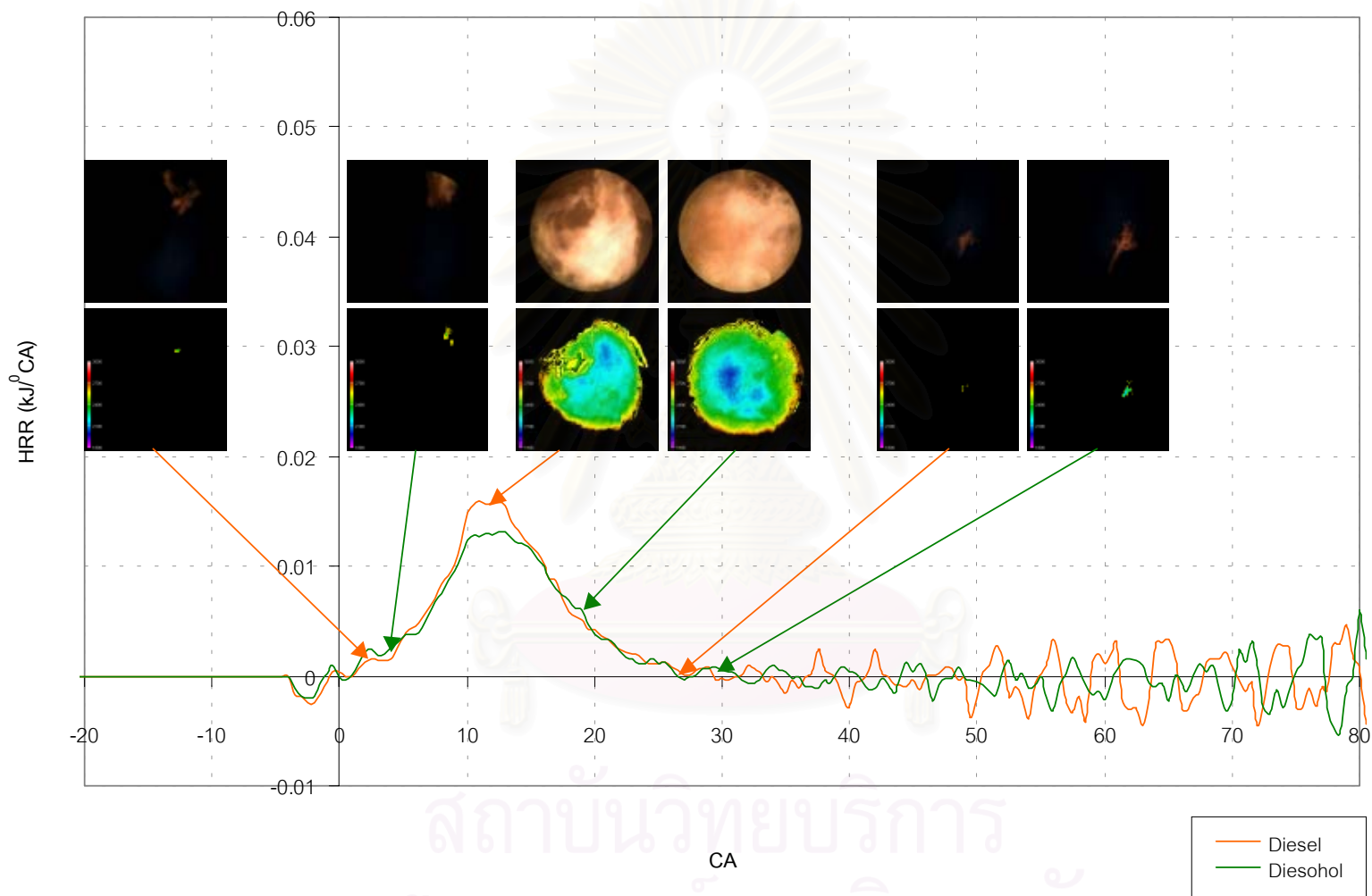
รูปที่ 6-17 (ก ถึง ญ) แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนที่ปลดปล่อย (Q) ของเชื้อเพลิงดีเซลเปรียบเทียบกับดีโซฮอล์ที่ตำแหน่งองศาซ้อเหียงต่างๆ ที่จุดทำงานต่างๆ ในหน่วย kJ [40]

รูปที่ 6-18 (ก ถึง ญ) แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ ( $x_b$ ) ของเชื้อเพลิงดีเซลเปรียบเทียบกับดีโซฮอล์ที่ตำแหน่งองศาซ้อเหียงต่างๆ ที่จุดทำงานต่างๆ [40]

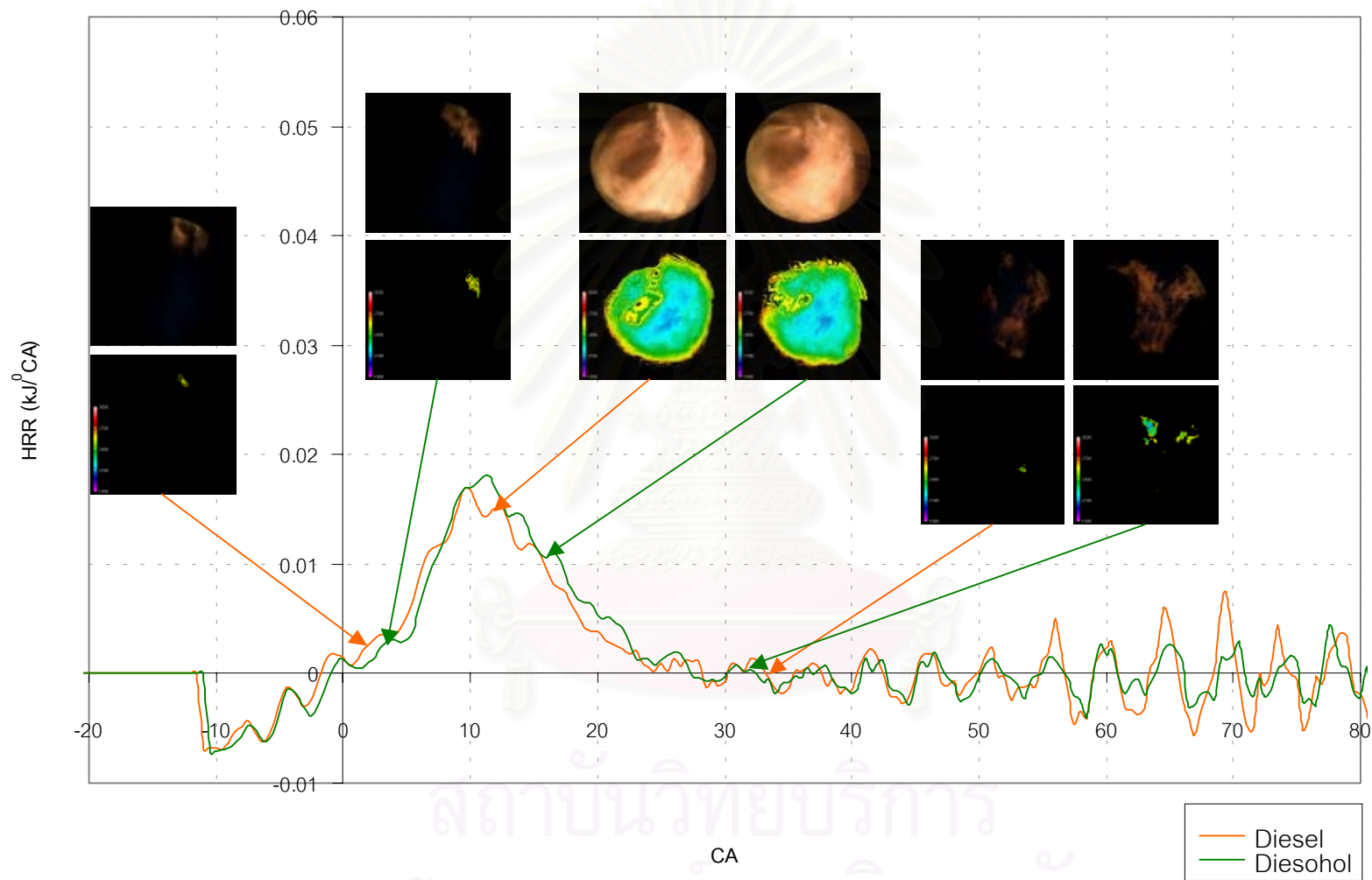


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

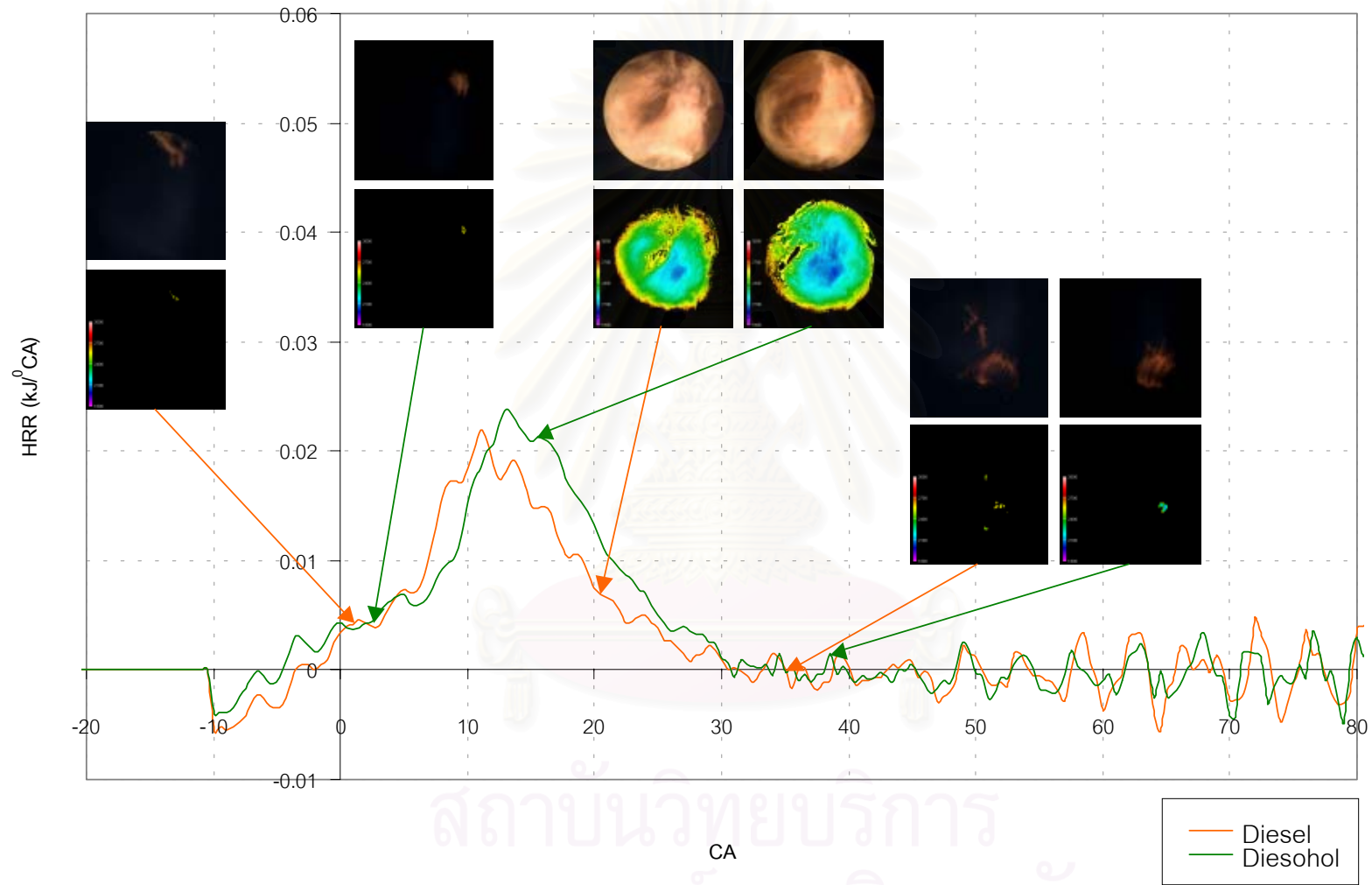




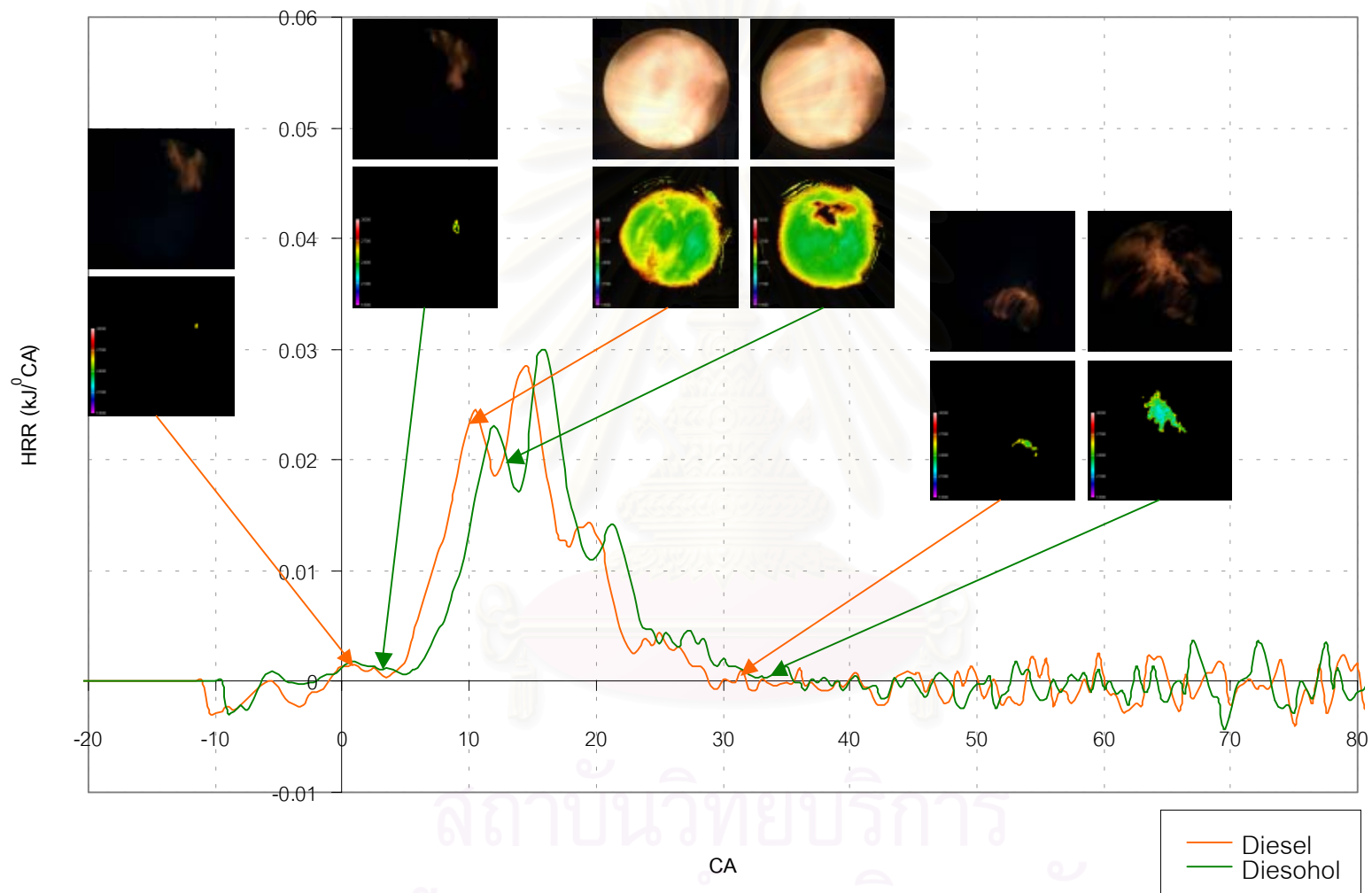
รูปที่ 6-16 ก อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา



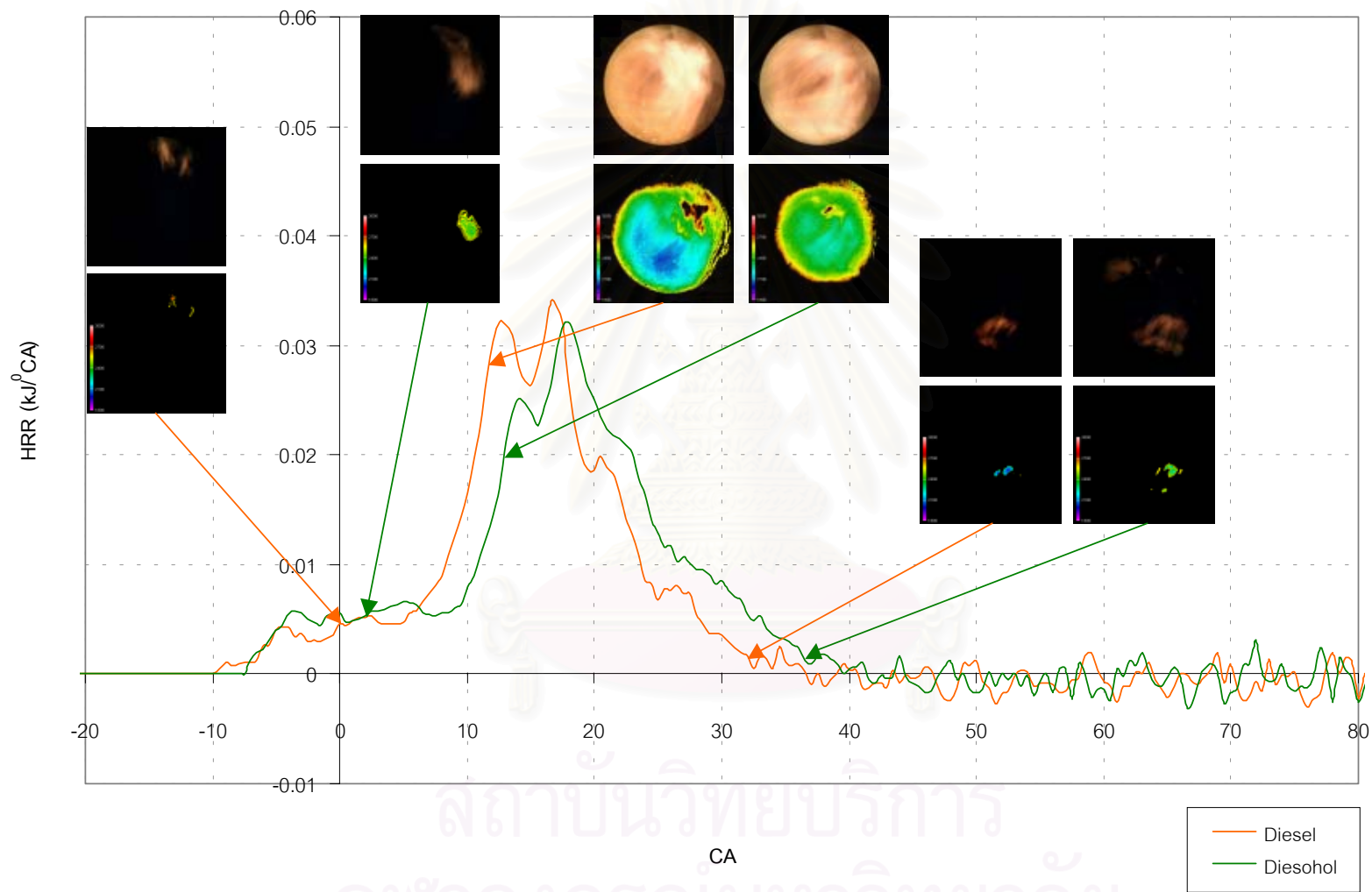
รูปที่ 6-16 ข อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm.



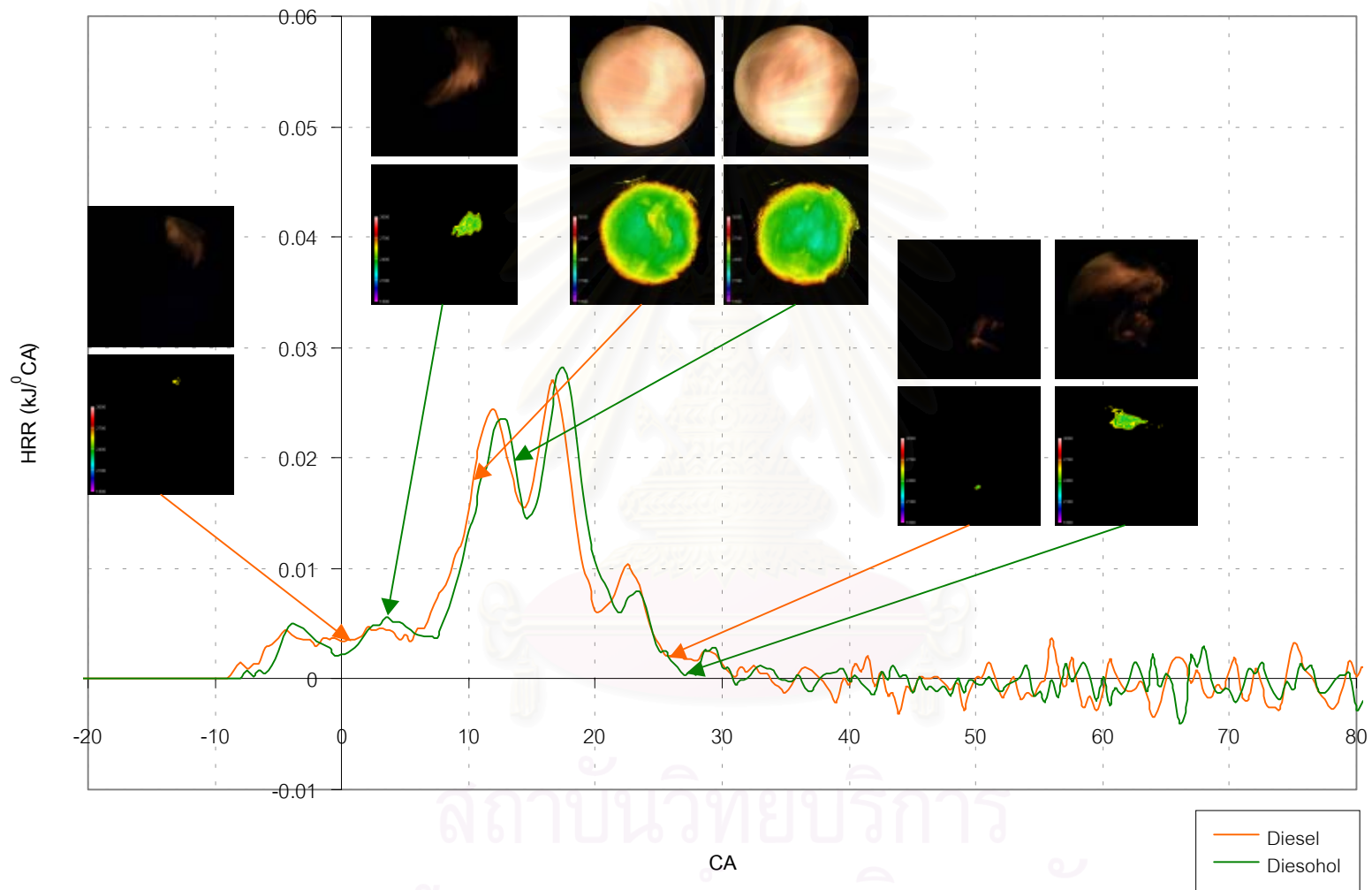
รูปที่ 6-16 ค อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm.



รูปที่ 6-16 ง อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm.

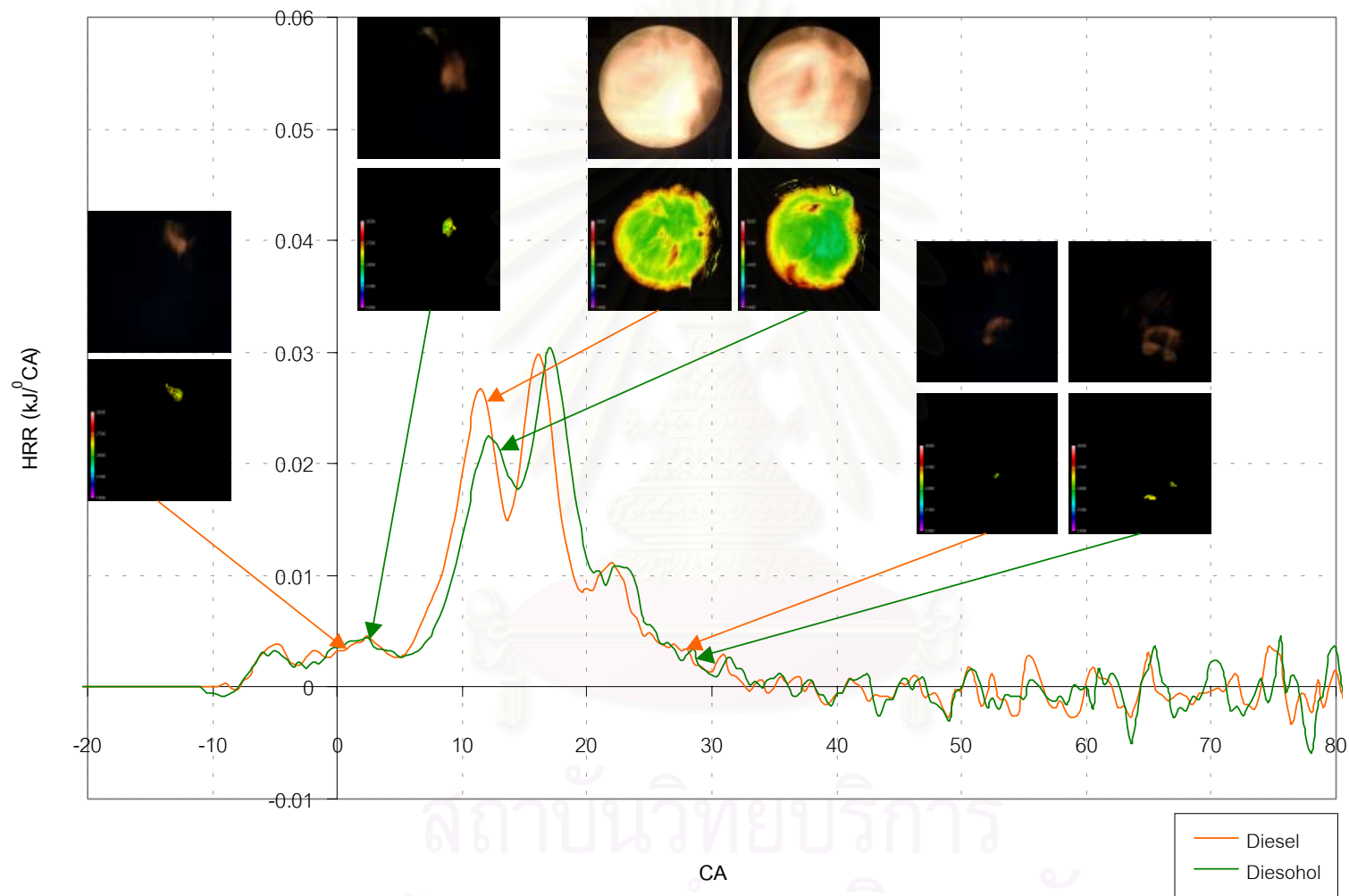


รูปที่ 6-16 จ อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm.

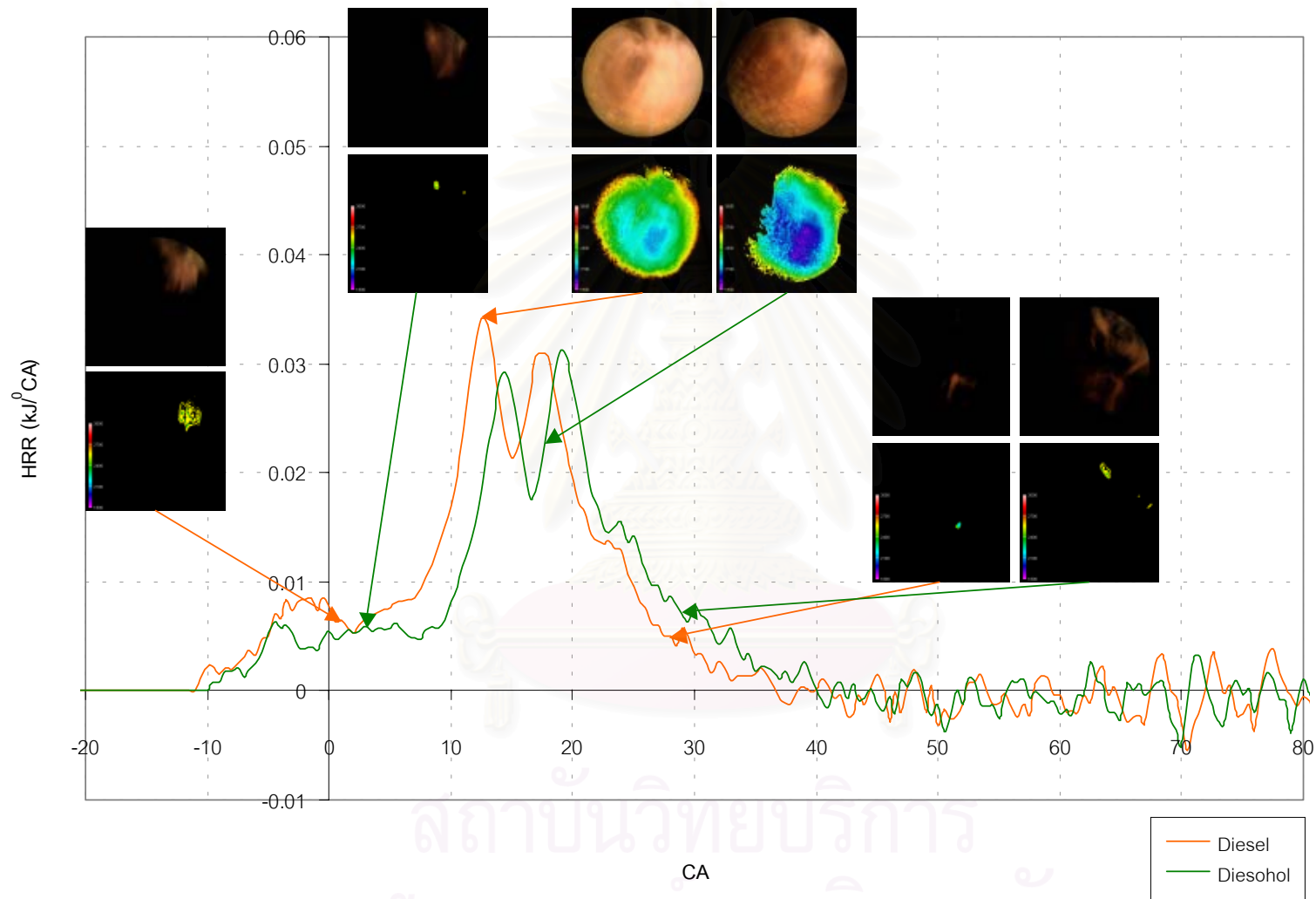


รูปที่ 6-16 ฉ. อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm.

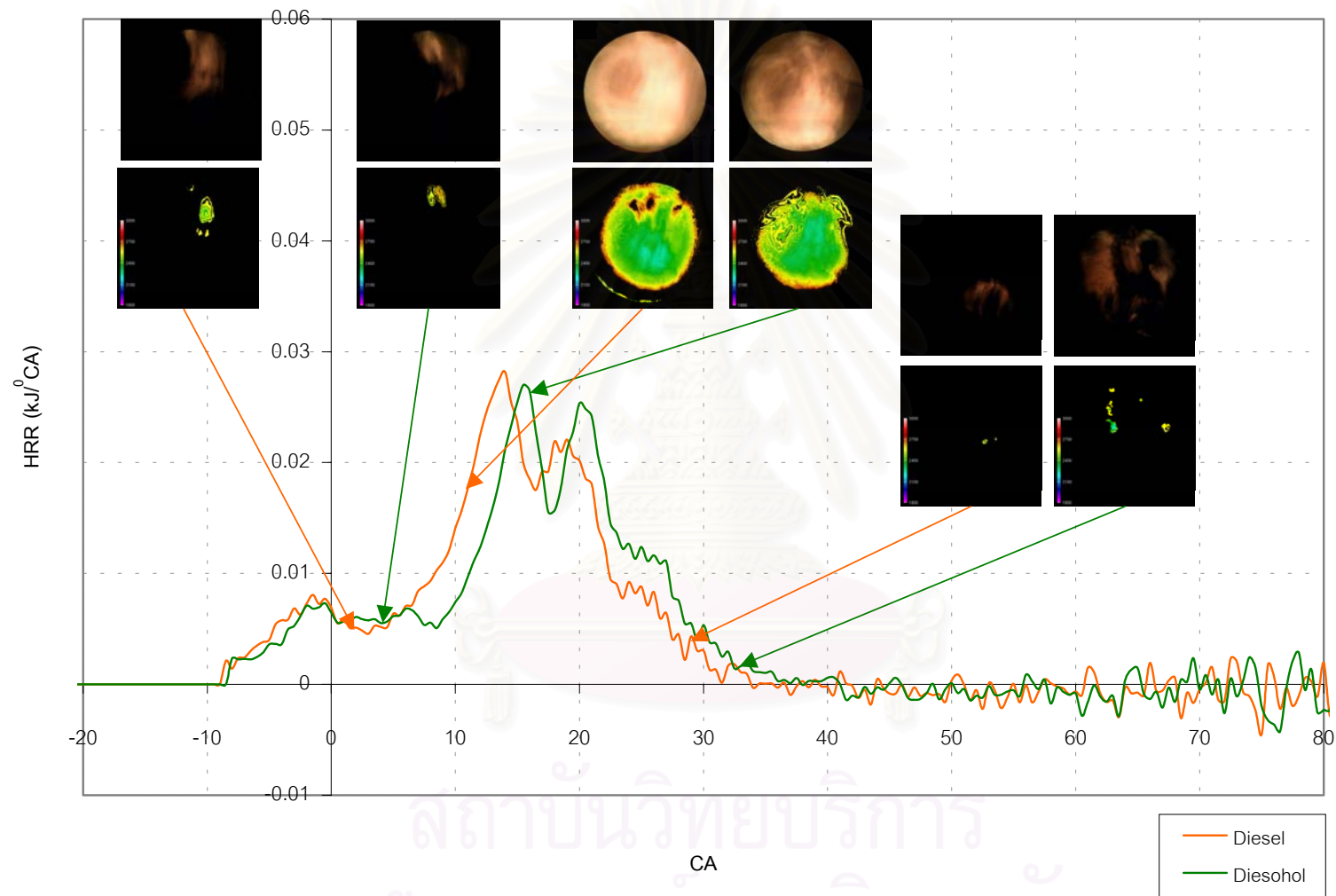




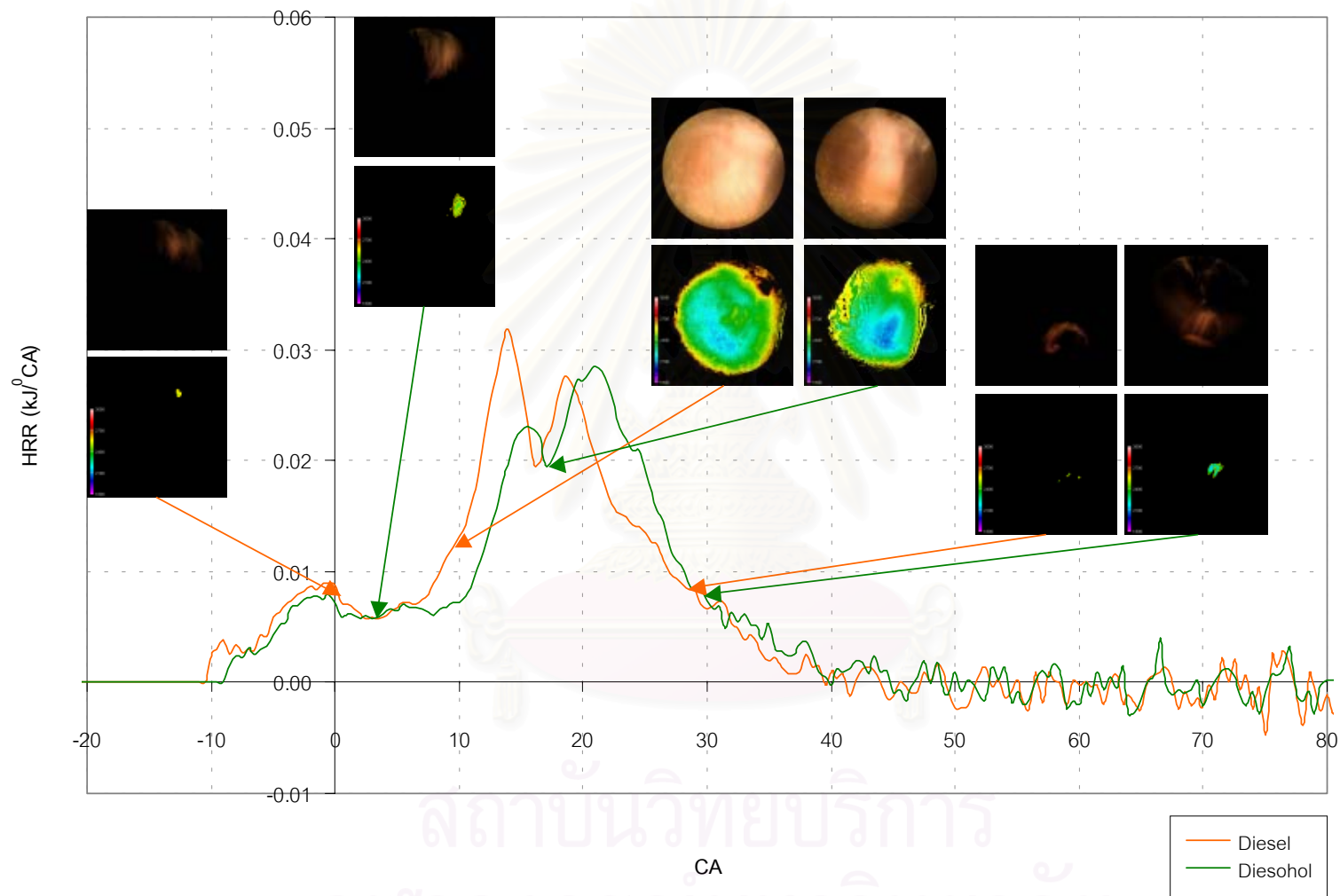
รูปที่ 6-16 ข อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm.



รูปที่ 6-16 ซ อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2500 rpm, 40 Nm.



รูปที่ 6-16 ผล อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 20 Nm.

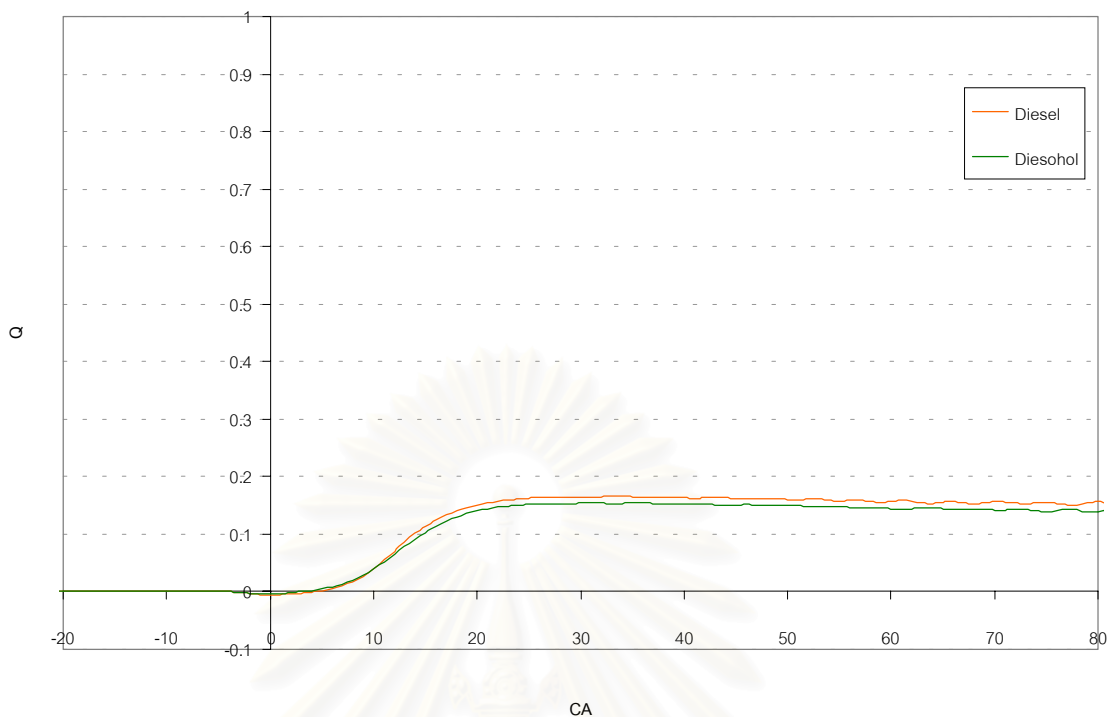


รูปที่ 6-16 ณ อัตราการปลดปล่อยความร้อนที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm.

จากการเปรียบเทียบจุดเริ่มต้นของเปลวไฟที่มองเห็น, จุดสิ้นสุดของเปลวไฟที่มองเห็น และจุดที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ที่มีสัดส่วนพื้นที่สูงสุดพบว่า จุดเริ่มต้นของเปลวไฟที่มองเห็นใกล้เคียงกับจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ (SOC) ของแผนภูมิอัตราการปลดปล่อยความร้อน และจุดสิ้นสุดของเปลวไฟที่มองเห็นนั้นใกล้เคียงกับจุดที่โค้งอัตราการปลดปล่อยความร้อนลดต่ำลงมาก ส่วนจุดที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ที่มีสัดส่วนพื้นที่สูงสุดจะใกล้เคียงกับจุดยอดของโค้งอัตราการปลดปล่อยความร้อนหรือจุดที่อัตราปลดปล่อยความร้อนกำลังเพิ่มขึ้น



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

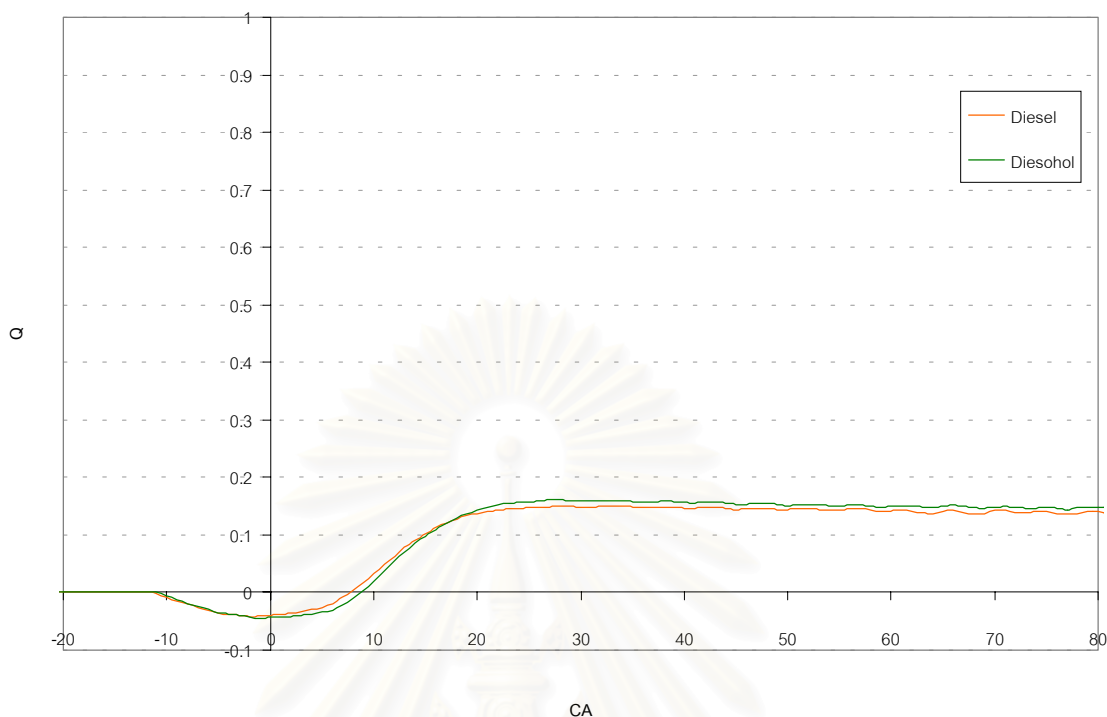


รูปที่ 6-17 ก ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา

ด้วยข้อสมมติฐานที่ว่าเมื่ออุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงจะทำให้ความร้อนที่เชื้อเพลิงปลดปล่อยมีค่าสูงด้วย จึงได้เปรียบเทียบค่าความร้อนที่เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลปลดปล่อย ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ อันได้แก่ที่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 °CA ATDC แล้วพิจารณาผลการเปรียบเทียบที่ได้กับการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟที่องศาข้อเหวี่ยงเหล่านี้จากตารางที่ 6-11 (ก ถึง ญ)

ที่รอบเดินเบา พบว่าที่ 5 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอล ที่ 10 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่อุณหภูมิเปลวไฟดีโซฮอลต่ำกว่าเปลวไฟดีเซลที่ 15, 20 และ 25 °CA ATDC ความร้อนจากดีโซฮอลต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งสอดคล้องกับการแจกแจงอุณหภูมิที่ได้ ที่ 30 °CA ATDC ความร้อนจากดีโซฮอลต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ในขณะที่ไม่เห็นภาพเปลวไฟแล้ว

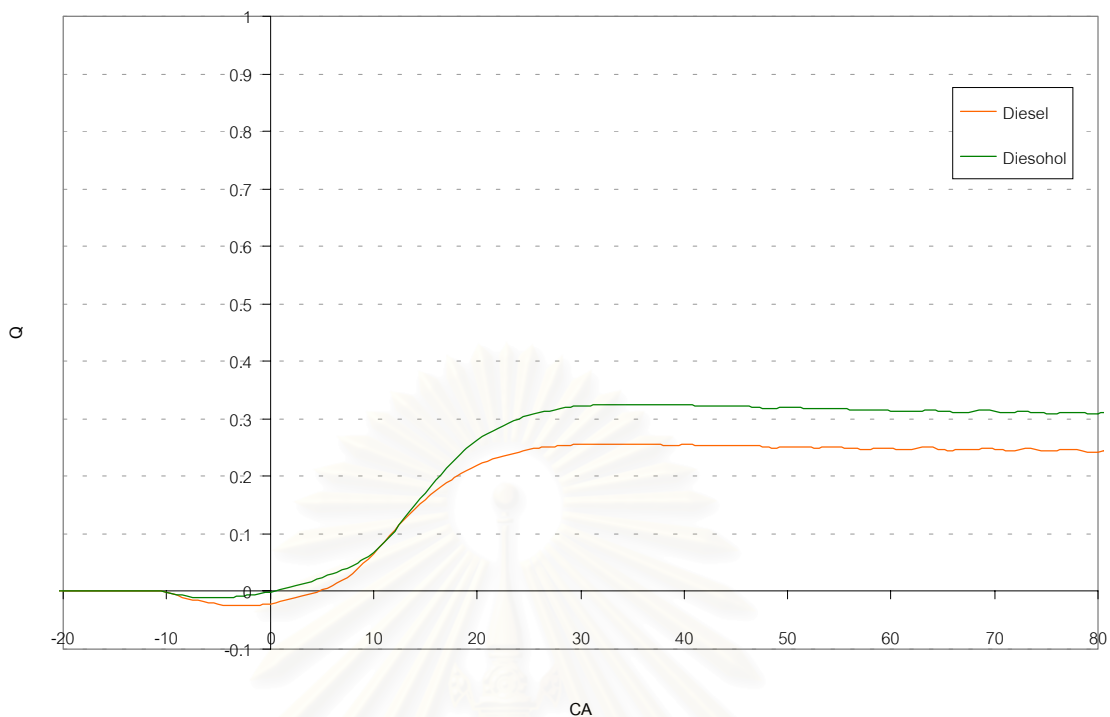




รูปที่ 6-17 ข ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm.

ที่ 1000 rpm, 20 Nm. พบว่าที่ 5 และ 10 °CA ATDC ความร้อนจากดีโซฮอลต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ในขณะที่อุณหภูมิเปลวไฟดีโซฮอลสูงกว่าเปลวไฟดีเซล ที่ 15 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่อุณหภูมิเปลวไฟดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอล ที่ 20, 25 และ 30 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอล ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟที่ได้

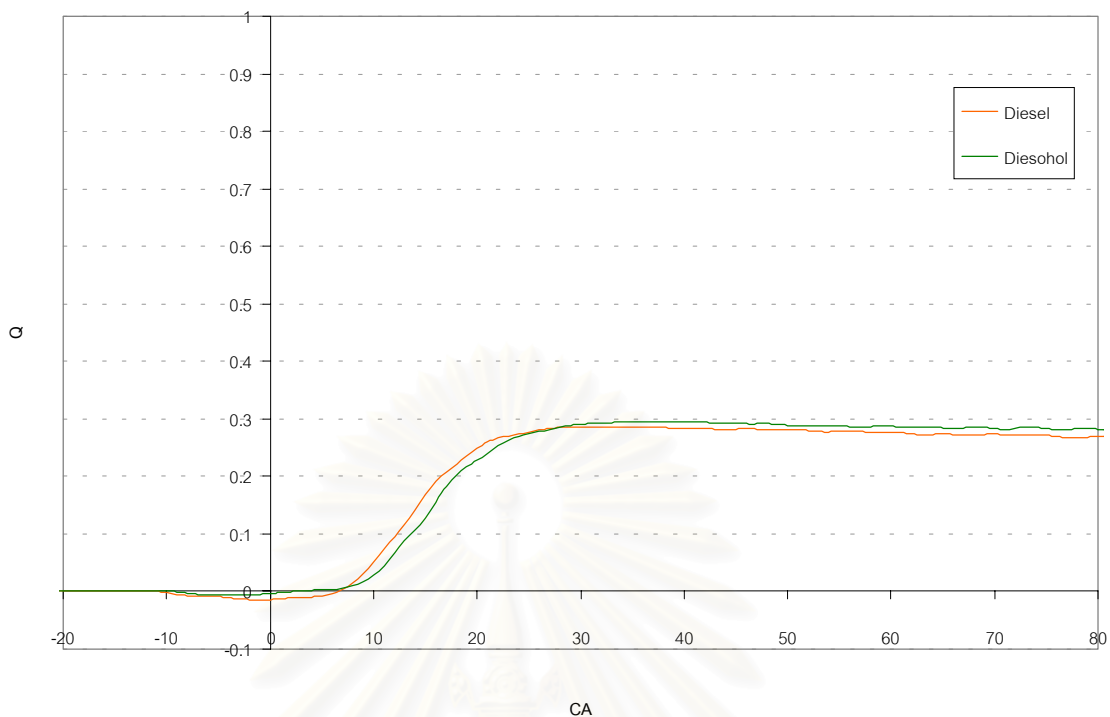
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ปที่ 6-17 ค ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm.

ที่ 1000 rpm, 30 Nm. พบว่าที่ 5 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอล ในขณะที่อุณหภูมิเปลวไฟดีเซลสูงกว่าดีโซฮอล ที่ 10 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกันและสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟที่ได้ ที่ 15 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอล ในขณะที่อุณหภูมิเปลวไฟดีเซลสูงกว่าดีโซฮอล ที่ 20, 25 และ 30 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอล ในขณะที่อุณหภูมิเปลวไฟของเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกัน

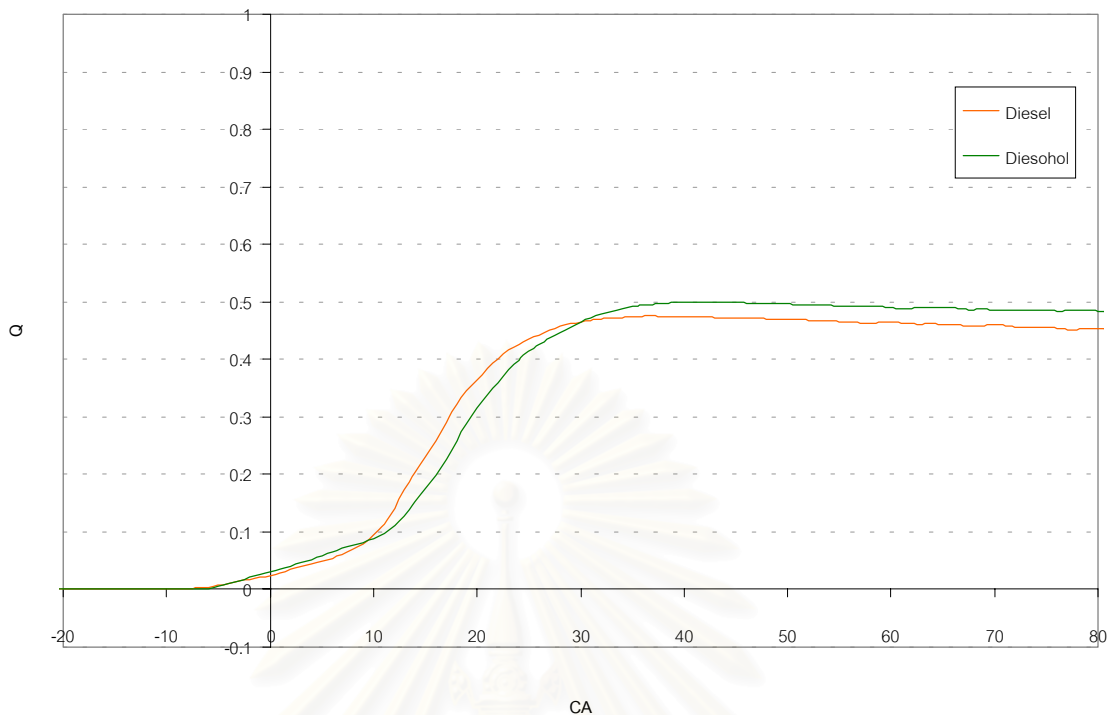
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6-17 ง ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm.

ที่ 2000 rpm, 30 Nm. พบว่าที่ 5 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอล ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟ ที่ 10 °CA ATDC ความร้อนจากดีโซฮอลต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟ ที่ 15 °CA ATDC ความร้อนจากดีโซฮอลต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ในขณะที่การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟของเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกัน ที่ 20 °CA ATDC ความร้อนจากดีโซฮอลต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟ ที่ 25 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกันและสอดคล้องกับการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟของเชื้อเพลิงทั้งสอง ที่ 30 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอลเล็กน้อย ซึ่งถือว่าสอดคล้องกับการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟของเชื้อเพลิงทั้งสองที่ใกล้เคียงกัน

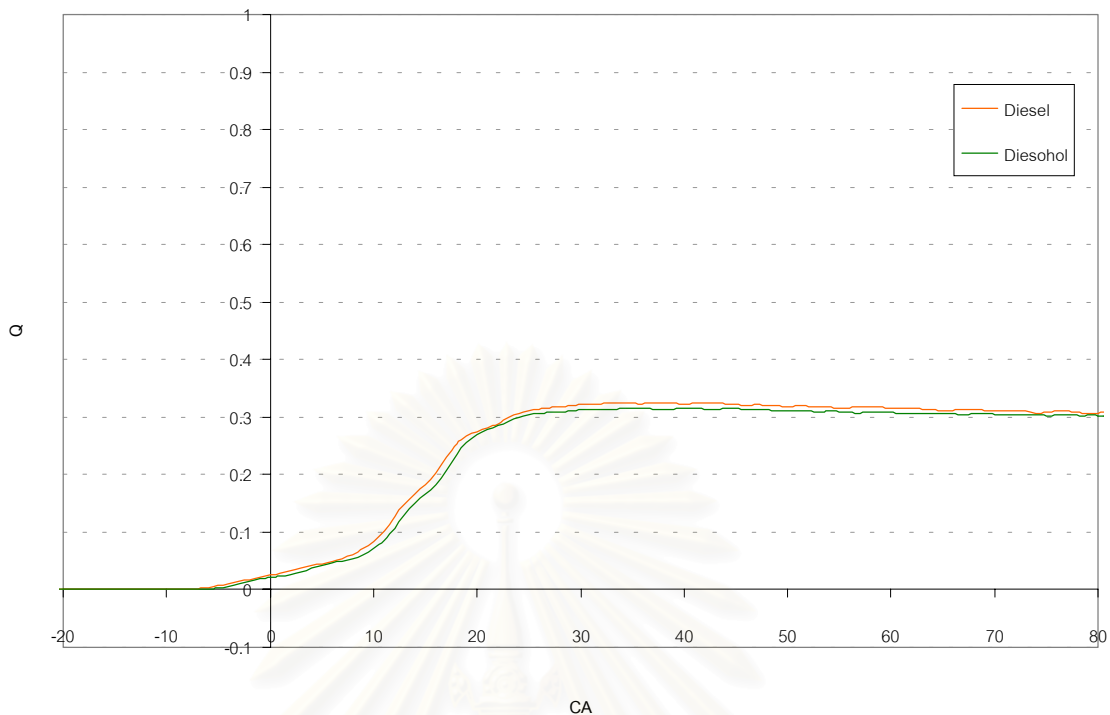
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6-17 จ ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm.

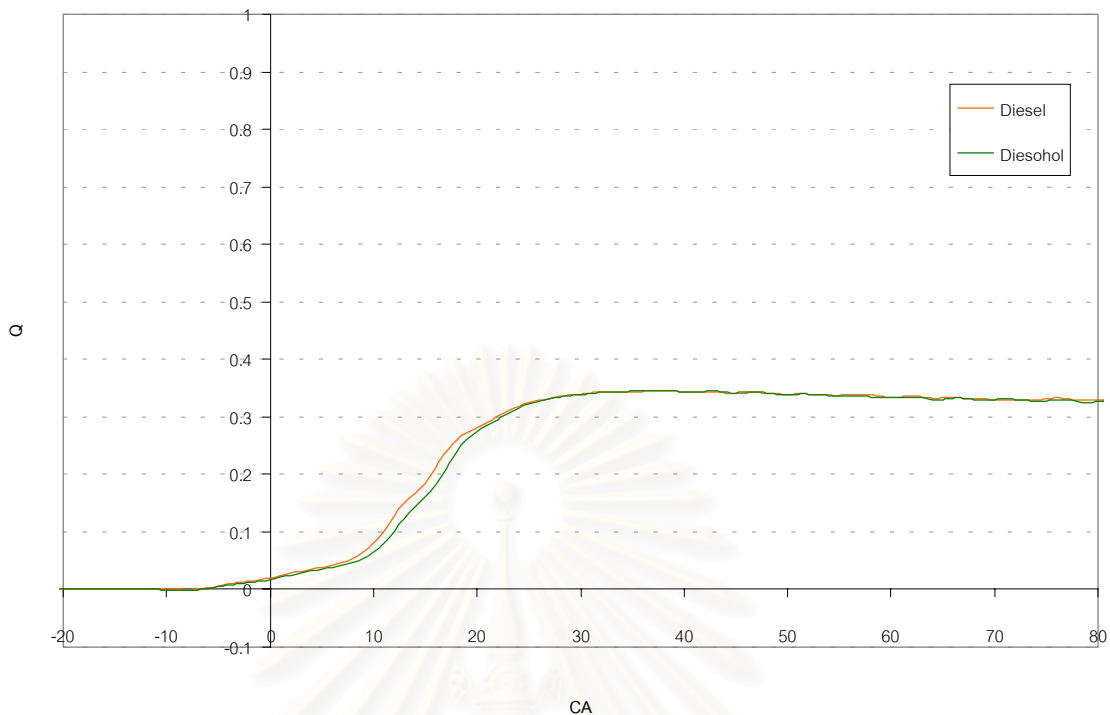
ที่ 2000 rpm, 50 Nm. พบว่าที่  $5^{\circ}\text{CA ATDC}$  ความร้อนจากเชื้อเพลิงดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอล ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟ ที่  $10^{\circ}\text{CA ATDC}$  ความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่อุณหภูมิเปลวไฟดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอล ที่ 15, 20 และ  $25^{\circ}\text{CA ATDC}$  ความร้อนจากดีโซฮอลต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ในขณะที่อุณหภูมิเปลวไฟดีโซฮอลสูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ที่  $30^{\circ}\text{CA ATDC}$  ความร้อนจากเชื้อเพลิงดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอล ซึ่งถือว่าสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟที่ได้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6-17 ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm.

ที่ 2250 rpm, 10 Nm. พบว่าความร้อนที่ปลดปล่อยจากเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกันโดยที่ที่ 5 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกัน ในขณะที่อุณหภูมิเปลวไฟดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอล ที่ 10 และ 15 °CA ATDC ความร้อนจากดีโซฮอลต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟ ที่ 20 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกันและสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟ ที่ 25 °CA ATDC ความร้อนจากดีโซฮอลต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซลเล็กน้อย ซึ่งถือว่าใกล้เคียงกันและสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟ และที่ 30 °CA ATDC ไม่สามารถมองเห็นเปลวไฟอีกต่อไป

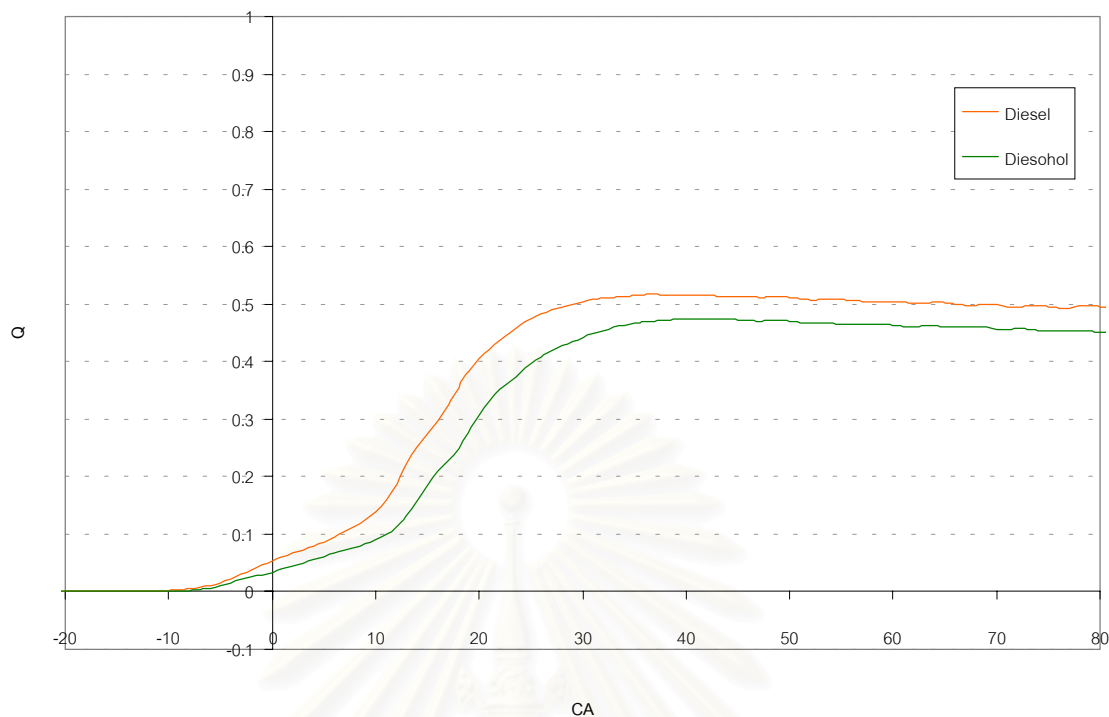


รูปที่ 6-17 ข ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm.

ที่ 2250 rpm, 20 Nm. พบว่าที่  $5^{\circ}\text{CA ATDC}$  ความร้อนจากเชื้อเพลิงดีเซลต่ำกว่าดีโซฮอล ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟ ที่  $10^{\circ}\text{CA ATDC}$  ความร้อนจากดีโซฮอลต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งถือว่าสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองซึ่งใกล้เคียงกัน ที่  $15^{\circ}\text{CA ATDC}$  ความร้อนจากดีโซฮอลต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซลและสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟ ที่  $20$  และ  $25^{\circ}\text{CA ATDC}$  ความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกันและสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟ ที่  $30^{\circ}\text{CA ATDC}$  ความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกัน แต่ไม่สามารถมองเห็นภาพเปลวไฟได้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

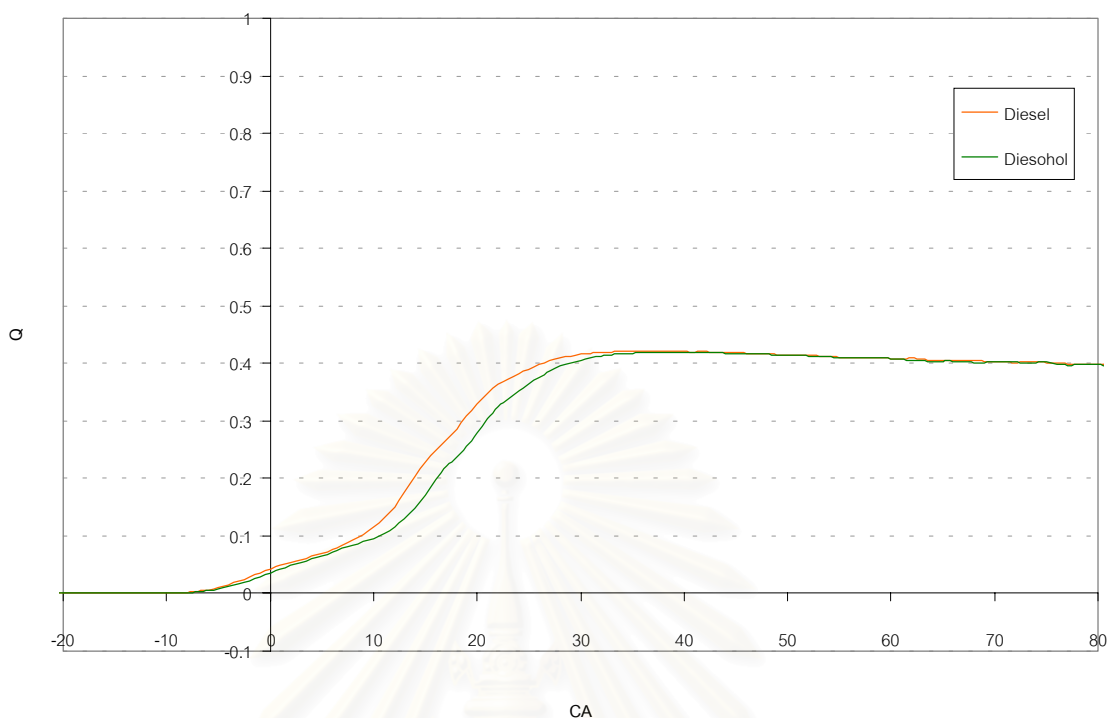




รูปที่ 6-17 ซ ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2500 rpm, 40 Nm.

ที่ 2500 rpm, 40 Nm. พบว่าทุกองศาข้อเหวี่ยง ความร้อนจากดีเซลน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟที่ 5, 10, 20 และ 25 °CA ATDC ส่วนที่ 15 °CA ATDC เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองจะมีส่วนที่อุณหภูมิต่ำใกล้เคียงกัน แต่เปลวไฟดีเซลจะมีส่วนที่อุณหภูมิสูงมากกว่า และที่ 30 °CA ATDC จะมองไม่เห็นภาพเปลวไฟแล้ว

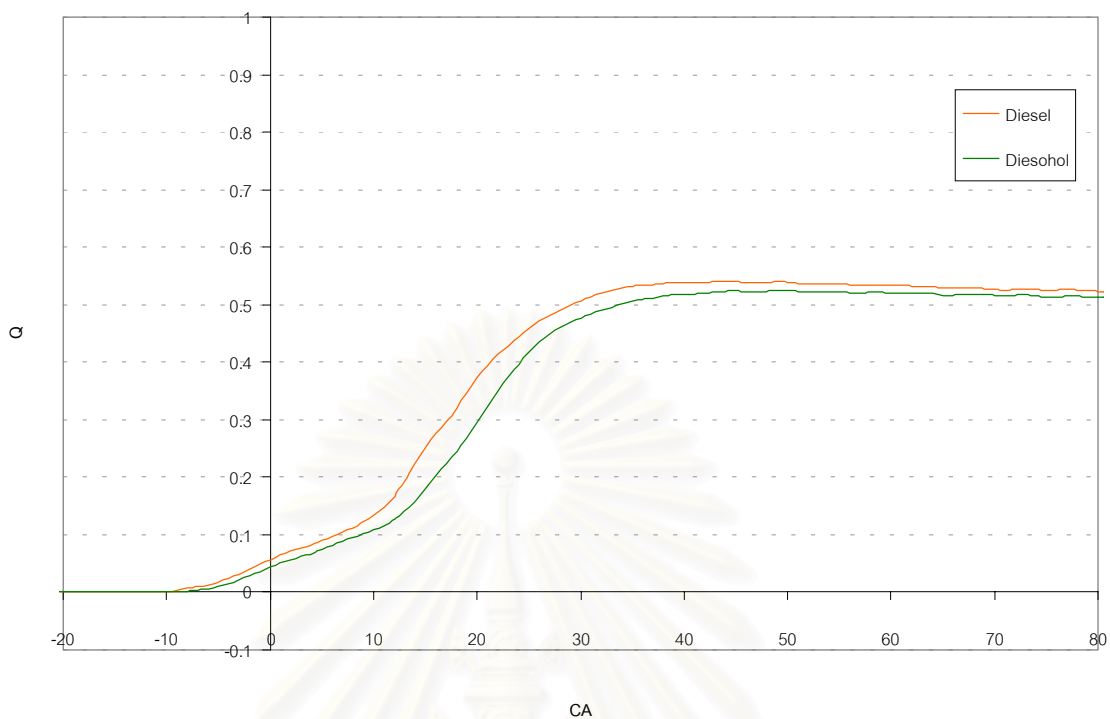
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6-17 ฉ ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 20 Nm.

ที่ 2750 rpm, 20 Nm. พบว่าที่ 5 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกัน ในขณะที่เปลวไฟดีเซลมีอุณหภูมิสูงกว่าเปลวไฟดีโซฮอล ที่ 10, 15 และ 20 °CA ATDC ความร้อนจากดีโซฮอลต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ในขณะที่การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟของเชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน ที่ 25 และ 30 °CA ATDC ความร้อนจากเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกัน แต่เปลวไฟดีเซลเริ่มมอดลงแล้ว ในขณะที่เปลวไฟดีโซฮอลยังคงเผาไหม้ต่อไป

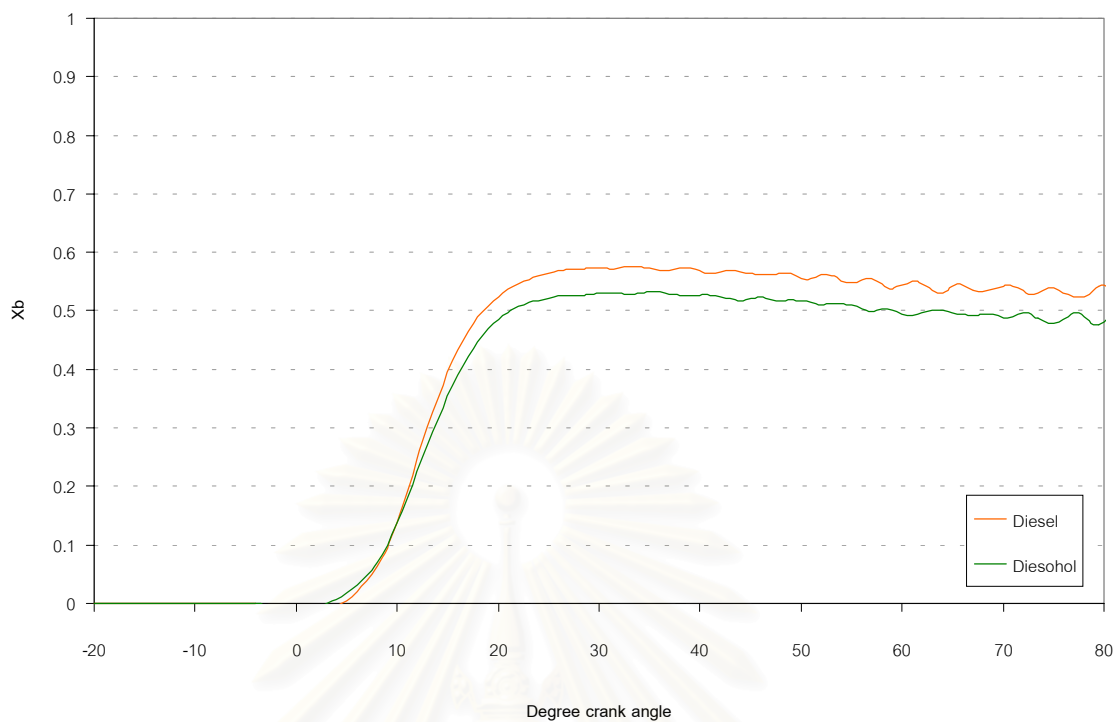
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



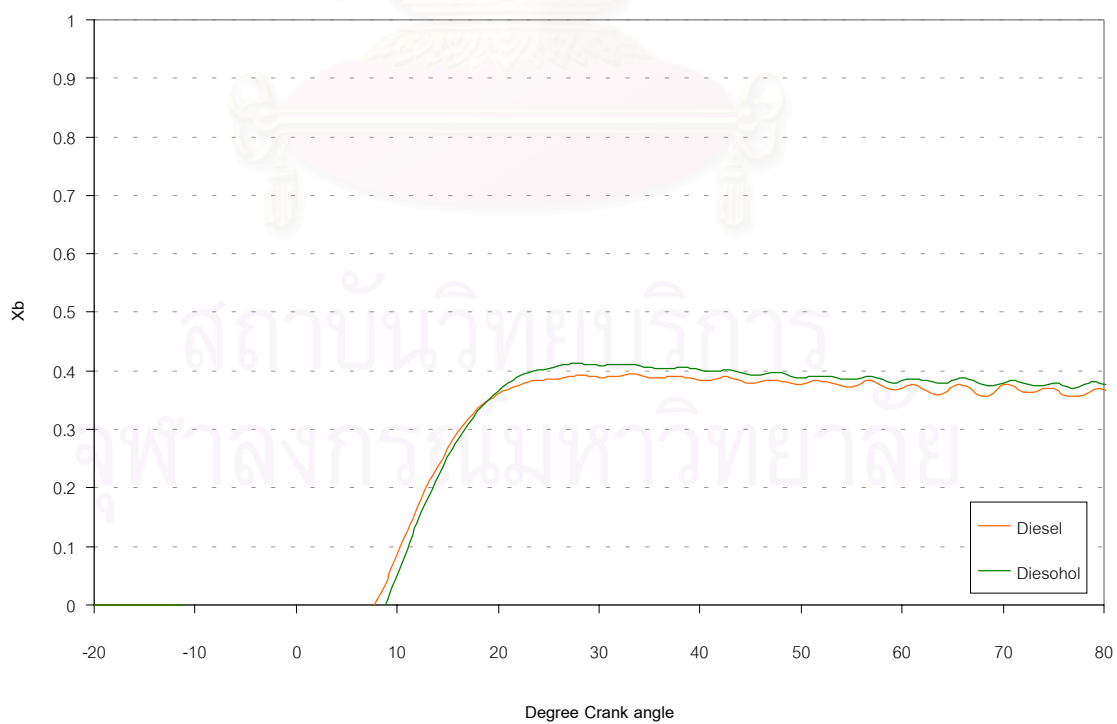
รูปที่ 6-17 ณ ความร้อนที่ปลดปล่อยที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm.

ที่ 2750 rpm, 40 Nm. พบว่าที่ทุกองศาข้อเหวี่ยง ความร้อนจากดีเซลต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิเปลวไฟที่ 15, 20 และ 25 °CA ATDC ส่วนที่ 5 °CA ATDC อุณหภูมิเปลวไฟดีเซลต่ำกว่าดีเซล และที่ 10 °CA ATDC อุณหภูมิเปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองใกล้เคียงกัน ที่ 30 °CA ATDC จะมองไม่เห็นภาพเปลวไฟ

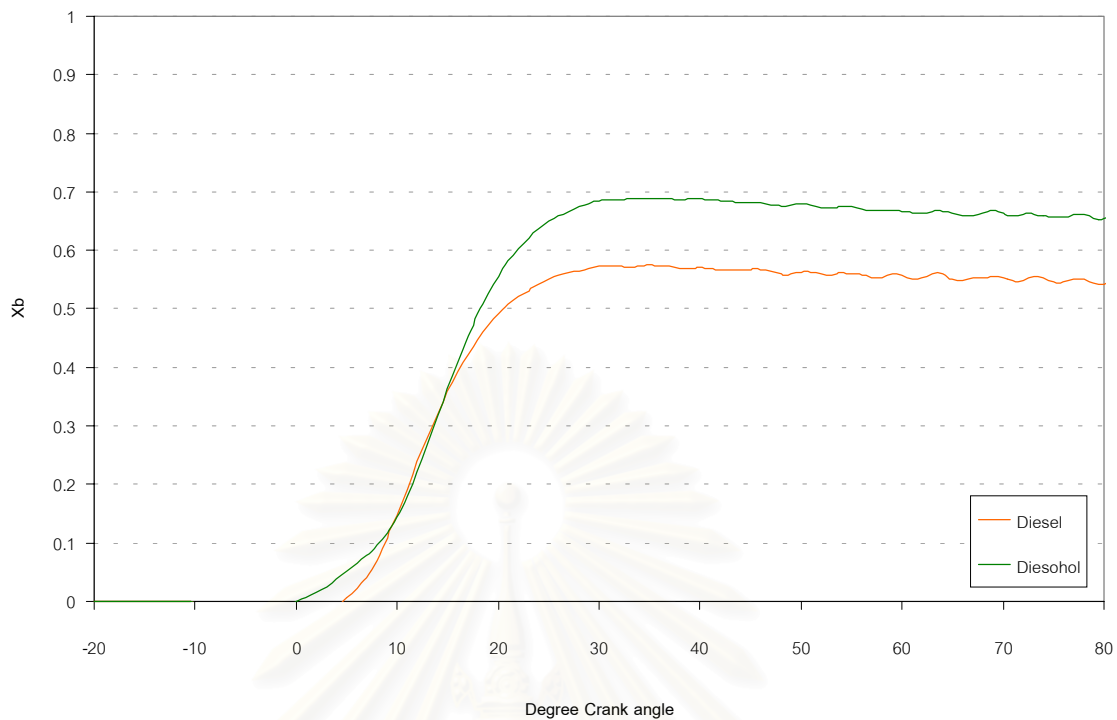
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



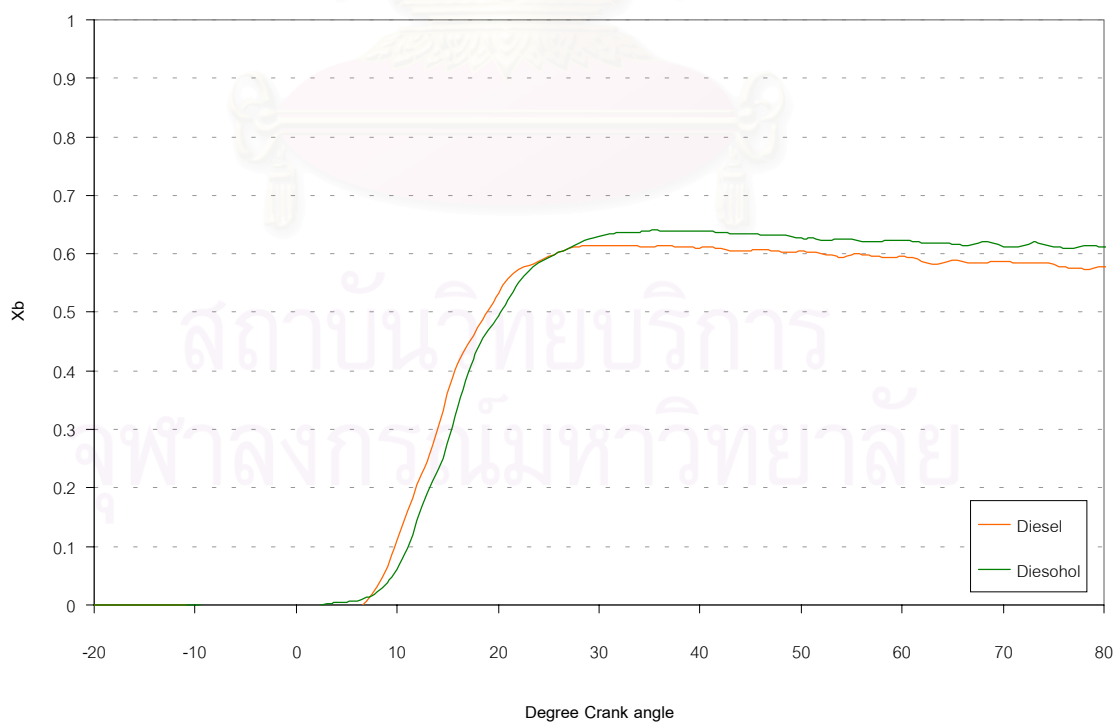
รูปที่ 6-18 ก สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่รอบเดินเบา



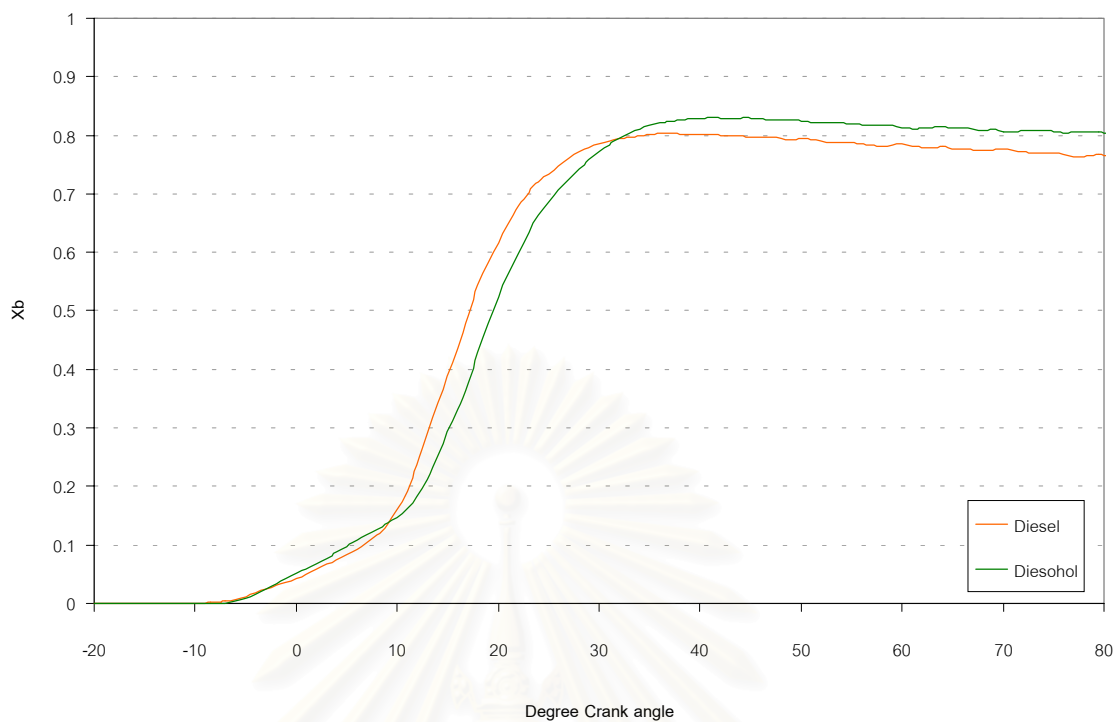
รูปที่ 6-18 ข สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 20 Nm.



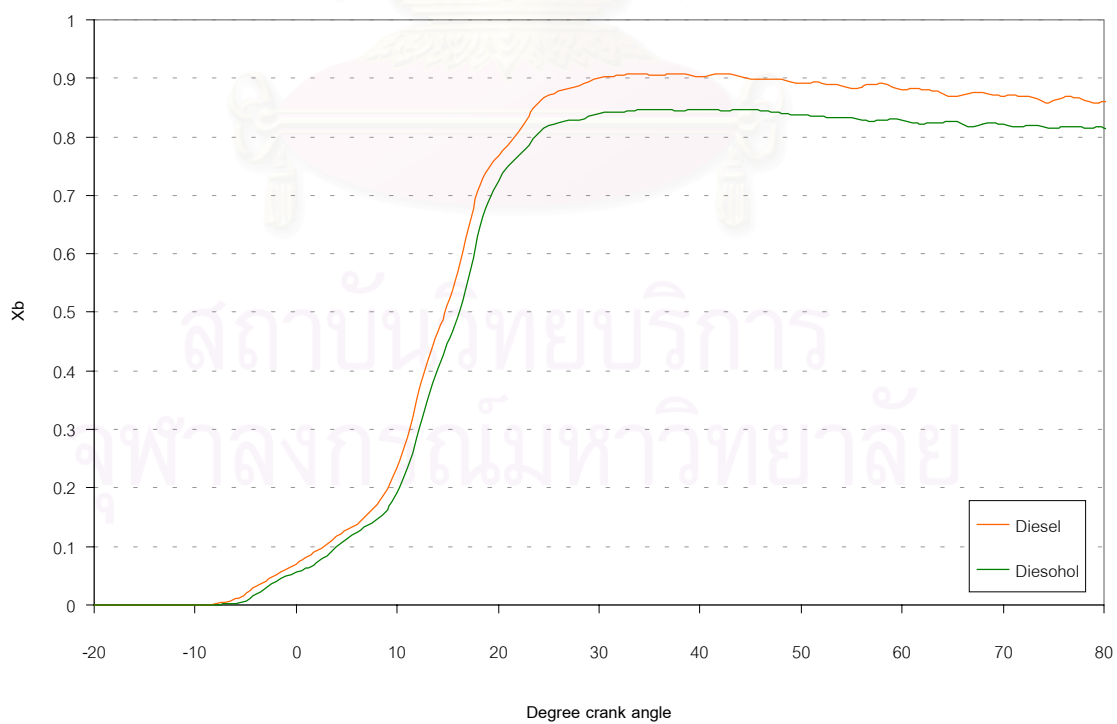
รูปที่ 6-18 ค สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 1000 rpm, 30 Nm.



รูปที่ 6-18 ง สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 30 Nm.

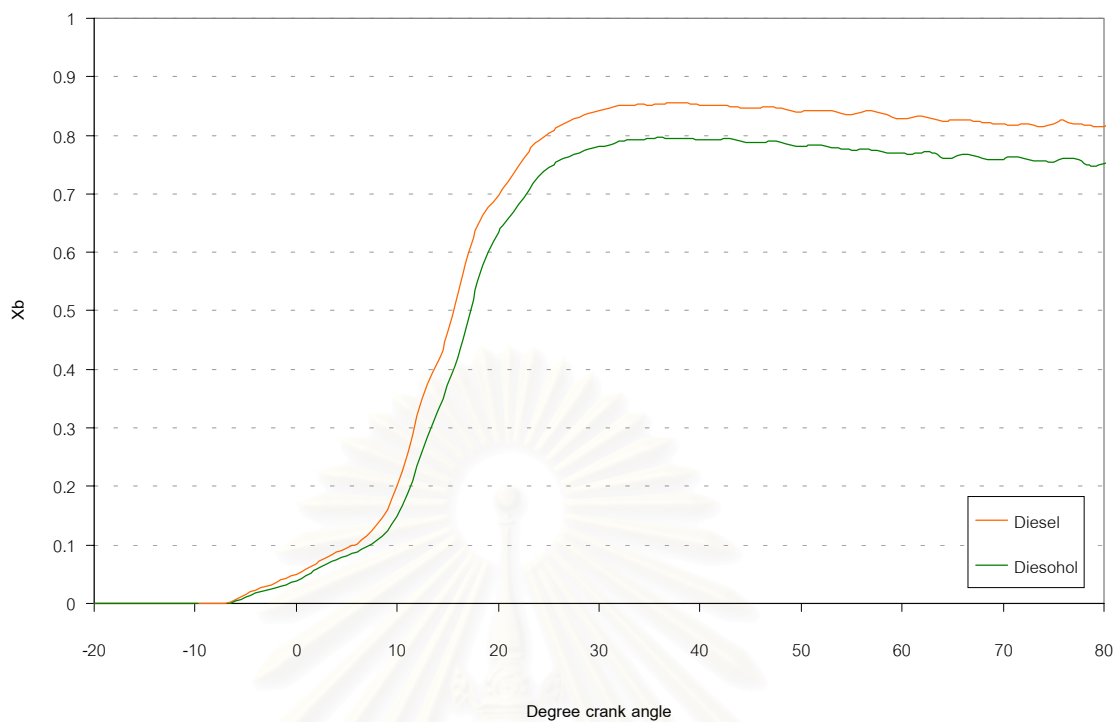


รูปที่ 6-18 จ สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2000 rpm, 50 Nm.

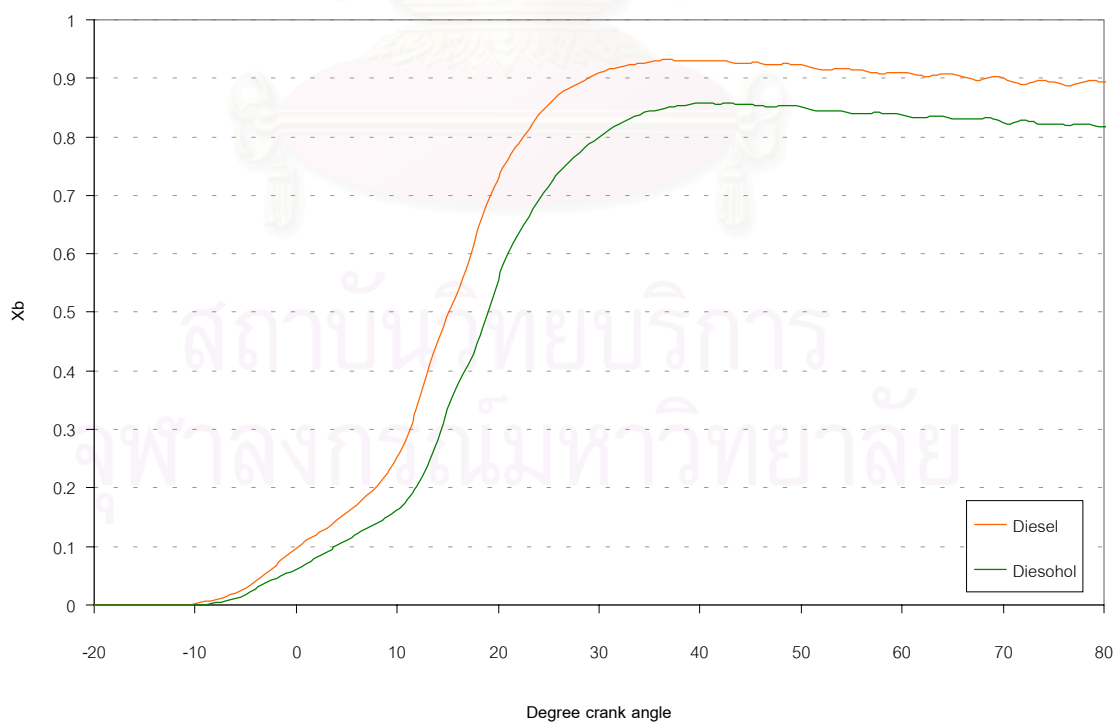


รูปที่ 6-18 ฉ สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 10 Nm.

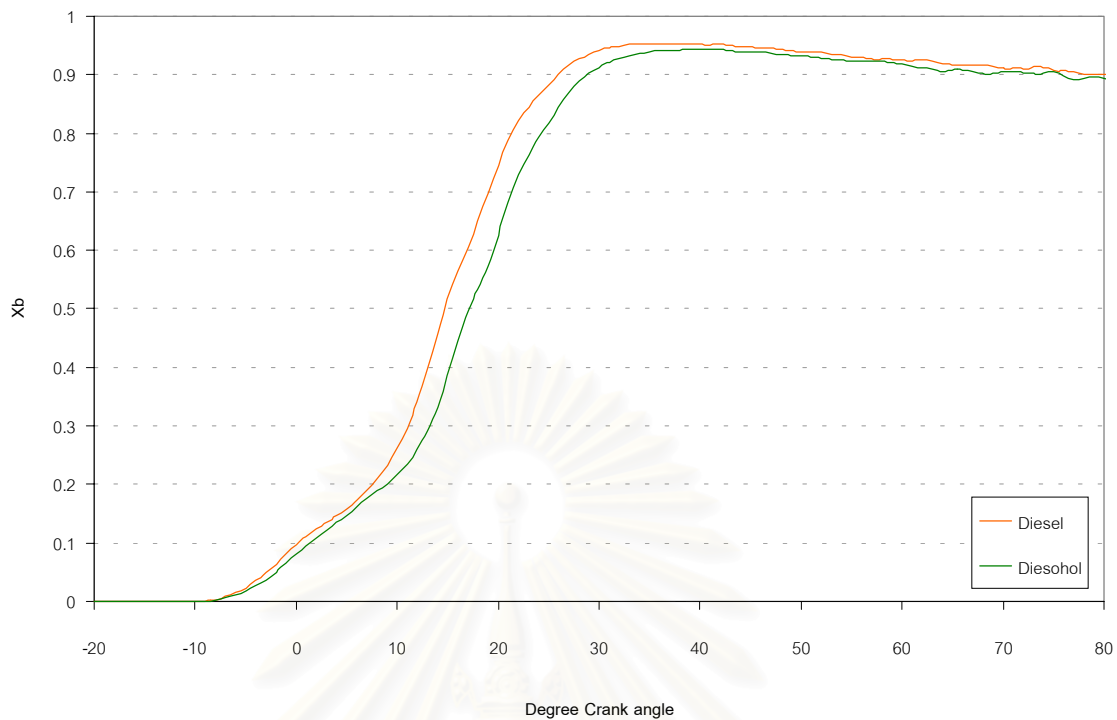




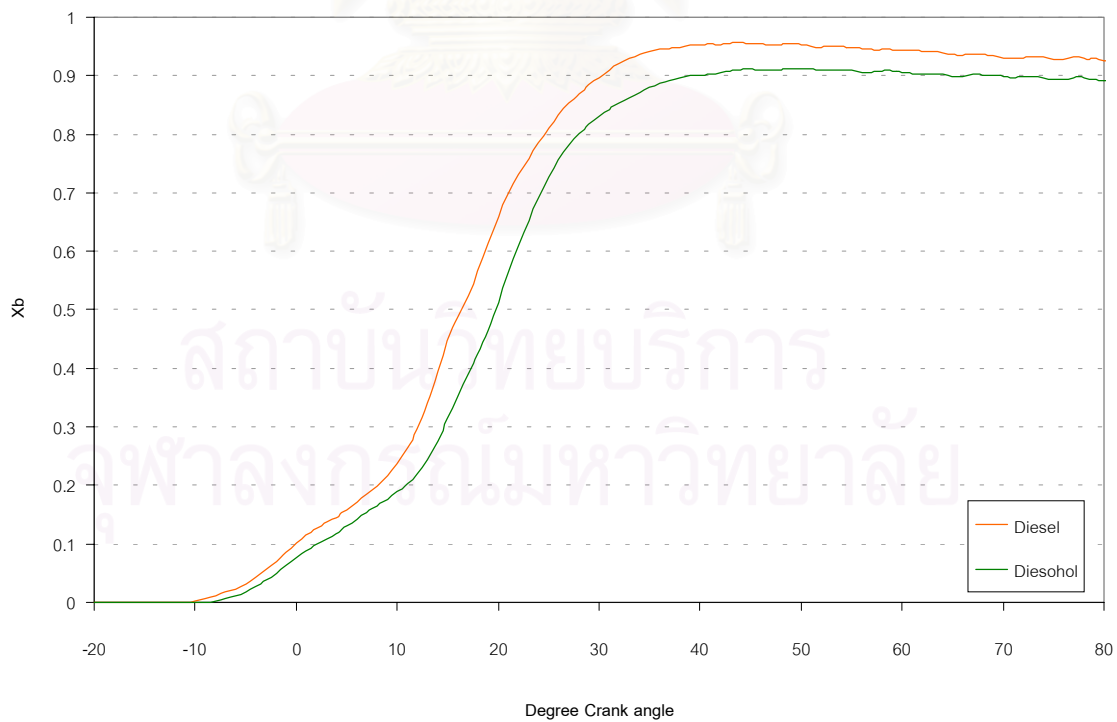
รูปที่ 6-18 ข สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2250 rpm, 20 Nm.



รูปที่ 6-18 ข สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2500 rpm, 40 Nm.



รูปที่ 6-18 ฉ สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 20 Nm.



รูปที่ 6-18 ฉ สัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ที่องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ที่ 2750 rpm, 40 Nm.

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเปลวไฟที่มองเห็นกับสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้โดยหาว่าจุดที่เริ่มเห็นเปลวไฟเทียบเท่ากับสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ไปแล้วเท่าใด และจุดสิ้นสุดของเปลวไฟที่มองเห็นจะเทียบเท่ากับสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ไปแล้วเท่าใด จึงได้มีการหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเปลวไฟที่มองเห็นกับสัดส่วนโดยมวลค่าต่างๆ ได้แก่ 1%, 5% และ 10% ของสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้แล้ว ( $x_p$ ) สำหรับจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ และ 90%, 95% และ 99% สำหรับจุดสิ้นสุดการเผาไหม้

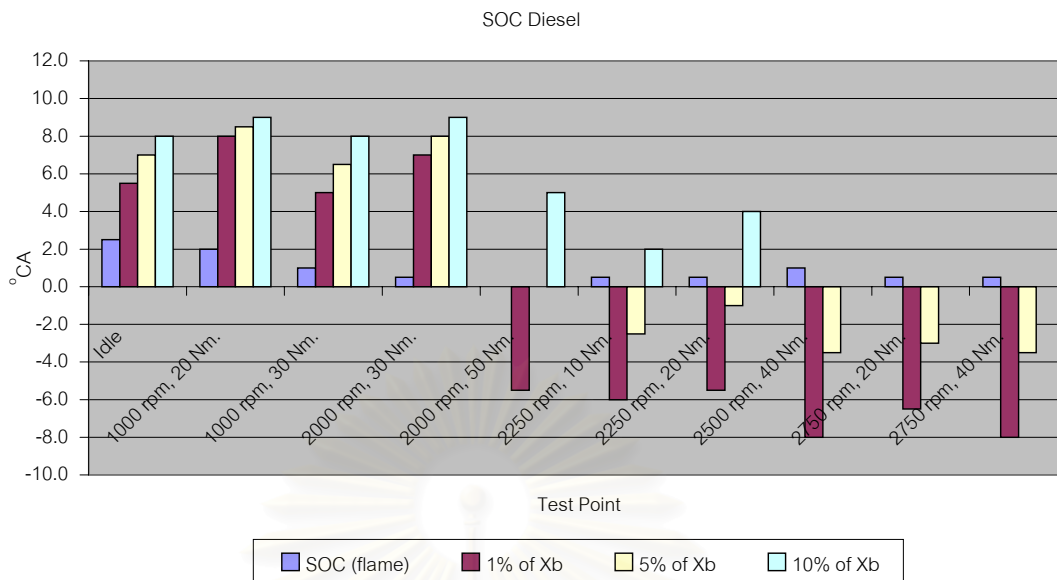
รูปที่ 6-19 (ก และ ข) แสดงการเปรียบเทียบจุดที่เริ่มมองเห็นเปลวไฟกับสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ค่าต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นของเชื้อเพลิงดีเซล โดยที่รูปที่ 6-19 ก แสดงความสัมพันธ์ในรูปขององศาข้อเหวี่ยง และรูปที่ 6-19 ข แสดงความสัมพันธ์ในหน่วยของเวลา (ms)

รูปที่ 6-20 (ก และ ข) แสดงการเปรียบเทียบจุดเริ่มมองเห็นเปลวไฟกับสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ค่าต่างๆ ของดีโซฮอลล์ โดยที่รูปที่ 6-20 ก แสดงความสัมพันธ์ในรูปขององศาข้อเหวี่ยง และรูปที่ 6-20 ข แสดงความสัมพันธ์ในหน่วยของเวลา (ms) เมื่อเทียบให้จุดเริ่มต้นการถ่ายภาพ ( $-10^{\circ}\text{CA}$ ) เป็นจุดเริ่มต้นในที่นี้

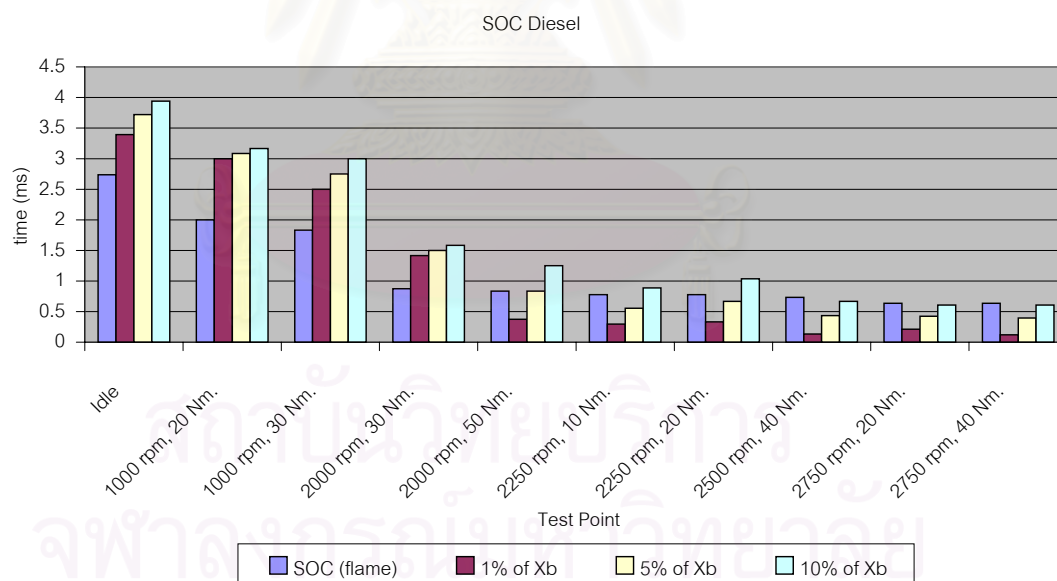
ส่วนการเปรียบเทียบจุดสิ้นสุดของเปลวไฟกับการหาจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ในรูปแบบต่างๆ ของเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์ที่แต่ละจุดทำงานแสดงในรูปที่ 6-21 และ 6-22 ตามลำดับ โดยรูปที่ 6-21 ก และ 6-22 ก แสดงความสัมพันธ์ในรูปขององศาข้อเหวี่ยง และรูปที่ 6-21 ข และ 6-22 ข แสดงความสัมพันธ์ในหน่วยของเวลา (ms) เมื่อเทียบให้จุดเริ่มต้นการถ่ายภาพ ( $-10^{\circ}\text{CA}$ ) เป็นจุดเริ่มต้นในที่นี้

ตารางที่ 6-14 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างจุดเริ่มต้นการเผาไหม้และจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพปรากฏการณ์เปลวไฟกับที่ได้จากการประมาณค่าในแผนภูมิอัตราการปลดปล่อยความร้อนจากสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ไปแล้ว 1%

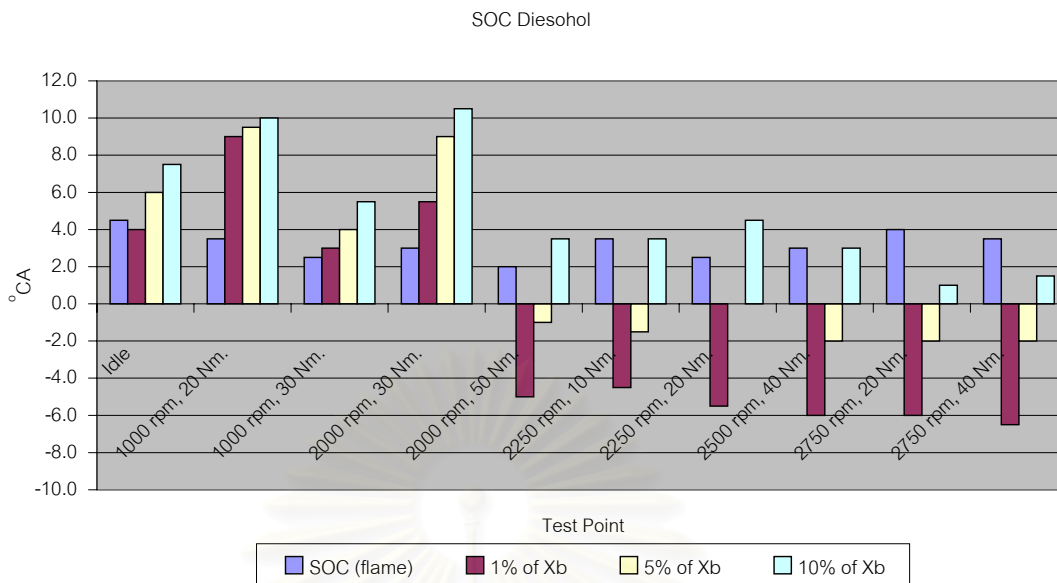
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



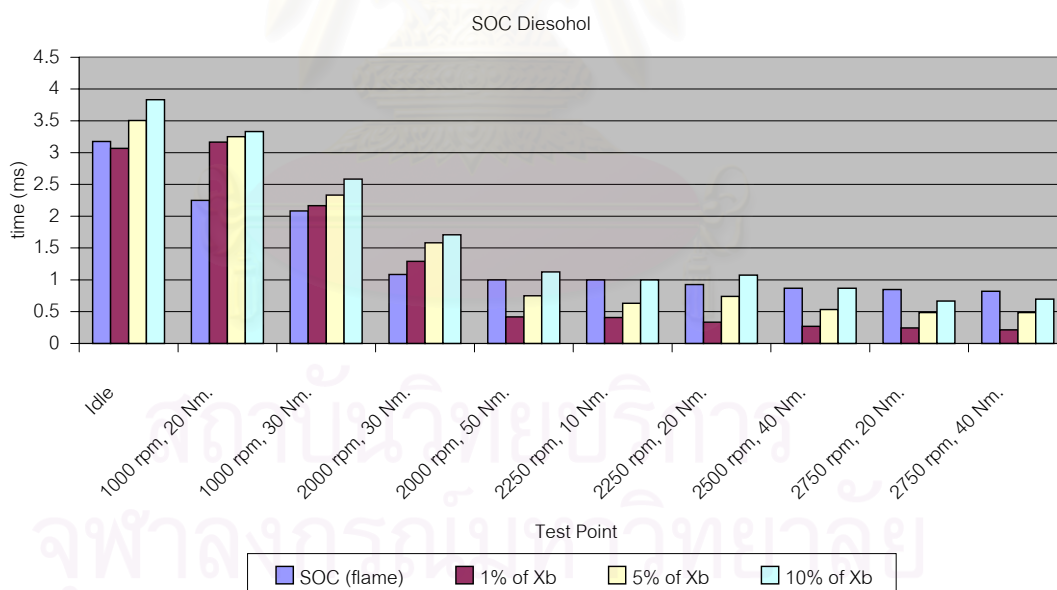
รูปที่ 6-19 ก การหาจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ (°CA) แบบต่างๆ เทียบกับจุดเริ่มต้นของเปลวไฟที่แต่ละจุดทำงานของเชื้อเพลิงดีเซล



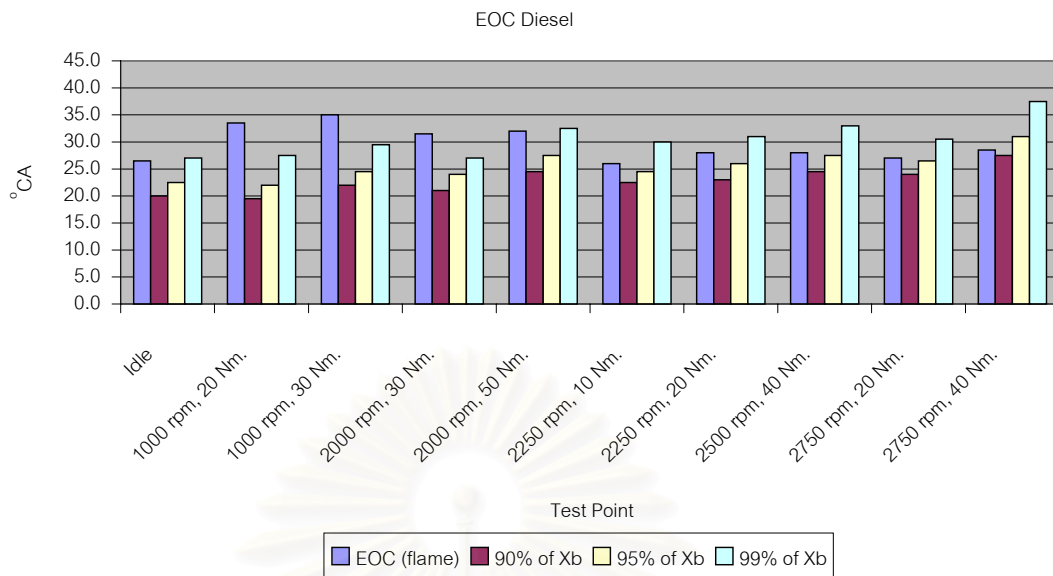
รูปที่ 6-19 ข การหาจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ (ms) แบบต่างๆ เทียบกับจุดเริ่มต้นของเปลวไฟที่แต่ละจุดทำงานของเชื้อเพลิงดีเซล



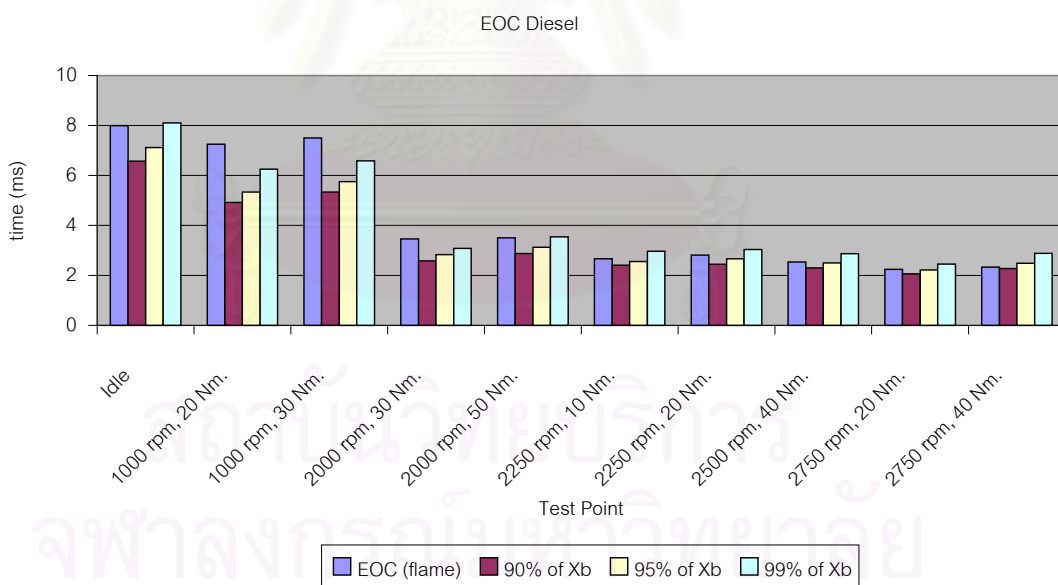
รูปที่ 6-20 ก การหาจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ (°CA) แบบต่างๆ เทียบกับจุดเริ่มต้นของเปลวไฟที่แต่ละจุดทำงานของดีโซฮอลล์



รูปที่ 6-20 ข การหาจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ (ms) แบบต่างๆ เทียบกับจุดเริ่มต้นของเปลวไฟที่แต่ละจุดทำงานของดีโซฮอลล์

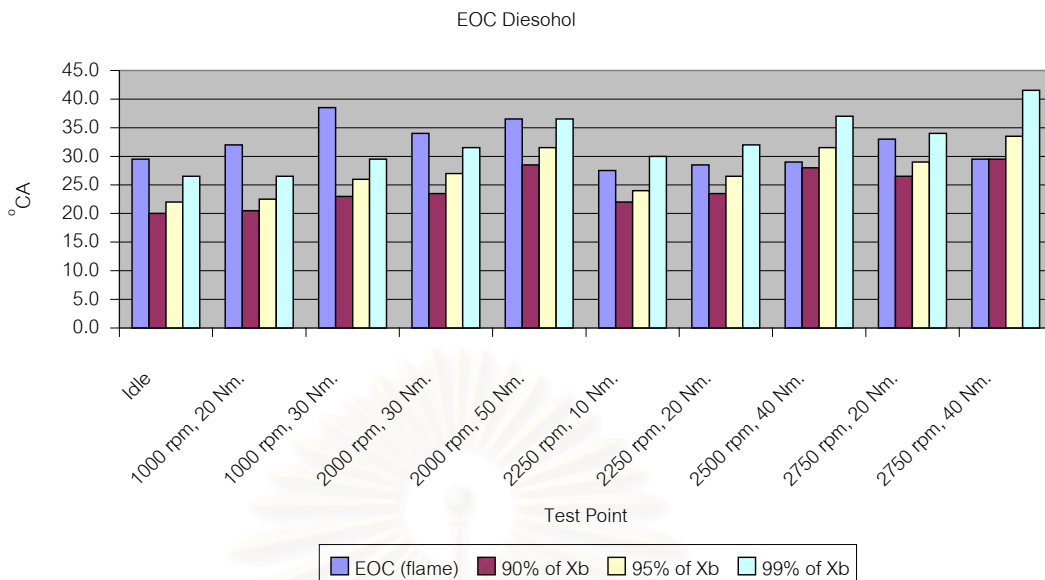


รูปที่ 6-21 ก การหาจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ (°CA) เทียบกับจุดสิ้นสุดของเปลวไฟที่แต่ละจุดทำงานของเชื้อเพลิงดีเซล

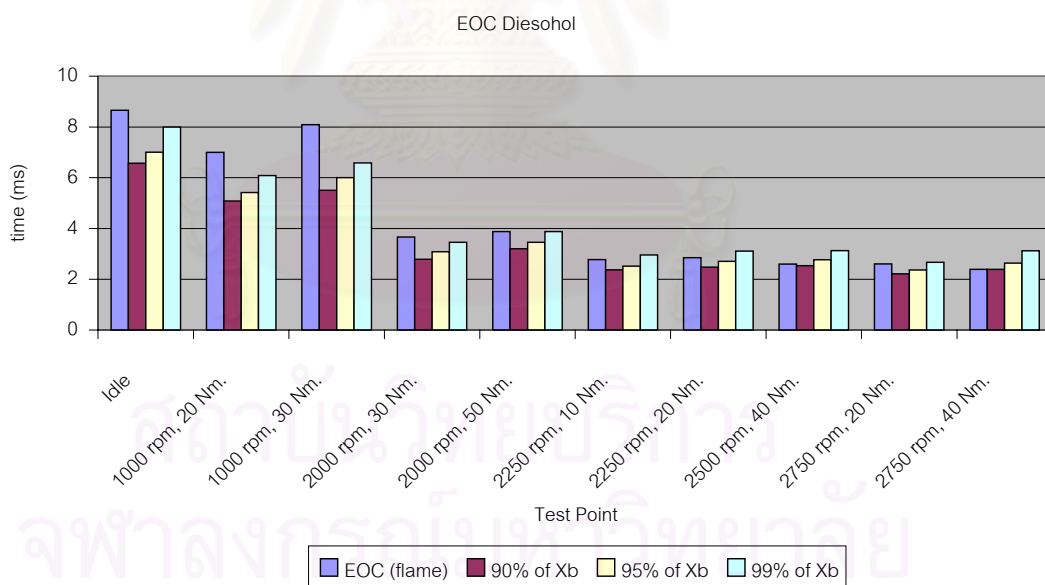


รูปที่ 6-21 ข การหาจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ (ms) เทียบกับจุดสิ้นสุดของเปลวไฟที่แต่ละจุดทำงานของเชื้อเพลิงดีเซล





รูปที่ 6-22 ก การหาจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ (°CA) เทียบกับจุดสิ้นสุดของเปลวไฟที่แต่ละจุดทำงานของดีเซลฮอล



รูปที่ 6-22 ข การหาจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ (ms) เทียบกับจุดสิ้นสุดของเปลวไฟที่แต่ละจุดทำงานของดีเซลฮอล

ตารางที่ 6-14 การเปรียบเทียบจุดเริ่มต้นการเผาไหม้และจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพปรากฏการณ์กับอัตราการปลดปล่อยความร้อน

จุดทดสอบ	SOC ของเปลวไฟ (°CA)		SOC ที่ประมาณ จาก 1% X <sub>b</sub> (°CA)		SOC ที่ประมาณ จาก HRR = ค่าบวก (°CA)		EOC ของเปลวไฟ (°CA)		EOC ที่ประมาณ จาก 99% X <sub>b</sub> (°CA)	
	ดีเซล	ดีไซฮอลล์	ดีเซล	ดีไซฮอลล์	ดีเซล	ดีไซฮอลล์	ดีเซล	ดีไซฮอลล์	ดีเซล	ดีไซฮอลล์
Idle	2.5	4.5	5.5	4	1.5	1	26.5	29.5	27	25
1000 rpm, 20 Nm.	2	3.5	8	9	-1.5	-1	33.5	32	27.5	28.5
1000 rpm, 30 Nm.	1	2.5	5	3	-3.5	-4.5	35	38.5	29.5	36
2000 rpm, 30 Nm.	0.5	3	7	5.5	-1	-2	31.5	34	27	31
2000 rpm, 50 Nm.	0	2	-5.5	-5			32	36.5	32.5	34.5
2250 rpm, 10 Nm.	0.5	3.5	-6	-4.5			26	27.5	30	24
2250 rpm, 20 Nm.	0.5	2.5	-5.5	-5.5			28	28.5	31	26
2500 rpm, 40 Nm.	1	3	-8	-6			28	29	33	26
2750 rpm, 20 Nm.	2	4	-6.5	-6			29	33	30.5	29
2750 rpm, 40 Nm.	0.5	3.5	-8	-6			28.5	29.5	37.5	26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการเปรียบเทียบจุดเริ่มต้นของเปลวไฟที่มองเห็นกับสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้พบว่าที่รอบเดินเบา, 1000 rpm, 20 Nm., 1000 rpm, 30 Nm. และ 2000 rpm, 30 Nm. จุดเริ่มต้นของเปลวไฟที่มองเห็นเกิดก่อนจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ (SOC) ที่ประมาณจากสัดส่วนการเผาไหม้โดยมวล 1% ส่วนที่จุดทำงานอื่นที่เหลือ จุดเริ่มต้นของเปลวไฟที่มองเห็นจะเกิดหลังจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ประมาณจากสัดส่วนการเผาไหม้โดยมวล 1% แต่หากวิเคราะห์จุดเริ่มต้นของเปลวไฟเปรียบเทียบกับจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ประมาณจากจุดที่อัตราการปลดปล่อยความร้อนเป็นค่าบวกที่รอบเดินเบา, 1000 rpm, 20 Nm., 1000 rpm, 30 Nm. และ 2000 rpm, 30 Nm. พบว่าจุดเริ่มต้นเปลวไฟเกิดหลังจุดเริ่มต้นการเผาไหม้

เมื่อพิจารณาจุดสิ้นสุดของเปลวไฟที่มองเห็นเปรียบเทียบกับจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ (EOC) เมื่อมีการเผาไหม้โดยมวลไปแล้ว 99% พบว่ามีบางจุดทำงานที่จุดสิ้นสุดเปลวไฟจบก่อนจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ที่ประมาณจากสัดส่วนโดยมวล 99% และมีบางจุดที่จุดสิ้นสุดเปลวไฟจบหลังจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ที่ประมาณจากสัดส่วนโดยมวล 99%



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## อภิปรายผลการวิจัย สรุปผล และข้อเสนอแนะ

### 7.1 อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ดีเซล ชนิดห้องเผาไหม้ ล่วงหน้าที่มีอากาศหมุนโดยการถ่ายภาพด้วยอุปกรณ์ VisioScope พบว่าสามารถแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ส่วน คือ

1.) การวิเคราะห์ลักษณะสเปรย์เชื้อเพลิง ซึ่งได้มาจากการศึกษาภาพถ่ายที่ใช้แสงแฟลชช่วย

2.) การวิเคราะห์ภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้และการแจกแจงความน่าจะเป็นที่จะเกิดเปลวไฟ ณ ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ซึ่งได้มาจากการนำภาพถ่ายที่ยังไม่ได้เฉลี่ย 6 Repetitions และไม่ใช้แสงแฟลชช่วยมาประมวลผลด้วยฟังก์ชัน Image Processing/Probability Distribution ของโปรแกรม VisioScope 1.1TV

3.) การวิเคราะห์การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นของเขม่า ซึ่งได้มาจากการนำภาพถ่ายที่ไม่ใช้แสงแฟลชช่วยไปเฉลี่ยเพื่อลด cyclic variation(ensambled average) แล้วทำการ calibrate กับภาพมาตรฐานและวิเคราะห์ภาพถ่ายตามวิธี two-color method ด้วยฟังก์ชัน Image Processing/Diesel Flame Temperature และ Image Processing/Soot Concentration ของโปรแกรม ThermoVision

4.) การเปรียบเทียบปรากฏการณ์การเผาไหม้ กับแผนภูมิอัตราการปลดปล่อยความร้อน (heat-released rate diagram), ความร้อนที่ปลดปล่อย (heat release) และสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ (mass fraction burned)

#### 7.1.1 การวิเคราะห์ลักษณะสเปรย์

ลักษณะของสเปรย์โดยทั่วไปคือเมื่อเชื้อเพลิงถูกฉีดออกมาจากหัวฉีด สเปรย์จะพัฒนาตัวตามแนวแกนของสเปรย์ (spray core) แกนของสเปรย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็น liquid core และบริเวณโดยรอบซึ่งเป็นละอองฝอยจะเกิดการสะท้อนแสงแฟลชทำให้ปรากฏภาพเป็นกลุ่มควันขาวพุ่งไปตามแนวแกนของสเปรย์ บริเวณรอบนอกของสเปรย์จะแตกตัวเป็นละอองฝอย เมื่อหยดเชื้อเพลิงที่แตกตัวรวมกับอากาศแวดล้อมและมีสัดส่วนผสมที่เหมาะสมก็จะเกิดการติดไฟ ระยะพุ่ง (penetration) ของสเปรย์เชื้อเพลิงเหลวจะเพิ่มขึ้นตามองศาข้อเหวี่ยงจนกระทั่งถึงค่าสูงสุดที่จุดเริ่มต้นของการเผาไหม้แบบ premixed ซึ่งการระเหยของเชื้อเพลิงและการติดไฟจะเริ่มขึ้น เมื่อ

การเผาไหม้ของส่วนผสมเริ่มลามขึ้น ระยะเวลาของสเปร์ยจะลดลงอย่างมาก นอกจากนี้ผลของอากาศหมุน (swirl) ในห้องเผาไหม้จะทำให้สเปร์ยบิดเบี้ยวและส่วนที่ติดไฟจะถูกพัดพาไปตามทิศทางของอากาศหมุน

เมื่อพิจารณาแนวโน้มโดยรวมของการพัฒนาตัวของสเปร์ยดีเซลเปรียบเทียบกับสเปร์ยดีโซลล์ที่ท้องศาข้อเหวี่ยงเดียวกัน พบว่าโดยส่วนมากในช่วงแรกของการฉีดสเปร์ยดีโซลล์จะมีระยะพุ่งสั้นกว่าสเปร์ยดีเซล อันเนื่องมาจากสเปร์ยดีโซลล์ถูกฉีดช้ากว่าสเปร์ยดีเซล การที่สเปร์ยดีโซลล์ถูกฉีดช้ากว่าสเปร์ยดีเซลเนื่องมาจากการที่ดีโซลล์มีค่า compressibility สูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซล (bulk modulus ของเอทานอลต่ำกว่าของเชื้อเพลิงดีเซล) ทำให้เมื่อเวลาผ่านไปสเปร์ยดีโซลล์จะพัฒนาตัวอย่างรวดเร็วจนมีระยะพุ่งยาวกว่าสเปร์ยดีเซลในช่วงหลัง การที่สเปร์ยดีโซลล์มีระยะพุ่งยาวกว่าสเปร์ยดีเซลเป็นเพราะว่าเอทานอลมีความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (heat of vaporization) สูง ดังนั้นการระเหยของเอทานอลในดีโซลล์จะส่งผลทำให้อุณหภูมิแวดล้อมใกล้ๆกับแกนสเปร์ยลดต่ำลง

เมื่อพิจารณาระยะพุ่งสูงสุดในแต่ละจุดทำงานของสเปร์ยดีเซลเปรียบเทียบกับสเปร์ยดีโซลล์ พบว่า แนวโน้มโดยส่วนมากระยะพุ่งสูงสุดของสเปร์ยดีโซลล์จะยาวกว่าสเปร์ยดีเซล ยกเว้นที่ 2250 rpm, 20 Nm. ซึ่งสเปร์ยเชื้อเพลิงทั้งสองมีระยะพุ่งใกล้เคียงกัน และที่ 2750 rpm, 40 Nm. ระยะพุ่งสูงสุดของสเปร์ยดีโซลล์จะสั้นกว่าสเปร์ยดีเซล

เมื่อพิจารณาขนาดสูงสุดมูมของสเปร์ยดีเซลเปรียบเทียบกับสเปร์ยดีโซลล์ในแต่ละจุดทำงานพบว่าขนาดสูงสุดของมูมของสเปร์ยดีโซลล์มีแนวโน้มกว้างกว่าสเปร์ยดีเซล ทั้งนี้อาจเป็นสาเหตุมาจากความหนืดที่ต่ำกว่าของดีโซลล์ทำให้การแตกตัวเป็นละอองของสเปร์ยดีโซลล์เกิดได้ดีกว่า นอกจากนี้ความดันไอจากการระเหยในแกนสเปร์ยดีโซลล์ช่วยให้เกิดการเคลื่อนตัวของละอองฝอยออกจากแกนของสเปร์ย ทำให้มูมของสเปร์ยกว้างขึ้น

แต่อย่างไรก็ตาม การวัดระยะพุ่งและมูมของสเปร์ยเชื้อเพลิงในการทดสอบนี้ได้รวมถึงบริเวณปลายสเปร์ยและรอบนอกของสเปร์ยที่ระเหยกลายเป็นไอ ทำให้ระยะพุ่งของสเปร์ยดีโซลล์ที่ได้ยาวขึ้น และมูมสเปร์ยดีโซลล์กว้างขึ้น ดังนั้นความหนืดของเชื้อเพลิงก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการระเหยและการแตกตัวเป็นละอองของสเปร์ยเชื้อเพลิง

### 7.1.2 การวิเคราะห์ปรากฏการณ์การเผาไหม้และการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟที่เผาไหม้

การวิเคราะห์ปรากฏการณ์การเผาไหม้ทำได้โดยพิจารณาภาพถ่ายเปลวไฟในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าที่เคยแล้ว ซึ่งจะสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของทิศทางของเปลวไฟและสีของเปลวไฟซึ่งจะสามารถบอกได้ถึงลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งสอง ส่วนการวิเคราะห์การแจก

แจ้งความน่าจะเป็นที่จะเกิดเปลวไฟ ณ ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ทำได้โดยการนำภาพถ่ายที่ยังไม่ได้เฉลี่ย 6 Repetitions มาประมวลผลด้วยฟังก์ชัน Image Processing/Probability Distribution ของโปรแกรม VisioScope 1.1 TV โดยโปรแกรมจะคำนวณว่าเปลวไฟที่เกิดขึ้น ณ บริเวณใดบริเวณหนึ่งในทุกรอบการบันทึกทั้งหมด 6 Repetitions จะมีความน่าจะเป็นในการเกิดเปลวไฟเท่ากับ 100% (สเกลสีแดงในรูปที่ 6-6)

จากการวิเคราะห์ภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเปลวไฟดีเซลเปรียบเทียบกับเปลวไฟดีโซลล์ ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 °CA) ในแต่ละจุดทำงานที่แสดงในตารางที่ 6-5 และ 6-6 พบว่าลักษณะการเผาไหม้ของเปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองคล้ายคลึงกัน และสังเกตเห็นว่าเปลวไฟดีโซลล์มักเกิดหลังเปลวไฟดีเซล ทั้งนี้เนื่องมาจากดีโซลล์มีจุดเริ่มต้นฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้ากว่าและมีเลขซีเทนต่ำกว่าทำให้ ignition delay ยาวนานกว่า นอกจากนี้เปลวไฟดีเซลยังมอดก่อนเปลวไฟดีโซลล์ซึ่งจะเผาไหม้ต่อไปอีกในช่วงองศาข้อเหวี่ยงหลายๆ ที่เป็นเช่นนี้น่าจะเป็นสาเหตุมาจากทั้งผลของการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้ากว่าและการที่ดีโซลล์มีเอทานอลผสมอยู่ ซึ่งเอทานอลมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบทำให้มีออกซิเจนใช้ในการเผาไหม้ต่อไป ในขณะที่เชื้อเพลิงดีเซลใช้ออกซิเจนในการเผาไหม้หมดแล้ว เปลวไฟดีเซลจึงมอดลงก่อน และเป็นที่น่าสังเกตอีกว่าที่โหลดสูง เปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองจะมีดกว่าที่โหลดต่ำ ทั้งนี้่าจะเป็นสาเหตุมาจากปริมาณการฉีดที่มากขึ้นทำให้ปริมาณออกซิเจนในห้องเผาไหม้ล้นหน้าไม่เพียงพอจึงเกิดภาวะการขาดออกซิเจนสำหรับเผาไหม้ ที่ 2500 rpm, 40 Nm. เป็นจุดทำงานที่มีเขม่าเกาะที่ window และเปลวไฟมีสีแสดและมืดซึ่งแสดงว่าอุณหภูมิเปลวไฟอาจมีค่าต่ำ และอาจเกิดภาวะที่ขาดออกซิเจนในการเผาไหม้เช่นกัน ดังนั้นลักษณะของเปลวไฟที่ได้นั้นจะขึ้นกับสภาวะในห้องเผาไหม้ด้วย

จากการวิเคราะห์ภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้เปรียบเทียบกับการแจ้งความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเปลวไฟ ณ ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงต่างๆ ในแต่ละจุดทำงาน ดังรูปภาพในตารางที่ 6-7 และ 6-8 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 6-7 และ 6-8 พบว่าที่ทุกจุดทำงานของเชื้อเพลิงทั้งสองมีโอกาสที่จะเกิดเปลวไฟต่างกัน ซึ่งหมายความว่าเปลวไฟมีทั้งโอกาสที่จะเกิดซ้ำที่บริเวณเดิมในทุกรอบการบันทึกหรือแค่บางรอบการบันทึกเท่านั้น แสดงว่าในแต่ละ cycle นั้นเปลวไฟอาจมีตำแหน่งการเคลื่อนที่ไม่เหมือนกัน

จากการเปรียบเทียบการแจ้งความน่าจะเป็น 100% (โอกาสที่จะเกิดเปลวไฟในทุกรอบการบันทึก) สำหรับเชื้อเพลิงทั้งสองจากรูปที่ 6-7 และ 6-8 พบว่าโดยส่วนมากเชื้อเพลิงดีเซลมีโอกาสเกิดเปลวไฟ 100% ในช่วงองศาข้อเหวี่ยงตั้งแต่ 3 °CA ถึง 20 °CA และมากที่สุดถึง 26 °CA โดยสัดส่วนพื้นที่มากที่สุดที่มีความน่าจะเป็น 100% มีค่าเท่ากับ 14.39% ที่ 2250 rpm, 20 Nm. ซึ่งมีสัดส่วนประมาณ 1 ใน 2 ของสัดส่วนพื้นที่ของเปลวไฟทั้งหมด ส่วนดีโซลล์มีโอกาสเกิดเปลว



ไฟ 100% ในช่วงองศาข้อเหวี่ยงตั้งแต่ 5 °CA จนถึงมากที่สุด 28 °CA ที่ 1000 rpm, 20 Nm. หรือ ในช่วงองศาข้อเหวี่ยงสั้นๆเพียง 15 °CA ถึง 20 °CA ที่ 2500 rpm, 40 Nm. โดยสัดส่วนพื้นที่มากที่สุดที่มีความน่าจะเป็น 100% มีค่าเท่ากับ 11.08% ที่รอบเดินเบา ซึ่งมีสัดส่วนประมาณ 1 ใน 3 ของสัดส่วนพื้นที่ของเปลวไฟทั้งหมด จากผลที่พบว่าดีไซฮอลล์มีสัดส่วนพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดเปลวไฟในทุกรอบการบันทึกน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล แสดงให้เห็นว่าการเผาไหม้ของดีไซฮอลล์มีความแปรปรวนของเปลวไฟสูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซล การที่การแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟดีไซฮอลล์แตกต่างไปจากเปลวไฟดีเซลนั้นน่าจะมาจากผลของเอทานอลที่เป็นองค์ประกอบในดีไซฮอลล์เป็นตัวทำให้ความน่าจะเป็นแตกต่างออกไป

จากการวิเคราะห์แนวโน้มของทิศทางของเปลวไฟโดยพิจารณาภาพการแจกแจงความน่าจะเป็นของเปลวไฟโดยการแบ่งพื้นที่การมองออกเป็น 8 ส่วนเท่าๆ กัน ได้แก่ส่วนใน 4 ส่วน (1, 2, 3 และ 4) และส่วนนอก 4 ส่วน (A, B, C และ D) ดังรูปที่ 6-10 และ 6-11 สำหรับเปลวไฟดีเซลและดีไซฮอลล์ ตามลำดับ และตารางที่ 6-9 และ 6-10 ซึ่งเป็นการสรุปพื้นที่เปลวไฟที่มีความน่าจะเป็น 75-100% จะพบว่าเปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองเริ่มต้นขึ้นในส่วน 1 โดยส่วนใหญ่ (และส่วน A เล็กน้อย) เมื่อเวลาผ่านไปเปลวไฟจะอยู่ในส่วน 1 จะลามและแพร่กระจายไปสู่ส่วน 4 (และส่วน D เล็กน้อย) ตามการเคลื่อนตัวของ bulk flow จากนั้นจะแพร่กระจายไปสู่ส่วน 3 (และส่วน C เล็กน้อย) ตามทิศทางของอากาศหมุน แล้วลงสู่ connecting passage ซึ่งอยู่ในส่วน 4 ในที่สุด

### 7.1.3 การวิเคราะห์การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นของเขม่า

การวิเคราะห์รูปภาพเปลวไฟที่เผาไหม้ในแต่ละจุดทำงานสามารถทำได้โดยการนำภาพถ่ายซ้ำกันทั้งหมด 6 ครั้ง (Repetitions) มาเฉลี่ยให้เหลือเพียง 1 Repetition เพื่อลดผลของ cycle-by-cycle variation ซึ่งเรียกการเฉลี่ยแบบนี้ว่า “enssembled average” จากนั้นจะนำผลมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิที่วัดและความเข้มข้นของเขม่าด้วยวิธี two-color method

จากการวิเคราะห์การแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟและความเข้มข้นเขม่าของเปลวไฟดีเซลเปรียบเทียบกับเปลวไฟดีไซฮอลล์ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า ณ องศาข้อเหวี่ยงต่างๆ (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 °) ในแต่ละจุดทำงาน พบว่าบางจุดทำงาน เปลวไฟดีเซลจะเริ่มมีอุณหภูมิสูงและมีความหนาแน่นของเขม่าสูงเกิดขึ้นก่อนเปลวไฟดีไซฮอลล์ และเปลวไฟดีเซลจะมีอุณหภูมิและความหนาแน่นเขม่าต่ำกว่าเปลวไฟดีไซฮอลล์ในช่วงปลาย

นอกจากนี้ การเปรียบเทียบกราฟสัดส่วนพื้นที่ของเปลวไฟที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 2400 K ในรูปที่ 6-14 (ก ถึง ฉ) ยังแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงที่เริ่มเห็นเปลวไฟที่ส่องสว่างของดีไซฮอลล์ช้ากว่าเปลวไฟดีเซล อันเป็นผลมาจาก ignition delay ของดีไซฮอลล์ที่ยาวนานกว่าของเชื้อเพลิงดีเซลอันเนื่องมาจากการล่าช้าของจุดเริ่มต้นฉีดเชื้อเพลิงและค่าซีเทนที่ต่ำกว่า และเมื่อ

พิจารณาจุดสิ้นสุดการส่องสว่างพบว่าเปลวไฟดีไซฮอลส์สิ้นสุดการส่องสว่างหลังจากเปลวไฟดีเซล การที่ดีไซฮอลส์สามารถเผาไหม้ต่อไปในช่วงองศาข้อเหวี่ยงหลังๆ ได้นั้นอาจเป็นเพราะเอทานอลในดีไซฮอลส์มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะช่วยให้ส่งเสริมการเผาไหม้ต่อไปได้ อย่างไรก็ตามยังพบแนวโน้มว่าช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาดำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงที่ซึ่งอุณหภูมิเปลวไฟ  $>2400$  K มีพื้นที่สูงสุดพบแนวโน้มว่าตำแหน่งของเปลวไฟดีไซฮอลส์ที่ว่าจะเกิดหลังจากตำแหน่งของเปลวไฟดีเซล การที่พิจารณาที่อุณหภูมิ 2400 K เป็นเพราะอุณหภูมิที่สูงกว่า 2000 K เป็นอุณหภูมิที่จะเกิด  $\text{NO}_x$  มากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเป็นการยากที่จะระบุว่าที่ตำแหน่งใดที่มีพื้นที่สูงสุดเนื่องมาจากผลจากตัวแปรต่างๆ (noise) ของพื้นที่ที่วัดได้ ดังนั้นการวิเคราะห์ในที่นี้จะเลือกจุดตัดแกนตั้ง (สัดส่วนร้อยละของพื้นที่) ที่สูงที่สุด ซึ่งเป็นการประมาณค่าเท่านั้น

หากวิเคราะห์จุดทั้งสามตามสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ จากรูปที่ 6-14 (ก ถึง ญ) จะสามารถสรุปได้ดังนี้

ที่รอบเดินเบา พบว่าเมื่อใช้ดีไซฮอลส์จะเริ่มเกิดเปลวไฟช้ากว่าเชื้อเพลิงดีเซล และจุดสิ้นสุดเปลวไฟของดีไซฮอลส์ก็เกิดช้ากว่าดีเซลเช่นกัน เนื่องจากผลของจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่ล่าช้าที่ทำให้เกิด ignition delay ที่ต่างกันและช่วงการเผาไหม้ที่ใกล้เคียงกัน

พิจารณาเมื่อโหลดเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบคงที่ ได้แก่ที่ 1000 rpm จาก 20 Nm. เป็น 30 Nm. และที่ 2250 rpm จาก 10 Nm. เป็น 20 Nm. พบว่าอุณหภูมิเปลวไฟเชื้อเพลิงทั้งสองเพิ่มขึ้น แต่ที่ 2000 rpm จาก 30 Nm. เป็น 50 Nm. และที่ 2750 rpm จาก 20 Nm. เป็น 40 Nm. พบว่าอุณหภูมิเปลวไฟลดลง แสดงว่าการเพิ่มโหลดในช่วงต่ำ อุณหภูมิเปลวไฟจะเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มโหลดในช่วงสูงจะทำให้อุณหภูมิเปลวไฟลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรทำให้ออกซิเจนที่มีอยู่ไม่เพียงพอ การเผาไหม้จึงด้อยลง

พิจารณาการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบเครื่องยนต์เมื่อโหลดคงที่ ซึ่งได้แก่จุดทำงาน 1000 rpm, 20 Nm., 2250 rpm, 20 Nm. และ 2750 rpm, 20 Nm. และที่จุดทำงาน 2500 rpm, 40 Nm. กับ 2750 rpm, 40 Nm. พบว่าที่โหลดต่ำ (20 Nm.) การเพิ่มความเร็วจากความเร็วรอบ 1000 rpm เป็น 2250 rpm ทำให้อุณหภูมิเปลวไฟเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 2250 rpm เป็น 2750 rpm พบว่าอุณหภูมิเปลวไฟลดลง และที่โหลดสูง (40 Nm.) เมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 2500 rpm เป็น 2750 rpm พบว่าอุณหภูมิเปลวไฟเพิ่มขึ้น แสดงว่าการเพิ่มโหลดมีผลทำให้อุณหภูมิเปลวไฟเพิ่มขึ้นยกเว้นที่โหลดต่ำความเร็วรอบสูง

#### 7.1.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์การเผาไหม้กับอัตราการปลดปล่อยความร้อน (heat-released rate), การปลดปล่อยความร้อน (heat release) และสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ (mass fraction burned)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างอัตราการปลดปล่อยความร้อนในรูปที่ 6-16 และเปอร์เซ็นต์ของสัดส่วนพื้นที่ของรูปภาพที่มีอุณหภูมิเปลวไฟสูงกว่า 2400 K ของทั้งเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์ ในรูปที่ 6-14 พบว่าผลที่ได้มีลักษณะสอดคล้องกันเนื่องจากปริมาณการปลดปล่อยความร้อนจากเชื้อเพลิงดีเซลส่วนใหญ่เป็นการเผาไหม้แบบ mixing controlled combustion ซึ่งเกิดขึ้นในรูปของเปลวไฟที่ส่องสว่าง (luminous flame) ที่มีอุณหภูมิมากกว่า 2400 K ซึ่งสามารถตรวจวัดปริมาณอุณหภูมิการเผาไหม้ได้ด้วยวิธี two-color method

เมื่อเปรียบเทียบจุดเริ่มต้นของเปลวไฟกับจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ประมาณจากสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ 1% พบว่าที่รอบเดินเบา, 1000 rpm, 20 Nm., 1000 rpm, 30 Nm. และ 2000 rpm, 30 Nm. จุดเริ่มต้นของเปลวไฟที่สังเกตเห็นจะเกิดก่อนจุดเริ่มต้นการเผาไหม้จากการคำนวณ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าที่จุดซึ่งคำนวณได้รวมปริมาณความร้อนจากการเผาไหม้ในช่วง premixed ซึ่งชดเชยช่วงการฉีดซึ่งมีการดูดความร้อน ทำให้เมื่อประมาณค่าที่ 1% แล้วจะได้ตำแหน่งองศาข้อเหวี่ยงเกิดซ้ำออกไปอีก ส่วนที่จุดทำงานที่เหลือพบว่าจุดเริ่มต้นของเปลวไฟเกิดหลังจากจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ที่ประมาณจากสัดส่วนโดยมวลที่เผาไหม้ 1% ทั้งนี้เพราะว่าในความเร็รรอบและโหลดที่สูงขึ้นจะมีก๊าซตกค้างในห้องเผาไหม้อุณหภูมิสูง ทำให้ความร้อนจากการเผาไหม้ในช่วง premixed ถูกใช้ไปในการชดเชยการดูดความร้อน มีปริมาณน้อยลง ซึ่งการที่เห็นเปลวไฟหลังจากเริ่มต้นการเผาไหม้เป็นเพราะภาพเปลวไฟที่เห็นได้เป็นเปลวไฟที่มีอุณหภูมิที่ 2400 K ขึ้นไป จะได้ว่า การเผาไหม้ของ premixed ที่อุณหภูมิต่ำกว่า มองไม่เห็นเปลวไฟ premixed แต่อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาจุดเริ่มต้นของเปลวไฟเปรียบเทียบกับจุดเริ่มต้นการเผาไหม้เมื่ออัตราการปลดปล่อยความร้อนเป็นค่าบวกในช่วงที่มีการดูดความร้อนในช่วงการฉีดเชื้อเพลิง พบว่าจุดที่มองเห็นเปลวไฟจะเกิดหลังจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ซึ่งสอดคล้องกับผลที่กล่าวข้างต้น

เมื่อเปรียบเทียบเส้นโค้งอัตราการปลดปล่อยความร้อนกับจุดที่อุณหภูมิสูงกว่า 2400 K ที่มีสัดส่วนพื้นที่สูงสุด พบว่าจุดที่อุณหภูมิสูงกว่า 2400 K มีสัดส่วนพื้นที่สูงสุด มีแนวโน้มสอดคล้องกับตำแหน่งที่มีอัตราการปลดปล่อยความร้อนสูง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการแจกแจงอุณหภูมิเปลวไฟกับความร้อนที่ปลดปล่อยด้วยข้อสมมติฐานที่ว่าอุณหภูมิการเผาไหม้ที่สูงจะทำให้การปลดปล่อยความร้อนสูงด้วยการเปรียบเทียบที่แต่ละองศาข้อเหวี่ยงในแต่ละจุดทำงานว่ามีแนวโน้มที่อุณหภูมิเปลวไฟและการปลดปล่อยความร้อนมีทิศทางเดียวกัน อย่างไรก็ตาม เนื่องมาจากอุณหภูมิที่วัดเป็นการวิเคราะห์จากวิธี two-color method ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า ส่วนการปลดปล่อยความร้อนเป็น

การคำนวณจากค่าเฉลี่ยทั้งจากห้องเผาไหม้ล่วงหน้าและห้องเผาไหม้หลัก การหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเปลวไฟกับการปลดปล่อยความร้อนจึงต้องการข้อมูลจากการศึกษาเพิ่มเติมอีกมาก

## 7.2 สรุปผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปรากฏการณ์การเผาไหม้ของดีไอโซลในเครื่องยนต์ดีเซล IDI ที่มีห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบอากาศหมุน โดยใช้ระบบถ่ายภาพผ่าน endoscope และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี two-color method

จากผลการเปรียบเทียบภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงดีเซลและดีไอโซลสามารถสรุปเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1. ดีไอโซลมีตำแหน่งการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้ากว่าเชื้อเพลิงดีเซล เนื่องมาจากผลของ compressibility ของดีไอโซลที่มีค่าสูงกว่า
2. ระยะเวลาของสเปรย์ดีไอโซลยาวกว่าระยะเวลาของสเปรย์ดีเซล เนื่องมาจากผลของความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอที่สูงของเอทานอลและการระเหยที่ปลายสเปรย์
3. มุมสเปรย์ดีไอโซลกว้างกว่ามุมสเปรย์ดีเซลที่บางจุดทำงาน เนื่องมาจากความหนืดที่น้อยกว่าของดีไอโซลและการระเหยของเอทานอลในแกนสเปรย์ดีไอโซล
4. ลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลและดีไอโซลคล้ายกันมาก โดยเปลวไฟจะเคลื่อนที่ตามทิศทางของอากาศหมุนแล้วลงสู่ connecting passage สู่อุณหภูมิห้องเผาไหม้หลักต่อไป
5. ดีไอโซลมีการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability หรือ Repeatability) ต่างจากเชื้อเพลิงดีเซล เนื่องมาจากการที่มีเอทานอลเป็นองค์ประกอบ
6. ดีไอโซลเริ่มเผาไหม้ช้ากว่าเชื้อเพลิงดีเซลเนื่องมาจาก ignition delay ของดีไอโซลที่ต่ำกว่า และการเผาไหม้ของดีไอโซลจะเกิดต่อไปในช่วงหลังเนื่องมาจากองค์ประกอบออกซิเจนที่มีในเอทานอลจะช่วยส่งเสริมการเผาไหม้ อย่างไรก็ตามช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน
7. ดีไอโซลเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิเปลวไฟที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล จึงมีโอกาที่จะเกิดเขม่าได้ต่ำกว่า
8. การเปลี่ยนแปลงโหลดและความเร็วรอบมีผลต่อเฟสการเผาไหม้และอัตราการปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงทั้งสอง
9. ปรากฏการณ์การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มที่สอดคล้องกับอัตราการปลดปล่อยความร้อน

### 7.3 ข้อเสนอแนะ

#### 7.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยนี้

จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลล์ พบว่ามีปัญหาและข้อควรระวังเกิดขึ้นบางประการ ดังนี้

1. เนื่องจากเชื้อเพลิงดีโซฮอลล์มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ ซึ่งมีจุดวาบไฟที่ต่ำ ( $12^{\circ}\text{C}$ ) ดังนั้นจึงควรเก็บในถังเก็บที่ปิดมิดชิดและอยู่ห่างจากบริเวณที่มีประกายไฟและหลีกเลี่ยงบริเวณที่แสงแดดส่องถึง
2. เนื่องจากแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงที่ระเหยกลายเป็นไอง่าย (มี volatility สูง) เวลาที่นำเชื้อเพลิงมาใช้ในการทดสอบควรใช้ให้หมดภายในระยะเวลาอันสั้นหลังจากที่เปิดฝาดังแล้ว ไม่ควรปล่อยเชื้อเพลิงทิ้งไว้ในถังเก็บเป็นระยะเวลานาน เพื่อป้องกันมิให้แอลกอฮอล์ที่ผสมอยู่ในเชื้อเพลิงดีเซลระเหยออกไปและทำให้เชื้อเพลิงเกิดการเสื่อมสภาพ (degradation)
3. การผสมแอลกอฮอล์กับเชื้อเพลิงดีเซลอาจเกิดปัญหาการแยกเฟสขึ้น ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ emulsifier ที่เหมาะสม
4. ภาชนะที่ใช้ในการเติมเชื้อเพลิงและถังเชื้อเพลิงที่ป้อนสู่เครื่องยนต์ ควรใช้วัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนจากแอลกอฮอล์ จากประสบการณ์ที่ได้ทดสอบมาแล้วในเบื้องต้น ขอแนะนำให้ใช้ภาชนะที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) และไม่แนะนำให้ใช้ทองเหลือง, ยาง, ทองแดง, พลาสติก และเหล็กธรรมดา
5. กรองเชื้อเพลิงที่ใช้กับดีโซฮอลล์นั้น ไม่ควรใช้กรองดีเซลธรรมดาทั่วไป เนื่องจากจากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าดีโซฮอลล์จะกัดกร่อนไส้กรองซึ่งทำจากกระดาษจนเปื่อยยุ่ย และทำปฏิกิริยากับกาวที่ใช้ติดไส้กรองจนไม่สามารถใช้งานได้ จึงต้องทำไส้กรองชนิดพิเศษขึ้นมาซึ่งทำจากแก้วและไส้กรองทำจากตะแกรงโลหะที่ทนการกัดกร่อน
6. ถ้าจำเป็นต้องใช้ดีโซฮอลล์ในการทดสอบต่อเนื่องเป็นเวลาหลายวัน ไม่ควรเหลือเชื้อเพลิงทิ้งไว้ในเครื่องยนต์ ต้องมีการถ่ายเชื้อเพลิงออกทุกครั้งที่เสร็จสิ้นการทดสอบในแต่ละวัน แล้วเดินเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิงดีเซลซ้ำ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการกัดกร่อนระบบฉีดเชื้อเพลิงและส่วนต่างๆ ในเครื่องยนต์
7. ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ดีโซฮอลล์ในเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบและโหลดสูงคือเครื่องยนต์จะเดินไม่เรียบซึ่งเกิดเนื่องมาจากอุณหภูมิในท่อเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น ทำให้แอลกอฮอล์ซึ่งระเหยได้ง่ายเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอในท่อเชื้อเพลิงเกิด vapor lock ในระบบเชื้อเพลิง ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อปั๊มเชื้อเพลิง และยังทำให้การวัดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงดำเนินไปอย่างยากลำบาก และค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อน ปัญหานี้ อาจบรรเทาได้โดยการรักษาอุณหภูมิในท่อเชื้อเพลิงให้ไม่สูงมาก (ในการทดสอบพบว่า อุณหภูมิที่ต่ำกว่า  $60^{\circ}\text{C}$  ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย)



8. สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเมื่อถ่ายภาพด้วยระบบ endoscope และกล้อง CCD คือ protection window ต้องสะอาดเสมอ ไม่ควรให้มีคราบเขม่าติด และควรทำความสะอาด lighting head เป็นครั้งคราวเพื่อไม่ให้คราบเขม่าที่สะสมรวมตัวไปบังแสงไฟจาก light guide ข้อควรระวังอีกประการหนึ่งคือควรระวังไม่ให้กล้องสั่นเนื่องจากจะทำให้การประมวลผลภาพที่ได้คลาดเคลื่อน แต่อย่างไรก็ตามที่ความเร็วรอบสูงนั้น การที่กล้องสั่นเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เนื่องมาจากตัวกล้องได้รับแรงสั่นสะเทือนอย่างมากจากเครื่องยนต์ ปัญหานี้เป็นข้อจำกัดซึ่งจะต้องหาทางแก้ไขต่อไป

### 7.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยที่จะทำต่อไปในอนาคต

สำหรับงานวิจัยที่จะทำต่อไปในอนาคต สามารถประยุกต์ใช้วิธี two-color method ได้กับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ได้ เช่น การศึกษาลักษณะการเผาไหม้ของน้ำมันปาล์ม-ดีเซลในเครื่องยนต์ CI, การศึกษาลักษณะของสเปกตรัมเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ที่ใช้ในการเกษตรขนาดเล็ก, การศึกษาลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีไฮโดรลิตที่ผสมตามสัดส่วนต่างๆ เพื่อศึกษาผลของสารปรุงแต่งที่เติมลงไปเชื้อเพลิงที่มีต่อลักษณะการเผาไหม้ หรือการศึกษาลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทดแทนอื่นๆ เป็นต้น



## รายการอ้างอิง

1. The Royal Chitralada Projects Home Page. เว็บไซต์เพื่องานวิจัย. [Online]. Available from: <http://kmis.cpc.ku.ac.th/nk40/nk/data/12/index.htm>
2. Heywood, J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. Singapore : McGraw-Hill, 1988.
3. Lyn, W. T. Study of Burning Rate and Nature of Combustion in Diesel Engine. IX Symposium (International) on Combustion 1962 : 1069-1080.
4. Sher, E. Handbook of Air Pollution from Internal Combustion Engines : Pollutant Formation and Control. The United States of America : Academic Press, 1998.
5. Tani, Y., Saito, A., and Yamada, M. Visualization of the Evaporating Process of Fuel Spray in the Cylinder of a Diesel Engine. JSME International Journal Series II 32, 4 (1989) : 673-677.
6. Azetsu, A., Dodo, S., Someya, T., and Oikawa, C. A Study on the Structure of Diesel Spray (2-D Visualization of the Non-Evaporating Spray). International Symposium COMODIA 90 (1990) : 199-204.
7. Ishiyama, T., Miwa, K., and Horikoshi, O. A Study on Ignition Process of Diesel Sprays. International Symposium COMODIA 94 (1991) : 337-342.
8. Ishiyama, T., Miwa, K., and Horikoshi, O. A Study on Ignition Process of Diesel Sprays. International Symposium COMODIA 94 (1991) : 337-342. Cited in Ishiyama, T., et al. Observation of Microscopic Structure of Diesel Sprays with a Nano-Spark Light Source. Trans of JSME 60-570, B (1994) : 715-721.
9. Larsson, A. Optical Studies in a DI Diesel Engine. SAE paper 1999-01-3650 (1999). Cited in Dec, J. E. A Conceptual Model of DI Diesel Combustion Based on Laser-Sheet Imaging. SAE paper 970873 (1997).
10. Larsson, A. Optical Studies in a DI Diesel Engine. SAE paper 1999-01-3650 (1999). Cited in Ricart, L. M., Xin, J., Bower, G. R., and Reitz, R. D. In-Cylinder Measurement and Modeling of Liquid Fuel Spray Penetration in a Heavy-Duty Diesel Engine. SAE paper 971591 (1997).

11. Larsson, A. Optical Studies in a DI Diesel Engine. SAE paper 1999-01-3650 (1999). Cited in Black, B., Hentschel, W., and Ertmer, W. Temperaturund Rußkonzentrationsmessungen im direkt-einspritzenden Dieselmotor, Optisches Indizieren in der Motorenentwicklung-wo liegt der praktische Nutzen?. Haus der Technik, Essen (1998,October).
12. Larsson, A. Optical Studies in a DI Diesel Engine. SAE paper 1999-01-3650 (1999).
13. Larsson, A. Optical Studies in a DI Diesel Engine. SAE paper 1999-01-3650 (1999). Cited in Winklhofer, E. Diesel Combustion – a Hierarchy of Simple Effect?. ERCOFTAC Bulletin 38 (1998).
14. Zhang, L., Minami, T., Takatsuki, T., and Yokota, K. An Analysis of the Combustion of a DI Diesel Engine by Photograph Processing. SAE paper 930594 (1993) : 734-742.
15. Zhang, L., Minami, T., Takatsuki, T., and Yokota, K. An Analysis of the Combustion of a DI Diesel Engine by Photograph Processing. SAE paper 930594 (1993) : 734-742. Cited in Shioji, M., et al. An Analysis of Diesel Engine Flame by Picture Processing. JSME Int. Journal Series 2 32,3 (1989).
16. Zhang, L., Minami, T., Takatsuki, T., and Yokota, K. An Analysis of the Combustion of a DI Diesel Engine by Photograph Processing. SAE paper 930594 (1993) : 734-742. Cited in Yamaguchi, I., et al. An Analysis of High Speed Combustion Photographs for DI Diesel Engine with High Pressure Fuel Injection. SAE paper 901577 (1990).
17. Chang, Y. J., Kobayashi, H., Matsuzawa, K., and Kamimoto, T. A Photographic Study of Soot Formation and Combustion in a Diesel Flame with a Rapid Compression Machine. [Online]. Available from : [http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85\\_P149.pdf](http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85_P149.pdf)

18. Chang, Y. J., Kobayashi, H., Matsuzawa, K., and Kamimoto, T. A Photographic Study of Soot Formation and Combustion in a Diesel Flame with a Rapid Compression Machine. [Online]. Available from : [http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85\\_P149.pdf](http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85_P149.pdf) Cited in Aoyagi, Y., Kamimoto, T., Matsui, Y., and Matsuoka, S. A Gas Sampling Study on the Formation Processes of Soot and NO in a DI Diesel Engine. SAE paper 800254 (1980).
19. Chang, Y. J., Kobayashi, H., Matsuzawa, K., and Kamimoto, T. A Photographic Study of Soot Formation and Combustion in a Diesel Flame with a Rapid Compression Machine. [Online]. Available from : [http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85\\_P149.pdf](http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85_P149.pdf) Cited in Matsui, Y., Kamimoto, T., and Matsuoka, S. Formation and Oxidation Processes of Soot Particulates in a DI Diesel Engine – An Experimental Study via the Two-Color Method. SAE paper 820464 (1982).
20. Chang, Y. J., Kobayashi, H., Matsuzawa, K., and Kamimoto, T. A Photographic Study of Soot Formation and Combustion in a Diesel Flame with a Rapid Compression Machine. [Online]. Available from : [http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85\\_P149.pdf](http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85_P149.pdf) Cited in Kamimoto, T., Matsuoka, S., and Miyairi, Y. Soot Oxidation Rate in the Flame in a DI Diesel Engine. ImechE C103/82 (1982) : 259.
21. Chang, Y. J., Kobayashi, H., Matsuzawa, K., and Kamimoto, T. A Photographic Study of Soot Formation and Combustion in a Diesel Flame with a Rapid Compression Machine. [Online]. Available from : [http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85\\_P149.pdf](http://www.herc.musashi-tech.ac.jp/shudo/esd/Data/001/C85_P149.pdf) Cited in Miwa, K., Lee, S., and Ikegami, M. Development of a Diesel Spray Involving Pyrolysis. JSME Pre-Print 820-3 (1982) : 1.
22. Fujimoto, H., Oura, S., Morinaga, S., Hashimoto, Y., Yamashita, T., and Senda, J. Combustion Phenomena in IDI Diesel Engine Detected by Optical Methods. SAE paper 1999-01-3652 (1999) : 1-9.

23. Hampson, G. J., and Reitz, R. D. Two-Color Imaging of In-Cylinder Soot Concentration and Temperature in a Heavy-Duty DI Diesel Engine with Comparison to Multidimensional Modeling for Single and Split Injections. SAE paper 980524 (February 1998) : 3-4.
24. U.S. Department of Energy. Properties of Fuels. [Online]. Available from : <http://www.afdc.doe.gov/pdfs/fueltable.pdf>
25. Tat, M. E., and Van Gerpen, J. H. Measurement of Biodiesel Speed of Sound and Its Impact on Injection Timing. Final Report (Report 4 in a series of 6) NREL/SR-510-31462, 2003 : 58.
26. Munson, B. R., Young, D. F., and Okiishi, T. H. Fundamentals of Fluid Mechanics. 3<sup>rd</sup> ed. Canada : John Wiley & Sons, 1998.
27. Hardenberg, H. O., and Schaefer, A. J. The Use of Ethanol as a Fuel for Compression Ignition Engines. SAE paper 811211 (1981) : 37.
28. AVL List GmbH. AVL VisioScope TV Operating Manual. Austria : AVL LIST GMBH, 2001.
29. AVL List GmbH. AVL VisioScope TV Operating Manual. Austria : AVL LIST GMBH, 2001. Cited in Gstrein, W. Ein Beitrag zur spektroskopischen Flammentemperaturmessung bei Dieselmotoren. Thesis Graz University of Technology, 1987.
30. Zhao, H. and Ladammatos, N. Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics. The United States of America : Society of Automotive Engineers, 2001. Cited in Matsui, Y., Kamimoto, K. and Matsuoka, S. A Study on the Application of the Two-Color Method to the Measurement of Flame Temperature and Soot Concentration in Diesel Engines. SAE paper 800970 (1980).
31. Zhao, H. and Ladammatos, N. Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics. The United States of America : Society of Automotive Engineers, 2001. Cited in Yan, J. and Borman, G. Analysis and In-Cylinder Measurement of Particulate Radiant Emissions and Temperature in a Direct Injection Diesel Engine. SAE paper 881315 (1988).

32. Zhao, H. and Ladammatos, N. Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics. The United States of America : Society of Automotive Engineers, Inc., 2001.
33. Zhao, H. and Ladammatos, N. Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics. The United States of America : Society of Automotive Engineers, 2001. Cited in Matsui, Y., Kamimoto, K. and Matsuoka, S. A Study on the Time and Space resolved Measurement of Flame Temperature and Soot Concentration in SI Diesel Engine by the Two-Colour Method. SAE paper 790491 (1979).
34. Zhao, H. and Ladammatos, N. Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics. The United States of America : Society of Automotive Engineers, 2001. Cited in Shakal, J. and Martin, J. Imaging and Spatially Resolved Two-Colour Temperature Measurements through a Coherent Fiberoptic: Observation of Auxiliary Fuel Injection Effects on Combustion in a Two-Stroke DI Diesel. SAE paper 940903 (1994).
35. Zhao, H. and Ladammatos, N. Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics. The United States of America : Society of Automotive Engineers, 2001. Cited in Arcoumanis, C., Bae, C., Nagwaney, A., and Whitelaw, J. Effect of EGR on Combustion Development in a 1.9L DI Diesel Optical Engine. SAE paper 950850 (1995).
36. Zhao, H. and Ladammatos, N. Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics. The United States of America : Society of Automotive Engineers, 2001. Cited in Shiozaki, T. et al. The Analysis of Combustion Flame Under EGR Conditions in a DI Diesel Engine. SAE paper 960323 (1996).
37. Zhao, H. and Ladammatos, N. Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics. The United States of America : Society of Automotive Engineers, 2001. Cited in Bakenhus, M. and Reitz, R. Two-Colour Combustion Visualisation of Single and Split Injections in a Single-Cylinder Heavy-Duty DI Diesel Engine Using an Endoscope-Based Imaging System. SAE paper 1999-01-1112 (1999).

38. Corkwell, K., Akarapanjavit, N., Srithammavong, P., Schuetzle, D., and Han, W. The Development of Diesel/Ethanol (Diesohol) Fuel Blends for Diesel Vehicles: Fuel Formulation and Properties. ISAF XIV Technical Papers 2002-FT-27 (November 2002).
39. Schuetzle, D., Han, W., Srithammavong, P., Akarapanjavit, N., Norbeck, J. M., and Corkwell, K. The Evaluation of Diesel/Ethanol Fuel Blends for Diesel Vehicle in Thailand: Performance and Emissions studies. ISAF XIV Technical Papers 2002-VT-19 (November 2002).
40. พิสุทธิ ธนบดีภัทร์. การศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ดีโซฮอลต่อการเผาไหม้และสมรรถนะของเครื่องยนต์ CI. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
41. Emission Test Cycles. [Online]. Available from:  
[http://www.dieselnet.com/standard/cycles/ece\\_eudc.html](http://www.dieselnet.com/standard/cycles/ece_eudc.html)



## บรรณานุกรม

- Heywood, J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. Singapore : McGraw-Hill, 1988.
- Sher, E. Handbook of Air Pollution from Internal Combustion Engines : Pollutant Formation and Control. The United States of America : Academic Press, 1998.
- Zhao, H., and Ladammatos, N. Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics. The United States of America : Society of Automotive Engineers, 2001.
- Owen, K., and Coley T. Automotive Fuels Reference Book. 2<sup>nd</sup> ed. The United States of America : Society of Automotive Engineers, 1995.
- Bakenhus, M., and Reitz, R. D. Two-Color Combustion Visualization of Single and Split Injections in a Single-Cylinder Heavy-Duty DI Diesel Engine Using an Endoscope-Based Imaging System. SAE paper 1999-01-1112 (March 1999).
- Hampson, G. J., and Reitz, R. D. Two-Color Imaging of In-Cylinder Soot Concentration and Temperature in a Heavy-Duty DI Diesel Engine with Comparison to Multidimensional Modeling for Single and Split Injections. SAE paper 980524 (February 1998).
- Akasaka, Y., and Sakurai, Y. Effects of Oxygenated Fuel and Cetane Improver on Exhaust Emission from Heavy-Duty DI Diesel Engines. SAE paper 942023 (October 1994).



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

ข้อมูลการตั้งค่าการถ่ายภาพที่จุดทำงานต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ข้อมูลการตั้งค่าการถ่ายภาพที่จุดทำงานต่างๆ

#### ก.1 เชื้อเพลิงดีเซลมาตรฐาน

##### ก.1.1 รอบเดินเบา (720 rpm, 0 Nm.)

SD_720_rpm,0_Nm(f)_1 - Mar 03 - 08:15 PM -	SD_720_rpm,0_Nm(nf)_1 - Mar 03 - 08:10 PM -
Comment: Standard Diesel	Comment: Standard Diesel
Single: No	Single: No
Repetitions First: No	Repetitions First: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Even	Trigger: Even
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

ก.1.2 1000 rpm, 20 Nm.

SD_1000_rpm,20_Nm(f)_2 - Apr 11 - 07:36 PM -	SD_1000_rpm,20_Nm(nf)_1 - Apr 11 -07:16 PM -
Single: No	Single: No
RepetitionsFirst: No	RepetitionsFirst: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480)
Exposure: 60	Color
Gain: Low	Exposure: 60
Horiz.Binning: 1	Gain: Low
Vert.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Vert.Binning: 1
Info: Light Unit	Trigger: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Info: Light Unit
CDM Resolution: 0.1 °CA	Encoder Location: Crankshaft
Trigger: Odd	CDM Resolution: 0.1 °CA
TDC Shift: 311.4	Trigger: Odd
Cycle Start: 360.0	TDC Shift: 311.4
Simulator: OFF	Cycle Start: 360.0
Termination: OFF	Simulator: OFF
Flash Intensity: 100 %	Termination: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Flash: OFF
	Sample Rate: 10.0 Hz

### ก.1.3 1000 rpm, 30 Nm.

SD_1000_rpm,30_Nm(f)_1 - Mar 03 - 07:26 PM -	SD_1000_rpm,30_Nm(nf)_2 - Mar 03-06:17 PM -
Comment: Standard Diesel	Comment: Standard Diesel
Single: No	Single: No
Repetitions First: No	Repetitions First: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Odd	Trigger: Even
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz



## ก.1.4 2000 rpm, 30 Nm.

SD_2000_rpm,30_Nm(f)_2 -Mar 04 - 02:10 PM -	SD_2000_rpm,30_Nm(nf)_2 -Mar 04-02:23 PM -
Comment: Standard Diesel	Comment: Standard Diesel
Single: No	Single: No
Repetitions First: No	Repetitions First: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Odd	Trigger: Odd
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

## ก.1.5 2000 rpm, 50 Nm.

SD_2000_rpm,50_Nm(f)_1 - Mar 04 - 03:04 PM -	SD_2000_rpm,50_Nm(nf)_1 -Mar 04-03:26 PM -
Comment: Standard Diesel	Comment: Standard Diesel
Single: No	Single: No
Repetitions First: No	Repetitions First: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Odd	Trigger: Odd
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

## ก.1.6 2250 rpm, 10 Nm.

SD_2250_rpm,10_Nm(f)_1 - Apr 11 - 06:55 PM -	SD_2250_rpm,10_Nm(nf)_1 -Apr 11-06:21 PM -
Single: No	Single: No
RepetitionsFirst: No	RepetitionsFirst: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Even	Trigger: Odd
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

ก.1.7 2250 rpm, 20 Nm.

SD_2250_rpm,20_Nm(f)_1 - Mar 03 - 07:47 PM -	SD_2250_rpm,20_Nm(nf)_1 -Mar 03-08:02 PM -
Comment: Standard Diesel	Comment: Standard Diesel
Single: No	Single: No
Repetitions First: No	Repetitions First: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Odd	Trigger: Even
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

## ก.1.8 2500 rpm, 40 Nm.

SD_2500_rpm,40_Nm(f)_1 - Apr 11 - 12:59 AM -	SD_2500_rpm,40_Nm(nf)_1 -Apr 10-11:52 PM -
Single: No	Single: No
RepetitionsFirst: No	RepetitionsFirst: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Odd	Trigger: Odd
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

## ก.1.9 2750 rpm, 20 Nm.

SD_2750_rpm,20_Nm(f)_1 - Mar 03 - 05:46 PM -	SD_2750_rpm,20_Nm(nf)_1 -Mar 03-05:58 PM -
Comment: Standard Diesel	Comment: Standard Diesel
Single: No	Single: No
Repetitions First: No	Repetitions First: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Even	Trigger: Odd
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz



## ก.1.10 2750 rpm, 40 Nm.

SD_2750_rpm,40_Nm(f)_1 - Apr 11 - 10:29 PM -	SD_2750_rpm,40_Nm(nf)_1 -Apr 11-10:13 PM-
Single: No	Single: No
RepetitionsFirst: No	RepetitionsFirst: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly – VGA (640x480)
Exposure: 60	Color
Gain: Low	Exposure: 60
Horiz.Binning: 1	Gain: Low
Vert.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Vert.Binning: 1
Info: Light Unit	Trigger: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Info: Light Unit
CDM Resolution: 0.1 °CA	Encoder Location: Crankshaft
Trigger: Even	CDM Resolution: 0.1 °CA
TDC Shift: 311.4	Trigger: Even
Cycle Start: 360.0	TDC Shift: 311.4
Simulator: OFF	Cycle Start: 360.0
Termination: OFF	Simulator: OFF
Flash Intensity: 100 %	Termination: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Flash: OFF
	Sample Rate: 10.0 Hz

## ก.2 เชื้อเพลิงผสมดีโซฮอล

### ก.2.1 รอบเดินเบา (720 rpm, 0 Nm.)

DH_720_rpm,0_Nm(f)_3 - Mar 06 - 06:57 PM -	DH_720_rpm,0_Nm(nf)_2 - Mar 06 - 07:03 PM -
Comment: Diesohol E10 Lubrizol 1%	Comment: Diesohol E10 Lubrizol 1%
Single: No	Single: No
Repetitions First: No	Repetitions First: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Odd	Trigger: Odd
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

## ก.2.2 1000 rpm, 20 Nm.

DH_1000_rpm,20_Nm(f)_1 - Apr 13 - 09:13 PM -	DH_1000_rpm,20_Nm(nf)_1 -Apr 13-08:52 PM-
Single: No	Single: No
RepetitionsFirst: No	RepetitionsFirst: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Odd	Trigger: Even
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

### ก.2.3 1000 rpm, 30 Nm.

DH_1000_rpm,30_Nm(f)_2 -Mar 06-08:41 PM-	DH_1000_rpm,30_Nm(nf)_1 -Mar 06-09:05 PM-
Comment: Diesohol E10 Lubrizol 1%	Comment: Diesohol E10 Lubrizol 1%
Single: No	Single: No
Repetitions First: No	Repetitions First: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Odd	Trigger: Even
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

### ก.2.4 2000 rpm, 30 Nm.

DH_2000_rpm,30_Nm(f)_1 -Mar 06-01:48 PM-	DH_2000_rpm,30_Nm(nf)_1 -Mar 06-02:06 PM-
Comment: Diesohol E10 Lubrizol 1%	Comment: Diesohol E10 Lubrizol 1%
Single: No	Single: No
Repetitions First: No	Repetitions First: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly – VGA (640x480)
Exposure: 60	Color Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Odd	Trigger: Odd
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

## ก.2.5 2000 rpm, 50 Nm.

DH_2000_rpm,50_Nm(f)_2 -Mar 06-03:33 PM-	DH_2000_rpm,50_Nm(nf)_2 -Mar 06-04:30 PM-
Comment: Diesohol E10 Lubrizol 1%	Comment: Diesohol E10 Lubrizol 1%
Single: No	Single: No
Repetitions First: No	Repetitions First: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly – VGA (640x480)
Exposure: 60	Color Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Even	Trigger: Even
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz



## ก.2.6 2250 rpm, 10 Nm.

DH_2250_rpm,10_Nm(f)_1 -Apr 13- 07:20 PM-	DH_2250_rpm,10_Nm(nf)_1 -Apr 13-07:14 PM-
Single: No	Single: No
RepetitionsFirst: No	RepetitionsFirst: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Odd	Trigger: Odd
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

ก.2.7 2250 rpm, 20 Nm.

DH_2250_rpm,20_Nm(f)_2 -Mar 06- 08:00 PM-	DH_2250_rpm,20_Nm(nf)_1 -Mar 06-07:38 PM-
Comment: Diesohol E10 Lubrizol 1%	Comment: Diesohol E10 Lubrizol 1%
Single: No	Single: No
Repetitions First: No	Repetitions First: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Odd	Trigger: Odd
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

### ก.2.8 2500 rpm, 40 Nm.

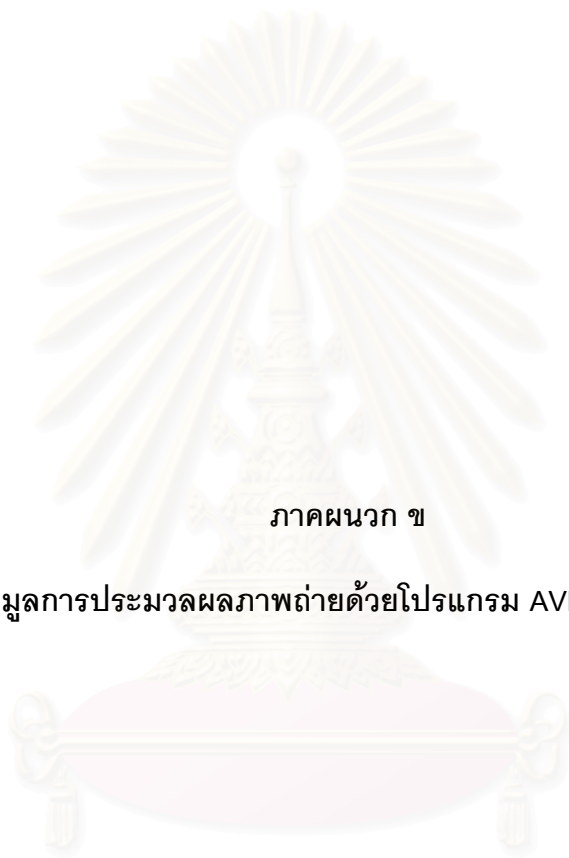
DH_2500_rpm,40 Nm(f)_1 -Apr 13- 06:05 PM-	DH_2500_rpm,40_Nm(nf)_1 -Apr 13-05:50 PM-
Single: No	Single: No
RepetitionsFirst: No	RepetitionsFirst: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning:
Vert.Binning: 1	Vert.Binning:
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Even	Trigger: Odd
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

## ก.2.9 2750 rpm, 20 Nm.

DH_2750_rpm,20_Nm(f)_2 -Mar 06- 05:24 PM-	DH_2750_rpm,20_Nm(nf)_1 -Mar 06-05:52 PM-
Comment: Diesohol E10 Lubrizol 1%	Comment: Diesohol E10 Lubrizol 1%
Single: No	Single: No
Repetitions First: No	Repetitions First: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Even	Trigger: Odd
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz

## ก.2.10 2750 rpm, 40 Nm.

DH_2750_rpm,40_Nm(f)_1 -Apr 13- 05:00 PM-	DH_2750_rpm,40_Nm(nf)_2 -Apr 13-04:36 PM-
Single: No	Single: No
RepetitionsFirst: No	RepetitionsFirst: No
Repetitions: 6	Repetitions: 6
Start: -10.0 °CA	Start: -10.0 °CA
Stop: 40.0 °CA	Stop: 40.0 °CA
Step: 0.5 °CA	Step: 0.5 °CA
Info: PixelFly - VGA (640x480) Color	Info: PixelFly - VGA (640x480) Color
Exposure: 60	Exposure: 60
Gain: Low	Gain: Low
Horiz.Binning: 1	Horiz.Binning: 1
Vert.Binning: 1	Vert.Binning: 1
Trigger: Light Unit	Trigger: Light Unit
Info: Light Unit	Info: Light Unit
Encoder Location: Crankshaft	Encoder Location: Crankshaft
CDM Resolution: 0.1 °CA	CDM Resolution: 0.1 °CA
Trigger: Even	Trigger: Odd
TDC Shift: 311.4	TDC Shift: 311.4
Cycle Start: 360.0	Cycle Start: 360.0
Simulator: OFF	Simulator: OFF
Termination: OFF	Termination: OFF
Flash Intensity: 100 %	Flash: OFF
Sample Rate: 10.0 Hz	Sample Rate: 10.0 Hz



ภาคผนวก ข

ข้อมูลการประมวลผลภาพถ่ายด้วยโปรแกรม AVL VisioScope

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### ข้อมูลการประมวลผลภาพถ่ายด้วยโปรแกรม AVL VisioScope

SD_720_rpm,0_Nm(f)_1,mask - Apr 03 - 12:49 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_720_rpm,0_Nm(f)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Mask: Below Threshold 600 Mask: Masking Channel Intensity Mask: Masked Channel Red Mask: Masked Channel Green Mask: Masked Channel Blue Processing Method: Mask	DH_720_rpm,0_Nm(f)_3,mask - Mar 10 - 10:00 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_720_rpm,0_Nm(f)_3,avg Processing 47 Columns x 1 Rows Mask: Below Threshold 500 Mask: Masking Channel Intensity Mask: Masked Channel Red Mask: Masked Channel Green Mask: Masked Channel Blue Processing Method: Mask
SD_1000_rpm,20_Nm(f)_2,mask1 - Apr 12 - 02:22 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_(f)_2,avg Processing 52 Columns x 1 Rows Mask: Below Threshold 400 Mask: Masking Channel Intensity Mask: Masked Channel Red Mask: Masked Channel Green Mask: Masked Channel Blue Processing Method: Mask	DH_1000_rpm,20_Nm(f)_1,mask - Apr 14 - 04:47 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_(f)_1,avg Processing 53 Columns x 1 Rows Mask: Below Threshold 750 Mask: Masking Channel Intensity Mask: Masked Channel Red Mask: Masked Channel Green Mask: Masked Channel Blue Processing Method: Mask
SD_1000_rpm,30_Nm(f)_1,mask - Mar 10 - 08:16 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_1000_rpm,30_Nm(f)_1,avg Processing 52 Columns x 1 Rows Mask: Below Threshold 450 Mask: Masking Channel Intensity Mask: Masked Channel Red Mask: Masked Channel Green Mask: Masked Channel Blue Processing Method: Mask	DH_1000_rpm,30_Nm(f)_2,mask - Mar 10 - 10:50 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_1000_rpm,30_Nm(f)_2,avg Processing 52 Columns x 1 Rows Mask: Below Threshold 200 Mask: Masking Channel Intensity Mask: Masked Channel Red Mask: Masked Channel Green Mask: Masked Channel Blue Processing Method: Mask
SD_2000_rpm,30_Nm(f)_2,mask - Mar 10 - 08:55 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_2000_rpm,30_Nm(f)_2,avg Processing 46 Columns x 1 Rows Mask: Below Threshold 650 Mask: Masking Channel Intensity Mask: Masked Channel Red Mask: Masked Channel Green Mask: Masked Channel Blue Processing Method: Mask	DH_2000_rpm,30_Nm(f)_1,mask - Mar 10 - 10:11 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_2000_rpm,30_Nm(f)_1,avg Processing 52 Columns x 1 Rows Mask: Below Threshold 600 Mask: Masking Channel Intensity Mask: Masked Channel Red Mask: Masked Channel Green Mask: Masked Channel Blue Processing Method: Mask

<p>SD_2000_rpm,50_Nm(f)_1,mask - Mar 10 - 08:26 PM -</p> <p>Base Record Type: Evaluation</p> <p>Base Record: SD_2000_rpm,50_Nm(f)_1,avg</p> <p>Processing 45 Columns x 1 Rows</p> <p>Mask: Below Threshold 500</p> <p>Mask: Masking Channel Intensity</p> <p>Mask: Masked Channel Red</p> <p>Mask: Masked Channel Green</p> <p>Mask: Masked Channel Blue</p> <p>Processing Method: Mask</p>	<p>DH_2000_rpm,50_Nm(f)_2,mask - Mar 10 - 10:39 PM -</p> <p>Base Record Type: Evaluation</p> <p>Base Record: DH_2000_rpm,50_Nm(f)_2,avg</p> <p>Processing 51 Columns x 1 Rows</p> <p>Mask: Below Threshold 700</p> <p>Mask: Masking Channel Intensity</p> <p>Mask: Masked Channel Red</p> <p>Mask: Masked Channel Green</p> <p>Mask: Masked Channel Blue</p> <p>Processing Method: Mask</p>
<p>SD_2250_rpm,10_Nm(f)_1,mask2 - Apr 12 - 03:03 PM -</p> <p>Base Record Type: Evaluation</p> <p>Base Record: SD_(f)_1,avg2</p> <p>Processing 41 Columns x 1 Rows</p> <p>Mask: Below Threshold 500</p> <p>Mask: Masking Channel Intensity</p> <p>Mask: Masked Channel Red</p> <p>Mask: Masked Channel Green</p> <p>Mask: Masked Channel Blue</p> <p>Processing Method: Mask</p>	<p>DH_2250_rpm,10_Nm(f)_1,mask - Apr 14 - 01:36 AM -</p> <p>Base Record Type: Evaluation</p> <p>Base Record: DH_(f)_1,avg</p> <p>Processing 43 Columns x 1 Rows</p> <p>Mask: Below Threshold 600</p> <p>Mask: Masking Channel Intensity</p> <p>Mask: Masked Channel Red</p> <p>Mask: Masked Channel Green</p> <p>Mask: Masked Channel Blue</p> <p>Processing Method: Mask</p>
<p>SD_2250_rpm,20_Nm(f)_1,mask - Mar 10 - 08:39 PM -</p> <p>Base Record Type: Evaluation</p> <p>Base Record: SD_2250_rpm,20_Nm(f)_1,avg</p> <p>Processing 38 Columns x 1 Rows</p> <p>Mask: Below Threshold 550</p> <p>Mask: Masking Channel Intensity</p> <p>Mask: Masked Channel Red</p> <p>Mask: Masked Channel Green</p> <p>Mask: Masked Channel Blue</p> <p>Processing Method: Mask</p>	<p>DH_2250_rpm,20_Nm(f)_2,mask - Mar 10 - 10:26 PM -</p> <p>Base Record Type: Evaluation</p> <p>Base Record: DH_2250_rpm,20_Nm(f)_2,avg</p> <p>Processing 49 Columns x 1 Rows</p> <p>Mask: Below Threshold 500</p> <p>Mask: Masking Channel Intensity</p> <p>Mask: Masked Channel Red</p> <p>Mask: Masked Channel Green</p> <p>Mask: Masked Channel Blue</p> <p>Processing Method: Mask</p>
<p>SD_2500_rpm,40_Nm(f)_1,mask - Apr 12 - 03:41 PM -</p> <p>Base Record Type: Evaluation</p> <p>Base Record: SD_(f)_1,avg</p> <p>Processing 43 Columns x 1 Rows</p> <p>Mask: Below Threshold 400</p> <p>Mask: Masking Channel Intensity</p> <p>Mask: Masked Channel Red</p> <p>Mask: Masked Channel Green</p> <p>Mask: Masked Channel Blue</p> <p>Processing Method: Mask</p>	<p>DH_2500_rpm,40_Nm(f)_1,mask - Apr 14 - 06:00 PM -</p> <p>Base Record Type: Evaluation</p> <p>Base Record: DH_(f)_1,avg</p> <p>Processing 47 Columns x 1 Rows</p> <p>Mask: Below Threshold 500</p> <p>Mask: Masking Channel Intensity</p> <p>Mask: Masked Channel Red</p> <p>Mask: Masked Channel Green</p> <p>Mask: Masked Channel Blue</p> <p>Processing Method: Mask</p>

SD_2750_rpm,20_Nm(f)_1,mask - Mar 10 - 09:15 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_2750_rpm,20_Nm(f)_1,avg Processing 50 Columns x 1 Rows Mask: Below Threshold 200 Mask: Masking Channel Intensity Mask: Masked Channel Red Mask: Masked Channel Green Mask: Masked Channel Blue Processing Method: Mask	DH_2750_rpm,20_Nm(f)_2,mask - Mar 10 - 11:04 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_2750_rpm,20_Nm(f)_2,avg Processing 46 Columns x 1 Rows Mask: Below Threshold 600 Mask: Masking Channel Intensity Mask: Masked Channel Red Mask: Masked Channel Green Mask: Masked Channel Blue Processing Method: Mask
SD_2750_rpm,40_Nm(f)_1,mask - Apr 12 - 04:27 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_(f)_1,avg Processing 41 Columns x 1 Rows Mask: Below Threshold 500 Mask: Masking Channel Intensity Mask: Masked Channel Red Mask: Masked Channel Green Mask: Masked Channel Blue Processing Method: Mask	DH_2750_rpm,40_Nm(f)_1,mask - Apr 14 - 06:51 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_(f)_1,avg Processing 47 Columns x 1 Rows Mask: Below Threshold 650 Mask: Masking Channel Intensity Mask: Masked Channel Red Mask: Masked Channel Green Mask: Masked Channel Blue Processing Method: Mask

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SD\_720\_rpm,0\_Nm(f)\_1,spray - Apr 03 - 12:54 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: SD\_720\_rpm,0\_Nm(f)\_1,mask

Processing 46 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 5.5

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 5.5

Extract Spray: Intensity Threshold: 600

CA Repetition Pixels

-10 0 0

-9.5 0 0

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 0

-7 0 0

-6.5 0 0

-6 0 0

-5.5 0 0

-5 0 0

-4.5 0 0

-4 0 0

-3.5 0 0

-3 0 0

-2.5 0 0

-2 0 0

-1.5 0 0

-1 0 0

-0.5 0 0

0 0 0

0.5 0 0

1 0 0

1.5 0 0

2 0 0

2.5 0 0

3 0 0

3.5 0 483

4 0 1087

4.5 0 3089

5 0 4148

5.5 0 5035

CA Repetition Pixels

6 0 3725

6.5 0 3715

7 0 4697

7.5 0 3747

8 0 4179

8.5 0 5180

9 0 6345

9.5 0 5183

10 0 6816

10.5 0 6381

11 0 5793

11.5 0 4633

12 0 4766

12.5 0 1169

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
สุفالงกรณ์มหาวิทยาลัย

DH\_720\_rpm,0\_Nm(f)\_3,spray - Mar 10 - 10:03 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: DH\_720\_rpm,0\_Nm(f)\_3,mask

Processing 47 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 6

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 6

Extract Spray: Intensity Threshold: 650

CA Repetition Pixels

-10 0 0

-9.5 0 0

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 0

-7 0 0

-6.5 0 0

-6 0 0

-5.5 0 0

-5 0 0

-4.5 0 0

-4 0 0

-3.5 0 0

-3 0 0

-2.5 0 0

-2 0 0

-1.5 0 0

-1 0 0

-0.5 0 0

0 0 0

0.5 0 0

1 0 0

1.5 0 0

2 0 0

2.5 0 0

3 0 0

3.5 0 0

4 0 378

4.5 0 1028

5 0 2518

5.5 0 3875

CA Repetition Pixels

6 0 5146

6.5 0 5305

7 0 6933

7.5 0 5907

8 0 5954

8.5 0 6482

9 0 6701

9.5 0 6044

10 0 6730

10.5 0 6223

11 0 6047

11.5 0 5604

12 0 3520

12.5 0 2123

13 0 811

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
สุفالงกรณ์มหาวิทยาลัย

SD\_1000\_rpm,20\_Nm(f)\_2,spray - Apr 12 - 02:24 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: SD\_(f)\_2,mask1

Processing 52 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 6

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 6

Extract Spray: Intensity Threshold: 500

CA Repetition Pixels

-10 0 0

-9.5 0 0

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 0

-7 0 0

-6.5 0 0

-6 0 0

-5.5 0 0

-5 0 0

-4.5 0 0

-4 0 0

-3.5 0 0

-3 0 0

-2.5 0 0

-2 0 0

-1.5 0 0

-1 0 0

-0.5 0 0

0 0 0

0.5 0 0

1 0 0

1.5 0 0

2 0 0

2.5 0 0

3 0 0

3.5 0 0

4 0 0

4.5 0 0

5 0 0

5.5 0 0

CA Repetition Pixels

6 0 667

6.5 0 713

7 0 393

7.5 0 1381

8 0 1292

8.5 0 1788

9 0 1647

9.5 0 1444

10 0 2623

10.5 0 3144

11 0 3620

11.5 0 3631

12 0 4389

12.5 0 3651

13 0 3094

13.5 0 2795

14 0 1028

14.5 0 340

15 0 0

15.5 0 0

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
สุفالงกรณ์มหาวิทยาลัย



DH\_1000\_rpm,20\_Nm(f)\_1,spray - Apr 14 - 04:49 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: DH\_(f)\_1,mask

Processing 53 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 4.3

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 4.3

Extract Spray: Intensity Threshold: 800

CA Repetition Pixels

-10 0 0

-9.5 0 0

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 0

-7 0 0

-6.5 0 0

-6 0 0

-5.5 0 0

-5 0 0

-4.5 0 0

-4 0 0

-3.5 0 0

-3 0 0

-2.5 0 0

-2 0 0

-1.5 0 0

-1 0 0

-0.5 0 0

0 0 0

0.5 0 0

1 0 0

1.5 0 0

2 0 0

2.5 0 0

3 0 0

3.5 0 0

4 0 3

4.5 0 0

5 0 1579

5.5 0 78

CA Repetition Pixels

6 0 2563

6.5 0 4032

7 0 4856

7.5 0 5465

8 0 4946

8.5 0 4304

9 0 5297

9.5 0 5187

10 0 5161

10.5 0 6484

11 0 6040

11.5 0 7147

12 0 6840

12.5 0 6426

13 0 5290

13.5 0 6219

14 0 3873

14.5 0 4034

15 0 206

15.5 0 0

16 0 0

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
สุفالงกรณ์มหาวิทยาลัย

SD\_1000\_rpm,30\_Nm(f)\_1,spray - Mar 10 - 08:19 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: SD\_1000\_rpm,30\_Nm(f)\_1,mask

Processing 52 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 5.5

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 5.5

Extract Spray: Intensity Threshold: 650

CA Repetition Pixels

-10 0 0

-9.5 0 0

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 0

-7 0 0

-6.5 0 0

-6 0 0

-5.5 0 0

-5 0 0

-4.5 0 0

-4 0 0

-3.5 0 0

-3 0 0

-2.5 0 0

-2 0 0

-1.5 0 0

-1 0 0

-0.5 0 0

0 0 0

0.5 0 0

1 0 0

1.5 0 0

2 0 0

2.5 0 0

3 0 8

3.5 0 33

4 0 2018

4.5 0 3339

5 0 3718

5.5 0 4619

CA Repetition Pixels

6 0 5054

6.5 0 4970

7 0 4530

7.5 0 5383

8 0 5967

8.5 0 6989

9 0 8516

9.5 0 9394

10 0 8866

10.5 0 9712

11 0 9886

11.5 0 8349

12 0 9850

12.5 0 8907

13 0 8858

13.5 0 7663

14 0 5632

14.5 0 4758

15 0 2925

15.5 0 1118

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
สุفالงกรณ์มหาวิทยาลัย

DH\_1000\_rpm,30\_Nm(f)\_2,spray - Mar 10 - 10:54 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: DH\_1000\_rpm,30\_Nm(f)\_2,mask

Processing 52 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 8

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 8

Extract Spray: Intensity Threshold: 250

CA Repetition Pixels

-10 0 0

-9.5 0 0

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 0

-7 0 0

-6.5 0 0

-6 0 0

-5.5 0 0

-5 0 0

-4.5 0 0

-4 0 0

-3.5 0 0

-3 0 0

-2.5 0 0

-2 0 0

-1.5 0 0

-1 0 0

-0.5 0 0

0 0 0

0.5 0 0

1 0 0

1.5 0 0

2 0 0

2.5 0 0

3 0 0

3.5 0 0

4 0 3580

4.5 0 2193

5 0 2336

5.5 0 5275

CA Repetition Pixels

6 0 4718

6.5 0 6132

7 0 8412

7.5 0 8005

8 0 8365

8.5 0 9149

9 0 7745

9.5 0 10322

10 0 10964

10.5 0 11779

11 0 11634

11.5 0 12250

12 0 10392

12.5 0 11146

13 0 11409

13.5 0 10816

14 0 9966

14.5 0 9028

15 0 7925

15.5 0 7167

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SD\_2000\_rpm,30\_Nm(f)\_2,spray - Mar 10 - 08:57 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: SD\_2000\_rpm,30\_Nm(f)\_2,mask

Processing 46 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 5

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 5

Extract Spray: Intensity Threshold: 150

CA Repetition Pixels

-10 0 71

-9.5 0 11

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 3

-7 0 0

-6.5 0 0

-6 0 7

-5.5 0 0

-5 0 123

-4.5 0 0

-4 0 0

-3.5 0 2

-3 0 0

-2.5 0 14

-2 0 172

-1.5 0 196

-1 0 116

-0.5 0 522

0 0 917

0.5 0 2301

1 0 1598

1.5 0 2613

2 0 4453

2.5 0 4650

3 0 4994

3.5 0 7520

4 0 6274

4.5 0 7189

5 0 6651

5.5 0 7996

CA Repetition Pixels

6 0 7297

6.5 0 8792

7 0 9054

7.5 0 10374

8 0 9502

8.5 0 11490

9 0 9310

9.5 0 9299

10 0 8816

10.5 0 5294

11 0 3919

11.5 0 3256

12 0 2663

12.5 0 3630

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DH\_2000\_rpm,30\_Nm(f)\_1,spray - Mar 10 - 10:14 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: DH\_2000\_rpm,30\_Nm(f)\_1,mask

Processing 52 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 4.5

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 4.5

Extract Spray: Intensity Threshold: 800

CA Repetition Pixels

-10 0 4137

-9.5 0 3655

-9 0 3639

-8.5 0 3379

-8 0 3827

-7.5 0 3612

-7 0 3669

-6.5 0 4145

-6 0 3917

-5.5 0 3097

-5 0 3800

-4.5 0 3855

-4 0 4302

-3.5 0 3985

-3 0 4014

-2.5 0 4280

-2 0 3803

-1.5 0 3830

-1 0 3964

-0.5 0 4288

0 0 3898

0.5 0 4708

1 0 5176

1.5 0 5363

2 0 6391

2.5 0 6340

3 0 5834

3.5 0 7026

4 0 7992

4.5 0 8775

5 0 8946

5.5 0 9914

CA Repetition Pixels

6 0 9776

6.5 0 10350

7 0 10898

7.5 0 10734

8 0 11069

8.5 0 10628

9 0 11842

9.5 0 11155

10 0 11212

10.5 0 13027

11 0 11642

11.5 0 12673

12 0 8893

12.5 0 6370

13 0 8542

13.5 0 7532

14 0 8032

14.5 0 6037

15 0 4936

15.5 0 2771

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SD\_2000\_rpm,50\_Nm(f)\_1,spray - Mar 10 - 08:27 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: SD\_2000\_rpm,50\_Nm(f)\_1,mask

Processing 45 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 5

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 5

Extract Spray: Intensity Threshold: 400

CA Repetition Pixels

-10 0 12

-9.5 0 46

-9 0 0

-8.5 0 42

-8 0 10

-7.5 0 16

-7 0 5

-6.5 0 0

-6 0 0

-5.5 0 3

-5 0 4

-4.5 0 6

-4 0 0

-3.5 0 70

-3 0 0

-2.5 0 37

-2 0 0

-1.5 0 299

-1 0 700

-0.5 0 1043

0 0 1766

0.5 0 2322

1 0 2610

1.5 0 4553

2 0 5131

2.5 0 4139

3 0 7202

3.5 0 5110

4 0 7496

4.5 0 7050

5 0 9467

5.5 0 8896

CA Repetition Pixels

6 0 9229

6.5 0 9388

7 0 10304

7.5 0 10558

8 0 11154

8.5 0 9345

9 0 8706

9.5 0 5405

10 0 5585

10.5 0 5611

11 0 3854

11.5 0 3019

12 0 1238

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



DH\_2000\_rpm,50\_Nm(f)\_2,spray - Mar 10 - 10:42 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: DH\_2000\_rpm,50\_Nm(f)\_2,mask

Processing 51 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 6

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 6

Extract Spray: Intensity Threshold: 700

CA Repetition Pixels

-10 0 801

-9.5 0 1448

-9 0 673

-8.5 0 1224

-8 0 1131

-7.5 0 1150

-7 0 895

-6.5 0 1163

-6 0 1454

-5.5 0 1181

-5 0 813

-4.5 0 739

-4 0 967

-3.5 0 1447

-3 0 1012

-2.5 0 904

-2 0 867

-1.5 0 1240

-1 0 1282

-0.5 0 1331

0 0 1071

0.5 0 1438

1 0 1554

1.5 0 993

2 0 1964

2.5 0 2677

3 0 2367

3.5 0 5318

4 0 6637

4.5 0 6993

5 0 7980

5.5 0 7226

CA Repetition Pixels

6 0 8566

6.5 0 9680

7 0 9165

7.5 0 9674

8 0 8923

8.5 0 10704

9 0 11210

9.5 0 10718

10 0 15111

10.5 0 12925

11 0 9508

11.5 0 8140

12 0 9725

12.5 0 8458

13 0 6138

13.5 0 6038

14 0 6917

14.5 0 4784

15 0 2755

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SD\_2250\_rpm,10\_Nm(f)\_1,spray2 - Apr 12 - 03:05 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: SD\_(f)\_1,mask2

Processing 41 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 4.5

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 4.5

Extract Spray: Intensity Threshold: 500

CA Repetition Pixels

-10 0 0

-9.5 0 0

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 0

-7 0 0

-6.5 0 0

-6 0 0

-5.5 0 0

-5 0 0

-4.5 0 0

-4 0 0

-3.5 0 0

-3 0 0

-2.5 0 0

-2 0 0

-1.5 0 0

-1 0 0

-0.5 0 0

0 0 0

0.5 0 0

1 0 872

1.5 0 1401

2 0 1941

2.5 0 3783

3 0 4572

3.5 0 4719

4 0 4970

4.5 0 4025

5 0 5561

5.5 0 7896

CA Repetition Pixels

6 0 6686

6.5 0 7524

7 0 8791

7.5 0 6856

8 0 5305

8.5 0 1015

9 0 49

9.5 0 0

10 0 0

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DH\_2250\_rpm,10\_Nm(f)\_1,spray3 - Apr 14 - 01:48 AM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: DH\_(f)\_1,spray2

Processing 43 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.7 and 3.8

Extract Spray: Red / Blue between 0.7 and 3.8

Extract Spray: Intensity Threshold: 800

CA Repetition Pixels

-10 0 0

-9.5 0 0

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 0

-7 0 0

-6.5 0 6

-6 0 0

-5.5 0 0

-5 0 0

-4.5 0 0

-4 0 15

-3.5 0 0

-3 0 0

-2.5 0 2

-2 0 0

-1.5 0 0

-1 0 0

-0.5 0 0

0 0 0

0.5 0 0

1 0 0

1.5 0 316

2 0 134

2.5 0 1528

3 0 1913

3.5 0 3004

4 0 3209

4.5 0 4994

5 0 5059

5.5 0 6866

CA Repetition Pixels

6 0 6028

6.5 0 5471

7 0 8264

7.5 0 6867

8 0 6307

8.5 0 4310

9 0 4882

9.5 0 435

10 0 0

10.5 0 0

11 0 0

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SD\_2250\_rpm,20\_Nm(f)\_1,spray2 - Mar 10 - 08:43 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: SD\_2250\_rpm,20\_Nm(f)\_1,mask

Processing 38 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 5.5

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 6

Extract Spray: Intensity Threshold: 600

CA Repetition Pixels

-10 0 0

-9.5 0 0

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 0

-7 0 0

-6.5 0 0

-6 0 0

-5.5 0 0

-5 0 0

-4.5 0 0

-4 0 0

-3.5 0 0

-3 0 0

-2.5 0 0

-2 0 0

-1.5 0 0

-1 0 0

-0.5 0 0

0 0 251

0.5 0 1695

1 0 2670

1.5 0 3606

2 0 4977

2.5 0 6267

3 0 7001

3.5 0 7455

4 0 7958

4.5 0 8725

5 0 9072

5.5 0 9301

CA Repetition Pixels

6 0 8435

6.5 0 7662

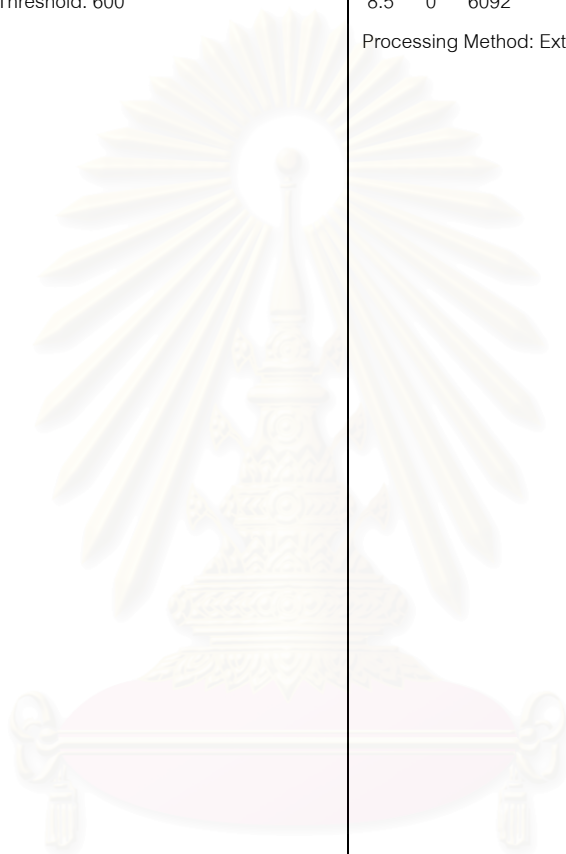
7 0 6944

7.5 0 5163

8 0 5586

8.5 0 6092

Processing Method: Extract Spray



สถาบันวิทยบริการ  
ศาลากลางกรุงเทพมหานคร

DH\_2250\_rpm,20\_Nm(f)\_2,spray - Mar 10 - 10:30 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: DH\_2250\_rpm,20\_Nm(f)\_2,mask

Processing 49 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 4

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 4

Extract Spray: Intensity Threshold: 800

CA Repetition Pixels

-10 0 1253

-9.5 0 2122

-9 0 2047

-8.5 0 2231

-8 0 2516

-7.5 0 1190

-7 0 905

-6.5 0 2069

-6 0 1803

-5.5 0 2501

-5 0 2180

-4.5 0 1432

-4 0 2567

-3.5 0 1085

-3 0 2148

-2.5 0 1604

-2 0 2041

-1.5 0 2029

-1 0 2310

-0.5 0 2190

0 0 1817

0.5 0 1515

1 0 1529

1.5 0 1488

2 0 2662

2.5 0 2640

3 0 2423

3.5 0 5958

4 0 5884

4.5 0 5810

5 0 6673

5.5 0 8094

CA Repetition Pixels

6 0 6528

6.5 0 9272

7 0 8970

7.5 0 8041

8 0 8639

8.5 0 9804

9 0 11186

9.5 0 9838

10 0 9828

10.5 0 9074

11 0 8689

11.5 0 7189

12 0 5388

12.5 0 3974

13 0 1758

13.5 0 3861

14 0 1181

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
สภามหาวิทยาลัย

SD\_2500\_rpm,40\_Nm(f)\_1,spray - Apr 12 - 03:44 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: SD\_(f)\_1,mask

Processing 43 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 5

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 5

Extract Spray: Intensity Threshold: 600

CA Repetition Pixels

-10 0 0

-9.5 0 0

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 0

-7 0 0

-6.5 0 0

-6 0 0

-5.5 0 0

-5 0 0

-4.5 0 0

-4 0 0

-3.5 0 0

-3 0 0

-2.5 0 0

-2 0 0

-1.5 0 0

-1 0 0

-0.5 0 0

0 0 98

0.5 0 1555

1 0 1881

1.5 0 2617

2 0 3038

2.5 0 4450

3 0 4991

3.5 0 6520

4 0 6756

4.5 0 6190

5 0 5859

5.5 0 5108

CA Repetition Pixels

6 0 6671

6.5 0 5368

7 0 5404

7.5 0 4824

8 0 4961

8.5 0 4539

9 0 2519

9.5 0 1731

10 0 673

10.5 0 276

11 0 0

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



DH\_2500\_rpm,40\_Nm(f)\_1,spray - Apr 14 - 06:07 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: DH\_(f)\_1,mask

Processing 47 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 4.5

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 4.5

Extract Spray: Intensity Threshold: 750

CA Repetition Pixels

-10 0 0

-9.5 0 0

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 0

-7 0 0

-6.5 0 0

-6 0 0

-5.5 0 0

-5 0 0

-4.5 0 0

-4 0 0

-3.5 0 0

-3 0 0

-2.5 0 0

-2 0 0

-1.5 0 0

-1 0 0

-0.5 0 0

0 0 0

0.5 0 0

1 0 0

1.5 0 80

2 0 758

2.5 0 1216

3 0 2063

3.5 0 2568

4 0 4208

4.5 0 4994

5 0 5496

5.5 0 7177

CA Repetition Pixels

6 0 7153

6.5 0 5568

7 0 7076

7.5 0 6457

8 0 6829

8.5 0 6039

9 0 5540

9.5 0 5653

10 0 5491

10.5 0 5049

11 0 4806

11.5 0 1018

12 0 0

12.5 0 0

13 0 0

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SD\_2750\_rpm,20\_Nm(f)\_1,spray - Mar 10 - 09:17 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: SD\_2750\_rpm,20\_Nm(f)\_1,mask

Processing 50 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 10

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 10

Extract Spray: Intensity Threshold: 150

CA Repetition Pixels

-10 0 3511

-9.5 0 3436

-9 0 5015

-8.5 0 4591

-8 0 4823

-7.5 0 3959

-7 0 5240

-6.5 0 3922

-6 0 4619

-5.5 0 4287

-5 0 4634

-4.5 0 3579

-4 0 5805

-3.5 0 5168

-3 0 3527

-2.5 0 3383

-2 0 5688

-1.5 0 5044

-1 0 6198

-0.5 0 9210

0 0 7973

0.5 0 13761

1 0 12740

1.5 0 17286

2 0 21719

2.5 0 33414

3 0 26288

3.5 0 37212

4 0 46082

4.5 0 53644

5 0 61976

5.5 0 58528

CA Repetition Pixels

6 0 65421

6.5 0 67378

7 0 67577

7.5 0 84503

8 0 72576

8.5 0 87429

9 0 99286

9.5 0 93390

10 0 88102

10.5 0 96099

11 0 83319

11.5 0 89683

12 0 96344

12.5 0 88601

13 0 86283

13.5 0 88850

14 0 88836

14.5 0 94234

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DH\_2750\_rpm,20\_Nm(f)\_2,spray - Mar 10 - 11:06 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: DH\_2750\_rpm,20\_Nm(f)\_2,mask

Processing 46 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 6

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 6

Extract Spray: Intensity Threshold: 700

CA Repetition Pixels

-10 0 1639

-9.5 0 1027

-9 0 1695

-8.5 0 1620

-8 0 1912

-7.5 0 1314

-7 0 1183

-6.5 0 1546

-6 0 1070

-5.5 0 1632

-5 0 1486

-4.5 0 1814

-4 0 1568

-3.5 0 1026

-3 0 1162

-2.5 0 1496

-2 0 1863

-1.5 0 0

-1 0 1630

-0.5 0 1030

0 0 1098

0.5 0 857

1 0 1882

1.5 0 1257

2 0 1059

2.5 0 3079

3 0 3401

3.5 0 5223

4 0 4970

4.5 0 7223

5 0 6603

5.5 0 7593

CA Repetition Pixels

6 0 7786

6.5 0 8095

7 0 10738

7.5 0 12469

8 0 10157

8.5 0 12289

9 0 11608

9.5 0 10786

10 0 10252

10.5 0 9572

11 0 8036

11.5 0 8047

12 0 3523

12.5 0 3395

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SD\_2750\_rpm,40\_Nm(f)\_1,spray - Apr 12 - 04:29 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: SD\_(f)\_1,mask

Processing 41 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 5

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 5

Extract Spray: Intensity Threshold: 450

CA Repetition Pixels

-10 0 0

-9.5 0 0

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 0

-7 0 0

-6.5 0 0

-6 0 0

-5.5 0 0

-5 0 0

-4.5 0 0

-4 0 0

-3.5 0 0

-3 0 0

-2.5 0 0

-2 0 0

-1.5 0 0

-1 0 0

-0.5 0 238

0 0 904

0.5 0 1819

1 0 2417

1.5 0 3906

2 0 4983

2.5 0 6337

3 0 8654

3.5 0 9064

4 0 9446

4.5 0 11513

5 0 11535

5.5 0 9501

CA Repetition Pixels

6 0 11100

6.5 0 7928

7 0 7184

7.5 0 9098

8 0 8193

8.5 0 6303

9 0 5394

9.5 0 3759

10 0 68

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
สภามงคลนครมหาวิทยาลัย

DH\_2750\_rpm,40\_Nm(f)\_1,spray - Apr 14 - 06:53 PM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: DH\_(f)\_1,mask

Processing 47 Columns x 1 Rows

Extract Spray: Red / Green between 0.6 and 4.5

Extract Spray: Red / Blue between 0.6 and 4.5

Extract Spray: Intensity Threshold: 750

CA Repetition Pixels

-10 0 0

-9.5 0 0

-9 0 0

-8.5 0 0

-8 0 0

-7.5 0 0

-7 0 0

-6.5 0 0

-6 0 0

-5.5 0 0

-5 0 0

-4.5 0 0

-4 0 0

-3.5 0 0

-3 0 0

-2.5 0 0

-2 0 0

-1.5 0 0

-1 0 0

-0.5 0 0

0 0 0

0.5 0 0

1 0 0

1.5 0 91

2 0 597

2.5 0 1825

3 0 2241

3.5 0 3110

4 0 3807

4.5 0 5395

5 0 6430

5.5 0 6736

CA Repetition Pixels

6 0 7364

6.5 0 6884

7 0 6882

7.5 0 6599

8 0 6427

8.5 0 5083

9 0 4383

9.5 0 3741

10 0 3866

10.5 0 2788

11 0 3199

11.5 0 1911

12 0 1038

12.5 0 241

13 0 0

Processing Method: Extract Spray

สถาบันวิทยบริการ  
สุโขทัยมหาวิทยาลัย

SD\_720\_rpm,0\_Nm(nf)\_1,cal - Mar 09 - 04:59 AM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: SD\_720\_rpm,0\_Nm(nf)\_1,avg

Processing 101 Columns x 1 Rows

Processing Method: Calibrate ThermoVision

CA Repetition flame size calibration value

-10.0 0 0 1.09915e-018  
 -9.5 0 0 1.09915e-018  
 -9.0 0 0 1.09915e-018  
 -8.5 0 0 1.09915e-018  
 -8.0 0 0 1.09915e-018  
 -7.5 0 0 1.09915e-018  
 -7.0 0 0 1.09915e-018  
 -6.5 0 0 1.09915e-018  
 -6.0 0 0 1.09915e-018  
 -5.5 0 0 1.09915e-018  
 -5.0 0 0 1.09915e-018  
 -4.5 0 0 1.09915e-018  
 -4.0 0 0 1.09915e-018  
 -3.5 0 0 1.09915e-018  
 -3.0 0 0 1.09915e-018  
 -2.5 0 0 1.09915e-018  
 -2.0 0 0 1.09915e-018  
 -1.5 0 0 1.09915e-018  
 -1.0 0 0 1.09915e-018  
 -0.5 0 0 1.09915e-018  
 0.0 0 0 1.09915e-018  
 0.5 0 0 1.09915e-018  
 1.0 0 0 1.09915e-018  
 1.5 0 0 1.09915e-018  
 2.0 0 0 1.09915e-018  
 2.5 0 611 5.14823e-019  
 3.0 0 2369 1.16895e-018  
 3.5 0 7599 2.06536e-018  
 4.0 0 11776 5.12348e-018  
 4.5 0 16617 7.61515e-018  
 5.0 0 23411 1.59132e-017  
 5.5 0 25668 1.50972e-017  
 6.0 0 37939 1.71173e-017  
 6.5 0 36892 1.59132e-017  
 7.0 0 50899 2.24018e-017  
 7.5 0 60288 2.67285e-017  
 8.0 0 71546 2.54756e-017  
 8.5 0 68366 2.75152e-017  
 9.0 0 67760 2.61919e-017  
 9.5 0 72038 2.74366e-017  
 10.0 0 73196 2.36659e-017  
 10.5 0 76704 2.50961e-017  
 11.0 0 75308 2.88167e-017  
 11.5 0 75047 2.43159e-017  
 12.0 0 71379 2.75638e-017  
 12.5 0 81011 2.8997e-017  
 13.0 0 75565 2.42936e-017  
 13.5 0 76619 2.18852e-017  
 14.0 0 73323 2.58933e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5 0 74989 2.88167e-017  
 15.0 0 75232 2.77874e-017  
 15.5 0 77801 2.92423e-017  
 16.0 0 76565 2.67193e-017  
 16.5 0 71342 2.62664e-017  
 17.0 0 65184 2.45022e-017  
 17.5 0 52928 2.17465e-017  
 18.0 0 61906 1.82467e-017  
 18.5 0 55386 1.78143e-017  
 19.0 0 29775 1.62539e-017  
 19.5 0 34386 1.74242e-017  
 20.0 0 37642 1.18327e-017  
 20.5 0 27975 1.14592e-017  
 21.0 0 31616 9.77012e-018  
 21.5 0 11819 1.27636e-017  
 22.0 0 12114 3.60124e-018  
 22.5 0 17399 5.19755e-018  
 23.0 0 9298 3.97913e-018  
 23.5 0 4877 4.75752e-018  
 24.0 0 15917 3.16636e-018  
 24.5 0 4619 1.85207e-018  
 25.0 0 6410 9.93535e-019  
 25.5 0 2980 9.93535e-019  
 26.0 0 1821 9.93535e-019  
 26.5 0 423 6.18859e-019  
 27.0 0 26 2.80813e-019  
 27.5 0 613 6.18859e-019  
 28.0 0 169 2.80813e-019  
 28.5 0 14 2.80813e-019  
 29.0 0 36 2.80813e-019  
 29.5 0 0 1.09915e-018  
 30.0 0 14 6.20738e-020  
 30.5 0 0 1.09915e-018  
 31.0 0 0 1.09915e-018  
 31.5 0 0 1.09915e-018  
 32.0 0 0 1.09915e-018  
 32.5 0 0 1.09915e-018  
 33.0 0 0 1.09915e-018  
 33.5 0 0 1.09915e-018  
 34.0 0 0 1.09915e-018  
 34.5 0 0 1.09915e-018  
 35.0 0 0 1.09915e-018  
 35.5 0 0 1.09915e-018  
 36.0 0 0 1.09915e-018  
 36.5 0 0 1.09915e-018  
 37.0 0 0 1.09915e-018  
 37.5 0 0 1.09915e-018  
 38.0 0 0 1.09915e-018  
 38.5 0 0 1.09915e-018  
 39.0 0 0 1.09915e-018  
 39.5 0 0 1.09915e-018  
 40.0 0 0 1.09915e-018

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 1.59132e-017



DH\_720\_rpm,0\_Nm(nf)\_2,cal - Mar 09 - 06:16 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: DH\_720\_rpm,0\_Nm(nf)\_2,avg

Processing 101 Columns x 1 Rows

Processing Method: Calibrate ThermoVision

CA Repetition flame size calibration value

-10.0 0 0 1.09915e-018  
 -9.5 0 0 1.09915e-018  
 -9.0 0 0 1.09915e-018  
 -8.5 0 0 1.09915e-018  
 -8.0 0 0 1.09915e-018  
 -7.5 0 0 1.09915e-018  
 -7.0 0 0 1.09915e-018  
 -6.5 0 0 1.09915e-018  
 -6.0 0 0 1.09915e-018  
 -5.5 0 0 1.09915e-018  
 -5.0 0 0 1.09915e-018  
 -4.5 0 0 1.09915e-018  
 -4.0 0 0 1.09915e-018  
 -3.5 0 0 1.09915e-018  
 -3.0 0 0 1.09915e-018  
 -2.5 0 0 1.09915e-018  
 -2.0 0 0 1.09915e-018  
 -1.5 0 0 1.09915e-018  
 -1.0 0 0 1.09915e-018  
 -0.5 0 0 1.09915e-018  
 0.0 0 0 1.09915e-018  
 0.5 0 0 1.09915e-018  
 1.0 0 0 1.09915e-018  
 1.5 0 0 1.09915e-018  
 2.0 0 0 1.09915e-018  
 2.5 0 0 1.09915e-018  
 3.0 0 0 1.09915e-018  
 3.5 0 0 1.09915e-018  
 4.0 0 0 1.09915e-018  
 4.5 0 1278 2.80813e-019  
 5.0 0 2828 5.14823e-019  
 5.5 0 7575 1.21686e-018  
 6.0 0 10059 2.2583e-018  
 6.5 0 15554 2.81502e-018  
 7.0 0 24869 6.35236e-018  
 7.5 0 51104 1.25458e-017  
 8.0 0 64474 1.46843e-017  
 8.5 0 73292 1.50972e-017  
 9.0 0 73475 1.50603e-017  
 9.5 0 78751 1.72505e-017  
 10.0 0 81985 1.82875e-017  
 10.5 0 81607 1.98167e-017  
 11.0 0 90554 2.40474e-017  
 11.5 0 91144 2.18044e-017  
 12.0 0 89161 2.12176e-017  
 12.5 0 87764 2.46013e-017  
 13.0 0 90499 2.15072e-017  
 13.5 0 89390 2.15072e-017  
 14.0 0 90697 2.4949e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5 0 92533 2.50862e-017  
 15.0 0 89602 2.60328e-017  
 15.5 0 92287 2.74528e-017  
 16.0 0 90680 2.6596e-017  
 16.5 0 89134 2.36662e-017  
 17.0 0 83856 1.82875e-017  
 17.5 0 86675 2.14012e-017  
 18.0 0 85283 1.88124e-017  
 18.5 0 88945 1.8451e-017  
 19.0 0 89995 1.8451e-017  
 19.5 0 88957 1.50603e-017  
 20.0 0 81721 1.11681e-017  
 20.5 0 83239 1.30953e-017  
 21.0 0 68724 1.07693e-017  
 21.5 0 81496 8.84471e-018  
 22.0 0 63308 7.26368e-018  
 22.5 0 65632 7.41343e-018  
 23.0 0 42360 5.12348e-018  
 23.5 0 30326 1.85207e-018  
 24.0 0 58374 4.30283e-018  
 24.5 0 27687 3.44643e-018  
 25.0 0 11637 2.23861e-018  
 25.5 0 17553 1.4152e-018  
 26.0 0 17734 1.85207e-018  
 26.5 0 25303 1.90428e-018  
 27.0 0 1484 9.93535e-019  
 27.5 0 1613 9.93535e-019  
 28.0 0 2178 1.4152e-018  
 28.5 0 1956 9.93535e-019  
 29.0 0 1002 6.18859e-019  
 29.5 0 1869 1.4152e-018  
 30.0 0 730 2.80813e-019  
 30.5 0 514 6.18859e-019  
 31.0 0 936 6.18859e-019  
 31.5 0 456 2.80813e-019  
 32.0 0 648 2.80813e-019  
 32.5 0 536 2.80813e-019  
 33.0 0 556 2.80813e-019  
 33.5 0 699 6.18859e-019  
 34.0 0 75 6.20738e-020  
 34.5 0 789 6.18859e-019  
 35.0 0 370 2.80813e-019  
 35.5 0 416 2.80813e-019  
 36.0 0 659 2.80813e-019  
 36.5 0 166 2.80813e-019  
 37.0 0 0 1.09915e-018  
 37.5 0 66 2.80813e-019  
 38.0 0 0 1.09915e-018  
 38.5 0 83 2.80813e-019  
 39.0 0 0 4.39661e-018  
 39.5 0 31 6.20738e-020  
 40.0 0 18 6.20738e-020

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 3.44643e-018

SD\_1000\_rpm,20\_Nm(nf)\_1,cal - Apr 12 - 01:55 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: SD\_(nf)\_1,avg  
 Processing 101 Columns x 1 Rows  
 Processing Method: Calibrate ThermoVision  
 CA Repetition flame size calibration value

-10.0 0 0 1.09915e-018  
 -9.5 0 0 1.09915e-018  
 -9.0 0 0 1.09915e-018  
 -8.5 0 0 1.09915e-018  
 -8.0 0 0 1.09915e-018  
 -7.5 0 0 1.09915e-018  
 -7.0 0 0 1.09915e-018  
 -6.5 0 0 1.09915e-018  
 -6.0 0 0 1.09915e-018  
 -5.5 0 0 1.09915e-018  
 -5.0 0 0 1.09915e-018  
 -4.5 0 0 1.09915e-018  
 -4.0 0 0 1.09915e-018  
 -3.5 0 0 1.09915e-018  
 -3.0 0 0 1.09915e-018  
 -2.5 0 0 1.09915e-018  
 -2.0 0 0 1.09915e-018  
 -1.5 0 0 1.09915e-018  
 -1.0 0 0 1.09915e-018  
 -0.5 0 0 1.09915e-018  
 0.0 0 0 1.09915e-018  
 0.5 0 0 1.09915e-018  
 1.0 0 0 1.09915e-018  
 1.5 0 1 6.20738e-020  
 2.0 0 400 2.80899e-019  
 2.5 0 3603 1.12095e-018  
 3.0 0 6183 1.33966e-018  
 3.5 0 10310 2.41042e-018  
 4.0 0 13277 3.58772e-018  
 4.5 0 17738 7.56062e-018  
 5.0 0 25995 1.09833e-017  
 5.5 0 31823 1.28469e-017  
 6.0 0 37533 1.20826e-017  
 6.5 0 52469 1.57387e-017  
 7.0 0 47934 1.54646e-017  
 7.5 0 48338 1.59674e-017  
 8.0 0 59790 1.89613e-017  
 8.5 0 57896 1.87695e-017  
 9.0 0 62714 1.93747e-017  
 9.5 0 65117 2.09699e-017  
 10.0 0 65390 1.85336e-017  
 10.5 0 69452 1.87485e-017  
 11.0 0 68251 1.98167e-017  
 11.5 0 76237 2.13969e-017  
 12.0 0 78357 1.74242e-017  
 12.5 0 71837 1.89613e-017  
 13.0 0 72391 2.14056e-017  
 13.5 0 73422 2.08096e-017  
 14.0 0 73493 2.27673e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5 0 69341 2.05926e-017  
 15.0 0 77594 2.09106e-017  
 15.5 0 71386 1.76782e-017  
 16.0 0 68711 2.20337e-017  
 16.5 0 69275 1.99935e-017  
 17.0 0 73599 2.01316e-017  
 17.5 0 71811 1.81059e-017  
 18.0 0 73480 1.76782e-017  
 18.5 0 74026 1.87695e-017  
 19.0 0 74179 2.02444e-017  
 19.5 0 69714 1.95942e-017  
 20.0 0 68772 1.89846e-017  
 20.5 0 71287 1.79534e-017  
 21.0 0 67113 1.74242e-017  
 21.5 0 72628 1.5141e-017  
 22.0 0 72284 1.59674e-017  
 22.5 0 63360 9.80996e-018  
 23.0 0 79272 9.34034e-018  
 23.5 0 69448 9.55191e-018  
 24.0 0 60907 9.76489e-018  
 24.5 0 55244 1.05363e-017  
 25.0 0 56636 1.23647e-017  
 25.5 0 64149 1.04073e-017  
 26.0 0 63610 1.00501e-017  
 26.5 0 70291 8.12757e-018  
 27.0 0 75216 9.75901e-018  
 27.5 0 30143 4.05691e-018  
 28.0 0 56576 5.27494e-018  
 28.5 0 64922 3.86615e-018  
 29.0 0 48760 4.75752e-018  
 29.5 0 40157 3.16636e-018  
 30.0 0 37221 2.23861e-018  
 30.5 0 22082 2.23861e-018  
 31.0 0 10517 9.93535e-019  
 31.5 0 6828 1.4152e-018  
 32.0 0 6120 1.4152e-018  
 32.5 0 3826 6.18859e-019  
 33.0 0 10438 1.4152e-018  
 33.5 0 2703 6.18859e-019  
 34.0 0 852 6.18859e-019  
 34.5 0 827 6.18859e-019  
 35.0 0 87 6.20738e-020  
 35.5 0 133 2.80813e-019  
 36.0 0 440 2.80813e-019  
 36.5 0 272 2.80813e-019  
 37.0 0 0 1.09915e-018  
 37.5 0 327 2.80813e-019  
 38.0 0 473 2.80813e-019  
 38.5 0 97 2.80813e-019  
 39.0 0 530 2.80813e-019  
 39.5 0 14 6.20738e-020  
 40.0 0 0 1.09915e-018

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 1.04073e-017

DH\_1000\_rpm,20\_Nm(nf)\_1,cal - Apr 14 - 04:23 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: DH\_(nf)\_1,avg  
 Processing 101 Columns x 1 Rows  
 Processing Method: Calibrate ThermoVision  
 CA Repetition flame size calibration value

-10.0	0	0	1.09915e-018
-9.5	0	0	1.09915e-018
-9.0	0	0	1.09915e-018
-8.5	0	0	1.09915e-018
-8.0	0	0	1.09915e-018
-7.5	0	0	1.09915e-018
-7.0	0	0	1.09915e-018
-6.5	0	0	1.09915e-018
-6.0	0	0	1.09915e-018
-5.5	0	0	1.09915e-018
-5.0	0	0	1.09915e-018
-4.5	0	0	1.09915e-018
-4.0	0	0	1.09915e-018
-3.5	0	0	1.09915e-018
-3.0	0	0	1.09915e-018
-2.5	0	0	1.09915e-018
-2.0	0	0	1.09915e-018
-1.5	0	0	1.09915e-018
-1.0	0	0	1.09915e-018
-0.5	0	0	1.09915e-018
0.0	0	0	1.09915e-018
0.5	0	0	1.09915e-018
1.0	0	0	1.09915e-018
1.5	0	0	1.09915e-018
2.0	0	0	1.09915e-018
2.5	0	332	2.80813e-019
3.0	0	0	1.09915e-018
3.5	0	1462	5.14823e-019
4.0	0	7920	1.16895e-018
4.5	0	4167	1.16895e-018
5.0	0	11617	1.73149e-018
5.5	0	21539	8.16768e-018
6.0	0	24816	8.19199e-018
6.5	0	38695	1.55227e-017
7.0	0	38906	1.6566e-017
7.5	0	51635	1.87695e-017
8.0	0	57153	1.67293e-017
8.5	0	58074	1.91775e-017
9.0	0	61288	1.89846e-017
9.5	0	74484	1.91775e-017
10.0	0	70777	1.72505e-017
10.5	0	72400	1.81059e-017
11.0	0	81630	2.10536e-017
11.5	0	76635	1.38289e-017
12.0	0	77101	1.95855e-017
12.5	0	73527	2.09699e-017
13.0	0	79919	2.02444e-017
13.5	0	78870	2.15274e-017
14.0	0	72822	2.23828e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5	0	78783	1.76782e-017
15.0	0	78419	2.06721e-017
15.5	0	79381	1.91775e-017
16.0	0	78172	1.81059e-017
16.5	0	78964	1.96705e-017
17.0	0	75998	2.12176e-017
17.5	0	77824	1.98167e-017
18.0	0	76661	1.71373e-017
18.5	0	79742	2.09699e-017
19.0	0	79543	1.72505e-017
19.5	0	80021	1.59132e-017
20.0	0	83709	2.16257e-017
20.5	0	79996	2.2318e-017
21.0	0	70539	1.43775e-017
21.5	0	66432	1.39602e-017
22.0	0	74579	1.25458e-017
22.5	0	73376	1.31624e-017
23.0	0	66798	1.10855e-017
23.5	0	77452	1.23647e-017
24.0	0	70757	8.58208e-018
24.5	0	79955	1.01425e-017
25.0	0	69640	1.11681e-017
25.5	0	60815	7.61906e-018
26.0	0	68516	1.12627e-017
26.5	0	76359	9.97961e-018
27.0	0	47075	7.63409e-018
27.5	0	67061	7.41343e-018
28.0	0	57280	3.86615e-018
28.5	0	31516	1.90428e-018
29.0	0	41884	5.27494e-018
29.5	0	9338	1.53092e-018
30.0	0	8814	2.65407e-018
30.5	0	6673	1.4152e-018
31.0	0	2132	9.93535e-019
31.5	0	9585	9.93535e-019
32.0	0	8948	9.93535e-019
32.5	0	1626	6.18859e-019
33.0	0	1799	6.18859e-019
33.5	0	587	2.80813e-019
34.0	0	1624	6.18859e-019
34.5	0	5815	6.18859e-019
35.0	0	165	2.80813e-019
35.5	0	51	2.80813e-019
36.0	0	0	1.09915e-018
36.5	0	67	6.20738e-020
37.0	0	19	6.20738e-020
37.5	0	0	1.09915e-018
38.0	0	20	6.20738e-020
38.5	0	0	1.09915e-018
39.0	0	74	2.80813e-019
39.5	0	15	6.20738e-020
40.0	0	0	1.09915e-018

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 1.11681e-017

SD\_1000\_rpm,30\_Nm(nf)\_2,cal - Mar 09 - 03:51 AM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: SD\_1000\_rpm,30\_Nm(nf)\_2,avg

Processing 101 Columns x 1 Rows

Processing Method: Calibrate ThermoVision

CA Repetition flame size calibration value

-10.0 0 0 1.09915e-018  
 -9.5 0 0 1.09915e-018  
 -9.0 0 0 1.09915e-018  
 -8.5 0 0 1.09915e-018  
 -8.0 0 0 1.09915e-018  
 -7.5 0 0 1.09915e-018  
 -7.0 0 0 1.09915e-018  
 -6.5 0 0 1.09915e-018  
 -6.0 0 0 1.09915e-018  
 -5.5 0 0 1.09915e-018  
 -5.0 0 0 1.09915e-018  
 -4.5 0 0 1.09915e-018  
 -4.0 0 0 1.09915e-018  
 -3.5 0 0 1.09915e-018  
 -3.0 0 0 1.09915e-018  
 -2.5 0 0 1.09915e-018  
 -2.0 0 0 1.09915e-018  
 -1.5 0 0 1.09915e-018  
 -1.0 0 0 1.09915e-018  
 -0.5 0 0 1.09915e-018  
 0.0 0 0 1.09915e-018  
 0.5 0 0 1.09915e-018  
 1.0 0 98 2.48132e-019  
 1.5 0 63 2.47613e-019  
 2.0 0 346 2.80899e-019  
 2.5 0 5094 9.44593e-019  
 3.0 0 9881 1.36049e-018  
 3.5 0 12680 3.60318e-018  
 4.0 0 19121 3.14208e-018  
 4.5 0 18752 8.50019e-018  
 5.0 0 23906 6.45798e-018  
 5.5 0 29813 1.59579e-017  
 6.0 0 31508 1.50397e-017  
 6.5 0 32722 1.99935e-017  
 7.0 0 42440 2.32382e-017  
 7.5 0 44129 2.09699e-017  
 8.0 0 48263 2.36661e-017  
 8.5 0 56812 2.06721e-017  
 9.0 0 62045 2.32382e-017  
 9.5 0 69162 2.15027e-017  
 10.0 0 67932 2.22033e-017  
 10.5 0 74234 2.15274e-017  
 11.0 0 67254 2.46404e-017  
 11.5 0 77124 2.19551e-017  
 12.0 0 76669 1.99935e-017  
 12.5 0 75547 2.43159e-017  
 13.0 0 66537 1.98167e-017  
 13.5 0 73916 2.49953e-017  
 14.0 0 71413 2.28498e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5 0 66453 2.10998e-017  
 15.0 0 70087 2.27938e-017  
 15.5 0 65769 1.97648e-017  
 16.0 0 68495 2.26022e-017  
 16.5 0 70506 2.26022e-017  
 17.0 0 74550 2.08096e-017  
 17.5 0 73483 2.34112e-017  
 18.0 0 67770 2.53767e-017  
 18.5 0 74167 2.66565e-017  
 19.0 0 77362 2.65908e-017  
 19.5 0 74404 2.04016e-017  
 20.0 0 75295 2.38051e-017  
 20.5 0 73059 1.75699e-017  
 21.0 0 72484 1.90301e-017  
 21.5 0 73278 1.87695e-017  
 22.0 0 77113 1.75454e-017  
 22.5 0 69279 1.5141e-017  
 23.0 0 82893 1.02845e-017  
 23.5 0 67928 1.35081e-017  
 24.0 0 75761 1.25802e-017  
 24.5 0 68964 1.11566e-017  
 25.0 0 71947 1.39958e-017  
 25.5 0 70865 1.17156e-017  
 26.0 0 75727 1.29735e-017  
 26.5 0 71548 1.29735e-017  
 27.0 0 85156 1.31597e-017  
 27.5 0 68004 7.40827e-018  
 28.0 0 54508 6.97793e-018  
 28.5 0 45502 4.49789e-018  
 29.0 0 21472 4.37063e-018  
 29.5 0 51424 3.86615e-018  
 30.0 0 34953 3.86615e-018  
 30.5 0 39157 4.37063e-018  
 31.0 0 32811 2.73606e-018  
 31.5 0 11051 3.44643e-018  
 32.0 0 5911 1.4152e-018  
 32.5 0 6332 1.90428e-018  
 33.0 0 4135 1.4152e-018  
 33.5 0 10594 1.53092e-018  
 34.0 0 1210 6.18859e-019  
 34.5 0 5169 2.23861e-018  
 35.0 0 1908 6.18859e-019  
 35.5 0 493 2.80813e-019  
 36.0 0 10036 5.14823e-019  
 36.5 0 1101 5.14823e-019  
 37.0 0 989 6.18859e-019  
 37.5 0 3028 9.93535e-019  
 38.0 0 464 2.80813e-019  
 38.5 0 528 6.18859e-019  
 39.0 0 215 2.47613e-019  
 39.5 0 54 8.69033e-020  
 40.0 0 8 2.80813e-019

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 1.29735e-017

DH\_1000\_rpm,30\_Nm(nf)\_1,cal - Mar 09 - 04:02 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: DH\_1000\_rpm,30\_Nm(nf)\_1,avg

Processing 101 Columns x 1 Rows

Processing Method: Calibrate ThermoVision

CA Repetition flame size calibration value

-10.0	0	0	1.09915e-018
-9.5	0	0	1.09915e-018
-9.0	0	0	1.09915e-018
-8.5	0	0	1.09915e-018
-8.0	0	0	1.09915e-018
-7.5	0	0	1.09915e-018
-7.0	0	0	1.09915e-018
-6.5	0	0	1.09915e-018
-6.0	0	0	1.09915e-018
-5.5	0	0	1.09915e-018
-5.0	0	0	1.09915e-018
-4.5	0	0	1.09915e-018
-4.0	0	0	1.09915e-018
-3.5	0	0	1.09915e-018
-3.0	0	0	1.09915e-018
-2.5	0	0	1.09915e-018
-2.0	0	0	1.09915e-018
-1.5	0	0	1.09915e-018
-1.0	0	0	1.09915e-018
-0.5	0	0	1.09915e-018
0.0	0	0	1.09915e-018
0.5	0	0	1.09915e-018
1.0	0	0	1.09915e-018
1.5	0	18	6.20738e-020
2.0	0	0	1.09915e-018
2.5	0	430	2.48132e-019
3.0	0	4709	1.71905e-018
3.5	0	13247	3.53105e-018
4.0	0	10183	1.95173e-018
4.5	0	20942	1.01425e-017
5.0	0	32480	1.04909e-017
5.5	0	28901	9.77012e-018
6.0	0	46294	1.2828e-017
6.5	0	56518	1.23647e-017
7.0	0	59922	1.19658e-017
7.5	0	63401	1.5112e-017
8.0	0	69821	1.71373e-017
8.5	0	71310	1.59674e-017
9.0	0	76274	1.63213e-017
9.5	0	80889	1.39602e-017
10.0	0	80114	1.87485e-017
10.5	0	80839	1.87485e-017
11.0	0	80962	1.85945e-017
11.5	0	85461	2.05926e-017
12.0	0	78506	1.95855e-017
12.5	0	77077	2.01316e-017
13.0	0	75840	2.09699e-017
13.5	0	75588	2.20337e-017
14.0	0	80195	2.18832e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5	0	80130	2.32167e-017
15.0	0	79078	1.72505e-017
15.5	0	84978	1.89846e-017
16.0	0	81688	1.9938e-017
16.5	0	82321	1.69044e-017
17.0	0	89094	1.94517e-017
17.5	0	85963	1.92095e-017
18.0	0	82109	1.9389e-017
18.5	0	87643	2.18832e-017
19.0	0	87548	2.31929e-017
19.5	0	90120	2.60974e-017
20.0	0	83160	2.22033e-017
20.5	0	90673	1.94484e-017
21.0	0	85661	1.55052e-017
21.5	0	83264	1.6955e-017
22.0	0	86101	1.79523e-017
22.5	0	87548	1.55397e-017
23.0	0	90067	1.64563e-017
23.5	0	75038	9.97961e-018
24.0	0	82353	9.12422e-018
24.5	0	90259	2.14012e-017
25.0	0	73888	1.16904e-017
25.5	0	82573	1.16904e-017
26.0	0	83169	1.07693e-017
26.5	0	78210	1.0125e-017
27.0	0	73868	9.55191e-018
27.5	0	54850	6.0734e-018
28.0	0	64157	5.60502e-018
28.5	0	84388	1.05363e-017
29.0	0	65345	6.13033e-018
29.5	0	47760	3.44643e-018
30.0	0	41762	3.34101e-018
30.5	0	47725	3.0427e-018
31.0	0	18886	3.0427e-018
31.5	0	53267	4.75752e-018
32.0	0	25868	2.29304e-018
32.5	0	11075	1.85207e-018
33.0	0	13357	2.23861e-018
33.5	0	6677	1.4152e-018
34.0	0	7493	1.4152e-018
34.5	0	5881	9.93535e-019
35.0	0	6539	1.85207e-018
35.5	0	5482	1.85207e-018
36.0	0	4219	1.85207e-018
36.5	0	3481	1.4152e-018
37.0	0	4375	9.93535e-019
37.5	0	1857	6.18859e-019
38.0	0	4405	9.93535e-019
38.5	0	3795	9.93535e-019
39.0	0	3832	6.18859e-019
39.5	0	1262	6.18859e-019
40.0	0	1726	2.80813e-019

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 1.07693e-017

SD\_2000\_rpm,30\_Nm(nf)\_2,cal - Mar 09 - 08:42 AM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: SD\_2000\_rpm,30\_Nm(nf)\_2,avg

Processing 101 Columns x 1 Rows

Processing Method: Calibrate ThermoVision

CA Repetition flame size calibration value

-10.0	0	0	1.09915e-018
-9.5	0	0	1.09915e-018
-9.0	0	0	1.09915e-018
-8.5	0	0	1.09915e-018
-8.0	0	0	1.09915e-018
-7.5	0	0	1.09915e-018
-7.0	0	0	1.09915e-018
-6.5	0	0	1.09915e-018
-6.0	0	0	1.09915e-018
-5.5	0	0	1.09915e-018
-5.0	0	0	1.09915e-018
-4.5	0	0	1.09915e-018
-4.0	0	0	1.09915e-018
-3.5	0	0	1.09915e-018
-3.0	0	0	1.09915e-018
-2.5	0	0	1.09915e-018
-2.0	0	0	1.09915e-018
-1.5	0	0	1.09915e-018
-1.0	0	0	1.09915e-018
-0.5	0	0	1.09915e-018
0.0	0	210	8.69033e-020
0.5	0	341	1.11733e-019
1.0	0	5844	6.9968e-019
1.5	0	8267	1.40768e-018
2.0	0	13767	2.48098e-018
2.5	0	14270	2.38691e-018
3.0	0	31357	8.45913e-018
3.5	0	30344	9.9705e-018
4.0	0	49746	1.4415e-017
4.5	0	53083	1.41541e-017
5.0	0	59736	1.51392e-017
5.5	0	68200	1.5317e-017
6.0	0	67030	1.33173e-017
6.5	0	62921	1.69038e-017
7.0	0	71925	1.21709e-017
7.5	0	69938	1.67569e-017
8.0	0	72265	1.49068e-017
8.5	0	75102	1.28241e-017
9.0	0	73646	1.40004e-017
9.5	0	71509	1.04716e-017
10.0	0	71018	9.11912e-018
10.5	0	72573	9.86394e-018
11.0	0	71976	1.40214e-017
11.5	0	69216	1.333e-017
12.0	0	73754	1.97909e-017
12.5	0	70988	1.68319e-017
13.0	0	68650	1.67245e-017
13.5	0	71618	1.8213e-017
14.0	0	59486	1.03993e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5	0	72855	2.38786e-017
15.0	0	72794	1.75946e-017
15.5	0	69306	2.15709e-017
16.0	0	71632	1.758e-017
16.5	0	71159	2.12771e-017
17.0	0	66767	1.96673e-017
17.5	0	67511	2.15709e-017
18.0	0	66505	1.50687e-017
18.5	0	68399	1.37261e-017
19.0	0	72975	1.1051e-017
19.5	0	63596	1.13233e-017
20.0	0	67760	1.14508e-017
20.5	0	55374	9.44163e-018
21.0	0	53109	1.03143e-017
21.5	0	56537	1.09609e-017
22.0	0	63457	1.06885e-017
22.5	0	42204	1.08185e-017
23.0	0	19984	1.03677e-017
23.5	0	23412	1.1982e-017
24.0	0	9997	6.11982e-018
24.5	0	14796	6.11982e-018
25.0	0	19472	2.95487e-018
25.5	0	13513	6.05219e-018
26.0	0	12592	4.95849e-018
26.5	0	13600	1.26688e-018
27.0	0	9477	1.96305e-018
27.5	0	7198	2.37138e-018
28.0	0	5699	9.82844e-019
28.5	0	5051	1.3898e-018
29.0	0	3586	8.29984e-019
29.5	0	3758	6.9968e-019
30.0	0	2820	5.14823e-019
30.5	0	716	2.80813e-019
31.0	0	1131	5.14823e-019
31.5	0	2172	7.48834e-019
32.0	0	192	2.80813e-019
32.5	0	110	2.80813e-019
33.0	0	1352	2.80813e-019
33.5	0	48	2.80813e-019
34.0	0	227	2.80813e-019
34.5	0	48	2.80813e-019
35.0	0	0	1.09915e-018
35.5	0	0	1.09915e-018
36.0	0	0	1.09915e-018
36.5	0	0	1.09915e-018
37.0	0	0	1.09915e-018
37.5	0	0	1.09915e-018
38.0	0	0	1.09915e-018
38.5	0	0	1.09915e-018
39.0	0	0	1.09915e-018
39.5	0	0	1.09915e-018
40.0	0	0	1.09915e-018

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 1.03993e-017



DH\_2000\_rpm,30\_Nm(nf)\_1,cal - Mar 09 - 05:16 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: DH\_2000\_rpm,30\_Nm(nf)\_1,avg

Processing 101 Columns x 1 Rows

Processing Method: Calibrate ThermoVision

CA Repetition flame size calibration value

-10.0 0 0 1.09915e-018  
 -9.5 0 0 1.09915e-018  
 -9.0 0 0 1.09915e-018  
 -8.5 0 0 1.09915e-018  
 -8.0 0 0 1.09915e-018  
 -7.5 0 0 1.09915e-018  
 -7.0 0 0 1.09915e-018  
 -6.5 0 0 1.09915e-018  
 -6.0 0 0 1.09915e-018  
 -5.5 0 0 1.09915e-018  
 -5.0 0 0 1.09915e-018  
 -4.5 0 0 1.09915e-018  
 -4.0 0 0 1.09915e-018  
 -3.5 0 0 1.09915e-018  
 -3.0 0 0 1.09915e-018  
 -2.5 0 0 1.09915e-018  
 -2.0 0 0 1.09915e-018  
 -1.5 0 0 1.09915e-018  
 -1.0 0 0 1.09915e-018  
 -0.5 0 0 1.09915e-018  
 0.0 0 0 1.09915e-018  
 0.5 0 0 1.09915e-018  
 1.0 0 0 1.09915e-018  
 1.5 0 0 1.09915e-018  
 2.0 0 0 1.09915e-018  
 2.5 0 0 1.09915e-018  
 3.0 0 890 5.14823e-019  
 3.5 0 5446 4.6478e-019  
 4.0 0 9418 1.3898e-018  
 4.5 0 18219 1.53092e-018  
 5.0 0 12570 2.20195e-018  
 5.5 0 20698 2.02717e-018  
 6.0 0 30777 3.79761e-018  
 6.5 0 36670 6.70275e-018  
 7.0 0 62874 7.85635e-018  
 7.5 0 58087 1.31367e-017  
 8.0 0 52496 8.41441e-018  
 8.5 0 74544 1.06885e-017  
 9.0 0 69619 7.77011e-018  
 9.5 0 73405 1.1982e-017  
 10.0 0 75258 1.37867e-017  
 10.5 0 74713 1.25161e-017  
 11.0 0 77529 1.32066e-017  
 11.5 0 72113 1.34915e-017  
 12.0 0 77339 1.33541e-017  
 12.5 0 74281 1.16298e-017  
 13.0 0 74741 1.09609e-017  
 13.5 0 75304 1.33541e-017  
 14.0 0 74075 1.17807e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5 0 71784 9.22035e-018  
 15.0 0 73081 9.44163e-018  
 15.5 0 70781 1.15467e-017  
 16.0 0 71817 1.24474e-017  
 16.5 0 65420 1.14947e-017  
 17.0 0 67098 9.14967e-018  
 17.5 0 71006 1.23686e-017  
 18.0 0 71695 1.09833e-017  
 18.5 0 66903 9.20614e-018  
 19.0 0 66029 1.20421e-017  
 19.5 0 71911 1.62835e-017  
 20.0 0 68205 1.21708e-017  
 20.5 0 66612 9.63367e-018  
 21.0 0 71686 1.15666e-017  
 21.5 0 73460 1.10865e-017  
 22.0 0 66519 9.63521e-018  
 22.5 0 71892 9.99749e-018  
 23.0 0 64841 7.81338e-018  
 23.5 0 52928 6.43518e-018  
 24.0 0 64595 7.61906e-018  
 24.5 0 63520 7.56062e-018  
 25.0 0 63239 9.44444e-018  
 25.5 0 60948 8.11388e-018  
 26.0 0 52829 7.61906e-018  
 26.5 0 35728 8.9076e-018  
 27.0 0 14651 5.37777e-018  
 27.5 0 40497 7.27331e-018  
 28.0 0 22513 4.49789e-018  
 28.5 0 11644 4.14325e-018  
 29.0 0 11421 6.50264e-018  
 29.5 0 38149 2.71643e-018  
 30.0 0 4300 1.82233e-018  
 30.5 0 7221 9.82844e-019  
 31.0 0 3756 1.71905e-018  
 31.5 0 2240 8.29984e-019  
 32.0 0 839 2.80813e-019  
 32.5 0 3297 7.48834e-019  
 33.0 0 6 6.20738e-020  
 33.5 0 6429 1.85207e-018  
 34.0 0 9876 2.29304e-018  
 34.5 0 234 2.80813e-019  
 35.0 0 12 6.20738e-020  
 35.5 0 104 2.80813e-019  
 36.0 0 39 2.80813e-019  
 36.5 0 759 2.80813e-019  
 37.0 0 0 1.09915e-018  
 37.5 0 0 1.09915e-018  
 38.0 0 0 1.09915e-018  
 38.5 0 0 1.09915e-018  
 39.0 0 0 1.09915e-018  
 39.5 0 0 1.09915e-018  
 40.0 0 0 1.09915e-018

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 7.85635e-018

SD\_2000\_rpm,50\_Nm(nf)\_1,cal\_2 - Mar 09 - 09:06 AM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: SD\_2000\_rpm,50\_Nm(nf)\_1,avg\_2

Processing 101 Columns x 1 Rows

Processing Method: Calibrate ThermoVision

CA Repetition flame size calibration value

-10.0	0	0	1.09915e-018
-9.5	0	0	1.09915e-018
-9.0	0	0	1.09915e-018
-8.5	0	0	1.09915e-018
-8.0	0	0	1.09915e-018
-7.5	0	0	1.09915e-018
-7.0	0	0	1.09915e-018
-6.5	0	0	1.09915e-018
-6.0	0	0	1.09915e-018
-5.5	0	0	1.09915e-018
-5.0	0	0	1.09915e-018
-4.5	0	0	1.09915e-018
-4.0	0	0	1.09915e-018
-3.5	0	0	1.09915e-018
-3.0	0	0	1.09915e-018
-2.5	0	0	1.09915e-018
-2.0	0	0	1.09915e-018
-1.5	0	0	1.09915e-018
-1.0	0	0	1.09915e-018
-0.5	0	0	1.09915e-018
0.0	0	444	2.80899e-019
0.5	0	8267	1.04098e-018
1.0	0	21142	6.77798e-018
1.5	0	11262	3.16636e-018
2.0	0	36371	1.17156e-017
2.5	0	33026	1.68228e-017
3.0	0	37782	1.46843e-017
3.5	0	51574	2.04243e-017
4.0	0	53784	1.74537e-017
4.5	0	49037	1.89497e-017
5.0	0	79856	1.94484e-017
5.5	0	75999	2.41154e-017
6.0	0	74078	2.19551e-017
6.5	0	64984	1.34621e-017
7.0	0	67116	1.33866e-017
7.5	0	93096	3.13294e-017
8.0	0	86518	2.70947e-017
8.5	0	86284	2.18832e-017
9.0	0	73345	1.57494e-017
9.5	0	85440	2.18044e-017
10.0	0	92765	2.58427e-017
10.5	0	69046	1.50603e-017
11.0	0	87827	2.51e-017
11.5	0	88236	1.85336e-017
12.0	0	90314	2.36661e-017
12.5	0	74584	2.15567e-017
13.0	0	84697	1.96705e-017
13.5	0	88901	2.38051e-017
14.0	0	89506	2.15072e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5	0	82090	1.82875e-017
15.0	0	89191	1.57494e-017
15.5	0	89617	2.32167e-017
16.0	0	82804	1.79523e-017
16.5	0	89165	2.51e-017
17.0	0	87531	3.4173e-017
17.5	0	85426	2.14056e-017
18.0	0	81059	2.36662e-017
18.5	0	87180	2.85908e-017
19.0	0	86616	2.55595e-017
19.5	0	88651	2.45555e-017
20.0	0	91036	3.76554e-017
20.5	0	81797	2.38051e-017
21.0	0	90218	3.76334e-017
21.5	0	86851	1.45153e-017
22.0	0	77305	1.40286e-017
22.5	0	83115	1.42566e-017
23.0	0	62660	8.12757e-018
23.5	0	35943	1.93302e-017
24.0	0	66882	1.29735e-017
24.5	0	31589	6.43334e-018
25.0	0	15943	8.31126e-018
25.5	0	16035	4.84724e-018
26.0	0	15878	5.70264e-018
26.5	0	27208	4.7765e-018
27.0	0	16528	4.84724e-018
27.5	0	8908	3.56415e-018
28.0	0	6920	4.41954e-018
28.5	0	10445	4.41954e-018
29.0	0	10724	3.56415e-018
29.5	0	6665	4.84724e-018
30.0	0	6122	3.16636e-018
30.5	0	5013	3.56415e-018
31.0	0	8466	3.0427e-018
31.5	0	5157	2.23861e-018
32.0	0	3328	3.56415e-018
32.5	0	2225	6.18859e-019
33.0	0	3469	2.65407e-018
33.5	0	2956	1.85207e-018
34.0	0	1314	6.18859e-019
34.5	0	325	2.80813e-019
35.0	0	2514	1.4152e-018
35.5	0	1856	9.93535e-019
36.0	0	1157	6.18859e-019
36.5	0	600	6.18859e-019
37.0	0	2311	9.93535e-019
37.5	0	221	9.97961e-019
38.0	0	678	6.18859e-019
38.5	0	867	6.18859e-019
39.0	0	830	2.80813e-019
39.5	0	306	2.80813e-019
40.0	0	930	6.18859e-019

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 1.34621e-017

DH\_2000\_rpm,50\_Nm(nf)\_2,cal - Mar 09 - 04:53 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: DH\_2000\_rpm,50\_Nm(nf)\_2,avg

Processing 101 Columns x 1 Rows

Processing Method: Calibrate ThermoVision

CA Repetition flame size calibration value

-10.0	0	0	1.09915e-018
-9.5	0	0	1.09915e-018
-9.0	0	0	1.09915e-018
-8.5	0	0	1.09915e-018
-8.0	0	0	1.09915e-018
-7.5	0	0	1.09915e-018
-7.0	0	0	1.09915e-018
-6.5	0	0	1.09915e-018
-6.0	0	0	1.09915e-018
-5.5	0	0	1.09915e-018
-5.0	0	0	1.09915e-018
-4.5	0	0	1.09915e-018
-4.0	0	0	1.09915e-018
-3.5	0	0	1.09915e-018
-3.0	0	0	1.09915e-018
-2.5	0	0	1.09915e-018
-2.0	0	0	1.09915e-018
-1.5	0	0	1.09915e-018
-1.0	0	0	1.09915e-018
-0.5	0	0	1.09915e-018
0.0	0	0	1.09915e-018
0.5	0	0	1.09915e-018
1.0	0	0	1.09915e-018
1.5	0	0	1.09915e-018
2.0	0	3956	6.9968e-019
2.5	0	6477	6.9968e-019
3.0	0	7931	9.82844e-019
3.5	0	8221	1.26688e-018
4.0	0	18425	2.2583e-018
4.5	0	43025	9.20614e-018
5.0	0	32811	9.24083e-018
5.5	0	50171	1.20421e-017
6.0	0	52268	1.04469e-017
6.5	0	53379	8.80281e-018
7.0	0	72965	1.28469e-017
7.5	0	66188	1.46644e-017
8.0	0	69007	1.24474e-017
8.5	0	69675	1.31625e-017
9.0	0	78108	1.40963e-017
9.5	0	79223	1.71627e-017
10.0	0	78054	1.69905e-017
10.5	0	73251	1.76927e-017
11.0	0	78603	1.91626e-017
11.5	0	79505	1.24714e-017
12.0	0	70015	1.4405e-017
12.5	0	74291	1.19003e-017
13.0	0	73719	1.52882e-017
13.5	0	73808	1.37539e-017
14.0	0	76564	1.42874e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5	0	71223	1.18326e-017
15.0	0	77785	1.14331e-017
15.5	0	72759	1.32185e-017
16.0	0	74388	1.10439e-017
16.5	0	72732	1.08479e-017
17.0	0	75168	1.29645e-017
17.5	0	73343	1.10117e-017
18.0	0	73790	1.4405e-017
18.5	0	76585	1.38222e-017
19.0	0	77078	1.59165e-017
19.5	0	74279	1.40866e-017
20.0	0	75338	1.09833e-017
20.5	0	77677	1.47592e-017
21.0	0	77687	1.68213e-017
21.5	0	76096	1.40507e-017
22.0	0	77313	1.70166e-017
22.5	0	76739	1.03915e-017
23.0	0	82456	1.46546e-017
23.5	0	76142	1.47605e-017
24.0	0	73054	1.10439e-017
24.5	0	71184	8.27946e-018
25.0	0	74400	8.50019e-018
25.5	0	70282	1.06381e-017
26.0	0	76544	8.50019e-018
26.5	0	64849	7.25068e-018
27.0	0	43486	6.23378e-018
27.5	0	67330	5.19288e-018
28.0	0	49015	7.74103e-018
28.5	0	60260	5.12348e-018
29.0	0	58498	6.30119e-018
29.5	0	25036	4.43968e-018
30.0	0	44197	4.05691e-018
30.5	0	48403	3.16636e-018
31.0	0	13176	5.79558e-018
31.5	0	23256	2.9853e-018
32.0	0	12305	2.26915e-018
32.5	0	8454	1.60068e-018
33.0	0	7269	1.53092e-018
33.5	0	11291	2.29304e-018
34.0	0	9752	1.90428e-018
34.5	0	42517	2.23861e-018
35.0	0	3272	6.18859e-019
35.5	0	4012	1.16895e-018
36.0	0	2553	9.93535e-019
36.5	0	4112	8.29984e-019
37.0	0	730	2.80813e-019
37.5	0	1606	6.18859e-019
38.0	0	3196	6.18859e-019
38.5	0	1728	6.18859e-019
39.0	0	895	2.80813e-019
39.5	0	470	2.80813e-019
40.0	0	121	2.80813e-019

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 9.24083e-018

SD\_2250\_rpm,10\_Nm(nf)\_1,cal - Apr 12 - 02:34 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: SD\_(nf)\_1,avg  
 Processing 101 Columns x 1 Rows  
 Processing Method: Calibrate ThermoVision  
 CA Repetition flame size calibration value

-10.0 0 0 1.09915e-018  
 -9.5 0 0 1.09915e-018  
 -9.0 0 0 1.09915e-018  
 -8.5 0 0 1.09915e-018  
 -8.0 0 0 1.09915e-018  
 -7.5 0 0 1.09915e-018  
 -7.0 0 0 1.09915e-018  
 -6.5 0 0 1.09915e-018  
 -6.0 0 0 1.09915e-018  
 -5.5 0 0 1.09915e-018  
 -5.0 0 0 1.09915e-018  
 -4.5 0 0 1.09915e-018  
 -4.0 0 0 1.09915e-018  
 -3.5 0 0 1.09915e-018  
 -3.0 0 0 1.09915e-018  
 -2.5 0 0 1.09915e-018  
 -2.0 0 0 1.09915e-018  
 -1.5 0 0 1.09915e-018  
 -1.0 0 0 1.09915e-018  
 -0.5 0 0 1.09915e-018  
 0.0 0 0 1.09915e-018  
 0.5 0 240 2.80813e-019  
 1.0 0 1347 2.80813e-019  
 1.5 0 5071 9.05576e-019  
 2.0 0 12348 9.82844e-019  
 2.5 0 17158 2.16374e-018  
 3.0 0 28425 4.73312e-018  
 3.5 0 33859 5.72745e-018  
 4.0 0 38440 7.67288e-018  
 4.5 0 44347 1.23109e-017  
 5.0 0 49106 1.1728e-017  
 5.5 0 53064 1.50397e-017  
 6.0 0 53654 1.51131e-017  
 6.5 0 66017 1.13076e-017  
 7.0 0 64839 1.31597e-017  
 7.5 0 66235 1.15303e-017  
 8.0 0 73454 1.06218e-017  
 8.5 0 71347 1.03046e-017  
 9.0 0 69215 9.90964e-018  
 9.5 0 71282 1.15292e-017  
 10.0 0 62386 1.09609e-017  
 10.5 0 72686 9.30767e-018  
 11.0 0 73962 1.1614e-017  
 11.5 0 71244 1.6428e-017  
 12.0 0 72122 1.34411e-017  
 12.5 0 67705 1.32185e-017  
 13.0 0 75388 1.67715e-017  
 13.5 0 68907 1.59579e-017  
 14.0 0 72696 1.76927e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5 0 73769 1.62306e-017  
 15.0 0 66836 1.68429e-017  
 15.5 0 68356 1.46238e-017  
 16.0 0 65765 1.33173e-017  
 16.5 0 68241 1.42874e-017  
 17.0 0 64063 1.10992e-017  
 17.5 0 61000 1.0548e-017  
 18.0 0 66192 9.14967e-018  
 18.5 0 53736 7.55434e-018  
 19.0 0 48909 9.14967e-018  
 19.5 0 31070 6.04855e-018  
 20.0 0 36239 6.66992e-018  
 20.5 0 49720 5.98886e-018  
 21.0 0 15902 8.19044e-018  
 21.5 0 17703 4.8643e-018  
 22.0 0 15057 3.91278e-018  
 22.5 0 29181 3.59141e-018  
 23.0 0 10830 2.56265e-018  
 23.5 0 14167 3.53105e-018  
 24.0 0 5518 1.3898e-018  
 24.5 0 5434 2.06536e-018  
 25.0 0 2846 5.14823e-019  
 25.5 0 1806 8.29984e-019  
 26.0 0 496 5.14823e-019  
 26.5 0 0 1.09915e-018  
 27.0 0 602 6.18859e-019  
 27.5 0 0 1.09915e-018  
 28.0 0 41 2.80813e-019  
 28.5 0 0 1.09915e-018  
 29.0 0 12 6.20738e-020  
 29.5 0 0 1.09915e-018  
 30.0 0 0 1.09915e-018  
 30.5 0 60 2.80813e-019  
 31.0 0 0 1.09915e-018  
 31.5 0 0 1.09915e-018  
 32.0 0 0 1.09915e-018  
 32.5 0 0 1.09915e-018  
 33.0 0 0 1.09915e-018  
 33.5 0 16 6.20738e-020  
 34.0 0 0 1.09915e-018  
 34.5 0 0 1.09915e-018  
 35.0 0 0 1.09915e-018  
 35.5 0 0 1.09915e-018  
 36.0 0 0 1.09915e-018  
 36.5 0 0 1.09915e-018  
 37.0 0 0 1.09915e-018  
 37.5 0 0 1.09915e-018  
 38.0 0 0 1.09915e-018  
 38.5 0 0 1.09915e-018  
 39.0 0 0 1.09915e-018  
 39.5 0 0 1.09915e-018  
 40.0 0 0 1.09915e-018

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 9.14967e-018

DH\_2250\_rpm,10\_Nm(nf)\_1,cal - Apr 14 - 05:02 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: DH\_(nf)\_1,avg  
 Processing 101 Columns x 1 Rows  
 Processing Method: Calibrate ThermoVision  
 CA Repetition flame size calibration value

-10.0 0 0 1.09915e-018  
 -9.5 0 0 1.09915e-018  
 -9.0 0 0 1.09915e-018  
 -8.5 0 0 1.09915e-018  
 -8.0 0 0 1.09915e-018  
 -7.5 0 0 1.09915e-018  
 -7.0 0 0 1.09915e-018  
 -6.5 0 0 1.09915e-018  
 -6.0 0 0 1.09915e-018  
 -5.5 0 0 1.09915e-018  
 -5.0 0 0 1.09915e-018  
 -4.5 0 0 1.09915e-018  
 -4.0 0 0 1.09915e-018  
 -3.5 0 0 1.09915e-018  
 -3.0 0 0 1.09915e-018  
 -2.5 0 0 1.09915e-018  
 -2.0 0 0 1.09915e-018  
 -1.5 0 0 1.09915e-018  
 -1.0 0 0 1.09915e-018  
 -0.5 0 0 1.09915e-018  
 0.0 0 0 1.09915e-018  
 0.5 0 0 1.09915e-018  
 1.0 0 0 1.09915e-018  
 1.5 0 0 1.09915e-018  
 2.0 0 0 1.09915e-018  
 2.5 0 0 1.09915e-018  
 3.0 0 0 1.09915e-018  
 3.5 0 5111 7.48834e-019  
 4.0 0 6464 7.48834e-019  
 4.5 0 8339 1.96305e-018  
 5.0 0 19322 2.79236e-018  
 5.5 0 23037 2.52729e-018  
 6.0 0 39370 5.97867e-018  
 6.5 0 42827 8.27946e-018  
 7.0 0 46857 1.01423e-017  
 7.5 0 58489 8.3843e-018  
 8.0 0 64217 7.26015e-018  
 8.5 0 65659 1.06381e-017  
 9.0 0 69800 1.24244e-017  
 9.5 0 71579 1.06612e-017  
 10.0 0 68202 9.21412e-018  
 10.5 0 74046 9.20614e-018  
 11.0 0 75307 1.59579e-017  
 11.5 0 76664 1.31625e-017  
 12.0 0 72306 1.38612e-017  
 12.5 0 69582 1.54163e-017  
 13.0 0 73089 1.13076e-017  
 13.5 0 71024 1.91626e-017  
 14.0 0 70455 1.91626e-017

CA Repetition flame size calibration value  
 14.5 0 72120 1.82467e-017  
 15.0 0 69606 1.82467e-017  
 15.5 0 64447 1.79149e-017  
 16.0 0 68191 1.92136e-017  
 16.5 0 67089 1.76927e-017  
 17.0 0 67356 1.94149e-017  
 17.5 0 63879 1.66092e-017  
 18.0 0 66932 1.40148e-017  
 18.5 0 63371 1.51392e-017  
 19.0 0 57503 1.19646e-017  
 19.5 0 62798 1.24244e-017  
 20.0 0 44085 1.03143e-017  
 20.5 0 45122 9.23308e-018  
 21.0 0 39452 1.01423e-017  
 21.5 0 43631 7.588e-018  
 22.0 0 28367 7.33099e-018  
 22.5 0 26450 3.53767e-018  
 23.0 0 7801 2.37138e-018  
 23.5 0 5884 3.60615e-018  
 24.0 0 4958 2.06536e-018  
 24.5 0 7712 1.73149e-018  
 25.0 0 3898 6.18859e-019  
 25.5 0 4186 2.16374e-018  
 26.0 0 2584 5.14823e-019  
 26.5 0 1438 6.18859e-019  
 27.0 0 114 2.80813e-019  
 27.5 0 6784 7.48834e-019  
 28.0 0 404 2.80813e-019  
 28.5 0 0 1.09915e-018  
 29.0 0 144 2.80813e-019  
 29.5 0 731 6.18859e-019  
 30.0 0 0 1.09915e-018  
 30.5 0 5992 7.48834e-019  
 31.0 0 0 1.09915e-018  
 31.5 0 0 1.09915e-018  
 32.0 0 0 1.09915e-018  
 32.5 0 0 1.09915e-018  
 33.0 0 0 1.09915e-018  
 33.5 0 0 1.09915e-018  
 34.0 0 434 2.80813e-019  
 34.5 0 0 1.09915e-018  
 35.0 0 0 1.09915e-018  
 35.5 0 0 1.09915e-018  
 36.0 0 0 1.09915e-018  
 36.5 0 0 1.09915e-018  
 37.0 0 0 1.09915e-018  
 37.5 0 0 4.39661e-018  
 38.0 0 0 1.09915e-018  
 38.5 0 0 1.09915e-018  
 39.0 0 0 1.09915e-018  
 39.5 0 0 1.09915e-018  
 40.0 0 0 1.09915e-018  
 TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 9.20614e-018

SD\_2250\_rpm,20\_Nm(nf)\_1,cal - Mar 09 - 08:22 AM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: SD\_2250\_rpm,20\_Nm(nf)\_1,avg

Processing 101 Columns x 1 Rows

Processing Method: Calibrate ThermoVision

CA Repetition flame size calibration value

-10.0	0	0	1.09915e-018
-9.5	0	0	1.09915e-018
-9.0	0	0	1.09915e-018
-8.5	0	0	1.09915e-018
-8.0	0	0	1.09915e-018
-7.5	0	0	1.09915e-018
-7.0	0	0	1.09915e-018
-6.5	0	0	1.09915e-018
-6.0	0	0	1.09915e-018
-5.5	0	0	1.09915e-018
-5.0	0	0	1.09915e-018
-4.5	0	0	1.09915e-018
-4.0	0	0	1.09915e-018
-3.5	0	0	1.09915e-018
-3.0	0	0	1.09915e-018
-2.5	0	0	1.09915e-018
-2.0	0	0	1.09915e-018
-1.5	0	0	1.09915e-018
-1.0	0	0	1.09915e-018
-0.5	0	0	1.09915e-018
0.0	0	0	1.09915e-018
0.5	0	747	2.80899e-019
1.0	0	242	1.86221e-019
1.5	0	2167	4.64275e-019
2.0	0	8514	1.12095e-018
2.5	0	11309	1.21686e-018
3.0	0	17595	3.01336e-018
3.5	0	22715	4.83988e-018
4.0	0	26304	5.86e-018
4.5	0	37200	1.25789e-017
5.0	0	43824	1.53715e-017
5.5	0	59442	1.49678e-017
6.0	0	62303	1.47605e-017
6.5	0	68209	1.94768e-017
7.0	0	68778	9.63521e-018
7.5	0	71195	1.30724e-017
8.0	0	71302	9.78195e-018
8.5	0	75881	1.0561e-017
9.0	0	69485	1.333e-017
9.5	0	70617	1.03143e-017
10.0	0	68404	1.52576e-017
10.5	0	70830	1.26345e-017
11.0	0	72214	1.86618e-017
11.5	0	70253	1.36076e-017
12.0	0	71286	1.17104e-017
12.5	0	70371	1.60747e-017
13.0	0	71701	1.62277e-017
13.5	0	70207	1.6573e-017
14.0	0	65996	1.26442e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5	0	67813	9.84753e-018
15.0	0	65368	1.16474e-017
15.5	0	66675	1.55221e-017
16.0	0	65461	1.05611e-017
16.5	0	66342	1.0629e-017
17.0	0	64612	1.2489e-017
17.5	0	61191	1.26691e-017
18.0	0	59023	1.13751e-017
18.5	0	37540	1.14714e-017
19.0	0	44279	9.66542e-018
19.5	0	39870	1.17116e-017
20.0	0	18538	1.23686e-017
20.5	0	21819	1.16298e-017
21.0	0	15003	9.80996e-018
21.5	0	20483	9.14967e-018
22.0	0	10949	4.98665e-018
22.5	0	9268	6.67482e-018
23.0	0	5130	1.60068e-018
23.5	0	7570	3.36934e-018
24.0	0	6021	3.91944e-018
24.5	0	4627	1.90428e-018
25.0	0	4247	1.3898e-018
25.5	0	46693	3.60124e-018
26.0	0	188	2.80813e-019
26.5	0	352	2.47613e-019
27.0	0	1833	8.29984e-019
27.5	0	1103	5.14823e-019
28.0	0	845	2.80813e-019
28.5	0	374	6.18859e-019
29.0	0	0	1.09915e-018
29.5	0	909	2.80813e-019
30.0	0	299	2.80813e-019
30.5	0	89	2.80813e-019
31.0	0	389	2.80813e-019
31.5	0	53	2.80813e-019
32.0	0	147	6.18859e-019
32.5	0	25	2.80813e-019
33.0	0	0	1.09915e-018
33.5	0	1030	6.18859e-019
34.0	0	29	8.69033e-020
34.5	0	0	1.09915e-018
35.0	0	0	1.09915e-018
35.5	0	6	6.20738e-020
36.0	0	0	1.09915e-018
36.5	0	0	1.09915e-018
37.0	0	0	1.09915e-018
37.5	0	0	1.09915e-018
38.0	0	0	1.09915e-018
38.5	0	0	1.09915e-018
39.0	0	0	1.09915e-018
39.5	0	0	1.09915e-018
40.0	0	0	1.09915e-018

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 9.63521e-018



DH\_2250\_rpm,20\_Nm(nf)\_1,cal - Mar 09 - 04:27 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: DH\_2250\_rpm,20\_Nm(nf)\_1,avg

Processing 101 Columns x 1 Rows

Processing Method: Calibrate ThermoVision

CA Repetition flame size calibration value

-10.0	0	0	1.09915e-018
-9.5	0	0	1.09915e-018
-9.0	0	0	1.09915e-018
-8.5	0	0	1.09915e-018
-8.0	0	0	1.09915e-018
-7.5	0	0	1.09915e-018
-7.0	0	0	1.09915e-018
-6.5	0	0	1.09915e-018
-6.0	0	0	1.09915e-018
-5.5	0	0	1.09915e-018
-5.0	0	0	1.09915e-018
-4.5	0	0	1.09915e-018
-4.0	0	0	1.09915e-018
-3.5	0	0	1.09915e-018
-3.0	0	0	1.09915e-018
-2.5	0	0	1.09915e-018
-2.0	0	0	1.09915e-018
-1.5	0	0	1.09915e-018
-1.0	0	0	1.09915e-018
-0.5	0	0	1.09915e-018
0.0	0	0	1.09915e-018
0.5	0	0	1.09915e-018
1.0	0	0	1.09915e-018
1.5	0	0	1.09915e-018
2.0	0	0	1.09915e-018
2.5	0	2251	4.70899e-019
3.0	0	2722	2.80899e-019
3.5	0	6414	9.82844e-019
4.0	0	22896	2.10982e-018
4.5	0	31640	7.34118e-018
5.0	0	35239	4.38414e-018
5.5	0	36601	4.1922e-018
6.0	0	49487	6.6963e-018
6.5	0	48117	5.56973e-018
7.0	0	63883	1.11971e-017
7.5	0	60200	1.2828e-017
8.0	0	69248	1.44381e-017
8.5	0	73977	1.23239e-017
9.0	0	74710	1.56024e-017
9.5	0	73132	9.4402e-018
10.0	0	73524	1.09833e-017
10.5	0	73125	1.16208e-017
11.0	0	68888	1.03046e-017
11.5	0	68254	1.14332e-017
12.0	0	70770	8.76092e-018
12.5	0	73968	1.73341e-017
13.0	0	70947	1.38747e-017
13.5	0	75285	1.2489e-017
14.0	0	72952	1.32631e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5	0	70542	1.62277e-017
15.0	0	68446	1.66785e-017
15.5	0	68892	1.51392e-017
16.0	0	67214	1.35859e-017
16.5	0	71394	1.58455e-017
17.0	0	58350	1.0178e-017
17.5	0	70110	1.30527e-017
18.0	0	69183	1.74825e-017
18.5	0	62155	1.46546e-017
19.0	0	67834	1.333e-017
19.5	0	64304	1.01009e-017
20.0	0	56556	8.87188e-018
20.5	0	66196	9.20614e-018
21.0	0	66589	1.01708e-017
21.5	0	56805	9.44163e-018
22.0	0	45635	9.34956e-018
22.5	0	53022	9.88877e-018
23.0	0	26510	8.11388e-018
23.5	0	21523	5.80166e-018
24.0	0	33527	9.01544e-018
24.5	0	29635	7.36872e-018
25.0	0	17853	6.28176e-018
25.5	0	6580	2.41856e-018
26.0	0	7917	1.40768e-018
26.5	0	3948	1.73149e-018
27.0	0	7884	1.50335e-018
27.5	0	3670	5.14823e-019
28.0	0	2853	7.48834e-019
28.5	0	1345	2.80813e-019
29.0	0	690	2.80813e-019
29.5	0	197	2.80813e-019
30.0	0	162	2.80813e-019
30.5	0	48	2.80813e-019
31.0	0	833	2.80813e-019
31.5	0	18	2.80813e-019
32.0	0	0	1.09915e-018
32.5	0	63	2.80813e-019
33.0	0	321	2.80813e-019
33.5	0	344	2.80813e-019
34.0	0	14	2.80813e-019
34.5	0	8	6.20738e-020
35.0	0	8	8.69033e-020
35.5	0	211	2.80813e-019
36.0	0	0	1.09915e-018
36.5	0	198	2.80813e-019
37.0	0	0	1.09915e-018
37.5	0	57	2.80813e-019
38.0	0	0	1.09915e-018
38.5	0	0	1.09915e-018
39.0	0	0	1.09915e-018
39.5	0	6	6.20738e-020
40.0	0	0	1.09915e-018

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 7.36872e-018

SD\_2500\_rpm,40\_Nm(nf)\_1,cal - Apr 12 - 03:18 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: SD\_(nf)\_1,avg  
 Processing 101 Columns x 1 Rows  
 Processing Method: Calibrate ThermoVision

CA	Repetition	flame size	calibration value
-10.0	0	0	1.09915e-018
-9.5	0	0	1.09915e-018
-9.0	0	0	1.09915e-018
-8.5	0	0	1.09915e-018
-8.0	0	0	1.09915e-018
-7.5	0	0	1.09915e-018
-7.0	0	0	1.09915e-018
-6.5	0	0	1.09915e-018
-6.0	0	0	1.09915e-018
-5.5	0	0	1.09915e-018
-5.0	0	0	1.09915e-018
-4.5	0	0	1.09915e-018
-4.0	0	0	1.09915e-018
-3.5	0	0	1.09915e-018
-3.0	0	0	1.09915e-018
-2.5	0	0	1.09915e-018
-2.0	0	0	1.09915e-018
-1.5	0	0	1.09915e-018
-1.0	0	0	1.09915e-018
-0.5	0	0	1.09915e-018
0.0	0	822	2.80813e-019
0.5	0	806	2.80899e-019
1.0	0	3644	2.80899e-019
1.5	0	5987	5.14823e-019
2.0	0	15172	1.26688e-018
2.5	0	24728	4.37063e-018
3.0	0	34895	6.35236e-018
3.5	0	36695	6.98573e-018
4.0	0	42397	1.2622e-017
4.5	0	41679	1.15089e-017
5.0	0	60871	1.16753e-017
5.5	0	53785	1.12627e-017
6.0	0	58659	1.21486e-017
6.5	0	75998	1.42252e-017
7.0	0	68206	1.52413e-017
7.5	0	74997	1.40419e-017
8.0	0	71564	1.21486e-017
8.5	0	74185	1.30953e-017
9.0	0	76023	1.35686e-017
9.5	0	68543	1.49886e-017
10.0	0	79832	1.40419e-017
10.5	0	80623	1.40419e-017
11.0	0	77832	1.2622e-017
11.5	0	76428	1.35686e-017
12.0	0	81141	1.2622e-017
12.5	0	83031	1.71373e-017
13.0	0	85403	2.25233e-017
13.5	0	80199	1.55213e-017
14.0	0	82167	1.87485e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5	0	76473	1.55397e-017
15.0	0	79314	1.94517e-017
15.5	0	74801	1.62539e-017
16.0	0	73406	1.96705e-017
16.5	0	83929	1.64433e-017
17.0	0	84386	1.87485e-017
17.5	0	79032	1.64433e-017
18.0	0	76553	1.63951e-017
18.5	0	70581	1.27636e-017
19.0	0	70546	1.16904e-017
19.5	0	71435	1.0125e-017
20.0	0	63290	1.16904e-017
20.5	0	67571	7.84112e-018
21.0	0	62346	8.19199e-018
21.5	0	44894	4.44328e-018
22.0	0	40371	4.7765e-018
22.5	0	36546	3.0427e-018
23.0	0	28040	3.0427e-018
23.5	0	8161	2.23861e-018
24.0	0	8003	2.23861e-018
24.5	0	21910	1.85207e-018
25.0	0	3594	1.4152e-018
25.5	0	2786	9.93535e-019
26.0	0	15798	9.93535e-019
26.5	0	6296	9.93535e-019
27.0	0	972	6.18859e-019
27.5	0	3367	6.18859e-019
28.0	0	1304	9.93535e-019
28.5	0	375	2.80813e-019
29.0	0	247	2.80813e-019
29.5	0	774	2.80813e-019
30.0	0	193	2.80813e-019
30.5	0	747	6.18859e-019
31.0	0	0	4.39661e-018
31.5	0	532	6.18859e-019
32.0	0	760	2.28105e-018
32.5	0	38	6.20738e-020
33.0	0	1234	6.18859e-019
33.5	0	983	1.42566e-018
34.0	0	856	6.18859e-019
34.5	0	70	2.80813e-019
35.0	0	0	1.09915e-018
35.5	0	49	6.20738e-020
36.0	0	185	6.20738e-020
36.5	0	0	1.09915e-018
37.0	0	812	2.80813e-019
37.5	0	0	1.09915e-018
38.0	0	242	6.20738e-020
38.5	0	0	1.09915e-018
39.0	0	101	6.20738e-020
39.5	0	1	5.70264e-019
40.0	0	0	4.39661e-018

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 4.7765e-018

DH\_2500\_rpm,40\_Nm(nf)\_1,cal - Apr 14 - 05:29 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: DH\_(nf)\_1,avg  
 Processing 101 Columns x 1 Rows  
 Processing Method: Calibrate ThermoVision  
 CA Repetition flame size calibration value

-10.0 0 0 1.09915e-018  
 -9.5 0 0 1.09915e-018  
 -9.0 0 0 1.09915e-018  
 -8.5 0 0 1.09915e-018  
 -8.0 0 0 1.09915e-018  
 -7.5 0 0 1.09915e-018  
 -7.0 0 0 1.09915e-018  
 -6.5 0 0 1.09915e-018  
 -6.0 0 0 1.09915e-018  
 -5.5 0 0 1.09915e-018  
 -5.0 0 0 1.09915e-018  
 -4.5 0 0 1.09915e-018  
 -4.0 0 0 1.09915e-018  
 -3.5 0 0 1.09915e-018  
 -3.0 0 0 1.09915e-018  
 -2.5 0 0 1.09915e-018  
 -2.0 0 0 1.09915e-018  
 -1.5 0 0 1.09915e-018  
 -1.0 0 0 1.09915e-018  
 -0.5 0 0 1.09915e-018  
 0.0 0 0 1.09915e-018  
 0.5 0 0 1.09915e-018  
 1.0 0 0 1.09915e-018  
 1.5 0 0 1.09915e-018  
 2.0 0 133 2.80813e-019  
 2.5 0 0 1.09915e-018  
 3.0 0 2979 5.14823e-019  
 3.5 0 3641 2.80813e-019  
 4.0 0 10973 1.4152e-018  
 4.5 0 14769 1.85207e-018  
 5.0 0 30412 5.27494e-018  
 5.5 0 32018 4.41954e-018  
 6.0 0 35946 3.56415e-018  
 6.5 0 47788 6.15859e-018  
 7.0 0 55266 5.74282e-018  
 7.5 0 50130 4.85954e-018  
 8.0 0 51073 4.85954e-018  
 8.5 0 64296 5.31015e-018  
 9.0 0 73597 5.74282e-018  
 9.5 0 81165 7.50687e-018  
 10.0 0 72621 7.77282e-018  
 10.5 0 65800 7.45132e-018  
 11.0 0 76666 6.55845e-018  
 11.5 0 85984 8.58883e-018  
 12.0 0 78518 7.77282e-018  
 12.5 0 74045 5.74282e-018  
 13.0 0 72957 9.53217e-018  
 13.5 0 63170 7.45132e-018  
 14.0 0 67782 7.77282e-018

CA Repetition flame size calibration value

14.5 0 70606 7.45132e-018  
 15.0 0 76124 7.07622e-018  
 15.5 0 83922 1.07678e-017  
 16.0 0 69454 7.07622e-018  
 16.5 0 66630 9.53217e-018  
 17.0 0 77221 9.88787e-018  
 17.5 0 76052 1.27878e-017  
 18.0 0 83934 1.36441e-017  
 18.5 0 89103 1.15596e-017  
 19.0 0 81812 9.88787e-018  
 19.5 0 85868 1.3875e-017  
 20.0 0 80472 8.31126e-018  
 20.5 0 74896 8.18965e-018  
 21.0 0 72501 6.15859e-018  
 21.5 0 84426 1.07678e-017  
 22.0 0 53294 3.56415e-018  
 22.5 0 69076 6.55845e-018  
 23.0 0 75168 5.27494e-018  
 23.5 0 53026 2.23861e-018  
 24.0 0 28826 1.90428e-018  
 24.5 0 21396 2.23861e-018  
 25.0 0 43093 2.70875e-018  
 25.5 0 41777 4.41954e-018  
 26.0 0 12203 2.23861e-018  
 26.5 0 10821 1.85207e-018  
 27.0 0 4502 2.80899e-019  
 27.5 0 6823 8.29984e-019  
 28.0 0 8988 6.18859e-019  
 28.5 0 3862 6.18859e-019  
 29.0 0 5192 2.80813e-019  
 29.5 0 379 6.20738e-020  
 30.0 0 1110 2.80813e-019  
 30.5 0 1287 6.18859e-019  
 31.0 0 876 2.80813e-019  
 31.5 0 923 2.80813e-019  
 32.0 0 263 2.80813e-019  
 32.5 0 122 6.20738e-020  
 33.0 0 351 2.80813e-019  
 33.5 0 150 6.20738e-020  
 34.0 0 38 6.20738e-020  
 34.5 0 359 2.80813e-019  
 35.0 0 231 2.80813e-019  
 35.5 0 0 1.09915e-018  
 36.0 0 411 2.80813e-019  
 36.5 0 118 6.20738e-020  
 37.0 0 396 2.80813e-019  
 37.5 0 0 1.09915e-018  
 38.0 0 178 6.20738e-020  
 38.5 0 0 1.09915e-018  
 39.0 0 746 2.80813e-019  
 39.5 0 0 1.09915e-018  
 40.0 0 0 1.09915e-018

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 4.41954e-018

SD\_2750\_rpm,20\_Nm(nf)\_1,cal\_1 - Mar 09 - 07:51 AM -

Base Record Type: Evaluation

Base Record: SD\_2750\_rpm,20\_Nm(nf)\_1,avg

Processing 101 Columns x 1 Rows

Processing Method: Calibrate ThermoVision

CA Repetition flame size calibration value

-10.0	0	0	1.09915e-018
-9.5	0	0	1.09915e-018
-9.0	0	0	1.09915e-018
-8.5	0	0	1.09915e-018
-8.0	0	0	1.09915e-018
-7.5	0	0	1.09915e-018
-7.0	0	0	1.09915e-018
-6.5	0	0	1.09915e-018
-6.0	0	0	1.09915e-018
-5.5	0	0	1.09915e-018
-5.0	0	0	1.09915e-018
-4.5	0	0	1.09915e-018
-4.0	0	0	1.09915e-018
-3.5	0	0	1.09915e-018
-3.0	0	0	1.09915e-018
-2.5	0	0	1.09915e-018
-2.0	0	0	1.09915e-018
-1.5	0	0	1.09915e-018
-1.0	0	0	1.09915e-018
-0.5	0	0	1.09915e-018
0.0	0	0	1.09915e-018
0.5	0	90	1.11733e-019
1.0	0	1558	2.48132e-019
1.5	0	3592	3.88164e-019
2.0	0	11651	1.17423e-018
2.5	0	26208	2.0213e-018
3.0	0	30659	2.77269e-018
3.5	0	40830	8.8334e-018
4.0	0	44085	4.98575e-018
4.5	0	52280	6.36758e-018
5.0	0	50541	1.08479e-017
5.5	0	60639	8.01948e-018
6.0	0	67375	1.16298e-017
6.5	0	69515	1.20897e-017
7.0	0	69748	8.87031e-018
7.5	0	68779	1.39612e-017
8.0	0	62606	9.83972e-018
8.5	0	60860	9.52007e-018
9.0	0	64482	9.30823e-018
9.5	0	58641	8.59532e-018
10.0	0	23650	4.19343e-018
10.5	0	53050	6.48052e-018
11.0	0	44376	9.78164e-018
11.5	0	60118	1.17279e-017
12.0	0	46321	6.74746e-018
12.5	0	46340	7.96857e-018
13.0	0	47604	8.89441e-018
13.5	0	60279	8.31489e-018
14.0	0	63861	8.26953e-018

CA Repetition flame size calibration value

14.5	0	47035	6.55058e-018
15.0	0	55986	9.43194e-018
15.5	0	48913	7.44384e-018
16.0	0	51953	7.30776e-018
16.5	0	46332	8.27764e-018
17.0	0	55326	6.86775e-018
17.5	0	31952	6.78578e-018
18.0	0	50100	6.14285e-018
18.5	0	19969	5.5987e-018
19.0	0	10569	4.72701e-018
19.5	0	24751	2.77269e-018
20.0	0	24724	1.50335e-018
20.5	0	13214	2.20195e-018
21.0	0	16564	1.57502e-018
21.5	0	5389	2.02717e-018
22.0	0	4395	9.82844e-019
22.5	0	4007	7.48834e-019
23.0	0	494	2.80813e-019
23.5	0	1273	5.14823e-019
24.0	0	1242	7.48834e-019
24.5	0	1143	1.16895e-018
25.0	0	1858	5.14823e-019
25.5	0	890	6.18859e-019
26.0	0	502	5.14823e-019
26.5	0	646	5.14823e-019
27.0	0	737	6.18859e-019
27.5	0	148	6.18859e-019
28.0	0	670	2.80813e-019
28.5	0	241	2.80813e-019
29.0	0	19	2.80813e-019
29.5	0	66	2.80813e-019
30.0	0	86	8.69033e-020
30.5	0	47	2.80813e-019
31.0	0	29	2.80813e-019
31.5	0	108	2.80813e-019
32.0	0	0	1.09915e-018
32.5	0	0	1.09915e-018
33.0	0	0	1.09915e-018
33.5	0	0	1.09915e-018
34.0	0	0	1.09915e-018
34.5	0	0	1.09915e-018
35.0	0	202	2.80813e-019
35.5	0	0	1.09915e-018
36.0	0	0	1.09915e-018
36.5	0	0	1.09915e-018
37.0	0	0	1.09915e-018
37.5	0	0	1.09915e-018
38.0	0	0	1.09915e-018
38.5	0	0	1.09915e-018
39.0	0	0	1.09915e-018
39.5	0	0	1.09915e-018
40.0	0	0	1.09915e-018

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 4.19343e-018

DH\_2750\_rpm,20\_Nm(nf)\_1,cal\_2 - Mar 09 - 05:54 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: DH\_2750\_rpm,20\_Nm(nf)\_1,avg\_2

Processing 101 Columns x 1 Rows

Processing Method: Calibrate ThermoVision

CA Repetition flame size calibration value

CA	Repetition	flame size	calibration value
-10.0	0	0	1.09915e-018
-9.5	0	0	1.09915e-018
-9.0	0	0	1.09915e-018
-8.5	0	0	1.09915e-018
-8.0	0	0	1.09915e-018
-7.5	0	0	1.09915e-018
-7.0	0	0	1.09915e-018
-6.5	0	0	1.09915e-018
-6.0	0	0	1.09915e-018
-5.5	0	0	1.09915e-018
-5.0	0	0	1.09915e-018
-4.5	0	0	1.09915e-018
-4.0	0	0	1.09915e-018
-3.5	0	0	1.09915e-018
-3.0	0	0	1.09915e-018
-2.5	0	0	1.09915e-018
-2.0	0	0	1.09915e-018
-1.5	0	0	1.09915e-018
-1.0	0	0	1.09915e-018
-0.5	0	0	1.09915e-018
0.0	0	0	1.09915e-018
0.5	0	0	1.09915e-018
1.0	0	0	1.09915e-018
1.5	0	0	1.09915e-018
2.0	0	0	1.09915e-018
2.5	0	0	1.09915e-018
3.0	0	0	1.09915e-018
3.5	0	0	1.09915e-018
4.0	0	1885	3.15603e-019
4.5	0	11003	7.48834e-019
5.0	0	1553	2.80899e-019
5.5	0	6738	1.04098e-018
6.0	0	11326	1.71905e-018
6.5	0	23306	4.44328e-018
7.0	0	23113	1.68488e-018
7.5	0	32385	6.38594e-018
8.0	0	41652	6.24145e-018
8.5	0	49497	5.89405e-018
9.0	0	46004	1.09066e-017
9.5	0	48987	7.36872e-018
10.0	0	55856	1.14946e-017
10.5	0	59841	1.02572e-017
11.0	0	57777	1.52882e-017
11.5	0	61818	1.50397e-017
12.0	0	63668	1.23472e-017
12.5	0	50362	6.77798e-018
13.0	0	62552	7.33099e-018
13.5	0	74508	1.53715e-017
14.0	0	71693	1.06885e-017

CA Repetition flame size calibration value

CA	Repetition	flame size	calibration value
14.5	0	58236	1.11124e-017
15.0	0	68679	1.29645e-017
15.5	0	67373	1.17844e-017
16.0	0	61829	8.80281e-018
16.5	0	67483	1.74833e-017
17.0	0	55955	8.01948e-018
17.5	0	61112	1.52712e-017
18.0	0	64039	1.58413e-017
18.5	0	67879	9.376e-018
19.0	0	68264	1.37539e-017
19.5	0	63495	9.376e-018
20.0	0	62391	1.01423e-017
20.5	0	60521	7.87046e-018
21.0	0	62915	1.26558e-017
21.5	0	62681	1.01423e-017
22.0	0	55490	8.07278e-018
22.5	0	68624	1.06218e-017
23.0	0	42238	1.06612e-017
23.5	0	67109	8.6735e-018
24.0	0	37994	7.7238e-018
24.5	0	48325	6.35591e-018
25.0	0	49208	6.97793e-018
25.5	0	50250	4.27048e-018
26.0	0	53218	6.0734e-018
26.5	0	51414	4.35385e-018
27.0	0	28821	2.48098e-018
27.5	0	42309	3.34101e-018
28.0	0	20388	1.95173e-018
28.5	0	23357	2.20195e-018
29.0	0	16736	1.4152e-018
29.5	0	31487	3.19375e-018
30.0	0	50860	2.23861e-018
30.5	0	6821	1.53092e-018
31.0	0	1446	5.14823e-019
31.5	0	6343	1.53092e-018
32.0	0	14175	3.86615e-018
32.5	0	22097	2.65407e-018
33.0	0	10161	6.18859e-019
33.5	0	116	2.80813e-019
34.0	0	7454	1.85207e-018
34.5	0	0	1.09915e-018
35.0	0	1579	4.70899e-019
35.5	0	359	5.14823e-019
36.0	0	401	2.80813e-019
36.5	0	20730	1.53092e-018
37.0	0	864	8.29984e-019
37.5	0	60	2.80813e-019
38.0	0	173	2.80813e-019
38.5	0	0	1.09915e-018
39.0	0	77	2.80813e-019
39.5	0	0	1.09915e-018
40.0	0	897	6.18859e-019

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 6.24145e-018

SD\_2750\_rpm,40\_Nm(nf)\_1,cal - Apr 12 - 04:04 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: SD\_(nf)\_1,avg  
 Processing 101 Columns x 1 Rows  
 Processing Method: Calibrate ThermoVision  
 CA Repetition flame size calibration value

-10.0	0	0	1.09915e-018
-9.5	0	0	1.09915e-018
-9.0	0	0	1.09915e-018
-8.5	0	0	1.09915e-018
-8.0	0	0	1.09915e-018
-7.5	0	0	1.09915e-018
-7.0	0	0	1.09915e-018
-6.5	0	0	1.09915e-018
-6.0	0	0	1.09915e-018
-5.5	0	0	1.09915e-018
-5.0	0	0	1.09915e-018
-4.5	0	0	1.09915e-018
-4.0	0	0	1.09915e-018
-3.5	0	0	1.09915e-018
-3.0	0	0	1.09915e-018
-2.5	0	0	1.09915e-018
-2.0	0	0	1.09915e-018
-1.5	0	0	1.09915e-018
-1.0	0	0	1.09915e-018
-0.5	0	0	1.09915e-018
0.0	0	31	8.69033e-020
0.5	0	941	2.80813e-019
1.0	0	7373	6.18859e-019
1.5	0	3247	6.18859e-019
2.0	0	6946	4.70899e-019
2.5	0	24990	3.44643e-018
3.0	0	19648	5.12348e-018
3.5	0	37120	6.94764e-018
4.0	0	45410	8.97217e-018
4.5	0	43624	1.01425e-017
5.0	0	54452	1.40419e-017
5.5	0	55735	1.45153e-017
6.0	0	66454	1.16753e-017
6.5	0	77810	2.18832e-017
7.0	0	76236	1.79523e-017
7.5	0	79211	1.94484e-017
8.0	0	77099	2.05926e-017
8.5	0	78015	1.79523e-017
9.0	0	81115	1.89497e-017
9.5	0	82354	1.96705e-017
10.0	0	85694	2.28558e-017
10.5	0	82501	2.01316e-017
11.0	0	85485	1.87695e-017
11.5	0	82685	1.70341e-017
12.0	0	78720	2.01316e-017
12.5	0	79676	1.96705e-017
13.0	0	77274	1.98167e-017
13.5	0	78000	1.75454e-017
14.0	0	77789	2.10536e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5	0	78608	1.74242e-017
15.0	0	77751	1.85336e-017
15.5	0	79425	2.12176e-017
16.0	0	82699	1.73654e-017
16.5	0	80012	1.83614e-017
17.0	0	80044	1.76782e-017
17.5	0	70945	1.20421e-017
18.0	0	71439	8.56464e-018
18.5	0	80582	1.55213e-017
19.0	0	78001	9.39305e-018
19.5	0	70507	9.55191e-018
20.0	0	61656	6.50264e-018
20.5	0	73829	9.75236e-018
21.0	0	56995	5.12348e-018
21.5	0	29007	5.60502e-018
22.0	0	31812	4.75752e-018
22.5	0	29659	5.19755e-018
23.0	0	25418	4.30283e-018
23.5	0	20708	2.65407e-018
24.0	0	15691	2.65407e-018
24.5	0	7407	2.65407e-018
25.0	0	7389	3.13645e-018
25.5	0	6994	1.4152e-018
26.0	0	9442	2.23861e-018
26.5	0	6838	1.85207e-018
27.0	0	11136	1.4152e-018
27.5	0	10791	1.85207e-018
28.0	0	2153	6.18859e-019
28.5	0	3167	6.18859e-019
29.0	0	1752	6.18859e-019
29.5	0	1502	2.80813e-019
30.0	0	1312	6.18859e-019
30.5	0	3146	6.18859e-019
31.0	0	2082	6.18859e-019
31.5	0	1685	9.93535e-019
32.0	0	1177	9.93535e-019
32.5	0	1467	2.80813e-019
33.0	0	543	6.18859e-019
33.5	0	428	2.80813e-019
34.0	0	2264	2.80813e-019
34.5	0	640	2.80813e-019
35.0	0	346	2.80813e-019
35.5	0	117	6.20738e-020
36.0	0	202	2.80813e-019
36.5	0	1004	6.18859e-019
37.0	0	1349	6.18859e-019
37.5	0	1633	2.80813e-019
38.0	0	352	2.80813e-019
38.5	0	302	6.20738e-020
39.0	0	48	6.20738e-020
39.5	0	30	6.20738e-020
40.0	0	0	1.09915e-018

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 4.75752e-018



DH\_2750\_rpm,40\_Nm(nf)\_2,cal - Apr 14 - 06:20 PM -

Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: DH\_(nf)\_2,avg  
 Processing 101 Columns x 1 Rows  
 Processing Method: Calibrate ThermoVision  
 CA Repetition flame size calibration value

-10.0 0 0 1.09915e-018  
 -9.5 0 0 1.09915e-018  
 -9.0 0 0 1.09915e-018  
 -8.5 0 0 1.09915e-018  
 -8.0 0 0 1.09915e-018  
 -7.5 0 0 1.09915e-018  
 -7.0 0 0 1.09915e-018  
 -6.5 0 0 1.09915e-018  
 -6.0 0 0 1.09915e-018  
 -5.5 0 0 1.09915e-018  
 -5.0 0 0 1.09915e-018  
 -4.5 0 0 1.09915e-018  
 -4.0 0 0 1.09915e-018  
 -3.5 0 0 1.09915e-018  
 -3.0 0 0 1.09915e-018  
 -2.5 0 0 1.09915e-018  
 -2.0 0 0 1.09915e-018  
 -1.5 0 0 1.09915e-018  
 -1.0 0 0 1.09915e-018  
 -0.5 0 0 1.09915e-018  
 0.0 0 0 1.09915e-018  
 0.5 0 0 1.09915e-018  
 1.0 0 0 1.09915e-018  
 1.5 0 0 1.09915e-018  
 2.0 0 0 6.59492e-018  
 2.5 0 0 1.09915e-018  
 3.0 0 0 1.09915e-018  
 3.5 0 2860 4.70899e-019  
 4.0 0 1369 4.70899e-019  
 4.5 0 5286 1.16895e-018  
 5.0 0 9394 7.48834e-019  
 5.5 0 21505 2.9853e-018  
 6.0 0 29876 5.97869e-018  
 6.5 0 32716 3.0427e-018  
 7.0 0 56659 7.84112e-018  
 7.5 0 53400 7.84112e-018  
 8.0 0 66526 1.16133e-017  
 8.5 0 48167 5.27494e-018  
 9.0 0 68136 1.72505e-017  
 9.5 0 63490 8.19199e-018  
 10.0 0 73270 1.40419e-017  
 10.5 0 70456 1.15089e-017  
 11.0 0 74505 1.57494e-017  
 11.5 0 82130 1.82875e-017  
 12.0 0 79007 1.46843e-017  
 12.5 0 71322 9.97961e-018  
 13.0 0 75510 1.50603e-017  
 13.5 0 79877 1.5112e-017  
 14.0 0 75065 1.23647e-017

CA Repetition flame size calibration value

14.5 0 77225 1.79523e-017  
 15.0 0 71889 1.29735e-017  
 15.5 0 69405 1.29735e-017  
 16.0 0 73273 1.34012e-017  
 16.5 0 79756 1.73654e-017  
 17.0 0 73049 1.46891e-017  
 17.5 0 69940 9.75236e-018  
 18.0 0 73430 1.59823e-017  
 18.5 0 72141 1.1567e-017  
 19.0 0 78401 1.35686e-017  
 19.5 0 75622 1.12627e-017  
 20.0 0 76844 6.98573e-018  
 20.5 0 76117 1.06612e-017  
 21.0 0 75775 9.55191e-018  
 21.5 0 70833 8.97217e-018  
 22.0 0 74220 9.55191e-018  
 22.5 0 66115 8.26882e-018  
 23.0 0 58844 4.30283e-018  
 23.5 0 52786 6.35236e-018  
 24.0 0 60627 5.65909e-018  
 24.5 0 42031 3.16636e-018  
 25.0 0 40598 4.6365e-018  
 25.5 0 45021 2.65407e-018  
 26.0 0 24843 3.0427e-018  
 26.5 0 14584 2.23861e-018  
 27.0 0 15047 1.85207e-018  
 27.5 0 21480 1.4152e-018  
 28.0 0 21966 2.29304e-018  
 28.5 0 10387 1.85207e-018  
 29.0 0 12503 9.93535e-019  
 29.5 0 6474 9.93535e-019  
 30.0 0 2114 6.18859e-019  
 30.5 0 2549 6.18859e-019  
 31.0 0 2374 6.18859e-019  
 31.5 0 741 2.80813e-019  
 32.0 0 2487 6.18859e-019  
 32.5 0 13949 9.93535e-019  
 33.0 0 2906 6.18859e-019  
 33.5 0 724 2.80813e-019  
 34.0 0 478 2.80813e-019  
 34.5 0 911 2.80813e-019  
 35.0 0 422 2.80813e-019  
 35.5 0 1650 6.18859e-019  
 36.0 0 349 2.80813e-019  
 36.5 0 399 2.80813e-019  
 37.0 0 1140 2.80813e-019  
 37.5 0 753 2.80813e-019  
 38.0 0 260 6.20738e-020  
 38.5 0 419 6.20738e-020  
 39.0 0 485 2.80813e-019  
 39.5 0 597 2.80813e-019  
 40.0 0 394 2.80813e-019

TV Calibration Value: Red kcorr, opt= 4.30283e-018















































DH\_2750\_rpm,20\_Nm(nf)\_1,temp2 - Mar 09 - 06:00 PM -  
 Base Record Type: Evaluation  
 Base Record: DH\_2750\_rpm,20\_Nm(nf)\_1,avg\_2  
 Processing 101 Columns x 1 Rows  
 Processing Method: ThermoVision for Diesel Flame  
 Calibration Value: 6.24145e-018

CA	Repetition	flame size	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
-10.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-9.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-9.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-8.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-8.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-7.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-7.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-6.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-6.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-5.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-5.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-4.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-4.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-3.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-3.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-2.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-2.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-1.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-1.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
-0.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
0.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
0.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
1.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
1.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
2.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
2.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
3.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
3.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
4.0	0	1467	2466	2560	2565	2570	2574	2579	2674
4.5	0	9020	2366	2423	2447	2560	2565	2570	2574
5.0	0	966	2423	2560	2565	2570	2574	2579	2584
5.5	0	4644	2248	2333	2366	2423	2447	2560	2565
6.0	0	8759	2286	2362	2423	2447	2560	2565	2570
6.5	0	20099	2225	2272	2314	2366	2423	2560	2565
7.0	0	21381	2310	2362	2390	2442	2485	2560	2565
7.5	0	29888	2262	2305	2333	2385	2447	2560	2565
8.0	0	38126	2248	2296	2324	2366	2423	2522	2560
8.5	0	44545	2248	2291	2324	2366	2423	2508	2560
9.0	0	40747	2234	2272	2310	2343	2409	2489	2560
9.5	0	43747	2239	2286	2324	2362	2423	2522	2560
10.0	0	51606	2239	2286	2329	2366	2433	2522	2574
10.5	0	54217	2248	2296	2333	2371	2442	2537	2560
11.0	0	52066	2248	2291	2333	2366	2423	2508	2560
11.5	0	57989	2244	2281	2310	2352	2409	2494	2560
12.0	0	60576	2281	2310	2343	2385	2447	2560	2565
12.5	0	43180	2248	2281	2314	2362	2423	2527	2574
13.0	0	58853	2281	2314	2343	2390	2447	2560	2584
13.5	0	73843	2272	2305	2329	2366	2423	2503	2584

CA	Repetition	flame size	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
14.0	0	70113	2286	2329	2362	2400	2466	2522	2584
14.5	0	51153	2267	2300	2333	2371	2433	2541	2584
15.0	0	66864	2267	2319	2362	2395	2447	2522	2584
15.5	0	64929	2267	2305	2333	2366	2423	2508	2560
16.0	0	60325	2305	2348	2390	2447	2494	2560	2584
16.5	0	65410	2281	2314	2352	2385	2442	2508	2560
17.0	0	53827	2267	2314	2362	2409	2485	2560	2584
17.5	0	56209	2239	2281	2333	2366	2423	2527	2560
18.0	0	60162	2267	2314	2362	2395	2451	2560	2565
18.5	0	66962	2291	2324	2362	2418	2480	2560	2584
19.0	0	65959	2272	2314	2362	2395	2447	2560	2584
19.5	0	61160	2281	2310	2343	2390	2447	2560	2565
20.0	0	58922	2258	2310	2348	2404	2466	2560	2565
20.5	0	58250	2267	2324	2362	2409	2466	2560	2584
21.0	0	60468	2262	2305	2333	2385	2447	2560	2584
21.5	0	60758	2272	2310	2348	2400	2461	2560	2565
22.0	0	51986	2239	2281	2314	2366	2423	2522	2560
22.5	0	66850	2225	2281	2324	2376	2447	2560	2584
23.0	0	38976	2206	2248	2291	2333	2404	2503	2584
23.5	0	61371	2220	2262	2305	2352	2423	2522	2584
24.0	0	32834	2281	2333	2390	2442	2508	2560	2584
24.5	0	45665	2281	2333	2366	2423	2466	2560	2584
25.0	0	46734	2248	2310	2366	2423	2466	2560	2565
25.5	0	47887	2248	2310	2366	2409	2466	2560	2565
26.0	0	47944	2182	2244	2291	2366	2423	2560	2565
26.5	0	48806	2239	2286	2319	2366	2423	2560	2565
27.0	0	24308	2305	2366	2423	2485	2560	2565	2584
27.5	0	35682	2229	2305	2366	2423	2447	2560	2565
28.0	0	11806	2281	2333	2390	2447	2485	2560	2565
28.5	0	18031	2291	2338	2371	2447	2560	2565	2570
29.0	0	11616	2248	2333	2366	2447	2560	2565	2570
29.5	0	27051	2206	2291	2362	2423	2485	2560	2565
30.0	0	44204	2201	2291	2333	2390	2447	2560	2565
30.5	0	3820	2229	2281	2333	2366	2423	2560	2565
31.0	0	460	2366	2371	2376	2560	2565	2570	2574
31.5	0	4247	2248	2291	2366	2390	2447	2560	2565
32.0	0	10064	2121	2154	2206	2248	2333	2423	2560
32.5	0	16447	2154	2206	2248	2333	2366	2466	2560
33.0	0	1545	2229	2366	2371	2560	2565	2570	2574
33.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
34.0	0	4042	2121	2201	2229	2291	2366	2423	2560
34.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
35.0	0	821	2366	2423	2560	2565	2570	2574	2579
35.5	0	106	2229	2366	2371	2560	2565	2570	2574
36.0	0	31	2560	2565	2570	2574	2579	2584	2588
36.5	0	11566	2229	2248	2366	2371	2423	2560	2565
37.0	0	634	2229	2333	2366	2423	2428	2560	2565
37.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
38.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
38.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
39.0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
39.5	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
40.0	0	139	2366	2371	2376	2560	2565	2570	2574





SD_720_rpm,0_Nm(nf)_1,prob - Apr 05 - 06:50 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: SD_720_rpm,0_Nm(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 100 Processing Method: Probability	DH_720_rpm,0_Nm(nf)_2,prob - Apr 05 - 07:46 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: DH_720_rpm,0_Nm(nf)_2 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 60 Processing Method: Probability
SD_1000_rpm,20_Nm(nf)_1,prob - Apr 12 - 02:10 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: SD_(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 75 Processing Method: Probability	DH_1000_rpm,20_Nm(nf)_1,prob - Apr 14 - 04:40 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: DH_(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 50 Processing Method: Probability
SD_1000_rpm,30_Nm(nf)_2,prob - Apr 05 - 07:22 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: SD_1000_rpm,30_Nm(nf)_2 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 80 Processing Method: Probability	DH_1000_rpm,30_Nm(nf)_1,prob - Apr 05 - 08:47 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: DH_1000_rpm,30_Nm(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 80 Processing Method: Probability
SD_2000_rpm,30_Nm(nf)_2,prob - Apr 05 - 07:28 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: SD_2000_rpm,30_Nm(nf)_2 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 100 Processing Method: Probability	DH_2000_rpm,30_Nm(nf)_1,prob - Apr 05 - 09:09 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: DH_2000_rpm,30_Nm(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 100 Processing Method: Probability
SD_2000_rpm,50_Nm(nf)_1,prob1 - Apr 05 - 08:32 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: SD_2000_rpm,50_Nm(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 80 Processing Method: Probability	DH_2000_rpm,50_Nm(nf)_2,prob - Apr 05 - 09:16 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: DH_2000_rpm,50_Nm(nf)_2 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 85 Processing Method: Probability
SD_2250_rpm,10_Nm(nf)_1,prob - Apr 12 - 02:49 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: SD_(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 85 Processing Method: Probability	DH_2250_rpm,10_Nm(nf)_1,prob - Apr 14 - 05:18 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: DH_(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 60 Processing Method: Probability
SD_2250_rpm,20_Nm(nf)_1,prob - Apr 05 - 06:59 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: SD_2250_rpm,20_Nm(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 100 Processing Method: Probability	DH_2250_rpm,20_Nm(nf)_1,prob - Apr 05 - 07:53 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: DH_2250_rpm,20_Nm(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 80 Processing Method: Probability

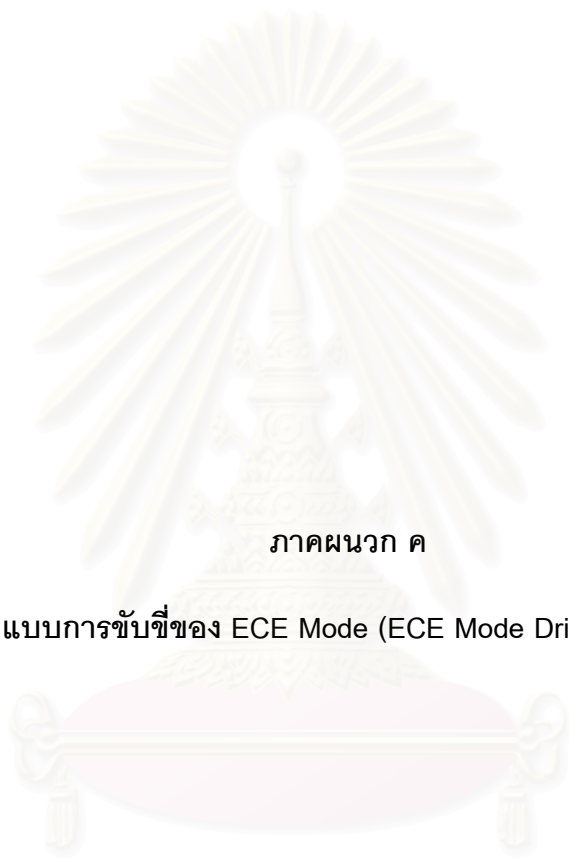
SD_2500_rpm,40_Nm(nf)_1,prob - Apr 12 - 03:33 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: SD_(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 70 Processing Method: Probability	DH_2500_rpm,40_Nm(nf)_1,prob - Apr 14 - 05:47 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: DH_(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 50 Processing Method: Probability
SD_2750_rpm,20_Nm(nf)_1,prob - Apr 05 - 07:05 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: SD_2750_rpm,20_Nm(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 100 Processing Method: Probability	DH_2750_rpm,20_Nm(nf)_1,prob1 - Apr 07 - 01:19 AM - Base Record Type: Measurement Base Record: DH_2750_rpm,20_Nm(nf)_1 Processing 101 Columns x 5 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 100 Processing Method: Probability
SD_2750_rpm,40_Nm(nf)_1,prob - Apr 12 - 04:19 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: SD_(nf)_1 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 60 Processing Method: Probability	DH_2750_rpm,40_Nm(nf)_2,prob - Apr 14 - 06:36 PM - Base Record Type: Measurement Base Record: DH_(nf)_2 Processing 101 Columns x 7 Rows Probability Distribution: Threshold (Blue Channel) 60 Processing Method: Probability

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SD_720_rpm,0_Nm(nf)_1,soot - Mar 09 - 05:14 AM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_720_rpm,0_Nm(nf)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 1.59132e-017 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7	DH_720_rpm,0_Nm(nf)_2,soot - Mar 09 - 06:29 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_720_rpm,0_Nm(nf)_2,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 3.44643e-018 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7
SD_1000_rpm,20_Nm(nf)_1,soot - Apr 12 - 02:06 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_(nf)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 1.04073e-017 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7	DH_1000_rpm,20_Nm(nf)_1,soot - Apr 14 - 04:37 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_(nf)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 1.11681e-017 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7
SD_1000_rpm,30_Nm(nf)_2,soot - Mar 09 - 04:05 AM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_1000_rpm,30_Nm(nf)_2,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 1.29735e-017 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7	DH_1000_rpm,30_Nm(nf)_1,soot - Mar 09 - 04:15 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_1000_rpm,30_Nm(nf)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 1.07693e-017 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7
SD_2000_rpm,30_Nm(nf)_2,soot - Mar 09 - 08:53 AM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_2000_rpm,30_Nm(nf)_2,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 1.03993e-017 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7	DH_2000_rpm,30_Nm(nf)_1,soot - Mar 09 - 05:40 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_2000_rpm,30_Nm(nf)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 7.85635e-018 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7
SD_2000_rpm,50_Nm(nf)_1,soot_2 - Mar 09 - 09:19 AM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_2000_rpm,50_Nm(nf)_1,avg_2 Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 1.34621e-017 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7	DH_2000_rpm,50_Nm(nf)_2,soot - Mar 09 - 05:05 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_2000_rpm,50_Nm(nf)_2,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 9.24083e-018 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7



SD_2250_rpm,10_Nm(nf)_1,soot - Apr 12 - 02:45 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_(nf)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 9.14967e-018 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7	DH_2250_rpm,10_Nm(nf)_1,soot - Apr 14 - 05:13 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_(nf)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 9.20614e-018 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7
SD_2250_rpm,20_Nm(nf)_1,soot - Mar 09 - 08:32 AM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_2250_rpm,20_Nm(nf)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 9.63521e-018 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7	DH_2250_rpm,20_Nm(nf)_1,soot - Mar 09 - 04:38 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_2250_rpm,20_Nm(nf)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 7.36872e-018 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7
SD_2500_rpm,40_Nm(nf)_1,soot - Apr 12 - 03:30 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_(nf)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 4.7765e-018 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7	DH_2500_rpm,40_Nm(nf)_1,soot - Apr 14 - 05:41 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_(nf)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 4.41954e-018 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7
SD_2750_rpm,20_Nm(nf)_1,soot - Mar 09 - 08:08 AM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_2750_rpm,20_Nm(nf)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 4.19343e-018 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7	DH_2750_rpm,20_Nm(nf)_1,soot2 - Mar 09 - 06:06 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_2750_rpm,20_Nm(nf)_1,avg_2 Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 6.24145e-018 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7
SD_2750_rpm,40_Nm(nf)_1,soot - Apr 12 - 04:16 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: SD_(nf)_1,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 4.75752e-018 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7	DH_2750_rpm,40_Nm(nf)_2,soot - Apr 14 - 06:31 PM - Base Record Type: Evaluation Base Record: DH_(nf)_2,avg Processing 101 Columns x 1 Rows Processing Method: Derive Soot Concentration Calibration Value: 4.30283e-018 CA Repetition flame size T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7



ภาคผนวก ค

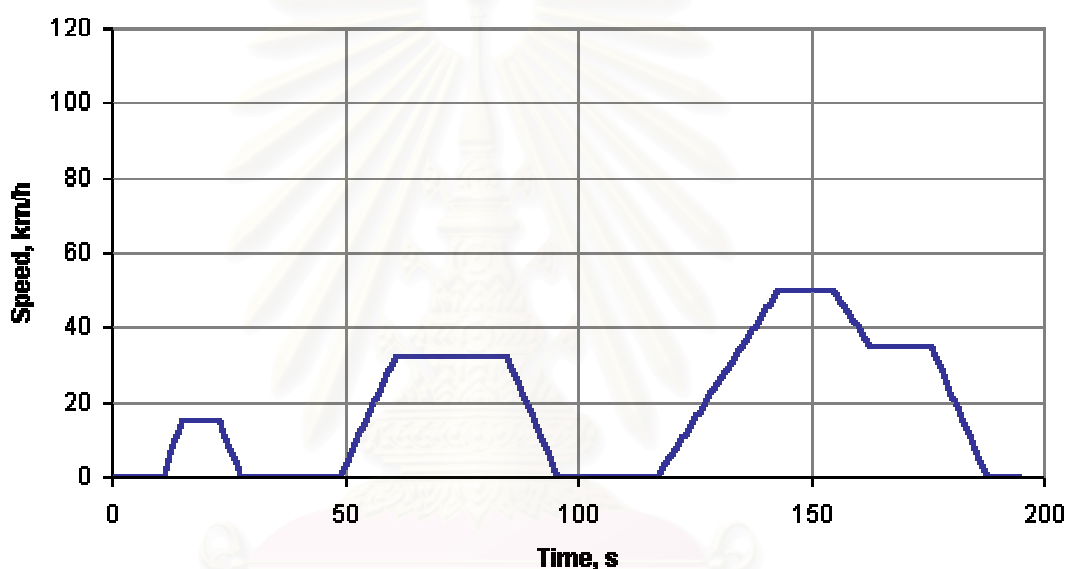
รูปแบบการขับขี่ของ ECE Mode (ECE Mode Driving Pattern)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### รูปแบบการขับขี่ของ ECE Mode (ECE Mode Driving Pattern)

วิศวกรรมการทดสอบ ECE+EUDC ถูกกระทำบน chassis dynamometer ซึ่งใช้สำหรับรับรองการปล่อยไอเสียของยานพาหนะภาระงานเบาในยุโรป และเป็นที่รู้กันว่าเป็น MVEG-A cycle นิยามของวิศวกรสามารถพบได้ใน EEC Directive 90/C81/01

วิศวกรทั้งหมดรวมถึง 4 ECE segments ดังรูปที่ ค-1 ซึ่งทำซ้ำโดยไม่มีการรบกวนก่อนการทดสอบ ให้แช่เครื่องยนต์เป็นเวลาอย่างน้อย 6 ชั่วโมงที่อุณหภูมิการทดสอบ 20-30 °C จากนั้นจึงติดเครื่องและเดินเครื่องที่รอบเดินเบานาน 40 วินาที



รูปที่ ค-1 ECE 15 Cycle [41]

ECE cycle เป็นวิศวกรรมการขับขี่ในเมือง เป็นที่รู้กันด้วยว่าเป็น UDC มันถูกคิดค้นให้เป็นตัวแทนสภาวะการขับขี่ในเมือง เช่นในปารีส หรือกรุงโรม มันถูกกำหนดคุณลักษณะโดยความเร็วยานพาหนะต่ำ, โหลดเครื่องยนต์ต่ำ และอุณหภูมิก๊าซไอเสียต่ำ



ภาคผนวก ง

สภาวะทางการทดลองและกราฟการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สภาวะทางการทดลองและกราฟการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิง

ง.1 สภาวะทางการทดลองและสภาวะแวดล้อม

ง.1.1 เชื้อเพลิงดีเซลที่รอบเดินเบา

Fuel: Standard Diesel					
Condition: flash					
Speed: 720 rpm,		Torque: 0 Nm.			
Date: 3/3/2003		Time: 20.11-20.16			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 763.2 mm.Hg					
DB Temp: 31.2°C,		WB Temp: 29.2°C			
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 7.5 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 10.8 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 1 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	80			°C
	Fuel supply:	47			°C
	Fuel return:	45			°C
	Airbox:	35			°C
	Exhaust:	95			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
52.02	51.98	52.78	53.63	53.03	53.76
Time Average(s):		52.8667			
Fuel Consumption(ml/s):		0.1892			

Fuel: Standard Diesel					
Condition: no flash					
Speed: 720 rpm,		Torque: 0 Nm.			
Date: 3/3/2003		Time: 20.05-20.10			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 763.1 mm.Hg					
DB Temp: 31.4°C,		WB Temp: 29.2°C			
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 7.4 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 11 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 1 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	82			°C
	Fuel supply:	49			°C
	Fuel return:	47			°C
	Airbox:	36			°C
	Exhaust:	97			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
52.44	52.37	53.33	51.46	52.28	
Time Average(s):		52.3760			
Fuel Consumption(ml/s):		0.1909			

Fuel: Standard Diesel					
Condition: flash					
Speed: 720rpm,		Torque: 0Nm.			
Date: 4/3/2003		Time: 14.35			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.6mm.Hg					
DB Temp: 33°C,		WB Temp: 30°C			
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 8.3 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 11.6 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 8 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	79			°C
	Fuel supply:	47			°C
	Fuel return:	50			°C
	Airbox:	36			°C
	Exhaust:	95			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
58.66	59.80	59.58	59.74	58.97	59.74
Time Average(s):		59.4150			
Fuel Consumption(ml/s):		0.1683			

Fuel: Standard Diesel					
Condition: no flash					
Speed: 720rpm,		Torque: 0Nm.			
Date: 4/3/2003		Time: 14.35			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.6mm.Hg					
DB Temp: 33°C,		WB Temp: 30°C			
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 8.3 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 11.6 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 8 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	80			°C
	Fuel supply:	49			°C
	Fuel return:	51			°C
	Airbox:	36			°C
	Exhaust:	98			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
58.66	59.80	59.58	59.74	58.97	59.74
Time Average(s):		59.4150			
Fuel Consumption(ml/s):		0.1683			



ง.1.2 เชื้อเพลิงดีเซลที่ 1000 rpm, 20 Nm.

Fuel: Standard Diesel	
Condition: flash	
Speed: 1000 rpm,	Torque: 20 Nm.
Date: 11/4/2003	Time: 19.29 – 19.36
<b>Ambient Condition</b>	
Barometric Pressure: 765.2 mm.Hg	
DB Temp: 32.1°C,	WB Temp: 29.4°C
<b>Engine Condition</b>	
Airbox Pressure: 13.7 mm.H <sub>2</sub> O	
Intake Duct Pressure: 15.2 mm.H <sub>2</sub> O	
Exhaust Manifold Pressure: 0.3 in.H <sub>2</sub> O	
Temp:	Oil: 85 °C
	Fuel supply: 47 °C
	Fuel return: 48 °C
	Airbox: 36 °C
	Exhaust: 139 °C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>	
27.14	27.16 27.16 27.24 27.17
Time Average(s):	27.1740
Fuel Consumption(ml/s):	0.3680

Fuel: Standard Diesel	
Condition: no flash	
Speed: 1000 rpm,	Torque: 20 Nm.
Date: 11/4/2003	Time: 19.10 - 19.16
<b>Ambient Condition</b>	
Barometric Pressure: 765.1 mm.Hg	
DB Temp: 31.8°C,	WB Temp: 29.4°C
<b>Engine Condition</b>	
Airbox Pressure: 13.3 mm.H <sub>2</sub> O	
Intake Duct Pressure: 15.2 mm.H <sub>2</sub> O	
Exhaust Manifold Pressure: 0.3 in.H <sub>2</sub> O	
Temp:	Oil: 86 °C
	Fuel supply: 49 °C
	Fuel return: 51 °C
	Airbox: 37 °C
	Exhaust: 139 °C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>	
26.80	26.76
26.68 26.85 26.84 26.87	
Time Average(s):	26.8000
Fuel Consumption(ml/s):	0.3731

ง.1.3 เชื้อเพลิงดีเซลที่ 1000 rpm, 30 Nm.

Fuel: Standard Diesel					
Condition: flash					
Speed: 1000rpm,			Torque: 30Nm.		
Date: 3/3/2003		Time: 19.22 – 19.26			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 762mm.Hg					
DB Temp: 32.6°C,			WB Temp: 30°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 14 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 15 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 3.5 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	78	72		°C
	Fuel supply:	48	46		°C
	Fuel return:	46	46		°C
	Airbox:	37	36		°C
	Exhaust:	156	154		°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
23.98	23.75	23.29	23.53	23.42	
23.58	23.46	23.27	23.22	23.40	
Time Average(s):		23.4900			
Fuel Consumption(ml/s):		0.4257			

Fuel: Standard Diesel					
Condition: no flash					
Speed: 1000rpm,			Torque: 30Nm.		
Date: 3/3/2003		Time: 18.12			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.1mm.Hg					
DB Temp: 32°C,			WB Temp: 29.8°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 14 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 15 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 3.5 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	83	77	76	°C
	Fuel supply:	50	48	48	°C
	Fuel return:	49	51	47	°C
	Airbox:	36	37	36	°C
	Exhaust:	163	157	152	°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
23.85	23.58	23.73	23.76		
23.41	23.45	23.44	23.39	23.37	
Time Average(s):		23.5533			
Fuel Consumption(ml/s):		0.4246			

ง.1.4 เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2000 rpm, 30 Nm.

Fuel: Standard Diesel					
Condition: flash					
Speed: 2000 rpm,			Torque: 30 Nm.		
Date: 4/3/2003		Time: 14.05-14.10			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.8 mm.Hg					
DB Temp: 33.6°C,			WB Temp: 30.2°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 52.2 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 70 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 5.3 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	82			°C
	Fuel supply:	47			°C
	Fuel return:	51			°C
	Airbox:	37			°C
	Exhaust:	190			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
13.18	13.98	13.64	13.56	12.97	13.53
13.62					
Time Average(s):		13.4971			
Fuel Consumption(ml/s):		0.7409			

Fuel: Standard Diesel					
Condition: no flash					
Speed: 2000 rpm,			Torque: 30 Nm.		
Date: 4/3/2003		Time: 14.19-14.23			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.8 mm.Hg					
DB Temp: 33.4°C,			WB Temp: 30°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 52.1 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 70 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 5.35 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	87			°C
	Fuel supply:	51			°C
	Fuel return:	54			°C
	Airbox:	36			°C
	Exhaust:	190			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
13.59	13.48	13.35	13.36	13.51	13.33
13.35					
Time Average(s):		13.4243			
Fuel Consumption(ml/s):		0.7449			

ง.1.5 เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2000 rpm, 50 Nm.

Fuel: Standard Diesel						
Condition: flash						
Speed: 2000rpm,			Torque: 50Nm.			
Date: 4/3/2003			Time: 15.00			
<b>Ambient Condition</b>						
Barometric Pressure: 762.2mm.Hg						
DB Temp: 32.6°C,			WB Temp: 29.9°C			
<b>Engine Condition</b>						
Airbox Pressure: 52 mm.H <sub>2</sub> O						
Intake Duct Pressure: 68.6 mm.H <sub>2</sub> O						
Exhaust Manifold Pressure: 7.2 in.H <sub>2</sub> O						
Temp:	Oil:	84				°C
	Fuel supply:	47				°C
	Fuel return:	50				°C
	Airbox:	37				°C
	Exhaust:	214				°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>						
10.62	11.05	10.56	10.62	10.63	10.45	
10.64	10.64					
Time Average(s):		10.6513				
Fuel Consumption(ml/s):		0.9389				

Fuel: Standard Diesel						
Condition: no flash						
Speed: 2000rpm,			Torque: 50Nm.			
Date: 4/3/2003			Time: 15.21-15.26			
<b>Ambient Condition</b>						
Barometric Pressure: 761.8mm.Hg						
DB Temp: 32.2°C,			WB Temp: 29.7°C			
<b>Engine Condition</b>						
Airbox Pressure: 52 mm.H <sub>2</sub> O						
Intake Duct Pressure: 69.6 mm.H <sub>2</sub> O						
Exhaust Manifold Pressure: 7.3 in.H <sub>2</sub> O						
Temp:	Oil:	87	87			°C
	Fuel supply:	51	48			°C
	Fuel return:	52	50			°C
	Airbox:	36	35			°C
	Exhaust:	238	236			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>						
10.58	10.61	10.56	10.57	10.75	10.65	
10.54						
Time Average(s):		10.6086				
Fuel Consumption(ml/s):		0.9426				

ง.1.6 เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2250 rpm, 10 Nm.

Fuel: Standard Diesel					
Condition: flash					
Speed: 2250rpm,			Torque: 10Nm.		
Date: 11/4/2003		Time: 18.49 - 18.56			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 764.9mm.Hg					
DB Temp: 32.1°C,			WB Temp: 29.3°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 59.8 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 80.4 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 5.4 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	89			°C
	Fuel supply:	48			°C
	Fuel return:	52			°C
	Airbox:	36			°C
	Exhaust:	156			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
13.89	13.90	13.92	13.95	13.92	13.90
13.97	13.99				
Time Average(s):		13.9300			
Fuel Consumption(ml/s):		0.7179			

Fuel: Standard Diesel					
Condition: no flash					
Speed: 2250rpm,			Torque: 10Nm.		
Date: 11/4/2003		Time: 18.16 - 18.21			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 764.8mm.Hg					
DB Temp: 32.1°C,			WB Temp: 29.2°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 59.8 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 80.4 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 5.3 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	94			°C
	Fuel supply:	51			°C
	Fuel return:	54			°C
	Airbox:	37			°C
	Exhaust:	160			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
	13.87	13.91	13.97	13.92	13.89
Time Average(s):		13.9120			
Fuel Consumption(ml/s):		0.7188			

## ง.1.7 เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2250 rpm, 20 Nm.

Fuel: Standard Diesel					
Condition: flash					
Speed: 2250rpm,		Torque: 20Nm.			
Date: 3/3/2003		Time: 19.42 – 19.46			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.9mm.Hg					
DB Temp: 31.4°C,		WB Temp: 29.3°C			
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 64.6 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 84 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 5 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	84			°C
	Fuel supply:	46			°C
	Fuel return:	47			°C
	Airbox:	35			°C
	Exhaust:	181			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
11.93	11.86	11.79	12.01	11.93	11.97
11.89	11.91	12.03			
Time Average(s):		11.9244			
Fuel Consumption(ml/s):		0.8386			

Fuel: Standard Diesel					
Condition: no flash					
Speed: 2250rpm,		Torque: 20Nm.			
Date: 3/3/2003		Time: 19.42-19.46			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.9mm.Hg					
DB Temp: 31.4°C,		WB Temp: 29.3°C			
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 64.6 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 84 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 5 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	87			°C
	Fuel supply:	52			°C
	Fuel return:	51			°C
	Airbox:	36			°C
	Exhaust:	181			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
11.93	11.86	11.79	12.01	11.93	11.97
11.89	11.91	12.03			
Time Average(s):		11.9244			
Fuel Consumption(ml/s):		0.8386			



ง.1.8 เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2500 rpm, 40 Nm.

Fuel: Standard Diesel					
Condition: flash					
Speed: 2500rpm,			Torque: 40Nm.		
Date: 10/4/2003			Time: 0.51 - 0.59		
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 766.2mm.Hg					
DB Temp: 30.8°C,			WB Temp: 28.8°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 74.6 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 106 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 6.6 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	96			°C
	Fuel supply:	50			°C
	Fuel return:	53			°C
	Airbox:	35			°C
	Exhaust:	229			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
8.23	8.22			8.26	8.28
8.26					
Time Average(s):		8.2500			
Fuel Consumption(ml/s):		1.2121			

Fuel: Standard Diesel					
Condition: no flash					
Speed: 2500rpm,			Torque: 40Nm.		
Date: 10/4/2003			Time: 23.48 - 23.52		
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 766.6mm.Hg					
DB Temp: 31.2°C,			WB Temp: 28.9°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 75.3 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 107.2 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 6.9 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	95	88		°C
	Fuel supply:	51	48		°C
	Fuel return:	53	50		°C
	Airbox:	36	36		°C
	Exhaust:	229	227		°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
8.27	8.27				
				8.23	8.23
8.22	8.24	8.25	8.27	8.26	8.26
Time Average(s):		8.2500			
Fuel Consumption(ml/s):		1.2121			

ง.1.9 เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2750 rpm, 20 Nm.

Fuel: Standard Diesel					
Condition: flash					
Speed: 2750rpm,			Torque: 20Nm.		
Date: 3/3/2003			Time: 17.42-17.46		
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 761.9mm.Hg					
DB Temp: 32.4°C,			WB Temp: 29.8°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 91 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 135.2 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 7.8 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	92			°C
	Fuel supply:	50			°C
	Fuel return:	50			°C
	Airbox:	37			°C
	Exhaust:	?			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
9.26	9.20	9.19	9.20	9.27	9.28
Time Average(s):		9.2333			
Fuel Consumption(ml/s):		1.0830			

Fuel: Standard Diesel					
Condition: no flash					
Speed: 2750rpm,			Torque: 20Nm.		
Date: 3/3/2003			Time: 17.54-17.58		
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 762mm.Hg					
DB Temp: 32.6°C,			WB Temp: 29.8°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 91.5 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 135 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 7.8 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	90			°C
	Fuel supply:	50			°C
	Fuel return:	50			°C
	Airbox:	37			°C
	Exhaust:	200			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
9.14	9.14	9.14	9.24	9.15	9.21
9.21					
Time Average(s):		9.1757			
Fuel Consumption(ml/s):		1.0898			

## ง.1.10 เชื้อเพลิงดีเซลที่ 2750 rpm, 40 Nm.

Fuel: Standard Diesel					
Condition: flash					
Speed: 2750rpm,			Torque: 38.5Nm.		
Date: 11/4/2003			Time: 22.24 – 22.29		
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 766.3mm.Hg					
DB Temp: 31.3°C,			WB Temp: 29°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 89.5 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 133.1 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 7.65 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	-			°C
	Fuel supply:	-			°C
	Fuel return:	-			°C
	Airbox:	-			°C
	Exhaust:	-			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
7.17	7.16	7.15			7.18
7.15	7.15				
Time Average(s):		7.1600			
Fuel Consumption(ml/s):		1.3966			

Fuel: Standard Diesel					
Condition: no flash					
Speed: 2750rpm,			Torque: 38.5Nm.		
Date: 11/4/2003			Time: 22.09 - 22.13		
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 766.3mm.Hg					
DB Temp: 31.4°C,			WB Temp: 29.2°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 90.3 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 134.4 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 7.7 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	95	98		°C
	Fuel supply:	49	51		°C
	Fuel return:	52	54		°C
	Airbox:	36	36		°C
	Exhaust:	244	244		°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
7.19	7.17	7.17	7.19	7.19	7.17
7.18	7.19				
Time Average(s):		7.1813			
Fuel Consumption(ml/s):		1.3925			

## ง.1.11 เชื้อเพลิงผสมดีเซลที่รอบเดินเบา

Fuel: Diesohol					
Condition: flash					
Speed: 720rpm,			Torque: 0Nm.		
Date: 6/3/2003		Time: 18.52 – 18.57			
<b>Atmospheric Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.8mm.Hg					
DB Temp: 32.6°C,			WB Temp: 29.9°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 7.8 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 10.4 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 0.65 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	73	74	°C	
	Fuel supply:	45	44	°C	
	Fuel return:	47	47	°C	
	Airbox:	37	36	°C	
	Exhaust:	93	90	°C	
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
		54.62	56.86	56.37	54.81
54.11					
Time Average(s):		55.3540			
Fuel Consumption(ml/s):		0.1807			

Fuel: Diesohol					
Condition: no flash					
Speed: 720rpm,			Torque: 0Nm.		
Date: 6/3/2003		Time: 18.58-19.02			
<b>Atmospheric Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.5mm.Hg					
DB Temp: 33°C,			WB Temp: 29.4°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 7.6 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 10.4 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 0.6 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	80	77	°C	
	Fuel supply:	48	45	°C	
	Fuel return:	51	47	°C	
	Airbox:	37	37	°C	
	Exhaust:	95	95	°C	
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
57.32	56.22	57.51	53.18	47.81	
Time Average(s):		54.4080			
Fuel Consumption(ml/s):		0.1838			

ง.1.12 เชื้อเพลิงผสมดีโซลที่ 1000 rpm, 20 Nm.

Fuel: Diesohol					
Condition: flash					
Speed: 1000rpm,		Torque: 20Nm.			
Date: 13/4/2003		Time: 20.43 - 20.52			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 763.9mm.Hg					
DB Temp: 31.4°C,		WB Temp: 29.6°C			
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 13 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 14.8 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 0.3 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	83		°C	
	Fuel supply:	48		°C	
	Fuel return:	49		°C	
	Airbox:	36		°C	
	Exhaust:	138		°C	
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
			28.31	28.63	28.50
28.34		28.63	28.60	28.61	
Time Average(s):		28.5171			
Fuel Consumption(ml/s):		0.3507			

Fuel: Diesohol				
Condition: no flash				
Speed: 1000rpm,		Torque: 20Nm.		
Date: 13/4/2003		Time: 20.43 - 20.52		
<b>Ambient Condition</b>				
Barometric Pressure: 763.9mm.Hg				
DB Temp: 31.7°C,		WB Temp: 29.8°C		
<b>Engine Condition</b>				
Airbox Pressure: 13.2 mm.H <sub>2</sub> O				
Intake Duct Pressure: 15 mm.H <sub>2</sub> O				
Exhaust Manifold Pressure: 0.3 in.H <sub>2</sub> O				
Temp:	Oil:	84	85	°C
	Fuel supply:	49	49	°C
	Fuel return:	51	51	°C
	Airbox:	36	37	°C
	Exhaust:	142	142	°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>				
	28.41		28.28	28.45
	28.30			28.46
Time Average(s):		28.3800		
Fuel Consumption(ml/s):		0.3524		

ง.1.13 เชื้อเพลิงผสมดีโซฮอลที่ 1000 rpm, 30 Nm.

Fuel: Diesohol	
Condition: flash	
Speed: 1000rpm,	Torque: 30Nm.
Date: 6/3/2003	Time: 20.36 – 20.41
<b>Atmospheric Condition</b>	
Barometric Pressure: 763.7 mm.Hg	
DB Temp: 32.2°C,	WB Temp: 29.5°C
<b>Engine Condition</b>	
Airbox Pressure: 13.8 mm.H <sub>2</sub> O	
Intake Duct Pressure: 14 mm.H <sub>2</sub> O	
Exhaust Manifold Pressure: 0.3 in.H <sub>2</sub> O	
Temp:	Oil: 78 °C
	Fuel supply: 46 °C
	Fuel return: 48 °C
	Airbox: 36 °C
	Exhaust: 154 °C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>	
	25.93 24.76 24.45 23.8 23.87
Time Average(s):	24.5620
Fuel Consumption(ml/s):	0.4071

Fuel: Diesohol	
Condition: no flash	
Speed: 1000rpm,	Torque: 30Nm.
Date: 6/3/2003	Time: 21.01-21.05
<b>Atmospheric Condition</b>	
Barometric Pressure: 763.9mm.Hg	
DB Temp: 31.5°C,	WB Temp: 29.2°C
<b>Engine Condition</b>	
Airbox Pressure: 13.8 mm.H <sub>2</sub> O	
Intake Duct Pressure: 14.4 mm.H <sub>2</sub> O	
Exhaust Manifold Pressure: 0.3 in.H <sub>2</sub> O	
Temp:	Oil: 73 °C
	Fuel supply: 45 °C
	Fuel return: 49 °C
	Airbox: 36 °C
	Exhaust: 146 °C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>	
	26.05 25.91 24.61 24.53 24.13
Time Average(s):	25.0460
Fuel Consumption(ml/s):	0.3993



ง.1.14 เชื้อเพลิงผสมดีโซฮอลที่ 2000 rpm, 30 Nm.

Fuel: Diesohol		
Condition: flash		
Speed: 2000rpm,	Torque: 30Nm.	
Date: 6/3/2003	Time: 13.42 – 13.46	
<b>Atmospheric Condition</b>		
Barometric Pressure: 763.9mm.Hg		
DB Temp: 34°C,	WB Temp: 30.2°C	
<b>Engine Condition</b>		
Airbox Pressure: 52 mm.H <sub>2</sub> O		
Intake Duct Pressure: 68 mm.H <sub>2</sub> O		
Exhaust Manifold Pressure: 5.2 in.H <sub>2</sub> O		
Temp:	Oil: 84 °C	
	Fuel supply: 48 °C	
	Fuel return: 50 °C	
	Airbox: 38 °C	
	Exhaust: 200 °C	
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>		
16.51	14.62	14.58
15.57	14.23	
Time Average(s):	15.1020	
Fuel Consumption(ml/s):	0.6622	

Fuel: Diesohol				
Condition: no flash				
Speed: 2000rpm,	Torque: 30Nm.			
Date: 6/3/2003	Time: 14.02-14.06			
<b>Atmospheric Condition</b>				
Barometric Pressure: 763.5mm.Hg				
DB Temp: 34.3°C,	WB Temp: 34.6°C			
<b>Engine Condition</b>				
Airbox Pressure: 51.8 mm.H <sub>2</sub> O				
Intake Duct Pressure: 68.2 mm.H <sub>2</sub> O				
Exhaust Manifold Pressure: 4.9 in.H <sub>2</sub> O				
Temp:	Oil: 83 °C			
	Fuel supply: 47 °C			
	Fuel return: 51 °C			
	Airbox: 38 °C			
	Exhaust: 201 °C			
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>				
	15.51	14.41	16.19	14.17
Time Average(s):	15.0700			
Fuel Consumption(ml/s):	0.6636			

## ง.1.15 เชื้อเพลิงผสมดีโซลที่ 2000 rpm, 50 Nm.

Fuel: Diesohol					
Condition: flash					
Speed: 2000rpm,			Torque: 50Nm.		
Date: 6/3/2003		Time: 15.28 – 15.33			
<b>Atmospheric Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.6mm.Hg					
DB Temp: 34.8°C,			WB Temp: 29.9°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 52.2 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 69.2 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 7.4 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	83	81	°C	
	Fuel supply:	47	47	°C	
	Fuel return:	51	50	°C	
	Airbox:	38	38	°C	
	Exhaust:	248	246	°C	
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
	10.61	10.32			10.8
10.25	10.16	10.31			10.69
Time Average(s):		10.4486			
Fuel Consumption(ml/s):		0.9571			

Fuel: Diesohol					
Condition: no flash					
Speed: 2000rpm,			Torque: 50Nm.		
Date: 6/3/2003		Time: 16.23-16.30			
<b>Atmospheric Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.3mm.Hg					
DB Temp: 34°C,			WB Temp: 30°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 58.2 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 69.2 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 7.7 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	85	85	°C	
	Fuel supply:	48	47	°C	
	Fuel return:	52	51	°C	
	Airbox:	39	38	°C	
	Exhaust:	241	249	°C	
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
10.46	10.32	9.93	11.32		
Time Average(s):		10.5075			
Fuel Consumption(ml/s):		0.9517			

ง.1.16 เชื้อเพลิงผสมดีโซฮอลที่ 2250 rpm, 10 Nm.

Fuel: Diesohol			
Condition: flash			
Speed: 2250rpm,		Torque: 10Nm.	
Date: 13/4/2003		Time: 19.14	
<b>Ambient Condition</b>			
Barometric Pressure: 763.1 mm.Hg			
DB Temp: 32.4°C,		WB Temp: 30.3°C	
<b>Engine Condition</b>			
Airbox Pressure: 60.7 mm.H <sub>2</sub> O			
Intake Duct Pressure: 82.4 mm.H <sub>2</sub> O			
Exhaust Manifold Pressure: 5 in.H <sub>2</sub> O			
Temp:	Oil:	94	°C
	Fuel supply:	52	°C
	Fuel return:	52	°C
	Airbox:	37	°C
	Exhaust:	164	°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>			
		15.27	15.27 15.23
Time Average(s):		15.2567	
Fuel Consumption(ml/s):		0.6555	

Fuel: Diesohol			
Condition: no flash			
Speed: 2250rpm,		Torque: 10Nm.	
Date: 13/4/2003		Time: 19.08 - 19.14	
<b>Ambient Condition</b>			
Barometric Pressure: 763.1 mm.Hg			
DB Temp: 32.2°C,		WB Temp: 30°C	
<b>Engine Condition</b>			
Airbox Pressure: 60.8 mm.H <sub>2</sub> O			
Intake Duct Pressure: 83.8 mm.H <sub>2</sub> O			
Exhaust Manifold Pressure: 5.2 in.H <sub>2</sub> O			
Temp:	Oil:	85	°C
	Fuel supply:	51	°C
	Fuel return:	51	°C
	Airbox:	37	°C
	Exhaust:	161	°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>			
			14.37 14.40 14.38
	14.33	14.46	
Time Average(s):		14.4017	
Fuel Consumption(ml/s):		0.6944	

## ง.1.17 เชื้อเพลิงผสมดีเซลที่ 2250 rpm, 20 Nm.

Fuel: Diesohol					
Condition: flash					
Speed: 2250rpm,		Torque: 20Nm.			
Date: 6/3/2003		Time: 19.54 – 20.00			
<b>Atmospheric Condition</b>					
Barometric Pressure: 763.1 mm.Hg					
DB Temp: 32.6°C,		WB Temp: 29.5°C			
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 64 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 79.8 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 4.95 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	90	91	°C	
	Fuel supply:	50	51	°C	
	Fuel return:	52	54	°C	
	Airbox:	37	36	°C	
	Exhaust:	189	194	°C	
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
14.11	13.61		16.48	15.49	13.18
	16.76	14.73	13.3	14.06	13.19
Time Average(s):		14.4910			
Fuel Consumption(ml/s):		0.6901			

Fuel: Diesohol					
Condition: no flash					
Speed: 2250rpm,		Torque: 20Nm.			
Date: 6/3/2003		Time: 19.33-19.38			
<b>Atmospheric Condition</b>					
Barometric Pressure: 763.1 mm.Hg					
DB Temp: 32.6°C,		WB Temp: 29.5°C			
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 64 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 79.8 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 4.95 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	88		°C	
	Fuel supply:	50		°C	
	Fuel return:	52		°C	
	Airbox:	36		°C	
	Exhaust:	191		°C	
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
13.97	13.78	13.4	12.69		
14.59	13.11				
Time Average(s):		13.5900			
Fuel Consumption(ml/s):		0.7358			

ง.1.18 เชื้อเพลิงผสมดีโซลที่ 2500 rpm, 40 Nm.

Fuel: Diesohol					
Condition: flash					
Speed: 2500rpm,			Torque: 40Nm.		
Date: 13/4/2003		Time: 17.59 -18.05			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.4mm.Hg					
DB Temp: 33.2°C,			WB Temp: 30.2°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 74 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 107 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 6.3 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	92			°C
	Fuel supply:	50			°C
	Fuel return:	52			°C
	Airbox:	38			°C
	Exhaust:	242			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
8.53	8.53	8.66		8.59	8.55
8.60					
Time Average(s):		8.5767			
Fuel Consumption(ml/s):		1.1660			

Fuel: Diesohol					
Condition: no flash					
Speed: 2500rpm,			Torque: 40Nm.		
Date: 13/4/2003		Time: 17.45 - 17.50			
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.3mm.Hg					
DB Temp: 33.6°C,			WB Temp: 30.3°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 75.8 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 107 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 6.5 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	90			°C
	Fuel supply:	49			°C
	Fuel return:	51			°C
	Airbox:	38			°C
	Exhaust:	238			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
8.45	8.42	8.40	8.45	8.46	
8.40			8.39	8.45	
Time Average(s):		8.4275			
Fuel Consumption(ml/s):		1.1866			

ง.1.19 เชื้อเพลิงผสมดีโซฮอลที่ 2750 rpm, 20 Nm.

Fuel: Diesohol					
Condition: flash					
Speed: 2750rpm,			Torque: 20Nm.		
Date: 6/3/2003		Time: 17.17 – 17.25			
<b>Atmospheric Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.3mm.Hg					
DB Temp: 33.8°C,			WB Temp: 29.7°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 91.8 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 136.6 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 7.4 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	93	95	°C	
	Fuel supply:	51	52	°C	
	Fuel return:	53	54	°C	
	Airbox:	38	38	°C	
	Exhaust:	220	226	°C	
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
10.73	10.49		12.02	10.75	9.74
Time Average(s):		10.7460			
Fuel Consumption(ml/s):		0.9306			

Fuel: Diesohol					
Condition: no flash					
Speed: 2750rpm,			Torque: 20Nm.		
Date: 6/3/2003		Time: 17.44			
<b>Atmospheric Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.5mm.Hg					
DB Temp: 34°C,			WB Temp: 29.5°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 91 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 134 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 7.5 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	94		°C	
	Fuel supply:	51		°C	
	Fuel return:	54		°C	
	Airbox:	38		°C	
	Exhaust:	?		°C	
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
9.25	10.03		11.39	10.94	10.11
9.67		11.55	10.8	10.12	
Time Average(s):		10.4289			
Fuel Consumption(ml/s):		0.9589			



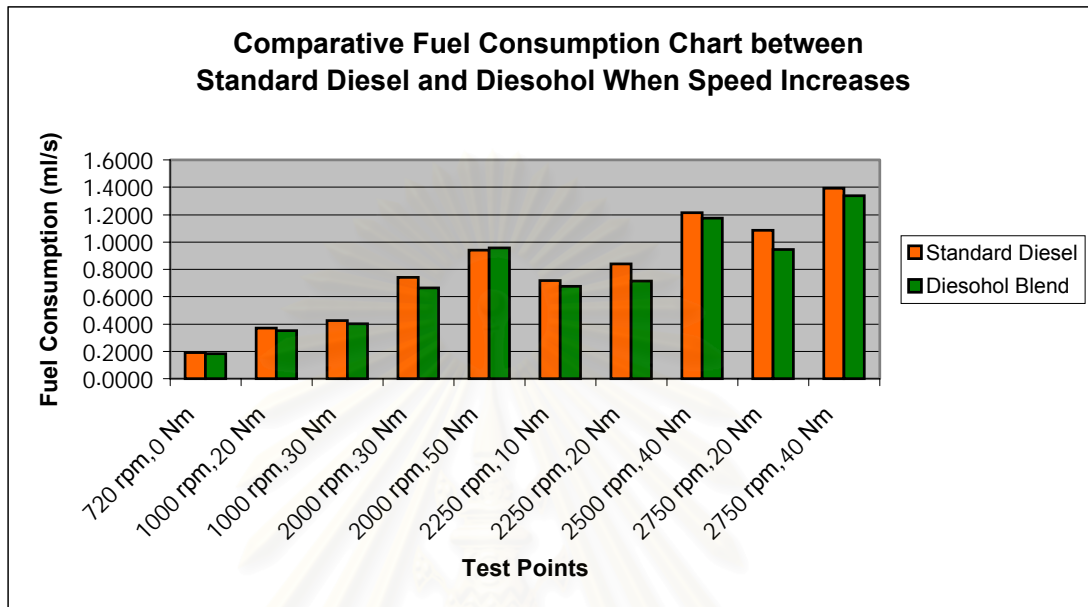
ง.1.20 เชื้อเพลิงผสมดีเซลที่ 2750 rpm, 40 Nm.

Fuel: Diesohol					
Condition: flash					
Speed: 2750rpm,			Torque: 38.5Nm.		
Date: 13/4/2003			Time:		
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.1 mm.Hg					
DB Temp: 34.3°C,			WB Temp: 30.8°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 89 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 132.8 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 7.9 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	92			°C
	Fuel supply:	50			°C
	Fuel return:	53			°C
	Airbox:	39			°C
	Exhaust:	255			°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
7.41	7.47	7.46	7.49	7.44	
7.44	7.49				
Time Average(s):		7.4571			
Fuel Consumption(ml/s):		1.3410			

Fuel: Diesohol					
Condition: no flash					
Speed: 2750rpm,			Torque: 38.5Nm.		
Date: 13/4/2003			Time: 16.31		
<b>Ambient Condition</b>					
Barometric Pressure: 762.2 mm.Hg					
DB Temp: 34.3°C,			WB Temp: 30.8°C		
<b>Engine Condition</b>					
Airbox Pressure: 89.2 mm.H <sub>2</sub> O					
Intake Duct Pressure: 134.4 mm.H <sub>2</sub> O					
Exhaust Manifold Pressure: 7.7 in.H <sub>2</sub> O					
Temp:	Oil:	89	96		°C
	Fuel supply:	46	53		°C
	Fuel return:	50	56		°C
	Airbox:	38	39		°C
	Exhaust:	250	254		°C
<b>Consumption Time with fuel 10 ml.</b>					
7.41	7.44	7.44	7.41	7.47	7.48
7.49	7.47	7.51	7.50		7.51
Time Average(s):		7.4664			
Fuel Consumption(ml/s):		1.3393			

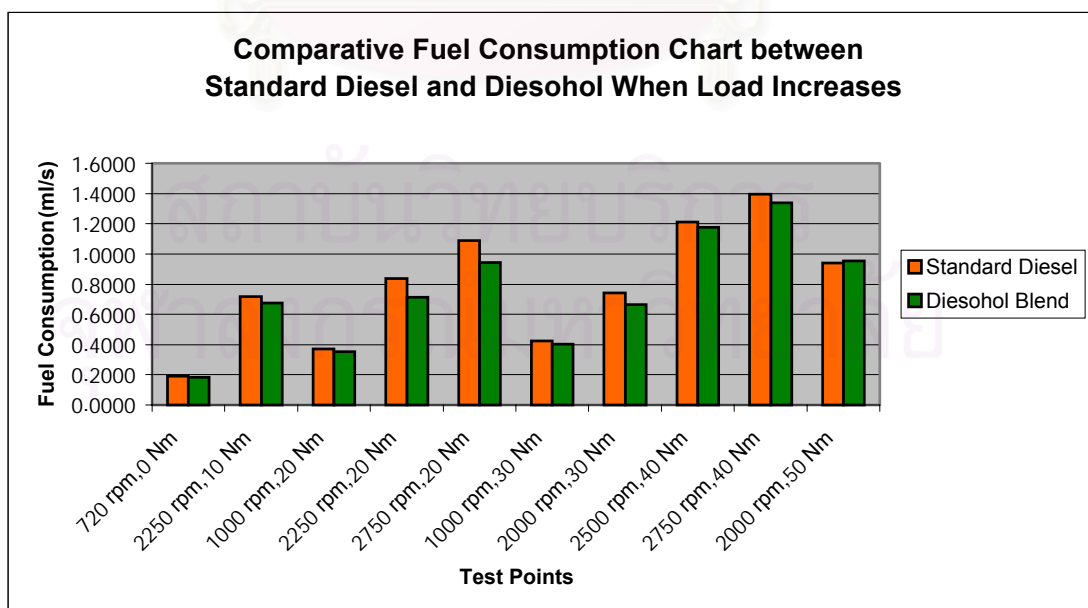
## ง.2 กราฟการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

### ง.2.1 เมื่อเพิ่มความเร็วรอบ



รูปที่ ง-1 กราฟเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลเมื่อเพิ่มความเร็วรอบ

### ง.2.2 เมื่อเพิ่มโหลด



รูปที่ ง-2 กราฟเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอลเมื่อเพิ่มโหลด

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์



นางสาว พรรณรพี ชิงห์ เกิดเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พุทธศักราช 2521 ที่ กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีพุทธศักราช 2543 เข้าศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2543 และสำเร็จการศึกษาในปีพุทธศักราช 2546



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย