

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณลักษณะการผสมของเจ็ตปฐมภูมิที่มีการฉีดเจ็ตทุติยภูมิเข้าผสมแบบคงตัวและแบบพัลส์ตามแนวเส้นรอบวง รวมถึงการศึกษาผลกระทบของค่าความถี่และ Duty cycle ในการฉีดเจ็ตทุติยภูมิแบบพัลส์ ที่มีต่อคุณลักษณะการผสมของเจ็ต สำหรับอัตราส่วนการผสมระหว่างเจ็ตกับกระแสการไหลรอบนอกแสดงค่าด้วย Stoichiometric ratio (SR) ในการทดลองได้ทำการทดลองฉีดเจ็ตทุติยภูมิที่ค่าความถี่เท่ากับ 1 และ 5 Hz ค่า Duty cycle เท่ากับ 25, 50 และ 75 % ตามลำดับ นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบกับกรณีเจ็ตปฐมภูมิที่ไม่มีการฉีดเจ็ตทุติยภูมิ และกรณีเจ็ตปฐมภูมิที่มีการฉีดเจ็ตทุติยภูมิแบบต่อเนื่องสม่ำเสมอ โดยในการทดลองได้มีการควบคุมพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการผสมของเจ็ตให้คงที่คือ อัตราส่วนความหนาแน่น (r_p) อัตราส่วนการผสมโดยมวล (Stoichiometric Ratio, SR) ระหว่างเจ็ตและกระแสน้ำตาม อัตราส่วนการไหลโดยมวลระหว่างเจ็ตปฐมภูมิและเจ็ตทุติยภูมิ ($r_{j,m}$) เรย์โนลด์สเบอร์เจ็ตรวมสุทธิ ($Re_{j,t}$) สำหรับการทดลองทุกกรณีนั้นได้ทำการทดลองที่ ค่าอัตราส่วนความหนาแน่นคงที่ประมาณเท่ากับ 1.0 อัตราส่วนการผสมโดยมวลคงที่เท่ากับ 1.00 ± 0.03 และอัตราส่วนการไหลโดยมวลระหว่างเจ็ตปฐมภูมิและเจ็ตทุติยภูมิมีค่าคงที่เท่ากับ 5.4 ± 0.3 เรย์โนลด์สเบอร์เจ็ตรวมสุทธิมีค่าคงที่ประมาณ 6,800 โดยผลการทดลองจะแสดงจากรูปภาพเฉลี่ยของเจ็ต รูปภาพเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจ็ต และรูปภาพลำดับการไหลของเจ็ต ซึ่งรูปภาพเฉลี่ยของเจ็ต แสดงถึงส่วนของเจ็ตที่ยังมีอัตราส่วนผสมไม่ถึงอัตราส่วนผสมโดยมวล ซึ่งคือค่าเฉลี่ยในส่วนของเจ็ตที่มีการดูดซับแสงสีเขียว รูปภาพเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงถึงบริเวณที่มีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของการผสมระหว่างเจ็ตกับกระแสการไหล โดยรอบ ซึ่งคือส่วนของเจ็ตที่มีความไม่คงที่ในการดูดซับแสงสีเขียว และรูปภาพลำดับภาพของเจ็ตจะแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างของเจ็ตในช่วงเวลาขณะใดๆ ของการฉีดเจ็ตทุติยภูมิ นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาถึงคุณลักษณะการไหลของเจ็ตด้วยการนำผลของค่าระดับความเข้มแสงจากรูปภาพเฉลี่ยและรูปภาพเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจ็ตมาวิเคราะห์คุณลักษณะของเจ็ตตามแนวการไหล ซึ่งประกอบด้วยการพัฒนาตัวของเจ็ตที่ตำแหน่งต่างๆ ตามแนวการไหล อัตราการลดลงของการดูดซับของแสงในแนวแกน เปรียบเทียบผลของความถี่และ Duty cycle ในการฉีดเจ็ตทุติยภูมิกับกรณีอื่นๆ

ผลการฉีดเจ็ททุติยภูมิแบบคงตัว

จากการเปรียบเทียบรูปภาพเฉลี่ยของเจ็ทในกรณีต่างๆ พบว่า การฉีดเจ็ทปฐมภูมิที่มีการฉีดเจ็ททุติยภูมิแบบสม่ำเสมอ (SSJ) อัตราการไหลโดยมวลของการฉีดเจ็ททุติยภูมิคิดเป็น 18.5 % ของเจ็ทปฐมภูมิ พบว่าเจ็ทมีรูปร่างแตกต่างไปจากกรณีอื่นอย่างชัดเจน คือเจ็ทมีลักษณะแยกออกเป็นสองส่วนและเจ็ทมีระยะในการผสม (Flame length) ที่สั้นกว่าทุกกรณีในการทดลอง จะเห็นได้ว่ากรณี SSJ เจ็ทมีการผสมดีกว่ากรณีอื่นๆ ดังนั้นจากผลการทดลองที่ได้ จึงเป็นแนวทางในการนำลักษณะการฉีดเจ็ททุติยภูมิแบบคงตัวมาประยุกต์ใช้ได้กับการผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ โดยการนำเชื้อเพลิงส่วนหนึ่งมาใช้เป็นเจ็ททุติยภูมิที่มีการฉีดแบบคงตัวจะทำให้มีประสิทธิภาพในการผสมที่ดีขึ้น

ผลของการฉีดเจ็ททุติยภูมิแบบพัลส์

ผลของรูปภาพเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจ็ท พบว่ากรณี SJ1H25D และ SJ5H25D มีส่วนของเจ็ทที่มีความไม่คงที่ของการดูดซับแสงของเจ็ท ซึ่งเป็นส่วนของเจ็ทที่มีความไม่คงที่ในการไหลแตกต่างไปจากกรณีอื่นๆ และจากลำดับรูปภาพของเจ็ทในช่วงเวลาใดๆ พบว่าเจ็ทมีลักษณะของรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาของการฉีดเจ็ททุติยภูมิ จึงมีผลทำให้ลักษณะของรูปภาพเบี่ยงเบนมาตรฐานมีความแตกต่างไปจากการไหลของเจ็ทในกรณีอื่นๆ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการฉีดเจ็ททุติยภูมิที่ค่า Duty cycle ต่ำ (25 %) มีผลเนื่องจากเจ็ททุติยภูมิมีค่าโมเมนตัมสูงพุ่งขวางการไหลเจ็ทปฐมภูมิ ทำให้รูปร่างการไหลของเจ็ทปฐมภูมิมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาของการฉีดเจ็ททุติยภูมิ

จากการเปรียบเทียบผลของการพัฒนาตัวของเจ็ทตามแนวการไหลและอัตราการลดลงของค่าระดับความเข้มแสงในแนวแกน พบว่าการฉีดเจ็ททุติยภูมิที่ค่าความถี่ต่ำ (1 Hz) เมื่อฉีดเจ็ททุติยภูมิด้วยค่า Duty cycle สูง (75 %) จะทำให้เจ็ทมีระยะการผสมที่สั้นกว่าและมีอัตราการลดลงของค่าระดับความเข้มแสงในแนวแกนสูงกว่าที่ค่า Duty cycle ต่ำ (25 และ 50 %) แต่พบผลที่ตรงกันข้ามในการฉีดเจ็ททุติยภูมิที่ค่าความถี่สูง (5 Hz) คือ เมื่อฉีดเจ็ททุติยภูมิด้วยค่า Duty cycle ต่ำ (25 และ 50 %) จะทำให้เจ็ทมีระยะการผสมที่สั้นกว่า จะเห็นได้ว่าค่า Duty cycle ของการฉีดเจ็ททุติยภูมิให้ผลที่แตกต่างกันที่ค่าความถี่ต่ำและสูง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับผลจากการวิเคราะห์จากรูปภาพเฉลี่ยของเจ็ท

จากการเปรียบเทียบผลของการพัฒนาตัวของเจ็ทตามแนวการไหลและอัตราการลดลงของค่าระดับความเข้มแสงในแนวแกน พบว่าที่ค่า Duty cycle 25 และ 50 % เมื่อเพิ่มค่าความถี่จาก 1 Hz เป็น 5 Hz ในการฉีดเจ็ทพบว่าทำให้เจ็ทมีการผสมดีขึ้น คือระยะการผสมที่สั้นลง และมีอัตรา

การลดลงของค่าระดับความเข้มแสงในแนวแกนสูง แต่พบผลที่ตรงกันข้ามในการฉีดเจ็ททุติยภูมิที่ค่า Duty cycle 75 % คือ เมื่อเพิ่มค่าความถี่ในการฉีดเจ็ทจาก 1 Hz เป็น 5 Hz เจ็ทกลับมีระยะการผสมที่ยาวขึ้น และมีอัตราการลดลงของค่าระดับความเข้มแสงในแนวแกนลดลง จะเห็นได้ว่าค่าความถี่ในการฉีดเจ็ททุติยภูมิให้ผลที่แตกต่างกันที่ค่า Duty cycle ต่ำและสูง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับผลจากการวิเคราะห์จากรูปภาพเฉลี่ยของเจ็ท และเมื่อเปรียบเทียบการฉีดเจ็ททุติยภูมิแบบพัลส์ทุกกรณี พบว่ากรณีที่มีประสิทธิภาพในการผสมที่ดีที่สุดคือ กรณี SJ1H75D และ SJ5H25D โดยทั้งสองกรณีมีระยะในการผสม (Flame length) ที่ใกล้เคียงกัน

สำหรับในการฉีดเจ็ททุติยภูมิแบบพัลส์ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการผสมดี จึงมีแนวทางในการนำไปใช้งานคือ การฉีดเจ็ททุติยภูมิที่ค่าความถี่ต่ำควรฉีดด้วยค่า Duty cycle สูง และการฉีดเจ็ททุติยภูมิที่ค่าความถี่สูงควรฉีดด้วยค่า Duty cycle ต่ำ เนื่องจากมีผลของระยะในการผสม (Flame length) ที่สั้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ประมวลดตาราง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Trajectory	ค่าคงที่ A	ค่าคงที่ m
Outer boundary	2.63	0.28
Centerline	2.05	0.28
Inner boundary	1.35	0.28

ตารางที่ 1.1 ค่าคงที่ A และ m สำหรับ Trajectory ตามความสัมพันธ์ $y/r_u d = A(x/r_u d)^m$
(Pratte and Baines, 1967)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.2 สรุปผลงานวิจัยที่ผ่านมา: การศึกษาคุณลักษณะเจ็ตในกระแสลมขวาง (JICF)

ลำดับ	ผู้ศึกษา	รายละเอียดการศึกษา	พารามิเตอร์	ผลที่ได้
1.	Pratte and Baines (1967)	<ul style="list-style-type: none"> ศึกษาเส้นทาง (Trajectory) และอัตราการกระจายตัว (Spread Rate) ทดลองโดยการวัดความเร็วใน Wind Tunnel ปากเจ็ตอยู่สูงจากพื้น 8 นิ้ว ติดอยู่กับแผ่นราบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว และไม่มีผลของ Boundary Layer จากพื้น 	<ul style="list-style-type: none"> $r_u = u_j / u_{cf} = 5, 15, 25, 35$ $d = 0.158, 0.248, 0.362$ inches 	<ul style="list-style-type: none"> Trajectory ของความเร็วจะ Collapse ที่อัตราส่วนความเร็วต่างๆกันใน $r_u d$-scale อัตราส่วนของความกว้างต่อความสูงของเจ็ต ใน Vortex Zone (บริเวณ Far field) มีค่าคงที่ประมาณ 1.4 ในแต่ละหน้าตัดตามแนวแกนเจ็ต แสดงถึงการมี Self Similarity ใน Vortex Zone อัตราส่วนการกระจายตัวของเจ็ตจะถูกควบคุมโดย Turbulent และ Vortex Motion
2	Kamotani and Greber (1972)	<ul style="list-style-type: none"> ศึกษาเส้นทางและคุณลักษณะการผสม ทำการทดลองโดยศึกษาปริมาณ 	<ul style="list-style-type: none"> $r_m = \frac{\rho_j u_j^2}{\rho_{cf} u_{cf}^2} = 15.3, 59.6$ $T_j - T_{cf} = 0, 75, 320$ °F 	<ul style="list-style-type: none"> อัตราส่วนโมเมนต์เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับเส้นทางของความเร็วและอุณหภูมิ

		<p>ความเร็วและอุณหภูมิในอุโมงค์ลม</p> <ul style="list-style-type: none"> ปากเจ็ตอยู่ติดกับแผ่นราบซึ่งอยู่สูงจากผนัง 2.5 นิ้วและอยู่ห่างจากขอบด้านบนของแผ่นราบ 2 นิ้ว ใช้ Hot-wire ในการวัดความเร็ว และ ใช้ Thermocouple ในการวัดอุณหภูมิ 	<ul style="list-style-type: none"> $Re_{cf} = \frac{u_{cf} d}{\nu} = 2800-4200$ 	<ul style="list-style-type: none"> อัตราส่วนความหนาแน่นมีผลต่อเส้นทางของอุณหภูมิเล็กน้อยแต่ไม่ผลต่อเส้นทางของความเร็ว เส้นทางของอุณหภูมิอยู่ต่ำกว่าเส้นทางของความเร็วที่อัตราส่วนโมเมนตัมเดียวกัน ปริมาณความปั่นป่วนของเจ็ตเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนโมเมนตัม
3.	Fric and Roshko (1994)	<ul style="list-style-type: none"> ศึกษา Interaction ระหว่าง Vortex และ โครงสร้างที่เกิดขึ้นของเจ็ตในกระแสผสมขวาง ใช้ Hot Wire Anemometer และ Smoke-Wire Flow Visualization 	<ul style="list-style-type: none"> $r_u = 2-10$ $Re_j = \frac{u_j d}{\nu} = 7,600-11,400$ $Re_{cf} = \frac{u_{cf} d}{\nu} = 3,800-11,400$ 	<ul style="list-style-type: none"> Wake Vortex ที่เกิดใน Flow Field ไม่ได้เกิดจากเจ็ตแต่เกิดจาก Laminar Boundary Layer ที่ผนังของพื้นของ กระแสผสมขวางบริเวณปากเจ็ตซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากการเกิด Wake ด้านหลังทรงกระบอก Strouhal Frequency ของ Wake ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนความเร็ว
4.	Smith and Mungal (1998)	<ul style="list-style-type: none"> ศึกษาการผสมและการ Scale ใน ลักษณะต่างๆของเจ็ตในกระแสผสม 	<ul style="list-style-type: none"> $r_{eff} = \left(\frac{\rho_j u_j^2}{\rho_{cf} u_{cf}^2} \right)^{1/2}$ 	<ul style="list-style-type: none"> Centerline concentration decay แปลตาม $(\rho/\rho_{cf})^{-1.3}$ บริเวณ Near

		<p>ขวาง</p> <ul style="list-style-type: none"> • ทำการทดลองโดยศึกษา Scalar concentration ใน Wind tunnel • ใช้ Planar Laser-Induced Fluorescence (PLIF) 	<p>, 5 – 25</p> <ul style="list-style-type: none"> • $Re_j = \frac{u_j d}{\nu}$, 8400 – 41500 	<p>field และแปรตาม $(s/\alpha d)^{-2/3}$ บริเวณ Far field โดยมี Branch point อยู่ที่ $s = 0.3r_{eff}^2 d$ (s คือระยะทางในแนว Centerline)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Probability density function (p.d.f.) มีลักษณะ Non-marching ก่อน Branch point และมีลักษณะ Tilted หลัง Branch point
5.	Kelso et al. (1996)	<ul style="list-style-type: none"> • ศึกษา Interaction ระหว่าง Vortex และโครงสร้างที่เกิดขึ้นของเจ็ตใน กระแสลมขวาง • ทำการทดลองโดยศึกษาปริมาณ ความเร็วทั้งในอุโมงค์ลมและใน อุโมงค์น้ำ • ใช้เทคนิคการฉีดสี (Dye) ในอุโมงค์ น้ำ และใช้เทคนิค Smoke Wire ใน อุโมงค์ลม และใช้ Hot Wire ใน การวัดความเร็ว 	<ul style="list-style-type: none"> • $r_u = 2-10$ • $Re_j = \frac{u_j d}{\nu}$, 440-6,200 	<ul style="list-style-type: none"> • การเกิด Separation ภายในท่อเป็น จุดเริ่มของการหมุนตัวของ CVP นอกจากนี้ Vortex ring ที่โค้ง เนื่องจาก Crossflow และ Vorticity ที่เกิดจากผนังของพื่นต่างเป็น องค์ประกอบที่มีผลในการ CVP เช่นเดียวกัน • การเกิด Separation ของ Boundary layer ที่ผนังของพื่นทำให้เกิด Wake ด้านหลัง (Upright vortices) • สำหรับที่ค่า Reynolds number สูงๆ

				ลักษณะของ Wake จะเปลี่ยนไปใน 3 ลักษณะคือ von Karman vortex Street, Mushroom-like upright vortex และ Alternative mushroom-like upright vortex
6.	Lim et al. (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • ทำการทดลองโดยศึกษา Large-scale Structure ของเจ็ตใน กระแส ตมขวาง • ทำการทดลองโดยใช้เทคนิค Flow Visualization ใช้ dye/alcohol mixture และ Fluorescein disodium dye 	<ul style="list-style-type: none"> • $Re = 1600$ • $r_{eff} = 4.6$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Large-scale Structure ของเจ็ตใน กระแส ตมขวาง ในบริเวณของ Jet shear layer vortices เป็นลักษณะของ Loops vortex ซึ่งไม่ได้เกิดจากการม้วนตัวของ Vortex rings แต่ Loops vortex เกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ Cylindrical vortex sheet หรือ Jet column

ตารางที่ 1.3 สรุปผลงานวิจัยที่ผ่านมา: การศึกษาคุณลักษณะพัลส์เจ็ตในกระแสผสมขวาง (PJICF)

ลำดับ	ผู้ศึกษา	รายละเอียดการศึกษา	พารามิเตอร์	ผลที่ได้
7.	Hermanson et al. (1998)	<ul style="list-style-type: none"> - ศึกษาผลของการ Duty cycle ที่มีผลต่อ Penetration depth ของเจ็ต ใน Crossflow - ในการศึกษาทดลองใช้อุโมงค์น้ำ และแสดงผลการทดลองโดยใช้เทคนิค Laser induced fluorescence (LIF) ซึ่งใช้สาร Disodium fluorescein เป็นสาร Fluorescence dye 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocity ratio (r) = 6.5 • $Re_j = \frac{u_j d}{\nu} = 14,800$ • Free Stream Velocity (U_∞) = 15.2 cm/s • Duty cycle (α) = 0.17, 0.5 • Pulsed frequency (f) = 1, 0.67 Hz • Injection time (τ) = 0.5, 0.25 sec 	<ul style="list-style-type: none"> • การฉีดเจ็ตแบบ Pulsed ทำให้เจ็ตพุ่งออกมามีลักษณะเป็นกลุ่มก้อน (Puff) ที่มีการกระจายตัวที่ไม่ต่อเนื่อง • การฉีดเจ็ตที่มีค่า Duty cycle สูง พบว่าลักษณะของก้อน (Puff) ของ Jet fluid แยกห่างออกจกกัน จึงลดผลกระทบระหว่างก้อน ของ Jet fluid • การฉีดเจ็ตที่มีค่า Duty cycle ต่ำ พบว่าระยะระหว่างก้อนของ Jet fluid ห่างกันมากขึ้นจึงมีผลกระทบระหว่างก้อนของ Jet fluid น้อยลงทำให้ Penetration depth ของเจ็ตเพิ่มขึ้น • การฉีดเจ็ตในระยะเวลาดังกล่าว ทำให้ Penetration depth ของเจ็ตเพิ่มขึ้น
8.	Johari et al. (1999)	<ul style="list-style-type: none"> • ศึกษาการผสมและ Penetration Depth ของ Pulsed Jet ใน 	<ul style="list-style-type: none"> • Free Stream Velocity (U_∞) = 15 cm/s 	<ul style="list-style-type: none"> • ระยะเวลาดำเนินการฉีดเจ็ต มีผลต่อโครงสร้างของ Vortex ring โดยการ

		<p>Crossflow โดยคำนึงถึงผลของ Pulsed frequency และ Duty cycle</p> <ul style="list-style-type: none"> ในการทดลองใช้เทคนิค Planar laser-induced fluorescence และ Production formation ในการทำปฏิกิริยาเคมีของสารละลาย NaOH กับ HNO₃ โดยใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนเป็นตัวบ่งชี้การเกิดปฏิกิริยา 	<ul style="list-style-type: none"> r = 5, 10 $Re_j = \frac{u_j d}{\nu} = 2,250, 4,500$ f = 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, Hz Duty cycle (α) = 0.5, 0.25, 0.125 	<p>ฉีดเจ็ตในช่วงเวลาที่สั้น (Short injection time) จะลดอัตราการเกิดของโครงสร้างของ Vortex ring การฉีดเจ็ตในช่วงระยะเวลาที่ยาว (Long injection time) เจ็ตพุ่งออกมีลักษณะเป็นก้อน (Puffs) ที่ไม่ต่อเนื่อง</p>
9	Eroglu and Breidenthal (2001)	<ul style="list-style-type: none"> ศึกษาผลของ Pulsed Jet ใน Crossflow ที่มีผลต่อโครงสร้างของเจ็ต, Penetration , และคุณสมบัติของการผสม ใช้ข้อมูลที่น่าสนใจในการศึกษาโดยใช้เทคนิค Laser-induced fluorescence (LIF) ซึ่งใช้สารละลาย Disodium fluorescein . เป็นสาร Fluorescence dye ศึกษาการผสมจากการทำปฏิกิริยาของสารละลายกรด-เบสโดยใช้ 	<ul style="list-style-type: none"> $Re_j = \frac{u_j d}{\nu} = 650, 6200$ r = 2.3, 4.4 $St = \frac{fd_j}{u_j}$ St = 0, 0.28, 0.42, 0.71 สำหรับค่า $Re_j = 650$ St = 0, 0.04, 0.07, 0.11 สำหรับค่า $Re_j = 6200$ 	<ul style="list-style-type: none"> สำหรับ Steady Jet มีลักษณะของ Vortex loop เกิดขึ้นจาก Shear layer รอบปากเจ็ต และเกิดการยัดออกและเสียรูป และเข้ารวมตัวกับ Vortex loop ที่อยู่ใกล้กัน ซึ่งมีทิศทางในการหมุนตรงข้ามกัน ในการฉีดเจ็ตด้วยความถี่ต่ำ (Low pulsed frequency) พบว่าค่า Penetration Depth ของเจ็ตมากกว่าในการฉีดแบบ Steady

		<p>สารละลายฟีนอล์ฟทาดีนเป็นตัวบ่งชี้ การเกิดปฏิกิริยา</p>	<ul style="list-style-type: none"> • สำหรับ Optimum pulsed Jet พบว่าระยะห่างของ Vortex ring น้อยลงและที่ค่า Reynold number มีค่าสูงมีผลให้ Penetration depth ของเจ็ตเพิ่มขึ้น 70 % เมื่อดูการผสมจากปฏิกิริยาเคมีพบว่า Flame length ลดลง 50 % ซึ่งสามารถบอกได้ว่าเจ็ตมีอัตราการผสมเพิ่มขึ้น
--	--	---	---

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยในแต่ละกรณีการทดลอง	ความแตกต่างมากที่สุดในแต่ละกรณี
สำหรับทุกกรณีการทดลอง		
อัตราส่วนการผสมโดยมวล (SR)	1.0	$\pm 3 \%$
อัตราส่วนความหนาแน่น ($r_p = \rho_{Jj} / \rho_{cf}$)	1.0	$\pm 1 \%$
ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำตาม ($\overline{u_{cf}}$)	0.012	$\pm 8 \%$
อัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางเจ็ต $r_d = D/d$	9.4	$\pm 1 \%$
กรณี SJ0		
ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำตาม ($\overline{u_{cf}}$)	0.012 m/s	$\pm 8 \%$
ความเร็วเฉลี่ยของเจ็ตปฐมภูมิ ($\overline{u_j}$)	0.58 m/s	$\pm 3 \%$
กรณี SSJ		
ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำตาม ($\overline{u_{cf}}$)	0.012 m/s	$\pm 8 \%$
ความเร็วเฉลี่ยของเจ็ตปฐมภูมิ ($\overline{u_j}$)	0.48 m/s	$\pm 4 \%$
ความเร็วเฉลี่ยของเจ็ตทุติยภูมิ ($\overline{u_j}$)	1.96 m/s	$\pm 3 \%$
ความเร็วเฉลี่ยของเจ็ตรวมสุทธิ ($\overline{u_{jj}}$)	0.58 m/s	$\pm 3 \%$
กรณี SJxHxxD		
ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำตาม ($\overline{u_{cf}}$)	0.012 m/s	$\pm 8 \%$
ความเร็วเฉลี่ยของเจ็ตปฐมภูมิ ($\overline{u_j}$)	0.48 m/s	$\pm 4 \%$
ความเร็วเฉลี่ยของเจ็ตทุติยภูมิ ($\overline{u_j}$) ที่ Duty cycle 25 %	8.00 m/s	$\pm 5.3 \%$
ความเร็วเฉลี่ยของเจ็ตทุติยภูมิ ($\overline{u_j}$) ที่ Duty cycle 50 %	3.97 m/s	$\pm 7.6 \%$
ความเร็วเฉลี่ยของเจ็ตทุติยภูมิ ($\overline{u_j}$) ที่ Duty cycle 75 %	2.67 m/s	$\pm 6.2 \%$
ความเร็วเฉลี่ยของเจ็ตรวมสุทธิ ($\overline{u_{jj}}$)	0.58 m/s	$\pm 3 \%$

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดพารามิเตอร์ในการทดลองและความคลาดเคลื่อนในแต่ละกรณี

Case	จำนวนภาพ		
	ภาพ Background ก่อนถ่าย	ภาพ Jet	ภาพ Background หลังถ่าย
<i>SJ0</i>	500	1,000	500
<i>SSJ</i>	500	1,000	500
<i>SJ1H25D</i>	1,250	2,500	1,250
<i>SJ1H50D</i>	1,250	2,500	1,250
<i>SJ1H75D</i>	1,250	2,500	1,250
<i>SJ5H25D</i>	250	500	250
<i>SJ5H50D</i>	250	500	250
<i>SJ5H75D</i>	250	500	250

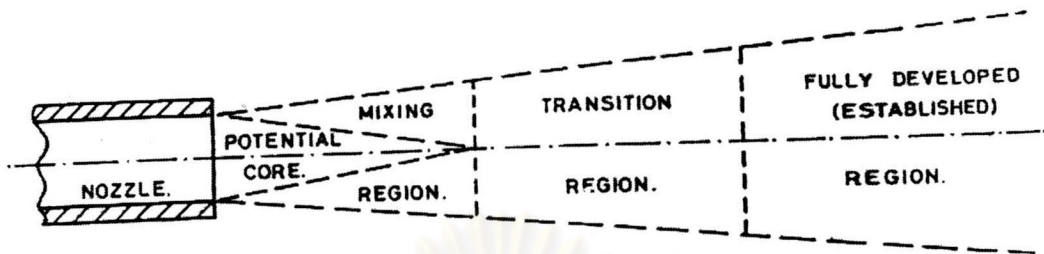
ตารางที่ 2.2 จำนวนภาพเจ็ตและภาพฉากหลัง (Background) ที่ใช้ในการหาภาพเฉลี่ย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

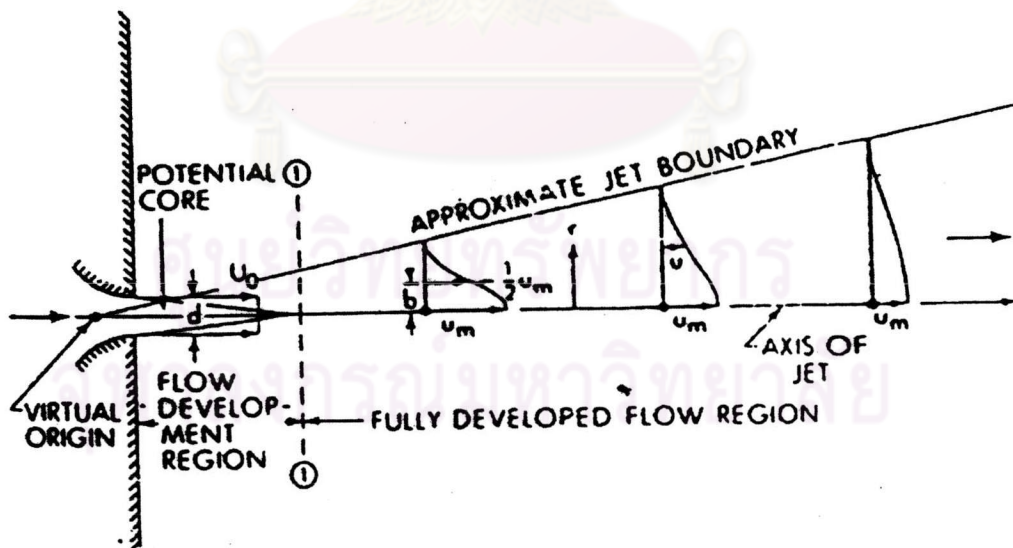


ประมวณรูปภพ

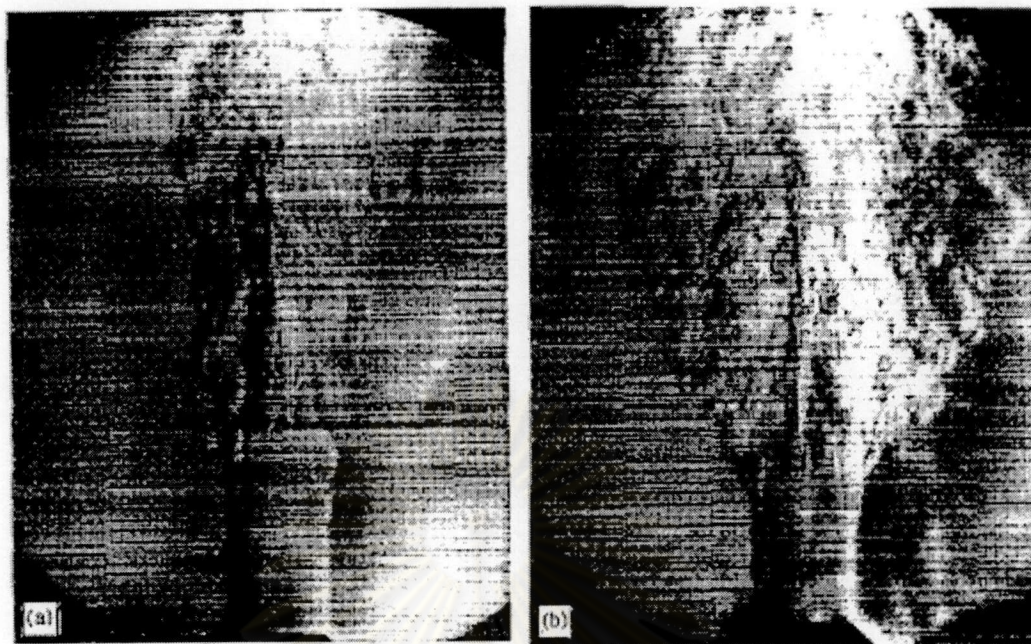
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.1 ลักษณะการแบ่งบริเวณเจ็ต (Beer and Chigier, 1972)



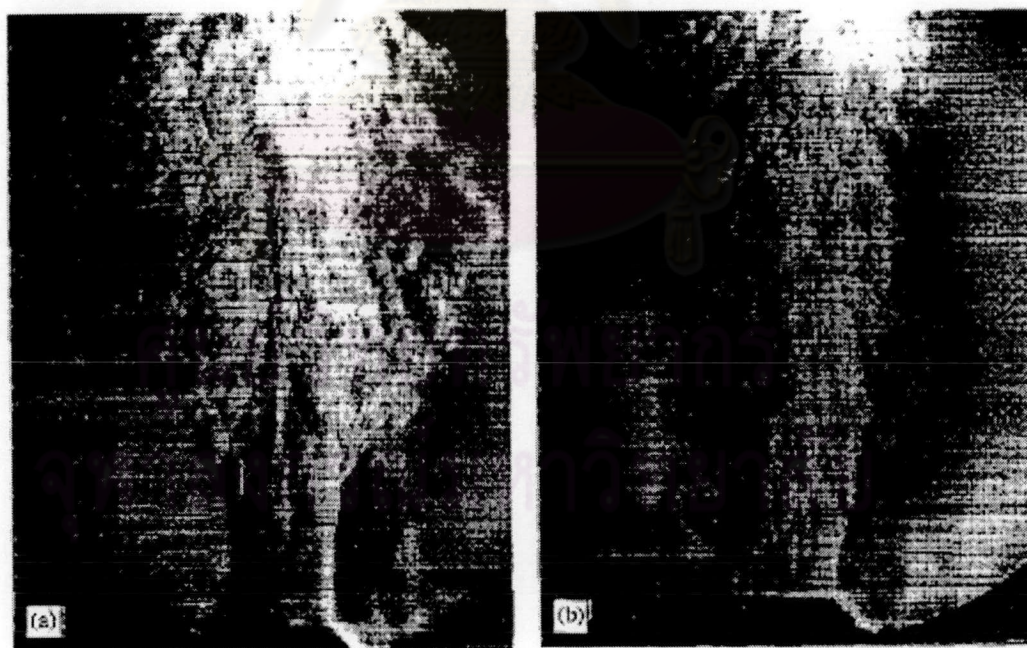
รูปที่ 1.2 ลักษณะของ Circular Turbulent Jet (Rajaratnam, 1976)



ก) $S = 0.75$

ข) $S = 0.50$

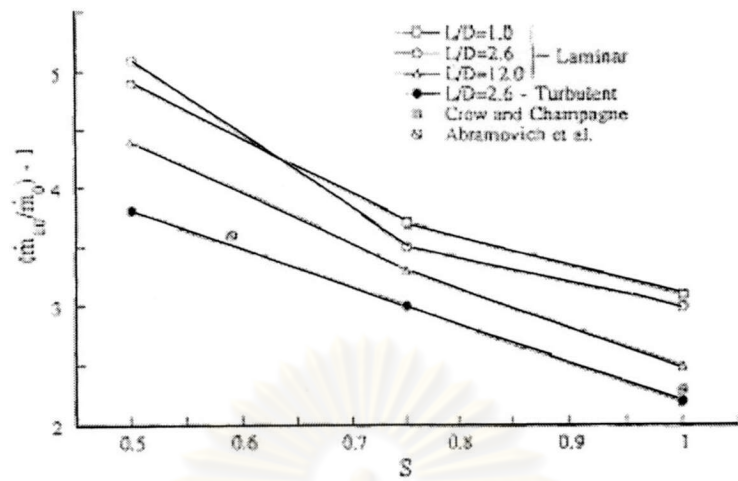
รูปที่ 1.3 เปรียบเทียบผลของอัตราส่วนความหนาแน่นของเจ็ต Russ and Strykowski (1993)



ก) ไม่ติด Screen

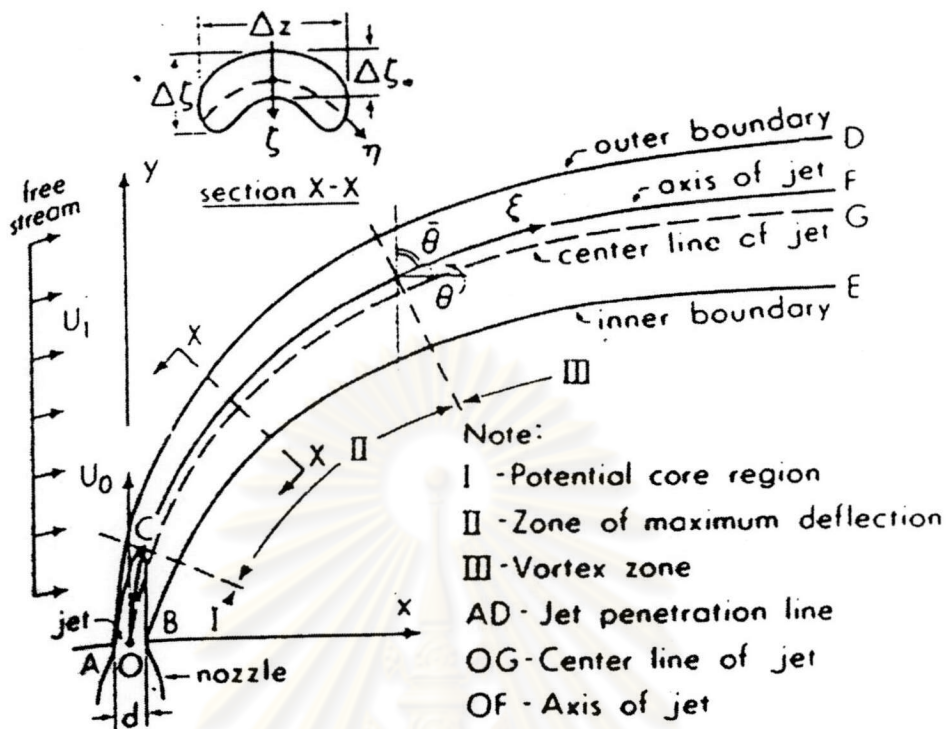
ข) ติด Screen

รูปที่ 1.4 เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงสถานะที่ปากทางออกเจ็ต Russ and Strykowski (1993)

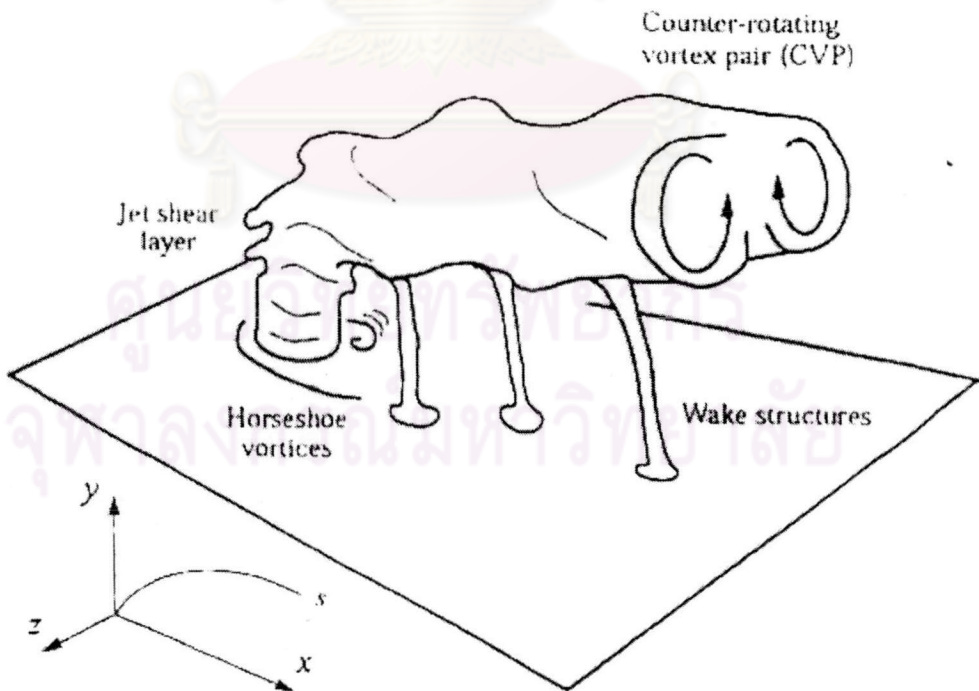


รูปที่ 1.5 เปรียบเทียบค่าอัตราการ Entrainment ของเจ็ตที่สภาวะการทดลองต่าง
Russ and Strykowski (1993)

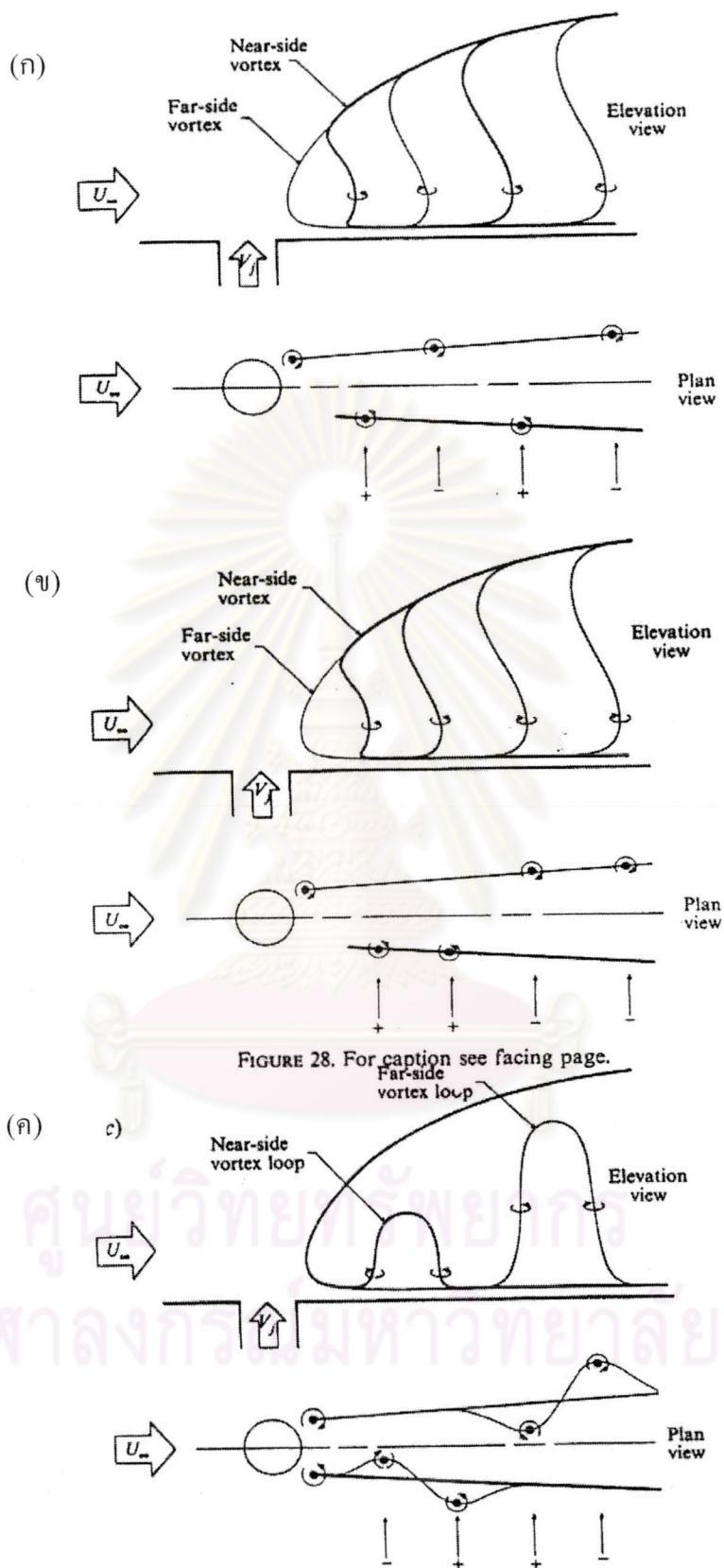
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



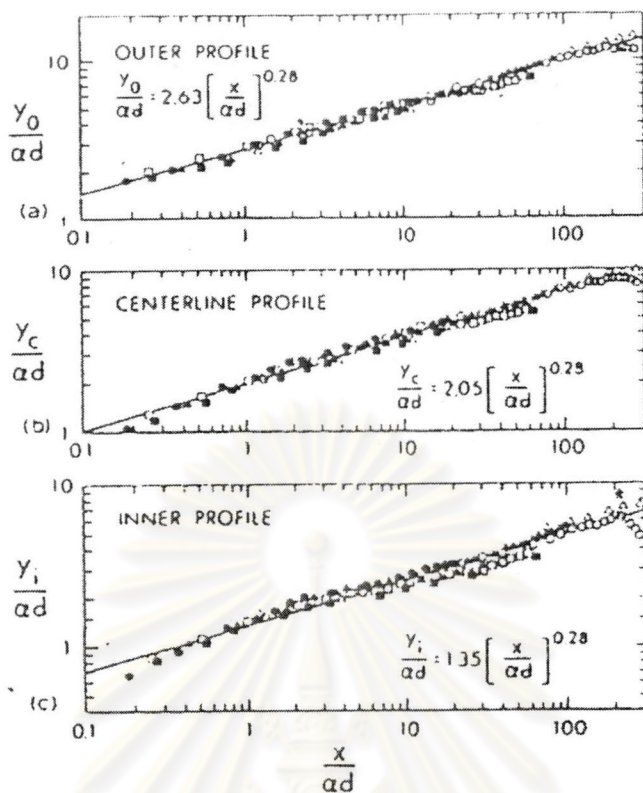
รูปที่ 1.6 ลักษณะของเจ็ตในกระแสลมขวาง (Rajaratnam, 1976)



รูปที่ 1.7 โครงสร้างของ Vortical structure ของเจ็ตในกระแสลมขวาง (Fric and Roshko, 1994)

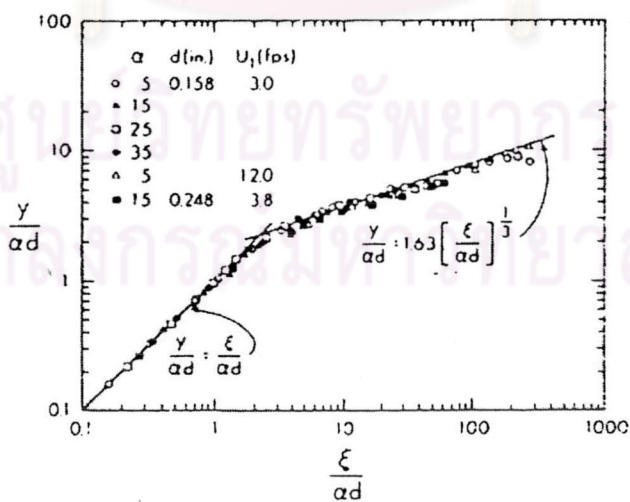


รูปที่ 1.8 ลักษณะของ Wake vortices (Kelso et al., 1996) (ก) Von Kaman vortex street (ข) Mushroom-like upright vortex structure (ค) Alternative Mushroom-like upright

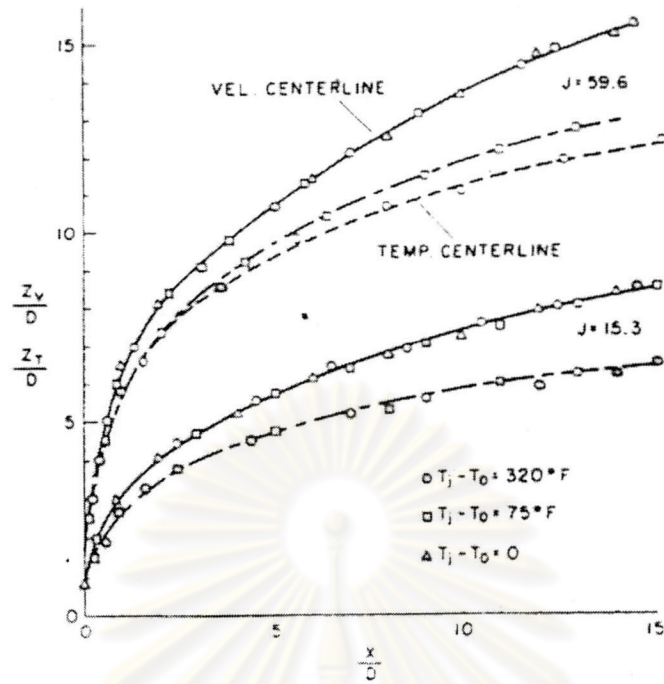


α	$d(\text{in})$	$U_1(\text{fps})$	$d(\text{in})$	$U_1(\text{fps})$
○	5	0.158	30	
△	15		5	120
□	25		15	0.248
				38

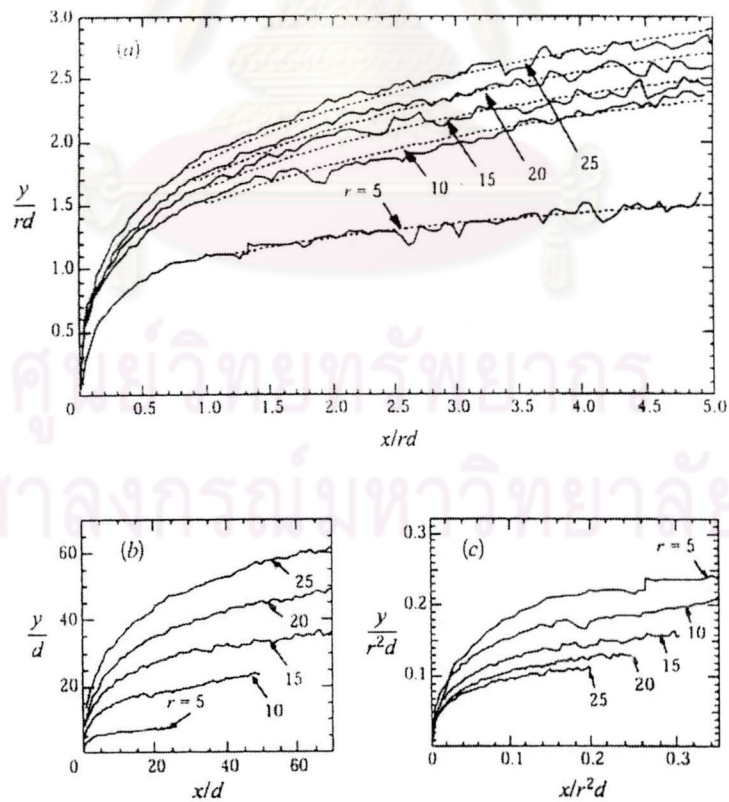
รูปที่ 1.9 เส้นทาง (Trajectory) ของเจ็ตในกระแสมขวาง (Pratte and Baines, 1967)



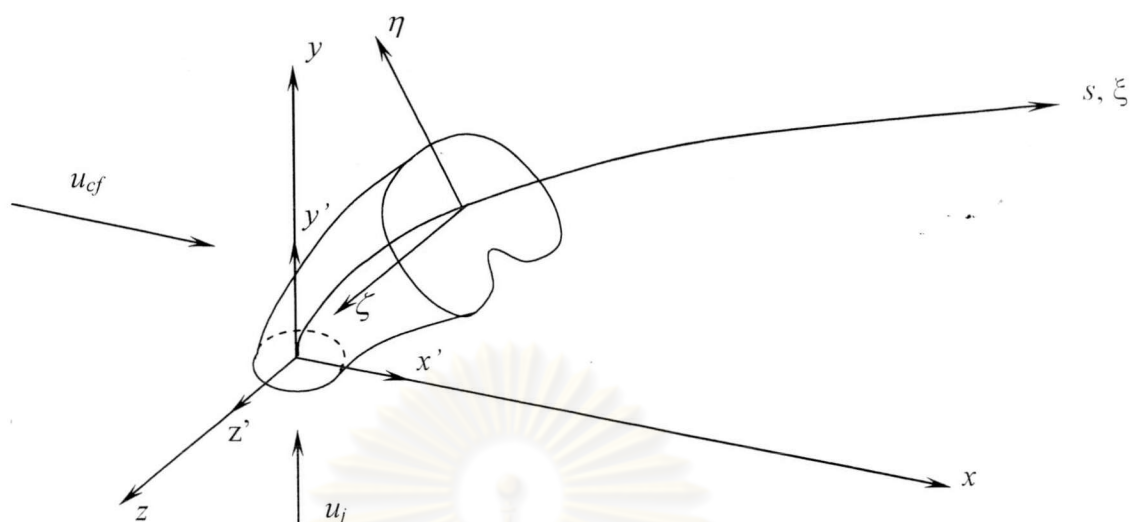
รูปที่ 1.10 Centerline Trajectory ตามแนวแกนเจ็ตของเจ็ตในกระแสมขวาง (Pratte and Baines, 1967)



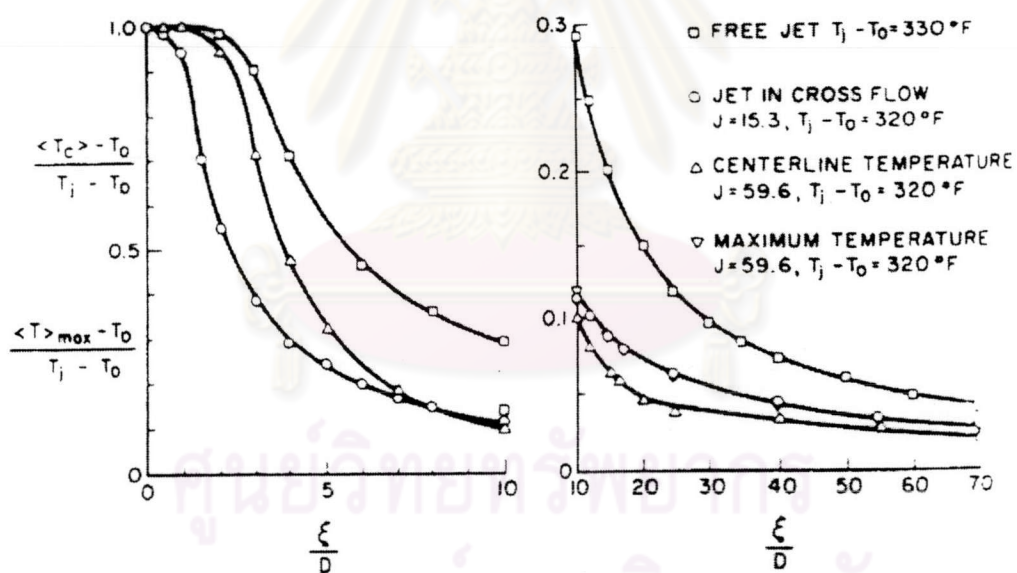
รูปที่ 1.11 เส้นทางของความเร็วจลนและอุณหภูมิในกรณี $T_j - T_o = 0^\circ\text{F}$, $T_j - T_o = 75^\circ\text{F}$ และ $T_j - T_o = 320^\circ\text{F}$ (Kamotani and Greber, 1972)



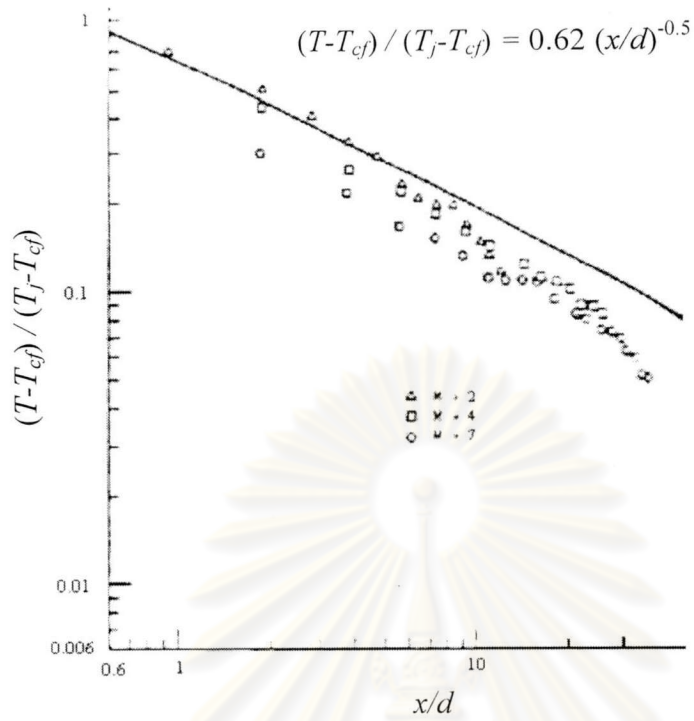
รูปที่ 1.12 Centerline trajectory (Smith and Mungal, 1998)



รูปที่ 1.13 พิกัดอ้างอิง Cartesian

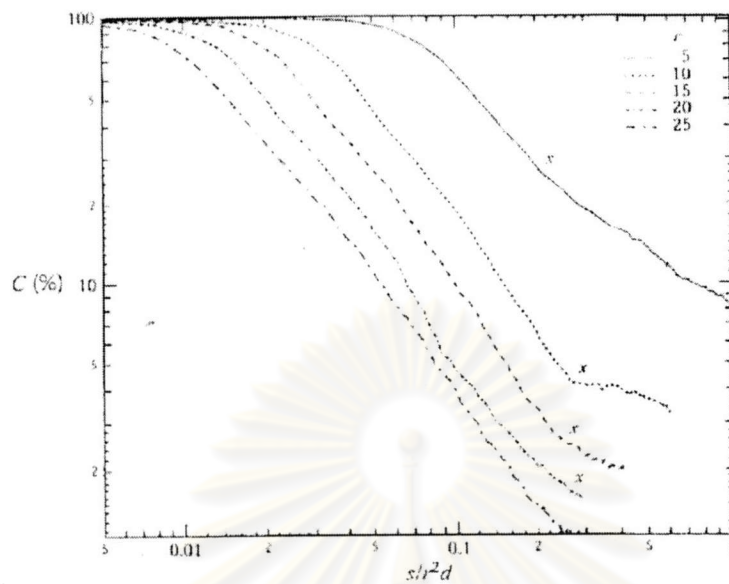


รูปที่ 1.14 การลดลงของอุณหภูมิตามแนวแกนเจ็ต (ξ) บนระนาบสมมาตร (Kamotani and Graber, 1972)

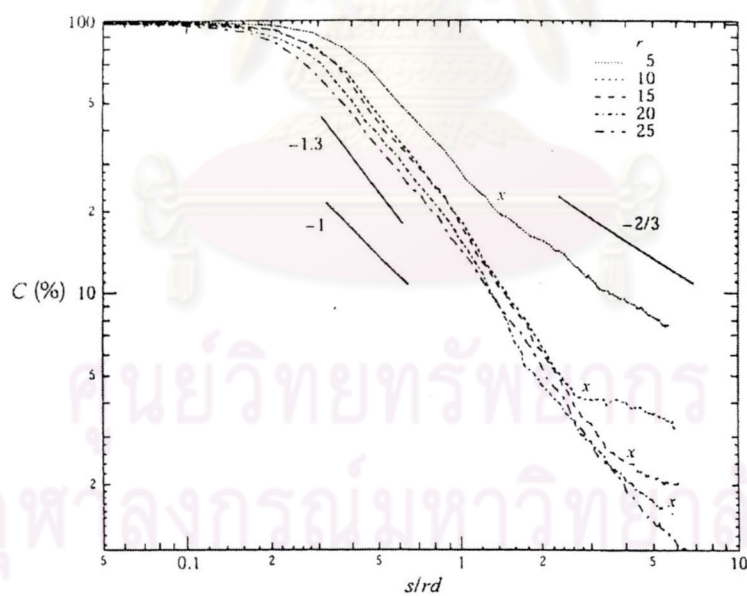


รูปที่ 1.15 การลดลงของอุณหภูมิตามแนว Downstream (x) บนระนาบสมมาตร (Sherif and Pletcher, 1989)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

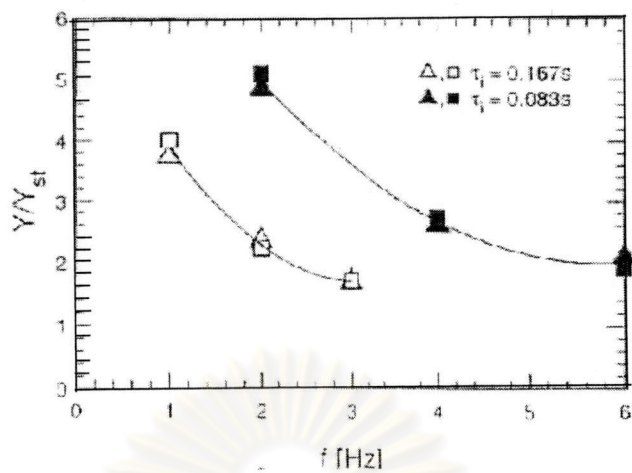


(ก)

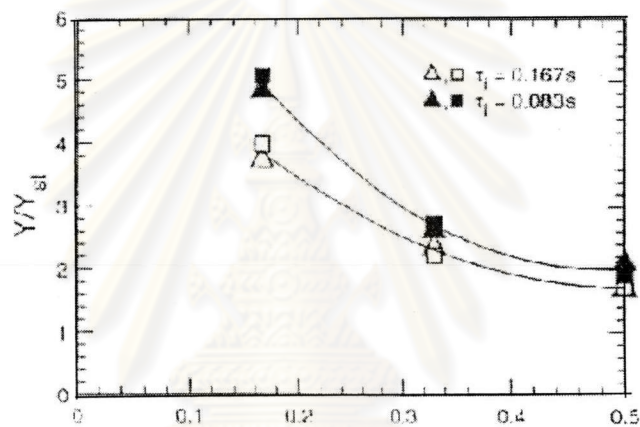


(ข)

รูปที่ 1.16 การลดลงของ Concentration ตามแนวแกนเจ็ต (s) (Smith and Mungal, 1998)
 (ก) สเกลด้วย r^2d (ข) สเกลด้วย rd



n)

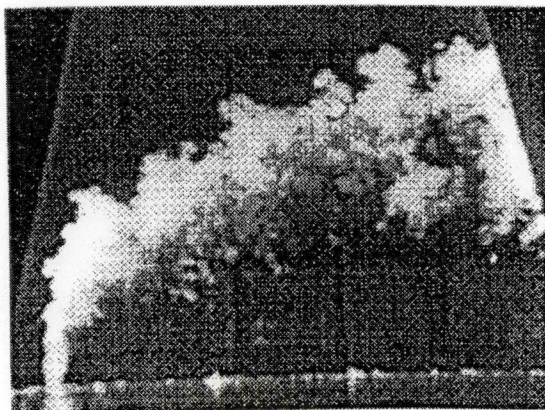


j)

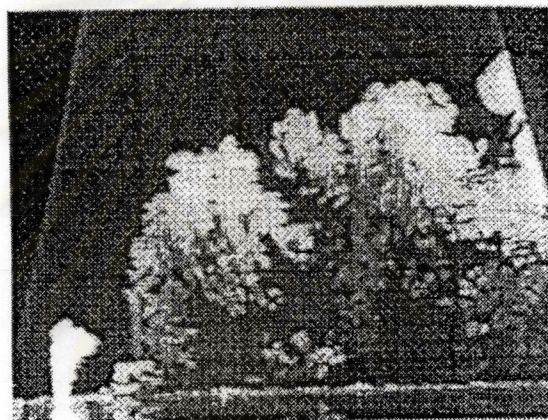
จ)

รูปที่ 1.17 ผลของค่าความถี่ Duty Cycle และระยะเวลาฉีดเจ็ตต่อระยะ Penetration depth ของ PJICF $x/d = 20$ (Δ, \blacktriangle) และ $x/d = 40$ (\square, \blacksquare) (Hermanson et al., 1998)

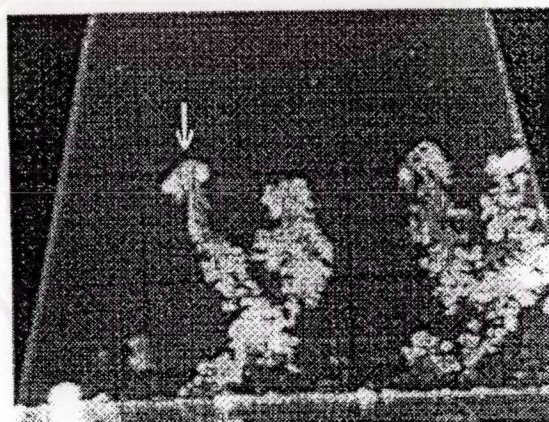
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



10 cm
ก) Steady Jet

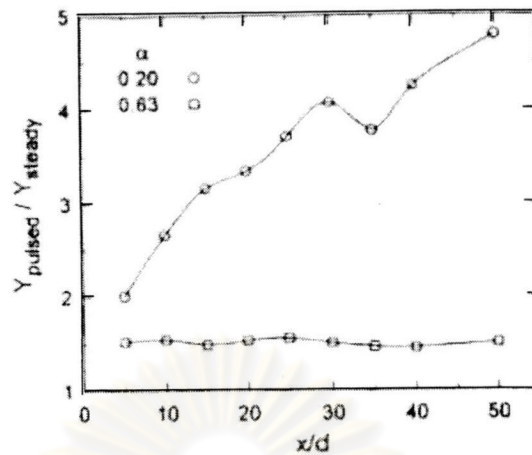


ข) Pulsed Jet with $f = 1 \text{ Hz}$ and $\alpha = 0.50$

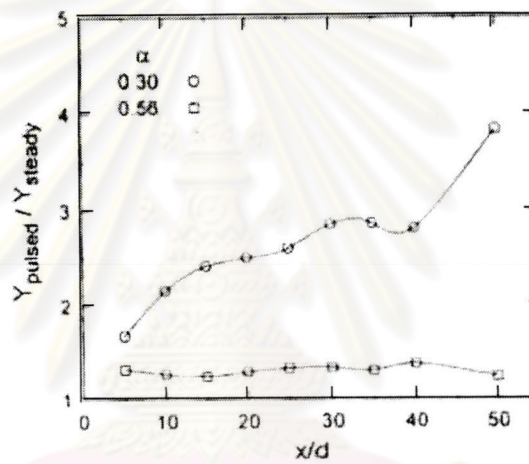


ค) Pulsed Jet with $f = 0.67 \text{ Hz}$ and $\alpha = 0.17$

รูปที่ 1.18 ภาพ Flow Visualization เปรียบเทียบคุณลักษณะของ JICF และ PJICF
(Hermanson et al., 1998)

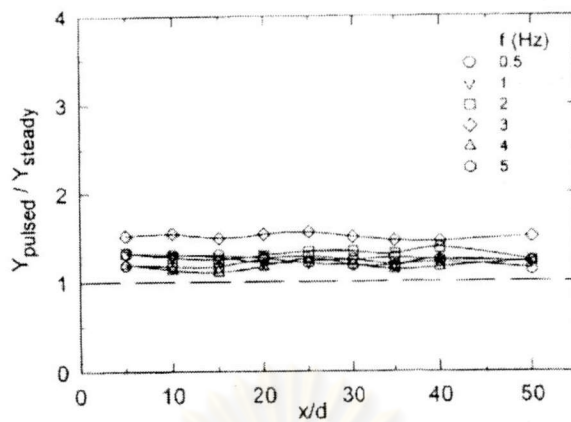


ก) $\tau = 200$ ms

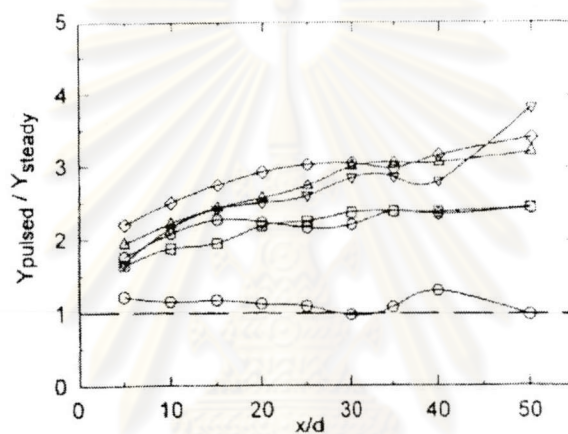


ข) $\tau = 300$ ms

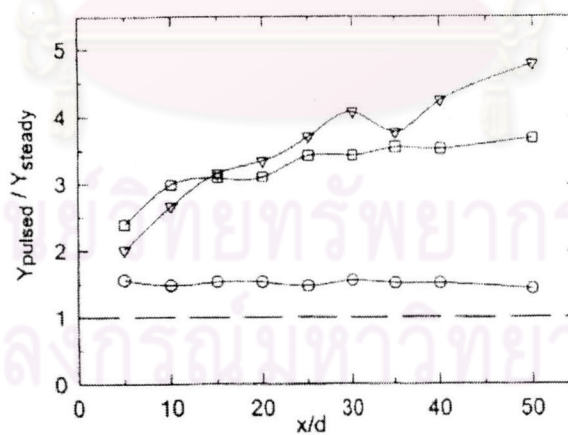
รูปที่ 1.19 ผลของ Duty cycle (α) และ ระยะเวลาในการฉีด (τ) ต่อระยะ Penetration depth ของ PJICF ก) $\tau = 200$ ms, ข) $\tau = 300$ ms (Johari et al., 1999)



ก) $\alpha = 0.5$

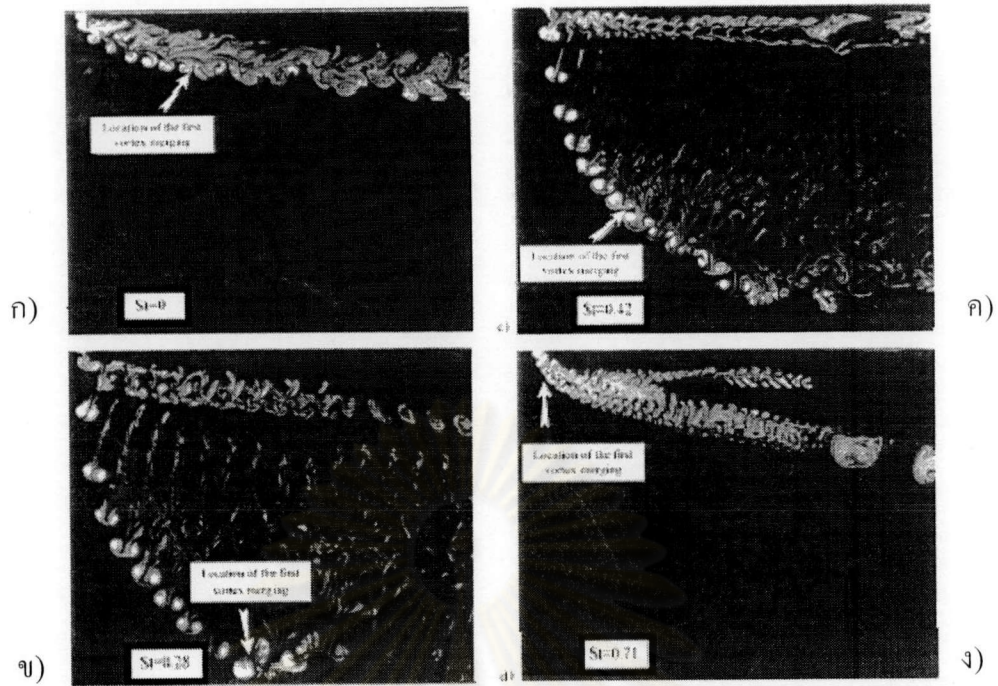


ข) $\alpha = 0.3$

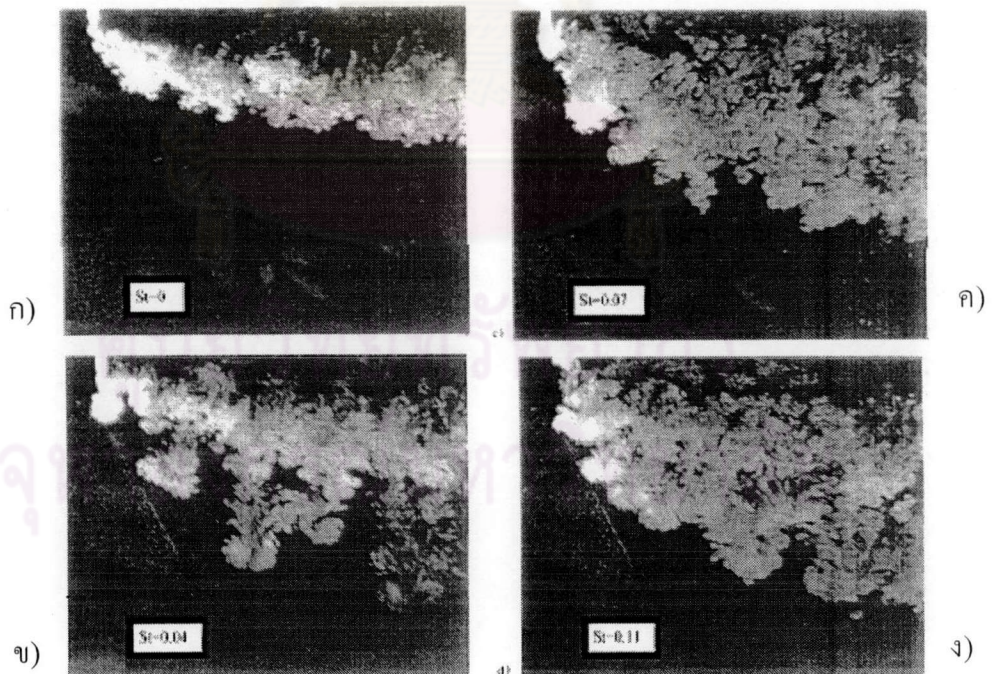


ค) $\alpha = 0.2$

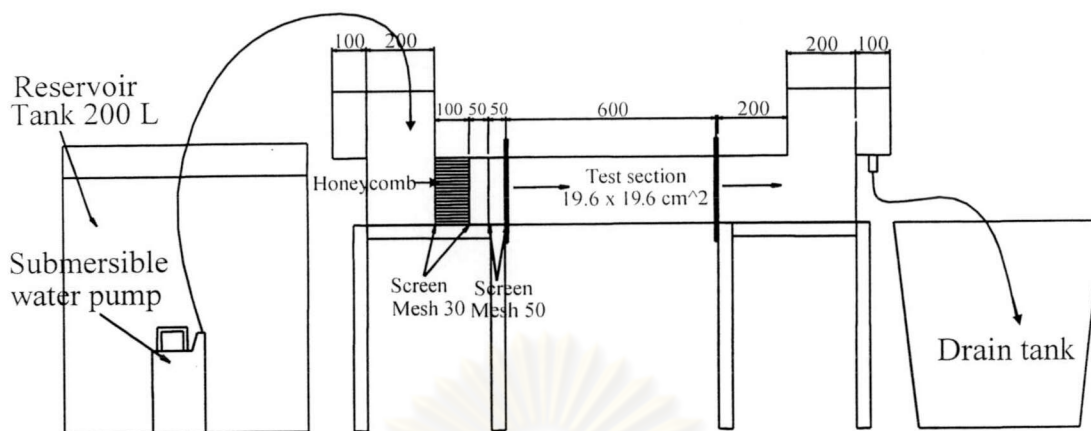
รูปที่ 1.20 ผลของความถี่ (f) และ Duty cycle (α) ต่อระยะ Penetration ของ PJICF
 ก) $\alpha = 0.5$, ข) $\alpha = 0.3$ และ ค) $\alpha = 0.2$ (Johari et al. , 1999)



รูปที่ 1.21 ภาพ Flow Visualization คุณลักษณะของ JICF และ PJICF ($Re = 650$)
 ก) $St = 0$, ข) $St = 0.28$, ค) $St = 0.42$ และ ง) $St = 0.71$
 (Eroglu and Breidenthal , 1999)



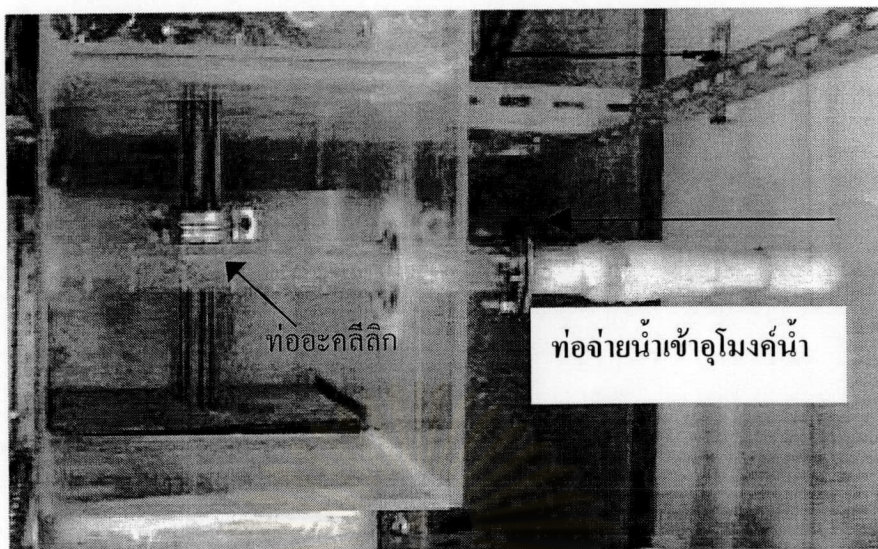
รูปที่ 1.22 ภาพ Flow Visualization คุณลักษณะของ JICF และ PJICF ($Re = 6200$)
 $St = 0$, ข) $St = 0.04$, ค) $St = 0.07$, ง) $St = 0.11$
 (Eroglu and Breidenthal , 1999)



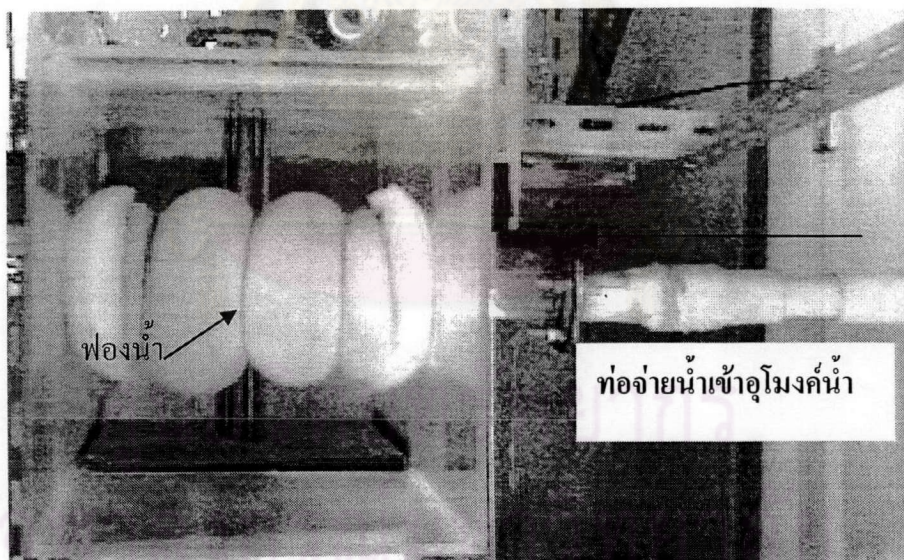
รูปที่ 2.1 รูป Schematic ของชุดอุโมงค์น้ำ



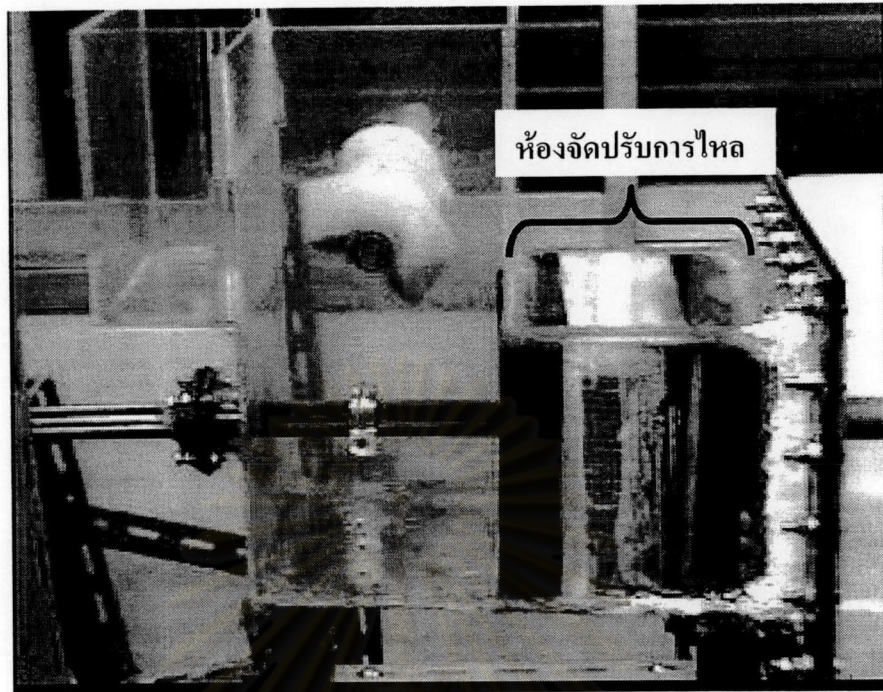
รูปที่ 2.2 เครื่องสูบน้ำแบบ Submersible Water Pump ขนาด 130 วัตต์ที่ใช้ในชุดอุโมงค์น้ำ



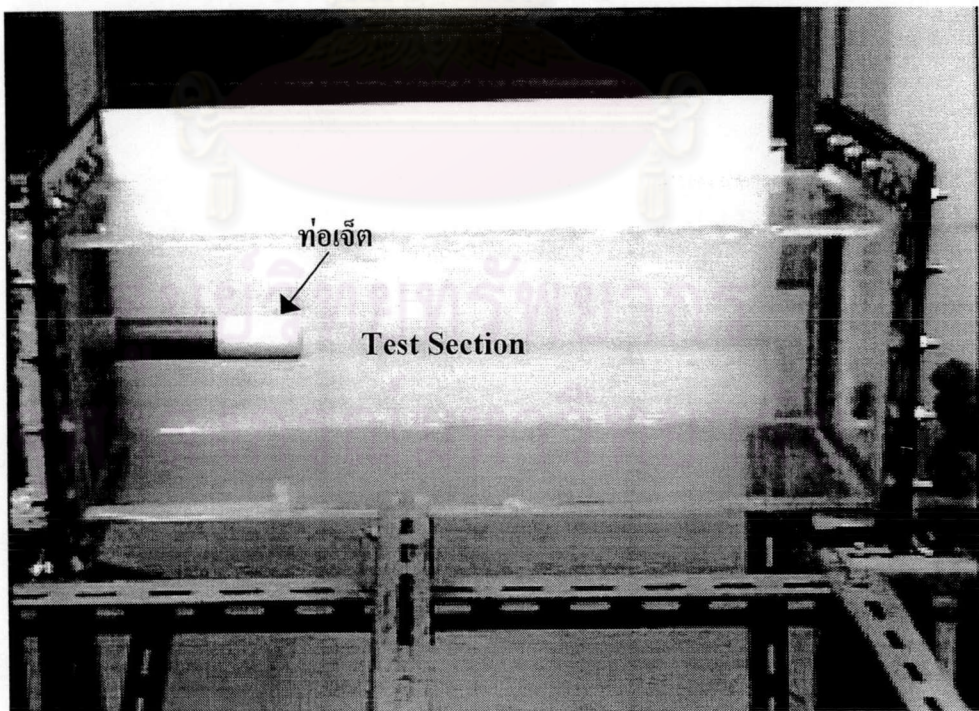
รูปที่ 2.3 ท่อจ่ายน้ำเข้าสู่โม่ค้ำน้ำ



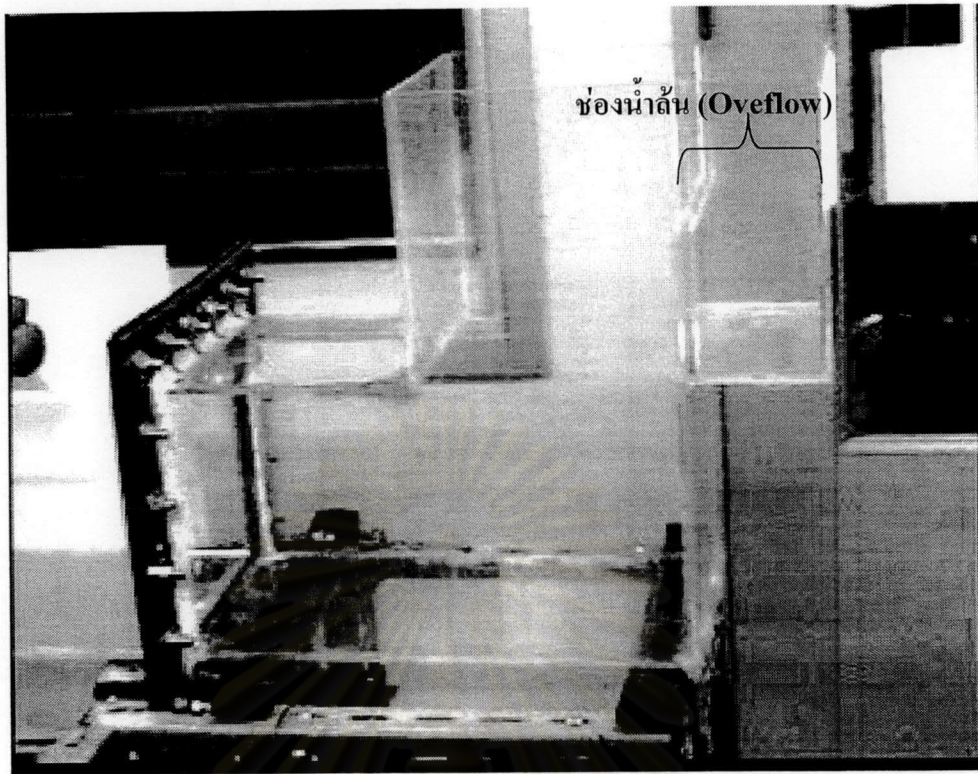
รูปที่ 2.4 ฟองน้ำหุ้มท่ออะคลีติก



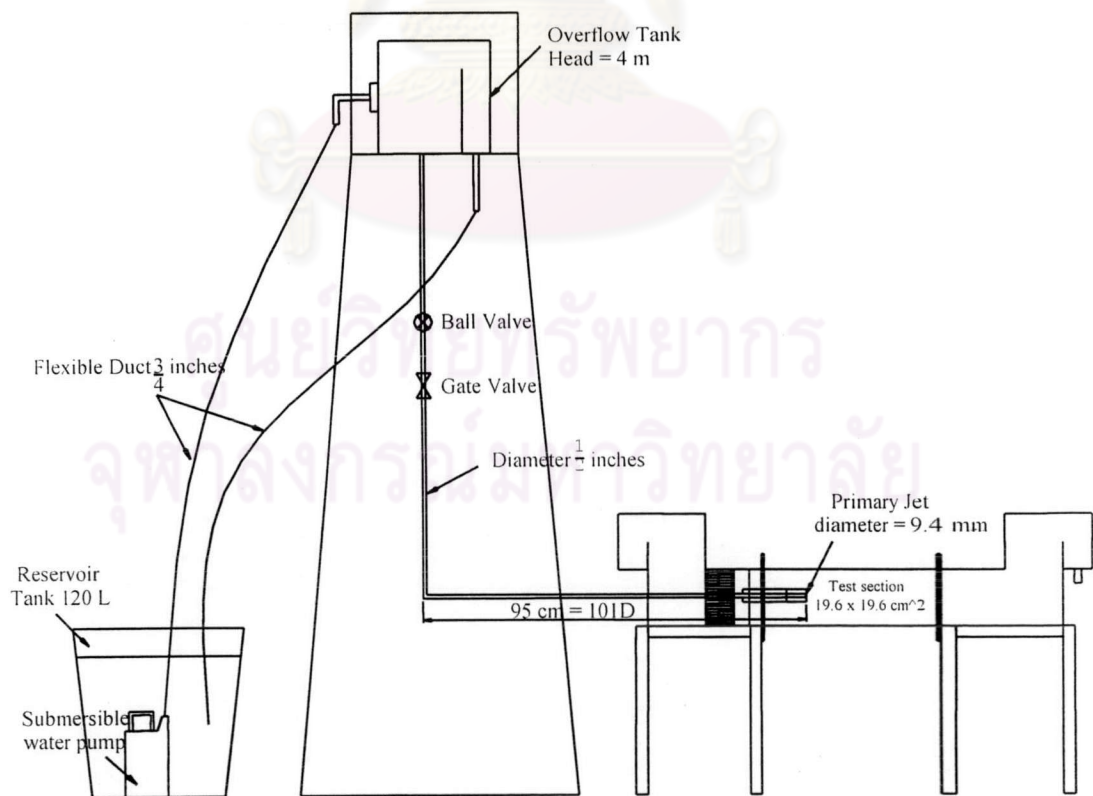
รูปที่ 2.5 ห้องจัดปรับการไหล (Settling Chamber)



รูปที่ 2.6 หน้าตัดทดสอบ (Test Section) และท่อเจ็ต



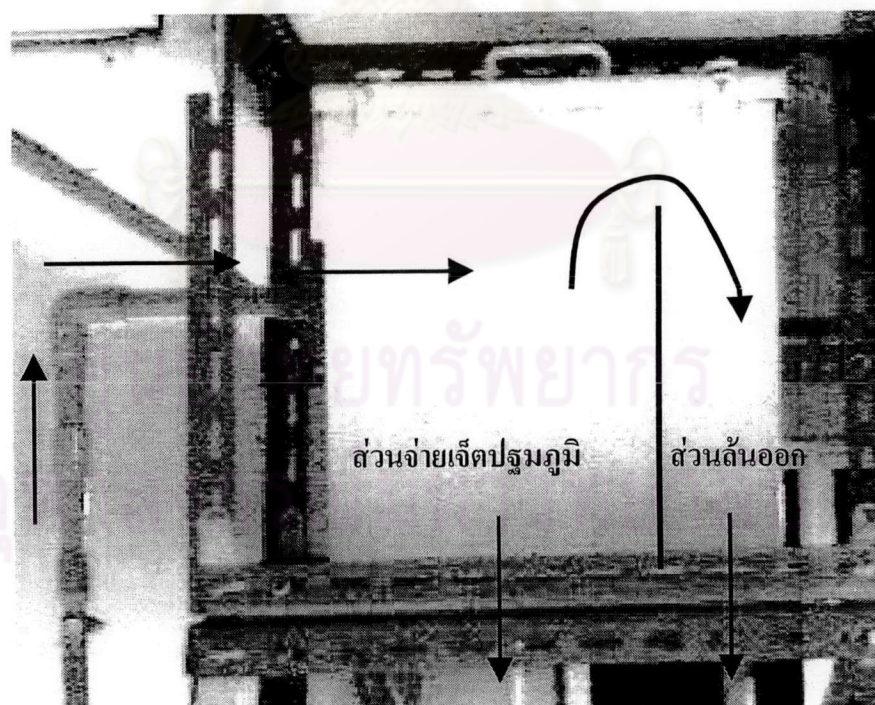
รูปที่ 2.7 ส่วนควบคุมระดับน้ำล้นและช่อง Overflow



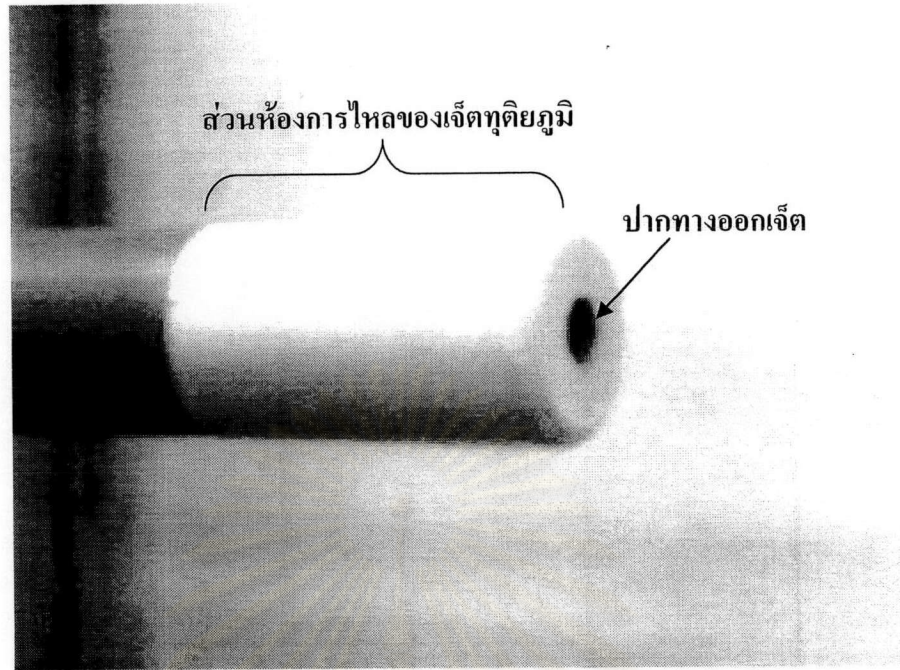
รูปที่ 2.8 รูป Schematic ของชุดเจ็ทปั๊ม



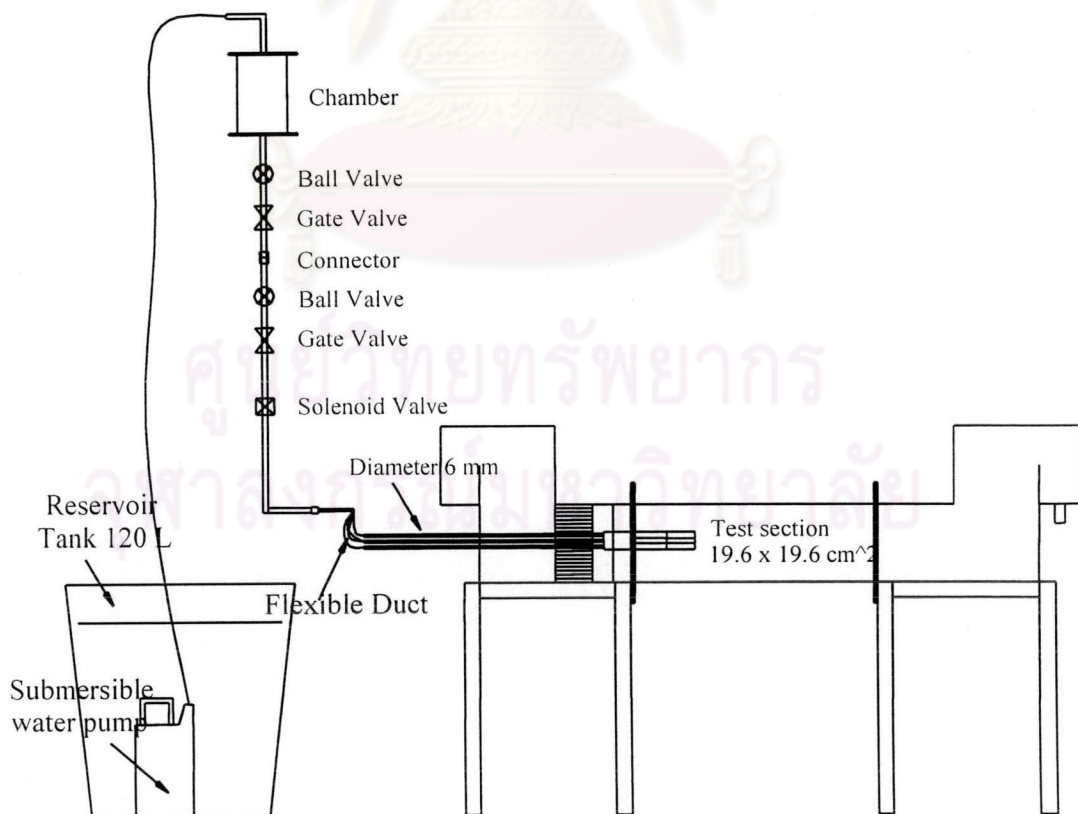
รูปที่ 2.9 เครื่องสูบน้ำแบบ Submersible Water Pump ขนาด 150 วัตต์ที่ใช้ในชุดเจ็ตปฐมภูมิ



รูปที่ 2.10 ถังจ่ายน้ำแบบควบคุมระดับคงที่ของระบบเจ็ตปฐมภูมิ



รูปที่ 2.11 รูปปากทางออกท่อเจ็ตปฐมภูมิของการทดลอง



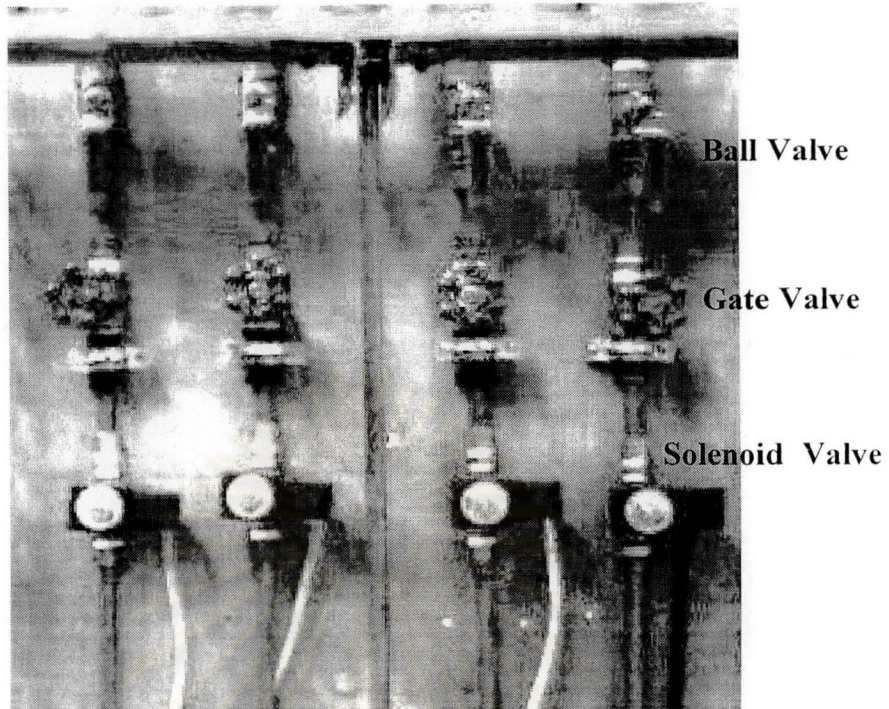
รูปที่ 2.12 รูป Schematic ของชุดเจ็ตทุติยภูมิ



รูปที่ 2.13 เครื่องสูบน้ำแบบ Submersible Water Pump ขนาด 125 วัตต์ที่ใช้ในชุดเจ็ดตุติยภูมิ

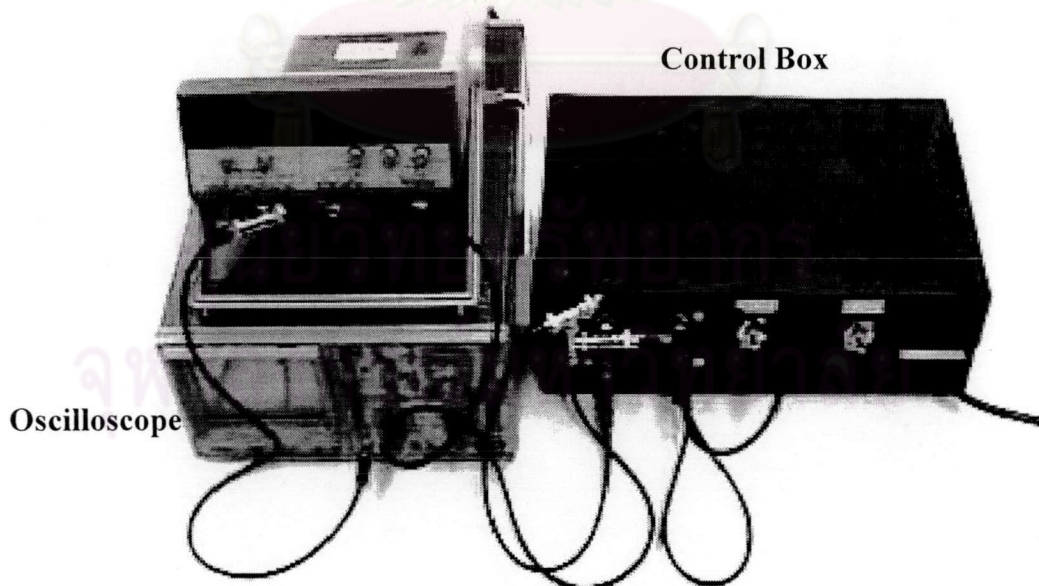


รูปที่ 2.14 ท่อลดความดันของระบบเจ็ดตุติยภูมิ

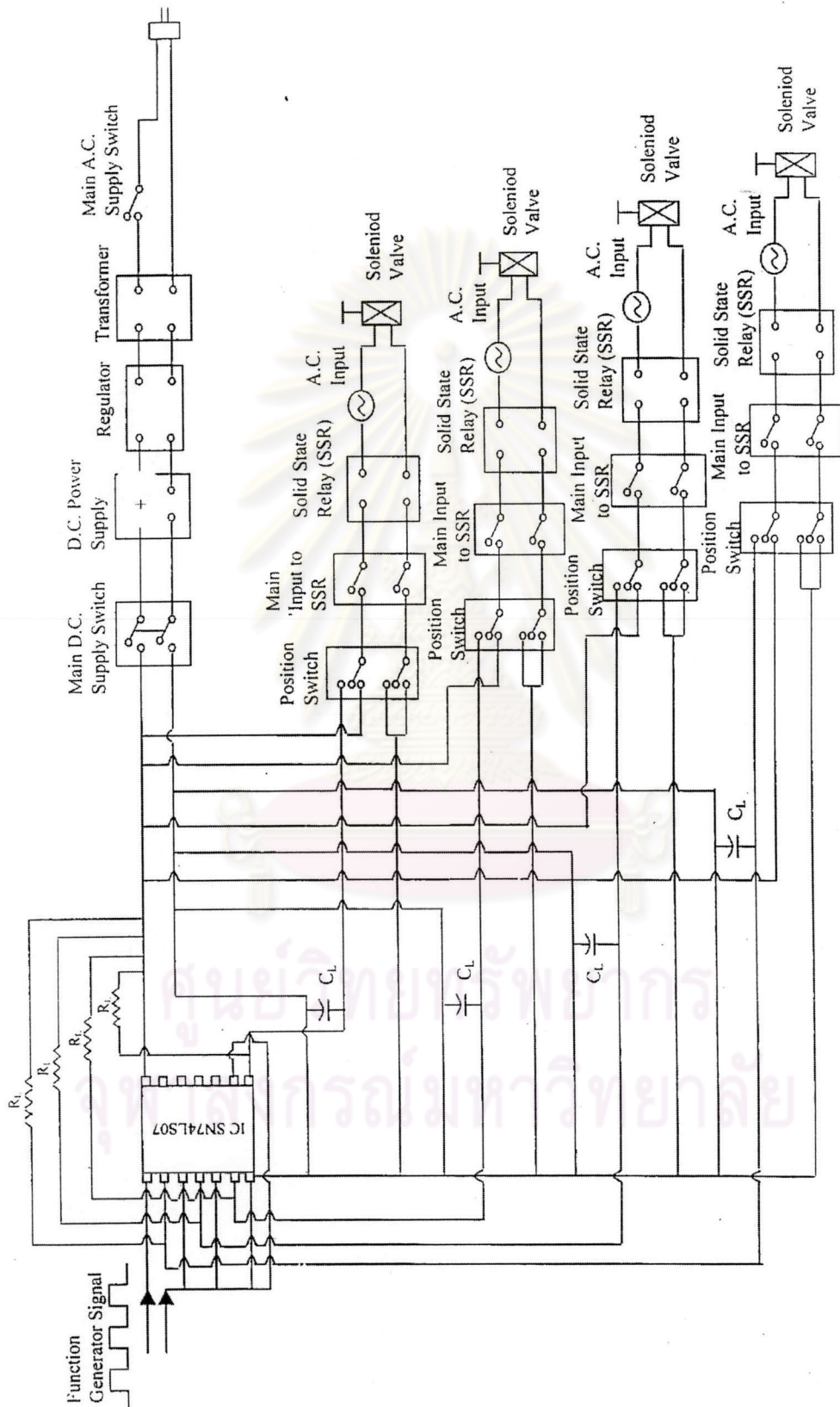


รูปที่ 2.15 แผงวาล์วควบคุมชุดเจ็ดทุติยภูมิ

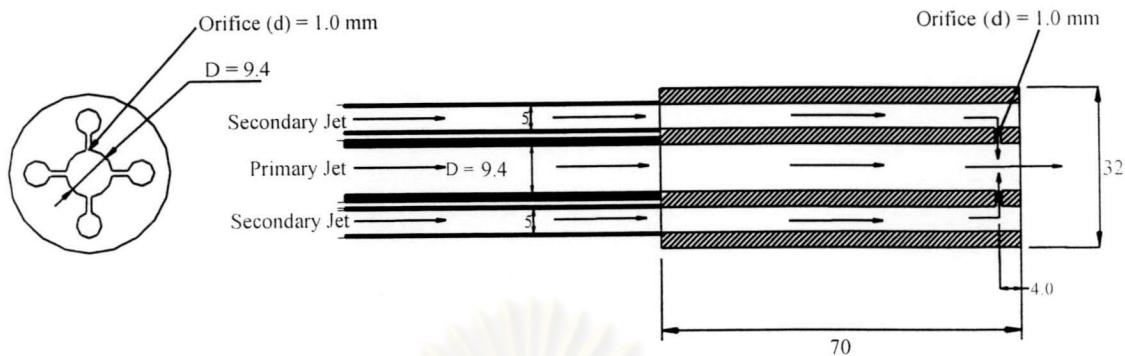
Function Generator



รูปที่ 2.16 ชุดควบคุมการเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์ว

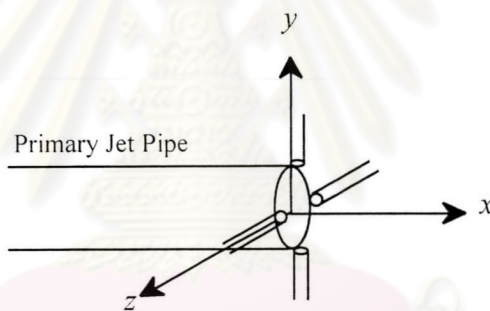


รูปที่ 2.17 วงจรไฟฟ้าของกล่องควบคุมการเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์ว

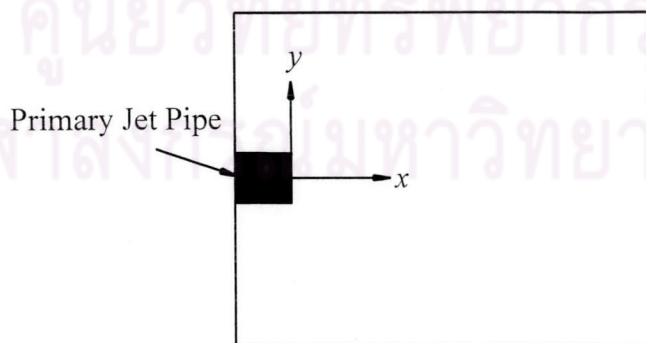


ความยาวหน่วย : mm

รูปที่ 2.18 รูป Schematic ของหัวฉีดเจ็ตที่ปากทางออกท่อ

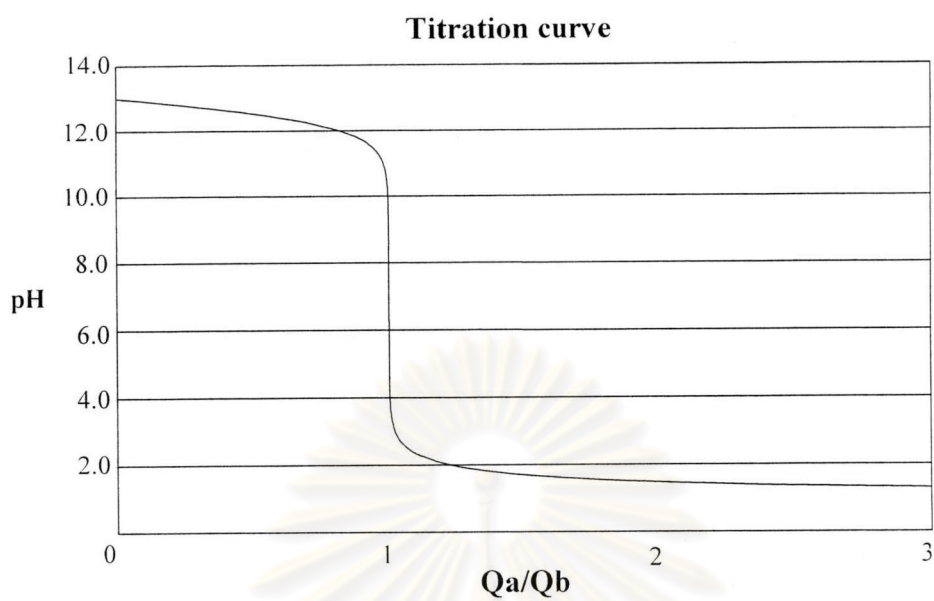


(ก) พิกัดอ้างอิงของการทดลอง



(ข) พิกัดอ้างอิงของภาพถ่าย

รูปที่ 2.19 พิกัดอ้างอิงในการทดลอง



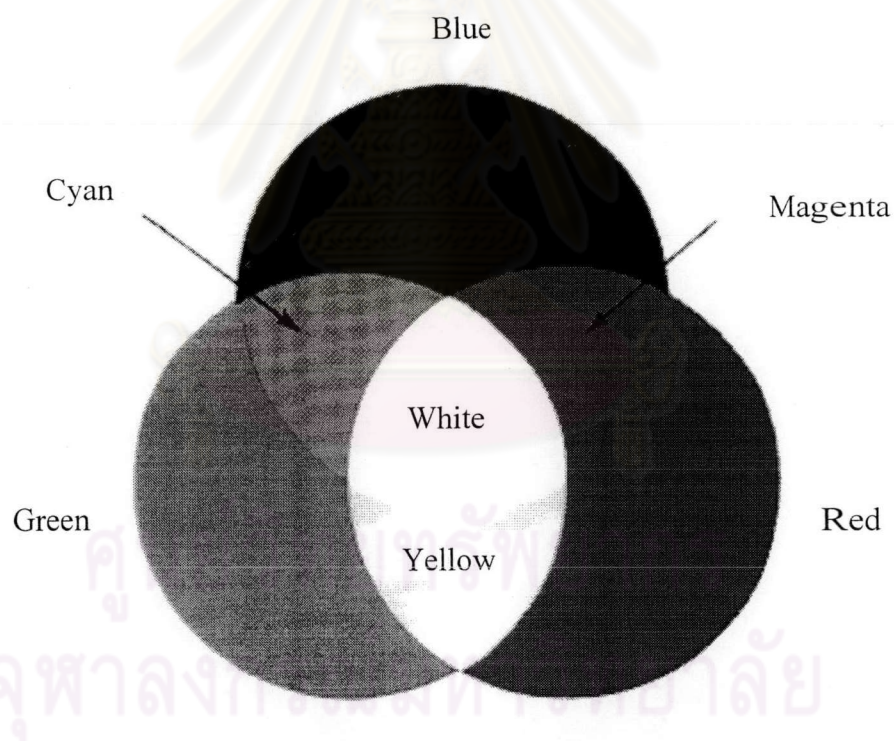
รูปที่ 2.20 กราฟไทเทรทชัน (Titration curve) ระหว่างสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 0.01 M และสารละลายเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.01 M



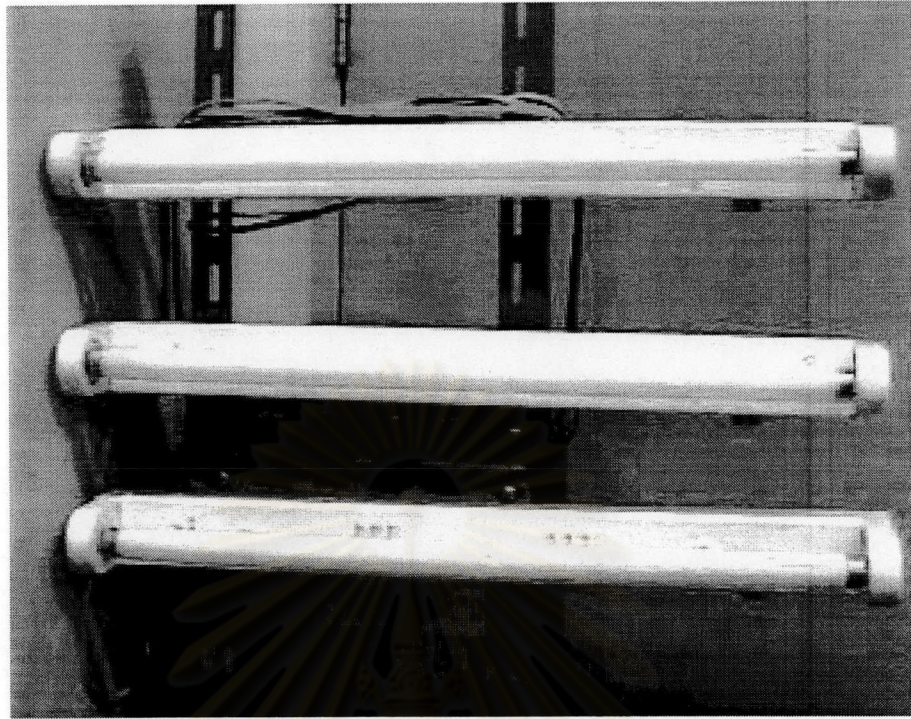
รูปที่ 2.21 กล้องดิจิตอลวิดีโอี่ห้อ Sony รุ่น DCR-TRV320E

		Color wavelength, and Complements		
ν, Hz	Light Color	λ, nm	Complement	
7×10^{14}	Violet			
	Blue			
6×10^{14}	Green	Violet	400-450	Yellow-green
	Yellow	Blue	450-480	Yellow
	Orange	Green	500-560	Purple
5×10^{14}	Red	Yellow	580-600	Blue
		Orange	600-650	Green-blue
4×10^{14}		Red	650-750	Blue-green

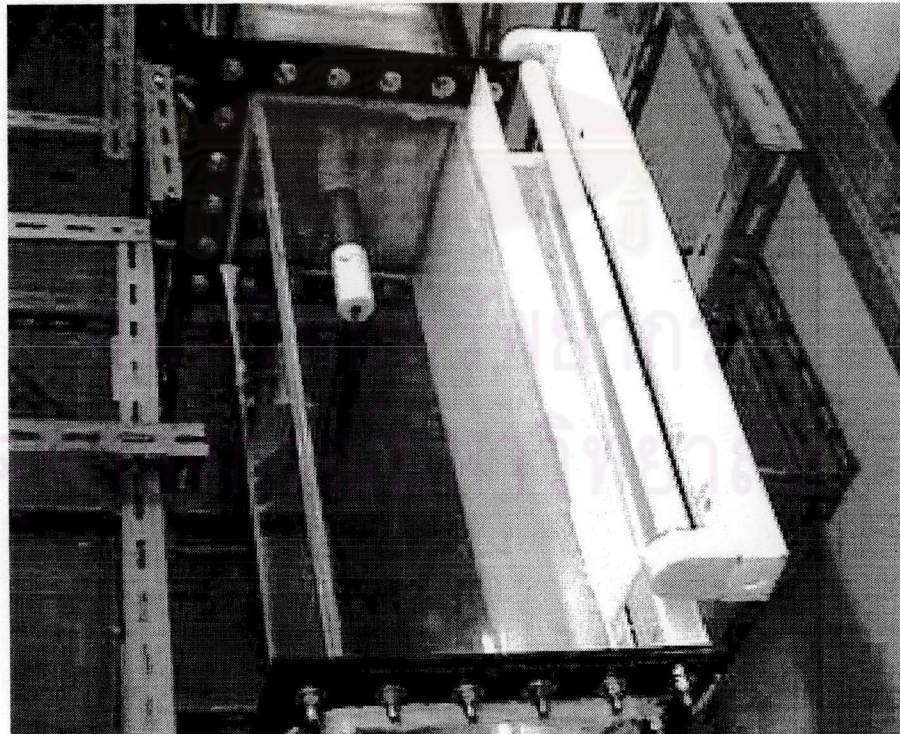
รูปที่ 2.22 ช่วงของความถี่แสงและความยาวคลื่นในการมองเห็นของตาคน



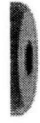
รูปที่ 2.23 ระบบสีและการรวมกันของสี



รูปที่ 2.24 หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์สำหรับให้แสงในการถ่ายภาพ

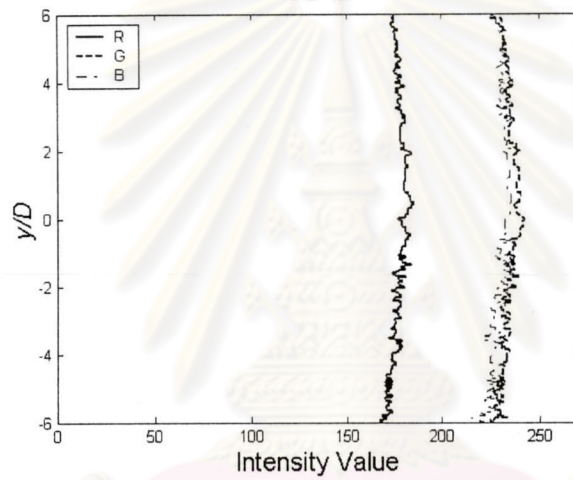


รูปที่ 2.25 การให้แสงและฉากในการถ่ายภาพ



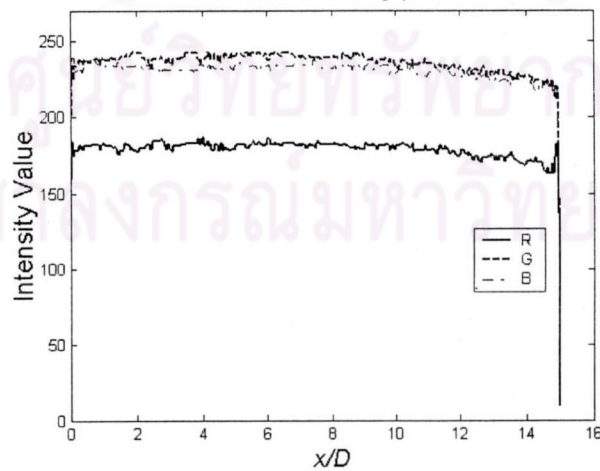
ก) รูปภาพ

$x/D=2$



ข) สัญญาณในทิศทางตามขวางกับการไหลเจ็ต

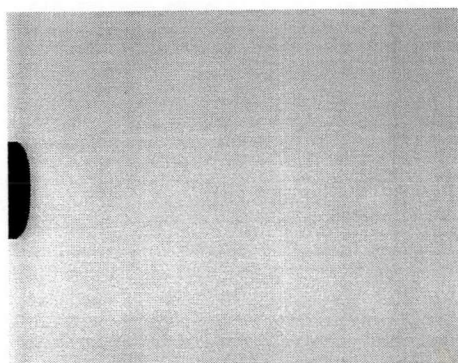
centerline Intensity profile



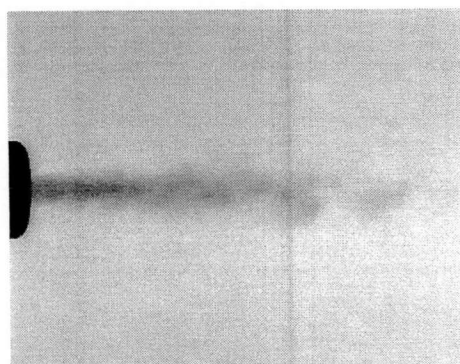
ค) สัญญาณในทิศทางการไหลเจ็ต

รูปที่ 2.26 ภาพจากรับแสงและลักษณะของสัญญาณจากภาพ

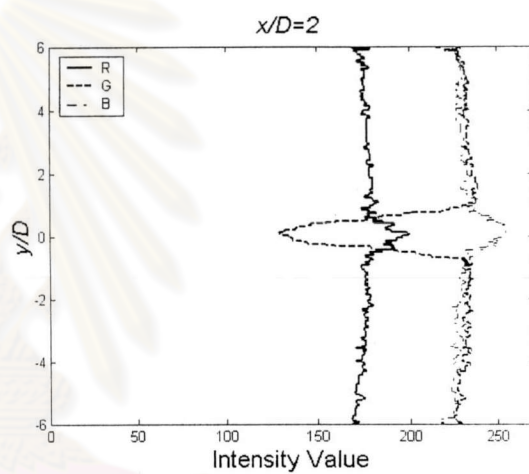
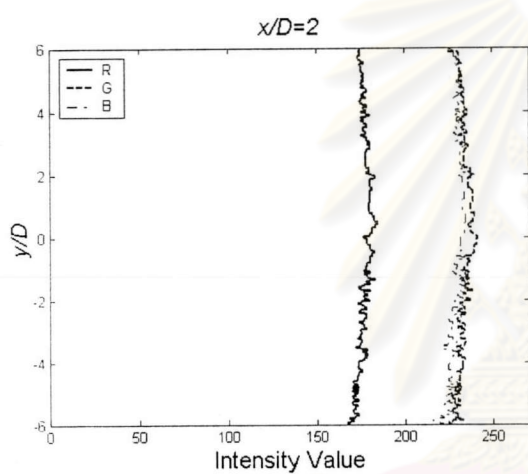
ภาพจากรับแสง



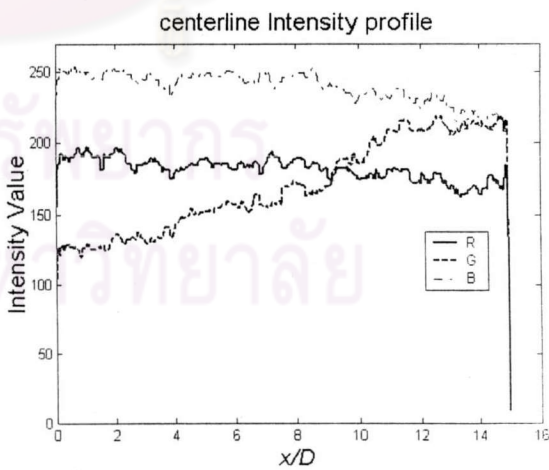
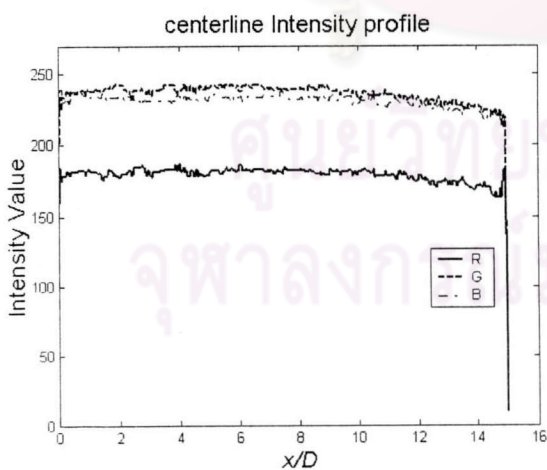
ภาพเจ็ด



ก) รูปภาพ

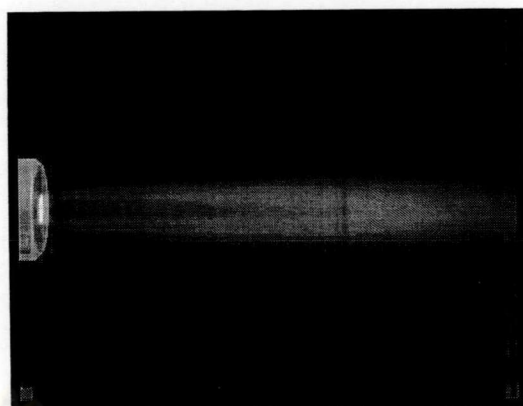
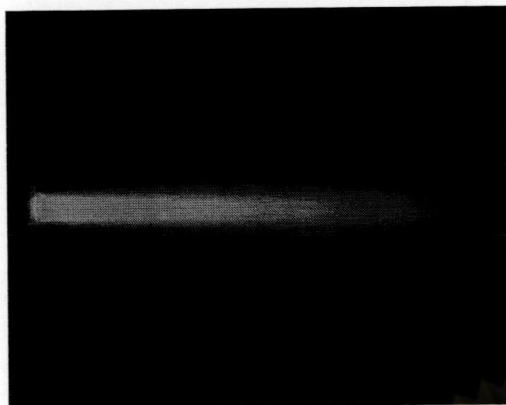


ข) สัญญาณในทิศทางตามขวางกับการไหลเจ็ด



ค) สัญญาณในทิศทางการไหลของเจ็ด

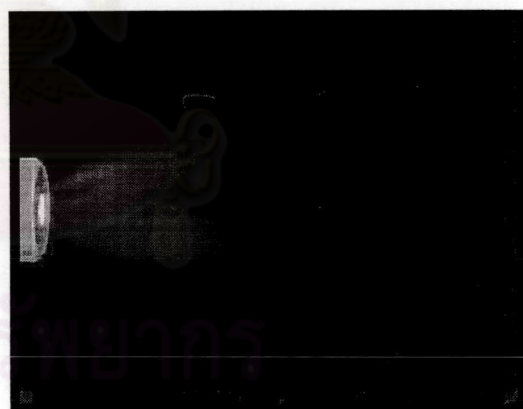
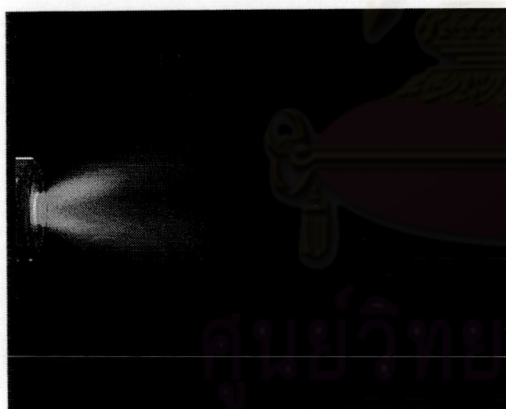
รูปที่ 2.27 เปรียบเทียบสัญญาณของภาพเจ็ดและสัญญาณของภาพจากรับแสง



รูปเฉลี่ย

รูปเบี่ยงเบนมาตรฐาน

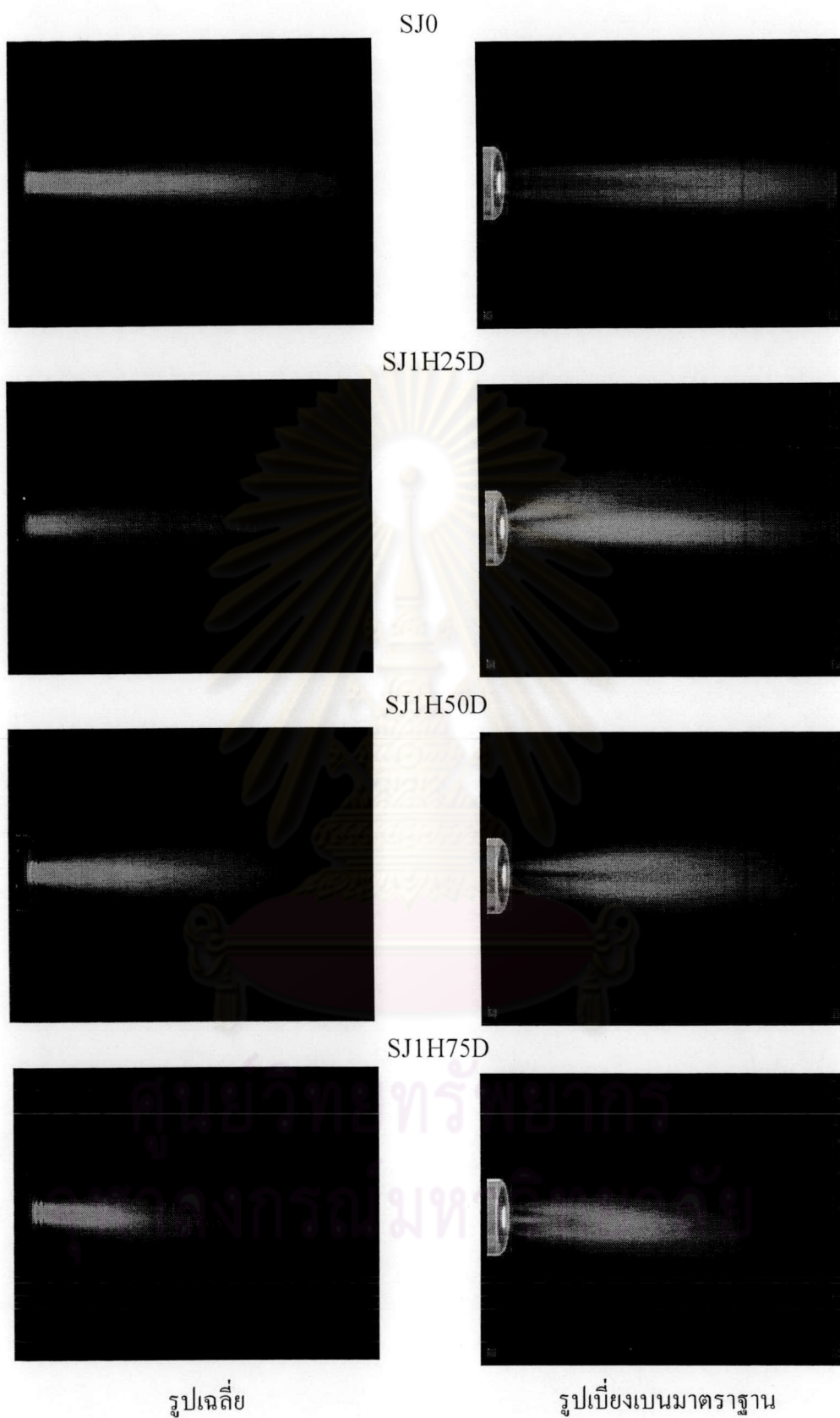
รูปที่ 3.1 รูปภาพของเจ็ตรถ SJ0



รูปเฉลี่ย

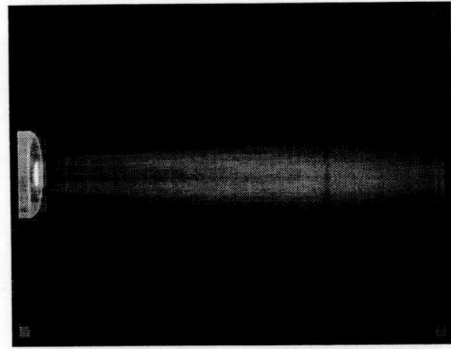
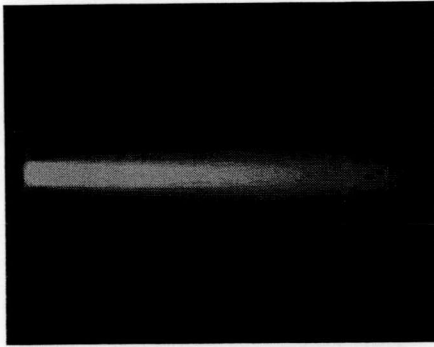
รูปเบี่ยงเบนมาตรฐาน

รูปที่ 3.2 รูปภาพของเจ็ตรถ SSJ

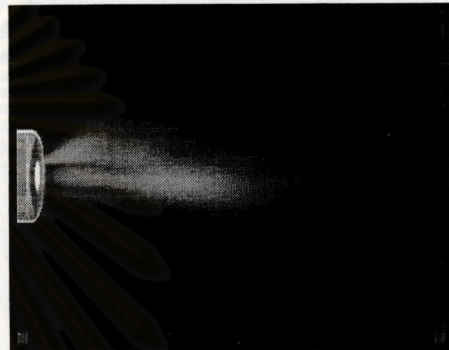


รูปที่ 3.3 รูปภาพของเจ็ตรกณี SJ1H25D, SJ1H50D และ SJ1H75D
เปรียบเทียบกับกรณี SJ0

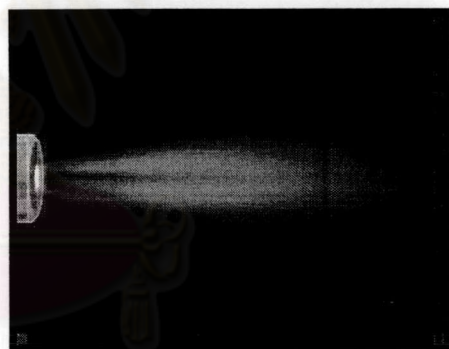
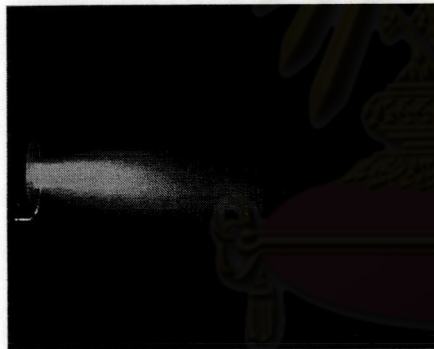
SJ0



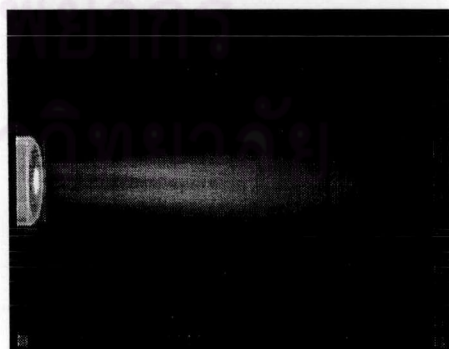
SJ5H25D



SJ5H50D



SJ5H75D

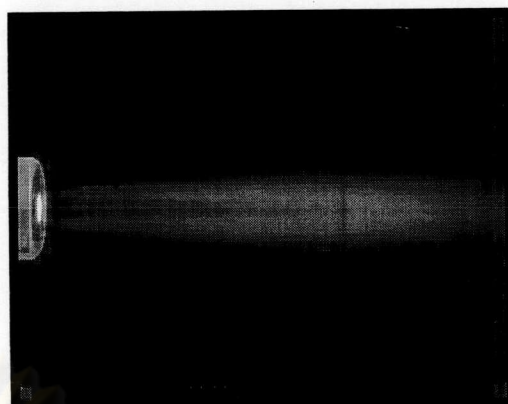


รูปเฉลี่ย

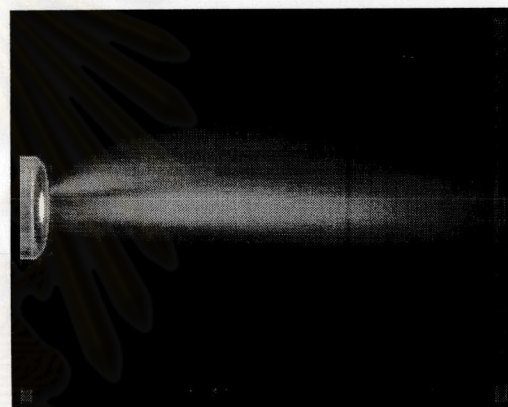
รูปเบี่ยงเบนมาตรฐาน

รูปที่ 3.4 รูปภาพของเจ็ตรถยนต์ SJ5H25D, SJ5H50D และ SJ5H75D
เปรียบเทียบกับกรณี SJ0

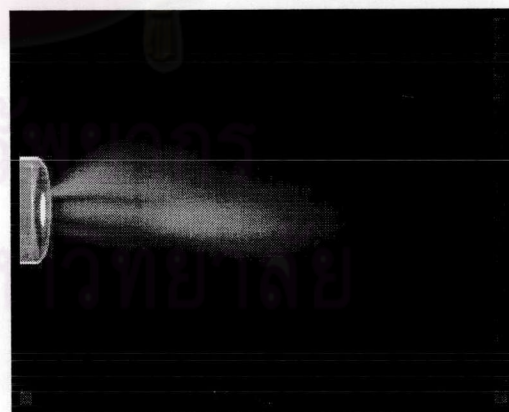
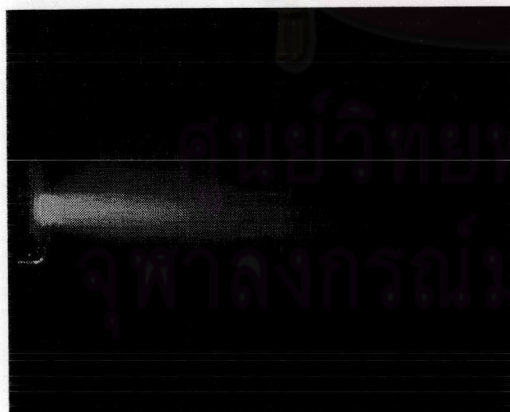
SJ0



SJ1H25D



SJ5H25D

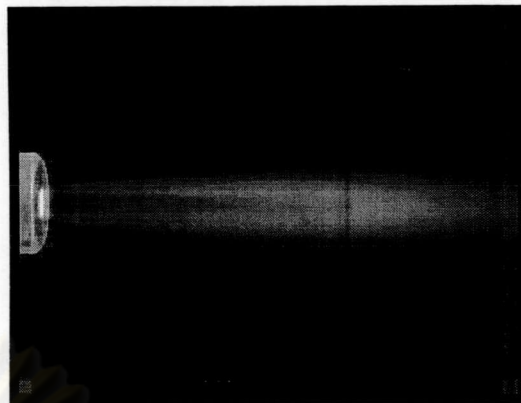


รูปเฉลี่ย

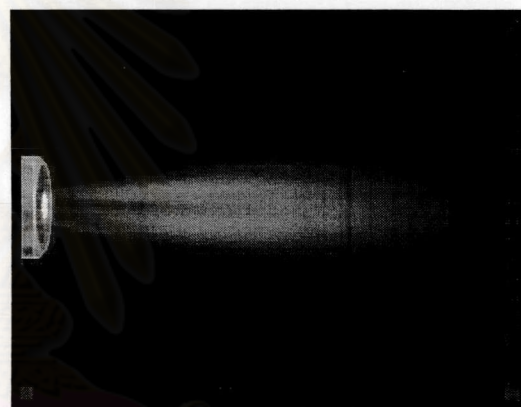
รูปเบี่ยงเบนมาตรฐาน

รูปที่ 3.5 รูปภาพของเจ็ตรถ SJ1H25D และ SJ5H25D เปรียบเทียบกับกรณี SJ0

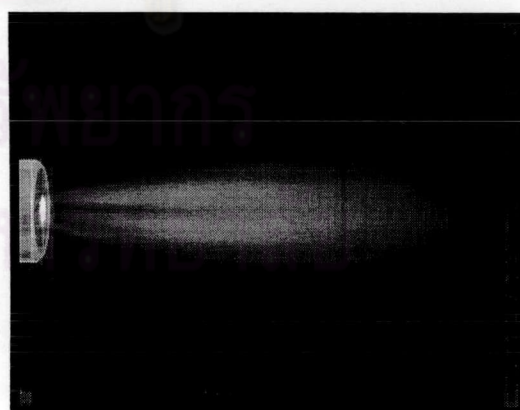
SJ0



SJ1H50D



SJ5H50D

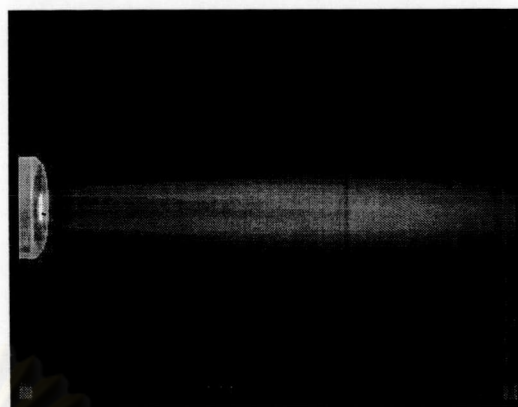
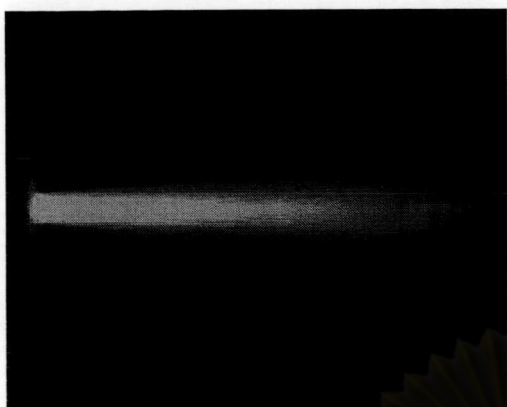


รูปเฉลี่ย

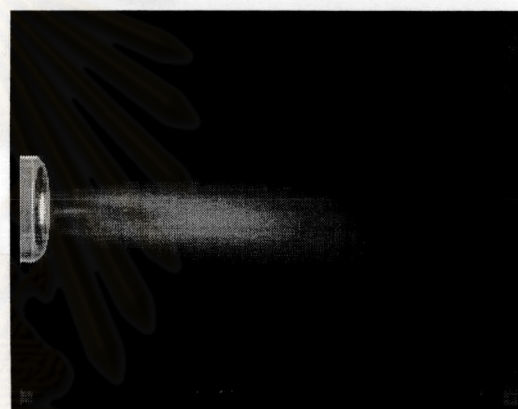
รูปเบี่ยงเบนมาตรฐาน

รูปที่ 3.6 รูปภาพของเจ็ตรถ SJ1H50D และ SJ5H50D เปรียบเทียบกับกรณี SJ0

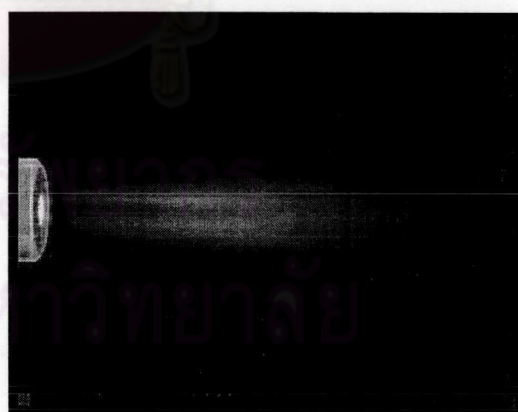
SJ0



SJ1H75D



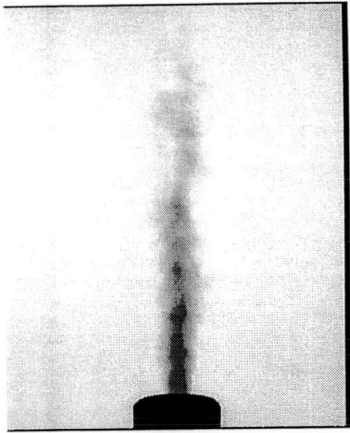
SJ5H75D



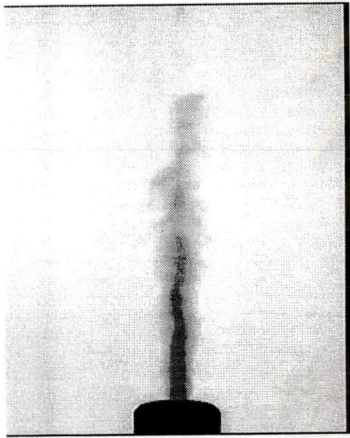
รูปเฉลี่ย

รูปเบี่ยงเบนมาตรฐาน

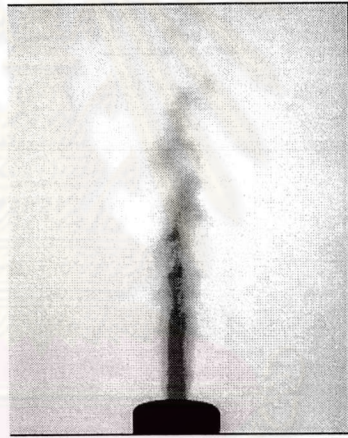
รูปที่ 3.7 รูปภาพของเจ็ตรถ SJ1H75D และ SJ5H75D เปรียบเทียบกับกรณี SJ0



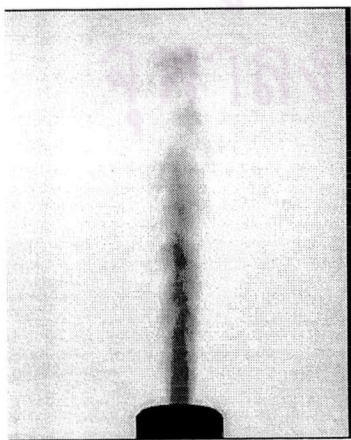
ค) 0.60 sec



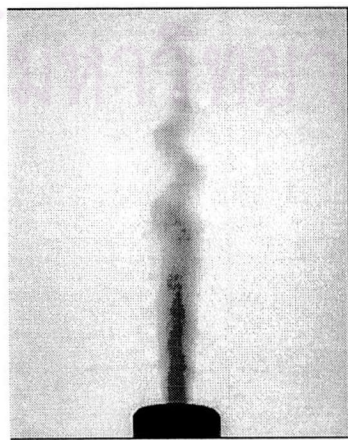
ข) 0.40 sec



จ) 1.00 sec



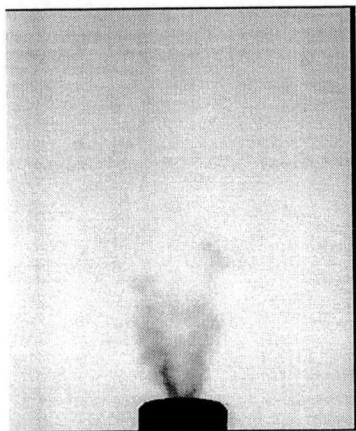
ก) 0.20 sec



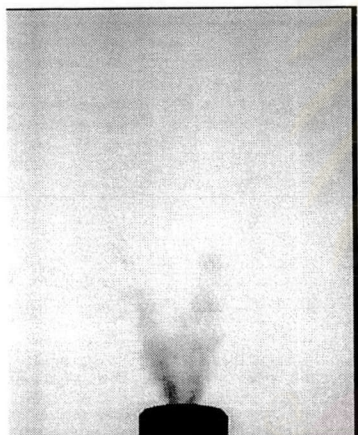
ง) 0.80 sec

รูปที่ 3.8 ลำดับของรูปภาพเจ็ตที่เวลาขณะใดๆในการไหลของกรณี SJO

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



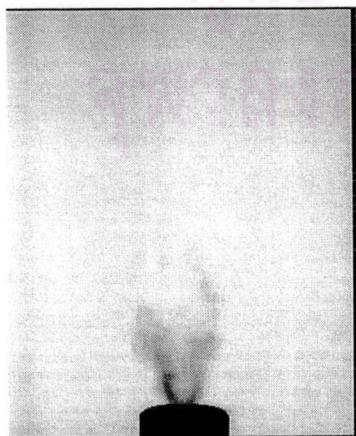
ค) 0.60 sec



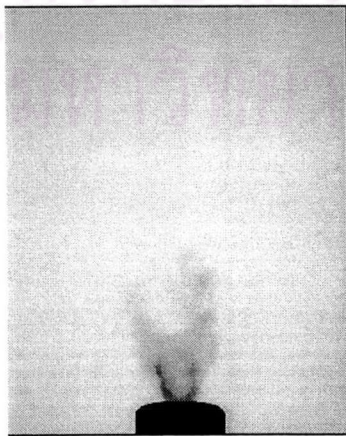
ข) 0.40 sec



จ) 1.00 sec



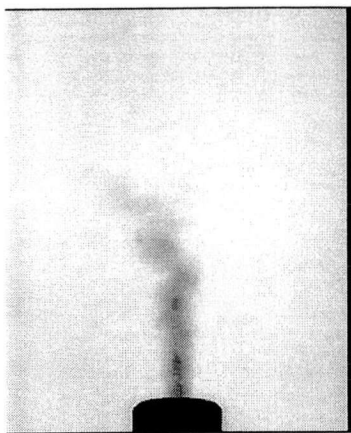
ก) 0.20 sec



ง) 0.80 sec

รูปที่ 3.9 ลำดับของรูปภาพแสดงระยะเวลาใดๆในการไหลของกรณี SSJ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



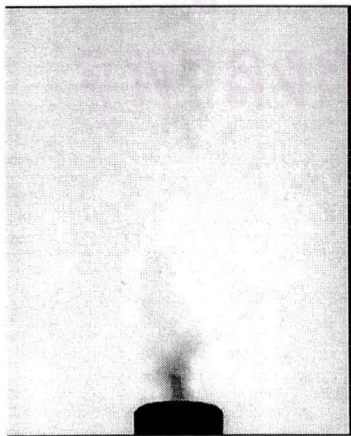
ค) 0.60 sec



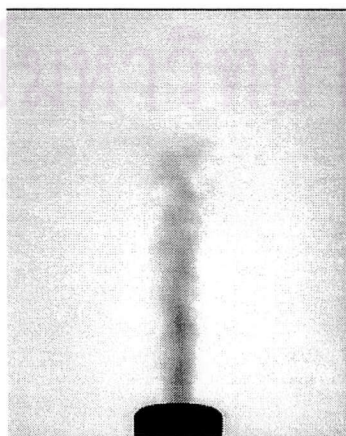
ข) 0.40 sec



จ) 1.00 sec



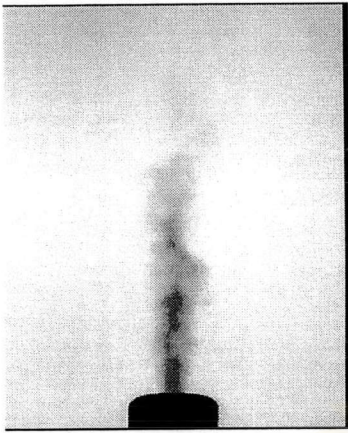
ก) 0.20 sec



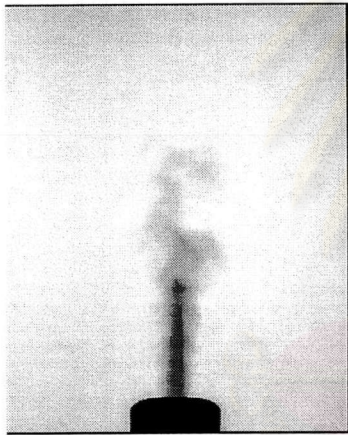
ง) 0.80 sec

ศูนย์วิทยทรัพยากร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รูปที่ 3.10 ลำดับของรูปภาพเจ็ตที่เวลาขณะใดๆในการไหลของกรณี SJH25D



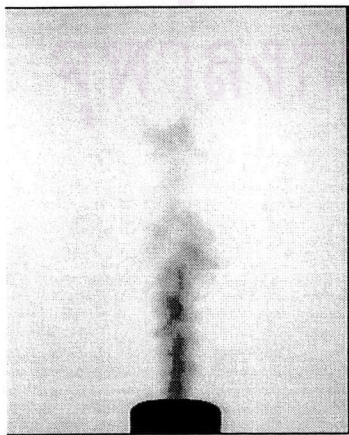
ค) 0.60 sec



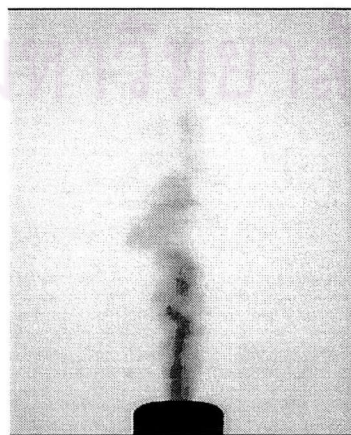
ข) 0.40 sec



จ) 1.00 sec



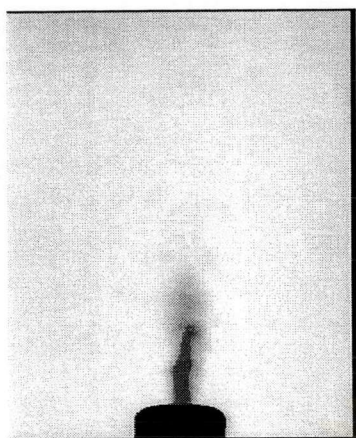
ก) 0.20 sec



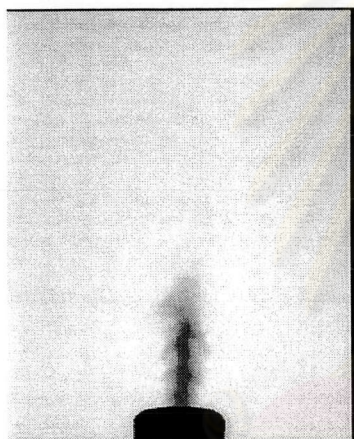
ง) 0.80 sec

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.11 ลำดับของรูปภาพเจ็ตที่เวลาขณะใด ๆ ในการไหลของกรณี SJH50D



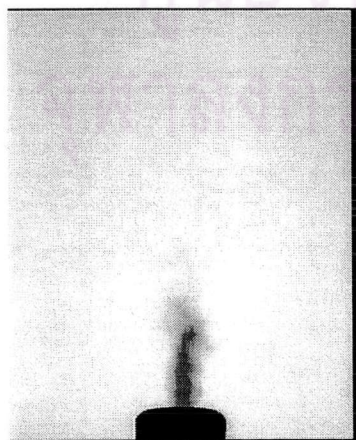
ค) 0.60 sec



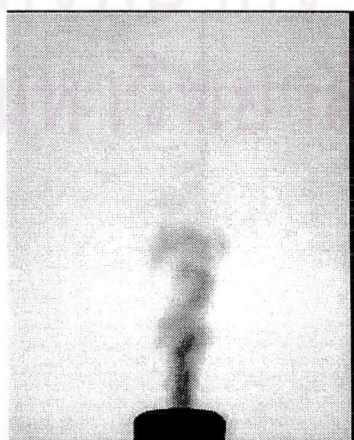
ข) 0.40 sec



จ) 1.00 sec



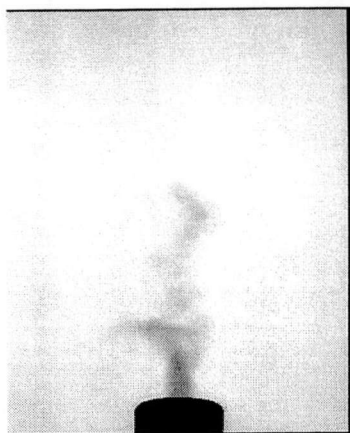
ก) 0.20 sec



ง) 0.80 sec

รูปที่ 3.12 ลำดับของรูปภาพเจ็ตที่เวลาขณะใด ๆ ในการไหลของกรณี SJ1H75D

ศูนย์วิทยพัชร์พยากร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



ค) 0.12 sec



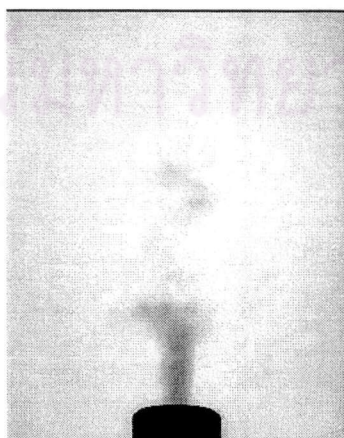
จ) 0.08 sec



ฉ) 0.20 sec



ก) 0.04 sec

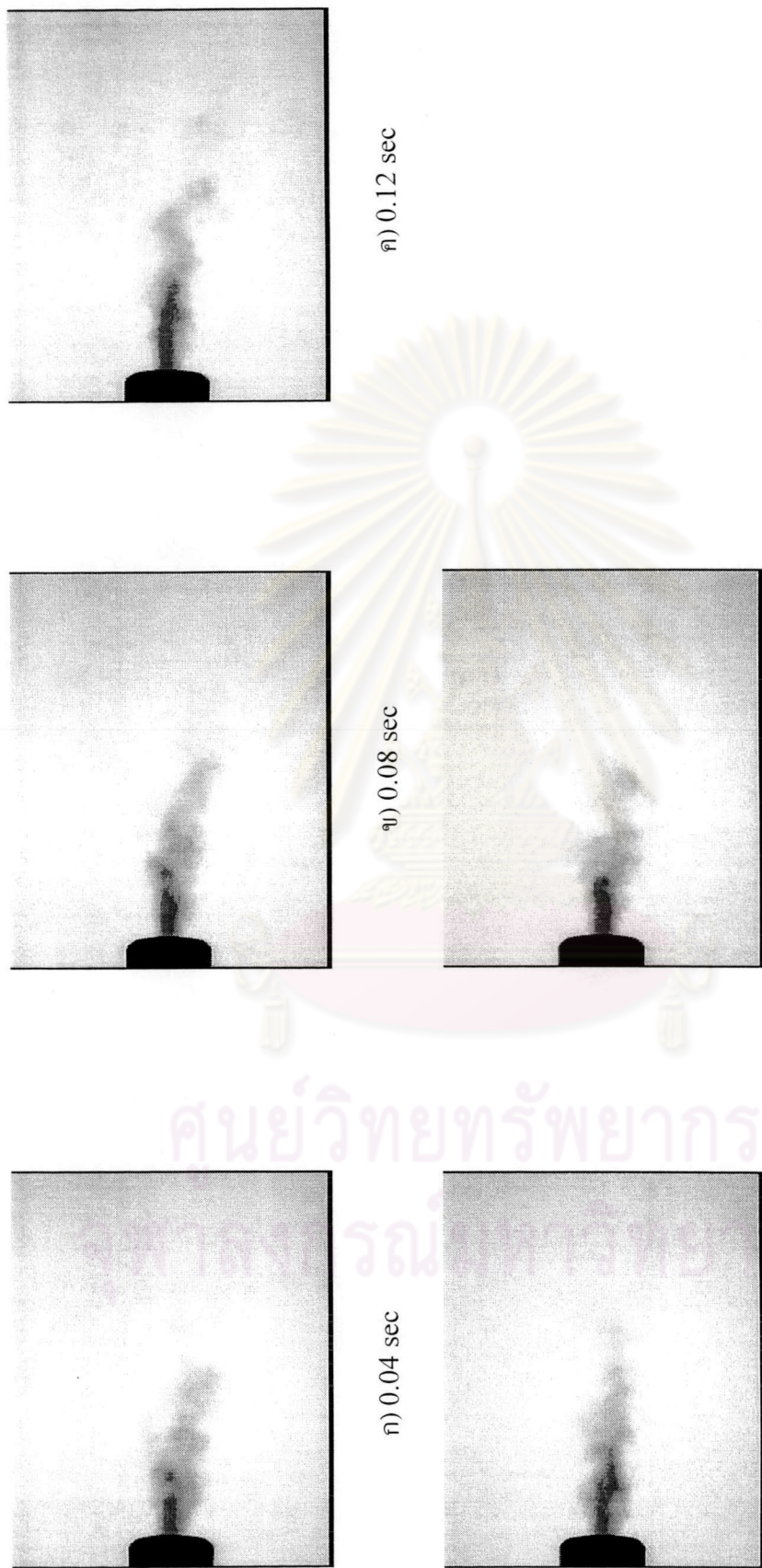


ง) 0.16 sec

ศูนย์วิทยทรัพยากร

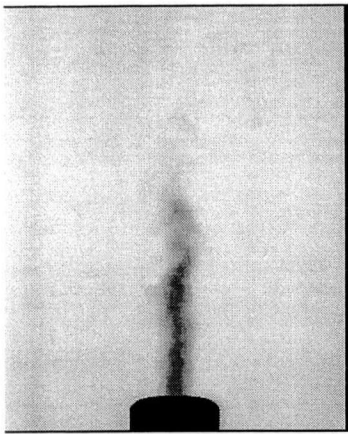
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.13 ลำดับของรูปภาพเจ็ดที่เวลาขณะใด ๆ ในการไหลของกรณี SJ5H25D

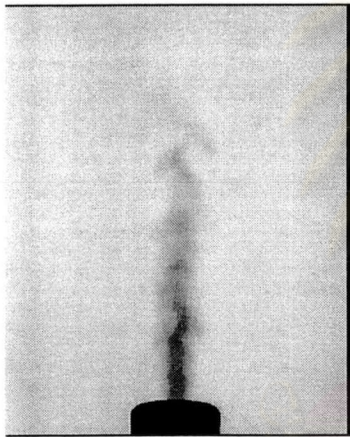


รูปที่ 3.14 ลำดับของรูปภาพที่เวลาที่แตกต่างกันในการไหลของกรณี SJ5H50D

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



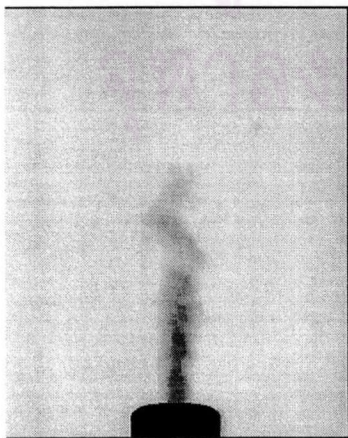
ค) 0.12 sec



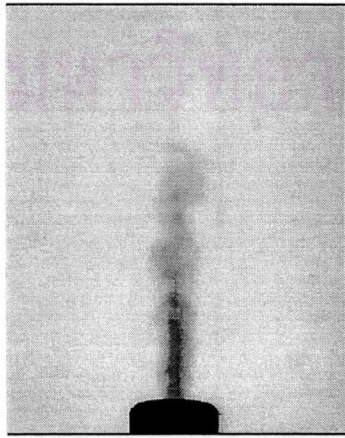
ข) 0.08 sec



จ) 0.20 sec



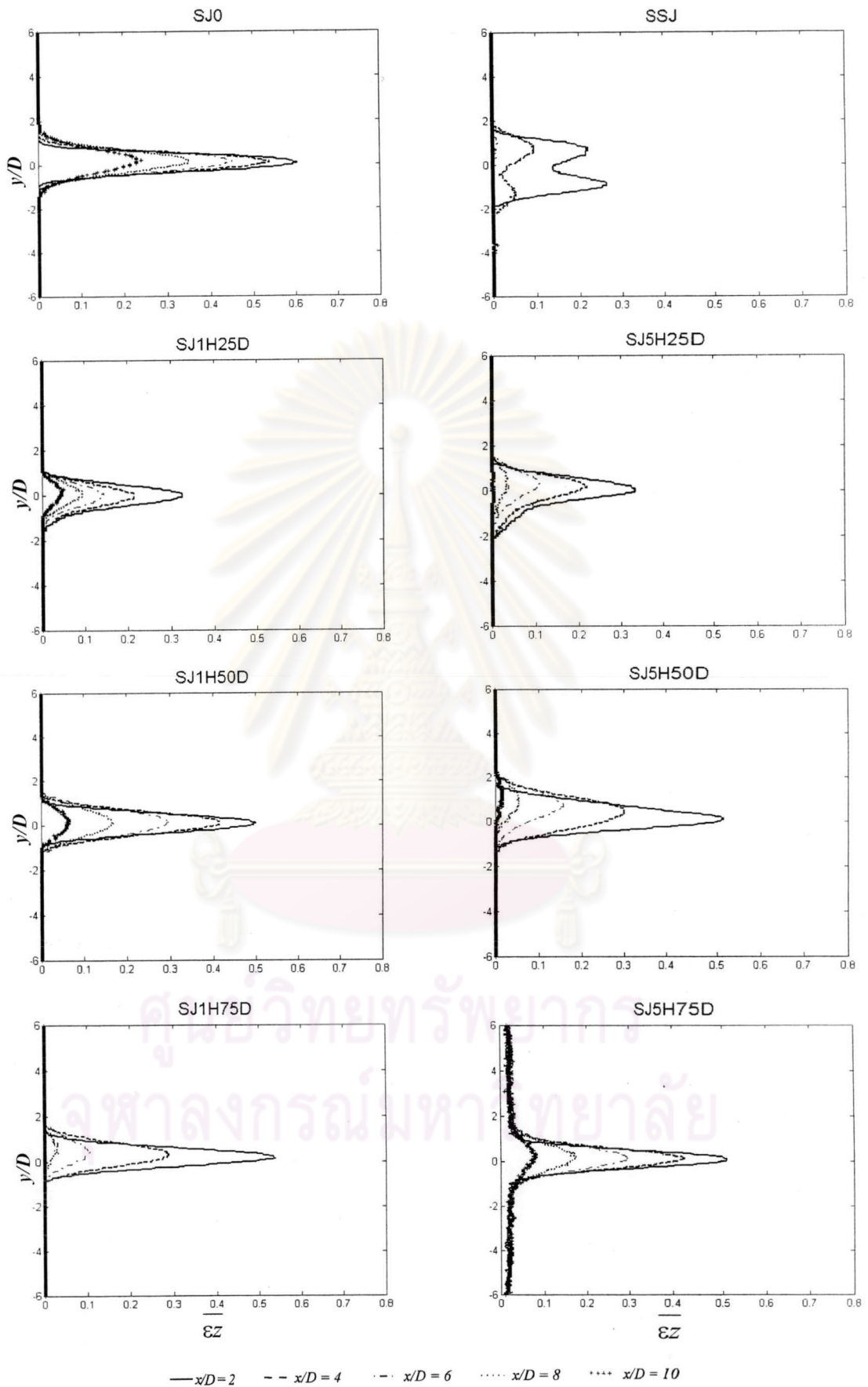
ก) 0.04 sec



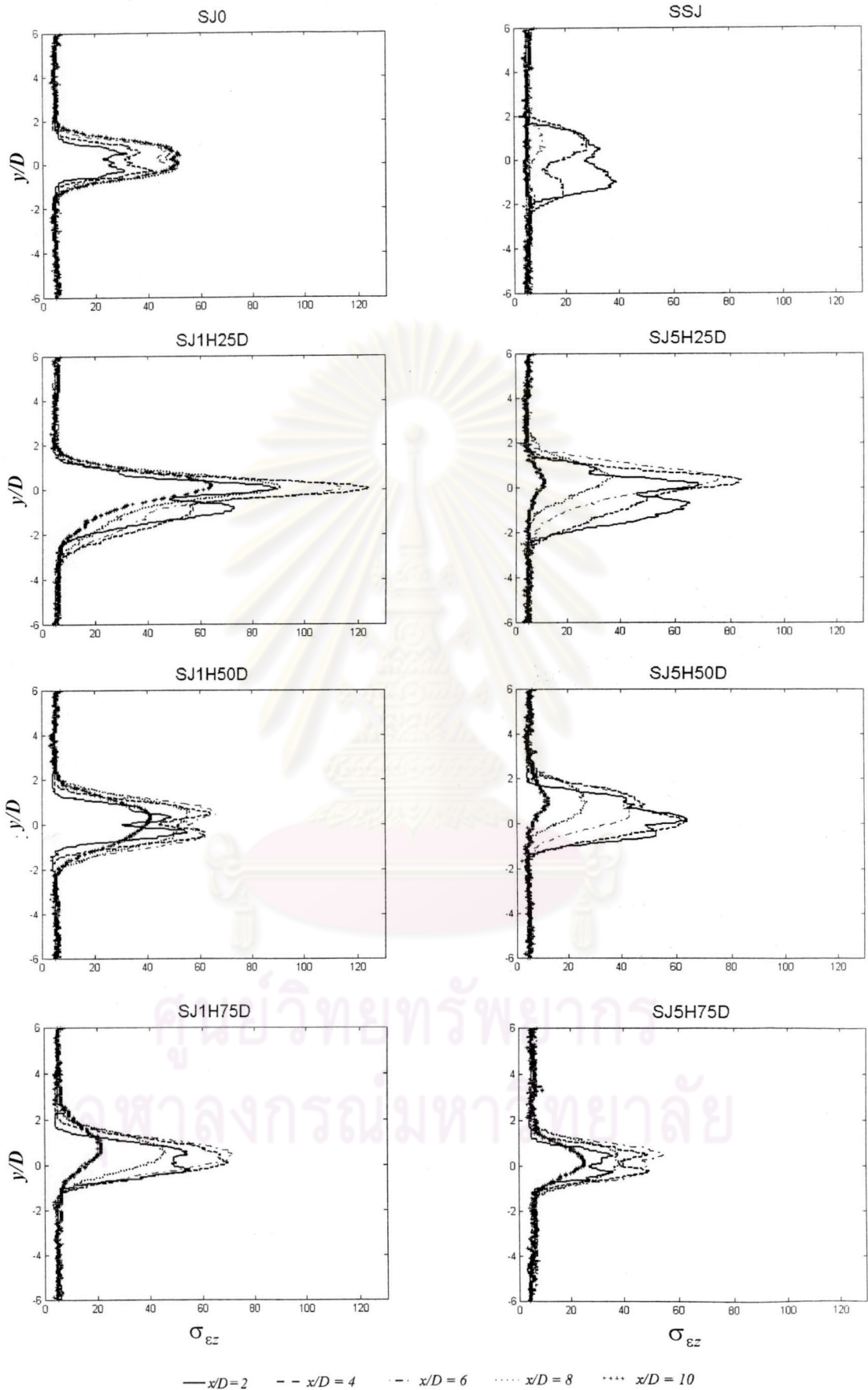
ง) 0.16 sec

รูปที่ 3.15 ลำดับของรูปภาพเจ็ดที่เวลาขณะใด ๆ ในการไหลของกรณี SJ5H75D

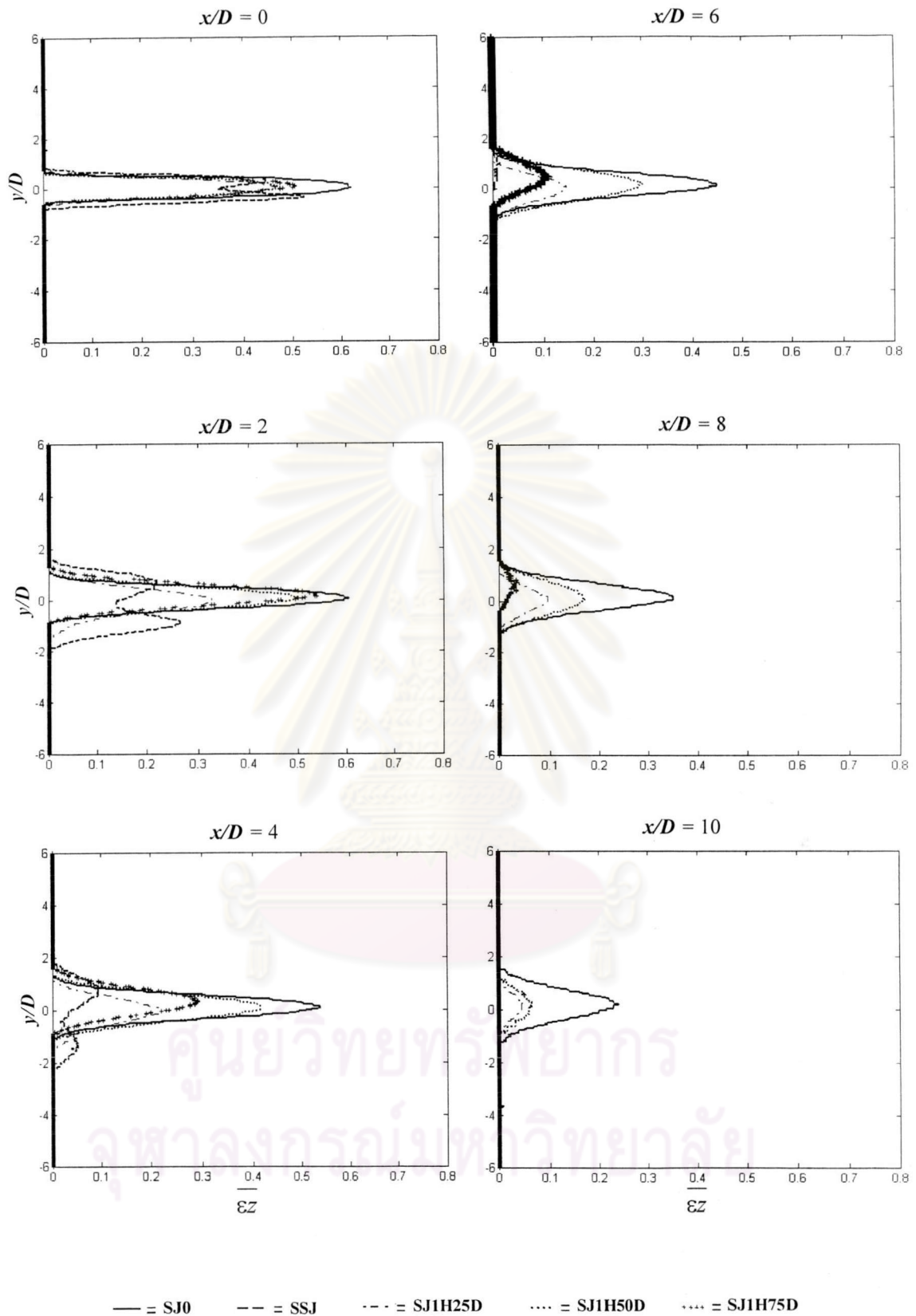
ศูนย์วิทยทรัพยากร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



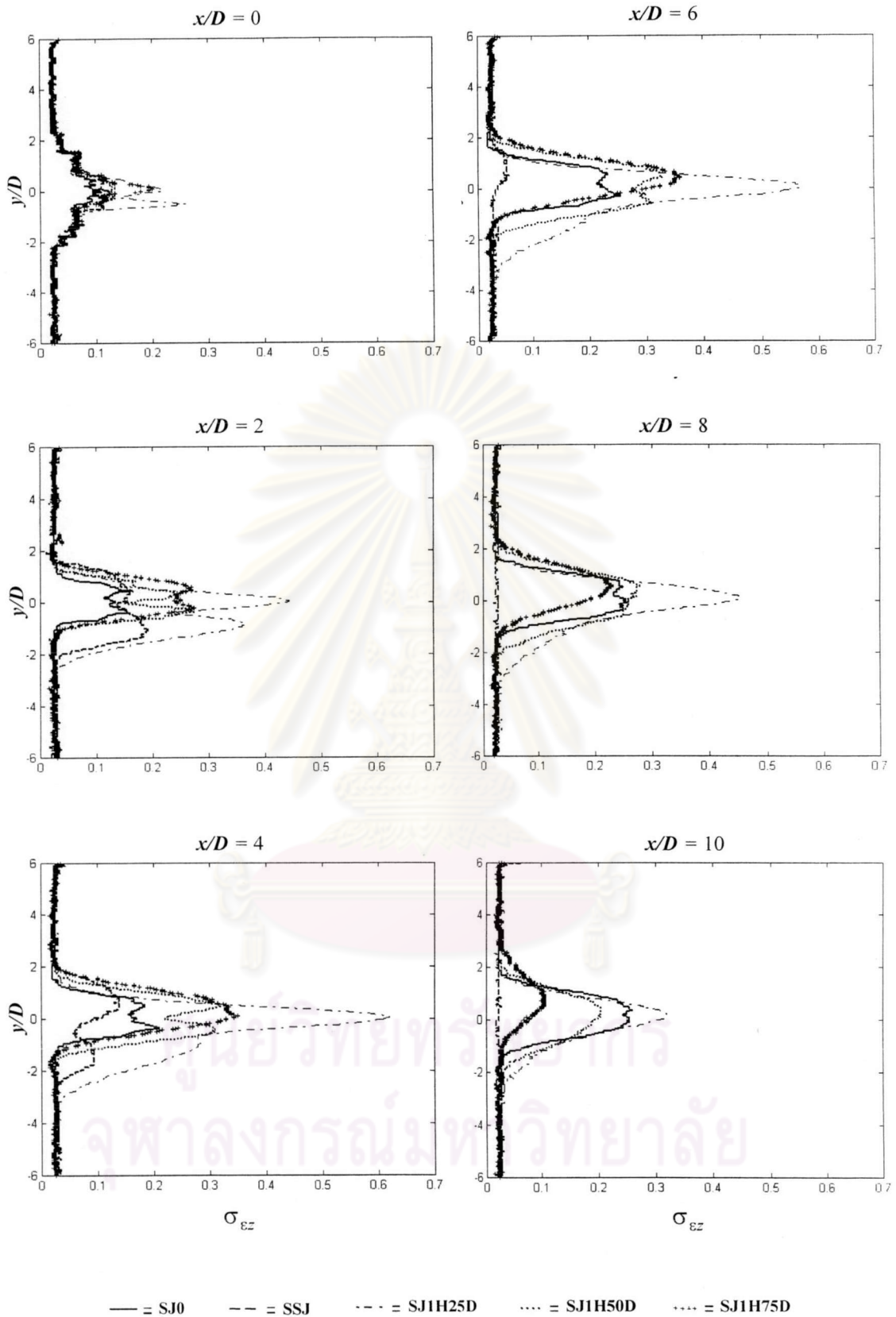
รูปที่ 3.16 รูปร่างการพัฒนาตัวของเจ็ตตามแนวการไหล



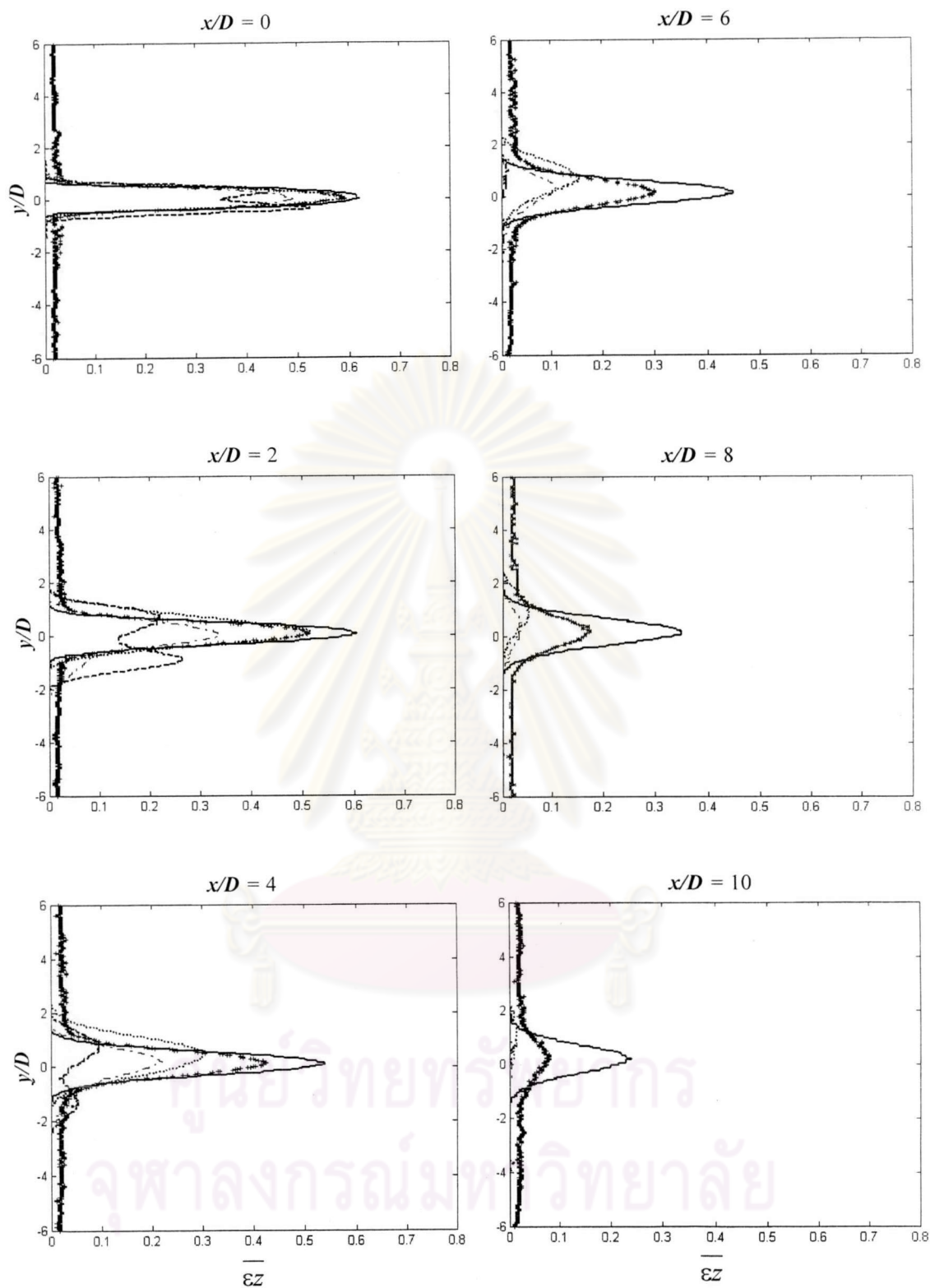
รูปที่ 3.17 ลักษณะของรูปร่างความไม่คงที่ของการดูดซับแสงของเจ็ตตามแนวการไหล



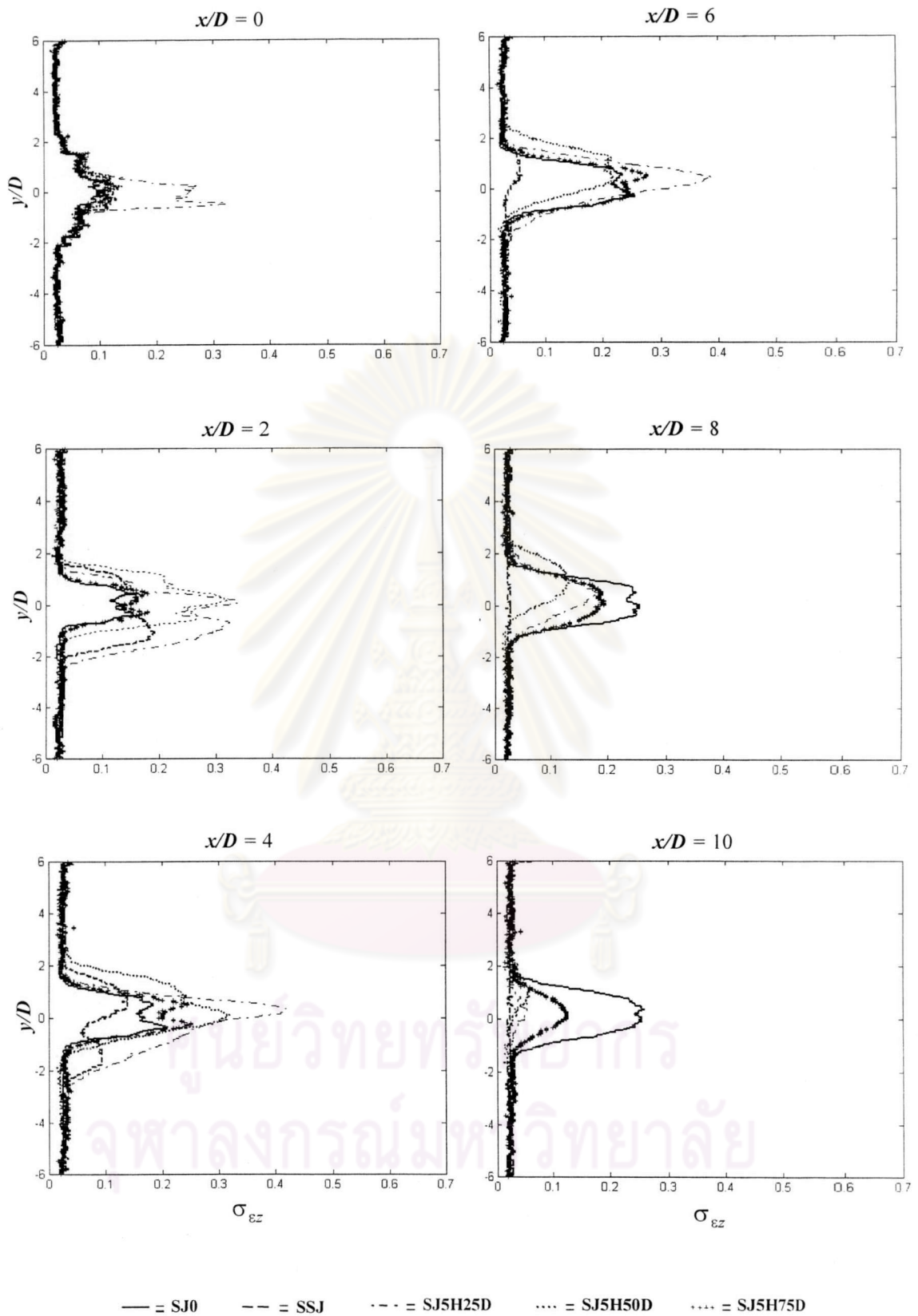
รูปที่ 3.18 เปรียบเทียบรูปร่างการพัฒนาตัวของเจ็ตกรณี SJ0, SSJ
SJ1H25D, SJ1H50D และ SJ1H75D



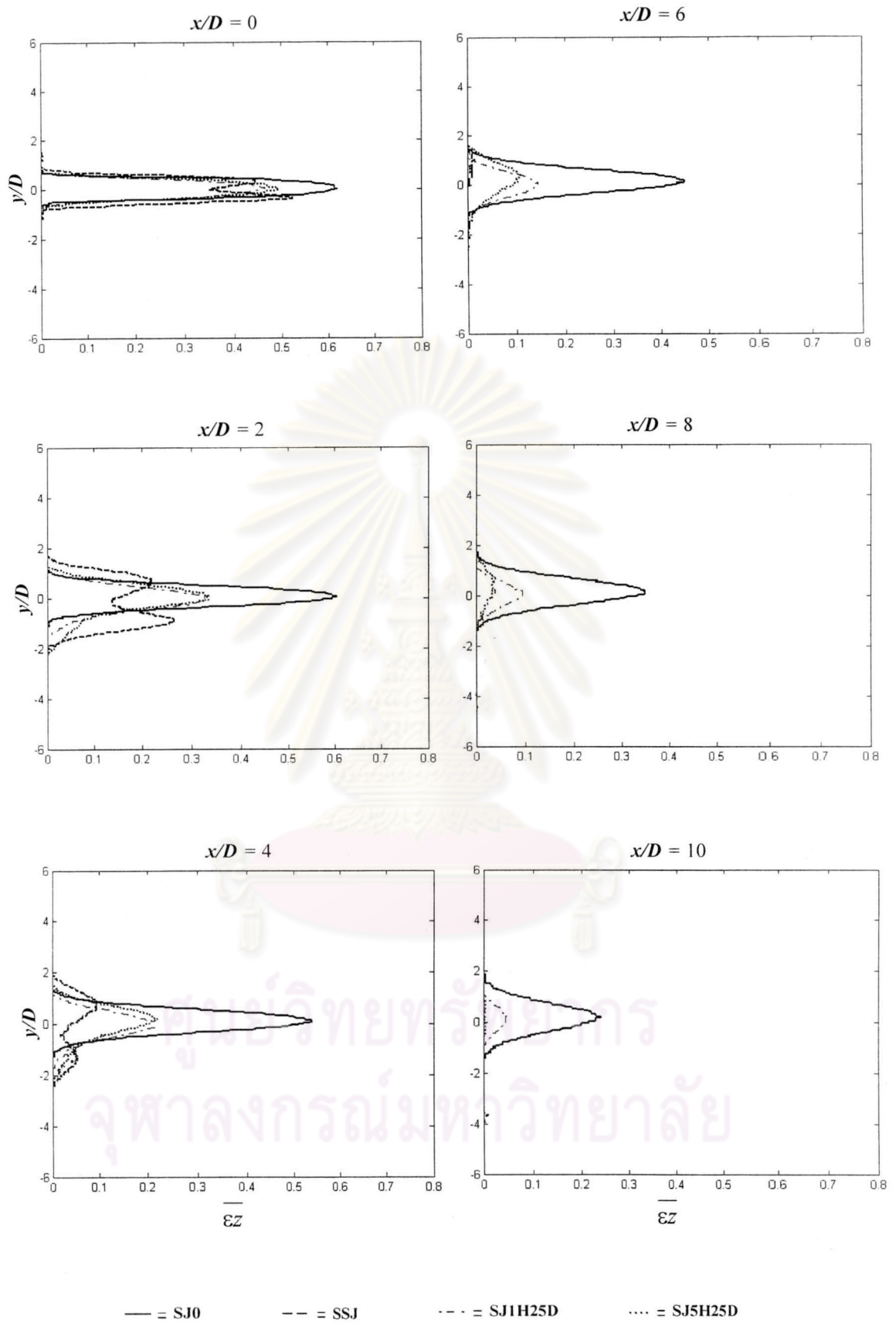
รูปที่ 3.19 เปรียบเทียบรูปร่างความไม่คงที่ของการดูดซับของเจ็ดตามแนวการไหล
กรณี SJ0, SSJ, SJ1H25D, SJ1H50D และ SJ1H75D



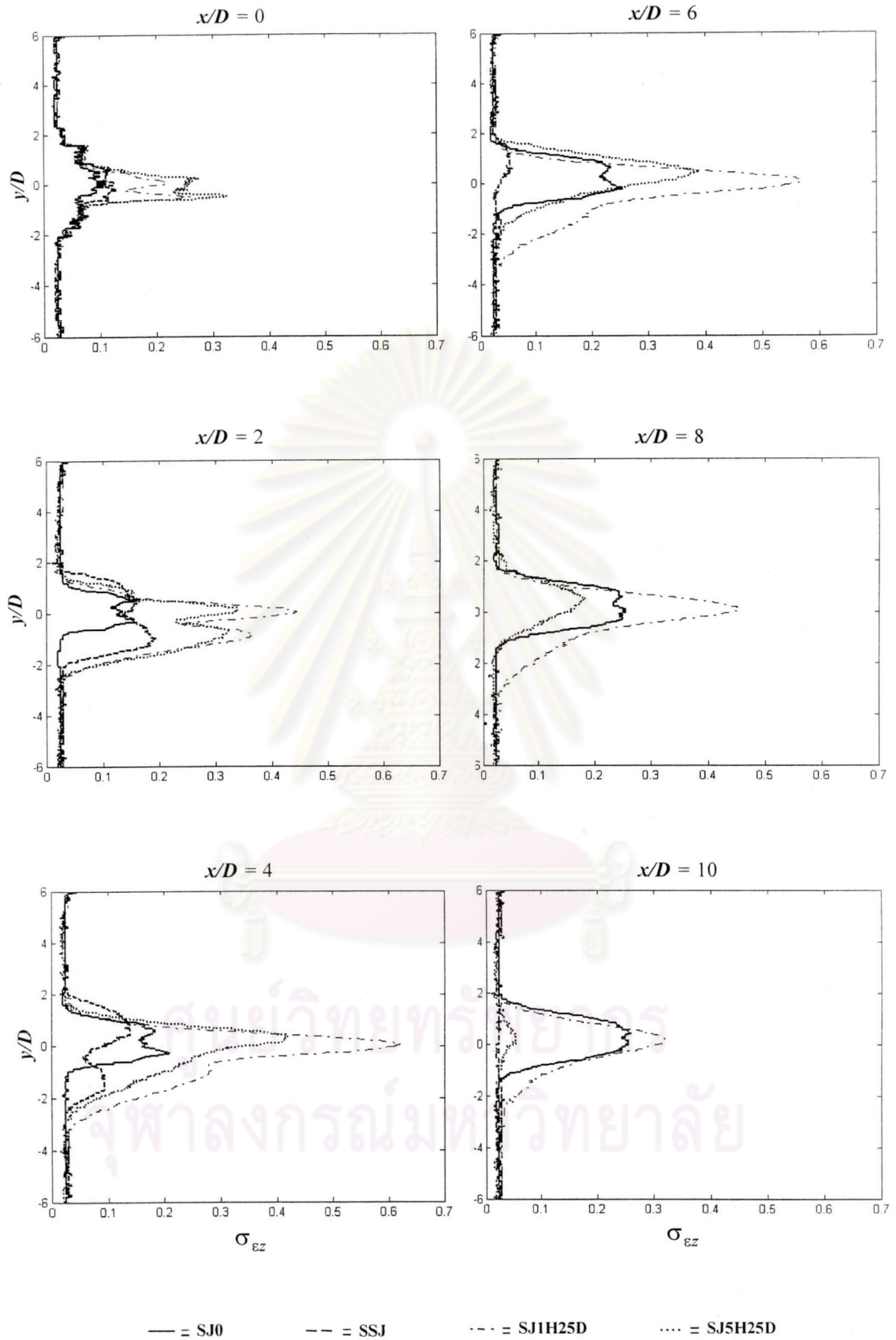
รูปที่ 3.20 เปรียบเทียบรูปร่างการพัฒนาตัวของเจ็ทกรณี SJ0, SSJ, SJ5H25D, SJ5H50D และ SJ5H75D



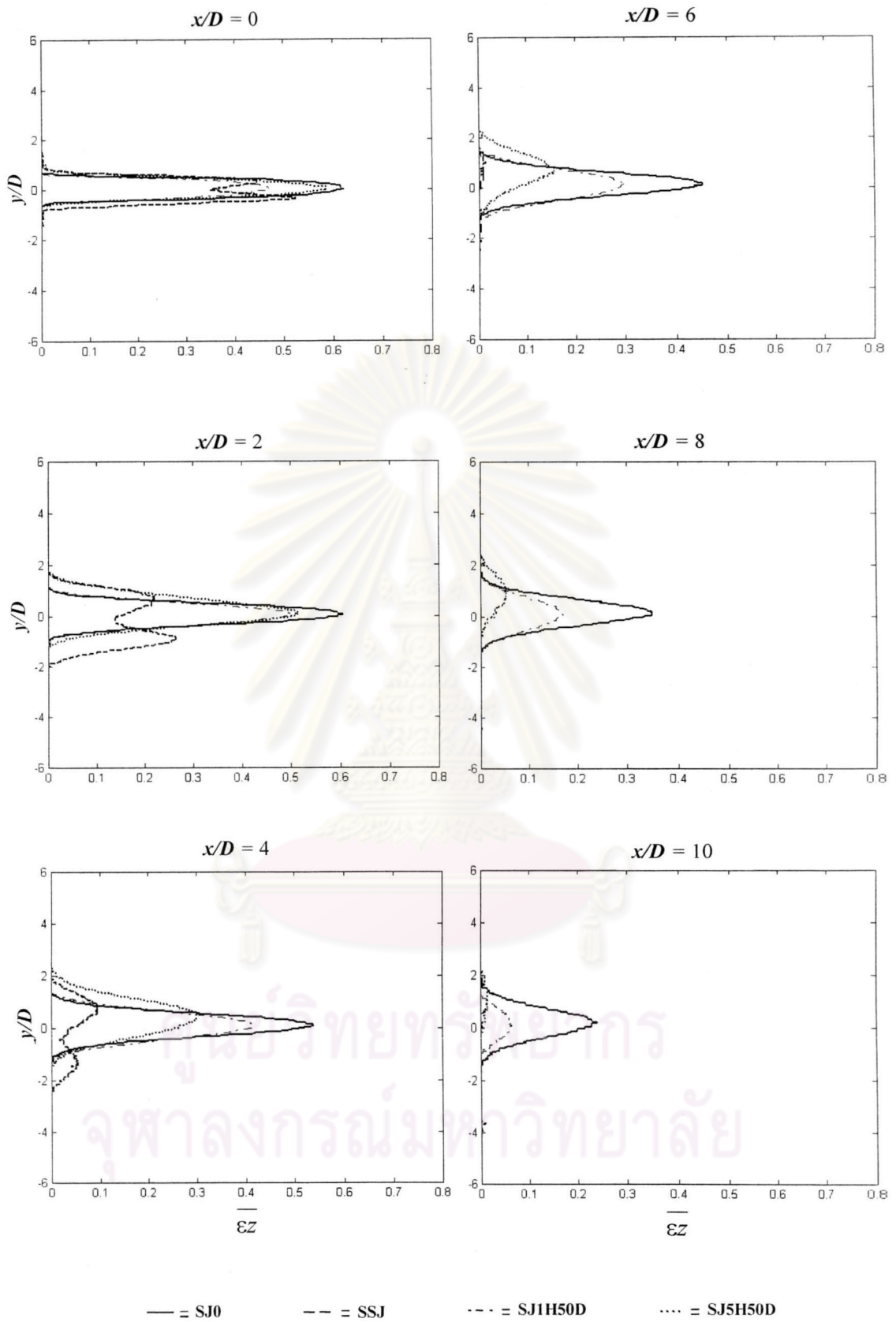
รูปที่ 3.21 เปรียบเทียบรูปร่างความไม่คงที่ของการดูดซับแสงของเจ็ตตามแนวการไหลกรณี SJ0, SSJ, SJ5H25D, SJ5H50D และ SJ5H75D



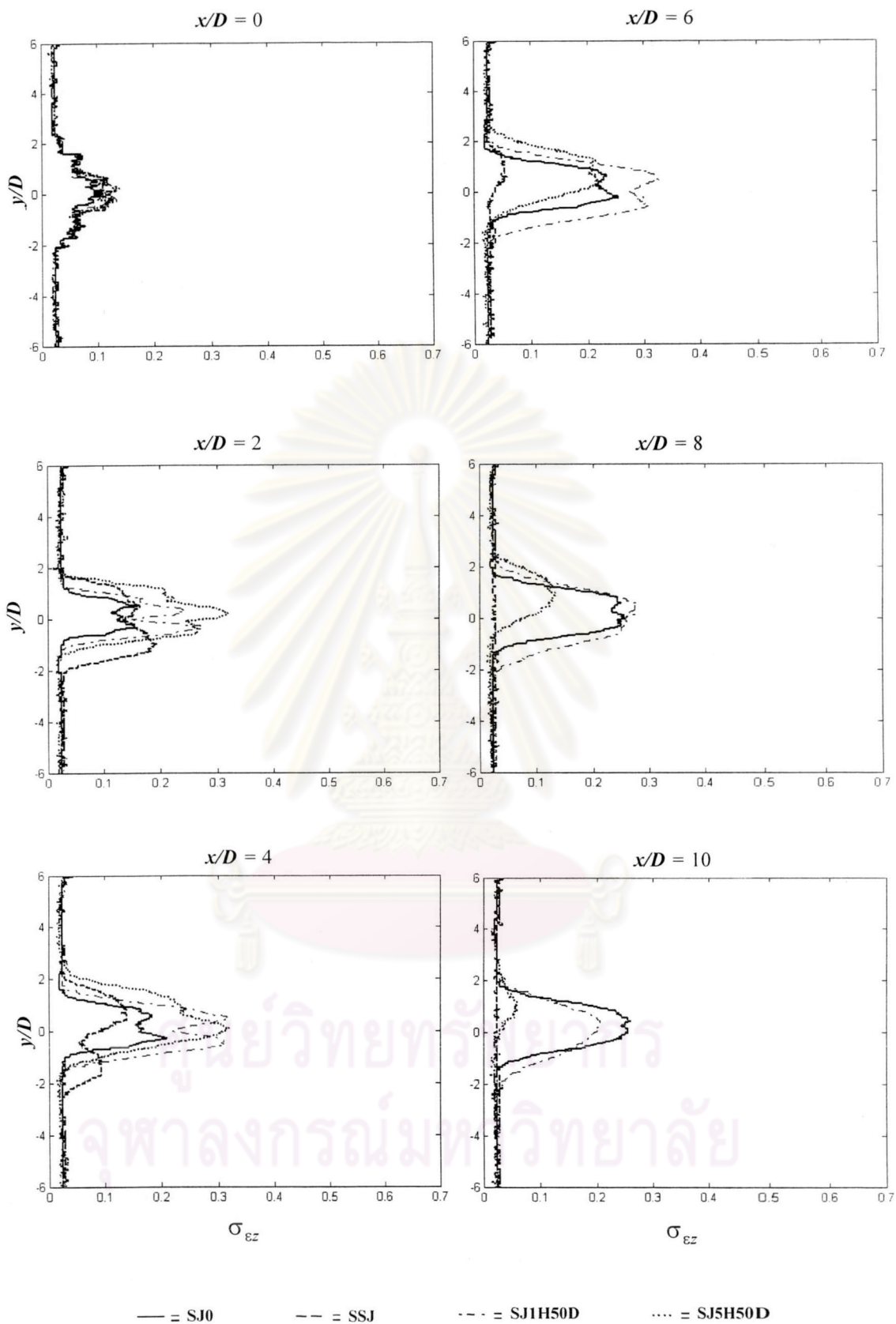
รูปที่ 3.22 เปรียบเทียบรูปร่างการพัฒนาตัวของเจ็ทกรณี SJ0, SSJ, SJ1H25D และ SJ5H25D



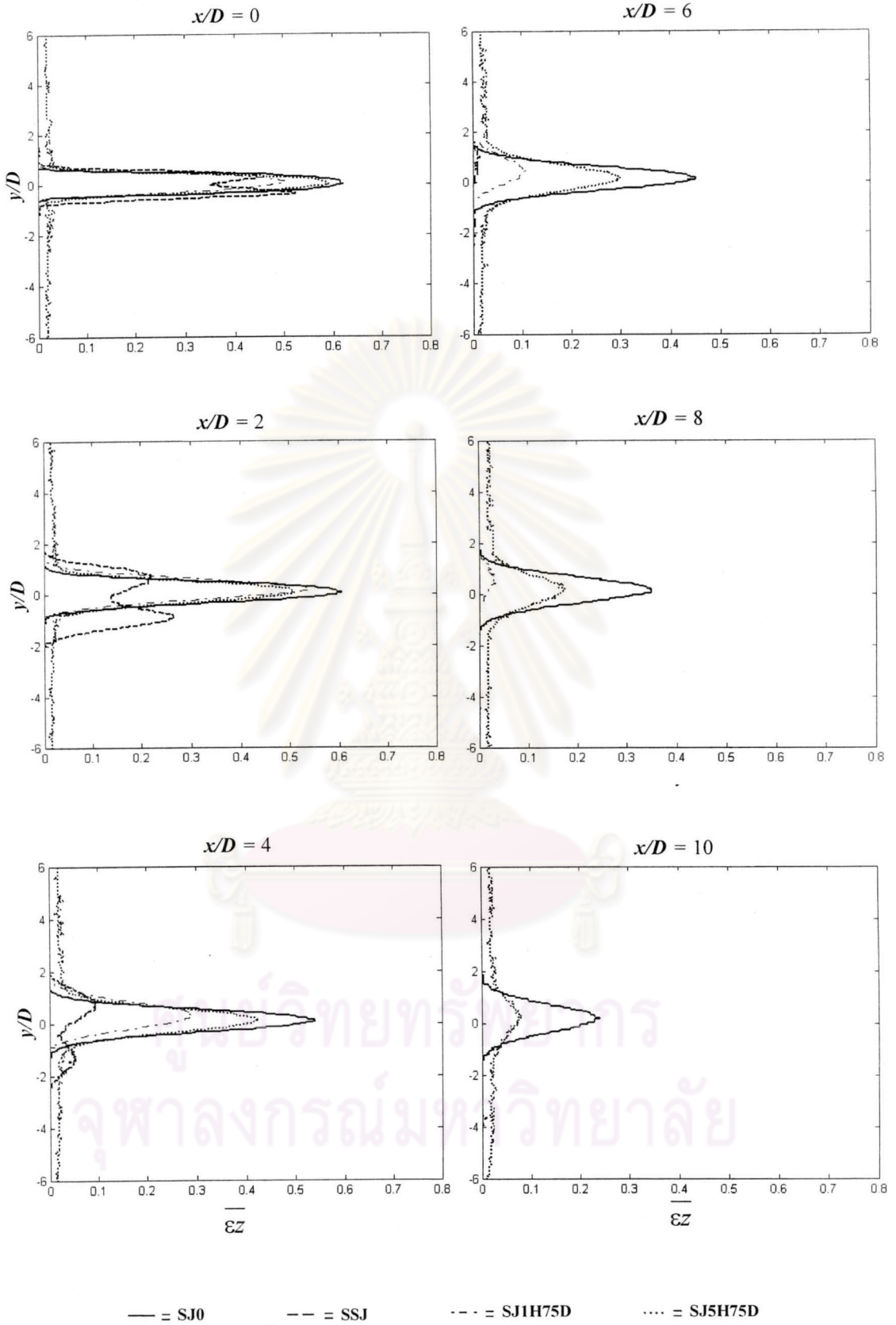
รูปที่ 3.23 เปรียบเทียบรูปร่างความไม่คงที่ของการดูดซับแสงของเจ็ดตามแนวการไหล
กรณี SJ0, SSJ, SJ1H25D และ SJ5H25D



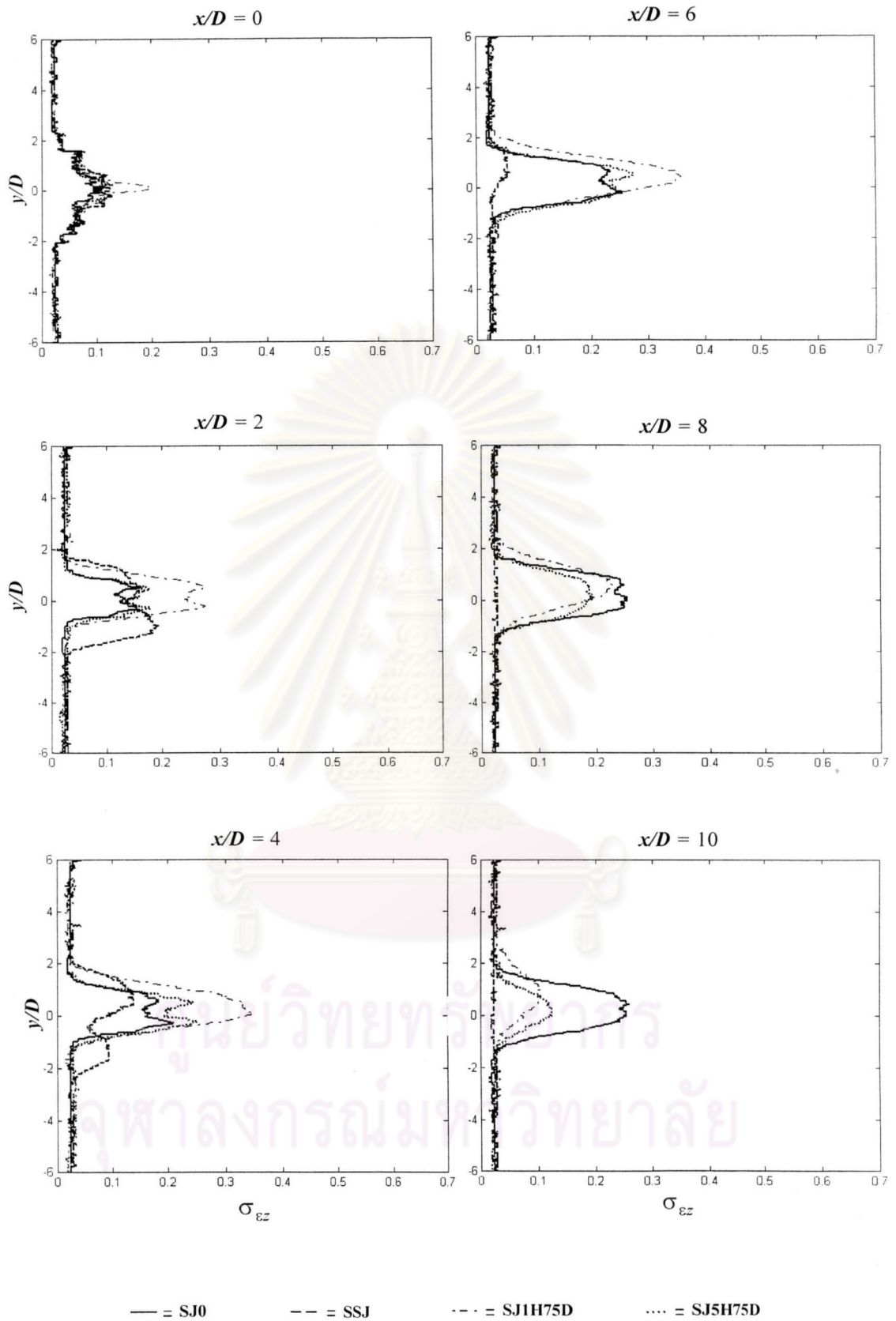
รูปที่ 3.24 เปรียบเทียบรูปร่างการพัฒนาตัวของเจ็ทกรณี SJ0, SSJ, SJ1H50D และ SJ5H50D



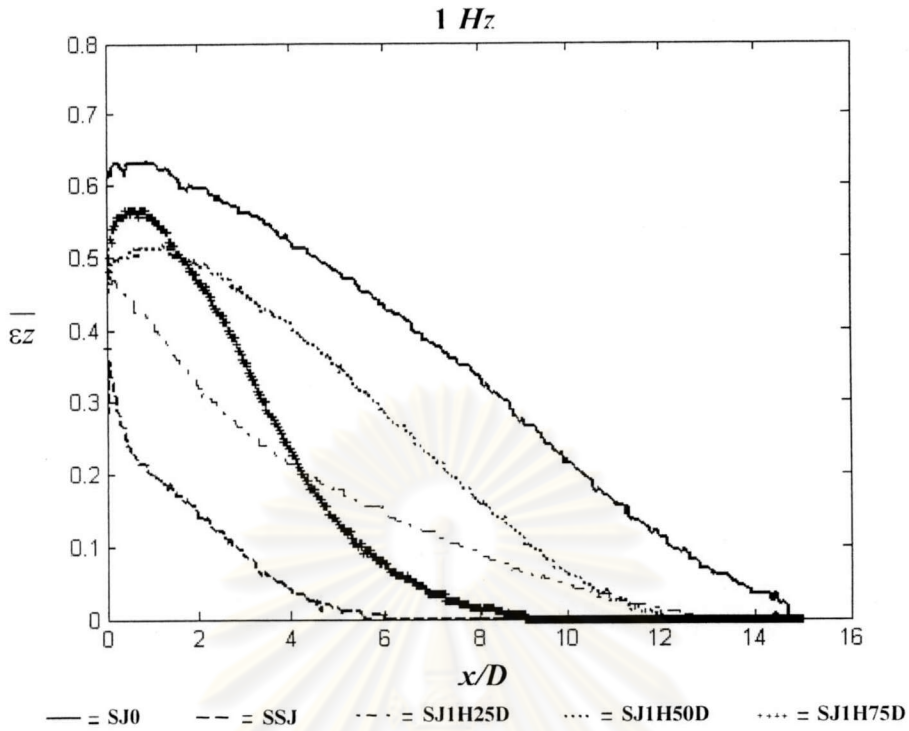
รูปที่ 3.25 เปรียบเทียบรูปร่างความไม่คงที่ของการดูดซับแสงของเจ็ดตามแนวการไหลกรณี SJ0, SSJ, SJ1H50D และ SJ5H50D



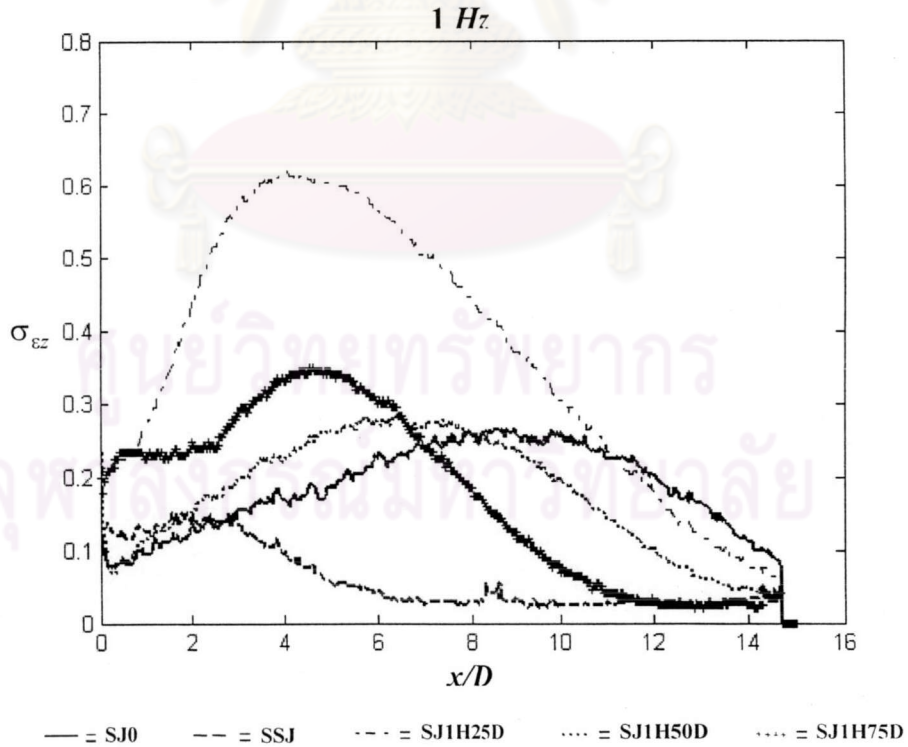
รูปที่ 3.26 เปรียบเทียบรูปร่างการพัฒนาตัวของเจ็ทกรณี SJ0, SSJ, SJ1H75D และ SJ5H75D



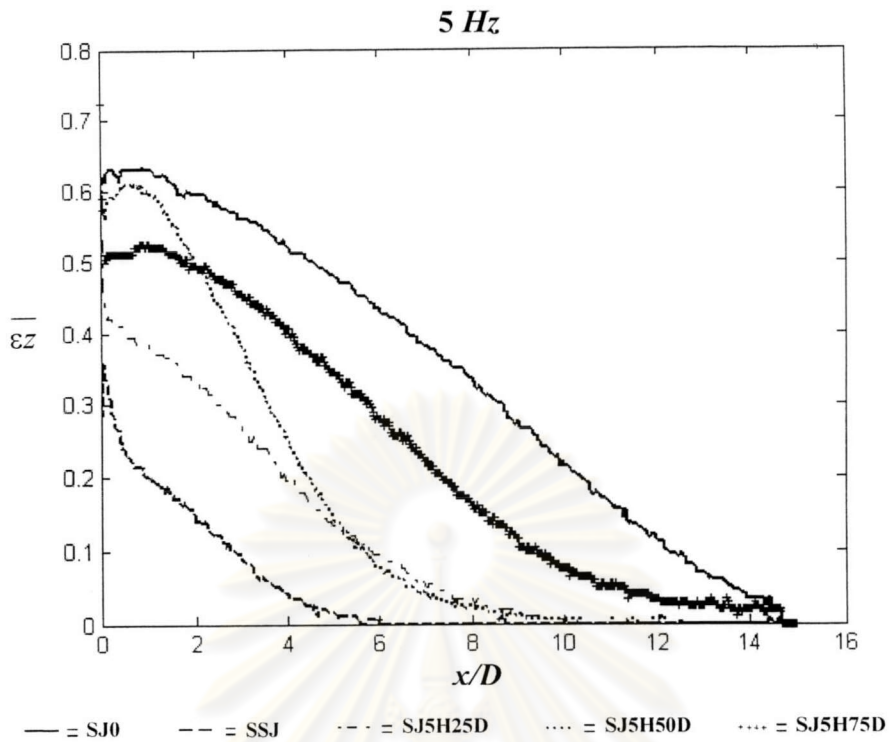
รูปที่ 3.27 เปรียบเทียบรูปร่างความไม่คงที่ของการดูดซับแสงของเจ็ตตามแนวการไหลกรณี SJ0, SSJ, SJ1H75D และ SJ5H75D



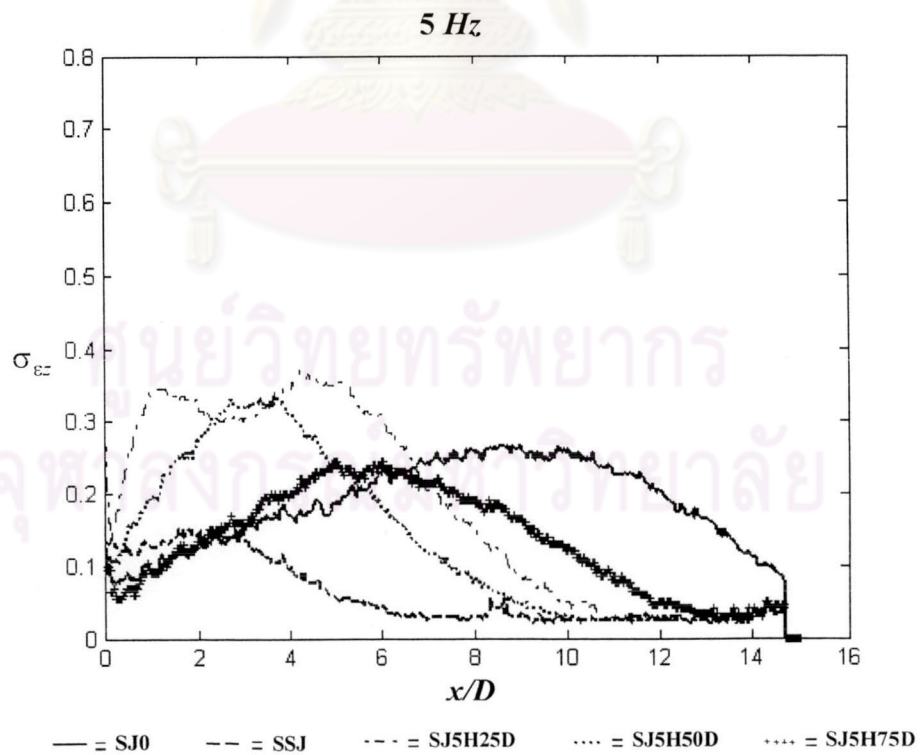
รูปที่ 3.28 เปรียบเทียบการลดลงของการดูดซับแสงในแนวแกนของเจ็ตกรณี่ SJ0, SSJ, SJ1H25D, SJ1H50D และ SJ1H75D



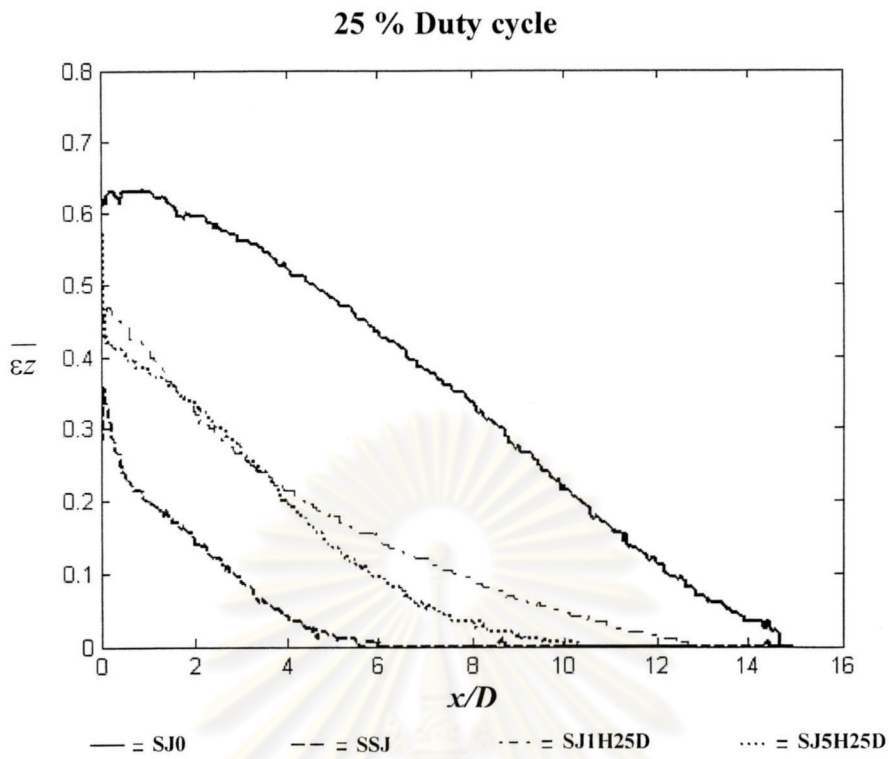
รูปที่ 3.29 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความไม่คงที่ของการดูดซับแสงในแนวแกนของเจ็ตกรณี่ SJ0, SSJ, SJ1H25D, SJ1H50D และ SJ1H75D



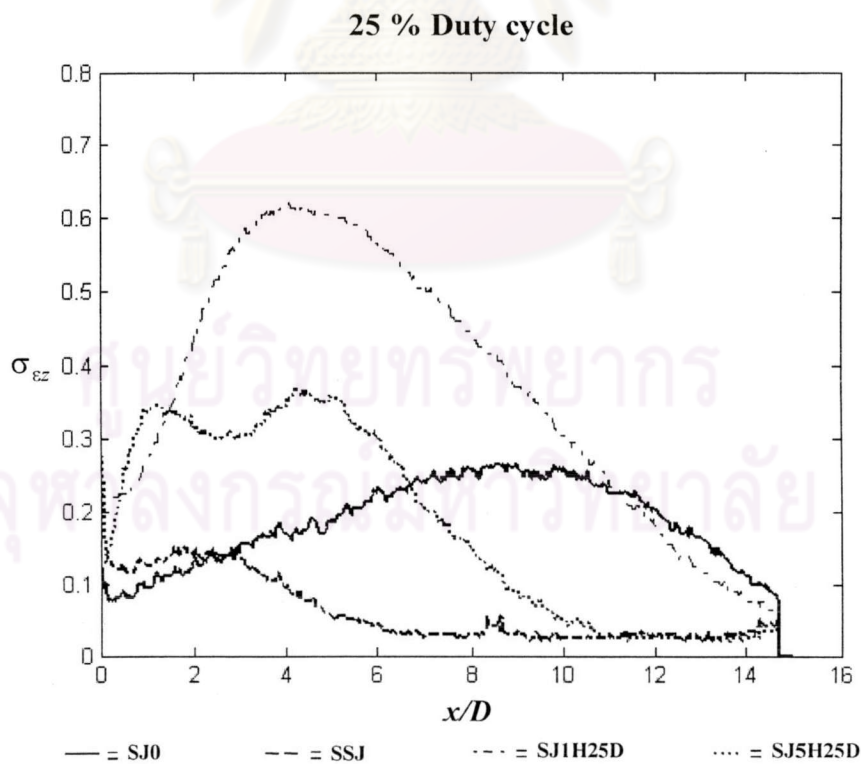
รูปที่ 3.30 เปรียบเทียบการลดลงของการดูดซับแสงในแนวแกนของเจ็ตกรณี SJ0, SSJ, SJ5H25D, SJ5H50D และ SJ5H75D



รูปที่ 3.31 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความไม่คงที่ของการดูดซับแสงในแนวแกนของเจ็ตกรณี SJ0, SSJ, SJ5H25D, SJ5H50D และ SJ5H75D

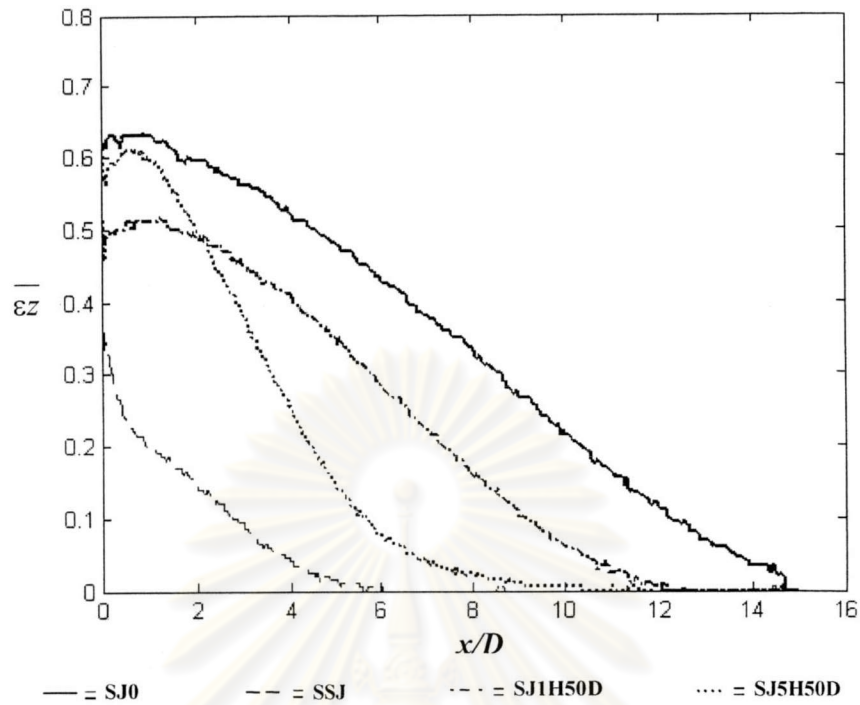


รูปที่ 3.32 เปรียบเทียบการลดลงของการดูดซับแสงในแนวแกนของเจ็ตกรณีสี่ SJ0, SSJ, SJ1H25D และ SJ5H25D



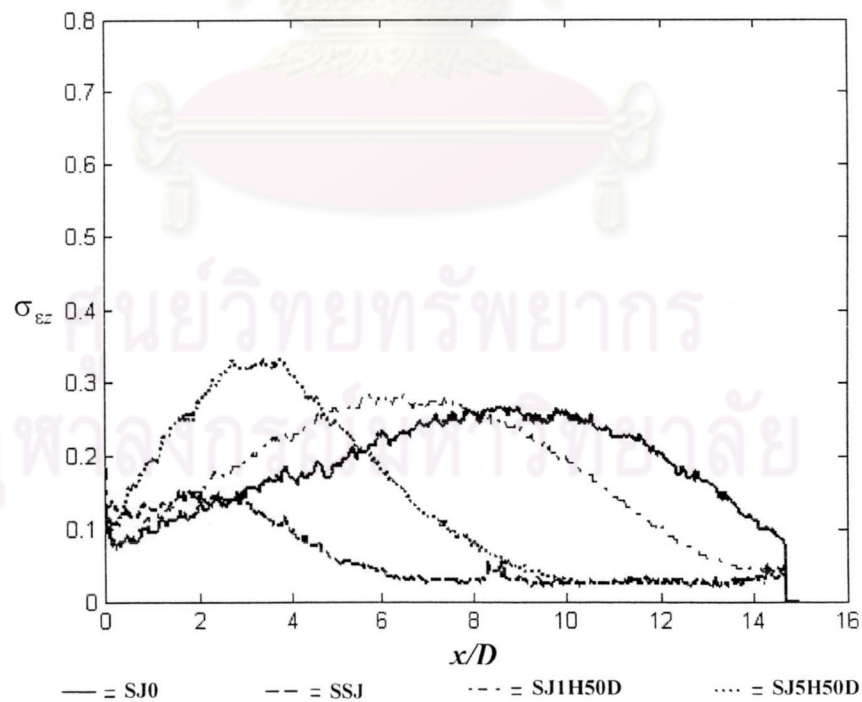
รูปที่ 3.33 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความไม่คงที่ของการดูดซับแสงในแนวแกนของเจ็ตกรณีสี่ SJ0, SSJ, SJ1H25D และ SJ5H25D

50 % Duty cycle



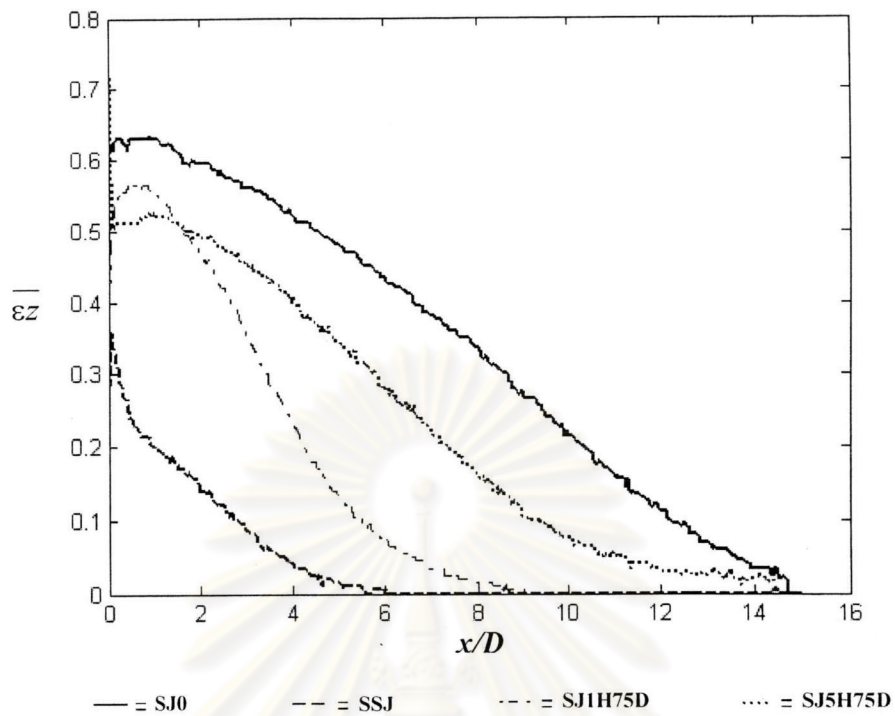
รูปที่ 3.34 เปรียบเทียบการลดลงของการดูดซับแสงในแนวแกนของเจ็ตกรณี SJ0, SSJ, SJ1H50D และ SJ5H50D

50 % Duty cycle



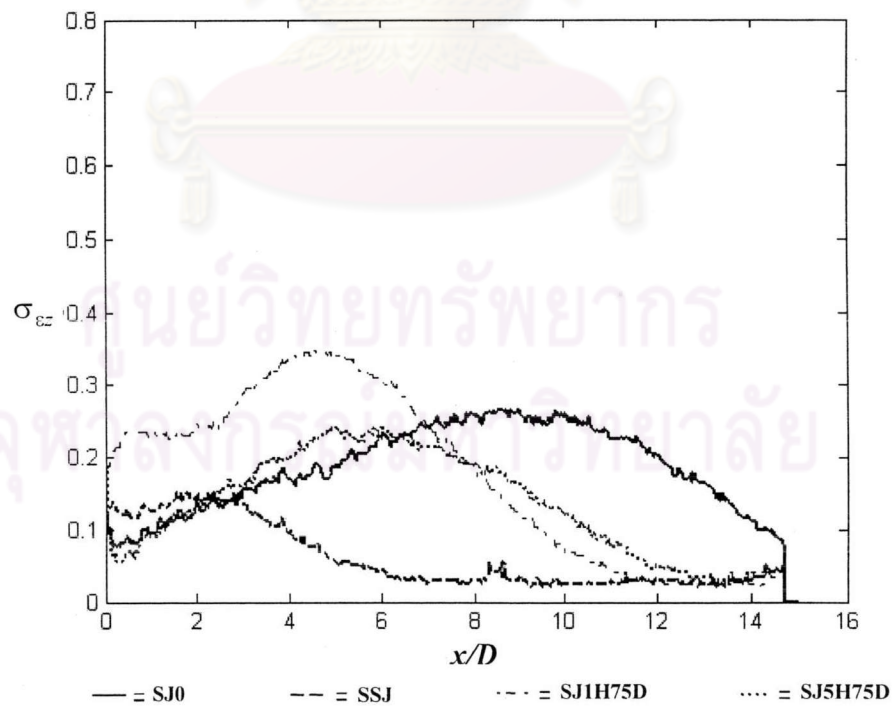
รูปที่ 3.35 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความไม่คงที่ของการดูดซับแสงในแนวแกนของเจ็ตกรณี SJ0, SSJ, SJ1H50D และ SJ5H50D

75 % Duty cycle

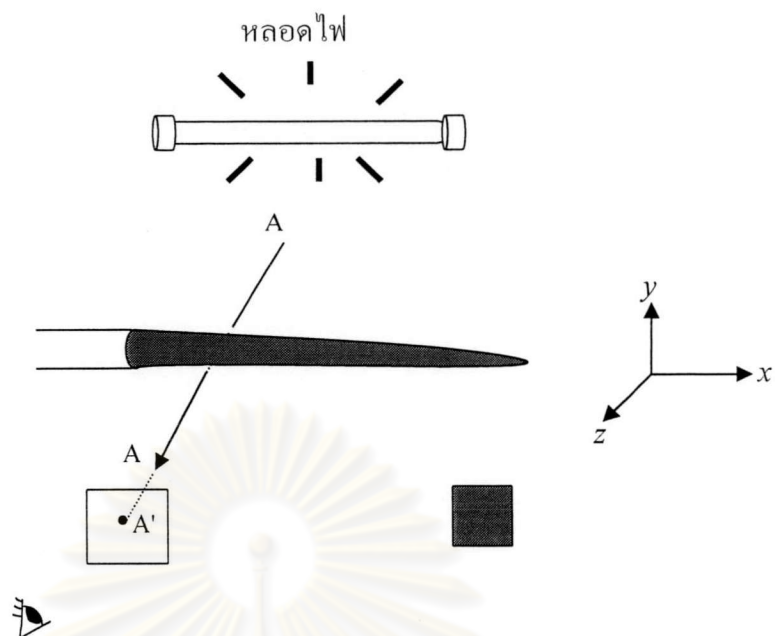


รูปที่ 3.36 เปรียบเทียบการลดลงของการดูดซับแสงในแนวแกนของเจ็ตกรณี SJ0, SSJ, SJ1H75D และ SJ5H75D

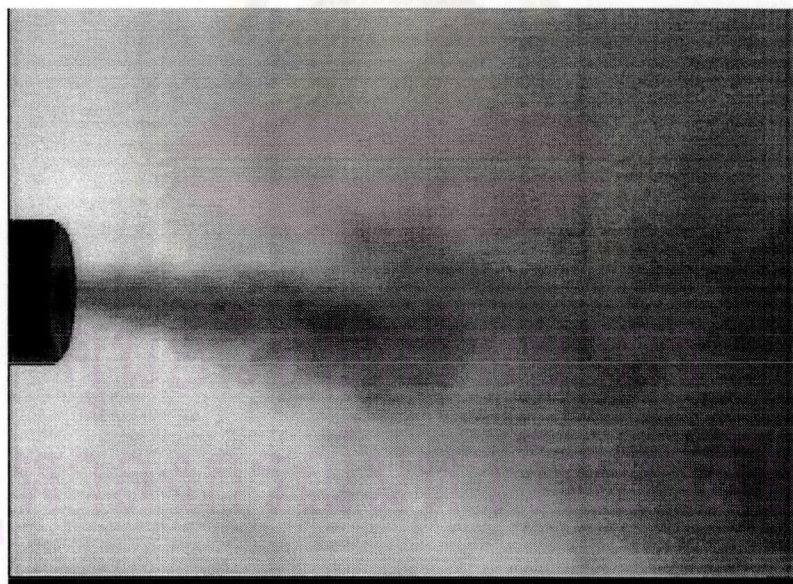
75 % Duty cycle



รูปที่ 3.37 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความไม่คงที่ของการดูดซับแสงในแนวแกนของเจ็ตกรณี SJ0, SSJ, SJ1H75D และ SJ5H75D



รูปที่ 4.1 ลักษณะของการให้แสงในการทดลอง



รูปที่ 4.2 รูปการไหลย้อนกลับของเจ็ตเมื่อแสดงด้วยปริมาณ Passive scalar