

การประเมินวัฏจักรชีวิตกระบวนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็ค
: กรณีศึกษาใช้ในการผลิตเซลล์แบตเตอรี่แห้ง



นายรัฐเขต หมูทอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

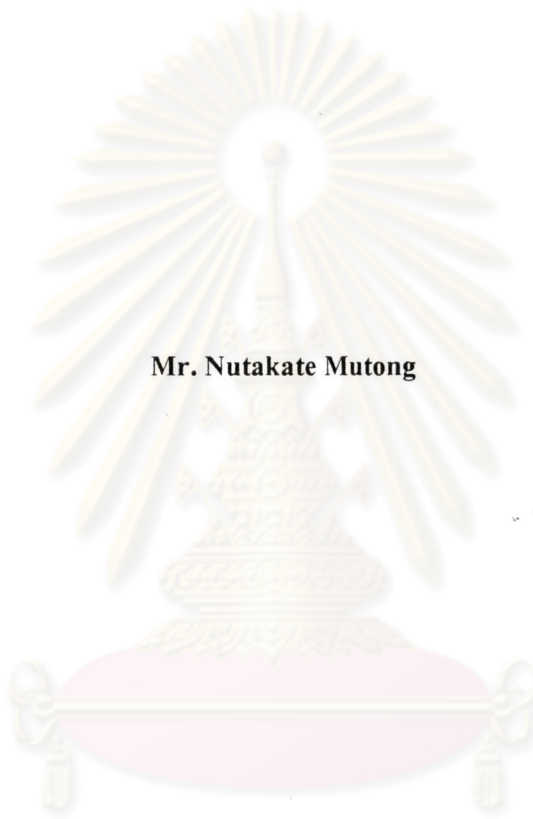
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-14-2488-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**LIFE CYCLE ASSESSMENT ACETYLENE CARBON BLACK
: A CASE STUDY OF PRODUCE DRY CELL**



Mr. Nutakate Mutong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering**

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering


Chulalongkorn University

Academic Year 2005

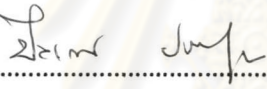
ISBN 974-14-2488-4


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประเมินวัฏจักรชีวิตกระบวนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็ค
: กรณีศึกษาใช้ในการผลิตเซลล์แบตเตอรี่แห่ง
โดย นายณัฐเขต หมูทอง
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ

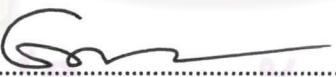
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาโท


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อุรา ปานเจริญ)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุรัตน์ อารีรัตน์)

ณัฐเขต หมูทอง: การประเมินวัฏจักรชีวิตกระบวนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็ค : กรณีศึกษาใช้
ในการผลิตเซลล์แบตเตอรี่แห้ง. (LIFE CYCLE ASSESSMENT ACETYLENE CARBON
BLACK : A CASE STUDY OF PRODUCE DRY CELL)

อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร.ชัยฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ. 134 หน้า. ISBN 974-14-2488-4

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์และการประมาณรายจ่ายตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตเซลล์แบตเตอรี่แห้ง โดยการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คจากถ่านหินและจากเนฟธา เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกกระบวนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คที่เหมาะสมทั้งในด้านค่าใช้จ่ายและความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินของกระบวนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คจากเนฟธาเป็นข้อมูลจริงจากบริษัทอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกัลไทย (มหาชน) จำกัด ข้อมูลของกระบวนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คจากถ่านหินมาจากบทความวิชาการ สำหรับหลักการที่ใช้ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย ขั้นตอนการสกัดวัตถุดิบ ขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ และขั้นตอนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็ค งานวิจัยได้ประเมินการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คที่ใช้ประโยชน์ในส่วนประกอบของเซลล์แบตเตอรี่แห้ง ที่มีการใช้สารตั้งต้นที่ต่างกัน คือ การผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คจากถ่านหิน โดยผ่านกระบวนการผลิตแคลเซียมคาร์ไบด์ก่อน , การผลิตอะเซทิลีนจากเนฟธาพบว่า การผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คที่ผลิตจากถ่านหินเป็นสารตั้งต้น มีผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ ระบบนิเวศ และ การใช้ทรัพยากรน้อยกว่าการผลิตอะเซทิลีนจากเนฟธา อีกทั้งกระบวนการนี้ยังมีค่าใช้จ่ายของวัฏจักรชีวิต(Life Cycle Costing)ต่ำกว่าการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คจากเนฟธา จึงเป็นกระบวนการที่มีความเหมาะสม และสามารถใช้กระบวนการผลิตร่วมกับหลักการประเมินวงจรชีวิต ในอนาคตข้างหน้าเนื่องจากในสถานะการณ์ขณะนี้ปริมาณสารเชื้อเพลิง(ฟอสซิล) มีปริมาณการลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่อนิสิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา	2548	

4670296621: MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORD: LIFE CYCLE ASSESSMENT/ LIFE CYCLE COSTING/ ACETYLENE
CARBON BLACK/ SIMAPRO

NUTAKATE MUTONG: LIFE CYCLE ASSESSMENT ACETYLENE CARBON
BLACK : A CASE STUDY OF PRODUCE DRY CELL, THESIS
ADVISOR:ASSOC.PROF. CHAIRIT SATAYAPRASERT, Ph.D. 134 pp.
ISBN 974-14-2488-4

Life cycle assessment and life cycle costing of acetylene production processes from coal and naphtha are described in the thesis. Both processes are compared in both terms to obtain a guideline for choosing the process which is cost-effective and environmentally friendly. While the real data from Thai Petrochemical Industry Public Company (TPI) are employed to study the acetylene production process from naphtha, the data from publications are used to study that from coal. The environmental impacts are quantified using life cycle assessment technique starting from raw material extraction stage .In a case study we use acetylene to produce dry cell, the first process synthesize by using coal to produce calcium carbide then synthesize acetylene by using calcium carbide with water. The second process we get cracked naphtha to produce acetylene. Production of coal by using calcium carbide process has minimum effect on human health, ecosystem quality and depletion of resources. We discover economic impact by used Life Cycle Costing (LCC) of calcium carbide process cheaper than cracked naphtha process. Acetylene carbon black from coal is the most suitable in the future.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Chemical Engineering Student's signature
Field of study Chemical Engineering Advisor's signature
Academic year 2005

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ชัยฤกษ์ สัตยาประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ นายวสันต์ กัลหารัตน์ วิศวกรอาวุโส บริษัท อุตสาหกรรมปิโตรเคมีกัลไทย จำกัด(มหาชน) ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะแนวทางการทำวิจัยและข้อคิดเห็นในการแก้ปัญหาต่างๆ ตลอดจนช่วยเหลือและปรับปรุงเพิ่มเติมวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อันประกอบด้วย ศ.ดร.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม ประธานกรรมการ รศ.ดร.อุรา ปานเจริญ กรรมการ อ.ดร.สุรัตน์ อารีรัตน์ กรรมการ ที่กรุณาให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณ อ.ทวี และ อ.วรรณพร หมูทอง บิดาและมารดาของผู้เขียน นางนวล หมูทอง ย่าของผู้เขียน นางสาวณัฐกานต์ หมูทอง น้องของผู้เขียน นางสาวญาดิศา สมร่วง ผู้ช่วยเรียบเรียงข้อมูล และผู้มีอุปการะคุณที่ให้การสนับสนุนตลอดและเป็นกำลังใจให้ตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

ประโยชน์อันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์นี้ ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้น ผู้เขียนขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 อะเซทิลีนแบล็ค.....	4
2.2 กระบวนการผลิตอะเซทิลีนแบล็ค.....	5
2.2.1 กระบวนการผลิตอะเซทิลีนจากวัตถุดิบขั้นพื้นฐาน.....	5
2.2.1.1 กระบวนการผลิตอะเซทิลีนจากถ่านหิน.....	5
2.2.1.1.1 กระบวนการผลิตแคลเซียมคาร์ไบด์จากถ่านหิน.....	6
2.2.1.1.2 กระบวนการผลิตอะเซทิลีนจากแคลเซียมคาร์ไบด์.....	8
2.2.1.2 กระบวนการผลิตอะเซทิลีนจากแอฟธา.....	9
2.2.2 กระบวนการผลิตอะเซทิลีนแบล็คจากอะเซทิลีน.....	13
2.3 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์.....	15
2.3.1 ประวัติความเป็นมาของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์.....	15
2.3.2 หลักการสำคัญของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์.....	17
2.3.3 วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์.....	17
2.3.4 การดำเนินงานของการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์.....	18
2.3.4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต.....	19

2.3.4.2	การวิเคราะห์หับัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม.....	19
2.3.4.2.1	การเตรียมการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	19
2.3.4.2.2	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	20
2.3.4.2.3	การคำนวณข้อมูล.....	20
2.3.4.2.4	การป็นส่วน.....	22
2.3.4.3	การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์.....	22
2.3.4.3.1	การคัดเลือกกลุ่มผลกระทบ ตัวชี้วัดกลุ่มผลกระทบ และแบบจำลองการทำการพิจารณา.....	22
2.3.4.3.2	การจำแนกข้อมูลการวิเคราะห์หับัญชีรายการเข้าอยู่ ในกลุ่มผลกระทบ.....	23
2.3.4.3.3	การทำการพิจารณา(Characterization)	24
2.3.4.4	การแปรผล.....	24
2.3.5	การประยุกต์ใช้มาตรฐานตัวชี้วัด.....	24
2.3.5.1	ตัวชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม.....	24
2.3.5.2	ผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม.....	24
2.3.5.3	ความแตกต่างของตัวชี้วัดภาวะสิ่งแวดล้อม 95 กับ ภาวะ สิ่งแวดล้อม 99	26
2.3.5.4	วิธีการใช้งานและข้อจำกัด.....	26
2.3.5.5	ISO กับ ตัวชี้วัด.....	26
2.3.5.6	หน่วยของดัชนีชี้วัด.....	26
2.3.5.7	ตัวชี้วัดที่แสดงการเพิ่มผลผลิตที่ค้ำนึ่งถึงสิ่งแวดล้อม.....	26
2.4	โปรแกรมสำเร็จรูปในการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์: SimaPro	28
2.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	28
3.	ระเบียบวิธีการวิจัย.....	31
4.	การวิเคราะห์ผลการวิจัย.....	38
5.	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	65
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	65
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	66

รายการอ้างอิง.....	67
ภาคผนวก.....	69
ภาคผนวก ก โปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	70
ภาคผนวก ข ข้อมูลการประมวลผลจากโปรแกรม SimaPro 6.....	73
ภาคผนวก ค.....	82
ค.1 บัญชีรายการสารเข้าและออกกระบวนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็ค จากถ่านหิน.....	82
ค.2 บัญชีรายการสารเข้าและออกกระบวนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็ค จากแอฟธา.....	98
ภาคผนวก ง กระบวนการผลิตอะเซทิลีนจากแอฟธาของบริษัทอุตสาหกรรม ปิโตรเคมีกัลไทย จำกัด (มหาชน).....	114
ภาคผนวก จ.....	115
จ.1 Total operating cost of TPI Acetylene black product.....	115
จ.2 Manufacturing Cost of Production.....	120
ภาคผนวก ฉ การประยุกต์ในเชิงอุตสาหกรรม.....	121
ภาคผนวก ช การเปรียบเทียบผลกระทบของสิ่งแวดล้อมระหว่างกระบวนการผลิต อะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คจากถ่านหินกับแอฟธา.....	124
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างการคำนวณ.....	125
ซ.1 ตัวอย่างการทำสมดุลมวลสารการผลิตแคลเซียมคาร์ไบด์.....	125
ซ.2 ตัวอย่างผลการคำนวณของเสียที่ออกจากปฏิกิริยากระบวนการผลิต ก๊าซอะเซทิลีนจากแอฟธา.....	132
ภาคผนวก ฅ ตัวอย่างข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็ค จากแอฟธา ระหว่างเดือน มกราคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2548.....	133
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	134

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ	
1 กระบวนการผลิตแคลเซียมคาร์ไบด์แบบเผาไหม้บางส่วนของ BASF.....	7
2 กระบวนการผลิตอะเซทิลีนแบบแห้งของ Knapsack.....	9
3 กระบวนการผลิตอะเซทิลีนจากเนฟธาของบริษัทอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกัลไทย จำกัด (มหาชน).....	11
4 แผนภาพแสดงการผลิตอะเซทิลีนจากเนฟธา.....	12
5 แสดงกระบวนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็ค.....	14
6 แบบจำลอง การควบคุมมลสารและผลิตก๊าซอะเซทิลีนเพื่อผลิตอะเซทิลีน คาร์บอนแบล็คจากถ่านหิน.....	34
7 แบบจำลองการควบคุมมลสารและการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คจากถ่านหิน.....	35
8 แบบจำลองการควบคุมมลสารการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คจากเนฟธา	36
9 แสดงการเปรียบเทียบ ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมของกระบวนการผลิตอะเซทิลีน คาร์บอนแบล็คจากถ่านหินกับกระบวนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คจากเนฟธา.....	43
10 แสดงผลกระทบ (Damage Assessment) ใน 3 ด้านหลักๆของกระบวนการ ผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็คทั้ง 2 ประเภท.....	44
11 การเปรียบเทียบผลกระทบในด้านต่างๆของ 2 กระบวนการผลิต (Impact Singer Score).....	45
12 การแสดงระดับของผลกระทบกระบวนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็ค จากถ่าน (Net work).....	46
13 แสดงระดับค่าผลกระทบในรูปคะแนนเดี่ยว(Single score) ที่ cut off 1% กำลังการผลิต อะเซทิลีนคาร์บอนแบล็ค 1,000 kg.....	47
14 แสดงผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ที่เลือกใช้การผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็ค จากถ่านหิน.....	48
15 แสดงผลกระทบต่อความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์ที่เลือกใช้การผลิตอะเซทิลีน คาร์บอนแบล็คจากถ่านหิน.....	49
16 แสดงผลกระทบต่อการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่เลือกใช้การผลิตอะเซทิลีน คาร์บอนแบล็คจากถ่านหิน.....	50
17 การแสดงระดับของผลกระทบกระบวนการผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็ค จากเนฟธา (Net work).....	51
18 ระดับคะแนนเดี่ยว(Single score) ที่ cut off 1% กำลังการผลิต อะเซทิลีนคาร์บอน แบล็ค 1,000 kg.....	52

19 แสดงผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ที่เลือกใช้การผลิตอะเซทิลีนคาร์บอน
 แบล็คจากแอฟธา..... 53

20 แสดงผลกระทบต่อความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์ที่เลือกใช้การผลิตอะเซทิลีนคาร์บอนแบล็ค
 จากแอฟธา..... 54

21 แสดงผลกระทบต่อการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่เลือกใช้การผลิตอะเซทิลีนคาร์บอน
 แบล็คจาก แอฟธา..... 55

22 แสดงการตรวจสิ่งแวดล้อมของโรงงานในเดือนสิงหาคมด้วยแบบจำลองอะเซทิลีน
 คาร์บอนแบล็คจากแอฟธาที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม SimaPro 6..... 121

23 แสดงการตรวจสิ่งแวดล้อมของโรงงานในเดือนกันยายนด้วยแบบจำลองอะเซทิลีน
 คาร์บอนแบล็คจากแอฟธาที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม SimaPro 6.....122

24 แสดงการตรวจสิ่งแวดล้อมของโรงงานในเดือนตุลาคมด้วยแบบจำลองอะเซทิลีน
 คาร์บอนแบล็คจากแอฟธาที่สร้างขึ้นจาก โปรแกรม SimaPro 6.....123



ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ข้อมูลการผลิตกระบวนการผลิตแคลเซียมคาร์ไบด์แบบการเผาไหม้ บางส่วนของ BASF สำหรับอะเซทีลีน 1 ตัน.....	7
2 การทำแบบจำลองคุณมวลสารการผลิตอะเซทีลีนคาร์บอนแบล็ค จากการแปรรูปถ่านหิน.....	40
3 การทำแบบจำลองคุณมวลสารการผลิตอะเซทีลีนคาร์บอนแบล็ค.....	41
4 ค่าใช้จ่ายตลอดวัฏจักรชีวิต(Life Cycle Costing) ของอะเซทีลีนคาร์บอนแบล็ค ผลิตจากถ่านหิน(เฉพาะ โรงงาน) ได้แก่ ค่าวัตถุดิบ ค่าสารเคมีค่าพลังงานไฟฟ้า ค่ากำจัดของเสีย ค่ากำจัดน้ำเสีย.....	59
5 ค่าใช้จ่ายตลอดวัฏจักรชีวิต(Life Cycle Costing) ของอะเซทีลีนคาร์บอนแบล็ค ผลิตจากแอฟธา(เฉพาะ โรงงาน) ได้แก่ ค่าวัตถุดิบ ค่าสารเคมี ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่ากำจัดของเสีย ค่ากำจัดน้ำเสีย.....	62

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย