

# การคำนวณอนุญาตปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และผลกระทบต่อสวัสดิการ

นางสาว วรรณสิริ รงรองเมือง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ ภาควิชาเศรษฐศาสตร์

คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-968-5

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**TRADABLE SO<sub>2</sub> EMISSION PERMITS  
AND ITS IMPLICATION ON WELFARE EFFECT**

**Miss Wansiri Rongrongmaung**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree of Master of Economics in Economics**

**Department of Economics Faculty of Economics**

**Chulalongkorn University**

**Academic Year 1999**

**ISBN 974-334-968-5**

หัวข้อวิทยานิพนธ์  
โดย  
ภาควิชา  
อาจารย์ที่ปรึกษา

การด้าไบอนุญาตปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และผลกระทบต่อสวัสดิการ  
นางสาว วรรณศิริ รงรองเมือง  
เศรษฐศาสตร์  
รองศาสตราจารย์ ดร. สีดานนท์ เกษญาพิพัฒน์

คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุทธิพันธ์ จิราธิวัฒน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  
(ดร. คุณหญิงสุชาวัลย์ เสถียรไทย)

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สีดานนท์ เกษญาพิพัฒน์)

.....  
(ดร. สุภวิทย์ เปี่ยมพงษ์สานต์)

.....  
(ดร. วุฒิ หวังวัชรกุล)

## บทคัดย่อวิทยานิพนธ์

วรรณศิริ รงรองเมือง : การค้าใบอนุญาตปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และผลกระทบต่อสวัสดิการ. (TRADABLE SO<sub>2</sub> EMISSION PERMITS AND ITS IMPLICATION ON WELFARE EFFECT) อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. สิตานนท์ เกษญาพิพัฒน์, 108 หน้า. ISBN 974-334-968-5.

การจัดการกับปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการปล่อยมลพิษของโรงงานอุตสาหกรรม เป็นเรื่องที่รัฐบาลมีความตระหนักและแก้ไขมาตลอด ซึ่งโดยทั่วไปมักใช้มาตรการบังคับและควบคุม มาตรการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เพื่อลดต้นทุนในการจัดการกับการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยมลพิษทางอากาศมากอย่างเช่น โรงไฟฟ้า คือมาตรการการค้าใบอนุญาตปล่อยก๊าซ การศึกษาบางชิ้นแสดงให้เห็นว่า การใช้มาตรการการค้าใบอนุญาตปล่อยก๊าซนี้ จะช่วยลดต้นทุนรวมในการบำบัดมลพิษทางอากาศได้ การศึกษานี้มุ่งไปที่การคำนวณหาสวัสดิการสังคมรวม เปรียบเทียบการใช้มาตรการบังคับและควบคุมโดยตรง กับมาตรการการค้าใบอนุญาตปล่อยก๊าซนี้ โดยใช้โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มาเป็นกรณีศึกษา

ในการวิเคราะห์หาสมการถดถอย 3 สมการ อันได้แก่ สมการการผลิต สมการการปล่อยก๊าซ และสมการอุปสงค์ ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 ถึง พ.ศ. 2541 เมื่อได้สมการถดถอยทั้งหมดแล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงนำสมการเหล่านี้เข้าสู่แบบจำลอง เพื่อหาคุณภาพการผลิตที่ทำให้ได้กำไรสูงสุด ภายใต้ข้อจำกัดอัตราผลได้ แล้วนำไปหาสวัสดิการสังคมรวมต่อไป โดยแบ่งการหาคุณภาพเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ใช้มาตรการบังคับและควบคุมโดยตรง และกรณีที่ใช้มาตรการการค้าใบอนุญาตปล่อยก๊าซ ปล่อยให้มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่สำคัญ 2 ตัว คือ อัตราการติดตั้งเครื่องบำบัดก๊าซ ณ อัตราพื้นฐาน และสัดส่วนการค้าใบอนุญาต ณ อัตราพื้นฐาน

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อมีการบังคับให้ติดตั้งเครื่องบำบัดก๊าซ ณ อัตราพื้นฐานเต็มที่ 100% จะทำให้สังคมได้รับสวัสดิการสูงสุด สำหรับผลการคำนวณของมาตรการการค้าใบอนุญาตปล่อยก๊าซพบว่า สวัสดิการสังคมจะสูงสุดก็ต่อเมื่อรัฐบาลกำหนดให้มีการติดตั้งเครื่องบำบัดเต็มที่ 100% แล้วปล่อยให้มีการค้าใบอนุญาต ณ อัตราพื้นฐานเพียง 70% แต่เมื่ออุณหภูมิโดยรวมแล้วสวัสดิการสังคมเฉลี่ยจะสูงกว่าหากไม่มีการติดตั้งเครื่องบำบัดเลย แล้วปล่อยให้มีการค้าใบอนุญาตอยู่ในช่วง 30 - 90% ส่วนการเปรียบเทียบการใช้มาตรการทั้งสองชนิด พบว่า มาตรการการค้าใบอนุญาตให้สวัสดิการสังคมที่สูงกว่า ด้วยต้นทุนการผลิตเฉลี่ยที่ต่ำกว่า มาตรการบังคับและควบคุมโดยตรงในทุกกรณี ทั้งนี้ หน่วยการผลิตที่มีต้นทุนการบำบัดก๊าซต่ำกว่าจะเป็นผู้ขายใบอนุญาต และกระทำการบำบัดก๊าซของตนเองในสัดส่วนที่มากขึ้น สำหรับหน่วยการผลิตที่มีต้นทุนการบำบัดก๊าซที่สูงกว่าจะเป็นผู้ซื้อใบอนุญาต และทำการบำบัดก๊าซในสัดส่วนที่ลดลง

ภาควิชา เศรษฐศาสตร์  
สาขาวิชา เศรษฐศาสตร์ระหว่างประเทศ  
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิติกร .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

## AN ABSTRACT

## 3971556029 : MAJOR ECONOMICS

KEY WORD: TRADABLE EMISSION PERMIT / EMISSION TRADING / WELFARE EFFECT / ENVIRONMENTAL ECONOMICS

WANSIRI RONGRONGMUANG : TRADABLE SO<sub>2</sub> EMISSION PERMIT AND ITS IMPLICATION ON WELFARE EFFECT.

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SITANON JESDAPIPAT, 108 pp. ISBN 974-334-968-5.

Environmental Management, especially of pollution from industries, is an important issue concerning the government. A measure called “Tradable Discharge Permit System” is another alternative to reduce the cost of SO<sub>2</sub> abatement in high emission industries such as power generation industry. Some research has revealed that the Tradable Discharge Permit System could help in reducing the cost of abatement. However, the focus of this study is to compare between the welfare effect of implementing existing command and control measures and introduced Tradable Discharge Permit System in order to control the same amount of SO<sub>2</sub> emissions.

Three simple regression functions; the production function, emission function and demand function, are constructed using secondary data from Mae Moh Power Plant in Lumpang between the years 1988 and 1998 as a case study. The next step is to put all functions above into a calculation model in order to find an equilibrium that meets profit maximization while facing the rate of return constraints, then calculates social welfare in each case of using both measures. Two parameters, which are the share of abatement capital that is placed in the rate base and share of a firm’s permits that will count in its rate base, are varied to determine the highest level of social welfare.

The results of this study reveal that, in the command and control regime, when the plants are placing all share of abatement capital in its rate base, social gains maximize social welfare. In tradable emission permit regime, social gains maximize social welfare when the share of firm’s permits that count in its rate base accounts for 70% with full share of abatement capital in its rate base. However, for the overall maximum social welfare in average, the share of firm’s permits at its rate base between 30 – 90% with zero share of abatement capital is the best combination. The electric generating which has lower marginal abatement cost is a supplier of emission permit and electric generating which has higher marginal abatement cost is a demander of emission permit.

ภาควิชา เศรษฐศาสตร์  
สาขาวิชา เศรษฐศาสตร์ระหว่างประเทศ  
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิติกร ..... ว. ส. น. ก. ..... ร. r.  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

## กิตติกรรมประกาศ



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือและเป็นที่ปรึกษาอย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร. สิตานนท์ เกษฎาพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้จุดประกายในเรื่องของหัวข้อวิทยานิพนธ์ ให้แนวคิด ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยมาด้วยดีตลอด รวมถึง ดร. คุณหญิง สุชาวีย์ เสถียรไทย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร. ศุภวิทย์ เปี่ยมพงศ์สานต์ และ ดร. วุฒิ หวังวัชรกุล กรรมการ ที่ได้ให้คำแนะนำและกรุณาสละเวลาอันมีค่าตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

นอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณผู้ที่เอื้อเฟื้อด้านข้อมูลและคำแนะนำต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการวิจัย ได้แก่ ดร. มนตรี สุวรรณมนตรี ฝ่ายสิ่งแวดล้อม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย คุณชัยพร ไพฑูรย์ ฝ่ายการผลิต โรงไฟฟ้าแม่เมาะ รวมถึงเจ้าหน้าที่ฝ่ายประชาสัมพันธ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และเจ้าหน้าที่จากกรมควบคุมมลพิษ ตลอดจนเจ้าหน้าที่คณะเศรษฐศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกเป็นอย่างดี และเนื่องจากทุนการวิจัยในครั้งนี้บางส่วนได้รับสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้เขียนเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

วรรณศิริ รงรองเมือง

พฤษภาคม 2543

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	6
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
2. แนวคิดที่เกี่ยวข้อง และวรรณกรรมปริทรรศน์.....	16
2.1 แนวคิดที่เกี่ยวข้อง.....	16
2.1.1 หลักการทั่วไปของการค้าใบอนุญาตการปล่อยมลพิษ.....	16
2.1.1.1 ลักษณะการค้าใบอนุญาต.....	17
2.1.1.2 กฎการเท่ากันของต้นทุนหน่วยสุดท้าย (Equimarginal Principle).....	18
2.1.1.3 การจัดสรรใบอนุญาต และการกำหนดกฎเกณฑ์การค้า.....	19
2.1.1.4 ทิศทางของตลาดการค้าใบอนุญาตการปล่อยมลพิษในอนาคต.....	21
2.1.2 ผลได้จากการค้า กับการค้าใบอนุญาตการปล่อยมลพิษ.....	22
2.1.2.1 ผลได้จากการค้า (Gain From Trade).....	22
2.1.2.2 ขนาดของผลกระทบ.....	24
2.2 วรรณกรรมปริทรรศน์.....	27
2.2.1 การศึกษาความมีประสิทธิภาพในด้านต้นทุน.....	29
2.2.2 การศึกษาผลกระทบต่อภาคเศรษฐกิจ และสวัสดิการสังคม.....	32

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.2.3 การประยุกต์การค้าใบอนุญาตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....	34
3. วิธีการวิเคราะห์.....	35
3.1 ข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์.....	36
3.2 ข้อสมมติที่ใช้ในการศึกษา.....	36
3.3 นิยามตัวแปรและฟังก์ชันที่ใช้ในการศึกษา.....	38
3.4 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา.....	40
3.4.1 กรณีการใช้นโยบายการบังคับและควบคุมโดยตรง (Command and Control Regime)....	42
3.4.2 กรณีการค้าใบอนุญาตปล่อยก๊าซ (Allowance Trading Regime).....	42
3.5 การนำแบบจำลองมาใช้กับโรงผลิตกระแสไฟฟ้า.....	47
3.5.1 กรณีการใช้นโยบายการบังคับและควบคุมโดยตรง (Command and Control Regime)....	48
3.5.2 กรณีการค้าใบอนุญาตปล่อยก๊าซ (Allowance Trading Regime).....	49
3.5.3 การหาจุดดุลยภาพที่ให้สวัสดิการสูงสุดในกรณีต่าง ๆ.....	50
4. ผลการศึกษา.....	51
4.1 สมการการผลิต สมการการปล่อยก๊าซ และสมการอุปสงค์.....	51
4.1.1 สมการการผลิต.....	51
4.1.2 สมการการปล่อยก๊าซ.....	52
4.1.3 สมการอุปสงค์.....	53
4.2 การหาสวัสดิการสังคมรวม.....	54
4.2.1 การกำหนดค่าตัวแปร.....	54
4.2.2 กรณีมาตรการบังคับและควบคุมโดยตรง.....	55
4.2.3 กรณีมาตรการการค้าใบอนุญาตปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	63
4.2.3.1 ผู้ซื้อและผู้ขายใบอนุญาต.....	63
4.2.3.2 ราคาของใบอนุญาต.....	64
4.2.3.3 ลักษณะของสวัสดิการสังคมรวมในแต่ละกรณี.....	66
4.2.3.4 ลักษณะของสวัสดิการสังคมรวมในทุกกรณี.....	86



## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.3 การเปรียบเทียบต้นทุนรวมเฉลี่ย และสวัสดิการรวมของมาตรการบังคับและควบคุม โดยตรง และมาตรการการค้าใบอนุญาต.....	91
5. สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ.....	94
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	94
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	97
รายการอ้างอิง.....	100
ภาคผนวก.....	103
ภาคผนวก ก.....	104
ภาคผนวก ข.....	107
ภาคผนวก ค.....	108
ประวัติผู้เขียน.....	109

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จำแนกตามแหล่งกำเนิดมลพิษ พ.ศ. 2533 – 2539.....	7
1.2 กำลังผลิตของ กฟผ. แยกตามประเภทโรงไฟฟ้า พ.ศ. 2540 – 2541.....	8
1.3 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าปี พ.ศ. 2525 – 2535.....	9
1.4 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้า พ.ศ. 2540 – 2541.....	9
1.5 การผลิตพลังงานไฟฟ้า แยกตามประเภทเชื้อเพลิง พ.ศ. 2540 – 2541.....	10
1.6 ปริมาณการระบายสารมลพิษทางอากาศจากการใช้เชื้อเพลิงสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า.....	10
1.7 กำลังผลิตของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ณ วันที่ 30 กันยายน 2541.....	11
1.8 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าบางแห่ง พ.ศ. 2537.....	11
1.9 สัดส่วนและปริมาณการระบายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ปีพ.ศ. 2535.	12
1.10 ปริมาณมลพิษจากโรงไฟฟ้าในประเทศไทย พ.ศ. 2537.....	12
1.11 ร้อยละของการปล่อย SO <sub>2</sub> และ NO <sub>x</sub> ในปีค.ศ. 1986 และ 2011.....	13
4.1 สรุปค่าตัวแปรที่คำนวณได้ในสมการถดถอย และค่าตัวแปรอื่น ๆ ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์..	54
4.2 ปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้า ต้นทุนการผลิต ต้นทุนการบำบัดก๊าซ กำไรของโรงไฟฟ้า ส่วนเกินผู้บริโภครวม และสวัสดิการสังคม เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าของ $\varphi$ ของโรงไฟฟ้าที่ 1.....	56
4.3 ปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้า ต้นทุนการผลิต ต้นทุนการบำบัดก๊าซ กำไรของโรงไฟฟ้า ส่วนเกินผู้บริโภครวม และสวัสดิการสังคม เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าของ $\varphi$ ของโรงไฟฟ้าที่ 2.....	58
4.4 ปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้ารวม ต้นทุนการผลิตรวม ต้นทุนการบำบัดก๊าซรวม กำไรของโรงไฟฟ้ารวม ส่วนเกินผู้บริโภครวม และสวัสดิการสังคมนรวม เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าของ $\varphi$ ของโรงไฟฟ้าทั้งสอง.....	60
4.5 ปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้า ต้นทุนการผลิต ต้นทุนการบำบัดก๊าซ กำไรของโรงไฟฟ้า ส่วนเกินผู้บริโภครวม และสวัสดิการสังคม ของโรงไฟฟ้าที่ 1 ในกรณีที่ 1 เมื่อกำหนดให้ $\varphi=0$ และเปลี่ยนแปลงค่าของ $\theta$ เพิ่มขึ้นทีละ 0.1.....	67
4.6 ปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้า ต้นทุนการผลิต ต้นทุนการบำบัดก๊าซ กำไรของโรงไฟฟ้า ส่วนเกินผู้บริโภครวม และสวัสดิการสังคม ของโรงไฟฟ้าที่ 2 ในกรณีที่ 1 เมื่อกำหนดให้ $\varphi=0$ และเปลี่ยนแปลงค่าของ $\theta$ เพิ่มขึ้นทีละ 0.1.....	68



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.15	ปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้า ต้นทุนการผลิต ต้นทุนการบำบัดก๊าซ กำไรของโรงไฟฟ้า ส่วนเกินผู้บริโภค และสวัสดิการสังคม ของ โรงไฟฟ้าที่ 2 ในกรณีที่ 4 เมื่อกำหนดให้ $\theta = 1$ และเปลี่ยนแปลงค่าของ $\varphi$ เพิ่มขึ้นทีละ 0.1.....	83
4.16	ปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้า ต้นทุนการผลิต ต้นทุนการบำบัดก๊าซ กำไรของโรงไฟฟ้า ส่วนเกินผู้บริโภค และสวัสดิการสังคม ของ โรงไฟฟ้าที่ 1 และ โรงไฟฟ้าที่ 2 ในกรณีที่ 4 เมื่อกำหนดให้ $\theta = 1$ และเปลี่ยนแปลงค่าของ $\varphi$ เพิ่มขึ้นทีละ 0.1.....	84

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	กำลังผลิตของ กฟผ. แยกตามประเภทเชื้อเพลิง พ.ศ. 2533, พ.ศ. 2540 และ พ.ศ. 2548..... 14
1.2	การปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้า แยกตามประเภทของแหล่งเชื้อเพลิง พ.ศ. 2540..... 15
2.1	ลักษณะการค้าใบอนุญาตปล่อยมลพิษ..... 18
2.2	คุณภาพของตลาดการค้าใบอนุญาตในระยะยาว..... 21
2.3	แสดงคุณภาพของตลาดและผลได้จากการค้า..... 23
2.4	คุณภาพของตลาดและผลได้จากการค้า กรณีที่ใบอนุญาตมีจำนวนเท่ากับผลรวมของการปล่อยเริ่มแรก..... 25
2.5	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความชัน (slope) ของเส้นต้นทุนในการจัดการมลพิษ หน่วยสุดท้าย..... 26
2.6	ผลกระทบจากการขยับ (shift) ของเส้นต้นทุนในการจัดการมลพิษหน่วยสุดท้าย..... 27
4.1	แสดงสวัสดิการสังคม ส่วนเกินผู้บริโภค และกำไรของโรงไฟฟ้าที่ 1 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับของการติดตั้งเครื่องบำบัด ณ อัตราพื้นฐาน ( $\varphi$ )..... 57
4.2	แสดงสวัสดิการสังคม ส่วนเกินผู้บริโภค และกำไรของโรงไฟฟ้าที่ 2 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับของการติดตั้งเครื่องบำบัด ณ อัตราพื้นฐาน ( $\varphi$ )..... 59
4.3	แสดงสวัสดิการสังคมนรวม ส่วนเกินผู้บริโภครวม และกำไรของโรงไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับของการติดตั้งเครื่องบำบัด ณ อัตราพื้นฐาน ( $\varphi$ )..... 61
4.4	ราคาใบอนุญาต สวัสดิการสังคม ส่วนเกินผู้บริโภค และกำไรของโรงไฟฟ้าทั้งสอง ในกรณีที่ 1 เมื่อกำหนดให้ $\varphi = 0$ และเปลี่ยนแปลงค่าของ $\theta$ เพิ่มขึ้นทีละ 0.1..... 70
4.5	ราคาใบอนุญาต สวัสดิการสังคม ส่วนเกินผู้บริโภค และกำไรของโรงไฟฟ้าทั้งสอง ในกรณีที่ 2 เมื่อกำหนดให้ $\varphi = 1$ และเปลี่ยนแปลงค่าของ $\theta$ เพิ่มขึ้นทีละ 0.1..... 75
4.6	ราคาใบอนุญาต สวัสดิการสังคม ส่วนเกินผู้บริโภค และกำไรของโรงไฟฟ้าทั้งสอง ในกรณีที่ 3 เมื่อกำหนดให้ $\theta = 0$ และเปลี่ยนแปลงค่าของ $\varphi$ เพิ่มขึ้นทีละ 0.1..... 80
4.7	ราคาใบอนุญาต สวัสดิการสังคม ส่วนเกินผู้บริโภค และกำไรของโรงไฟฟ้าทั้งสอง ในกรณีที่ 4 เมื่อกำหนดให้ $\theta = 1$ และเปลี่ยนแปลงค่าของ $\varphi$ เพิ่มขึ้นทีละ 0.1..... 85

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 ส่วนเกินผู้บริโภครวมจากการทดลองทั้ง 4 กรณี.....	88
4.9 กำไรของโรงไฟฟ้ารวมจากการทดลองทั้ง 4 กรณี.....	89
4.10 สวัสดิการสังคมรวมจากการทดลองทั้ง 4 กรณี.....	90
4.11 เปรียบเทียบต้นทุนรวมเฉลี่ย ในกรณีมาตรการบังคับและควบคุมโดยตรง และกรณีที่มีการค้าใบอนุญาต ในกรณีที่ 3 ซึ่งกำหนดให้ $\theta = 0$ .....	92
4.12 เปรียบเทียบสวัสดิการสังคมรวม ในกรณีมาตรการบังคับและควบคุมโดยตรง และกรณีที่มีการค้าใบอนุญาต ในกรณีที่ 3 ซึ่งกำหนดให้ $\theta = 0$ .....	93
5.1 เปรียบเทียบสวัสดิการสังคมรวมของการทดลองทั้ง 4 กรณี.....	96