



## รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การพัฒนาวิธีการประเมินความรับผิดชอบร่วมในการปล่อยก๊าซ  
เรือนกระจกจากอุตสาหกรรม  
ระหว่างประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนา”

โดย  
สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม

มกราคม 2553

รายงานฉบับสมบูรณ์  
โครงการ “การพัฒนาวิธีการประเมินความรับผิดชอบร่วมในการปล่อยก๊าซ  
เรือนกระจกจากอุตสาหกรรม  
ระหว่างประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนา”

ที่ปรึกษาโครงการ

ท่านผู้ทรงคุณวุฒิ ดร. สุชาวัลย์ เสงี่ยมไทย  
ผศ.ดร.จันทน์ สรพิพัฒน์

ผศ.ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์

มูลนิธิธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม  
บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวหน้าโครงการและนักวิจัย

รศ.ดร.ชยันต์ ตันติวิศาการ

คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะผู้วิจัย

รศ.ดร.สิรินทรเทพ เต่าประยูร

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

อ.ดร.ชโลธร แก่นสันติสุขมงคล

คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รศ.ดร.โสภารัตน์ จารุสมบัติ

คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

## บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : RDG5130023

ชื่อโครงการ : การพัฒนาวิธีการประเมินความรับผิดชอบร่วมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  
จากอุตสาหกรรมระหว่างประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนา

ชื่อนักวิจัย : ชยันต์ ดันติวัสดาการ<sup>1</sup>, ชโลธร แก่นสันติสุขมงคล<sup>1</sup>, สิรินทรเทพ เต้าประยูร<sup>2</sup>,  
โสภารัตน์ จารุสมบัติ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, <sup>2</sup> บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้าน  
พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,

<sup>3</sup> คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Email address : [chayunt@econ.tu.co.th](mailto:chayunt@econ.tu.co.th)

ระยะเวลาโครงการ: เมษายน 2551 – มีนาคม 2552

ปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันเกิดจากการบริโภคที่เกินตัวของประชาคมโลก ซึ่งได้  
ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) และก๊าซเรือนกระจก (GHG) อื่นๆ สู่บรรยากาศของ  
โลกสะสมจนอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสภาวะแวดล้อม ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำ อาหาร  
และการเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเล เป็นต้น พิธีสารเกียวโตได้ใช้หลักการความรับผิดชอบ  
ร่วมกันแต่รับผิดชอบต่างกัน (Common But Differentiated Responsibilities: CBDR)  
กำหนดให้ประเทศที่พัฒนาแล้วซึ่งมีชื่ออยู่ในกลุ่มภาคผนวก B (Annex B) มีข้อผูกพันที่จะต้อง  
ลด GHG ของตนเองในช่วงปีพ.ศ. 2551 – 2555 ส่งผลประเทศในกลุ่มภาคผนวก B สูญเสีย  
ความสามารถในการแข่งขันระหว่างประเทศ จากต้นทุนการผลิตสินค้าที่สูงขึ้น ทำให้เกิดการ  
ย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศนอกกลุ่ม หรือที่เรียกว่า การย้ายฐานการผลิตคาร์บอน (Carbon  
Offshoring) ซึ่งส่งผลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในกลุ่มภาคผนวก B ลดลง แต่  
กลับไปเพิ่มขึ้นในประเทศนอกกลุ่มภาคผนวก B แทน หรือเกิดการรั่วไหลของคาร์บอน  
(Carbon leakage) นั่นเอง

การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกจากประเทศที่กำลังพัฒนาเหล่านี้ได้ส่งผลให้เกิดแรง  
กดดันจากประเทศที่พัฒนาแล้วมายังประเทศที่กำลังพัฒนาให้ต้องมีส่วนรับผิดชอบมากขึ้น  
อย่างไรก็ตามประเทศกำลังพัฒนาก็โต้แย้งว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นนี้ส่วนใหญ่มา  
จากการย้ายฐานการผลิตผ่านการลงทุนโดยตรง เพื่อป้อนการบริโภคของประเทศพัฒนาแล้ว  
นั่นเอง นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มที่จะทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของโลกจะเพิ่มขึ้น  
เนื่องจากประเทศกำลังพัฒนายังมิได้ใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการจัดการกับปัญหา  
ดังกล่าว ส่วนประเทศที่พัฒนาแล้ว ก็ไม่มีการลดการบริโภคเท่าที่ควรเนื่องจากการย้ายฐาน  
การผลิตไปประเทศอื่น

งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้เปรียบเทียบผลการคำนวณภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจก 3 วิธี คือ ภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต (Production-based Approach) ภาระรับผิดชอบตามสัดส่วนของความเป็นเจ้าของหน่วยผลิต (Ownership-based Approach) และ ภาระรับผิดชอบตามการบริโภค (Consumption-based Approach)

งานวิจัยชิ้นนี้ได้พบว่าภาคอุตสาหกรรมของไทยที่มีการส่งออกในสัดส่วนที่สูง จะมีการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> เพื่อการส่งออกสุทธิอยู่ในช่วงร้อยละ 35 - 82 ซึ่งเป็นคาร์บอนที่จะถูกคำนวณไว้ใน ยอดบัญชีคาร์บอน (Carbon Inventory) ของไทยตามวิธีการจากฐานการผลิต ซึ่งที่จริงแล้วควรเป็นภาระของต่างชาติหากคิดจากฐานการบริโภค สำหรับในระดับประเทศปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณวิธีด้านการบริโภคนั้นต่ำกว่าวิธีด้านการผลิตเพียงร้อยละ 3 เนื่องจากประเทศไทยมีการส่งออกสุทธิโดยรวมทุกสินค้าไม่สูงเมื่อเทียบกับ GDP แม้ว่ามูลค่าการส่งออก หรือการนำเข้าใดๆ เมื่อเทียบกับ GDP จะสูงถึงร้อยละ 65-70 ก็ตาม

อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาในระดับรายสาขาอุตสาหกรรม พบว่าอุตสาหกรรมที่ประเทศไทยมีความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก เช่น สาขาการผลิตอาหาร สาขายางและพลาสติก สาขาสิ่งทอ และบริการที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว นั้นล้วนแล้วแต่มีสัดส่วนที่ไทยผลิตเพื่อการส่งออกไปประเทศอื่นที่สูง ดังนั้นสาขาเหล่านี้จึงมีปริมาณการผลิตคาร์บอนตามแนวคิดตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตสูงกว่าปริมาณคาร์บอนตามแนวคิดด้านการบริโภคค่อนข้างมาก โดยที่หลายสาขามีสัดส่วนสูงกว่าร้อยละ 40 และยังมีปริมาณการผลิตสูงมากเมื่อเทียบกับสาขาอื่นๆ ด้วย

ดังนั้นก็หมายความว่าหากไทยจะต้องมีพันธกรณีในการจัดการกับก๊าซดังกล่าว และยังคงใช้วิธีการคำนวณภาระตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต ประเทศไทยก็ต้องรับภาระการจัดการกับก๊าซดังกล่าวแทนประเทศผู้นำเข้าในสาขาเหล่านั้นอย่างมาก อย่างไรก็ตามไทยเองก็มีการพึ่งพิงการผลิตโดยเฉพาะวัตถุดิบจากต่างประเทศในสัดส่วนที่สูงด้วยเช่นกัน ซึ่งในสาขาเหล่านี้ก็ถือได้ว่าประเทศไทยได้ผลภาระความรับผิดชอบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปให้ประเทศอื่นๆ ด้วยเช่นกัน

การคำนวณบัญชีคาร์บอนทั้งสองวิธีการยังเป็นสิ่งจำเป็นและต้องมีการใช้ร่วมกัน เนื่องจากวิธีการรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตนั้นมีความง่ายและมีประสิทธิภาพในการจัดการเกี่ยวกับการออกมาตรการควบคุมและกำกับดูแล ในขณะที่วิธีการรับผิดชอบตามการบริโภคนั้นช่วยให้เราเห็นภาระความรับผิดชอบที่เป็นธรรมระหว่างประเทศมากขึ้น

## คำหลัก

ก๊าซเรือนกระจก, พิสัยการเกี่ยวโต, ความรับผิดชอบร่วมกันแต่รับผิดชอบต่างกัน, การลงทุนโดยตรง, การย้ายฐานการผลิตคาร์บอน, การรั่วไหลของคาร์บอน, ภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต, ภาระรับผิดชอบตามสัดส่วนของความเป็นเจ้าของหน่วยผลิต, ภาระรับผิดชอบตามการบริโภค

## Abstract

**Project code:** RDG5130023

**Project Title:** Development of Assessment Methods for Greenhouse Gas Emissions:  
Shared-Responsibility in the Industrial Sector (Developed and  
Developing Countries)

**Investigators:** Tantivasadakarn, Chayun<sup>1</sup>, Kansuntisukmongkol, Chalotorn<sup>1</sup>,  
Towprayoon, Sirintornthep<sup>2</sup>, Jarusombat, Soparatana<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Faculty of Economics, Thammasat University, <sup>2</sup>The Joint Graduate  
School of Energy and Environment, King Mongkut's University of  
Technology Thonburi, <sup>3</sup>Faculty of Political Science, Thammasat  
University

**email address:** [chayunt@econ.tu.ac.th](mailto:chayunt@econ.tu.ac.th)

**Project Duration:** April 2008 - March 2009

The issue of climate change has been the direct consequence of over-consumption of the world population. Such activities have rapidly increased concentration of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and other green house gas (GHG). The average temperature levels could rise to the critical point which environmental disasters can occur. The Kyoto Protocol has created and prioritized mechanisms that put a heavier burden on developed nations under the principle of “Common But Differentiated Responsibilities (CBDR).” The mechanism force the developed countries listed in Annex B to have commitment to reduce GHG by 5 percent by 2012.

The Kyoto Protocol and the CBDR principle increase the mitigation costs of the Annex B members and definitely erodes their. In respond to this problem, many multinational corporations have reallocate their production sites to the non-Annex B countries. This process is called “Carbon offshoring” and the carbon inventory is shifted to the non-Annex B countries or “Carbon leakage”. Consequently, pressure has built up to force these developing countries into mitigation commitments while they, on the other hand, argue that the main cause of the increase in GHG is through the foreign direct investment and the increase in production to serve the demands of the developed countries. Besides, it is possible that this reallocation of production sites even create a

rise in the overall level of GHG as the developing countries possess less stringent measures and less efficient technology to deal with emissions.

This paper has proposed three methods for sharing the GHG responsibility between the two groups of countries. The three methods are Production-based Approach, Ownership-based Approach, and Consumption-based Approach.

It is found that in the case of Thailand, the overall GHG inventory difference as calculated between these two approaches was only about 3 percent. However, there are many sectors which Thailand has comparative advantage had more than 35 - 82% of the GHG inventory when calculated according to the production-based approach as compared to the consumption-based approach.

The existing gap between the calculations of inventory based on these two approaches implies different responsibilities. Therefore it calls for the future negotiation of GHG mitigation to consider the GHG inventory based on the consumption approach for the sake of fairness and placing the responsibility on those who should bear it.

**Keywords:**

Green House Gas, Common But Differentiated Responsibilities (CBDR), Foreign direct investment, Carbon Offshoring, Carbon leakage, Production-based Approach, Ownership-based Approach, Consumption-based Approach

## สารบัญ

|                                                                                                                    | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อ                                                                                                           | ก    |
| สารบัญ                                                                                                             | จ    |
| บทสรุปผู้บริหาร                                                                                                    | ฅ    |
| บทที่ 1 บทนำ                                                                                                       | 1    |
| 1.1 หลักการและเหตุผล                                                                                               | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์                                                                                                   | 5    |
| 1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ                                                                                            | 5    |
| บทที่ 2 หลักการในการจัดสรรภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจก                                                       | 6    |
| 2.1 บทนำ                                                                                                           | 6    |
| 2.2 หลักการในการจัดสรรภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจก                                                           | 8    |
| 2.2.1 ภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต                                                                        | 8    |
| 2.2.2 ภาระรับผิดชอบตามสัดส่วนของความเป็นเจ้าของหน่วยผลิต                                                           | 13   |
| 2.2.3 ภาระรับผิดชอบตามการบริโภค                                                                                    | 15   |
| 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวการคำนวณภาระตามการบริโภค                                                            | 18   |
| บทที่ 3 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมหลัก                                                       | 22   |
| 3.1 อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์                                                                                           | 30   |
| 3.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์                                                             | 30   |
| 3.1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน                                                                       | 32   |
| 3.1.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิต<br>ปูนซีเมนต์ที่ไทยควรรับผิดชอบตามเกณฑ์การบริโภค<br>ภายในประเทศ | 35   |
| 3.1.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิต<br>ปูนซีเมนต์ที่ไทยควรรับผิดชอบตามเกณฑ์การถือหุ้น               | 35   |
| 3.2 อุตสาหกรรมเหล็ก                                                                                                | 37   |
| 3.2.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต                                                                       | 37   |
| 3.2.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน                                                                       | 39   |
| 3.2.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมเหล็กขั้นมูล<br>ฐานปี พ.ศ. 2549 ตามเกณฑ์การถือหุ้น                  | 43   |
| 3.3 อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ : กรณีตัวอย่างการผลิตแผงวงจรไฟฟ้า<br>(Integrated circuit)                             | 44   |

|                                                                                                       | หน้า      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4 การคำนวณปริมาณความรับผิดชอบต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก<br>ที่เกิดขึ้นจากภาคอุตสาหกรรม            | 45        |
| <b>บทที่ 4 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายอุตสาหกรรม<br/>ด้วยเครื่องมือ Input-Output Table</b> | <b>49</b> |
| 4.1 การวิเคราะห์ Input-Output Analysis                                                                | 49        |
| 4.2 การปรับใช้ Input-Output Analysis ในการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อย<br>ก๊าซเรือนกระจก                   | 51        |
| 4.3 แหล่งที่มาของข้อมูล                                                                               | 53        |
| 4.4 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก                                                            | 54        |
| <b>บทที่ 5 บทสรุปนัยยะทางนโยบาย</b>                                                                   | <b>60</b> |
| 5.1 ข้อค้นพบของงานวิจัย                                                                               | 60        |
| 5.2 นัยยะทางนโยบาย                                                                                    | 62        |
| บรรณานุกรม                                                                                            | 66        |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ |                                                                                                               | หน้า |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1      | Balance Emission Embodied in Trade: BEET ของบางประเทศ                                                         | 19   |
| 3.1      | แสดงแหล่งและสัดส่วนการผลิตซีเมนต์ของโลกในปี ค.ศ. 2004                                                         | 23   |
| 3.2      | Thailand Key Categories Assessment                                                                            | 25   |
| 3.3      | สัดส่วนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าของโลก                                                                         | 26   |
| 3.4      | ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมหลัก                                                                       | 29   |
| 3.5      | ผลผลิตปูนซีเมนต์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์                                     | 31   |
| 3.6      | ลิแกนด์ที่ใช้และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากการใช้พลังงาน                                                  | 32   |
| 3.7      | การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์                                                       | 33   |
| 3.8      | ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปูนซีเมนต์ที่ผลิตและส่งออก<br>รายปี 2545-2549                            | 33   |
| 3.9      | ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ตามสัดส่วนผู้ถือหุ้น                          | 36   |
| 3.10     | NO <sub>x</sub> Emission from Steel Processing – rolling mills (Mg)                                           | 38   |
| 3.11     | NM VOC Emission from Steel Processing – rolling mills (Mg)                                                    | 38   |
| 3.12     | CO Emission from Steel Processing – rolling mills (Mg)                                                        | 38   |
| 3.13     | SO <sub>2</sub> Emission from Steel Processing – rolling mills (Mg)                                           | 39   |
| 3.14     | การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กปี 2543 – 2549                                                       | 39   |
| 3.15     | สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า (%)                                                                | 40   |
| 3.16     | การคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานใน<br>อุตสาหกรรมเหล็กปี พ.ศ. 2549 ตาม IPCC                  | 40   |
| 3.17     | Greenhouse Gas Emission from energy section                                                                   | 41   |
| 3.18     | ปริมาณก๊าซเรือนกระจก(CO <sub>2</sub> equivalent )ที่ปล่อยจากอุตสาหกรรมเหล็ก<br>ขั้นมูลฐานตามสัดส่วนผู้ถือหุ้น | 43   |
| 3.19     | ปริมาณการผลิตแผงวงจรไฟฟ้าและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก                                                         | 44   |
| 4.1      | ผลการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามภาระรับผิดชอบตามการ<br>ปลดปล่อยที่จุดผลิต และภาระรับผิดชอบตามการบริโภค | 54   |

## สารบัญญรูปภาพ

| ภาพที่ |                                                                                                                                             | หน้า |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1    | การย้ายฐานการผลิตคาร์บอน(Carbon Offshoring)                                                                                                 | 10   |
| 2.2    | ภาระของ Boarder Carbon Adjustment ที่ตกกับประเทศผู้ส่งออกรายเล็ก                                                                            | 12   |
| 2.3    | สัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสินค้าส่งออกสุทธิเทียบกับปริมาณที่<br>คำนวณจากการปลดปล่อยที่จุดผลิตของสาธารณรัฐประชาชนจีน ในปี ค.ศ.<br>2006 | 20   |
| 3.1    | สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรม ปี ค.ศ.2000                                                                                   | 22   |
| 3.2    | สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมการผลิตซีเมนต์                                                                                    | 24   |
| 3.3    | สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า                                                                                 | 26   |
| 3.4    | กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์                                                                                                                     | 32   |
| 3.5    | ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปูนซีเมนต์ที่ผลิตตามสัดส่วน<br>การบริโภคในประเทศ และส่งออกปี 2545-2549                                 | 34   |
| 3.6    | ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตปูนซีเมนต์ตาม<br>สัดส่วนผู้ถือหุ้น                                                              | 36   |
| 3.7    | กระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน                                                                                                               | 37   |
| 3.8    | ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เหล็ก<br>และการใช้ถลุงในเตา                                                        | 42   |
| 3.9    | ภาพแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเกณฑ์การถือหุ้น                                                                                       | 43   |
| 3.10   | แสดงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบกับมูลค่าการ<br>ส่งออก                                                                        | 45   |
| 3.11   | ตันคาร์บอนที่ปลดปล่อยจากการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ.2549                                                                             | 46   |
| 3.12   | ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจากการใช้พลังงานใน<br>ภาคอุตสาหกรรมและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนที่ส่งออกนอก<br>ประเทศ             | 47   |
| 3.13   | ร้อยละของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานจาก<br>รายอุตสาหกรรม                                                                | 48   |
| 4.1    | ร้อยละของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากฐานการผลิตที่สูงกว่าของฐานการ<br>บริโภคเรียงลำดับจากมากไปน้อย                                               | 57   |
| 4.2    | ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายสาขาการผลิตเปรียบเทียบระหว่างภาระ<br>รับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตและภาระรับผิดชอบตามการบริโภค             | 59   |

## บทสรุปผู้บริหาร

### ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันเกิดจากการบริโภคที่เกินตัวของประชาคมโลก โดยเฉพาะการผลิตพลังงานเพื่อป้อนการผลิตสินค้าอุตสาหกรรมเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจ และการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง ซึ่งได้ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO<sub>2</sub>) และก๊าซเรือนกระจก (GHG) อื่นๆ สู่บรรยากาศของโลก สะสมจนอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสภาวะแวดล้อม การขาดแคลนน้ำ อาหาร และการเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเลเป็นต้น

หากพิจารณาถึงข้อมูลการปลดปล่อยจากอดีตถึงปัจจุบัน เราคงไม่อาจปฏิเสธได้ว่า ประเทศที่พัฒนาแล้วได้รับผลประโยชน์อย่างยาวนานจากการพัฒนาอุตสาหกรรมมากกว่า 150 ปี ด้วยการใช้ทรัพยากรและได้ลดความสามารถในการจัดการกับมลพิษของโลกลงไปอย่างมาก ด้วยเหตุนี้พิธีสารเกียวโตจึงได้ถูกสร้างขึ้นและกำหนดให้ประเทศที่พัฒนาแล้วมีพันธกรณีที่จะต้องรับผิดชอบภายใต้หลักการความรับผิดชอบร่วมกันแต่รับผิดชอบต่างกัน หรือ Common But Differentiated Responsibilities (CBDR) ภายใต้พิธีสารดังกล่าว ประเทศที่พัฒนาแล้วซึ่งมีชื่ออยู่ในกลุ่มภาคผนวก B (Annex B countries) มีข้อผูกพันที่จะต้องลดก๊าซเรือนกระจกของตนเองร้อยละห้าของระดับที่มีการปลดปล่อยในปีพ.ศ.2533 (ค.ศ.1990) ภายในช่วงปีพ.ศ. 2551 – 2555 (ค.ศ. 2008-2012)

พิธีสารดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อที่ควรติดตามดังนี้

1) ความสามารถในการแข่งขันระหว่างประเทศจากการที่ประเทศในกลุ่มภาคผนวก B มีพันธกรณีที่จะต้องทำการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยมาตรการต่างๆ ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสินค้าของตนสูงขึ้นและความสามารถในการแข่งขันระหว่างประเทศลดลง ในขณะที่ประเทศนอกกลุ่มภาคผนวก B ไม่มีพันธกรณีที่จะต้องลด แต่อาจทำได้โดยสมัครใจ ความแตกต่างนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ประเทศสหรัฐอเมริกาไม่ยอมที่จะให้สัตยาบันแก่พิธีสารเกียวโต

2) การย้ายฐานการผลิตและการรั่วไหลของคาร์บอน มีการศึกษาจำนวนมากที่ได้พบว่าเกิดการย้ายฐานการผลิตสินค้าต่างๆ จากประเทศในกลุ่มภาคผนวก B ไปสู่ประเทศนอกกลุ่ม ปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกว่า การย้ายฐานการผลิตคาร์บอน (Carbon Offshoring) ซึ่งส่งผล การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในกลุ่มภาคผนวก B ลดลง แต่กลับไปเพิ่มขึ้นในประเทศนอกกลุ่มภาคผนวก B แทน หรือเกิดการรั่วไหลของคาร์บอน (Carbon leakage) นั่นเอง

การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกจากประเทศที่กำลังพัฒนาเหล่านี้ได้ส่งผลให้เกิดแรงกดดันจากประเทศที่พัฒนาแล้วมายังประเทศที่กำลังพัฒนาให้ต้องมีส่วนรับผิดชอบมากขึ้น และมีแนวโน้มว่าจะมีการกดดันให้ประเทศนอกกลุ่มภาคผนวก B ต้องมีพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจก ภายหลังจากที่พิธีสารเกียวโตหมดอายุลงในปีพ.ศ.2555 อย่างไรก็ตามประเทศกำลังพัฒนาก็โต้แย้งว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นนี้ส่วนใหญ่มาจากการย้ายฐานการผลิตผ่านการลงทุนโดยตรง (Foreign Direct Investment: FDI) จากนั้นผลิตเพื่อการบริโภคของประเทศพัฒนาแล้วนั่นเอง ดังนั้นจึงเป็นการไม่ยุติธรรมที่จะต้องให้ประเทศกำลังพัฒนาเป็นผู้รับผิดชอบก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากแหล่งการผลิตในประเทศของตน หรือที่เรียกว่า ภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต(Production-based Accounting)

3) ผลกระทบต่อก๊าซเรือนกระจกระดับโลก เป็นที่ชัดเจนว่ากลไกการจัดการกับก๊าซเรือนกระจกของพิธีสารเกียวโตนั้น ไม่ประสบความสำเร็จในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกอย่างแท้จริง แต่เป็นการโอนย้ายแหล่งการผลิตจากประเทศในกลุ่มภาคผนวก B มายังประเทศนอกกลุ่มภาคผนวก B เท่านั้น

สิ่งที่น่ากังวลกว่านั้นก็คือปริมาณโดยรวมของก๊าซเรือนกระจกของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยซ้ำ เนื่องจากประเทศกำลังพัฒนาเหล่านี้มักมีระดับความเข้มงวดของการจัดการกับก๊าซเรือนกระจกที่ต่ำกว่าของประเทศกำลังพัฒนา และยังมีได้ใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการจัดการกับปัญหาดังกล่าว นอกจากนี้ประเทศพัฒนาแล้ว ก็ไม่มีการลดการบริโภคเท่าที่ควร เนื่องจากมีแรงกดดันในการลดก๊าซเรือนกระจกน้อยลงจากการย้ายฐานการผลิตไปประเทศอื่น

### การคำนวณภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจก

ด้วยปัญหาดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้เสนอทำการเสนอรูปแบบการคำนวณภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจก 3 รูปแบบด้วยกัน เพื่อเป็นการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย รูปแบบทั้งสาม ได้แก่ การคำนวณภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต (Production-based Approach) การคำนวณภาระรับผิดชอบตามสัดส่วนของความเป็นเจ้าของหน่วยผลิต (Ownership-based Approach) และการคำนวณภาระรับผิดชอบตามการบริโภค (Consumption-based Approach)

#### 1) ภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต (Production-based approach)

วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ใช้อยู่ตามหลักเกณฑ์ของพิธีสารเกียวโตและของ UNFCCC โดยคิดจากการผลิตสินค้าภายในขอบเขตของประเทศใดประเทศหนึ่ง เหตุผลในการเลือกวิธีการคำนวณดังกล่าวส่วนหนึ่งเป็นเพราะความง่ายในการคำนวณโดยเพียงแค่แปลงค่าจากปริมาณ

การผลิตสินค้านั้นๆ ด้วยการคูณกับสัมประสิทธิ์การใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้อง

อย่างไรก็ดีวิธีการคำนวณนี้ เนื่องจากจำกัดการคำนวณตามกิจกรรมการผลิตที่เกิดขึ้นในขอบเขตประเทศ จึงไม่สามารถที่จะคำนึงถึงก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการขนส่งระหว่างประเทศ (ทั้งทางเรือและทางอากาศ) ได้ ซึ่งมีขนาดประมาณร้อยละ 3 ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก วิธีดังกล่าวยังได้มองข้ามความจริงที่ว่า การผลิตนั้นมีการนำเข้าวัตถุดิบและสินค้า รวมทั้งยังมีการส่งออกสินค้าไปให้ประเทศอื่นอีกด้วย ซึ่งหมายความว่ามีการส่งออกและนำเข้าก๊าซเรือนกระจกแฝงอยู่ในสินค้าเหล่านั้นด้วย

วิธีการคำนวณแบบภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตนี้และหลักการ CBDR เองที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดการกีดกันความสามารถในการแข่งขันระหว่างประเทศของประเทศในกลุ่มภาคผนวก B แต่ไปเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้กับประเทศนอกกลุ่มแทน และยังทำให้ประเทศในกลุ่มภาคผนวก B ต้องใช้กลยุทธการย้ายฐานการผลิตคาร์บอนออกไปประเทศกำลังพัฒนาซึ่งมักใช้เทคโนโลยีที่อาจไม่มีประสิทธิภาพในการจัดการกับมลพิษสูงสุดในการผลิต

ส่วนธุรกิจที่ไม่ได้มีการย้ายฐานการผลิตไป ก็ต้องพยายามดิ้นรนเพื่อความอยู่รอดด้วยการผลักดันให้มีการใช้ การปรับคาร์บอนก่อนเข้าพรมแดน Border Carbon Adjustment (BCA) เพื่อปรับแก้ต้นทุนของสินค้านำเข้าให้ใกล้เคียงกับสินค้าในประเทศ

BCA ดังกล่าวก็คือมาตรการด้านภาษีหรือไม่ใช่ภาษีที่เก็บกับสินค้านำเข้าที่แข่งขันกับสินค้าภายในประเทศซึ่งมีคาร์บอนแฝงอยู่สูงกว่าระดับที่ประเทศนั้นเห็นว่าเหมาะสมเพื่อปรับความได้เปรียบด้านต้นทุนจากการที่สินค้านั้นผลิตในประเทศที่มีความเข้มงวดด้านมาตรการการจัดการก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าของตน

## **2) ภาระรับผิดชอบตามสัดส่วนของความเป็นเจ้าของหน่วยผลิต(Ownership-based Approach)**

แนวคิดการรับภาระก๊าซเรือนกระจกแบบที่สองนี้ พยายามแก้ปัญหาการย้ายฐานการผลิตที่ได้กล่าวถึงแล้วข้างต้น ซึ่งเป็นการใช้ประเทศอื่นผลิตสินค้า และยังอาจส่งผลกระทบต่อใหญ่กลับประเทศแม่ของตน แต่กลับทิ้งภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นให้ประเทศที่กำลังพัฒนาต้องจัดการทั้งหมด

ข้อดีของรูปแบบที่สองนี้ก็คือ กระจายภาระความรับผิดชอบตามสัดส่วนการลงทุนของต่างชาติที่ย้ายฐานการผลิตมา เนื่องจากการผลิตก๊าซเรือนกระจกเกิดจากกระบวนการผลิตและปริมาณการผลิตก็มักจะสัมพันธ์กับขนาดของการลงทุน การคำนวณภาระเช่นนี้จะกระตุ้นให้มีการใช้เทคโนโลยีการจัดการกับก๊าซเรือนกระจกที่ดีที่สุด เนื่องจากประเทศที่เป็นต้นแหล่งของ

การลงทุน ยังคงต้องรับผิดชอบแม้เมื่อย้ายฐานการผลิตไปอยู่ที่อื่นแล้ว บริษัทดังกล่าวก็จะมีแรงจูงใจที่จะนำเอาเทคโนโลยีที่ดีที่สุดของตนมาใช้ในฐานการผลิตใหม่ด้วย

อย่างไรก็ดีแนวคิดนี้มีข้อด้อยหลายประการ ประการแรกในทางปฏิบัติมักขาดข้อมูลการถือหุ้นของต่างชาติที่สมบูรณ์ จากปัญหาการถือหุ้นแทน (nominee) นอกจากนี้ภาระความรับผิดชอบของต่างชาติอาจสูงกว่าที่ควรเป็น หากทำการผลิตเพื่อตลาดภายในเป็นหลักโดยไม่ส่งออกเลย หรือมียอดขายสำหรับตลาดภายในประเทศสูงกว่าสัดส่วนผู้ถือหุ้นของต่างชาติ ภาระความรับผิดชอบของประเทศผู้รับการลงทุนนั้น ก็กลับจะต่ำกว่าที่ควรจะเป็นแทน

ดังนั้นภาระความรับผิดชอบที่ถูกต้องจึงควรจะต้องขึ้นอยู่กับสัดส่วนการบริโภคที่เกิดขึ้นจริงของประเทศนั้นๆ มากกว่า ซึ่งนำไปสู่แนวคิดการคำนวณภาระรับผิดชอบแบบสุดท้าย

### 3) ภาระรับผิดชอบตามการบริโภค (Consumption-based approach)

การคำนวณภาระความรับผิดชอบวิธีสุดท้าย สามารถทำได้ด้วยการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามวิธีการคำนวณภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตจากนั้นลบด้วยก๊าซเรือนกระจกที่แฝงอยู่ในการส่งออกสุทธิ (ส่งออก – นำเข้า)

วิธีการนี้ออกแบบมาเพื่อจัดการกับปัญหาการย้ายฐานการผลิตคาร์บอนโดยยึดการคำนวณภาระความรับผิดชอบบนฐานการบริโภคไม่ว่าสินค้านั้นจะถูกผลิตที่ใด หรือถูกขนส่งระหว่างประเทศในจึงไม่ใช่สิ่งสำคัญอีกต่อไป เนื่องจากความรับผิดชอบจะถูกผลักกับไปให้กับผู้บริโภคปลายทางที่เป็นต้นเหตุของการผลิตสินค้านั้นๆ

นอกจากนี้ เนื่องจากประเทศผู้นำเข้าจะต้องมีภาระความรับผิดชอบต่อสินค้าที่ตนนำเข้า มาบริโภค ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะเพิกเฉยไม่สนใจว่าสินค้านั้นถูกผลิตด้วยเทคโนโลยีที่ไม่มีประสิทธิภาพหรือไม่อีกต่อไป และจำเป็นจะต้องกระตุ้นให้ประเทศผู้ส่งออกใช้เทคโนโลยีที่ดีที่สุดเพื่อให้ตนรับภาระน้อยลงด้วย ซึ่งจะช่วยในการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่สะอาดให้แก่ประเทศกำลังพัฒนาที่เป็นแหล่งผลิตของตน ทั้งโดยตรงผ่านการลงทุนโดยตรง หรือโดยการให้เงินทุนสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าว

งานวิจัยชิ้นนี้ได้พบว่าภาคอุตสาหกรรมที่มีการส่งออกในสัดส่วนที่สูง เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ยางและพลาสติก อโลหะ (ส่วนใหญ่คือปูนซีเมนต์) สิ่งทอ การขนส่งและการคมนาคม มีการผลิตและสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อการส่งออกสุทธิอยู่ในช่วงร้อยละ 35 - 82 ซึ่งเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะถูกคิดไว้ใน ยอดบัญชีคาร์บอน (Carbon Inventory) ของไทยตามวิธีการของพิธีสารเกียวโตปัจจุบัน ซึ่งที่จริงแล้วควรเป็นภาระของต่างชาติ หากคิดจากฐานการบริโภค

สำหรับในระดับประเทศ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณจากทั้งสองวิธีมีตัวเลขสุทธิไม่ต่างกันมากนัก คือปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณวิธีด้านการบริโภค นั้นต่ำกว่าวิธีตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตเพียงร้อยละ 3 เนื่องจากประเทศไทยมีการส่งออกสุทธิ โดยรวมทุกสินค้าไม่สูงเมื่อเทียบกับ GDP แม้ว่ามูลค่าการส่งออก หรือการนำเข้าใดๆ เมื่อเทียบกับ GDP จะสูงถึงร้อยละ 65-70 ก็ตาม

อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาในระดับรายสาขาอุตสาหกรรม พบว่าอุตสาหกรรมที่ประเทศไทยมีความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก เช่น สาขาการผลิตอาหาร สาขายางและพลาสติก สาขาสิ่งทอ และบริการที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว นั้นล้วนแล้วแต่มีสัดส่วนที่ไทยผลิตเพื่อส่งออกไปประเทศอื่นที่สูง ดังนั้นสาขาเหล่านี้จึงมีปริมาณการผลิตคาร์บอนตามแนวคิดตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตสูงกว่าปริมาณคาร์บอนตามแนวคิดด้านการบริโภคค่อนข้างมาก โดยที่หลายสาขามีสัดส่วนสูงกว่าร้อยละ 40 และยังมีปริมาณการผลิตสูงมากเมื่อเทียบกับสาขาอื่นๆด้วย

ดังนั้นก็หมายความว่าหากไทยจะต้องมีพันธกรณีในการจัดการกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าว และยังคงใช้วิธีการคำนวณภาระตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต ประเทศไทยก็ต้องรับภาระการจัดการกับก๊าซดังกล่าวแทนประเทศผู้นำเข้าในสาขาเหล่านั้นอย่างมาก อย่างไรก็ตามไทยเองก็มีการพึ่งพิงการผลิตโดยเฉพาะวัตถุดิบ เช่น โลหะ กระดาษ และ ธัญพืช จากต่างประเทศในสัดส่วนที่สูงด้วยเช่นกัน ซึ่งในสาขาเหล่านี้ก็ถือว่าประเทศไทยได้ผลักภาระความรับผิดชอบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปให้ประเทศอื่นๆ ด้วยเช่นกัน

### นัยยะทางนโยบาย

หากประเทศกำลังพัฒนาที่เป็นฐานการผลิตสินค้าเพื่อป้อนอุปสงค์ของประเทศพัฒนาแล้วไม่ตื่นตัวในประเด็นการย้ายฐานการผลิตคาร์บอน (Carbon offshoring) การรั่วไหลของคาร์บอน (Carbon leakage) และผลของการใช้วิธีการคำนวณภาระความรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตดังกล่าวแล้ว ปริมาณบัญชีคาร์บอนที่คำนวณด้วยวิธีดังกล่าวก็จะพุ่งขึ้นอย่างรวดเร็วในด้านของประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งก็จะเป็นผลให้ถูกเพ่งเล็งและกดดันให้ต้องมีพันธกรณีในการรับผิดชอบการลดก๊าซเรือนกระจกในอนาคต โดยตกเป็นผู้ต้องรับภาระที่ไม่สมควรจะเป็นของตนเอง ทั้งนี้เพราะประเทศในกลุ่มภาคผนวก B นั้นยังมิได้รับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจกที่ตนทำในอดีตเท่าที่ควร เพราะมีการรั่วไหลของคาร์บอนจากการย้ายฐานการผลิตคาร์บอน และยังจะมีการผลักภาระที่ควรจะเป็นของตนจากการบริโภคที่เกิดขึ้นในปัจจุบันมาให้กับประเทศกำลังพัฒนาอีกด้วย

การคำนวณบัญชีคาร์บอนทั้งสองวิธีการยังเป็นสิ่งจำเป็นและต้องมีการใช้ร่วมกัน เนื่องจากวิธีคำนวณภาระความรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตนั้นมีความง่ายและมีประสิทธิภาพในการจัดการเกี่ยวกับการออกมาตรการควบคุมและกำกับดูแล ในขณะที่วิธีคำนวณภาระรับผิดชอบตามการบริโภคนั้นช่วยให้เราเห็นภาระความรับผิดชอบที่เป็นธรรมชาติระหว่างประเทศมากขึ้น

เนื่องจากประเทศพัฒนายังคงจะต้องเป็นแหล่งที่รับการลงทุนโดยตรงและเป็นแหล่งผลิตสินค้าที่สำคัญของโลกต่อไป ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ประชาคมโลก และประเทศไทย จะต้องมีการคำนึงถึงกลไกที่จะมีส่วนช่วยให้มีการถ่ายทอดและสนับสนุนการรับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดจากประเทศพัฒนาแล้วมายังประเทศกำลังพัฒนา เช่นการจัดตั้งกองทุนช่วยเหลือความร่วมมือทางเทคนิคต่างๆ

นอกจากนี้จากข้อมูลที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีการด้านการบริโภค ก็ได้สื่อให้เราเห็น ว่ามีความจำเป็นที่ประชาคมโลก และประเทศไทยจะต้องเปลี่ยนแปลงกระบวนทัศน์ของการมอง ปัญหาภาวะโลกร้อนเสียใหม่ จากการที่เน้นแต่ความมีประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ และการปรับใช้เทคโนโลยีสะอาด (Green Technology) โดยยังคงเชื่อว่าพฤติกรรมของมนุษย์เป็นสิ่งที่ ถูกกำหนดไว้แล้วและไม่เปลี่ยนแปลง (unchanged human preferences) ให้หันมาให้ความสำคัญกับการควบคุมกำกับกับการบริโภคด้วย เพราะเป็นต้นธารของความต้องการผลิตที่ สร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อมของโลกเราทุกวันนี้ การแก้ปัญหาที่พฤติกรรมบริโภคที่เกิน จำเป็นนับเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง ดังที่ United Nations Environmental Programme (UNEP) ได้มีการประมาณการไว้ว่า ด้วยอัตราการบริโภคที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน มนุษย์จำเป็น จะต้องมีโลกขนาด 1.4 เท่าของที่มีอยู่ในการรองรับความต้องการใช้ทรัพยากรธรรมชาติของ มนุษย์

การใช้พลังของผู้บริโภคซึ่งผู้ผลิตเห็นว่า เป็นผู้ถูกต้องเสมอ (Consumers are always right) ด้วยการรณรงค์ให้ผู้บริโภคเข้าใจถึงปัญหาภาวะโลกร้อน และพลังของตนในการที่จะ เรียกร้องให้ผู้ผลิตมีความรับผิดชอบในผลิตภัณฑ์ที่ตนผลิตให้ต้องมีคาร์บอนต่ำจะเป็นสัญญาที่มี ประสิทธิภาพที่สุดต่อการปรับตัวของผู้ผลิตในการปรับใช้เทคโนโลยีที่มีคาร์บอนต่ำ

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพทางภูมิอากาศก่อให้เกิดปัญหากับระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมทั่วทุกภูมิภาคของโลกอย่างต่อเนื่องและได้ทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางในประชาคมโลกว่า มนุษย์เป็นต้นเหตุหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว ตั้งแต่ยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรมที่ได้พัฒนาและส่งเสริมการประกอบอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างฟุ่มเฟือย โดยเฉพาะเชื้อเพลิงจากฟอสซิล(fossil) เพื่อกิจกรรมในวิถีการบริโภคของมนุษย์

ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในปี ค.ศ.1992 กลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนา ได้ร่วมลงนามรับรองอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) ซึ่งกล่าวถึงข้อผูกพันของกลุ่มประเทศในภาคผนวกที่ I (ANNEX I)<sup>1</sup> ให้ดำเนินการตามพันธกรณีเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก และต่อมาในปี พ.ศ.2540 เมื่อมีการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 3 (COP3) ที่เกียวโต ก็ได้มีมติรับรองพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) เพื่อส่งเสริมการปฏิบัติตามพันธกรณีดังกล่าวให้มีความเป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น ซึ่งขณะนั้นกลุ่มประเทศพัฒนาแล้วทั้งหมด (ยกเว้นสหรัฐอเมริกา) ได้ร่วมกันให้สัตยาบันและมีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 โดยกำหนดให้กลุ่มประเทศในภาคผนวกที่ I<sup>2</sup> ของอนุสัญญาฯ ต้องทำการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงเฉลี่ยให้ได้ 5% จากระดับในปีฐาน 1990 โดยมีข้อผูกพันทางกฎหมาย และได้กำหนดกลไกสำคัญสามประการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก<sup>3</sup> ได้แก่<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ANNEX I เป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว รวมถึงประเทศในกลุ่มเศรษฐกิจเปลี่ยนผ่านหรือประเทศในยุโรปกลางและยุโรปตะวันออกที่เคยเป็นส่วนหนึ่งในประเทศรัสเซีย ที่มีพันธกรณีในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHG) ให้อยู่ในระดับเดียวกับปี พ.ศ. 2533 โดยเริ่มต้นในปี พ.ศ. 2534 ถึงปี พ.ศ. 2543

<sup>2</sup> ซึ่งพิธีสารเกียวโตได้ระบุประเทศดังกล่าวไว้ใน Annex B ของพิธีสารเกียวโต

<sup>3</sup> ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต มีเพียง 6 ชนิด โดยจะต้องเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (anthropogenic greenhouse gas emission) ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO<sub>2</sub>) ก๊าซมีเทน(CH<sub>4</sub>) ก๊าซไนตรัสออกไซด์(N<sub>2</sub>O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน(HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน(PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์(SF<sub>6</sub>) ทั้งนี้ ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง

**1. การซื้อขายใบอนุญาตในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างประเทศ (Emission Trading: ET)** ประเทศที่อยู่ในกลุ่ม Annex B (Annex B Parties) ของพิธีสารเกียวโต ได้ยอมรับเป้าหมายในการจำกัดหรือลดการปล่อยก๊าซ โดยเป้าหมายดังกล่าวจะอยู่ในรูปของหน่วยที่ได้รับการจัดสรร (Assigned Amount Units: AAUs) ทำให้ ET เป็นเครื่องมือที่เปิดโอกาสให้ประเทศที่มีหน่วยการปลดปล่อยก๊าซ (emission units) เหลือใช้สามารถที่จะขายให้กับประเทศอื่นที่มีการปล่อยก๊าซเกินกว่าเป้าหมาย เครื่องมือดังกล่าวเป็นการสร้างตลาดซื้อขายของสิทธิในการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงมักเรียกว่าตลาดคาร์บอน (Carbon market)

**2. การดำเนินการร่วม (Joint Implementation: JI)** เป็นเครื่องมือในการลดการปล่อยก๊าซร่วมกันระหว่างประเทศที่อยู่ในกลุ่ม Annex B ด้วยกันเอง โดยเปิดโอกาสให้แต่ละประเทศสามารถสร้างหน่วยของการลดการปลดปล่อยก๊าซ (Emission Reduction Units: ERUs) ขึ้นจากโครงการลด และหรือจำกัดการปลดปล่อยก๊าซในประเทศภาคีอื่นที่อยู่ในกลุ่ม Annex B ด้วยกัน จากนั้นจึงนำ ERUs ที่สร้างขึ้นดังกล่าวไปใช้เพื่อการบรรลุเป้าหมายของพิธีสารเกียวโตได้ โดยที่ JI เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ประเทศภาคีที่พัฒนาแล้วสามารถบรรลุเป้าหมายได้คล่องตัวขึ้นและมีต้นทุนต่ำลงโดยการลงทุนในประเทศในกลุ่มเศรษฐกิจเปลี่ยนผ่าน (เช่น ลงทุนเปลี่ยนโรงไฟฟ้าพลังงานถ่านหินเป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานที่สะอาดขึ้น) ในขณะเดียวกันประเทศที่เป็นฝ่ายรับการลงทุน (Host Party) ก็จะได้รับประโยชน์จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่สะอาดขึ้น

**3. กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM)** เป็นเครื่องมือในการลดการปลดปล่อยก๊าซร่วมกันระหว่างประเทศในกลุ่ม Annex B กับประเทศนอกกลุ่ม โดยเปิดโอกาสให้ประเทศในกลุ่ม Annex B สามารถสร้างโครงการลดการปลดปล่อยก๊าซในประเทศกำลังพัฒนาที่ทำให้ประเทศผู้ลงทุนได้รับหน่วยการลดการปลดปล่อยก๊าซที่เรียกว่า Certified Emission Reduction: CER ซึ่งซื้อขายได้และสามารถใช้เพื่อบรรลุเป้าหมายของพิธีสารเกียวโตได้ ตัวอย่างของ CDM ได้แก่ โครงการติดตั้งระบบจ่ายไฟฟ้าด้วยพลังแสงอาทิตย์ หรือการติดตั้งหม้อน้ำ (boiler) ที่ใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพกว่าเดิม เป็นต้น

ทั้งนี้ แนวทางการแก้ไขปัญหาภาวะเรือนกระจกทั้งสามกลไกดังกล่าวอยู่บนพื้นฐานของการใช้หลักของทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้แนวคิดระบบการตลาดมาช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อย่างไรก็ตาม แนวทางแก้ไขเหล่านี้ไม่ได้คำนึงถึงเรื่อง

---

คือ สารซีเอฟซี(CFC) หรือ Chlorofluorocarbon ซึ่งใช้เป็นสารทำความเย็นและใช้ในการผลิตโฟม แต่ไม่ถูกกำหนดในพิธีสารเกียวโต เนื่องจากเป็นสารที่ถูกจำกัดการใช้ในพิธีสารมอนทรีออลแล้ว

<sup>4</sup> ดูข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์ของ UNFCCC ที่ [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

ความเป็นธรรม ดังเห็นได้จากผลของกระแสโลกาภิวัตน์ ซึ่งแนวโน้มของการพัฒนาอุตสาหกรรมที่มีการย้ายฐานการผลิตอุตสาหกรรมออกจากประเทศที่พัฒนาแล้วไปยังประเทศกำลังพัฒนา ผ่านการลงทุนโดยตรง (FDI) โดยฐานการผลิตและการลงทุนดังกล่าวนี้ ส่วนมากเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษและกากของเสียที่มีอันตรายสูง รวมทั้งกระบวนการและขั้นตอนการผลิตมีการใช้พลังงานและทรัพยากรอย่างมหาศาล จึงอาจกล่าวได้ว่าเป็นการผลักภาระในเรื่องของความรับผิดชอบต่อสังคม และสิ่งแวดล้อมโลกมายังประเทศกำลังพัฒนา โดยเฉพาะผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งทำให้เกิดปรากฏการณ์ย้ายฐานการผลิตก๊าซเรือนกระจก “Offshoring of Greenhouse Gas Emission” ซึ่งเป็นลักษณะของการส่งผ่านภาระก๊าซเรือนกระจกมายังประเทศกำลังพัฒนา จากสถิติพบว่าประเทศกำลังพัฒนามีปริมาณการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกจาก 6,899 เมกะตันในปี พ.ศ. 2533 เป็น 12,303 เมกะตันในปี พ.ศ.2547 คิดเป็นร้อยละ 80<sup>5</sup> ของปริมาณก๊าซที่เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการลงทุนโดยตรงส่วนหนึ่ง โดยเฉพาะกรณีกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกซึ่งเป็นกลุ่มที่มีการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างมาก เช่น ประเทศจีนและอินเดียที่มีสัดส่วนการใช้ถ่านหินต่อการใช้พลังงานทั้งหมดของประเทศในสัดส่วนสูงกว่าร้อยละ 63 และ 38.7 ตามลำดับ อีกทั้งประเทศทั้งสองนี้ยังถือว่าเป็นฐานการผลิตใหญ่ที่สุดของภาคอุตสาหกรรมที่เกิดจากลงทุนโดยตรงของประเทศที่พัฒนาแล้วอีกด้วย ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ความพยายามที่จะช่วยกันลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศของประชาคมโลกนั้นยังไม่ประสบผลสำเร็จตามที่คาดการณ์ไว้ เพียงแต่มีการถ่ายเทภาระความรับผิดชอบจากกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วมายังประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งประเทศไทยก็จะเป็นประเทศกำลังพัฒนาที่ต้องเผชิญกับภาระความรับผิดชอบนี้และจะได้รับผลกระทบที่ตามมาด้วย

เมื่อพิจารณาในรายสาขาอุตสาหกรรมที่มีการย้ายฐานการผลิตมายังประเทศกำลังพัฒนา จากรายงานของ IPCC<sup>6</sup> พบว่ามีหลายอุตสาหกรรมที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมีการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตค่อนข้างสูงและมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศจำนวนมาก โดยการศึกษาพบว่า การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศอันเกิดจากกระบวนการผลิตในห้าลำดับแรก ได้แก่ กิจการโรงผลิตพลังงานไฟฟ้าที่มีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นอันดับหนึ่งสูงถึง 10,539 MtCO<sub>2</sub>yr รองลงมาคือ อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ 932 MtCO<sub>2</sub>yr กิจการโรงกลั่น 798 MtCO<sub>2</sub>yr อุตสาหกรรมเหล็ก 646 MtCO<sub>2</sub>yr และ ปิโตรเคมี 379 MtCO<sub>2</sub>yr ตามลำดับ และข้อมูลแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศสหรัฐอเมริกาของอุตสาหกรรมเหล่านี้ พบว่า ในปี ค.ศ. 2005 อุตสาหกรรมซีเมนต์มีการ

<sup>5</sup> United Nation Development Program. “Human Development Report Office”.2007

<http://hde/undp.org/en/climatechange/planets/Printed> on 30 November 2007

<sup>6</sup> IPCC Special Report Carbon Dioxide Capture and Storage “Summary for Policymakers”

ปล่อยก๊าซเรือนกระจก 45.9 TgCO<sub>2</sub>Eq อุตสาหกรรมผลิตเหล็กและผลิตภัณฑ์โลหะ ปล่อยก๊าซเรือนกระจก 45.4 TgCO<sub>2</sub>Eq อุตสาหกรรมปิโตรเคมีปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2.9 TgCO<sub>2</sub> Eq และเมื่อพิจารณาในส่วนของประเทศไทยซึ่งได้รับผลจากกระแสโลกาภิวัตน์ที่มีการย้ายฐานการลงทุนจากประเทศที่พัฒนาแล้วที่เป็นการลงทุนโดยตรง (FDI) นั้นมีตัวเลขข้อมูลภาวะการณ์ส่งเสริมการลงทุนของประเทศไทยในช่วง 10 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2549 พบว่าอุตสาหกรรมที่มีผู้สนใจลงทุนมากเป็นอันดับหนึ่ง คือ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี กระดาษ และพลาสติกโดยมีมูลค่าการลงทุนรวมกว่า 141,400 ล้านบาท รองลงมา คือ อุตสาหกรรมบริการและสาธารณูปโภค ซึ่งรวมถึง กิจการโรงผลิตพลังงานไฟฟ้าและไอน้ำ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องใช้ไฟฟ้าตามลำดับ ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าประเทศไทยจำเป็นต้องรับภาระและผลกระทบของปริมาณก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ อีกทั้งประเทศไทยยังเป็นแหล่งการผลิตสินค้าอุตสาหกรรมการส่งออกเพื่อป้อนการบริโภคของประเทศที่พัฒนาแล้วอีกเป็นจำนวนมาก

นอกจากนี้ จากการประชุมของประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ครั้งที่ 13 (COP13) และภาคีพิธีสารเกียวโตครั้งที่ 3 (COP/MOP3) ในช่วงระหว่างวันที่ 3-15 ธันวาคม พ.ศ.2550 ที่เกาะบาห์ลี ประเทศอินโดนีเซียที่ผ่านมา ท่านผู้หญิง ดร.สุธาวัลย์ เสถียรไทย ประธานมูลนิธิธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อมได้เข้าร่วมการประชุมและจัดทำข้อเสนอเบื้องต้นของแนวทางการแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมีข้อเสนอแนะว่าควรจะต้องมีการศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้นของการเกิดการส่งผ่านก๊าซเรือนกระจก(Offshoring of Greenhouse Gas Emission) ที่เป็นผลจากการลงทุนโดยตรงและสร้างความร่วมมือระหว่างประเทศในกลุ่มประเทศ G77 และประเทศจีนเพื่อให้เกิดความเป็นธรรมและร่วมกันรับผิดชอบต่อปัญหาภาวะการณ์เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประชาคมโลกมากขึ้น ซึ่งได้รับการตอบรับเป็นอย่างดีจากที่ประชุม โดยเฉพาะประเทศจีน

ดังนั้น สถาบันธรรมรัฐฯ จึงได้พิจารณาให้มีการพัฒนาระเบียบวิธีคิด(methodology) ที่เป็นระบบสำหรับใช้คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรม โดยผลการวิจัยนี้จะได้นำไปใช้ในการสัมมนาแลกเปลี่ยนทางวิชาการกับผู้แทนจากประเทศจีน เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นและสร้างบรรทัดฐานการเจรจา สำหรับการประชุม COP 15 ต่อไป และนอกจากนี้บัญชีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้นี้จะใช้เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการพิจารณาการดำเนินโครงการร่วมทุนระหว่างประเทศ และประกอบการตัดสินใจคัดเลือกอุตสาหกรรมที่จะย้ายฐานการผลิตจากประเทศที่พัฒนาแล้วมายังประเทศไทย เพื่อนำไปสู่การกำหนดวิสัยทัศน์ เป้าหมาย ผลลัพธ์ ทิศทางและแนวทางการพัฒนาร่วมกันระหว่างกลุ่มประเทศที่ต้องการจะลดปัญหาภาวะโลกร้อน และนำไปสู่การแก้ไขปัญหาอย่างสัมฤทธิ์ผลต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตของอุตสาหกรรมหลักในประเทศไทย

1.2.2 เพื่อพัฒนาระเบียบวิธีคิด (methodology) ที่เป็นระบบ สำหรับการประเมินความรับผิดชอบร่วมระหว่างประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนาในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมที่เกิดจากการผลิตในประเทศ

## 1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ระเบียบวิธีคิดที่เป็นระบบ(Methodology) สำหรับใช้ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก

1.3.2 เพื่อทราบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เป็นผลจากกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรมที่มีการย้ายฐานการลงทุนมายังประเทศไทย

1.3.3 เกิดการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างประเทศในการพัฒนาระเบียบวิธีคิดที่เป็นระบบ สำหรับใช้ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกร่วมกันระหว่างประเทศ เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นและสร้างบรรทัดฐานสำหรับการเจรจา

## บทที่ 2

### หลักการในการจัดสรรภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจก

#### 2.1 บทนำ

นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เห็นพ้องต้องกันว่ามนุษย์เป็นต้นเหตุหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน โดยเฉพาะการเผาผลาญเชื้อเพลิงที่มาจากฟอสซิล(Fossil Fuel) เพื่อผลิตพลังงานป้อนกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมและเพื่อการบริโภคต่างๆ การใช้พลังงานในการผลิตสินค้าดังกล่าว ผู้ผลิตส่วนใหญ่จะคำนึงถึงแต่ ผลกำไร (รายรับหักต้นทุน) ของตนเป็นหลัก นั่นคือผู้ผลิตคิดแต่เฉพาะรายรับและต้นทุนเอกชน (Private Revenue and Costs) ที่ผู้ผลิตเอกชนได้รับผลกระทบโดยตรงโดยจะไม่คำนึงถึงผลเสียที่ตนก่อกับผู้อื่นหรือสภาพบรรยากาศของโลก ซึ่งต้นทุนเหล่านี้ทางเศรษฐศาสตร์เรียกว่าต้นทุนผลกระทบภายนอก (External Costs)

การพัฒนาเศรษฐกิจของนานาประเทศที่เน้นด้านอุตสาหกรรมตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรม ล้วนทำการพัฒนาโดยคำนึงเฉพาะแต่รายรับและต้นทุนเอกชน โดยจะไม่คำนึงถึงต้นทุนผลกระทบภายนอกโดยเฉพาะการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีผลต่ออุณหภูมิของโลกและสภาพแวดล้อม จนเกิดการสะสมของก๊าซเรือนกระจกในระดับที่เริ่มเป็นอันตรายต่อโลก

ด้วยตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาเหล่านี้ ประชาคมโลกจึงได้มีการตกลงกันในการที่จะจัดการกับปัญหาผลกระทบภายนอกดังกล่าวด้วยพิธีสารเกียวโต โดยพิธีสารดังกล่าวถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานของสองหลักการใหญ่ คือ หลักความสามารถในการจ่าย (Ability-to-pay Principle) และหลักการผู้ทำสกปรกต้องรับภาระการจ่าย (Polluter Pays Principle) หลักการแรก เป็นการจัดสรรภาระความรับผิดชอบตามระดับการพัฒนาทางเศรษฐกิจและรายได้ของประเทศ นั่นคือประเทศที่มีรายได้สูงแสดงว่ามีการพัฒนาทางอุตสาหกรรมมากกว่าจึงสมควรที่จะเป็นผู้ที่ต้องรับภาระมากกว่าประเทศที่มีรายได้ต่ำ ส่วนหลักการที่สองเป็นการจัดสรรภาระความรับผิดชอบตามขนาดของมลพิษที่ประเทศนั้นๆ ได้ก่อขึ้นจากกระบวนการผลิตสินค้าและที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาสู่บรรยากาศตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน จากหลักการนี้จึงได้มีการแบ่งประเทศออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ประเทศในกลุ่มภาคผนวก 1 (Annex I) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นประเทศที่พัฒนาแล้วซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมาแล้วเป็นจำนวนมากจากการพัฒนาอุตสาหกรรมของตน และกลุ่มนอกภาคผนวก(Non-Annex) ซึ่งเป็นประเทศกำลังพัฒนาซึ่งยังไม่มีฐานะทางเศรษฐกิจที่ดีเพียงพอที่จะลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างฉับพลัน เพราะยังคงต้องพึ่งการผลิตทางอุตสาหกรรม (ซึ่งจะต้องปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเช่นกัน)ในการพัฒนาเศรษฐกิจอยู่ นอกจากนี้ก็อาจกล่าวได้ว่า

ประเทศที่พัฒนาแล้วได้สะสมหนี้ความสกปรกต่อสิ่งแวดล้อมมามากกว่าประเทศกำลังพัฒนา ดังนั้นประเทศที่พัฒนาแล้วจึงควรต้องรับภาระความรับผิดชอบในการทำความสะอาดก่อนประเทศกำลังพัฒนาที่เพิ่งมาสะสมหนี้ความสกปรกในภายหลัง

การจัดสรรความรับผิดชอบในหลักการนี้ ได้เน้นการจัดสรรภาระความรับผิดชอบตามปริมาณการผลิตก๊าซเรือนกระจกตามแหล่งผลิต (Production-based) ของแต่ละประเทศเป็นเกณฑ์ ดังจะเห็นได้จากการกำหนดให้ประเทศในกลุ่มภาคผนวก 1 จะต้องมีข้อผูกมัดที่จะต้องลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 5 ของปริมาณการผลิตของประเทศนั้นๆ โดยมีการตกลงในปี ค.ศ.1990 เป็นปีฐาน ส่วนประเทศที่อยู่นอกกลุ่มของภาคผนวกดังกล่าวยังไม่มีข้อผูกมัดในการลดปริมาณก๊าซในขณะนี้ แต่ต้องรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตของประเทศตนต่อ UNFCCC ทุกสามปี ซึ่งก็หมายความว่าประเทศกำลังพัฒนาเหล่านี้ (รวมทั้งประเทศไทย) จะต้องมีการหน้าที่ความรับผิดชอบต่อหนี้ความสกปรกตามปริมาณความสกปรกที่ตนผลิตขึ้นในขนาดตอนใกล้นี้

เมื่อพิจารณาข้อมูลทางสถิติพบว่าประเทศกำลังพัฒนามีปริมาณการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกจาก 6,899 เมกะตันในปี พ.ศ. 2533 เป็น 12,303 เมกะตันในปี พ.ศ.2547 ซึ่งเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 80<sup>7</sup> ในช่วง 14 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกที่มีการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว เช่น ประเทศจีนและอินเดียที่มีสัดส่วนการใช้ถ่านหินต่อการใช้พลังงานทั้งหมดของประเทศสูงถึงร้อยละ 63 และ 38.7 ตามลำดับ และประเทศทั้งสองนี้ถือได้ว่าเป็นฐานการผลิตเพื่อการส่งออกที่สำคัญที่สุดอันเกิดจากลงทุนโดยตรงของประเทศที่พัฒนาแล้ว ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าความพยายามที่จะช่วยกันลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศของประชาคมโลกนั้นยังไม่ประสบผลสำเร็จตามที่คาดการณ์ไว้เนื่องจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงในประเทศกลุ่มภาคผนวก 1 กลับมาเพิ่มขึ้นในประเทศกำลังพัฒนาแทน นั่นคือมีการถ่ายเทภาระความรับผิดชอบจากกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วมายังประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งรวมถึงประเทศไทยซึ่งเป็นฐานการผลิตหนึ่งของประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศไทยก็ต้องเผชิญกับภาระความรับผิดชอบและผลกระทบที่จะตามมา

ในงานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางและหลักการคำนวณภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจกตามแหล่งการผลิต ซึ่งอาจสร้างปัญหาที่ไม่พึงประสงค์หลายประการทั้งต่อประเทศกำลังพัฒนาและต่อเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของโลกโดยรวม

---

<sup>7</sup> United Nation Development Program. “Human Development Report Office”.2007

<http://hde/undp.org/en/climatechange/planets/Printed> on 30 November2007

## 2.2 หลักการในการจัดสรรภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจก

ในการจัดสรรภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจกเป็นเรื่องใหญ่และมีข้อถกเถียงกันอย่างมากว่าหลักการในการจัดสรรนั้นควรจะยึดถือแนวทางใดจึงจะเหมาะสม คือมี **ประสิทธิภาพและเป็นธรรม** Thompson and Rayner (1998) ได้สรุปรวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับหลักการที่อาจนำมาใช้จัดสรรภาระความรับผิดชอบดังกล่าวไว้ถึง 13 หลักการด้วยกัน<sup>8</sup> โดยส่วนใหญ่เป็นการจัดสรรเพื่อให้เกิดความยุติธรรม อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้จะเสนอแนวคิดการแบ่งภาระความรับผิดชอบตามความเป็นเจ้าของก๊าซเรือนกระจกออกเป็นสามแบบด้วยกัน คือ

2.2.1 ภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต (Production-based Accounting)

2.2.2 ภาระรับผิดชอบตามสัดส่วนของความเป็นเจ้าของหน่วยผลิต (Firm Ownership-based Accounting)

2.2.3 ภาระรับผิดชอบตามการบริโภค (Consumption-based Accounting)

ในการแบ่งภาระความรับผิดชอบก๊าซเรือนกระจกออกเป็นสามแบบดังกล่าวนี้ มาจากเหตุผลที่ว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต ตั้งแต่การผลิตวัตถุดิบ การผลิตสินค้า การแจกจ่าย จนถึงผู้บริโภค และเจ้าของบริษัทผู้ผลิตก็มีทั้งบริษัทในประเทศและต่างประเทศ อธิปไตยกับผู้บริโภคก็มีทั้งที่อยู่ในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งรายละเอียดของแต่ละหลักการรวมทั้งข้อดีข้อเสีย มีดังนี้

### 2.2.1 ภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต

แนวคิดการจัดสรรภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจกแนวทางนี้ เป็นแบบที่ใช้ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กำหนดไว้ใน IEA (2007)<sup>9</sup> และ IPPC (2007)<sup>10</sup> ที่ใช้อยู่ตามพิธีสารเกียวโต โดยคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากที่ถูกปลดปล่อยในประเทศนั้นๆ ตามเขตแดนทางภูมิศาสตร์โดยไม่คำนึงว่าจะเกิดจากกิจกรรมใดไม่ว่าจะเป็นการผลิตสินค้าและบริการ การบริโภคพลังงาน และจะไม่พิจารณาว่าบริษัทที่ผลิตนั้นเป็นบริษัทในประเทศหรือบริษัทข้ามชาติ

<sup>8</sup> Thomson, M.; and Rayner, S. (1998) 'Cultural discourses', in: Rayner, S. & Malone, E. L. (Ed.), Human Choice and Climate Change: An International Assessment, Vol. 1, Battelle Press, 195-264.

<sup>9</sup> IEA (2007) Tracking Industrial Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions.

<sup>10</sup> IPPC (2007) "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories," <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> (accessed November 2008)

### ข้อสันนิษฐาน

วิธีดังกล่าวเป็นไปตามหลักการผู้ทำสกปรกต้องรับภาระการจ่าย (Polluter Pays Principle) ซึ่งมีข้อดีที่เด่นที่สุดก็คือ มีความง่ายในการคำนวณ เพราะจะคำนวณตามปริมาณการผลิตสินค้าในประเทศนั้นๆ โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกจะสัมพันธ์กับการผลิตผ่านการใช้พลังงานที่มีการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล และเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตนั้นโดยตรง

### ข้อด้อย

แม้หลักการดังกล่าวจะมีข้อดีและเป็นหลักการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แต่ก็มีข้อบกพร่องหลายประการคือ

1) ละเลยการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการขนส่งระหว่างประเทศ<sup>11</sup> เช่น การขนส่งทางทะเล การขนส่งทางอากาศ เนื่องจากกิจกรรมการขนส่งนั้นไม่ได้เกิดขึ้นในเขตแดนของประเทศใด Ziesing (2005) ได้ประมาณการว่าสัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกิจกรรมเหล่านี้มีขนาดประมาณร้อยละ 3 ของการปลดปล่อยของโลกทั้งหมด<sup>12</sup>

2) มิได้คำนึงถึงการนำเข้าและส่งออกของสินค้าที่ผลิตได้ในแต่ละประเทศ ซึ่งนำไปสู่ปัญหาการรั่วไหลของคาร์บอน (**Carbon leakage**) ซึ่ง Peter, G.P.; and E.G. Hertwich (2008, p. 56) ได้ให้นิยามว่า คือกระบวนการที่ประเทศที่มีข้อผูกพันในการลดก๊าซเรือนกระจกหรือประเทศในกลุ่มภาคผนวก B สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ต้องแจ้งโดยการลดการผลิตภายในประเทศของตนลงแล้วหันมานำเข้าสินค้าชนิดเดียวกันนั้นจากกลุ่มประเทศนอกภาคผนวก B แทน

IPCC เองก็ให้นิยามดัชนีการวัดการรั่วไหลของคาร์บอนว่าเท่ากับ สัดส่วนของการเพิ่มขึ้นของการปลดปล่อยคาร์บอนโดยประเทศนอกกลุ่ม Annex I ต่อการลดลงของการปลดปล่อยคาร์บอนโดยประเทศในกลุ่ม Annex I<sup>13</sup> ซึ่งพบว่าอัตราการรั่วไหลมีตั้งแต่ร้อยละ 0 – 70 (IPCC 2001, p. 543) และในกรณีที่มีการปรับใช้ข้อสมมุติฐานโครงสร้างตลาดที่สมจริงขึ้น

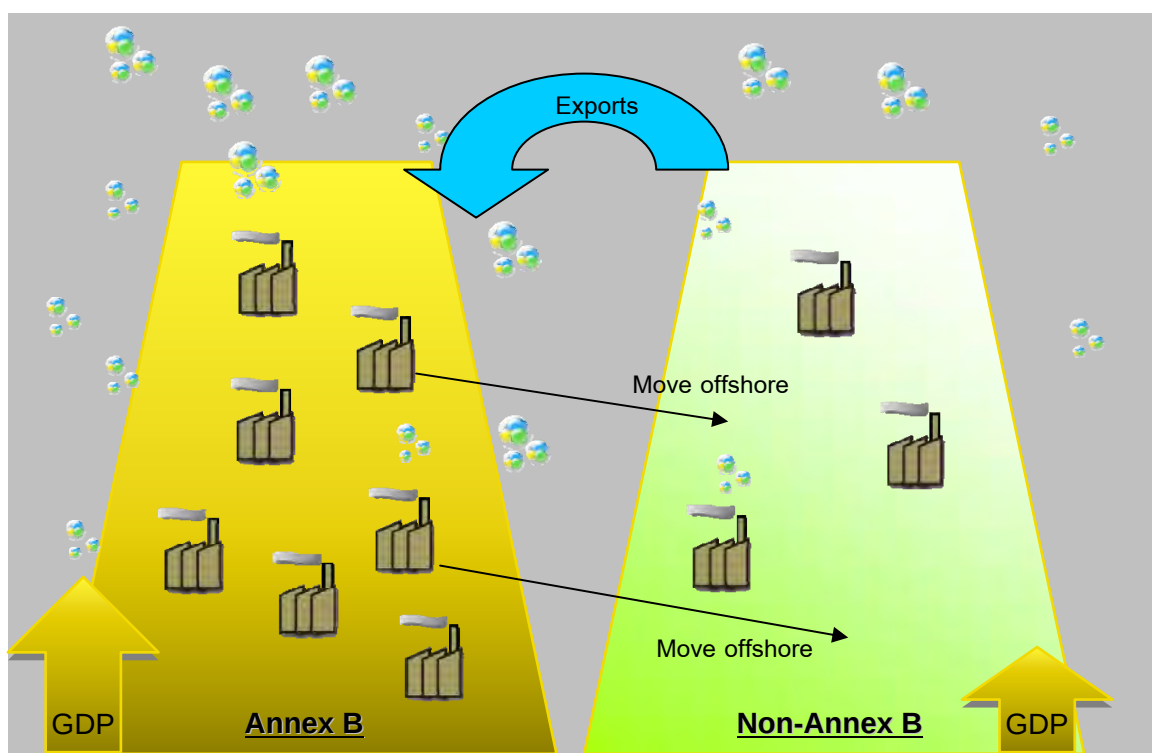
---

<sup>11</sup> Peter, G.P.; and E.G. Hertwich (2008) “Post-Kyoto greenhouse gas inventories: production versus consumption,” *Climate Change*, 86, p. 53.

<sup>12</sup> ปัจจุบัน สหภาพยุโรปได้มีความคิดริเริ่มที่จะจัดการกับปัญหาดังกล่าวของภาคการขนส่งทางอากาศแล้ว โดยเสนอให้มีการบังคับให้จ่ายชดเชยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น

<sup>13</sup> IPCC (2001) *Climate Change 2001: mitigation*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

ในการประมาณการอาจมีค่าสูงเกินกว่าร้อยละ 100 ด้วยซ้ำ<sup>14</sup> อย่างไรก็ตามการรั่วไหลดังกล่าวอาจจะยังไม่เหมาะสมนัก เพราะเป็นเพียงการที่ผลผลิตในประเทศถูกแทนที่ด้วยการผลิตในต่างประเทศ การรั่วไหลที่มีความสำคัญก็คือ การรั่วไหลที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของการบริโภคในประเทศโดยสินค้านั้นถูกผลิตในต่างประเทศ (ดู Peter, G.P.; and E.G. Hertwich (2008)) หรือที่ร้ายแรงกว่านั้นก็คือการเพิ่มขึ้นของการบริโภคในประเทศที่พัฒนาแล้ว ด้วยการย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศที่กำลังพัฒนาผ่านการลงทุนโดยตรงแล้วค่อยมีการนำสินค้าเข้ามาบริโภค ซึ่งเรียกว่า กระบวนการย้ายฐานการผลิตคาร์บอน(Carbon Offshoring) ซึ่งเป็นการส่งออกภาระความรับผิดชอบของตนไปให้ประเทศอื่น



ภาพที่ 2.1: การย้ายฐานการผลิตคาร์บอน (Carbon Offshoring)

การย้ายฐานการผลิตคาร์บอนนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยภาพที่ 2.1 ในตอนแรกนั้นประเทศในกลุ่ม Annex B นั้นมีการพัฒนาประเทศด้วยการเพิ่มการผลิตในภาคอุตสาหกรรมและมีการผลิตสินค้าและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมจำนวนมาก ส่วนประเทศนอก

<sup>14</sup> Babiker, MH (2005) "Climate change policy, market structure, the carbon leakage," *Journal of International Economics*, 65 (2), pp.421-445.

กลุ่ม Annex B เพิ่งเริ่มพัฒนาอุตสาหกรรมในภายหลัง ต่อมาเมื่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกมีมากจนทั่วโลกเริ่มเห็นปัญหา และมีการลงนามกันในพิธีสารเกียวโต ก็ทำให้ประเทศในกลุ่ม Annex B ต้องลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของตน แต่แทนที่จะลดด้วยการลดการบริโภคและการผลิต กลับทำการย้ายฐานการผลิตไปยังกลุ่มประเทศนอก Annex B ที่ยังไม่มีพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจก จากนั้นจึงนำเข้าสินค้าจากประเทศดังกล่าวซึ่งเท่ากับเป็นการส่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปให้ประเทศนอก Annex B รับผิดชอบแทน

ปัญหาที่น่ากังวลต่อภาวะโลกร้อนโดยรวมของโลกก็คือ ประเทศกำลังพัฒนาที่รับการลงทุนโดยตรงและเป็นฐานการผลิตเหล่านั้น มักจะมีประสิทธิภาพในการจัดการกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าประเทศพัฒนาแล้วที่เป็นต้นแหล่งของเงินลงทุนนั้น ดังนั้นการย้ายฐานการผลิตดังกล่าวจึงอาจทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของโลกเพิ่มขึ้นอีกด้วย<sup>15</sup> แต่ภาวะกลับตกอยู่กับประเทศกำลังพัฒนา

3) การที่พิธีสารเกียวโตกำหนดให้ประเทศที่พัฒนาแล้วต้องรับภาระความรับผิดชอบและข้อผูกพันที่จะต้องลดก๊าซเรือนกระจกก่อนประเทศกำลังพัฒนาเป็นการทำให้ประเทศที่พัฒนาแล้วที่อยู่ในกลุ่ม Annex B มีภาระต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้น และส่งผลให้ความสามารถในการแข่งขันของตนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศที่ไม่ต้องถูกบังคับให้ลดก๊าซเรือนกระจก (Kejun and others (2008, p4.)<sup>16</sup> และ Cosby and Tarasofsky (2007)<sup>17</sup> ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการย้ายฐานการผลิตดังที่กล่าวถึงแล้ว

4) ปัญหาด้านความไม่เท่าเทียมด้านความสามารถในการแข่งขันอันเนื่องมาจากมาตรฐานและความเข้มข้นในการจัดการก๊าซเรือนกระจกที่ไม่เท่ากัน ทำให้มีการเปิดประเด็นการค้าระหว่างประเทศเรื่องใหม่ที่เรียกว่า การปรับค่าคาร์บอนก่อนเข้าพรมแดน (**Border Carbon Adjustment: BCA**) ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือกีดกันทางการค้า (เช่น การเก็บภาษี) เพื่อชดเชยความแตกต่างของระดับการแข่งขันอันเนื่องมาจากมาตรฐานและความเข้มงวดในการควบคุมการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตามถึงแม้ BCA จะเป็นเครื่องมือที่อาจใช้ในการลดปัญหาการรั่วไหลของคาร์บอนได้ แต่สุดท้ายก็อาจถูกใช้เป็น

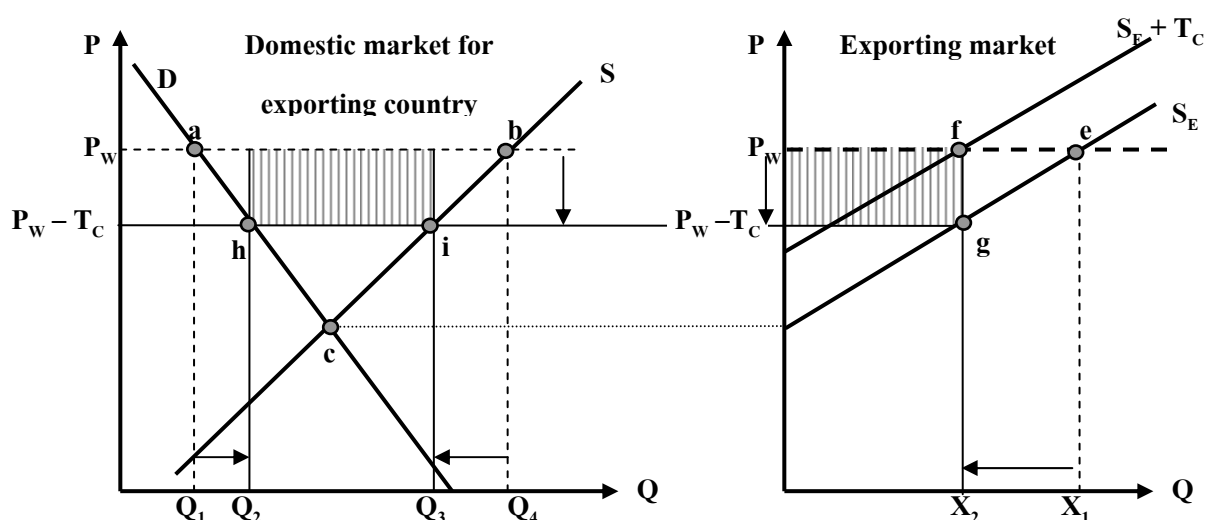
<sup>15</sup> โรงงานถลุงเหล็ก Port Pirie ของออสเตรเลียมีความประสงค์ที่จะย้ายฐานการผลิตของตนไปยังประเทศจีน ดู ABC News (Thu Oct 9, 2008) “Fears carbon scheme may force industries offshore,” (<http://www.abc.net.au/news/stories/2008/10/09/2386692.htm> ค้นข้อมูลเมื่อ พฤศจิกายน 2008)

<sup>16</sup> Kejun, J.; A. cosby; and D. Murphy (2008) “Embed Carbon in Trade Goods,” a paper for *Trade and Climate Change Seminar*, June 18-20, 2008, Copenhagen, Denmark.

<sup>17</sup> Cosby, A.; and R. Tarasofsky (2007) *Climate Change, Competitiveness and Trade*, London: Chatham House.

เครื่องมือสำหรับข่มขู่ให้ประเทศกำลังพัฒนาต้องเพิ่มข้อผูกพัน (commitment) ของตนในเวที  
การเจรจาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้นในอนาคตด้วย (ดู Cosby (2008)<sup>18</sup>)

5) ในกรณีของประเทศที่กำลังพัฒนาซึ่งเป็นประเทศผู้ส่งออกรายเล็ก ภาระของ BCA จะ  
ถูกผลักให้ประเทศผู้ส่งออกนั้นรับทั้งหมด แม้ว่าสินค้าบางส่วนจะถูกส่งออกไปให้ประเทศผู้  
นำเข้าขนาดใหญ่บริโภคก็ตาม



ภาพที่ 2.2: ภาระของ Border Carbon Adjustment ที่ตกกับประเทศผู้ส่งออกรายเล็ก

จากภาพที่ 2.2 รูปด้านซ้ายมือแสดงดุลยภาพของตลาดภายในประเทศของผู้ส่งออกซึ่ง  
ผลิตสินค้าส่งออกให้กับตลาดโลก เนื่องจากเป็นประเทศผู้ส่งออกรายเล็กจึงรับราคาตลาดโลกที่  
ระดับ  $P_W$  ซึ่งราคานี้สูงกว่าราคาดุลยภาพในประเทศที่จุด c กรณีที่ไม่มีการค้าระหว่างประเทศ  
ซึ่งหมายความว่าประเทศดังกล่าวนี้มีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบ (Comparative  
Advantage) ในการส่งออกสินค้านี้เมื่อเทียบกับตลาดโลก และที่ราคา  $P_W$  ประเทศผู้  
ส่งออกจะมีปริมาณสินค้าส่งออกเท่ากับระยะทาง ab หรือเท่ากับ  $X_1$  ที่เกิดขึ้น ณ จุด e ในรูป  
ทางขวามืออันเกิดจากการตัดกันระหว่างเส้นอุปทานการส่งออก  $S_E$  (เกิดจากอุปทานส่วนเกินที่  
ราคาตลาดโลกระดับต่างๆ) กับราคาตลาดโลก  $P_W$  (ซึ่งเป็นเส้นอุปสงค์ต่อการส่งออกที่เผชิญ  
โดยประเทศผู้ส่งออก) ต่อมาประเทศผู้นำเข้าซึ่งเป็นประเทศใหญ่ใช้มาตรการ BCA เพื่อชดเชย  
ความแตกต่างของระดับการแข่งขันกับประเทศผู้ส่งออก มาตรการนี้มีผลเท่ากับการเก็บภาษี

<sup>18</sup> Cosby A. (2008) "Border Tax Adjustment", a paper for Trade and Climate Change Seminar, June 18-20, 2008, Copenhagen, Denmark.

สินค้าส่งออก ส่งผลให้เส้นอุปทานการส่งออกเคลื่อนที่ขึ้นจาก  $S_E$  เป็น  $S_E + T_C$  (ในที่นี้สมมติให้  
การเก็บ BCA ดังกล่าวมีลักษณะเป็นภาษีต่อหน่วยที่มีอัตราเท่ากับ  $T_C$  ต่อหน่วย) ด้วยเส้น  
อุปทานการส่งออกที่แพงขึ้น คุณภาพการส่งออกในรูปด้านขวามือจะเปลี่ยนจากจุด e เป็นจุด f  
และปริมาณการส่งออกจะลดลงเหลือเพียง  $X_2$  (เท่ากับระยะทาง hi ในรูปด้านซ้ายมือ)  
นอกจากนี้ราคาสุทธิที่ผู้ส่งออกได้รับภายหลังหักภาษีจะเท่ากับ  $P_W - T_C$  สังเกตด้วยว่าราคา  
ส่งออกสุทธิดังกล่าวได้ลดลงเท่ากับขนาดของภาษีพอดิ เนื่องจากประเทศผู้ส่งออกรายเล็กนี้ต้อง  
เผชิญกับเส้นอุปสงค์การส่งออกที่มีความยืดหยุ่นเท่ากับอนันต์ (จากการที่เป็นผู้รับราคา หรือ  
price taker) ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะผลักภาระภาษีดังกล่าวไปให้ประเทศผู้นำเข้าได้เลย ขนาด  
ของภาระภาษีดังกล่าวแสดงด้วยพื้นที่แรเงาในรูปทั้งสองข้าง

สมมติให้การผลิตสินค้าหนึ่งหน่วย โรงงานจะปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาหนึ่ง  
กิโลกรัม ดังนั้นประเทศผู้ส่งออกจะต้องรับผิดชอบก๊าซเรือนกระจกภายใต้วิธีการคำนวณภาระ  
ความรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตเท่ากับ  $Q_3$  กิโลกรัม โดยที่  $Q_2$  กิโลกรัมเป็นส่วนที่  
เกิดจากการบริโภคภายในประเทศและ  $Q_3 - Q_2$  กิโลกรัม เป็นส่วนที่เกิดจากการส่งออก

### 2.2.2 ภาระรับผิดชอบตามสัดส่วนของความเป็นเจ้าของหน่วยผลิต

แนวคิดการรับภาระก๊าซเรือนกระจกแบบที่สองนี้ เป็นแนวคิดที่พยายามแก้ข้อบกพร่อง  
ในหัวข้อ 2.2.1 อันเนื่องมาจากการย้ายฐานการผลิตของบริษัทจากประเทศที่พัฒนาแล้วไปสู่  
ประเทศกำลังพัฒนา เพราะการย้ายฐานการผลิตดังกล่าวเท่ากับเป็นการให้ประเทศอื่นผลิต  
สินค้าให้ตนเองแล้วทิ้งภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจกให้กับประเทศที่ผลิตสินค้าซึ่ง  
ส่วนใหญ่เป็นประเทศกำลังพัฒนาต้องจัดการกับปัญหาดังกล่าว โดยที่บริษัทต่างชาติอาจส่งผล  
กำไรส่วนใหญ่กลับประเทศแม่ของตน

#### ข้อสนับสนุน

1) ช่วยให้สามารถแยกแยะสัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการลงทุนของประเทศ  
ผู้ผลิตโดยตรง ออกจากส่วนที่เกิดจากการลงทุนของต่างชาติที่ย้ายฐานการผลิตมา เนื่องจาก  
การผลิตก๊าซเรือนกระจกเกิดจากกระบวนการผลิต และปริมาณการผลิตก็มักจะสัมพันธ์กับ  
ขนาดของการลงทุนซึ่งส่วนหนึ่งจะเป็นเงินลงทุนที่มาจากต่างชาติ โดยเฉพาะประเทศที่พัฒนา  
แล้ว ดังนั้นภาระความรับผิดชอบจึงสมควรกระจายตามสัดส่วนความเป็นเจ้าของของประเทศ  
นั้นๆ

2) เกิดการกระตุ้นให้มีการใช้เทคโนโลยีการจัดการกับก๊าซเรือนกระจกที่ดีที่สุด  
เนื่องจากระดับเทคโนโลยีในการจัดการของประเทศที่พัฒนาแล้วมักจะสูงกว่าของประเทศกำลัง  
พัฒนาที่เป็นผู้ผลิตสินค้าและผู้รับภาระก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นถ้าประเทศที่เป็นต้นแหล่ง

ของการลงทุนไม่ต้องรับผิดชอบต่อภาระนี้ ก็คงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้เทคโนโลยีของตน เพราะจะทำให้มีต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น แต่ถ้าผู้ลงทุนต้องรับผิดชอบต่อภาระนี้และส่งเสริมให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีในการจัดการกับก๊าซเรือนกระจกในประเทศที่ตนมาลงทุน แม้ว่าเมื่อย้ายฐานการผลิตไปอยู่ที่อื่นแล้ว บริษัทก็จะมีแรงจูงใจที่จะนำเอาเทคโนโลยีที่ดีที่สุดของตนมาใช้ในฐานการผลิตใหม่ด้วย

### สูตรการคำนวณ

การคำนวณความรับผิดชอบตามแนวคิดนี้ ทำได้ด้วยการนำเอาสัดส่วนการลงทุนของต่างชาติมาปรับกับข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายอุตสาหกรรมในแต่ละปีที่คำนวณได้ ก็จะสามารถประเมินได้คร่าว ๆ ว่าปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด ปริมาณเท่าใดควรรับผิดชอบโดยประเทศผู้ผลิต และส่วนใดที่ต่างชาติควรรับผิดชอบ

ถ้ากำหนดให้  $CI_j$  คือ ปริมาณของก๊าซเรือนกระจก (Carbon Inventory) ของประเทศ  $j$  ที่ต้องรับผิดชอบ ปริมาณดังกล่าวสามารถคำนวณได้จาก

$$(1) \quad CI_j^1 = \sum_{i=1}^N C_{ji}, \quad i = \text{ดัชนีแทนอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก}$$

ตั้งแต่ 1 - N

โดยที่  $C_{ji}$  คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่อุตสาหกรรมที่  $i$  ของประเทศ  $j$  ผลิตขึ้น

ปริมาณดังกล่าวเป็นการรวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ผลิตภายในประเทศ  $j$  จากทุกอุตสาหกรรมตามแนวคิดการรับผิดชอบต่อผลการปลดปล่อยที่จุดผลิต

ถ้าหาก  $SI_{ji}$  คือสัดส่วนการถือหุ้นของประเทศ  $j$  ในอุตสาหกรรมที่  $i$  ดังนั้นปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ประเทศ  $j$  ควรจะต้องรับผิดชอบก็ควรจะเท่ากับ

$$(2) \quad CI_j^2 = \sum_{i=1}^N SI_{ji} \cdot C_{ji}, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

ในขณะที่ประเทศอื่นควรจะต้องรับภาระในส่วนที่เหลือ

### ข้อด้อย

แม้ว่าแนวคิดนี้จะมีข้อดีหลายประการ แต่ก็มีความเสี่ยงบางประการด้วยเช่นกัน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1) ในทางปฏิบัติมักขาดข้อมูลการถือหุ้นของต่างชาติที่สมบูรณ์ เป็นที่ทราบกันดีว่าบริษัทต่างชาติอาจไม่แสดงความเป็นเจ้าของอย่างชัดเจนตรงไปตรงมา โดยเฉพาะกรณีที่ประเทศผู้รับการลงทุนมีข้อจำกัดเกี่ยวกับสัดส่วนหุ้นต่างชาติสูงสุด ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับข้อจำกัดดังกล่าว ต่างชาติจึงนิยมที่จะใช้วิธีการถือหุ้นแทน (nominee) ซึ่งอาจมีความสลับซับซ้อนมาก เพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถตรวจสอบได้โดยง่าย ดังนั้นในทางปฏิบัติก็อาจจะทำให้ไม่สามารถหาสัดส่วนหุ้นต่างชาติที่แท้จริงอย่างครบถ้วนได้

2) ภาระความรับผิดชอบของบริษัทที่รับการลงทุนจากต่างชาติอาจสูงกว่าที่ควรจะเป็น ในกรณีที่ทำการผลิตเพื่อตลาดภายในประเทศเป็นหลัก หากบริษัทที่มีหุ้นต่างชาติทำการผลิตเพื่อตลาดภายในเท่านั้นโดยไม่ส่งออกเลย หรือมียอดขายสำหรับตลาดภายในประเทศสูงกว่าสัดส่วนผู้ถือหุ้นของต่างชาติ ภาระความรับผิดชอบของประเทศผู้รับการลงทุนนั้น ก็จะสูงกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นในการแบ่งภาระความรับผิดชอบที่ถูกต้อง จึงควรขึ้นอยู่กับสัดส่วนการบริโภคที่เกิดขึ้นจริงของประเทศนั้นๆ มากกว่า ซึ่งนำไปสู่แนวคิดการคำนวณภาระรับผิดชอบในหัวข้อถัดไป

### 2.2.3 ภาระรับผิดชอบตามการบริโภค

แนวคิดการรับภาระก๊าซเรือนกระจกแบบสุดท้ายนี้ เป็นแนวคิดที่พยายามจะแก้ปัญหาที่เป็นข้อด้อยของแนวคิดทั้งสองแบบแรก โดยเน้นที่แหล่งการบริโภคเป็นหลักแทนที่จะเป็นแหล่งการผลิต เพราะสัดส่วนการถือหุ้นที่อาจไม่สะท้อนสัดส่วนการบริโภคที่แท้จริงของประเทศนั้นๆ

### ข้อสนับสนุน

1) เป็นแนวคิดที่จัดสรรภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจกกลับไปให้ผู้ก่อให้เกิดปัญหาอย่างแท้จริง นั่นก็คือผู้บริโภคที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการผลิตสินค้าและทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นผลกระทบภายนอก (Externalities) แก่สังคม หากผู้บริโภคต้องรับผิดชอบตามระดับความเสียหายที่ตนก่อขึ้นเมื่อใด ผู้บริโภคย่อมจะต้องลดปริมาณความต้องการของตนลง หรือจะต้องร้องขอให้ผู้ผลิตปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีที่สะอาดขึ้น มีความรับผิดชอบต่อสภาพแวดล้อมมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งตรงกับหลักการผู้ได้รับประโยชน์เป็นผู้จ่าย (Beneficiary-Pay Principle)

2) เป็นการแก้ปัญหการรั่วไหลของคาร์บอนที่เกิดจากการย้ายฐานการผลิตของประเทศที่พัฒนาแล้วมายังประเทศกำลังพัฒนา แล้วทำการนำเข้าโดยทั้งภาระความรับผิดชอบไว้กับ

ประเทศกำลังพัฒนาที่ทำหน้าที่ผลิตแทน เพราะหลักการนี้คำนวณภาระความรับผิดชอบต่อตาม  
การบริโภคจริง โดยจะนำปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการผลิต ณ แหล่งผลิต  
ภายในประเทศมาคำนวณรวมกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แฝงอยู่กับการนำเข้าส่งออก  
สุทธิมาคิดรวมด้วย ทำให้ประเทศผู้ผลิตสินค้ารับผิดชอบต่อภาระเฉพาะในส่วนที่บริโภคเท่านั้น

3) เป็นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกรณีที่คำนวณด้วยวิธีการความรับผิดชอบต่อตามสัดส่วน  
การถือหุ้น ที่ประเทศผู้รับการลงทุนจากต่างชาติอาจรับภาระความรับผิดชอบต่อเกินไป ในกรณี  
ที่ทำการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศ แต่บริษัทผู้ผลิตเป็นผู้ถือหุ้นต่างชาติทั้งหมด ซึ่งถ้า  
ใช้วิธีรับภาระตามสัดส่วนหุ้นต่างชาติ ประเทศผู้รับการลงทุนและเป็นผู้บริโภคสินค้านั้นทั้งหมด  
จะไม่ต้องรับภาระใดๆ เลย อย่างไรก็ตาม ถ้าเปลี่ยนมาเป็นการคำนวณภาระความรับผิดชอบต่อตาม  
สัดส่วนการบริโภค ภาระก็จะกลับมาตกอยู่กับผู้บริโภคที่เป็นต้นเหตุของการผลิตและการลงทุน  
ของต่างชาติอย่างถูกต้อง

4) กระตุ้นให้ประเทศกำลังพัฒนาที่เป็นแหล่งผลิตให้กับประเทศที่พัฒนาแล้ว มีการถ่าย  
โอนเทคโนโลยีในการจัดการกับก๊าซเรือนกระจกที่ดีที่สุดมาสู่ประเทศกำลังพัฒนา และเมื่อ  
ภาระความรับผิดชอบต่อของก๊าซเรือนกระจกแฝงอยู่กับราคาสินค้าที่ส่งออกไปยังประเทศที่พัฒนา  
แล้ว ดังนั้นประเทศผู้นำเข้าก็ต้องพยายามนำเข้าจากแหล่งที่มีต้นทุนก๊าซเรือนกระจกต่ำที่สุด<sup>19</sup>  
หรือถ้าหากประเทศผู้นำเข้านั้นเป็นผู้ที่ย้ายฐานการผลิตไปไว้ที่ประเทศอื่น ก็คงต้องนำเอา  
เทคโนโลยีที่ดีที่สุดของตนไปใช้ในแหล่งผลิตใหม่ เพราะในที่สุดตนเองก็ต้องรับผิดชอบต่อภาระนี้  
เมื่อมีการนำเข้า ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการพัฒนาการใช้เทคโนโลยีในการจัดการกับก๊าซเรือน  
กระจกอย่างมีประสิทธิภาพ

### สูตรการคำนวณ

สำหรับการคำนวณความรับผิดชอบต่อตามแนวคิดนี้สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$(3) \quad CI_j^3 = \sum_{i=1}^N SC_{ji} \cdot C_{ji}, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

โดยที่  $SC_{ji}$  คือ ปริมาณการบริโภคภายในประเทศ คิดเป็นสัดส่วนเทียบกับการผลิตของ  
ประเทศ  $j$  ในอุตสาหกรรมที่  $i$  และ ปริมาณการบริโภคในประเทศของแต่ละสินค้าสามารถ  
คำนวณได้จาก ปริมาณการผลิตในประเทศ บวกปริมาณการนำเข้า ลบปริมาณการส่งออก

สูตรดังกล่าวสามารถคำนวณได้ไม่ยาก เพราะสามารถใช้ข้อมูลสถิติการนำเข้าส่งออกที่  
มีอยู่ก่อนข้างสมบรูณ์อยู่แล้ว โดยเฉพาะในรูปของมูลค่า อย่างไรก็ตามสูตรข้างต้นอาจมีข้อจำกัด

<sup>19</sup> สมมติให้ต้นทุนในการผลิตสินค้าของประเทศผู้ผลิตมีค่าใกล้เคียงกัน

อยู่บ้าง คือ มิได้คำนึงถึงผลของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตสินค้าชั้นกลาง  
ดังนั้นถ้าหากต้องการคำนวณผลของส่วนนี้ด้วย ก็จะต้องใช้ข้อมูลจากตาราง Input-Output  
Table มาเป็นฐานในการคำนวณแทน แต่ปัญหาที่ตามมาก็คือ Input-Output Table นั้นมักจะไม่มี  
ตัวเลขที่ทันสมัย ตัวอย่างเช่น ในกรณีของประเทศไทย ข้อมูลที่ใหม่ที่สุดก็ยังคงเป็นปี ค.ศ.  
2000 เท่านั้น ดังนั้นค่าที่คำนวณได้แม้จะมีความแม่นยำมาก แต่ก็อาจไม่ทันสมัยและสะท้อน  
โครงสร้างทางเศรษฐกิจในปัจจุบันอย่างเพียงพอ

### ข้อด้อย

มีความซับซ้อนในการคำนวณมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีความต้องการข้อมูลการนำเข้าและ  
ส่งออกเพิ่มเติมมากขึ้น และอาจต้องใช้ข้อมูลจาก Input-Output Table ซึ่งมักไม่ค่อยมีความ  
ทันสมัยเท่าที่ควร เพื่อคำนึงถึงผลกระทบของสินค้าชั้นกลางให้ถูกต้อง

### ข้อสังเกตอื่นๆ

แนวคิดดังกล่าวนั้นสอดคล้องกับ ข้อเสนอเรื่องหลักความเป็นธรรมในการกระจายภาระ  
ความรับผิดชอบต่อปัญหา Climate change ของ Ringius and others (2002)<sup>20</sup> ที่ระบุว่าควรมี  
สามหลักการคือ

- 1) ความผิด (Guilt) คือจัดสรรความรับผิดชอบของแต่ละประเทศตามสัดส่วนของการ  
ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สร้างขึ้น
- 2) ความสามารถ (Capacity) คือจัดสรรตามสัดส่วนของความสามารถในการจ่าย (Ability  
to pay) ของแต่ละประเทศ ตามระดับการพัฒนาทางเศรษฐกิจ
- 3) ความจำเป็น (Need) คือแต่ละประเทศควรมีสถานะขั้นต่ำที่เท่าเทียมกันในการปลดปล่อย  
ก๊าซเรือนกระจกที่เพียงพอต่อมาตรฐานการดำรงชีวิต (Decent Standard of Living)

จะเห็นได้ว่าหลักการคำนวณภาระความรับผิดชอบตามการบริโภคนั้นสอดคล้องกับ  
หลักการทั้งสามข้างต้น เนื่องจากจัดสรรความรับผิดชอบตามต้นเหตุของการผลิตสินค้าและการ  
ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แท้จริงซึ่งก็คือผู้บริโภคนั่นเอง อีกทั้งหลักการนี้ยังสอดคล้องกับ  
ความสามารถในการจ่ายด้วย เพราะผู้ที่มีความสามารถซื้อสินค้าได้มาก ก็ต้องมีความสามารถที่  
จะจ่ายค่าความเสียหายจากก๊าซเรือนกระจกที่ตนเองเป็นต้นเหตุได้มากด้วย ส่วนผู้ที่มี  
ความสามารถซื้อสินค้าได้น้อย ก็จ่ายน้อยไปตามสัดส่วนเอง นอกจากนี้หลักการภาระ  
รับผิดชอบตามการบริโภคนี้อย่างยิ่งไม่ขัดแย้งกับหลักการด้านความจำเป็นและสิทธิขั้นต่ำในการ

---

<sup>20</sup> Ringius, L; A. Torvanger; and A. Underdal (2002) Burden sharing and fairness principles in international  
climate policy, International Environmental Agreement: Politics, Law and Economics, 2, pp.1-22.

ปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพียงพอต่อมาตรฐานการดำรงชีวิตอีกด้วย เพราะคำนวณจากฐานการบริโภคอยู่แล้ว

ด้วยเหตุผลทั้งข้อสนับสนุนและข้อด้อยของแต่ละวิธีที่ได้เสนอไปแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่า วิธีคำนวณความรับผิดชอบตามการบริโภคนั้นมีความเหมาะสมที่สุด ซึ่งบทความนี้จะได้มีการเสนอผลการคำนวณเบื้องต้น โดยเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ ในบทต่อไป

## 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวการคำนวณภาระตามการบริโภค

งานวิจัยที่ปรากฏอยู่ในปัจจุบัน ได้เริ่มมีความตระหนักแล้วว่า การนำเข้าส่งออกของสินค้าเป็นช่องทางหนึ่งในการหลีกเลี่ยงภาระความรับผิดชอบต่อการสร้างก๊าซเรือนกระจกให้กับสังคมโลก เนื่องจากประเทศหนึ่งๆ สามารถที่จะหลีกเลี่ยงภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจกของตนด้วยวิธีการคำนวณภาระความรับผิดชอบตามพิธีสารเกียวโต โดยการลดการผลิตของตนเองลง แล้วทำการนำเข้าสินค้าจากประเทศอื่นๆ แทน อย่างไรก็ตามก็ตีราคาปฏิบัติไม่ได้ว่าในกระบวนการผลิตสินค้าแทบทุกชนิดย่อมจะต้องมีการผลิตก๊าซเรือนกระจกด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำภาระของก๊าซเรือนกระจกนี้มาเป็นต้นทุนในการกำหนดราคาสินค้าด้วย โดยเฉพาะในกรณีของประเทศที่มีการผลิตเพื่อการส่งออกเพื่อสนองความต้องการการบริโภคของต่างประเทศ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจึงสมควรที่จะต้องเป็นภาระของประเทศผู้บริโภคมมากกว่าที่จะเป็นของประเทศผู้ผลิต

ในการวัดขนาดการส่งออกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิโดยใช้แนวคิด **ดัชนีดุลคาร์บอนที่แทรกอยู่กับการค้าระหว่างประเทศ (Balance Emission Embodied in Trade: BEET)** ซึ่งมีนิยามว่า คือ สัดส่วนระหว่างปริมาณ BEET ทั้งหมดในสินค้านำเข้าของประเทศนอกกลุ่ม Annex I ต่อปริมาณการนำเข้าของประเทศในกลุ่ม Annex I และจากการศึกษาของ Ahmad and Wyckoff (2003) พบว่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศกลุ่ม OECD เฉลี่ยถึงร้อยละ 14 มาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แทรกอยู่ในการนำเข้า

นอกจากนี้งานวิจัยของ Peters and Hertwich (2008) ซึ่งคำนวณโดยใช้ข้อมูล Input-Output ระหว่างประเทศของปี ค.ศ. 2001 พบว่าประเทศในกลุ่ม Annex B ส่วนใหญ่ (ยกเว้น แคนาดา ออสเตรเลียและรัสเซีย) มีดุลคาร์บอนสุทธิติดลบ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกามีดุลคาร์บอนสุทธิ ติดลบสูงถึง -438.9 MtCO<sub>2</sub> หรือคิดเป็น 7.3% ของปริมาณที่คำนวณได้จากการผลิตในประเทศ ในขณะที่ประเทศสวิตเซอร์แลนด์มีสัดส่วนสูงถึง 113% ของการผลิตในประเทศเช่นกัน (ดูตารางที่ 2.1) จากตัวเลขนี้แสดงให้เห็นว่าประเทศเหล่านี้มีการนำเข้าคาร์บอนสุทธิหรือประเทศเหล่านี้มีการผลกระทบในการรับผิดชอบต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ตนบริโภคไปให้ประเทศอื่น ในขณะที่ประเทศนอกกลุ่ม Annex B ที่เป็นฐานการผลิตสินค้าส่วนใหญ่

ใหญ่จะมีดุลคาร์บอนสุทธิจากการค้าเป็นบวก เช่น ประเทศจีนมีค่าสูงถึง 585.52 MtCO<sub>2</sub> หรือคิดเป็น 17.8% ของการผลิตในประเทศ และประเทศแอฟริกาใต้ก็มีค่า BEET เท่ากับ 123.52 MtCO<sub>2</sub> หรือคิดเป็น 38.2% ของการผลิตในประเทศ

## ตารางที่ 2.1: Balance Emission Embodied in Trade: BEET ของบางประเทศ

Table 1: Balance of Emissions Embodied in Trade (BEET) for select countries

|                | Annex B                   |                                                 |              | Non-Annex B               |                                                 |
|----------------|---------------------------|-------------------------------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------------------------|
|                | BEET<br>MtCO <sub>2</sub> | BEET as a % of<br>production-based<br>emissions |              | BEET<br>MtCO <sub>2</sub> | BEET as a % of<br>production-based<br>emissions |
| Switzerland    | -63.1                     | -122.9%                                         | Singapore    | -62.8                     | -128.2%                                         |
| Latvia         | -4.6                      | -60.7%                                          | South Korea  | -45.4                     | -11.4%                                          |
| United Kingdom | -102.7                    | -16.6%                                          | Morocco      | -2.5                      | -6.3%                                           |
| Germany        | -139.9                    | -15.7%                                          | Mexico       | -17.6                     | -4.5%                                           |
| Japan          | -197.0                    | -15.3%                                          | Brazil       | +2.5                      | +0.8%                                           |
| United States  | -438.9                    | -7.3%                                           | India        | +70.9                     | +6.9%                                           |
| Canada         | 15.5                      | +2.8%                                           | China        | +585.5                    | +17.8%                                          |
| Australia      | 57.9                      | +16.5%                                          | Indonesia    | +58.1                     | +19.0%                                          |
| Russia         | 324.8                     | +21.6%                                          | South Africa | +123.5                    | +38.2%                                          |

Source: Peters and Hertwich, forthcoming.

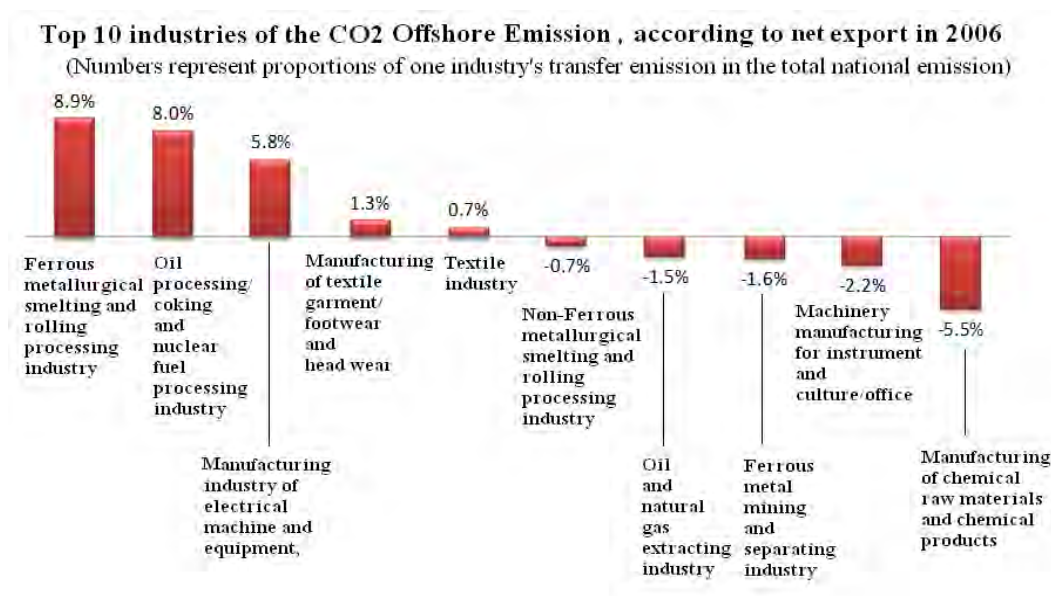
ที่มา: Peters and Hertwich (2008) “CO<sub>2</sub> Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy,” *Environmental Science and Technology*, 42 (5), pp.1401-1407.

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว Homma and others (2008)<sup>21</sup> ได้ใช้ฐานข้อมูล Input-Output จาก GTAP ในการศึกษา และพบว่า จากจำนวน 35 ประเทศในกลุ่ม Annex B มีเพียง 9 ประเทศเท่านั้นที่มีค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากด้านการบริโภคต่ำกว่าจากด้านการผลิต ซึ่งส่วนใหญ่เป็นประเทศที่ส่งออกทรัพยากรธรรมชาติเป็นหลัก เช่น โปแลนด์ ออสเตรเลีย แคนาดา และรัสเซีย ในขณะที่ประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป หรือ EU 27 มีค่า BEET ติดลบมากถึง -564 MtCO<sub>2</sub> หรือคิดเป็น 12.8% ของการผลิตในประเทศ

<sup>21</sup> Homma, Takashi; Keigo Akimoto; and Toshimasa Tomoda (2008) Evaluation of sectoral and regional CO<sub>2</sub> emissions: production-based and consumption-based accounting measurements, (<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3896.pdf> ดารวินโหลด พฤศจิกายน 2551).

ทาง Energy Research Institute (2008)<sup>22</sup> ก็ได้มีการประมาณการถึงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แฝงอยู่ในมูลค่าส่งออกเทียบกับมูลค่าเพิ่มที่เกิดขึ้น<sup>23</sup> และได้พบว่าในปี ค.ศ. 2006 สาธารณรัฐประชาชนจีนมีการผลิตก๊าซเรือนกระจกในปริมาณ 1.98 กิกะตัน จากการผลิตสินค้าส่งออก ซึ่งมีสัดส่วนถึงร้อยละ 35 ของปริมาณที่คำนวณจากการปลดปล่อยที่จุดผลิต และถ้าจะพิจารณาจากด้านการส่งออกสุทธิก็จะพบว่าการผลิตถึง 0.82 กิกะตันในปีเดียวกัน หรือคิดเป็นร้อยละ 14.5 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณจากการปลดปล่อยที่จุดผลิต

นอกจากนี้งานศึกษาของกรณีประเทศจีนยังพบว่าสาขาที่มีการผลิตเพื่อการส่งออกในสัดส่วนที่สูงได้แก่ สาขาการผลิตเหล็กและโลหะ การผลิตน้ำมัน ถ่านหิน และเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ การผลิตเครื่องยนต์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งสินค้าเครื่องนุ่งห่มและรองเท้า ส่วนที่มีการพึ่งการผลิตและมีการนำเข้าจากประเทศอื่นๆ ได้แก่ เคมีภัณฑ์ การทำเหมืองแร่เหล็ก เป็นต้น (ดูภาพที่ 2.3)



ที่มา: Energy Research Institute (2008)

ภาพที่ 2.3: สัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสินค้าส่งออกสุทธิเทียบกับปริมาณที่คำนวณจากการปลดปล่อยที่จุดผลิตของสาธารณรัฐประชาชนจีน ในปี ค.ศ. 2006

<sup>22</sup> Energy Research Institute (2008), “Estimating the Offshore Greenhouse Gas Emissions in China”

<sup>23</sup> เนื่องจากโครงสร้างการผลิตของสาธารณรัฐประชาชนจีนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจนข้อมูล Input-output ที่มีอยู่ไม่เหมาะที่ใช้ในการคำนวณ

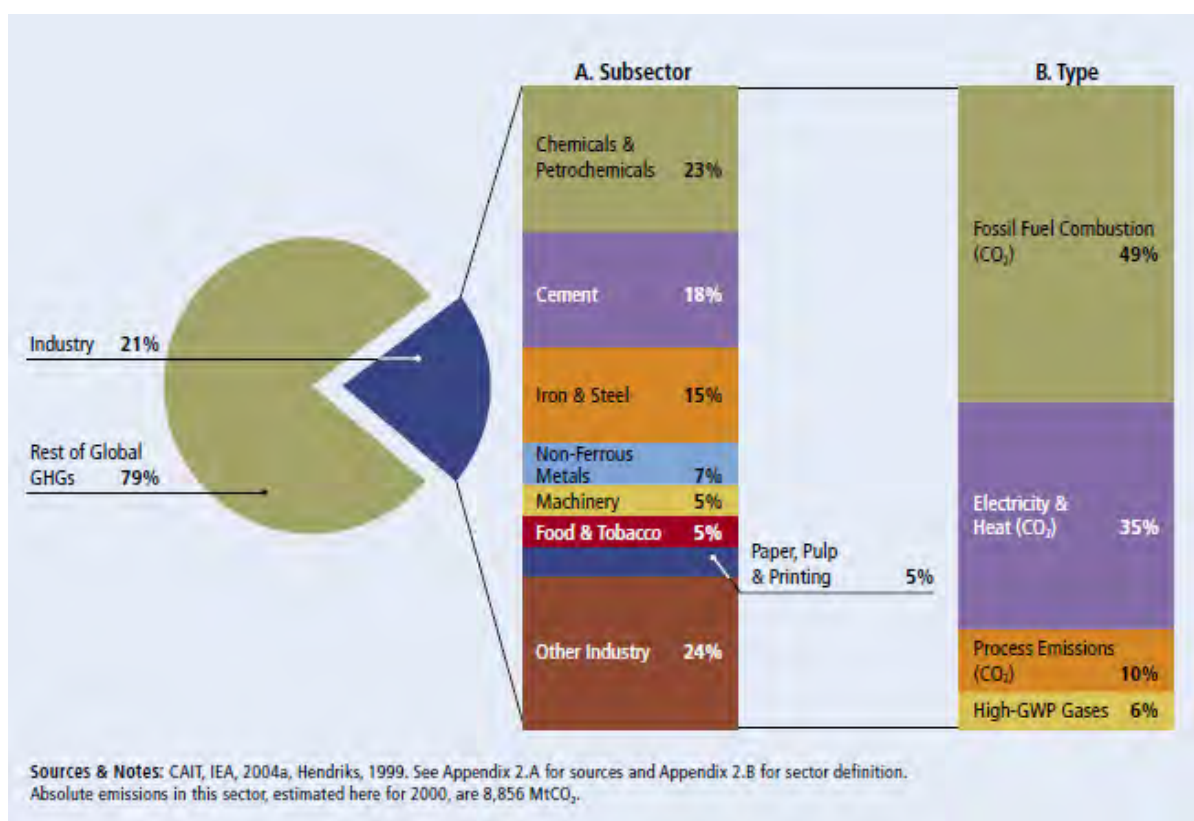
ผลการวิจัยที่ปรากฏอยู่ในปัจจุบันดังกล่าว ชี้ให้เห็นชัดเจนว่ามีการรั่วไหลของคาร์บอนที่เกิดจากการย้ายฐานการผลิตคาร์บอนแม้จะไม่ทราบว่ามีส่วนเท่าใด แต่เชื่อได้ว่าจะต้องมีการย้ายฐานการผลิตสินค้าออกจากประเทศกลุ่มภาคผนวก I ไปยังประเทศนอกกลุ่มอย่างแน่นอน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า บทบาทและประสิทธิภาพของพิธีสารเกียวโตในการจัดการกับปัญหาก๊าซเรือนกระจกจึงลดลงเนื่องมาจากการเกิดปัญหาการย้ายฐานการผลิตคาร์บอนดังกล่าว

เพื่อให้ทราบถึงขนาดของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากหลักการแต่ละแบบ ในกรณีของประเทศไทย งานในส่วนของบริษัทที่ 3 และบริษัทที่ 4 จะเป็นการแสดงวิธีการและการคำนวณโดยละเอียด พร้อมทั้งการวิเคราะห์ถึงผลที่ได้ค้นพบ โดยในบริษัทที่ 3 จะแสดงการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมตามหลักการทั้งสามวิธี โดยพิจารณาเฉพาะส่วนที่มาจากผลผลิตขั้นสุดท้ายเท่านั้น ส่วนในบริษัทที่ 4 จะเป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตทั้งจากสินค้าขั้นสุดท้ายและการผลิตขั้นกลางด้วย แต่จะคำนวณเฉพาะแบบการปลดปล่อยที่จุดผลิตและการปลดปล่อยตามการบริโภคเท่านั้น เนื่องจากไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการถือหน้าที่เพียงพอ

### บทที่ 3

#### การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมหลัก

ในปี ค.ศ. 2000 ได้มีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมของโลกและประเทศไทยจากแหล่งปล่อยต่างๆ ตามคู่มือ IPCC พบว่า ภาคอุตสาหกรรมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึงร้อยละ 21 ของภาคการผลิตทั้งหมด อุตสาหกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเป็น 5 อันดับแรก ได้แก่ อุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมี(ร้อยละ 23), อุตสาหกรรมซีเมนต์(ร้อยละ 18), อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า(ร้อยละ 15), อุตสาหกรรมโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก(ร้อยละ 7) และอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องจักร(ร้อยละ 5) ดูภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรม ปี ค.ศ. 2000

เมื่อคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรมจะเห็นว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยจากกระบวนการผลิต (Process Emission Sector) มีเพียงร้อยละ 10 ในขณะที่การใช้พลังงานเชื้อเพลิงปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึงร้อยละ 49 การใช้ไฟฟ้าและความร้อนร้อยละ 35 ซึ่งทั้งสองส่วนหลังนี้ถูกรวมอยู่ในส่วนของ Energy Emission Sector

แหล่งผลิตซีเมนต์ที่สำคัญของโลก ได้แก่ จีน ยุโรป และอินเดีย สำหรับประเทศไทยในปี ค.ศ.2004 มีการผลิตซีเมนต์ 35 ล้านตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 1.8 ของโลก ซึ่งจัดอยู่ใน 25 ประเทศแรกที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมการผลิตซีเมนต์ ตามตารางที่ 3.1

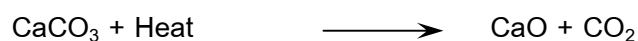
ตารางที่ 3.1 แสดงแหล่งและสัดส่วน การผลิตซีเมนต์ของโลก ในปี ค.ศ. 2004

| Country         | Production<br>(mil. tons) | % of World | % change<br>since 1999 |
|-----------------|---------------------------|------------|------------------------|
| China           | 850                       | 42.5       | 48                     |
| EU-25           | 214                       | 10.7       | -3                     |
| India           | 110                       | 5.5        | 22                     |
| United States   | 97                        | 4.8        | 10                     |
| Japan           | 69                        | 3.5        | -14                    |
| South Korea     | 60                        | 3.0        | 25                     |
| Russia          | 46                        | 2.3        | 62                     |
| Brazil          | 38                        | 1.9        | -6                     |
| <i>Egypt</i>    | 35                        | 1.8        | 50                     |
| <i>Mexico</i>   | 35                        | 1.8        | 19                     |
| <i>Thailand</i> | 35                        | 1.8        | 38                     |
| <i>Turkey</i>   | 34                        | 1.7        | -1                     |
| <b>World</b>    | <b>2,000</b>              |            | <b>25</b>              |

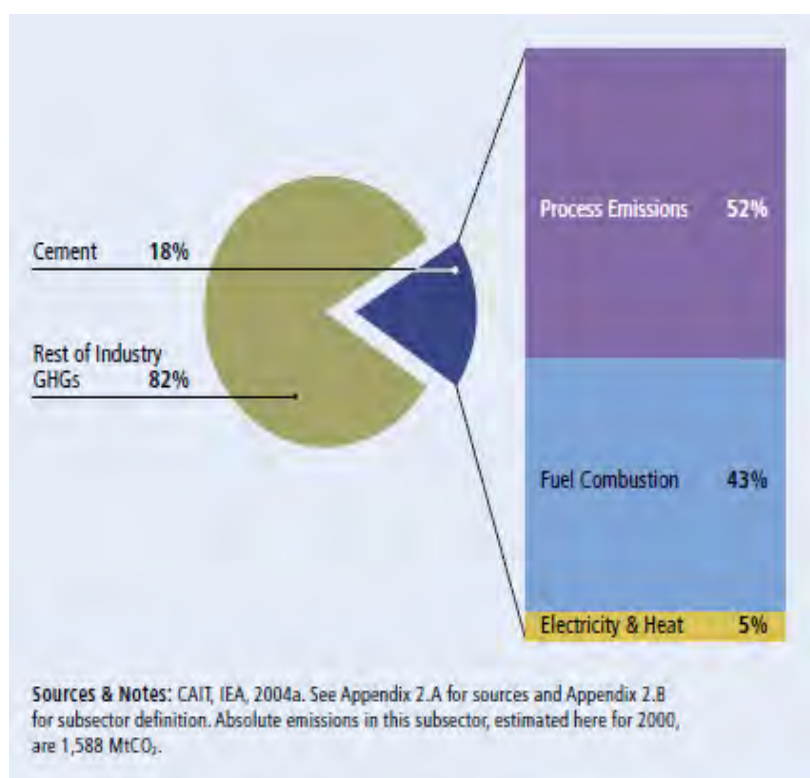
Sources & Notes: USGS, 2004; USGS, 2005. Individual EU member states not shown.  
Countries not among the top 25 absolute emitters are shown in italics.

ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตปูนซีเมนต์มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึงร้อยละ 52 ซึ่งมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงและไฟฟ้าที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 48 (ภาพที่ 3.2) เนื่องจากกระบวนการผลิตซีเมนต์มีการ

เผาหินปูน ซึ่งเกิดปฏิกิริยาเคมีในขั้นตอนการเผาหินปูน (limestone:  $\text{CaCO}_3$ ) เพื่อให้ได้ปูนขาว ( $\text{CaO}$ ) ตามสมการ



เมื่อเผาหินปูนแล้วก็จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นปูนขาวและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ใน  
ขั้นตอนของกระบวนการผลิตซีเมนต์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง



ภาพที่ 3.2 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมการผลิตซีเมนต์

จากรายงานแห่งชาติภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ Thailand's National Greenhouse Gas Inventory ปี ค.ศ.1994 มีการประเมิน Thailand Key Categories Assessment ซึ่งแสดงถึงแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ

10 อันดับแรก โดยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอุตสาหกรรมซีเมนต์ถูกจัดให้อยู่ในลำดับที่ 5 โดยมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 14,920 GgCO<sub>2</sub> Eq.(ดูตารางที่ 3.2)

ตารางที่ 3.2 Thailand Key Categories Assessment

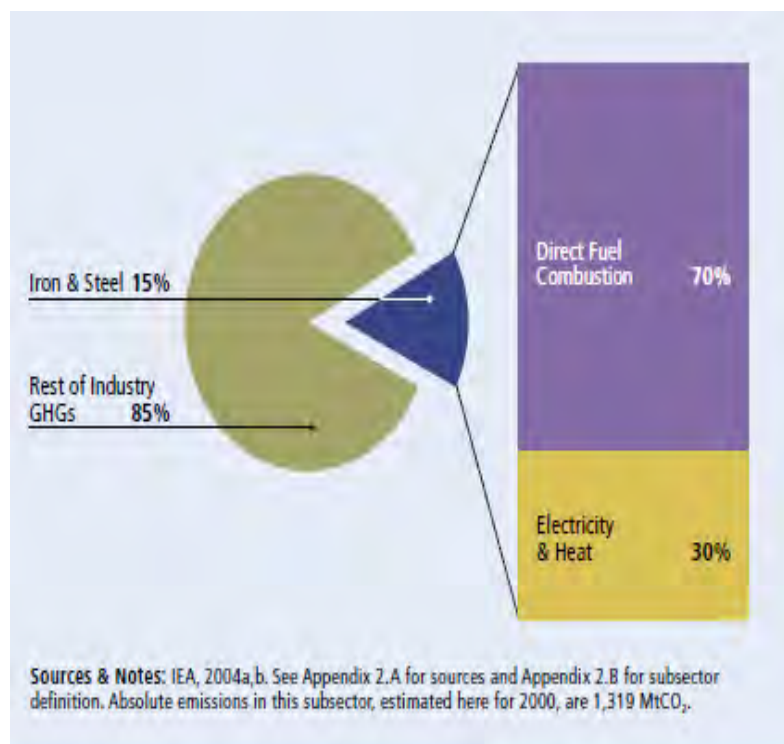
|       | Level Assessment Results                                                  | Current Year Estimate (GgCO <sub>2</sub> Eq.) | Level Assessment (%) | Cumulative (%) |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|----------------|
| 1.A.1 | CO <sub>2</sub> Emissions from Stationary Combustion                      | 45529                                         | 20.33%               | 20.33%         |
| 4.C   | CH <sub>4</sub> Emissions from Rice Production                            | 44321                                         | 19.79%               | 40.11%         |
| 1.A.3 | CO <sub>2</sub> Mobile Combustion: Road Vehicles                          | 39920                                         | 17.82%               | 57.94%         |
| 1.A.2 | CO <sub>2</sub> Manufacturing Industries and Construction                 | 30824                                         | 13.76%               | 71.70%         |
| 2.A   | CO <sub>2</sub> Emissions From Cement Production                          | 14920                                         | 6.66%                | 78.36%         |
| 4.A   | CH <sub>4</sub> Emissions from Enteric Fermentation in Domestic Livestock | 13220                                         | 5.90%                | 84.26%         |
| 4.D   | N <sub>2</sub> O (Direct and Indirect) Emissions from Agricultural Soils  | 10983                                         | 4.90%                | 89.17%         |
| 4.B   | N <sub>2</sub> O Emissions from Manure Management                         | 5949                                          | 2.66%                | 91.82%         |
| 1.A.4 | Other Sectors: Agriculture                                                | 4849                                          | 2.16%                | 93.99%         |
| 1.B.2 | CH <sub>4</sub> Fugitive Emissions from Oil and gas Operations            | 3731                                          | 1.67%                | 95.65%         |

สำหรับการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าของโลก ปีค.ศ. 2004 มีสัดส่วนการผลิตจากประเทศจีนสูงสุด อันดับ 2 คือกลุ่ม EU-25 และจากประเทศญี่ปุ่นเป็นอันดับ 3 (ดูตารางที่ 3.3)

### ตารางที่ 3.3 สัดส่วนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าของโลก

| Country       | Production<br>(mil. tons) | % of World | % change<br>since 1999 |
|---------------|---------------------------|------------|------------------------|
| China         | 273                       | 25.8       | 120                    |
| EU-25         | 193                       | 18.3       | 10                     |
| Japan         | 113                       | 10.7       | 21                     |
| United States | 99                        | 9.4        | 2                      |
| Russia        | 66                        | 6.2        | 27                     |
| South Korea   | 48                        | 4.5        | 16                     |
| Ukraine       | 39                        | 3.7        | 41                     |
| Brazil        | 33                        | 3.1        | 32                     |
| India         | 33                        | 3.1        | 34                     |
| Turkey        | 21                        | 1.9        | 43                     |
| Mexico        | 17                        | 1.6        | 9                      |
| Canada        | 16                        | 1.5        | 1                      |
| <b>World</b>  | <b>1,057</b>              |            | <b>34</b>              |

Sources & Notes: IISI, 2004; IISI, 2005. Individual EU member states not shown.



ภาพที่ 3.3 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า

จากภาพที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าโดยปกติกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการถลุงแร่เหล็กโดยตรงสูงถึงร้อยละ 70 และก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนอีกร้อยละ 30 แต่สำหรับประเทศไทยที่ยังไม่มีการถลุงแร่เหล็กภายในประเทศ อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของไทยจึงเป็นอุตสาหกรรมแบบทุติยภูมิที่มีการนำเข้าแร่เหล็กในลักษณะที่ยังไม่ได้นำมาหลอม (pig iron) เพื่อมาทำให้บริสุทธิ์และแปรรูปเป็นเหล็กกล้าเกรดต่างๆ ด้วยการผลิตเหล็กกล้าจากเตาหลอมไฟฟ้า (Electric arc furnace) เท่านั้น ทำให้ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้ามีปริมาณไม่มากนัก จึงไม่ถูกจัดให้อยู่ใน Thailand Key Source Categories และก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่ของอุตสาหกรรมเหล็กในไทยจะถูกปล่อยออกมาเนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก

การศึกษาในครั้งนี้ได้คัดเลือกการจัดทำบัญชีของอุตสาหกรรม 3 ประเภท ได้แก่ ปูนซีเมนต์เหล็กและผลิตภัณฑ์โลหะ, และอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากมีรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงมากเป็นลำดับต้นๆ มีการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ และในบางอุตสาหกรรมมีการส่งออกมาก ในศึกษานี้การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์จะครอบคลุมถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต (Industrial processes sector) และการใช้พลังงาน (Energy sector)

การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้วิธีการตาม IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Revised 1996) ซึ่งจัดทำโดย IPCC และใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor) ตามค่าสัมประสิทธิ์กลาง (default value) ที่ IPCC กำหนดไว้โดยการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นจะครอบคลุมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และนอนคาร์บอนไดออกไซด์ ได้แก่ ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ( $\text{NO}_x$ ) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และนอนมีเทนโวลาทิล ออแกนิกคาร์บอน (NMVOC)

ในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติ ตามคู่มือของ IPCC นั้น ได้จำแนกการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมในส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานอยู่ใน energy sector และจัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตอยู่ใน industrial process sector สำหรับการศึกษา เพื่อให้ครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แท้จริงในการผลิต จึงได้รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจาก energy sector และ industrial process sector เข้าด้วยกัน

## ดังนั้นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมใน การศึกษาจึงประกอบด้วย

### - การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิต (Industrial processes sector)

ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเป็น by-products จากการเปลี่ยนสภาพทางเคมีหรือทางกายภาพของวัตถุดิบไปเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะไม่รวมถึงการใช้พลังงานในการผลิต ดังนั้นชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจะขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการผลิตนั้น เช่น วัตถุดิบที่ใช้ ปฏิกิริยาเคมี และประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณประกอบด้วย

1. กระบวนการผลิตในแต่ละผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
2. Production output ปริมาณการผลิตแสดงไว้ในตารางที่ 3.4
3. Emission factors from the Revised 1996 IPCC Guidelines for National GHG

Inventories

### - การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน (Energy sector)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิง เนื่องจากการคำนวณนั้นเริ่มจากการหาปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละประเภทในปีที่ต้องการมาคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสม จากนั้นจึงคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้สมการ ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\text{Apparent consumption (TJ)} &= \text{Apparent Consumption (Physical Units)} \times \\ &\quad \text{Conversion Factor (TJ/Physical Units)} \\ \text{Total Carbon Dioxide (GgC)} &= [\text{Total Carbon Content (GgC)} - \text{Total Carbon} \\ &\quad \text{Stored (GgC)} \times \text{Fraction of Carbon Oxidized} \\ &\quad \text{(by fuel type)}] \times 44/12 \\ \text{Total Carbon Content (GgC)} &= \sum \text{Apparent Consumption (by fuel type in TJ)} \times \\ &\quad \text{Carbon Emission Factor (by fuel type in t C/TJ)} \times \\ &\quad 10^{-3} \\ \text{Total Carbon Stored (GgC)} &= \text{Non-Energy Use (10}^3 \text{ t)} \times \text{Conversion Factor (TJ/10}^3 \text{ t)} \\ &\quad \times \text{Emission Factor (t C/TJ)} \times \text{Fraction of Carbon} \\ &\quad \text{Stored} \times 10^{-3}\end{aligned}$$

ตารางที่ 3.4 ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมหลัก

| ลำดับ    | ผลิตภัณฑ์                                             | 2545                | 2546                | 2547                | 2548                | 2549                |
|----------|-------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <b>1</b> | <b>ผลิตภัณฑ์เคมี</b>                                  |                     |                     |                     |                     |                     |
| 1.1      | ปิโตรเคมีขั้นต้น<br>(พันเมตริกตัน)                    | 4,338.105           | 4,933.452           | 4,941.654           | 5,015.772           | 5,305.098           |
| 1.2      | ปิโตรเคมีขั้น<br>กลาง<br>(พันเมตริกตัน)               | 1,467.985           | 1,493.021           | 1,570.529           | 1,619.419           | 1,530.289           |
| 1.3      | ปิโตรเคมีขั้น<br>ปลาย<br>(พันเมตริกตัน)               | 3,588.892           | 3,725.834           | 3,884.671           | 4,058.666           | 4,133.523           |
| <b>2</b> | <b>ซีเมนต์</b>                                        |                     |                     |                     |                     |                     |
| 2.1      | ปูนซีเมนต์<br>(พันเมตริกตัน)                          | 31,678.811          | 32,530.155          | 35,626.120          | 37,871.724          | 39,408.163          |
| 2.2      | ปูนเม็ด<br>(พันเมตริกตัน)                             | 37,937.280          | 33,615.671          | 35,095.521          | 38,892.195          | 40,796.165          |
| <b>3</b> | <b>เหล็กและ<br/>ผลิตภัณฑ์<br/>เหล็ก</b>               | <b>7,465,138.10</b> | <b>8,238,374.93</b> | <b>9,287,628.76</b> | <b>9,254,782.89</b> | <b>8,817,909.46</b> |
| 3.1      | เหล็กเส้นและ<br>เหล็กโครงสร้าง<br>(เมตริกตัน)         | 1,840,532.00        | 1,986,288.00        | 2,321,452.00        | 2,209,319.00        | 2,167,935.00        |
| 3.2      | ลวดเหล็ก<br>สำหรับงาน<br>คอนกรีตอัดแรง<br>(เมตริกตัน) | 180,185.429         | 210,814.162         | 250,275.851         | 258,670.576         | 268,985.000         |
| 3.3      | เหล็กลวด<br>(เมตริกตัน)                               | 407,865.906         | 455,240.690         | 518,903.896         | 525,972.343         | 542,611.127         |
| 3.4      | ท่อเหล็ก<br>(เมตริกตัน)                               | 590,529.761         | 502,779.079         | 506,137.011         | 471,071.973         | 481,941.328         |
| 3.5      | เหล็กแผ่นรีด<br>ร้อนและเย็น<br>(เมตริกตัน)            | 4,446,025.000       | 5,083,253.000       | 5,690,860.00        | 5,789,749.000       | 5,356,437.00        |

| ลำดับ    | ผลิตภัณฑ์                           | 2545        | 2546        | 2547        | 2548        | 2549        |
|----------|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>4</b> | <b>ยานยนต์และ<br/>อุปกรณ์ขนส่ง</b>  |             |             |             |             |             |
| 4.1      | รถยนต์นั่ง<br>(คัน)                 | 169,304.000 | 251,691.000 | 299,039.000 | 277,603.000 | 298,819.000 |
| 4.2      | รถยนต์พาณิชย<br>(คัน)               | 415,593.000 | 490,362.000 | 628,560.000 | 847,712.000 | 889,225.000 |
| 4.3      | รถจักรยานยน<br>ต์ (คัน)             | 1,525.549   | 1,908.034   | 2,279.320   | 2,510.163   | 2,340.477   |
| <b>5</b> | <b>ผลิตภัณฑ์<br/>อิเล็กทรอนิกส์</b> |             |             |             |             |             |
| 5.1      | แผงวงจรรวม<br>(ล้านชิ้น)            | 5,741.318   | 8,222.991   | 9,848.007   | 11,377.552  | 13,954.206  |

ที่มา: ธนาคารแห่งประเทศไทย

### 3.1 อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

#### 3.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดในระหว่างกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ ซึ่งมีลักษณะการผลิต 2 กระบวนการด้วยกัน คือ แบบแห้ง ( Dry Process ) และ แบบเปียก ( Wet Process ) การผลิตปูนซีเมนต์แบบแห้ง ไม่ต้องใช้น้ำในการผสมวัตถุดิบ ดังนั้น จึงประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต โดยเฉพาะค่าเชื้อเพลิง และเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน วัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตคือ หินปูน (Limestone) ซึ่งได้จากการระเบิดหินจากภูเขา หินปูน นำมาลดขนาดโดยเครื่องย่อย (Crusher) เพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตขั้นต่อไป ส่วนวัตถุดิบอื่นคือ ดินดาน (Shale) และวัตถุดิบปรับแต่งคุณสมบัติ (Corrective Materials) สำหรับวัตถุดิบที่ผ่านการย่อยแล้วจะถูกนำมาเก็บไว้ที่กองเก็บวัตถุดิบ (Storage Yard) จากนั้นจึงลำเลียงไปยังหม้อบดวัตถุดิบ (Raw Mill) ต่อไป

หลังจากผ่านกระบวนการบดแล้ว จึงส่งวัตถุดิบสำเร็จไปยังยังผสมวัตถุดิบสำเร็จ (Raw Meal Homogenizing Silo) เพื่อเก็บและผสมวัตถุดิบสำเร็จให้เป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนส่งไปเผาในหม้อเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) กระบวนการเผาช่วงแรกเป็น ชุดเพิ่มความร้อน(Preheater) จะค่อยๆ เพิ่มความร้อนให้แก่วัตถุดิบสำเร็จ แล้วส่งวัตถุดิบสำเร็จไปเผาในหม้อเผา ซึ่งมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนถึงประมาณ 1,200 - 1,400 องศาเซลเซียส จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีตามลำดับ

จนในที่สุดกลายเป็นปูนเม็ด (Clinker) จากนั้นก็จะทำให้ปูนเม็ดเย็นลง แล้วจึงลำเลียงปูนเม็ดไปเก็บไว้ในถังเก็บ เพื่อรอการบดปูนเม็ดต่อไป เมื่อนำปูนเม็ดบดรวมกับยิบซั่มจะได้ปูนซีเมนต์ที่เรียกว่า ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ (Portland Cement) และเมื่อนำปูนเม็ดมาบดรวมกับยิบซั่มและสารเจือยอื่นๆ เช่น หินทราย ได้ปูนซีเมนต์ที่เรียกว่า ปูนผสม (Mixed Cement)

ต้นทุนการผลิตปูนซีเมนต์ส่วนใหญ่เป็นค่าพลังงาน ซึ่งประกอบด้วย ค่าไฟฟ้า และค่าเชื้อเพลิง คิดเป็น ร้อยละ 45 ของต้นทุนการผลิต ในปัจจุบันผู้ผลิตได้ปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตเพื่อลดต้นทุน โดยการปรับเปลี่ยนพลังงานทดแทนโดยนำกากอุตสาหกรรมมาใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงมากขึ้น

**Emission factors** ในการคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเริ่มจากทราบปริมาณการผลิต clinker และ cement แล้วคูณด้วย EF ตาม IPCC โดย

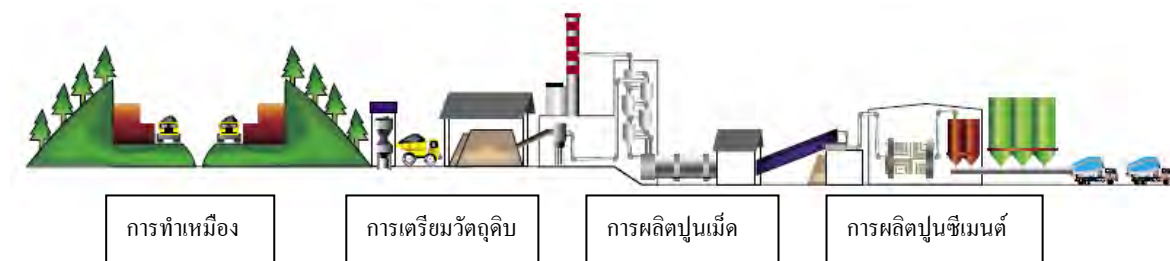
- For clinker production enter the Emission Factor of **0.5071** tonnes of CO<sub>2</sub> per tonne of clinker produced.

- For cement production enter the Emission Factor of **0.4985** tonnes of CO<sub>2</sub> per tonne of cement produced.

### ตารางที่ 3.5 ผลผลิตปูนซีเมนต์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์

| ลำดับ      | ผลิตภัณฑ์                           | 2545<br>(2002) | 2546<br>(2003) | 2547<br>(2004) | 2548<br>(2005) | 2549<br>(2006) |
|------------|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Production | * ปริมาณ<br>(เมตริกตัน)             | 31,678,811.00  | 32,530,155.00  | 35,626,120.00  | 37,871,724.00  | 39,408,163.00  |
|            | CO <sub>2</sub><br>emission<br>(Tg) | 15.79          | 16.22          | 17.76          | 18.88          | 19.64          |

\*ที่มา : Bank of Thailand (BOT) Tg = ล้านตัน



ภาพที่ 3.4: กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ (รายงานด้านสิ่งแวดล้อม, บริษัทปูนซีเมนต์  
ไทยอุตสาหกรรม จำกัด)

### 3.1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน

อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์เป็นอุตสาหกรรมที่จำเป็นต้องใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเป็นอย่างมาก ทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล เชื้อเพลิงชีวมวล และเชื้อเพลิงทดแทนอื่นๆ ซึ่งเชื้อเพลิงส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นถ่านหินประมาณร้อยละ 80 จากข้อมูลปริมาณการใช้ลิิกไนต์ในประเทศ รายละเอียดดังตารางที่ 3.6 สามารถคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานโดยแปลงปริมาณลิิกไนต์ที่ใช้เป็นหน่วยพลังงาน (energy unit : TJ) โดยคูณด้วยค่า Net Calorific values (NCV) และคำนวณปริมาณคาร์บอนที่ปล่อยออกมาด้วย Carbon Emission Factors (CEF)

ตารางที่ 3.6 ลิิกไนต์ที่ใช้และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากการใช้พลังงาน

| พ.ศ. | Lignite*<br>(kt) | EF* NCV<br>(TJ/kt) | TJ        | CEF**<br>(t C/TJ) | tonne C<br>emission | CO <sub>2</sub><br>emissions(Tg) |
|------|------------------|--------------------|-----------|-------------------|---------------------|----------------------------------|
| 2545 | 3,416.00         | 10.47              | 35,765.52 | 27.60             | 987,128.35          | 3.619470624                      |
| 2546 | 1,646.00         | 10.47              | 17,233.62 | 27.60             | 475,647.91          | 1.744042344                      |
| 2547 | 2,968.00         | 10.47              | 31,074.96 | 27.60             | 857,668.90          | 3.144785952                      |
| 2548 | 3,389.00         | 10.47              | 35,482.83 | 27.60             | 979,326.11          | 3.590862396                      |
| 2549 | 2,204.00         | 10.47              | 23,075.88 | 27.60             | 636,894.29          | 2.335279056                      |

\* Department of Energy Development and Promotion (DEDP)

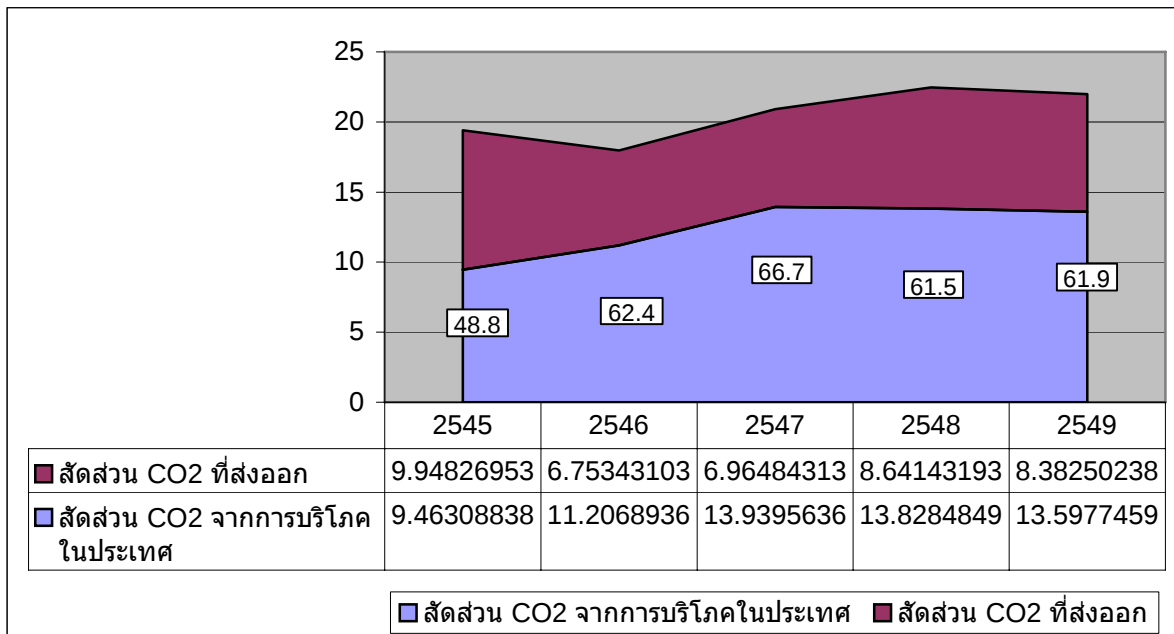
\*\*Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2, OECD, 1997.

ตารางที่ 3.7: การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์

| พ.ศ. | CO <sub>2</sub> emission (Tg) |                  |         | ผลผลิต<br>ซีเมนต์<br>(เมตริกตัน) | tonne<br>CO <sub>2</sub> /tonne<br>cement |
|------|-------------------------------|------------------|---------|----------------------------------|-------------------------------------------|
|      | Process Sector                | Energy<br>Sector | Total   |                                  |                                           |
| 2545 | 15.7919                       | 3.619470624      | 19.4114 | 31678811                         | 0.61275525                                |
| 2546 | 16.2163                       | 1.744042344      | 17.9603 | 32530155                         | 0.552113097                               |
| 2547 | 17.7596                       | 3.144785952      | 20.9044 | 35626120                         | 0.586771918                               |
| 2548 | 18.8791                       | 3.590862396      | 22.4699 | 37871724                         | 0.593316449                               |
| 2549 | 19.6450                       | 2.335279056      | 21.9802 | 39408163                         | 0.557758765                               |

ตารางที่ 3.8: ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปูนซีเมนต์ที่ผลิตและ  
ส่งออกรายปี 2545-2549

| พ.ศ. | Cement<br>production<br>(tonne) A | CO <sub>2</sub> emission<br>from cement<br>production<br>(Tg)B | Cement<br>export<br>(tonne) C | CO <sub>2</sub><br>emission of<br>cement<br>export(Tg)D | Cement<br>used in<br>country<br>(tonne<br>E=A-C | CO <sub>2</sub><br>emission<br>from cement<br>used in<br>country<br>(Tg)F=B-D |
|------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 2545 | 31,678,811                        | 19.41135791                                                    | 16,235,307                    | 9.948269531                                             | 15,443,504                                      | 9.463088376                                                                   |
| 2546 | 32,530,155                        | 17.96032461                                                    | 12,231,970                    | 6.753431028                                             | 20,298,185                                      | 11.20689358                                                                   |
| 2547 | 35,626,120                        | 20.90440677                                                    | 11,869,762                    | 6.964843129                                             | 23,756,358                                      | 13.93956364                                                                   |
| 2548 | 37,871,724                        | 22.46991681                                                    | 14,564,626                    | 8.641431934                                             | 23,307,098                                      | 13.82848488                                                                   |
| 2549 | 39,408,163                        | 21.98024831                                                    | 15,028,903                    | 8.382502377                                             | 24,379,260                                      | 13.59774593                                                                   |



ภาพที่ 3.5: ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปูนซีเมนต์ที่ผลิตตาม  
สัดส่วนการบริโภคในประเทศ และส่งออกรายปี 2545-2549

จากตารางที่ 3.7 จะเห็นว่าปริมาณการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นเพิ่มขึ้นจากปริมาณ 19.41 Tg ในปีพ.ศ. 2545 แล้วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (ยกเว้นปีพ.ศ.2546) จนกลายเป็น 22.47 Tg ในปีพ.ศ.2548 และตกลงเล็กน้อยเป็นปริมาณ 21.98 Tg ในปีพ.ศ.2549 อย่างไรก็ตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นจากอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์นั้น ไม่ควรที่จะถูกคิดเป็นภาระของประเทศไทยทั้งหมดเพราะมิได้ถูกผลิตขึ้นเพื่อการบริโภคภายในประเทศทั้งหมด นอกจากนี้หากพิจารณาจากความเป็นเจ้าของ ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมนี้ก็ไม่ใช่เป็นของผู้ประกอบการไทยทั้งหมด ดังนั้นจึงควรที่จะมีการพิจารณาแบ่งแยกการรับผิดชอบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าวด้วยเกณฑ์อื่นๆ อันได้แก่ เกณฑ์การบริโภคภายในประเทศ และเกณฑ์การถือหุ้น

### 3.1.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตปูนซีเมนต์ที่ไทย ควรรับผิดชอบตามเกณฑ์การบริโภคภายในประเทศ

จากข้อมูลการส่งออกปูนซีเมนต์ในช่วงปีพ.ศ. 2545 – 2549 ซึ่งแสดงในตารางที่ 3.8 เราสามารถที่จะคำนวณปริมาณการบริโภคภายในประเทศโดยการหักปริมาณการส่งออกออกจากปริมาณการผลิตในประเทศ ปริมาณการบริโภคปูนซีเมนต์ส่วนนี้ รวมทั้งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตออกมาเพื่อการบริโภคนี้ ถือได้ว่าเป็นส่วนที่ประเทศไทยควรจะรับผิดชอบ แต่ส่วนที่เกิดจากการผลิตเพื่อการส่งออกนั้น ถือได้ว่าเป็นผลมาจากการบริโภคของประเทศอื่นๆ ซึ่งประเทศเหล่านั้นสมควรที่จะเป็นผู้รับผิดชอบแทน

จากตารางที่ 3.8 และภาพที่ 3.5 พบว่าประเทศไทยควรเป็นผู้รับผิดชอบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่คือประมาณร้อยละ 62 – 67 (ยกเว้นในปีพ.ศ. 2545 ที่สัดส่วนมีเพียงร้อยละ 49 เนื่องจากการมีการส่งออกมาก)

### 3.1.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตปูนซีเมนต์ที่ไทย ควรรับผิดชอบตามเกณฑ์การถือหุ้น

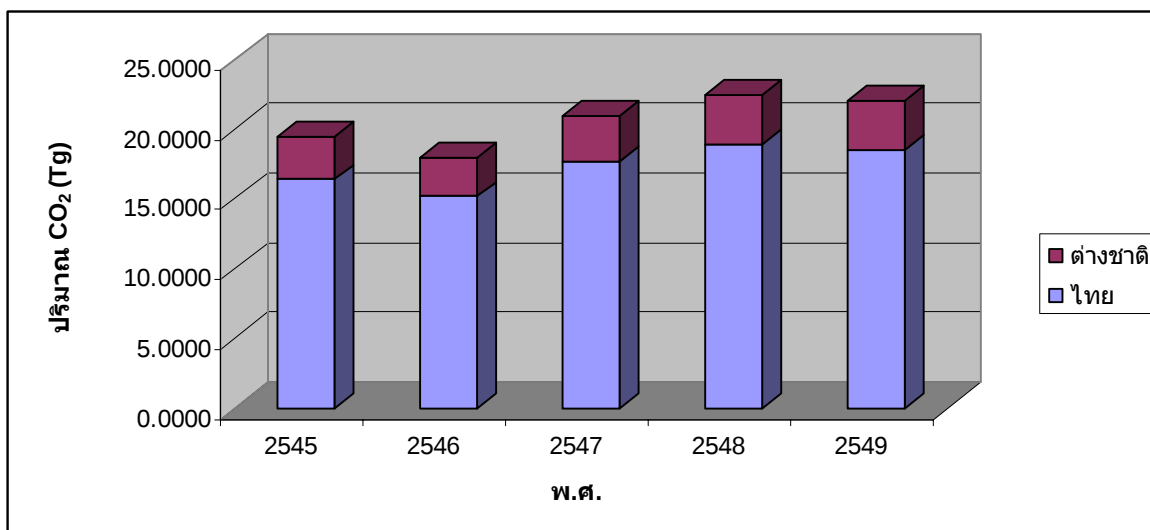
ในการพิจารณาการปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละประเทศนั้น นอกจากเกณฑ์การแบ่งภาระความรับผิดชอบที่พิจารณาตามปริมาณการบริโภคภายในประเทศ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว การพิจารณาจากสัดส่วนของความเป็นเจ้าของกิจการหรือการถือครองหุ้นสามัญก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เราควรนำมาใช้พิจารณาร่วมด้วย เนื่องจากความเป็นเจ้าของกิจการนั้นไม่จำเป็นจะต้องเป็นของประเทศผู้ผลิตสินค้าและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นทั้งหมด

ในกรณีของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์นั้น จากข้อมูลล่าสุดพบว่ามีสัดส่วนเฉลี่ย 84.34% เป็นของผู้ถือหุ้นไทย และที่เหลือ 15.66% เป็นของต่างชาติ (คำนวณจากค่าเฉลี่ยและถ่วงน้ำหนักด้วยยอดขายของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย) ดังนั้นผลการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์โดยพิจารณาตามสัดส่วนผู้ถือหุ้น แสดงในตารางที่ 3.9 และภาพที่ 3.6

ตารางที่ 3.9: ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากอุตสาหกรรมการผลิต  
ปูนซีเมนต์ตามส่วนผู้ถือหุ้น

| พ.ศ. | สัดส่วนผู้ถือหุ้น |             | CO <sub>2</sub><br>emission | ปริมาณ CO <sub>2</sub> (Tg) ตามสัดส่วนผู้ถือหุ้น |          |
|------|-------------------|-------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|----------|
|      | ไทย (%)           | ต่างชาติ(%) | (Tg)                        | ไทย                                              | ต่างชาติ |
| 2545 | 84.34             | 15.66       | 19.4114                     | 16.3716                                          | 3.0398   |
| 2546 | 84.34             | 15.66       | 17.9603                     | 15.1477                                          | 2.8126   |
| 2547 | 84.34             | 15.66       | 20.9044                     | 17.6308                                          | 3.2736   |
| 2548 | 84.34             | 15.66       | 22.4699                     | 18.9511                                          | 3.5188   |
| 2549 | 84.34             | 15.66       | 21.9802                     | 18.5381                                          | 3.4421   |

หมายเหตุ สัดส่วนผู้ถือหุ้นใช้ค่าเฉลี่ยและถ่วงน้ำหนักด้วยยอดขาย



ภาพที่ 3.6: ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตปูนซีเมนต์ตาม  
สัดส่วนผู้ถือหุ้น

## 3.2 อุตสาหกรรมเหล็ก

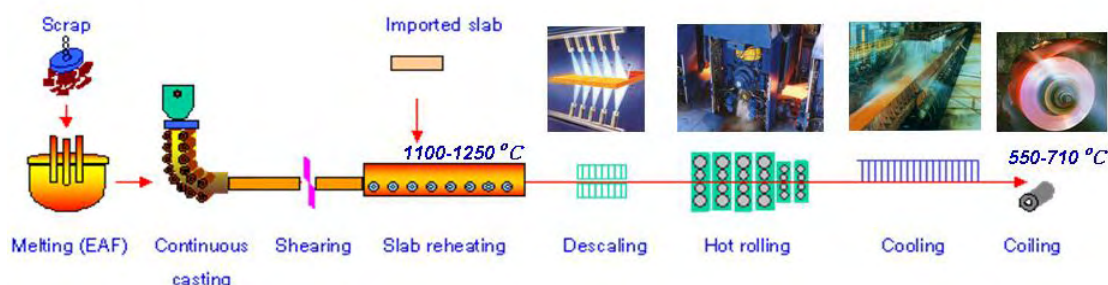
### 3.2.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต

โรงงานผลิตเหล็กในประเทศไทยจัดเป็นโรงงานขนาดเล็ก (Mini Mill) เนื่องจากไม่ได้ถลุงแร่เหล็ก แต่ผลิตเหล็กจากการหลอมเศษเหล็ก (Scrap) ในเตาหลอมไฟฟ้า ส่วนผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเหล็ก ได้จากการอบเหล็กแท่งที่สั่งนำเข้าหรือที่ผลิตในประเทศให้ร้อนตามต้องการแล้วผ่านกรรมวิธีขึ้นรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

การผลิตเหล็กจากเศษเหล็ก (EAF Route) เริ่มจากการนำเศษเหล็กมาหลอมภายในเตาอาร์คไฟฟ้า (Electric Arc Furnace) ที่ใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานหลัก ทำให้เหล็กกล้าหลอมเหลวและส่งผ่านสู่กระบวนการหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting Machine) เพื่อทำการหล่อเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปอันได้แก่ เหล็กแท่งแบน (Slab), เหล็กแท่งเล็ก (Billet) การขึ้นรูปเหล็กแท่งจากการหล่อจะถูกนำไปอบให้ร้อนในเตาอบเหล็กแท่ง (Reheat Furnace) ให้เหล็กมีอุณหภูมิประมาณ 1,050 – 1,150 องศาเซลเซียส แล้วทำการรีดลดขนาดด้วย Hot rolling mill ได้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เหล็กเส้น, เหล็กหลอด, เหล็กแผ่นรีดร้อน

เนื่องจากกระบวนการผลิตเหล็กในไทยเป็นแบบ EAF ทั้งหมด ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกระบวนการผลิตจึงคิดเฉพาะจาก Steel Processing – rolling mills ซึ่ง **Emission factor** ประกอบด้วย  $\text{NO}_x$  40 g/tonne product, NMVOC 30 g/tonne product, CO 1 g/tonne product,  $\text{O}_2$  45 g/tonne product

#### ผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นรีดร้อน



ที่มา : สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย

ภาพที่ 3.7: กระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน

ตารางที่ 3.10: NO<sub>x</sub> Emission from Steel Processing – rolling mills (Mg)

| ลำดับ | ผลิตภัณฑ์                      | 2545   | 2546   | 2547   | 2548   | 2549   |
|-------|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1     | เหล็กเส้นและเหล็กโครงสร้าง     | 73.62  | 79.45  | 92.86  | 88.37  | 86.72  |
| 2     | ลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง | 7.21   | 8.43   | 10.01  | 10.35  | 10.76  |
| 3     | เหล็กกลด                       | 16.31  | 18.21  | 20.76  | 21.04  | 21.70  |
| 4     | ท่อเหล็ก                       | 23.62  | 20.11  | 20.25  | 18.84  | 19.28  |
| 5     | เหล็กแผ่นรีดร้อนและเย็น        | 177.84 | 203.33 | 227.63 | 231.59 | 214.26 |
|       | รวม                            | 298.61 | 329.53 | 371.51 | 370.19 | 352.72 |

ตารางที่ 3.11: NMVOC Emission from Steel Processing – rolling mills (Mg)

| ลำดับ | ผลิตภัณฑ์                      | 2545   | 2546   | 2547   | 2548   | 2549   |
|-------|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1     | เหล็กเส้นและเหล็กโครงสร้าง     | 55.22  | 59.59  | 69.64  | 66.28  | 65.04  |
| 2     | ลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง | 5.41   | 6.32   | 7.51   | 7.76   | 8.07   |
| 3     | เหล็กกลด                       | 12.24  | 13.66  | 15.57  | 15.78  | 16.28  |
| 4     | ท่อเหล็ก                       | 17.72  | 15.08  | 15.18  | 14.13  | 14.46  |
| 5     | เหล็กแผ่นรีดร้อนและเย็น        | 133.38 | 152.50 | 170.73 | 173.69 | 160.69 |
|       | รวม                            | 223.95 | 247.15 | 278.63 | 277.64 | 264.54 |

ตารางที่ 3.12: CO Emission from Steel Processing – rolling mills (Mg)

| ลำดับ | ผลิตภัณฑ์                      | 2545 | 2546 | 2547 | 2548 | 2549 |
|-------|--------------------------------|------|------|------|------|------|
| 1     | เหล็กเส้นและเหล็กโครงสร้าง     | 1.84 | 1.99 | 2.32 | 2.21 | 2.17 |
| 2     | ลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง | 0.18 | 0.21 | 0.25 | 0.26 | 0.27 |
| 3     | เหล็กกลด                       | 0.41 | 0.46 | 0.52 | 0.53 | 0.54 |
| 4     | ท่อเหล็ก                       | 0.59 | 0.50 | 0.51 | 0.47 | 0.48 |
| 5     | เหล็กแผ่นรีดร้อนและเย็น        | 4.45 | 5.08 | 5.69 | 5.79 | 5.36 |
|       | รวม                            | 7.47 | 8.24 | 9.29 | 9.25 | 8.82 |

ตารางที่ 3.13: SO<sub>2</sub> Emission from Steel Processing – rolling mills (Mg)

| ลำดับ | ผลิตภัณฑ์                          | 2545   | 2546   | 2547   | 2548   | 2549   |
|-------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1     | เหล็กเส้นและเหล็ก<br>โครงสร้าง     | 82.82  | 89.38  | 104.47 | 99.42  | 97.56  |
| 2     | ลวดเหล็กสำหรับงาน<br>คอนกรีตอัดแรง | 8.11   | 9.49   | 11.26  | 11.64  | 12.10  |
| 3     | เหล็กลวด                           | 18.35  | 20.49  | 23.35  | 23.67  | 24.42  |
| 4     | ท่อเหล็ก                           | 26.57  | 22.63  | 22.78  | 21.20  | 21.69  |
| 5     | เหล็กแผ่นรีดร้อนและเย็น            | 200.07 | 228.75 | 256.09 | 260.54 | 241.04 |
|       | รวม                                | 335.93 | 370.73 | 417.94 | 416.47 | 396.81 |

### 3.2.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงาน

จากรายงานการใช้พลังงานของประเทศไทยปีพ.ศ. 2549 โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน แสดงเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิตเหล็กขั้นมูลฐาน ประกอบด้วย ถ่านหิน น้ำมันสำเร็จรูป ก๊าซธรรมชาติและไฟฟ้า ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ส่วนใหญ่มาจากก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และน้ำมัน ดังตารางแสดงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.14 และ 3.15

ตารางที่ 3.14: การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กปี 2543 – 2549

| ปี   | เชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรมเหล็ก (ktoe) |                 |       |
|------|------------------------------------------|-----------------|-------|
|      | ลิกไนต์                                  | น้ำมันสำเร็จรูป | ไฟฟ้า |
| 2543 | 207                                      | 276             | 337   |
| 2544 | 165                                      | 279             | 312   |
| 2546 | 241                                      | 376             | 436   |
| 2547 | 317                                      | 388             | 506   |
| 2548 | 162                                      | 339             | 548   |
| 2549 | 408                                      | 324             | 555   |

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 3.15: สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า (%)

| ปีพ.ศ. | ลิกไนต์ | ก๊าซธรรมชาติ | น้ำมันเตา | อื่น ๆ | รวม    |
|--------|---------|--------------|-----------|--------|--------|
| 2543   | 17.63   | 67.10        | 10.94     | 4.33   | 100.00 |
| 2544   | 17.27   | 75.78        | 2.90      | 4.05   | 100.00 |
| 2545   | 15.60   | 77.15        | 2.57      | 4.68   | 100.00 |
| 2546   | 15.17   | 76.94        | 2.62      | 5.27   | 100.00 |
| 2547   | 15.17   | 73.71        | 5.96      | 5.16   | 100.00 |
| 2548   | 14.42   | 73.44        | 6.66      | 5.48   | 100.00 |
| 2549   | 16.26   | 71.07        | 6.51      | 6.16   | 100.00 |

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ตาราง 3.16 แสดงการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมเหล็ก โดยใช้ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงคูณด้วย Emission Factors จากคู่มือ IPCC

ตารางที่ 3.16: การคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมเหล็กปีพ.ศ. 2549 ตาม IPCC

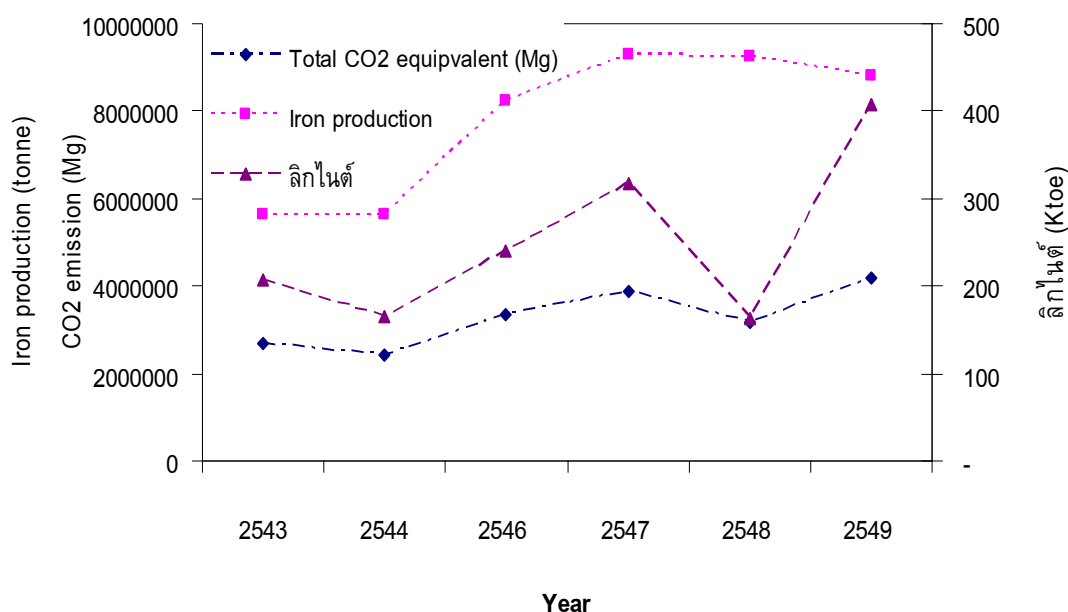
| เชื้อเพลิง      | ktoe  | conversion factor |                       | TJ        | CEF (t C/TJ) | tonne C emission | CO <sub>2</sub> emission (Tg) |
|-----------------|-------|-------------------|-----------------------|-----------|--------------|------------------|-------------------------------|
| ลิกไนต์         | 408   | 42.244            |                       | 17,235.55 | 27.60        | 475,701.24       | 1.71                          |
| น้ำมันสำเร็จรูป | 324   | 42.244            |                       | 13,687.06 | 20.00        | 273,741.12       | 0.99                          |
| ไฟฟ้า           | 555   | 42.244            | ก๊าซธรรมชาติ (71.07%) | 16,662.66 | 15.30        | 254,938.70       | 0.93                          |
|                 |       |                   | ลิกไนต์ (16.26%)      | 3,812.23  | 27.60        | 105,217.42       | 0.38                          |
|                 |       |                   | น้ำมันเตา (6.51%)     | 1,526.30  | 21.10        | 32,204.86        | 0.12                          |
| รวม             | 1,287 |                   |                       | 52,923.79 |              | 1,141,803.33     | 4.13                          |

ตารางที่ 3.17: Greenhouse Gas Emission from energy section

| Year | GHG from steel process-rolling mill<br>(Mg) |        |      |                 | GHG from energy section<br>(Mg) |                 |                 |                  |        | Total CO <sub>2</sub><br>equivalent<br>(Mg) | Iron<br>production<br>(tonne) | tonne CO <sub>2</sub> /<br>tonne<br>product |
|------|---------------------------------------------|--------|------|-----------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|--------|---------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|
|      | NO <sub>x</sub>                             | NM VOC | CO   | SO <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub>                 | CH <sub>4</sub> | NO <sub>x</sub> | N <sub>2</sub> O | CO     |                                             |                               |                                             |
| 2543 | 226.40                                      | 169.80 | 5.66 | 254.71          | 2,615,153.76                    | 22.02           | 1637.06         | 183.05           | 372.31 | 2,672,362.24                                | 5,660,120.79                  | 0.47                                        |
| 2544 | 225.35                                      | 169.01 | 5.63 | 253.52          | 2,359,503.88                    | 19.17           | 1484.99         | 185.04           | 364.10 | 2,417,269.20                                | 5,633,734.32                  | 0.43                                        |
| 2546 | 329.53                                      | 247.15 | 8.24 | 370.73          | 3,267,940.63                    | 26.52           | 2043.72         | 249.37           | 502.29 | 3,345,803.68                                | 8,238,374.93                  | 0.41                                        |
| 2547 | 371.51                                      | 278.63 | 9.29 | 417.94          | 3,816,695.97                    | 30.86           | 2309.88         | 257.33           | 549.22 | 3,897,117.48                                | 9,287,628.76                  | 0.42                                        |
| 2548 | 370.19                                      | 277.64 | 9.25 | 416.47          | 3,116,550.35                    | 31.76           | 2303.83         | 224.84           | 541.28 | 3,186,916.34                                | 9,254,782.89                  | 0.34                                        |
| 2549 | 352.72                                      | 264.54 | 8.82 | 396.81          | 4,128,119.63                    | 30.97           | 2238.10         | 214.89           | 525.15 | 4,195,384.85                                | 8,817,909.46                  | 0.48                                        |

ตารางที่ 3.17 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมเหล็ก ตั้งแต่ปี พ.ศ.2543 – พ.ศ. 2549 ก๊าซตัวหลักที่มาจากกระบวนการผลิตเหล็ก ได้แก่  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  และ NMVOC ซึ่งไม่ได้เป็นก๊าซเรือนกระจกหลัก สำหรับก๊าซเรือนกระจกหลัก ได้แก่  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  และ  $\text{N}_2\text{O}$  มาจากการใช้พลังงานในการผลิตเป็นหลัก คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก อุตสาหกรรมเหล็กในปีพ.ศ.2549 เท่ากับ 4.2 Tg $\text{CO}_2$  equivalent หรือ 0.48 tonne $\text{CO}_2$  equivalent/tonne production เมื่อผลิตภัณฑ์เหล็กทั้งหมดในปีพ.ศ.2549 เท่ากับ 8,817,909.46 tonne

เนื่องจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กของประเทศไทย ส่วนใหญ่มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้า จะเห็นได้จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้นตามอัตราการใช้ลิ้นไนด์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังภาพที่ 3.8



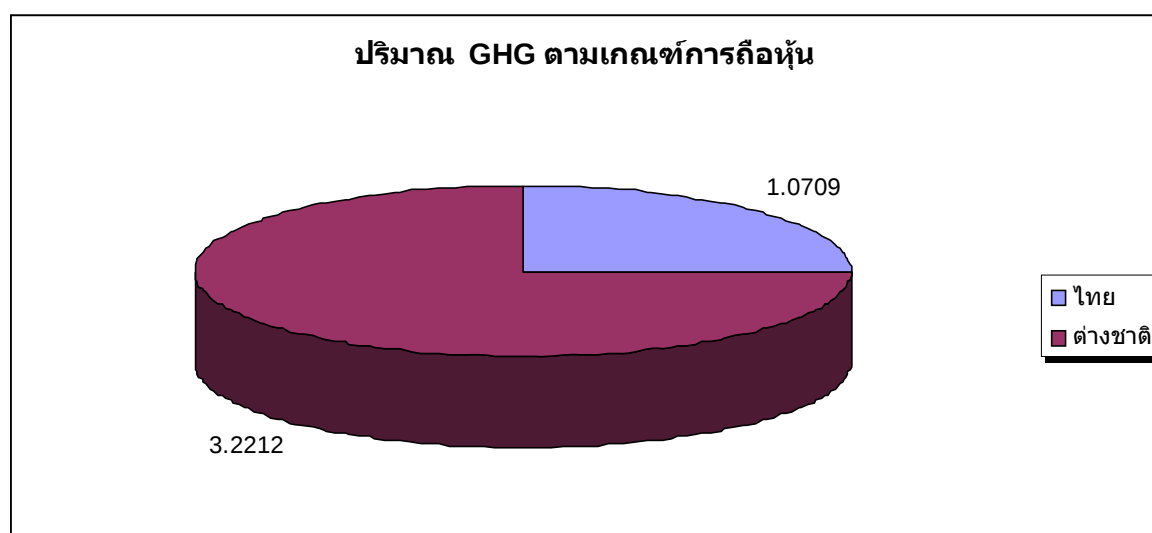
ภาพที่ 3.8: แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เหล็กและการใช้ลิ้นไนด์

### 3.2.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมหลักขั้นมูลฐาน ปีพ.ศ. 2549 ตามเกณฑ์การถือหุ้น

จากตารางที่ 3.17 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมหลักขั้นมูลฐาน ปี พ.ศ. 2549 โดยคำนวณเป็น CO<sub>2</sub> equivalent คิดเป็น 4.29 Tg. หากพิจารณาตามเกณฑ์การถือครองหุ้น สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.18

ตารางที่ 3.18 ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub> equivalent) ที่ปล่อยจากอุตสาหกรรมหลักขั้นมูลฐานตามส่วนผู้ถือหุ้น

| พ.ศ. | สัดส่วนผู้ถือหุ้น |              | CO <sub>2</sub><br>emission | ปริมาณ CO <sub>2</sub> (Tg) ตามสัดส่วนผู้ถือหุ้น |          |
|------|-------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|----------|
|      | ไทย (%)           | ต่างชาติ (%) | (Tg)                        | ไทย                                              | ต่างชาติ |
| 2549 | 24.95             | 75.05        | 4.2921                      | 1.0709                                           | 3.2212   |



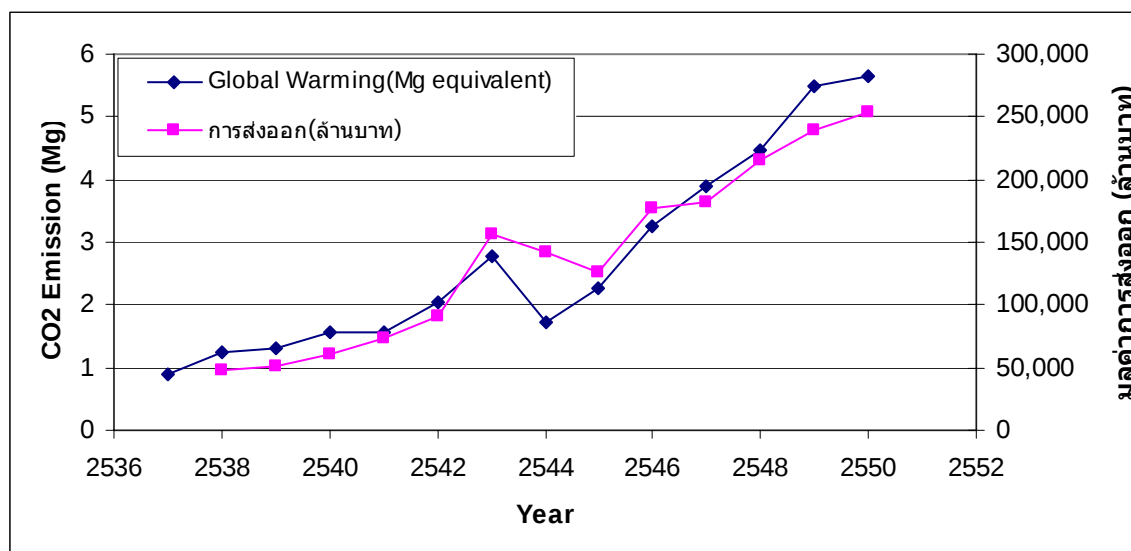
ภาพที่ 3.9 ภาพแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเกณฑ์การถือหุ้น

### 3.3 อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ : กรณีตัวอย่างการผลิตแผงวงจรไฟฟ้า (Integrated circuit)

การคำนวณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากการผลิตแผงวงจรไฟฟ้า ใช้ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการศึกษา Life Cycle Assessment (LCA) แบบ cradle to grave ของแผงวงจรไฟฟ้า (Taiariol, F., et al.,2001) จากการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่า การผลิตแผงวงจรไฟฟ้า รุ่น EPROM 1 ชิ้น ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 394 gCO<sub>2</sub> equivalent ดังนั้นจากข้อมูลปริมาณการผลิตแผงวงจรรวม (ข้อมูลจากธนาคารแห่งประเทศไทย) สามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้าได้ดังแสดงในตารางที่ 3.19

ตารางที่ 3.19: ปริมาณการผลิตแผงวงจรไฟฟ้าและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

| ปี   | การผลิตแผงวงจรรวม<br>(ล้านชิ้น) | การส่งออก<br>(ล้านบาท) | Greenhouse Gas<br>(Mg CO <sub>2</sub> equivalent) |
|------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|
| 2537 | 2,291.00                        |                        | 0.90                                              |
| 2538 | 3,143.07                        | 48,299.91              | 1.24                                              |
| 2539 | 3,329.89                        | 50,753.50              | 1.31                                              |
| 2540 | 4,009.18                        | 61,248.29              | 1.58                                              |
| 2541 | 3,928.74                        | 72,607.78              | 1.55                                              |
| 2542 | 5,182.41                        | 90,865.09              | 2.04                                              |
| 2543 | 7,069.70                        | 156,937.74             | 2.79                                              |
| 2544 | 4,400.18                        | 142,488.50             | 1.73                                              |
| 2545 | 5,741.32                        | 126,778.29             | 2.26                                              |
| 2546 | 8,222.99                        | 176,597.21             | 3.24                                              |
| 2547 | 9,848.01                        | 182,648.19             | 3.88                                              |
| 2548 | 11,377.55                       | 215,891.26             | 4.48                                              |
| 2549 | 13,954.21                       | 238,641.74             | 5.50                                              |
| 2550 | 14,333.49                       | 252,993.25             | 5.65                                              |



ภาพที่ 3.10 แสดงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์  
เทียบกับมูลค่าการส่งออก

### 3.4 การคำนวณปริมาณความรับผิดชอบต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากภาคอุตสาหกรรม

การคำนวณโดยใช้สมการที่ปรับปรุงมาจากผู้เชี่ยวชาญจากประเทศจีน (Prof. Yang Hongwei) ดังสมการ

$$Q^m = \sum_i \left( \frac{(X_i - I_i) * \sum_j (E_{ij} * f_j^m)}{V_i} \right)$$

โดยที่

Q – offshore Emission

m –gas types ( CO<sub>2</sub> )

X – export value (Baht)

I – import value (Baht)

E – energy consumptions according to different industries

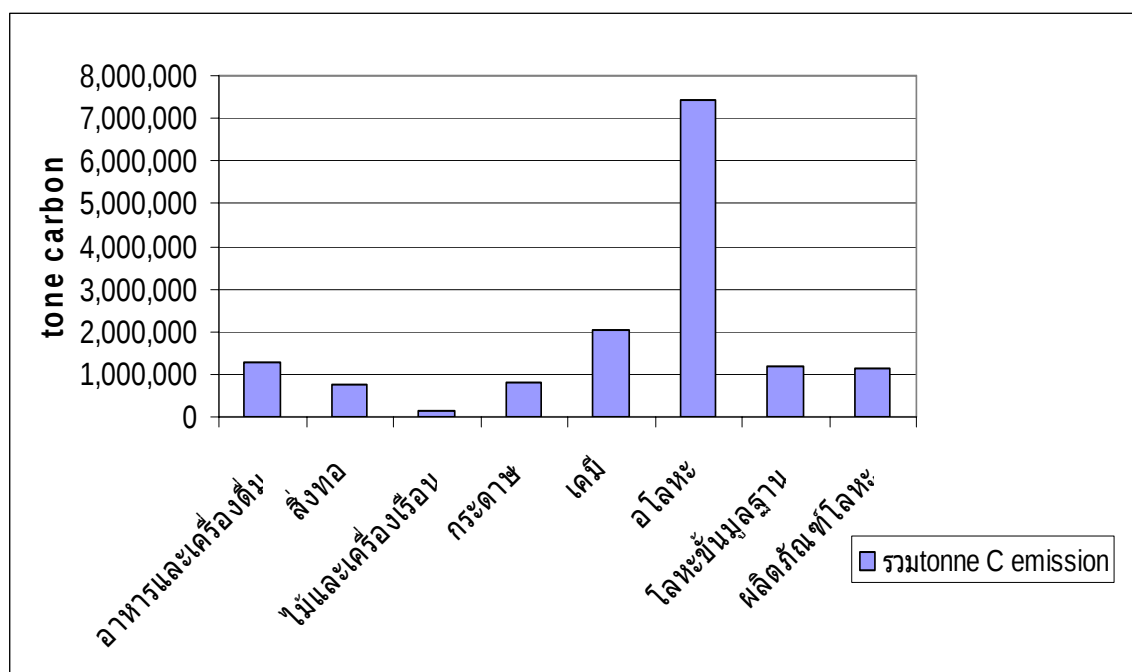
f – emission factors according to gas types and energies types

V – added values according to different industries

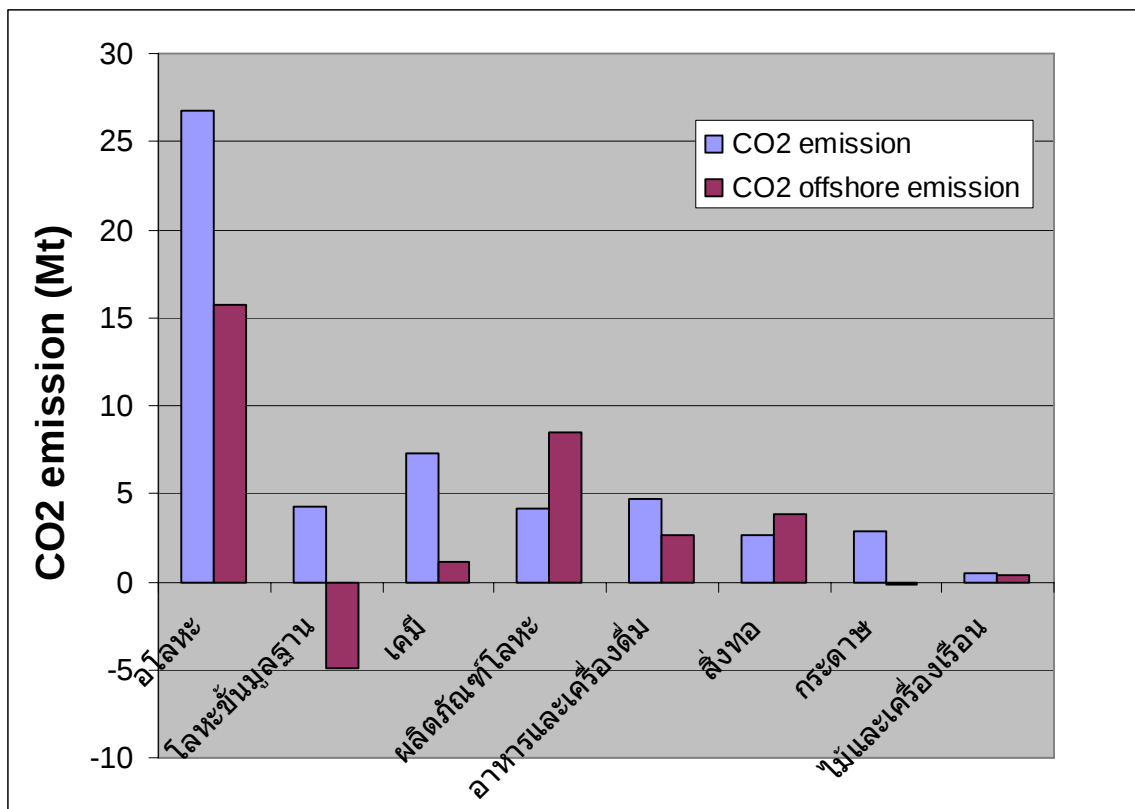
i – industries (8 industries)

j – energy types (7 energies included: coal, gasoline, kerosene, diesel, fuel, natural gas and electric power)

กรณีศึกษาปี พ.ศ. 2549 โดยใช้ข้อมูลการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรม จากรายงานพลังงานของประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยแบ่งตามรายอุตสาหกรรม ดังนี้ อโลหะ, โลหะขั้นมูลฐาน, เคมี, ผลิตภัณฑ์โลหะ, อาหารและเครื่องดื่ม, สิ่งทอ, กระดาษ, ไม้และเครื่องเรือน ประกอบกับข้อมูลมูลค่าการส่งออกของกรมศุลกากร สามารถคำนวณค่าการปลดปล่อยคาร์บอนจากภาคอุตสาหกรรมได้ดังแสดงในภาพที่ 3.11 และแสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนที่ส่งออก (offshore emission) ได้ดังภาพที่ 3.12

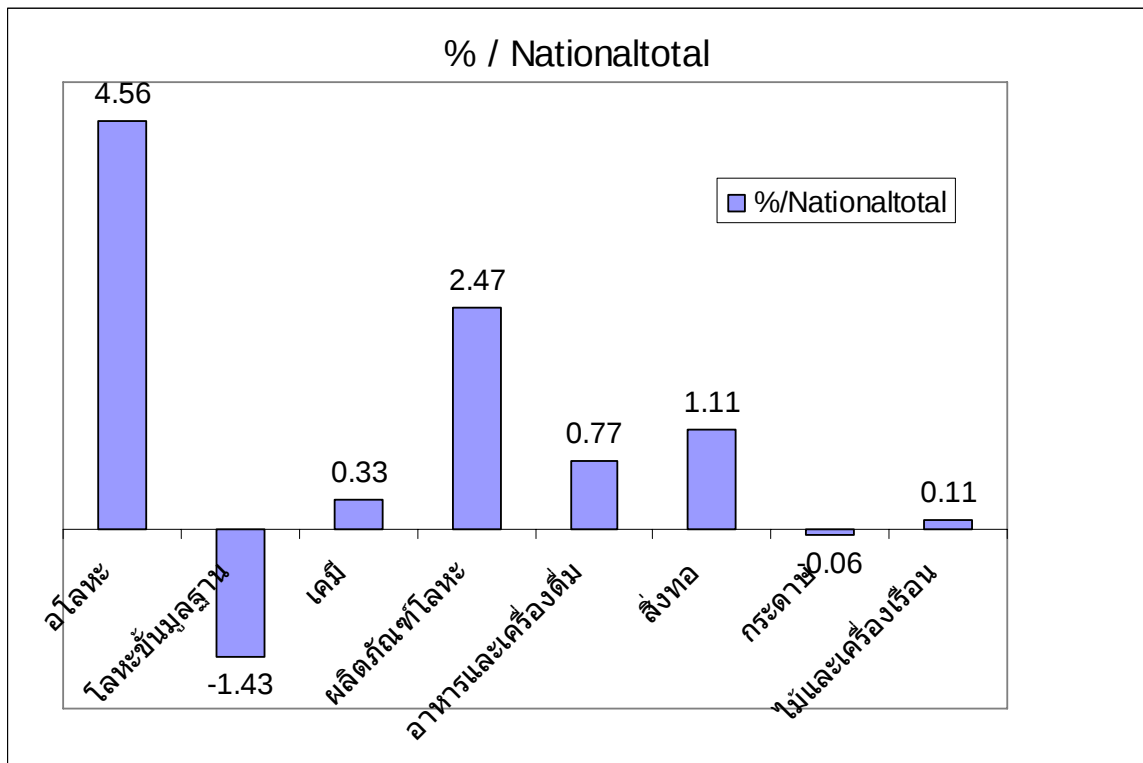


ภาพที่ 3.11 ต้นคาร์บอนที่ปลดปล่อยจากการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรม ปีพ.ศ. 2549



ภาพที่ 3.12: ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจากการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนที่ส่งออกนอกประเทศ

เมื่อเปรียบเทียบค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดของประเทศไทยในปีพ.ศ. 2549 คือ 344 ล้านตัน(Mt) คิดเป็นร้อยละของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานตามรายอุตสาหกรรม ดังแสดงในภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13: ร้อยละของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงาน  
ตามรายอุตสาหกรรม

## บทที่ 4

### การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายอุตสาหกรรม ด้วยเครื่องมือ Input-Output Table

เนื้อหาในบทที่ 3 ได้แสดงวิธีการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แยกตามหลักการคำนวณทั้งสามวิธีคือ ตามหลักการรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต ภาระรับผิดชอบตามสัดส่วนความเป็นเจ้าของหน่วยผลิต และภาระรับผิดชอบตามการบริโภค การคำนวณดังกล่าวใช้ฐานข้อมูลการใช้พลังงานที่เกี่ยวข้องที่ระดับการผลิตสินค้าขั้นสุดท้ายเท่านั้น นอกจากนี้เรายังสามารถที่จะคำนวณผลลักษณะคล้ายกันด้วยฐานข้อมูลอีกประเภทหนึ่งคือ ฐานข้อมูลตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต(Input-Output Table) ซึ่งมีข้อดีก็คือสามารถทำการคำนวณได้หลายอุตสาหกรรมพร้อมๆ กัน ตามความละเอียดของข้อมูล ซึ่งมีในระดับ 26 สาขา และ 180 สาขา นอกจากนี้ยังสามารถที่จะคำนวณผลที่เกิดจากกระบวนการผลิตทั้งสินค้าขั้นกลางและสินค้าขั้นสุดท้ายได้ด้วย อย่างไรก็ตามเครื่องมือดังกล่าวยังไม่สามารถใช้ได้กับการคำนวณภาระรับผิดชอบตามสัดส่วนของความเป็นเจ้าของหน่วยผลิตเนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลด้านสัดส่วนความเป็นเจ้าของที่มีความละเอียด ครบถ้วน และน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะนำมาปรับใช้ได้

#### 4.1 การวิเคราะห์ Input-Output Analysis

แนวคิดของการวิเคราะห์โดยวิธี Input-Output Analysis ได้รับการเสนอขึ้นครั้งแรกโดย Wassily Leontief นักเศรษฐศาสตร์ชาวรัสเซีย (Leontief, 1966) ซึ่งนับเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจมหภาคที่ได้รับความสนใจและถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางทั้งโดยนักเศรษฐศาสตร์ และ นักวิทยาศาสตร์สาขาอื่นๆ รวมทั้งถูกนำมาใช้เป็นฐานในการพัฒนาแบบจำลองสำหรับการศึกษาความต้องการในการใช้พลังงานของระบบเศรษฐกิจ (Chapman 1974; Bullard and Herendeen, 1975) ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาต่อเนื่องเป็นแบบจำลองสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการผลิต โดยคณะนักวิจัยหลายๆ กลุ่ม (Common and Salma, 1992; Gay and Proops, 1993; Suksuntornsiri and Limmeechokchai, 2005; Limmeechokchai and Suksuntornsiri, 2007; Peters and Hertwich, 2008a)

Input-Output Analysis พัฒนขึ้นจากแนวความคิดที่ว่า ในกระบวนการผลิตสินค้าหรือบริการแต่ละประเภท มีความจำเป็นที่จะต้องมีการใช้สินค้าและบริการต่างๆ มาเป็นปัจจัยการผลิต (Input) ของกระบวนการผลิตเหล่านั้น และในขณะเดียวกัน ผลผลิต (Output) ของภาคการ

ผลิตแต่ละประเภท นอกจากจะใช้เพื่อการตอบสนองต่อความต้องการในการบริโภคขั้นสุดท้ายของระบบเศรษฐกิจ (Final demand) แล้ว ยังจะต้องมีส่วนหนึ่งที่ต้องกลายไปเป็นปัจจัยการผลิตขั้นกลาง (Intermediate input) สำหรับสนับสนุนกระบวนการผลิตสินค้าและบริการประเภทอื่นๆ อีกด้วย

นั่นคือ ถ้าสมมติให้  $y$  เป็น vector ขนาด  $n \times 1$  ซึ่งแสดงมูลค่าความต้องการสินค้าขั้นสุดท้ายของระบบเศรษฐกิจ สำหรับอุตสาหกรรม  $i = 1, \dots, n$  และ  $X$  เป็น  $n \times n$  matrix ซึ่งองค์ประกอบแต่ละตัว ( $X_{ij}$ ) แสดงมูลค่าของผลผลิตของอุตสาหกรรม  $i = 1, \dots, n$  ซึ่งถูกใช้ไปเป็น intermediate input สำหรับการผลิตของภาคอุตสาหกรรม  $j = 1, \dots, n$

จะได้ว่า มูลค่าของขนาดความต้องการรวม สำหรับอุตสาหกรรมการผลิต  $i = 1, \dots, n$  จะมีค่าเท่ากับผลรวมของความต้องการสินค้าขั้นกลาง รวมกับ ความต้องการสินค้าขั้นสุดท้าย (Total demand = Intermediate demand + Final demand) หรือแสดงเป็นสมการได้ว่า

$$x_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} + y_i \quad (4.1)$$

ถ้าสมมติให้  $A$  เป็น  $n \times n$  matrix ซึ่งองค์ประกอบแต่ละตัว ( $A_{ij}$ ) แสดงขนาดของค่าสัมประสิทธิ์มูลค่าความต้องการ intermediate input  $i$  สำหรับการผลิตสินค้า  $j$  มูลค่า 1 บาท นั่นคือ

$$X_{ij} = A_{ij} x_j \quad (4.2)$$

หรือ อาจเขียนในรูปแบบของสมการ matrix ได้ว่า

$$x = Ax + y \quad (4.3)$$

ในกรณีนี้ เราสามารถแก้สมการหาค่าของ  $x$  ได้เป็น

$$x = (I - A)^{-1} y \quad (4.4)$$

โดยที่  $I$  = Identity matrix

สมการ (4.4) ที่ได้นี้ จะเป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าของ Final demand กับมูลค่าของ Total demand (รวม Intermediate demand) ที่ระบบเศรษฐกิจจำเป็นต้องผลิตขึ้นเพื่อรองรับขนาดของ Final demand ดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจาก

$$(I - A)^{-1} = 1 + A + A^2 + A^3 + \dots$$

ซึ่งทำให้ได้ว่า

$$(I - A)^{-1}y = y + Ay + A^2y + A^3y + \dots = x \quad (4.5)$$

นั่นคือ ผลคูณระหว่าง  $(I-A)^{-1}$  (หรือที่เรียกกันว่า Leontief inverse matrix กับ  $y$  จะมีค่าเท่ากับ ผลรวมของขนาดมูลค่าของ  $y$  รวมกับ มูลค่าของปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการผลิต  $y$  รวมกับ มูลค่าของปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการผลิตปัจจัยการผลิตเหล่านั้น รวมย้อนกลับไปเรื่อยๆ จนถึง infinity รอบ ซึ่งทั้งหมดก็ย่อมจะมีค่าเท่ากับมูลค่าของผลผลิตรวม (Total demand =  $x$ ) ที่ระบบเศรษฐกิจต้องผลิตขึ้นเพื่อรองรับความต้องการขั้นสุดท้าย (Final demand =  $y$ ) นั่นเอง

## 4.2 การปรับใช้ Input-Output Analysis ในการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากลักษณะพิเศษของ Input-Output Analysis ที่ทำให้เราสามารถคำนวณขนาดของความต้องการผลผลิตรวมและปัจจัยการผลิตขั้นกลางที่จำเป็นต้องผลิตขึ้นเพื่อรองรับการบริโภคขั้นสุดท้าย จึงทำให้นักวิจัยหลายกลุ่มได้นำวิธีการของ Input-Output Analysis มาปรับใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคำนวณขนาดความรับผิดชอบในลักษณะของภาระรับผิดชอบตามการบริโภคเทียบกับภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต

โดยในเบื้องต้น การศึกษาในครั้งนี้จะจำกัดขอบเขตการวิเคราะห์ไว้เพียงแค่ การคำนวณขนาดของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเท่านั้น เนื่องจากเป็นแหล่งของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่สุด และมีข้อมูลพื้นฐานต่างๆ ที่จะใช้ประกอบในการวิเคราะห์ที่ค่อนข้างครบถ้วนมากที่สุด

โดยการคำนวณขนาดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคพลังงาน (e) จากขนาดของผลผลิตรวม ( $x$ ) สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$e = c^T Fx \quad (4.6)$$

โดยที่  $e$  = ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (scalar)

$c$  = Conversion factor vector ( $k \times 1$ ) แสดงสัมประสิทธิ์ของปริมาณการปล่อยก๊าซ  $CO_2$  จากการเผาไหม้ของแหล่งเชื้อเพลิง/แหล่งพลังงานแต่ละประเภท

$F$  = Energy input matrix ( $k \times n$ ) แสดงสัมประสิทธิ์ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละประเภทต่อมูลค่าของผลผลิตที่ได้จากแต่ละภาคการผลิต

$x$  = Total demand vector ( $n \times 1$ ) แสดงปริมาณผลผลิตรวมของแต่ละภาคการผลิต

เมื่อแทนค่า  $x = (I-A)^{-1}y$  จากสมการ (4.4) ลงไปจะได้ว่า

$$e = c^T F(I - A)^{-1}y \quad (4.7)$$

สมการ (4.6) และ (4.7) จะเป็นสมการพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริงภายในประเทศ ในลักษณะที่ตรงกับวิธีคิดแบบภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต ทั้งนี้เนื่องจาก โดยนิยามของ Input-Output Model แล้ว  $x$  จะเป็นตัวแปรที่แสดงถึงมูลค่าของผลผลิตรวมของทุกสาขาการผลิตที่มีการผลิตขึ้นมาภายในประเทศ ขณะที่  $y$  จะแสดงถึงมูลค่าของผลผลิตขั้นสุดท้าย (หลังจากหักผลผลิตขั้นกลางออกแล้ว) ที่ภาคการผลิตภายในประเทศได้ก่อกำขึ้น เพื่อใช้รองรับความต้องการในการบริโภคภายในประเทศและการส่งออกสุทธิไปสู่ผู้บริโภคต่างประเทศ

อย่างไรก็ดี สมการที่ (4.7) จะเป็นสมการที่อยู่ในรูปแบบซึ่งสามารถนำมาปรับใช้ในการคำนวณภาระความรับผิดชอบในลักษณะของภาระรับผิดชอบตามการบริโภคได้อย่างไม่ยากนัก นั่นคือ ถ้าเราสมมติให้  $z$  = มูลค่าของผลผลิตขั้นสุดท้ายที่มีการใช้จริงภายในประเทศ (ทั้งในรูปแบบของการบริโภคของครัวเรือนผู้บริโภค การใช้งานในธุรกรรมของภาครัฐ และการลงทุนของภาคการผลิตในประเทศ) เราจะสามารถคำนวณปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นอันเป็นผลสืบเนื่องมาจากความต้องการในการบริโภคและการใช้สินค้าที่มีขึ้นภายในประเทศ ( $e$ ) ตามแนวคิดแบบภาระรับผิดชอบตามการบริโภคได้ ดังสมการต่อไปนี้

$$e_c = c^T F(I - A)^{-1} z \quad (4.8)$$

จะเห็นว่า  $e$  และ  $e_c$  มีส่วนเหมือนกัน คือ ทั้งคู่จะเป็นการคำนวณปริมาณของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไม่ได้พิจารณาเพียงแค่การปลดปล่อยที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตตัวสินค้าเหล่านั้นเท่านั้น แต่จะพิจารณารวมไปถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตปัจจัยการผลิตที่เกี่ยวข้องตลอดทั้ง Life Cycle ของการผลิตด้วย แต่ความแตกต่างของ  $e$  กับ  $e_c$  จะอยู่ที่ว่า ขนาดของ  $e$  คำนวณขึ้นจากค่าของ  $y$  หรือ มูลค่าของผลผลิตขั้นสุดท้ายที่ได้มีการสร้างขึ้นจากภาคการผลิตต่างๆ ภายในประเทศ ( $y = C + I + G + \Delta S + X - M$ ) ขณะที่  $e_c$  จะคำนวณขึ้นจากค่าของ  $z$  หรือ มูลค่าของผลผลิตขั้นสุดท้ายที่ถูกนำมาใช้เพื่อรองรับการบริโภคและการลงทุนภายในประเทศจริง ( $z = C + I + G$ )

### 4.3 แหล่งที่มาของข้อมูล

ในส่วนของการคำนวณ Input-Output Analysis ในการศึกษานี้จะใช้ข้อมูล Input-Output Table และ Energy Input Matrix ของประเทศไทยปีล่าสุด จากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติเป็นฐานในการคำนวณ แต่ประสบปัญหาว่า ข้อมูล Input-Output Table ฉบับล่าสุดจะเป็นข้อมูลสำหรับปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) ขณะที่ข้อมูล Energy Input Matrix ที่มีล่าสุดจะเป็นข้อมูลของปี พ.ศ. 2538 (ค.ศ. 1995) ทำให้คณะผู้วิจัยจำเป็นต้องตั้งสมมติฐานว่า โครงสร้างการใช้พลังงานของสาขาการผลิตต่างๆ ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2543 ไม่มีความแตกต่างที่สำคัญจากโครงสร้างการใช้พลังงานที่ปรากฏอยู่ในปี พ.ศ. 2538 มากเกินไปนัก

ในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์ในการแปลงค่าปริมาณการใช้พลังงานประเภทต่างๆ เป็นตัวเลขปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะใช้การอ้างอิงวิธีการประมาณการปริมาณการปล่อยก๊าซที่กำหนดใน Revised 1996 IPCC Guideline นั่นคือ ค่าสัมประสิทธิ์ของเชื้อเพลิงประเภท  $k$  จะเป็นผลคูณขององค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

$$c_k = NCV_k * CEF_k * OF_k * (44/12)$$

โดยที่  $C_k$  = Conversion factor for fuel  $k$  (ton CO<sub>2</sub>/unit)

$NCV_k$  = Net Calorific Value หรือ ค่าความร้อนต่อหน่วยของเชื้อเพลิงชนิด  $k$  (TJ/unit)

$CEF_k$  = Carbon Emission Factor หรือ สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยคาร์บอนต่อหน่วย  
พลังงานของเชื้อเพลิงชนิด k (ton Carbon/TJ)

$OF_k$  = Oxidation Fraction หรือ สัดส่วนของปริมาณเชื้อเพลิงชนิด k ที่ก่อปฏิกิริยา  
Oxidation ในกระบวนการเผาไหม้ (ไม่มีหน่วย)

44/12 = สัดส่วนในการแปลงหน่วยน้ำหนักคาร์บอน  
เป็นน้ำหนัก  $CO_2$  (ton Carbon/ton  $CO_2$ )

ข้อมูลในส่วนของ Carbon Emission Factor และ Oxidation Fraction จะใช้ข้อมูล  
ประมาณการในลักษณะ Tier 1 Method จาก IPCC Guideline ปี 1996 ในการคำนวณ  
ส่วนข้อมูล Net Calorific Value จะใช้ข้อมูลจากรายงานพลังงานของประเทศไทย ของกรม  
พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

#### 4.4 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากวิธีการคำนวณที่ได้แสดงไว้แล้วข้างต้น ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการคำนวณผลปริมาณ  
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้วิธีการทั้งสองวิธีโดยใช้ตารางขนาดความละเอียด 26 สาขา ซึ่ง  
ผลการคำนวณได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1: ผลการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามภาระรับผิดชอบตาม  
การปลดปล่อยที่จุดผลิต และภาระรับผิดชอบตามการบริโภค

หน่วย : ตัน

|     | Sector                         | Production | Consumption |
|-----|--------------------------------|------------|-------------|
| 001 | Crops                          | 8.90E+05   | 1.63E+06    |
| 002 | Livestock                      | 4.65E+05   | 4.80E+05    |
| 003 | Forestry                       | -9.08E+04  | 1.65E+04    |
| 004 | Fishery                        | 2.37E+06   | 2.38E+06    |
| 005 | Mining and Quarrying           | -1.14E+07  | 4.65E+03    |
| 006 | Food Manufacturing             | 2.46E+07   | 1.25E+07    |
| 007 | Beverages and Tobacco Products | 4.42E+06   | 6.92E+06    |
| 008 | Textile Industry               | 2.48E+07   | 1.59E+07    |
| 009 | Paper Products and Printing    | 3.45E+06   | 7.05E+06    |
| 010 | Chemical Industries            | -7.90E+06  | 7.06E+06    |

|       | Sector                           | Production | Consumption |
|-------|----------------------------------|------------|-------------|
| 011   | Petroleum Refineries             | 5.75E+06   | 5.20E+06    |
| 012   | Rubber and Plastic Products      | 4.21E+06   | 1.72E+06    |
| 013   | Non-metallic Products            | 7.77E+06   | 1.39E+06    |
| 014   | Basic Metal                      | -1.25E+07  | 7.82E+04    |
| 015   | Fabricated Metal Products        | 6.95E+05   | 3.08E+06    |
| 016   | Machinery                        | 3.06E+07   | 3.76E+07    |
| 017   | Other Manufacturing              | 1.89E+07   | 1.24E+07    |
| 018   | Electricity and Water Works      | 3.59E+07   | 3.58E+07    |
| 019   | Construction                     | 2.70E+07   | 2.69E+07    |
| 020   | Trade                            | 1.88E+07   | 1.45E+07    |
| 021   | Restaurants and Hotels           | 2.28E+07   | 1.87E+07    |
| 022   | Transportation and Communication | 5.57E+07   | 3.64E+07    |
| 023   | Banking and Insurance            | 8.57E+05   | 9.14E+05    |
| 024   | Real Estate                      | 2.30E+06   | 2.34E+06    |
| 025   | Services                         | 2.33E+07   | 2.25E+07    |
| 026   | Unclassified                     | 3.43E+06   | 4.22E+06    |
| Total |                                  | 2.87E+08   | 2.78E+08    |

ที่มา: จากการคำนวณ โดยใช้ Input-Output Table ปี 2000 และ Energy Input Matrix ปี 1995  
หมายเหตุ: สาขาที่มีตัวเลขติดลบเกิดจากการที่สาขาดังกล่าวนั้นมีตัวเลขสินค้าคงค้างจากปีก่อนหน้าใน  
ปริมาณที่สูงมากซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสาขาในภาคการเกษตร ซึ่งทำให้ตัวเลขการบริโภคขั้นสุดท้ายของสาขา  
ดังกล่าวติดลบ ส่งผลให้ผลการคำนวณติดลบไปด้วย

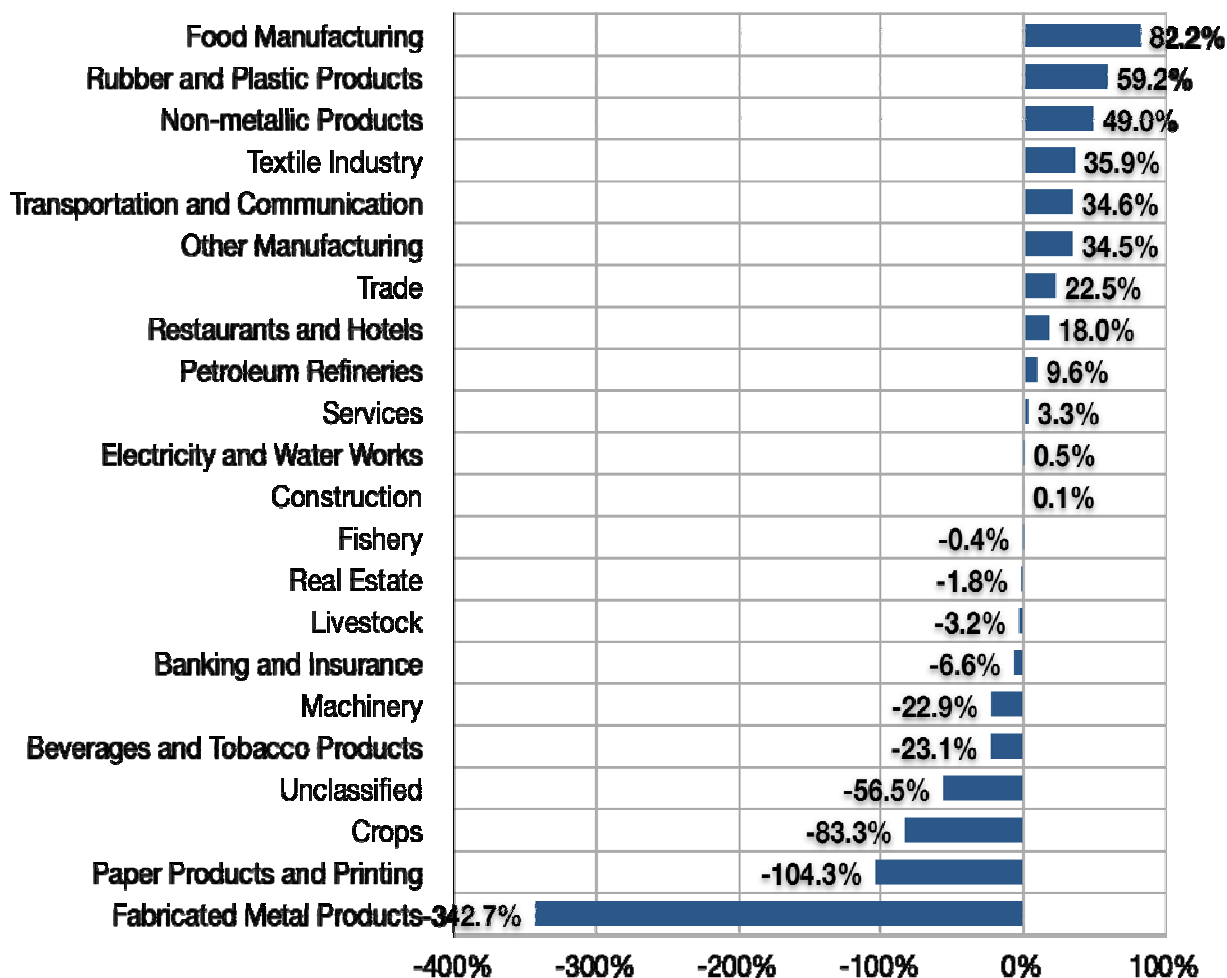
ผลการคำนวณพบว่าปริมาณการปลดปล่อยโดยรวมตามสถิติในปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) ประเทศไทยมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งจากการผลิตขั้นสุดท้ายและชั้น  
กลางรวมทั้งสิ้นประมาณ 287 ล้านตันหากคำนวณจากภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุด  
ผลิต และปริมาณจะลดลงเล็กน้อยเป็น 278 ล้านตัน หากคำนวณจากภาระรับผิดชอบตามการ  
บริโภค ผลการคำนวณที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งน่าจะสะท้อนจากความจริงที่ว่ามูลค่า  
ของการส่งออกสุทธิของไทยนั้นมีขนาดประมาณเพียงร้อยละ 9 ของ GDP แม้ว่ามูลค่าการ  
ส่งออกจะมีขนาดสูงมากถึงประมาณร้อยละ 65 – 70 ของ GDP แต่ก็ถูกหักล้างโดยมูลค่าการ  
นำเข้าที่สูงใกล้เคียงกันด้วย เพราะประเทศไทยมีการนำเข้าสินค้าที่เป็นวัตถุดิบชั้นกลางและ  
เครื่องจักรจำนวนมากเพื่อนำมาผลิตต่อเป็นสินค้าเพื่อการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก

แม้ว่าปริมาณรวมของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณจากแต่ละวิธี  
ข้างต้นจะแตกต่างกันน้อยมากเพียงร้อยละ 3.22 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในรายละเอียดของแต่ละ  
สาขาจะพบว่าปริมาณที่คำนวณได้จากต่างวิธีกันมีความแตกต่างกันมากพอสมควร  
รายละเอียดของผลดังกล่าวแสดงไว้ในภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2

ตัวเลขในตารางดังกล่าวแสดงร้อยละของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไทยมีการ  
ผลิตที่สูงกว่าปริมาณที่เกิดจากความต้องการบริโภคภายในประเทศของไทยเอง นั่นคือถ้าค่า  
ดังกล่าวเป็นบวกแสดงว่าประเทศไทยจะต้องรับภาระของก๊าซดังกล่าวสูงกว่าที่ควรจะเป็น โดย  
รับภาระแทนประเทศอื่นในฐานะที่เป็นแหล่งผลิตสินค้าให้แทนและมีการย้ายฐานการผลิต  
คาร์บอนเกิดขึ้น

จะเห็นได้ว่าสาขาที่ประเทศไทยมีการผลิตและจะต้องรับผิดชอบแทนประเทศอื่นที่สำคัญ  
และมีสัดส่วนเกินร้อยละ 30 ได้แก่ สาขาการผลิตอาหาร (82.2%) สาขาผลิตภัณฑ์ยางและ  
พลาสติก(59.2%) สาขาผลิตภัณฑ์โลหะ (ส่วนใหญ่เป็นปูนซีเมนต์ 49.0%) สาขาเครื่องนุ่งห่ม  
(35.9%) สาขาการขนส่งและคมนาคม (34.6%) และสาขาอุตสาหกรรมอื่นๆ (34.5%) จะเห็นได้  
ว่าสาขาเหล่านี้ล้วนเป็นสาขาที่ประเทศไทยมีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบในการส่งออก  
ทั้งสิ้น ส่วนสาขาที่มีสัดส่วนที่ไทยต้องรับภาระแทนประเทศในระดับสูงปานกลาง (ระหว่างร้อยละ  
10 - 29) ได้แก่ สาขาการบริการการค้า และสาขาบริการภัตตาคารและโรงแรม สาขาเหล่านี้  
ก็ยังเป็นสาขาที่เกี่ยวข้องกับการส่งออกที่สำคัญอยู่เช่นกันโดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการ  
ท่องเที่ยว

อย่างไรก็ดีประเทศไทยก็มีโครงสร้างการผลิตที่พึ่งพิงการนำเข้าจากประเทศอื่นในหลาย  
สาขาเช่นกัน ส่งผลให้ไทยมีการบริโภคภายในประเทศที่สูงกว่าความสามารถในการผลิตของเรา  
เอง และได้ผลักภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นไปให้ประเทศอื่นด้วย  
เช่นกัน ดังนั้นค่าที่คำนวณได้จึงติดลบ สาขาที่มีขนาดติดลบค่อนข้างสูง ได้แก่ สาขาผลิตภัณฑ์  
โลหะ(-342.7%) สาขาผลิตภัณฑ์กระดาษและการพิมพ์ (-14.3%) และสาขาธัญพืชต่างๆ  
(-83.3%) สังเกตว่าสาขาเหล่านี้ประเทศไทยไม่มีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบในการผลิต  
และต้องนำเข้าเป็นวัตถุดิบหรือสินค้าขั้นสุดท้าย เนื่องจากไทยไม่มีแหล่งแร่ธาตุโลหะ เยื่อ  
กระดาษและ ธัญพืช (ข้าวสาลี ถั่วเหลือง เป็นต้น)



ที่มา: จากการคำนวณ

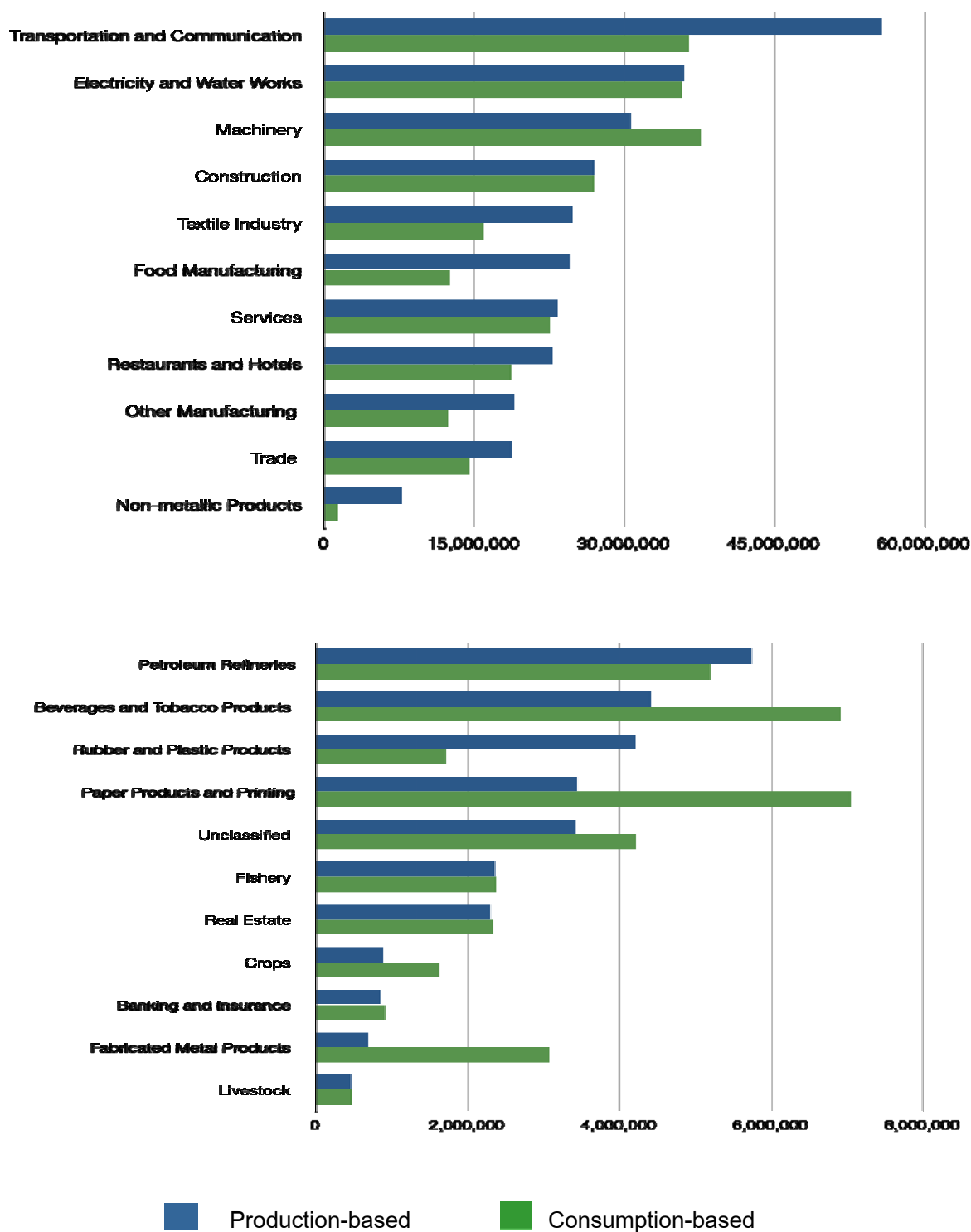
หมายเหตุ: ร้อยละของปริมาณจากฐานการผลิตฐานการบริโภค

หารด้วยปริมาณจากฐานการผลิต

ภาพที่ 4.1: ร้อยละของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากฐานการผลิตที่สูงกว่าของฐานการบริโภคเรียงลำดับจากมากไปน้อย

สำหรับสาขาผลิตภัณฑ์โลหะ และ สาขาผลิตภัณฑ์กระดาษและการพิมพ์ แม้ว่าจะมีร้อยละของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากวิธีคำนวณภาระรับผิดชอบตามการบริโภคที่สูงกว่าวิธีคำนวณภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตมากก็ตาม แต่สาขาดังกล่าวไม่ได้เป็นสาขาที่สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณมากเป็นอันดับต้นๆ แต่อย่างใด ตัวอย่างเช่น สาขาผลิตภัณฑ์โลหะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการบริโภคประมาณ 3.1 ล้านตัน สาขาผลิตภัณฑ์กระดาษและการพิมพ์ 7.1 ล้านตัน และสาขาธัญพืชต่างๆ มีเพียง 1.6 ล้านตัน ยกเว้นแต่สาขาเครื่องจักรที่การบริโภคในประเทศทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงมากถึง 37.6 ล้านตัน แต่ร้อยละของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาระรับผิดชอบตามการบริโภคสูงกว่าภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตอยู่ประมาณร้อยละ 23

สาขาที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตมีปริมาณสูงๆ ได้แก่ สาขาการขนส่งและคมนาคม (55.8 ล้านตัน) สาขาไฟฟ้าและประปา (35.9 ล้านตัน) สาขาเครื่องจักร (30.6 ล้านตัน) และสาขาการก่อสร้าง (27 ล้านตัน) เป็นต้น (ดูภาพที่ 4.2) ส่วนสาขาที่มีการส่งออกและมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต ปริมาณสูง ได้แก่ สาขาสีทอง (24.8 ล้านตัน) สาขาอาหาร (24.6 ล้านตัน) สาขาการบริการ (23.3 ล้านตัน) และ สาขาภัตตาคารและโรงแรม (22.8 ล้านตัน) เป็นต้น



ที่มา: จากการคำนวณ

ภาพที่ 4.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายสาขาการผลิตเปรียบเทียบระหว่าง การ  
รับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตและการรับผิดชอบตามการบริโภค

## บทที่ 5

### บทสรุปนัยยะทางนโยบาย

#### 5.1 ข้อค้นพบของงานวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ได้พยายามที่จะชี้ให้เห็นว่า แนวทางการแบ่งภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจกที่ใช้อยู่ภายใต้ระบบของพิธีสารเกียวโต ที่เน้นการคำนวณภาระความรับผิดชอบตามแนวคิด ภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตนั้น จะทำให้เกิดปัญหาการรั่วไหลของคาร์บอนจากประเทศที่มีข้อผูกพันต้องลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ไปสู่กลุ่มประเทศที่เป็นสมาชิกแต่ไม่จำเป็นต้องมีข้อผูกพัน โดยวิธีการย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศอื่นที่เรียกว่า การย้ายฐานการผลิตคาร์บอน (Carbon Offshoring)

เหตุผลหนึ่งที่พิธีสารเกียวโตบังคับให้ประเทศสมาชิกในกลุ่มแรกต้องมีข้อผูกพันในการจัดการกับก๊าซเรือนกระจกก่อนเนื่องมาจากเห็นว่าประเทศเหล่านี้ได้ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมากในอดีตเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจของตน ในขณะที่ประเทศกำลังพัฒนาเพิ่งจะเริ่มมีการปลดปล่อยก๊าซในภายหลัง รวมทั้งประเทศที่พัฒนาแล้วยังอยู่ในสถานะทางเศรษฐกิจที่มีความพร้อมกว่าในการที่จะรับผิดชอบปัญหาดังกล่าว

อย่างไรก็ดี วิธีการคำนวณภาระรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตดังกล่าว กลับมีข้อเสียหลายประการ เช่น ละเลยปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากภาคการขนส่งระหว่างประเทศ โดยไม่มีการคำนึงถึงคาร์บอนที่แทรกอยู่ในสินค้าที่มีการค้าขายกันระหว่างประเทศ ส่งผลให้ความสามารถในการแข่งขันของประเทศในกลุ่มที่มีข้อผูกพันลดลง ซึ่งนำไปสู่ความพยายามของประเทศในกลุ่มแรกที่จะเริ่มนำเอาข้อกีดกันทางการค้าที่เรียกว่าการปรับค่าคาร์บอนก่อนเข้าพรมแดน (Border Carbon Adjustment, BCA) มาเป็นเครื่องมือชดเชยความเสียเปรียบ ซึ่งภาระดังกล่าวก็จะถูกผลักให้ประเทศผู้ส่งออก ซึ่งเป็นประเทศกำลังพัฒนาต้องรับผิดชอบ ทั้งๆ ที่ภาระความรับผิดชอบจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศที่พัฒนาแล้วที่สร้างไว้ในอดีตนั้นยังมิได้มีการรับผิดชอบอย่างพอเพียง

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้ จึงจะได้เสนอแนวคิดการคำนวณภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจกอีกสองแนวทางที่เห็นว่าน่าที่จะมีความเหมาะสมและยุติธรรมมากกว่า คือ การคำนวณภาระรับผิดชอบตามสัดส่วนของความเป็นเจ้าของหน่วยผลิต และภาระรับผิดชอบตามสัดส่วนของการบริโภคเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

โดยแนวคิดแรกมีจุดประสงค์เพื่อผลกระทบความรับผิดชอบกลับไปสู่ประเทศผู้ลงทุนที่ย้ายฐานการผลิตไปต่างประเทศ ด้วยเหตุผลที่ว่าเจ้าของกิจการดังกล่าวนั้นเป็นผู้ได้รับผลประโยชน์จากการผลิตสินค้านั้นๆ จากการคำนวณที่งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นไว้ในกรณีของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์และเหล็ก พบว่า กวาร์ร้อยละ 15 ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตโดยอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของไทยเป็นส่วนที่ควรรับผิดชอบโดยต่างชาติที่มาถือหุ้นในประเทศไทย และสัดส่วนดังกล่าวสูงถึงร้อยละ 75 ในกรณีของอุตสาหกรรมเหล็กมูลฐาน อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติอาจมีความยุ่งยากด้านข้อมูลที่ไม่แม่นยำ เนื่องจากมีปัญหาการถือหุ้นแทน รวมทั้งปัญหาในกรณีที่หน่วยผลิตมีการถือหุ้นโดยต่างชาติทั้งหมดแต่ผลิตเพื่อการบริโภคภายในทั้งหมด ซึ่งจะมีความไม่เป็นธรรมที่จะให้ประเทศที่เป็นเจ้าของการลงทุนซึ่งไม่ได้บริโภคสินค้านั้นเลยต้องรับผิดชอบต่อมลพิษที่ตนผลิตขึ้นเพื่อคนของประเทศอื่นบริโภค

แนวคิดสุดท้ายเป็นการคำนวณภาระรับผิดชอบตามการบริโภค โดยทำการกระจายภาระความรับผิดชอบต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นตามสัดส่วนการบริโภคของแต่ละประเทศ แนวคิดนี้เป็นแนวทางที่งานวิจัยนี้เห็นว่ามีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถแก้ปัญหาการรั่วไหลของคาร์บอนและการย้ายฐานการผลิตคาร์บอน ทั้งยังสามารถแก้ข้อบกพร่องของวิธีการคำนวณภาระรับผิดชอบตามสัดส่วนของความเป็นเจ้าของหน่วยผลิตที่กล่าวแล้วข้างต้นได้ เนื่องจากแนวคิดสุดท้ายนี้จะกระจายภาระความรับผิดชอบให้แก่ผู้บริโภคสินค้าขั้นสุดท้าย ไม่ว่าสินค้านั้นจะผลิตภายในประเทศหรือนำเข้าจากต่างประเทศก็ตาม ซึ่งได้พบว่าในระดับภาพรวมของประเทศไทย ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณจากทั้งสองวิธีมีตัวเลขสุทธิไม่ต่างกันมากนัก คือปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณด้วยวิธีการรับผิดชอบตามการบริโภคนั้นต่ำกว่าวิธีการรับผิดชอบตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตเพียงร้อยละ 3 เนื่องจากประเทศไทยมีการส่งออกสุทธิโดยรวมทุกสินค้าไม่สูงเมื่อเทียบกับ GDP แม้ว่ามูลค่าการส่งออก หรือการนำเข้าใดๆ เมื่อเทียบกับ GDP จะสูงถึงร้อยละ 65-70 ก็ตาม

อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาในระดับรายสาขาอุตสาหกรรม พบว่าอุตสาหกรรมที่ประเทศไทยมีความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก เช่น สาขาการผลิตอาหาร สาขายางและพลาสติก สาขาสี และบริการที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว นั้น ล้วนแล้วแต่มีสัดส่วนที่ไทยผลิตเพื่อการส่งออกไปประเทศอื่นสูง ดังนั้นสาขาเหล่านี้จึงมีปริมาณการผลิตคาร์บอนตามแนวคิดตามการปลดปล่อยที่จุดผลิตสูงกว่าปริมาณคาร์บอนตามแนวคิดด้านการบริโภคค่อนข้างมาก โดยที่หลายสาขามีสัดส่วนสูงกว่าร้อยละ 40 และยังมีปริมาณการผลิตสูงมากเมื่อเทียบกับสาขาอื่นๆ ด้วย

ดังนั้นก็หมายความว่าหากไทยจะต้องมีพันธกรณีในการจัดการกับก๊าซดังกล่าว และยังคงใช้วิธีการคำนวณภาระตามการปลดปล่อยที่จุดผลิต ประเทศไทยก็ต้องรับภาระการจัดการกับก๊าซดังกล่าวแทนประเทศผู้นำเข้าในสาขาเหล่านั้นอย่างมาก อย่างไรก็ตามไทยเองก็มีการพึ่งพิงการผลิตโดยเฉพาะวัตถุดิบ เช่น โลหะ กระจก และธัญพืช จากต่างประเทศในสัดส่วนที่สูงด้วยเช่นกัน ซึ่งในสาขาเหล่านี้ก็ถือว่าประเทศไทยได้ผลภาระความรับผิดชอบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปให้ประเทศอื่นๆ ด้วยเช่นกัน

## 5.2 นัยยะทางนโยบาย

แนวคิดการรับผิดชอบตามสัดส่วนของการบริโภคนั้น ยังเป็นแนวคิดที่ใหม่ในแวดวงการเจรจาเกี่ยวกับปัญหาโลกร้อน ซึ่งกำลังเริ่มเป็นที่สนใจโดยเฉพาะในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา เช่น สาธารณรัฐประชาชนจีน อินเดีย หรือแม้แต่ประเทศในยุโรปบางประเทศเช่น สเปน ซึ่งภาคการท่องเที่ยวนั้นมีการผลิตเพื่อนักท่องเที่ยวต่างชาติจำนวนมาก จึงทำให้เริ่มมีการศึกษาถึงการคำนวณด้วยวิธีการนี้เช่นกัน

ในแง่ของนัยยะทางนโยบาย ในเชิงของการเจรจาในการกำหนดกรอบการจัดการสภาพภูมิอากาศระหว่างประเทศภายหลังปี ค.ศ. 2012 ที่กำลังมีการดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน ประเด็นสำคัญที่ควรพิจารณา ก็คือ แม้ว่าแนวคิดการคำนวณภาระความรับผิดชอบตามฐานการบริโภคจะมีข้อดีในแง่ที่สามารถสะท้อนความรับผิดชอบที่แท้จริงได้ถูกต้องมากกว่า แต่เนื่องจากการคำนวณที่กำหนดให้ผู้ที่ได้รับประโยชน์ที่แท้จริงจากกระบวนการผลิตสินค้า (นั่นคือ ผู้บริโภค) เป็นผู้ที่ต้องรับภาระรับผิดชอบจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นอันเป็นผลสืบเนื่องจากความต้องการในการบริโภคของตนทั้งหมด แต่แนวคิดดังกล่าวก็มีข้อเสียที่สำคัญ นั่นคือ การนำแนวคิดดังกล่าวมาใช้จะมีความซับซ้อนและความยุ่งยากมากกว่า ทั้งในแง่ของการคำนวณขนาดภาระ และในเรื่องของการนำมาใช้เป็นกลไกในทางปฏิบัติในการควบคุมการลดการปล่อยก๊าซ

ในการคำนวณขนาดภาระของความรับผิดชอบ จะพบว่า การคำนวณตามฐานการบริโภคจะมีความยุ่งยากมากกว่าการคำนวณตามฐานการผลิต เนื่องจากในขั้นตอนของการคำนวณจะต้องเริ่มจากฐานการผลิตก่อน แล้วจึงค่อยมาดำเนินการปรับการจัดสรรภาระความรับผิดชอบใหม่ตามปริมาณการบริโภคสินค้าขั้นสุดท้าย แต่อย่างไรก็ดี ความซับซ้อนในการคำนวณที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวน่าจะยังอยู่ในระดับที่สามารถจัดการได้ไม่ยากเกินไปนัก ดังที่แสดงให้เห็นจากกรณีการคำนวณในบทที่ 3 และ บทที่ 4 ข้างต้น

ขณะที่การนำมาปรับใช้เป็นกลไกในการควบคุม เราจะพบว่า แม้ในเชิงทฤษฎีแล้ว ถ้าเราสมมติว่า ต้นทุนธุรกรรม (Transaction Cost) ของการควบคุมและการจัดการต่างๆ มีค่าเป็นศูนย์ ก็จะมีผลทำให้กรณีการควบคุมการลดการปล่อยก๊าซจากฐานการผลิต (เช่น การเรียกเก็บภาษีคาร์บอนจากผู้ผลิต) และ กรณีการควบคุมจากฐานการบริโภค (เช่น การเรียกเก็บภาษีคาร์บอนจากผู้บริโภคขั้นสุดท้าย) จะให้ผลลัพธ์ในเชิงประสิทธิภาพที่เหมือนกัน นั่นคือ ทั้งสองกรณีจะก่อให้เกิดการจัดสรรการผลิตสินค้า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ต้นทุนการผลิตสินค้า ต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซ และการจัดสรรการบริโภคสินค้าต่างๆ ในระดับเท่าเทียมกันเสมอ แต่อย่างไรก็ดีในทางปฏิบัติแล้ว เมื่อเรานำเอาต้นทุนธุรกรรมของการดำเนินงานต่างๆ เข้ามาประกอบการพิจารณาด้วย ก็พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว การพยายามควบคุมการลดการปล่อยก๊าซจากฐานการผลิต น่าจะสามารถดำเนินการได้ง่ายกว่าเพราะมีต้นทุนที่ต่ำกว่า (ทั้งในส่วนของต้นทุนของภาครัฐในการควบคุมกำกับ และต้นทุนของภาคเอกชนในการปฏิบัติตาม) มีความชัดเจนมากกว่า และ เปิดช่องให้เกิดการหลบเลี่ยงการควบคุมได้ยากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่จะเป็นผลมาจากการใช้เชื้อเพลิงในภาคพลังงาน ซึ่งมีจำนวนผู้ผลิตที่ค่อนข้างจำกัด เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนผู้บริโภค

คณะผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่า การเลือกใช้กลไกการควบคุมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่อ้างอิงจากฐานด้านการผลิต ดังที่ใช้กันอยู่ภายใต้กรอบข้อตกลงพิธีสารเกียวโต (ผ่านการกำหนดตัวเลขเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซจากการผลิตในรายประเทศ) เป็นแนวทางที่น่าจะให้ผลประโยชน์ในเชิงประสิทธิภาพและการลดต้นทุนของการลดการปล่อยก๊าซอย่างดียิ่งแล้ว เพียงแต่ในแง่ของการคำนวณขนาดภาระความรับผิดชอบ ถ้าหากว่ากรอบการจัดการสภาพภูมิอากาศในช่วงหลังปี ค.ศ. 2012 (Post-2012 Climate Regime) จะกำหนดให้มีการคำนวณขนาดพันธกรณีจากขนาดของความรับผิดชอบที่แต่ละประเทศมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ตามหลักการ “ความรับผิดชอบร่วมกันในระดับที่แตกต่าง” (ไม่ว่าจะเป็น กรณีของการเลือกใช้ปริมาณ Annual Emissions, Annual Emissions per Capita, หรือ Cumulative Emissions เป็นส่วนหนึ่งของเกณฑ์ในการจัดสรรพันธกรณี) ในกรณีเช่นนี้ การใช้แนวทางการคำนวณขนาดพันธกรณีจากขนาดความรับผิดชอบที่อ้างอิงจากฐานการบริโภค ก็น่าจะเป็นแนวทางที่เหมาะสมมากกว่า การคำนวณที่อ้างอิงจากฐานการผลิต เนื่องจากจะสามารถสะท้อนระดับความรับผิดชอบที่แท้จริงได้ดีกว่า ช่วยให้กลุ่มประเทศกำลังพัฒนาไม่ต้องแบกรับภาระความรับผิดชอบในส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ได้เกิดจากความต้องการที่แท้จริงของตน แต่เป็นผลของการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการบริโภคที่เกิดขึ้นจากผู้บริโภคขั้นสุดท้ายในประเทศที่พัฒนาแล้ว

นอกเหนือจากประเด็นการเจรจากรอบการจัดการสภาพภูมิอากาศในอนาคตแล้ว ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณภาระความรับผิดชอบต่อร่วมกันของก๊าซเรือนกระจกจากฐานการบริโภค อาจสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำคัญที่นำไปสู่การจัดทำฉลากคาร์บอน (carbon labeling) สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อจะเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภคในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคาร์บอนแฝง (embedded carbon) อยู่ในสินค้าอยู่ต่ำ และ/หรือ ใช้เป็นเครื่องมือทางการตลาดของผู้ผลิตในการทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลาย และทำให้สามารถเพิ่มราคาขายได้

อย่างไรก็ดี เครื่องมือเดียวกันนี้อาจนำมาเป็นกลไกในการกีดกันทางการค้าสินค้าตามสัดส่วนของคาร์บอนที่แฝงอยู่ได้ด้วยเช่นกัน ดังที่ประเทศในสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา ได้เริ่มมีดำริที่จะใช้ภาษีนำเข้าที่เรียกว่าการปรับค่าคาร์บอนก่อนเข้าพรมแดนกันแล้ว นั่นคืออาจมีการเก็บภาษีบนพื้นฐานของสัดส่วนคาร์บอนที่แฝงอยู่ในกรณีนี้ที่สัดส่วนดังกล่าวสูงกว่าที่ผลิตได้ในประเทศ โดยอ้างว่าเพื่อปรับให้ความได้เปรียบในการแข่งขันของประเทศที่ไม่มีข้อผูกพันในการลดก๊าซเรือนกระจกหมดไป

งานวิจัยนี้ได้ชี้ให้เห็นแล้วว่าการใช้เครื่องมือดังกล่าวจะเป็นการผลกระทบที่ควรจะเป็นของประเทศที่พัฒนาแล้ว (ตามเหตุผลในการผลิตและปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางประวัติศาสตร์) ไปให้ประเทศกำลังพัฒนาขนาดเล็ก ซึ่งไม่น่าจะเป็นเรื่องยุติธรรม เพราะประเทศที่พัฒนาแล้วดังกล่าวยังมิได้รับผิดชอบต่อก๊าซเรือนกระจกที่ตนได้สร้างไว้ในอดีตดังที่ควรเป็น แต่เป็นการผลกระทบดังกล่าวผ่านกระบวนการการย้ายฐานการผลิตคาร์บอนและยังหันมาเก็บภาษีนำเข้าสินค้าดังกล่าวอีกชั้นหนึ่ง

นอกจากนี้การใช้มาตรการดังกล่าวอาจถูกตีความได้ว่าเป็นการกีดกันทางการค้าได้หรือไม่ เพราะแม้ว่าจะอ้างเหตุผลเริ่มต้นด้านสิ่งแวดล้อม แต่ก็เพื่อผลทางด้านความสามารถในการแข่งขัน และยังอาจขัดกับหลักปฏิบัติเยี่ยงชาติที่ได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดี(MFN) หรือการไม่เลือกปฏิบัติขององค์การค้าโลก (WTO) หรือไม่ เนื่องจากเก็บภาษีสินค้าชนิดเดียวกัน แต่มีความสกปรกที่แฝงอยู่ไม่เท่ากัน หากมีการเก็บภาษีนำเข้าตามคาร์บอนที่แฝงอยู่ในสินค้านั้นจริงจะกลายเป็นข้อขัดแย้งระหว่างสมาชิก WTO หรือไม่ และสมาชิกจะมีวิถีทางในการแก้ข้อขัดแย้งดังกล่าวอย่างไรในอนาคต

ข้อกังวลอีกประการหนึ่งที่คณะผู้วิจัยได้รับจากการจัดประชุมกลุ่มเฉพาะเพื่อรับฟังข้อคิดเห็นต่าง ๆ ได้พบว่าผู้วางนโยบายและผู้ประกอบการอุตสาหกรรมหลายรายแสดงความกังวลต่อการเสนอใช้แนวคิดการคำนวณภาระความรับผิดชอบต่อร่วมกันด้านการบริโภค เพราะเกรงว่าจะกระทบกับแรงจูงใจในการลงทุนของต่างชาติ เพราะดูเหมือนว่าจะเป็นการเพิ่มภาระให้กับผู้ลงทุนจากประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งคณะผู้วิจัยเห็นว่าแท้จริงแล้ว ในปัจจุบันรัฐบาลของประเทศพัฒนาแล้ว

เช่น สหรัฐอเมริกา และสหภาพยุโรปเองที่เป็นผู้ที่ใช้นโยบายการปรับค่าคาร์บอนก่อนเข้าพรมแดน เพื่อกีดกันสินค้าส่งออกของประเทศกำลังพัฒนาซึ่งส่วนใหญ่มาจากการลงทุนของผู้ประกอบการของประเทศที่พัฒนาแล้วเอง และเป็นสินค้าเพื่อการบริโภคของประเทศเหล่านี้ด้วย การเสนอแนวคิดความรับผิดชอบตามการบริโภคจึงไม่น่าที่จะเพิ่มภาระใหม่ให้กับผู้ลงทุนต่างชาติมากกว่าที่มีอยู่แล้ว แต่เป็นการระบุให้ชัดว่าภาระนี้เป็นของประเทศผู้นำเข้า ไม่ใช่ของประเทศผู้ผลิตเพื่อส่งออก ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของประเทศที่พัฒนาแล้วจะต้องมาร่วมรับผิดชอบแก้ไข แทนที่จะอ้างว่าประเทศกำลังพัฒนาเริ่มผลิตก๊าซเรือนกระจกมากเกินไป และยังคงเป็นหน้าที่ของประเทศพัฒนาแล้วที่ต้องการสินค้าบริโภคจะต้องช่วยเหลือประเทศกำลังพัฒนาในการปรับปรุงเทคโนโลยีโดยผ่านกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการให้เงินทุนสนับสนุนการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเพื่อให้กระบวนการผลิตปลดปล่อยมลพิษที่ลดลง

นอกจากนี้ ประเทศกำลังพัฒนาในฐานะประเทศผู้รับการลงทุน ก็ไม่ควรที่จะคำนึงถึงแต่ประโยชน์ที่จะได้จากการลงทุนจากต่างประเทศ โดยละเลยผลเสียต่อสภาพแวดล้อมที่จะตามมาของการลงทุนนั้นๆ การตัดสินใจที่จะรับอุตสาหกรรมใดเข้ามาในประเทศหรือไม่ จำเป็นจะต้องคำนึงถึงทั้งผลประโยชน์ส่วนเพิ่มและต้นทุนส่วนเพิ่ม (ทั้งที่เป็นต้นทุนเอกชน และต้นทุนผลกระทบภายนอกที่เกิดจากมลพิษ) ที่จะตามมาด้วย

## บรรณานุกรม

- ABC News (Thu Oct 9, 2008) “Fears carbon scheme may force industries offshore,”  
(<http://www.abc.net.au/news/stories/2008/10/09/2386692.htm>, accessed November, 2008)
- Babiker, MH (2005) “Climate change policy, market structure, the carbon leakage,”  
*Journal of International Economics*, 65 (2), pp.421-445.
- Bullard III, Clark W. and Robert A. Herendeen. (1975) “The energy cost of goods and  
Services.” *Energy Policy*, 3 (4): 268-278.
- Common, M.S. and U. Salma. (1992) “Accounting for changes in Australian carbon  
dioxide emissions”. *Energy Economics*, 14 (3): 217-225.
- Cosby, A.; and R. Tarasofsky (2007) *Climate Change, Competitiveness and Trade*,  
London: Chatham House.
- Cosby A. (2008) “Border Tax Adjustment”, a paper for *Trade and Climate Change  
Seminar*, June 18-20, 2008, Copenhagen, Denmark.
- Chapman, P.F. (1974) “Energy Costs: A review of methods.” *Energy Policy*, 2 (2): 91-  
103.
- Energy Research Institute (2008), “Estimating the Offshore Greenhouse Gas Emissions  
in China”, unpublished paper.
- Gay, Phillip W. and John L.R. Proops. (1993) “Carbon-dioxide production by the UK  
economy: An input-output assessment,” *Applied Energy*, 44: 113-130.
- Goddard Institute for Space Studies (2007), GISS Surface Temperature Analysis, on  
line information at <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/2005/>
- Homma, Takashi; Keigo Akimoto; and Toshimasa Tomoda (2008) Evaluation of sectoral  
and regional CO2 emissions: production-based and consumption-based accounting  
measurements, (<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3896.pdf>,  
accessed Novembe.
- IEA (2007) Tracking Industrial Efficiency and CO2 Emissions. Intergovernmental Panel  
on Climate Change (IPCC) (1997). Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B.,  
Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. and Callander B.A. (Eds). *Revised  
1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories*. IPCC/ OECD/ IEA,  
Paris, France.

IPCC (2001) *Climate Change 2001: mitigation*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC (2007) “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,”  
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> (accessed November 2008).

Kejun, J.; A. cosby; and D. Murphy (2008) “Embedded Carbon in Trade Goods,” a paper for *Trade and Climate Change Seminar*, June 18-20, 2008, Copenhagen, Denmark.

Leontief, W. (1966) *Input-Output Economics*, Oxford University Press, New York.

Limmeechokchai B. and P. Suksuntornsiri. (2007) “Embedded energy and total greenhouse gas emissions in final consumptions within Thailand.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 11: 259-281.

Office of Environmental Policy and Planning (2000) *Thailand's National Greenhouse Gas Inventory 1994*. Ministry of Science, Technology and Environment. Bangkok, Thailand. 118 p.

Peter, G.P.; and E.G. Hertwich (2008b) “Post-Kyoto greenhouse gas inventories: production versus consumption,” *Climate Change*, 86, p. 51-66.

Peters, Glen P. and Edgar G. Hertwich. (2008a) “CO2 Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy.” *Environmental Science and Technology*. 42 (5):1401–1407.

Ringius. L; A. Torvanger; and A. Underdal (2002) Burden sharing and fairness principles in interntional climate policy, *International Environmental Agreement: Politics, Law and Economics*, 2, pp.1-22.

Suksuntornsiri P and B. Limmeechokchai.(2005) “The PCA and IOA approaches for life-cycle analysis of greenhouse gas emissions from Thai commodities and energy consumption.” *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 27 (1):177-190.

Thomson, M.; and Rayner, S. (1998) 'Cultural discourses', in: Rayner, S. & Malone, E. L. (Ed.), *Human Choice and Climate Change: An International Assessment*, Vol. 1, Battelle Press, 195-264.

United Nation Development Program (2007) “Human Development Report Office”.

(<http://hde/undp.org/en/climatechange/planets/Printed> accessed 30 November2007).

UNFCCC ที่ [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

Ziesing H (2005) Worldwide CO2 emissions reached new record high. Weekly Report  
29/2005, DIW Berlin, <http://www.diw.de/>

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2543. รายงานพลังงาน  
ของประเทศไทย. 32 หน้า

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2544. รายงานพลังงาน  
ของประเทศไทย. 32 หน้า

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2546. รายงานพลังงาน  
ของประเทศไทย. 32 หน้า

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2547. รายงานพลังงาน  
ของประเทศไทย. 32 หน้า

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2548. รายงานพลังงาน  
ของประเทศไทย. 32 หน้า

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2549. รายงานพลังงาน  
ของประเทศไทย. 32 หน้า

คณะกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม บริษัทปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด. รายงานการ  
พัฒนาอย่างยั่งยืน ประจำปี 2547. กรุงเทพฯ. 49 หน้า

ธนาคารแห่งประเทศไทย. ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมหลัก. สืบค้นจาก  
website: <http://www.bot.or.th/Thai/Statistics/Pages/index1.aspx>,

บริษัทปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด. ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน. สืบค้นจาก  
website: [http://www.poonthai.com/group\\_a/thai/products/applied.html](http://www.poonthai.com/group_a/thai/products/applied.html),

หิน นววงศ์. วิธีการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมเหล็ก. สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม.  
สืบค้นจาก website:

[www2.dede.go.th/km/km3/Presentation/ESCO\\_EXIM/Iron.pps](http://www2.dede.go.th/km/km3/Presentation/ESCO_EXIM/Iron.pps),