บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases)

ก๊าซเรือนกระจกเป็นส่วนประกอบของก๊าซในบรรยากาศทั้งที่มีอยู่ในธรรมชาติและสร้างขึ้นโดยมนุษย์ มีคุณสมบัติในการดูดซับและปล่อยรังสีที่ความยาวคลื่นอยู่ในช่วงความถี่ของรังสีอินฟาเรดที่ถูกปล่อยออกมาจากพื้นผิวโลก ชั้นบรรยากาศและก้อนเมฆ ก๊าซเรือนกระจกมีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ เนื่องจากก๊าซเหล่านี้ดูดคลื่นรังสีความร้อนไว้ในเวลากลางวันแล้วค่อยๆ แผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน

ภายใต้พิธีสารเกียวโตได้ให้คำจำกัดความของก๊าซเรือนกระจก ซึ่งหมายถึง ก๊าซที่มีอยู่ในบรรยากาศที่ทำให้การสูญเสียความร้อนสู่บรรยากาศลดลง จึงมีผลต่ออุณหภูมิบนผิวโลก โดยจะต้องเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic greenhouse gas emission) เท่านั้น ซึ่งจะประกอบด้วยก๊าซ 6 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) มีลักษณะและส่งผลกระทบต่อการเกิดภาวะโลกร้อนแตกต่างกัน ดังนี้

1. คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide; CO_2)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิง จึงส่งผลให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศ จากผลการศึกษาของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) รายงานว่าตั้งแต่ปี ค.ศ .1980 เป็นต้นมา ในบรรยากาศมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ผลการศึกษาของ IPCC ยังระบุชัดว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดพลังงานความร้อนสะสมในบรรยากาศของโลกมากที่สุดในบรรดาก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ ทั้งยังมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นกว่าก๊าซชนิดอื่น ๆ ด้วย ซึ่งหมายถึงผลกระทบโดยตรงต่ออุณหภูมิของผิวโลกและชั้นบรรยากาศจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น โดย

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นนี้ ทำให้พลังงานรังสีความร้อนสะสมบนผิวโลกและชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นประมาณ 1.56 วัตต์ต่อตารางเมตร (WDCGG. 2004)

2. **มีเทน** (Methane; CH_4)

ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สร้างผลกระทบมากเป็นอันดับสองรองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ก๊าซมีเทนมีศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) สูงกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 25 เท่า และคงอยู่ในบรรยากาศเป็นเวลา 12 ปี แหล่งกำเนิดก๊าซมีเทน ได้แก่ กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ บริเวณหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย การทำนาข้าว การปศุสัตว์ นอกจากนี้ยังถูกปล่อยออกมาในระหว่างการผลิตและขนส่งถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ การสะสมของก๊าซมีเทนในบรรยากาศทำให้พลังงานรังสีความร้อนสะสมบนผิวโลกและชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นประมาณ 0.47 วัตต์ต่อตารางเมตร (WDCGG. 2004)

3. **ไนตรัสออกไซด์** (Nutrous Oxide; N_2O)

ไนตรัสออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 298 เท่า และคงอยู่ในบรรยากาศเป็นเวลา 114 ปี ก๊าซไนตรัสออกไซด์ถูกปล่อยออกมาโดยธรรมชาติจากมหาสมุทรและดิน และเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งจากภาคการเกษตร เช่น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน จากภาคอุตสาหกรรมจากโรงงานที่ใช้กรดไนตริกในกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมผลิตเส้นใยไนลอน อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมพลาสติกบางชนิด เป็นต้น นอกจากนี้ยังเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลและวัสดุอินทรีย์อื่นๆ การสะสมของก๊าซไนตรัสออกไซด์ในบรรยากาศทำให้พลังงานรังสีความร้อนสะสมบนผิวโลกและชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นประมาณ 0.14 วัตต์ต่อตารางเมตร (WDCGG. 2004)

4. **ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน** (Hydrofluorocarbon; HFCs)

ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่สร้างผลกระทบสูงมาก โดยมีศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อนสูงกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ 124 – 14,800 เท่า ขึ้นอยู่กับประเภทของสาร HFCs และคงอยู่ในบรรยากาศเป็นเวลานานถึง 270 ปี โดยสาร HFCs ถูกใช้เป็นตัวทำความเย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศ เป็นสารขยายตัวของโฟม ตัวทำละลาย สารสำหรับการดับเพลิง และตัวเร่งละอองของเหลว (แอโรซอล) การใช้และผลิต HFCs เพิ่มสูงขึ้นหลังได้รับการส่งเสริมอย่างมากให้ใช้

เป็นตัวทำความเย็นแทนสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbon; CFCs) ซึ่งเป็นสารทำลายชั้นโอโซนที่ถูกสั่งให้ เลิกใช้โดยพิธีสารมอนทรีออล

5. **เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน** (Perfluorocabon; PFCs)

เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 7,390 – 12,200 เท่า ขึ้นอยู่กับประเภท สาร PFCs และคงอยู่ในบรรยากาศเป็นเวลานาน 1,00 - 50,000 ปี เป็นผลิตผลพลอยได้ของการหลอมอะลูมิเนียม นอกจากนี้ยังใช้ในการผลิตสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า (เซมิคอนดักเตอร์) และใช้แทนสารเคมีต่างๆ ที่ทำลายชั้นโอโซน ปริมาณการปล่อยสาร PFCs เกิดขึ้นน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณการปล่อยสาร HFCs แต่สาร PFCs มีศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนสูงกว่าและสามารถคงอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นานกว่า

6. **ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์** (Sulfer Hexafluoride; SF_6)

ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนสูงที่สุด โดยสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 22,800 เท่า และคงอยู่ในบรรยากาศเป็นเวลานาน 3,200 ปี ก๊าซนี้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่ ยางรถยนต์ ฉนวนไฟฟ้า การผลิตสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า (เซมิคอนดักเตอร์) เป็นต้น

ค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential; GWP)

ค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อนคำนวณได้จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่ปล่อยออกมาและแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยใช้ค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อนในรอบ 100 ปี ของ IPCC (GWP 100) ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์ เช่น ก๊าซมีเทนมีค่า GWP 100 เท่ากับ 25 หมายความว่าก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัม ดังนั้นการปล่อยก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม คิดเป็นศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่ากับ 25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2554) ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ ในช่วงเวลา 100 ปี แสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อนและการคงตัวในชั้นบรรยากาศของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ

ชนิดก๊าซเรือนกระจก	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์)	การคงตัวในชั้นบรรยากาศ (ปี)
CO_2	1	-
CH_4	25	12
N_2O	298	114
HFCs	124 – 14,800	1.4 - 270
PFCs	7,390 – 12,200	1,000 – 50,000
SF_6	22,800	3,200

ที่มา : IPCC Fourth Assessment Report (2007)

สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก

จากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจทำให้มีกิจกรรมต่างๆ เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ทั้งการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ กระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2533 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 42,389 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Mt CO_2e) ส่วนในปี พ.ศ. 2548 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 44,171 Mt CO_2e เพิ่มขึ้น 1,782 Mt CO_2e (อดิศร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา. 2554) แสดงดังตารางที่ 2-2

โดยภาคเศรษฐกิจที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ ภาคพลังงาน ร้อยละ 67 รองลงมาคือ ภาคการเกษตร ร้อยละ 14 และภาคป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ร้อยละ 12 ด้วยเหตุนี้ภาคพลังงานเป็นภาคที่มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกค่อนข้างสูง โดยเฉพาะการใช้พลังงานในการใช้ไฟฟ้า ภาคขนส่ง และภาคอุตสาหกรรม ทำให้หลายประเทศมีนโยบายและการจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก แยกตามภาคการผลิต ปี พ.ศ. 2533-2548

ภาคการผลิต	ก๊าซเรือนกระจกหลัก	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($Mt\ CO_2e$)			
		2533	2538	2543	2548
พลังงาน	CO_2	26,656	27,113	28,544	29,366
ไฟฟ้าและความร้อน	CO_2	10,170	10,649	11,806	12,307
การขนส่ง	CO_2	4,713	5,126	5,717	6,337
อุตสาหกรรมและการก่อสร้าง	CO_2	5,333	5,194	5,101	5,184
อุตสาหกรรม (กระบวนการผลิต)	CO_2, HFCs, PFCs, SF_6	1,303	1,479	1,604	1,884
ก๊าซรั่วไหล	CO_2	1,794	1,720	1,614	1,747
การเผาไหม้เชื้อเพลิง	CO_2	4,646	4,423	4,306	3,791
ป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	CO_2	7,860	7,903	7,589	5,376
การเกษตร	CH_4, N_2O	5,223	5,183	5,450	6,075
ของเสียและสิ่งปฏิกูล	CH_4, CO_2	1,347	1,362	1,328	1,419
รวม		**42,389**	**43,040**	**44,515**	**44,120**

ที่มา : อดิศร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา. 2554 อ้างอิงจาก Climate Analysis Indicators Tool (CAIT), World Resources Institute. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก ปี พ.ศ. 2548 และ 2551 จาก http://cait.wri.org/ (ข้อมูล ณ เดือนธันวาคม 2554)

จากสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับประเทศ ในปี พ.ศ. 2548 ประเทศจีนเป็นประเทศที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 7,185.5 Mt CO_2e คิดเป็นร้อยละ 17 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศโลก รองลงมาคือประเทศสหรัฐอเมริกา 6,797.2 Mt CO_2e และสหภาพยุโรป 5,043.1 Mt CO_2e แสดงดังตารางที่ 2-3 ส่วนในปี พ.ศ.2551 ประเทศจีนยังคงมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด แต่จะพบว่าเกือบทุกประเทศจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง แสดงดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศที่มีการปล่อยสูงสุด 10 อันดับแรกของโลก ปี พ.ศ. 2548

ประเทศ	ปริมาณการปล่อยรวม (Mt CO_2e)	อันดับที่	ร้อยละการปล่อยของโลก	ปริมาณการปล่อยต่อคน (ton/capita)	อันดับที่
จีน	7,185.5	1	16.6	5.5	94
สหรัฐอเมริกา	6,797.2	2	15.7	23	10
สหภาพยุโรป	5,043.1	3	11.7	10.3	48
บราซิล	2,841.6	4	6.6	15.3	19
อินโดนีเซีย	2,042.2	5	4.7	9.3	56
สาธารณรัฐรัฐเซีย	2,012.6	6	4.7	14.1	23
อินเดีย	1,859.0	7	4.3	1.7	154
ญี่ปุ่น	1,346.3	8	3.1	10.5	45
เยอรมันนี	977.5	9	2.3	11.9	33
แคนาดา	803.9	10	1.9	24.9	9
ไทย	351.1	28	0.8	5.3	97

ที่มา : อดิศร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา. 2554 อ้างอิงจาก Climate Analysis Indicators Tool (CAIT), World Resources Institute. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก ปี พ.ศ. 2548 และ 2551 จาก http://cait.wri.org/ (ข้อมูล ณ เดือนธันวาคม 2554)

ตารางที่ 2-4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศที่มีการปล่อยสูงสุด 10 อันดับแรกของโลก ปี พ.ศ. 2551

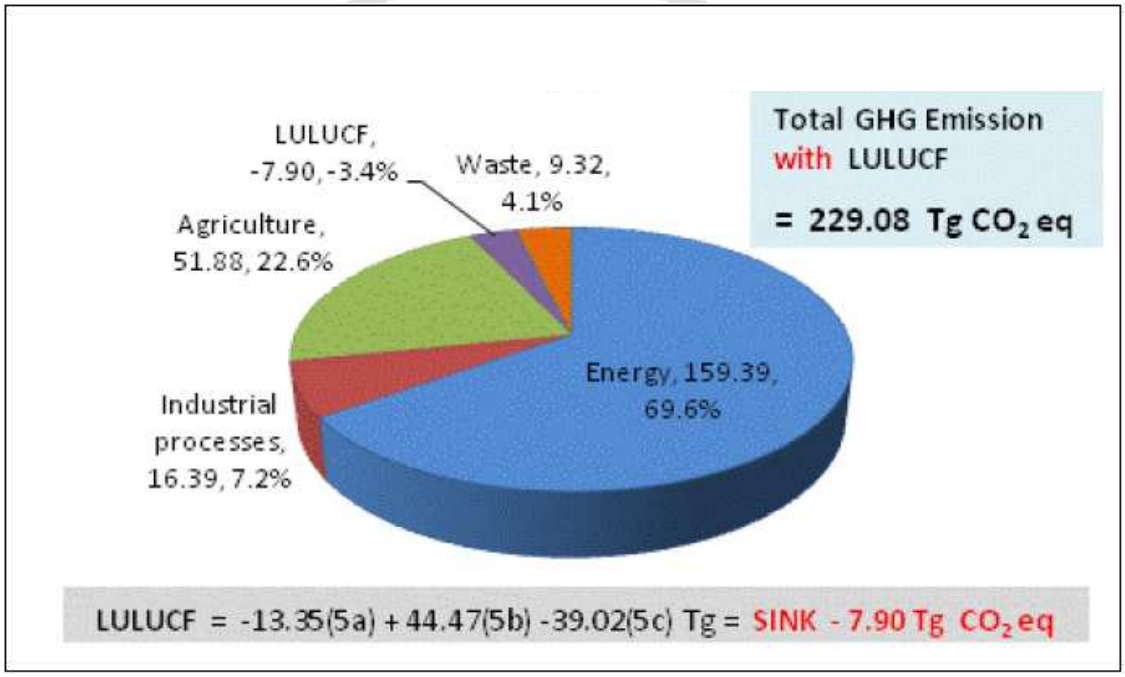
ประเทศ	ปริมาณการปล่อยรวม (Mt CO_2e)	อันดับที่	ร้อยละการปล่อยของโลก	ปริมาณการปล่อยต่อคน (ton/capita)	อันดับที่
จีน	6,702.6	1	22.7	5.1	66
สหรัฐอเมริกา	5,826.7	2	19.7	19.3	7
สหภาพยุโรป	4,064.5	3	13.8	8.2	39
สาธารณรัฐรัฐเซีย	1,626.3	4	5.5	11.4	18
อินเดีย	1,410.4	5	4.8	1.3	122
ญี่ปุ่น	1,270.1	6	4.3	9.9	25
เยอรมันนี	817.2	7	2.8	9.9	26
แคนาดา	583.9	8	2.0	17.7	9
สหราชอาณาจักร	530.2	9	1.8	8.7	34
เกาหลีใต้	517.1	10	1.8	10.7	21
ไทย	243.5	25	1.0	3.6	81

ที่มา : อดิศร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา. 2554 อ้างอิงจาก Climate Analysis Indicators Tool (CAIT), World Resources Institute. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก ปี พ.ศ. 2548 และ 2551 จาก http://cait.wri.org/ (ข้อมูล ณ เดือนธันวาคม 2554)

สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

จากรายงานฉบับสมบูรณ์การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่าในปี พ.ศ. 2543 ประะเทศไทยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดรวมทั้งส่วนที่เกิดจากแหล่งปล่อย (emission from source) และส่วนที่ดูดกลับ (removal by sink) เท่ากับ 229.08 Mt CO_2e โดยภาคพลังงานเป็นภาคที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เท่ากับ 159.39 Mt CO_2e คิดเป็นร้อยละ 69.6 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ รองลงมาคือ ภาคการเกษตร เท่ากับ 51.88 Mt CO_2e คิดเป็นร้อยละ 22.6 และ

ภาคกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม เท่ากับ 16.39 Mt CO_2e คิดเป็นร้อยละ 7.2 ตามลำดับ และภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด คือ ภาคการปล่อยก๊าซจากของเสีย คิดเป็นปริมาณการปล่อยเท่ากับ 9.32 Mt CO_2e คิดเป็นร้อยละ 4.1 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด สำหรับการปล่อยในภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าปริมาณดูดกลับจึงทำให้ค่ารวมของภาคนี้มีค่าเท่ากับ - 7.90 Mt CO_2e คิดเป็นร้อยละ - 3.4 ซึ่งปริมาณก๊าซเรือนกระจกและสัดส่วนต่อการปล่อยทั้งหมดของประเทศ แสดงดังภาพที่ 2-1



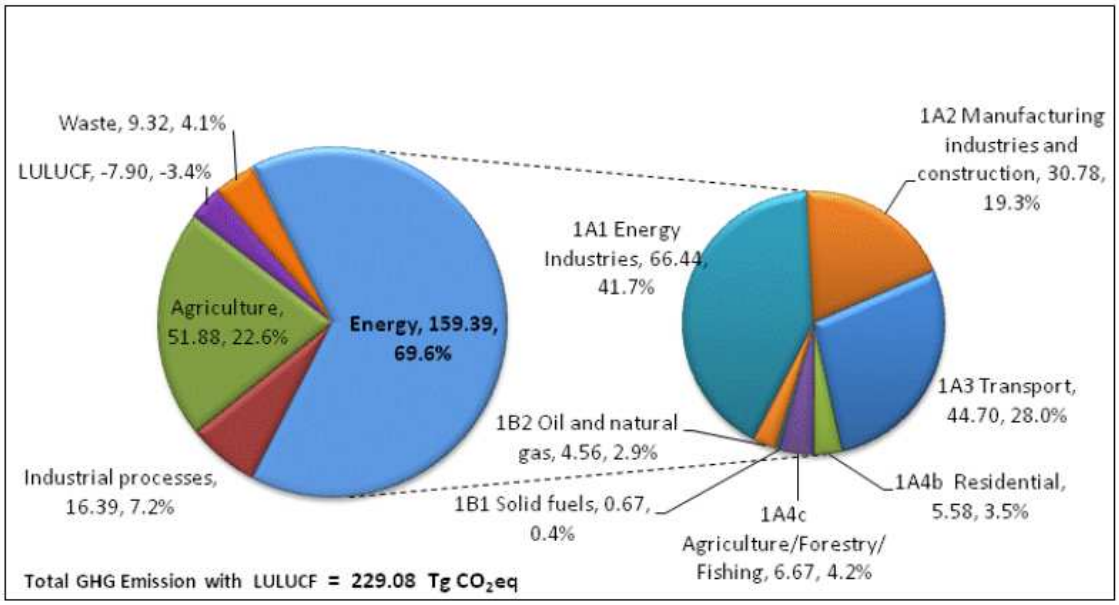
ภาพที่ 2-1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ (National total) ในปี พ.ศ. 2543
ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553

1. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามประเภทของแหล่งปล่อย

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2543 ครอบคลุม 5 ภาคการปล่อยหลัก คือ ภาคพลังงาน ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม ภาคเกษตร ภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้และภาคของเสีย ไม่รวมภาคตัวทำละลาย (solvent) ซึ่งไม่มีการรายงานข้อมูลในประเทศไทย ปริมาณการปล่อยในแต่ละภาคแสดงรายละเอียดดังนี้ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553)

1.1 **ภาคพลังงาน** (Energy)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานเป็นกลุ่มที่มีปริมาณการปล่อยสูง คิดเป็น 159.39 Mt CO_2e หรือร้อยละ 69.6 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมพลังงานสูงสุด คือ 66.44 Mt CO_2e หรือร้อยละ 41.7 รองลงมาคือ การขนส่ง และอุตสาหกรรมการผลิตและก่อสร้าง เท่ากับ 44.70 และ 30.78 Mt CO_2e หรือ ร้อยละ 28.0 และ 19.3 ของปริมาณที่ปล่อยในภาคพลังงานตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 2-2

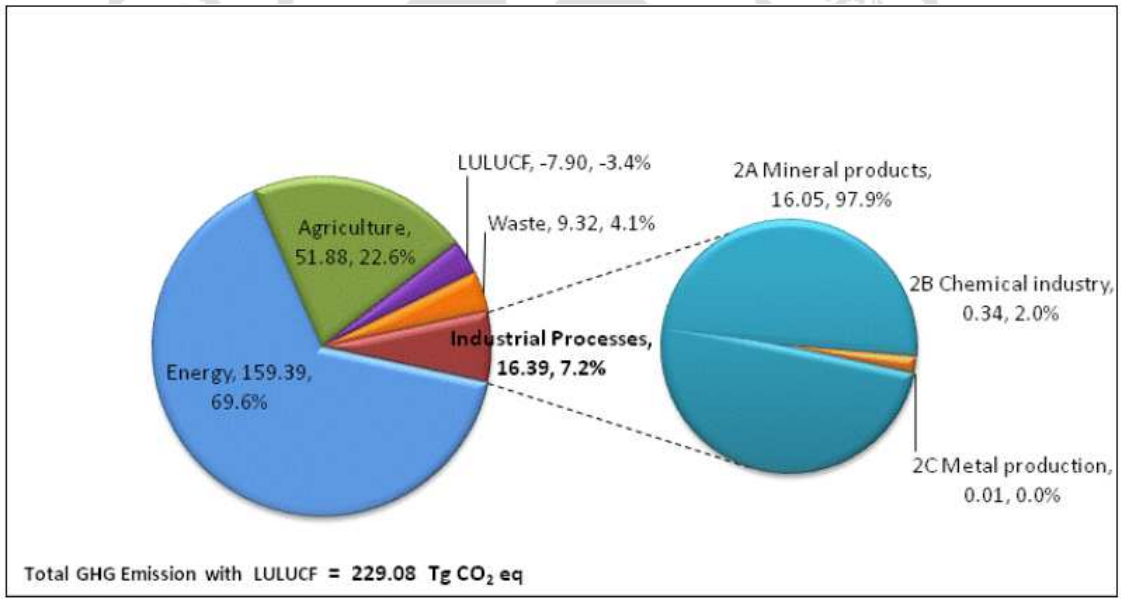


ภาพที่ 2-2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงานในปี พ.ศ. 2543

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553

1.2 **ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม** (Industrial Processes)

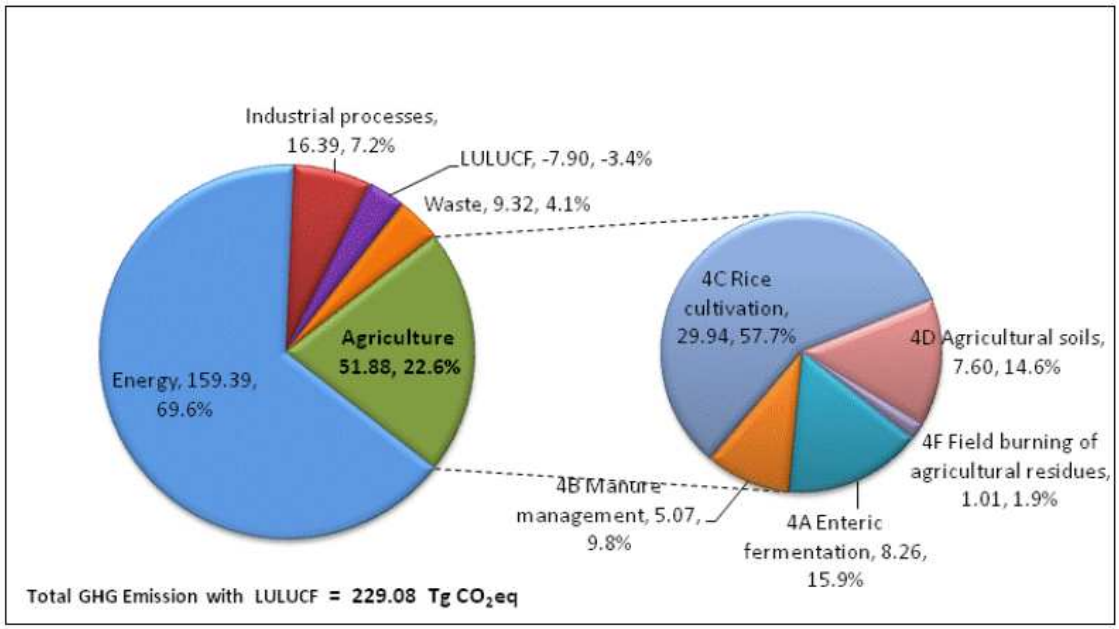
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปล่อยในภาคกระบวนการอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2543 เท่ากับ 16.39 Mt CO_2e คิดเป็นร้อยละ 7.2 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดประเทศ ในภาคนี้สามารถแบ่งกลุ่มตามประเภทของกระบวนการที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ กลุ่มผลิตภัณฑ์แร่ กลุ่มอุตสาหกรรมเคมี กลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตโลหะกลุ่ม อุตสาหกรรมสารฮาโลคาร์บอนและซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์และกลุ่มการใช้สารฮาโลคาร์บอนและซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ เป็นต้น จากข้อมูลพบว่าปริมาณก๊าซส่วนใหญ่มาจากกลุ่มผลิตภัณฑ์แร่ โดยมีอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์เป็นแหล่งปล่อยหลัก มีปริมาณการปล่อย 16.05 Mt CO_2e คิดเป็นร้อยละ 97.9 ส่วนอุตสาหกรรมเคมีและอุตสาหกรรมการผลิตโลหะ มีปริมาณการปล่อยเพียง 0.34 และ 0.01 Mt CO_2e ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคกระบวนการอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2543
ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553

1.3 **ภาคการเกษตร** (Agriculture)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเกษตรในปี พ.ศ. 2543 เท่ากับ 51.88 Mt CO_2e คิดเป็น ร้อยละ 22.60 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดของประเทศ โดยภาคเกษตรเป็นภาคที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับสองรองจากภาคพลังงาน ซึ่งกิจกรรมในภาคนี้มีประเภทของก๊าซที่ปล่อยคือก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นหลัก โดยกลุ่มที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปก๊าซมีเทนมากที่สุดคือ นาข้าว คิดเป็น 29.94 Mt CO_2e หรือร้อยละ 57.7 ของปริมาณการปล่อยในภาคการเกษตร รองลงมาคือ การปล่อยจากการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ คิดเป็น 8.26 Mt CO_2e หรือร้อยละ 15.85 รองลงมาคือ การปล่อยไนตรัสออกไซด์จากกลุ่มดินที่ใช้ในการเกษตรซึ่งเกิดจากการใส่ปุ๋ยเป็นหลัก คิดเป็น 7.6 Mt CO_2e หรือร้อยละ 14.6 แสดงดังภาพที่ 2-4

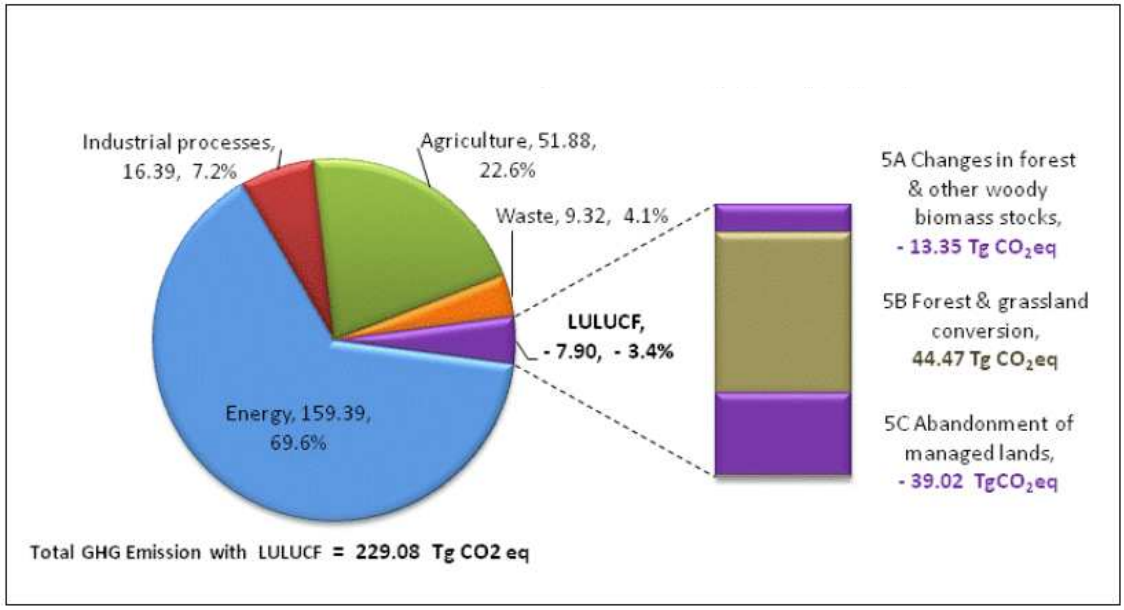


ภาพที่ 2-4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเกษตรในปี พ.ศ. 2543

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553

1.4 **ภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้** (Land-Use Change and Forestry)

ในภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้นี้ มีทั้งการปล่อยและการดูดกลับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเมื่อหักลบกันแล้วภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ มีปริมาณดูดกลับทั้งสิ้น เท่ากับ -7.90 Mt CO_2e คิดเป็นร้อยละ -3.4 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดของประเทศ โดยกลุ่มการปรับเปลี่ยนป่าและทุ่งหญ้า เป็นกิจกรรมเดี่ยวที่มีการปล่อยเท่ากับ 44.47 Mt CO_2e คิดเป็นร้อยละ 44.64 ของปริมาณการปล่อยในภาคป่าไม้ ส่วนอีกสองกลุ่มคือกลุ่มการเปลี่ยนแปลงของป่าและปริมาณชีวมวล และกลุ่มการฟื้นฟูพื้นที่ทิ้งร้าง มีการดูดกลับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ -13.35 และ -39.02 Mt CO_2e ตามลำดับ ดังนั้นในปี พ.ศ. 2543 ประเทศไทยมีศักยภาพในการเป็นดูดกลับคาร์บอนไดออกไซด์ - 52.38 Mt CO_2e (โดยไม่รวมปริมาณปล่อยในภาคเดียวกัน) คิดเป็น ร้อยละ 18.6 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดของประเทศ แสดงดังภาพที่ 2-5

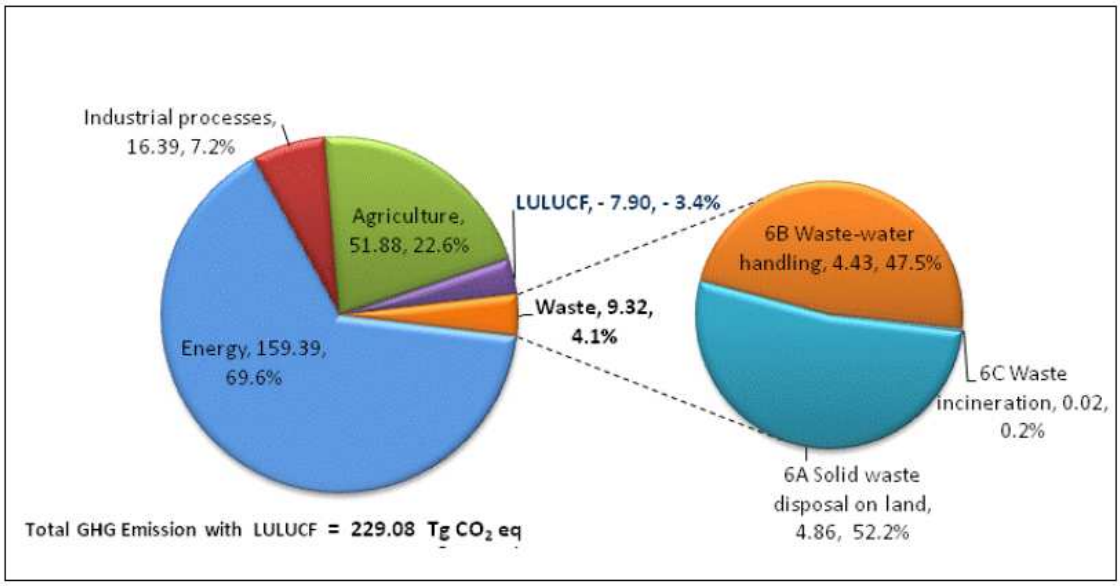


ภาพที่ 2-5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ในปี พ.ศ. 2543

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553

1.5 ภาคของเสีย (Waste)

ในปี พ.ศ. 2543 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในภาคของเสีย คิดเป็น 9.32 Mt CO_2e หรือร้อยละ 4.10 ของปริมาณทั้งหมดของประเทศ ซึ่งก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นคือก๊าซมีเทนจากกระบวนการทางชีววิทยา โดยพบว่ากลุ่มการกำจัดของเสียบนดินและกลุ่มการจัดการน้ำเสียมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใกล้เคียงกัน คือ 4.86 และ 4.43 32 Mt CO_2e คิดเป็นร้อยละ 52.18 และ 47.53 ของการปล่อยทั้งหมดในภาคของเสีย ตามลำดับ ส่วนการกำจัดขยะด้วยเตาเผามีปริมาณการปล่อยเพียงเล็กน้อย คือ 0.02 Mt CO_2e แสดงดังภาพที่ 2-6

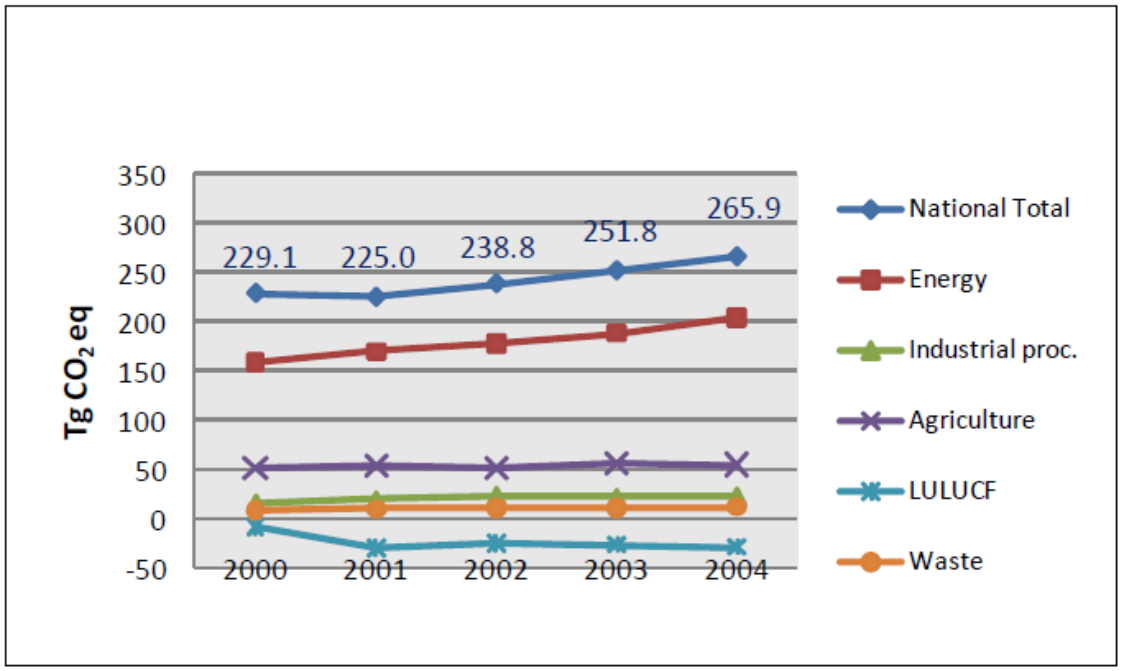


ภาพที่ 2-6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคของเสีย ในปี พ.ศ. 2543

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553

2. แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศเมื่อรวมภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ ในปี พ.ศ. 2543 เท่ากับ 229.08 Mt CO_2e ในปี พ.ศ. 2547 เพิ่มขึ้นเป็น 265.89 Mt CO_2e คิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.1 ในเวลา 5 ปี หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.8 ต่อปี โดยภาคที่มีอัตราการเพิ่มมากที่สุด คือ ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นในช่วง 5 ปี เท่ากับ ร้อยละ 42.3 หรือ ร้อยละ 9.9 ต่อปี รองลงมาคือ ภาคของเสียซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นในช่วง 5 ปี เท่ากับ ร้อยละ 29.7 หรือ ร้อยละ 6.7 ต่อปี ส่วนภาคพลังงานนั้นถึงแม้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดแต่อัตราการเพิ่มในช่วง พ.ศ. 2543-2547 อยู่ที่ร้อยละ 27.9 และมีอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.4 ต่อปี ส่วนภาคที่มีอัตราการเพิ่มน้อยที่สุดและค่อนข้างคงที่ คือภาคการเกษตรโดยเพิ่มขึ้นในช่วง 5 ปี ร้อยละ 6.0 หรือ ร้อยละ 1.6 ต่อปี แสดงดังภาพที่ 2-7

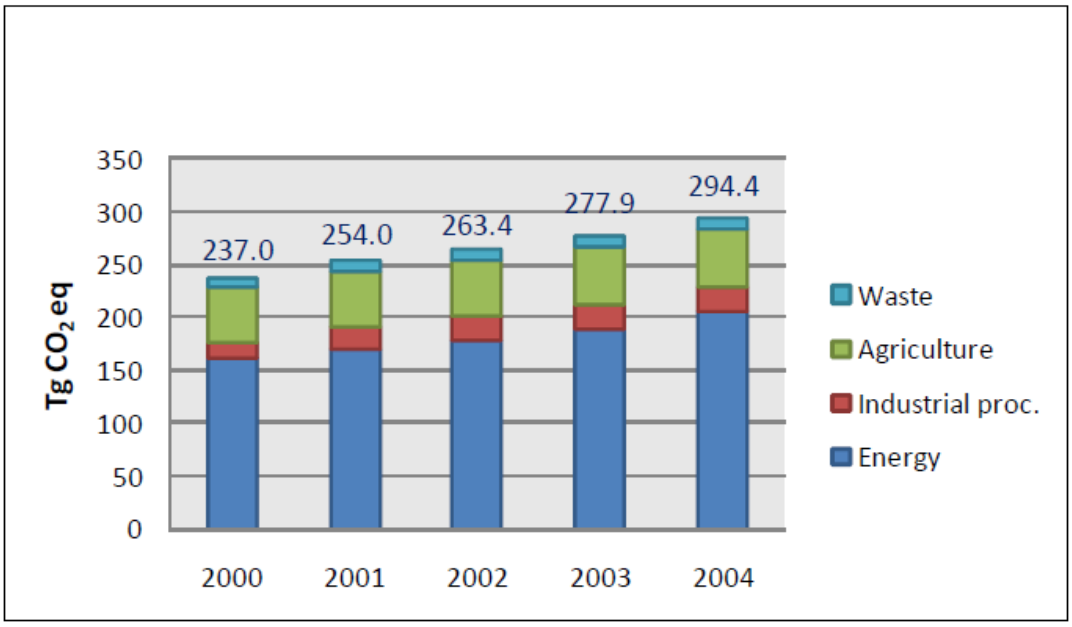


ภาพที่ 2-7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดและจำแนกตามภาคการปล่อยของประเทศในปี พ.ศ. 2543-2547

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553

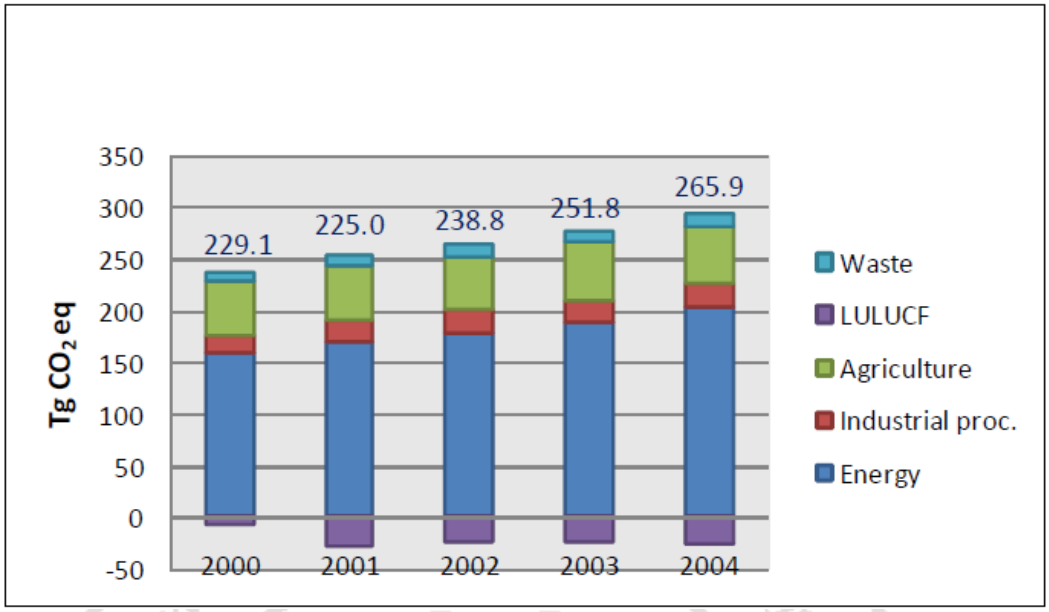
การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกของภาคกระบวนการอุตสาหกรรมเกิดจากการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงงานเหล็กและเหล็กกล้า รวมทั้งปริมาณก๊าซฟลูออโรคาร์บอนที่เพิ่มมากขึ้นในปี พ.ศ.2547 (ไม่มีรายงานในปี พ.ศ. 2543) ส่วนภาคของเสียนั้นเกิดจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการบำบัดแบบไร้อากาศมากขึ้น สำหรับภาคการเกษตรนั้นพื้นที่ในการปลูกข้าวค่อนข้างคงที่ในช่วง พ.ศ. 2543-2547 จึงทำให้มีการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกไม่มากนัก ส่วนใหญ่มาจากปริมาณการใช้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นเป็นหลัก ส่วนภาคพลังงานการเพิ่มขึ้นเป็นไปตามโครงสร้างการพัฒนาและความต้องการในการใช้พลังงานของประเทศ

ภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ซึ่งแสดงถึงศักยภาพในการเป็นแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พบว่าสามารถดูดกลับก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้นในช่วง 5 ปี ร้อยละ 260.8 หรือร้อยละ 66.8 ต่อปี ดังนั้นเมื่อคิดรวมภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ จะทำให้การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกของประเทศในช่วง พ.ศ. 2543-2547 เท่ากับร้อยละ 16.1 หรือร้อยละ 3.85 ต่อปี แสดงดังภาพที่ 2-8 และ 2-9



ภาพที่ 2-8 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในปี พ.ศ. 2543-2547 ไม่รวมภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553



ภาพที่ 2-9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในปี พ.ศ. 2543-2547 รวมภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553

กลไกการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือระดับประชาคมโลก จึงเป็นที่มาของการจัดทำกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) และพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ซึ่งได้มีการประชุมแนวทางการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพื่อร่วมกันหาแนวทางบรรเทาปัญหาโลกร้อน โดยมีกลไกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนี้

1. กลไกการดำเนินการของสหประชาชาติ (UN approach)

1.1 แผนการพัฒนาแห่งชาติในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (NAMA-Nationally Appropriate Mitigation Actions)

เป็นการดำเนินการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกในระดับประเทศของประเทศกำลังพัฒนาในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศด้วยความสมัครใจ บนพื้นฐานการพัฒนาที่ยั่งยืน

และการได้รับการสนับสนุนจากประเทศที่พัฒนาแล้วในการถ่ายทอดเทคโนโลยี การเงิน และการพัฒนาศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก

1.2 การจัดการก๊าซเรือนกระจกรายสาขา (Sectoral Approach)

เป็นการลดก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามประเภทของอุตสาหกรรมที่เป็นการช่วยเหลือจากประเทศพัฒนาแล้วให้กับประเทศกำลังพัฒนา เพื่อให้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการช่วยเหลือทางการเงินภายในสาขาการผลิตเดียวกัน โดยเน้นสาขาที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาก เนื่องจากแต่ละสาขาการผลิตมีลักษณะของเทคโนโลยีการผลิตและการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน ทั้งนี้การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะดำเนินการผ่านกลไกการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้เทคโนโลยีที่สะอาด การประหยัดเชื้อเพลิง และการกำจัดก๊าซเรือนกระจก

2. กลไกด้านการตลาด (Market approach)

ได้แก่ ตลาดคาร์บอนเครดิต (carbon credit) ซึ่งเป็นการซื้อขายแลกเปลี่ยนก๊าซเรือนกระจก (Cap and Trade) เป็นเครื่องมือในการจัดการก๊าซเรือนกระจก โดยใช้การซื้อขายแลกเปลี่ยนสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อควบคุมปริมาณก๊าซเรือนกระจกในตลาดคาร์บอน ทั้งนี้จำนวนคาร์บอนที่ขายจะเท่ากับจำนวนที่สามารถลดการปล่อยคาร์บอน ซึ่งปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงนี้คือ คาร์บอนเครดิต โดยผ่านตลาดคาร์บอนจะประกอบด้วย 2 ตลาดหลัก คือ

2.1 ตลาดแบบเป็นทางการ

เป็นกลไกตามพิธีสารเกียวโต โดยเป็นข้อผูกพันทางกฎหมายในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรัฐภาคี ที่กำหนดให้มีกลไกเพื่อช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่

- Joint Implementation(JI) : คือการดำเนินการร่วมกันระหว่างประเทศพัฒนาแล้วในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นกระบวนการที่มีลักษณะ Bottom-Up กล่าวคือ เจ้าของโครงการจะเป็นผู้เสนอว่าโครงการ JI สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เป็นจำนวนเท่าใด ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงของโครงการ JI เรียกว่า Emission Reduction Units (ERUs)

- International Emission Trading (IET) : คือการซื้อขายใบอนุญาตในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างประเทศ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ต้องควบคุม เรียกว่า “ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับจัดสรรและอนุญาตให้ปล่อย (Assigned Amounts Units: AAUs) เป็นกระบวนการที่มีลักษณะเป็น Top-Down โดยการกำหนดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่อนุญาตให้ปล่อยได้จากระดับ

รัฐบาล ซึ่งได้รับการจัดสรรมาจากข้อตกลงตามพิธีสารเกียวโต ไปยังภาคเอกชน และภาคประชาชน ที่เป็นผู้ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของตน

- Clean Development Mechanism (CDM) : คือการดำเนินโครงการร่วมกันระหว่างประเทศพัฒนาแล้วกับประเทศกำลังพัฒนาในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการจัดทำโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีลักษณะ Bottom-Up เช่นเดียวกับโครงการ JI แต่มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเรียกว่า Certified Emission Reduction หรือ CERs และมีเงื่อนไขว่าจะต้องมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีการกำจัดก๊าซเรือนกระจกให้กับประเทศผู้รับการลงทุน หรือประเทศเจ้าบ้านที่ตั้งโครงการ CDM

2.2 ตลาดแบบสมัครใจ

เป็นตลาดที่ผู้ซื้อ-ผู้ขายดำเนินการตกลงกันเอง โดยไม่จำเป็นต้องได้รับการรับรองจากรัฐบาล ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้เรียกว่า VERs (Voluntary Market) ตลาดคาร์บอนแบบสมัครใจเป็นตลาดที่เกิดขึ้นโดยความร่วมมือระหว่างผู้ประกอบการ เป็นตลาดที่ดำเนินการเองและไม่มีพันธะตามระเบียบระหว่างประเทศ โดยมีแนวทางเพื่อสร้างแรงจูงใจให้ผู้ประกอบการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้ตลาดคาร์บอนแบบสมัครใจนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 เป็นต้นมา

3. การดำเนินการโดยการมีส่วนร่วมของสังคมโดยความสมัครใจ แบบ Bottom up approach

ได้แก่ เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ (Low carbon society) เป็นแนวทางการดำเนินการโดยการมีส่วนร่วมของสังคม เป็นแนวทางที่มุ่งสู่พฤติกรรมการบริโภคสินค้าสะอาด (Green products) หรือแนวทางการดำเนินธุรกิจที่สะอาด (Green business) และการส่งเสริมธุรกิจที่สะท้อนการพัฒนาอย่างยั่งยืนบนพื้นฐานการพัฒนาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Green growth development)

แนวทางการดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

ประเทศไทยไม่ได้มีพันธะที่ต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามข้อตกลงภายใต้พิธีสารเกียวโต แต่มีการดำเนินการตามความสมัครใจในด้านต่างๆ เช่น การอนุรักษ์พลังงาน การพัฒนาโครงการขนส่งมวลชนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้านการขนส่งของประเทศ การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน การขยายพื้นที่ป่าเพื่อเพิ่มพื้นที่ดูดซับก๊าซเรือนกระจก เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการดำเนินการด้านอื่นๆ เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนี้

1. **โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด** (Clean Development Mechanism ; CDM)

การดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดในประเทศไทย (ข้อมูล ณ ตุลาคม พ.ศ. 2553) มีโครงการที่ได้รับหนังสือให้คำรับรองโครงการ (Letter of Approval: LoA) จากประเทศไทยแล้ว จำนวน 118 โครงการ (อดิศร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา. 2554) คิดเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ 7,379,979 ton CO_2e ต่อปี โดยสามารถแยกเป็นโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดประเภทก๊าซชีวภาพ ร้อยละ 69.50 ประเภทชีวมวล ร้อยละ 18.95 และประเภทอื่นๆ ร้อยละ 11.55

2. **ฉลากลดคาร์บอน** (Carbon Reduction Label)

เป็นฉลากที่แสดงระดับการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ประเมินการลดก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิต โดยฉลากลดคาร์บอนจะแสดงให้ผู้บริโภคทราบว่าในกระบวนการผลิตสินค้าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นปริมาณเท่าใด เพื่อสร้างความตระหนักและทางเลือกแก่ประชาชนได้มีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3. **คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์** (Carbon Footprint of Products ; CFP)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยการประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากหลังใช้งาน โดยแสดงผลอยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent) เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าใด ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริโภคมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้า และกระตุ้นให้ผู้ประกอบการผลิตสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น และเป็นการแสดงเจตนารมณ์ถึงความรับผิดชอบต่อสังคม

นอกจากนี้การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ยังเป็นการช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการไทยในตลาดโลก เนื่องจากในปัจจุบันมีหลายประเทศได้นำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์มาใช้แล้ว เช่น สหราชอาณาจักรสาธารณรัฐฝรั่งเศส สวิตเซอร์แลนด์ แคนาดา เยอรมนี สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เกาหลี เป็นต้น

4. **คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร** (Carbon Footprint for Organization ; CFO)

เป็นการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินงานขององค์กรจากกิจกรรมต่างๆทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent) เพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางการบริหารจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยต่อไป

ประเทศไทยได้ดำเนินการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ภายใต้โครงการส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยมีองค์กรนำร่องจำนวน 12 องค์กร แสดงดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 องค์กรนำร่องที่จัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

ที่	องค์กรนำร่อง	ประเภทองค์กร
1	บริษัท สหวิริยาสตีลอินดัสตรี จำกัด (มหาชน)	**โรงงาน อุตสาหกรรม**
2	บริษัท ไทยผลิตภัณฑ์ยิบซั่ม จำกัด (มหาชน)	
3	บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	
4	บริษัท ผลิตภัณฑ์กระดาษไทย จำกัด	
5	บริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)	
6	บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด	
7	บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (ลำปาง) จำกัด	
8	วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา	**สถานศึกษา**
9	หอพัก และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	
10	กรมควบคุมมลพิษ	**สำนักงาน**
11	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)	
12	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)	

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2554

แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เป็นการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas emissions and removals) ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่ประเมินได้จะใช้บ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินงานขององค์กรเฉพาะศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่านั้น ไม่ได้นำผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเด็นอื่นๆ เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) การเกิดฝนกรด (Acidification) หรือความเป็นพิษ (Toxicity) มาใช้ในการประเมินร่วมด้วย

การจัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2554)

1. การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization Boundaries)

การกำหนดขอบเขตขององค์กร ประกอบด้วย

1.1 กำหนดเป้าหมาย

กำหนดเป้าหมายการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำผลการศึกษาไปใช้งาน เช่น เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในช่วงระยะเวลาต่างๆ หรือเพื่อใช้สื่อสารข้อมูลสู่สาธารณะ หรือเพื่อประโยชน์อื่นๆ ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ข้อมูล

1.2 กำหนดขอบเขตขององค์กร

การกำหนดขอบเขตขององค์กรในการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก สามารถทำได้โดยวิธีการแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

1) แบบควบคุม (Control Approach)

1.1) ควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control)

องค์กรทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานขององค์กร ไม่นับรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานที่องค์กรมีส่วนเป็นเจ้าของ แต่ไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงาน

1.2) ควบคุมทางการเงิน (Financial Control)

องค์กรทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานภายใต้อำนาจการควบคุมทางการเงิน ซึ่งยึดตามสัดส่วนทางการเงินที่เกิดขึ้นจริงและมีการระบุไว้ในรายงานทางการเงินขององค์กรเป็นหลัก

2) แบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity Share)

กำหนดขอบเขตการรวบรวมผลการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โดยปันตามสัดส่วนของลักษณะการร่วมทุน หรือลงทุนในอุปกรณ์ หรือหน่วยผลิตนั้นๆ

2. การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational Boundaries)

ในการกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน ต้องระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct Emission) ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่างๆ ภายในองค์กร เช่น

1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่ เช่น

- การผลิตไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำ เพื่อใช้ภายในองค์กร
- การเผาไหม้เชื้อเพลิงของอุปกรณ์/เครื่องที่องค์กรเป็นเจ้าของ หรือเช่าเหมามาแต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง
- การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มภายในองค์กร

2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ เช่น

- ปฏิกิริยาเคมีภายในกระบวนการผลิต

3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ เช่น

- การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากการขนส่งของยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของ หรือเช่าเหมามาแต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง

4) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลและอื่นๆ (Fugitive Emissions) เช่น

- การรั่วซึมของก๊าซเรือนกระจกของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น สารทำความเย็น
- การใช้อุปกรณ์ดับเพลิงประเภทที่สามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้

- ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียและหลุมฝังกลบ
- ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ย หรือสารเคมีเพื่อทำความสะอาด

ประเภทที่ 2 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect Emission) จากการใช้พลังงาน ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำที่ถูกนำเข้าจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร

ประเภทที่ 3 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other Indirect Emission) ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ซึ่งองค์กรสามารถวัดหรือประเมินเพื่อการรายงานผลเพิ่มเติมได้ โดยไม่ถือเป็นข้อบังคับ เช่น

- การเดินทางของพนักงานเพื่อการประชุม/สัมมนา ด้วยระบบการขนส่งประเภทต่างๆ เช่น ยานพาหนะส่วนตัว รถไฟ เรือโดยสาร เครื่องบิน
- การเดินทางไปกลับจากที่พักถึงองค์กรของพนักงาน
- กิจกรรมการใช้น้ำประปาภายในองค์กร
- การใช้วัสดุสำนักงานภายในองค์กร เช่น กระดาษ
- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจ้างเหมาโดยบุคคล หน่วยงานหรือองค์กรภายนอก เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงของการหุงต้มจากกิจกรรมประกอบอาหารในโรงอาหาร
- การใช้พลังงานไฟฟ้า ไอน้ำ หรือความร้อนของหน่วยงาน หรือองค์กรอื่นที่มาขอเช่าพื้นที่ขององค์กร
- การกำจัดกากของเสีย และการบำบัดน้ำเสียโดยหน่วยงาน/องค์กรภายนอก

3. การคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

องค์กรต้องคัดเลือกและใช้วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาถูกต้อง ไม่ขัดแย้งกัน และช่วยลดความไม่แน่นอนอย่างสมเหตุสมผล โดยองค์กรสามารถเลือกวิธีการใดก็ได้แต่ต้องมีเหตุผลประกอบ ดังนี้

3.1 การหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการตรวจวัด

ทำการตรวจวัดปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรง ณ แหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง หรือเว้นช่วงเป็นระยะ โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การ

ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน ตามวิธีการตามมาตรฐานสากล ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่มีความถูกต้องสูง

3.2 การหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการคำนวณ

การหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการคำนวณสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสร้างโมเดล หรือ การทำสมการมวลสารสมดุล หรือ การทำ facility-specific correlations หรือ การคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ (Activity data) ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร คูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อย (Emission Factors) หรือดูดกลับ (Removal Factors) ก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลให้อยู่ในรูปของตัน หรือ กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า(CO_2 equivalent)

3.3 การหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ

องค์กรสามารถหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณได้ ตัวอย่างเช่น การนำข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่จัดเก็บ และข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งได้จากการตรวจวัด มาทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยอาศัยสมการมวลสารสมดุล เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Anthony Ferraro (2009) ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยไมอามี่ (Miami University) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยกำหนดขอบเขตการเก็บข้อมูล 4 ด้าน คือ ด้านการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงของระบบทำความร้อนและระบบทำความเย็นภายในอาคาร ด้านการเดินทาง/ขนส่ง ด้านการจัดการของเสีย และด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลจากการคำนวณพบว่า ในปีการศึกษา 2008 มหาวิทยาลัยไมอามี่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 128,916 ตัน CO_2e ซึ่งคิดเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากการใช้พลังงานสูงสุดร้อยละ 79.3 รองลงมาคือ การเดินทาง/ขนส่ง คิดเป็นร้อยละ 19.6 และจากการกำจัดของเสีย คิดเป็นร้อยละ 1 นอกจากนี้ในงานวิจัยดังกล่าวได้มีการเสนอมาตรการในการดำเนินการและกิจกรรมเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยลง

Bruce Hungate (2007) ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยนอร์ธเทิร์นอริโซนา (Northern Arizona University) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยกำหนดขอบเขตการเก็บข้อมูล 4 ด้าน คือ

การซื้อพลังงานไฟฟ้า การขนส่ง/เดินทาง การเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ และการจัดการมูลฝอย พบว่าในปีการศึกษา 2006 มหาวิทยาลัยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 70,000 ตัน CO_2e โดยกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระสูงสุด คือ การซื้อพลังงานไฟฟ้า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 38,705 ตัน CO_2e รองลงมาคือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ การขนส่ง/เดินทาง และการจัดการมูลฝอย ตามลำดับ ทั้งนี้ในงานวิจัยดังกล่าวได้มีการเสนอแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆภายในมหาวิทยาลัย เช่น มาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้า มาตรการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เป็นต้น และคิดเป็นต้นทุนในการดำเนินการ ผลประหยัดและความคุ้มทุน ตลอดจนปริมาณการปล่อยเรือนกระจกที่ลดลงจากการดำเนินการตามมาตรการต่างๆ

David Tilley (2009) ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยแมรี่แลนด์ (University of Maryland) ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปีการศึกษา 2002-2008 ในการคำนวณเพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ใช้วิธี Campus Carbon Calculator version 6.2, Clean Air-Cool Planet, New Hampshire พบว่า ในปีการศึกษา 2002 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำสุด คือ 306,300 ตัน CO_2e และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น โดยในปี 2008 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม เท่ากับ 311,345 ล้าน CO_2e เมื่อจำแนกตามกิจกรรมพบว่า การผลิตพลังงานและความร้อนใช้ภายในมหาวิทยาลัยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 41 รองลงมาคือ การเดินทางของบุคลากรและนักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 31 การซื้อพลังงานไฟฟ้าจากภายนอก คิดเป็นร้อยละ 23 และอื่นๆ ร้อยละ 5

Larsen, H.N., et al. (2011) ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนอร์เวย์ (Norwegian University of Technology and Science ; NTNU) ซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยที่มีขนาดใหญ่เป็นอันดับสองของประเทศนอร์เวย์ มีจำนวนนักศึกษามากกว่า 20,000 คน และบุคลากรกว่า 5,500 คน โดยใช้แบบจำลอง Environmental Extended Input-Output (EEIO) จากผลการศึกษาพบว่า ในปี 2009 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนอร์เวย์รวมเท่ากับ 92,000 ตัน CO_2e เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามกลุ่มต่างๆ พบว่า นักศึกษาจะปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.6 ตัน CO_2e/คน ส่วนบุคลากรจะปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 16.7 ตัน CO_2e/คน และเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ พบว่า กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คือ การใช้

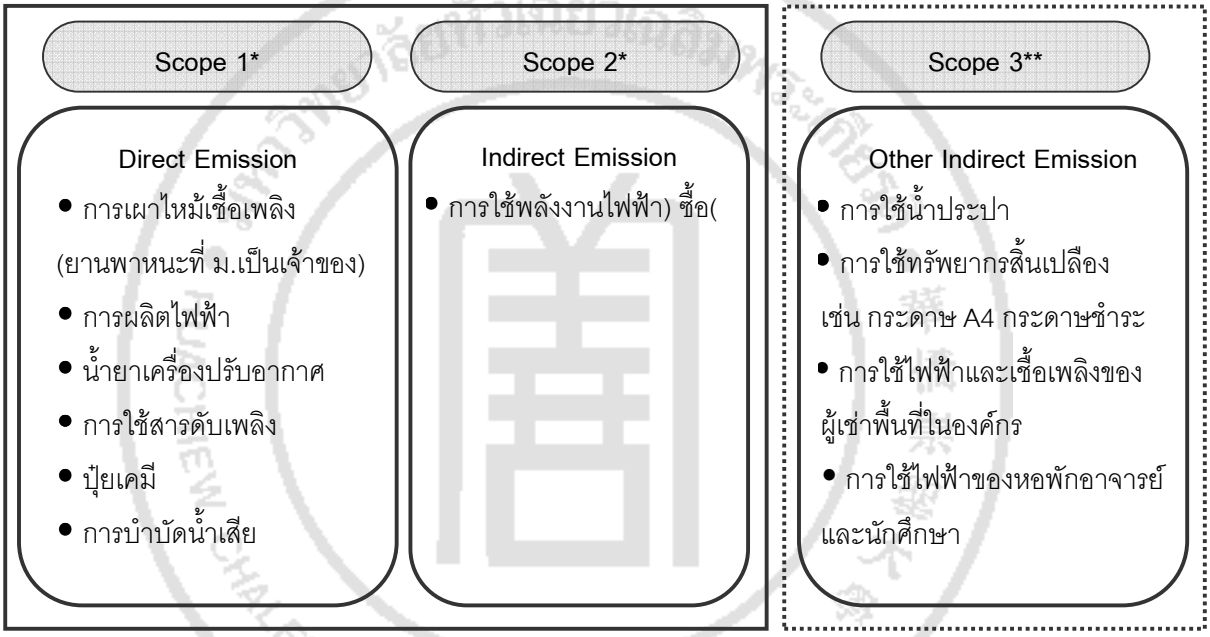
พลังงานไฟฟ้า การก่อสร้างและบำรุงรักษาอาคาร การใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ และการเดินทางของนักศึกษาและบุคลากร ตามลำดับ

Leticia Ozawa-Meida., et al. (2011) ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยเดอมองฟอร์ต (De Montfort University ; DMU) ซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยขนาดใหญ่ในสหราชอาณาจักร มีจำนวนนักศึกษา 21,585 คน และมีบุคลากร 3,995 คน จากผลการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์พบว่า ในปีการศึกษา 2008 มหาวิทยาลัยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม เท่ากับ 51,080 ตัน CO_2e ซึ่งเป็นการปล่อยจากกิจกรรมต่างๆ ดังนี้ การใช้พลังงานภายในอาคาร เท่ากับ 17,118 ตัน CO_2e คิดเป็นร้อยละ 34 การเดินทางของบุคลากร และนักศึกษาด้วยยานพาหนะส่วนตัวและยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของ เท่ากับ 14,689 ตัน CO_2e คิดเป็นร้อยละ 29 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด และจากกิจกรรมอื่นๆ ได้แก่ การก่อสร้าง การใช้ทรัพยากร การรับประทานอาหาร รวมทั้งการจัดการของเสีย เท่ากับ 19,273 ตัน CO_2e คิดเป็นร้อยละ 38 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

ธนัท (2554) ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ ประเภทที่หนึ่งครอบคลุมการรั่วไหลของสารทำความเย็น การใช้เชื้อเพลิง ประเภทที่สองครอบคลุมการใช้พลังงานไฟฟ้า และ ประเภทที่สามครอบคลุมการเดินทางไปกลับและการรับประทานอาหารของนิสิตระดับปริญญาตรี การใช้น้ำประปา และการใช้วัสดุจำพวกก๊าซไนโตรเจนเหลวบรรจุท่อของห้องปฏิบัติการส่วนกลาง การใช้กระดาษ A4 80 แกรม และ การใช้กระดาษชำระของธุรการ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมจากภาควิชาฯในปีการศึกษา 2553 เท่ากับ 1,036.43 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยการใช้ไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่เกิดก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 52.9 รองลงมาเป็นการเดินทางไปกลับ และ การรับประทานอาหารของนิสิตปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 24.7 และ 21.5 ตามลำดับ โดยกิจกรรมอื่นๆ ที่เหลือมีผลเพียงร้อยละ 0.81

กรอบแนวคิดในการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ประจำปีการศึกษา 2553 เพื่อคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานและกิจกรรมต่างๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม แสดงผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent) กำหนดขอบเขตและรูปแบบของกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3 ประเภทดังนี้



หมายเหตุ

* การเก็บข้อมูล Scope 1 และ 2 เป็นไปตามข้อกำหนดในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร

** การเก็บข้อมูล Scope 3 องค์กรสามารถวิเคราะห์เพื่อรายงานผลเพิ่มเติมได้โดยไม่ถือเป็นข้อบังคับขึ้นอยู่กับแต่ละองค์กร ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ครอบคลุมกิจกรรมต่างๆ ดังนี้ การทำปฏิกิริยาเคมีและการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมการเรียนการสอน การเดินทางเพื่อปฏิบัติงาน/ฝึกอบรม/สัมมนาของบุคลากร การเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักของบุคลากรและนักศึกษาด้วยยานพาหนะส่วนตัว การกำจัดและขนส่งขยะจากกิจกรรมขององค์กร การเรียนและฝึกงานนอกสถานที่ของนักศึกษา และการรับประทานอาหารของบุคลากรและนักศึกษา