



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยกลไกทางเศรษฐศาสตร์ของคาร์บอนเครดิต

Forest Conservation through Economic Mechanism of Carbon Credit Management

นามผู้วิจัย นางสาวอมรรรณ เรศานนท์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธันวา จิตต์สงวน, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ดำรงศักดิ์ ศรีพระราม, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยกลไกทางเศรษฐศาสตร์ของคาร์บอนเครดิต

Forest Conservation through Economic Mechanism of Carbon Credit Management

โดย

นางสาวอมรรรณ เรศานนท์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อมรรพรรณ เรศานนท์ 2554: การอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยกลไกทางเศรษฐศาสตร์ของ
คาร์บอนเครดิต ปรินญาปรัชญาคุณุภินันท์ (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธรรมา จิตต์สงวน, Ph.D. 241 หน้า

การวิจัยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่ออนุรักษ์ป่าไม้ผ่านการ
ปลูกสร้างสวนป่าสักโดยอาศัยเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์และระบบการซื้อขายคาร์บอนเครดิต ผล
การศึกษาพบว่าอัตราการเพิ่มพูนของมวลชีวภาพเฉลี่ยของสวนป่าสักเท่ากับ 0.32-0.77 ตันต่อไร่ต่อ
ปี เทียบเท่ากับการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 0.60-1.46 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อ
ปี ต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ -60.92 ถึง -49.42 ยูโรต่อตัน
คาร์บอนไดออกไซด์ ต้นทุนของต้นไม้เท่ากับ -1,508.53 ถึง -2,973.9 บาทต่อตัน อัตราผลตอบแทน
ภายในของการปลูกสร้างสวนป่าเท่ากับร้อยละ 15.36- 17.49

กลยุทธ์ในการส่งเสริมการปลูกป่าสักเพื่อดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มี 4 วิธี คือ
1) ดำเนินการส่งเสริมอย่างรวดเร็ว คือ การปลูกสร้างสวนป่าบนที่ดินของรัฐหรือชุมชนที่มีค่าเสีย
โอกาสของที่ดินต่ำมาก ไม่จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนด้านการเงิน 2) การให้การสนับสนุน
สำหรับพื้นที่ที่มีค่าเสียโอกาสของที่ดินประมาณ 500-1,200 บาทต่อไร่ต่อปี โดยสนับสนุนให้
ต้นทุนของที่ดินให้ต่ำลงเพียงพอที่ให้โครงการมีกระแสรายได้เพิ่มเติมและแข่งขันกับกิจกรรม
การเกษตรอื่นได้ 3) ต้องพิจารณาเป็นกรณีไป สำหรับกรณีการปลูกสวนป่าในพื้นที่ของเอกชนที่มี
ค่าเสียโอกาสของที่ดินในระดับ 2,500 บาทต่อไร่ต่อปี 4) ไม่ดำเนินการสร้างสวนป่า บนที่ดินที่มีค่า
เสียโอกาสของที่ดินสูงมากในระดับ 6,500 บาทต่อไร่ต่อปี

แนวทางสนับสนุนการปลูกสร้างสวนป่าสักคิดต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ควรอยู่ในระดับ
592-1,077 บาทถ้าค่าเสียโอกาสที่ดินเท่ากับ 1,200 บาทต่อไร่ต่อปี และในระดับ 1,780-2,405 บาท
ถ้าต้นทุนค่าเสียโอกาสของที่ดินปานกลางในระดับ 2,500 บาทต่อไร่ต่อปี โดยผ่านกระบวนการ
ต่างๆ เช่น กลไกการพัฒนาที่สะอาด กลไกการดำเนินงานของภาครัฐ ผ่านศูนย์แลกเปลี่ยน
คาร์บอน และ กระบวนการความรับผิดชอบต่อสังคมของภาคเอกชน

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Amornwan Resanond 2011: Forest Conservation through Economic Mechanism of Carbon Credit Management. Doctor of Philosophy (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Assistant Professor Thanwa Jitsanguan, Ph.D. 241 pages.

The prime objective of the Study is to develop the policy recommendations in relation to forest conservation, employing the economics tools and the benefits of carbon credits.

The study reveals that the mean annual increment of teak forest is estimated to be in the range of 0.32-0.77 tons per Rai, equivalent to 0.60-1.46 tons of carbon dioxide sequestered. This is translated into mitigation costs of approximately -60.92 to -49.42 Euro per tons of carbon dioxide and the values of teak tree of 1,508.53-2,973.9 Baht per tree. Internal Rate of Return of teak plantation is in the range of 15.36-17.49 percent, depending on cultivation practices.

Four strategies to promote teak plantation are proposed. Firstly, the Fast Start Strategy. This aims to promote forest plantation on the public and community lands where opportunity cost is none and the internal rate of return (IRR) of the current practice exceeds the IRR hurdle rate of 13.86% . Hence, no subsidy is required. Secondly, Subsidy Strategy. An appropriated amount of subsidy will be allocated to the farmers who plant on land with low opportunity cost (500-1,200 Baht/Rai/Year) in order to trigger the project's IRR to reach the IRR hurdle rate. Thirdly, Case by Case Strategy. Consideration will be made on the case by case basis. Substantial amount of subsidy may be required for forest plantation on land with medium opportunity cost (2,500 Baht/Rai/Year). If the existing conditions offer the unfavourable internal rate of return, the private forest operator has an option to select other investment alternatives which yields the better financial returns. Lastly, No Go. Opportunity cost of land is high and resulted in a very low rate of return, hence, teak plantation is not a right option to go.

The level of subsidy in terms of tons carbondioxide sequestered for the low opportunity cost of land is in the range of 592-1,077 Baht and 1,780-2,405 Baht for land with medium opportunity costs, 1,200 and 2,500 Baht/Rai/Year respectively. Supports can be through the Clean Development Mechanism (CDM), the governmental process, the carbon exchange platform and the Corporate Social Responsibility (CSR) scheme of the private sectors.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดีด้วยความรู้ คำชี้แนะและพรหมวิหารสี่จาก ผศ.ดร. ชันวา จิตต์สงวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร. คำรงค์ ศรีพระราม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และ ศ.ดร. เกษม จันทรแก้ว ประธานสาขาวิชาวิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ คุณบุญเลิศ ศรีสุขใส รองผู้อำนวยการองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และสำนักส่งเสริมและพัฒนาไม้เศรษฐกิจภาคเหนือบน ที่ได้เอื้อเฟื้อและสนับสนุนการดำเนินงานในภาคสนามในเขตภาคเหนือตอนบน ดร. ชิงชัย วิริยะบัญชาการศ.ดร. ปรีชา ธรรมานนท์ รศ.ดร. ไพบุลย์ ประพฤติกธรรม และ ผศ.ดร. สการ ทีจันทิก ที่ได้ให้คำปรึกษาในเรื่องป่าไม้และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดี ดร. โสภณ ชนะมัย ที่ได้ให้ความเมตตาตลอดมาและ คุณเกษร จำปา กรมพัฒนาที่ดิน

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพนิดา ขอบวณิชชา ที่สนับสนุน เป็นกำลังใจตั้งแต่วันแรกและแรงผลักดันให้เดินหน้าเสมอมาจนกระทั่งประสบผลสำเร็จ และบริษัทอีอาร์เอ็ม สยาม จำกัด ที่สนับสนุนการพัฒนาตนเองโดยให้โอกาสในการศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก

ขอขอบคุณน้องๆ ปริญญาเอก วิทยาลัยสิ่งแวดล้อมรุ่น 5 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประกอบด้วย น.ส. ศักดิ์ศรี รักไทย น.ส. อรทัย จิตไชยง ดร. นุตา ศุภกต นายณัฐกร อินทวิชะ อาจารย์พัศกร งามอาจ พ.ต.ท.หญิง ณีฐฎาคุญชร์ ชนพร โพธิ์ และ พี่ๆ ปริญญาเอก รุ่น 3 ที่ไม่เคยทอดทิ้งกัน และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของวิทยาลัยสิ่งแวดล้อมที่ได้ดูแลและสนับสนุนการศึกษา

สุดท้ายนี้ ขอกราบคุณปู่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ คุณย่าเสงี่ยม เรศานนท์ พ่อ-แม่ (นพ. ถวิล-ภก. บังอร เรศานนท์) อาเต๋ว (คุณเพ็ญพรรณ เรศานนท์) พี่ไข่ (อมรรัตน์ มั่นตราภรณ์) และ พี่ไก่ (อรวรรณ เจนเจริญวงศ์) ที่เป็นแรงบันดาลใจและกำลังใจเสมอมา

อรวรรณ เรศานนท์
พฤษภาคม 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(6)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
ขอบเขตของการวิจัย	5
ประโยชน์ที่ได้รับ	6
นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ	7
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	9
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	9
การตอบสนองต่อประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	30
ป่าไม้	41
การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการดูดซับก๊าซเรือนกระจก	
ของป่าไม้	68
กรอบการวิจัย	73
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	75
การเลือกพื้นที่ศึกษา	75
แผนการวิจัย	75
บทที่ 4 ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์	88
ผลการวิจัย	88
ส่วนที่ 1 ภายภาพ สิ่งแวดล้อม และ เศรษฐศาสตร์ของสวนป่าสัก	
ในระดับจุลภาค	88
ส่วนที่ 2 ความเป็นไปได้ในการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่า:	
มุมมองทางเศรษฐศาสตร์	109

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ส่วนที่ 3 โอกาสและความเป็นไปได้ของสวนป่าสักในการเข้าร่วม มาตรการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้อนุสัญญา สหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	136
ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ ด้วยกลไกของคาร์บอนเครดิต	159
ข้อวิจารณ์	183
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	191
สรุปผลการวิจัย	191
ข้อเสนอแนะ	194
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	199
ภาคผนวก	217
ภาคผนวก ก สวนป่าขุนแม่คำมี	218
ภาคผนวก ข การประเมินความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพ	226
ภาคผนวก ค หลักเกณฑ์ความสำคัญด้านการอนุรักษ์อย่างสูง	235
ภาคผนวก ง ขั้นตอนการพิสูจน์ Additionality	239
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	241

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระดับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม	11
2	การคาดการณ์ผลกระทบจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก	23
3	ผลการพยากรณ์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม	35
4	พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย พ.ศ. 2504-2551	61
5	สรุปเนื้อที่ป่าไม้จากกิจกรรมส่งเสริมการปลูกป่า โดยกรมป่าไม้ พ.ศ. 2549-2552	67
6	การกระจายตัวของโครงสร้างหมูไม้ ของสวนป่าสักปลูกจำแนกตามช่วงอายุ	93
7	ข้อมูลทางกายภาพของต้นสัก ณ. ช่วงอายุต่างๆ ในสวนป่าขุนคำมี	96
8	ปริมาณมวลชีวภาพ ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการคายก๊าซออกซิเจนของสวนป่าสัก จำแนกตามอายุสวนป่า กรณี CMS	99
9	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่าหนึ่งไร่ ตั้งแต่เริ่มปลูกถึงครบรอบตัดฟัน (30 ปี) ในกรณีของ CMS จำแนกตามอัตราส่วนลด	100
10	การวิเคราะห์การลงทุนของสวนป่าสัก กรณีของ CMS จำแนกตามอัตราส่วนลด	102

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	ปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสวนป่าสัก จำแนกตามอายุสวนป่า กรณี GTS	104
12	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่าหนึ่งไร่ ตั้งแต่เริ่มปลูกถึงครบรอบตัดฟัน (30 ปี) ในกรณีของ GTS จำแนกตามอัตราส่วนลด	106
13	ต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และอัตราผลตอบแทนภายใน กรณีของ GTS จำแนกตามอัตราส่วนลด	108
14	จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และ ความเสี่ยงของการปลูกสวนป่าในประเทศไทยในมุมมองของเศรษฐศาสตร์และคาร์บอนเครดิต	109
15	เกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนของรัฐกิจการเกษตรของประเทศไทย	121
16	การใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย พ.ศ. 2545	124
17	รายได้เงินสดสุทธิทางการเกษตรของครัวเรือนเกษตร ปีเพาะปลูก 2549/50	126
18	บริการทางนิเวศของป่าไม้	130
19	การประเมินมูลค่าบริการทางนิเวศของป่าไม้เศรษฐกิจ ป่าเสื่อมโทรม ไม้ผลรากลึกเปรียบเทียบกับป่าธรรมชาติสมบูรณ์	133
20	ประมาณการค่าใช้จ่ายในการดำเนิน โครงการ CDM การปลูกสร้างสวนป่าสัก	145

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	จุดคุ้มทุนของการดำเนิน โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด	146
22	อัตราผลตอบแทนภายในของการปลูกสวนป่าสักภายใต้เงื่อนไขต่างๆ	175
23	ข้อเสนอแนะกลยุทธ์ที่เหมาะสมกับการปลูกสวนป่าสักภายใต้เงื่อนไขต่างๆ	177
24	ระดับการสนับสนุน โครงการสวนป่าเอกชนแบบทวิภาคี	180
ตารางผนวกที่		
1	พื้นที่การปลูกสร้างสวนป่าสักปลูกของสวนป่าขุนแม่คำมี	221
2	ข้อมูลอนุญัตติมหาสวนป่าขุนแม่คำมี พ.ศ. 2552	223
3	กำหนดการในการดำเนินปลูกสร้างสวนป่าในรอบตัดฟันที่สอง	225
4	ข้อมูลสำรวจทางกายภาพของต้นสัก ณ. ช่วงอายุต่างๆ ในสวนป่าขุนแม่คำมี	228
5	สมการการเติบโตของมวลชีวภาพสะสมของสวนป่าที่มีการปรับด้วย Richards Function	233

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เขตการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่ต้องใช้เทคโนโลยีในระดับต่างๆ ในการฟื้นคืน	11
2	ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศและอุณหภูมิเฉลี่ย ของโลก	14
3	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ระดับน้ำทะเล และการปกคลุมด้วยหิมะ ในตอนเหนือของโลก	15
4	การเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของออกซิเจน	17
5	วิถีโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์	18
6	การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก	21
7	การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสะสม พ.ศ. 2548	22
8	การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามทางเลือกร่างต่างในช่วง พ.ศ. 2543 -2643	25
9	อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี เฉลี่ยรายทศวรรษ	27
10	จำนวนวันที่อากาศร้อนมากกว่า 35 องศาเซลเซียส เฉลี่ยรายทศวรรษ อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี เฉลี่ยรายทศวรรษ	28
11	ปริมาณฝนในรอบปีที่เปลี่ยนแปลงไปจากช่วงทศวรรษ 1980	29

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	ภาคีสมาชิกของพิธีสารเกียวโต	33
13	ผลการพยากรณ์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมทั้ง 3 กรณี	36
14	ประเทศที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 25 อันดับแรก	37
15	การเปลี่ยนแปลงของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์และการเติบโตทางเศรษฐกิจของ 25 ประเทศที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด	38
16	การเปลี่ยนแปลงของการความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ (Emission Intensity) ของ 25 ประเทศที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด	39
17	การกระจายตัวของคาร์บอนสต็อกในต้นไม้ ในปี พ.ศ. 2552	42
18	วัฏจักรคาร์บอน	43
19	การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้และป่าไม้	45
20	ผลผลิตจากการเจริญเติบโตของต้นไม้	48
21	ผลผลิตออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์แสง	49
22	การดูดซับและการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมสวนป่า	51

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	ลักษณะการสะสมคาร์บอนของสวนป่าอนุรักษ์และสวนป่าที่มี รอบตัดฟันสั้น	52
24	แผนที่สวนป่าและสวนป่าสักในประเทศไทย พ.ศ. 2545	56
25	สถานการณ์ป่าไม้ของประเทศไทย	62
26	เส้นต้นทุนในการลดก๊าซเรือนกระจกของโลกภายใต้สถานการณ์ปกติ	70
27	เส้นต้นทุนในการลดก๊าซเรือนกระจกของโลกในสาขาป่าไม้ภายใต้ สถานการณ์ปกติ	71
28	กรอบการวิจัย	74
29	ขั้นตอนในการดำเนินงานด้านระบบกายภาพของสวนป่าสัก	76
30	มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	83
31	กรอบแนวความคิดในการสร้างนโยบาย	86
32	พื้นที่สวนป่าที่มีข้อมูลในบัญชีป่าไม้ (FIS) และใช้ในการวิเคราะห์ โครงสร้างและประเมินมวลชีวภาพ (หน่วย: ไร่)	92
33	การกระจายของชั้นของความโตวัดรอบเพียงอกของหมู่ไม้ของสวนป่าสัก ในเขตภาคเหนือตอนบน	94

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
34	รูปร่างลักษณะและกราฟการกระจายของชั้นของความโตว์ครอบเพียงอกของหมู่ไม้ของสวนป่าสัก ในเขตภาคเหนือตอนบน หลังจากการตัดสางขยายระยะครั้งแรก	95
35	ความสัมพันธ์เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักในสวนป่าขุนแม่คำมี	97
36	อิทธิพลของอัตราส่วนลดที่มีต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการปลูกสร้างสวนป่า	112
37	อิทธิพลของอัตราส่วนลดที่มีต่อต้นทุนในการดูแลรักษาคาร์บอนไดออกไซด์จากสวนป่า	113
38	อัตราผลตอบแทนที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุน (IRR Hurdle Rate)	122
39	พื้นที่ที่นำลงทุนในโครงการภาคป่าไม้ในระยะแรก	123
40	แผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2545	125
41	อิทธิพลของค่าเสียโอกาสที่ดินที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายใน ในกรณีที่ไม่มีการแสวงรายได้จากรับโอนเครดิต	128
42	อิทธิพลของค่าเสียโอกาสที่ดินที่มีต่อต้นทุนในการดูแลรักษาคาร์บอนไดออกไซด์ ในกรณีที่ไม่มีกระแสรายได้จากรับโอนเครดิต	129

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
43	อิทธิพลของมูลค่าบริการเชิงนิเวศที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ในกรณีที่ไม่มีกระแสรายได้จากคาร์บอนเครดิต	135
44	อิทธิพลของมูลค่าบริการเชิงนิเวศที่มีต่อต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในกรณีที่ไม่มีกระแสรายได้จากคาร์บอนเครดิต	136
45	นิยามป่าไม้ในโครงการ A/R CDM ของประเทศไทย	138
46	ขั้นตอนการดำเนินงาน โครงการ CDM	140
47	แผนที่แสดงการกระจายตัวของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด	142
48	โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดทางด้านภาคป่าไม้ในภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก (ข้อมูล ณ เดือนมีนาคม 2011)	143
49	การวิเคราะห์ Investment Analysis สำหรับโครงการ CDM ภาคป่าไม้	144
50	บทบาทของคาร์บอนเครดิตที่มีต่อผลตอบแทนในการลงทุนของสวนป่าสัก	146
51	บทบาทของคาร์บอนเครดิตที่มีต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิในการลงทุนของสวนป่าสัก	148
52	บทบาทของคาร์บอนเครดิตที่มีต่อต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	149
53	ความเสี่ยงในการดำเนินโครงการ CDM	150

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
54	ระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบและขึ้นทะเบียนของโครงการ CDM ภาคการเกษตรของประเทศไทย	153
55	บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และ คาร์บอนเครดิตที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายในของสวนป่าสัก กรณี CMS	162
56	บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และ คาร์บอนเครดิตที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายในของสวนป่าสัก กรณี GTS	163
57	บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และคาร์บอนเครดิต ที่มีต่อต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสวนป่าสัก กรณี CMS	164
58	บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และคาร์บอนเครดิต ที่มีต่อต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสวนป่าสัก กรณี GTS	165
59	บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และ มูลค่าบริการทางนิเวศที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายในของสวนป่าสัก กรณี CMS	166
60	บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และ มูลค่าบริการทางนิเวศที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายในของสวนป่าสัก กรณี CMS	167
61	บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และมูลค่าบริการทางนิเวศ ที่มีต่อต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสวนป่าสัก กรณี CMS	168
62	บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และ มูลค่าบริการทางนิเวศที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายในของสวนป่าสัก กรณี GTS	168

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
63	ประเภทของสวนป่า จำแนกตามสิทธิในที่ดิน การบริหารจัดการ และ ค่าเสียโอกาส ของที่ดิน	171
64	มาตรการเศรษฐศาสตร์มหภาคเพื่อการอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยกลไกคาร์บอน เครดิต	172
65	กลยุทธ์ในการส่งเสริมการปลูกป่าสัก กรณี CMS	176
66	กลยุทธ์ในการส่งเสริมการปลูกป่าสัก กรณี GTS	176
67	กลยุทธ์ในการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าสัก	178
68	การทดสอบแบบจำลอง D-H Relationship กับข้อมูลตรวจวัดจริง	184
69	การเปรียบเทียบการประเมินประมาณคาร์บอนเหนือดินจากสวนป่าสัก จากงานวิจัยต่างๆ	185
70	การเปรียบเทียบต้นทุนการดูดซับก๊าซเรือนกระจก	188
71	กรอบการแจ้งเดือน ขบวนการหลอกขายคาร์บอนเครดิตป่าไม้แพร่ระบาด ในภาคเหนือ	189
72	กรอบแนวความคิดศูนย์แลกเปลี่ยนคาร์บอน	195
73	การเตรียมการจัดตั้งศูนย์แลกเปลี่ยนคาร์บอน	197

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
1	สวนป่าภายใต้การกำกับดูแลของสวนป่าขุนแม่คำมี	222
2	สภาพภูมิประเทศของสวนป่าขุนแม่คำมี	224
3	ผลลัพธ์ความสัมพันธ์ความโตเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกและความสูง	229
4	มวลชีวภาพของสวนป่าออป. ตามชั้นอายุก่อนที่มีการปรับสมการ	231
5	ผลลัพธ์การปรับสมการด้วย Richards ของสวนป่าในช่วงอายุ 1-15 ปี	232
6	ผลลัพธ์การปรับสมการด้วย Richards ของสวนป่าในช่วงอายุ 16-21 ปี	232
7	การปรับแบบจำลองการเติบโตของต้นสัก	233
8	ขั้นตอนการพิสูจน์ Additivity	240

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง มีการยอมรับอย่างเป็นทางการจากประชาคมโลกว่าเป็นไปได้อย่างมากที่มีสาเหตุมาจากความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์เพิ่มขึ้น (IPCC AR4, 2007) โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีบทบาทโดดเด่นสำคัญที่สุด และกิจกรรมสำคัญที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ได้แก่ การเผาเชื้อเพลิงจากซากฟอสซิล คิดเป็นร้อยละ 25.9 ของการปลดปล่อยทั้งหมด โดยผสมผสานการปลดปล่อยจากภาคอุตสาหกรรม (ร้อยละ 19.4) ป่าไม้ (ร้อยละ 17.4) ขนส่ง (ร้อยละ 13.1) เกษตร (ร้อยละ 13.5) ภาคครัวเรือนและการพาณิชย์ (ร้อยละ 7.9) และ ของเสียและการจัดการของเสีย (ร้อยละ 2.8)

ก๊าซเรือนกระจกและแอโรซอล (aerosols) มีผลกระทบต่อสมดุลพลังงานของโลก (energy balance) เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อรังสีจากดวงอาทิตย์ที่เข้ามาและรังสีความร้อนหรืออินฟราเรดที่ออกจากบรรยากาศโลก ก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มมากขึ้นนี้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นักวิทยาศาสตร์ได้มีการคาดการณ์ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.2 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษในช่วงสองทศวรรษข้างหน้า ถึงแม้ว่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกและแอโรซอลจะคงระดับเดียวกับสถานการณ์ของปีพ.ศ. 2543 แล้วก็ตาม อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกยังได้ระดับเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 0.1 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ (IPCC, 2000) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมในทุกภาคส่วนของโลก เช่น ทรัพยากรน้ำ การเกษตร ป่าไม้ การประมง การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ ระบบนิเวศ สุขภาพอนามัย และความมั่นคงในด้านอาหาร เป็นต้น สำหรับในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นที่คาดว่าในปีพ.ศ. 2593 มีความเป็นไปได้ที่ทรัพยากรน้ำจะลดลง แหล่งที่อาศัยบริเวณปากแม่น้ำที่มีประชากรหนาแน่นคาดว่าจะได้รับความเสี่ยงจากน้ำท่วมและการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรน้ำ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจะได้รับความกดดันจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นักวิทยาศาสตร์กล่าว

ด้วยความมั่นใจในระดับปานกลางว่าผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งและสรรพสิ่งอย่างไม่อาจแก้ไขได้ เช่น สายพันธุ์สิ่งมีชีวิตที่มีความเสี่ยงที่จะสูญพันธุ์ ในอัตราร้อยละ 20-30 ถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นมากกว่า 1.5-2.0 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับปีพ.ศ. 2523-2542 และถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นมากกว่า 3.5 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้เกิดการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตอย่างมีนัยสำคัญ (IPCC AR4, 2007)

จากเหตุผลและความจำเป็นดังกล่าว ส่งผลให้ประชาคมโลกแสวงหาความร่วมมือในการแก้ปัญหาาร่วมกันอย่างเป็นทางการ โดยได้มีการจัดตั้ง The International Panel on Climate Change (IPCC) ในปีพ.ศ. 2531 และในปี พ.ศ. 2535 ได้กำเนิดอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework on Climate Change Convention, UNFCCC) ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับความร่วมมือในลำดับต่อมา ความพยายามแก้ไขปัญหาคาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับนานาชาติได้พัฒนาความเข้มข้นขึ้น โดยความร่วมมือที่เป็นรูปธรรมมากที่สุด คือ พิธีสารเกียวโต ที่ได้ถูกยกร่างขึ้นเมื่อ พ.ศ.2540 มีผลบังคับใช้เมื่อ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2548 โดยมีหลักการที่ตั้งบนพื้นฐานของความเท่าเทียมกันและมีความรับผิดชอบ (ในการลดสถานะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ) ร่วมกัน แต่ในระดับความรับผิดชอบที่แตกต่างกัน สำคัญในพิธีสารเกียวโต ได้แก่ การกำหนดให้ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่หนึ่ง (Annex I) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว มีเป้าหมายในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 6 ตั้ว² ในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 5 ต่ำกว่าระดับการปลดปล่อยในปี พ.ศ. 2533 ภายในช่วงพันธกรณีที่หนึ่ง (พ.ศ. 2551-2555) ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2552 ประเทศภาคีสมาชิกได้เริ่มหารือพร้อมทั้งเจรจาต่อรองถึงแนวทางการร่วมมือในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังปี พ.ศ 2555 (Post Kyoto) โดยประเด็นที่กำลังถกเถียงกันมาก ได้แก่ ระดับของอุณหภูมิที่ยินยอมให้เพิ่มขึ้นได้ในช่วง พ.ศ. 2555-2563 การเจรจาครั้งล่าสุดที่ประเทศเม็กซิโก ได้มีข้อตกลงเบื้องต้น คือ ยินยอมให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นได้ไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส

ในระหว่างที่มีการเจรจาในเนื้อหาของพิธีสารเกียวโต ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องได้เล็งเห็นถึงบทบาทและศักยภาพของกิจกรรมทางด้านป่าไม้ว่าเป็นวิธีที่ยั่งยืนที่ทุกประเทศควรดำเนินการโดย

¹ ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างพิธีสารเกียวโตและอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) คือ อนุสัญญาฯ จะส่งเสริมให้ประเทศอุตสาหกรรมลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขณะที่พิธีสารเป็นการผูกมัดให้ประเทศเหล่านั้นดำเนินการ

² ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีเทน (CH₄) ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC), เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และ ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆)

เร่งด่วน เพื่อที่จะปรับโครงสร้างของชั้นบรรยากาศให้กลับสู่ในระดับที่ธรรมชาติจะช่วยเหลือตนเองได้ โดยมุ่งหวังว่าเมื่อโครงสร้างเริ่มเป็นปกติ จะทำให้บทบาทหน้าที่เป็นปกติตามไปด้วย ซึ่งความประสงค์ดังกล่าวได้ปรากฏชัดเจนใน Article 12 ของพิธีสารฯ ที่ยินยอมให้โครงการพัฒนาด้านป่าไม้ที่มีความสามารถในการดูดซับก๊าซเรือนกระจกของประเทศนอกภาคผนวกที่หนึ่ง (non-Annex I) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นประเทศกำลังพัฒนาสามารถเข้าร่วมกระบวนการของกลไกการพัฒนาที่สะอาดได้ในช่วงพันธกรณีที่หนึ่ง

อย่างไรก็ตาม การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าเขตร้อนที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ยังคงมีส่วนที่สูง จึงเป็นสาเหตุให้การประชุมสมัชชารัฐภาคีอนุสัญญาฯ (Conference of the Parties) ครั้งที่ 11 ณ เมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดา (พ.ศ. 2548) ได้เสนอแนวคิดให้เพิ่มเรื่องการทำลายป่าไม้เข้าในการประชุม แนวความคิดดังกล่าวมีความชัดเจนมากขึ้นดังที่เห็นได้จากบทלי โรดแมป (Bali Roadmap) ในปีพ.ศ. 2550 โดยกำหนดให้ป่าไม้เป็นกลไกเพิ่มเติมเป็นอิสระไม่เกี่ยวข้องกับกลไกการพัฒนาที่สะอาด เรียกว่า การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าในประเทศกำลังพัฒนา หรือ REDD (Reducing Emission from Deforestation and Degradation in Developing Countries) (ลดาวัลย์ พวงจิตร, 2552) แนวความคิดเกี่ยวกับภาคป่าไม้ได้พัฒนาไปอย่างต่อเนื่อง โดยครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่และคำนึงถึงผลประโยชน์ร่วมจากการอนุรักษ์ป่าไม้ ซึ่งแนวความคิดได้บวกเพิ่มเติมจากกรอบเดิม จึงเรียกว่า REDD+ (Cambell, 2009) จะเห็นได้ว่าป่าไม้ได้มีบทบาทอย่างมากในเวทีการเจรจาต่อรองเกี่ยวกับทิศทางหลังการสิ้นสุดพันธกรณีที่หนึ่ง ดังเห็นได้จากการประชุมของคณะทำงานเฉพาะกิจว่าด้วยความร่วมมือระยะยาวภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Ad Hoc Working Group on Long-Term Cooperative Action Under the Convention- AWG (LCA))

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกถือว่าเป็นปัจจัยหนึ่งในเจ็ดปัจจัยที่ประเทศไทยต้องเผชิญในอนาคตอีก 20-100 ปีข้างหน้า (สศช., 2552) ความพยายามเรียนรู้วิกฤต เพื่อสร้างโอกาสให้ประเทศไทยสามารถปรับตัวรองรับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างเท่าทัน รวดเร็วเป็นเรื่องที่จำเป็นเร่งด่วน เนื่องจากผลกระทบนี้มีได้ส่งผลกระทบเฉพาะเพียง

³ ปัจจัยภายนอก 7 ประการที่ประเทศไทยและโลกต้องเผชิญในอนาคต 20 ปี ข้างหน้า ได้แก่ การรวมตัวทางเศรษฐกิจของกลุ่มภูมิภาคต่างๆ การเปลี่ยนศูนย์กลางอำนาจของโลก การเปลี่ยนแปลงทางการเงินโลก การเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี วิกฤตด้านพลังงานโลก และ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (สศช., 2552)

มิติกายภาพเท่านั้น หากแต่ยังส่งผลถึงมิติด้านเศรษฐกิจ ทั้งในด้านการผลิต ด้านการค้าสินค้าและบริการ และสิ่งแวดล้อม

ประเทศไทย เป็นประเทศที่อยู่บนคาบสมุทรมาลายู ภูมิอากาศเป็นแบบเขตร้อนมีฝนตกและเมฆมาจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อากาศแห้งและหนาวเย็นจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จากลักษณะภูมิศาสตร์และภูมิอากาศของประเทศ ทำให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีปัจจัยเอื้อต่อการเติบโตของป่าไม้ เนื่องจากมีฝนตกในปริมาณที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของต้นไม้ การใช้ต้นไม้เพื่อดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นจึงถือว่าเป็นเทคโนโลยีธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่นที่ใดก็ตาม การเลือกปลูกต้นไม้ที่มีความต้องการ เช่น ต้นสัก เป็นต้น จะเสริมสร้างแรงจูงใจให้มีการดูแลและสนับสนุนการปลูกสร้างสวนป่าอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

การศึกษานี้จึงศึกษาความเป็นไปได้ของการอนุรักษ์ป่าไม้ของประเทศไทย โดยอาศัยมาตรการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและคาร์บอนเครดิตที่ดำเนินการภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ กลไกการพัฒนาที่สะอาดภายใต้พิธีสารเกียวโต และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการทำลายป่า การลดความเสื่อมโทรมของป่า การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน และ การส่งเสริมการสะสมคาร์บอนในประเทศกำลังพัฒนา (Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation, Sustainable Management of Forests and Enhancement of Forest carbon stocks in Developing Countries, REDD+) และสร้างข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ของประเทศไทยโดยใช้กลไกทางเศรษฐศาสตร์ของคาร์บอนเครดิต โดยมีการปลูกสร้างสวนป่าสักเป็นกรณีศึกษา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย โดยใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ ผลประโยชน์จากคาร์บอนเครดิตและบริการทางนิเวศ เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ของประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการปลูกสร้างสวนป่าสัก โดยครอบคลุมถึงการเติบโตของต้นไม้ การสร้างมวลชีวภาพ การดูดซับก๊าซเรือนกระจกคาร์บอนไดออกไซด์ของสวนป่าสักตามชั้นอายุ

2. เพื่อศึกษาวิเคราะห์การลงทุนของการปลูกสร้างสวนป่าสัก ครอบคลุม มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน ต้นทุนดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3. เพื่อศึกษาบทบาทของบริการทางนิเวศของสวนป่าสัก

4. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการส่งเสริมการปลูกป่าสัก โดยอาศัยมาตรการคาร์บอนเครดิตที่ดำเนินการภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ กลไกการพัฒนาที่สะอาดภายใต้พิธีสารเกียวโต และ การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าในประเทศกำลังพัฒนา (REDD+)

5. เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าสักในระดับจุลภาค และระดับมหภาค

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ขอบเขตของเนื้อหาครอบคลุมการศึกษาเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ โดยอาศัยมาตรการและกลไกทางด้านคาร์บอนเครดิตที่เกิดจากเวทีการเจรจาระหว่างประเทศ ได้แก่ กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism, CDM) และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการทำลายป่า การลดความเสื่อมโทรมของป่า การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน และการส่งเสริมการสะสมคาร์บอนในประเทศกำลังพัฒนา (Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation, Sustainable Management of Forests and Enhancement of Forest carbon stocks in Developing Countries, REDD+)

ขอบเขตด้านพื้นที่

ขอบเขตด้านพื้นที่แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1. พื้นที่เพื่อการศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของป่าไม้ในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งได้เลือกสวนป่าสักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (ออป.) เป็นกรณีศึกษา

1.1 พื้นที่ที่ใช้ในการสำรวจเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความโตและความสูงของต้นสักได้ดำเนินการในสวนป่าขุนแม่คำมี อำเภอร่องขวาง จังหวัดแพร่ ซึ่งอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของสำนักส่งเสริมและพัฒนาไม้เศรษฐกิจภาคเหนือบน ออป.

1.2 พื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในภาพรวมของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสวนป่าสักในช่วงอายุต่างๆ และพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์จะครอบคลุมพื้นที่การปลูกสร้างสวนป่าที่มี site index 11, 14 และ 17 ใน 6 จังหวัดภาคเหนือได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง แพร่ น่าน และ แม่ฮ่องสอน

2. พื้นที่ในการวิเคราะห์เชิงนโยบาย คือ ประเทศไทย

ประโยชน์ที่ได้รับ

การวิจัยเรื่องการอนุรักษ์ป่าไม้โดยอาศัยกลไกทางเศรษฐศาสตร์ในการจัดการคาร์บอนมีประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับดังนี้

1. ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับการเติบโตของต้นสัก การสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพ การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และบริการทางนิเวศอื่นๆ จากสวนป่าสักปลูก
2. ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์การลงทุนของสวนป่าสัก ได้แก่ ต้นทุนการปลูกสร้างสวนป่า ต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อัตราผลตอบแทนภายใน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
3. ได้ทราบถึงบทบาทของปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ คาร์บอนเครดิต และ บริการทางนิเวศที่มีต่อการวิเคราะห์การลงทุนของสวนป่า
4. ได้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในด้านการนำเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์และคาร์บอนเครดิตมาใช้ในการส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้

นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ

การปลูกป่า (Afforestation) หมายถึง การปลูกป่าในพื้นที่ที่ไม่เคยเป็นป่ามาก่อนอย่างน้อย 50 ปี

การฟื้นฟูป่า (Reforestation) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินบนพื้นที่ที่ครั้งหนึ่งเคยเป็นป่า ให้กลายเป็นป่าอีกครั้งโดยการปลูก หวานเมล็ด หรือ ส่งเสริมการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติ โดยพื้นที่นั้นจะต้องไม่เข้าข่ายการเป็นป่าไม้ ณ.วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2532

การอนุรักษ์ หมายถึง การใช้อย่างสมเหตุสมผล เพื่อการมีใช้ตลอดไป โดยสร้างวิธีการจัดการขึ้นเพื่อให้มีทรัพยากรใช้ตลอดไปประกอบด้วย 8 วิธี คือ การใช้ (แบบยั่งยืน) การเก็บกัก การรักษา/ซ่อมแซม การฟื้นฟู การพัฒนา การป้องกัน การสงวน การแบ่งเขต (เกษม จันทรแก้ว, 2547)

คาร์บอนเครดิต (carbon credit หรือ market based carbon) หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้จากกิจกรรมฐาน และได้รับการตรวจสอบจากวิธีการที่เป็นมาตรฐาน เช่น ตามกลไกของพิธีสารเกียวโตหรือกลไกภาคความสมัครใจ มีลักษณะเป็นสินค้าที่สามารถซื้อขายกันได้ ในตลาดเฉพาะที่เรียกว่า “ตลาดคาร์บอน (Carbon Market)”

ป่า ตามนิยามของประเทศไทยเพื่อรองรับการดำเนินงานในโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด มีคุณลักษณะ 3 ประการ คือ มีพื้นที่ขนาดอย่างน้อย 1 ไร่ มีการปกคลุมเรือนยอดมากกว่าร้อยละ 30 และ ต้นไม้มีความสูงไม่น้อยกว่า 3 เมตร ในช่วงโตเต็มที่ตามธรรมชาติ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน))

ป่า หมายความว่า ที่ดินรวมตลอดถึง ภูเขา ห้วย หนอง คลอง บึง บาง ลำน้ำ ทะเลสาบ เกาะ และที่ชายทะเลที่ยังมิได้มีบุคคลได้มาตามกฎหมายป่าสงวนแห่งชาติ (มาตรา 4 พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507)

ป่าปลูก (planted forest) หมายถึง ป่าที่ปลูก (planting) หรือ ปลูกด้วยกล้าไม้ (seeding) ของสายพันธุ์ท้องถิ่นหรือสายพันธุ์ใหม่บนที่ดินในรูปแบบของ Afforestation หรือ Reforestation (FAO, 2010)

ป่าเสื่อมโทรม หมายถึง ป่าที่ไม่มีไม้ที่มีลักษณะสมบูรณ์เหลืออยู่และปานั้นยากที่จะฟื้นคืนได้คิดตามธรรมชาติ โดยมีลูกไม้ (กล้าไม้ที่ขึ้นได้เองตามธรรมชาติ) ขนาดความสูงเกิน 2 เมตรขึ้นไปขึ้นกระจุกกระจายทั่วพื้นที่ไม่เกินไร่ละ 20 ต้น หรือมีความโตรอบลำต้น (วัดช่วงลำต้น 130 เซนติเมตร) ตั้งแต่ 50-100 เซนติเมตร ขึ้นกระจุกกระจายทั่วพื้นที่ไม่เกินไร่ละ 8 ต้น หรือมีไม้ขนาดความโตรอบลำต้นไม่เกิน 100 เซนติเมตร ขึ้นกระจุกกระจายทั่วพื้นที่ไม่เกินไร่ละ 20 ต้น หรือมีพื้นที่เข้าหลักเกณฑ์ทั้งสามลักษณะดังกล่าว รวมกันแล้วไม่เกินไร่ละ 16 ต้น (พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ (ฉบับที่ 3), 2518)

มวลชีวภาพ (biomass) หมายถึง เนื้อเยื่อจากการสังเคราะห์แสง และมีหน้าที่ต่อการเจริญเติบโตของพืช หรือหญ้า ไม้ นิยมวัดออกมาในรูปน้ำหนักแห้ง หรือน้ำหนักแห้งปราศจากน้ำ โดยมีความเป็นน้ำหนักต่อหน่วยของพืช เช่น ต่อดิน จะมีหน่วยเป็น กิโลกรัม/ตัน หรือ ต่อหน่วยพื้นที่ จะมีหน่วยเป็นกิโลกรัม/ไร่ หรือ ตัน/เฮกแตร์ (บุญวงศ์ ไทยอุตสาหกรรม และ ลัดดาวัลย์ พวงจิตร, 2550 อ้างใน วนศาสตร์, 2550)

ไม้ หมายความว่า ไม้ทุกชนิดทั้งที่เป็นต้น กอ หรือ เถา ไม้ที่ยังยืนต้นหรือล้มลงแล้ว และหมายความรวมถึง ราก ปุ่ม ตอ หน่อ กิ่ง ตา หัว เหง้า เศษ ปลายหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของตอไม้ไม่ว่าจะถูกตัด ฟัน เลื่อย ผ่า ถาก ทอน ขุด หรือ กระทำโดยวิธีการอื่นใด (มาตรา 4 พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507)

แหล่งกักเก็บคาร์บอน (carbon pools) หมายถึง แหล่งกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ ประกอบด้วยการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (above ground biomass) การกักเก็บคาร์บอนใต้ดิน (below ground biomass) การกักเก็บในรูปของซากอินทรีย์วัตถุที่ตายแล้ว (dead organic matters) การกักเก็บคาร์บอนในดิน (soil carbon) และ การกักเก็บในรูปของผลิตภัณฑ์ไม้ (harvested wood products) (IPCC, 2006)

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การศึกษาวิจัยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาแนวทางในการอนุรักษ์ป่าไม้โดยอาศัยกลไกทางเศรษฐศาสตร์ของคาร์บอนเครดิต ซึ่งการวิจัยนี้ได้อาศัยองค์ความรู้เรื่องป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเติบโตของต้นสัก ต้นทุนการปลูกสร้างสวนป่าในแบบปรานีต และมาตรการต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาโลกร้อนในสาขาป่าไม้จากเวทีการเจรจาภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นประเด็นและข้อมูลที่จะนำไปสู่ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

หัวข้อการทบทวนเอกสารประกอบด้วยข้อมูลพื้นฐาน แนวคิด ทฤษฎี ใน 4 ประเด็นหลัก ได้แก่ ก) การเปลี่ยนแปลง ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต ข) ป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ค) มาตรการต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคป่าไม้ ได้แก่ กลไกการพัฒนาที่สะอาด และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าในประเทศกำลังพัฒนา (REDD+) และ ง) การประเมินต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคป่าไม้

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลง (Change) ของสิ่งและสรรพสิ่งเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ทั้งจากกระบวนการธรรมชาติและกระบวนการของกิจกรรมของมนุษย์ ความรุนแรง ระยะเวลาของการเปลี่ยนแปลง หรือขนาดของผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมขึ้นอยู่กับขีดจำกัดความทนทาน (limit of tolerance) ความสามารถในการปรับตัว (adaptation) และความยืดหยุ่นทางชีวภาพ (biological magnification) ของระบบเหล่านั้นว่าจะมากน้อยหรือยาวนานเพียงใด ระบบนิเวศบางระบบอาจจะใช้เวลาในการปรับตัวในระยะเวลาอันสั้น บางระบบอาจจะต้องใช้ระยะเวลาในการปรับตัวยาว หรือบางระบบอาจจะไม่สามารถปรับตัวได้เลย (เกษม จันทร์แก้ว, 2547)

รากเหง้าของการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมได้แก่ปัญหาประชากร โดยเฉพาะการใช้ทรัพยากรเพื่อปัจจัยสำคัญต่อชีวิต ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยา และ ที่อยู่อาศัย พร้อมทั้งการใช้ทรัพยากรเพื่อความหรรษาสะควกสบาย ซึ่งก่อให้เกิดความไม่สมดุลในระบบนิเวศ เพราะการนำทรัพยากรมาใช้ยังมีผลให้เกิดของเสียหรือมลสาร หรือสิ่งที่เป็นพิษทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนผลกระทบย้อนกลับ (เกษม จันทร์แก้ว, 2547)

1. การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อมมีสมบัติเฉพาะตัวหลายประการ โดยสมบัติประการหนึ่งที่สำคัญคือ สิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากโลกหมุนรอบดวงอาทิตย์และหมุนรอบตัวเอง ทำให้เกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติตลอดเวลา เมื่อผนวกกับการเพิ่มขึ้นของประชากร และกิจกรรมของมนุษย์แล้วย่อมก่อให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลง ในทางปฏิบัติแล้วกระบวนการเปลี่ยนแปลง หมายถึง ทุกขั้นตอนของการเดินทางของกระบวนการเกิดปรากฏการณ์/ข้อเท็จจริงนั้นมีการเรียงลำดับอย่างมีขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีการรองรับกันและกันอย่างมีเหตุมีผล ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้าย คือ จุดที่เกิดความยั่งยืน หรือ ตั้งแต่จุดที่เกิดความยั่งยืนที่ค่อยๆ เสื่อม/เปลี่ยนแปลงไปสู่การเสื่อมโทรม หรือ จุดแตกหักในขั้นตอนสุดท้าย (เกษม จันทร์แก้ว, 2547)

กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง (Law of Change) เป็นหลักการที่ใช้เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม อันเกิดจากความจำเป็นของมนุษย์ในการใช้สิ่งแวดล้อมเพื่อสนองความต้องการในรูปแบบต่างๆ ดังนั้น การใช้กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเป็นเครื่องมือในการประเมินสิ่งแวดล้อมทำให้ทราบถึงสถานะของสิ่งแวดล้อมในการแสดงบทบาทหน้าที่และนำไปสู่การหาวิธีการฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมนั้นๆ เพื่อให้มีการแสดงบทบาทหน้าที่เป็นปกติ

การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันส่วนใหญ่เกิดมาจากการกระทำของมนุษย์ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการปกติของระบบสิ่งแวดล้อมจนเกินสมรรถนะของสิ่งแวดล้อมที่ยอมให้มีได้หรือเกินการฟื้นคืน โดยธรรมชาติจึงทำให้กระบวนการต่อไปของสิ่งแวดล้อมไม่สามารถทำงานได้ เกิดการเสียสมดุลและทำให้บทบาทหน้าที่ของระบบสิ่งแวดล้อมนั้นเปลี่ยนแปลงไปหรือเกิดผลกระทบต่อมนุษย์ในที่สุด ซึ่งเกษม จันทร์แก้ว (2542, 2545) ได้กล่าวไว้ว่า การศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและบทบาทหน้าที่ของระบบสิ่งแวดล้อมใช้หลักของกฎแห่งการเปลี่ยนแปลงที่ระบุว่า “สิ่งแวดล้อมทุกชนิดย่อมมีการเปลี่ยนแปลงเสมอ แต่การเปลี่ยนแปลงนั้นจะมีการฟื้นคืนตัวเองได้ตามธรรมชาติ หรือต้องใช้เทคโนโลยีเข้าช่วย” เทคโนโลยีในที่นี้ คือ เครื่องมือ อุปกรณ์

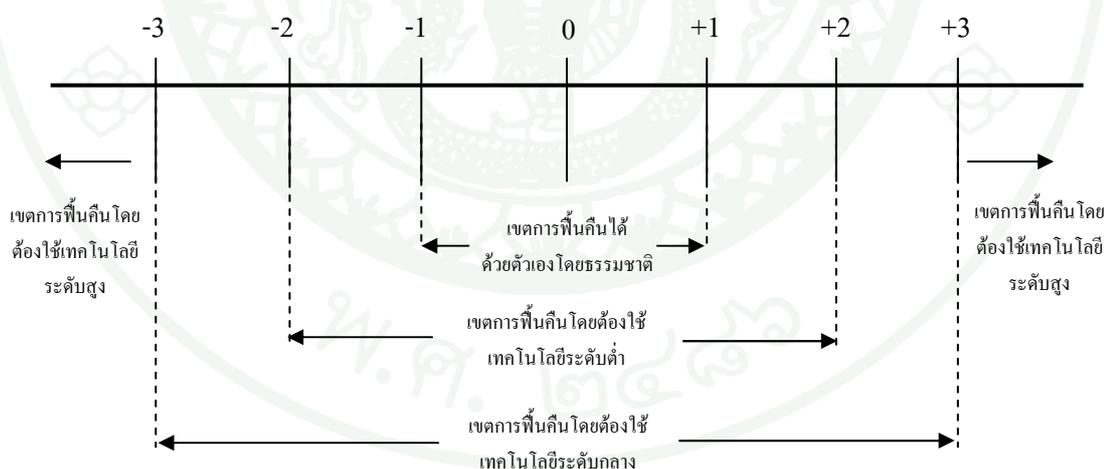
หรือวิธีการใดๆ ที่มนุษย์นำมาใช้เพื่อช่วยให้สิ่งแวดล้อมนั้นๆ สามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติ การประยุกต์กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเพื่อควบคุมการใช้ทรัพยากรต่างๆ สามารถแบ่งระดับการเปลี่ยนแปลงได้ 4 ระดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม

ระดับ	การเปลี่ยนแปลง
สมดุล	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งองค์ประกอบและบทบาทหน้าที่
เตือนภัย	องค์ประกอบมีการเปลี่ยนแปลง แต่บทบาทหน้าที่ไม่เปลี่ยนแปลง
เสี่ยงภัย	องค์ประกอบไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่บทบาทหน้าที่เปลี่ยนแปลง
วิกฤติ	มีการเปลี่ยนแปลงทั้งองค์ประกอบ และบทบาทหน้าที่

ที่มา: เกษม จันทรแก้ว (2545)

การเปลี่ยนแปลงทั้ง 4 ระดับ สามารถแสดงในรูปของเขตการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0 ถึง ± 3 ได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เขตการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่ต้องใช้เทคโนโลยีในระดับต่างๆ ในการฟื้นคืน

ที่มา: เกษม จันทรแก้ว (2547)

ซึ่งแต่ละเขตการเปลี่ยนแปลงมีความหมาย ดังนี้

เขตการเปลี่ยนแปลง 0 เป็นเขตการเปลี่ยนแปลงที่สามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง
ตรงกับ ระดับสมดุล

เขตการเปลี่ยนแปลง ± 1 เป็นเขตการเปลี่ยนแปลงที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับต่ำช่วย
ตรงกับ ระดับเตือนภัย

เขตการเปลี่ยนแปลง ± 2 เป็นเขตการเปลี่ยนแปลงที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับกลาง
ตรงกับ ระดับ เสี่ยงภัย

เขตการเปลี่ยนแปลง ± 3 เป็นเขตการเปลี่ยนแปลงที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับสูง
ตรงกับ ระดับวิกฤติ

กล่าวได้ว่ากฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเป็นเครื่องมือในการพิจารณาระบบสิ่งแวดล้อมว่ามี การเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับใดและสามารถฟื้นคืนได้ด้วยเทคโนโลยีระดับใด การศึกษาเพื่อให้ ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงในแต่ละระดับจำเป็นต้องมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/ องค์ประกอบของระบบสิ่งแวดล้อมทุกโครงสร้างและมีความซับซ้อนระดับหนึ่ง แต่ในเบื้องต้น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบสิ่งแวดล้อมสามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงที่ก่อให้เกิด ผลกระทบซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงที่ธรรมชาติไม่สามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเองกับการ เปลี่ยนแปลงที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงที่ธรรมชาติสามารถฟื้นคืนได้ ด้วยตัวเอง ดังนั้น การพิจารณาระดับการเปลี่ยนแปลงของระบบสิ่งแวดล้อมตามกฎแห่งการ เปลี่ยนแปลงในเบื้องต้นสามารถพิจารณาได้สองระดับดังกล่าว เมื่อสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง ไปในทิศทางที่ธรรมชาติไม่อาจช่วยตนเองได้ การฟื้นคืนสิ่งแวดล้อม เพื่อให้กระบวนการสิ่งแวดล้อม ดำเนินไปอย่างปกติ สามารถทำได้โดย กำจัด/บำบัดสิ่งปนเปื้อนที่เป็นมลพิษและฟื้นฟูสิ่งที่เสื่อมโทรม

2. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก

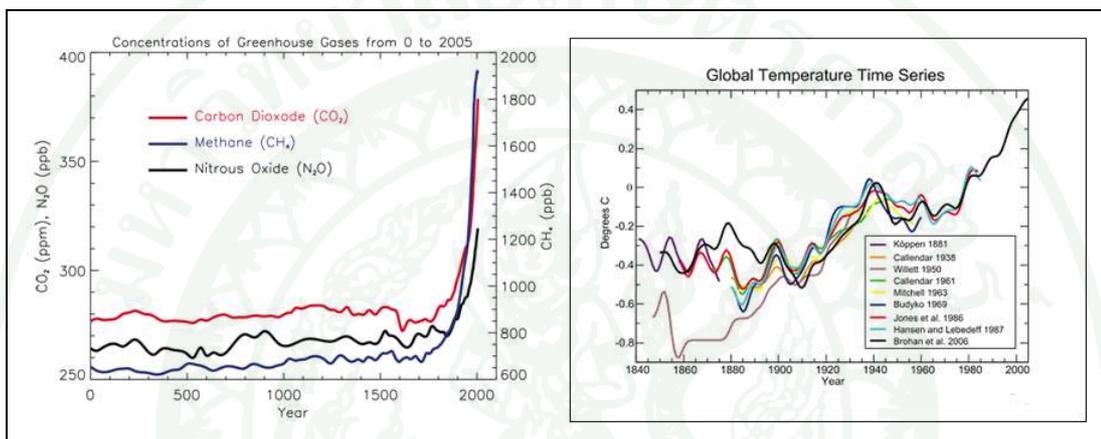
อากาศ (weather) และภูมิอากาศ (Climate) ต่างอยู่ภายใต้กฎของการเปลี่ยนแปลง ซึ่ง สามารถสังเกตได้จากปรากฏการณ์ธรรมชาติใกล้ตัวได้ ถึงแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกัน แต่ก็มีมีความหมายแตกต่างกันใน

เรื่องของมิติเวลา โดยสภาพอากาศเป็นสภาวะของบรรยากาศในระยะเวลาที่สั้น เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เมฆ ฝน ลม ความดันอากาศ ฯลฯ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้นาทีต่อนาที ชั่วโมงต่อชั่วโมง เดือนต่อเดือน ฤดูกาลต่อฤดูกาล ส่วนสภาพภูมิอากาศจะเป็นการแสดงบทบาทของบรรยากาศในระยะ เวลาที่ยาวกว่าโดยเปรียบเทียบ ซึ่งค่าเฉลี่ยของสภาพอากาศในระยะยาวที่นักอุตุนิยมวิทยา มักจะใช้กันคือ 30 ปี (NASA, 2010) การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเกิดได้จากกระบวนการธรรมชาติ และกระบวนการที่มนุษย์ก่อให้เกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงอันเกิดจากกระบวนการของธรรมชาติที่ เห็นได้ชัดเจน 2 ตัวอย่างที่ Houghton (1994) ได้นำเสนอ ได้แก่ การระเบิดของภูเขาไฟปีนาตุโบ ประเทศฟิลิปปินส์เมื่อ 12 มิถุนายน พ.ศ. 2534 ที่ได้ปล่อยฝุ่นและซัลเฟอร์ไดออกไซด์กว่า 20 ล้านตัน สู่อากาศสตราโทสเฟียร์ ฝุ่นและก๊าซได้ทำให้โลกมีดคริม รังสีจากดวงอาทิตย์ลดลงราวร้อยละ 2 อุณหภูมิลดลงประมาณ 0.25 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งก่อให้เกิดการแปรปรวนในบรรยากาศ ในช่วงพ.ศ 2534-2535 อีกตัวอย่างหนึ่ง ได้แก่ ปรากฏการณ์เอลนีโน (El Nino) ที่ก่อให้เกิดภาวะน้ำท่วมและความแห้งแล้งในหลายส่วนของโลกทุกๆ 3-5 ปี สาเหตุของปรากฏการณ์ดังกล่าว ได้แก่ ความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวของพื้นโลกและมหาสมุทร โดยเฉพาะมหาสมุทรแปซิฟิกบริเวณ ชายฝั่งของอเมริกาใต้ ปรากฏการณ์เอลนีโนที่มีความรุนแรงในต้นทศวรรษ 1980 พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวมหาสมุทรสูงถึง 7 องศาเซลเซียสเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย

หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญที่บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ข้อมูลฟองอากาศโบราณจากแท่งน้ำแข็งจากแอนตาร์กติกาความยาว 3,270 เมตร ซึ่งครอบคลุม ระยะเวลาในช่วง 650,000 ปีที่ผ่านมา (ครอบคลุมยุคน้ำแข็งหฤยุค) ได้ชี้ให้เห็นว่าเมื่อ 430,000 ปี ก่อนปัจจุบัน ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 180-260 ส่วนในล้านส่วน (part per million-ppm) หรือ มีโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์จำนวน 180-260 โมเลกุลต่อล้านโมเลกุล ของอากาศแห้ง ซึ่งน้อยกว่าปริมาณความเข้มข้นในช่วงยุคน้ำแข็งสี่ยุคสุดท้ายถึงร้อยละ 30 (Siegenthaler *et al.*, 2005) ข้อมูลจากแท่งน้ำแข็งชี้ให้เห็นว่าไม่เคยมียุคใดในอดีตที่ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะสูงเท่ากับค่าปัจจุบัน (ประมาณ 380 ส่วนในล้านส่วน) แม้กระทั่งในยุคก่อนอุตสาหกรรม ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ยังอยู่ที่ 275 ส่วนใน ล้านส่วน (Forster *et al.*, 2007)

กิจกรรมของมนุษย์ที่ได้ดำเนินการมายาวนานต่อเนื่องในอัตราที่เพิ่มขึ้น ได้เร่งให้เกิด การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของชั้นบรรยากาศเกินกว่าที่สภาพธรรมชาติจะปรับตัว กลับมาได้เองโดยเร็ว ส่งผลต่อบทบาทของหน้าที่ของชั้นบรรยากาศโลกในรูปแบบของความ รุนแรงของปฏิกิริยาเรือนกระจก (greenhouse effect) โดยเฉพาะในด้านของการการดูดซับและ

สะท้อนกลับของรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ ก๊าซทั้งสามนี้ ได้มีส่วนกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอัตราส่วนประมาณ 70:23:7 (Houghton, 1994) ข้อมูลจาก IPCC Fourth Assessment Report (IPCC, 2007) ได้แสดงประจักษ์แล้วว่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศโทรโปสเฟียร์และสตราโตสเฟียร์ในช่วงปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมามีความสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก (ภาพที่ 2)

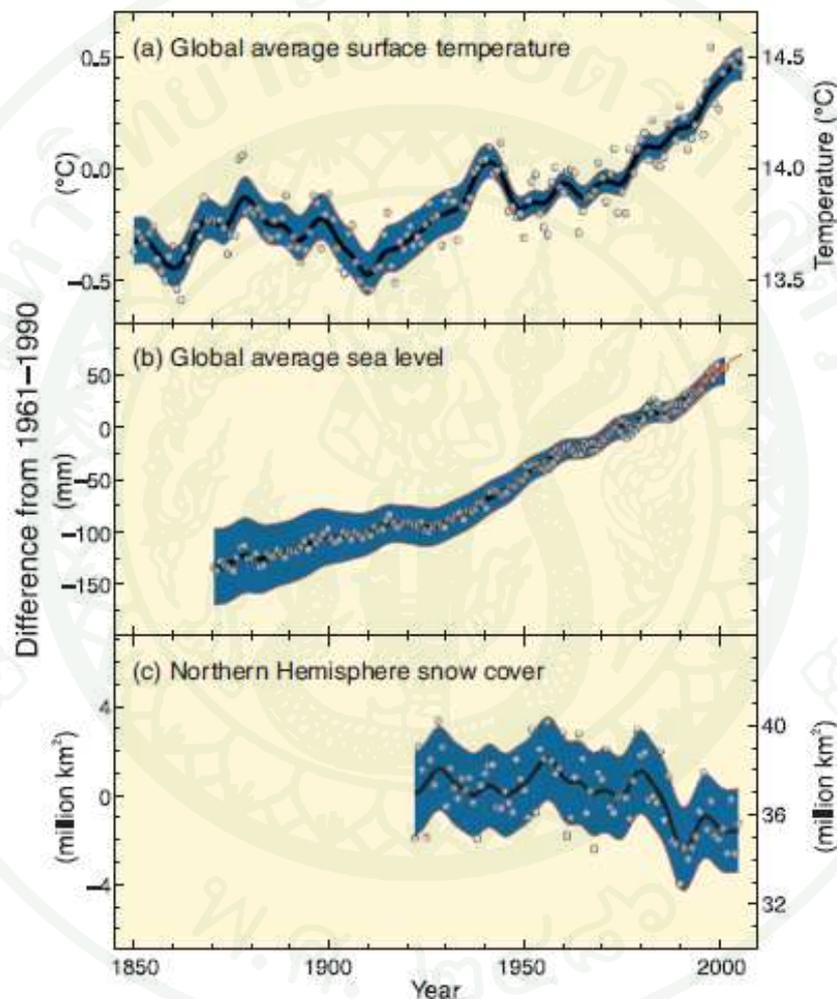


ภาพที่ 2 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศและอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก
ที่มา: IPCC AR4 (2007)

IPCC (2007) ยังชี้ให้เห็นว่าในช่วง 12 ปี (พ.ศ. 2538-2549) พบว่ามีถึง 11 ปี ที่ได้มีการจดบันทึกว่าเป็นปีที่ร้อนที่สุดตั้งแต่ พ.ศ. 2393 ในช่วง 100 ปี (พ.ศ. 2449-2548) อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้น 0.74 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย 100 ปี ในช่วง พ.ศ. 2444-2543 ที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.6 องศาเซลเซียส เป็นที่สังเกตว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเกิดขึ้นกระจายไปทั่วโลก และระดับการเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อละติจูดเหนือเพิ่มขึ้นและพื้นที่โลกจะอุ่นได้เร็วกว่าในมหาสมุทร การขยายตัวของความร้อน (thermal expansion) การละลายของธารน้ำแข็ง หิมะและน้ำแข็งขั้วโลกได้ทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น ข้อมูลในอดีตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504 ได้ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มของระดับน้ำทะเลมีค่าเฉลี่ยที่ 1.8 มิลลิเมตรต่อปี และเมื่อเปลี่ยนการพิจารณาปีฐานเป็นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 พบว่าค่าเฉลี่ยดังกล่าวได้เพิ่มขึ้นเป็น 3.1 มิลลิเมตรต่อปี ข้อมูลจากดาวเทียมได้แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของหิมะและน้ำแข็งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยและการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล คือ ตั้งแต่ พ.ศ. 2521 น้ำแข็งที่ปกคลุมทะเลอาร์คติกได้ลดลงร้อยละ 2.7 ต่อศตวรรษ และในช่วงฤดูร้อนได้ลดลงถึงร้อยละ 7.4 ต่อศตวรรษ ธารน้ำแข็งบนภูเขาศิขะและหิมะได้

ลดลงเช่นกัน อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นนี้ไม่สามารถบ่งบอกถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวได้อย่างชัดเจนนัก

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ระดับน้ำทะเล และการปกคลุมด้วยหิมะในตอนเหนือของโลกในช่วงพ.ศ. 2504-2533 แสดงสรุปได้ดังภาพที่ 3

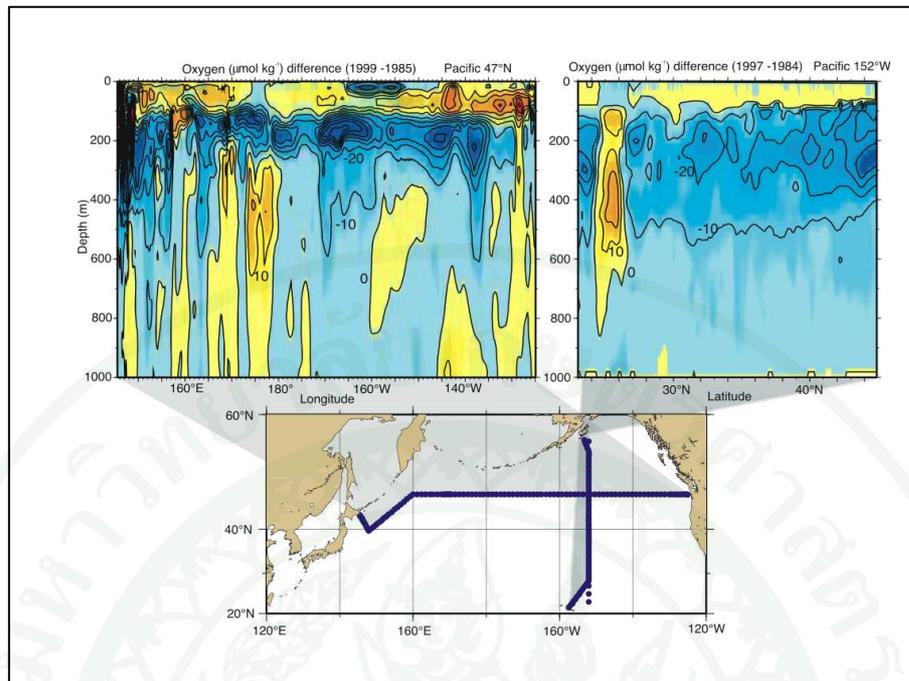


ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ระดับน้ำทะเล และการปกคลุมด้วยหิมะในตอนเหนือของโลก
ที่มา: IPCC (2007)

IPCC (2007) นำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงในอดีตเพิ่มเติมว่า ปริมาณน้ำฟ้า (precipitation) ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในด้านตะวันออกของอเมริกาเหนือและใต้ ยุโรปเหนือ เอเชียเหนือและกลาง แต่มีปริมาณลดลงในแถบซาเฮล เมดิเตอร์เรเนียน ออฟริกาใต้ และ

เอเชียใต้ ในภาพรวมของโลกแล้ว ความแห้งแล้งมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ทศวรรษที่ 1970 นอกจากนั้นแล้ว ในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา มีความเป็นไปได้มากที่พื้นที่โลกส่วนใหญ่มีจำนวนวันที่อากาศเย็นตอนกลางวัน ตอนกลางคืน และ วันที่มีหมอกลดลง ในขณะที่เดียวกัน จำนวนวันและคืนที่ร้อนมีเพิ่มขึ้น กระแสคลื่นความร้อนก็มีความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มขึ้นในหลายพื้นที่ ปริมาณน้ำฟ้า (precipitation) เพิ่มขึ้นในหลายพื้นที่ และตั้งแต่ พ.ศ 2518 เป็นต้นมา มีเหตุการณ์ที่ระดับน้ำทะเลขึ้นสูงได้เพิ่มขึ้นทั่วโลก ความหนาแน่นของพายุไซโคลนเขตร้อนยังเพิ่มขึ้นในแอตแลนติกเหนือตั้งแต่ประมาณปี พ.ศ 2513 อย่างไรก็ตาม ยังเป็นการยากที่จะสรุปเหตุการณ์ของการเปลี่ยนแปลงของไซโคลนที่เกิดขึ้นในช่วงก่อนหน้านี้

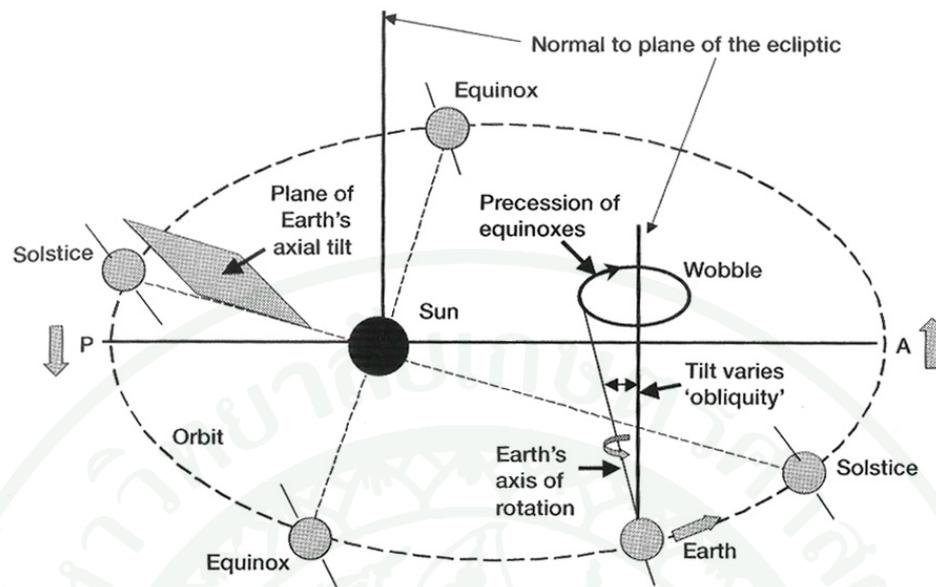
นอกจากการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่สามารถตรวจวัดได้ชัดเจนแล้ว IPCC (2007) ยังได้ชี้ให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของออกซิเจน ก็มีการเปลี่ยนแปลงด้วย โดยมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในรูปแบบที่เพิ่มขึ้นและลดลง ภาพที่ 4 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้น ($\mu\text{mol kg}^{-1}$) ของพื้นที่สองส่วนในแปซิฟิกเหนือ โดยภาพด้านซ้ายบนแสดงความแตกต่าง (ในปีพ.ศ 2542 หักลบด้วยปี พ.ศ. 2528) ที่ 47N ภาพบนขวาแสดงความแตกต่าง (ในปีพ.ศ 2540 หักลบด้วยปี พ.ศ. 2527) ณ 152 W โดยสีฟ้าแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง สีเหลืองแสดงการเพิ่มขึ้นของออกซิเจนตลอดช่วงเวลา



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของออกซิเจน
ที่มา: IPCC (2007)

2.1 ดวงอาทิตย์: ปฐมบทของการเปลี่ยนแปลง

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ได้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอุณหภูมิตามภูมิภาคต่างๆ ของโลก ซึ่งจะได้ชัดเจนจากการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลในสถานที่ต่างๆ อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของวิถีโคจร โลกรอบดวงอาทิตย์ ยังมีคาบการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับวัฏจักรของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นด้วย (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 วิถีโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

ที่มา: Pittock (2007)

ตลอดระยะเวลาหนึ่งปี โลกโคจรรอบด้วยอาทิตย์ด้วยวิถีโคจรแบบวงรี โดยมีระยะไกลที่สุด ณ จุด Perihelion (P) คือ 147.1 ล้านกิโลเมตร และระยะไกลสุด ณ จุด Aphelion (A) คือ 152.1 ล้านกิโลเมตร ด้วยเหตุนี้ พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลกจะแปรปรวนร้อยละ 3.5 สูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ยตลอดปี ความร้อนจากดวงอาทิตย์จะมาถึงโลกมากที่สุดในเดือนมกราคม ช่วงฤดูร้อนของซีกโลกใต้ กระนั้นก็ตาม แกนยาวของวงรี (เส้น AP ในรูป) จะโคจรอย่างเชื่องช้ารอบดวงอาทิตย์ โดยมีคาบของการโคจรประมาณ 96,600 ปี ด้วยเหตุนี้ ระยะเวลาที่โลกเข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดจะค่อยๆ เปลี่ยนแปลงไปตามคาบการโคจรดังกล่าว เช่นเดียวกัน ความเอียงของวิถีโคจร (อัตราส่วนระหว่างแกนตั้งและแกนนอนของวงรี) จะแปรเปลี่ยนไปด้วยคาบการเปลี่ยนแปลงประมาณ 96,000 ปี

นอกจาก การเปลี่ยนแปลงของแกนยาวและความเอียง แกนโลกเองก็เอียงทำมุมกับระนาบวิถีโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งความเอียงของแกน โลกนี้คือต้นกำเนิดของฤดูกาล ปัจจุบันองศาความเอียงอยู่ระหว่าง $24^{\circ}36'$ และ $21^{\circ}59'$ และเป็นสาเหตุที่ในฤดูร้อน ดวงอาทิตย์จะตกตั้งฉากกับพื้นผิวโลก ณ เส้นรุ้งที่ $23^{\circ}27'$ แต่องศาความเอียงนี้ไม่ได้มีค่าคงที่ หากแปรเปลี่ยนกลับไปกลับมาด้วยคาบประมาณ 40,000 ปี นอกจากนี้ทิศทางของความเอียงก็หมุนวนรอบแกนที่ตั้งฉากกับระนาบวิถีโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ด้วยคาบประมาณ 20,600 ปี

ความเปลี่ยนแปลงทั้งหมดนี้เกี่ยวข้องกับการวัดอุณหภูมิของโลก และระดับความสูงน้ำทะเลในอดีต ในทศวรรษ 1930 มิลาง โควิช ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวเชอเบียร์ตั้งทฤษฎีว่าการเปลี่ยนแปลงของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบซีกโลกเหนือ ณ ตำแหน่งเส้นรุ้งที่ 65° คือสาเหตุการละลายของแผ่นน้ำแข็ง โดยให้เหตุผลว่า เนื่องจากฤดูร้อนในซีกโลกเหนือในบางปีไม่ได้ร้อนเท่าที่ควร น้ำแข็งจึงค่อยๆ สะสมตัวเอง กระทั่งพอดถึงยุคที่ฤดูร้อนในซีกโลกเหนือมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำแข็งที่สะสมไว้จึงค่อยๆ ละลายออกมา

ด้วยเครื่องมือวิทยาการการคำนวณที่ทันสมัยขึ้น ตัวเลขของมิลาง โควิชถูกปรับปรุงให้มีค่าที่เที่ยงตรงมากขึ้น ในปี พ.ศ. 2519 นักวิทยาศาสตร์พบว่า วัฏจักรการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลตรงกันพอดีกับวัฏจักรการเปลี่ยนแปลงความเอียงของวิถีโคจรรูปวงรี จากบันทึกการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกในอดีต นักวิทยาศาสตร์ประมาณว่า มีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงความเอียงในอัตราร้อยละ 50 เป็นผลของการเปลี่ยนแปลงองศาความเอียงของแกนโลกในอัตราร้อยละ 25 และ เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทิศทางของความเอียงประมาณร้อยละ 10

การเปลี่ยนแปลงพลังงานจากดวงอาทิตย์

แหล่งกำเนิดของพลังงานที่ขับเคลื่อนชั้นบรรยากาศโลกคือดวงอาทิตย์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ย่อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงชั้นบรรยากาศโลก นักวิทยาศาสตร์เพิ่งประสบความสำเร็จในการวัดการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากดวงอาทิตย์ในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา การคำนวณดังกล่าวได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับการสังเกตจุดบอดของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีข้อมูลย้อนหลังไปถึงศตวรรษที่ 17

ในรายงานของ IPCC ฉบับ Third Assessment Report (IPCC, 2001) ได้ประมาณการเพิ่มขึ้นของพลังงานแสงอาทิตย์จากปี พ.ศ. 2293 ว่ามีค่าเท่ากับ 0.3 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.5 วัตต์ต่อตารางเมตร การเพิ่มขึ้นดังกล่าวมีค่าประมาณร้อยละ 0.02 ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด นักวิจัยหลายแขนงต่างกำลังพิสูจน์ว่าผลของการเพิ่มขึ้นนี้จะส่งอิทธิพลอย่างไรต่อชั้นบรรยากาศโลก

แบบจำลองของชั้นบรรยากาศถูกขับเคลื่อนด้วยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก อนุภาคภูเขาไฟ ไอโซน และผลกระทบอันเนื่องมาจากมลพิษ นักวิทยาศาสตร์พบว่า เมื่อแบบจำลองถูกนำมาใช้คำนวณหาอุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศ แบบจำลองที่คำนึงถึง

อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากดวงอาทิตย์จะทำนาย อุณหภูมิชั้นบรรยากาศได้อย่างแม่นยำกว่า โดยเฉพาะช่วงครึ่งแรกของศตวรรษที่ 20 เมื่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ แต่ในครึ่งหลังของศตวรรษที่ 20 การเพิ่มขึ้นของพลังงานจากดวงอาทิตย์ ไม่อาจเทียบได้เลยกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจก จากการคำนวณของนักวิทยาศาสตร์ การเพิ่มขึ้นของพลังงานจากดวงอาทิตย์ส่งอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของรังสีที่กระทบผิวโลกแค่เพียงร้อยละ 20 - 25 เท่านั้น การเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก ทำให้การเพิ่มขึ้นของพลังงานจากดวงอาทิตย์ไม่อาจนำมาใช้อธิบายการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิระหว่างทศวรรษที่ 80 และ 90 ได้

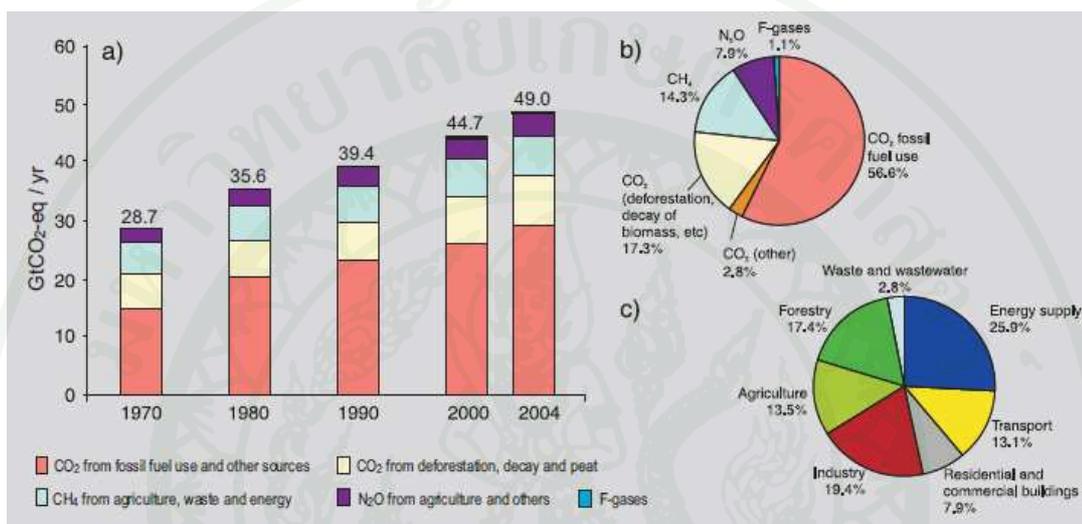
2.2 กิจกรรมมนุษย์: ตัวเร่งปฏิกิริยาของการเปลี่ยนแปลง

นักวิทยาศาสตร์พบว่า การเปลี่ยนแปลงวิถีโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ไม่สามารถนำมาใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ทั้งหมด ปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน ซึ่งถูกสะสมเป็นปริมาณมหาศาลในซากพืชซากสัตว์ ฟองน้ำแข็ง และตะกอนมหาสมุทร ก๊าซดังกล่าวจะถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศเมื่ออุณหภูมิโลกเพิ่มสูงขึ้นในช่วงที่อากาศหนาวเย็น ความร้อนอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงวิถีวงโคจรนำไปสู่การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจะยิ่งทำให้อุณหภูมิชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้นไปอีก

ทฤษฎีนี้ได้รับการยืนยันจากหลักฐานทางภูมิอากาศบรรพกาล (paleoclimatology) ได้แก่ ฟองอากาศซึ่งเจอะพบในชั้นน้ำแข็งของทวีปแอนตาร์กติกาและในประเทศกรีนแลนด์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการคำนวณการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของชั้น บรรยากาศ และการสังเกตหลักฐานทางภูมิอากาศบรรพกาล นักวิทยาศาสตร์สามารถวิเคราะห์หาคำความอ่อนไหวของชั้นบรรยากาศได้ คำความอ่อนไหวนี้จะบอกถึงอุณหภูมิชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกับตัวเลข 1.5 - 4.5 องศาเซลเซียสในรายงานปี พ.ศ. 2544 ของ IPCC การค้นพบนี้ช่วยยืนยันบทบาทของก๊าซเรือนกระจกต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของชั้น บรรยากาศในอดีต รวมถึงการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตด้วย

เมื่อประกอบกับการจัดทำบัญชีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก ยิ่งทำให้เห็นภาพของการกล่าวในย่อหน้าข้างต้นได้เป็นอย่างดี การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่กำหนดภายใต้พิธีสารเกียวโตได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 28.7 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อ

ปี ในปีพ.ศ. 2513 เป็น 49.0 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือประมาณร้อยละ 70 ตั้งแต่ช่วงปฏิวัติอุตสาหกรรม ภาพที่ 6 (รูป a) แสดงให้เห็นว่าก๊าซที่มีบทบาทสำคัญ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (รูป b) โดยเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 80 ในช่วงพ.ศ. 2513-2547 ซึ่งส่งผลให้ความเข้มข้นในชั้นบรรยากาศของก๊าซชนิดนี้สูงถึง 379 ส่วนในล้านส่วน ก๊าซมีเทนมีความเข้มข้นสูงถึง 1,774 ส่วนในพันล้านส่วน (part per billion) ในปี พ.ศ. 2548 (IPCC, 2007)



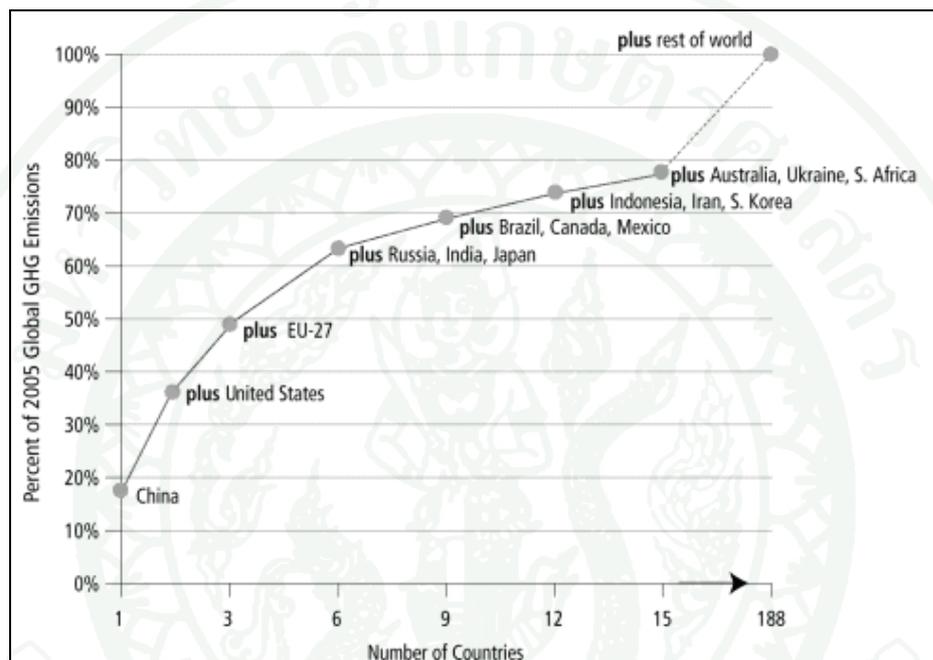
- (a) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2513-2547
 (b) สัดส่วนของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ ในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของโลก วัดในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปีพ.ศ. 2547
 (c) สัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากสาขาต่างๆ วัดในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปี พ.ศ. 2547

ภาพที่ 6 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก

ที่มา: IPCC (2007)

ในอดีต กลุ่มประเทศอุตสาหกรรมได้ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับภาคพลังงานเป็นจำนวนมาก การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สะสมจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการผลิตซีเมนต์ในกลุ่มประเทศเหล่านี้มากกว่าการปลดปล่อยจากประเทศกำลังพัฒนาถึงสามเท่า (World Bank, 2008; Raupach *et al.*, 2007 อ้างใน WTO-UNEP, 2009) ในทางตรงกันข้าม การปลดปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากภาคการเกษตรและคาร์บอนไดออกไซด์จากการตัดไม้ทำลายป่าเกิดขึ้นมากในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาถึงสองเท่า (World Bank, 2008)

ข้อมูลที่รวบรวมโดย World Resource Institute (WRI, 2005) ได้ชี้ให้เห็นว่าเกือบถึงร้อยละ 80 ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกในปี พ.ศ. 2548 มาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศและกลุ่มประเทศเพียงไม่กี่ประเทศทั้งจากประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา ได้แก่ จีน สหรัฐอเมริกา กลุ่มสหภาพยุโรป รัสเซีย อินเดีย ญี่ปุ่น บราซิล แคนาดา เม็กซิโก อินโดนีเซีย อิหร่าน เกาหลีใต้ ออสเตรเลีย ยูเครน แอฟริกาใต้ (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสะสม พ.ศ. 2548

ที่มา: WRI (2010)

2.3 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศโลก

การพัฒนาแบบจำลองของภูมิอากาศเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้เริ่มตั้งแต่กลางทศวรรษที่ 1970 มาจนถึงปัจจุบัน การประเมินและการพยากรณ์ของผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ได้รับการยอมรับจากทั่วโลก ได้แก่ ผลงานของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ซึ่งเป็นกลุ่มที่จัดตั้งโดย United Nations Environment Programme (UNEP) และ World Meteorological Organisation (WMO) มีหน้าที่ใน

การประเมินความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ IPCC ไม่ได้มีหน้าที่ดำเนินการวิจัยหรือติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแต่อย่างใด แต่หน้าที่หลักของ IPCC คือ การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของ UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) ซึ่งเป็นสนธิสัญญาระหว่างประเทศที่ยอมรับถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อมนุษย์ และ เป็นสนธิสัญญาที่เป็นต้นกำเนิดของพิธีสารเกียวโต

รายงาน IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change (IPCC, 2007) ได้สรุปประเด็นนำเสนอการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน 4 ทางเลือก (scenarios) ได้แก่ A1, A2, B1 และ B2 โดยตั้งบนพื้นฐานของการพัฒนาทางเศรษฐกิจและการรักษาสิ่งแวดล้อมต่างๆ กัน ผลของทางเลือกต่างๆ ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจนถึงปี พ.ศ. 2643 แสดงในตารางที่ 2

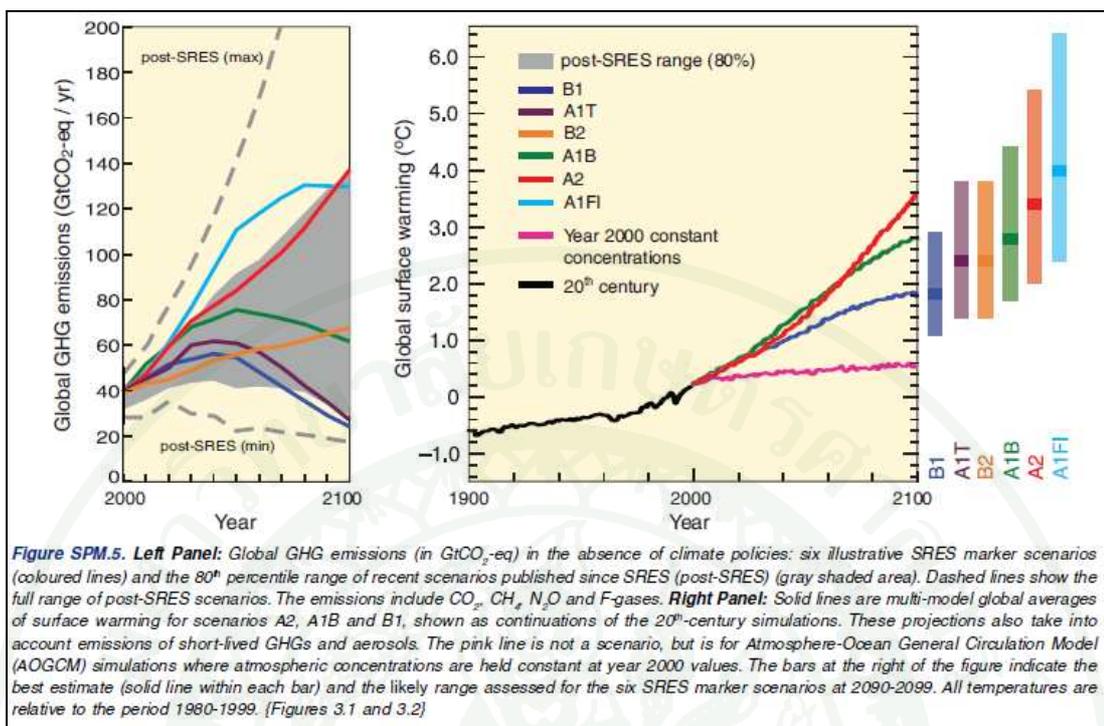
ตารางที่ 2 การคาดการณ์ผลกระทบจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก

	ทางเลือกที่เน้นการพัฒนาเศรษฐกิจ	ทางเลือกที่เน้นการรักษาสิ่งแวดล้อม
	A1	B1
Globalisation (homogeneous world)	การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว (rapid economic growth)	การรักษาเสถียรภาพทางด้านสิ่งแวดล้อม (global environmental sustainability)
	1.4 - 6.4 °C	1.1 - 2.9 °C
	A2	B2
Regionalisation (heterogeneous world)	เน้นการพัฒนาเศรษฐกิจในระดับภูมิภาค (regionally oriented economic development)	เน้นการรักษาความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมในระดับท้องถิ่น (local environmental sustainability)
	2.0 - 5.4 °C	1.4 - 3.8 °C

ที่มา: IPCC (2007)

ทางเลือก A1 ตั้งอยู่บนพื้นฐานของเศรษฐกิจที่มีการเติบโตเร็ว ประชากรจะมีปริมาณสูงสุดประมาณกลางศตวรรษนี้และลดลงหลังจากนั้น สมมุติฐานด้านเทคโนโลยีมี 3 รูปแบบ ซึ่งมีนัยต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตที่แตกต่างกัน คือ ก) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดเนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างเข้มข้น (A1F1) ข) เทคโนโลยีที่ใช้เชื้อเพลิงหลากหลาย (A1B) มีผลในด้านการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบปานกลาง และ ค) เทคโนโลยีที่สะอาด ไม่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (A1T) ส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำสุด ในทางเลือก A1 สำหรับทางเลือก B1 ตั้งบนสมมุติฐานว่าการเติบโตของประชากรเป็นเช่นเดียวกับทางเลือก A1 แต่ในทางเลือก B1 นี้มีการปรับตัวเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจที่สะอาดและมีความเข้มข้นของคาร์บอนน้อย (less intensive economic activities) โดยมีการเติบโตทางเศรษฐกิจที่น้อยกว่าทางเลือก A1 ทางเลือก A2 ตั้งสมมุติฐานว่าจำนวนประชากรยังคงเพิ่มขึ้น แนวโน้มการพัฒนาเศรษฐกิจจะเกิดในระดับภูมิภาคมากกว่าในระดับโลก อัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจต่อหัว (per capita economic growth) จะช้าและไม่กระจายไปทั่วทั้งสังคม ทางเลือก B2 เน้นการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระดับท้องถิ่นและระดับภูมิภาค ส่งผลให้ประชากรมีการเติบโตที่ช้า และ เศรษฐกิจมีการพัฒนาในระดับปานกลาง ทางเลือกต่างๆ ที่กล่าวมานั้น ไม่ได้รวมเป้าหมายจากการเจรจาการลดก๊าซเรือนกระจกภายใต้พิธีสารเกียวโตเข้าไปด้วย อย่างไรก็ตาม ทางเลือกที่มีการตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีการลดก๊าซเรือนกระจกและนโยบายเพื่อลดการปลดปล่อย ก็ถือว่ามีนัยของพิธีสารเกียวโตได้เช่นเดียวกัน โดยเฉพาะทางเลือก B1 ที่ผสมผสานนโยบายหลากหลายเพื่อจำกัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยให้อยู่ประมาณ 2 องศาเซลเซียส

ผลของการคาดการณ์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่สอดคล้องกับทางเลือกต่างๆ แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามทางเลือกต่างในช่วงพ.ศ. 2543 -2643

ที่มา: IPCC (2007)

ข้อสรุปที่สำคัญของรายงาน IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change (IPCC, 2007) มีดังต่อไปนี้

- อุณหภูมิในระบบภูมิอากาศโลกเพิ่มขึ้นชัดเจน
- มีความเป็นไปได้อย่างมาก (มากกว่าร้อยละ 90) ที่สาเหตุของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในช่วงกลางศตวรรษที่ 20 เพิ่มขึ้นมาจากกิจกรรมของมนุษย์
- ถึงแม้ว่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจะคงที่ แต่อุณหภูมิและระดับน้ำทะเลจะยังคงเพิ่มขึ้นตลอดศตวรรษ เนื่องจากกระบวนการของภูมิอากาศและผลกระทบ และมีความเป็นไปได้ที่การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของมนุษย์จะเป็นปัจจัยสำคัญส่งผลต่อระดับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและระดับน้ำทะเล

- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากกระบวนการธรรมชาติแต่เพียงอย่างเดียวมีความเป็นไปได้น้อยกว่าร้อยละ 5

- อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกอาจจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1.1-6.4 °C ในช่วงศตวรรษที่ 21

ระดับน้ำทะเลคาดว่าจะเพิ่มขึ้นประมาณ 18-59 เซนติเมตร

มีความเชื่อมั่นมากกว่าร้อยละ 90 ที่ความอบอุ่น (warm spells) คลื่นความร้อน (heat waves) และ ฝนตกหนัก จะมีความถี่เพิ่มขึ้น

มีความเชื่อมั่นมากกว่าร้อยละ 66 ที่จะมีความแห้งแล้ง พายุไซโคลนเขตร้อน และ คลื่นสูงมากมากขึ้น

- การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งจากในอดีตและในอนาคตจะยังคงส่งผลอย่างต่อเนื่องต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและระดับน้ำทะเลมากกว่าล้านปี

- ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และ ไนตรัสออกไซด์จากกิจกรรมของมนุษย์ในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่พ.ศ. 2293

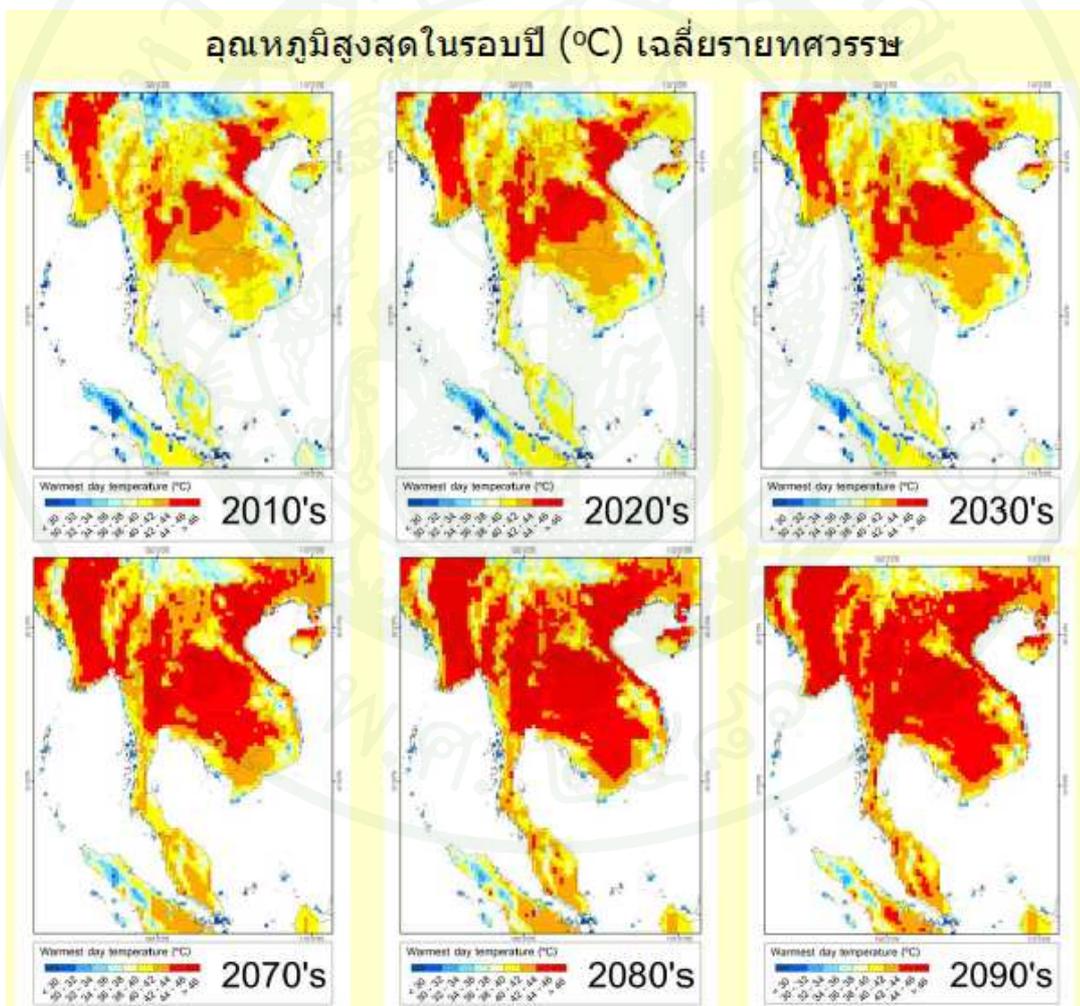
การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

โครงการจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตสำหรับประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงภายใต้การศึกษาและดำเนินการของศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้ชี้ให้เห็นแนวโน้มเบื้องต้นของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยในอนาคตภายใต้อิทธิพลของสภาวะโลกร้อนว่า “จะร้อนขึ้นเล็กน้อย พื้นที่ร้อนขยายตัวเป็นวงกว้างขึ้นและนานขึ้นมาก” (ศุภกร ชินวรรโณ, 2551)

ผลการพยากรณ์ของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตของประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงสามารถสรุปได้ดังนี้

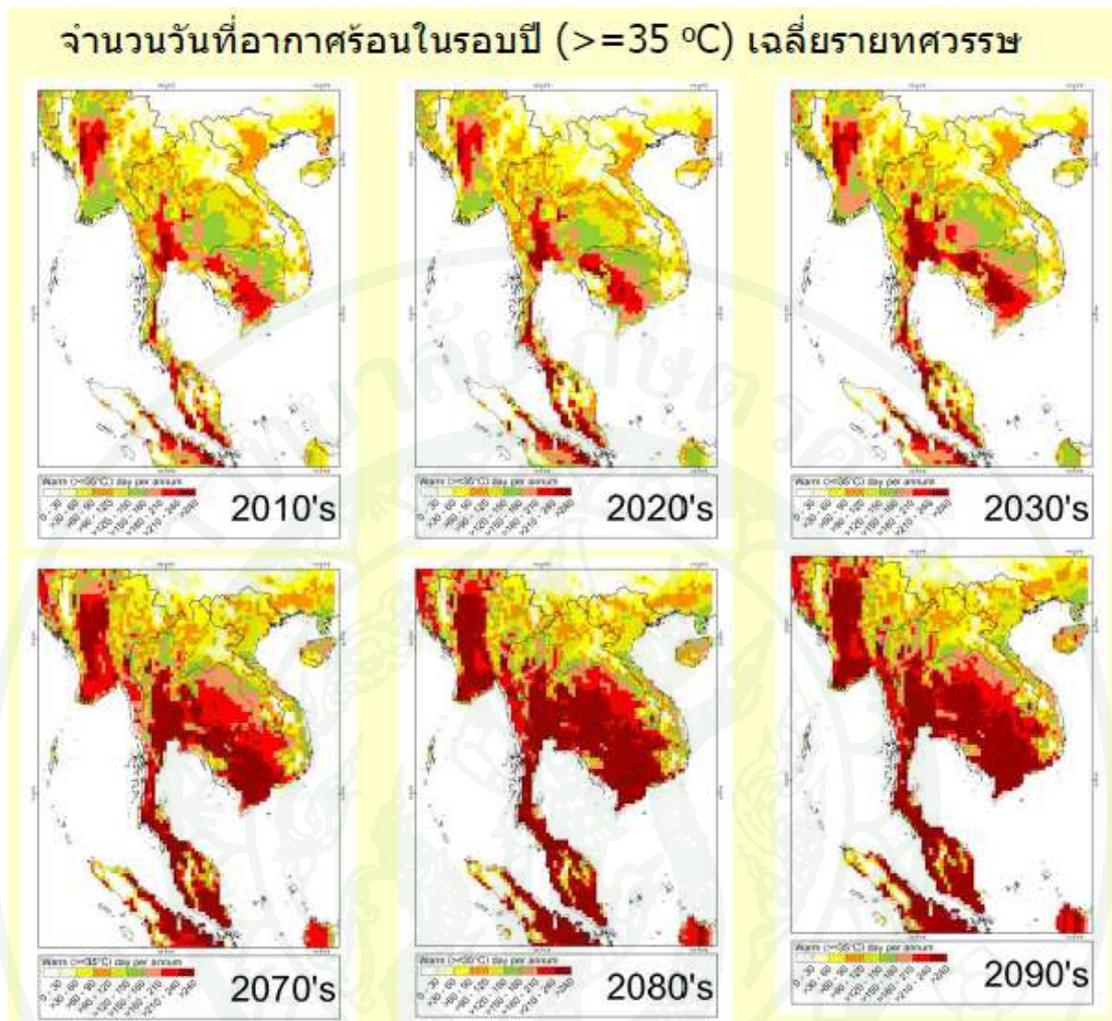
- อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย
- พื้นที่ที่จะมีอากาศร้อนจัดจะแพร่ขยายขึ้นมาก
- ช่วงเวลาอากาศร้อนจะยาวนานขึ้นมาก
- ฤดูหนาวจะหดสั้นลง
- ฤดูฝนคงระยะเวลาเดิม แต่ปริมาณน้ำฝนรายปีเพิ่มสูงขึ้น

ภาพที่ 9, 10, 11 แสดงปริมาณน้ำฝนที่จะเปลี่ยนแปลงในช่วงทศวรรษ 1980 อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี เฉลี่ยรายทศวรรษ และ จำนวนวันที่อากาศร้อนในรอบปี เฉลี่ยรายทศวรรษ ตามลำดับ



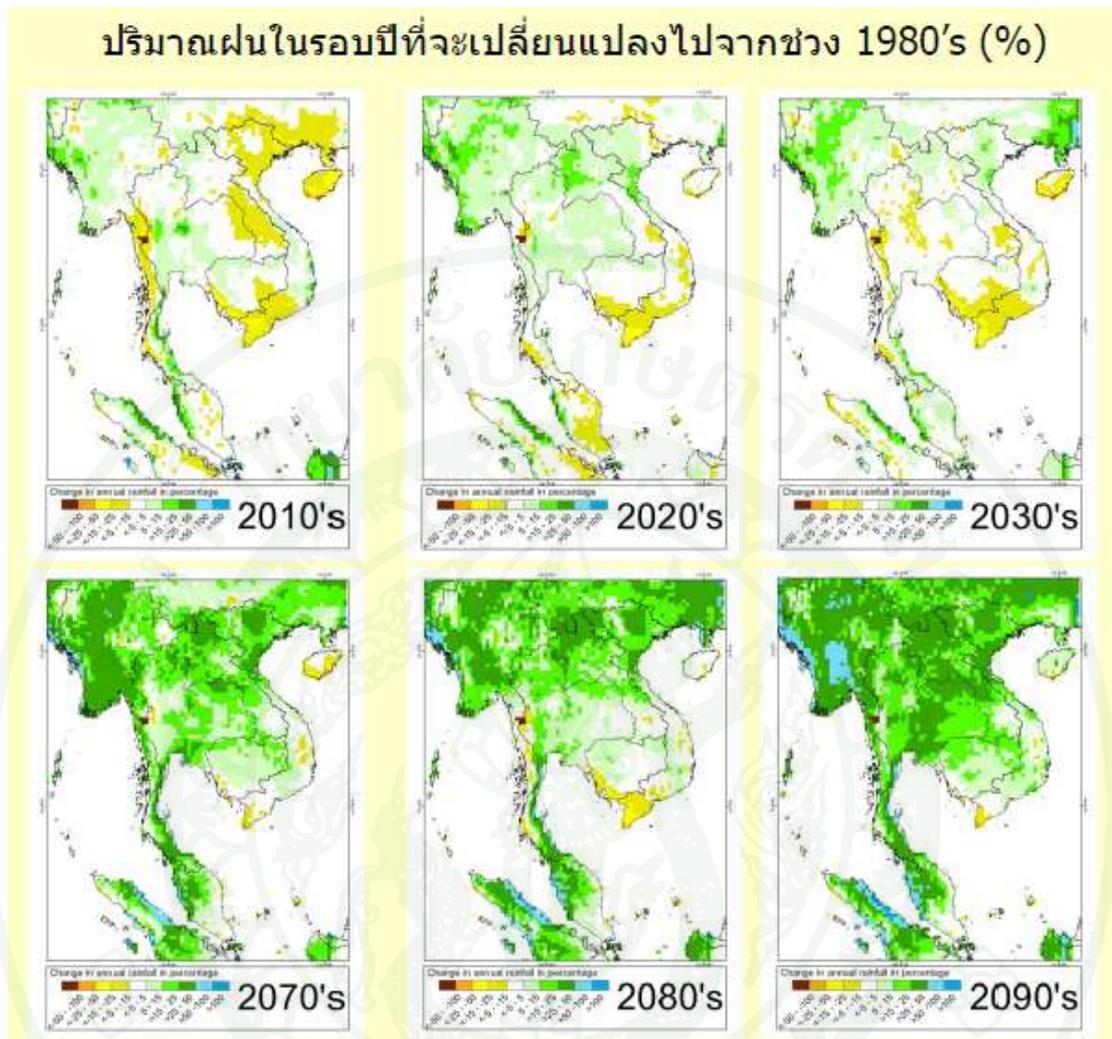
ภาพที่ 9 อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี เฉลี่ยรายทศวรรษ

ที่มา: ศูนย์เครื่องข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (2551)



ภาพที่ 10 จำนวนวันที่อากาศร้อนมากกว่า 35 องศาเซลเซียส เฉลี่ยรายทศวรรษ อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี เฉลี่ยรายทศวรรษ

ที่มา: ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (2551)



ภาพที่ 11 ปริมาณฝนในรอบปีที่จะเปลี่ยนแปลงไปจากช่วงทศวรรษ 1980
ที่มา: ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชีย
ตะวันออกเฉียงใต้ (2551)

การตอบสนองต่อประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ความตระหนักถึงความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1. การตอบสนองของประชาคมโลกต่อประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ความตระหนักในปัญหาและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่มีต่อมีต่อสิ่งแวดล้อมและมวลมนุษย์เป็นแรงผลักดันให้ประชาคมโลกหันมาแสวงหาความร่วมมือในการแก้ปัญหาาร่วมกัน โดยได้มีการจัดตั้ง The International Panel on Climate Change (IPCC) ในปี พ.ศ. 2531 และ ในปี พ.ศ. 2535 ได้กำเนิดอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework on Climate Change Convention) ขึ้นที่กรุงริโอ เดอจาเนโร ประเทศบราซิล ที่ถือว่าเป็นพื้นฐานสำหรับความร่วมมือในลำดับต่อมา สมัชชารัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะมีการประชุมหารือเป็นประจำทุกปี (Conference of the Parties, COP) ความพยายามแสวงหาความร่วมมือในระดับนานาชาติผ่านการประชุม COP ได้พัฒนาความเข้มข้นขึ้นและเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น โดยความร่วมมือในการแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้เริ่มมองเห็นและจับต้องได้มากขึ้น คือ ผลจากการประชุม COP 7 ที่พิธีสารเกียวโตที่ได้ถูกยกกร่างขึ้นเมื่อพ.ศ. 2540 และได้มีการพัฒนาในแนวทางและกติกาต่อเนื่องดังแสดงใน Marrakech Accords ในปี พ.ศ. 2544 และมีผลบังคับใช้เมื่อ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 โดยมีหลักการสำคัญคือ ให้การสนับสนุนการทำงานของที่ประชุมสมัชชารัฐภาคีอนุสัญญาฯ ที่ตั้งบนพื้นฐานของความเท่าเทียมกันและมีความรับผิดชอบร่วมกัน แต่ในระดับความรับผิดชอบที่แตกต่างกัน (common but differentiated responsibilities) สำคัญในพิธีสารเกียวโตได้แก่ การให้ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่หนึ่งมีเป้าหมายในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 6 ตัว ที่นอกเหนือจากที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีมอนทรีออลแล้ว ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีเทน (CH₄) ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และ ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) ในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 5 ต่ำกว่าระดับการปลดปล่อยในปี พ.ศ. 2533 ที่ถูกกำหนดให้เป็นปีฐาน ภายในช่วงพันธกรณีที่หนึ่ง (พ.ศ. 2551-2555 หรือ ค.ศ. 2008-2012) ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างพิธีสารเกียวโตและอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) คือ อนุสัญญาฯ จะส่งเสริมให้ประเทศอุตสาหกรรมลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขณะที่พิธีสารฯ จะเป็นการผูกมัดให้ประเทศเหล่านั้นดำเนินการลงมือ

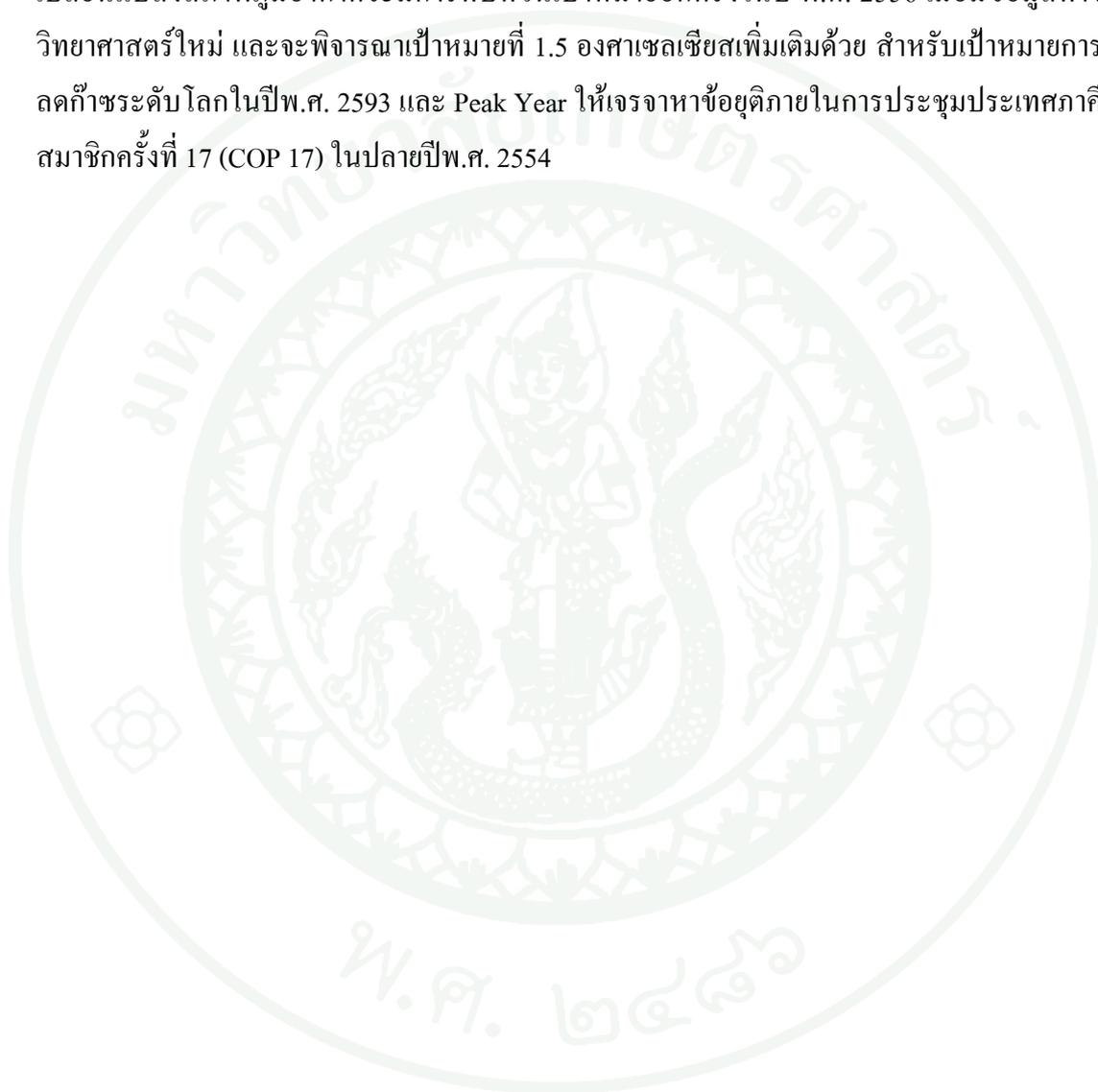
การประชุม COP 13 เมื่อ 3-15 ธันวาคม 2550 ที่เมืองบาหลี ประเทศอินโดนีเซีย ได้กระตุ้นถึงความเร่งด่วนในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และร่วมกันร่าง Bali Road Map ซึ่งเป็นมติให้จัดทำกระบวนการที่จะเร่งรัดให้สามารถดำเนินการภายใต้อนุสัญญาฯ อย่างเต็มรูปแบบ และมีประสิทธิภาพเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และได้เน้นย้ำการดำเนินงานบนพื้นฐานของ common but differentiated responsibilities and respective capabilities และเรียกร้องให้แต่ละประเทศกำลังพัฒนามีการดำเนินการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการที่เหมาะสม (National Appropriate Mitigation Actions — NAMAs) และเสนอกลไกการลดก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าไม้ประเทศกำลังพัฒนา (REDD) โดยกิจกรรมเหล่านั้นจะตอบสนองและสนับสนุนต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศ ส่งเสริมการถ่ายทอดเทคโนโลยี ส่งเสริมศักยภาพของคนในประเทศของประเทศกำลังพัฒนา โดยที่การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต้องสามารถตรวจวัด (measurable) รายงาน (reportable) และตรวจสอบ (verifiable) ได้ พร้อมทั้งตกลงให้ประเทศภาคีสมาชิกบรรลุข้อตกลงเกี่ยวกับทิศทางดำเนินการความร่วมมือระหว่างประเทศหลังปีพ.ศ. 2555 (ค.ศ. 2012) ภายในปีพ.ศ. 2552

ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2552 (COP 15) ที่เมืองโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก ประเทศภาคีสมาชิกได้เริ่มหารือพร้อมทั้งเจรจาต่อรองถึงแนวทางความร่วมมือในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อหมดพันธกรณีที่หนึ่งของพิธีสารเกียวโต หรือหลังปีพ.ศ. 2555 โดยประเด็นที่กำลังถกเถียงกันมากในขณะนั้น ได้แก่ ระดับของอนุหมุมัติที่ยินยอมให้เพิ่มขึ้นได้ในช่วง พ.ศ. 2555-2563 ระดับอนุหมุมัติที่ประชาคมโลกกำลังพิจารณาคือ 2 องศาเซลเซียส ตามข้อตกลงโคเปนเฮเกน และผลการเจรจาล่าสุด (COP16) ในปี พ.ศ. 2553 ที่ประเทศเม็กซิโกได้ตกลงที่ให้รักษาระดับอนุหมุมัติเฉลี่ยของโลกให้เพิ่มขึ้นได้ไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส และกระตุ้นประเทศกำลังพัฒนาเข้าร่วมโครงการ NAMAs และ REDD เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในลดก๊าซเรือนกระจกจากระดับที่ปล่อยปกติภายในปี พ.ศ. 2543 โดยได้รับการสนับสนุนจากประเทศที่พัฒนาแล้วและมีข้อตกลงที่จะจัดตั้งกองทุน Green Climate Fund

การบรรลุเป้าหมาย 2 องศาเซลเซียส การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกต้องลดลงร้อยละ 50 จากปีฐาน พ.ศ. 2533 (ค.ศ. 1990) ภายในปีพ.ศ. 2593 (ค.ศ. 2050) โดยที่ประเทศภาคผนวกที่หนึ่ง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว จะต้องดำเนินการที่สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตราร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับปีฐานพ.ศ. 2553 ภายในปี พ.ศ. 2563 (ค.ศ. 2020) และค่อยๆ ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจนถึงอัตราร้อยละ 85 ในปีพ.ศ. 2593 (ค.ศ. 2050) สำหรับประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 สามารถเพิ่มการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกถึงปี

สูงสุด (Peaking year) ได้ในปี พ.ศ. 2563 (ค.ศ. 2020) แต่หลังจากนั้นก็ต้องลดระดับการปลดปล่อยของตนให้ต่ำกว่าระดับที่เคยปลดปล่อยในอดีต (พ.ศ. 2533)

อย่างไรก็ตาม คณะทำงานเฉพาะกิจภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะมีการทบทวนเป้าหมายอีกครั้งในปี พ.ศ. 2556 เมื่อมีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ใหม่ และจะพิจารณาเป้าหมายที่ 1.5 องศาเซลเซียสเพิ่มเติมด้วย สำหรับเป้าหมายการลดก๊าซระดับโลกในปีพ.ศ. 2593 และ Peak Year ให้เจรจาท้าข้อยุติภายในการประชุมประเทศภาคีสมาชิกครั้งที่ 17 (COP 17) ในปลายปีพ.ศ. 2554



กรอบที่ 1 ภาคีสมาชิกของพิธีสารเกียวโต



สีน้ำเงิน: สหภาพยุโรป (The European Union (EU) (EU-15))

สมาชิกของกลุ่มสหภาพยุโรปมีพันธกรณีที่ต้องลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยร้อยละ 8 ภายในพันธกรณีหนึ่ง (ค.ศ. 2008-2012) เปรียบเทียบกับปีค.ศ. 1990 กลุ่มสหภาพยุโรปปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 23 ของการปลดปล่อยทั้งหมดของโลกในปีค.ศ. 1990 ซึ่งการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามพันธกรณีของแต่ละประเทศไม่เท่ากัน เมื่อวันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 2005 ได้มีการจัดตั้ง EU Emission Trading Scheme (EU ETS) ซึ่งถือว่าเป็นตลาดซื้อขายคาร์บอนที่ใหญ่ที่สุดในโลก ประเทศในกลุ่มนี้ประกอบด้วย ออสเตรีย เคนมาร্ক ฟินแลนด์ ฝรั่งเศส เยอรมนี กรีซ อิตาลี ลักเซมเบิร์ก เนเธอร์แลนด์ โปรตุเกส สเปน สวีเดน สหราชอาณาจักร

เหลือง: กลุ่มประเทศเศรษฐกิจเปลี่ยนผ่าน (Countries undergoing the process of transition to a market economy)

ประเทศเหล่านี้จะมีโควตา (emission caps) ในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมักจะเป็นผู้ขายในตลาดคาร์บอน โครงการดำเนินการร่วมกัน (Joint Implementation-JI) มักจะเกิดขึ้นในประเทศเหล่านี้ ทุกประเทศในกลุ่มนี้ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 31 ของโลกในปีค.ศ. 1990 (ยกเว้นรัสเซียและโครเอเชียซึ่งเป็นสมาชิกของสหภาพยุโรปแล้ว) ประเทศกลุ่มนี้ประกอบด้วย บุลกาเรีย โครเอเชีย สาธารณรัฐเชค เอสโตเนีย ฮังการี แลตเวีย โปแลนด์ โรมาเนีย รัสเซีย สโลวาเกีย สโลวีเนีย ยูเครน

แดง: ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่สอง (Annex II countries)

เป็นกลุ่มประเทศภาคผนวกที่ II เป็นประเทศที่ไม่ได้อยู่ในสองกลุ่มแรกที่กำลังกล่าวมาแล้วและได้ให้สัตยาบรรณต่อพิธีสารเกียวโต ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 15 ของโลกในค.ศ. 1990 มีประเทศออสเตรเลียเป็นประเทศล่าสุดที่ให้สัตยาบรรณเมื่อเดือนธันวาคม ค.ศ. 2007 ประเทศในกลุ่มนี้ประกอบด้วย แคนาดา ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น โมนาโก ไอร์แลนด์ นิวซีแลนด์ นอร์เวย์ สวิตเซอร์แลนด์ ลิกเทินสไตน์

เขียว: ประเทศนอกภาคผนวกที่หนึ่งที่ได้ให้สัตยาบรรณต่อพิธีสารเกียวโต (Non-Annex I countries)

ประเทศที่ไม่ได้มีพันธกรณีในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และมักจะเป็นประเทศเจ้าบ้านของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

ภาพที่ 12 ภาคีสมาชิกของพิธีสารเกียวโต

ที่มา: Point Carbon (2553)

2. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

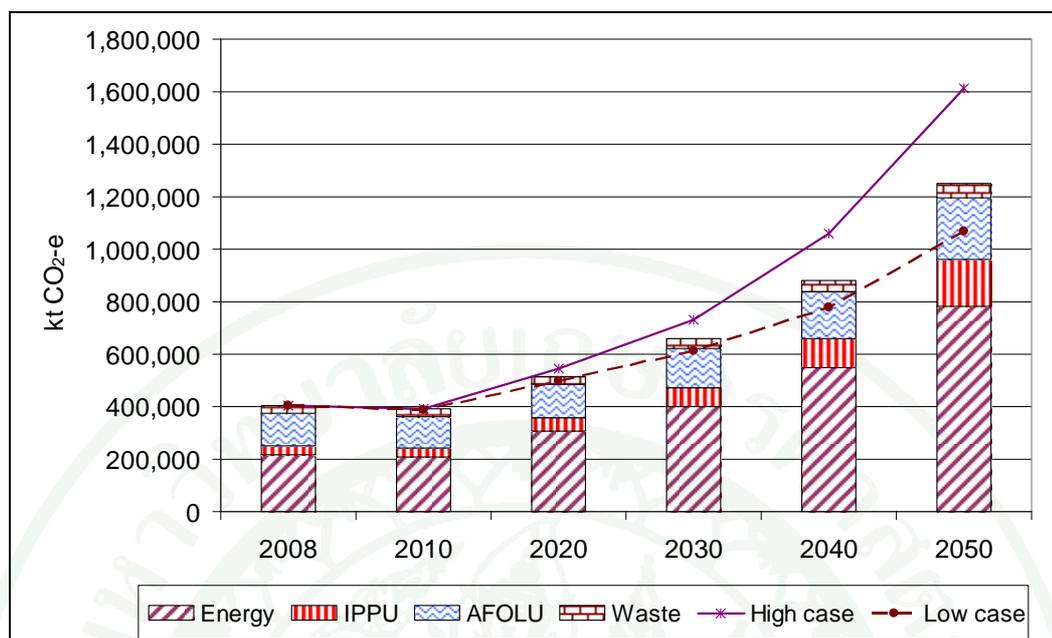
2.1 บัญชีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

บริษัทอีอาร์เอ็ม สยาม จำกัด (2553) คาดการณ์ว่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมจะเพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานและกิจกรรมทางเศรษฐกิจ การผลิตและการบริโภคผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงการจัดการของเสียและน้ำเสียที่จะเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนประชากรและกิจกรรมในภาคอุตสาหกรรม โดยได้นำเสนอข้อมูลพยากรณ์ แบ่งออกเป็น 3 กรณีตามระดับของการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (GDP) โดยตารางที่ 3 สรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้พยากรณ์สำหรับปีพ.ศ. 2552-2593 สำหรับสาขาต่างๆ ในหน่วยพันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และภาพที่ 13 แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่พยากรณ์ในกรณีฐานในรูปแบบแผนภูมิแท่ง ส่วนผลพยากรณ์กรณีการลงทุนสูง (High case) และกรณีการลงทุนต่ำ (Low case) จะอยู่ในรูปแผนภูมิเส้น แสดงข้อมูลรวมทุกสาขากิจกรรมย่อยในหน่วยพันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kt CO₂-e) ดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการพยากรณ์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม

กิจกรรม	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kt CO ₂ -e)						อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปี (ร้อยละ)		
	2008	2010	2020	2030	2040	2050	2010-2030	2030-2050	2010-2050
1.พลังงาน	217,720.90	206,829.09	306,097.72	399,940.31	547,491.16	784,214.56	3.35	3.42	3.39
2.อุตสาหกรรมฯ	32,928.48	34,694.52	49,981.80	73,531.86	112,022.56	178,801.25	3.83	4.54	4.18
3.เกษตร ป่าไม้ และ พื้นที่ฯ	122,578.82	119,559.23	127,690.13	147,449.71	178,650.97	233,351.56	1.05	2.32	1.69
4.ของเสีย	29,422.53	28,786.46	32,627.61	36,750.21	43,737.52	55,723.89	1.23	2.10	1.66
ปริมาณ GHG รวม									
(กรณีฐาน)	402,650.72	389,869.30	516,397.27	657,672.09	881,902.21	1,252,091.27	2.65	3.27	2.96
กรณีสูง	402,650.72	392,183.18	545,475.54	733,671.35	1,059,387.19	1,611,215.39	3.18	4.01	3.60
กรณีต่ำ	402,650.72	388,941.26	499,214.29	612,180.64	780,585.90	1,066,465.52	2.29	2.81	2.55
จำนวนประชากร									
(ล้านคน)	66.48	67.31	70.10	70.63	70.59	70.55	0.24	-0.01	0.12
Emissions per capita									
(tCO₂-e/capita)	6.06	5.79	7.37	9.31	12.49	17.75	2.40	3.28	2.84

ที่มา: บริษัทอีอาร์เอ็ม สยาม จำกัด (2553)



ภาพที่ 13 ผลการพยากรณ์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมทั้ง 3 กรณี

ที่มา: บริษัทอีอาร์เอ็ม สยาม จำกัด (2553)

จากข้อมูลการพยากรณ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยกรณีฐาน มีข้อสังเกตดังนี้

2.1.1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยตลอด ในปี 2008 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 402.65 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 657.67 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในปี 2030 และ 1.25 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในปี 2050

2.1.2 สาขาพลังงาน มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดตลอดช่วงที่มีการพยากรณ์ ในขณะที่สาขากระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ มีอัตราเติบโตเฉลี่ยของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด ประมาณร้อยละ 4.2 ต่อปีในช่วงปี 2010 – 2050

2.1.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกกรณีการลงทุนสูง มีปริมาณสูงกว่ากรณีฐานร้อยละ 0.6 ในปี 2010 ร้อยละ 11.6 ในปี 2030 และร้อยละ 28.7 ในปี 2050 ส่วนกรณีการลงทุนต่ำ พบว่า มีปริมาณต่ำกว่ากรณีฐานร้อยละ 0.2 ในปี 2010 ร้อยละ 6.9 ในปี 2030 และร้อยละ 14.8 ในปี 2050

2.1.4 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากร (emission per capita) เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกเติบโตเร็วกว่าจำนวนประชากร โดยในปี 2010 มีค่าเท่ากับ 5.8 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคน เพิ่มขึ้นเป็น 9.3 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนในปี 2030 และ 17.8 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนในปี 2050

2.2 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยโดยเปรียบเทียบ

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ พบว่าประเทศไทยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก⁴ อยู่ใน 25 อันดับแรกของโลก และเป็นหนึ่งใน 12 ประเทศนอกภาคผนวกที่หนึ่งที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด (ภาพที่ 14) WRI (2553)



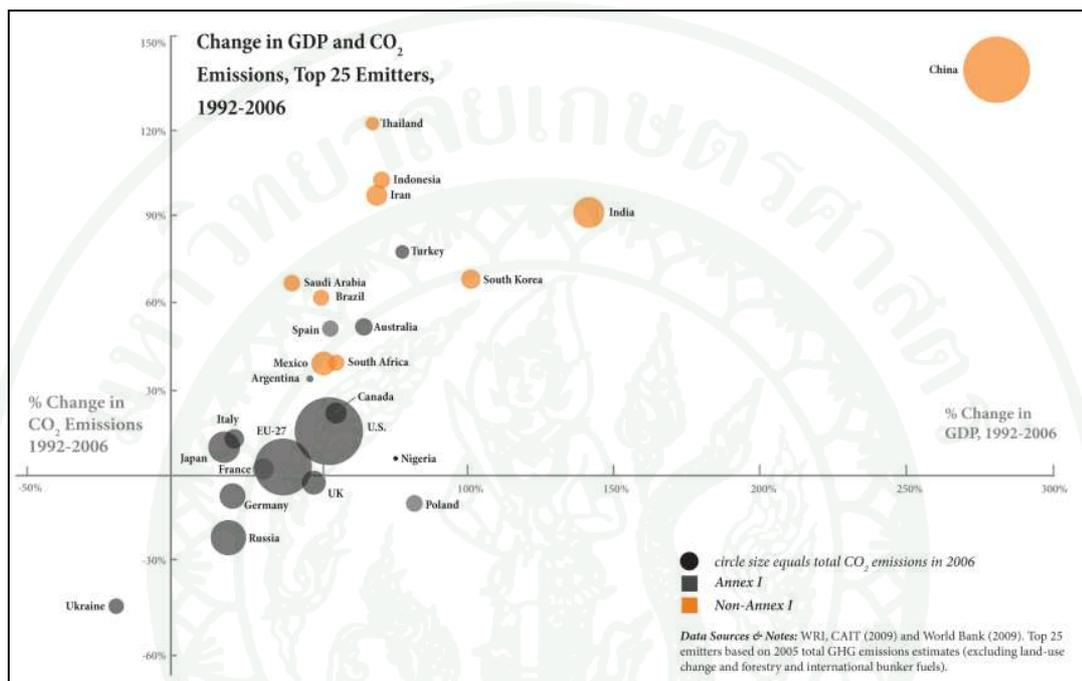
ภาพที่ 14 ประเทศที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 25 อันดับแรก

หมายเหตุ: การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยไม่รวมการใช้ที่ดิน ป่าไม้ (landuse and forestry) และน้ำมันเตาที่ใช้ระหว่างประเทศ (international bunker oil)

ที่มา: WRI (2010)

⁴ ไม่รวมก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ที่ดิน ป่าไม้ (landuse and forestry) และน้ำมันเตาที่ใช้ระหว่างประเทศ (international bunker oil)

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศไทยเปรียบเทียบกับประเทศต่างๆ พบว่า ประเทศไทยยังเป็นประเทศที่น่าจับตามอง เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการอัตราการเพิ่มของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับสองรองจากจีนและสูงกว่าอินเดีย (ภาพที่ 15)

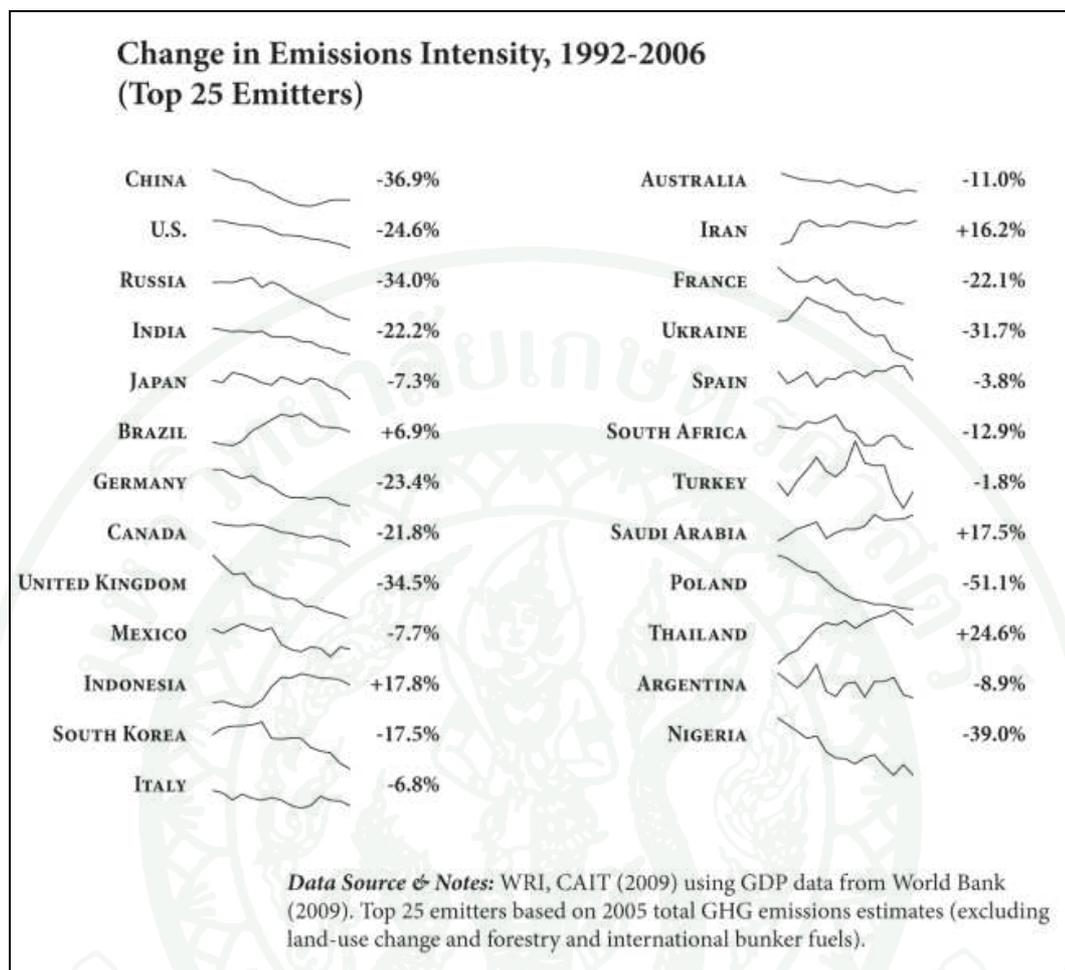


ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการเติบโตทางเศรษฐกิจของ 25 ประเทศที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด

หมายเหตุ: การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยไม่รวมการใช้ที่ดิน ป่าไม้ (landuse and forestry) และน้ำมันเตาที่ใช้ระหว่างประเทศ (international bunker oil)

ที่มา: WRI (2010)

เมื่อพิจารณาในมุมมองของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานภาคอุตสาหกรรมและของเสียรวมกันต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (Emission Intensity) ก็ยังพบว่า Emission Intensity ของประเทศไทยในภาพรวมเพิ่มขึ้นในขณะที่ประเทศส่วนใหญ่ใน 25 ประเทศที่จับตามองมีพัฒนาการของ Emission Intensity ที่ลดลง (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงของการความเข้มข้นของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Emission Intensity) ของ 25 ประเทศที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด
 หมายเหตุ: การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยไม่รวมการใช้ที่ดิน ป่าไม้ (landuse and forestry) และน้ำมันเตาที่ใช้ระหว่างประเทศ (international bunker oil)
 ที่มา: WRI (2010)

3. การตอบสนองของประเทศไทยต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ได้ตระหนักถึงความสำคัญของผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อประชาคมโลก จึงได้ให้ความร่วมมือโดยการให้สัตยาบันต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม 2537 และพิธีสารเกียวโตเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม 2545 (กรอ., 2550) การอนุวัติตามอนุสัญญาและพิธีสารเกียว

โตได้เป็นแรงกระตุ้นให้คณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ (2551) ได้ยกร่างยุทธศาสตร์แห่งชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งยุทธศาสตร์หนึ่งที่เกี่ยวข้องกับป่าไม้ได้แก่ ยุทธศาสตร์ที่ 2 ว่าด้วยการเพิ่มแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก ที่ได้ส่งเสริมการส่งเสริมการอนุรักษ์ ฟื้นฟู เพิ่มพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ป่าชายเลน พื้นที่สีเขียว และการปลูกสร้างสวนป่า

นอกจากยุทธศาสตร์ฯ ที่ได้กล่าวมาแล้ว สำนักงานคณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ([สศช.], 2552) ยังเล็งเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกเป็นปัจจัยหนึ่งที่ประเทศไทยและโลกต้องเผชิญในอนาคตข้างหน้า ทำให้ สศช. พยายามเรียนรู้วิกฤต เพื่อสร้างโอกาส ให้ประเทศไทยสามารถปรับตัวรองรับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างเท่าทัน รวดเร็ว เนื่องจากผลกระทบนี้มิได้ส่งผลกระทบเฉพาะเพียงมิติกายภาพเท่านั้น หากแต่ยังส่งผลถึงมิติด้านเศรษฐกิจ ทั้งในด้านการผลิต ด้านการค้าสินค้าและบริการ และสิ่งแวดล้อม โดยข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถแปรผลไปสู่การกำหนดนโยบาย มาตรการได้อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้เพื่อให้การพัฒนาประเทศในระยะยาวและในช่วงของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 สามารถมุ่งสู่เป้าหมายการพัฒนาที่สมดุลและยั่งยืน สอดคล้องกับสถานการณ์ของโลกและของประเทศที่เปลี่ยนแปลงไป

สศช. (2552) ยังมองเห็นโอกาสในวิกฤตในส่วนที่เกี่ยวข้องกับป่าไม้ว่า ประเทศไทยสามารถใช้ประโยชน์จากมาตรการสร้างรายได้จากการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและหลากหลายทางชีวภาพ เช่น กลไกการลดก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าไม้⁵ ประเทศกำลังพัฒนา (REDD) กลไกตลาดเพื่อสร้างแรงจูงใจทางเศรษฐกิจให้มีการดูแลรักษาระบบนิเวศ (Payment for Environmental Services, PES) และโอกาสทางเศรษฐกิจสำหรับประเทศไทยในการพัฒนาตลาดคาร์บอนเครดิตและการใช้ประโยชน์จากกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism, CDM) เป็นต้น

⁵ การทำลายป่า (Deforestation) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่ดินอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์จากพื้นที่เป็นป่าเป็นพื้นที่ไม่ใช่ป่า (UNFCCC, 2006 อ้างใน ลัดดาวัลย์ พวงจิตร, 2552)

⁶ การเสื่อมโทรมของป่า (Degradation) คำจำกัดความของการเสื่อมโทรมของป่ายังไม่ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตาม IPCC (2003 อ้างใน ลัดดาวัลย์ พวงจิตร, 2552) ได้กำหนดความเสื่อมโทรมของป่าว่าเป็นกิจกรรมที่เกิดจากมนุษย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนสะสมในป่า ตั้งแต่ระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวไม่จัดว่าเป็นการทำลายป่า อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการกำหนดเกี่ยวกับระยะเวลาของการเปลี่ยนแปลงระยะยาว และ ระยะเวลาที่กำหนด ตลอดจน ปริมาณคาร์บอนสะสมที่เปลี่ยนแปลงไป

ป่าไม้

ป่าไม้และบริการทางนิเวศ

ป่าไม้ปกคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 31 ของพื้นที่โลกหรือคิดเป็นประมาณ 0.6 เฮกแตร์ต่อหัวประชากร โดยป่าไม้ในประเทศรัสเซีย บราซิล แคนาดา สหรัฐอเมริกาและจีนรวมกันคิดเป็นประมาณร้อยละ 50 ของพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด ประเทศที่ไม่มีป่าไม้หรือมีพื้นที่ป่าไม้น้อยกว่าร้อยละ 10 มีจำนวน 54 ประเทศ (FAO, 2010) ป่าไม้มีคุณสมบัติประโยชน์นานับประการ เนื่องจากมีโครงสร้างและบทบาทหน้าที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมของโลก ป่าไม้มีคุณค่าต่อเศรษฐกิจและสังคมต่อชุมชน นอกจากนั้นแล้ว ป่ายังมีหน้าที่สำคัญในด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การเป็นที่อยู่อาศัยของสายพันธุ์ต่างๆ การอนุรักษ์ดิน การอนุรักษ์น้ำ การดำรงรักษาความสมดุลของวัฏจักรต่างๆ เช่น วัฏจักรน้ำ วัฏจักรพลังงาน และ วัฏจักรของก๊าซซึ่งรวมถึงวัฏจักรคาร์บอน จึงกล่าวได้ว่าป่าไม้ได้ให้บริการทางนิเวศ (ecological services) หลากหลายประการ

ป่าไม้เป็นสาขาหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือ บทบาทของการเป็นแหล่งปลดปล่อยและบทบาทในการเป็นแหล่งการดูดซับก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ การตัดไม้ทำลายป่าปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศประมาณร้อยละ 17 ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของโลก (IPCC, AR4, 2007) รายงาน Global Forest Resource Assessment ปี พ.ศ. 2553 (อ้างใน FAO, 2010) ได้รายงานว่าป่าไม้ของโลกสามารถกักเก็บคาร์บอนในชีวมวลเพียงแหล่งเดียวได้มากถึง 289 พันล้านตัน อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยป่าธรรมชาติแต่เพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอ ซึ่งจะเห็นได้จากรายงานของ FAO (2010) ที่บ่งชี้ว่าการสะสมคาร์บอนจากชีวมวลของป่าไม้ลดลงเฉลี่ยปีละ 500 ล้านตันในช่วงปีพ.ศ. 2548-2553 โดยมีสาเหตุหลักจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้

การสะสมคาร์บอนบนพื้นดินมีการกระจายตัวแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค แต่มักจะกระจุกตัวอยู่ในป่าไม้และพื้นที่ชุ่มน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 17

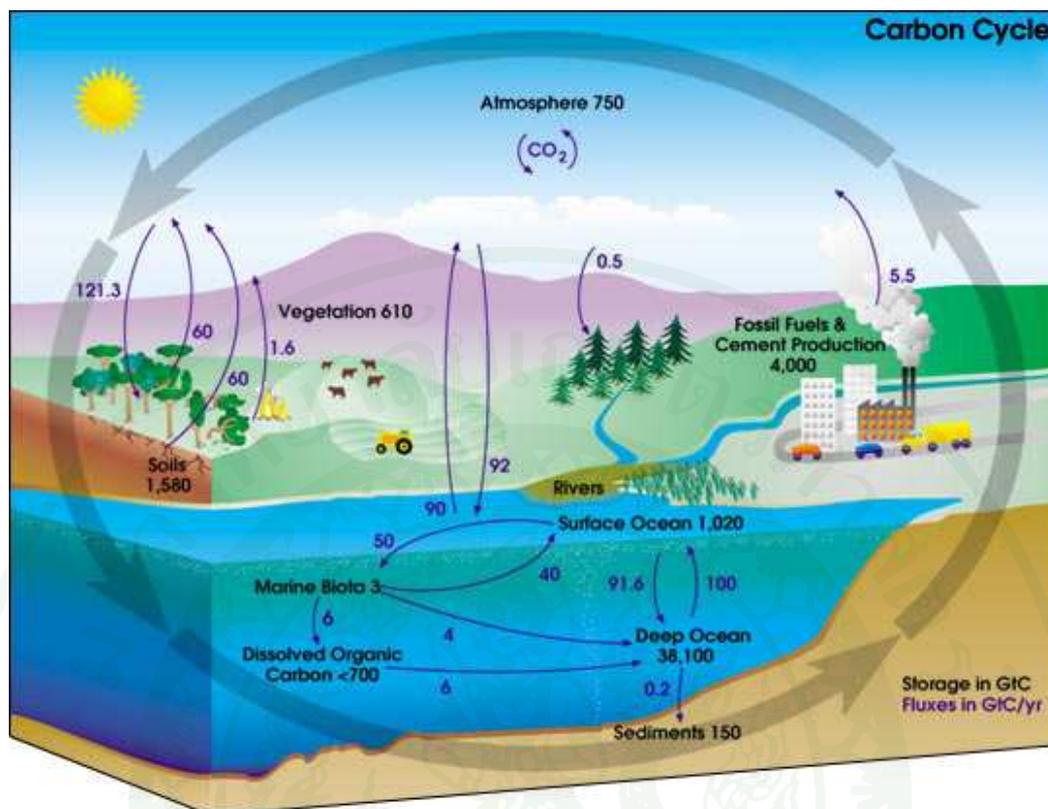


ภาพที่ 17 การกระจายตัวของคาร์บอนสต็อกในต้นไม้ ในปี พ.ศ. 2552

ที่มา: UNEP/GRID-Arendal (2009)

1. บริการทางนิเวศของป่าไม้ด้านวัฏจักรคาร์บอน

วัฏจักรคาร์บอน (Carbon cycle) เป็นวัฏจักรชีวธรณีเคมีที่คาร์บอนถูกแลกเปลี่ยนระหว่างสิ่งมีชีวิต พื้นดิน น้ำ และบรรยากาศของโลก คาร์บอนเป็นธาตุสำคัญธาตุหนึ่งของสิ่งมีชีวิต มีองค์ประกอบประมาณร้อยละ 50 ของเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต คาร์บอนในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ ถือว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช การหมุนเวียนของคาร์บอนในระบบนิเวศ แบ่งได้เป็น 3 แบบ ตามระยะเวลาที่ใช้ในการหมุนเวียนให้ครบรอบคือ ระยะสั้น ระยะกลางและระยะยาว การหมุนเวียนของคาร์บอนในระยะสั้นจะอยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืช และการย่อยสลายหลังจากสิ่งมีชีวิตตายไป การย่อยสลายนี้อาจจะได้คาร์บอนในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซมีเทนกลับไปสู่บรรยากาศ สำหรับการหมุนเวียนในระยะยาวเป็นการหมุนเวียนของคาร์บอนผ่านระบบโครงสร้างของโลกทั้งในแผ่นดิน มหาสมุทรและหินปูน (วิกิพีเดีย, 2552) ดังแสดงในภาพที่ 18



ภาพที่ 18 วัฏจักรคาร์บอน
ที่มา: NASA (2010)

การสังเคราะห์แสงของพืชจะสร้างน้ำหนักแห้ง⁷ ได้ประมาณร้อยละ 85-90 ซึ่งน้ำหนักแห้งที่ผลิตขึ้นนั้นจะเป็นสารประกอบพวกคาร์บอนเป็นหลักใหญ่ (Miltrop and Moorby, 1974 อ้างใน จักริ เส้นทอง, 2539) เนื่องจากการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นได้จากการตรึงพลังงานจากดวงอาทิตย์โดยการดูดซับของพืชสีเขียว โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และ น้ำ (H_2O) เป็นวัตถุดิบในการสร้างผลผลิต โดยกระบวนการนี้จะเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของอนินทรีย์วัตถุให้อยู่ในรูปของอาหารที่จำเป็น (Essential Food) ปัจจัยสำคัญที่ทำให้พืชสามารถสังเคราะห์แสงได้คือ พืชมีคลอโรพลาสต์ (Chloroplast) ดังสมการดังนี้

⁷ ในกรณีที่ทราบค่าปริมาตรของไม้สด IPCC (2006) ได้แนะนำค่าประมาณการของมวลชีวภาพแห้งสำหรับสัก โดยค่า Basic Wood Density ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพแห้ง (Oven Dry Mass) กับ ปริมาตรสดของลำต้น ไม่รวมเปลือก (Fresh Stem-Wood Volume Without Bark) เท่ากับ 0.5-0.55



..... สมการที่ 1

พืชจะสร้างเนื้อเยื่อจากกระบวนการสังเคราะห์แสงและปริมาณสารสังเคราะห์ (Assimilate) ที่พืชสร้างขึ้นจะถูกนำไปใช้เพื่อการเติบโตสร้างอวัยวะต่างๆ เช่น ใบ ลำต้น ราก ซึ่งบางส่วนถูกเก็บไว้ในอวัยวะเหล่านี้ และ บางส่วนถูกถ่ายเทไปยังฝักและเมล็ด (Yoshida, 1972 อ้างใน จักริ เส้นทอง, 2539) เนื้อเยื่อนี้เรียกว่ามวลชีวภาพ (Biomass) โดยนิยมวัดออกมาในรูป น้ำหนักแห้ง หรือน้ำหนักแห้งปราศจากน้ำ มีค่าเป็นน้ำหนักต่อหน่วยของพืช เช่น ต่อตัน จะมีหน่วย กิโลกรัมต่อตัน หรือ ต่อหน่วยพื้นที่ เช่น กิโลกรัมต่อไร่ หรือ ต้นต่อเฮกตาร์ (6.25 ไร่) ในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างเนื้อไม้ 1 ตัน จะต้องใช้คาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 1.81 ตัน และปลดปล่อยออกซิเจนประมาณ 1.32 ตัน (บุญวงศ์ ไทยอุดมสำห และ ลัดดาวัลย์ พวงจิตร, 2550 อ้างใน วนศาสตร์, 2550)

การสังเคราะห์แสงและการสร้างมวลชีวภาพของต้นไม้มีความอ่อนไหวต่อระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยที่ระดับความอ่อนไหวนี้จะลดน้อยลงเมื่อต้นไม้มีอายุมากขึ้น ถ้าระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า (~ 700 ส่วนในล้านส่วน) จะช่วยเพิ่มระดับผลผลิตของมวลชีวภาพประมาณร้อยละ 10-40 อย่างไรก็ตาม ในการจำลองเกี่ยวกับการสังเคราะห์แสงระยะสั้นๆ พบว่า การเพิ่มขึ้นของอัตราการสังเคราะห์แสงจะไม่เพิ่มขึ้นถ้าระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกินกว่า 750 ส่วนในล้านส่วน เนื่องจากการสังเคราะห์แสงจะถูกจำกัดโดยเอนไซม์ ribulose 1, 5-bisphosphate carboxylase oxygenase (RUBISCO) ซึ่งเป็นตัวกำหนดปริมาณของไนโตรเจน (Grace, 2005 cited in Griffiths *et al.*, 2005)

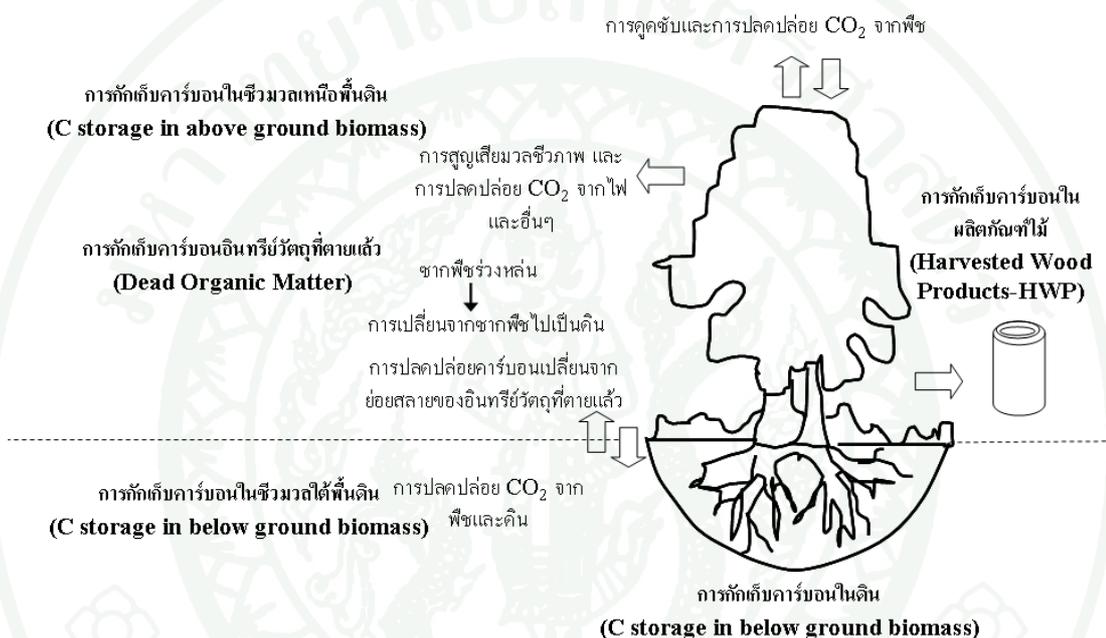
1.1 การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแนวตั้ง⁸

การประเมินการเคลื่อนย้ายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามแนวตั้ง (Carbon Fluxes) ในภาคป่าไม้ สามารถหาได้จากการเปลี่ยนแปลงสุทธิของการเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอน (Carbon Stock) ในช่วงเวลา (IPCC, 2006) ดังนั้น การเพิ่มขึ้นของการสะสมคาร์บอน (Carbon Stock) ตลอดช่วงเวลาจะเท่ากับการดูดซับสุทธิจากบรรยากาศ และการลดลงของการสะสมคาร์บอน จะเทียบเท่ากับการปลดปล่อยสู่บรรยากาศ ส่วนการปลดปล่อยก๊าซอื่นๆ ที่ไม่ใช่ก๊าซ

⁸ ให้คำแปลไทยของ Carbon flux โดย ศ. ดร. เกษม จันทร์แก้ว เมื่อ 20 กันยายน พ.ศ. 2552

คาร์บอนไดออกไซด์มักจะเกิดจากการทำงานทางชีววิทยาในดิน การย่อยสลายของสัตว์และมูลส่วนใหญ่

หน่วยกักเก็บคาร์บอน (carbon pool) ในสาขาป่าไม้มี 4 หน่วย ได้แก่ ก) ชีวมวล (Biomass) ข) อินทรีย์วัตถุที่ตายแล้ว (Dead Organic) ค) ดิน (Soil) และ ง) เนื้อไม้ที่ตัดฟันแล้ว (harvested wood products) แสดงดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้และป่าไม้

หมายเหตุ: ไม่ได้รวมการปลดปล่อยมีเทนจากการย่อยสลาย

ธรรมชาติของสังคมหมู่ไม้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากการเติบโตด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง เนื้อเยื่อของพืชที่ได้จากกระบวนการนี้ในช่วงใดช่วงหนึ่งเรียกว่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิ และ เนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นต่อหน่วยพื้นที่ต่อเวลาเรียกว่า Primary Productivity (Kevt et al., 1971 อ้างใน ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2546)

กระบวนการที่เกิดควบคู่ไปกับกระบวนการสังเคราะห์แสง คือ กระบวนการเผาผลาญอาหารส่วนที่พืชผลิตได้เพื่อใช้เป็นพลังงานในการดำรงชีวิต หรือ การหายใจ (Respiration) ซึ่งเกิดควบคู่กับการสังเคราะห์แสง ดังนั้น การเพิ่มพูนของเนื้อเยื่อไม้ หรือของหมู่ไม้จะเกิดขึ้น

ต่อเมื่อกระบวนการแรกมีอัตราสูงกว่ากระบวนการหลัง ด้วยเหตุนี้จึงมีการแบ่งผลผลิตขั้นปฐมภูมิ เป็น 2 ส่วน คือ

1.1.1 ปริมาณเนื้อเยื่อทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง รวมทั้งส่วนที่ เสียไปจากกระบวนการหายใจในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เป็น ผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมด (Gross Primary Production, GPP)

1.1.2 ปริมาณเนื้อเยื่อทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยไม่รวมส่วน ที่สูญเสียไปจากกระบวนการหายใจ เป็น ผลผลิตปฐมภูมิสุทธิ (Net Primary Production, NPP)

ปัจจัยที่ส่งอิทธิพลต่อผลผลิตปฐมภูมิสุทธิ (NPP) ได้แก่ การใช้ที่ดินและการจัดการ ที่ดิน โดยผ่านกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การปลูกป่า การใส่ปุ๋ย การทำชลประทาน การเก็บเกี่ยว และการเลี้ยงสัตว์ การตัดไม้จะลดปริมาณมวลชีวภาพสะสม (Biomass Stock) บนที่ดิน ดังนั้น คาร์บอนที่ถูกดึงออกจากระบบนิเวศอาจจะปลดปล่อยสู่บรรยากาศได้ทันที แต่ในบางกรณี คาร์บอนอาจเปลี่ยนรูปและชะลอการปลดปล่อยออกไปเพราะผลผลิตของไม้จะอยู่ในรูปของ ผลิตภัณฑ์ที่คงรูปอยู่ได้หลายปีจนถึงหลายร้อยปี การจัดการป่าไม้หรือการเกษตรในบางแห่ง อาจใช้ ไฟเป็นเครื่องมือในการดำเนินการ ไฟจะเผาผลาญและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับคืน สู่ชั้นบรรยากาศ และยังอาจปลดปล่อยก๊าซอื่นๆ ตามไปด้วย เช่น ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ เป็นต้น (IPCC, 2006)

ปริมาณมวลชีวภาพก็ยังคงมีการสูญเสียไปจากการร่วงหล่นเป็นซากพืช ซึ่งเรียก โดยรวมว่าอินทรีย์วัตถุที่ตายแล้ว (Dead Organic Matter, DOM) เช่น ไม้ตาย (Dead Wood) และเศษ ใบไม้ (Litter) อินทรีย์วัตถุที่ตายแล้วบางตัวก็ย่อยสลายอย่างรวดเร็วและคืนคาร์บอนกลับสู่ชั้น บรรยากาศ แต่บางส่วนก็จะคงสภาพไปอีกหลายเดือนถึงปีหรือทศวรรษกว่าจะย่อยสลาย การใช้ ที่ดินและการจัดการที่ดินจะส่งอิทธิพลต่อการสะสมของคาร์บอนของอินทรีย์วัตถุที่ตายแล้ว เมื่อ อินทรีย์วัตถุเหล่านี้ ได้มีการแตกย่อยและย่อยสลายลง ก็จะกลายเป็นองค์ประกอบของ ดิน (Soil Organic Matter, SOM) ซึ่งจะมีวัสดุ (Materials) แตกต่างกันหลายประเภท บางประเภทก็ เป็นองค์ประกอบที่ย่อยสลายได้ง่ายโดยจุลินทรีย์และส่งคาร์บอนกลับ ไปสู่ชั้นบรรยากาศ แต่บาง ประเภทก็อยู่ในรูปที่ย่อยสลายได้อย่างช้าๆ (Recalcitrant Compounds) และอยู่ในดินได้นานหลาย ทศวรรษหรือมากกว่านั้น ในกรณีที่ที่มีไฟไหม้เกิดขึ้น ก็จะก่อให้เกิดเผาและก่อให้เกิดถ่านดำ (Black Carbon) ที่สามารถยึดอายุการปลดปล่อยคาร์บอนกลับสู่บรรยากาศได้เป็นล้านๆ ปี

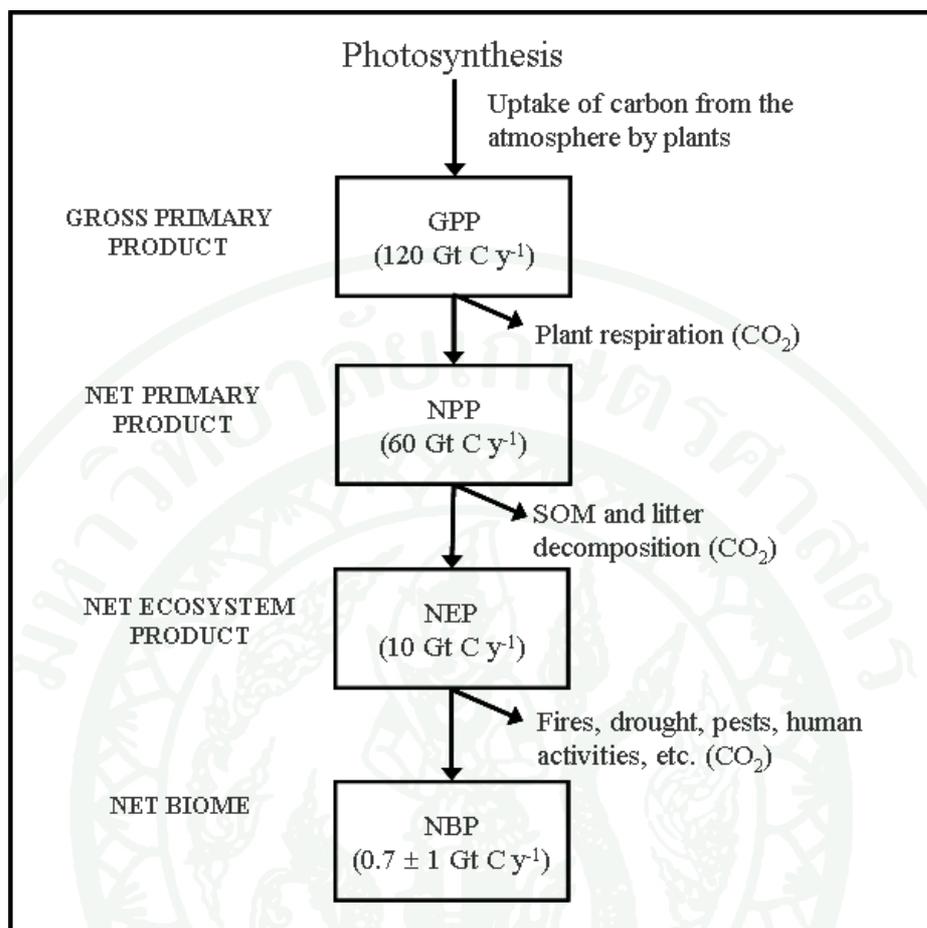
ดังนั้น เมื่อหักส่วนของการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุที่ตายแล้วและองค์ประกอบของดิน นี้ออกจากผลผลิตปฐมภูมิสุทธิ (NPP) จะได้ผลผลิตของระบบนิเวศ (Net Ecosystem Productivity, NEP) หรือ Net Ecosystem Exchange (NEE)

การดำรงอยู่ของชีวมวลในหมู่ไม้ยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ ไฟป่า แผลง การกระทำของมนุษย์ ฯลฯ เมื่อหักปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ ก็จะเหลือชีวมวลผลผลิตสุทธิ (Net Biome, NBP) Steffen *et al.* (1998 cited in Griffiths *et al.* 2005) ซึ่งเป็นผู้ตั้งคำศัพท์ใหม่นี้ มีความตั้งใจที่จะให้ NBP ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่กว่าป่าไม้ และอาจจะครอบคลุมระบบนิเวศที่หลากหลาย เช่น ในระดับพื้นที่ Land scape ระดับชาติ หรือ ระดับทวีป และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน NBP ยังรวมถึงผลผลิตจากไม้ เช่น ผลผลิตที่มีอายุสั้น (กระดาษ) หรือ ผลผลิตที่มีอายุยาว (เช่น เฟอร์นิเจอร์ สิ่งก่อสร้าง) การจัดทำบัญชีคาร์บอนในส่วนนี้อาจมีความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ถ้าวรวมการนำเข้าและส่งออกของผลิตภัณฑ์ไม้เข้าในการประเมิน

Morison and Morecroft (2006) ได้รวบรวมค่าการถ่ายเทคาร์บอนระหว่างพื้นโลกและบรรยากาศ (Transfer of Carbon between Biosphere and Atmosphere) พบว่า GPP ของโลกมีค่าประมาณ 120 พันล้านตันคาร์บอนต่อปี และเมื่อหักการหายใจของพืชแล้ว NPP จะมีค่าประมาณ 60 พันล้านตันคาร์บอนต่อปี เมื่อประเมินต่อเนื้อเพื่อหาค่า NEP พบว่าค่า NEP ของโลกมีค่าประมาณ 10 พันล้านตันคาร์บอนต่อปี โดยสุดท้ายแล้วค่า NBP จะมีค่าประมาณ 0.7 ± 1 พันล้านตันคาร์บอนต่อปี

อย่างไรก็ตาม ได้มีการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อกำหนดเป็นกฎพื้นฐานคร่าวๆ (Rule of Thumb) เพื่อใช้ในการประเมินและการจัดทำแบบจำลอง โดยอัตราส่วนของ NPP/GPP ที่ Grace and Zhang (2006 cited in Morison and Morecroft, 2006) ได้รวบรวมจากงานวิจัยต่างๆ ไว้ มีค่าคงที่ประมาณ 0.47 (Waring *et al.*, 1998) Gifford (2003) ประเมินว่าสัดส่วนนี้จะอยู่ประมาณ 0.47 ± 0.05 สำหรับป่าไม้ และ 0.58 ± 0.03 สำหรับพื้นที่ที่มีการควบคุม อย่างไรก็ตาม การหายใจของพืช (heterotrophic respiration) มีความสลับซับซ้อน จึงส่งผลให้ GPP/NEE มีค่าค่อนข้างผันแปร มักจะอยู่ในช่วง 0-0.4 (Falge *et al.*, 2002)

ผลความสัมพันธ์ของการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในแนวตั้ง ณ ระดับต่างๆ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ผลผลิตจากการเจริญเติบโตของต้นไม้

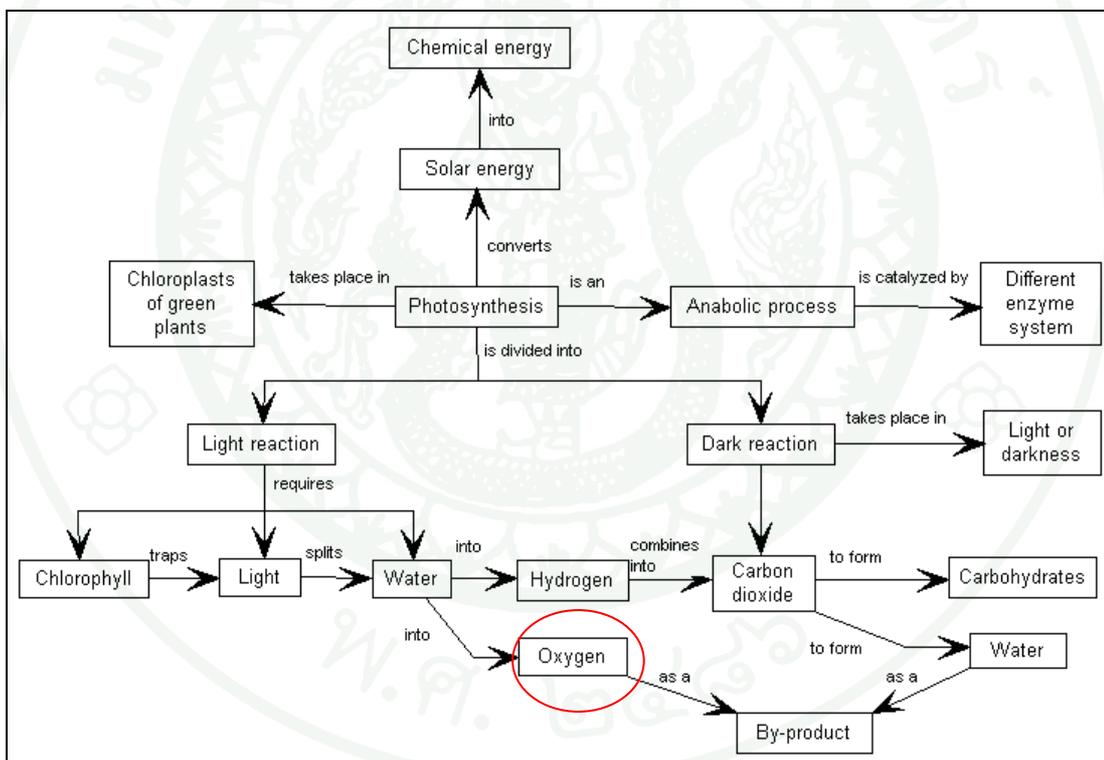
ที่มา: Morison and Morecroft (2006)

พงษ์ศักดิ์ สหนาฟู (2538) กล่าวว่าป่าพรหมจรรย์ซึ่งเป็นป่าธรรมชาติและไม่เคยถูกตัดมาก่อน มีความเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ มีต้นไม้ใหญ่ๆ ประกอบอยู่และแน่นทึบมาก ถือว่าระบบนิเวศมีความสมดุล การกักเก็บและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถือว่าเป็นศูนย์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ป่าเหล่านี้มีผลผลิตขั้นปฐมภูมิรวม (Gross Primary Production) เป็นศูนย์ ผลผลิตปฐมภูมิสุทธิ (NPP) จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างใกล้ชิดกับอายุของหมู่ไม้ โดยค่า NPP จะมีแนวโน้มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อหมู่ไม้มีอายุมากขึ้นจนถึงจุดที่เรือนยอดของหมู่ไม้ประชิดติดกันเต็มที่ NPP จะค่อยๆ ลดลงทีละน้อย ส่วนใหญ่เรือนยอดของหมู่ไม้จะติดกันเมื่ออายุหมู่ไม้มีอยู่ระหว่าง 10-20 ปี

1.2 บริการทางนิเวศของป่าไม้ด้านการคายออกซิเจน

ออกซิเจนเป็นผลผลิตข้างเคียงของการสังเคราะห์แสง ซึ่งประกอบด้วยการทำปฏิกิริยาที่สลับซับซ้อนจากสองกระบวนการหลัก คือ ปฏิกิริยาของแสง (light reaction) หรือ photolysis โดยแสงจะกระตุ้นการทำงานของคลอโรฟิลล์ สร้างปฏิกิริยาต่อเนื่องและสร้างองค์ประกอบที่อุดมด้วยพลังงาน ได้แก่ adenosine triphosphate (ATP) และ TPNH ซึ่งเป็นการลดรูปของ triphosphopyridine nucleotide เกิดปฏิกิริยาของน้ำและปลดปล่อยออกซิเจนอิสระ กระบวนการที่สอง ได้แก่ ปฏิกิริยาด้านมืด (dark reaction) หรือ Calvin cycle ในปฏิกิริยานี้ ATP และ TPNH ได้ให้พลังงานเพื่อจับกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และให้น้ำตาลและคาร์โบไฮเดรต ดังแสดงในภาพที่

21



ภาพที่ 21 ผลผลิตออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์แสง

ที่มา: The Internet Encyclopaedia of Science (2011)

มวลชีวภาพที่ต้นไม้สร้างขึ้น 1 ตัน จะปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนในปริมาณ 1.32 ตัน หรือก๊าซออกซิเจนถูกปลดปล่อย 1 ตัน เมื่อมีการสร้างเนื้อไม้จำนวน 0.76 ตัน (บุญวงศ์ ไทยอุตุส่าห์ และ ลัดดาวัลย์ พวงจิตร, 2550)

2. ป่าปลูกและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

รายงานขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 2010) บ่งชี้ว่าการสะสมคาร์บอนจากชีวมวลของป่าไม้ธรรมชาติลดลงเฉลี่ยปีละ 500 ล้านตันในช่วงปี พ.ศ. 2548-2553 โดยมีสาเหตุหลักจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ ฉะนั้นจึงเป็นเรื่องที่เห็นพ้องต้องกันว่าป่าปลูก (planted forests⁹) เป็นแนวทางที่สำคัญแนวทางหนึ่งในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (World Forestry Congress, 2009 อ้างใน FAOb, 2010) ในปี พ.ศ. 2553 พื้นที่ป่าปลูกมีประมาณ 264 ล้านเฮกแตร์ ซึ่งสามในสี่ส่วนเป็นการปลูกเพื่อเศรษฐกิจ และอีกหนึ่งส่วนเป็นการปลูกเพื่อวัตถุประสงค์ของการบริการเชิงนิเวศ โดยเฉพาะเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรม การแก้ไขปัญหาการพัฒนาเป็นทะเลทราย (desertification) ตลอดจนการอนุรักษ์ดินและน้ำ (FAO, 2010) ในช่วงปี พ.ศ. 2548-2553 พื้นที่ป่าปลูกเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 5 ล้านเฮกแตร์ต่อปี (FAO, 2010)

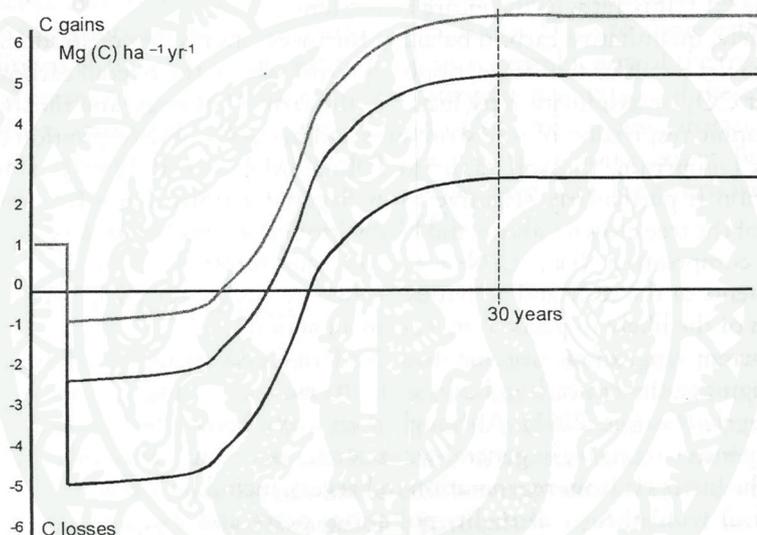
การตัดไม้ทำลายป่า (Deforestation) ถือเป็นสาเหตุสำคัญที่รบกวนต่อวัฏจักรคาร์บอน การศึกษาของ FAO (2010) ได้ชี้ให้เห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงป่าไม้ให้เป็นการใช้ที่ดินในรูปแบบอื่นๆ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเขตร้อนให้เป็นพื้นที่การเกษตรมีอัตราที่ลดลง จาก 16 ล้านเฮกแตร์ในช่วงทศวรรษ 1990 เป็น 13 ล้านเฮกแตร์ในปีช่วงทศวรรษ 2000 แต่อย่างไรก็ตาม การตัดไม้ทำลายป่าก็ยังถือว่าเป็นอัตราที่สูงอยู่ และพื้นที่ป่าธรรมชาติ (Primary Forest) ได้ถูกทดแทนโดยป่าที่มีความหลากหลายทางธรรมชาติที่ลดลง เช่น ป่าปลูก หรือป่าขั้นที่สอง (Secondary Forest) เนื่องจากการตอบสนองต่อความต้องการไม้ที่เพิ่มขึ้น

การปลูกสร้างสวนป่ามีบทบาททั้งการเป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการจัดการสวนป่าตามหลักทฤษฎีก็มีส่วนปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศด้วยเช่นกัน เช่น การเตรียมพื้นที่การปลูกป่า โดยการเผา การใช้เครื่องจักรขนาดหนักปรับพื้นที่ ซึ่งถือว่าเป็นการรบกวนพื้นที่ป่า โดยเฉพาะชั้นดินอินทรีย์ (organic soil horizons) เนื่องจากการกระตุ้นการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการออกซิเดชันของดินอินทรีย์ (soil organic matters) การปลูก ซึ่งอาจจะกระตุ้น ย่อยสลาย (decomposition) และการสูญเสียคาร์บอน การใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารในดินก็จะเร่งให้พืชโตเร็วและมีการสังเคราะห์แสงมากขึ้น การตัดสาง ที่ตัดต้นไม้

⁹ ป่าปลูก (Planted forest) หมายถึงการปลูกป่าด้วยพันธุ์ไม้พื้นเมืองหรือพันธุ์ไม้ใหม่ด้วยกระบวนการของการปลูกป่า (Afforestation) บนพื้นที่ที่ไม่ได้เป็นป่าในช่วงระยะเวลาทรงจำของมนุษย์ หรือ การฟื้นฟูป่า (Reforestation) ในพื้นที่ที่ไม่ได้เป็นป่ามาก่อน (FAO, 2010)

บางส่วนออกจากสวนก็ถือว่าเป็นการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคืนสู่ชั้นบรรยากาศ การตัดฟันเป็นการแปลงสภาพของแหล่งดูดซับคาร์บอนให้เป็นแหล่งปลดปล่อยในทันที (Jarvis *et. al.*, 2005)

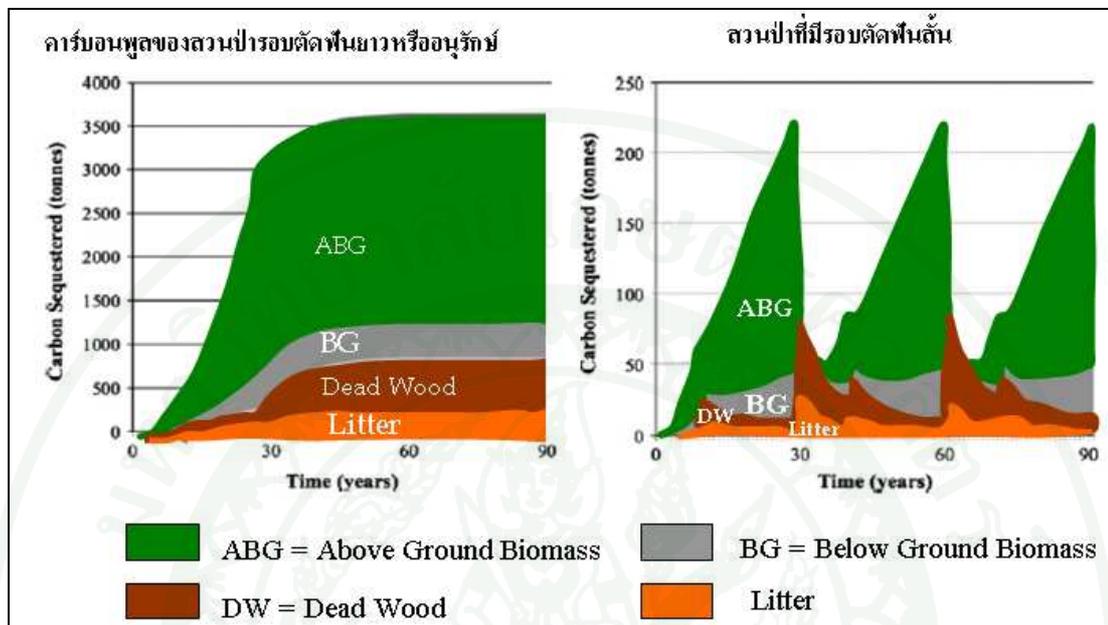
ภาพที่ 22 แสดงรูปกราฟในเชิงทฤษฎีของการสะสมคาร์บอน (carbon budget) สำหรับสวนป่าในรอบตัดฟันแรก ซึ่งจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากดินอินทรีย์ในระยะเริ่มแรก ปริมาณการปลดปล่อยจะมากขึ้นเรื่อยๆ ใกล้เคียงกับความอุดมสมบูรณ์ของดินอินทรีย์ในบริเวณนั้น อย่างไรก็ตาม เมื่อต้นไม้ในสวนป่าเติบโตขึ้นก็เริ่มดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์กลับคืน ซึ่ง Jarvis *et. al.* (2005) ได้แสดงความคิดเห็นว่าจุดคุ้มทุนเชิงคาร์บอนของทั้งสองส่วนนี้จะอยู่ที่ประมาณ 15 ปี



ภาพที่ 22 การดูดซับและการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมสวนป่า
ที่มา: Jarvis *et al.* (2005)

การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับสวนป่าในรอบตัดฟันที่ยาวเกินกว่า 30 ปี และรอบตัดฟันสั้น (ประมาณ 30 ปี) จะมีลักษณะของคาร์บอนพูลที่แตกต่างกัน โดยการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นในช่วงปีที่ 1-30 และจะค่อนข้างคงที่เมื่อป่ามีอายุมากขึ้นสำหรับสวนป่าที่มีรอบตัดฟันยาว หรือไม่มีการตัดเลย เจ้าของการสะสมคาร์บอนที่มีลักษณะเช่นนี้มักจะมีพื้นที่ขนาดใหญ่ ในทางตรงกันข้าม สวนป่าที่มีรอบตัดฟันประมาณ 30 ปี ลักษณะของการสะสมคาร์บอนจะมีการลดลงอย่างมากเมื่อถึงรอบตัดฟันเพื่อเอาเนื้อไม้ไปใช้ประโยชน์ (ภาพที่ 23) ผู้รับซื้อคาร์บอนเครดิตจากสวนป่ามักจะชอบรูปแบบของการสะสมคาร์บอนที่ค่อนข้างจะแน่นอนและ

คงทนของสวนป่าที่มีรอบตัดฟันยาวหรือป่าอนุรักษ์มากกว่าป่าที่มีรอบตัดฟันที่สั้นกว่า (Biggsby, 2009)



ภาพที่ 23 ลักษณะการสะสมคาร์บอนของสวนป่าอนุรักษ์และสวนป่าที่มีรอบตัดฟันสั้น
ที่มา: Biggsby (2009)

สวนป่าสักในประเทศไทย

2.1 ต้นสัก

ไม้สักมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Tectona grandis* Linn.f เป็นไม้เขตร้อนและมีแหล่งกำเนิดธรรมชาติจำกัดอยู่เฉพาะในแถบเอเชียตอนใต้ ได้แก่ อินเดีย พม่า ไทย ลาว และ บางจุดของอินโดนีเซีย สำหรับในประเทศไทย ไม้สักขึ้นอยู่ตามธรรมชาติโดยเฉพาะในตอนเหนือของประเทศ ในแถบลุ่มน้ำแม่กก สาละวิน ปิง วัง ยมและน่าน ได้แก่ จังหวัดเชียงราย แม่ฮ่องสอน พะเยา เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ อุทัยธานี และ กาญจนบุรี และยังพบบ้างในภาคใต้ เช่น ชุมพร ปัตตานี สุราษฎร์ธานี และปัตตานี แต่การเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อไม้ในภาคใต้มีคุณภาพด้อยกว่าไม้ในภาคเหนือ ป่าสักในธรรมชาติโดยทั่วไปแล้วจะเป็นป่าผสมผลัดใบ (ป่าเบญจพรรณ) (สุทัศน์ เศวตวิสิทธิ์, 2536)

ใบสักจะมีขนาดยาวใหญ่ 30-60 เซ็นติเมตร รูปไข่กลับ (Obovate) หรือมนรี (Elliptic) ผลิออกจากกิ่งเป็นคู่ๆ พื้นของใบทั้งบนและล่าง สากคายมือข้างเล็กน้อย พื้นล่างของใบสีเขียวปนเทา ใบอ่อนเมื่อขยี้จะมีสีแดงติดมือ (เทอด สุปรีชากร, 2547) โดยจะมีการผลัดใบในฤดูแล้ง และใบโกร๋นไปจนกระทั่งเริ่มฤดูฝน ไม้สักโดยทั่วๆ ไปเริ่มทิ้งใบประมาณเดือนมกราคม ถึง เดือนกุมภาพันธ์ และจะผลิใบใหม่ในเดือนเมษายน ถึง เดือนพฤษภาคม หรืออาจช้ากว่านั้นได้ขึ้นอยู่กับสภาพท้องถิ่น (เกษม วงษ์เจริญ, 2507)

สักจะออกดอกในฤดูฝน ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกันยายน มีดอกเป็นสีขาวเล็กๆ เป็นช่อ และเริ่มผสมเกสรในช่วงเดือนพฤศจิกายนและมกราคม ผลมีลักษณะแห้งกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซ็นติเมตร เปลือกแข็งภายในมี 1-3 เมล็ด (อำนาจ คอวนิช, 2527) อ้างใน สายันท์ สุรภาพไมตรี, 2529) ต้นสักในธรรมชาติจะมีการขยายพันธุ์โดยเมล็ดที่เกิดจากการผสมพันธุ์ ซึ่งอาจจะเป็นการผสมในต้นเดียวหรือผสมข้ามต้นก็ได้ โดยมีลมและแมลงเป็นพาหะ (ชุมพล งามส่องใส, 2516) เมล็ดที่รอดจากการทำลายของไฟป่าและธรรมชาติอื่นๆ จะงอกและเติบโตต่อไป สมเพิ่ม กิตตินันท์ (2509 อ้างใน ชุมพล งามส่องใส, 2516) ได้ศึกษาพบว่าต้นกล้าสักที่สามารถทนต่ออันตรายจากไฟป่าและความแห้งแล้งได้นั้นจะต้องสูงเกิน 125 เซ็นติเมตรขึ้นไป และ พงศ์ โสโน (2507 อ้างใน ชุมพล งามส่องใส, 2516) สรุปได้ว่าเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของเหง้าที่วัดตรงความลึก 2.5 เซ็นติเมตรจากผิวดิน ต้องมีขนาดประมาณ 18 เซ็นติเมตรขึ้นไปถึงจะมีอัตราการรอดตายจากไฟป่า

เนื้อไม้สักมีสีเหลืองทอง ต่อมาจะกลายเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลแก่ มีกลิ่นเหมือนหนังฟอกและมีน้ำมันในตัว เนื้อไม้มีลวดลายสวยงาม เส้นตรง มีสารพวกเทคโตควิโนน ทำให้พวกปลวกมอดไม่เจาะทำลาย ไซกบแห้งง่าย ยึดหดตัวน้อย ความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.83 (อำนาจ คอวนิช, 2527 อ้างใน สายันท์ สุรภาพไมตรี, 2529)

การเจริญเติบโตของต้นสักในแต่ละท้องถิ่นมีความแตกต่างกัน เนื่องจากปัจจัยและอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม เช่น สภาพภูมิอากาศ ชนิดดินและหิน ลักษณะภูมิประเทศและอื่นๆ และอิทธิพลของพันธุกรรม ทำให้การออกดอกออกผล ตลอดจนการงอกของเมล็ดและการเติบโตล้วนแต่มีปัจจัยทั้งสองเข้ามาเกี่ยวข้องทั้งนั้น (มาโนช วินัยพานิช, 2518; Husch *et al.*, 1972) ต้นสักเจริญเติบโตได้ดีในสภาพพื้นที่ที่มีความชุ่มชื้นสูง ดินลึกมีการระบายน้ำดี ดินมีความเป็นกลาง โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 6.5-7.5 ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของเนื้อไม้อยู่ระหว่าง 1,500-1,600 มิลลิเมตรต่อปี และมีฤดูแล้งสลับฤดูฝน ทำให้เนื้อไม้มีลวดลาย

ของวงปีชัดเจน ระดับความสูงของพื้นที่ไม่เกิน 700 เมตร จากน้ำทะเล เป็นพื้นที่ลาดชันเล็กน้อยไม่เกินร้อยละ 15 ไม้สักเป็นไม้ที่ชอบแสงสว่าง ความเข้มข้นของแสงที่เหมาะสมคือร้อยละ 75-95 ของปริมาณกลางวันที่ได้รับเต็มที่ (สุทัศน์ เศษวิสิทธิ์, 2536) ต้นสักที่ขึ้นในดินที่อุดมสมบูรณ์และลึก มีความชื้นเหมาะสมสามารถที่จะมีเส้นรอบวงวัดที่ความสูงเพียงอก (girth) ได้ถึง 213 เซนติเมตร ซึ่งเป็นความโตที่สำหรับการตัดพื้นที่ 60 ปี แต่ในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ต้นสักอาจใช้เวลาถึง 250-300 ปีที่จะมีความโตขนาดดังกล่าว (ค่าเฉลี่ยจะอยู่ที่ 150 ปี) การศึกษาในภาคเหนือของประเทศไทยชี้ให้เห็นว่าต้นสักใช้เวลา 85 ปี ที่จะมีความโตเส้นรอบวง 213 เซนติเมตรในดินตะกอนน้ำพัดพา (alluvial soil) จะใช้เวลาประมาณ 113 ปีถ้าดินเป็นหินปูน (limestone) จะใช้เวลา 160 ปี ถ้าวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินตะกอน (shale) และ หินทราย (sandstone) และจะใช้เวลา 170 ปี ถ้าวัตถุต้นกำเนิดเป็น metamorphic rock

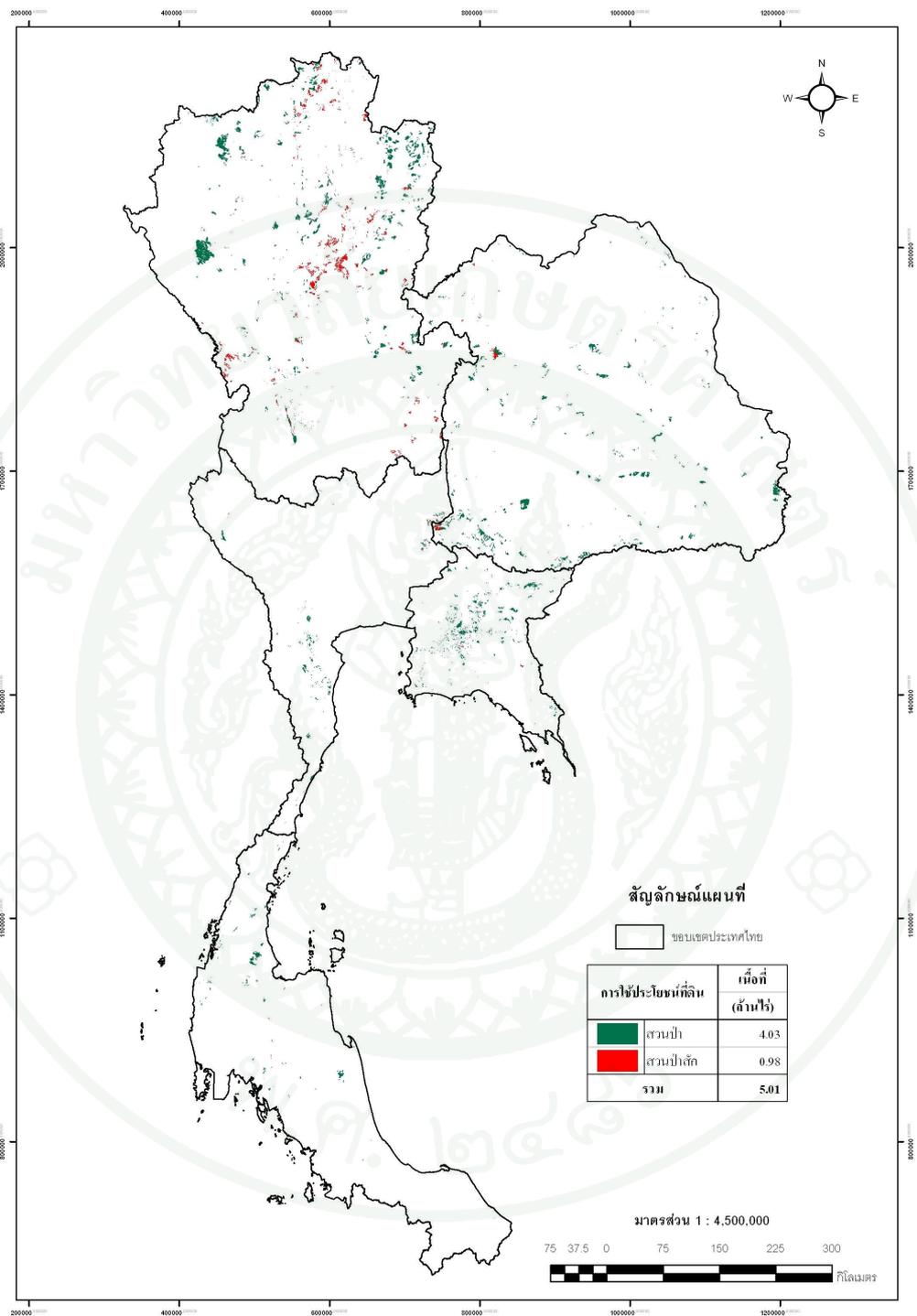
2.2 สวนป่าสัก

การปลูกสร้างสวนป่าไม้สักในประเทศไทยได้ถือกำเนิดมายาวนานกว่า 100 ปี โดยได้เริ่มทดลองครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2449 ในท้องที่ป่าแม่ปาน อำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ โดยนำวิธีการปลูกสร้างสวนสักในพม่ามาใช้ การปลูกสร้างสวนป่าไม้สักเพื่อการทดลองได้ดำเนินการต่อมาอีกในท้องที่ต่างๆ ทั่วภาคเหนือของประเทศไทย การปลูกไม้สักที่นับว่าเป็นการปลูกแบบสวนป่าอย่างจริงจังได้เริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2553 ณ สวนสักแม่พวก อำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ เนื้อที่ 66 ไร่ และสวนสักแม่จั่ว อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ เนื้อที่ 197 ไร่ ซึ่งเป็นสวนสักที่ปลูกหยอดโดยเมล็ด ต่อมาในปี พ.ศ. 2478 กรมป่าไม้ได้ทดลองปลูกสวนสักด้วยเหง้า ที่ป่าห้วยกองเตะ อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งปรากฏว่าได้ผลดีกว่าการปลูกด้วยเมล็ด (ชิงชัย วิริยะบัญชา และคณะ, 2548) จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2484 กรมป่าไม้จึงได้วางแผนและปลูกสร้างสวนป่าไม้สักอย่างต่อเนื่อง โดยมีเป้าหมายเพื่อที่จะผลิตไม้สักทดแทนป่าธรรมชาติที่อาจหมดสิ้นไปได้ในอนาคต ปัจจุบันมีหน่วยงานของรัฐหลายหน่วยงาน ได้แก่ กรมป่าไม้ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และหน่วยงานเอกชนต่างๆ ได้ดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าไม้สักอย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตาม การปลูกสวนป่าของกรมป่าไม้ มักจะเน้นการปลูกแบบส่งเสริมความหลากหลายทางชีวภาพ นั่นหมายความว่า มีการปลูกพืชหลายชนิดในหนึ่งแปลง แต่การทำสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (ออป.) ซึ่งเป็นรัฐวิสาหกิจสังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จะเป็นการปลูกสร้างสวนป่าสัก (Monoculture) เพื่อให้ได้ผลผลิตไม้เป็นหลัก

ฐานข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของกรมพัฒนาที่ดิน (2554) ซึ่งให้เห็นว่าสวนป่าทั้งหมดมีพื้นที่ทั้งหมด 5,009,205 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.56 ของพื้นที่ประเทศไทยทั้งหมดโดยเป็นสวนป่าสักจำนวน 938,376 ไร่ หรือร้อยละ 19.63 ของพื้นที่สวนป่าทั้งหมด (ภาพที่ 24)

ในพื้นที่ปลูกสร้างสวนสัก มีการปลูก คูแล้ส่บ๊วย กำจัดวัชพืชตามหลักของวนวัฒนวิทยา มีการป้องกันอันตรายต่างๆ ที่จะเกิดกับลูกไม้ ต้นสักจึงไม่เสียเวลาในการตั้งตัว และไม่ถูกบดบังแสงสว่าง การเจริญเติบโตระยะแรกจึงเป็นไปอย่างรวดเร็ว ความเพิ่มพูนรายปีของไม้สักในสวนพบว่า มีอัตราการเพิ่มพูนอยู่ในระดับสูงในช่วงอายุ 8 – 20 ปี (สมเพิ่ม กิตตินันท์ และ ชนิด ยี่งวรรณศิริ, 2511) พิรมย์ สกูลหรั่ง (2525) เห็นว่า การทำสวนป่าแบบปราณีตแบบการตัดสางขยายระยะทำให้ต้นสักมีการเติบโตดี มวลชีวภาพเพิ่มขึ้นมากกว่าแปลงที่ไม่มีการตัดสาง โดยมวลชีวภาพในสวนของลำต้นของการตัดสาง (ร้อยละ 75.9) และไม่ตัดสาง (ร้อยละ 75.3) มีความแตกต่างกันน้อยมาก แต่ส่วนที่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัดคือ ปริมาณมวลชีวภาพของกิ่งของสวนป่าตัดสางจะมากกว่าประมาณร้อยละ 21 ของสวนป่าที่ไม่ตัดสาง ในทางตรงกันข้าม มวลชีวภาพของใบในสวนป่าที่มีการตัดสางจะน้อยกว่าสวนป่าที่ไม่มีการตัดสางถึงร้อยละ 46 ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของ ชุมพล งามผ่องใส (2516); สายันท์ สุรภาพไมตรี (2529) ที่ว่าการตัดสางทำให้ได้ต้นสักเติบโตได้ดีและเร็วขึ้น เนื่องจากต้นสักลดการแก่งแย่งลง มีระยะห่างมากขึ้น ทำให้การเติบโตทั้งความโตและความสูงเพิ่มได้ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า การเติบโตของต้นสักยังขึ้นกับปัจจัยผันแปร ได้แก่ ภูมิอากาศและการแย่งแข่งขันกันเองของต้นไม้

แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินสวนป่าและสวนป่าสัก ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2545



ภาพที่ 24 แผนที่สวนป่าและสวนป่าสักในประเทศไทย พ.ศ. 2545

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2554)

ในเชิงวิชาการแล้ว ได้มีการศึกษาวิจัยมากมาย หลายประเด็นหลายมิติที่เกี่ยวกับสวนป่า เช่น การศึกษาเกี่ยวกับมวลชีวภาพ การเจริญเติบโตของต้นไม้ การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ในสวนของมวลชีวภาพและการเป็นแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกได้ทำการทบทวนและได้สรุปดังต่อไปนี้

1. มวลชีวภาพเหนือดิน

ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above Ground Biomass) มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับอายุของต้นไม้ กล่าวคือ มวลชีวภาพเหนือดินของต้นไม้จะเพิ่มตามอายุที่เพิ่มขึ้น แต่ด้วยอัตราที่แตกต่างกัน ไม้ที่มีอายุระหว่าง 1-15 ปี มวลชีวภาพเพิ่มขึ้นเกือบคล้ายคลึงกัน แต่เมื่อไม้สักมีอายุเลย 15 ปี ไปแล้ว อัตราการเพิ่มจะสูงขึ้น (ชุมพล งามพองใส, 2516) ซึ่งสอดคล้องกับ ชิงชัย วิริยะบัญชา (2552) ที่กล่าวว่า การเติบโตของต้นไม้จะแสดงลักษณะของ Sigmoid Curve ชัดเจน กล่าวคือ ช่วงแรกเป็นระยะที่มีการสร้างส่วนต่างๆ ปกติช่วงนี้จะสั้น เรียกระยะนี้ว่า Formation period ช่วงที่สองเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ช่วงนี้จะยาวกว่าช่วงแรก เรียกระยะนี้ว่า Grand period of growth และในช่วงที่สามเป็นช่วงที่ต้นไม้โตเต็มที่ มีการเจริญเติบโตเกิดขึ้นน้อย เรียกระยะนี้ว่า Period of maturity แต่ดูเหมือนว่าจะจะเป็นช่วงที่ยาวนานที่สุดและผันแปรมากที่สุดด้วย (ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2546)

มีการศึกษาหลายการศึกษาที่ได้พยายามประเมินปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ เช่น วิเชียร สุมนตกุล และ ชิงชัย วิริยะบัญชา (2550) ได้ทำการหาปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (Net Primary Production, NPP) ของสวนป่าสักที่ไม่มีการตัดสางขยายระยะมีอายุระหว่าง 6, 14, 27 ปี ที่สวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า NPP (มวลชีวภาพเหนือดินรวมกับมวลชีวภาพจากซากพืชที่ร่วงหล่น) มีค่าเท่ากับ 17.635, 120.533 และ 165.977 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ พิรมย์ สกุธหรั่ง (2525) ได้ทำการประเมินปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของสวนป่างาว จังหวัดลำปาง พบว่า สวนป่าสักอายุ 27, 28, 30, 36, 38 ปี มีมวลชีวภาพเหนือดินเท่ากับ 87.77, 100.30, 104.93, 113.20 และ 139.38 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ พิทยา เพชรมาก และ พงษ์ศักดิ์ สหุณาพ (2523) ได้วัดปริมาณมวลชีวภาพของสวนป่าสักห้วยทาก ที่ยังไม่ได้ตัดสางขยายระยะ อายุ 8, 9, 13, 18 และ 19 ปี พบว่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจาก 40.10 ต้นต่อเฮกแตร์ ณ อายุ 8 ปี เป็น 110.87 ต้น/เฮกแตร์ ณ อายุ 14 ปี และ ในปีที่ 18 พบว่ามวลชีวภาพลดลงเป็น 91.73 ต้นต่อเฮกแตร์ นาฏสุดา ภูมิจันงค์ (2007) ศึกษาหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพในรากไม้สักในพื้นที่สวนป่าของบริษัทไม้อัดไทย อำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี ที่มีอายุ

10, 14, 18, 27 และ 28 ปี พบว่าคาร์บอนรวมเท่ากับ 169.37, 83.72, 99.11, 170.13, 149.66 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ Petsri *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของสวนป่าสักของบริษัทไม้อัดไทย อำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี ที่มีอายุ 6, 10, 15, 23 และ 24 ปี พบว่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือดิน (รวมต้นสัก (Trees) ไม้ (Bamboo) ไม้หนุ่ม (Sapling) undergrowth ซากพืชที่ร่วงหล่น (litter) มีค่าเท่ากับ 39.51, 40.82, 33.87, 55.23, 41.13 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ

ชุมพล งามพ่องใส (2516) ได้ทำการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและส่วนที่เป็นรากของสวนป่าแม่หวด อ. งาว จังหวัดลำปาง พบว่า มวลชีวภาพของไม้สักจะมากขึ้นตามอายุของไม้ คือ มีค่า 3.48, 22.85, 95.05, 120.88, 321.30 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น สำหรับไม้สักที่มีอายุ 1, 5, 10, 15 และ 20 ปี ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม การตรวจวัดภาคสนามเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลา และงบประมาณ จึงได้มีความพยายามในการสร้างสมการแอลโลเมตริก เพื่อหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน โดยอาศัยความสัมพันธ์ของเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (Diameter Breast at Height, DHB) และ ความสูง (Height, H) ของต้นไม้ของสวนป่าสักของประเทศไทยมีหลายครั้ง เช่น พิทยา เพชรมาก และ พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู (2521, 2523) ได้หาสมการความสัมพันธ์สำหรับการหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above Ground Biomass) และปริมาตรของลำต้นของไม้สักแต่ละต้นในสวนป่าอายุต่างๆ กัน ที่อำเภองาว จังหวัดลำปาง โดยแยกเป็นปริมาณมวลชีวภาพของลำต้น (W_s) ของกิ่ง (W_B) และของใบ (W_L) เชาวน์ กระจ (2525) ได้ใช้สมการประเภทเดียวกันนี้เพื่อหาการเติบโตของไม้สักในสวนป่าที่มีคุณภาพพื้นที่ต่างกัน วิเชียร สุมนตกุล และ ชิงชัย วิริยะบัญชา (2550) ก็ได้จัดทำสมการแอลโลเมตริกเพื่อศึกษาผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (Net Primary Production, NPP) ของสวนป่าสักที่ยังไม่ได้ตัดของสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

ความพยายามที่จะสร้างสมการแอลโลเมตริกเพื่อหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินทั้งหมด (W_t) มวลชีวภาพของลำต้น (W_s) และ ปริมาตรของลำต้น (V_s) อย่างคร่าวๆ เพื่อใช้ในพื้นที่ที่ไม่เคยดำเนินการศึกษามวลชีวภาพมาก่อน ได้ริเริ่มจากชิงชัย วิริยะบัญชา และคณะ (2552) โดยได้ทำการปรับสมการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่าสักในประเทศไทย โดยการรวมชุดข้อมูลต่างๆ เท่าที่มีอยู่ในขณะนี้ แล้วรวมเป็นประชากรชุดใหม่ขึ้น ที่ครอบคลุมพื้นที่สวนป่าหลายพื้นที่ ได้แก่ สวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี สวนป่าศรีสังขาลย์ จังหวัดสุโขทัย และ การตรวจเอกสารของสวนป่าแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ เป็นที่น่าสังเกตว่าพื้นที่ในประชากรศึกษาเป็นพื้นที่ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (ออป.) ทั้งสิ้น ความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการแอลโลเมตริก

ระหว่าง DBH2Ht กับ มวลชีวภาพของลำต้น (Ws) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (Wt) และ ปริมาตรของลำต้น (Vs) ของไม้สัก ทุกชั้นอายุ¹⁰

2. มวลใต้พื้นดิน

มวลชีวภาพที่อยู่ใต้ดิน (Below Ground Biomass) มาจากรากเป็นสำคัญ รากแก้วของต้น สักที่มีอายุน้อยจะมีขนาดเล็กกว่าไม้ที่มีอายุมากกว่า ความยาวของรากแก้วไม่แน่นอนแล้วแต่สภาพ ของสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะสภาพของดินและธาตุอาหารในดิน เมื่อไม้โตขึ้น รากแก้วจะไม่ สมบูรณ์หรือมักจะตายไป หรือ ไม่เจริญเติบโต แต่จะมีรากแขนงเจริญเติบโตขนานตามพื้นดินมาก ยิ่งขึ้นอยู่ในระดับ 30 เซนติเมตรจากผิวดิน ยังมีรากฝอยกระจายตามรากแขนง นอกจากนี้ ตรง บางส่วนของรากแก้วจะมีรากดิ่งเกิดขึ้นมาแทน (ชุมพล งามผ่องใส, 2516) โดยมวลชีวภาพที่อยู่ใต้ ผิวดินจะมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณมวลชีวภาพที่อยู่เหนือดินในทุกชั้นอายุ อัตราส่วนของมวล ชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินจะมีมากกว่าส่วนที่อยู่ใต้ดินทุกชั้นอายุ ในอัตราส่วน 5.42:1 หรือ อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพของรากไม้ต่อส่วนที่อยู่เหนือดิน (root-shoot ratio) เท่ากับ 1.8459 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการศึกษารมอุทยานธรรมชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช (2553) ที่ได้ค่าเท่ากับ 0.24

ค่า default value จาก IPCC (2006) ที่เสนอให้ใช้ในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก อัตราส่วนของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินต่อรากเท่ากับ 0.28 สำหรับมวลชีวภาพเหนือดินที่มากกว่า 20 ตัน/เฮกแตร์ และ 0.56 สำหรับมวลชีวภาพเหนือดินที่น้อยกว่า 20 ตันต่อเฮกแตร์

นาฏสุดา ภูมิจันทร์ (2007) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณคาร์บอนในรากไม้สักใน สวนป่าอายุต่างๆ ที่สวนป่าไม้สักไทย จังหวัดอุทัยธานี พบว่า ปริมาณคาร์บอนในรากไม้เพิ่มขึ้น ตามอายุของสวนป่า คือ มีปริมาณคาร์บอนในรากเท่ากับ 0.27, 1.68, 0.92, 1.80 และ 2.86 ตันต่อ เฮกแตร์ สำหรับไม้สักในสวนป่าอายุ 10, 14, 18, 27 และ 28 ปี ตามลำดับ สำหรับปริมาณคาร์บอน ในรากของต้นไม้สักอายุ 18 ปี ที่ต่ำกว่า 14 ปี คาดว่าน่าจะเกิดจากความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ

¹⁰ $W_s = 0.0271 \text{ DBH}^2 \text{ Ht}^{0.9435}$ $R^2 = 0.9915$; N = 63 ต้น

$W_t = 0.0358 \text{ DBH}^2 \text{ Ht}^{0.9468}$ $R^2 = 0.9851$; N = 63 ต้น

$V_s = 0.00009 \text{ DBH}^2 \text{ Ht}^{0.8904}$ $R^2 = 0.9967$; N = 53 ต้น

3. คาร์บอนในดิน

การศึกษาของ Tangsinmankong *et al.* (2007) ซึ่งให้เห็นว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Soil Carbon) ของสวนป่าสักทุกชั้นอายุลดลง เมื่อความลึกของดินเพิ่มมากขึ้น ผลการวิจัยสวนป่า จังหวัดอุทัยธานี และ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ที่ระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร สวนป่าสักชั้นอายุ 6 ปี มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินสูงที่สุด เท่ากับ 157.03 ตันต่อเฮกแตร์ รองลงมา ได้แก่ สวนป่าสักชั้นอายุ 24 ปี, 15 ปี และป่าเบญจพรรณธรรมชาติ ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 105.67, 78.78 และ 70.96 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ความแตกต่างของอินทรีย์คาร์บอนอาจเนื่องจาก ไฟป่า การจัดการป่าไม้และสภาพภูมิประเทศเป็นปัจจัยสำคัญ

4. ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช

ผลผลิตซากพืชรวมของไม้สักอายุ 6, 14 และ 27 ปี จากสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี มีค่าอยู่ระหว่าง 4.452 – 6.693 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ต้นสักที่มีอายุมากจะมีผลผลิตซากพืชรวมมากกว่าต้นสักที่มีอายุน้อย ซากพืชจากใบจะมีปริมาณมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 80 -90 ของผลผลิตซากพืชรวมทั้งหมด (ใบ กิ่ง เปลือก ผล อื่นๆ) ปริมาณผลผลิตซากพืชจะแปรเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาของปี (วิเชียร สุมนัตกุล และ ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2550) และยังได้พบว่าอัตราการย่อยสลายของซากพืชของไม้สักในสวนป่าและกิ่ง พบว่าใบสักมีอัตราการย่อยสลายเร็วที่สุด โดยจะย่อยสลายจนหมดภายใน 7 เดือน โดยนับเดือนเมษายนเป็นเดือนที่ 1 และย่อยสลายหมดในเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ยกเว้นใบสักอายุ 6 ปี ที่จะย่อยสลายหมดประมาณเดือนธันวาคม

การศึกษาของสนธิ อักษรแก้ว และคณะ (2515) พบว่า สวนป่าสักอายุ 6 ปี จากสวนสักห้วยทาก อำเภอาง จังหวัดลำปาง มีปริมาณซากพืช 5.49 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี และมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และ อินทรีย์วัตถุ (OM) ในสัดส่วนร้อยละ 1.45, 0.161, 1.942, 1.25 และ 64.33 ตามลำดับ เมื่อคำนวณเป็นปริมาณธาตุอาหารที่จะคืนสู่พื้นดินจะมีค่า 0.080, 0.009, 0.107, 0.069 และ 3.532 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การศึกษาของวิเชียร สุมนัตกุล และ ชิงชัย วิริยะบัญชา (2550) พบว่าสวนสักที่อายุ 6 ปี เท่ากันจากสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี มีปริมาณซากพืชน้อยกว่า คือ 4.451 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ปริมาณธาตุอาหาร N P K Ca และ OM จะมีค่า 0.065, 0.007, 0.086, 0.056 และ 2.863 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี

ป่าไม้ของประเทศไทย

1. สถานการณ์ป่าไม้ของประเทศไทย

เนื้อที่ป่าไม้ของประเทศไทยมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมาโดยตลอดนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504-2551 โดยพบว่า ในปีพ.ศ. 2504 ประเทศไทยมีเนื้อที่ป่าไม้มากถึง 273,629 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 53.33 ของเนื้อที่ประเทศไทยทั้งหมด¹¹ และในปีพ.ศ.2553 เนื้อที่ป่าไม้ลดลงเหลือ 172,185 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 33.56 ของพื้นที่ทั้งหมด จะเห็นได้ว่าประเทศไทยสูญเสียพื้นที่ป่าไม้เฉลี่ยปีละ 2,158 ตารางกิโลเมตร (กรมป่าไม้, 2553) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย, พ.ศ. 2504-2551

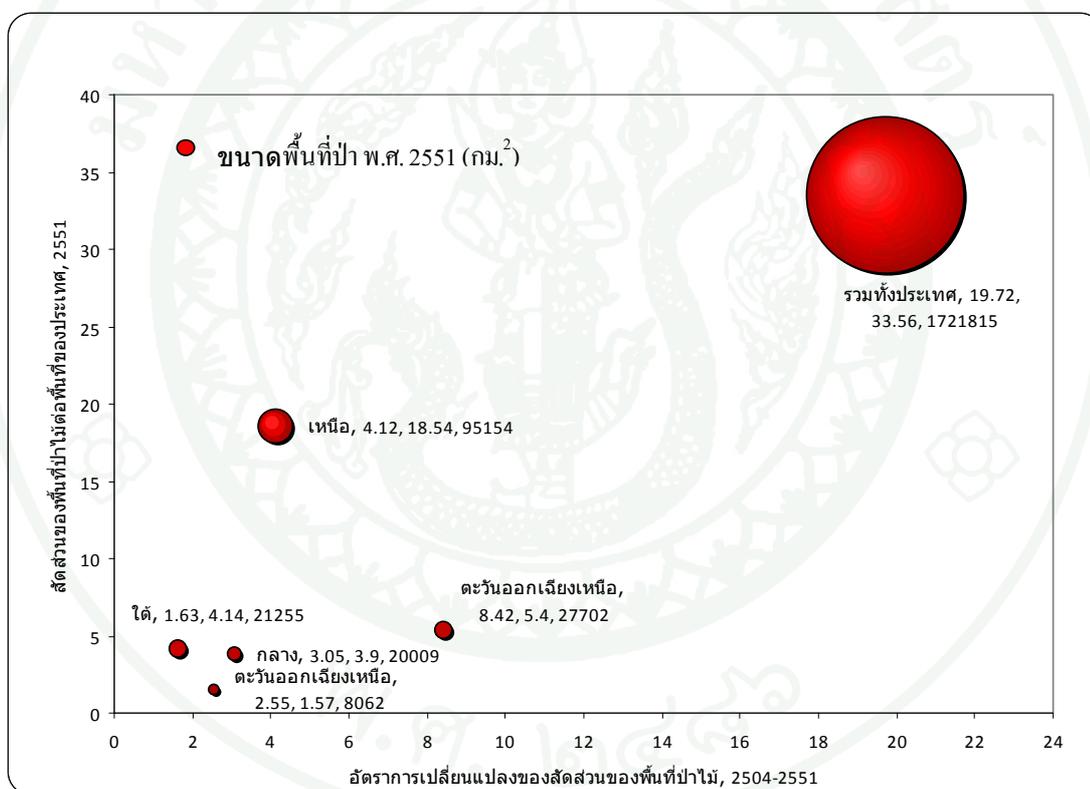
	พื้นที่ป่าไม้ (ตารางกิโลเมตร)						สัดส่วนต่อพื้นที่ประเทศ (%)
	เนื้อ	ต.อ	เฉียงเนื้อ	ตะวันออก	กลาง	ใต้	
2504	116,275	70,904	21,163	35,661	29,626	273,629	53.33
2516	113,595	50,671	15,036	23,970	18,435	221,707	43.21
2519	102,327	41,494	12,631	21,826	20,139	198,417	38.67
2521	94,937	31,221	11,037	20,426	17,603	175,224	34.15
2525	87,756	25,886	8,000	18,516	16,442	156,600	30.52
2528	84,126	25,580	7,990	17,685	15,485	150,866	29.40
2531	80,402	23,693	17,244	17,244	14,630	153,213	29.86
2532	80,222	23,586	17,223	17,223	14,600	152,854	29.79
2534	77,143	21,799	16,616	16,616	13,449	145,623	28.38
2536	75,231	21,473	16,408	16,408	12,808	142,328	27.74
2538	73,886	21,265	16,288	16,288	12,455	140,182	27.32
2541	73,057	20,984	16,049	16,049	12,125	138,264	26.95
2543*	96,270	26,527	8,438	21,462	17,413	170,111	33.15
2547*	92,068	28,096	8,240	21,243	17,943	167,591	32.66
2548*	89,381	25,335	7,936	20,679	17,671	161,001	31.38
2549*	88,368	24,550	7,884	20,555	17,296	158,653	30.92
2551*	95,154	27,702	8,062	20,009	21,258	172,185	33.56

หมายเหตุ: มีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดสูงขึ้นจาก อัตราส่วน 1:100,000 เป็น 1:50,000

ที่มา: สำนักจัดการที่ดิน กรมป่าไม้ (2553)

¹¹ ประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 513,115.02 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 320,696,887.50 ไร่

ภาพรวมในระดับภูมิภาค ชี้ให้เห็นว่าภาคเหนือของประเทศไทย มีเนื้อที่ป่าไม้มากที่สุด เมื่อเทียบกับภาคอื่นๆ ของประเทศ คือ มีเนื้อที่ป่าไม้ประมาณ 95,074.4 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 18.53 ของเนื้อที่ทั้งหมดของประเทศ ในขณะที่ภาคกลางของประเทศ มีเนื้อที่ป่าไม้น้อยที่สุด คือ ประมาณ 2,663.97 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 0.52 ของเนื้อที่ทั้งหมดของประเทศ แต่ทั้งนี้ หากพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างเนื้อที่ป่าไม้กับพื้นที่ภาคในแต่ละภาค พบว่า ภาคเหนือมีเนื้อที่ป่าต่อพื้นที่ภาคมากที่สุด คือร้อยละ 56.04 ในขณะที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเนื้อที่ป่าไม้ต่อพื้นที่ภาคน้อยที่สุด คือเพียงร้อยละ 16.32 เท่านั้น ภาคใต้มีอัตราการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไปเป็นการใช้ที่ดินเพื่อกิจกรรมอื่นๆ น้อยที่สุด ในขณะที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ป่าไม้มากที่สุด (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 สถานการณ์ป่าไม้ของประเทศไทย

ที่มา: กรมป่าไม้ (2553) วิเคราะห์โดยผู้เขียน

ภาพที่ 25 เป็นกราฟแบบฟองสบู่ (Bubble) แสดงข้อมูลได้ 4 มิติ ได้แก่ การระบุภูมิภาค การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของพื้นที่ป่าในภูมิภาคต่อพื้นที่ประเทศทั้งหมดในช่วงปีพ.ศ. 2504-2551 (ร้อยละ) อัตราส่วนพื้นที่ของภูมิภาคต่อพื้นที่ทั้งหมดของประเทศในปีพ.ศ. 2551 (ร้อยละ) และ

ขนาดพื้นที่ป่าของภูมิภาคที่ระบุในปีพ.ศ. 2551 (ตารางกิโลเมตร) เช่น เหนือ, 4.12, 18.54, 95154 อ่านได้ว่า ภาคเหนือมีอัตราส่วนของพื้นที่ป่าไม้ของภาคต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดลดลงจากร้อยละ 22.66 [$116,275 \div 273,629$] ในปีพ.ศ. 2504 เป็นร้อยละ 18.54 [$95,154 \div 172,185$] ในปีพ.ศ. 2551 คิดเป็นการเปลี่ยนแปลงร้อยละ 4.12 (22.66-18.54) โดยมีสัดส่วนพื้นที่ของป่าไม้ต่อพื้นที่ทั้งหมดในปี พ.ศ. 2551 เท่ากับร้อยละ 18.54 และ ภาคเหนือนี้มีพื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2551 เท่ากับ 95,154 ตารางกิโลเมตร

เมื่อพิจารณาพื้นที่ป่าไม้ตามแนวทางของกฎการเปลี่ยนแปลง (Law of Change) ดังที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าป่าไม้ได้เคลื่อนตัวออกจากสภาพสมดุลธรรมชาติ เมื่อพิจารณาเทียบกับเกณฑ์ดังนี้ (ยุทธพงษ์ กิริมังกละ, 2551)

ป่าไม้ที่มีสมดุลธรรมชาติ หมายความว่า พื้นที่ของระบบยังมีสภาพป่าปกคลุมมากกว่าร้อยละ 70 และองค์ประกอบของป่ายังมีสภาพโดยทั่วไปเหมือนหรือไม่แตกต่างจากสภาพป่าธรรมชาติที่ไม่ถูกรบกวน สภาพป่าอุดมสมบูรณ์สูงและสามารถทำหน้าที่ได้สมบูรณ์เหมือนปกติสภาพธรรมชาติ (ป่าอนุรักษ์)

ป่าที่มีสถานภาพแบบเตือนภัย หมายความว่า พื้นที่ของระบบยังมีสภาพป่าปกคลุมระหว่างร้อยละ 50-70 และองค์ประกอบของป่าถูกรบกวนและเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพธรรมชาติทั่วไปเพียงเล็กน้อย สภาพป่ายังค่อนข้างอุดมสมบูรณ์เหมือนธรรมชาติ แต่สามารถฟื้นตัวกลับสู่สภาพเดิมได้ในเวลาไม่นาน

ป่าที่มีสถานภาพเสี่ยงภัย หมายความว่า มีป่าปกคลุมประมาณร้อยละ 30-50 และมีการรบกวนองค์ประกอบบางส่วนของป่า ทำให้มีจำนวนของชนิดไม้ที่ต้องการลดลง (ป่าเศรษฐกิจ) หรือมีชนิดอื่นเพิ่มขึ้นได้อย่างเห็นได้ชัด ความอุดมสมบูรณ์ของป่าปานกลาง ทำให้ระบบมีการทำงานเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ต้องใช้เวลานานกว่าจะฟื้นตัวกลับสู่สภาพเดิมได้

ป่าที่มีสถานภาพวิกฤตนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพและหน้าที่ โดยพื้นที่ของระบบป่ามีสภาพป่าปกคลุมต่ำกว่าร้อยละ 30 และมีการรบกวนองค์ประกอบของป่าทำให้สายพันธุ์บางชนิดเหลือน้อยหรือสูญพันธุ์ไปจากระบบหรือไม่สามารถทำหน้าที่ของตนได้ ความอุดมสมบูรณ์ของป่าต่ำ มีผลทำให้การทำงานของระบบไม่ครบวงจรหรือไม่มีประสิทธิภาพ ไม่สามารถฟื้นคืน

สภาพธรรมชาติดั้งเดิมได้ หรือต้องใช้เทคโนโลยีเข้าช่วยและต้องใช้เวลาานกว่าจะฟื้นคืนธรรมชาติดั้งเดิมได้ ซึ่งเข้าข่ายป่าเสื่อมโทรม

เมื่อพิจารณาดังหลักเกณฑ์ข้างต้นแล้ว จะเห็นได้ว่าสถานภาพของป่าไม้ของประเทศกำลังอยู่ในสภาวะ ‘เสี่ยงภัย’ ที่ต้องการการฟื้นฟูอย่างเร่งด่วน ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกได้ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันนั้น ได้เข้าสู่ในเขตของการเปลี่ยนแปลงที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีระดับต่ำและระดับสูงร่วมกันอย่างเร่งด่วน มิฉะนั้นแล้วธรรมชาติจะถูกกระทบอย่างรุนแรงและส่งผลกระทบต่อสิ่งและสรรพสิ่งอื่นๆ อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากสิ่งแวดล้อมไม่อาจอยู่ได้อย่างโดดเดี่ยว ต้องพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (เกษม จันทร์แก้ว, 2547)

2. นโยบายป่าไม้ของประเทศไทย

ประเทศไทยโดยความร่วมมือของทุกภาคส่วนต่างพยายามหาแนวทางและมาตรการทั้งในเชิงรุกและเชิงรับเพื่อแก้ไขปัญหาการลดลงของพื้นที่ป่าและการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติของประเทศในภาพรวม นับตั้งแต่มีการประกาศใช้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่หนึ่ง (พ.ศ. 2504-2509) จนถึงฉบับปัจจุบัน (ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2550-2554) โดยแนวนโยบายหลักและกลยุทธ์ซึ่งนำสำหรับการควบคุมอัตราการลดลงของเนื้อที่ป่าไม้ และความพยายามในการรักษาและเพิ่มเนื้อที่ป่าไม้ให้มากขึ้น ได้แก่ การรักษาป่าต้นน้ำลำธารและป่าสงวนคุ้มครองอย่างเข้มแข็ง ด้วยการดำเนินการวิจัยการบำรุงรักษาป่าและการใช้ผลิตภัณฑ์ไม้ให้ได้ผลดียิ่งขึ้น พร้อมกับการเร่งขยายงานปลูกป่าให้ได้ผลสูงขึ้นกว่าในอดีต

โดยเฉพาะในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2520-2524) และฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2525-2529) ซึ่งเป็นช่วงที่ประเทศไทยต้องประสบกับภาวะการลดลงของเนื้อที่ป่าไม้มาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2504 เป็นต้นมา รัฐบาลได้ใช้แผนพัฒนาฯ ทั้ง 2 ฉบับนี้เป็นกรอบและแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้โดยได้บูรณาการทั้งกลไกการจัดการเชิงรุกและเชิงรับอย่างผสมผสานเพื่อให้การดำเนินตามแนวนโยบายมีประสิทธิภาพและประสิทธิภาพสูงสุด เช่น ก) การทบทวนนโยบาย ระเบียบ วิธีและหลักเกณฑ์การให้สัมปทานป่าไม้ใหม่ ข) การเร่งสำรวจป่าสงวน ป่าต้นน้ำลำธาร เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าและเขตอุทยานแห่งชาติให้รู้สภาพและพื้นที่ที่แน่ชัด ค) เปลี่ยนวิธีการปลูกป่าทดแทน โดยให้ภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วม ง) การเพิ่มกำลังเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติงาน จ) การเร่งสำรวจป่าที่ถูกบุกรุกไปแล้ว เพื่อกำหนดเป็นพื้นที่ทำกินของราษฎรและให้

เป็นป่าสงวนเพื่อดำเนินปลูกป่าทดแทน จ) การอนุรักษ์และบูรณะป่าต้นน้ำลำธาร เขตอุทยานแห่งชาติและให้มีการขยายเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า

นอกจากแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ของประเทศมุ่งเน้นไปที่การอนุรักษ์ป่าต้นน้ำลำธาร ตลอดจนการรักษาและขยายพื้นที่ป่าสงวน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าและเขตอุทยานแห่งชาติแล้ว ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530-2534) จนถึงแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) ในปัจจุบัน ได้ให้ความสำคัญกับบทบาทของป่าไม้มากยิ่งขึ้น โดยกำหนดเป้าหมายระยะยาวให้มีพื้นที่ป่าไม้ซึ่งรวมสวนป่าของเอกชนไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ ซึ่งนายอภิสิทธิ์ เวชชาชีวะ นายกรัฐมนตรีคนปัจจุบันได้ประกาศระยะเวลาในการดำเนินการตามเป้าหมายให้ชัดเจนยิ่งขึ้นภายใน พ.ศ. 2563 (สุนทรพจน์เมื่อวันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2552 ณ COP 15 ที่กรุงโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก) และมุ่งเน้นสนับสนุนให้ประชาชนและองค์กรในระดับท้องถิ่นมีบทบาทและส่วนร่วมในการพัฒนาทรัพยากรป่าไม้มากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปิดโอกาสให้ส่วนราชการและผู้นำท้องถิ่นเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดทำแผนบริหารและจัดการในการรักษาพื้นที่ป่าไม้ในเขตอนุรักษ์ ในแนวนโยบายดังกล่าว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างบูรณาการ ภาครัฐจึงได้เร่งรัดการออกกฎหมายรองรับป่าชุมชนเพื่อสนับสนุนประชาชนและองค์กรป่าชุมชนเพื่อสนับสนุนประชาชนและองค์กรประชาชนให้มีอำนาจตามกฎหมายในการมีส่วนร่วมปลูก ปู้อกกัน รักษาและให้ประโยชน์ชุมชน พร้อมกันนี้ที่เร่งรัดการออกพระราชบัญญัติสวนป่า เพื่อให้เอกชนที่ดำเนินการปลูกป่ามีความมั่นใจในการลงทุนและได้รับสิทธิประโยชน์ที่พึงได้รับ ตลอดจนการส่งเสริมการจัดการทรัพยากรป่าไม้ในรูปแบบของป่าชุมชนเพื่อการอนุรักษ์พัฒนาสภาวะแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของชุมชน

ยิ่งไปกว่านั้น ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 และฉบับที่ 10 ยังมุ่งเน้นการจัดการทรัพยากรป่าไม้โดยการพัฒนากลไกและกระบวนการจัดการเชิงบูรณาการที่เน้นการมีส่วนร่วมของทุกฝ่าย มีการปรับปรุงกฎหมายเพื่อสนับสนุนท้องถิ่นและประชาชนให้มีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ รับรองสิทธิชุมชนและให้มีส่วนร่วมในการพัฒนาทุกขั้นตอน อาทิ การออกพระราชบัญญัติป่าชุมชน เป็นต้น โดยมุ่งเน้นการฟื้นฟูสภาพป่าให้เกิดความอุดมสมบูรณ์และคงความหลากหลายทางชีวภาพ โดยปฏิบัติตามมาตรการควบคุมการใช้ประโยชน์อย่างเข้มงวด และการปลูกป่าเสริม กำหนดมาตรการ “คนอยู่ร่วมกับป่า” โดยกำหนดให้มีกิจกรรมสนับสนุนการฟื้นฟูรักษาระบบนิเวศ และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติโดยยังคงรักษาระบบนิเวศไว้ตลอดไป โดยในแผนฯ 10 ได้กำหนดเป้าหมายให้คุ้มครองพื้นที่ป่าให้คงความอุดม

สมบูรณ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 33 พื้นที่ ป่าอนุรักษ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 18 ของพื้นที่ประเทศ พื้นฟูป่าอนุรักษ์ 2,900,000 ไร่

3. การบูรณาการแนวทางและกลยุทธ์จัดการทรัพยากรป่าไม้ของประเทศไทย

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้กำหนดแนวทางและมาตรการที่สำคัญเพื่อขับเคลื่อนกลไกในการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะมาตรการในการเพิ่มพื้นที่ป่าที่สำคัญๆ เช่น ป่าต้นน้ำลำธาร ป่าบริเวณแหล่งน้ำ การรักษาความต่อเนื่องของพื้นที่ป่าในมิติต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ Greenbelt เพื่อเชื่อมโยงพื้นที่ป่าอนุรักษ์ในภูมิภาคต่างๆ รวมทั้งการรักษาระบบนิเวศชายฝั่งและสร้างพื้นที่กันชนจากการกัดเซาะจากน้ำทะเลของพื้นที่ป่าชายเลน เป็นต้น พร้อมทั้งได้ออกมาตรการสร้างแรงจูงใจในการปลูกไม้เศรษฐกิจในพื้นที่ของเอกชนสำหรับอุตสาหกรรมเชื้อกระดาษ อุตสาหกรรมการใช้ไม้ขนาดเล็ก ส่งเสริมการอนุรักษ์ พื้นฟู และเพิ่มพื้นที่ป่าชายเลน เพื่อเป็นแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก และลดการกัดเซาะชายฝั่ง ส่งเสริมการใช้ไม้อย่างประหยัด และใช้วัสดุทดแทน ลดขั้นตอนในการปลูกสวนป่า เพื่อสร้างแรงจูงใจในการปลูกสวนป่า ส่งเสริมการปลูกป่าทดแทน โดยใช้หลัก “ป่าสามอย่างประโยชน์สี่อย่าง” (ไม้กินได้ ไม้ก่อสร้าง ไม้ใช้สอย ประโยชน์ คือ กินได้ ก่อสร้าง ใช้สอย และอนุรักษ์) ส่งเสริมการเพิ่มพื้นที่ป่าธรรมชาตินอกเขตป่าอนุรักษ์ โดยสนับสนุนให้ใช้ที่ดินสาธารณะที่ประชาชนใช้ประโยชน์ร่วมกันเป็นป่าชุมชน ส่งเสริมให้มีการพัฒนาพื้นที่สีเขียวในทุกระดับ และติดตามและประเมินผลการปลูกป่าของภาคเอกชน และประชาชน เพื่อกำหนดแนวทางการขยายพื้นที่ปลูกป่าเพิ่มเติม นอกจากนี้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมยังได้สร้างและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของป่าไม้เพื่อศึกษาการตอบสนองของพันธุ์ไม้ เมื่อสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงพันธุ์ไม้ที่สามารถปรับตัวเมื่อสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง

การดำเนินงานของกรมป่าไม้ โดยกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้มอบหมายความรับผิดชอบหลักให้กรมป่าไม้เร่งปลูกป่า ภายใต้การดำเนินโครงการต่างๆ เช่น โครงการผลิตกล้าไม้เพื่อแจกจ่ายแก่ประชาชน โครงการส่งเสริมปลูกไม้โตเร็วเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน โครงการฟาร์มตัวอย่างตามแนวพระราชดำริ (ด้านป่าไม้) โครงการธนาคารฟื้นอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จากแนวทางกิจกรรมการปลูกป่าทดแทนด้วยตามโครงการต่างๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน พบว่า กรมป่าไม้ได้ส่งเสริมกิจกรรมปลูกป่ามาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2449-2552 หรือประมาณ 100 ปีมาแล้ว คิดเป็นเนื้อที่ป่าไม้รวมทั้งสิ้นประมาณ 9.12 ล้านไร่ หรือ 14,594.84 ตารางกิโลเมตร โดยเป็นเนื้อที่ป่าไม้ที่เกิดจากงานปลูกป่าโดยใช้บังคับและงบบกลางของประเทศมาก

ที่สุดถึง 4.15 ล้านไร่ หรือประมาณ 6,644.63 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 45.53 ของเนื้อที่ป่าไม้ที่เกิดจากกิจกรรมส่งเสริมการปลูกป่า โดยกรมป่าไม้ทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ เนื้อที่ป่าไม้ที่เกิดจากโครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติ 2.88 ล้านไร่ หรือประมาณ 4,608.50 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 31.58 นอกเหนือจากกิจกรรมที่กล่าวมาแล้วกิจกรรมอื่นๆ ของกรมป่าไม้สามารถเพิ่มเนื้อที่ป่าไม้ได้มากถึง 146,446.25 ไร่ หรือประมาณ 234.31 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมถึงการดำเนินกิจกรรมตามโครงการฟื้นฟูพื้นที่ภาคใต้ที่ประสบภัยจากไต้ฝุ่นเกย์ โครงการจัดตั้งศูนย์เพาะชำกล้าไม้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและโครงการเปลี่ยนแปลงงบประมาณ โครงการปลูกป่าโดยการจ้างเหมาเอกชน กิจกรรมปลูกป่าตามโครงการเฉพาะกิจพิเศษ โครงการปลูกป่าสาธิต และโครงการปลูกหญ้า (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 สรุปเนื้อที่ป่าไม้จากกิจกรรมส่งเสริมการปลูกป่า โดยกรมป่าไม้ พ.ศ. 2549-2552

ประเภทกิจกรรมปลูกป่า	เนื้อที่ป่าไม้ที่ปลูกได้		
	ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
งานปลูกป่า (งบปกติและงบกลาง)	6,644.63	4,152,891.40	45.53
โครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติ	4,608.50	2,880,312.74	31.58
ปลูกฟื้นฟูป่าต้นน้ำและปรับปรุงระบบนิเวศต้นน้ำ	1,817.65	1,136,030.00	12.45
งานปลูกป่าเงินนอกงบประมาณ	768.98	480,615.33	5.27
งานจัดการลุ่มน้ำ	279.62	174,762.00	1.92
การปลูกป่าอันเนื่องมาจากพระราชดำริ	127.32	79,575.00	0.87
โครงการจัดตั้งศูนย์เพาะชำกล้าไม้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและ			
โครงการเปลี่ยนแปลงงบประมาณ	113.86	71,162.50	0.78
กิจกรรมอื่นๆ (รวม)	234.31	146,446.25	1.61
รวมทุกกิจกรรม	14,594.87	9,121,795.22	100.00

ที่มา: คัดแปลงจากกรมป่าไม้ (2553)

การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกของป่าไม้

การประเมินมูลค่าของสิ่งแวดล้อมและผลกระทบภายนอก (Externalities)

การศึกษาในเชิงลึกของวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมยังคงเผชิญหน้ากับความยุ่งยากในการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดูดซับจากระบบนิเวศ อย่างไรก็ตาม การประเมินมูลค่าของต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของสิ่งแวดล้อมหรือผลกระทบภายนอก (Externality)¹² กลับกลายเป็นสิ่งที่มีความสลับซับซ้อนมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากผลกระทบภายนอกนี้ไม่มีมูลค่าตลาดที่ชัดเจน วิธีการประเมินถึงต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของสิ่งแวดล้อมนี้กำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนา (IPCC, 2001)

สำหรับประเทศไทยแล้ว มีการศึกษาเกี่ยวกับเศรษฐศาสตร์ของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกไม่มากนัก TDRI and HIID (1995) ได้พยายามประเมินมูลค่าของการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งถือว่าเป็นประโยชน์ทางอ้อมของอุทยาน ร่วมกับผลประโยชน์ทางอ้อมอื่นๆ ได้แก่ ความหลากหลายทางชีวภาพ ระบบอุทก และการรักษาอุณหภูมิและความชื้นในท้องที่ใกล้เคียง (Micro-Climatic Benefits) โดยมูลค่าที่เกิดขึ้นเกิดจากการใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับความยินดีจะจ่ายเงิน (Willingness to Pay) เพื่ออนุรักษ์อุทยานให้ดำรงอยู่เพื่อตนเองและบุคคลอื่นในอนาคต ผลการศึกษาได้ชี้ให้เห็นว่ามูลค่ารวมของอุทยานเขาใหญ่ เท่ากับ 3,080 ล้านบาท เทียบเท่ากับ 2,272 บาท/ไร่/ปี ณ ราคาปี พ.ศ. 2537

ความพยายามในการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของสิ่งแวดล้อมที่เป็นรูปธรรมอีกตัวอย่างหนึ่งของประเทศไทย ได้แก่ การที่กรมป่าไม้เรียกร้องค่าเสียหายจากผู้กระทำความผิดบุกรุกทำลายป่าที่เป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธาร (พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชติกุล และ วรินทร์ จิระสุขทวีกุล, 2548) ในอัตราไร่ละ 150,000 บาท โดยคิดเป็นมูลค่าของผลผลิตในรูปของเนื้อไม้และของป่ามีค่าเท่ากับ 40,825 บาทต่อไร่ มูลค่าน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการไม่ดูดซับน้ำฝนของดินมีค่าเท่ากับ 600 บาทต่อไร่ มูลค่าดินสูญเสียและปุ๋ยสูญเสียจากกระบวนการกัดชะล้างพังทลายมีค่าเท่ากับ 1,800 และ 4,065 บาทต่อไร่ ตามลำดับ มูลค่าของฝนที่ตกน้อยลงมีค่าเท่ากับ 5,400 บาทต่อไร่ และ มูลค่าของอากาศที่

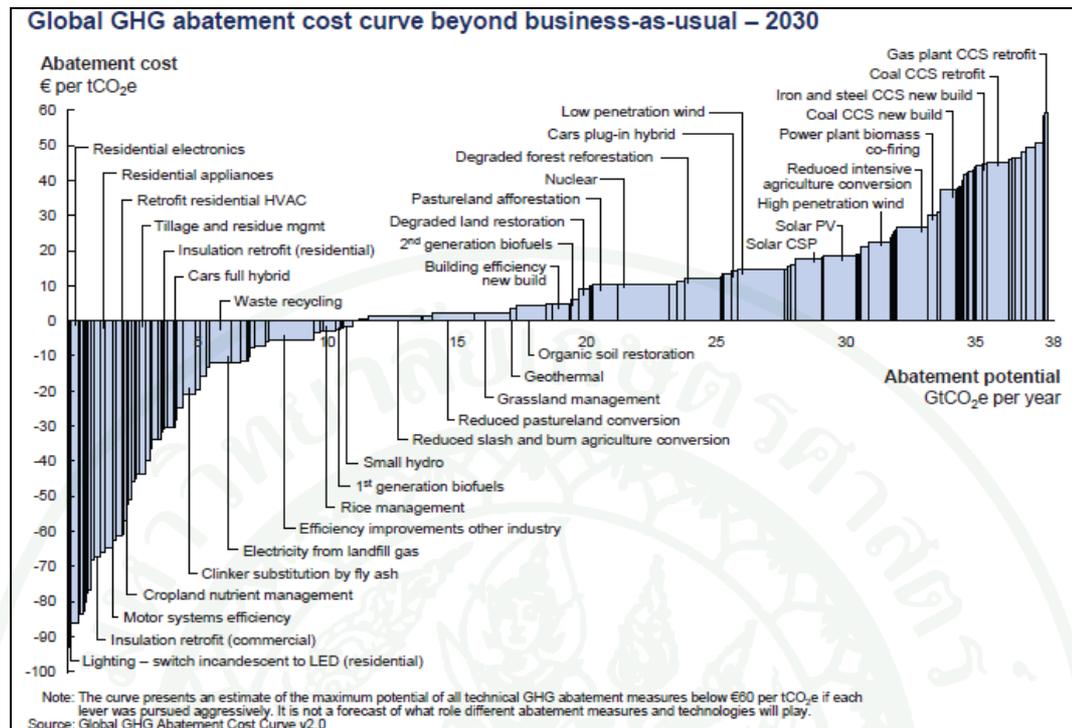
¹² ผลกระทบภายนอกเกิดขึ้นเมื่อการกระทำของบุคคลหนึ่งหรือหน่วยธุรกิจหนึ่งส่งผลต่อรรถประโยชน์หรือการผลิตของบุคคลหรือหน่วยงานธุรกิจอื่น โดยทั้งนี้ผู้ได้รับผลได้หรือผลเสียที่เกิดขึ้นจากการกระทำดังกล่าวไม่สามารถจะเลือกได้ มีลักษณะดังนี้ เกิดขึ้นแน่นอน อยู่ในรูปเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ มีที่มาหรือไม่มีที่มาก็ได้ สามารถเคลื่อนย้ายหรือส่งผ่านได้ ไม่มีมูลค่าทางการตลาด ไม่มีผู้รับผิดชอบเฉพาะเจาะจง และมีปัจจัยของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง

ร้อนขึ้นเท่ากับ 45,453 บาทต่อไร่ อย่างไรก็ตาม การประเมินครั้งนี้ยังไม่ได้ประเมินค่าของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศ

1. การประเมินต้นทุนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงได้จากป่าไม้

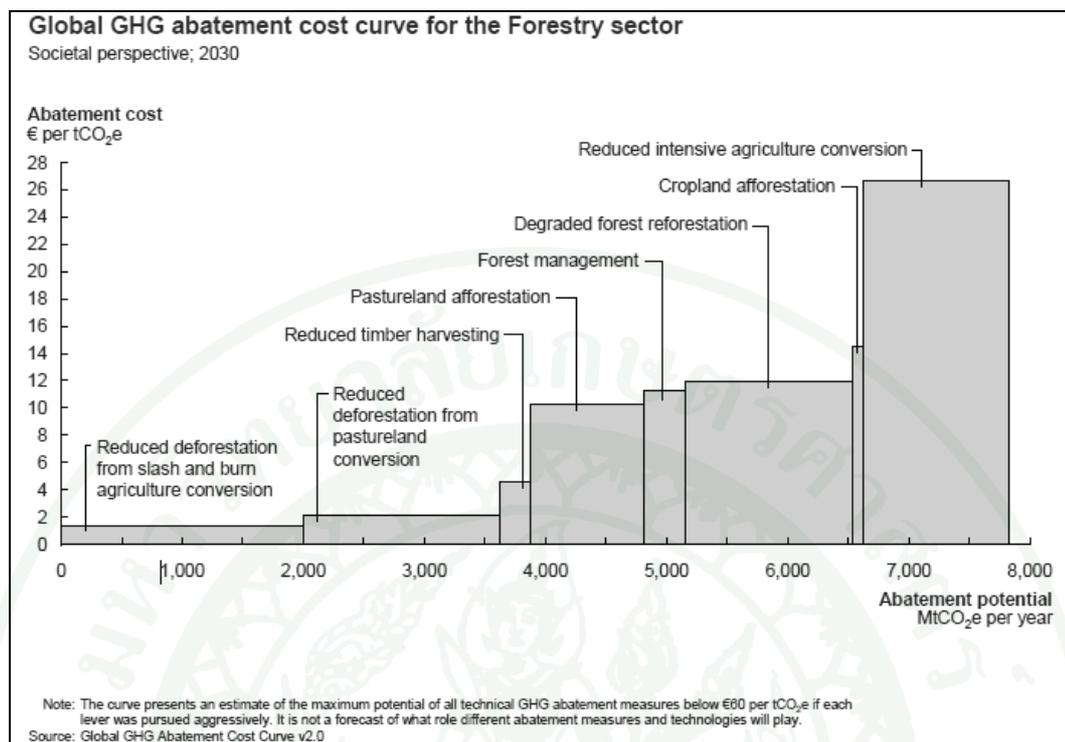
ต้นทุนหน่วยสุดท้ายเป็นวิธีการที่มักใช้ในการประเมินต้นทุนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการนำเสนอผลที่เห็นชัดเจนจะเป็นกราฟ 2 มิติ โดยความกว้างของแกนนอน (แกน x) หรือแก่งข้อมูลแสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงได้ และแกนตั้ง (แกน y) แสดงต้นทุนในการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (หน่วยการเงิน/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง)

การศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost Curve- MACC) ที่ได้รับการอ้างอิงมากการศึกษาหนึ่ง ได้แก่ การศึกษาที่มีชื่อเสียงของ Mckinsey and Company (2009) ที่ได้จัดทำต้นทุนการลดก๊าซเรือนกระจกในแต่ละสาขา เช่น พลังงาน ป่าไม้ เป็นต้น และประกอบต้นทุนการลดก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยของแต่ละมาตรการเพื่อสร้างภาพรวมของโลก (ภาพที่ 26) ซึ่งจะเห็นได้ว่าต้นทุนการลดก๊าซเรือนกระจกมีหลายมาตรการที่มีค่าเป็นบวกและมีหลายมาตรการที่มีค่าติดลบ เนื่องจากกิจกรรมการลดเหล่านั้นก่อให้เกิดผลประโยชน์อื่นๆ ขึ้นจนถึงในระดับที่ผลประโยชน์สุทธิมีค่าเป็นบวก



ภาพที่ 26 เส้นต้นทุนในการลดก๊าซเรือนกระจกของโลกภายใต้สถานการณ์ปกติ
ที่มา: Mckinsey and Company (2009)

ผลการศึกษาของ Mckinsey and Company (2009) พบว่าต้นทุนในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาป่าไม้มีต้นทุนต่ำกว่า 30 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมาตรการที่มีศักยภาพสูงและมีต้นทุนที่ต่ำกว่า 2 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ได้แก่ การป้องกันการตัดและเผา การป้องกันป่าเสื่อมโทรมจากการเลี้ยงสัตว์ ค่าเฉลี่ยของการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้โดยเฉลี่ยในช่วงพ.ศ. 2558-2573 จะอยู่ประมาณ 9 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ (ภาพที่ 27)



ภาพที่ 27 เส้นต้นทุนในการลดก๊าซเรือนกระจกของโลกในสาขาป่าไม้ภายใต้
สถานการณ์ปกติ

ที่มา: Mckinsey and Company (2009)

สำหรับการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการประเมินต้นทุนของการดูดซับคาร์บอน (Cost of Sequestering Carbon) ในประเทศสหรัฐอเมริกา มี 3 วิธี ได้แก่ ก) การประเมินแบบ Bottom-Up Engineering Cost Studies ข) Optimization Model ที่เอื้อพฤติกรรมให้การเลือกพื้นที่ป่าไม้หรือเกษตรเข้ามามีส่วนร่วม ค) เศรษฐมิติของการเปิดเผยความพึงพอใจของเจ้าของที่ดิน (Econometric Analyses of the Revealed Preference of Landowners) (Lubowski *et al.*, 2006) โดยส่วนใหญ่แล้ว การหาต้นทุนการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมักจะใช้วิธีแรกเป็นหลัก ซึ่งวิธีการนี้จะมี การสร้างเส้น Marginal Cost โดยนำข้อมูลทางด้านรายได้และด้านต้นทุนการผลิต นำมาเรียงลำดับจาก น้อยไปหามาก วิธีการประเมินที่ง่ายที่สุด ได้แก่ การวิเคราะห์พื้นที่การเพาะปลูก ปริมาณการดูดซับ คาร์บอน ต้นทุนของที่ดินและการเพาะปลูก เพื่อหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับ และต้นทุนต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับ ส่วนอีก 2 วิธีการหลังนั้น เป็นการปรับจากวิธี Bottom-Up Engineering Approach ให้มีความสลับซับซ้อนขึ้น เพื่อให้รองรับการวิเคราะห์เกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของราคาที่ดินภาคการเกษตรเนื่องจากการขยายตัวของโครงการดูดซับคาร์บอนจากป่า

ไม่ การหันเหการผลิตจากการเกษตรเป็นป่าไม้ ซึ่งจะใช้ Price Elasticity การประเมินความพึงพอใจของเจ้าของที่ดินในด้านการเลือกใช้ที่ดินและผลตอบแทน

การทบทวนแบบ Meta Analysis ของ Kooten *et al.* (2004) พบว่าในการประเมินต้นทุนของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มี 4 วิธีพื้นฐาน คือ ก) การประเมินต้นทุนเฉลี่ย (Average Costs) ซึ่งมักจะใช้กับโครงการขนาดใหญ่ ข) การประเมินต้นทุนที่ต่ำที่สุดของที่ดินและวิธีการจัดการดูดซับ ค) แบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computer Model) ซึ่งจะตั้งบนพื้นฐานของการใช้ประโยชน์สูงสุดของการใช้ที่ดิน (Optimization of Land Uses) และ การพยากรณ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและ/หรือนโยบาย ง) วิธีการทางเศรษฐศาสตร์ที่หาต้นทุนของการดูดซับก๊าซคาร์บอนได ออกไซด์

ในการหาต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มักจะมีการพิจารณาถึงการหาอัตราส่วนลดเนื่องจากเวลา (Discounting) โดยเฉพาะการหาอัตราส่วนลดของปริมาณก๊าซที่ถูกดูดซับที่เป็นหน่วยทางกายภาพ (Physical Units) Wantrup (1996) มีความเห็นว่า ถ้าไม่ได้คำนึงถึงอัตราส่วนลดแล้ว ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยในบรรยากาศในอนาคตมีค่าน้อยกว่าก๊าซที่ถูกดูดซับในปัจจุบัน และ Richards (1997) ต่างก็เห็นพ้องต้องกันว่า ถ้าไม่มีการหาอัตราส่วนลดของก๊าซที่ถูกดูดซับ นั้นหมายความว่า ความเสียหายจากการที่ก๊าซเรือนกระจกมีความเข้มข้นมากขึ้นในชั้นบรรยากาศ ได้เพิ่มขึ้นในอัตราเดียวกับอัตราส่วนลดของสังคม (Social Discount Rate) Kooten (2006) ได้สรุปว่า ถ้าต้องการให้การประเมินต้นทุนของการดูดซับก๊าซคาร์บอน ได ออกไซด์มีความสอดคล้องกัน การประเมินจำเป็นต้องมีการคิดหาอัตราส่วนลดของต้นทุนการดำเนิน โครงการ และปริมาณก๊าซเรือนกระจก ถึงแม้ว่าอัตราส่วนลด (Discount Rate) ของทั้งสองรายการอาจจะมีค่าแตกต่างกัน

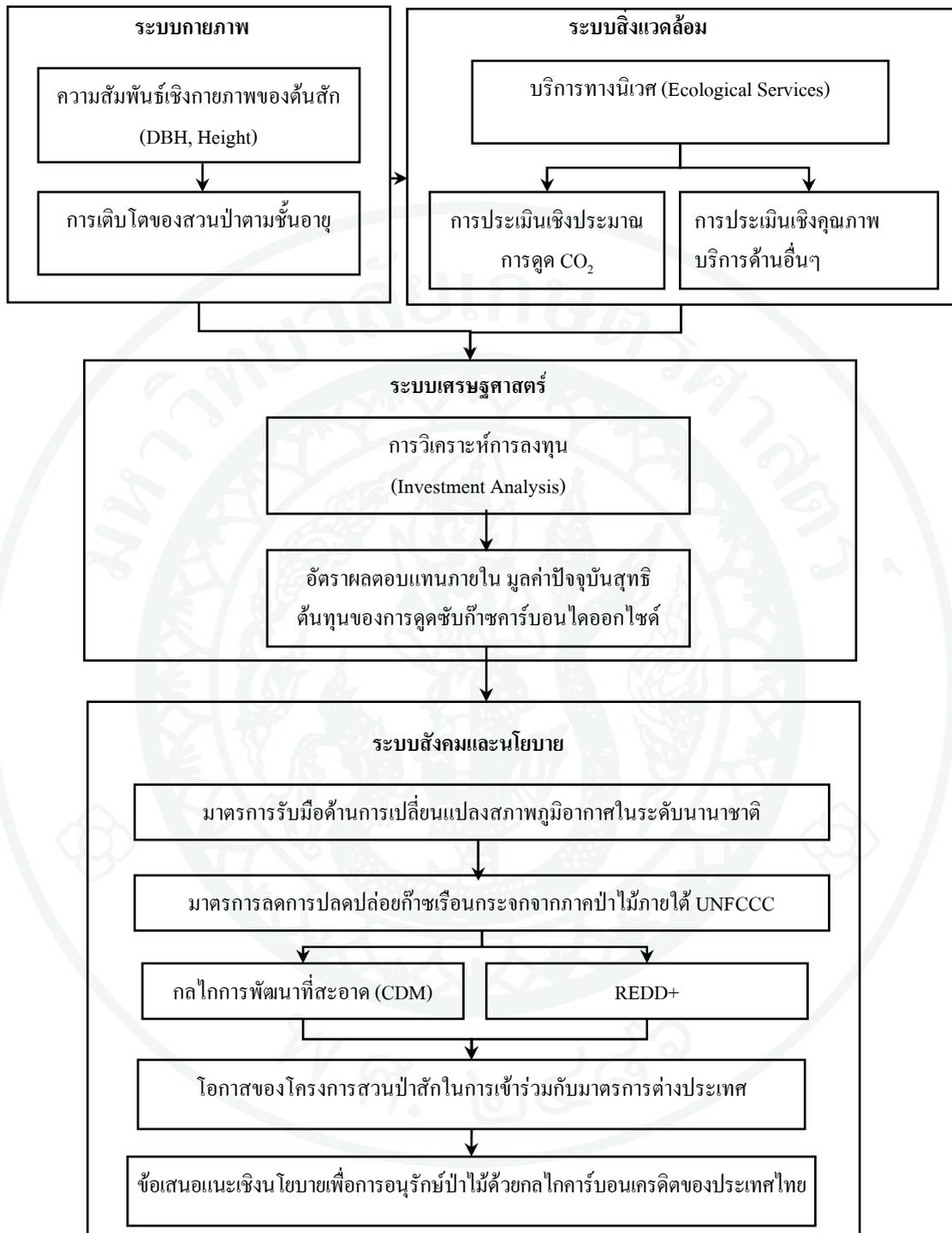
Kooten (2006) รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการศึกษาด้านป่าไม้จำนวน 55 ฉบับ พบว่า บางโครงการมีต้นทุนเฉลี่ย (Mean) ที่สูงมาก เช่น การศึกษาของ Hoen and Solberg (1994) ที่ต้นทุนเฉลี่ยเท่ากับ 1,675.36 เหรียญสหรัฐ ค่ามัธยฐานของต้นทุน (Median) เท่ากับ 68.03 เหรียญสหรัฐ การศึกษาบางการศึกษา (Brown *et al.*, 1997; Poffenberger *et al.*, 2002; Makundi and Okitingati, 1995; Ravindranath and Somashekhar, 1995; Stuart and Moura-Costa, 1998) พบว่าต้นทุนเฉลี่ยและค่ามัธยฐานเฉลี่ยมีค่าไม่เกิน 2.0 เหรียญสหรัฐ อย่างไรก็ตาม เมื่อมองในภาพรวมของการศึกษาทั้ง 55 การศึกษา พบว่าต้นทุนเฉลี่ย และค่ามัธยฐานของต้นทุน เท่ากับ 81.66 เท่ากับ 40.34 เหรียญสหรัฐ ตามลำดับ Kooten (2006)

ยังได้ให้ข้อสังเกตว่าโครงการปลูกต้นไม้ในพื้นที่ขนาดใหญ่และการขยายการปลูกป่าควบคู่ไปกับการเกษตรจะมีต้นทุนสูงกว่าการอนุรักษ์ป่าอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ผลกระทบภายนอก เช่น การเพิ่มร่มเงา การลดแรงปะทะของลม ไม่ได้ถูกนับรวมการประเมินต้นทุน เมื่อมีการเพิ่มการประเมินด้านการดูดซับของดิน (Soil Sink) พบว่า ต้นทุนของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง แต่อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษานี้มีข้อแนะนำ คือ 1) ถ้าได้พิจารณาค่าเสียโอกาสของที่ดินเข้าไปในการประเมิน จะทำให้ต้นทุนของโครงการสูงขึ้นอย่างมาก ประมาณ 45 - 300 เหรียญสหรัฐต่อตันคาร์บอน ซึ่งอาจทำให้โครงการด้านป่าไม้เป็นโครงการที่ไม่น่าสนใจ 2) การทบทวนเอกสารจากผู้เชี่ยวชาญจะทำให้มีการปรับตัวเลขและทำให้ต้นทุนสูงขึ้น 3) การศึกษาในเชิงของ Marginal Cost เพื่อการวางแผนนโยบายยังมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น 4) ไม่มีการศึกษาใดที่ศึกษาเกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวงจรคาร์บอนในระยะสั้น (Ephemeral Nature of Carbon Sink)

กรอบการวิจัย

กรอบการวิจัยของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะเน้นการผสมผสานระหว่างวิชาการด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของการเติบโตของต้นไม้ การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสวนป่า สักและเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์เพื่อสร้างมาตรการในส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ สามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานได้ 4 ระบบ ได้แก่ (ภาพที่ 28)

1. แผนงานที่ 1: ระบบกายภาพ (The Physical System)
2. แผนงานที่ 2: ระบบสิ่งแวดล้อม (The Environmental System)
3. แผนงานที่ 3: ระบบเศรษฐศาสตร์ (The Economic System)
4. แผนงานที่ 4: ระบบนโยบาย (The Policy System)



ภาพที่ 28 กรอบการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการอนุรักษ์ป่าไม้โดยอาศัยกลไกทางเศรษฐศาสตร์ในการจัดการคาร์บอนได้ใช้วิธีการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลปฐมภูมิ และการสืบค้นข้อมูลทุติยภูมิจากสวนป่าและแหล่งข้อมูลต่างๆ พร้อมทั้งวิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกกับนักวิชาการป่าไม้ร่วมกับการจัดทำแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของการเติบโตของต้นสักและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับแผนการดำเนินงานด้านเศรษฐศาสตร์ และเสนอแนะเชิงนโยบายต่อไป

การเลือกพื้นที่ศึกษา

การเลือกพื้นที่สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัด เชียงใหม่ ลำปาง แม่ฮ่องสอน แพร่ เชียงราย และลำพูน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกสวนป่าสักมากที่สุดในประเทศ โดยเก็บตัวอย่างจากสวนป่าขุนแม่คำมี อำเภอร่องกวาง จังหวัดแพร่

แผนการวิจัย

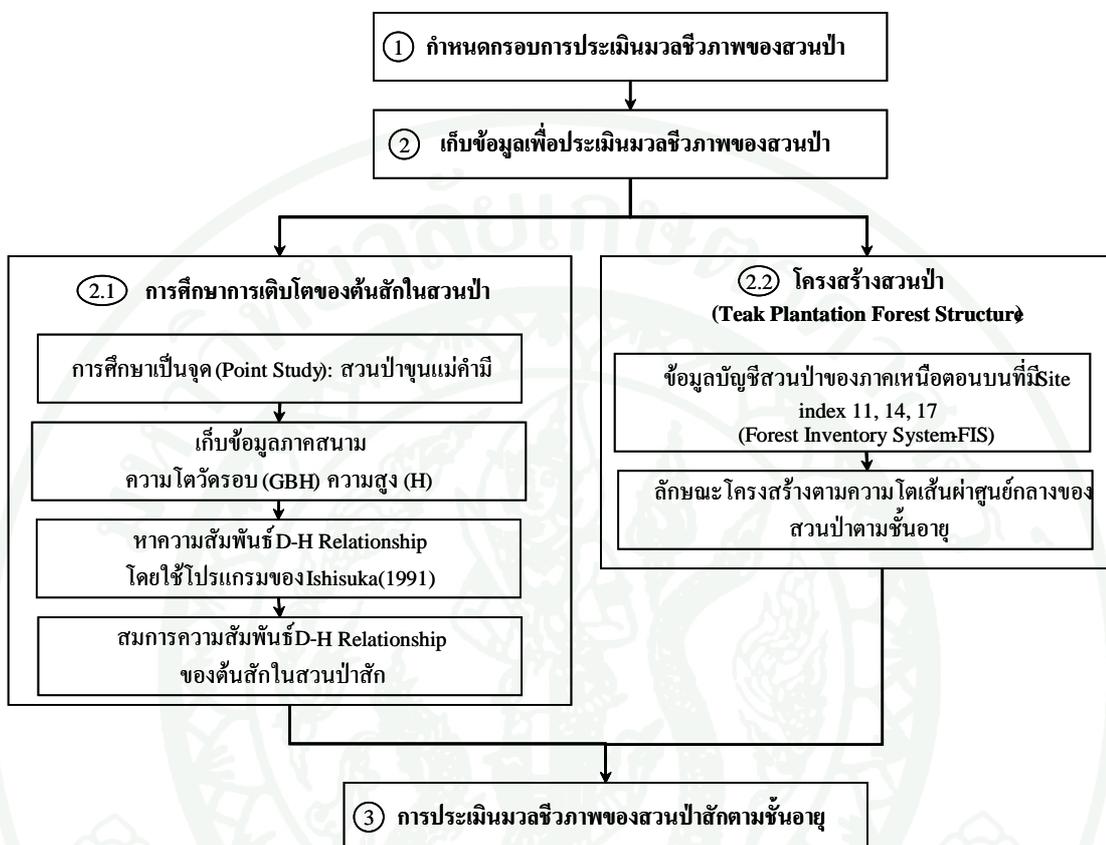
การวิจัยเรื่องการอนุรักษ์ป่าไม้โดยอาศัยกลไกทางเศรษฐศาสตร์ในการจัดการคาร์บอนได้แบ่งขอบเขตการวิจัยเป็น 4 ระบบ คือ

1. ระบบกายภาพ (The Physical System)
2. ระบบสิ่งแวดล้อม (The Environmental System)
3. ระบบเศรษฐศาสตร์ (The Economic System)
4. ระบบนโยบาย (The Policy System)

ระบบกายภาพ

การศึกษาระบบกายภาพของการเจริญเติบโตของต้นสักในสวนป่าสักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก (ภาพที่ 29) โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิของสวนป่าสักที่เก็บรวบรวมโดยองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ร่วมกับการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากภาคสนาม

ณ. สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ และนำมาประเมินการเติบโตและปริมาณมวลชีวภาพของสวนป่าสักตามชั้นอายุ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ผู้ศึกษาพัฒนาขึ้น



ภาพที่ 29 ขั้นตอนในการดำเนินงานด้านระบบกายภาพของสวนป่าสัก

ข้อมูลของสวนป่าที่นำมาวิเคราะห์นี้มีหลักเกณฑ์ดังนี้ ก) เป็นสวนป่าในเขตภาคเหนือตอนบน ครอบคลุมจังหวัด เชียงใหม่ ลำปาง แม่ฮ่องสอน แพร่ เชียงราย และลำพูน ข) เป็นสวนป่าที่มีระยะการปลูกสัก 4 เมตร x 4 เมตร ค) เป็นสวนป่าที่มี Site Index เท่ากับ 11 14 และ 17 และ ง) มีข้อมูลบันทึกในบัญชีป่าไม้ (Forest Inventory System)

ขั้นตอนที่ 1: การวางกรอบในการประเมินมวลชีวภาพของสวนป่า ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาถึงความเป็นไปได้และข้อจำกัดในการประเมินแหล่งกักเก็บคาร์บอน (carbon pool)

การพิจารณาความเหมาะสมในการเอาแหล่งกักเก็บคาร์บอนใดมาประเมินขึ้นอยู่กับความเพียงพอของข้อมูล ค่าใช้จ่ายในการตรวจวัด และข้อจำกัดอื่น เช่นเวลา ไม้ยืนต้นเป็นองค์ประกอบ

หลักของการสะสมคาร์บอนในสวนป่า โดยที่ไม้พื้นล่าง ไม้ตาย และซากพืชมีการสะสมคาร์บอนเพียงร้อยละ 3, 5-40 และ 5 ของการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นตามลำดับ (Brown, 1997 อ้างใน วนศาสตร์, 2553) ส่วนการประเมินการสะสมมวลชีวภาพในสวนป่าได้ดินสามารถทำได้โดยอาศัยการประเมินจากมวลชีวภาพในสวนเหนือดิน การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนของซากพืชสุทธิเป็นศูนย์ โดยมีสมมุติฐานว่าการสะสมคาร์บอนของซากพืชอยู่ในสมดุลย์ (IPCC, 2006) นอกจากเหตุผลในเชิงทฤษฎีแล้ว ปริมาณมวลชีวภาพจากผลผลิตจากซากพืช (Dead Organic Matter) และ คาร์บอนในดิน (Soil Carbon) มีข้อจำกัดทางข้อมูลพื้นฐานตามลำดับชั้นอายุ และ การบริหารจัดการสวนป่า เช่น การจุดไฟชิงเผา และ/หรือ ไฟป่าที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ ส่งผลให้ประเมินในเชิงปริมาณในสองส่วนนี้ทำได้ยาก

การประเมินการสะสมของคาร์บอนในมวลชีวภาพอาศัยพื้นฐานของประเภทกิจกรรม ซึ่งเป็นการประเมินคาร์บอนสุทธิ ดังสมการที่ 2

$$\Delta C = \sum(Ct2 - Ct1) / (t2 - t1) \dots\dots\dots \text{สมการที่ 2}$$

โดย ΔC = การเปลี่ยนแปลงของการสะสมคาร์บอนต่อปี (ตันคาร์บอนต่อปี)

$Ct1$ = การสะสมคาร์บอนในปีที่ $t1$, (ตันคาร์บอน)

$Ct2$ = การสะสมคาร์บอนในปีที่ $t2$, (ตันคาร์บอน)

ขั้นตอนที่ 2: การเก็บข้อมูลเพื่อประเมินมวลชีวภาพของสวนป่า แบ่งการดำเนินงานได้เป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 2.1 การศึกษาการเติบโตของต้นสักในสวนป่า

1. การเก็บข้อมูลปฐมภูมิในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี อำเภอร่องขวาง จังหวัดแพร่ เป็นการเก็บตัวอย่างโดยเจาะจงพื้นที่ (subjective หรือ purposeive sampling) ซึ่งถือว่าทางเลือกหนึ่งที่มีใช้ในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก (IPCC, 2006) ข้อมูลที่จัดเก็บได้แก่ ความโตเส้นรอบวงวัดรอบเพียงอก (Girth at Breast Height, GBH) และ ความสูงทั้งหมด (Total canopy height, H) ของต้นสัก โดยวัดตามแนวลำต้นของต้นไม้ตั้งแต่ระดับพื้นดินจนถึงจุดสูงสุดของเรือนยอดต้นไม้ การจัดเก็บ

ข้อมูลครอบคลุมสวนป่าทุกชั้นอายุ ตั้งแต่เริ่มปลูกถึงครบรอบตัดฟัน (1-30 ปี) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บความโตวัดรอบ ได้แก่ เทปวัด และ ฮากาแอลติมิเตอร์ (Haga altimetre)

2. การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความโตเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at Breat Height, DBH) และความสูงของต้นสัก (Top Carnopy Hieght, H,) หรือ D-H Relationship ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณข้อมูลที่พัฒนาโดย Ishizuka (1991) เพื่อคำนวณค่าคงที่ของสมการความสัมพันธ์ (ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2546)

ลักษณะความสัมพันธ์ที่จะได้ในขั้นตอนนี้จะเป็นดังที่ Ogawa (et al., 1965 อ้างใน ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2546) ได้ค้นพบ คือ

$$\frac{1}{Ht} = \frac{1}{A (DBH)^h} + \frac{1}{H^*} \dots\dots\dots\text{สมการที่ 3}$$

- โดยที่ Ht = ความสูงของต้นไม้ (เมตร)
- DBH = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เมตร)
- A ,h, H* = ค่าคงที่

ขั้นตอนที่ 2.2 การศึกษาโครงสร้างของสวนป่า โดยวิเคราะห์จากข้อมูลทุติยภูมิจากบัญชีไม้ (Forest Inventory System, FIS) ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ เพื่อประมวลข้อมูล ความถี่ของกระจายของความโตวัดรอบ (GBH) พร้อมทั้งค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและลักษณะการกระจาย (skewness และ kurtosis) ของต้นสักในสวนป่า ณ. ช่วงอายุต่างๆ

ขั้นตอนที่ 3: การประเมินมวลชีวภาพของสวนป่าสักตามชั้นอายุ จะแบ่งการดำเนินงานเป็นขั้นตอนย่อยดังนี้

1. การประเมินความสูงของต้นสักตามชั้นอายุ จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงของต้นไม้ (H) ที่หาได้ในขั้นตอนย่อยที่ 2.1 จะถูกนำมาใช้ในการประเมินความสูงของต้นสักที่ขนาดความโตตามข้อมูลลักษณะ โครงสร้างของหมู่ไม้ตามชั้นอายุต่างๆ ที่ได้ดำเนินการวิเคราะห์แล้วในขั้นตอนที่ 2.2 เนื่องจากข้อมูลในบัญชีป่าไม้ (FIS) มีเพียงข้อมูลด้านความโตวัดรอบ (GBH) แต่เพียงอย่างเดียว ไม่มีการวัดความสูงมาด้วย

2. การประเมินมวลชีวภาพของสวนป่าสัก เป็นการประเมินความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above Ground Biomass) และมวลชีวภาพใต้พื้นดิน (Below Ground Biomass) ของสวนป่าสักทุกชั้นอายุ (1-30 ปี) โดยอาศัยความเชื่อมโยงของผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ผ่านมาแล้ว

การประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above Ground Carbon) จะใช้สมการอโลเมติกที่มีการปรับแล้ว เนื่องจากเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูง (H) มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มปริมาตรไม้มากกว่าค่าพารามิเตอร์อื่นๆ กล่าวคือ การเพิ่มปริมาตรไม้มีค่าเท่ากับการเพิ่มของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ส่วน ความสูงและค่าแสดงรูปทรงป่าไม้ 1 ส่วน โดยประมาณ หรือนักการคณิตป่าไม้บางท่านรายงานว่าความเพิ่มพูนของเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้มีอิทธิพล 2/3 หรือ 3/4 ต่อความเพิ่มพูนปริมาตรไม้ (Flesalo, 1956; Philip, 1994 อ้างใน ปัสสี ประสมสินธ์ และ ขวัญชัย ดวงสถาพร, 2548) นอกจากนั้นแล้ว การใช้ค่า DBH^2H_t นี้จะช่วยลดความแปรปรวนของข้อมูลได้เป็นอย่างดีเมื่อมีการศึกษารวมกันในหลายๆ พื้นที่ และหลายชั้นอายุ (ชิงชัย วิริยะบัญชา และ กันดินันท์ ผิวสอาด, 2545) ด้วยสมการอโรเมติกที่พัฒนาโดยชิงชัย วิริยะบัญชา และคณะ (2546) ดังนี้

$$\begin{aligned} W_s &= 0.0271 DBH^2 H_t^{0.9435} & R^2 &= 0.9915 \dots\dots\dots \text{สมการที่ 4} \\ W_t &= 0.0358 DBH^2 H_t^{0.9468} & R^2 &= 0.9851 \dots\dots\dots \text{สมการที่ 5} \\ V_s &= 0.00009 DBH^2 H_t^{0.8904} & R^2 &= 0.9967 \dots\dots\dots \text{สมการที่ 6} \end{aligned}$$

โดย W_s = มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม/ต้น/ปี)

W_t = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม/ต้น/ปี)

V_s = ปริมาตรไม้ (ลูกบาศก์เมตร)

สำหรับมวลชีวภาพใต้ดิน (Below ground biomass) ได้ใช้ค่าคงที่ของอัตราส่วนมวลชีวภาพเหนือดินต่อราก (root-shoot ratio) มีค่า 0.24 (กรมอุทยานธรรมชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, 2553)

3. การปรับข้อมูลการเติบโต (smooth curve) ในการวิเคราะห์ได้ใช้ข้อมูลหลากหลายชั้นอายุจากหลายสวนป่าเพื่อเป็นตัวแทน เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลการเติบโตตลอดรอบตัดฟันจากสวนป่าเพียงสวนเดียวได้ จึงได้ใช้โปรแกรม Richards ที่พัฒนาโดย Ishizuka (1991) และใช้ในงานด้านวิจัย

ป่าไม้ของกรมอุทยานธรรมชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช เพื่อเป็นเครื่องมือในการหาสมการการเจริญเติบโตของต้นสักในช่วงอายุ 1-15 ปี ช่วงก่อนการตัดสางครั้งที่ 2 ในช่วง 16-21 ปี

โปรแกรม Richard Functions ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของต้นไม้ ซึ่งถือเป็น Growth curve function แบบหนึ่งที่ยิมนำมาใช้ประมาณอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้และสามารถใช้คาดคะเนการเจริญเติบโตในอนาคตได้โดยอาศัยข้อมูลในลักษณะที่เป็น time series

รูปแบบของสมการ Richards แสดงดังสมการที่ 7

$$G = A(1 - \text{Exp}(-h * \text{time}))^{1/(1-p)} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 7}$$

โดยที่ G = ความเติบโตของต้นไม้ด้านปริมาณชีวมวล
Time = อายุของต้นไม้ (ปี)
A, h, p, EXP = ค่าคงที่

สำหรับการเติบโตในช่วงหลังการตัดฟันครั้งที่สองจนถึงรอบตัดฟันที่อายุ 30 ปี ได้มีการประเมินปริมาณมวลชีวภาพเป็น 2 กรณี คือ

1. กรณีที่มีการปลูกสร้างและดูแลสวนป่าแบบองค์รวมตามแนวทางขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ หรือ Cluster Management Scenario, CMS โดยใช้ข้อมูลจากบัญชีป่าไม้ (Forest Inventory System, FIS)

2. กรณีที่มีการปลูกสร้างและดูแลสวนป่าตามหลักทฤษฎีวิวัฒนาการ หรือเรียกว่า Growth Theory Scenario, GTS โดยใช้การตั้งสมมุติฐานให้สวนป่ามีการเจริญเติบโตตามรูปแบบของสวนป่าที่มีรอบตัดฟันที่สั้น (Bigsby, 2009) ดังนั้น การเติบโตในช่วงอายุ 22-30 ปี จะอาศัยอัตราการเพิ่มพูนของมวลชีวภาพที่อัตราร้อยละ 4.4 ต่อปี ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการเติบโตของป่าสักในสวนป่าในเขตภาคเหนือตอนบนขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้

การแบ่งกรณีศึกษาเป็น 2 กรณี ข้างต้นนั้น มิได้หมายความว่าองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (อป.ป.) ไม่ได้ดำเนินการตามหลักทฤษฎีวิวัฒนาการในการปลูกสร้างสวนป่าอย่างเคร่งครัด แต่เนื่องจาก

อป. เป็นหน่วยงานที่มีวัตถุประสงค์เชิงธุรกิจขายไม้ จึงทำให้ต้องมีการผสมผสานหลักการตลาดและการบริหารสวนป่าในพื้นที่ขนาดใหญ่ในการดำเนินงานด้วย ดังนั้น การแบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 2 กรณี จึง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เห็นความแตกต่างการจัดการสวนป่าในปัจจุบันเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกสร้างสวนป่าในอุดมคติ

ระบบสิ่งแวดล้อม

การดำเนินการในระบบที่ 2 เป็นการศึกษาด้านระบบสิ่งแวดล้อมของสวนป่าสัก โดยเน้นที่บริการทางนิเวศ (Ecological Services) โดยศึกษาในรายละเอียดของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการคายก๊าซออกซิเจนสู่ชั้นบรรยากาศของกรณี CMS และ GTS โดยใช้ผลการศึกษาที่ได้จากระบบกายภาพ สำหรับบริการทางนิเวศอื่นๆ จะศึกษาโดยสังเขป

ขั้นตอนการประเมินการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการคายก๊าซออกซิเจนมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถกระทำได้โดยตรงจากปริมาณมวลชีวภาพที่ได้ดำเนินการมาแล้วในระบบสิ่งแวดล้อมตามหลักการของ IPCC (2006) โดยกำหนดให้สัดส่วนของคาร์บอนในเนื้อไม้ (carbon fraction of dry matter) ที่ใช้ในการศึกษานี้ใช้เท่ากับร้อยละ 51.96^{13} เท่ากันตลอดทุกอายุของสวนป่า เนื่องจากไม้สักที่มีอายุต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณของคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของพืชอย่างมีนัยสำคัญ (Jha, 2003) และน้ำหนักของโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 3.67 (44/12)

ขั้นตอนที่ 2 การคายออกซิเจนของต้นไม้ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดของมวลชีวภาพและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การประเมินขนาดการคายออกซิเจนของต้นไม้จะดำเนินการข้อมูลของ บุญวงศ์ ไทยอุดสาห์ และ ลัดดาวัลย์ พวงจิตร (2550) ที่กล่าวไว้ว่า ต้นไม้สังเคราะห์แสงเพื่อสร้างเนื้อไม้ 1 ตัน จะปลดปล่อยออกซิเจน 1.32 ตัน เป็นพื้นฐาน หรือการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1 ตัน จะปลดปล่อยก๊าซออกซิเจน 0.69 ตัน

¹³ ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนในส่วนต่างๆของพืชจะอยู่ประมาณร้อยละ 49.34 – 53.07 (Jha, 2003)

ขั้นตอนที่ 3 บริการทางนิเวศอื่นๆ ครอบคลุมจำนวนชั้นเรือนยอด พืชพรรณปกคลุมดิน การซึมน้ำผิวดิน มูลค่าของบริการทางนิเวศที่กล่าวมาแล้ว ใช้ข้อมูลจากการศึกษาของ พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุกติกุล และ วารินทร์ จิระสุขทวีกุล (2548)

ระบบเศรษฐศาสตร์

การดำเนินการในระบบเศรษฐศาสตร์มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ

1. วิเคราะห์การการลงทุน (Investment Analysis) ของการปลูกสร้างสวนป่าสัก โดยตัวชี้วัดทางการเงิน ได้แก่ อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR)¹⁴ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)¹⁵ ตามระบบตลาดและระบบเศรษฐศาสตร์ โดยกำหนดให้อายุของโครงการ (project life) เท่ากับ 30 ปี (ตั้งแต่เริ่มต้นปลูกและสิ้นสุดโครงการเมื่อมีการตัดฟัน)
2. เพื่อหาต้นทุนของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการปลูกสร้างสวนป่าสัก
3. ศึกษาผลกระทบของปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ อัตราส่วนลด ค่าเสียโอกาสที่ดิน ปัจจัยด้านคาร์บอนเครดิต และ ปัจจัยด้านบริการทางนิเวศที่มีต่อการวิเคราะห์การลงทุน

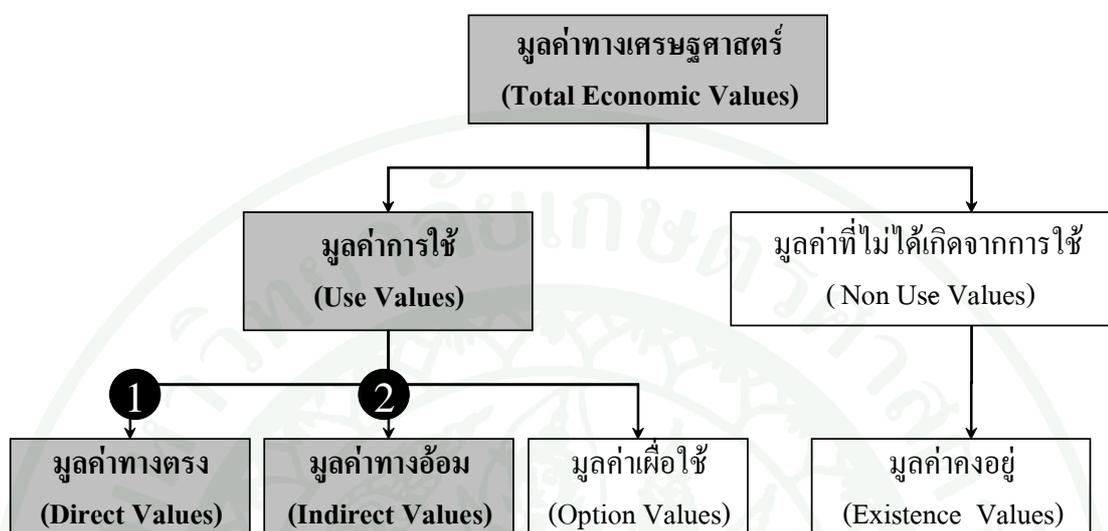
ขอบเขตการศึกษาของระบบที่ 3 มีดังนี้

1. การวิเคราะห์ในระบบตลาดจะครอบคลุมมูลค่าการใช้ทางตรง (Direct Use Values) จากการขายเนื้อไม้เท่านั้น (หมายเลข 1 ในภาพที่ 30)
2. การวิเคราะห์ในระบบเศรษฐศาสตร์ในส่วนของมูลค่าทางอ้อม (Indirect Use Values) ของบริการทางนิเวศบางประการ ได้แก่ การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การคายออกซิเจนสู่ชั้นบรรยากาศ พืชพรรณปกคลุมดิน อัตราการซึมน้ำผิวดิน เท่านั้น (หมายเลข 2 ในภาพที่ 30)

¹⁴ อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) หมายถึงอัตราส่วนลด (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุน เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการ

¹⁵ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ หมายถึงผลต่างระหว่างค่าปัจจุบันของรายได้จากการขายไม้ที่คาดว่าจะได้รับจากการสวนป่าตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไป

3. การศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ไม่ครอบคลุมมูลค่าเพื่อใช้ (Optional Value) และมูลค่าที่ไม่ได้เกิดจากการใช้ ได้แก่ มูลค่าการคงอยู่ (Existence Value)



ภาพที่ 30 มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

การดำเนินงานศึกษาในระบบที่ 3 แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การวิเคราะห์การลงทุนในเชิงการเงินของการปลูกสร้างสวนป่า สำหรับกรณี CMS และ GTS โดยการเก็บข้อมูลทุติยภูมิจากองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ซึ่งครอบคลุมต้นทุนและรายได้จากสร้างสวนป่าตั้งแต่เริ่มปลูกในปีแรกจนครบรอบระยะตัดฟัน พร้อมทั้งวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) เพิ่มเติมในตัวแปรที่สำคัญในด้านต้นทุน ได้แก่ ค่าเสียโอกาสของที่ดิน โดยมีหลักเกณฑ์การกำหนดคณพื้นฐานของรายได้เงินสดสุทธิทางการเกษตรของครัวเรือนเกษตร ปีเพาะปลูก 2549/50

ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์การลงทุนในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการปลูกสร้างสวนป่า สำหรับกรณี CMS และ GTS การวิเคราะห์จะใช้ผลการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 ผนวกกับมูลค่าของผลกระทบภายนอก หรือ มูลค่าการใช้ประโยชน์ทางอ้อม (Indirect use values) จากบริการการทางนิเวศ ได้แก่ ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การคายก๊าซออกซิเจน พืชพรรณปกคลุมดินและการซึมผ่านของน้ำของดิน ซึ่งได้ประยุกต์ใช้แนวทางที่พัฒนาขึ้น โดย McKinsey and Company (2009) ดังนี้

1 การสร้างกรณีฐานเพื่อการเปรียบเทียบ: การสร้างกรณีฐานทำได้โดยพยากรณ์แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต โดยอิงจากแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปัจจุบันภายใต้สมมุติฐานที่ว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกดำเนินไปอย่างปกติ (Business-as-usual Baseline: BAU Baseline) และไม่มีมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใดๆ เพิ่มเติมนับตั้งแต่ปีฐานที่กำหนด สำหรับการศึกษานี้ได้กำหนดให้พื้นที่ในกรณีของการดำเนินไปอย่างปกติ คือ พื้นที่ไม่มีสภาพเป็นป่าหรือกำหนดให้การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกรณีฐานเป็นศูนย์

2. การประเมินศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกและต้นทุน: การพิจารณาประกอบด้วย 2 มิติหลัก คือ

2.1 มิติของเทคโนโลยี¹⁶: การปลูกสร้างสวนป่าเพื่อดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ใช้เทคโนโลยีและวิธีการปฏิบัติตามหลักทฤษฎีวิทยาศาสตร์ และการดำเนินงานจริงขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (McKinsey and Company (2009) แนะนำว่ามาตรการที่จะได้รับการประเมินจะต้องมีการใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน และเทคโนโลยีใหม่บางชนิดซึ่งเป็นที่รู้จัก และเข้าใจอย่างแพร่หลายในตลาด ส่วนเทคโนโลยีชนิดที่ยังอยู่ในขั้นพัฒนา ชนิดที่ต้องใช้เวลาอย่างมากในการแนะนำเทคโนโลยีต่อตลาด และชนิดที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือมีผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันของประชาชนไม่จัดอยู่ในขอบข่ายการพิจารณา)

2.2 มิติของต้นทุน¹⁷: คำนวณจากต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (McKinsey and Company (2009) เสนอแนะว่ามาตรการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ควรได้รับการพิจารณา ควรมีต้นทุนของการลดการปล่อยฯ ในระดับที่ไม่เกิน 40 ยูโรต่อหนึ่งตันของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงได้ เนื่องจากเป็นระดับที่การวิจัยทั่วโลกยึดถือ) ไม่รวมถึงค่า Transaction Costs ที่ประเมินออกมาเป็นจำนวนเงินได้ไม่ชัดเจน เช่น ระยะเวลาที่เสียไปในการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่า ค่าใช้จ่ายในการทำวิจัย เก็บข้อมูล และการประชุมของ

¹⁶ McKinsey and Company (2009) แนะนำว่ามาตรการที่จะได้รับการประเมินจะต้องมีการใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน และเทคโนโลยีใหม่บางชนิดซึ่งเป็นที่รู้จัก และเข้าใจอย่างแพร่หลายในตลาด ส่วนเทคโนโลยีชนิดที่ยังอยู่ในขั้นพัฒนา ชนิดที่ต้องใช้เวลาอย่างมากในการแนะนำเทคโนโลยีต่อตลาด และชนิดที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือมีผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันของประชาชนไม่จัดอยู่ในขอบข่ายการพิจารณา

¹⁷ McKinsey and Company (2009) เสนอแนะว่ามาตรการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ควรได้รับการพิจารณา ควรมีต้นทุนของการลดการปล่อยฯ ในระดับที่ไม่เกิน 40 ยูโรต่อหนึ่งตันของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงได้ เนื่องจากเป็นระดับที่การวิจัยทั่วโลกยึดถือ

ผู้บริหาร เป็นต้น (McKinsey and Company, 2009) และต้นทุนเหล่านี้ไม่ได้คิดคำนวณมาจากการเปรียบเทียบกับมูลค่าความเสียหาย (damage costs) ในกรณีที่ไม่มีการออกมาตรการดังกล่าวขึ้น เช่น มูลค่าของความเสียหายทางการเกษตรหากน้ำท่วม หรือฝนแล้งนอกฤดูกาลที่ความรุนแรงขึ้น

ในส่วนของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงสามารถคิดคำนวณ โดยเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยเมื่อมีการออกมาตรการกับกรณีฐาน ทั้งนี้ปริมาณที่ได้ล้วนเป็นค่าประมาณของความสามารถทางเทคนิคซึ่งมีความแม่นยำต่างกับผลจากการคาดคะเนทั่วไป

หลังจากนั้น ก็นำข้อมูลต้นทุน และปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ในช่วงชีวิต (Life Cycle) ของมาตรการ เพื่อคำนวณหา Marginal Abatement Cost หรือ ค่าใช้จ่ายของการดำเนินการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกให้ได้ 1 ตันคาร์บอน ไดออกไซด์เทียบเท่า (สมการที่ 8) (McKinsey and Company, 2009)

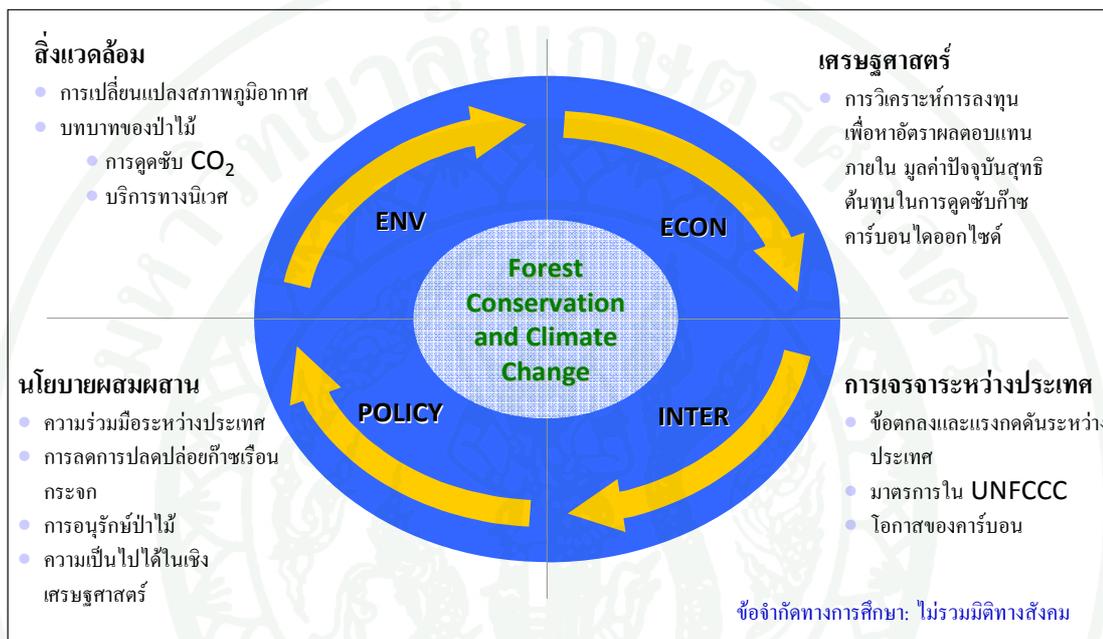
$$\text{MAC} = \frac{(\text{Full Cost of Abatement Option}) - (\text{Full Cost of Baseline Option})}{(\text{Emissions from Baseline Solution}) - (\text{Emissions from abatement Option})} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 8}$$

การเลือกอัตราส่วนลด (Discount Rate) มีความสำคัญต่อการประเมินต้นทุนของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและอัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (Internal Rate of Return, IRR) ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้อัตราส่วนลดบนพื้นฐานของข้อมูลในประเทศไทยและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมเป็นจำนวน 4 ค่า เพื่อทดสอบผลของอัตราส่วนลดที่มีต่อการวิเคราะห์การลงทุน ดังนี้

1. ร้อยละ 4.32 ซึ่งเท่ากับอัตราดอกเบี้ยของพันธบัตรระยะยาวของรัฐบาลไทย
2. ร้อยละ 3.40 มาจากการกำหนดให้ Pure Rate of Time Preference 0% (Anthoff, 2007)
3. ร้อยละ 4.40 มาจากการกำหนดให้ Pure Rate of Time Preference 1% (Anthoff, 2007)
4. ร้อยละ 6.40 มาจากการกำหนดให้ Pure Rate of Time Preference 3% (Anthoff, 2007)

ระบบเชิงนโยบาย

ในการดำเนินงานตามระบบนโยบายอนุรักษ์ป่าไม้โดยอาศัยกลไกทางเศรษฐศาสตร์ของคาร์บอนเครดิต มีกรอบแนวความคิดของการผสมผสานประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม การเจรจาระหว่างประเทศ และ เศรษฐศาสตร์ (ภาพที่ 31)



ภาพที่ 31 กรอบแนวความคิดในการสร้างนโยบาย

จากพื้นฐานด้านระบบกายภาพ ระบบสิ่งแวดล้อมและระบบเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น นำไปสู่การศึกษาในระบบนโยบายซึ่งเน้นการศึกษาปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ และประเด็นของการเจรจาระหว่างประเทศ เพื่อสร้างนโยบายแบบผสมผสานโดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ทำการวิเคราะห์การลงทุน (Investment Analysis) ในกรณีที่มีรายได้จากคาร์บอนเครดิตของกรณี CMS และ GTS โดยกำหนดให้ราคาของคาร์บอนเครดิตเป็น 3 ระดับ คือ

1. ระดับต่ำ (61 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ 2 เหรียญสหรัฐ ตามมูลค่าของคาร์บอนเครดิตจากป่าไม้ในสหรัฐอเมริกา)

2. ระดับปานกลาง (305 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ 10 เหรียญสหรัฐ) ซึ่งเป็นราคาที่คาดว่าจะจูงใจให้เกิดการลงทุนในการปลูกป่าในประเทศอินโดนีเซียและบราซิล (The International Union for Conservation of Nature, 2010)

3. ระดับสูง (515 บาท หรือ 12.5 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามราคาตลาดของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด)

เพื่อให้การวิเคราะห์ผลตอบแทนในการลงทุนมีความละเอียดมากขึ้น จึงได้นำการมูลค่าเสียโอกาสของที่ดินและบริการทางนิเวศด้านพืชพรรณปกคลุมดินและการซึมผ่านของน้ำของดินเข้ามาในการวิเคราะห์ร่วมด้วย

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาความเป็นไปได้ของการเพิ่มพื้นที่ป่าของประเทศ โดยการปลูกสร้างสวนป่าสักโดยอาศัยโอกาสจากการเข้าร่วมในมาตรการการลดก๊าซเรือนกระจกภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่

1. กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism, CDM) โดยวิเคราะห์ตามข้อกำหนด Tool for the Demonstration and Assessment of Additionality in A/R CDM Project Activities (Version 02) ที่พัฒนาขึ้นโดย CDM Executive Board

2. การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการทำลายป่า การลดความเสื่อมโทรมของป่า การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน และ การส่งเสริมการสะสมคาร์บอนในประเทศกำลังพัฒนา (Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation, Sustainable Management of Forests and Enhancement of Forest carbon stocks in Developing Countries, REDD+)

ขั้นตอนที่ 3 เสนอแนะนโยบายการเพิ่มพื้นที่สวนป่าสัก โดยอาศัยกระบวนการคาร์บอนเครดิต 2 ประเภท คือ นโยบายระดับจุลภาค ซึ่งเน้นการวางนโยบายในระดับพื้นที่หรือโครงการ และ นโยบายระดับมหภาค ซึ่งเน้นนโยบายในระดับประเทศ

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย เรื่อง การอนุรักษ์ป่าไม้โดยอาศัยกลไกทางเศรษฐศาสตร์ในการจัดการคาร์บอนเครดิตนำเสนอผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 นำเสนอผลการศึกษาในระบบกายภาพ ระบบสิ่งแวดล้อม และระบบเศรษฐศาสตร์ของสวนป่าสักในระดับจุลภาค (หนึ่งไร่) พร้อมทั้งการวิเคราะห์การลงทุนเพื่อหาอัตราผลตอบแทนภายใน มูลค่าปัจจุบันสุทธิและต้นทุนของคูชับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่ 2 นำเสนอความเป็นไปได้ในการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่า ในมุมมองของเศรษฐศาสตร์ ส่วนที่ 3 นำเสนอผลการศึกษาโอกาสและความเป็นไปได้ของโครงการปลูกสร้างสวนป่าสักในการเข้าร่วมมาตรการการลดก๊าซเรือนกระจกภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism, CDM) กลไกการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการทำลายป่าและการลดความเสื่อมโทรมของป่า บทบาทของการอนุรักษ์ การจัดการป่าอย่างยั่งยืน และการส่งเสริมการสะสมคาร์บอนในประเทศกำลังพัฒนา (REDD +) ส่วนที่ 4 เป็นการนำข้อมูลจากส่วนที่ 1 ส่วนที่ 2 และ ส่วนที่ 3 มาเป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์เพื่อเสนอแนะเชิงนโยบายด้านการอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยกลไกเศรษฐศาสตร์ของคาร์บอนเครดิตที่เหมาะสมกับประเทศไทย

ส่วนที่ 1 กายภาพ สิ่งแวดล้อม และ เศรษฐศาสตร์ของสวนป่าสักในระดับจุลภาค

การวิเคราะห์ในระดับจุลภาคจะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการปลูกสร้างสวนป่าสักในพื้นที่ 1 ไร่ โดยผลวิเคราะห์ได้นำเสนอเป็น 2 ส่วน คือ

1. กายภาพและสิ่งแวดล้อมของสวนป่าสัก ครอบคลุมการเติบโตของต้นสัก ศักยภาพการคูชับก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ของสวนป่าตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงครบอายุตัดฟันที่ 30 ปี พร้อมทั้งนำเสนอบริการทางนิเวศอื่นๆ ของสวนป่าสัก ได้แก่ การคายก๊าซออกซิเจน จำนวนชั้นเรือนยอด พืชพรรณปกคลุมดิน การซึมน้ำผิวดิน โดยสังเขป

2. เศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม เป็นการวิเคราะห์การลงทุน ซึ่งครอบคลุมมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน ต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสวนป่าสักปลูก

การนำเสนอผลการศึกษเกี่ยวกับศักยภาพ สิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ของการดูดซับ ก๊าซเรือนกระจกจะแบ่งเป็น 2 กรณี (scenarios) คือ

1. กรณีที่มีการปลูกสร้างและดูแลสวนป่าแบบองค์รวมตามแนวทางขององค์การอุตสาหกรรม ป่าไม้ หรือ Cluster Management Scenario, CMS
2. กรณีที่มีการปลูกสร้างและดูแลสวนป่าตามหลักทฤษฎีวิวัฒนาการ หรือเรียกว่า Growth Theory Scenario, GTS

ระบบกายภาพและสิ่งแวดล้อมของสวนป่า

1. โครงสร้างหมูไม้ของสวนป่าสัก

การศึกษา โครงสร้างหมูไม้ของสวนป่าสัก มีสมมติฐานที่สำคัญ ดังนี้

- รอบตัดฟันมีอายุ 30 ปี โดยประมาณตามแนวทางการดำเนินงานขององค์การ อุตสาหกรรมป่าไม้ (อป.)

- มีการปลูกเริ่มต้นในระยะ 4 x 4 เมตร หรือ 100 ต้นต่อไร่

- มีการตัดสายขยายระยะอยู่ 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงแรกเมื่อสวนป่ามีอายุ 15 ปี จะมีการตัด สายออกจำนวน 40 ต้น เหลือต้นไม้ไว้ในแปลง 60 ต้น และช่วงที่สองเมื่อสวนป่ามีอายุประมาณ 22 ปี โดยตัดสายออกอีก 30 ต้น เหลือไว้ตัดครั้งสุดท้ายเมื่อครบระยะตัดฟันจำนวน 30 ต้น

- ในทางปฏิบัติ การตัดสายในช่วงที่สองนี้อาจจะดำเนินการเร็วกว่าหรือช้ากว่า 22 ปี ไปบ้าง แต่ส่วนใหญ่แล้วมักจะอยู่ในช่วง 21-24 ปี อย่างไรก็ตามเพื่อลดความสลับซับซ้อนในการทำ แบบจำลองของสวนป่า ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้มีการตัดสายระยะที่สอง เมื่อสวนป่ามีอายุ 22 ปี เท่ากันทุกกรณี

- ต้นไม้ที่ถูกตัดโค่นในช่วงที่มีการตัดสาง จะไม่มีการขุดรากออกและรากนั้นจะถูกปล่อยทิ้งไว้ในแปลง

- กำหนดให้มีการตัดฟันต้นไม้ทั้งหมดพร้อมกันเมื่อสวนป่ามีอายุ 30 ปี

ข้อมูลหลักที่ใช้ในการศึกษามาจาก 2 ส่วน คือ

1.1 Forest Inventory System (FIS): FIS เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ดำเนินการจัดทำโดย ออป. เพื่อจัดเก็บข้อมูลของสวนป่าสัก ข้อมูลสำคัญที่ได้จัดเก็บในแต่ละสวนป่า คือ ปีที่ปลูก ความโตวัดรอบเพียงอก (GBH) จำนวนต้นเป็น/ต้นตาย ขนาดพื้นที่ site index พร้อมทั้งมีการวิเคราะห์เชิงสถิติเบื้องต้น

การวิเคราะห์และจัดทำแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ใช้ข้อมูลของสวนป่าใน 3 site index (11, 14, 17) ในลักษณะของ combined sample โดยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากต้นสักที่ได้รับการสำรวจจำนวน 987,433 ต้น ครอบคลุมพื้นที่จำนวน 143,917 ไร่ (ภาพที่ 32) ครอบคลุมพื้นที่สวนป่าแม่เมาะ แม่ลี่ แม่สรอย แม่หอพระ ไชยปราการ แม่หลักหมื่น แม่ทรายคำ แม่ยม แม่สุก วังจัน แม่แจ่ม แม่กำแพง-แม่สาย แม่ต้า แม่मान แม่มาย แม่ยาว-แม่ซ้าย แม่สิน-แม่สูง แม่หาด-แม่ก้อ แม่อุคค แม่อุมลอง ทุงเกวียน นาพูน บ้านวงษา บ้านหลวง สะเมิง แม่ใจ-แม่อาข แม่ก้อน แม่ลอด แม่สอง และแม่จาง

รายละเอียดของสวนป่าสักจำแนกตาม Site Index ที่ใช้ในการวิเคราะห์ห้วงเวลาชีวภาพ และการดูดซับก๊าซเรือนกระจกพร้อมกับข้อมูลจากการลงภาคสนามที่สวนป่าขุนคำมี มีดังต่อไปนี้

1.1.1 สวนป่า Site Index 11: จากข้อมูลบัญชีสวนป่าสัก (Forest Inventory System-FIS) ของปีพ.ศ. 2545-2549 ได้นำข้อมูลของสวนป่าที่มี site index 11 จำนวน 23 ชั้่นอายุ (อายุนับจากปีที่ปลูกถึงปีที่มีการสำรวจ FIS) จำนวนต้นสำรวจ 90,585 ต้น มีพื้นที่รวม 30,514 ไร่

1.1.2 สวนป่า Site Index 14: จากข้อมูลบัญชีสวนป่าสัก (Forest Inventory System-FIS) ของปีพ.ศ. 2545-2549 ได้นำข้อมูลของสวนป่าที่มี site index 14 จำนวน 25 ชั้่นอายุ (อายุนับจากปีที่ปลูกถึงปีที่มีการสำรวจ FIS) จำนวนต้นสำรวจ 168,720 ต้น มีพื้นที่รวม 63,758 ไร่

1.1.3 สวนป่า Site Index 17: จากข้อมูลบัญชีสวนป่าสัก (Forest Inventory System-FIS) ของปีพ.ศ. 2545-2549 ได้นำข้อมูลของสวนป่าที่มี site index 17 จำนวน 22 ชั้นอายุ (อายุนับจากปีที่ปลูกถึงปีที่มีการสำรวจ FIS) จำนวนต้นสำรวจ 728,128 ต้น มีพื้นที่รวม 49,645 ไร่

1.2 การสำรวจภาคสนาม: ได้ดำเนินการในสวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ (ภาคผนวก ก) เมื่อวันที่ 16-20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจประกอบด้วยข้อมูลเส้นรอบวงโคนต้น (เช่นติเมตร) เส้นรอบวงเพียงอก (เช่นติเมตร) และ ความสูง (เมตร)

ข้อมูลจาก FIS ช่วยให้การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างของสวนป่าของอป. ดำเนินการได้สะดวกยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นหมู่ไม้ที่ต้นไม้มากต้นมีอายุเท่ากัน ปลูกขึ้นในเวลาเดียวกัน มีเรือนยอดสม่ำเสมอ ต้นไม้ขนาดเล็กที่สุดในกลุ่มจะมีลักษณะสูงเรียว เนื่องจากถูกไม้ข้างเคียงเบียดเสียด เมื่อแบ่งจำนวนต้นตามชั้นของขนาดความโตวัดรอบเพียงอก (GBH) พบว่า จำนวนต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยในระดับปานกลางจะมีมากที่สุด ต้นไม้ที่มีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่จะมีน้อย ลักษณะการกระจายของจำนวนต้นตามชั้น GBH จะลดลงสม่ำเสมอประหนึ่งรูประฆังคว่ำ (normal distribution) (ตารางที่ 6 และภาพที่ 33)

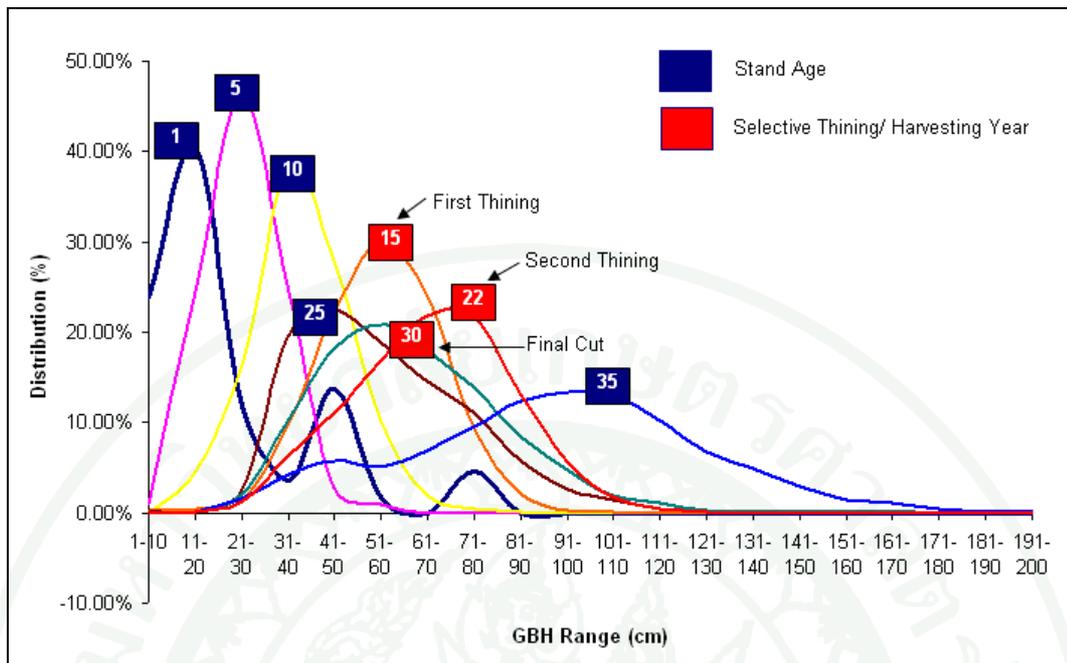
ตารางที่ 6 การกระจายตัวของโครงสร้างหมุ่ไม้ ของสวนป่าสักปลูกจำแนกตามช่วงอายุ

หน่วย: ร้อยละ (%)

GBH (ซม.)	อายุสวนป่า (ปี)								
	0	5	10	15	20	22	25	30	35
1-10	23.85	0.94	0.02	0.21	0.06	0.01	0.05	0.01	0.00
11-20	40.37	24.53	4.60	0.48	0.19	0.09	0.14	0.07	0.07
21-30	11.93	46.23	16.28	1.37	0.90	1.26	2.63	2.02	1.65
31-40	3.67	24.53	38.40	9.87	5.20	6.34	19.62	10.37	4.20
41-50	13.76	2.83	27.92	22.15	11.32	11.04	22.56	18.25	5.81
51-60	1.83	0.94	10.25	29.97	17.74	16.78	18.77	20.82	5.09
61-70	0.00	0.00	1.91	24.02	23.62	21.87	14.49	17.95	6.87
71-80	4.59	0.00	0.50	9.37	21.05	21.58	11.08	13.79	9.54
81-90	0.00	0.00	0.11	2.14	12.23	13.00	5.78	8.42	12.35
91-100	0.00	0.00	0.00	0.35	5.27	5.61	2.59	4.72	13.31
101-110	0.00	0.00	0.00	0.03	1.68	1.75	1.38	1.95	12.97
111-120	0.00	0.00	0.00	0.02	0.57	0.50	0.51	1.05	10.29
121-130	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.14	0.23	0.24	6.75
131-140	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.12	0.16	4.97
141-150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.07	2.85
151-160	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	1.43
161-170	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	1.07
171-180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47
181-190	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.16
191-200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16

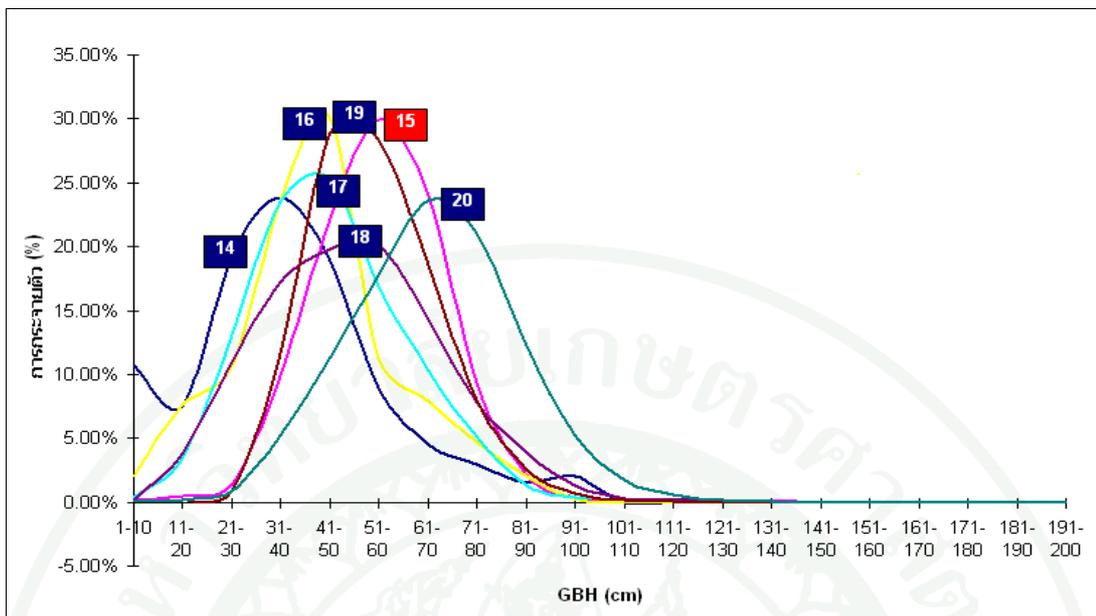
ที่มา: วิเคราะห์จากข้อมูล Forest Inventory System ของออป.

โครงสร้างของหมุ่ไม้ที่มีอายุชั้นเดียวกันจะมีการกระจายตัวของเป็นรูปประฆังคว่ำทุกชั้นอายุ ยกเว้นสวนป่าอายุ 1 ปี เนื่องจากมีการทิ้งไม้ใหญ่ไว้ในสวนป่าเพื่อการอนุรักษ์ เมื่อสวนป่ามีอายุมากขึ้น กราฟก็จะเลื่อนตัวไปทางขวามากขึ้น แต่ก็ยังมีการกระจายตัวในลักษณะของระฆังคว่ำเช่นเดิม เนื่องจากต้นไม้มีขนาดความโตวัดรอบที่มากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการตัดสางเพื่อขยายระยะ ลักษณะโครงสร้างของหมุ่ไม้จะเปลี่ยนไป คือ ความโตวัดรอบจะลดลง กราฟเลื่อนตัวมาทางซ้าย ดังที่เห็นจากกราฟของหมุ่ไม้ต้นสักอายุ 25 และ 30 ปี (ภาพที่ 33)



ภาพที่ 33 การกระจายของชั้นของความโตวัดรอบเพียงอกของหมู่ไม้ของสวนป่าสัก ในเขตภาคเหนือตอนบน
ที่มา: วิเคราะห์จากข้อมูล Forest Inventory System ของ ออป.

การตัดสางครั้งแรกจะดำเนินการเมื่อสวนป่ามีอายุได้ 15 ปี แต่สำหรับการตัดสางครั้งที่สอง ออป. กำหนดกรอบกว้างๆ ว่าไว้ที่อายุประมาณ 22 ปี และสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามวิจรณ์ญาณและความเหมาะสมของแต่ละสวนป่า ทำให้การตัดสางครั้งที่สองนั้นมักจะตกอยู่ในช่วงอายุ 21-24 ปี การตัดไม้เมื่อครบรอบตัดฟันมักจะกำหนดที่อายุ 30 ปี แต่ในทางปฏิบัติแล้ว การเลือกช่วงเวลาเพื่อตัดไม้ของแต่ละสวน ขึ้นอยู่กับภาวะความต้องการของตลาดในช่วงเวลานั้นๆ และ การบริหารจัดการตัดไม้ แบบรวมหลายสวน (cluster) ทำให้การตัดไม้ในแต่ละสวนอาจจะเกิดขึ้นก่อนหรือหลังปีที่ 30 ได้ ฉะนั้น การนำเสนอเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะ โครงสร้างของหมู่ไม้สัก อันเนื่องจากการตัดสางขยายระยะ การนำเสนอภาพของหมู่ไม้ในช่วงอายุ 14 -20 ปี จะทำให้เห็นภาพของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของหมู่ไม้ได้ชัดเจนที่สุด (ภาพที่ 34)



ภาพที่ 34 รูปร่างลักษณะและกราฟการกระจายของชั้นของความโตวัดรอบเพียงอกของหมู่ไม้ของสวนป่าสัก ในเขตภาคเหนือตอนบน หลังจากการตัดสงขยาในระยะครั้งแรก
ที่มา: วิเคราะห์จากข้อมูล Forest Inventory System ของออป.

โครงสร้างของหมู่ต้นสักอายุ 15 ปี จะมีการกระจายของโครงสร้างที่ต้นสักมีความโตมากกว่าหมู่ไม้ อายุ 14 ปี (เส้นกราฟของต้นไม้ อายุ 14 ปี จะอยู่ทางซ้ายมือของเส้นกราฟของต้นไม้ อายุ 15 ปี) เมื่อมีการตัดสงเมื่ออายุ 15 ปี แล้ว ไม้ต้นใหญ่และต้นที่มีลักษณะทรามจะถูกตัดออกเป็นการบังคับให้กิ่งของต้นสักร่วงหล่นเองตามธรรมชาติในระยะแรกๆ ทำให้ไม้สักมีลำต้นตรง เปล่าปราศจากกิ่งก้าน ส่งผลให้โครงสร้างของหมู่ไม้เปลี่ยนไป คือ ประชากรไม้ที่มีความโตมากจะลดลง เป็นผลให้เส้นกราฟโครงสร้างของหมู่ต้นสักที่มีอายุ 16 17 18 และ 19 อยู่ทางซ้ายมือของเส้นกราฟโครงสร้างของหมู่ต้นสักอายุ 15 ปี การตัดสงทำให้ต้นไม้มีการเติบโตในทางกว้างมากขึ้น เนื่องจากได้รับแสงแดด และความแออัดลดลง จึงทำให้เส้นกราฟของโครงสร้างของหมู่ไม้ที่อายุ 20 ปี เลื่อนไปอยู่ทางขวามือของเส้นกราฟโครงสร้างของหมู่ต้นสักอายุ 15 ปี

2. ความสัมพันธ์เชิงกายภาพของต้นสัก

การสำรวจภาคสนามที่สวนป่าขุนแม่คำมีสามารถสรุปข้อมูลทางกายภาพของต้นสักในแต่ละชั้นอายุที่ได้จัดเก็บได้ดังแสดงในตารางที่ 7

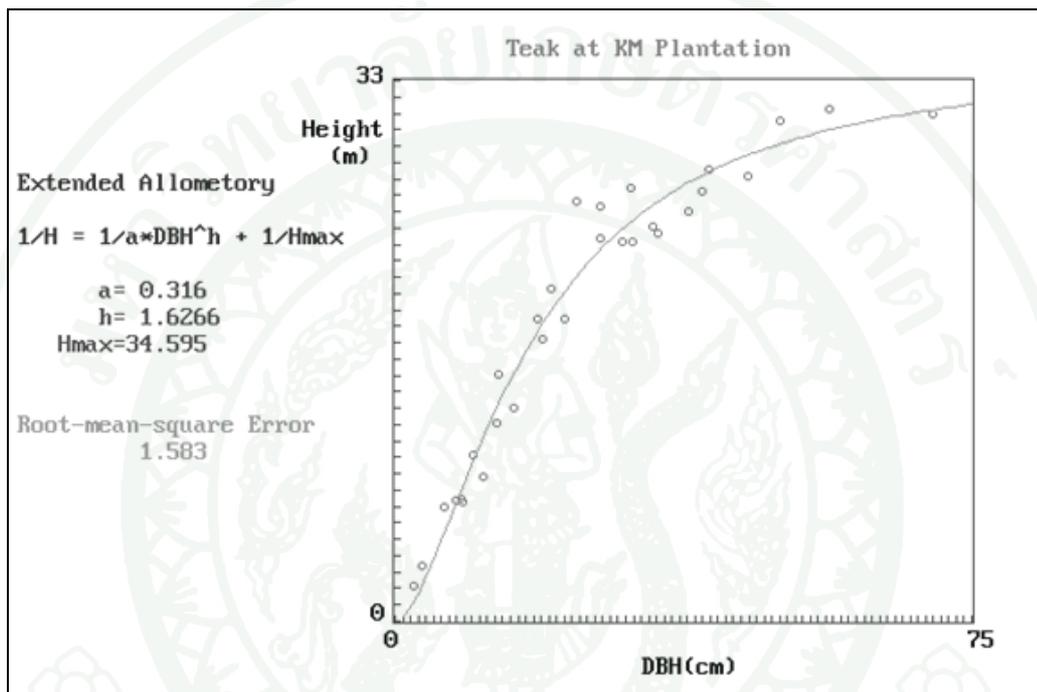
ตารางที่ 7 ข้อมูลทางกายภาพของต้นสัก ณ. ช่วงอายุต่างๆ ในสวนป่าขุนคำมี

Age	Average			Standard Deviation		
	GBH ₀ (cm)	GBH ₁₃₀ (cm)	H (m)	GBH ₀ (cm)	GBH ₁₃₀ (cm)	H (m)
1	13.47	7.77	2.16	3.16	2.90	0.67
2	18.42	11.19	3.37	5.31	4.88	1.10
3	27.52	20.11	7.01	10.78	8.52	2.92
4	36.37	27.08	7.46	13.08	10.33	2.41
5	37.20	27.50	7.29	8.88	7.59	1.61
6	32.49	24.85	7.34	10.68	8.98	2.53
7	53.53	42.61	15.05	14.62	12.77	4.24
8	45.20	35.83	8.83	17.09	13.45	3.23
9	40.13	31.60	10.10	17.09	13.45	3.23
17	88.57	69.47	18.46	23.83	19.43	2.15
18	54.32	41.35	12.13	14.28	11.81	2.19
20	74.07	60.30	17.20	15.60	13.50	2.35
21	62.10	48.32	13.03	12.22	10.62	2.78
22	74.27	58.53	18.48	14.75	12.50	3.42
27	80.61	63.65	20.29	21.16	16.99	3.74
28	103.90	83.60	25.35	23.07	17.34	3.82
29	97.38	74.81	25.60	23.61	18.26	4.57
30	91.96	74.12	25.66	20.11	16.14	3.61
31	127.70	105.17	24.12	16.39	15.64	3.44
32	119.96	96.69	26.44	30.54	23.48	3.73
33	117.21	97.24	23.14	24.14	18.82	2.40
34	114.60	93.23	23.15	24.07	20.35	4.03
35	109.14	91.38	21.88	22.39	19.18	3.85
36	103.67	83.84	23.41	24.90	21.71	2.22
38	144.96	125.28	26.20	38.26	36.95	2.82
40	211.55	177.73	31.27	33.76	19.19	3.69
41	126.67	107.17	23.70	30.90	29.09	4.40

ที่มา: การเก็บตัวอย่าง ณ. สวนป่าขุนคำมี (2553)

ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูง (H) ของต้นสักในสวนป่าขุนแม่คำมี ประเมินโดยซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดย Ishizuka (1991) แสดงได้ดังสมการที่ 9 และภาพที่ 35

$$Ht = 1/(3.165 DBH^{1.6266} + 0.029) \dots\dots\dots \text{สมการที่ 9}$$



ภาพที่ 35 ความสัมพันธ์เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักในสวนป่าขุนแม่คำมี

3. กรณีที่มีการปลูกสร้างและดูแลสวนป่าแบบองค์รวมตามแนวทางขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ หรือ Cluster Management Scenario, CMS

การดำเนินงานของสวนป่าสักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้จะเน้นการจัดการสวนป่าแบบองค์รวม คือ จัดการสวนป่าในพื้นที่ขนาดใหญ่มากกว่าที่จะเน้นการจัดการในระดับหนึ่งไร่ ผลของการจัดการสวนป่าในรูปของการเติบโตของต้นไม้สามารถศึกษาได้จาก Forest Inventory System (FIS) ของ ออป. ที่ดำเนินการจัดทำอย่างต่อเนื่อง

3.1 มวลชีวภาพ การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการคายออกซิเจน

การวิเคราะห์มวลชีวภาพได้ใช้ข้อมูลหลากหลายชั้นอายุจากสวนป่าจำนวนหลายสวน เพื่อเป็นตัวแทน เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลการเติบโตตลอดรอบตัดฟัน (1-30 ปี) จากสวนป่าเพียงสวนเดียวได้ ถือว่าเป็นข้อจำกัดในการศึกษาที่สำคัญประการหนึ่ง ฉะนั้น เมื่อนำผลการประเมินมวลชีวภาพของแต่ละชั้นอายุมาเรียงต่อกันเพื่อดูการเพิ่มพูนในแต่ละปี จึงพบว่าปริมาณมวลชีวภาพในแต่ละชั้นอายุที่น้อยอาจมีปริมาณที่สูงกว่าสวนป่าที่มีอายุมากกว่าได้ เพื่อลบข้อจำกัดดังกล่าว จึงได้พัฒนาและปรับเส้นการเติบโตโดยใช้โปรแกรม Richards ที่พัฒนาโดย Ishizuka (1991) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการหาความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตของมวลชีวภาพและเวลา (ภาคผนวก ข)

ปริมาณมวลชีวภาพ ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ การคายก๊าซออกซิเจน ของการจัดการสวนป่าแบบองค์รวม ตารางที่ 8

มวลชีวภาพของสวนป่าสักอายุ 1 ปี จะเริ่มต้นที่ 0.33 ตันต่อไร่ และจะเพิ่มขึ้นเป็น 9.89 ตันต่อไร่ ในปีที่ 15 และเมื่อมีการตัดสางครั้งที่หนึ่ง มวลชีวภาพจะลดลงเหลือ 5.07 ตันต่อไร่ และต้นสักที่เหลือในไร่ค่อยๆ เจริญเติบโต มวลชีวภาพก็จะเพิ่มเป็น 20.42 ตันต่อไร่ ในปีที่ 22 และการตัดฟันครั้งที่ 2 ทำให้ปริมาณมวลชีวภาพในปีถัดไปลดลง หลังจากนั้น ออป. ได้ดำเนินการจัดการสวนป่าแบบองค์รวม ระยะเวลาการตัดฟันจะไม่มีเวลาที่แน่นอนขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาดและการบริหารจัดการภายใน ทำให้ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย มวลชีวภาพของการปลูกสร้างสวนป่าในกรณี CMS ในปีที่ 30 เท่ากับ 9.51 ตันต่อไร่ หรือ ค่าเฉลี่ยที่ 0.32 ตันต่อไร่ต่อปี

ปริมาณการดูดซับก๊าซชีวภาพจะมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพอย่างใกล้ชิด ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 18.03 ตันต่อไร่ อัตราการดูดซับก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.60 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี การคายก๊าซออกซิเจนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสร้างมวลชีวภาพและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในกรณี CMS นี้ สวนป่าสักจะผลิตก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 12.49 ตันออกซิเจนต่อไร่ หรือ ค่าเฉลี่ยที่ 0.42 ตันออกซิเจนต่อไร่ต่อปี

ตารางที่ 8 ปริมาณมวลชีวภาพ ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการคายก๊าซ
ออกซิเจนของสวนป่าสัก จำแนกตามอายุสวนป่า กรณี CMS

อายุสวนป่า	มวลชีวภาพ (ตันต่อไร่)			การดูดซับ/การคายก๊าซ (ตันต่อไร่)		
	เหนือดิน	ใต้ดิน	รวม	การเพิ่มพูนรายปี	ปริมาณการดูดซับ CO ₂	การผลิต O ₂
1	0.26	0.06	0.33	0.33	0.62	0.43
2	0.71	0.17	0.87	0.55	1.04	0.72
3	1.23	0.30	1.53	0.65	1.23	0.86
4	1.80	0.43	2.23	0.71	1.34	0.93
5	2.40	0.58	2.97	0.74	1.40	0.97
6	3.01	0.72	3.73	0.75	1.43	0.99
7	3.61	0.87	4.48	0.75	1.43	0.99
8	4.22	1.01	5.23	0.75	1.42	0.98
9	4.81	1.15	5.96	0.73	1.39	0.96
10	5.38	1.29	6.67	0.71	1.36	0.94
11	5.94	1.43	7.37	0.69	1.32	0.91
12	6.48	1.56	8.04	0.67	1.27	0.88
13	7.00	1.68	8.68	0.64	1.22	0.85
14	7.50	1.80	9.30	0.62	1.17	0.81
15	7.98	1.91	9.89	0.59	1.12	0.78
16	3.47	1.60	5.07	-4.82	-9.15	-6.34
17	5.90	2.18	8.09	3.02	5.73	3.97
18	8.06	2.70	10.76	2.67	5.06	3.51
19	10.04	3.18	13.22	2.47	4.68	3.24
20	11.92	3.63	15.55	2.32	4.41	3.05
21	13.71	4.06	17.76	2.22	4.21	2.91
22	14.53	5.90	20.42	2.66	5.05	3.50
23	4.92	3.59	8.52	-11.91	-22.59	-15.65
24	4.56	3.50	8.06	-0.45	-0.86	-0.60
25	4.52	3.50	8.02	-0.04	-0.08	0.05
26	6.56	3.98	10.54	2.52	4.78	3.31
27	9.29	4.64	13.93	3.39	6.43	4.46
28	8.18	4.37	12.56	-1.38	-2.61	-1.81
29	5.61	3.76	9.37	-3.19	-6.05	-4.19
30	5.72	3.78	9.51	0.14	0.26	0.18
			รวม30ปี	9.51	18.03	12.49
			ค่าเฉลี่ยต่อปี	0.32	0.60	0.42

3.2 การวิเคราะห์การลงทุน กรณี CMS

ข้อมูลที่สำคัญต่อการวิเคราะห์การลงทุนและการประเมินต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้แก่ ต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่าและกระแสนายได้จากการขายเนื้อไม้

ต้นทุนในการทำสวนป่าสักประกอบด้วย 3 หมวด คือ หมวดการปลูกสร้างสวนป่า หมวดการทำไม้ และ หมวดค่าอำนาจการ ในการปลูกสร้างสวนป่าสักของอป.เป็นการดำเนินงานบนที่ดินของรัฐจึงไม่มีค่าใช้จ่ายด้านที่ดิน (ตารางที่ 9) มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่าสักหนึ่งไร่ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนลดที่ใช้ ยิ่งอัตราส่วนลดมีค่ามาก มูลค่าปัจจุบันยิ่งมีค่าน้อย กล่าวคือ ถ้าใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 6.40 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเท่ากับ 16,373 บาท และมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 24,446 บาท 29,744 บาท 24,045 บาท ณ. อัตราส่วนลดร้อยละ 4.32 3.40 และ 4.40 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่าหนึ่งไร่ ตั้งแต่เริ่มปลูกถึงครบรอบตัดฟัน (30 ปี) ในกรณีของ CMS จำแนกตามอัตราส่วนลด

กิจกรรม	อัตราส่วนลด (DiscountRate)			
	4.32% ^{1/}	3.40% ^{2/}	4.40% ^{3/}	6.40% ^{4/}
หมวดที่1 การปลูกป่ารอบตัดฟันที่2				
ค่าจ้างแรงงาน				
1 ถางป่าเตรียมพื้นที่	324	327	323	317
2 การเก็บริบ	322	325	322	316
3 เตรียมหลักหมายปลูก-ปักหลักหมายปลูก	81	82	81	80
4 เตรียมกล้าไม้-เหง้า	81	82	81	80
5 การปลูก	194	196	194	190
6 ปลูกซ่อม	53	54	53	52
7 คายวัชพืช1 (คายวงกลม,ทั่วพื้นที่)	863	894	861	800
8 ใส่ปุ๋ยครั้งที่1 (เฉพาะต้นที่ปลูกเสริม)	95	96	95	92
9 คายวัชพืช2 (ใช้มีดกลางเตียนทั่วพื้นที่)	289	293	288	280
10 ใส่ปุ๋ยครั้งที่2 (เฉพาะต้นที่ปลูกเสริม)	102	103	102	99
11 แต่งหน่อ-เกลادتอ	84	86	84	82
12 คายวัชพืช3 (ป้องกันไฟแบบกองกลาง)	147	148	147	144
13 ป้องกันไฟโดยจุดไฟชิงเผา	88	89	88	86

ตารางที่ 9 (ต่อ)

กิจกรรม	อัตราส่วนลด (DiscountRate)				
	4.32% ^{1/}	3.40% ^{2/}	4.40% ^{3/}	6.40% ^{4/}	
14	ขายพืชและป้องกันไฟ	915	948	912	847
15	สำรวจต้นไม้%รอดตายและการเจริญเติบโต (ความสูง)	11	11	11	11
16	ขายพืชทำความสะอาดสวน	401	473	395	284
17	ป้องกันไฟ	148	174	146	104
18	สำรวจสต็อกไม้FIS	20	24	20	14
19	ทำทางตรวจการ	182	184	182	179
20	ซ่อมบำรุงทางตรวจการ	279	321	276	208
21	การดูแลพื้นที่1-15ปี	353	379	351	303
22	ป้องกันการลักลอบตัดไม้และบุกรุกยึดครองพื้นที่	607	744	597	388
	ค่าวัสดุอุปกรณ์				
23	กล้าที่ปลูกเสริม	142	143	142	139
24	ปุ๋ยยูเรีย (ใส่เฉพาะกล้า)	413	416	412	405
	รวมหมวดที่1	6,193	6,589	6,162	5,500
หมวดที่2	การทำไม้:การตัดยางและตัดฟัน				
25	ขั้นตอนการทำไม้ (การคัดเลือกตัดชักลากหมายตัดทอน)	15,111	19,422	14,787	8,679
26	การเตรียมไม้ก่อนการจำหน่าย (จัดกองคัดคุณภาพการประมวลการส่งมอบไม้)	803	1,010	787	485
27	ทำความสะอาดสวนหลังทำไม้	287	375	281	159
	รวมหมวดที่2	16,200	20,806	15,854	9,323
หมวดที่3	ค่าอำนาจการ				
28	ค่าอำนาจการบริหารของส่วนกลาง	2,052	2,349	2,029	1,551
29	อื่นๆ (ถ้ามี)	-	-	-	-
	รวมหมวดที่3	2,052	2,349	2,029	1,551
	รวมต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่า	24,446	29,744	24,045	16,373

หมายเหตุ: Producer price index = 3.52% (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2553)

1/ อัตราดอกเบี้ยของพันธบัตรรัฐบาลไทยระยะยาวอายุ 20 ปี

2/ Pure rate of time preference = 0%

3/ Pure rate of time preference = 1%

4/ Pure rate of time preference = 3%

รายได้ของสวนป่า คือ ไม้สักเป็นสินค้าที่มีตลาดรองรับชัดเจน ราคาของไม้สักในปัจจุบันขึ้นอยู่กับขนาดและคุณภาพของไม้ ออป. จะนำไม้ที่ได้จากการตัดสางและไม้เมื่อครบรอบตัดฟันออกขาย ปริมาตรไม้ที่ได้จากการตัดสางที่ 1 รอบตัดฟันที่ 2 และ ครบรอบตัดฟัน เป็นจำนวน 1.5, 2 และ 6.3 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ในปีพ.ศ. 2553 ราคาของไม้รอบตัดฟันที่ 1 เท่ากับ 6,500 บาท ต่อลูกบาศก์เมตร (ออป., 2553) ราคาเนื้อไม้ในรอบตัดฟันที่ 2 เท่ากับ 8,000 บาทลูกบาศก์เมตร และเมื่อครบอายุประมาณ 30 ปี เนื้อไม้จะมีราคาสูงถึง 9,500 บาทลูกบาศก์เมตร (ออป., 2553) ผลของการวิเคราะห์การลงทุนของการปลูกสร้างสวนป่า ในกรณี CMS แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์การลงทุนของสวนป่าสัก กรณีของ CMS จำแนกตามอัตราส่วนลด

	อัตราส่วนลด (%)			
	4.32	3.4	4.4	6.4
CMS				
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (บาทต่อไร่)				
การขายไม้	69,702	88,304	68,296	41,484
มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (บาทต่อไร่)				
การลงทุนเริ่มต้น	(2,428)	(2,450)	(2,427)	(2,381)
การดูแล บำรุงรักษา	(3,765)	(4,139)	(3,735)	(3,119)
บริหารจัดการสวนป่า	(2,052)	(2,349)	(2,029)	(1,551)
ค่าทำไม้	(16,200)	(20,806)	(15,854)	(9,323)
รวมต้นทุน	(24,446)	(29,744)	(24,045)	(16,373)
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาทต่อไร่)	45,256	58,560	44,251	25,111
สรุป*				
ปริมาณการดูดซับ CO ₂ (ตัน CO ₂ ต่อไร่ต่อปี)	18.03	18.03	18.03	18.03
ต้นทุนในการดูดซับ CO ₂ (บาทต่อตันCO ₂)	(2,509.81)	(3,247.62)	(2,454.10)	(1,392.59)
ต้นทุนในการดูดซับ CO ₂ (ยูโรต่อตันCO ₂)**	(60.92)	(78.83)	(59.57)	(33.80)
ต้นทุนของต้นไม้ (บาทต่อตัน)***	(1,508.53)	(1,952.00)	(1,475.03)	(837.03)
IRR (%)	15.36	15.36	15.36	15.36

หมายเหตุ: * เครื่องหมายลบแสดงให้ทราบว่าผลประโยชน์จากการดำเนินการมากกว่าต้นทุน

** อัตราแลกเปลี่ยน 1 ยูโร = 42.1 บาท

*** จำนวน 30 ต้นต่อไร่

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของสวนป่าสักมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 25,111 บาท เมื่ออัตราส่วนลดร้อยละ 6.40 และสูงสุดเท่ากับ 58,560 บาท เมื่ออัตราส่วนลดร้อยละ 3.4 ต้นทุนในการดูดซับก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ -1,393 ถึง -3,248 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ และต้นทุนของต้นไม้เท่ากับ -837.03 ถึง -1952.00 บาทต่อตัน เครื่องหมายลบแสดงให้ทราบว่า การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีผลประโยชน์จากการดำเนินการมากกว่าต้นทุน ผลตอบแทนในการลงทุนภายใน (Internal Rate of Return) เท่ากับร้อยละ 15.36

4. กรณีที่มีการปลูกสร้างและดูแลสวนป่าตามหลักทฤษฎีวิวัฒนาการ หรือเรียกว่า Growth Theory Scenario, GTS

4.1 มวลชีวภาพ การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการคายออกซิเจน

การปฏิบัติงานจริงของสวนป่าภายใต้การกำกับดูแลของ ออป. มีความยืดหยุ่นตามสถานการณ์และข้อจำกัดในการศึกษาดังที่กล่าวมาแล้ว ผู้ศึกษาจึงได้มีการปรับข้อมูลปริมาณมวลชีวภาพของสวนป่าสักครอบคลุมส่วนเหนือดิน (above ground) และส่วนที่เป็นราก (below ground) ตามลำดับชั้นอายุต่างๆ เพื่อดูผลกระทบของการปรับเปลี่ยนแนวทางการดูแลสวนป่าในช่วงหลังการตัดสางครั้งที่สองเพื่อให้ต้นไม้เติบโตตามทฤษฎีการเจริญเติบโตของสวนป่าที่มีรอบตัดฟันระยะสั้น (Bigsby, 2009) ที่คาดว่าจะมีเกิดขึ้นจริงในสวนป่าสักของเอกชนบางราย การปรับแต่งข้อมูลมวลชีวภาพได้ส่งผลให้การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการคายก๊าซออกซิเจนเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสวนป่าสัก
จำแนกตามอายุสวนป่า กรณี GTS

อายุสวนป่า	มวลชีวภาพ (ตันต่อไร่)			การดูดซับ/การคายก๊าซ (ตันต่อไร่)		
	เหนือดิน	ใต้ดิน	รวม	การเพิ่มพูนรายปี	การดูดซับ CO ₂	การผลิต O ₂
1	0.26	0.06	0.33	0.33	0.62	0.43
2	0.71	0.17	0.87	0.55	1.04	0.72
3	1.23	0.30	1.53	0.65	1.23	0.86
4	1.80	0.43	2.23	0.71	1.34	0.93
5	2.40	0.58	2.97	0.74	1.40	0.97
6	3.01	0.72	3.73	0.75	1.43	0.99
7	3.61	0.87	4.48	0.75	1.43	0.99
8	4.22	1.01	5.23	0.75	1.42	0.98
9	4.81	1.15	5.96	0.73	1.39	0.96
10	5.38	1.29	6.67	0.71	1.36	0.94
11	5.94	1.43	7.37	0.69	1.32	0.91
12	6.48	1.56	8.04	0.67	1.27	0.88
13	7.00	1.68	8.68	0.64	1.22	0.85
14	7.50	1.80	9.30	0.62	1.17	0.81
15	7.98	1.91	9.89	0.59	1.12	0.78
16	3.47	1.60	5.07	-4.82	-9.15	-6.34
17	5.90	2.18	8.09	3.02	5.73	3.97
18	8.06	2.70	10.76	2.67	5.06	3.51
19	10.04	3.18	13.22	2.47	4.68	3.24
20	11.92	3.63	15.55	2.32	4.41	3.05
21	13.71	4.06	17.76	2.22	4.21	2.91
22	16.17	6.29	22.47	4.70	8.92	6.18
23	8.10	4.35	12.45	-10.02	-19.00	-13.16
24	9.00	4.57	13.58	1.12	2.13	1.48
25	10.00	4.81	14.81	1.24	2.35	1.63
26	11.10	5.08	16.18	1.36	2.58	1.79
27	12.31	5.36	17.67	1.50	2.84	1.97
28	13.63	5.68	19.32	1.64	3.12	2.16
29	15.09	6.03	21.12	1.80	3.42	2.37
30	16.68	6.41	23.10	1.98	3.75	2.60
			รวม30ปี	23.08	43.81	30.36
			ค่าเฉลี่ยต่อปี	0.77	1.46	1.01

มวลชีวภาพของสวนป่าสักอายุ 1 ปี จะเริ่มต้นที่ 0.33 ตันต่อไร่ และจะสะสมเพิ่มขึ้นเป็น 9.89 ตันต่อไร่ ในปีที่ 15 และเมื่อมีการตัดสางครั้งที่หนึ่ง มวลชีวภาพจะลดลงเหลือ 5.07 ตันต่อไร่ และต้นสักที่เหลือในไร่ค่อยๆ เจริญเติบโต มวลชีวภาพก็จะเพิ่มเป็น 22.47 ตันต่อไร่ ในปีที่ 22 และได้มีการตัดฟันครั้งที่ 2 ทำให้ปริมาณมวลชีวภาพในปีถัดไปลดลงเหลือ 12.45 ตันต่อไร่ และได้มวลชีวภาพเพิ่มพูนขึ้นในอัตราร้อยละ 4.4 มวลชีวภาพเมื่อครบอายุตัดฟันเท่ากับ 23.10 ตันต่อไร่ หรือค่าเฉลี่ยที่ 0.77 ตันต่อไร่ต่อปี

ปริมาณการดูดซับก๊าซชีวภาพจะมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพอย่างใกล้ชิด ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 43.81 ตันต่อไร่ อัตราการดูดซับก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.46 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี สวนป่าสักจะผลิตก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 30.36 ตันออกซิเจนต่อไร่ หรือ ค่าเฉลี่ยที่ 1.01 ตันออกซิเจนต่อไร่ต่อปี

4.2 การวิเคราะห์การลงทุน กรณี GTS

ผลตอบแทนในการลงทุนปลูกสร้างสวนป่าสักคำนวณได้จากรายได้จากการขายไม้ และต้นทุนในการปลูกสร้างผลตอบแทนการลงทุนและต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในกรณีของ GTS จะแตกต่างกับกรณีของ CMS เนื่องจากจะมีรายได้จากเนื้อไม้และรายจ่ายในหมวดการทำไม้มากขึ้น แต่ยังคงไม่มีค่าใช้จ่ายสำหรับที่ดิน (การซื้อและการเช่า)

มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่าสักหนึ่งไร่ ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงระยะเวลาตัดฟันอยู่ในช่วงตั้งแต่ 25,592 บาท (อัตราส่วนลดร้อยละ 6.40) ถึง 51,485 บาท (อัตราส่วนลดร้อยละ 3.40) รายละเอียดแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่าหนึ่งไร่ ตั้งแต่เริ่มปลูกถึงครบรอบตัด
ฟัน (30 ปี) ในกรณีของ GTS จำแนกตามอัตราส่วนลด

#	กิจกรรม	อัตราส่วนลด (%)			
		4.32%	3.40%	4.40%	6.40%
หมวดที่ 1 การปลูกป่ารอบตัดฟันที่ 2					
ค่าจ้างแรงงาน (Labour)					
1	ถางป่าเตรียมพื้นที่	324	327	323	317
2	การเก็บริบ	322	325	322	316
3	เตรียมหลัก หมายปลูก - ปักหลักหมายปลูก	81	82	81	80
4	เตรียมกล้าไม้-เหง้า	81	82	81	80
5	การปลูก	194	196	194	190
6	ปลูกซ่อม	53	54	53	52
7	ดายวัชพืช 1 (ดายวงกลม, ทั่วพื้นที่)	863	894	861	800
8	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (เฉพาะต้นที่ปลูกเสริม)	95	96	95	92
9	ดายวัชพืช 2 (ใช้มีดถางเตียนทั่วพื้นที่)	289	293	288	280
10	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (เฉพาะต้นที่ปลูกเสริม)	102	103	102	99
11	แต่งหน่อ-เกลตาต่อ	84	86	84	82
12	ดายวัชพืช 3 (ป้องกันไฟแบบกองกลาง)	147	148	147	144
13	ป้องกันไฟโดยจุดไฟชิงเผา	88	89	88	86
14	ดายวัชพืชและป้องกันไฟ	915	948	912	847
15	สำรวจดินไม้ % รอดตายและการเจริญเติบโต (ความสูง)	11	11	11	11
16	ดายวัชพืช ทำความสะอาดสวน	401	473	395	284
17	ป้องกันไฟ	148	174	146	104
18	สำรวจสต็อกไม้ FIS	20	24	20	14
19	ทำทางตรวจการ	182	184	182	179
20	ซ่อมบำรุงทางตรวจการ	279	321	276	208
21	การดูแลพื้นที่ 1-15 ปี	353	379	351	303
22	ป้องกันการลักลอบตัดไม้และบุกรุกยึดครองพื้นที่	607	744	597	388
ค่าวัสดุ อุปกรณ์					
23	กล้าที่ปลูกเสริม	142	143	142	139
24	ปุ๋ยยูเรีย (ใส่เฉพาะกล้า)	413	416	412	405
รวมหมวดที่ 1		6,193	6,589	6,162	5,500

ตารางที่ 12 (ต่อ)

#	กิจกรรม	อัตราส่วนลด (%)			
		4.32%	3.40%	4.40%	6.40%
หมวดที่ 2 การทำไม้: การตัดสางและตัดฟัน					
25	ขั้นตอนการทำไม้ (การคัดเลือก ตัด ชักลาก หมายถึง ตัดทอน)	31,140	40,330	30,452	17,544
26	การเตรียมไม้ก่อนการจำหน่าย (จัดกอง คัดคุณภาพ การประมูด การส่งมอบไม้)	1,441	1,843	1,411	838
27	ทำความสะอาดสวนหลังทำไม้	287	375	281	159
รวมหมวดที่ 2		32,868	42,547	32,143	18,541
หมวดที่ 3 ค่าอำนวยการ					
28	ค่าอำนวยการบริหารของส่วนกลาง	2,052	2,349	2,029	1,551
29	อื่นๆ (ถ้ามี)	-	-	-	-
รวมหมวดที่ 3		2,052	2,349	2,029	1,551
สรุปต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่า		41,113	51,485	40,334	25,592

หมายเหตุ: Producer price index = 3.52% (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2553)

- 1/ อัตราดอกเบี้ยของพันธบัตรรัฐบาลไทยระยะยาวอายุ 20 ปี
- 2/ Pure rate of time preference = 0%
- 3/ Pure rate of time preference = 1%
- 4/ Pure rate of time preference = 3%

เมื่อมีการปรับเปลี่ยนวิธีการดูแลสวนป่าสัก ทำให้ได้เนื้อไม้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีรายได้จากการขายไม้เพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณไม้ที่ได้จากการตัดสางที่ 1 รอบตัดฟันที่ 2 และ ครอบรอบตัดฟัน เป็นจำนวน 1.5, 2 และ 14.3 ลูกบาศก์เมตร ในปีพ.ศ. 2553 ราคาของไม้รอบตัดฟันที่ 1 เท่ากับ 6,500 บาท ต่อลูกบาศก์เมตร ราคาเนื้อไม้ในรอบตัดฟันที่ 2 เท่ากับ 8,000 บาทลูกบาศก์เมตร และเมื่อครบอายุประมาณ 30 ปี เนื้อไม้จะมีราคาสูงถึง 9,500 บาทลูกบาศก์เมตร (ออป., 2553)

ผลของการวิเคราะห์การลงทุนสวนป่าสัก กรณี GTS แสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และอัตราผลตอบแทนภายใน กรณีของ GTS จำแนกตามอัตราส่วนลด

	อัตราส่วนลด (%)			
	4.32	3.4	4.4	6.4
GTS				
มูลค่าปัจจุบันสุทธิของรายได้ (บาทต่อไร่)				
การขายไม้	130,331	167,388	127,547	75,016
มูลค่าปัจจุบันสุทธิของต้นทุน (บาทต่อไร่)				
การลงทุนเริ่มต้น	(2,428)	(2,450)	(2,427)	(2,381)
การดูแล บำรุงรักษา	(3,765)	(4,139)	(3,735)	(3,119)
บริหารจัดการสวนป่า	(2,052)	(2,349)	(2,029)	(1,551)
ค่าทำไม้	(32,868)	(42,547)	(32,143)	(18,541)
รวมต้นทุน	(41,113)	(51,485)	(40,334)	(25,592)
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาทต่อไร่)	89,217	115,903	87,213	49,424
สรุป*				
ปริมาณการดูดซับ CO ₂ (ตัน CO ₂ ต่อไร่ต่อปี)	43.82	43.82	43.82	43.82
ต้นทุนในการดูดซับ CO ₂ (บาทต่อตันCO ₂)	(2,036.18)	(2,645.22)	(1,990.45)	(1,128.00)
ต้นทุนในการดูดซับ CO ₂ (ยูโรต่อตันCO ₂)**	(49.42)	(64.20)	(48.31)	(27.38)
ต้นทุนต่อตัน ไม้ (บาทต่อตัน)***	(2,973.9)	(3,863.43)	(2,907.10)	(1,647.47)
IRR (%)	17.49	17.49	17.49	17.49

หมายเหตุ: * เครื่องหมายลบแสดงให้ทราบว่า การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลประโยชน์

จากการดำเนินการมากกว่าต้นทุน

** อัตราแลกเปลี่ยน 1 ยูโร = 42.1 บาท

*** จำนวน 30 ต้นต่อไร่

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของสวนป่าสักมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 49,424 บาทต่อไร่ เมื่ออัตราส่วนลดเท่ากับร้อยละ 6.40 และสูงสุดเท่ากับ 115,903 บาท ถ้าใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 3.4 ต้นทุนในการดูดซับก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ -1,128 ถึง -2,645 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ และต้นทุนของต้นไม้เท่ากับ -1,647.47 ถึง -3863.43 บาทต่อตัน เครื่องหมายลบแสดงให้ทราบว่า การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลประโยชน์จากการดำเนินการมากกว่าต้นทุน ผลตอบแทนในการลงทุนภายใน (Internal Rate of Return) เท่ากับร้อยละ 17.49

ส่วนที่ 2 ความเป็นไปได้ในการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่า: มุมมองทางเศรษฐศาสตร์

การปลูกป่าเป็นหนึ่งในมาตรการที่ช่วยให้ประเทศไทยบรรลุเป้าหมายเชิงนโยบายที่ต้องการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ให้ได้ร้อยละ 40 ของประเทศ และเมื่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเริ่มทวีความรุนแรงมากขึ้น การเพิ่มการสะสมคาร์บอนจากภาคป่าไม้จึงเป็นหนึ่งในมาตรการที่ได้รับการส่งเสริมเป็นอย่างมากในเวทีการเจรจาระหว่างประเทศ ในส่วนที่ 2 นี้ เป็นการวิเคราะห์จุดแข็ง (Strengths) จุดอ่อน (Weakness) โอกาส (Opportunities) และ ความเสี่ยง (Threats) ของการปลูกสวนป่า หรือเรียกโดยรวมว่า SWOT Analysis ในมุมมองของเศรษฐศาสตร์และคาร์บอนเครดิต ตลอดจนวิเคราะห์บทบาทของปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ที่มีต่อการส่งเสริมการปลูกป่าในรายละเอียด

1. การวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และ ความเสี่ยง ของการปลูกสร้างสวนป่า

จุดแข็ง (Strengths) จุดอ่อน (Weakness) โอกาส (Opportunities) และ ความเสี่ยง (Threats) ของการปลูกสร้างสวนป่าในมุมมองของเศรษฐศาสตร์และคาร์บอนเครดิต แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และ ความเสี่ยงของการปลูกสวนป่าในประเทศไทยในมุมมองของเศรษฐศาสตร์และคาร์บอนเครดิต

จุดแข็ง (Strengths)	จุดอ่อน (Weaknesses)
- สอดคล้องกับนโยบายของประเทศในการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ให้ถึงร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศ	- ต้นสักต้องการพื้นที่ที่มีลักษณะทางกายภาพเฉพาะ
- ที่ดินของรัฐไม่มีค่าเสียโอกาสของที่ดิน	- มีค่าเสียโอกาสของที่ดินในภาคเกษตรกรรม
- มีทักษะในเชิงเกษตรกรรม	- ความเร็วในการหมุนของเงิน (Velocity of Money) ช้า เมื่อเปรียบเทียบกับธุรกิจ
- ค่าแรงในภาคการเกษตรราคาถูก	การเกษตรอื่นๆ
- การปลูกป่าและการมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาโลกร้อนช่วยส่งเสริมภาพลักษณ์และเป็นเครื่องมือที่ดีสำหรับการรับผิดชอบต่อสังคม (Corporate Social Responsibility, CSR)	- ไม่เคยมีการให้ความสำคัญต่อบริการทางนิเวศของป่าไม้ในรูปของตัวเงิน (Payment for Ecological Services)
	- ไม่อยู่ในความสนใจในการลงทุนจากต่างประเทศในด้านภาคป่าไม้

ตารางที่ 14 (ต่อ)

โอกาส (Opportunities)	ความเสี่ยง (Threats)
- การเจรจาเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในเวทีต่างประเทศได้ให้การสนับสนุนการปลูกป่าเพื่อเพิ่มแหล่งสะสมคาร์บอน	- มาตรการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความสลับซับซ้อนและยุ่งยาก
- คาร์บอนกลายเป็นสินค้าที่มีมูลค่าและมีตลาดรองรับ	- ทิศทางของการเจรจาหลังพันธกรณีที่หนึ่ง (พ.ศ. 2555) ของพิธีสารเกียวโตยังไม่แน่นอน
- มีการสนับสนุนทางการเงินจากต่างประเทศเพื่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก	- ต้องแข่งขันกับธุรกิจการเกษตรอื่นๆ
- CSR มีส่วนช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน	- ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจมองไม่เห็นความสำคัญของการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการวิเคราะห์ข้างต้น สามารถสรุปปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่สำคัญที่ส่งผลให้การปลูกสร้างสวนป่าไม่เป็นที่แพร่หลาย คือ

1.1 อัตราส่วนลด (Discount Rate): อัตราส่วนลด (Discount Rate) จะเป็นตัวสะท้อนถึงความสำคัญและเร่งด่วนของการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การใช้อัตราส่วนลดที่สูงจะส่งผลให้มีการลงทุนเพื่อแก้ปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่น้อยเกินไป ในทางตรงกันข้าม การใช้อัตราส่วนลดที่ต่ำเกินไป ก็จะส่งผลให้มีการลงทุนที่มากเกินไป ใช้ทรัพยากรมากเกินไป (Arrow *et al.*, 1995 อ้างใน IPCC, 1995)

1.2 ค่าเสียโอกาสของที่ดิน: ที่ดินที่เหมาะสมในการปลูกป่ามีจำกัดและที่ดินผืนเดียวกันนั้น ยังสามารถใช้ในการทำกิจกรรมทางการเกษตรรูปแบบอื่นได้ เช่น ปลูกข้าว พืชไร่ จึงทำให้ผู้เป็นเจ้าของที่ดินต้องตัดสินใจเลือกดำเนินกิจกรรมที่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นจึงเกิดการแข่งขันระหว่างการปลูกสร้างสวนป่ากับธุรกิจการเกษตรอื่นๆ ทำให้ที่ดินมีต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) และต้องพิจารณาผลตอบแทนในการลงทุนของแต่ละกิจกรรม

1.3 การหมุนของเงิน (Velocity of Money) หมายถึง ความถี่ของเงินที่ถูกใช้ไปในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ การหมุนของเงินจากการปลูกสร้างสวนปามีน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์

ทางการเกษตรอื่น (Cash Crop) เนื่องจากสวนป่ามีรอบการตัดฟันที่ยาว 30 ปี รายได้จะได้รับก็ต่อเมื่อมีการขายไม้ ในขณะที่พืชการเกษตรอื่นมีรอบการผลิตที่สั้นกว่า ทำให้ผู้ประกอบการสามารถได้รับกระแสเงินได้เข้าได้เร็วกว่า

1.4 มูลค่าของบริการทางนิเวศ: เป็นปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ที่เป็นมูลเหตุสำคัญที่ทำให้พื้นที่ป่าไม้ไม่เพิ่มขึ้นและกลับลดลง เนื่องจากไม่ได้มีการจ่ายชดเชยที่เป็นตัวเงินให้กับบริการทางนิเวศของป่า

2. ปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อการลงทุนในสวนป่า

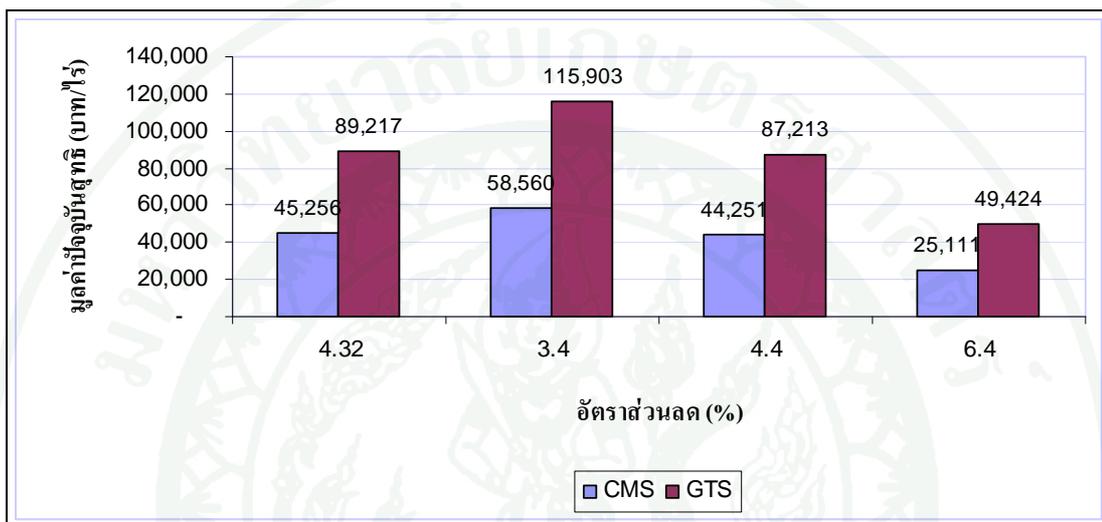
2.1 อัตราส่วนลด

อัตราส่วนลด (discount rate) มีอิทธิพลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ต้นทุนการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของสวนป่า ต้นทุนของต้นไม้เป็นอย่างไร แต่ไม่มีผลต่ออัตราผลตอบแทนภายใน (ภาพที่ 37) ดังนั้น การเลือกใช้อัตราส่วนลดในการวิเคราะห์การลงทุนมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะโครงการที่เกี่ยวข้องกับการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในการศึกษานี้ ได้ทดลองเลือกใช้อัตราส่วนลด 4 ค่า คือ ร้อยละ 4.32 ซึ่งเท่ากับอัตราผลตอบแทนจากพันธบัตรระยะยาวของประเทศไทย และ อัตราส่วนลดจากการศึกษาของต่างประเทศที่ระบุถึงอัตราส่วนลดที่เหมาะสมสำหรับโครงการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จำนวน 3 ค่า คือ ร้อยละ 3.4, 4.4 และ 6.4 (Anthoff, 2007) เพื่อศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนลดที่มีต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิของสวนป่า และ ต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

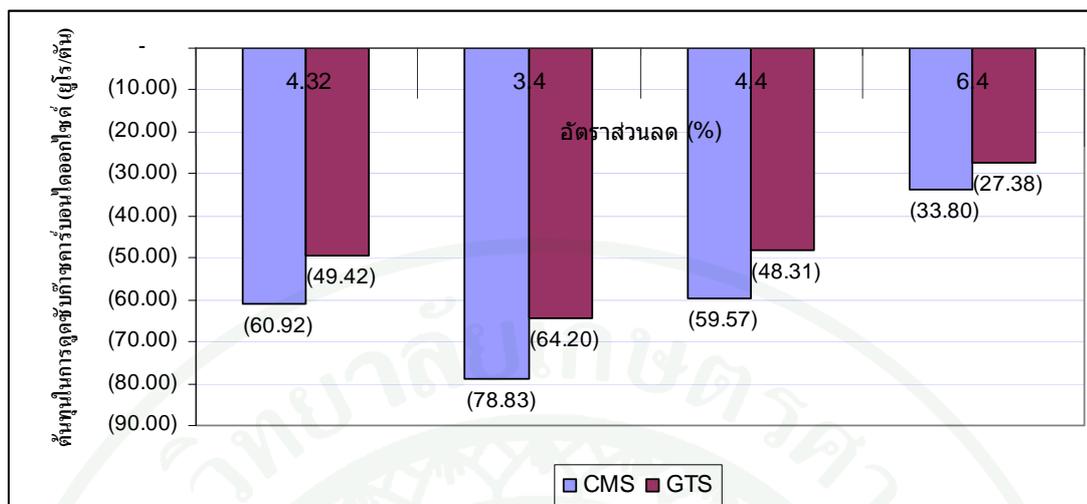
ผลการศึกษา (ภาพที่ 36 และภาพที่ 37) ซึ่งให้เห็นว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของการปลูกสร้างสวนป่าเท่ากับ 45,256 บาทต่อไร่ ถ้าใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 4.32 และจะลดเป็น 25,111 บาทต่อไร่ เมื่อใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 6.4 สำหรับสวนป่าในกรณี CMS ในกรณีสวนป่า GTS มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 89,217 บาทต่อไร่ เมื่ออัตราส่วนลดเท่ากับร้อยละ 4.32 และจะลดเป็น 49,424 บาทต่อไร่ ใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 6.4

ผลกระทบของอัตราส่วนลดยังส่งผลต่อเนื่องไปยังต้นทุนของต้นไม้อีกทอดหนึ่งด้วย ตัวอย่างเช่น เมื่อใช้อัตราส่วนลดเท่ากับร้อยละ 6.4 ต้นทุนเท่ากับ -837.03 บาทต่อต้น และเพิ่มเป็น 1,952 บาทต่อต้น เมื่ออัตราส่วนลดต่ำลงเป็นร้อยละ 3.4 ในกรณีของ CMS เช่นเดียวกับกรณี GTS ที่ต้นทุนของต้นไม้เท่ากับ -1647.47 บาทต่อต้น เมื่อใช้อัตราส่วนลดเท่ากับ 6.4 และเพิ่มขึ้นเป็น -3863.43 บาทต่อต้น เมื่ออัตราส่วนลดเท่ากับร้อยละ 3.4



ภาพที่ 36 อิทธิพลของอัตราส่วนลดที่มีต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการปลูกสร้างสวนป่า

ภาพที่ 37 แสดงให้เห็นว่าต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะแปรผันตามอัตราส่วนลด ถ้าใช้อัตราส่วนลดที่ต่ำ ต้นทุนในการดูดซับฯ จะมากกว่าการใช้อัตราส่วนลดที่น้อย



ภาพที่ 37 อิทธิพลของอัตราส่วนลดที่มีต่อต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสวนป่า

2.1.1 อัตราส่วนลดสำหรับโครงการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

อัตราส่วนลด (discount rate) เป็นตัวแปรสำคัญในการวิเคราะห์และประเมินโครงการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากทำให้ผลกระทบในแต่ละช่วงเวลาสามารถเปรียบเทียบกันได้ โดยอัตราส่วนลดจะทำหน้าที่แปลงค่าเงินในอนาคตของโครงการให้เทียบเท่ากับมูลค่าเงินในปัจจุบัน โดยทั่วไปแล้วอัตราส่วนลดมักจะมีค่าเป็นบวก เนื่องจากทรัพยากรที่ลงทุนในปัจจุบันมักจะแปรสภาพเป็นทรัพยากรที่มากกว่าในอนาคตได้ ถ้าผลตอบแทนของการลงทุนในการควบคุมระดับก๊าซเรือนกระจกมากกว่าอัตราผลตอบแทนของการลงทุนอื่น ๆ ไปด้วยแล้ว ผู้คนในยุคสมัยหน้า (Future generation) ก็ย่อมจะมีสภาพที่ดีกว่า (better off) การลงทุนประเภทอื่นๆ

ดำเนินงานในโครงการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมักจะเป็นโครงการที่มีระยะเวลายาวนานและกว่าจะเห็นผลการดำเนินการก็ต้องใช้เวลาที่มากกว่าทศวรรษ ดังนั้นการเลือกอัตราส่วนลดจะมีผลกระทบอย่างมากต่อมูลค่าปัจจุบันของทางเลือกและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย การใช้อัตราส่วนลดที่สูงจะส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันมีค่าต่ำ ตัวอย่างเช่น โครงการลงทุนเพื่อลดโลกร้อนที่มีมูลค่าหนึ่งพันล้านดอลลาร์เป็นระยะเวลา 50 ปี จะมีมูลค่าปัจจุบันเพียง 33.9 ล้านดอลลาร์ถ้าใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 7 ($[1 \times 10^9] / 1.07^{50}$) แต่ถ้ากระแสของต้นทุนมีระยะเวลายาวนานถึง 200 ปีแล้ว มูลค่าปัจจุบันจะลดลงเหลือเพียง 1,300 เหรียญสหรัฐ ดังนั้นการใช้อัตราส่วนลดที่สูงจะส่งผล

ให้มีการลงทุนเพื่อแก้ปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่น้อยเกินไป ในทางตรงกันข้าม การใช้อัตราส่วนลดที่ต่ำเกินไป ก็จะส่งผลให้มีการลงทุนที่มากเกินไป ใช้ทรัพยากรมากเกินไป (Arrow *et al.*, 1995 อ้างใน IPCC, 1995)

ในการตัดสินใจเลือกอัตราส่วนลดมี 2 แนวทาง คือ Normative Economics และ Positive Economics ซึ่งทั้ง 2 แนวทางนี้ตั้งต้นด้วยคำถามที่ต่างกัน คือ ฝ่าย Normative หรือ Ethical Perspective จะเน้นทางด้านจริยธรรมโดยมีคำถามที่สำคัญ “ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับคนในยุคหน้าจะวัดมูลค่าอย่างไร —How should impacts on future generations be valued?” ในขณะที่ฝ่าย Positive Economics จะตั้งคำถามว่า “การลงทุนเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะทดแทนการลงทุนอื่นๆ มากน้อยเพียงไร—To what extent will investment made to reduce greenhouse gas emissions displace investment elsewhere?” การพิจารณาเรื่องอัตราส่วนลดมักจะค่อนข้างสับสนเนื่องจากมี 3 ประเด็นที่มักจะถูกหยิบยกขึ้นมาพิจารณา คือ เราจะคิดส่วนลดของสวัสดิการ (welfare) หรือ รรถประโยชน์ (utility) ของคนในยุคสมัยหน้าได้อย่างไร เราจะคิดส่วนลดของค่าเงินในอนาคตอย่างไร และเราจะคิดลดมลพิษในอนาคตอย่างไร นอกจากนี้ยังได้มีการดึงประเด็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพ (efficiency) จริยธรรม (ethic) และความเสมอภาค (equality) เนื่องจากเล็งเห็นว่าคนรุ่นใหม่ในอนาคตไม่สามารถมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกนโยบายที่จะมีผลกระทบต่อตนเองได้ และผู้มีหน้าที่ในการตัดสินใจในปัจจุบันยังไม่อาจที่จะชดเชยคนในยุคหน้าสำหรับความอยู่ดีกินดีที่จะลดลงเนื่องจากนโยบายในปัจจุบัน

ก. สมการอัตราส่วนลด

นักเศรษฐศาสตร์โดยทั่วไปเห็นด้วยที่จะใช้การวิเคราะห์เชิง Cost-Benefit รวมทั้งอัตราส่วนลด (discount rate) ว่าเป็นเครื่องมือในการพิจารณา นโยบายที่มีระยะเวลายาวหรือนโยบายที่มีผลกระทบต่อคนในรุ่นถัดๆ ไป แต่การเลือกแบบได้อย่างเสียอย่าง (trade-off) ระหว่างการบริโภคในปัจจุบันและการบริโภคในอนาคตได้ก่อให้เกิดคำถามที่สำคัญ 2 คำถาม คือ 1) เราคิดเกี่ยวกับการ trade-off อย่างไร 2) คิดเป็นมูลค่าเท่าไร? นักเศรษฐศาสตร์ได้ใช้แนวความคิดเรื่อง รรถประโยชน์หน่วยสุดท้ายของสังคมในการบริโภค (social marginal utility of consumption) ในปัจจุบันเปรียบเทียบกับการบริโภคในอนาคตมาพิจารณา ซึ่งจะให้อัตราส่วนลดสามารถแสดงในรูปของสมการได้ดังนี้

$$d = \rho + \theta g \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 10}$$

โดย d = อัตราส่วนลด (discount rate)

ρ = pure time preference หรือ utility discount rate ซึ่งวัดความแตกต่างของอรรถประโยชน์ในปัจจุบันเปรียบเทียบกับอนาคต

θ = ค่าสัมบูรณ์ของความยืดหยุ่นของอรรถประโยชน์หน่วยสุดท้าย (elasticity of marginal utility) ซึ่งวัดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรายได้ที่มีต่อความอยู่ดีกินดีหรือสวัสดิการ (welfare)

g = อัตราเจริญเติบโตของการบริโภคต่อหัว (growth rate of per capita consumption)

สมการแนวความคิดอัตราส่วนลดได้เอื้อให้อัตราส่วนลดสามารถเกี่ยวข้องกับหลายประเด็น ได้แก่ ความเสี่ยง (risk) สินค้าที่ไม่มีตลาดรองรับ (non-market goods) และความเสมอภาคของคนในแต่ละยุคสมัย สมการข้างต้นยังได้ชี้ให้เห็นเหตุผลที่สำคัญสองประการในการคิดอัตราส่วนลดของการบริโภคในอนาคต ดังนี้

- คนให้ความสำคัญเกี่ยวกับผู้บริโภคนอนาคตน้อยกว่าในปัจจุบัน หรือความสนใจเกี่ยวกับความอยู่ดีกินดีของอนาคตมากกว่าในปัจจุบัน ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นชัดในค่า ρ

- คนเชื่อว่าผู้บริโภคนอนาคตจะมีชีวิตที่ดีกว่าในปัจจุบัน ซึ่งสะท้อนในค่า θ_g

ข. PRESCRIPTIVE APPROACH

แนวความคิดแบบ Prescriptive Approach มักจะมีอัตราส่วนลดที่ต่ำ เนื่องจากเชื่อว่าอัตราดอกเบี้ยตลาดจะเป็นตัวชี้วัดที่ไม่ดีของการ trade-off ของสังคม เนื่องจากตลาดไม่สมบูรณ์ นโยบายทางด้านภาษีและข้อจำกัดทางนโยบาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฟ้องถ่ายสู่ผู้คนในยุคอนาคตเป็นไปได้ยาก ถ้าไม่มีข้อจำกัดดังกล่าว อรรถประโยชน์ของสังคมหน่วยสุดท้ายในการบริโภคจะเท่ากันทุกจุดบนเส้นเวลา การทดแทนหน่วยสุดท้ายของสังคมระหว่างการบริโภคในปัจจุบันและในอนาคตจะเท่ากับอัตราดอกเบี้ยในท้องตลาด แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อมีข้อจำกัดต่างๆ เกิดขึ้น การทดแทนหน่วยสุดท้ายของสังคมจะแตกต่างจากอัตราดอกเบี้ยตลาด

ผู้ที่สนับสนุนแนวความคิดแบบ Prescriptive Approach จะใช้คำศัพท์ Social Rate of Time Preference (SRTP) เพื่อแสดงถึงอัตราส่วนลดที่พวกเขาคิดมาและมีรูปสมการดังนี้

$$SRTP = \rho + \theta_g \dots\dots\dots\text{สมการที่ 11}$$

โดย ρ = ส่วนลดของอรรถประโยชน์ของคนในยุคอนาคต ซึ่งบางครั้งหมายถึงความไม่อดทน (impatience) หรือ วิตยทัศน์สั้น (myopia) หรือ ความเห็นรู้สึกเห็นอกเห็นใจที่มีให้ต่อผู้คนในยุคเดียวกันหรือยุคใกล้เคียงกัน

θ_g = ส่วนลดจากที่เพิ่มขึ้นของการบริโภค ถ้าการบริโภคเพิ่มขึ้นในอัตรา g ดังนั้นการบริโภคที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาถัดไปจะต้องถูกคิดลดในอัตรา θ_g เพื่อคิดค่าอรรถประโยชน์หน่วยสุดท้ายของการบริโภคที่ต่ำลง ณ. การบริโภคที่เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีการให้น้ำหนักของปัจจุบันเท่ากับอนาคต ค่า pure time preference จะเท่ากับศูนย์ ($\rho = 0$)

การบริโภคในอนาคตก็จำเป็นต้องมีการคิดลด ถ้าในยุคถัดไปคาดว่าตนจะต้องมีสถานะที่ดีขึ้น ในกรณีนี้การบริโภคที่เพิ่มขึ้นในอนาคตจะมีค่าไม่เท่ากับในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในอัตราเดียวกับเมื่อศตวรรษที่ผ่านมา ส่งผลให้ประสิทธิภาพและมาตรฐานการครองชีพจะเพิ่มขึ้นสองเท่าทุก 3 ปี ดังนั้นค่า g ที่สูงขึ้นนี้จะผลักดันให้ค่า SRTP สูงขึ้น นั่นหมายความว่า การบริโภคที่เพิ่มขึ้นของคนในยุคหน้าซึ่งจะร่ำรวยกว่าคนในยุคปัจจุบัน จะมีค่าน้อยกว่าหน่วยการบริโภคที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบัน

แนวความคิด SRTP จะให้ค่ากับการเปลี่ยนแปลงของการบริโภคทั้งหมดทุกวัน ไม่ใช่แค่ผลผลิตทางตรงของโครงการ เมื่อโครงการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ทดแทนการลงทุนอื่น การบริโภคในอนาคตจะต้องถูกลดลงโดยการบริโภคที่ถูกทดแทนโครงการลงทุนที่จะเกิดขึ้น ดังนั้น SRTP จะประยุกต์ใช้กับการบริโภคสุทธิ ค่าต่างๆ จะถูกแปลงให้อยู่ในค่าของการบริโภคเทียบเท่า (consumption equivalent) และต้องคิดลดด้วยอัตรา SRTP

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น พบว่าข้อสรุปของ Prescriptive Approach มีดังต่อไปนี้

- การประยุกต์ใช้อัตราส่วนลดกับการลงทุนของรัฐและเอกชนรวมทั้งการตัดสินใจเชิงนโยบายเป็นเรื่องที่เหมาะสม โดยอัตราส่วนลดจะมองจากมุมมองของจริยธรรม ซึ่งสะท้อนถึงมุมมองของการเสียดุลของการบริโภคข้ามยุคสมัย

- เนื่องจากการฟ้องถ่ายระหว่างรุ่นต่อรุ่นมีข้อจำกัดและการขาดนโยบายภาษีที่ดี ทำให้ SRTP มักจะอยู่ต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ยของผู้ผลิต (producer rate of interest)

- ต้นทุนของโครงการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะต้องรวมผลประโยชน์ที่เสียไปของการลงทุนอื่นที่ไม่ได้เกิดขึ้น นั่นหมายความว่าต้นทุนควรจะต้องถูกปรับด้วยราคาเงาของทุนและค่าปัจจุบันของการบริโภคในอนาคตจากการลงทุน ถ้าโครงการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปทดแทนการลงทุนในภาคเอกชน และ ถ้าผลตอบแทนของทั้งสองโครงการเกิดขึ้นในยุคเดียวกัน การใช้ค่าเสียโอกาสของการลงทุนและ SRTP จึงเป็นเรื่องที่เหมาะสม

อัตราส่วนลดในมุมมองของ Prescriptive Approach

ถ้ากำหนดให้ Pure rate of time preference เท่ากับศูนย์ ($\rho = 0$) อัตราของประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น (และค่า g ที่สูงขึ้น) ในอัตราร้อยละ 1.5 ผสมผสานกับค่าความยืดหยุ่นของอรรถประโยชน์หน่วยสุดท้ายที่สูง (θ) จะได้ค่าอัตราส่วนลดของสังคมประมาณร้อยละ 3 แต่ถ้าประสิทธิภาพการผลิตที่เพิ่มขึ้นมีอัตราร้อยละ 0.5 และค่าความยืดหยุ่นของอรรถประโยชน์หน่วยสุดท้ายที่ต่ำ ค่าอัตราส่วนลดของสังคมจะมีค่าประมาณร้อยละ 0.5 ในสถานการณ์ที่ย่ำแย่ (gloomy scenario) ที่ผลิตในอนาคตและการบริโภคลดลง ค่า g และ SRTP อาจจะเป็นลบได้ นอกจากนี้แล้ว อัตราส่วนลดไม่จำเป็นต้องมีค่าเท่ากันตลอดอายุโครงการ ถึงแม้ว่าค่า ρ และ θ จะคงที่ แต่ g ไม่จำเป็นต้องคงที่

ในเอกสารที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้มีการใช้ค่าอัตราส่วนลดที่แตกต่างกัน Cline (1992) ได้ใช้ค่า pure time of preference (ρ) และใช้ค่ากลางๆ ของอัตราการเจริญเติบโตของการบริโภคประมาณร้อยละ 1.6 ต่อหัว ดังสมมุติฐานที่ IPCC ใช้ คู่กับค่าความยืดหยุ่นของอรรถประโยชน์หน่วยสุดท้าย θ ที่ 1.5 ค่า SRTP จะเท่ากับร้อยละ 2.4 ถ้าตั้ง

สมมุติฐานว่าค่าอัตราการเจริญเติบโตของการบริโภคเท่ากับร้อยละ 1 หรือถ้า θ เท่ากับ 1 ค่า SRTP จะเท่ากับร้อยละ 1.5 ถ้าใช้สัดส่วนของการใช้ทรัพยากรร้อยละ 20 ในทางเศรษฐกิจและร้อยละ 80 เพื่อการบริโภค รวมคิดค่าเสียโอกาสของทุนและค่าเสื่อมราคา อัตราส่วนลดที่มีประสิทธิภาพ (effective rate of discount rate) จะเท่ากับร้อยละ 2-3 Lippke and Perez-Garcia (2008) ใช้ อัตราส่วนลดที่ร้อยละ 5 Anthoff (2007) ประเมินว่าอัตราส่วนลด (effective discount rate) จะอยู่ในช่วงร้อยละ 3.4 4.4 และ 6.4 สำหรับภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ถ้า pure time of preference เท่ากับร้อยละ 0 1 และ 3 ตามลำดับ

สำหรับประเทศกำลังพัฒนา ค่า SRTP ที่สูงจะมีความเหมาะสมกว่า เพราะประเทศกำลังพัฒนาเหล่านี้มักจะมีประสิทธิภาพในการผลิตที่สูง มีประสิทธิภาพแรงงาน (labour productivity) เพิ่มขึ้นในระดับร้อยละ 5-8 ต่อปี ดังเช่นหลายๆ ประเทศในเอเชีย และค่าความยืดหยุ่นของอรรถประโยชน์หน่วยสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 2 ซึ่งส่งผลให้ค่าอัตราส่วนลดเป็นประมาณร้อยละ 10-16 สำหรับประเทศที่มีรายได้ใกล้เคียงกับระดับพวยังชีพ อาจจะมีค่าความยืดหยุ่นของอรรถประโยชน์หน่วยที่สูงได้ ดังนั้นค่า SRTP อาจสูงได้เช่นกัน แม้ว่าอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจต่ำในช่วงระยะเวลายาวนาน ความแตกต่างของ SRTP ระหว่างประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนาได้มีนัยว่าประเทศที่กำลังพัฒนาที่มีความเต็มใจที่จะลงทุนเพื่อบรรเทาและแก้ไขปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากกว่าประเทศกำลังพัฒนา

อัตราส่วนลดนี้ประยุกต์ใช้กับการบริโภคเท่านั้น และจะใช้ได้เมื่อผลประโยชน์ที่พึงรับจากการลงทุนที่ไม่ได้ลงทุน (forgone benefits) ได้ถูกรวมเข้าไปในโปรแกรมแล้ว ถ้าค่าเสียโอกาสจากการลงทุนที่ไม่ได้ลงทุนมีค่าสูง ทำให้ประเมินได้ว่าการบริโภคและการผลิตในอนาคตจะรับผลกระทบในทางลบ ส่งผลให้การลงทุนเพื่อบรรเทาและแก้ไขปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังไม่น่าสนใจ

อย่างไรก็ตาม มักจะมีข้อวิพากษ์ว่าค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน (ผลตอบแทนของตลาด) มักจะมากกว่าค่า SRTP นั้นหมายความว่าสังคมไม่ควรลงทุนบนพื้นฐานของอัตราส่วนลดร้อยละ 2 เพราะการกระทำเช่นนั้นทำให้เราเสียโอกาสในการลงทุนที่ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่า พวกที่สนับสนุนแนวความคิดแบบ Prescriptive approach ได้โต้แย้งว่า SRTP จะไม่เท่ากับผลตอบแทนของตลาด เพราะสังคมไม่สามารถตัดสินใจลงทุนอะไรในระยะเวลาที่ยาวนานมากๆ พอกับผลกระทบของสภาวะโลกร้อนได้ นอกจากนั้นแล้ว ถ้า SRTP มีค่าเท่ากับร้อยละ 1-2 แล้ว

ผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับร้อยละ 1-2 ก็ยังดีกว่าที่จะไม่มีการลงทุนเพื่อบรรเทาปัญหาโลกร้อนเลย

ค. DESCRIPTIVE APPROACH

ผู้ให้การสนับสนุนแนวความคิดด้าน Descriptive Approach มีหลักการ 3 ประการ คือ

1) ค่าใช้จ่ายในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะทดแทนการลงทุนในรูปแบบอื่นๆ ผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจควรเลือกกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการบริโภคมากที่สุด

2) ถ้าการลงทุนเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีผลตอบแทนที่ต่ำกว่าการลงทุนประเภทอื่นๆ ฉะนั้น การเลือกลงทุนอื่นๆ จะทำให้คนในยุคปัจจุบันและอนาคตดีขึ้น ควรแยกการพิจารณาเรื่องการถ่ายโอนความยุติกันดีให้กับคนในยุคสมัยหน้าออกก่อน (ถ้าจำเป็น)

3) สมการความอยู่ดีกินดีของสังคม (social welfare function)

ผู้ที่สนับสนุนแนวความคิดแบบ Descriptive Approach พิจารณาการลงทุนต่างๆ ที่เกิดขึ้นและตั้งอัตราส่วนลดตามนั้น เนื่องจากตั้งใจที่จะแบ่งสรรทรัพยากรทางเศรษฐกิจให้กับคนในยุคสมัยหน้าให้มากที่สุดและให้เขาเหล่านั้นเป็นผู้ที่ตัดสินใจเลือกใช้ทรัพยากรเหล่านั้นเอง จากหลักการดังกล่าว นักเศรษฐศาสตร์จึงได้เน้นถึงความสำคัญของค่าเสียโอกาสของทุนผลตอบแทนจากการลงทุนที่ต่างกันเพียงเล็กน้อยจะส่งผลที่แตกต่างกันมากในระยะยาว จึงเป็นเรื่องที่ไม่ฉลาดนักที่สังคมเสียสละการลงทุนที่ได้ผลตอบแทนร้อยละ 5 แล้วไปเลือกการลงทุนที่ได้ผลตอบแทนร้อยละ 2

ผู้สนับสนุนแนวความคิดแบบ Descriptive Approach ได้ถกเถียงถึงอัตราส่วนลดที่เหมาะสมว่าจะใช้อัตราดอกเบี้ยของผู้ผลิต (อัตราดอกเบี้ยของภาคเอกชนที่จะเลือกลงทุนในปัจจุบันและอนาคต) อัตราดอกเบี้ยของผู้บริโภค (เท่ากับอัตราดอกเบี้ยของผู้ผลิตหลังหักภาษี) หรือ ค่าที่อยู่ระหว่างทั้งสอง ซึ่งจะเลือกใช้อัตราใดนั้น ขึ้นอยู่กับอัตราการเบี่ยงเบนในระบบภาษี อัตราผลตอบแทนของเงินลงทุนของธุรกิจ หุ้น และ พันธบัตร มักจะมีความเสี่ยงรวมอยู่ด้วย

เสมอ แต่อย่างไรก็ตาม พันธบัตรรัฐบาลมักจะถูกมองว่าเป็นการลงทุนที่มีความเสี่ยงต่ำและเหมาะสมที่จะใช้เป็นอัตราส่วนลด หรือ discount rate

ในการศึกษานี้ ได้ใช้อัตราส่วนลดเท่ากับอัตราดอกเบี้ยพันธบัตรรัฐบาลไทยระยะยาว คือ ร้อยละ 4.32 (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2554)

2.2 ผลตอบแทนในการลงทุนของธุรกิจการเกษตรของประเทศไทย

กิจกรรมที่แตกต่างกัน มีรูปแบบของกระแสของต้นทุนและกระแสของรายได้ตลอดอายุโครงการแตกต่างกัน ส่งผลให้แต่ละหน่วยธุรกิจมีเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนที่ต่างกันไป ระดับของผลตอบแทนภายใน (IRR) ที่ใช้เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการลงทุน เรียกว่า IRR Hurdle Rate หรือ Benchmark

ในการศึกษานี้ ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนของแต่ละกิจกรรมการเกษตรจากผลการวิเคราะห์การลงทุน (Investment Analysis) ของโครงการภาคอุตสาหกรรมเกษตรของประเทศไทยที่เข้าร่วมกระบวนการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism, CDM) ซึ่งมีการตรวจสอบความถูกต้องและได้จดทะเบียนกับคณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM Executive Board, CDM EB) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จำนวน 16 โครงการ (ตารางที่ 15) (UNFCCC, 2554)

ตารางที่ 15 เกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนของรัฐกิจการเกษตรของประเทศไทย

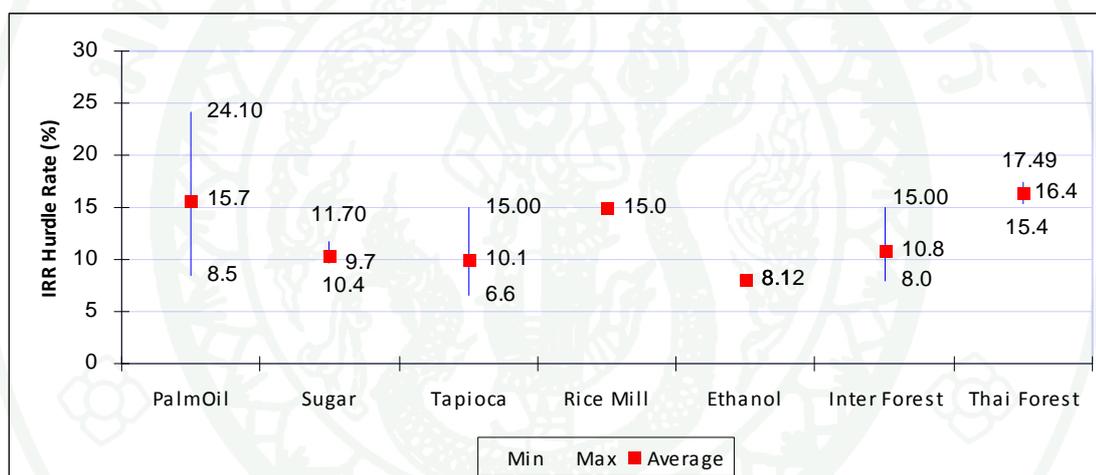
#	Agri-business type	CDM Project Title	Hurdle Rate (%)
1	Palm Oil	Chumporn applied biogas technology for advanced waste water management	14.95
2	Palm Oil	TBEC Tha Chang Biogas Project	15.82
3	Palm Oil	Green Glory Wastewater Treatment and Electricity Generation in Suratthani, Thailand	8.52
4	Palm Oil	Southern Palm Wastewater Treatment and Electricity Generation in Suratthani, Thailand	8.52
5	Palm Oil	Srijaroen Palm Oil Wastewater Treatment Project in Krabi Province, Thailand	15.00
6	Palm Oil	Green to Energy Wastewater Treatment Project in Thailand	24.10
7	Palm Oil	Thachana Palm Oil Company Wastewater Treatment Project in Thailand	23.00
8	Rice mill	Power Prospect 9.9 MW Rice Husk Power Plant	15.00
9	Sugar	Dan Chang Bio Energy Cogeneration Project (DCBC)	9.69
10	Sugar	Phu Khieo Bio-Energy Cogeneration Project (PKBC)	9.69
11	Sugar	Khon Kaen Sugar Power Plant	11.70
12	Ethanol	Biogas from Ethanol Wastewater for Electricity Generation	8.12
13	Tapioca	Eiamburapa Company Ltd. Tapioca starch wastewater biogas extraction and utilization project, Sakaeo Province, Kingdom of Thailand	8.68
14	Tapioca	Siam Quality Starch Wastewater Treatment and Energy Generation Project in Chaiyaphum, Thailand	15.00
15	Tapioca	Bangna Starch Wastewater Treatment and Biogas Utilization Project	6.56
16	Tapioca	Biogas project, Cargill Siam Burapa	15.00
		Average	13.08

ที่มา: UNFCCC (2554)

ถึงแม้ว่าข้อมูลในตารางที่ 15 จะเป็นการดำเนินโครงการที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสีย และ ชีวมวลมาผลิตเป็นพลังงานเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรไม่ใช่การดำเนินการกิจกรรมการเกษตรโดยตรง แต่อย่างน้อยก็เป็นข้อมูลประมาณการที่ดีที่สุดที่มีอยู่ในปัจจุบันที่สามารถใช้ออกุมานอัตราผลตอบแทนภายในอย่างต่ำที่ผู้ประกอบการภาคการเกษตรต้องการ อุตสาหกรรม

การเกษตรที่ระบุในตารางที่ 15 ได้แก่ อุตสาหกรรมแปรรูปน้ำมันปาล์ม อุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมแปรรูปแป้งมัน โรงสีข้าว

จากตารางข้างต้นและการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับภาคป่าไม้ของประเทศไทยที่ประเมินได้จากการศึกษาฉบับนี้ เสริมด้วยการทบทวนเกณฑ์การลงทุนในโครงการ CDM ภาคป่าไม้จากต่างประเทศ ทำให้สรุปได้ว่า อัตราผลตอบแทนภายในที่ใช้เกณฑ์ในการลงทุนในภาคการเกษตร (IRR Hurdle Rate) ของประเทศไทยอยู่ในช่วงร้อยละ 6.56 – 24.10 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 13.46 และถ้าตัดข้อมูล โครงการ Bangna Starch Wastewater Treatment and Biogas Utilization Project ที่มีค่าอัตราผลตอบแทนภายในที่ต่ำมากออก ทำให้ค่าเฉลี่ยของ Hurdle Rate จะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 13.86 (ภาพที่ 38)



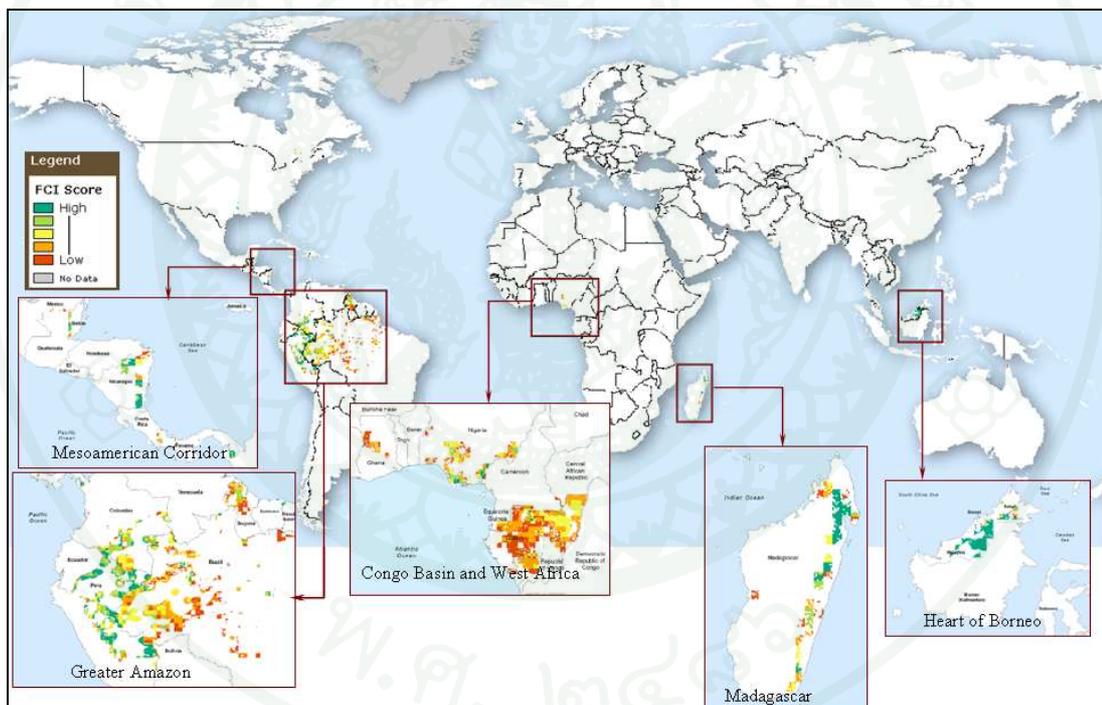
ภาพที่ 38 อัตราผลตอบแทนที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุน (IRR Hurdle Rate)

ที่มา: ข้อมูลจาก UNFCCC (2554) วิเคราะห์โดยผู้เขียน

ในการศึกษานี้ กำหนดให้อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR Hurdle Rate) เท่ากับร้อยละ 13.86 เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจการลงทุนปลูกสร้างสวนป่า โดยพิจารณาจากการดำเนินงานสวนป่าในปัจจุบันเปรียบเทียบกับธุรกิจการเกษตรอื่นๆ ของไทย

2.3 การลงทุนภาคป่าไม้จากต่างประเทศ

Resource for the Future and Climate Advisor (2009) ได้จัดทำ Forest Carbon Index เพื่อบ่งบอกถึงพื้นที่ที่เหมาะสมในการลงทุนภาคป่าไม้โดยพิจารณาถึงปัจจัยด้านการสร้างกำไรของผู้ลงทุน (profit potential) ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์และชีววิทยา และความเสี่ยง (risk) ซึ่งครอบคลุมความยากง่ายในการประกอบธุรกิจ ธรรมชาติภูมิประเทศ และความพร้อมของประเทศ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ที่น่าสนใจในลำดับแรกๆ ของการลงทุนภาคป่าไม้ ได้แก่ ใจกลางบอร์เนียว กลุ่มน้ำเมซอน คองโกและอาฟริกาตะวันตก มาดากัสการ์ เมโซอเมริกันคอร์ริดอร์ (ภาพที่ 39) ทำให้สรุปในเบื้องต้นว่า ถ้าพิจารณาเพียงด้านเศรษฐศาสตร์และการเมืองแล้ว ต่างประเทศยังไม่ได้ให้ความสนใจที่จะเข้ามาลงทุนด้านป่าไม้ในประเทศไทยเป็นลำดับแรกๆ



ภาพที่ 39 พื้นที่ที่น่าสนใจลงทุนในโครงการภาคป่าไม้ในระยะแรก

ที่มา: Resource for the Future and Climate Advisor (2009)

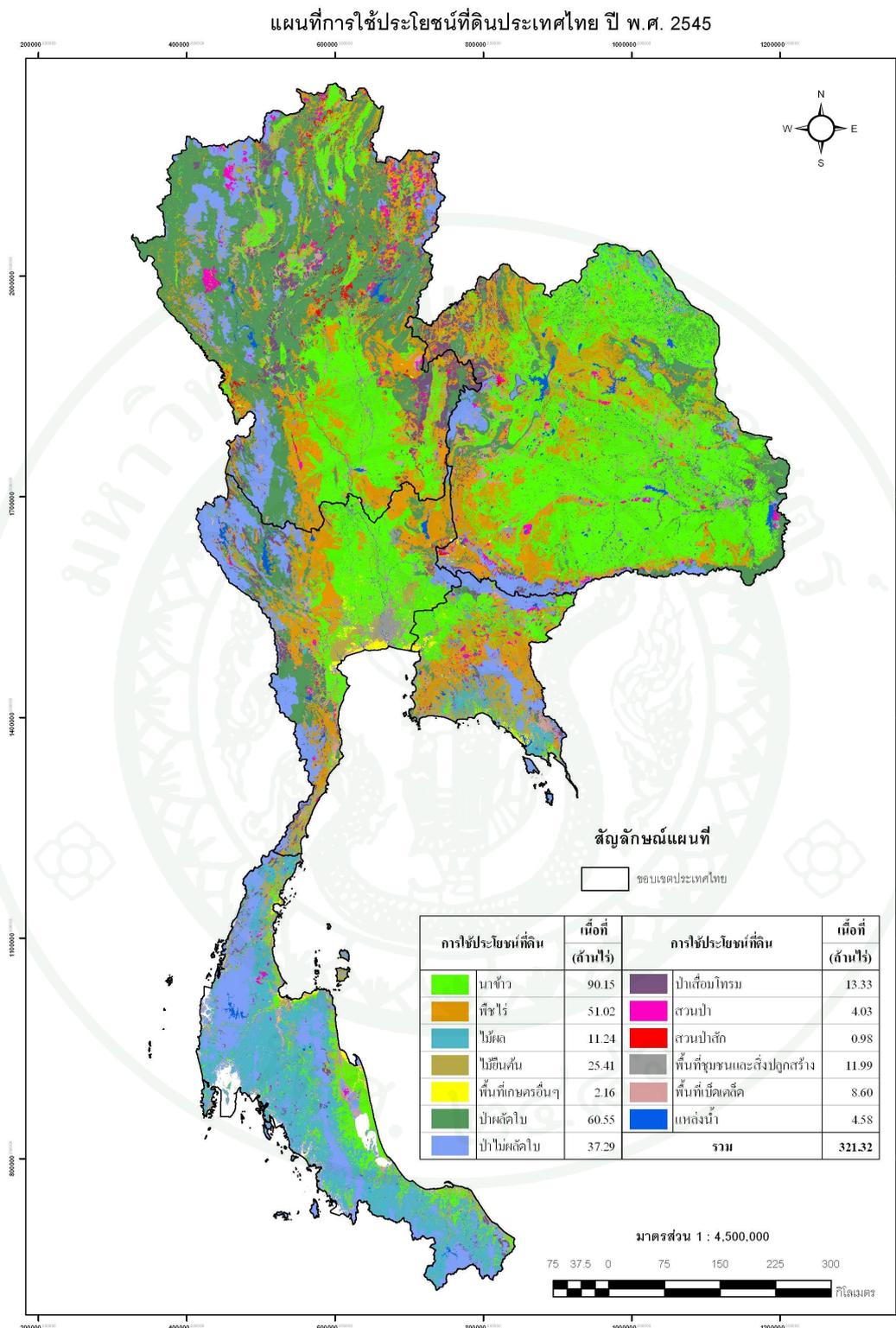
2.4 ค่าเสียโอกาสของที่ดิน

การใช้ที่ดินเพื่อปลูกสวนป่าสักทำให้เสียโอกาสในการใช้ที่ดินเพื่อกิจกรรมอย่างอื่น จึงก่อให้เกิดค่าเสียโอกาสของที่ดินสวนป่าสักขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่ใช้ที่ดินของประเทศไทยกับความเหมาะสมของพื้นที่ พบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกสร้างสวนป่ามักจะอยู่ในเขตภาคเหนือ ซึ่งมีการดำเนินกิจกรรมการเกษตรอื่นๆ ด้วย เช่น ไม้ผล ไม้ยืนต้น นาข้าว รวมทั้งเป็นพื้นที่ป่าและป่าเสื่อมโทรม เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 16 และภาพที่ 40

ตารางที่ 16 การใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย พ.ศ. 2545

การใช้ประโยชน์ ที่ดิน	เนื้อที่ (ไร่)					สัดส่วนต่อ พื้นที่ทั้งหมด (%)
	เหนือ	กลางและ ตะวันออก	ตะวันออก เฉียงเหนือ	ใต้	รวม	
นาข้าว	19,577,089	14,430,796	51,900,732	4,242,382	90,150,998	28.06
ป่าผลัดใบ	42,362,061	6,034,699	12,141,188	12,450	60,550,398	18.84
ป่าไม่ผลัดใบ	10,268,288	10,511,255	4,081,496	12,428,191	37,289,230	11.60
ป่าเสื่อมโทรม	6,569,239	2,231,668	3,781,805	742,577	13,325,290	4.15
พืชไร่	17,620,792	14,208,940	19,183,775	3,573	51,017,080	15.88
พื้นที่เกษตรอื่นๆ	92,676	1,373,466	123,000	570,412	2,159,555	0.67
พื้นที่ชุมชนและ สิ่งปลูกสร้าง	2,746,576	4,282,861	4,116,797	840,721	11,986,955	3.73
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	1,624,142	2,078,265	3,421,209	1,475,102	8,598,719	2.68
ไม้ผล	2,621,225	4,527,436	1,061,524	3,030,365	11,240,551	3.50
ไม้ยืนต้น	373,378	3,372,726	1,501,504	20,165,713	25,413,321	7.91
สวนป่า	2,060,559	701,730	1,063,139	200,402	4,025,829	1.25
สวนป่าสัก	894,101	23,678	65,597	-	983,376	0.31
แหล่งน้ำ	841,346	1,147,623	2,339,809	251,926	4,580,703	1.43
รวม	107,651,473	64,925,142	104,781,577	43,963,815	321,322,007	100.00%

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2553)



ภาพที่ 40 แผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2545

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2554)

ดังนั้น ถ้าต้องการปลูกสร้างสวนป่าทดแทนบนพื้นดินที่มีการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรอื่นๆ อยู่แล้ว ที่ดินผืนนั้นย่อมมีค่าเสียโอกาสของที่ดิน ซึ่งค่าเสียโอกาสของที่ดินประเมินได้จากรายได้สุทธิของเกษตรกรที่ได้รับจากการดำเนินกิจกรรมบนที่ดิน ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553) ได้ชี้ให้เห็นว่ารายได้สุทธิของเกษตรกรในประเทศไทยในปีเพาะปลูก 2549/2550 อยู่ในช่วงประมาณ 1,000-6,000 บาทต่อไร่ต่อปี และเมื่อปรับให้เป็นมูลค่าในปีพ.ศ. 2553 รายได้สุทธิของเกษตรกรจะอยู่ในช่วงประมาณ 1,200-6,500 บาทต่อไร่ต่อปี (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 รายได้เงินสดสุทธิทางการเกษตรของครัวเรือนเกษตรกร ปีเพาะปลูก 2549/50

	ประเทศ	เหนือ	ตะวันออก เฉียงเหนือ	กลาง	ใต้
1. จำนวนครัวเรือนเกษตรกร	5,778,338	1,326,019	2,688,561	877,310	886,448
2. ขนาดของครัวเรือน (คน)	3.95	3.85	4.04	4.05	3.70
3. ขนาดแรงงานของครัวเรือน (คน)	2.75	2.75	2.77	2.87	2.58
4. รายได้เงินสดทางการเกษตร (บาท)	114,631	125,109	57,481	231,349	156,774
5. รายจ่ายเงินสดทางการเกษตร (บาท)	64,261	80,323	34,089	150,695	46,209
6. รายได้เงินสดสุทธิทางการเกษตร (บาท)	50,370	44,786	23,392	80,654	110,565
7. รายได้เงินสดสุทธิทางการเกษตรต่อคน (บาท)	12,752	11,633	5,790	19,915	29,882
8. รายได้เงินสดสุทธิทางการเกษตรต่อคนทำงาน (บาท)	18,316	16,286	8,445	28,102	42,855
9. พื้นที่ถือครองต่อครัวเรือน (ไร่)	22.52	22.32	21.62	29.02	19.12
10. รายได้สุทธิต่อไร่ พ.ศ. 2549/50 (บาทต่อไร่)	2,237	2,007	1,082	2,779	5,783
รายได้สุทธิ พ.ศ. 2553 (บาทต่อไร่)	2,481	2,226	1,200	3,083	6,415

หมายเหตุ: ปรับรายได้เป็นมูลค่าในปีพ.ศ. 2553 ด้วย producer price index = 3.52% (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2554)

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550)

2.4.1 บทบาทของค่าเสียโอกาสต่อการวิเคราะห์การลงทุนของสวนป่า

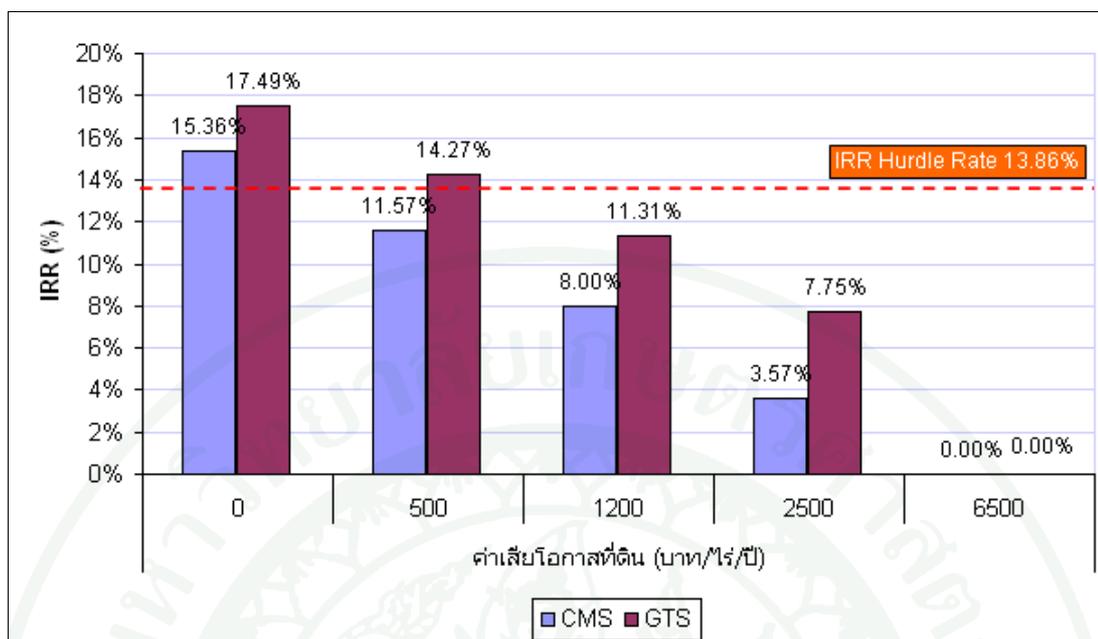
ค่าเสียโอกาสของที่ดินมีบทบาทต่อการวิเคราะห์การลงทุนของสวนป่า โดยส่งผลกระทบต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน และ ต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในการศึกษาี้ กำหนดให้ค่าเสียโอกาสของที่ดินในแบบจำลองเป็น 5 ระดับ

คือ ไม่มีค่าเสียโอกาสที่ดิน ค่าเสียโอกาสที่ดินในระดับต่ำมาก (500 บาทต่อไร่ต่อปี) ค่าเสียโอกาสที่ดินระดับต่ำ (1,200 บาทต่อไร่ต่อปี) ค่าเสียโอกาสที่ดินระดับปานกลาง (2,500 บาทต่อไร่ต่อปี) ซึ่งเป็นตัวแทนของค่าเสียโอกาสเฉลี่ยของที่ดินการเกษตรของภาคเหนือ และ ค่าเฉลี่ยประเทศไทย และ ค่าเสียโอกาสที่ดินระดับสูง (6,500 บาทต่อไร่ต่อปี) เป็นตัวแทนของที่ดินที่มีรายได้สุทธิจากการเกษตรในระดับสูง เงื่อนไขเพิ่มเติมของการวิเคราะห์คือ กำหนดให้ค่าเสียโอกาสของที่ดินเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ทุก 5 ปี

สวนป่าสักในกรณีที่ไม่มีการระบายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต หรือ รายได้อื่นๆ เข้ามาเสริม ค่าเสียโอกาสของที่ดินจะแสดงอิทธิพลต่ออัตราผลตอบแทนภายใน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 41) ดังนี้

- อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการในทั้ง 2 กรณี (CMS และ GTS) ลดลงเมื่อนำค่าเสียโอกาสของที่ดินเข้าไปร่วมประเมิน กล่าวคือ อัตราผลตอบแทนภายในของกรณี CMS ลดลงจากร้อยละ 15.36 เป็นร้อยละ 11.57 ร้อยละ 8.0 และร้อยละ 3.57 ในกรณีที่ค่าเสียโอกาสของที่ดินเท่ากับ 500 บาทต่อไร่ต่อปี, 1200 บาทต่อไร่ต่อปี, 2,500 บาทต่อไร่ต่อปีตามลำดับ สำหรับในกรณีของ GTS พบว่า ลดลงจากร้อยละ 17.49 เป็นร้อยละ 14.27 ร้อยละ 11.31 และร้อยละ 7.75 ในกรณีที่ค่าเสียโอกาสของที่ดินเท่ากับ 500 บาทต่อไร่ต่อปี, 1,200 บาทต่อไร่ต่อปี, 2,500 บาทต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อค่าเสียโอกาสของที่ดินอยู่ในอัตราสูง (6,500 บาทต่อไร่ต่อปี) จะไม่สามารถหาอัตราผลตอบแทนภายในได้ เนื่องจากค่าเสียโอกาสของที่ดินทำให้การปลูกสวนป่ามีต้นทุนสูงกว่ารายได้เป็นอย่างมาก

- ในกรณีที่ไม่มีรายได้เสริมมายังสวนป่า ค่าเสียโอกาสของที่ดินมีอิทธิพลอย่างสูงต่อการตัดสินใจลงทุนปลูกสร้างสวนป่า ถ้าเกณฑ์ในการลงทุนของภาคการเกษตร (IRR Hurdle Rate) เท่ากับร้อยละ 13.86 พบว่า ในกรณีที่สวนป่ามีผลผลิตต่ำ (CMS) และค่าเสียโอกาสของที่ดินเพียง 500 บาทต่อไร่ต่อปี จะส่งผลให้อัตราผลตอบแทนภายในต่ำกว่าเกณฑ์ทันที ในกรณีสวนป่าที่มีผลผลิตสูง ค่าเสียโอกาสของที่ดินในอัตรา 500 บาทต่อไร่ต่อปี ได้ทำให้อัตราผลตอบแทนในการลงทุนลดลงจนถึงร้อยละ 3.22 และถ้าอัตราค่าเสียโอกาสของที่ดินเป็นปีละ 1,200 บาทต่อไร่ จะทำให้การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม่น่าสนใจทันที



ภาพที่ 41 อิทธิพลของค่าเสียโอกาสที่ดินที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายใน ในกรณีที่ไม่มีการแสวงหาประโยชน์จากคาร์บอนเครดิต

หมายเหตุ: กำหนดให้ค่าเสียโอกาสของที่ดินเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 10 ทุก 5 ปี

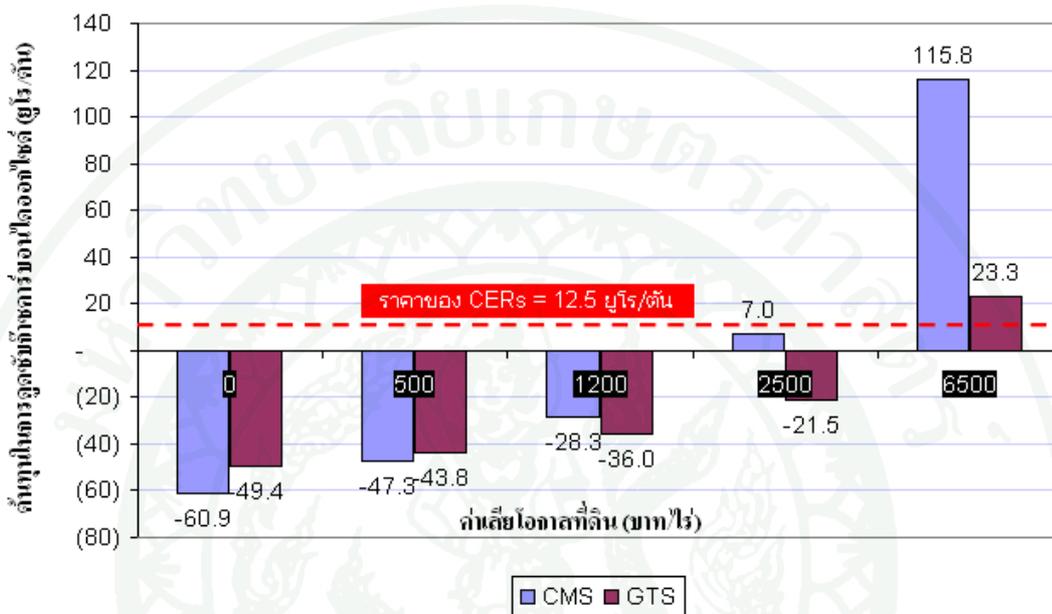
ต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากค่าเสียโอกาสของที่ดิน (ภาพที่ 42) กล่าวคือ

- ต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าลดลงเมื่อค่าเสียโอกาสต่ำกว่า 2,500 บาทต่อไร่ต่อปี ซึ่งแสดงว่า การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าเพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีประโยชน์มากกว่าต้นทุนในกรณี GTS

- ถ้าค่าเสียโอกาสของที่ดินในอัตรา 2,500 บาทต่อไร่ต่อปี หรือมากกว่า จะทำให้ต้นทุนในการดูดซับก๊าซเรือนกระจกเป็นบวกสำหรับกรณี CMS ซึ่งหมายความว่ากิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกจากสวนป่ามีต้นทุนมากกว่าผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น

- ถ้าค่าเสียโอกาสของที่ดินที่สูง (6,500 บาทต่อไร่ต่อปี) จะทำให้ต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเท่ากับ 115.8 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง ในกรณี CMS และเท่ากับ 23.3 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง ในกรณี GTS ดังนั้น ถ้าราคาเสนอซื้อ

เท่ากับราคาของคาร์บอนเครดิตในตลาดของกลไกการพัฒนาที่สะอาดเท่ากับ 12.5 ยูโรต่อตัน หรือราคาของคาร์บอนเครดิตจากป่าไม้ในตลาดภาคความสมัครใจที่ต่ำในอัตรา 1-2 เหรียญสหรัฐ ดังที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ผู้ประกอบการจึงไม่ควรตอบรับข้อเสนอดังกล่าว เนื่องจาก ต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสวนป่าสักในประเทศไทยสูงกว่าราคาเสนอซื้ออย่างมาก



ภาพที่ 42 อิทธิพลของค่าเสียโอกาสที่ดินที่มีต่อต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในกรณีที่ไม่มีการแสวงหาประโยชน์จากคาร์บอนเครดิต

หมายเหตุ: กำหนดให้ค่าเสียโอกาสของที่ดินเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 10 ทุก 5 ปี

2.5 การให้มูลค่าสำหรับบริการทางนิเวศของสวนป่า

ในปัจจุบัน การวิเคราะห์การลงทุนของสวนป่ามิได้คำนึงถึงมูลค่าเชิงนิเวศที่เกิดจากสวนป่า ทำให้ผลประโยชน์ต่ำกว่าคุณค่าที่แท้จริงของสวนป่า จึงอาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เกิดการตัดไม้ทำลายป่าและทำให้พื้นที่ป่าถูกทดแทนด้วยพื้นที่เกษตรกรรมที่มีประโยชน์ในรูปของตัวเงินชัดเจน

2.5.1 บริการทางนิเวศของสวนป่า

สวนป่าสักเป็นป่าเศรษฐกิจมี 'ความคล้ายคลึง' กับป่าผสมผลัดใบ (Mixed Deciduous Forest) ในระดับปานกลาง ดังจะอุปมาได้จากสวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ มีค่าดัชนี

ความคล้ายคลึงมากกว่า 40 % ทั้งในระดับไม้ใหญ่และระดับไม้วัยรุ่น(มหิตล, 2553) ถึงแม้ว่าสวนป่าสามารถให้บริการเชิงนิเวศเทียบเคียงกับป่าธรรมชาติได้ แต่สวนป่าสักยังไม่สามารถจัดอยู่ในระดับความสำคัญด้านการอนุรักษ์อย่างสูงได้ (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก)

บริการทางนิเวศของสวนป่าสักสามารถจำแนกเป็น 4 กลุ่ม (The Millennium Ecosystem Assessment, 2005; UNESCAP, 2009) ได้เช่นเดียวกับป่าธรรมชาติได้แก่ บริการด้านการจัดหา (Provisional Services) บริการด้านการจัดการ (Regulating Services) บริการด้านการสนับสนุน (Supporting Services) และบริการด้านวัฒนธรรม (Cultural Services) ดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 บริการทางนิเวศของป่าไม้

ประเภทของบริการทางนิเวศ	บริการทางนิเวศของป่าไม้
บริการด้านการจัดหา (Provisional Services)	1.1 อาหาร (Food)
	1.2 น้ำสะอาด (Fresh water)
	1.3 พลังงาน (Fuel)
	1.4 เนื้อไม้ (Fiber)
บริการด้านการจัดการ (Regulating Services)	2.1 สภาพภูมิอากาศ (Climate regulation)
	2.2 การควบคุมอุทกภัย (Flood regulation)
	2.3 การทำให้น้ำบริสุทธิ์ (Water purification)
บริการด้านการสนับสนุน (Supporting Services)	3.1 การหมุนเวียนของธาตุอาหาร (Nutrient Cycling)
	3.2 การก่อตัวของดิน (Soil formation)
บริการด้านวัฒนธรรม (Cultural Services)	4.1 สันทนาการ (Recreation)
	4.2 การศึกษา (Education)
	4.3 จิตวิญญาณ และศิลปะ (Spiritual and Aesthetic)

ที่มา: The Millennium Ecosystem Assessment, 2005; UNESCAP, 2009

บริการทางนิเวศของสวนป่า สามารถสรุปได้ดังนี้

ก. อาหารและเนื้อไม้: สวนป่าสักสามารถให้บริการในด้านการจัดหาอาหาร พลังงานและเนื้อไม้ แต่ไม่สามารถเทียบเคียงกับป่าธรรมชาติได้ เนื่องจากมีความหลากหลายทาง

ธรรมชาติ มีพืชพรรณ สัตว์ป่าน้อยกว่า ไม่ว่าจะพิจารณาในด้านชนิด ปริมาณ สัดส่วนและการกระจาย นอกจากนั้นแล้ว การปลูกสร้างสวนป่าเชิงเดี่ยว (mono culture) ยังเสี่ยงต่อการระบาดของแมลงและโรค (Pandey and Brown, 2020)

ข. ดินและน้ำ: ดินไม่ไม่ว่าจะขึ้นอยู่ในสวนป่าหรือป่าธรรมชาติที่สมบูรณ์ ต่างก็ถือว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของวัฏจักรน้ำ¹⁸ เมื่อพิจารณาวัฏจักรน้ำควบคู่กับบทบาทในด้านการสนับสนุน (Supporting service) ของดินแล้ว ยิ่งทำให้เห็นภาพว่าน้ำสะอาด¹⁹ เกิดขึ้นได้เนื่องจากดินในป่ามีสถานะเป็นฟองน้ำ (macro pore) ขนาดและปริมาณมากประเมินจากปริมาณของสัตว์ใต้ดิน ถ้าสัตว์ใต้ดินมีปริมาณและหลากหลายมากก็แสดงว่าดินมีช่องว่างมาก ปริมาณของสัตว์ขึ้นอยู่กับอาหารและซากพืชในดินที่เอื้อต่อการยังชีพของสัตว์โดยเฉพาะในหน้าแล้ง สถานะฟองน้ำของดินยังเกิดขึ้นได้จากการย่อยสลายของซากพืชอีกทางหนึ่ง เมื่อดินมีช่องว่างมากและขนาดใหญ่ก็ส่งผลให้การซึมน้ำ (infiltration rate) ดี น้ำท่า (run off) ก็จะเกิดขึ้นน้อย การชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion) หรือ การถล่มของดิน (landslide) ในกรณีฝนตกหนัก²⁰ หรือฝนตกติดต่อกันเป็นเวลานานติดต่อกันหลายวันก็จะลดลง ประกอบกับจำนวนชั้นเรือนยอดช่วยลดแรงกระแทกของน้ำฝนที่ตกลงมาถึงพื้น จึงป้องกันไม่ให้ดินแตกแยก (detachment) ได้ดีกว่าพื้นที่ที่มีการเปิดหน้าดิน

ค. สภาพภูมิอากาศ: ป่าไม่มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือ บทบาทของการเป็นแหล่งปลดปล่อยและบทบาทในการเป็นแหล่งการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเฉพาะการหมุนเวียนของคาร์บอนในระยะสั้นจะอยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืช และการย่อยสลายหลังจากสิ่งมีชีวิตตายไป การย่อยสลายนี้อาจจะได้คาร์บอนในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือ

¹⁸ วัฏจักรน้ำเป็นกระบวนการใช้ซ้ำ (reuse) น้ำที่สำคัญของโลก น้ำในช่วงระหว่างการเดินทางหรืออยู่บนพื้นผิวของทะเลสาบหรือแหล่งน้ำ น้ำส่วนหนึ่งระเหย น้ำส่วนหนึ่งถูกดูดซับโดยพืช และในกระบวนการการระเหย (evaporation และ transpiration) การคายน้ำของพืช ไอน้ำจะลอยขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศที่เย็นและรวมตัวก่อให้เกิดเมฆ และแล้วน้ำก็ได้ตกลงสู่โลกในรูปของฝน ลูกเห็บ หิมะ น้ำที่ตกลงมาสู่โลกนี้ได้ถูกดูดซับไว้บางส่วน โดยส่วนใหญ่จะไหลลงสู่ที่ต่ำสู่แหล่งน้ำ ล้ำคลอง และสู่มหาสมุทรในที่สุด

¹⁹ ในรายงานของ UNESCAP (2009) มีได้ให้คำจำกัดความที่ชัดเจนของน้ำสะอาด (fresh water) ร.ศ.ดร. ไพบุลย์ ประพทธิธรรม จึงแนะนำให้ความหมายของน้ำสะอาด คือ น้ำที่ไม่ขุ่น แต่ยังมีธาตุอาหาร (20 กุมภาพันธ์ 2554)

²⁰ ฝนตกหนัก คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกมากกว่า 90-100 มิลลิเมตรต่อวัน (กรมอุตุนิยมิวิทยา)

ก๊าซมีเทนกลับไปสู่บรรยากาศ นอกจากนั้นแล้ว ยังได้ผลิตก๊าซออกซิเจนให้กับบรรยากาศโลกด้วย (รายละเอียดในบทที่ 2)

ง. สังคมมนุษย์: ป่าเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย สันทนาการ แหล่งเรียนรู้ศึกษา และมีความสำคัญต่อจิตวิญญาณของคน โดยเฉพาะกลุ่มคนที่พึ่งพิงอาศัยอยู่กับป่า

ดังนั้น จึงอาจอนุมานได้ว่าสวนป่าสักมีการความสามารถในการให้บริการทางนิเวศได้ทุกประเภทของบริการ แต่คุณภาพของการให้บริการยังไม่อาจเทียบเท่ากับป่าธรรมชาติได้ แต่อย่างไรก็ตาม การปลูกป่ามีส่วนสำคัญที่ช่วยลดขั้นตอนหรือช่วงเวลาการทดแทนตามธรรมชาติให้สั้นลงแล้ว และถ้าองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (อ.อ.ป) ไม่ตัดต้นไม้ดั้งเดิม (Native Species) ของพื้นที่และเหลือไว้สำหรับเป็นแม่ไม้ นับว่าช่วยให้การฟื้นฟูสภาพป่าตามธรรมชาติเป็นไปได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น

2.5.2 มูลค่าของบริการทางนิเวศ

การประเมินมูลค่าของบริการทางนิเวศสำหรับการศึกษาฉบับนี้เน้นที่บทบาทด้านบริการจัดการสภาพภูมิอากาศ (Climate Regulation) โดยเน้นด้านการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การผลิตก๊าซออกซิเจนและการป้องกันน้ำท่วม (Flood Regulation) (ในบางส่วน)

ก. มูลค่าของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์: ในปัจจุบัน คาร์บอนได้กลายเป็นสินค้าที่มีตลาดรองรับ มูลค่าของบริการด้านการดูดซับก๊าซเรือนกระจกจึงคิดจากมูลค่าทางการตลาดของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงได้ (Certified Emission Reduction, CER) ราคาของ CER ในตลาดกลไกการพัฒนาที่สะอาด พ.ศ. 2553 เท่ากับ 12.5 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือราคาเพียง 1-2 เหรียญสหรัฐในตลาดสหรัฐอเมริกา ในช่วงเวลาเดียวกัน

ข. มูลค่าของการขายก๊าซออกซิเจน: ก๊าซออกซิเจนเป็นสินค้าที่มีตลาดเช่นกัน ได้แก่ ก๊าซออกซิเจนที่ใช้ในอุตสาหกรรมและทางการแพทย์ อย่างไรก็ตาม การนำมูลค่าของออกซิเจนบริสุทธิ์ที่ผ่านกระบวนการทางอุตสาหกรรมมาใช้เป็นตัวแทนต้นทุนของออกซิเจนของสวนป่านั้นไม่ถูกต้องนัก เนื่องจากเทคโนโลยีในการผลิตแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง กระบวนการอุตสาหกรรมดังกล่าวถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น ต้นทุนในการผลิตจะมีต้นทุนสูงถึง

2,100 บาท ต่อตันออกซิเจน หรือ 0.21 เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัมออกซิเจน (National Aeronautics and Space Administration, 2001) การผลิตออกซิเจนจากต้นไม้ถือว่าเป็นการผลิตด้วยเทคโนโลยีธรรมชาติ การใช้แนวทางของคิมูลค่าของบริการทางนิเวศควรรู้ต้นทุนในการปลูกสวนป่าที่น่าจะเหมาะสมกว่า จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า ต้นทุนในการผลิตออกซิเจนมีความสัมพันธ์กับต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยต้นทุนการผลิตออกซิเจนจะมีค่าแตกต่างกันตามอัตราส่วนลดที่เลือกใช้ เช่นเดียวกับต้นทุนในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างไรก็ตาม ต้นทุนการคายออกซิเจนจะมีค่ามากกว่าต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอัตรา 1.44 เท่า ทุกค่าของอัตราส่วนลด

ค. ต้นทุนบริการทางนิเวศอื่นๆ: การประเมินหามูลค่าของบริการอื่นๆ สามารถคำนวณได้โดยการประยุกต์ใช้หลักเกณฑ์ในการประเมินความเสียหายของป่าไม้ในกรณีป่าไม้สมบูรณ์ตามแนวทางของ พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุตกุล และ วารินทร์ จิระสุขทวีกุล (2548) ซึ่งได้ประเมินบริการทางนิเวศในด้านการซึมน้ำผ่านผิวดินและการปกคลุมดินของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าเศรษฐกิจ ป่าเสื่อมโทรม และ ไม้ผลรากลึกเปรียบเทียบกับป่าธรรมชาติสมบูรณ์ ซึ่งได้ผลสรุปดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การประเมินมูลค่าบริการทางนิเวศของป่าไม้เศรษฐกิจ ป่าเสื่อมโทรม ไม้ผลรากลึกเปรียบเทียบกับป่าธรรมชาติสมบูรณ์

บริการทางนิเวศ	ป่าธรรมชาติ	ป่าเสื่อมโทรม	ป่าเศรษฐกิจ และไม้ผลรากลึก
จำนวนชั้นเรือนยอด (ชั้น)	4	2	
อัตราการปกคลุมดิน (%)	95	50	
อัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน (ซม./นาที่)	1.5	1.46	
ค่าความสมบูรณ์ของพื้นที่ (%)	100	75	
มูลค่าความเสียหายของระบบนิเวศจากการขีด ครอบครองและการใช้ประโยชน์พื้นที่ (บาท/ไร่)	150,000	82,500	

ที่มา: พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุตกุล และ วารินทร์ จิระสุขทวีกุล (2548)

สวนป่าสักถือว่าเป็นป่าเศรษฐกิจที่มีความสมบูรณ์น้อยกว่าป่าธรรมชาติที่สมบูรณ์ มูลค่าของความเสียหายในกรณีที่บุกรุกพื้นที่สวนป่าคิดเป็นเงินจำนวน 82,500 บาทต่อไร่

อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ผลการประเมินของพงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล และ วารินทร์ จิระสุขทวีกุล (2548) ในการศึกษาบริการทางนิเวศของสวนป่าในแต่ละชั้นอายุ ยังมีข้อจำกัด เนื่องจากขาดข้อมูลด้านมิติของเวลา คือ ไม่บ่งบอกถึงอายุของหมู่ไม้ของป่าไม้เศรษฐกิจที่ใช้เป็นพื้นที่อ้างอิง (reference site) เพราะขนาดของบริการทางนิเวศในแต่ละช่วงอายุของป่านั้นไม่เท่ากัน ดังนั้นในการศึกษานี้ตั้งสมมุติฐานว่า ผลประโยชน์ในการปกคลุมดินและการซึมผ่านของน้ำเกิดขึ้นในปีที่ 30 ต้นปีเมื่อต้นไม้โตเต็มที่ก่อนที่จะมีการตัดฟัน

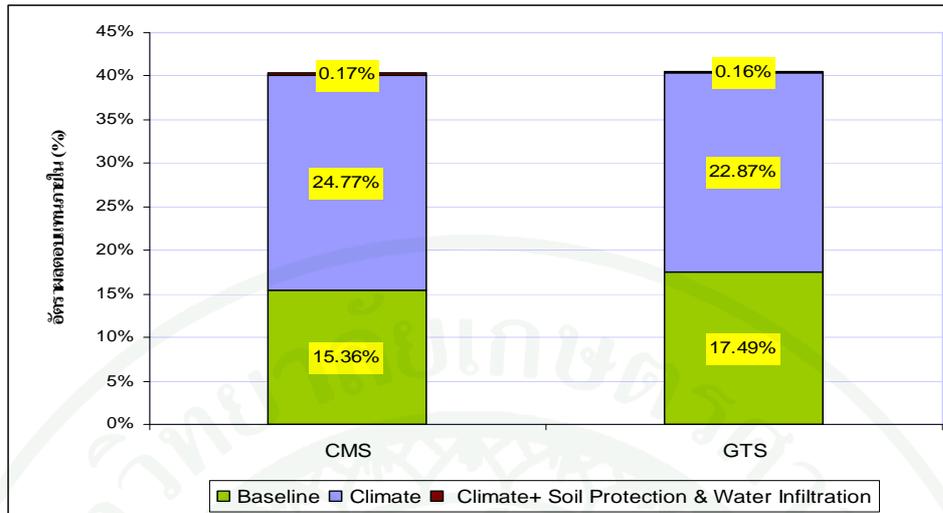
2.5.3 บทบาทของบริการเชิงนิเวศต่อการวิเคราะห์การลงทุน

บริการเชิงนิเวศของสวนป่าสักในการศึกษานี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

ก. บริการด้านการรักษาสภาพภูมิอากาศ (Climate Regulation) ประกอบด้วย การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ การคายก๊าซออกซิเจน

ข. บริการด้านการป้องกันน้ำท่วม (Flood Regulation) ประกอบด้วย การป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน และการอุ้มน้ำของดิน

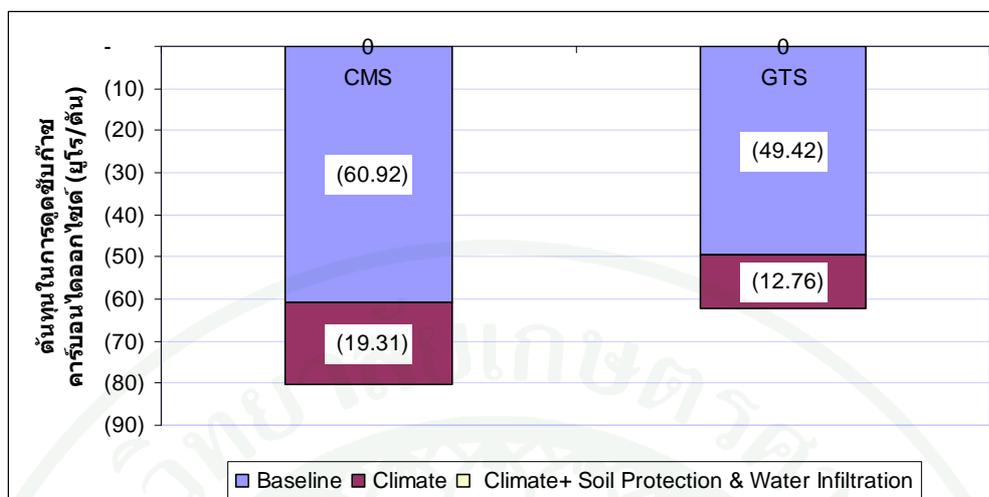
ถ้าบริการทางนิเวศที่กล่าวมาข้างต้นถูกประเมินมูลค่าและผนวกเข้าไปในการวิเคราะห์การลงทุนแล้ว จะทำให้อัตราผลตอบแทนภายในเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยอัตราผลตอบแทนภายในของการเพิ่มบริการทางนิเวศด้านการรักษาสภาพภูมิอากาศจะมากขึ้นเพียงไรขึ้นอยู่กับสมมุติฐานราคาตลาดของคาร์บอนเครดิต ภาพที่ 43 แสดงให้เห็นว่าในกรณีที่กำหนดให้มูลค่าของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับราคาคาร์บอนเครดิตที่ 515 บาทหรือ 12.5 ยูโร ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับ อัตราผลตอบแทนภายในจะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 22.87 – 24.77 เมื่อคิดบริการทางนิเวศด้านสภาพภูมิอากาศ และอัตราผลตอบแทนภายในจะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยเมื่อประเมินบริการทางนิเวศด้านการป้องกันน้ำท่วมเข้าไป



ภาพที่ 43 อิทธิพลของมูลค่าบริการเชิงนิเวศที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ในกรณีที่ไม่มีกระแสรายได้จากการรับโอนเครดิต

หมายเหตุ: กำหนดให้มูลค่าของบริการด้านการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับราคาตลาดของคาร์บอนเครดิตที่ 515 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับ

ต้นทุนของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสวนป่าจะต่ำลงเมื่อมีการผนวกผลประโยชน์จากบริการเชิงนิเวศเข้าไปในการพิจารณา โดยราคาจะต่ำลงร้อยละ 31.7 ในกรณี CMS และ ร้อยละ 25.8 ในกรณี CMS (ภาพที่ 44)



ภาพที่ 44 อิทธิพลของมูลค่าบริการเชิงนิเวศที่มีต่อต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกรณีที่ไม่มีการกระจายได้จากคาร์บอนเครดิต

หมายเหตุ: กำหนดให้มูลค่าของบริการด้านการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับราคาตลาดของคาร์บอนเครดิตที่ 515 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับ

ส่วนที่ 3 โอกาสและความเป็นไปได้ของสวนป่าสักในการเข้าร่วมมาตรการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ป่าไม้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการที่จะบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก เนื่องจากสามารถแสดงบทบาทที่สำคัญในการกักเก็บ (Sink) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากขีดความสามารถดังกล่าวทำให้นักวิทยาศาสตร์และนักวางแผนต่างๆ มีความคิดเห็นเป็นไปในแนวทางเดียวกันว่า การจัดการป่าไม้และการจัดการที่ดินทางด้านการเกษตรเพื่อเพิ่มปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกเป็นนโยบายที่มีความเหมาะสมผลและน่าเชื่อถือเป็นอย่างยิ่ง (Dixon and Turner, 1991; Winjum *et al.*, 1993a; Brown 1996a; Brown *et al.*, 1996; Blair, 2009 cited in BBC, 2009) ประเทศที่มีพื้นที่ป่าไม้ขนาดใหญ่และมีโอกาสในการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้ เช่น ประเทศแคนาดาได้สนับสนุนการดำเนินกิจกรรมภาคป่าไม้ให้เป็นเครื่องมือหนึ่งในการบรรลุเป้าหมายของพิธีสารเกียวโต ในทางตรงกันข้าม ประเทศที่มีพื้นที่จำกัด เช่น ญี่ปุ่น และ ประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรปต่างก็มีแนวโน้มที่จะจำกัดขอบข่ายกิจกรรมทางด้านป่าไม้เพื่อหลีกเลี่ยงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Wong *et al.*, 2002 cited in Teeler *et al.*, 2002)

โอกาสในการอนุรักษ์ป่าไม้ผ่านกระบวนการคาร์บอนเครดิตของประเทศไทยเกิดจากการที่ประเทศไทยได้ให้สัตยาบรรณต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และพิธีสารเกียวโต มาตรการภายใต้อนุสัญญาฯ ที่การปลูกสร้างสวนป่ามีโอกาสเข้าร่วมและได้ประโยชน์จากคาร์บอนเครดิต ได้แก่ กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism, CDM) และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการทำลายป่าและการลดความเสื่อมโทรมของป่า (REDD), บทบาทของการอนุรักษ์ การจัดการป่าอย่างยั่งยืน และการส่งเสริมการสะสมคาร์บอนในประเทศกำลังพัฒนา (+) หรือเรียกรวมกันว่า REDD+ ซึ่งสอดคล้องกับมุมมองของสำนักงานคณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2552) ที่เห็นโอกาสในวิกฤตในส่วนที่เกี่ยวข้องกับป่าไม่ว่า ประเทศไทยสามารถใช้ประโยชน์จากมาตรการระหว่างประเทศสร้างรายได้จากการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ ความหลากหลายทางชีวภาพ และ โอกาสทางเศรษฐกิจสำหรับประเทศไทยในการพัฒนาตลาดคาร์บอนเครดิต ดังนั้น แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 จึงได้สนับสนุนมาตรการ CDM เพื่อการพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการเพื่อลดมลพิษและควบคุมกิจกรรมที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต โดยครอบคลุมถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1. กลไกการพัฒนาที่สะอาด

1.1 ลักษณะของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

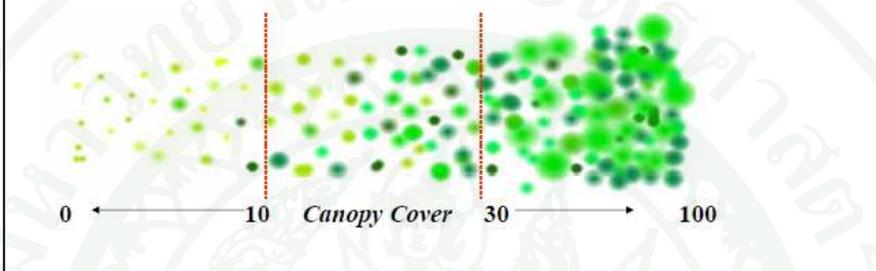
โครงการปลูกป่าที่เข้าข่ายโครงการ CDM มี 2 ลักษณะคือ การปลูกป่าขึ้นใหม่โดยกิจกรรมมนุษย์ในพื้นที่ที่ไม่เคยมีป่ามาก่อนช่วงเวลาไม่น้อยกว่า 50 ปี (Afforestation) และ การปลูกป่าขึ้นใหม่โดยกิจกรรมอันเกิดจากมนุษย์ไม่จะเป็นการปลูกต้นไม้ หวานเมล็ด หรือการทำให้เกิดการสืบพันธุ์ธรรมชาติให้ป่าที่ถูกทำลายกลับฟื้นเป็นป่าขึ้นใหม่ (Reforestation) สำหรับในช่วงพันธกรณีสมัยแรกของพิธีสารเกียวโต (พ.ศ. 2551-2555) จะไม่นับการปลูกป่าที่เกิดขึ้นก่อนวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2532 (ค.ศ. 1989) โครงการ CDM ปลูกป่าไม้เรียกสั้นๆ โดยรวมว่าโครงการ A/R CDM

พิธีสารเกียวโตได้กำหนดนิยามป่าไม้ไว้กว้างๆ และให้ประเทศภาคีสมาชิกกำหนดนิยามป่าไม้ให้เหมาะสมกับประเทศของตน ประเทศไทยได้ให้นิยามป่าไม้สำหรับโครงการ A/R CDM ดังแสดงใน กรอบที่ 2

กรอบที่ 2 นิยามป่าไม้ในโครงการ A/R CDM ของประเทศไทย

ป่าไม้ หมายถึง ป่าซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

- มีพื้นที่อย่างน้อย 1 ไร่
- มีการปกคลุมเรือนยอดมากกว่าร้อยละ 30
- ต้นไม้มีความสูงไม่น้อยกว่า 3 เมตร ในช่วงโตเต็มที่ตามธรรมชาติ



ภาพที่ 45 นิยามป่าไม้ในโครงการ A/R CDM ของประเทศไทย

ที่มา: อบก. (2553), รูปโดย World Agroforestry Centre

ลักษณะเด่นของโครงการ A/R CDM ที่แตกต่างจากโครงการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทอื่นๆ คือ ความไม่ถาวร (Non-Permanence) เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับไว้ในต้นไม้จากโครงการปลูกป่า อาจถูกปล่อยกลับไปยังบรรยากาศได้อีกครั้ง ถ้าเกิดไฟไหม้ป่าหรือต้นไม้เกิดตายขึ้นต้น เพราะมีศัตรูพืช จึงได้มีข้อกำหนดพิเศษขึ้น โดยใบรับรองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ (CER) ของโครงการ A/R CDM จึงแบ่งเป็น ก) แบบชั่วคราว และ ข) แบบถาวร (อบก., 2553) ซึ่งแต่ละแบบมีคุณลักษณะดังนี้

1.1.1 ใบรับรองการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบชั่วคราว (Temporary CER—tCER)

ก. การออก tCERs จะทำได้ เมื่อมีการดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์จากการดำเนินโครงการ A/R CDM โดยเริ่มนับตั้งแต่วันที่เริ่มดำเนินโครงการ

ข. tCERs จะหมดอายุเมื่อสิ้นสุดพันธกรณีในช่วงถัดไป นับจากช่วงพันธกรณีที่ออกใบรับรอง

ค. หาก tCERs ที่หมดอายุดังกล่าวเป็น CER ที่กลุ่มประเทศในภาคผนวกที่หนึ่งซื้อไป ผู้ซื้อจะต้องหา CER จากโครงการอื่นหรือคาร์บอนเครดิตจากกลไกอื่นที่อยู่ในตลาดทางการ หรือ tCERs ใหม่มาทดแทนก่อนที่ CER เก่าจะหมดอายุ

1.1.2 ใบบรรองการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบระยะยาว (Longter CER—ICER)

ก. การออก ICER จะทำได้ เมื่อมีการดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในการดำเนิน โครงการ A/R CDM ในแต่ละช่วงของการทวนสอบ

ข. ICER จะหมดอายุเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการคิดเครดิต

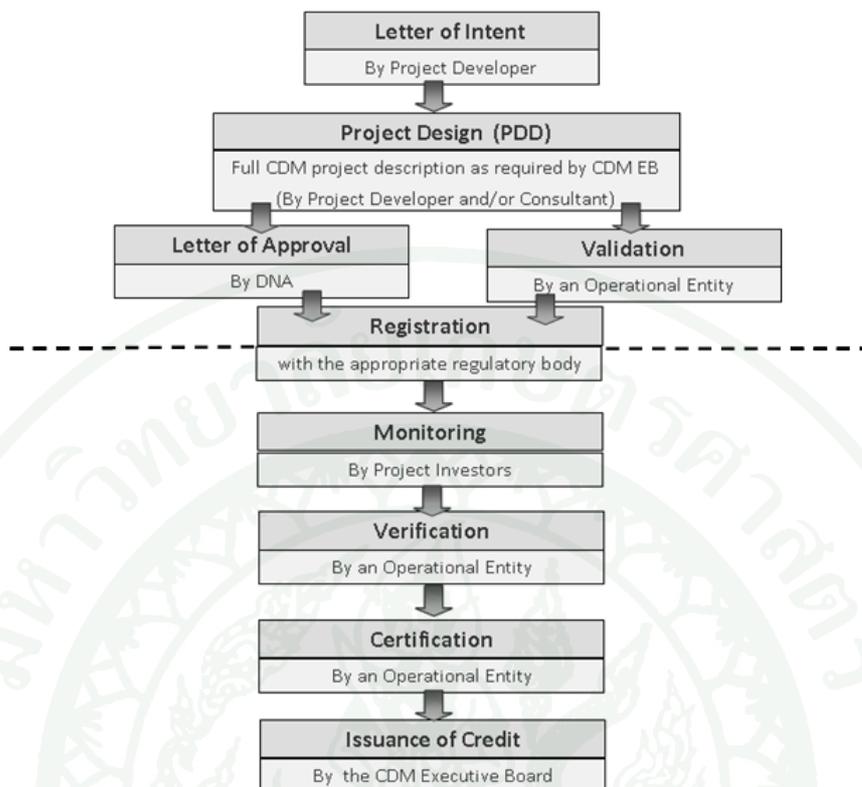
ค. หาก ICER ที่หมดอายุดังกล่าวเป็น CER ที่กลุ่มประเทศในภาคผนวกที่หนึ่งซื้อไป ผู้ซื้อจะต้องหา CER จากโครงการอื่นหรือคาร์บอนเครดิตจากกลไกอื่นที่อยู่ในตลาดทางการใหม่มาทดแทน (ยกเว้น tCERs และ ICER) ก่อนที่ CER เก่าจะหมดอายุ

ผู้ประกอบการ โครงการสามารถเลือกระยะเวลาการเคลมเครดิตได้ 2 รูปแบบ คือ

- 20 ปี และมีโอกาสที่ต่อระยะเวลาเพิ่มได้อีก 2 ครั้งๆ ละ 20 ปี โดยการต่อระยะเวลาเครดิตจะต้องมีการตรวจสอบกรณีฐาน (Baseline) เพื่อพิจารณาว่ากรณีฐานเดิมยังใช้ได้หรือไม่ หรือ จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงกรณีฐานใหม่ พร้อมทั้งแจ้งให้คณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM EB) รับทราบด้วย

- 30 ปี และไม่มีการต่อระยะเวลา

ในการเข้าร่วมกระบวนการ CDM จะต้องดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนก่อนการจดทะเบียน และ ขั้นตอนหลังการจดทะเบียน (ภาพที่ 46)



ภาพที่ 46 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ CDM
ที่มา: ดัดแปลงจาก อบก. (2553)

กิจกรรม โดยสังเขปของแต่ละขั้นตอน ประกอบด้วย

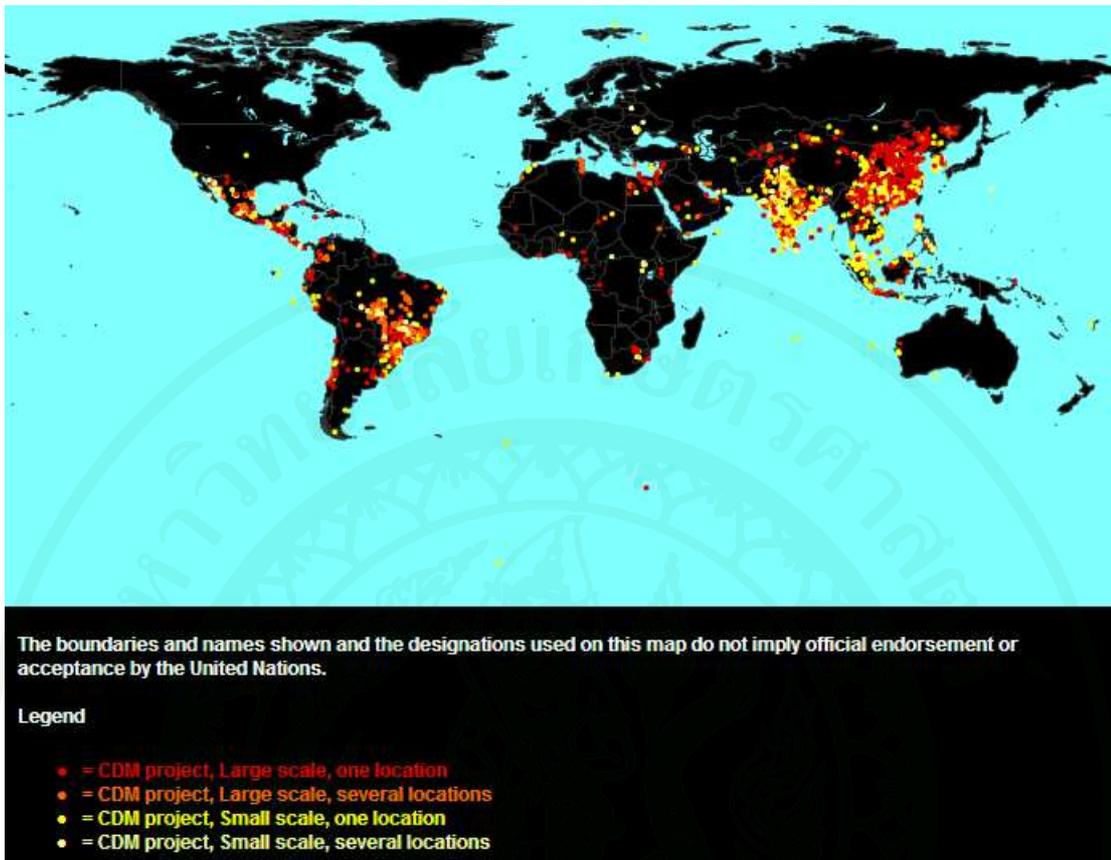
- ขั้นตอนก่อนการจดทะเบียน (Pre-registration) ประกอบด้วยขั้นตอนการยื่นจดหมายแสดงเจตจำนงเพื่อดำเนินโครงการ CDM (Letter of Intent) การจัดทำเอกสารประกอบโครงการ (Project Design Document, PDD) การขอเอกสารรับรองโครงการจากประเทศเจ้าบ้าน (Letter of Approval) การตรวจสอบเอกสาร (Validation) และการจดทะเบียนรับรองโครงการกับ CDM EB (registration)

- ขั้นตอนหลังการจดทะเบียน (Post-registration) เกี่ยวข้องกับการได้รับคาร์บอนเครดิต ประกอบด้วยขั้นตอนการตรวจวัด (Monitoring) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ การตรวจทาน (Verification) ความถูกต้องของปริมาณเครดิตที่ยื่นขอ การให้การรับรองเครดิต (Certification) และการออกเครดิต (Issuance of credit) โดย CDM Executive Board

รายละเอียดของการดำเนินการโครงการ CDM สามารถค้นคว้าเพิ่มเติมได้จาก “คู่มือการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด เพื่อส่งเสริมการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกสำหรับผู้ประกอบการ” (อบก., 2553)

1.2 สถานการณ์โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้

โครงการ CDM ภาคป่าไม้ที่ได้จดทะเบียนโครงการ และ/หรือที่กำลังดำเนินการอยู่ในขั้นตอนต่างๆ เช่น ระหว่างการทบทวน หรือ ตรวจสอบโครงการ มีการกระจุกตัวในประเทศอินเดีย ประเทศจีน ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และภูมิภาคอเมริกากลางและใต้ (ภาพที่ 47) ข้อมูล ณ วันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2554 มีโครงการ CDM จดทะเบียนกับ CDM EB จำนวน 2,875 โครงการ คิดเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ 446,524,585 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี คาดว่าจำนวนเครดิตทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นภายในพันธกรณีแรกเป็นจำนวนมากกว่า 1,950,000,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับโครงการที่กำลังยื่นเรื่องเพื่อขอจดทะเบียนมีจำนวน 61 โครงการ คิดเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ 7,538,008 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี คิดเป็นจำนวนเครดิตทั้งหมดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นภายในพันธกรณีที่หนึ่งเป็นจำนวน 10,000,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับโครงการ CDM ที่กำลังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนาโครงการมีมากกว่า 5,600 โครงการ คาดว่าจำนวนเครดิตทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นภายในพันธกรณีที่หนึ่งเป็นจำนวน 2,700,000,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ (UNFCCC, 2554)

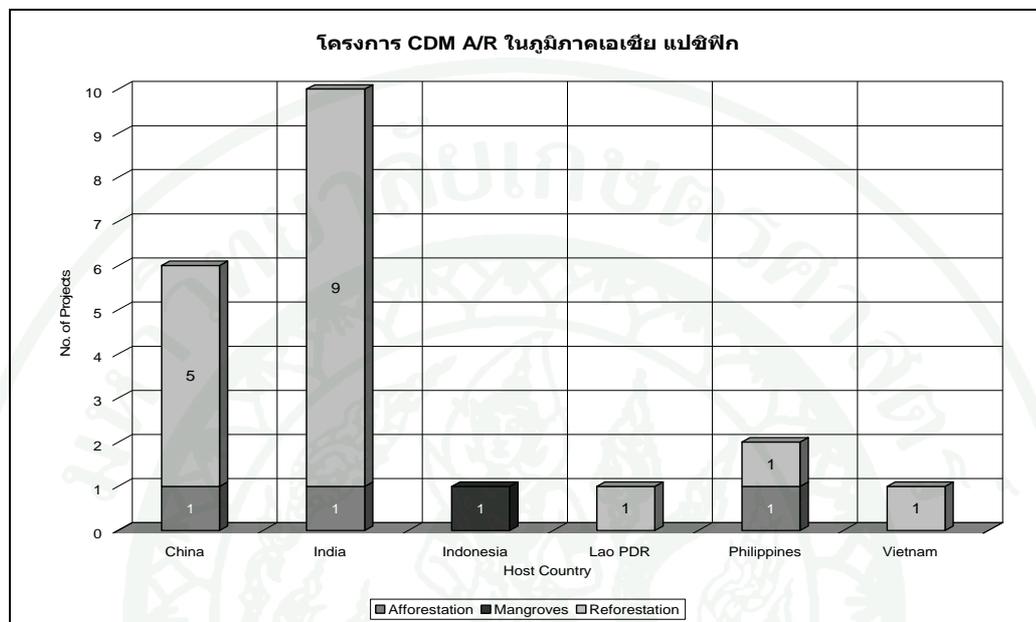


ภาพที่ 47 แผนที่แสดงการกระจายตัวของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด
ที่มา: UNFCCC (2554)

โครงการที่เกี่ยวข้องกับภาคป่าไม้ทั้งที่อยู่ในรูปแบบของการฟื้นฟูป่า (Reforestation) และการปลูกป่า (Afforestation) ที่อยู่ในกระบวนการตรวจสอบ (Validation) และโครงการที่จดทะเบียนกับ CDM EB ณ วันที่ 5 มีนาคม พ.ศ. 2554 มีจำนวน 61 โครงการ ซึ่งคิดเป็นเพียงร้อยละ 1 ของโครงการ CDM ทั้งหมด ประมาณการปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดลงได้ (certified emission reductions-CERs) จากโครงการทั้งสองประเภทปีละประมาณ 4,797,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ร้อยละ 1) และในปีพ.ศ 2555 (ค.ศ. 2012) คาดว่าจะมีเครดิตประมาณ 19,047,000 หน่วย (ร้อยละ 0.7) ในขณะนี้ ยังไม่มีโครงการ CDM จากภาคป่าไม้โครงการใดที่ได้รับการรับรองเครดิตจาก CDM EB (UNEP Risoe, 2554)

โครงการ CDM ด้านป่าไม้ได้กระจายตัวไปทุกภูมิภาคของโลก โดยมีจำนวน 15 โครงการในกลุ่มประเทศลาตินอเมริกา จำนวน 22 โครงการในทวีปอาฟริกา จำนวน 3 โครงการใน

ทวีปยุโรปและเอเชียกลาง และ จำนวน 21 โครงการในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มประเทศเอเชียแปซิฟิกแล้ว พบว่ายังไม่มีโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดจากประเทศไทย แม้แต่โครงการเดียวที่เข้าสู่กระบวนการตรวจสอบหรือจดทะเบียน (ภาพที่ 48)



ภาพที่ 48 โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดทางด้านภาคป่าไม้ในภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก (ข้อมูล ณ เดือนมีนาคม 2011)

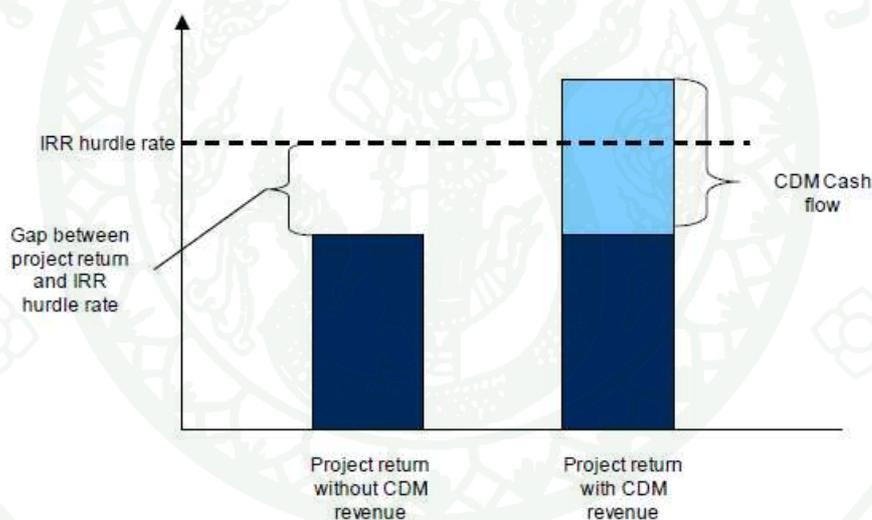
การแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยใช้กลไกของคาร์บอนเครดิตผ่านกระบวนการของ CDM ในภาคป่าไม้ ถือว่าไม่ค่อยประสบความสำเร็จเท่าไรนัก โดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งมีโครงการป่าไม้จากป่าชายเลนเพียงโครงการเดียวที่ยื่นหนังสือแสดงเจตน์จำนง (Letter of Intent) ขอเข้าร่วมกระบวนการกลไกการพัฒนาที่สะอาดต่อองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) และต่อ UNFCCC (ข้อมูล ณ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553) และยังไม่มีความคืบหน้าที่ชัดเจนแต่อย่างใด

1.3 บทบาทของคาร์บอนเครดิตต่อการวิเคราะห์การลงทุนโครงการสวนป่าสัก

ในการวิเคราะห์บทบาทของคาร์บอนเครดิตที่มีต่อการลงทุนปลูกสร้างสวนป่า แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างโครงการที่ไม่มีกระแสรายได้จากคาร์บอนเครดิต (กรณีฐาน)

กับกรณีที่ได้รับรายได้จากการขายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับ การพิสูจน์สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การวิเคราะห์แบบ Comparison Analysis และ Benchmark Analysis (UNFCCC, 2007)

การวิเคราะห์การลงทุนแบบ Comparison Analysis จะเป็นการเปรียบเทียบโดยใช้ตัวชี้วัดทางการเงินที่เหมาะสมในการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการ เช่น อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นต้น ส่วนการวิเคราะห์แบบ Benchmark Analysis จะเปรียบเทียบตัวชี้วัดทางการเงินของโครงการกับตัวชี้วัดเปรียบเทียบ (Benchmark) เช่น อัตราผลตอบแทนภายในของภาคการเกษตรหรือป่าไม้ ดอกเบี้ยเงินฝากของธนาคาร ดอกเบี้ยพันธบัตร ตามความเหมาะสม เพื่อพิสูจน์ให้เห็นอย่างเป็นรูปธรรมว่ากระแสรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิตจะช่วยให้โครงการสวนป่าสักมีรายได้มากกว่าเกณฑ์การลงทุน (IRR hurdle rate) ดังแสดงในภาพที่ 49



ภาพที่ 49 การวิเคราะห์ Investment Analysis สำหรับโครงการ CDM ภาคป่าไม้
ที่มา: UNEP RISO and EcoSecurity (2007)

การวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 กรณี เช่นเดียวกับการวิเคราะห์เชิงกายภาพและสิ่งแวดล้อม ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในส่วนที่ 1 คือ กรณีที่ 1: การปลูกสร้างสวนป่าสักของประเทศไทยตามรูปแบบการจัดการแบบองค์รวมตามแนวทางขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (Cluster Management Scenario, CSM) และ กรณีที่ 2: การปลูกสร้างและดูแลสวนป่าตามหลักทฤษฎีวิวัฒนาการ (Growth Theory Scenario, GTS) โดยกำหนดให้ราคาคาร์บอนเครดิตมี 3 ระดับ คือ

- ระดับสูง (515 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์)
- ระดับกลาง (305 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์)
- ระดับต่ำ (61 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์)

นอกเหนือจากรายได้จากการซื้อขายคาร์บอนเครดิตจากการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว การดำเนินโครงการ A/R CDM มีค่าใช้จ่ายในทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรโครงการ จึงจำเป็นต้องนำค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการเข้ามาพิจารณาประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ CDM ส่วนป่าสักจากการประเมินของบริษัทที่ปรึกษาแสดงในตารางที่ 20 และโดยตั้งสมมุติฐานให้โครงการสวนป่ามีขนาดพื้นที่ประมาณ 5,000 ไร่ ซึ่งเป็นขนาดพื้นที่สวนป่าเฉลี่ยขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ในเขตภาคเหนือตอนบน (อป., 2551)

ตารางที่ 20 ประมาณการค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ CDM การปลูกสร้างสวนป่าสัก

รายการ	ประมาณการ (บาท)*	ปีที่เกิดค่าใช้จ่าย**
1 การจัดทำเอกสารประกอบโครงการ	2,000,000 บาท	1
2 การจัดทำรายงานการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมเบื้องต้น และการวิเคราะห์การพัฒนาอย่างยั่งยืน	800,000 บาท	1
3 ค่าธรรมเนียมเอกสารรับรองโครงการ	160,000 บาท	1
4 การตรวจโครงการ (Validation)	1,200,000 บาท	1
5 ค่าธรรมเนียมจดทะเบียน	96,000 บาท	3
6 ค่าติดตาม รายงาน และ ตรวจสอบ (Monitoring, Reporting and Verification) และการออกเครดิต (CER Issuance)	1,200,000 บาท	7, 14, 21, 30
7 รวมมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย	8,269,289 บาท	

หมายเหตุ: * ราคาปีพ.ศ. 2553

** กำหนดโดยผู้ศึกษา

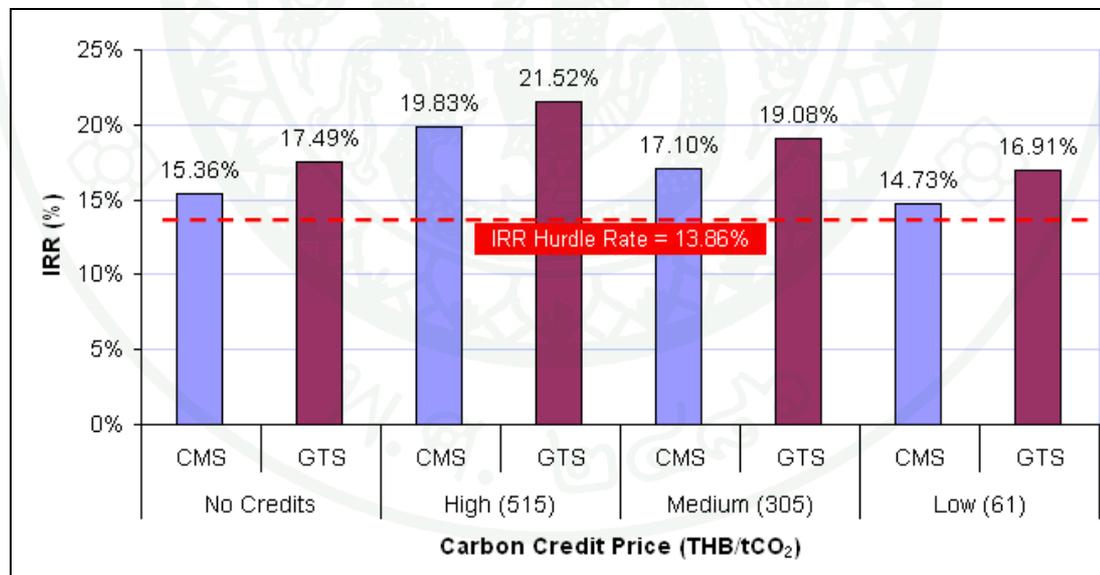
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ CDM ตลอดอายุโครงการเท่ากับ 1,654 บาทต่อไร่ หรือสูงถึง 8.3 ล้านบาทตลอดอายุสวนป่า 30 ปี จะเห็นได้ว่าการปลูกสร้างสวนป่าจำเป็นต้องมีพื้นที่มากเพียงพอเพื่อให้ได้รายได้จากคาร์บอนเครดิตมากพอเพียงและเกิดความคุ้มค่า

ตารางที่ 21 แสดงรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (บาทต่อไร่) และจำนวนพื้นที่ (ไร่) ที่ก่อให้เกิดความคุ้มทุน (Break-even point)

ตารางที่ 21 จุดคุ้มทุนของการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด

ราคาคาร์บอนเครดิต (บาทต่อตันCO ₂)	รายได้จากคาร์บอนเครดิต (บาทต่อไร่)		จุดคุ้มทุน (ไร่)	
	CMS	GTS	CMS	GTS
515	7,182	11,532	1,151	717
305	4,256	6,834	1,943	1,210
61	851	1,367	9,717	6,049

การวิเคราะห์การลงทุนแบบ Comparison Analysis และ Benchmark Analysis พบว่า ราคาของคาร์บอนเครดิตมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อสถานะทางการเงินและการลงทุนของโครงการ



ภาพที่ 50 บทบาทของคาร์บอนเครดิตที่มีต่อผลตอบแทนภายในของการลงทุนสวนป่าสัก

ภาพที่ 50 แสดงให้เห็นถึงบทบาทของคาร์บอนเครดิตที่มีต่อผลตอบแทนภายในของการลงทุนปลูกสร้างสวนป่าสัก ดังนี้

- ในกรณี CMS กระแสรายได้จากการ์บอนเครดิตทำให้ผลตอบแทนภายใน (IRR) ของโครงการเป็นดังต่อไปนี้

กรณีฐาน (ไม่มีรายได้จากการ์บอนเครดิต) อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ ร้อยละ 15.36

ถ้าราคาของคาร์บอนเครดิตที่เจ้าของสวนป่าได้รับเท่ากับราคาตลาดโลกในปัจจุบัน หรือ เท่ากับ 515 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ รายได้จากการ์บอนเครดิตเท่ากับ 7,182 บาทต่อไร่ อัตราผลตอบแทนภายใน ‘เพิ่มขึ้น’ เป็นร้อยละ 19.83

ถ้าราคาของคาร์บอนเครดิตเท่ากับ 305 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ รายได้จากการ์บอนเครดิตเท่ากับ 4,256 บาทต่อไร่ อัตราผลตอบแทนภายใน ‘เพิ่มขึ้น’ เป็นร้อยละ 17.10

ถ้าราคาของคาร์บอนเครดิตเท่ากับ 61 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือราคาตลาดภาคความสมัครใจ รายได้จากการ์บอนเครดิตเท่ากับ 851 บาทต่อไร่ อัตราผลตอบแทนภายใน ‘ลดลง’ เป็นร้อยละ 14.73

- ในกรณี GTS กระแสรายได้จากการ์บอนเครดิตทำให้ผลตอบแทนภายใน (IRR) ของโครงการเป็นดังต่อไปนี้

กรณีฐาน (ไม่มีรายได้จากการ์บอนเครดิต) อัตราผลตอบแทนเท่ากับร้อยละ 17.49

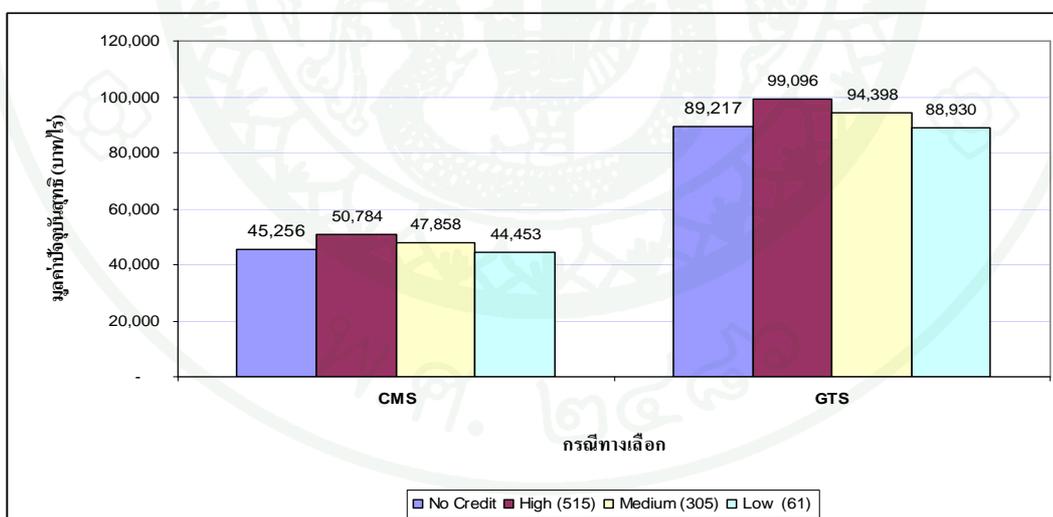
ถ้าราคาของคาร์บอนเครดิตที่เจ้าของสวนป่าได้รับเท่ากับ เท่ากับ 515 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ รายได้จากการ์บอนเครดิตเท่ากับ 11,532 บาทต่อไร่ อัตราผลตอบแทนภายใน ‘เพิ่มขึ้น’ เป็นร้อยละ 21.52

ถ้าราคาของคาร์บอนเครดิตเท่ากับ 305 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ รายได้จากการ์บอนเครดิตเท่ากับ 6,834 บาทต่อไร่ อัตราผลตอบแทนภายใน ‘เพิ่มขึ้น’ เป็นร้อยละ 19.08

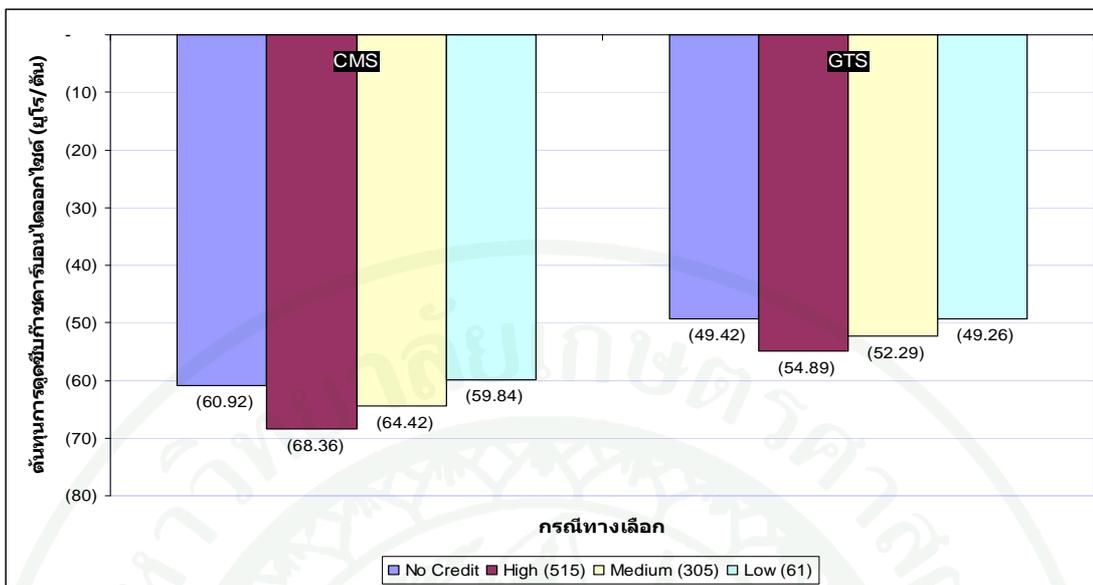
ถ้าราคาของคาร์บอนเครดิตเท่ากับ 61 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือราคาตลาดภาคความสมัครใจ อัตราผลตอบแทนภายใน ลดลง เป็นร้อยละ 16.91 เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการเข้าร่วมโครงการ CDM สูงกว่าถึง 1,654 บาทต่อไร่ ในขณะที่รายรับจากคาร์บอนเครดิตในกรณีราคาคาร์บอนต่ำเท่ากับ 1,367 บาทต่อไร่

ภาพที่ 50 ยังชี้ให้เห็นว่า ผลตอบแทนภายในของโครงการในทุกกรณีศึกษามากกว่า อัตราผลตอบแทนภายในเฉลี่ยของภาคการเกษตร เมื่อพิจารณาถึงผลของรายได้จากคาร์บอนเครดิตที่มีต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) ของการปลูกสร้างสวนป่า จะเห็นได้ว่ารายได้จากคาร์บอนเครดิตทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเพิ่มขึ้น ยกเว้นในกรณีที่ราคาคาร์บอนเครดิตต่ำมาก (61 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์) ภาพที่ 51

ต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลงเมื่อมีกระแสรายได้จากคาร์บอนเครดิตเข้ามาเสริม อย่างไรก็ตาม ต้นทุนฯ จะเพิ่มมากกว่าเดิมเล็กน้อย คือ ร้อยละ 1.77 เมื่อคาร์บอนเครดิตมีมูลค่าเท่ากับ 61 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับในกรณี CMS และ ร้อยละ 0.3 ในกรณี CTS (ภาพที่ 52)



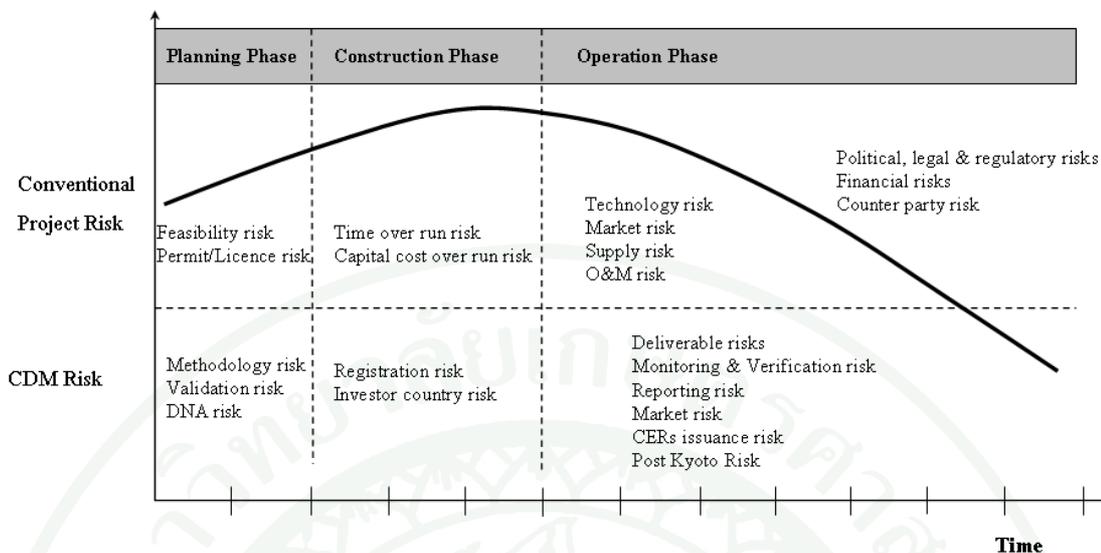
ภาพที่ 51 บทบาทของคาร์บอนเครดิตที่มีต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิในการลงทุนของสวนป่าสัก



ภาพที่ 52 บทบาทของคาร์บอนเครดิตที่มีต่อต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
 หมายเหตุ: กำหนดให้มูลค่าของบริการด้านการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับราคาตลาด
 ของคาร์บอนเครดิตที่ 515 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับ

1.3.1 ความเสี่ยงในการดำเนินโครงการ CDM

การวิเคราะห์การลงทุนชี้ให้เห็นบทบาทของคาร์บอนเครดิตในเชิงบวก ยกเว้นในกรณีราคาของคาร์บอนเครดิตต่ำจะทำให้ผลการวิเคราะห์การลงทุนมีค่าต่ำกว่าในกรณีฐาน เนื่องจากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการ CDM อย่างไรก็ตาม การดำเนินการโครงการ CDM มีความเสี่ยงและความท้าทายเกิดขึ้นทุกขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผน (Planning phase) ขั้นตอนการพัฒนาโครงการ (Construction phase) และขั้นตอนในการดำเนินงาน (Operation Phase) เช่นเดียวกับโครงการปกติทั่วไป ดังแสดงในภาพที่ 53



ภาพที่ 53 ความเสี่ยงในการดำเนินโครงการ CDM

ที่มา: ดัดแปลง UNEP RISO and EcoSecurities (2007)

รายละเอียดของความเสี่ยงในการดำเนินงานโครงการ A/R CDM สามารถสรุปได้ดังนี้

ก. ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในช่วงของการวางแผน (Planning Phase) ได้แก่

1) การได้รับจดหมายรับรองโครงการ (Letter of Approval): องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. จะพิจารณาโครงการ CDM ทุกโครงการว่าเข้าข่ายหลักเกณฑ์การพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศไทยหรือไม่ ซึ่งหลักเกณฑ์ครอบคลุมประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม และการถ่ายทอดเทคโนโลยี ถ้าโครงการไม่ผ่านหลักเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โครงการนั้นจะไม่ได้รับจดหมายรับรองโครงการ ส่งผลให้ไม่สามารถจดทะเบียนโครงการเป็นโครงการ CDM ได้ ข้อมูลจากอบก. (ธันวาคม พ.ศ. 2553) ซึ่งให้เห็นว่ามีโครงการ 6 โครงการที่ไม่ผ่านการรับรอง เนื่องจากข้อมูลไม่ครบถ้วน และ ขัดกับหลักเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โครงการที่ไม่ผ่านการรับรอง 5 โครงการ ได้ยื่นเรื่องกลับไปเพื่อพิจารณาอีกครั้ง มีเพียง 2 โครงการที่ได้รับการรับรองในที่สุด

2) การพิจารณาเกี่ยวกับวันเริ่มต้นของโครงการ (Project Starting Date): จำเป็นต้อง มีหลักฐานที่น่าเชื่อถือ (เช่นภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น) เพื่อพิสูจน์ว่า

(1) พรรณไม้ที่ปกคลุมบนพื้นที่โครงการจะต้องไม่เข้าข่ายเป็นป่าตามคำนิยามป่าไม้ของแต่ละประเทศ เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 50 ปี สำหรับโครงการสำหรับการปลูกป่า (afforestation)

(2) พรรณไม้ที่ปกคลุมบนพื้นที่โครงการจะต้องไม่เข้าข่ายเป็นป่าตามคำนิยามป่าไม้ของแต่ละประเทศ ณ. วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2532 สำหรับโครงการการฟื้นฟูป่า (reforestation)

(3) ไม่มีต้นไม้พืชพรรณที่คาดว่าจะก่อตัวเป็นป่าไม้ได้บนพื้นที่ในกรณีที่ไม่มีโครงการ

(4) โครงการจะต้องเริ่มวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2543 หรือหลังจากนั้น

(5) ในกรณีที่ไม่มีโครงการจะต้องชี้ให้เห็นชัดเจนว่าการสะสมคาร์บอนในแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่ไม่ได้พิจารณาในขอบเขตโครงการไม่ลดลงหรือเพิ่มขึ้นน้อยกว่าในกรณีที่มีโครงการ

การพิสูจน์โดยใช้หลักฐานที่น่าเชื่อถือ เช่นภาพถ่ายดาวเทียมย่อมมีค่าใช้จ่าย และ กรมพัฒนาที่ดินได้ให้ข้อมูลในเบื้องต้นว่า ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT ที่แสดงการใช้ที่ดินของประเทศไทยสามารถเรียกข้อมูลย้อนหลังได้ประมาณ 30 ปี

3) วิธีการ (Methodology) ที่ใช้ในการจัดทำเอกสารประกอบโครงการ: ปัจจุบัน มี Methodology อยู่จำนวน 15 วิธี สำหรับโครงการ A/R CDM ความเสี่ยงจากวิธีการสามารถเกิดขึ้นใน 2 รูปแบบ คือ ก) ลักษณะของโครงการไม่เหมาะสมกับวิธีการที่มีอยู่ในปัจจุบัน ทำให้ต้องมีการร้องขอไปยัง CDM Methodology Panel เพื่อเบี่ยงเบนจากวิธีการหลัก (Request for Deviation) หรือ ต้องนำเสนอวิธีการใหม่ (New methodology) และรออนุมัติ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้งบประมาณและเวลายาวนานมาก ข) ผู้พัฒนาโครงการไม่ได้เขียนเอกสารประกอบโครงการ (PDD) ให้ถูกต้องเคร่งครัดตามที่ Methodology กำหนดไว้ ข้อมูลโครงการ CDM ณ. เดือนกรกฎาคม

พ.ศ. 2553 พบว่ามีโครงการที่ถูกปฏิเสธการจดทะเบียนมีประมาณร้อยละ 2.4 มีสาเหตุจากความไม่ถูกต้องของการจัดทำข้อมูลพื้นฐาน การติดตามตรวจสอบและวิธีการประเมิน (Baseline, monitoring and methodology) ในอัตราร้อยละ 38.3

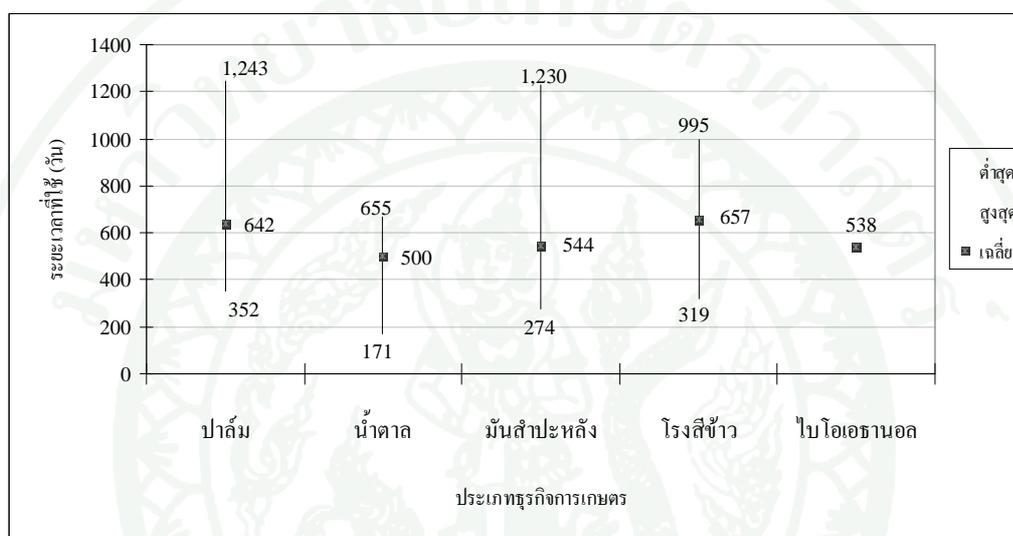
4) Additionality: เป็นการตรวจสอบปรัชญาของโครงการ CDM ที่ว่าโครงการลดก๊าซเรือนกระจกจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้เลย ถ้าไม่มีการสนับสนุนจากโครงการ CDM เครื่องมือในการพิสูจน์ Additionality ในภาคป่าไม้ ชื่อ “Tool for the Demonstration and Assessment of Additionality in A/R CDM Project Activities (Version 02)” ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การพิจารณาวันเริ่มต้นของโครงการ (Project Starting Date) การระบุทางเลือกของการใช้ที่ดิน (Alternative Landuse) การวิเคราะห์การลงทุน (Investment Analysis) การวิเคราะห์อุปสรรค (Barrier Analysis) การวิเคราะห์ความเป็นธรรมดาของโครงการ (Common Practice) (UNFCCC, 2007) (ภาคผนวก ง) การพิสูจน์ในแต่ละขั้นตอนมีความละเอียดและต้องการหลักฐานในการพิสูจน์ข้อมูลโครงการ CDM ณ. เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 พบว่าโครงการที่ถูกปฏิเสธการจดทะเบียนจาก CDM EB มีประมาณร้อยละ 2.4 มีสาเหตุเนื่องมาจาก Additionality มากที่สุดถึงร้อยละ 53 โดยสาเหตุจากความไม่ถูกต้องของการจัดทำข้อมูลพื้นฐาน การติดตามตรวจสอบและวิธีการประเมิน (Baseline, monitoring and methodology) ในอัตราร้อยละ 38.3 และเหตุผลอื่นๆ น้อยกว่าร้อยละ 9

5) การตรวจสอบ (Validation risk) :เนื่องจากกระบวนการ CDM ได้กำหนดให้มีการตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารประกอบโครงการจากหน่วยงานภายนอกที่ได้รับรองจาก CDM EB (Designated Operation Entity) การตรวจสอบมีขั้นตอนและรายละเอียดมาก โครงการที่มีการเตรียมตัวไม่พร้อมมีโอกาสที่จะไม่ผ่านขั้นตอนการตรวจสอบนี้ได้ ข้อมูลเมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 พบว่ามีโครงการจำนวนร้อยละ 2.5 ได้รับ Negative validation report และผู้ประกอบการตัดสินใจยกเลิกโครงการเอง ร้อยละ 10.6

ข. ความเสี่ยงในช่วงการก่อสร้างโครงการ (Construction Phase) ได้แก่

1) ความล่าช้าจากการจดทะเบียนโครงการ CDM ในต่างประเทศ เนื่องจากขั้นตอนการทำงานที่ล่าช้า ไม่มีประสิทธิภาพของ CDM Executive Board (CDM EB) ซึ่งในการประชุมสมัชชาภาคีประเทศสมาชิกครั้งที่ 16 ได้เรียกร้องให้ CDM EB ปรับปรุงการดำเนินงานในหลายประการ

จากการวิเคราะห์โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดของประเทศไทยทั้งหมดที่ได้รับการขึ้นทะเบียนแล้วจำนวน 40 โครงการ (ข้อมูล ณ. 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553) พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบและจดทะเบียนเฉลี่ยเท่ากับ 582 วัน เมื่อพิจารณาเฉพาะโครงการที่อยู่ในภาคการเกษตรแล้วของประเทศไทยที่ได้จดทะเบียนกับ CDM EB แล้วจำนวน 32 โครงการ พบว่าระยะเวลาในการดำเนินการในขั้นตอนการตรวจสอบอยู่ในช่วง 171 – 1,243 วัน (เฉลี่ยโครงการละ 600 วัน) ดังแสดงในภาพที่ 54



ภาพที่ 54 ระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบและขึ้นทะเบียนของโครงการ CDM ภาคการเกษตรของประเทศไทย
ที่มา: UNFCCC (2554) วิเคราะห์โดยผู้เขียน

ระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบและขึ้นทะเบียนของโครงการ A/R CDM ภาคป่าไม้ของประเทศ แอลบานเนีย อาเจนตินา โบลิเวีย บราซิล ชิลี จีน โคลัมเบีย คองโก เอธิโอเปีย อินเดีย ปารากวัย เปรู มอลโดวา อุกันดา อุรุกวัย และ เวียดนามอยู่ในช่วง 262-1,229 วัน (เฉลี่ย 600 วัน) โครงการฟื้นฟูป่าบนพื้นที่เสื่อมโทรมจากประเทศอินเดียเป็นโครงการที่ใช้ระยะเวลาในการตรวจสอบถึงการจดทะเบียนเป็นระยะเวลา 1,229 วัน โครงการที่ใช้เวลาน้อยที่สุด ได้แก่ โครงการขนาดเล็กจากประเทศเวียดนาม ซึ่งใช้เวลา 262 วัน

2) ความเสี่ยงจากผู้ลงทุนโครงการต่างประเทศ: ผู้ลงทุนโครงการจากต่างประเทศอาจอยู่ในรูปแบบของรัฐบาล บริษัทเอกชน บริษัทมหาชน ฯลฯ ซึ่งมีความน่าเชื่อถือ

ในระดับต่างๆ ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับรูปแบบของลักษณะการร่วมทุนและเนื้อหาในสัญญาซื้อขายก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (Emission Reduction Purchase Agreement)

ค. ความเสี่ยงในช่วงการดำเนินงาน (Operation Phase) ประกอบด้วยความเสี่ยงในช่วงหลังการจดทะเบียนโครงการกับ CDM EB และเกี่ยวข้องกับกระบวนการได้รับเครดิต โดยเริ่มตั้งแต่ปัจจัยที่ผู้ดำเนินโครงการไม่สามารถควบคุมได้ คือ ทิศทางหลังการสิ้นสุดพันธกรณีที่หนึ่งขอพิธีสารเกียวโต (พ.ศ. 2555) ปัจจัยที่ผู้ดำเนินโครงการควบคุมได้ ได้แก่ การตรวจวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (monitoring and reporting) การตรวจสอบ (Verification) การออกใบรับรองคาร์บอนเครดิต (Certification) อย่างไรก็ตาม การได้รับเครดิตจากการดำเนินโครงการ CDM มิใช่เรื่องง่าย ข้อมูล ณ วันที่ 27 มีนาคม พ.ศ. 2554 พบว่ามีโครงการ CDM ของประเทศไทยเพียง 3 โครงการเท่านั้น ที่ได้รับการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ (CERs) เพียงจำนวน 3 โครงการ จาก 40 โครงการ (อบก., 2554)

1.3.2 การลดความเสี่ยงของการเข้าร่วมโครงการ CDM

ถึงแม้ว่าการดำเนินโครงการ A/R CDM จะมีความเสี่ยงตลอดวัฏจักรโครงการ ผู้ประกอบการยังพอมีแนวทางลดความเสี่ยงจากการดำเนินการได้ โดยการกระจายความเสี่ยงด้านต้นทุนในการดำเนินการไปยังผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะผู้ที่ต้องการซื้อคาร์บอนเครดิต เสริมด้วยการเตรียมพร้อมของผู้ประกอบการ และการสนับสนุนจากหน่วยงานของรัฐ ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

ก. การกระจายความเสี่ยง สามารถดำเนินการได้ใน 2 รูปแบบ คือ

1) การลดต้นทุนดำเนินการ: ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ โดยหาผู้ร่วมหรือแบ่งเบาภาระค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ CDM เช่น การให้ผู้ที่ต้องการซื้อเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมดหรือบางส่วน ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเขียนเอกสารประกอบโครงการ ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบเอกสาร ค่าจดทะเบียนโครงการในประเทศไทยและต่างประเทศ ค่าใช้จ่ายในการตรวจวัด ทำรายงาน และตรวจทาน

2) การเพิ่มความมั่นคงด้านรายได้: สามารถทำได้โดยการทำสัญญาซื้อขายล่วงหน้า เพื่อสร้างความมั่นคงในด้านรายรับจากโครงการ อย่างไรก็ตาม ควรจะต้องมีการ

พิจารณาสัญญาซื้อขาย (Emission Reduction Purchase Agreement, ERPA) อย่างละเอียด เพื่อลดความเสี่ยงจากการทำสัญญา เช่น บทปรับในกรณีที่ไม่สามารถส่งมอบคาร์บอนเครดิตได้

ข. การเสริมสร้างความพร้อม: การเตรียมการที่ดีและความเอาใจใส่ในการดำเนินการจะช่วยลดความเสี่ยงในการดำเนินโครงการได้ เช่น การจ้างที่ปรึกษาที่มีประสบการณ์ในการจัดทำเอกสารประกอบโครงการ การเตรียมพร้อมในด้านการตรวจวัด การจัดทำรายงาน การฝึกอบรมให้ผู้ที่เกี่ยวข้องเข้าใจถึงความสำคัญของโครงการ และการจัดเตรียมเอกสารหลักฐานให้พร้อมเมื่อเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบ ตรวจสอบและการออกไปรับรองคาร์บอนเครดิต

ค. การสนับสนุนจากภาครัฐ: หน่วยงานของภาครัฐสามารถสนับสนุนการดำเนินโครงการ CDM ในภาคป่าไม้ได้หลายประการ โดยเฉพาะการจัดทำข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมการใช้ที่ดินในอดีตย้อนหลังไปในระยะเวลาไกล เพื่อพิสูจน์วันเริ่มต้นโครงการ เนื่องจากการเตรียมการในขั้นตอนนี้เป็นประโยชน์ในส่วนตัวรวม มีค่าใช้จ่ายดำเนินการสูง และต้องการความชำนาญเฉพาะทางในการตีความหมายภาพถ่าย

ถึงแม้ว่าในปัจจุบัน ประเทศไทยและผู้ประกอบการยังไม่มีความพร้อมในการเข้าร่วมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้ แต่โอกาสของคาร์บอนเครดิตก็ยังคงเปิดสำหรับผู้ประกอบการภาคป่าไม้ในอนาคต

1.3.3 สรุปโอกาสของสวนป่าสักในการเข้าร่วมโครงการ CDM

โอกาสของโครงการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการปลูกสร้างสวนป่าสักในการเข้าร่วมกระบวนการของ CDM สามารถสรุปได้ดังนี้

ก. ประเทศไทยสามารถเข้าร่วมในกลไกการพัฒนาที่สะอาดได้ เนื่องจากได้ให้สัตยาบรรณต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ข. กระแสรายได้จากคาร์บอนเครดิตทำให้อัตราผลตอบแทนภายในเพิ่มขึ้นในเกือบทุกกรณี ยกเว้น ในกรณีที่ราคาของคาร์บอนเครดิตต่ำมาก (ราคาในตลาดภาคความสมัครใจ) เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการเข้าร่วมกระบวนการสูง

ค. โครงการ A/R CDM มีความเสี่ยงในทุกขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผน (Planning phase) ขั้นตอนการพัฒนาโครงการ (Construction phase) และขั้นตอนในการดำเนินงาน (Operation Phase) กระบวนการ CDM มีความสลับซับซ้อนและต้องการเอกสารเพื่อพิสูจน์ข้อมูลที่ปรากฏในเอกสารประกอบโครงการมากที่สุด ได้แก่ การพิสูจน์วันเริ่มต้นโครงการ และ Additionality และต้องการหลักฐานที่น่าเชื่อถือแสดงประกอบ เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม

ง. ผู้ประกอบการสามารถลดความเสี่ยงในการดำเนินโครงการ CDM ได้ในหลายรูปแบบ ได้แก่ การลดต้นทุนดำเนินการ การสร้างความมั่นคงด้านรายรับ การกระจายความเสี่ยงไปยังผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และการเตรียมความพร้อมในการดำเนินการ

2. กลไกการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการทำลายป่าและการลดความเสื่อมโทรมของป่า, บทบาทของการอนุรักษ์ การจัดการป่าอย่างยั่งยืน และการส่งเสริมการสะสมคาร์บอนในประเทศกำลังพัฒนา (REDD+)

การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการทำลายป่า การลดความเสื่อมโทรมของป่า การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน และ การส่งเสริมการสะสมคาร์บอนในประเทศกำลังพัฒนา (Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation, Sustainable Management of Forests and Enhancement of Forest carbon stocks in Developing Countries, REDD+) เป็นกลไกเพิ่มเติมและอิสระไม่เกี่ยวข้องกับกลไกการพัฒนาที่สะอาด (อบก., 2553) ได้ถูกพิจารณาในการประชุมประเทศภาคีสมาชิกฯ มาอย่างต่อเนื่อง ในการประชุมประเทศภาคีสมาชิกครั้งที่ 16 ที่เมืองแคนนูน ประเทศเม็กซิโก พ.ศ. 2553 (COP16) ได้มีความคืบหน้าอย่างมากในประเด็นของการอนุรักษ์ป่าไม้ ประเทศกำลังพัฒนาที่มีความตั้งใจที่ร่วมมือในการแก้ไขปัญหาโลกร้อนต่างก็ได้เริ่มพัฒนากลยุทธ์ของชาติในการจัดทำฐานข้อมูลและพัฒนาระบบการตรวจสอบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้ พร้อมทั้งเริ่มมีการรวบรวมเงินทุนเพื่อการดังกล่าว อย่างไรก็ตาม การเมืองระหว่างประเทศได้ทำให้การประชุมประเทศภาคีสมาชิกฯ ยังไม่อาจหาข้อยุติว่า REDD+ จะยินยอมให้ภาคเอกชนได้ที่ได้รับการสนับสนุนทางการเงิน (จากตลาดคาร์บอนเครดิต) เข้าร่วมโครงการได้หรือไม่ (UNFCCC, 2010)

ในการประชุมสมัชชาภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศครั้งที่ 16 (COP16) ได้มีการกล่าวถึงแนวนโยบายและการสร้างแรงจูงใจในเรื่อง REDD+ มีสาระสำคัญดังนี้

ส่งเสริมให้ประเทศภาคีสมาชิกในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาดำเนินกิจกรรมลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก

- การตัดไม้ทำลายป่า
- การทำให้ป่าเสื่อมโทรม
- อนุรักษ์และสนับสนุนการกักเก็บคาร์บอน
- การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน

เรียกร้องให้ประเทศที่พัฒนาแล้วตั้งเป้าหมายในการรับผิดชอบในการดำเนินกิจกรรมข้างต้นตามความเหมาะสม เพื่อช่วยเหลือประเทศกำลังพัฒนาในการจัดทำ

- แผนยุทธศาสตร์และแผนปฏิบัติการแห่งชาติ
 - เอกสารอ้างอิงของข้อมูลการปลดปล่อยจากป่าไม้ระดับประเทศ และ/หรือข้อมูลอ้างอิงระดับป่าไม้ หรือควรจัดให้มีการตรวจวัดในช่วงระยะเวลาต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลการปลดปล่อยอ้างอิงในระดับพื้นที่ และ/หรือในระดับป่าไม้
 - ระบบตรวจสอบป่าไม้แห่งชาติต้องมีการปฏิบัติอย่างโปร่งใสและเอาใจจริงเอ้าจ้งเพื่อตอบสนองการตรวจสอบและการรายงานผลของกิจกรรมที่ถูกกล่าวถึงในข้อ ข้างต้น
 - ระบบข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย นโยบายการพัฒนาของประเทศ ฯลฯ

เรียกร้องให้ประเทศกำลังพัฒนาจัดทำและดำเนินการตามกลยุทธ์และแผนปฏิบัติการแห่งชาติ ให้ครอบคลุมประเด็นต่างๆ ได้แก่ แรงกระตุ้นที่ทำให้เกิดการตัดไม้ทำลายป่า ป่าไม้เสื่อมโทรม ปัญหาการถือครองที่ดิน การจัดการพื้นที่ป่าไม้ การจัดประเภทของพื้นที่ป่าไม้ และการคุ้มครองป้องกัน เพื่อให้แน่ใจว่ามีการร่วมมือกันของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องทั้งหมดอย่างมีประสิทธิภาพ โดยควรมีการร่วมมือกันของชาวบ้านและชุมชนในพื้นที่

เห็นชอบให้ประเทศกำลังพัฒนามีการดำเนินงานเรื่อง REDD+ เป็นระยะๆ โดยระยะแรกเริ่มจากการพัฒนากลยุทธ์และแผนปฏิบัติการแห่งชาติ นโยบายและมาตรการต่างๆ และการ

พัฒนาขีดความสามารถ ระยะต่อมามีการดำเนินงานให้สำเร็จลุล่วงตามแผนงานต่างๆ ที่จัดทำขึ้น ซึ่งอาจจะมี ความเกี่ยวเนื่องกับการพัฒนาขีดความสามารถ ด้านการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี การแสดงผลของกิจกรรมและการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในการตรวจวัด รายงานผล และพิสูจน์ความ ถูกต้องอย่างสมบูรณ์ และเร่งรัดให้ประเทศที่พัฒนาแล้ว องค์กรระหว่างประเทศ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ให้การสนับสนุนประเทศกำลังพัฒนา

ร้องขอให้กลุ่มคณะทำงานเฉพาะกิจมีแผนการปฏิบัติการร่วมมือในระยะยาว (Long-term Cooperative Action) เพื่อเสาะหาเงินสนับสนุนจากหลายแหล่งเพื่อใช้ในการดำเนินการให้ บรรลุผลของกิจกรรมต่างๆ และรายงานขั้นตอนการดำเนินงานที่เกิดขึ้นรวมถึงข้อเสนอแนะของ Draft Decision ในเรื่องนี้ให้แก่ COP 17

2.1 สรุปโอกาสของสวนป่าสักในการเข้าร่วมโครงการ REDD+

ข้อตกลงในการประชุมสมัชชาภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ (COP16) ได้ชี้ให้เห็นว่าประเทศไทยยังต้องเตรียมการอีกหลายประการเพื่อให้มี สิทธิเข้าร่วมใน REDD+ คาดว่าจะใช้ระยะเวลาเตรียมการอย่างรวดเร็ว 2-3 ปี และต้องมีการบริหารจัดการที่ดี อย่างไรก็ตาม ผู้ที่เกี่ยวข้องกับภาคป่าไม้หลายฝ่ายไม่เห็นด้วยที่จะหารายได้จากคาร์บอน จากภาคป่าไม้ เพราะเกรงว่าจะทำให้เกิดความขัดแย้งตามมา ผลประโยชน์จะตกอยู่กับต่างชาติ ไม่ถึงมือ ชาวบ้าน และปัญหาการรับซื้อ การดำเนินการของ REDD+ มีกรอบแนวความคิดคล้ายคลึงกับป่าชุมชน ของประเทศไทย (ลดาวัลย์ พวงจิตร และ สมหญิง สุนทรวงษ์, 2550 อ้างใน ศศิวิมล ปัจมาพิรมย์, 2522) แต่ยอมรับการสนับสนุนจากต่างประเทศ

โอกาสของโครงการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการปลูกสร้างสวนป่าสัก ในการเข้าร่วมกระบวนการของ REDD+ สามารถสรุปได้ดังนี้

- ประเทศไทยสามารถเข้าร่วมในกระบวนการและมีโอกาสที่จะได้รับประโยชน์ จาก REDD+ ในการอนุรักษ์ป่าไม้ได้
- การยินยอมให้ภาคเอกชนได้รับประโยชน์จากคาร์บอนเครดิตจาก REDD+ ยังเป็น ที่ถกเถียงและเจรจาในเวทีต่างประเทศ

- ประเทศไทยต้องดำเนินการหลายประการเพื่อที่จะเข้าร่วมใน REDD+ เช่น การจัดทำแผนยุทธศาสตร์และแผนปฏิบัติการแห่งชาติ การจัดทำฐานข้อมูล ซึ่งเป็นสิ่งที่ดีที่ช่วยกระตุ้นและส่งเสริมให้การจัดการป่าไม้ในภาพรวมเป็นระบบ
- ประเทศที่พัฒนาแล้วยินดีที่จะสนับสนุนและช่วยเหลือประเทศไทยในการพัฒนา REDD+
- ผู้ที่เกี่ยวข้องกับภาคป่าไม้หลายฝ่ายในประเทศไทยยังมีความคิดเห็นแตกต่างในประเด็นของคาร์บอนเครดิตจากภาคป่าไม้

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยกลไกของคาร์บอนเครดิต

การดำเนินกิจกรรมปลูกสร้างสวนป่าได้ให้ผลตอบแทนที่น่าพึงพอใจเมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมการเกษตรอื่นๆ อย่างไรก็ตาม การกล่าวเช่นนั้นได้เนื่องจากการดำเนินกิจกรรมสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ไม่ได้มีต้นทุนทางด้านที่ดินเข้ามาเกี่ยวข้อง การวิเคราะห์ในส่วนที่ 2 ได้พิจารณาปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการวิเคราะห์การลงทุน ได้แก่ ค่าเสียโอกาสของที่ดิน กระแสรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต และการจ่ายเพื่อบริการทางนิเวศ (Payment for Ecological Services, PES) โดยพิจารณาเพิ่มที่ละปัจจัยเข้ามาและเปรียบเทียบกับกรณีฐาน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าปัจจัยเหล่านั้นมีผลต่ออัตราผลตอบแทนภายใน ต้นทุนของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มูลค่าปัจจุบันสุทธิมากบ้างน้อยบ้างตามสมมุติฐานของแต่ละเงื่อนไข อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ที่ผ่านมา ยังไม่ได้มีการพิจารณารวมปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์และคาร์บอนเครดิตเข้าเป็นภาพเดียวกัน ดังนั้นในส่วนที่ 4 นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาผลกระทบของปัจจัยร่วมที่มีต่อการวิเคราะห์การลงทุนเพื่อเป็นข้อมูลในการเสนอแนะเชิงนโยบายในระดับจุลภาคและมหภาคต่อไป

การนำเสนอผลการศึกษาร่วมจะนำเสนอในรูปแบบของกราฟแท่งพร้อมทั้งข้อมูลในรูปแบบของตารางที่มีองค์ประกอบหลายมิติอยู่ในภาพเดียวกัน การอ่านภาพจะเริ่มจากแกนตั้ง (แกน Y) ที่จะแสดงอัตราผลตอบแทนภายใน (ร้อยละ) หรือต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ยูโรต่อตัน) ส่วนในแกนนอน (แกน X) จะแสดงเงื่อนไข 2 เงื่อนไขพร้อมกัน ดังนี้

ค่าเสียโอกาสที่ดินและคาร์บอนเครดิต: ค่าเสียโอกาสที่ดินใช้อักษรย่อ L และตามด้วยตัวเลขบ่งบอกถึงระดับค่าเสียโอกาสของที่ดินในหน่วยของบาทต่อไร่ต่อปี เช่น $L=0$ คือ สวนป่าสัก

นี้ไม่มีค่าเสียโอกาสของที่ดิน หรือ $L = 6,500$ คือ ค่าเสียโอกาสของที่ดินเท่ากับ 6,500 บาทต่อไร่ต่อปีในปีแรก (ตั้งสมมุติฐานกำหนดให้เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ทุก 5 ปี) เป็นต้น และราคาคาร์บอนเครดิตจะแสดงใน 3 ระดับ ได้แก่ ราคาสูง ราคากลาง และราคาต่ำ หรือ High Price, Med Price และ Low Price ดังระบุในภาพที่ 54, 55, 56 และ 57 ตามลำดับ นอกจากนี้เงื่อนไขทั้งสองที่กล่าวมาแล้ว ผู้เขียนยังได้นำเสนอข้อมูลในรูปตารางแสดงข้อมูลที่สอดคล้องกับเงื่อนไขและความสูงของแท่งกราฟ การอ่านข้อมูลจะเริ่มจากบรรทัดล่างสุดของตาราง (No credit) ซึ่งแสดงอัตราผลตอบแทนภายใน หรือต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกรณีที่มีการดำเนินการสวนป่าไม่มีรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิตเข้ามาเสริม บนเงื่อนไขของค่าเสียโอกาสของที่ดินที่ระบุไว้ในแกนนอน เมื่อผนวกเรื่องคาร์บอนเครดิต (Credit) เข้าไปในการวิเคราะห์แล้ว ส่วนเพิ่มของอัตราผลตอบแทนภายใน หรือ การลดลงของต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายใต้เงื่อนไขของค่าเสียโอกาสที่ดิน (L) และราคาคาร์บอนเครดิต (Price) จะแสดงผลในแถวถัดมา คือ Credit ถ้าต้องการทราบผลกระทบรวมทั้งหมดของปัจจัยที่พิจารณาที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายใน หรือ ต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ให้ผู้อ่านนำข้อมูลในตารางทั้ง 2 บรรทัดบวกเข้าด้วยกัน

ค่าเสียโอกาสที่ดินและมูลค่าบริการทางนิเวศ: ค่าเสียโอกาสที่ดินใช้อักษรย่อ L และตามด้วยตัวเลขบ่งบอกถึงระดับค่าเสียโอกาสของที่ดินในหน่วยของบาทต่อไร่ต่อปี ดังที่ได้อธิบายมาแล้วข้างต้น ส่วนมูลค่าทางนิเวศจะแสดงด้วยคำว่า PES ในภาพ ซึ่งมีมูลค่า 3 ระดับ (ดูรายละเอียดการประเมินในบทที่ 3) คือ มูลค่าทางนิเวศสูง กลาง และ ต่ำ ซึ่งแสดงด้วยคำว่า High PES Price, Med PES Price และ Low PES Price ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้ว ยังมีข้อมูลเชิงปริมาณในรูปแบบตารางเสริมเพื่อให้เกิดความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น การอ่านข้อมูลจะเริ่มต้นจากแถวล่างสุด คือ Land โดยค่าแสดงจะบ่งบอกถึงอัตราผลตอบแทนภายในหรือต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนได ออกไซด์ของสวนป่าสักในกรณีที่ค่าเสียโอกาสของที่ดินอยู่ในระดับที่กำหนด (เช่น $L = 0, L = 500 \dots L = 6,500$) หากเมื่อสวนป่าสักได้รับรายได้จากบริการทางนิเวศที่สวนป่ามีให้กับสิ่งแวดล้อมแล้ว ส่วนเพิ่มในรูปแบบของอัตราผลตอบแทนภายในและการลดต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์จะแสดงในตารางบรรทัดที่สองจากล่าง หรือ PES ถ้าต้องการทราบผลกระทบรวมทั้งหมดของปัจจัยที่พิจารณาที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายใน หรือ ต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ให้ผู้อ่านนำข้อมูลในตารางทั้ง 2 บรรทัดบวกเข้าด้วยกัน

1. บทบาทร่วมระหว่างปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์และคาร์บอนเครดิต

1.1 บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดินและคาร์บอนเครดิต

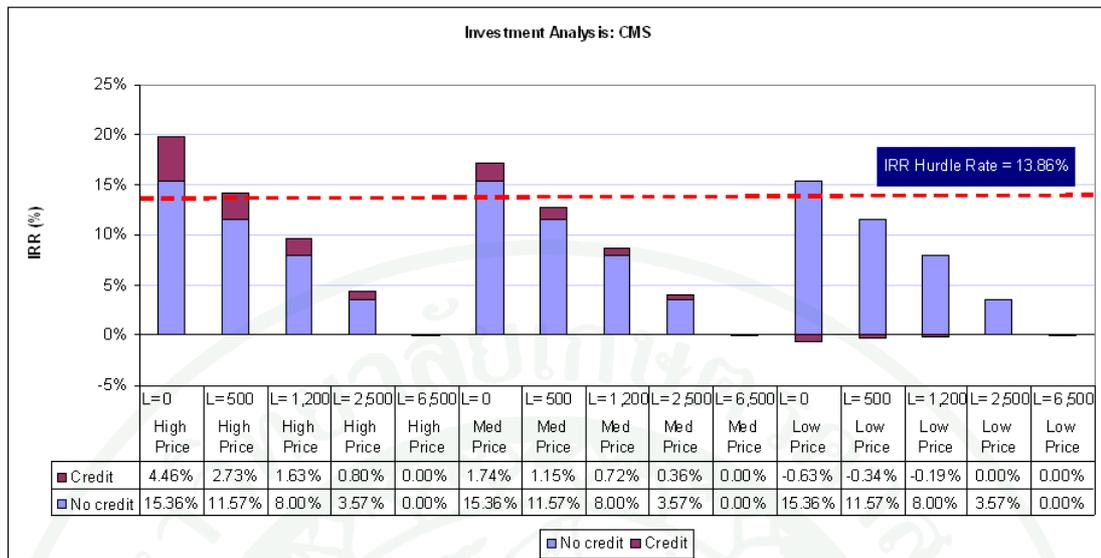
การดำเนินงานปลูกสร้างสวนป่าของประเทศไทยมีอัตราผลตอบแทนภายในอยู่ในช่วงร้อยละ 15.36-17.49 ในกรณีที่ไม่มีค่าเสียโอกาสที่ดินและไม่มีรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลตอบแทนภายในยังอยู่ในระดับที่สูงกว่าอัตราผลตอบแทนภายในค่าเฉลี่ยของธุรกิจการเกษตร (ร้อยละ 13.86)

ในกรณีของการบริหารสวนป่าแบบองค์รวม (CMS) (แสดงในภาพที่ 54) หากเมื่อนำปัจจัยทางด้านค่าเสียโอกาสของที่ดินมาพิจารณาร่วมด้วย อัตราผลตอบแทนภายในจะลดลงเมื่อค่าเสียโอกาสที่ดินเท่ากับหรือมากกว่า 500 บาทต่อไร่ต่อปี ($L \geq 500$) โดยผลตอบแทนภายในจะลดจากร้อยละ 15.36 เป็นร้อยละ 11.57 8.00 3.57 และหากค่าไม่ได้ ถ้าค่าเสียโอกาสของที่ดิน (L) เท่ากับ 500 1,200 2,500 และ 6,500 บาทต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าเสียโอกาสของที่ดินทำให้อัตราผลตอบแทนภายในของสวนป่าต่ำกว่าผลตอบแทนโดยเฉลี่ยของภาคการเกษตรที่ร้อยละ 13.86

เมื่อสวนป่าเข้าได้รับรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต²¹ ทำให้อัตราผลตอบแทนภายในเพิ่มสูงขึ้นในกรณีที่ราคาของเครดิตที่ได้รับมีระดับสูง (515 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์) และ ระดับกลาง (305 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์)

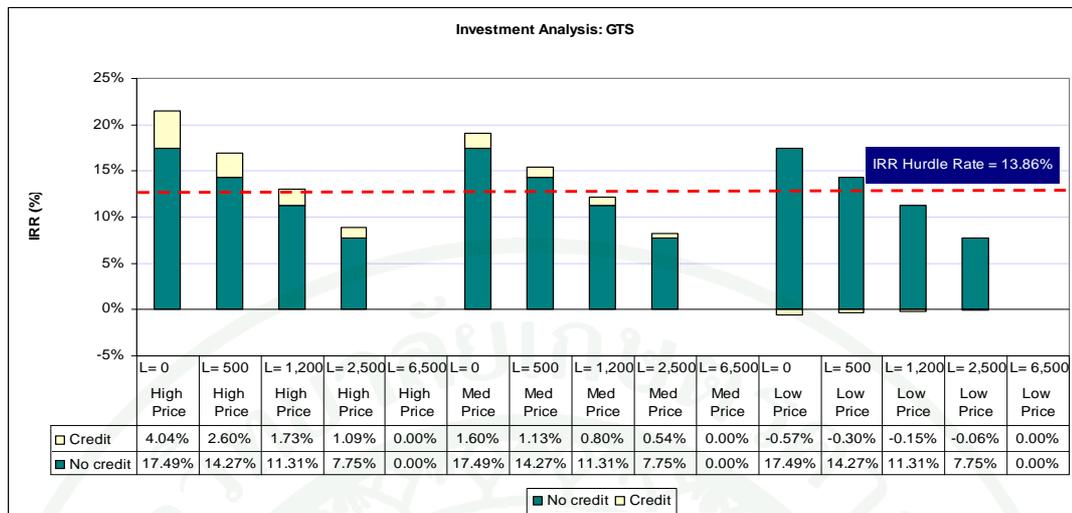
อย่างไรก็ตาม การเข้าร่วมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) อาจส่งผลกระทบต่ออัตราผลตอบแทนภายในได้ ถ้าราคาของเครดิตที่ได้รับมีค่าต่ำ (61 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์) เพราะทำให้อัตราผลตอบแทนลดลงร้อยละ 0.19-0.63 ส่งผลให้การเข้าร่วมโครงการ CDM ภายใต้เงื่อนไขการมีค่าเสียโอกาสที่ดินและราคาคาร์บอนต่ำให้ผลลัพธ์รวมไม่เป็นที่น่าพึงพอใจ (ภาพที่ 55)

²¹ ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากภาพที่ 52 เช่น เมื่อไม่มีค่าเสียโอกาสของที่ดิน ($L=0$) อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 15.36 และเมื่อมีรายได้จากการขายเครดิตที่มีราคาอยู่ในระดับสูง (High Price) จะทำให้อัตราผลตอบแทนภายในเพิ่มสูงขึ้นอีกร้อยละ 4.46 รวมเป็นอัตราผลตอบแทนจากสองกรณีรวมกันเท่ากับร้อยละ $15.36 + 4.46 = 19.82$



ภาพที่ 55 บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และ คาร์บอนเครดิตที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายในของสวนป่าสัก กรณี CMS

ในกรณีของ GTS ที่มีผลตอบแทนของไม้สูงกว่ากรณี CMS ค่าเสียโอกาสของที่ดินในระดับไม่เกิน 500 บาทต่อไร่ ยังคงทำให้อัตราผลตอบแทนภายในมากกว่า IRR Hurdle Rate ถ้าค่าเสียโอกาสที่ดินมากกว่า 500 บาทต่อไร่แล้ว จะทำให้อัตราผลตอบแทนภายในต่ำกว่าเกณฑ์ของภาคเกษตรกรรมโดยเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด ผลประโยชน์จากคาร์บอนเครดิตที่สามารถชดเชยผลลบจากค่าเสียโอกาสของที่ดินและยังให้ผลตอบแทนภายในสูงกว่า IRR Hurdle Rate มีเพียงกรณีเดียวคือ กรณีที่ราคาของคาร์บอนเครดิตอยู่ในระดับสูง (เท่ากับ 515 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์) เท่านั้น (ภาพที่ 56)

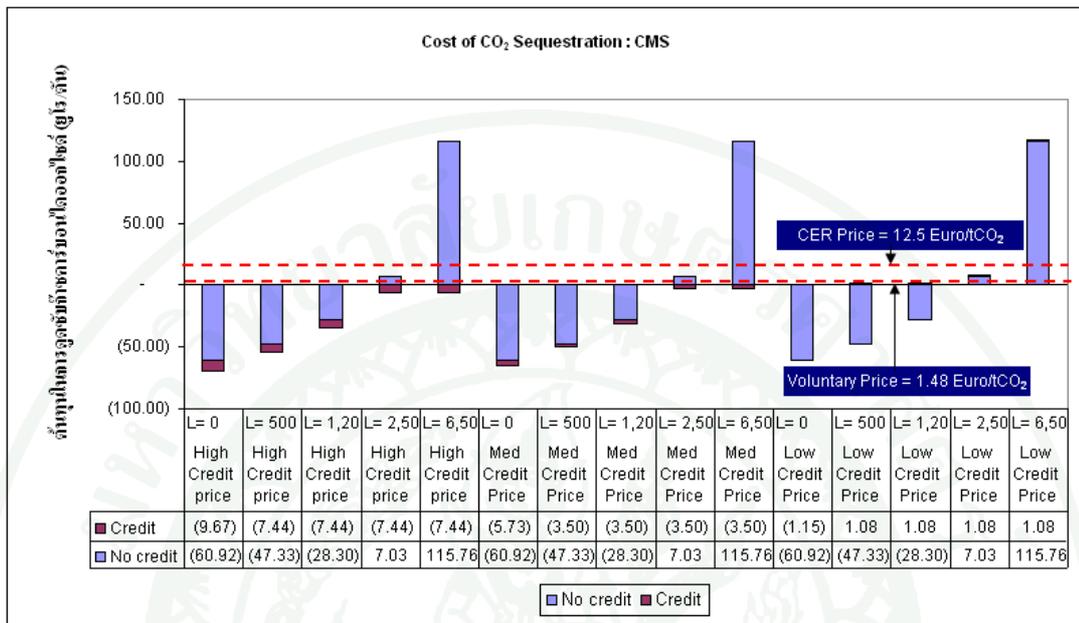


ภาพที่ 56 บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และ คาร์บอนเครดิตที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายในของสวนป่าสัก กรณี GTS

เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว จะเห็นได้ว่า ในกรณีที่มีการจัดการสวนป่าแบบองค์รวม (CMS) ต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีค่าติดลบในกรณีที่ที่ดินไม่มีค่าเสียโอกาส และ/หรือ ค่าเสียโอกาสของที่ดินไม่เกิน 1,200 บาทต่อไร่ต่อปี หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ถ้าค่าเสียโอกาสที่ดินไม่สูงมากนัก การปลูกสร้างสวนป่าเพื่อดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลประโยชน์จากการขายเนื้อไม้และคาร์บอนเครดิตรวมกันมากกว่าต้นทุนในการปลูกสร้างสวนป่าสักและค่าใช้จ่ายในการเข้าร่วมโครงการ ในทางตรงกันข้าม ต้นทุนการดูดซับฯ จะเป็นบวก (7.03 และ 115.76 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์) เมื่อค่าเสียโอกาสที่ดินสูงในระดับ 2,500 และ 6,500 บาทต่อไร่ต่อปี รายได้จากคาร์บอนเครดิตหักลบด้วยค่าใช้จ่ายในการดำเนินการโครงการ CDM ทำให้ต้นทุนของโครงการบรรเทาโลกร้อนลดลงบ้าง (โดยทำให้ต้นทุนการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 7.44 ยูโรต่อตัน) แต่ไม่สามารถหักลบผลของค่าเสียโอกาสที่ดินในระดับปานกลาง-สูงได้ (ภาพที่ 57)

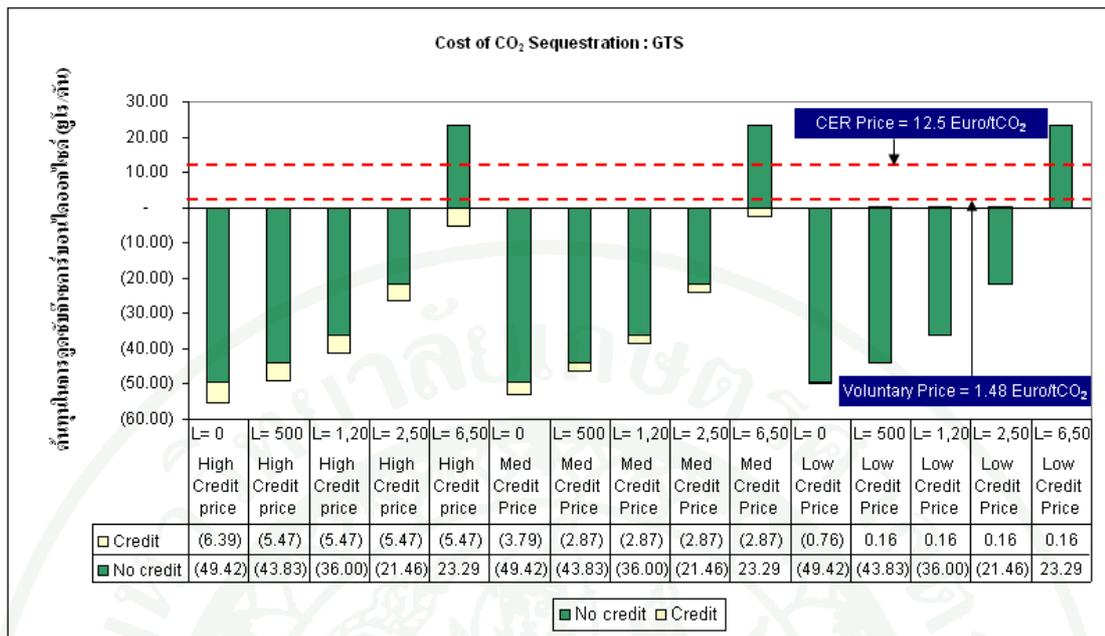
นัยสำคัญของของการวิเคราะห์ในกรณีผลผลิตต่ำ คือ ถ้าค่าเสียโอกาสของที่ดินสูง (2,500 บาทต่อไร่ต่อปี และ 6,500 บาทต่อไร่ต่อปี) และราคาเสนอซื้อคาร์บอนเครดิตในตลาดกลไกการพัฒนาที่สะอาด เท่ากับ 515 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ (12 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์) หรือ 61 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ (1.48 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์) ในตลาดภาคความ

สมัครใจ ผู้ประกอบการไม่ควรตกลงขายคาร์บอนเครดิตของตนเนื่องจากราคาเสนอซื้อต่ำกว่าต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผู้ประกอบการรับอยู่



ภาพที่ 57 บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และคาร์บอนเครดิต ที่มีต่อต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสวนป่าสัก กรณี CMS

กรณี GTS ผลการวิเคราะห์อยู่ในรูปแบบคล้ายคลึงกับกรณี CMS ที่กล่าวมาแล้ว แต่เนื่องจากเป็นกรณี GTS มีการดูแลสวนป่าอย่างดี จึงทำให้มีสมรรถภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่ากรณีแรก ดังนั้น ผลกระทบของค่าเสียโอกาสของที่ดินที่ทำให้ต้นทุนการดูดซับฯ เป็นบวกได้ (+23.29 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์) มีในกรณีเดียวคือ กรณีที่ค่าเสียโอกาสของที่ดินเท่ากับ 6,500 บาทต่อไร่ต่อปี เมื่อมีรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต รายได้นั้นได้ช่วยให้ตัวเลขต้นทุนการดูดซับก๊าซฯ ดีขึ้นเพียงเล็กน้อยเป็น 17.82 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ (+23.29 – 5.47) ผลประโยชน์จากการเข้าร่วมโครงการ CDM ยังคงเกิดขึ้นต่อผู้ประกอบการสวนป่าถึงแม้ว่าราคาคาร์บอนเครดิตยังอยู่ในระดับปานกลาง อย่างไรก็ตาม ถ้าคาร์บอนเครดิตมีราคาต่ำ ผลลัพธ์ของรายได้จากคาร์บอนเครดิตกลับถูกหักลบหมดสิ้นจากค่าดำเนินการโครงการ CDM ยกเว้นในกรณีไม่มีค่าเสียโอกาสที่ดิน นัยสำคัญจากผลการวิเคราะห์ คือ เจ้าของสวนป่าไม่ควรรับข้อเสนอซื้อคาร์บอนเครดิต ถ้าราคาเสนอซื้ออยู่ในระดับต่ำและ ค่าเสียโอกาสที่ดินสูง (ภาพที่ 58)



ภาพที่ 58 บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และคาร์บอนเครดิต ที่มีต่อต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสวนป่าสัก กรณี GTS

เมื่อพิจารณาบทบาทของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการทำลายป่า การลดความเสื่อมโทรมของป่า การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน และ การส่งเสริมการสะสมคาร์บอนในประเทศกำลังพัฒนา (Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation, Sustainable Management of Forests and Enhancement of Forest carbon stocks in Developing Countries, REDD+) ดังที่วิเคราะห์มาแล้วในส่วนที่ 3 สรุปได้ว่า โอกาสที่จะนำรายได้จากคาร์บอนเครดิตภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมาเป็นประโยชน์ส่วนเพิ่มเป็นไปได้ค่อนข้างยากในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม ถ้าผู้ประกอบการมีการบริหารความเสี่ยงที่ดีและภาครัฐเข้ามาสนับสนุนดังที่วิเคราะห์มาแล้ว การให้สัตยาบรรณต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะเป็นช่องทางหนึ่งที่จะช่วยให้ประเทศไทยสามารถเพิ่มพื้นที่และอนุรักษ์ป่าไม้ได้เป็นอย่างดีในอนาคต

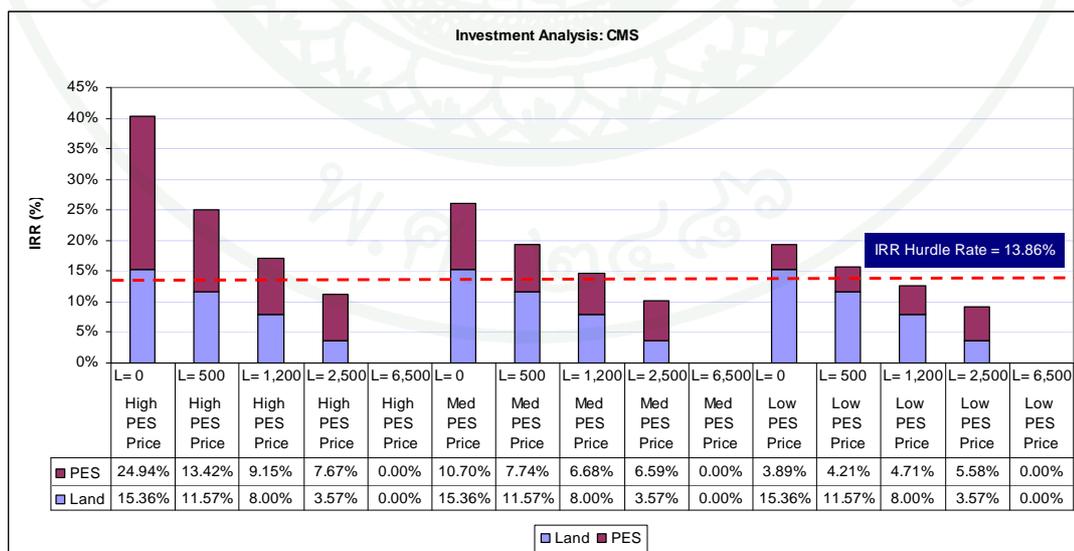
1.2 บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดินและมูลค่าบริการทางนิเวศ

บริการทางนิเวศครอบคลุมการให้บริการด้านสภาพภูมิอากาศ (ได้แก่ การดูดซับก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์และการผลิตออกซิเจน) และ การป้องกันน้ำท่วม (ได้แก่ การปกคลุมดิน

และ การซึมน้ำของดิน) ได้ถูกตีมูลค่าและนำไปเป็นรายได้ของผู้ประกอบการสวนป่าเพื่อเป็นแรงจูงใจให้ปลูกสร้างและดูแลสวนป่าตามหลักของ Payment for Ecological Services (PES) จะก่อให้เกิดผลดีต่อการวิเคราะห์การลงทุน เนื่องจากผลบวกจากรายได้ที่เพิ่มขึ้น (ถ้ามีการรับเงินจริง) จะไปหักลบกับผลลบจากค่าเสียโอกาสที่ดินที่เพิ่มขึ้น

ในกรณี CMS การให้มูลค่าของบริการทางนิเวศที่สูง (คาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 515 บาทต่อตัน) จะทำให้อัตราผลตอบแทนภายในเพิ่มขึ้นจากกรณีฐานร้อยละ 29.94 ในกรณีไม่มีค่าเสียโอกาสของที่ดิน และ ร้อยละ 13.42 9.15 และ 7.67 ในกรณีค่าเสียโอกาสที่ดิน (L) เท่ากับ 500 1,200 และ 2,500 บาทต่อไร่ เมื่อมูลค่าของบริการทางนิเวศอยู่ในระดับปานกลาง (คาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 305 บาทต่อตัน) อัตราผลตอบแทนภายในส่วนเพิ่มจากรายรับจากบริการทางนิเวศจะอยู่ในช่วงร้อยละ 6.59-10.70 และส่วนเพิ่มนี้จะลดน้อยลงเมื่อกำหนดให้มูลค่าบริการทางนิเวศอยู่ในระดับต่ำ

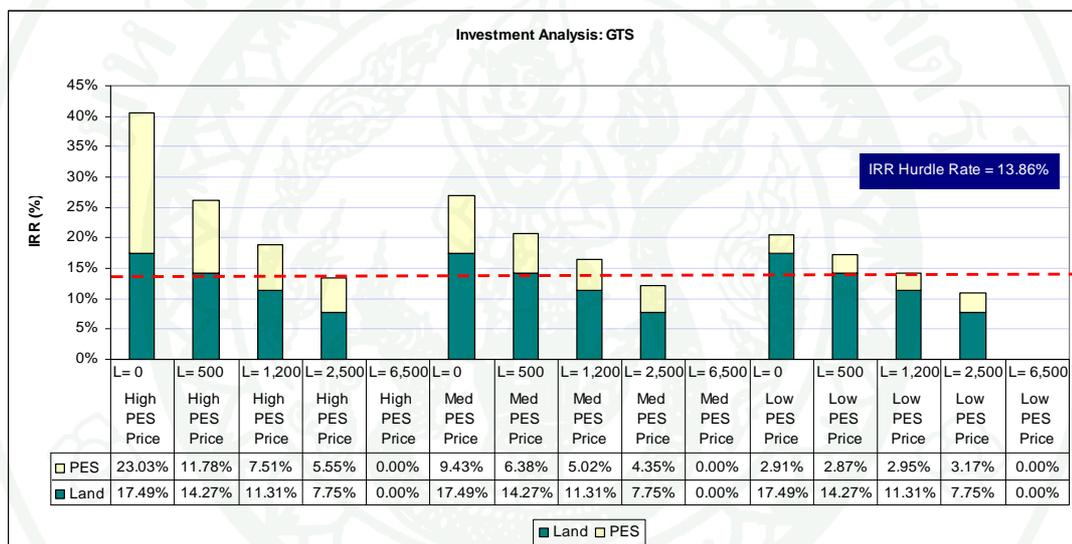
ถ้าผู้ประกอบการสวนป่าสักได้รับรายได้เพิ่มจากคุณค่าของบริการทางนิเวศจากกิจกรรมของตน รายได้ส่วนนี้จะหักลบผลกระทบของค่าเสียโอกาสของที่ดิน (500-1,200 บาทต่อไร่ต่อปี) จนทำให้อัตราผลตอบแทนภายในเพิ่มมากขึ้นจนผ่านพ้นระดับของเกณฑ์ผลตอบแทนภายในของภาคการเกษตร แต่ถ้ามูลค่าบริการเชิงนิเวศถูกตีค่าในระดับต่ำแล้ว อัตราผลตอบแทนภายในจากการประกอบการก็ไม่สามารถผ่านพ้นเกณฑ์ IRR Hurdle Rate ได้ (ภาพที่ 59)



ภาพที่ 59 บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และ มูลค่าบริการทางนิเวศที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายในของสวนป่าสัก กรณี CMS

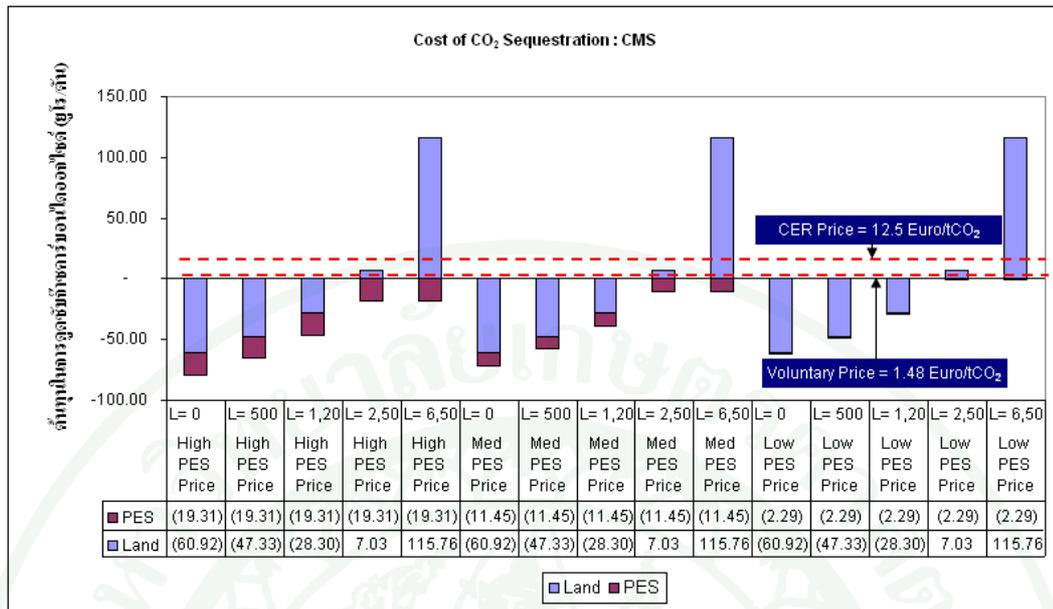
สำหรับในกรณีของ GTS ที่มีเนื้อไม้และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าในกรณีของ CMS ผลของการวิเคราะห์ยังให้ภาพคล้ายคลึงกับกรณีของ CMS เป็นส่วนใหญ่ โดยส่วนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญได้แก่ มูลค่าของบริการทางนิเวศที่ต่ำ แต่ยังสามารถผลักดันให้ผลตอบแทนภายในของสวนป่าสักผ่านพ้นเกณฑ์ผลตอบแทนภายในของภาคการเกษตร (ภาพที่ 60)

เป็นที่น่าสังเกตว่าค่าเสียโอกาสของที่ดินในอัตรา 2,500 บาทต่อไร่ต่อปี และ 6,500 บาทต่อไร่ต่อปี ทำให้อัตราผลตอบแทนภายในของสวนป่าสักไม่เป็นที่น่าพอใจ ไม่ว่าจะอยู่ในกรณีของ CMS หรือ GTS

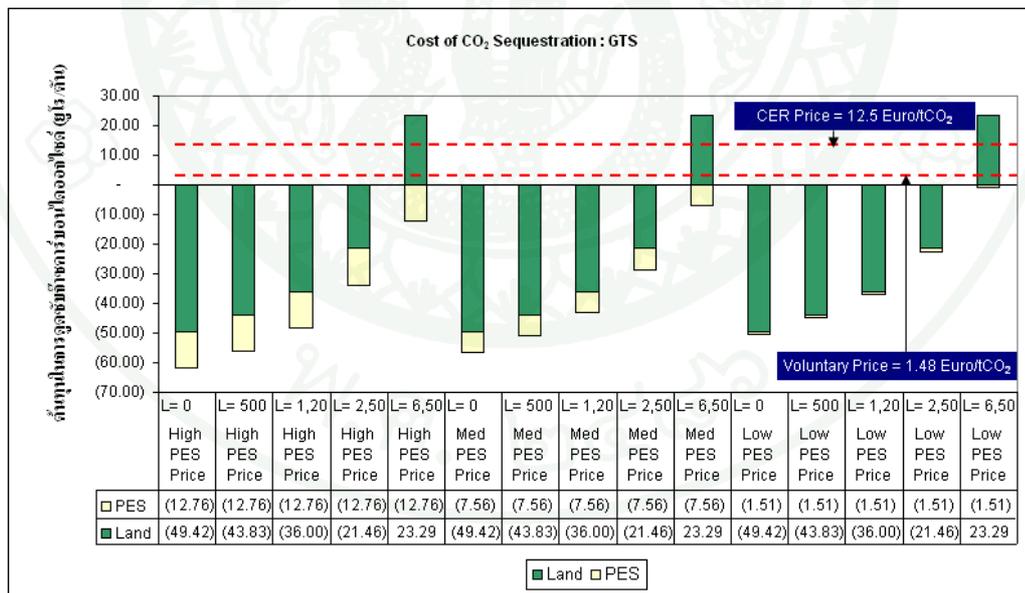


ภาพที่ 60 บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และ มูลค่าบริการทางนิเวศที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายในของสวนป่าสัก กรณี CMS

เมื่อพิจารณาในมุมมองของต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า บทบาทของการจ่ายชดเชยให้กับมูลค่าบริการเชิงนิเวศ (PES) ช่วยลดทอนผลลบของค่าเสียโอกาสที่ดิน ทำให้ต้นทุนการดูดซับฯ ในกรณีค่าเสียโอกาสที่เท่ากับ 0 500 และ 1,200 บาทต่อไร่ต่อปี ต่ำกว่าราคาเสนอซื้อคาร์บอนเครดิตในตลาดภาคสมัครใจและภาคกลไกการพัฒนาที่สะอาด ในขณะที่ต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นบวกและมากกว่าราคาเสนอซื้อในตลาด เมื่อต้นทุนค่าเสียโอกาสของที่ดินเท่ากับ 6,500 บาทต่อไร่ต่อปี (ภาพที่ 61 และ ภาพที่ 62)



ภาพที่ 61 บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และมูลค่าบริการทางนิเวศ ที่มีต่อต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสวนป่าสัก กรณี CMS



ภาพที่ 62 บทบาทของค่าเสียโอกาสที่ดิน และ มูลค่าบริการทางนิเวศที่มีต่ออัตราผลตอบแทนภายในของสวนป่าสัก กรณี GTS

ในการศึกษานี้ได้พิจารณาเฉพาะบริการทางนิเวศบางส่วน และมีความมั่นใจอย่างสูงว่า ถ้ามีการประเมินมูลค่าของบริการเชิงนิเวศให้ครอบคลุมทุกประเภทด้วยวิธีการทางเศรษฐศาสตร์ที่เหมาะสมจะทำให้อัตราผลตอบแทนภายในสูงกว่าในการวิเคราะห์นี้เป็นอย่างมาก และต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะคิดลบ ซึ่งหมายความว่าผลประโยชน์จากกิจกรรมการลดก๊าซเรือนกระจกให้ผลประโยชน์คืนตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่ลงไป

2. การอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยกลไกของคาร์บอนเครดิต: บริบทของประเทศไทย

ประเทศไทยได้แสดงออกถึงความร่วมมือกับประชาคมโลกในการแก้ไขปัญหาด้านธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ทุกประเทศกำลังเผชิญหน้าอยู่ในปัจจุบันและอนาคต โดยการลงนามและให้สัตยาบันต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและพิธีสารเกียวโต การดำเนินการดังกล่าวได้ส่งสัญญาณในทางบวกว่าการอนุรักษ์ป่าไม้เป็นกลไกที่สำคัญในการแก้ไขปัญหาโลกร้อน ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายหลักของประเทศไทยที่ต้องการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้อีก 20.6 ล้านไร่ เพื่อให้ประเทศมีพื้นที่ป่าไม้ในอัตราร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศทั้งหมด ดังนั้นการตัดสินใจร่วมมือเพิ่มแหล่งสะสมคาร์บอนผ่านกระบวนการของคาร์บอนเครดิตสากลจึงเป็นช่องทางหนึ่งในการสร้างแรงจูงใจเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของประเทศ

การเข้าร่วมกิจกรรมอนุรักษ์ป่าไม้ภายใต้กฎระเบียบสากลของคาร์บอนเครดิตสำหรับประเทศไทยยังมีความท้าทายอย่างมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะเรื่องข้อมูลพื้นฐานด้านการใช้ที่ดินและความสลับซับซ้อนของกระบวนการของคาร์บอนเครดิตเอง ซึ่งถือว่าเป็นอุปสรรคสำคัญของการส่งเสริมโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้ (A/R CDM) ของประเทศไทย ซึ่งจำเป็นต้องมีการแผนและกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่างๆ เพื่อให้ประเทศไทยมีโอกาสใช้ประโยชน์เครื่องมือสากลเพื่อประโยชน์ของประเทศในอนาคต

อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะมีความแรงจูงใจด้วยระบบตลาดของคาร์บอนเครดิตหรือไม่ก็ตาม ประเทศไทยยังคงมีความปรารถนาอย่างแรงกล้าที่จะเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ให้ได้ดังเป้าหมายโดยเร็วที่สุดเพื่อคืนให้สภาพแวดล้อมด้านป่าไม้ฟื้นสถานะเสี่ยงภัย มิฉะนั้นแล้วธรรมชาติจะถูกกระทบอย่างรุนแรงและส่งผลกระทบต่อสิ่งและสรรพสิ่งอื่นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น การริเริ่มอนุรักษ์ป่าไม้โดยอาศัยแรงจูงใจในด้านการคาร์บอนเครดิตในวิธีที่สอดคล้องกับแรงผลักดันในเวทีสากลผสมผสานกับดำเนินการบริบทของประเทศไทย จึงเป็นการน้อมนำแนวความคิด “เศรษฐกิจพอเพียง” ซึ่งเป็นแนวพระราชดำริในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่พระราชทานที่ตั้งอยู่บนรากฐานของวัฒนธรรมไทย

เป็นแนวทางการพัฒนาที่ตั้งบนพื้นฐานของทางสายกลาง และความไม่ประมาท คำนึงถึงความพอประมาณ ความมีเหตุผล การสร้างภูมิคุ้มกันในตัวเอง ตลอดจนใช้ความรู้และคุณธรรม เป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิต ที่สำคัญจะต้องมี “สติ ปัญญา และความเพียร” ซึ่งจะนำไปสู่ “ความสุข” ในการดำเนินชีวิตอย่างแท้จริงจึงเป็นเรื่องที่จำเป็น (มูลนิธิชัยพัฒนา, 2554)

การนำเสนอผลการศึกษาในส่วนนี้ จึงเน้นการนำเสนอแนวนโยบายอนุรักษ์ป่าไม้ผ่านกระบวนการปลูกสร้างสวนป่าสักตามหลักและความสนใจของสากล (การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ) ด้วยบริบทที่เหมาะสมกับภูมิสังคมของประเทศไทย

2.1 ที่ดินและประเภทของสวนป่า

2.1.1 ที่ดินสวนป่า

ที่ดินที่จะนำมาขอขึ้นทะเบียนสวนป่าตามพรบ. ป่าไม้ พ.ศ. 2484 จะต้องเป็นที่ดินประเภทใดประเภทหนึ่ง ดังนี้

ก. ที่ดินที่มีโฉนดหรือหนังสือรับรองการทำประโยชน์ตามประมวลกฎหมายที่ดิน

ข. ที่ดินที่มีหนังสือของทางราชการรับรองว่าที่ดินดังกล่าวอยู่ในระยะเวลาที่อาจขอรับ โฉนดที่ดินหรือหนังสือรับรองการทำประโยชน์ตามประมวลกฎหมายที่ดินได้ เนื่องจากได้มีการครอบครองและเข้าทำกินในดินดังกล่าวตามกฎหมายว่าด้วยการจัดรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม หรือตามกฎหมายว่าด้วยการจัดที่ดินเพื่อเกษตรกรรม หรือตามกฎหมายว่าด้วยการจัดที่ดินเพื่อการครองชีพไว้แล้ว

ค. ที่ดินในเขตปฏิรูปที่ดินตามกฎหมายว่าด้วยการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม ที่มีหลักฐานการอนุญาต การเช่า หรือเช่าซื้อ

ง. ที่ดินที่มีหนังสืออนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยป่าสงวนแห่งชาติ ให้บุคคลเข้าปลูกป่าในเขตปรับปรุงป่าสงวนแห่งชาติหรือเข้าปลูกสร้างสวนป่า หรือไม้ยืนต้นในเขตป่าเสื่อมโทรม

จ. ที่ดินที่ได้ดำเนินการเพื่อปลูกป่าอยู่แล้วโดยทบวงการเมือง รัฐวิสาหกิจหรือหน่วยงานอื่นของรัฐ

2.1.2 ประเภทของสวนป่า

การปลูกสร้างสวนป่าโดยทั่วไปประกอบบุคคลหรือคณะบุคคล 2 จำพวก ได้แก่ เจ้าของที่ดิน และ ผู้ดำเนินการ โดยในแต่ละจำพวกประกอบด้วย 3 ประเภท ได้แก่ ชุมชน เอกชน และ รัฐ จากองค์ประกอบดังกล่าว ทำให้จำแนกประเภทของสวนป่าตามลักษณะของเจ้าของที่ดินและผู้ดำเนินการได้เป็น 5 ประเภท คือ สวนป่าชุมชน สวนป่าเศรษฐกิจ สวนป่าเศรษฐกิจเอกชนแบบทวิภาคี สวนป่าเพื่อพัฒนาชุมชน และ สวนป่าของรัฐ

สวนป่าแต่ละประเภทมีคุณลักษณะแตกต่างกัน และมีนัยเชิงค่าเสียโอกาสของที่ดินแตกต่างกัน สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 63

		เจ้าของที่ดิน			
		ชุมชน	เอกชน	รัฐ	
ผู้ดำเนินการ	ชุมชน	1	2	3	ประเภทของสวนป่า 1,3 = สวนป่าชุมชน 4-6 = สวนป่าเศรษฐกิจเอกชน 2,8 = สวนป่าเอกชนแบบทวิภาคี 7 = การพัฒนาชุมชน 9 = สวนป่าของรัฐ
	เอกชน	4	5	6	
	รัฐ	7	8	9	

ค่าเสียโอกาสของที่ดิน	
	ไม่มีค่าเสียโอกาสที่ดิน (0บาท/ไร่/ปี)
	ค่าเสียโอกาสที่ดินต่ำ - ปานกลาง (500-1,200 บาท/ไร่/ปี)
	ค่าเสียโอกาสที่ดินสูง (2,500 - 6,500 บาท/ไร่/ปี)

ภาพที่ 63 ประเภทของสวนป่า จำแนกตามสิทธิในที่ดิน การบริหารจัดการ และค่าเสียโอกาสของที่ดิน

แรงงาน และที่ดิน ซึ่งรายได้จากค่าตอบแทนจะถูกหักภาษี (Tax) โดยรัฐบาล การส่งเสริมการปลูกป่าอาจเกิดขึ้นได้จากแรงกระตุ้นจากภาคเอกชนภายใต้แนวคิดความรับผิดชอบต่อสังคม (Corporate Social Responsibility, CSR) เงินสนับสนุนส่วนนี้ควรมีคุณค่าเท่ากับเงินที่สนับสนุนเพื่อการกุศลหรือการศึกษาที่สามารถหักส่วนลดภาระภาษีประจำปีได้

ในการศึกษานี้จะเน้นการให้การส่งเสริมทางการเงิน (Subsidy) แก่ผู้ปลูกสร้างสวนป่าสักเป็นหลัก

2.2.1 กลยุทธ์ในส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่า

ในมุมมองของทางเศรษฐศาสตร์แล้ว ผู้เขียนเชื่อว่าผู้ประกอบการเอกชนมักจะมีความเป็น “Economic Man”²² สูง มีการตัดสินใจบนความสนใจของตนเองและเห็นแก่ตัวเอง ดังนั้น การเลือกกิจกรรมที่จะดำเนินการมักจะตั้งอยู่บนสมมติฐานของผลตอบแทนจากการลงทุนในระดับที่เหมาะสมกับเงื่อนไขของตนเอง ในขณะที่รัฐบาลมีแนวโน้มที่จะมีความปรารถนาดีและต้องการปรับปรุงคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น (Homo Reciprocans) ส่วนการตัดสินใจของชุมชนมีคุณลักษณะอยู่กลางๆ ระหว่าง 2 จำพวกที่กล่าวมาแล้ว

ลักษณะของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องและแนวความคิดพื้นฐานในการตัดสินใจในการลงทุนนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการวางกลยุทธ์เพื่อส่งเสริมการปลูกสวนป่า กลยุทธ์ในการส่งเสริมการอนุรักษ์โดยการสร้างสวนป่า มีดังนี้

กลยุทธ์ที่ 1: ให้ดำเนินการอย่างรวดเร็ว (Fast Start) คือ การให้การสนับสนุนเพื่อให้โครงการดำเนินการเองได้ เนื่องจากโครงการเหล่านี้มีผลตอบแทนในการลงทุนในระดับที่น่าพึงพอใจ หรือ มีอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับหรือสูงกว่า IRR Hurdle Rate

กลยุทธ์ที่ 2: การให้การสนับสนุน (Subsidy) ในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้โครงการมีกระแสรายได้เพิ่มเติมเพียงพอที่จะทำให้อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับหรือมากกว่า IRR Hurdle Rate

²² บัญญัติศัพท์โดย John Stuart Mill นักปรัชญาชาวอังกฤษ ในปลายศตวรรษที่ 19

กลยุทธ์ที่ 3: ต้องพิจารณา (Case by Case) ต้องมีการพิจารณาเป็นกรณี เนื่องจากอัตราผลตอบแทนภายในต่ำกว่า IRR Hurdle Rate อย่างมีนัยสำคัญ

กลยุทธ์ที่ 4: ไม่ดำเนินการ (No Go) เนื่องจากมีอัตราผลตอบแทนภายในที่ต่ำมาก

การวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์จำเป็นต้องพิจารณาให้หลากหลายมิติ และศึกษาผลกระทบของปัจจัยหลายปัจจัยร่วมกัน ได้แก่ รายได้คาร์บอนเครดิต ค่าเสียโอกาสของที่ดิน และการให้บริการทางนิเวศ การศึกษาได้ข้อสรุปว่าปัจจัยที่มีผลด้านบวกต่อการลงทุน ได้แก่ รายได้จากคาร์บอนเครดิต และ มูลค่าชดเชยจากบริการทางนิเวศ ส่วนปัจจัยลบที่ทำให้อัตราผลตอบแทนภายในลดลง ได้แก่ ค่าเสียโอกาสที่ดิน

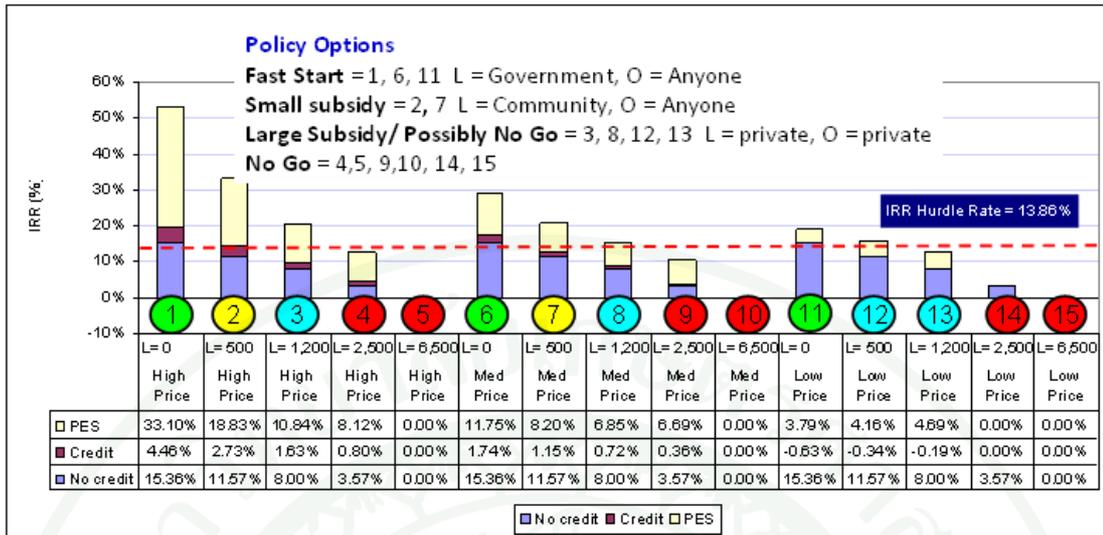
ตารางที่ 22 สรุปอัตราผลตอบแทนภายในจากการปลูกสักภายใต้กรณีทางเลือกต่างๆ (คอลัมน์ที่ 1) โดยเริ่มต้นจากกรณีฐาน [(คอลัมน์ที่ 4) และ (คอลัมน์ที่ 7) ที่มีแต่ค่าเสียโอกาสและราคาของคาร์บอนเครดิตตามที่ระบุไว้ (คอลัมน์ที่ 2 และ 3) อัตราผลตอบแทนภายในรวมของกรณีฐานกับคาร์บอนเครดิตแสดงใน คอลัมน์ที่ 5 และ อัตราผลตอบแทนภายในแทนรวมทุกกรณีแสดงในคอลัมน์ที่ 6 และคอลัมน์ที่ 9

ข้อมูลจากตารางที่ 22 ถูกนำเสนอให้เห็นภาพได้ง่ายขึ้น โดยแสดงด้วยกราฟแท่ง (ภาพที่ 65 กรณี CMS และภาพที่ 66 กรณี GTS) แกนตั้งแสดงอัตราผลตอบแทนภายใน (ร้อยละ) ของการดำเนินกิจกรรมปลูกป่าภายใต้เงื่อนไขดังที่แสดงในแกนนอน กราฟแท่งแสดงผลลัพธ์รวมของทุกเงื่อนไข โดยในส่วนล่างสุดของแท่ง (สีฟ้า) เป็นอัตราผลตอบแทนภายในของกรณีฐาน ที่ไม่มีรายได้จากทางใดเลย ณ. ค่าเสียโอกาสของที่ดินในระดับที่ระบุ เช่น $L = 0$ หมายถึง ไม่มีค่าเสียโอกาสที่ดิน $L=500$ หมายถึง มีค่าเสียโอกาสของที่ดินจำนวน 500 บาทต่อไร่ต่อปี เป็นต้น ส่วนถัดไป (สีม่วง) เป็นส่วนเพิ่มของการมีผลประโยชน์จากคาร์บอนเครดิต และส่วนสุดท้าย (สีเหลืองอ่อน) แสดงส่วนเพิ่มจากผลรวมของกรณีฐานและกรณีคาร์บอนเครดิต อันเนื่องจากผลประโยชน์จากการชดเชยด้านบริการทางนิเวศ หมายเลขในวงกลมแสดงกรณีทางเลือกที่สอดคล้องกับในตารางที่ 23 ส่วนสีของวงกลมแสดงกลยุทธ์ที่เหมาะสมกับแต่ละกรณีดังที่จะวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 22 อัตราผลตอบแทนภายในของการปลูกสวนป่าสักภายใต้เงื่อนไขต่างๆ

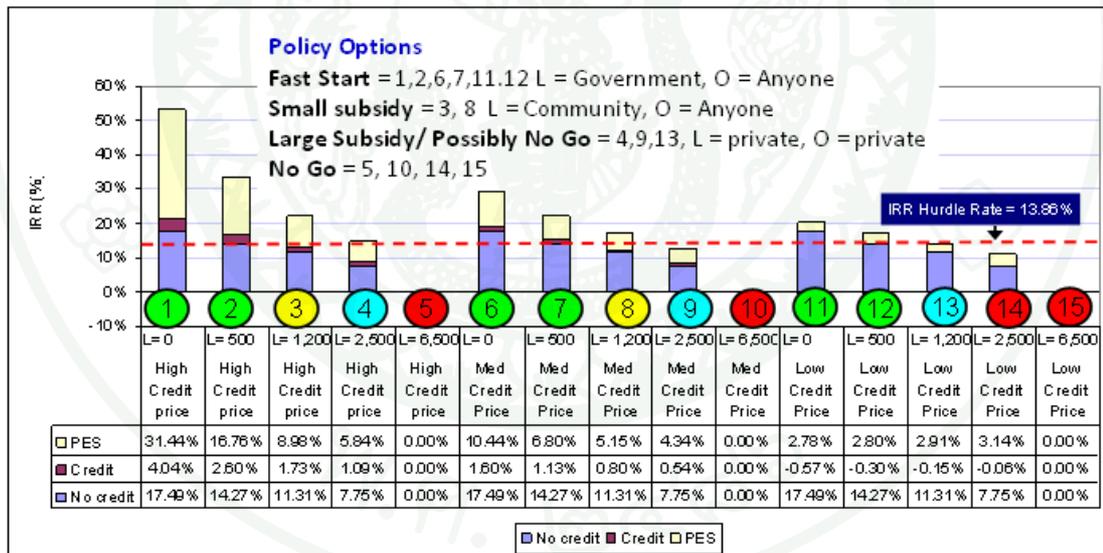
หน่วย: ร้อยละ (%)

(1)	(2)	(3)	(4)	CMS		(7)	GTS	
				(5)	(6)		(8)	(9)
กรณี ทางเลือก	ราคาคาร์บอน เครดิต (บาท/ตัน CO ₂)	ค่าเสีย โอกาสที่ดิน (บาท/ไร่/ปี)	กรณีฐาน	ฐาน + คาร์บอน เครดิต	ฐาน + คาร์บอน เครดิต + PES	กรณีฐาน	ฐาน + คาร์บอน เครดิต	ฐาน + คาร์บอน เครดิต
1		-	15.36	19.83	52.92	17.49	21.52	52.96
2		500	11.57	14.30	33.13	14.27	16.88	33.64
3	ราคาสูง (515)	1,200	8.00	9.63	20.47	11.31	13.04	22.02
4		2,500	3.57	4.37	12.49	7.75	8.84	14.68
5		6,500	na.	na.	4.28	na.	na.	7.07
6		-	15.36	17.10	28.86	17.49	19.08	29.53
7		500	11.57	12.71	20.92	14.27	15.40	22.20
8	ราคากลาง (305)	1,200	8.00	8.72	15.57	11.31	12.11	17.25
9		2,500	3.57	3.92	10.61	7.75	8.29	12.63
10		6,500	na.	na.	na.	na.	na.	6.30
11		-	15.36	14.73	18.52	17.49	16.91	19.69
12		500	11.57	11.23	15.39	14.27	13.97	16.77
13	ราคาต่ำ (305)	1,200	8.00	7.81	12.50	11.31	11.15	14.06
14		2,500	3.57	na.	9.04	7.75	7.69	10.83
15		6,500	na.	na.	na.	na.	na.	5.48



L = Land owner, O = Operator

ภาพที่ 65 กลยุทธ์ในการส่งเสริมการปลูกป่าสัก กรณี CMS



L = Land owner, O = Operator

ภาพที่ 66 กลยุทธ์ในการส่งเสริมการปลูกป่าสัก กรณี GTS

การวิเคราะห์กลยุทธ์ได้พิจารณาจากอัตราผลตอบแทนภายในของการปลูกสวนป่าสักในแต่ละชุดเงื่อนไขเปรียบเทียบกับเกณฑ์อัตราผลตอบแทนภายในของภาคการเกษตร ซึ่งสามารถสรุปกลยุทธ์ที่เหมาะสมกับเงื่อนไขต่างๆ ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ข้อเสนอแนะกลยุทธ์ที่เหมาะสมกับการปลูกสวนป่าสักภายใต้เงื่อนไขต่างๆ

กลยุทธ์	กรณี CMS	กรณี GTS
1. ดำเนินการอย่างรวดเร็ว (Fast Start)	1, 6, 11	1, 2, 6, 7, 11, 12
2. ให้การสนับสนุน (Subsidy)	2, 7	3, 8
3. ต้องพิจารณา (Case by Case)	3, 8, 12, 13	9, 13
4. ไม่ดำเนินการ (No Go)	4, 5, 9, 10, 14, 15	5, 10, 14, 15

กลยุทธ์ในการส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยคาร์บอนเครดิตภายใต้กลไกทางเศรษฐศาสตร์ มีดังต่อไปนี้

กลยุทธ์ที่ 1: ดำเนินการอย่างรวดเร็ว (Fast Start) คือ การปลูกสร้างสวนป่าบนที่ดินของรัฐที่ไม่มีค่าเสียโอกาสของที่ดิน ไม่จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนใดๆ วิธีการปลูกป่า CMS หรือ GTS ไม่มีผลต่ออัตราผลตอบแทนภายในมากนัก เพราะอัตราผลตอบแทนจากสวนป่ามากกว่าอัตราผลตอบแทนภายในของภาคการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งของการดำเนินการเช่นนี้ คือ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ในกรณีที่สามารถดูแลสวนป่าให้มีผลผลิตในระดับสูง (GTS) ทำให้การปลูกสักสามารถขยายไปทดแทนในพื้นที่ที่มีค่าเสียโอกาสต่ำ (500 บาทต่อไร่ต่อปี) ได้

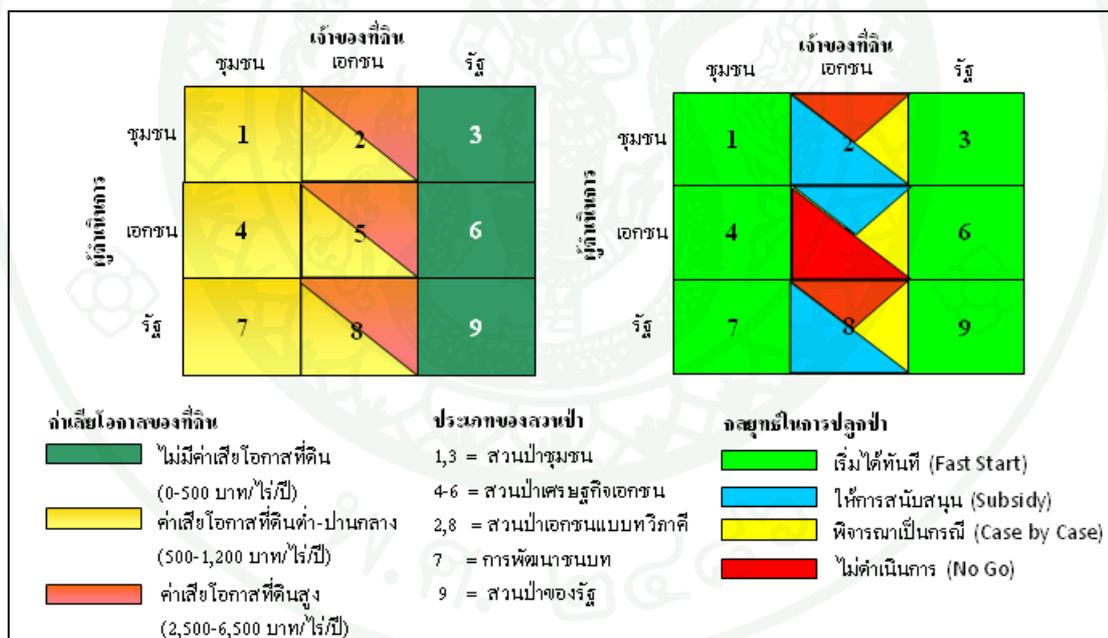
กลยุทธ์ที่ 2: การให้การสนับสนุน (Subsidy) คือ การปลูกสร้างสวนป่าในพื้นที่ที่มีค่าเสียโอกาสของที่ดินประมาณ 500 บาทต่อไร่ต่อปีหรือที่ชุมชนในกรณีที่ผลผลิตไม้ไม่ค่อยดี (CMS) สำหรับในกรณีที่การดูแลสวนป่าให้มีการเจริญเติบโตดี (GTS) อาจส่งเสริมการปลูกสักไปในพื้นที่ที่มีค่าเสียโอกาสสูงถึง 1,200 บาทต่อไร่ต่อปี (เช่น พื้นที่ของชุมชนหรือที่การเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) ได้ แต่ทั้งสองกรณีนี้จำเป็นต้องมีการสนับสนุนการดำเนินงานเพื่อลดต้นทุนของที่ดินให้ต่ำลงเพียงพอที่จะทำให้โครงการมีกระแสรายได้เพิ่มเติมพอที่จะทำให้อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับหรือมากกว่า IRR Hurdle Rate ส่วนระดับการสนับสนุนควรจะเป็นเท่าไรนั้นจะต้องพิจารณาเป็นกรณีไป

กลยุทธ์ที่ 3: ต้องพิจารณา (Case by Case) คือ ผู้ประกอบการควรพิจารณาว่าสมควรที่จะลงทุนหรือไม่ และรัฐก็ต้องพิจารณาว่าสมควรให้การสนับสนุนหรือไม่ การพิจารณามักจะเกิดขึ้นในกรณีที่ปลูกสวนป่าในพื้นที่ของเอกชนที่มีค่าเสียโอกาสของที่ดินในระดับ 2,500 บาทต่อไร่ต่อปี เนื่องจากอัตราผลตอบแทนภายในต่ำ การสนับสนุนจะอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงเพื่อ

สามารถผลักดันให้กระแสของรายได้มีมากเพียงพอที่จะทำให้อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการมากกว่า IRR Hurdle Rate อย่างมีนัยสำคัญ เพราะภาคเอกชนมีทางเลือกที่ดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรอื่นๆ ที่ให้ผลตอบแทนดีกว่าการปลูกสวนป่า

กลยุทธ์ที่ 4: ไม่ดำเนินการ (No Go) คือ การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าในพื้นที่ที่มีค่าเสียโอกาสที่ดินระดับปานกลางถึงสูงมาก ผู้ประกอบการที่มีเหตุผลโดยชอบธรรมที่จะเลือกการดำเนินการในกิจกรรมอื่นทดแทน เนื่องจากผลตอบแทนภายในไม่เป็นที่น่าดึงดูดใจในการดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าสัก

เมื่อพิจารณาประเภทของสวนป่า ค่าเสียโอกาส และ การวิเคราะห์การลงทุนแบบ Benchmark Analysis ของกรณีศึกษาต่างๆ สามารถสรุปกลยุทธ์ของการส่งเสริมการปลูกป่าได้ดังนี้



ภาพที่ 67 กลยุทธ์ในการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าสัก

2.2.2 มาตรการด้านการสนับสนุน

การอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยกลไกของการบ่อนเครดิตได้พยายามใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ในการวิเคราะห์ เพื่อลดความลำเอียงที่จะเกิดขึ้น โดยได้ศึกษาระดับการสนับสนุน

(Subsidy) สำหรับกรณีทางเลือกภายใต้เงื่อนไขต่างๆ เพื่อคัดกรองทางเลือกที่เป็นไปได้ (ภาพที่ 64 และภาพที่ 65) เพื่อใช้ในการวางกลยุทธ์ในภาพที่ 66 นั้น ยังมีคำถามเพิ่มเติมในส่วนที่ไม่ชัดเจน โดยเฉพาะสวนป่าประเภทเอกชนทวิภาคี (หมายเลข 2 และ หมายเลข 8) ในส่วนของ “การสนับสนุนเพียงเล็กน้อย” และ “ต้องพิจารณาเป็นกรณีไป” ซึ่งการตอบคำถามเชิงนโยบายดังกล่าวได้ จำเป็นต้องตอบปัญหา 2 ข้อ ต่อไปนี้

คำถามที่ 1: ถ้าไม่มีกระแสรายได้เพิ่มเติมจากคาร์บอนเครดิตแล้ว ค่าเสียโอกาสของที่ดินต้องไม่เกินเท่าไร? ถึงจะทำให้ผลตอบแทนภายในของโครงการอยู่ในระดับที่เท่ากับ IRR Hurdle Rate ที่ร้อยละ 13.86

คำถามที่ 2: ถ้าค่าเสียโอกาสของที่ดินอยู่ในระดับปานกลางที่ 1,200 และ 2,500 บาทต่อไร่ในปีเริ่มต้นและเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ทุก 5 ปี จะต้องตั้งราคาของคาร์บอนเครดิตเท่าไร? เพื่อให้เจ้าของโครงการสวนป่าสักยังคงมีอัตราผลตอบแทนภายในแข่งขันกับธุรกิจการเกษตรอื่นได้

จากการวิเคราะห์การลงทุน พบว่าค่าเสียโอกาสของที่ดินสูงสุดที่ยังทำให้การปลูกสร้างสวนป่าสักมีอัตราผลตอบแทนภายในสามารถแข่งขันกับธุรกิจการเกษตรอื่นได้ คือ 174 บาทต่อไร่ต่อปี และ 580 บาทต่อไร่ต่อปี สำหรับกรณี CMS และ GTS ตามลำดับ สวนป่ามีผลผลิตที่สูง สามารถรับอัตราค่าเสียโอกาสที่สูงกว่าได้ นั่นหมายความว่า พื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกป่าควรจะเป็นที่ของรัฐหรือของชุมชนที่มีค่าเสียโอกาสต่ำ หรือ ถ้าต้องการปลูกสวนป่าสักในที่ที่มีค่าเสียโอกาสสูง จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนเพื่อให้ต้นทุนด้านที่ดินไม่สูงเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้

ในกรณีที่มีค่าเสียโอกาสของที่ดินในอัตรา 1,200 บาทต่อไร่ต่อปี และผู้ประกอบการยังคงต้องการให้สวนป่าสักยังคงดำเนินการต่อไปได้ในอัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 13.86 ระดับของการสนับสนุนในมุมมองของคาร์บอนเครดิตเท่ากับ 680 และ 1,176 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับ (16.50-24.54 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์) สำหรับกรณี CMS และ GTS ตามลำดับ ถ้าค่าเสียโอกาสของที่ดินเพิ่มสูงเป็น 2,500 บาทต่อไร่ต่อปีระดับของการสนับสนุนในมุมมองของคาร์บอนเครดิตเท่ากับ 1,870 และ 2,504 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับ (16.50-24.54 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์) สำหรับกรณี CMS และ GTS ตามลำดับ การ

วิเคราะห์ในส่วนนี้ยังคงมีสมมติฐานของค่าใช้จ่ายด้านค่าบริหารจัดการสวนป่าและการตรวจวัดมวลชีวภาพเท่ากับ 2,052 และ 382 บาทต่อไร่ตลอดอายุโครงการ (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 ระดับการสนับสนุนโครงการสวนป่าเอกชนแบบทวิภาคี

#	คำถาม	บาท		ยูโร	
		CMS	GTS	CMS	GTS
1	ค่าเสียโอกาสของที่ดินที่ทำให้ผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 13.86 (บาทต่อไร่ต่อปี) ในกรณีที่ไม่มีรายได้จากคาร์บอนเครดิต	174	580	4.22	14.08
2	ราคาของคาร์บอนเครดิตที่ทำให้อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 13.86 ถ้าค่าเสียโอกาสของที่ดินเท่ากับ 1,200 บาทต่อไร่ต่อปี (บาทหรือยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับ)	1,077	592	28.54	16.50
3	ราคาของคาร์บอนเครดิตที่ทำให้อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 13.86 ถ้าค่าเสียโอกาสของที่ดินเท่ากับ 2,500 บาทต่อไร่ต่อปี (บาทหรือยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับ)	2,405	1,780	60.78	45.39

การสนับสนุนสามารถดำเนินการได้ใน 2 รูปแบบ คือ การสนับสนุนเพื่อลดค่าเสียโอกาสของที่ดิน และการสนับสนุนในรูปแบบของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับโดยต้นไม้ ผู้เขียนเห็นว่ารูปแบบของการสนับสนุนควรจะต้องอิงกับต้นไม้และการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าที่จะอิงกับค่าเสียโอกาสของที่ดิน เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของส่งเสริมการปลูกสวนป่าคือความต้องการต้นไม้เพื่อแก้ไขปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการขยายพื้นที่ป่าให้ถึงร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศตามนโยบายของประเทศ การตั้งอัตราการสนับสนุนบนพื้นฐานของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการแสวงหาประโยชน์โดยมิชอบ (Free Rider) ส่งผลให้ผู้ประกอบการต้องบริหารจัดการต้นไม้ให้เติบโต แข็งแรงและอยู่รอดจนครบอายุตัดฟัน พร้อมทั้งทำการตรวจวัด (Monitoring) การรายงานผล (Reporting) เพื่อสร้างบัญชีคาร์บอนที่สามารถตรวจสอบได้ (Verified Carbon Accounting)

2.2.3 มาตรการด้านภาษี

มาตรการด้านภาษีเป็นมาตรการหนึ่งในนโยบายมหภาคที่สำคัญ เกี่ยวข้องกับการจัดหารายได้และการใช้จ่ายของรัฐบาลโดยการเก็บภาษีในรูปแบบต่างๆ เช่น ภาษีมูลค่าเพิ่ม ภาษีนิติบุคคล เป็นต้น นโยบายภาษีของรัฐย่อมส่งผลกระทบต่อธุรกิจเอกชน (ทั้งในเชิงบวกและลบ)

เสมอเนื่องจากรัฐบาลได้ใช้นโยบายภาษีเพื่อจุดหมายแตกต่างกัน ดังเช่นการดำเนินงานของกรมสรรพากรและกรมสรรพสามิต²³ ที่มีการลดภาษีเพื่อส่งเสริมกิจกรรมที่พึงปรารถนา เช่น การส่งเสริมการศึกษา การส่งเสริมศาสนา และการส่งเสริมจริยธรรม (คูแลบิดา-มารดา) เป็นต้น ในทางตรงกันข้าม ได้มีการจัดเก็บภาษีในอัตราพิเศษสำหรับกิจกรรมที่ไม่พึงปรารถนา ดังจะเห็นได้จากภาษีเหล้าและบุหรี่ เป็นต้น

การส่งเสริมการปลูกป่าในบริบทของสังคมไทยโดยใช้มาตรการทางด้านภาษีไม่ได้เป็นนวัตกรรมใหม่แต่อย่างใด เพราะมีการวางนโยบายภาษีเพื่อสังคม เพื่อชุมชน เพื่อสิ่งแวดล้อม มาก่อนหน้านี้แล้ว ดังเช่นที่กรมสรรพสามิตได้ดำเนินการส่งเสริมให้ผู้ประกอบการธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้รับการลดอัตราภาษี หรือยกเว้นภาษีแก่ผู้ประกอบการธุรกิจบางประเภท เป็นต้น ผู้เขียนจึงขอสนับสนุนแนวทางการใช้การลดหย่อนภาษีเพื่อส่งเสริมการปลูกป่าสำหรับภาคเอกชน ดังนี้

- ยกเว้นการเสียภาษีให้กับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมสวนป่า
- ลดหย่อนภาษีให้กับบริษัท ห้างร้าน ที่สนับสนุนการปลูกสร้างสวนป่าและการอนุรักษ์ป่าไม้

การยกเว้นและลดหย่อนภาษีจะทำให้บริษัท ห้างร้านหันมาสนับสนุนการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อเหตุผลทางภาษีเพิ่มเติมจากการดำเนินการเพื่อแสดงความรับผิดชอบต่อสังคม หรือ Corporate Social Responsibility (CSR) อย่างไรก็ตาม รัฐบาลจำเป็นต้องศึกษาถึงข้อดี ข้อเสีย และเงื่อนไขของการดำเนินนโยบายด้านภาษีเพื่อการอนุรักษ์ป่าไม้ให้รอบคอบก่อนที่จะมีการประกาศใช้

²³ ภาษีสรรพสามิต คือ ภาษีการขายเฉพาะที่เรียกเก็บจากสินค้าและบริการบางประเภท ซึ่งมีเหตุผลสมควรที่จะต้องรับการยกเว้นสูงกว่าปกติ เช่น สินค้าที่บริโภคแล้วอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพและศีลธรรมอันดี สินค้าและบริการที่มีลักษณะเป็นการฟุ่มเฟือย หรือ สินค้าที่ได้รับผลประโยชน์เป็นพิเศษจากรัฐ หรือ สินค้าที่ก่อให้เกิดภาระต่อรัฐบาลที่จะต้องสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เพื่อให้บริการผู้บริโภค หรือเป็นสินค้าที่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

2.3 การส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าสัก: มุมมองเศรษฐศาสตร์จุลภาค

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในระดับจุลภาคเป็นการวางนโยบายในระดับผู้ประกอบการในการบริหารจัดการทรัพยากรที่มีจำกัดเพื่อตอบสนองต่อตลาดของคาร์บอนเครดิต ผู้ประกอบการควรจัดทำระบบการตรวจวัด รายงานผลและการตรวจสอบ (Monitoring, Reporting and Verification, MRV) ของสวนป่าให้ครอบคลุมและรัดกุม เพราะระดับของการสนับสนุนขึ้นอยู่กับประมาณของคาร์บอนที่สะสมในพื้นที่ของผู้ประกอบการ

2.4 สรุปข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ความมุ่งมั่นในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประชาคมโลก ทำให้บทบาทของภาคป่าไม้มีความโดดเด่น เนื่องจากคุณสมบัติของการเป็นเทคโนโลยีธรรมชาติที่สามารถดูดซับก๊าซเรือนกระจกและเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนที่สำคัญ ความตระหนักถึงความสำคัญในปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลกได้สอดคล้องกับความต้องการในระดับประเทศ คือ ความต้องการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยให้ถึงร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศไทยทั้งหมด หรือต้องการป่าไม้เพิ่มขึ้นอีก 20.65 ล้านไร่

การอาศัยกลไกระหว่างประเทศเป็นเครื่องมือแต่เพียงประการเดียวในการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้และส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ของประเทศไทยยังเป็นเรื่องที่มีความท้าทายและอาจจะยังไม่เหมาะสมกับสถานะของประเทศในปัจจุบัน ดังนั้น การอนุรักษ์ป่าไม้ในบริบทตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงที่เหมาะสมกับภูมิสังคมของประเทศไทยจึงเป็นเรื่องสำคัญ ข้อเสนอแนะเชิงมหภาคที่น่าเสนอในการศึกษานี้มุ่งหวังในลักษณะของภาพใหญ่ คือ การมองการส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ทั้งประเทศ อย่างไรก็ตาม เจ็อนใจการปลูกสร้างสวนป่าในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน การสร้างกลยุทธ์ที่เหมาะสมกับเจ็อนใจที่แตกต่างกันจึงเป็นประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญ เมื่อนำประเด็นเจ็อนใจในเชิงเศรษฐศาสตร์ ผสมผสานกับประเด็นโลกร้อนที่กำลังอยู่ในความสนใจของประชาชน กลยุทธ์ในการส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยคาร์บอนเครดิตจึงเป็นแรงจูงใจให้มีการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ กลยุทธ์ในเชิงมหภาคประกอบด้วย กลยุทธ์ที่ดำเนินการอย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องคำนึงถึงการสนับสนุนด้านคาร์บอนเครดิต กลยุทธ์การให้การสนับสนุนทางการเงินแก่ผู้ประกอบการสวนป่า กลยุทธ์ที่ต้องพิจารณาเป็นกรณี และกลยุทธ์ในการปฏิเสธ โครงการปลูกสร้างสวนป่า

นโยบายเชิงมหภาคจะประสบผลสำเร็จก็ต่อเมื่อมีนโยบายในระดับจุลภาคเป็นตัวรองรับ ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในระดับจุลภาคเป็นการวางนโยบายในระดับผู้ประกอบการในการบริหารจัดการทรัพยากรที่มีจำกัดเพื่อตอบสนองต่อตลาดของคาร์บอนเครดิต ผู้ประกอบการควรจัดทำระบบการตรวจวัด รายงานผลและการตรวจสอบ (Monitoring, Reporting and Verification, MRV) ของสวนป่าให้รอบคอบและรัดกุม เพราะระดับของการสนับสนุนขึ้นอยู่กับประมาณของคาร์บอนที่สะสมในพื้นที่ของผู้ประกอบการ

เมื่อองค์ประกอบของประเทศไทยมีความพร้อมมากขึ้น การฉกฉวยโอกาสจากการเจรจาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับเวทีสากล เช่น การเจรจาทายใต้นุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ของประเทศจะเป็นนโยบายสองวัตถุประสงค์ (win-win) ที่เหมาะสมกับประเทศเปิด (Open economy) ที่มีการติดต่อกับต่างประเทศพร้อมทั้งการยึดมั่นต่อพันธสัญญาและข้อตกลงต่างๆ ทั้งทวีภาคีและภูมิภาคที่มี

ข้อวิจารณ์

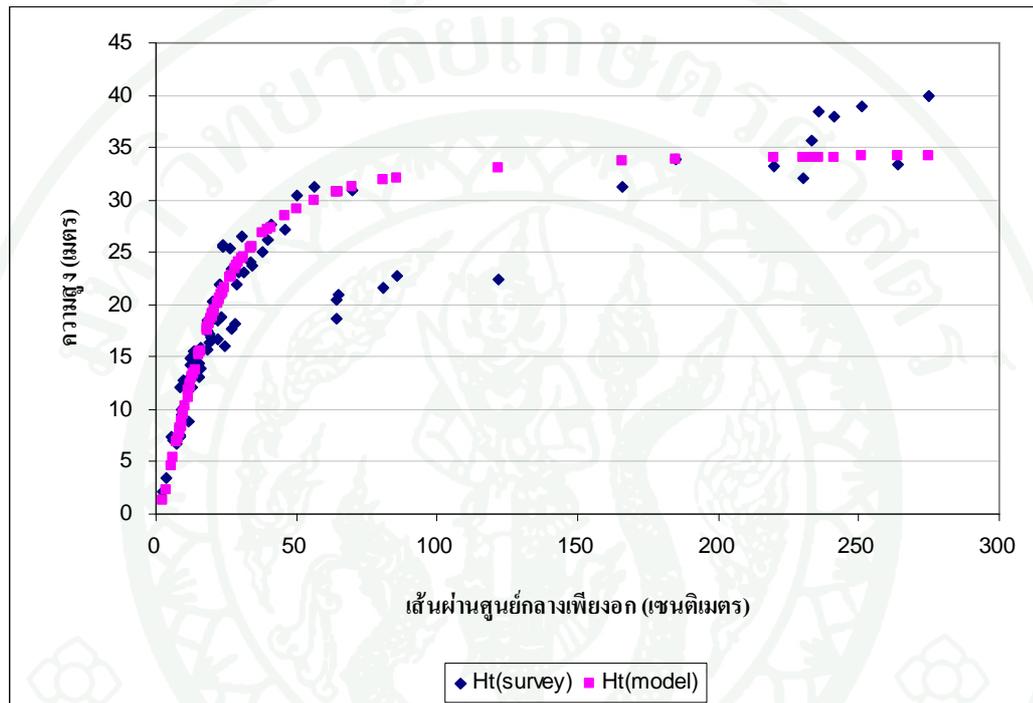
ผลการวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยกลไกทางเศรษฐศาสตร์ของคาร์บอนเครดิต มีประเด็นข้อค้นพบและวิจารณ์ผล ดังนี้

1. การวิจารณ์วิทยาศาสตร์ของสวนป่าสัก

การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมเพื่อการวางนโยบายในระดับจุลภาคและมหภาคจำเป็นต้องมีรากฐานจากข้อมูลวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเชื่อถือก่อน ซึ่งในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ คือ การเติบโตของต้นสักเพื่อคำนวณปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากระยะเวลาและงบประมาณที่จำกัดทำให้การดำเนินงานต้องใช้การเก็บข้อมูลภาคสนามเบื้องต้นผสมผสานกับการทำแบบจำลองหาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงของต้นสัก (D-H Relationship) จากการสำรวจภาคสนามที่สวนป่าขุนแม่คำมี เพื่อเป็นพื้นฐานการคำนวณในลำดับต่อไป

ผู้ศึกษาได้ทดลองเปรียบเทียบผลลัพธ์ความสัมพันธ์จากแบบจำลองกับข้อมูลการตรวจวัดจริงในการศึกษานี้และจากการศึกษาอื่นๆ (ชิงชัย วิริยะบัญชา และ กันดินันท์ ผิวสะอาด, 2545; วิเชียร สุมนต์กุล และ ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2550; ประสิทธิ์ เพ็ชรอนุรักษ์, 2545) ซึ่งครอบคลุม

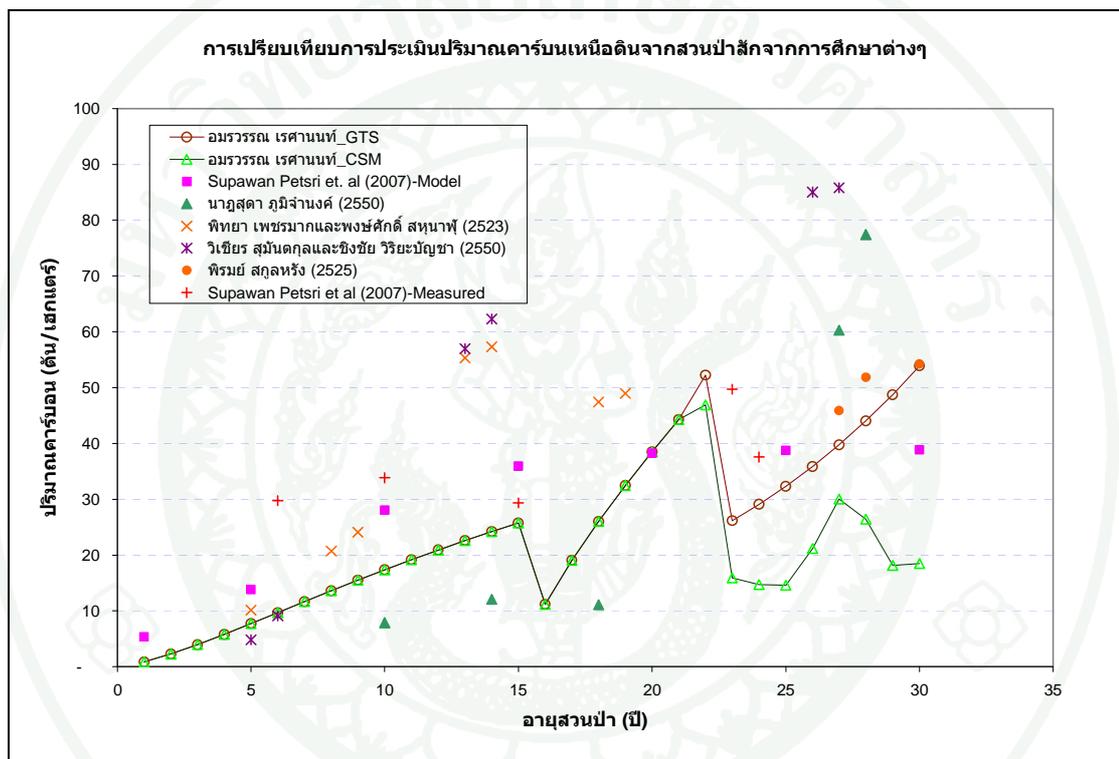
ต้นสักอายุตั้งแต่ 1 - 150 ปี พบว่า สมการ D-H Relationship ที่ได้จากการศึกษานี้มีความแม่นยำมากสำหรับชุดข้อมูลเฉพาะ ต้นสักอายุไม่เกิน 30 ปี และเหมาะสมกับสวนป่าที่มี Site Index 11, 14 และ 17 (ภาพที่ 68) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลตรวจวัดจริงจากการศึกษาอ้างอิงทั้ง 3 เรื่อง ไม่มีการระบุ Site Index ของสวนป่า จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าสมการ D-H Relationship ที่จัดทำขึ้นมาในการศึกษานี้ ไม่เหมาะสมกับชุดข้อมูลต้นสักที่ขึ้นในสภาพพื้นที่ Site Index เช่นไร



ภาพที่ 68 การทดสอบแบบจำลอง D-H Relationship กับข้อมูลตรวจวัดจริง

ความเพิ่มพูนเฉลี่ยของมวลชีวภาพจากการศึกษาในกรณีการปลูกสร้างและดูแลสวนป่าแบบองค์รวมตามแนวทางขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (กรณี CMS) และ กรณีการปลูกสร้างและดูแลสวนป่าตามหลักทฤษฎีวิวัฒนาการ (กรณี GTS) เท่ากับ 0.32 ต้นต่อไร่ต่อปี และ 0.77 ต้นต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ผลการคำนวณในกรณี GTS สอดคล้องกับการศึกษาของวนศาสตร์ (2553) ที่กล่าวว่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของมวลชีวภาพรวมของต้นสักในพื้นที่เหมาะสมน้อยกว่า 0.77 ต้นต่อไร่ต่อปี แต่อย่างไรก็ตาม วนศาสตร์ (2553) ได้จัดให้มีการปลูกสักในจังหวัดแพร่และลำปางอยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางที่คาดการณ์ว่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 0.98 ต้นต่อไร่ต่อปี สำหรับความเพิ่มพูนในกรณี CMS มีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับการศึกษาข้างต้น

ข้อมูลมวลชีวภาพเหนือดินของสั๊กมีความแปรผันค่อนข้างสูงขึ้นอยู่กับอายุและสภาพท้องที่ (ชิงชัย วิริยะบัญชา และ ทศพร, 2554 อ้างใน วนศาสตร์, 2553) และวิธีการจัดการทางวนวัฒนวิทยา ได้แก่ ระยะปลูก การตัดสางขยายระยะ และการดูแลรักษาสวนป่า ซึ่งส่งผลต่อความหนาแน่นของต้นไม้ต่อพื้นที่และการเติบโตของต้นไม้ จากการทบทวนเกี่ยวกับปริมาณมวลชีวภาพและคาร์บอนเหนือดินของการศึกษาต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการศึกษานี้ สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 69



ภาพที่ 69 การเปรียบเทียบการประเมินประมาณคาร์บอนเหนือดินจากสวนป่าสักจากงานวิจัยต่างๆ

การปริมาณคาร์บอนเหนือดินที่ในกรณีของ GTS จะมีผลการศึกษาใกล้เคียงกับพิทยา เพชรมาก และ พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬ (2523) สำหรับสวนป่าสักที่มีอายุ 5 ปี และ 10 ปี และมีค่าปริมาณคาร์บอนเหนือดินสูงกว่าการศึกษาของนาฏสุตา ภูมิจำนงค์ (2550) ในชั้นอายุที่ทำการศึกษาสำหรับสวนป่าที่มีอายุมากใกล้เคียงรอบตัดฟันจากการศึกษาอื่นๆพบว่าสวนป่าจาว จังหวัดลำปางตามการศึกษาของ พิรมย์ สกุลหรั่ง (2525) มีระยะการปลูก 4 x 4 เช่นเดียวกับงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แต่การตัดสางขยายระยะจะมีจำนวนต้นเหลือ (41-54 ต้น/ไร่) มากกว่าสมมุติฐานของการศึกษาคั้งนี้ที่ตั้งไว้ว่าการตัดสางขยายระยะณ.ช่วงอายุ 15 ปีและช่วงอายุประมาณ 21-22 ปีจะมีต้นสัก

เหลืออยู่ในแปลงจำนวน 60 และ 30 ต้น/ไร่ ตามลำดับ การประเมินปริมาณคาร์บอนของ วิเชียร สุมันตุล และ ชิงชัย วิริยะบัญชา (2550) ก็ให้ผลเช่นเดียวกันกับของพิรมย์ สกุลหรั่ง (2525) เนื่องจากสวนป่าไม่มีการตัดสางและมีอัตราการรอดตายประมาณร้อยละ 88-91 ทำให้ จำนวนต้นไม้ที่เหลือรอดอยู่ในแปลงมีจำนวนมากกว่างานในการศึกษาฉบับนี้ สำหรับงานวิจัยของ Supawan Petsri *et al.* (2007) ได้มีการวัดประเมินในสองรูปแบบ คือ การวัดจริง และการหาสมการ ความสัมพันธ์ของอายุของสวนป่าและปริมาณคาร์บอนเหนือดิน (ต้นต่อเฮกแตร์) ซึ่งปริมาณ คาร์บอนต่อพื้นที่ของผลการศึกษาจะสูงกว่าการศึกษารุ่นนี้ อย่างไรก็ตาม ในเอกสารของ Supawan Petsri *et al.* (2007); นาถสุดา ภูมิจันทร์ (2550) ไม่ได้ระบุชัดเจนว่าการปลูกต้นสักในสวนป่าที่ ระยะ 4x4 ในแปลงที่ทำการศึกษานั้น มีการจัดการทางวนวัฒนวิทยาที่จะส่งผลถึงจำนวนต้นไม้ใน สวนป่าอย่างไร

การประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกจากสาขาป่าไม้ในช่วงระยะเวลาที่ ยาวนานเป็นเรื่องที่ยาก เนื่องจากความไม่แน่นอนของธรรมชาติของคาร์บอนพูล และ ปฏิกริยาของ ฟิสิกส์และเคมีธรรมชาติระหว่างพืชพรรณและบรรยากาศ ซึ่งยังต้องการองค์ความรู้เพิ่มเติมอีก มากมาย และผลการศึกษาใหม่ๆ ที่ค้นพบอาจจะก่อการเปลี่ยนแปลงในแวดวงวิชาการป่าไม้ได้ (Grace, 2005 cited in Griffiths and Jarvis, 2005)

2. การวิจารณ์นโยบาย

การวิเคราะห์การลงทุน (Investment Analysis) เป็นวิธีหนึ่งที่น่าิยมใช้ในการตัดสินใจ ลงทุน ตัวชี้วัดที่นิยมใช้ได้แก่ อัตราผลตอบแทนภายใน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และ ต้นทุนต่อหน่วย ในการศึกษาพบว่าตัวแปรที่มีผลกระทบต่อผลการวิเคราะห์การลงทุนได้แก่ ค่าเสียโอกาสของที่ดิน รายได้จากคาร์บอนเครดิต และ การจ่ายชดเชยบริการทางนิเวศ ในกรณีที่การปลูกสร้างสวนป่าสัก ไม่มีค่าเสียโอกาสที่ดิน ขายคาร์บอนเครดิตได้ในราคาตลาด พร้อมทั้งได้รับการชดเชยค่าบริการทาง นิเวศเพิ่มเติม อัตราผลตอบแทนภายในสูงอาจสูงถึงร้อยละ 52 และอัตราผลตอบแทนภายในอาจ คำนวณไม่ได้เลยถ้าค่าเสียโอกาสของที่ดินสูงถึง 6,500 บาทต่อไร่ต่อปี

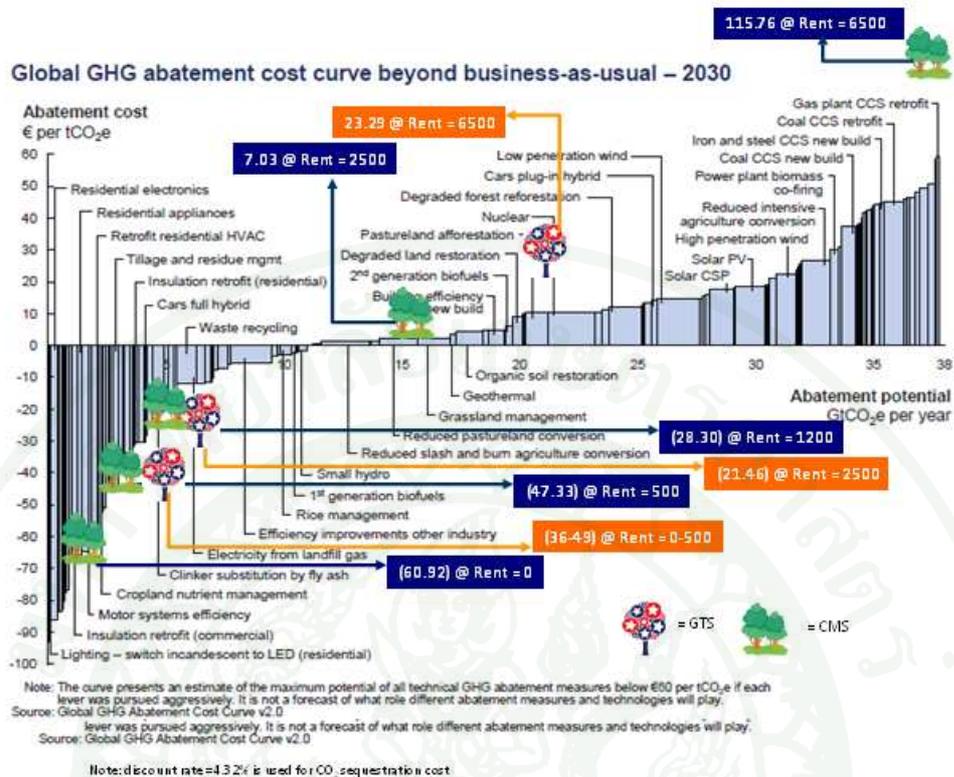
การวิเคราะห์การเงินชี้ให้เห็นว่าต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าคิดลบ และบวกขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในกรณีศึกษาย่อย การที่ต้นทุนมีค่าคิดลบหมายความว่ามูลค่าปัจจุบัน สุทธิเป็นบวกหรือประโยชน์อื่นๆ ที่ได้รับจากการปลูกต้นไม้มากกว่าต้นทุนในการลดก๊าซเรือน กระจกหรือต้นทุนในการปลูกต้นไม้แน่นอน ในทางตรงกันข้าม ถ้าต้นทุนการดูดซับฯ มีค่าเป็นบวก

แสดงว่าการดำเนินกิจกรรมเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ก่อให้เกิดต้นทุนกับโครงการ

เมื่อนำเส้นต้นทุนหน่วยสุดท้ายที่จัดทำโดย McKinsey and Company (2009) (นำเสนอมาแล้วในภาพที่ 26) เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีในสาขาอื่นๆ²⁴ พบว่า การปลูกสร้างสวนป่าสักที่มีค่าเสียโอกาสของที่ดินไม่เกิน 2,500 บาทต่อไร่ต่อปีในกรณี GTS และ 1,200 บาทต่อไร่ต่อปีในกรณี CMS อยู่ใกล้เคียงกับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน แต่การดำเนินการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสาขาพลังงานเกิดขึ้นได้ก่อนเนื่องจากผลประโยชน์เกิดขึ้นเร็ว เงินหมุนได้เร็ว (Velocity of Money) กว่าปลูกสร้างสวนป่าที่รายได้ก่อนแรกเกิดขึ้นในปีที่ 15 เมื่อมีการตัดสางครั้งแรก รายได้ก่อนถัดไปเกิดขึ้นในปีที่ 22 และปีที่ 30 เมื่อมีการตัดสางครั้งที่สองและตัดฟันเมื่อครบรอบ เมื่อที่ดินในการปลูกสร้างสวนป่ามีค่าเสียโอกาสที่สูงทำให้เกิดการแข่งขันในการใช้พื้นที่การเกษตร ผลิตภัณฑ์การเกษตรที่มีค่าการหมุนเงินที่เร็วก็มักจะชนะการปลูกสร้างสวนป่าสัก ดังนั้นถ้าต้องให้สวนป่าสักเกิดขึ้นได้จะต้องมีมาตรการสนับสนุนเพื่อดึงกระแสรายรับให้เกิดขึ้นเร็วและมีอัตราผลตอบแทนภายในอยู่ในระดับที่แข่งขันกับธุรกิจการเกษตรอื่นๆ ได้ (ภาพที่ 70)

ถ้าประเทศไทยมีพันธกรณีที่ต้องลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือถูกบีบบังคับให้ลดจากแรงกดดันจากต่างประเทศภายใต้มติ “ความรับผิดชอบร่วมกัน แต่ในระดับที่แตกต่างกัน” ในระยะสั้นการดำเนินงานในสาขาที่พลังงานจะเริ่มได้เร็วและมีประสิทธิภาพกว่าสาขาป่าไม้ แต่ในระยะยาวแล้ว การอนุรักษ์ป่าไม้จะเป็นการดำเนินการที่ยั่งยืนกว่า

²⁴ การเปรียบเทียบอาจไม่ถูกต้องนักเพราะต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการปลูกสร้างสวนป่าของประเทศไทยเป็นต้นทุนในปีพ.ศ. 2553 ในขณะที่ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จัดทำโดย McKinsey & Company เป็นต้นทุนในปีพ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030)



ภาพที่ 70 การเปรียบเทียบต้นทุนการดูดซับก๊าซเรือนกระจก

คาร์บอนเครดิตผ่านกลไกระหว่างประเทศ เช่น กลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) เป็นความหวังหนึ่งของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการรักษาระบบนิเวศและเป็นโอกาสทางเศรษฐกิจในการพัฒนาตลาดคาร์บอนเครดิต การวิเคราะห์ได้ชี้ให้เห็นว่าโอกาสที่ประเทศไทยจะได้รับประโยชน์ในการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้จากมาตรการภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันยังมีไม่มากนัก เนื่องจากความยุ่งยากในการดำเนินงานในสาขาป่าไม้มีมากกว่าสาขาพลังงาน โอกาสผู้ประกอบการโครงการ CDM ส่วนใหญ่จึงมุ่งที่การพัฒนาโครงการในภาคพลังงานเป็นหลักในปัจจุบัน แต่เมื่อประเทศมีความพร้อมในด้านข้อมูลข่าวสาร การประสานประโยชน์ระหว่างภาครัฐ-เอกชน การรับความช่วยเหลือจากต่างประเทศ ฯลฯ จะทำให้ประเทศไทยสามารถรับประโยชน์ด้านการอนุรักษ์ป่าจากความร่วมมือระหว่างประเทศได้ดีมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การดำเนินการเพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ของประเทศเป็นเรื่องเร่งด่วน การอาศัยโอกาสจากความตระหนักเรื่องโลกร้อนเพื่อพัฒนาตลาดคาร์บอนเครดิตในประเทศไทยเพื่อการแลกเปลี่ยนเครดิตในประเทศและเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ในบริบทแบบไทยๆ ก็มีความเป็นไปได้สูง ถ้ามีการจัดตั้งศูนย์กลางการแลกเปลี่ยนคาร์บอนเครดิต

อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้รูปแบบของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเป็นแม่แบบ พร้อมทั้งใช้กลยุทธ์แบบมหภาคและจุลภาค ผสมผสานแรงผลักดันจากประเด็นความรับผิดชอบต่อสังคม (Corporate Social Responsibility, CSR) ช่วยเสริมให้เกิดการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้และส่งเสริมแหล่งสะสมคาร์บอนขึ้นในประเทศ

ขบวนการหลอกขายคาร์บอน

เนื่องจากปัญหาเรื่องโลกร้อนและคาร์บอนเครดิตอยู่ในกระแสนิยม จึงมีมีจลาจลหลอกลวงประชาชนให้เข้าร่วมกับกระบวนการคาร์บอนเครดิตในภาคป่าไม้ โดยขอโฉนดเพื่อเป็นหลักฐานหรือหลอกลวงเพื่อขายพรรณไม้ และล่าสุดมีการขอเก็บค่าสมาชิกเพื่อการดำเนินการ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ประชาสัมพันธ์ให้ทราบทั่วกันว่าในปัจจุบัน (กรอบที่ 3)

กรอบที่ 3 แจ่งเตือน ขบวนการหลอกขายคาร์บอนเครดิตป่าไม้แพร่ระบาดในภาคเหนือ

เมื่อวันศุกร์ที่ 26 พฤศจิกายน 2553 องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) : อบก. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แถลงข่าวแจ่งเตือน ระวัง ขบวนการหลอกขายคาร์บอนเครดิตป่าไม้แพร่ระบาดในภาคเหนือ

นายศิริชัย ไพโรจน์บริบูรณ์ ผู้อำนวยการอบก. แถลงว่า ขณะนี้เริ่มมีขบวนการหลอกลวงประชาชนให้เสียเงินในการขายคาร์บอนเครดิตจากการปลูกป่า โดยการขอสำเนาโฉนดที่ดินไปเป็นหลักฐานเพื่อแสดงว่ามีโครงการ หรือมีการชักจูงให้ปลูกป่าเพื่อพัฒนาโครงการขายคาร์บอนเครดิตโดยเจตนาขายพรรณไม้ และล่าสุดเป็นการขอเก็บเงินค่าสมาชิกเพื่อดำเนินโครงการ ซึ่งเมื่อสอบถามไปตามองค์กรที่ได้รับการร้องเรียนมาว่าเข้ามาติดต่อประชาชนในเรื่องนี้ ก็ไม่สามารถติดต่อได้ จึงเข้าใจได้ว่าจะเป็นการดำเนินการใน 2 กรณีคือ กรณีแรก ผู้ที่ดำเนินโครงการพัฒนาคาร์บอนเครดิตจากการปลูกป่าไม่เข้าใจกลไกการพัฒนาโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM Project) ซึ่งมีความซับซ้อนและใช้เวลานานกว่าจะได้รับเงินตอบแทน ส่วนอีกกรณีหนึ่งคือเป็นขบวนการหลอกลวงประชาชนเพื่อประโยชน์ในการขายต้นกล้าไม้ หรือเรียกเก็บเงินค่าสมาชิกหรือค่าใช้จ่ายต่างๆ หรือมีเจตนาใช้สำเนาโฉนดเพื่อประโยชน์อย่างอื่น...

ภาพที่ 71 กรอบการแจ่งเตือน ขบวนการหลอกขายคาร์บอนเครดิตป่าไม้แพร่ระบาดในภาคเหนือ

การวิเคราะห์ในส่วนที่ 3 ของบทนี้สนับสนุนคำชี้แจงของอบก. เป็นอย่างดีว่าโอกาสและความเป็นไปได้ในการเข้าร่วมในมาตรการการดูดซับก๊าซเรือนกระจกภายใต้อนุสัญญา

สหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด เป็นไปได้ยากและมีความเสี่ยงทุกกระบวนการ นอกจากนั้นแล้ว การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ (สวนป่าสัก) โดยการเข้าร่วม REDD+ ยังไม่มีความชัดเจนเรื่องของการรับรองเครดิตที่เกิดขึ้น และประเทศไทยยังไม่มีความพร้อมในการดำเนินการจัดทำตามข้อตกลงใน COP 16

ดังนั้น การดำเนินการสนับสนุนให้มีการเพิ่มพื้นที่สวนป่าด้วยคาร์บอนเครดิตที่ดำเนินการเองโดยหน่วยงานของประเทศไทย ผู้ที่เกี่ยวข้องต้องมีการเตรียมการให้รัดกุม สร้างความน่าเชื่อถือ โปร่งใส เพื่อลบภาพของการหลอกลวงประชาชนออกจากความคิดของผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งฝ่ายผู้เป็นเจ้าของโครงการและผู้รับซื้อคาร์บอนเครดิต

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยกลไกทางเศรษฐศาสตร์ของคาร์บอนเครดิตสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจริง มีการยอมรับอย่างเป็นทางการว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกตั้งแต่กลางศตวรรษที่ 20 เป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ นานาประเทศต่างร่วมกันแสวงหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาาร่วมกัน แต่บนความรับผิดชอบที่แตกต่างกันและขึ้นกับขีดความสามารถของแต่ละประเทศ ทุกประเทศเห็นพ้องต้องกันว่าป่าไม้และป่าปลูกมีบทบาทอย่างสูงในการบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากต้นไม้ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ได้ให้สัตยาบรรณต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและพิธีสารเกียวโต ได้เล็งเห็นผลประโยชน์ร่วมของการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพิ่มพื้นที่ป่าและการตอบสนองต่อนโยบายของรัฐที่ต้องการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ให้ถึงร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศตามนโยบายที่ตั้งไว้

สักเป็นไม้เศรษฐกิจ การปลูกสร้างสวนป่าสักยังประโยชน์ 3 ประการ ได้แก่ การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ การเพิ่มรายได้จากการขายไม้สัก และส่งเสริมการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดอายุรอบตัดฟัน 30 ปี ในการศึกษานี้ได้ศึกษาอัตราการเพิ่มพูนของมวลชีวภาพเฉลี่ยและอัตราการดูดซับก๊าซเรือนกระจกของสวนป่า 2 รูปแบบ คือ กรณีที่มีการปลูกสร้างและดูแลสวนป่าแบบองค์รวมตามแนวทางขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (Cluster Management Scenario, CMS) และ กรณีที่มีการปลูกสร้างและดูแลสวนป่าตามหลักทฤษฎีวิวัฒนาการ (Growth Theory Scenario, GTS) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าอัตราการเพิ่มพูนของมวลชีวภาพเฉลี่ยของสวนป่าแบบองค์รวมในกรณีของ CMS มีน้อยกว่าการดำเนินการทฤษฎีวิวัฒนาการในกรณีของ GTS คือ ในกรณีแรกอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 0.32 ตันต่อไร่ต่อปี และในกรณีที่สองเท่ากับ 0.77 ตันต่อไร่ต่อปี เทียบเท่ากับการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 0.60 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี และ 1.46 ตันคาร์บอน

ไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ต้นทุนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกรณี CMS และ GTS เท่ากับ -60.92 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ และ -49.42 ยูโรต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ ต้นทุนของต้นไม้เท่ากับ -1,508.53 บาทต่อต้น และ -2,973.9 บาทต่อต้น ในกรณีของ CMS และ GTS ตามลำดับ การที่ต้นทุนมีค่าติดลบ หมายความว่า การลงทุนในกิจกรรมเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น มีผลประโยชน์อื่นมาเสริมจนกระทั่งทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก อัตราผลตอบแทนภายในของการปลูกสร้างสวนป่าเท่ากับร้อยละ 15.36 ในกรณี CMS และร้อยละ 17.49 ในกรณี CTS

การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าให้มีผลประกอบการที่ดีขึ้นกับปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์หลายประการ ได้แก่ อัตราส่วนลด ค่าเสียโอกาสของที่ดิน รายได้จากคาร์บอนเครดิต และ มูลค่าการชดเชยบริการทางนิเวศ ปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์สองตัวแรกให้ผลเหมือนกัน คือ ยิ่งอัตราส่วนลดหรือค่าเสียโอกาสของที่ดินมีสูง ยิ่งทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิลดลง อัตราผลตอบแทนภายในลดลง และ ต้นทุนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ในขณะที่รายได้จากคาร์บอนเครดิตและมูลค่าการชดเชยบริการทางนิเวศส่งผลบวกต่อการวิเคราะห์การลงทุน ถึงแม้ว่าคาร์บอนเครดิตจะมีผลบวกต่อการดำเนินการสวนป่า แต่ด้วยความสลับซับซ้อนและความยุ่งยากในการดำเนินการตามหลักเกณฑ์ของต่างประเทศ ทำให้ประเทศไทยแทบจะไม่มีโอกาสเข้าร่วมและได้รับผลประโยชน์จากมาตรการภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน แต่โอกาสนั้นจะเปิดมากขึ้น ถ้าประเทศไทยมีการเตรียมตัวที่ดีในทุกด้าน อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะมีการสนับสนุนและพันธกรณีจากการเวทีการเจรจาระดับนานาชาติหรือไม่ก็ตาม ประเทศไทยยังคงต้องการพื้นที่ป่าไม้เพิ่มเติม ดังนั้น ประเทศไทยควรดำเนินการส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยกลไกคาร์บอนเครดิตในรูปแบบที่เหมาะสมกับภูมิสังคมของประเทศไทยเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การส่งเสริมผ่านช่องทางของความรับผิดชอบต่อสังคมของหน่วยงานภาคเอกชน

กลยุทธ์ระดับมหภาคเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยคาร์บอนเครดิตภายใต้กลไกทางเศรษฐศาสตร์ มีดังต่อไปนี้

กลยุทธ์ที่ 1: ดำเนินการอย่างรวดเร็ว (Fast Start) คือ การปลูกสร้างสวนป่าบนที่ดินของรัฐที่ไม่มีค่าเสียโอกาสของที่ดิน ไม่จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนใดๆ วิธีการปลูกป่า CMS หรือ GTS ไม่มีผลต่ออัตราผลตอบแทนภายในมากนัก เพราะอัตราผลตอบแทนจากสวนป่ามากกว่าอัตราผลตอบแทนภายในของภาคการเกษตรโดยเฉลี่ย ตัวอย่างของการดำเนินการเช่นนี้ คือ องค์การ

อุตสาหกรรมป่าไม้ ในกรณีที่สามารถดูแลสวนป่าให้มีผลผลิตในระดับสูง ทำให้การปลูกสักสามารถขยายไปทดแทนในพื้นที่ที่มีค่าเสียโอกาสต่ำ (500 บาทต่อไร่ต่อปี) ได้

กลยุทธ์ที่ 2: การให้การสนับสนุน (Subsidy) คือ การปลูกสร้างสวนป่าในพื้นที่ที่มีค่าเสียโอกาสของที่ดินประมาณ 500 บาทต่อไร่ต่อปีหรือที่ชุมชนในกรณีที่ผลผลิตไม้ไม่ค่อยยดี (CMS) สำหรับในกรณีที่การดูแลสวนป่าให้มีการเจริญเติบโตดี (GTS) อาจส่งเสริมการปลูกสักไปในพื้นที่ที่มีค่าเสียโอกาสสูงถึง 1,200 บาทต่อไร่ต่อปี (เช่น พื้นที่ของชุมชนหรือที่การเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) ได้ แต่ทั้งสองกรณีนี้จำเป็นต้องมีการสนับสนุนการดำเนินงานเพื่อลดต้นทุนของที่ดินให้ต่ำลงเพียงพอที่จะให้โครงการมีกระแสรายได้เพิ่มเติมพอที่จะทำให้อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับหรือมากกว่า IRR Hurdle Rate ส่วนระดับการสนับสนุนควรจะเป็นเท่าไรนั้นจะต้องพิจารณาเป็นกรณีไป

กลยุทธ์ที่ 3: ต้องพิจารณา (Case by Case) คือ ผู้ประกอบการควรพิจารณาว่าสมควรที่จะลงทุนหรือไม่ และรัฐก็ต้องพิจารณาว่าสมควรให้การสนับสนุนหรือไม่ การพิจารณามักจะเกิดขึ้นในกรณีที่ปลูกสวนป่าในพื้นที่ของเอกชนที่มีค่าเสียโอกาสของที่ดินในระดับ 2,500 บาทต่อไร่ต่อปี เนื่องจากอัตราผลตอบแทนภายในต่ำ การสนับสนุนจะอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงเพื่อสามารถผลักดันให้กระแสของรายได้มีมากเพียงพอที่จะทำให้อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการมากกว่า IRR Hurdle Rate อย่างมีนัยสำคัญ เพราะภาคเอกชนมีทางเลือกที่ดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรอื่นๆ ที่ให้ผลตอบแทนดีกว่าการปลูกสวนป่า

กลยุทธ์ที่ 4: ไม่ดำเนินการ (No Go) คือ การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าในพื้นที่ที่มีค่าเสียโอกาสที่ดินระดับปานกลางถึงสูงมาก ผู้ประกอบการที่มีเหตุผลโดยชอบธรรมที่จะเลือกการดำเนินการในกิจกรรมอื่นทดแทน เนื่องจากผลตอบแทนภายในไม่เป็นที่น่าดึงดูดใจในการดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าสัก

การสนับสนุน (Subsidy) การปลูกสร้างสวนป่าสักควรอยู่ในระดับที่ทำให้สวนป่าสักมีอัตราผลตอบแทนภายในเฉลี่ยเทียบเท่ากับการทำธุรกิจการเกษตรอื่นๆ โดยเสนอให้สนับสนุนผู้ปลูกสร้างสวนป่าที่มีต้นทุนค่าเสียโอกาสที่ดิน 1,200 บาทต่อไร่ต่อปีในอัตรา 592 บาทต่อตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับโดยต้นไม้ สำหรับกรณีที่ผลผลิตสูง (GTS) และ 1,077 บาทต่อตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับ สำหรับกรณีที่ผลผลิตต่ำ (CMS) ถ้าต้นทุนค่าเสียโอกาสของที่ดินเท่ากับ 2,500 บาทต่อไร่ต่อปี อัตราการสนับสนุนจะเพิ่มขึ้นเป็น 2,405 บาทต่อตันก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับ สำหรับกรณี CMS และ 1,780 บาทต่อตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับ สำหรับกรณี GTS

ข้อเสนอแนะ

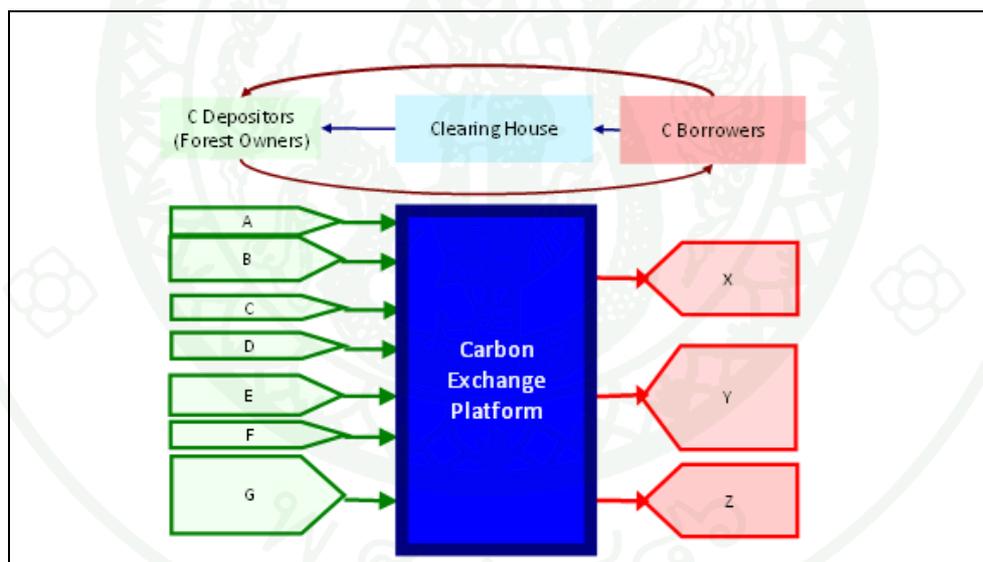
เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าประเทศไทยจำเป็นต้องเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ให้ได้ร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมที่อาจจะเกิดขึ้น การสร้างแรงจูงใจผ่านระบบตลาด (Market mechanism) และผ่านระบบเศรษฐกิจเปิด (Open economy) เป็นช่องทางหนึ่งที่สามารถทำได้ อย่างไรก็ตาม การเข้าถึงโอกาสการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ผ่านกลไกระหว่างประเทศ เช่น อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น อาจจะมีข้อจำกัดบางประการที่ทำให้ประเทศไทยไม่สามารถฉวยโอกาสได้อย่างเต็มที่ในปัจจุบัน แต่ไม่ได้หมายความว่าโอกาสเหล่านั้นจะถูกปิดตายในอนาคตถ้ามีความพยายามที่จะจัดอุปสรรคต่างๆ ออกไป การรื้ออู่ให้ปัญหาต่างๆ ที่ขัดขวางการเข้าร่วมในเวทีนานาชาติถูกจัดเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องและมีค่าเสียโอกาสสูง ดังนั้น การส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าไม้ในบริบทของประเทศไทยด้วยปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงจึงเป็นทางออกที่ดีที่สุดในสภาวะปัจจุบัน

สภาวะโลกร้อนเป็นบริบทระหว่างประเทศที่ประชาคมโลกและทุกภาคส่วนของประเทศไทยกำลังให้ความสนใจเป็นอย่างสูง เนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้เป็นเรื่องใกล้ตัวและได้เห็นประจักษ์ (แม้กระทั่งปรากฏการณ์แปรปรวนของสภาพอากาศก็ถูกจับรวมเข้าไปด้วยมีสาเหตุเกิดจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกและสภาวะโลกร้อน) การแก้ไขปัญหาจึงมุ่งที่ต้นเหตุหลักคือการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์และเร่งส่งเสริมแหล่งสะสมคาร์บอนจากป่าไม้ การสร้างใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ผ่านระบบตลาดของคาร์บอนจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาเร่งด่วนของประชาคมโลกที่สอดคล้องกับนโยบายเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย

การพัฒนาตลาดคาร์บอนได้ทำให้ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้มีมูลค่าดังเช่นสินทรัพย์ที่สร้างความมั่งคั่งให้กับเจ้าของและสามารถเปลี่ยนโอนกรรมสิทธิ์ได้ การศึกษานี้ได้เสนอแนะการพัฒนาการแลกเปลี่ยนคาร์บอนบนพื้นฐานและแรงบันดาลใจจาก “ทฤษฎีใหม่ที่สมบูรณ์” ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชที่กล่าวไว้ว่า “อ่างใหญ่เต็มอ่างเล็ก อ่างเล็กเต็มสระน้ำ” แต่ในกรณีของคาร์บอนเครดิตจากภาคป่าไม้จะเน้น “หมูไม่สร้างป่าเล็ก ป่าเล็กเชื่อมต่อป่าใหญ่”

เนื่องจากภูมิสังคมในปัจจุบันของประเทศไทยไม่สามารถหาพื้นที่ผืนใหญ่เพื่อปลูกหรือฟื้นฟูป่าได้ง่าย การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้จึงควรเริ่มต้นจากแปลงย่อยๆ ในพื้นที่ต่างๆ

ระบบการตลาดของคาร์บอนเครดิตจากภาคป่าไม้ที่ดีควรจะเอื้อให้คาร์บอนเครดิตจากป่าชุมชน สวนป่าเศรษฐกิจ สวนป่าเอกชนแบบทวิภาคี สวนป่าเพื่อการพัฒนาชนบท และ สวนป่าของรัฐ ตลอดจนผู้ที่ต้องการคาร์บอนเครดิตเพื่อการหักล้างคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของตนหรือเพื่อการสร้างจิตสำนึกความรับผิดชอบต่อองค์กร ได้มีโอกาสพบเจอและแลกเปลี่ยนคาร์บอนเครดิตกันแบบมีหลักการและอย่างมีกิจลักษณะ “การจัดตั้งศูนย์แลกเปลี่ยนคาร์บอน (Carbon Exchange Platform)” เป็นช่องทางหนึ่งที่ทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวได้ เนื่องจากคาร์บอนมีลักษณะเป็นสินทรัพย์ประเภทหนึ่งที่เรียกว่า สินทรัพย์ชีวภาพ ดังนั้น การนำพื้นฐานการดำเนินงานของธนาคารที่มีรูปแบบของผู้ฝากและผู้กู้ยืมมาประยุกต์ใช้กับศูนย์แลกเปลี่ยนคาร์บอนเครดิตสำหรับภาคป่าไม้จึงน่าจะมีความเหมาะสมและเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ (ภาพที่ 72)



ภาพที่ 72 กรอบแนวความคิดศูนย์แลกเปลี่ยนคาร์บอน

ภาพที่ 72 ซึ่งให้เห็นว่าผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียกับกิจกรรมคาร์บอนเครดิตมี 3 กลุ่ม คือ

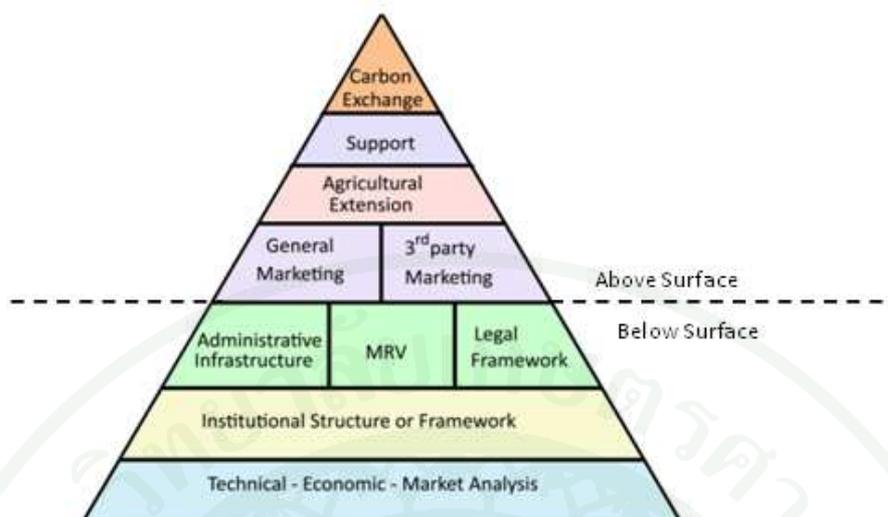
1. ผู้ที่ทำหน้าที่เป็นคนกลาง (Carbon Exchange Platform หรือ Clearing House) ทำหน้าที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้เกิดการแลกเปลี่ยน รวมทั้งทำหน้าที่บริหารจัดการและเป็นสมุหบัญชีของเครดิตในปัจจุบันและอนาคต ดูแลและตรวจสอบ Portfolio ของคาร์บอนให้แก่สมาชิก เนื่องจาก

คาร์บอนชีวภาพจากต้นไม้มีคุณลักษณะไม่คงทน มีโอกาสที่เพิ่มและลดลงได้ (เช่น ไฟป่า แมลงกัดกินไม้ ตัดฟัน)

2. ผู้ผลิตและมีทรัพย์สินเหนือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ (C Depositors): ได้แก่ผู้ประกอบการสวนป่า ซึ่งมีหลายรูปแบบและขนาดตั้งแต่ครัวเรือน ชุมชน บริษัทเอกชน และหน่วยงานของรัฐ

3. ผู้ต้องการรับซื้อและสนับสนุนการแลกเปลี่ยนคาร์บอนหรือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ (C Borrowers): การแลกเปลี่ยนในที่นี้ไม่ได้หมายถึงการนำต้นไม้ออกจากพื้นที่ แต่เป็นการแลกเปลี่ยนสิทธิของคาร์บอนที่เกิดจากต้นไม้ โดยต้นไม้ยังคงปลูกอยู่ในแปลง องค์กรและหน่วยงานที่สนใจในคาร์บอนเครดิตมีได้หลากหลายรูปแบบ แต่โดยส่วนมากแล้วมักจะเป็นบริษัทที่ต้องการแสดงความรับผิดชอบต่อสังคม (Corporate Social Responsibility, CSR) หน่วยธุรกิจที่ต้องการเพื่อไปหักลบ (Offset) กับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (carbon footprint) ของตนเอง และภาครัฐที่ทำหน้าที่กระตุ้นการอนุรักษ์ป่าไม้ นอกจากนั้นแล้ว อาจมีความเป็นไปได้ที่หน่วยงานจากต่างประเทศมีความสนใจเข้าร่วมซื้อและสนับสนุนคาร์บอนเครดิตของประเทศไทยได้ ซึ่งต้องมีการเจรจาตกลงในเงื่อนไขต่างๆ ให้เป็นที่เรียบร้อยก่อน

การจัดตั้งศูนย์แลกเปลี่ยนคาร์บอน (Carbon Exchange Platform) มีลักษณะเหมือนภูเขา น้ำแข็งในทะเลที่มีสองส่วน คือ ส่วนที่มองเห็นได้จากภายนอก (Above Surface) และส่วนที่ต้องเตรียมการภายในเฉพาะผู้เกี่ยวข้อง (Above Surface) ดังแสดงในภาพที่ 73



ภาพที่ 73 การเตรียมการจัดตั้งศูนย์แลกเปลี่ยนคาร์บอน

การเตรียมตัวจัดตั้งศูนย์แลกเปลี่ยนคาร์บอน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ส่วนเตรียมการ (Below Surface)

- 1.1 การศึกษาเกี่ยวกับเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และการตลาดของคาร์บอนจากภาคป่าไม้
- 1.2. การศึกษาแนวทางในการจัดตั้งศูนย์แลกเปลี่ยนคาร์บอน
- 1.3. การวางโครงสร้างการบริหารจัดการ
- 1.4. การวางระบบการตรวจวัด การรายงานผล และการตรวจสอบปริมาณคาร์บอนเครดิต พร้อมทั้งบัญชีแลกเปลี่ยนคาร์บอน (Carbon Registry System)
- 1.5. การออกกฎหมาย กฎระเบียบเพื่อเอื้อให้การดำเนินการถูกต้องตามกฎหมาย

2. ส่วนดำเนินการ (Below Surface)

- 2.1 ศูนย์แลกเปลี่ยนคาร์บอน
- 2.2. การให้การสนับสนุนทางการเงิน
- 2.3. การส่งเสริมการเกษตร
- 2.4. การตลาดทั่วไป และการตลาดแบบเจาะจงกลุ่มเป้าหมายหลัก

การดำเนินงานของศูนย์แลกเปลี่ยนคาร์บอนจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นขึ้นอยู่กับความพร้อมของการเตรียมการและประสิทธิภาพในการดำเนินงานควบคู่กัน สำหรับเกษตรกรผู้เป็นเจ้าของสวนป่าจำเป็นต้องวางระบบการตรวจวัด (monitoring) การรายงานผล (Reporting) ให้เป็นระบบ เนื่องจากการขายหรือการรับการสนับสนุนตั้งอยู่บนพื้นฐานของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับ

การอนุรักษ์ป่าไม้ด้วยกลไกของคาร์บอนเครดิตไม่ว่าจะเป็น โอกาสที่เอื้อผ่านอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ การจัดตั้งศูนย์แลกเปลี่ยนคาร์บอนภายใต้เงื่อนไขและบริบทของประเทศไทยเองก็ตาม เป็นการแก้ปัญหาด้วยข้อตกลงระหว่างประเทศ นโยบายในประเทศ เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์และกลไกตลาดถือว่าการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุทั้งสิ้น ปัญหาป่าเสื่อมโทรม การสูญเสียพื้นที่ป่า การสูญเสียต้นไม้ภายนอกเขตป่าและปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่างมีรากเหง้ามาจากการเพิ่มประชากร การทำกิจกรรมและจิตสำนึกของมนุษย์ทั้งสิ้น การทำปกป้องป่าไม้และการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนจะทำให้ป่าไม้คงอยู่คู่กับประเทศไทย ถ้าได้การน้อมนำและปฏิบัติตามพระบรมราโชวาทที่กล่าวไว้เมื่อพ.ศ. 2519 (และยังคงทันสมัย) ว่า

“...ควรจะปลูกต้นไม้ลงในใจคนเสียก่อน แล้วคนเหล่านั้นก็พากันปลูกต้นไม้ลงบนแผ่นดิน และรักษาต้นไม้ด้วยตนเอง...”

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช (2519)

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2552ก. พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติพุทธศักราช 2507 (Online).

<http://www.forest.go.th/LAW/2507.doc.>, 20 สิงหาคม 2552.

_____. 2552ข. พระราชบัญญัติสวนป่าพุทธศักราช 2535 (Online).

<http://www.forest.go.th/LAW/2507.doc.>, 20 สิงหาคม 2552.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2550. คู่มือการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด.

กรุงเทพมหานคร: ศรีสยามการพิมพ์.

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพรรณพืช. 2552. พระราชบัญญัติป่าไม้พุทธศักราช 2484

(Online). <http://www.dnp.go.th/wildlifeweb/downloads/prb1.doc.>, 20 สิงหาคม 2552.

เกษม จันทร์แก้ว. 2542. การศึกษาวิเคราะห์และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม.

กรุงเทพมหานคร: วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม.

_____. 2545. การจัดการสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2547. วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกษม วงษ์เจริญ. 2507. ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักใบและอายุของไม้สัก 10-20 ปี. ปัญหา

พิเศษภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ข่าวสด. 2536. กรุงเทพมหานคร: 24 มกราคม 2536. หน้า 15.

คณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ. 2551. ยุทธศาสตร์ว่าด้วยการ

จัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2551-2555. (อค์สำเนา).

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550. **วนวัฒนวิทยา: พื้นฐานการปลูกป่า.**

กรุงเทพมหานคร: อักษรสยามการพิมพ์.

_____. 2553. **รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาลักษณะพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจก.** เสนอต่อ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).

จักรี เส้นทอง. 2539. **พลวัตการผลิตพืช.** ภาควิชาพืชไร่คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (อัคราเนนา).

ชลธิศ สุรัสวดี. 2552. **รายงานการสัมมนาเรื่องคาร์บอนเครดิตกับการดำเนินธุรกิจและพัฒนาประเทศไทย, 7 สิงหาคม 2552.** (อัคราเนนา).

ชัยวัฒน์ มั่นเจริญ. 2552. **รองผู้อำนวยการองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. สัมภาษณ์, 15 มีนาคม 2552.**

ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2546. **คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหญ้าไม้ (Online).**

<http://www.dnp.go.th/development/Biomass.pdf>, 17 เมษายน 2552.

_____ และ กันดินันท์ ผิวสะอาด. 2545. “การประมาณผลผลิตด้านปริมาตรของลำต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่าไม้สัก.” **รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ประจำปี 2545.** (อัคราเนนา).

_____, _____ และ สิริรัตน์ จันทร์มหเสถียร. 2548. **รายงานการประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ “ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต”, 4-5 สิงหาคม 2548.** (อัคราเนนา).

_____, ประวิทย์ จิตต์จางค์, ชัชวาลย์ สุทธิศิริศิลป์, ศุภรัตน์ ตำราญ, และ กันดินันท์ ผิวสะอาด. 2552. **การปรับสมการเพื่อประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่าสักในประเทศไทย.** ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช. (อัคราเนนา).

- ชุมพล งามผ่องใส. 2516. การกระจายและการเจริญของรากไม้สักในสวนที่มีอายุต่าง ๆ กัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เชาว์ กระ. 2525. ปัญหาพิเศษเรื่องการเจริญเติบโตของไม้สักในสภาพสวนป่า. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เทอด สุปรีชากร. 2547. วนศาสตร์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: ม.ป.ท.
- นาถสุดา ภูมิจันทร์. 2007. “ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในรากและคาร์บอนในดินของสวนป่าไม้สัก.” **Environment and Natural Resources Journal** (Online).
<http://www.en.mahidol.ac.th/enjournal/20081/12nathsudaf.pdf>, 2 มิถุนายน 2552.
- นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2514. ลักษณะโครงสร้างและการเจริญเติบโตของป่าสักที่ผ่านการทำไม้มาแล้ว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- _____. 2550. การวิจัยขั้นสูงด้านสิ่งแวดล้อม. วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: ม.ป.ท.
- บริษัท อีอาร์เอ็มสยาม จำกัด. 2553ก. โครงการจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการลดก๊าซเรือนกระจกในสาขาเศรษฐกิจที่สำคัญ. รายงานฉบับสุดท้ายเสนอต่อองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).
- _____. 2553ข. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการลดก๊าซเรือนกระจกในสาขาเศรษฐกิจที่สำคัญ. รายงานเสนอต่อองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).
- บุญเลิศ ศรีสุขใส. 2552. รองผู้อำนวยการองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. สัมภาษณ์, 15 กรกฎาคม 2552.

ประสิทธิ์ เพ็ชรอนุรักษ์. 2545. การประเมินลักษณะการเจริญเติบโตและรูปร่างของแม่ไม้สัก 16 สายพันธุ์ในสวนผลิตเมล็ดพันธุ์. รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7, หน้า 64-75 (384 หน้า).

ปัสสี ประสมสินธ์ และ ขวัญชัย ดวงสถาพร. 2548. การคณิตป่าไม้ 1. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: ม.ป.ท.

พงศ์ โสโน. 2507. “ข้อสังเกตเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของกล้าไม้สักในป่าธรรมชาติ.” วนสาร 22: 54-56. อ้างถึง ชุมพล งามผ่องใส. 2516. การกระจายและการเจริญของรากไม้สักในสวนที่มีอายุต่าง ๆ กัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และ วารินทร์ จิระสุขทวีกุล. 2548. เอกสารเผยแพร่ที่ 4/2548 กลุ่มวิจัย ต้นน้ำลำน้ำกอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำกรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช. ม.ป.ท.

พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู. 2538. ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิทยา เพชรมาก และ พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู. 2521. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 53 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ท.

_____ และ _____. 2553. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 76 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ท.

พิรมย์ สกุลรัง. 2525. ลักษณะโครงสร้างและผลผลิตมวลชีวภาพของสวนสักห้วยทาก. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพบุลย์ ประพตศิธรรม. 2528. เคมี่ของดิน. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มณูญศักดิ์ ตันติวิวัฒน์. 2552. ผู้อำนวยการองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. สัมภาษณ์, 11มิถุนายน 2552.

มหาวิทยาลัยมหิดล. 2547. การศึกษาและจัดทำรายงานแห่งชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโครงการศึกษาแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้และกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายใต้พิธีสารเกียวโต. รายงานเสนอสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. (อัดสำเนา).

_____. 2553. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นกรณีสวนป่าของอุตสาหกรรมป่าไม้. รายงานเสนอองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. ม.ป.ท.

มานิช วินัยพานิช. 2518. การกระจายและการเจริญเติบโตของไม้สัก. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุทธพงษ์ คีรีมั่งคละ. 2551. การวิเคราะห์ผลกระทบนิเวศวิทยาป่าไม้และสัตว์ป่า. วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: ม.ป.ท. (อัดสำเนา).

ลดาวลัย พวงจิตร. 2550. “การเติบโตและพัฒนาของต้นไม้” อ้างถึง ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550. วนวัฒนวิทยา: พื้นฐานการปลูกป่า. กรุงเทพมหานคร: อักษรสยามการพิมพ์.

_____. 2552. “การศึกษาติดตามการเจรจาเรื่อง REDD ในเวทีการเจรจาเรื่องโลกร้อนและนัยสำคัญต่อประเทศไทย.” อ้างถึง บัณฑูร เศรษฐศิโรตม์ และ สุทธาวลัย เสถียรไทย (eds.). การเจรจาแก้ไขปัญหาโลกร้อนของไทยและในเวทีโลก. 2552. กรุงเทพมหานคร: อักษรห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2552. วัฏจักรคาร์บอน (Online). <http://th.wikipedia.org/>, 10 สิงหาคม 2552.

วิเชียร สุมนต์กุล และ ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2550. การศึกษาผลผลิตขั้นปฐมภูมิของสวนป่าสักและสวนป่าไม้โตเร็วบางชนิดเพื่อการอนุรักษ์อย่างยั่งยืน. สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืชกรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช. (อัคราเนนา).

ศุภกร ชินวรรโณ. 2551. “การจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตสำหรับประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง.” การประชุมนำเสนองานวิจัย เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อประเทศไทย ครั้งที่ 1 วันที่ 14 มีนาคม 2551 ณ ห้องกมลทิพย์ โรงแรมสยามซิตี้ ถนนศรีอยุธยา กรุงเทพมหานคร (Online). <http://www.jgsee.kmutt.ac.th/TRF-climatechange/download.htm>, 16 มกราคม 2554.

สนิท อักษรแก้ว, ชูบ เข็มมาศ และ ทวี แก้วละเอียด. 2515. “การศึกษาอินทรีย์วัตถุในสวนสัก.” รายงานวนศาสตร์วิจัย. เล่ม 23. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมเพิ่ม กิตตินันท์. 2509. “การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของต้นสักในจังหวัดลำปาง.” การประชุมวิชาการป่าไม้ ครั้งที่ 1. กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตร. อ้างถึง ชุมพล งามส่องใส. 2516. การกระจายและการเจริญของรากไม้สักในสวนที่มีอายุต่างๆ กัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____ และ ชนิด ยี่งวรรณศิริ. 2511. “ความเพิ่มพูนรายปีของสวนสักแม่หวดและสวนสักห้วยไร่ในชั้นอายุต่างๆ กัน.” รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2510. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภา. อ้างถึง เกษม วงษ์เจริญ. 2507. ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักใบและอายุของไม้สัก 10-20 ปี. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สวนปลูกป่าภาครัฐ สำนักส่งเสริมการปลูกป่ากรมป่าไม้. 2552. รายงานสรุปผลการปฏิบัติงานประจำปี 2552 (Online).

http://www.forest.go.th/reforest_pro/forestfarm20/farm/web/index.php, 1 พฤศจิกายน 2553.

- สาขันธ์ สุรภาพไมตรี. 2529. ผลของความหนาแน่นต่อผลผลิตของสวนป่าไม้สัก. วิทยานิพนธ์
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2552. รายงานเอกสารประกอบการประชุม
ประจำปี 2552. ม.ป.ท.
- สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้. 2553. รายงานสรุปผลการปฏิบัติงานประจำปี 2552.
- สำเร็จ ปานอุทัย และ M. Gamo. 2548. การศึกษา CO₂ Flux ในป่าเขตร้อนของประเทศไทย.
รายงานการประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านป่าไม้ “ศักยภาพของป่าไม้
ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต” ณ โรงแรมมารวยการ์เด็น กรุงเทพมหานคร, 4-5
สิงหาคม 2548. (อัดสำเนา).
- สุทัศน์ เดชวิสิทธิ์. 2536. ไม้สักทอง: การลงทุนปลูกไม้สักเพื่อการค้า. นนทบุรี: สำนักพิมพ์เท็ค
โทน่าแกรนดิส กรุ๊ป.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2553ก. แนวทางการพัฒนาโครงการลด
การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคป่าไม้. กรุงเทพมหานคร: บริษัทวิชศรีเอชเอ็น
(ประเทศไทย) จำกัด.
- _____. 2553ข. คู่มือการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด(CDM) เพื่อส่งเสริมการ
บริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกสำหรับผู้ประกอบการ. กรุงเทพมหานคร:
บริษัท ออฟเซ็คทรีเอชเอ็น จำกัด.
- องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. 2551. ผลการดำเนินงานปลูกสร้างสวนป่า ประจำปี 2551. สำนัก
ส่งเสริมและพัฒนาไม้เศรษฐกิจภาคเหนือบน.
- อำนาจ คอวนิช. 2522. “การปลูกสร้างสวนป่าในประเทศไทย.” บทความบรรยายในการอบรม
เจ้าหน้าที่สวนป่าของกรมป่าไม้. อ้างถึง สาขันธ์ สุรภาพไมตรี. 2529. ผลของความ
หนาแน่นต่อผลผลิตของสวนป่าไม้สัก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- Allaby, M. 2004. "root–shoot ratio." **A Dictionary of Ecology** (Online).
<http://www.encyclopedia.com/doc/1O14-rootshoortratio.html>, January 6, 2011.
- Anthoff, D. 2007. **Report on Marginal External Damage Costs Inventory of Greenhouse Gas Emissions**. Project no. 502687. New Energy Externalities Developments for Sustainabilities (NEEDS).
- Arrow, K. J., W. R. Cline, K-G. Maler, M. Munasinghe, J. Squitieri and E. Stiglitz. 1995. "Intertemporal Equity, Discounting, and Economic Efficiency." **Climate Change 1995: Economics and Social Dimensions of Climate Change**. IPCC.
- Asian Development Bank. 2009. **The Economics of Climate Change in Southeast Asia: A Regional Review** (Online). <http://www.adb.org/Documents/Books/Economics-Climate-Change-SEA/economics-climate-change.pdf>, October 31, 2010.
- BBC. 2009. **G8 Leaders to Set Emissions Goals** (Online).
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/8135261.stm>, August 15, 2009.
- Bigsby, H. 2009. Carbon banking: Creating flexibility for forest owners. **Forest Ecology and Management** 378–383.
- Brown, P., B. Cabarle, R. Livernash. 1997. **Carbon Counts: Estimation Climate Change Mitigation in Forest Project**. Washington, D.C.: World Resource Institute.
- Brown, S. 1996. "Tropical forests and the global carbon cycle: Estimating state and change in biomass density." *In* M. Apps and D. Price. (eds.). **The Role of Forest Ecosystems and Forest Management in the Global Carbon Cycle**. Springer-Verlag: NY, 135-144.

- Brown, S. and A. E. Lugo. 1982. "The Storage and Production of Organic Matter in Tropical Forest and their Role in the Global Carbon Cycle." *Biotropica* 14: 161-187. Cited in ชิงชัย วิริยะปัญญา. 2546. **คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหญ้าไม้** (Online). <http://www.dnp.go.th/development/Biomass.pdf>, 17 เมษายน 2552.
- _____, J. Andra, J. Sathaye, M. ElvinCannell and P. Kauppi. 1996. **Management of forests for mitigation of greenhouse gas emissions.** In T. Robert, R. T. Watson, M. Arufu, C. Zinyowera and H. M. Richard. (eds.). *Climate Change 1995*, 773-797.
- Campbell, B. 2009. "Beyond Copenhagen: REED+, Agriculture, Adaptation Strategies and Poverty." *Global Environmental Change* 397-399.
- CDIAC. 2009. **Carbon Dioxide Information Analysis Center 2009** (Online). <http://cdiac.ornl.gov>, August 20, 2010.
- Ciriacy-Wantrup, S. V. 1968. **Resource Conservation Economics and Policies.** Berkeley, C.A.: University of California Agricultural Experiment Station.
- Cline, W.R. 1992. **The economics of globalwarming.** Institute for International Economics: Washington DC.
- Cornelis van Kooten, G., A. Eagle, J. Manley and T. Smolak. 2004. "How costly are carbon offset? A meta-analysis of carbon forest sinks." *Environmental Science & Policy* 239-251.
- Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. 2010. "Ecosystem Services: Key concepts and application." **Occasional Paper Series No.1** (Online). <http://www.environment.gov.au/biodiversity/publications/pubs/ecosystem-services.pdf>, August 18, 2010.

- DiNicola, A., D. J. Jones and G. Gray. 1998. **Carbon Dioxide Offset Investment in the Asia Pacific Forestry Sector: Opportunities and Constraints**. Thailand: Food and Agriculture Organization.
- Dixon, R. K. and D. P. Turner. 1991. "The global carbon cycle and climate change: responses and feedbacks from below-ground systems." **Environmental Pollution** 245-262.
- _____, S. Brown, R. A. Houghton, A. M. Solomon, M. C. Trexler and J. Wisniewsky. 1994. "Carbon pools and flux of global forest ecosystem." **Science** 185-190.
- EIA. (2008). "International Energy Outlook 2008." **Energy Information Administration, Office of Integrated Analysis and Forecasting, U.S. Department of Energy, Washington, DC** (Online). [www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484\(2008\).pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484(2008).pdf), August 12, 2010.
- Falge, E. *et al.* 2006. "Seasonality of ecosystem respiration and gross primary production as derived from FLUXNET measurement." *In* M. Morison and M. Morecroft (eds.). **Plant Growth and Climate Change . Plant Growth and Climate Change**. United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd.
- FAO. 1999. **A Statistic Manual for Forestry Research**. Bangkok: Forestry Research Support Programme for Asia and the Pacific.
- _____. 2010a. "**Planted Forests in Sustainable forest management: A statement of principles** (Online). www.fao.org/forestry/plantedforests, August 12, 2010.
- _____. 2010b. **Global Forest Resources Assessment 2010** (Online). www.fao.org/forestry/fra, August 12, 2010.

- Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Bernsten, R. Betts, D.W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D. C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz and R. Van Dorland. 2007. "Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing." *In* S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller. (eds.). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. UK and New York: NY.
- Gifford, R. M. 2003. "Plant respiration in productivity models: conceptualization, representation and issues for global terrestrial carbon-cycle research." *In* J. Morison, and M. Morecroft. **Plant Growth and Climate Change**. United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd.
- Grace, J. 2005. "Role of forest biomes in the global carbon balance." *In* H. Griffiths and P. Jarvis. 2005. **The Carbon Balance of first Biomes**. Cromwell Press: UK.
- Grace, J. and Zhang. 2006. "Predicting the effect of climate change on global plant productivity and the carbon cycle." *In* J. Morison and M. Morecroft. 2006. **Plant Growth and Climate Change**. United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd.
- Gyi, K. and K. Tint. 1995. "Management status of natural teak forests." **Proceedings for The Second Regional Seminar Teak** (Online).
<http://www.fao.org/DOCREP/005/AC773E/ac773e07.htm>, August 18, 2010.
- Hoen, H. F. and B. Solberg. 1994. "Potential and Efficiency of Carbon Sequestration in Forest Biomass through Silvicultural Management." **For. Sci.** 40: 429-451.
- Houghton, J. 1994. **Global warming: The complete briefing**. United Kingdom: Lion Publishing. United Kingdom.

Husch, B., C. I. Miller and T. W. Beers. 1972. **Forest Measurement**. The Road Press Co: New York.

IPCC. 1995. **IPCC Second Assessment Climate Change 1995**. A report to International Panel on Climate Change. (Mimeographed).

_____. 2000. **Special Report on Emissions Scenarios** (Online).

<http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>, August 25, 2010.

_____. 2001. **Climate Change 2001: The Scientific Basis**. In J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. vanderLinden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson. (eds.). **Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press: NY, 881.

_____. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In H.S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tabane. (eds). **The National Greenhouse Gas Inventories Programme**. IGES: Japan.

_____. 2007. "Synthesis Report-Summary for Policy Makers." **Climate Change 2007** (Online). www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm, March 10, 2009.

Ishizuka. 1991. **Development of the Software for Silviculture Research**. Research and Training in Re-Afforestation Project in Thailand (PhaseII), 66.

Jarvis, P., A. Ibrom and S. Linder. 2005. "Carbon forestry: managing forests to conserve carbon". In H. Griffiths, and P. Jarvis. (eds). **The Carbon Balance of Forest Biomes**. Cromwell Press: UK.

- Jha, K. 2003. Storage and Flux of Organic Carbon in *Tectonagrandis* Plantation of Moist Deciduous Region. In K. M. Bhat, K. Nair, K. V. Baht, E. M. Muralidharan and J. K. Sharma. (eds). **Quality Timber Products of Teak from Sustainable Forest Management**. Peechi: India.
- Kevt, J., J. P. Ondok, J. Necas and P. G. Jarvia. 1971. **Method of growth analysis**. In ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2546. คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมูไม้ (Online). <http://www.dnp.go.th/development/Biomass.pdf>, 17 เมษายน 2552.
- Kossoy and Ambrosi. 2010. **State and Trends of the Carbon Market 2010**. USA: World Bank Publication.
- Lee, R., D. Xiong, J. Van Dyke and K. Billing. 2001. **The Annual International Association for Energy Economics Year 2001**. Houston: Texas.
- Lippke, B. and J. Perez-Garcia. 2008. Will either cap and trade or a carbon emissions tax be effective in monetizing carbon as an ecosystem service. **Forest Ecology and Management** 256 (2008): 2160-2165.
- Lubowski, R., A. Plantinga and R. Stavin. 2006. "Land-use change and carbon sinks: Econometric estimation of the carbon sequestration supply function." **Journal of Environmental Economics and Management** 51 (2006): 153-152.
- Makundi, W. R. and A. Okiting'ati. 1995. "Carbon Flows and Economic Evaluation of Mitigation Option in Tanzania's Forest Sectors." **Biomass and Bioenergy** 8: 381-93.
- Margaret, K., C. Alvaro and M. Tim. 2002. "Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantation, Panama." **Forest Ecology and Management** (Online). <http://www.sciencedirect.com/science>, June 13, 2009.

Mckinsey and Company. 2009. **Pathway to Low Carbon Economy: Version 2 Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve** (Online).

www.epa.gov/slclimat/documents/pdf/mckinsey_summary_11-19-09.pdf, June 13, 2010.

Michael Marshall, M. 2010. “The sun joins the climate club.” **New Scientist Magazine** (Online). <http://www.newscientist.com/article/mg20727793.100-the-sun-joins-the-climate-club.html>, September 27, 2010.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. “Ecosystems and Human Well-Being: Our Human Planet: Summary for Decision Makers.” **The Millennium Ecosystem Assessment Series**, Volum 5.

Milthroe, F. L. 1961. The nature and analysis of competition between plants of different species. *In* จักรี เส้นทอง. 2539. **พลวัตการผลิตพืช**. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (อัดสำเนา).

Morison, J. and M. Morecroft. 2006. **Plant Growth and Climate Change**. United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd.

NASA. 2010. **What's the Difference Between Weather and Climate?** (Online). http://www.nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html, August 15, 2010.

National Aeronautics and Space Administration. 2001. **Space Shuttle Use of Propellants and Fluids 2001– 2009** (Online). <http://www-pao.ksc.nasa.gov/kscpao/nasafact/ps/SSP.ps>, June 20, 2010.

Pandey, D. and C. Brown. 2000. “Teak: a global overview.” **Excerpted from *Unasyva, An international journal of forestry and forest industries*** (Online). http://pacificteak.com/teak_trends.pdf, June 20, 2010.

Pittock, A. 2007. **Climate Change: Tuning up the heat.** Australia: CSIRO Publishing.

Poeyry, J. Consulting. 2001. **Workbook on Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF) Projects.** Prepared for International Greenhouse Partnerships Office.

Poffenberger, M., E. D'Silva, N. H. Ravindranath, U. Pingle, I. K. Murthy and A. Tuttle. 2002. **The Clean Development Mechanism and Village – Based Forest Restoration: A Case Study from Adilabad District, Andhra Pradesh, India.** Santa Barbara, C.A.: Community Forestry International, Inc.

Ranger, N., L. Gohar, J. Lowe, A. Bowen and R. Ward. 2010. **“Mitigating Climate Change through Reductions in Greenhouse Gas Emission: Is it possible to limit global warming to no more than 1.5C ?”**

Raupach, M. R., G. Marland, P. Ciais, C. LeQur and C. B. Field. 2007. Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 104 (24): 10288-10293.

Ravindranath, N. H. and B. S. Somashekhar. 1995. “Potential and Economics of Forestry Options for Forestry Sequestration in India.” **Biomass and Bioenergy** 8: 323-36.

Resource for the Future and Climate Advisor. 2009. **Summary for the Policy Makers: The geography of forests in climate solutions** (Online).
<http://www.forestcarbonindex.org/summary.html>, April 15, 2010.

Richards, K. R. 1997. “The Time Value of Carbon in Bottom-Up Studies.” **Environmental Science and Technology** 27: s279-s292.

- Siegenthaler, U., T. Stocker, E. Monnin, D. Lüthi, J. Schwander, B. Stauffer, D. Raynaud, J. Barnola, H. Fischer, V. Masson-Delmotte and J. Jouzel. 2005. "Stable Carbon Cycle–Climate Relationship During the Late Pleistocene." **Science** 25 (2005): 1313-1317.
- Stuart, M. D. and P. Moura-Costa. 1998. **Climate Change Mitigation by Forestry: A Review of International Initiatives. Policy That Works for Forests and People Series NO: 8.** London, UK.: International Institute for Environment and Development.
- Tangsinmanking, W., N. Pumijumnong, L. Moncharoenand and S. Janmahasatien. 2007. "Carbon Stock in Soil of Mixed Deciduous Forest and Teak Plantation." **Environment and Natural Resources Journal** 5 (2007): 81-86.
- Thailand Development Research Institute and Harvard Institute for International Development. 1995. **Green Finance: A Case Study of KhaoYai.**
- Thailand Environment Institute. 1997. **Thailand's National Greenhouse Gas Inventory 1990.** Reported to the Office of Environmental Policy and Planning.
- The International Union for Conservation of Nature. 2009. **Carbon price of \$10/tonne could help save forests-report** (Online). <http://www.wbcsd.org>, June 20, 2010.
- The Internet Encyclopaedia of Science. **Photosynthesis** (Online). <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/P/photosynthesis.html>, June 21, 2010.
- UN ESCAP. 2009. **Innovative socio-economic policy for improving environmental performance: Payments for ecosystem services** (Online). www.unescap.org/esd and www.greengrowth.org, April 21, 2010.
- UNEP RISO. 2554. **CDM pipeline** (Online). <http://cdmpipeline.org>, April 29, 2010.

UNEP RISO and EcoSecurities. 2007. **Guide book to Financial CDM Projects** (Online).

<http://cd4cdm.org/Publications/FinanceCDMprojectsGuidebook.pdf>, April 21, 2010.

UNEP/GRID-Arendal. 2009. **Forest Carbon Stock per Region. UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library** (Online). <http://maps.grida.no/go/graphic/forest-carbon-stock-per-region>, December 8, 2010.

UNFCCC. 2007. **Tool for the Demonstration and Assessment of Additionality in A/R CDM Project Activities (Version02)** (Online).

<http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-01-v2.pdf>,
April 29, 2010.

_____. 2009. **CDM Statistics** (Online). <http://cdm.unfccc.int/Statistics>, August 15, 2009.

_____. 2010. **CDM Methodology Booklet** (Online). <http://cdm.unfccc.int/methodologies/>,
August 15, 2009.

_____. 2011. **Draft decision–/CP.16.**

USEPA. 2011. **Global Greenhouse Gas Data** (Online).

<http://www.epa.gov/climatechange/emissions/globalghg.html>, August 25, 2009.

Waring, R. H., J. J. Landsberg and M. Williams. 1998. "Net primary production of forests: a constant fraction of gross primary production?" *Tree Physiology*. In Morison and M. Morecroft. **Plant Growth and Climate Change**. United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd.

Winjum, J. K. ,R. K. Dixon and P. E. Schroeder. 1993. “Forest management and carbon storage: analysis of 12 key forestnations.” **Water, Air and Soil Pollution**. 70: 239-257. อ้างใน มหาวิทยาลัยมหิดล. 2002. การศึกษาและจัดทำรายงานแห่งชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโครงการศึกษาแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้และกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายใต้พิธีสารเกียวโต. รายงานเสนอสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. (อัครา).

Wong, D., J. R. R. Alavalapati and R. J.Moulton. 2002. “An Economy-Wide Assessment of Forest Carbon Policyinthe USA.” In L. Teeler, B.Cashore, and D.Zhang. (eds). **Forest Policy for Private Global and Regiona lChallenges**. USA: CABI Publishing.

World Bank. 2008. **Development and Climate Change . A Strategic Framework for the World Bank Group , Consultation Draft, August 2008** (Online).

<http://siteresources.worldbank.org/EXTCC/Resources/407863-1219339233881/DevelopmentandClimateChange.pdf>, April 29, 2010.

World Resource Institute. 2010. **Navigating the Numbers Greenhouse Gas Data and International Climate Policy USA** (Online).

<http://www.wri.org/publication/navigating-the-numbers>, April 19, 2010.



ภาคผนวก



สวนป่าขุนแม่คำมี

สภาพทั่วไป

สวนป่าขุนแม่คำมี ตั้งอยู่ในท้องที่ตำบลห้วยโรงและตำบลไผ่โทน ร่องกวาง แพร่ มีจุดพิกัด เส้นรุ้งที่ 18 21 32 ถึง 18 28 44 เหนือ และเส้นแวงที่ 100 24 49 ถึง 100 30 60 ตะวันออก ภายใต้การกำกับดูแลขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (ออป.)

งานสวนป่าขุนแม่คำมีเป็นสวนป่าโครงการที่ 1 และโครงการที่ 2 ปลูกตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยใช้งบประมาณของออป. ที่ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการปลูกป่าในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่คำมี ดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าไม้สักตั้งแต่ปี พ.ศ. 2511-2528 รวม 18 แปลง เนื้อที่ดำเนินการ 19,825 ไร่ ตามที่จดทะเบียน อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการวัดพื้นที่โดยใช้เครื่องมือ GPS (Global Positioning System) จะพบว่าพื้นที่ลดลงเล็กน้อย (19,738 ไร่) ดังแสดงในตารางผนวกที่ 1

สภาพภูมิศาสตร์

สภาพพื้นที่สวนป่าโดยทั่วไป จะเป็นภูเขา สลับกับร่องห้วยลึก มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 350-700 เมตร พบหินโคลงกระจายอยู่ทั่วไป (ภาพผนวกที่ 2) ลักษณะดินส่วนมากเป็นดินกรวด บางแห่งมีเนื้อดินร่วนปนทราย ดินบนมีสิน้ำตาล มีปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงจัด อินทรีย์วัตถุอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงสูง ปริมาณธาตุอาหารพืชแคลเซียมสูง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีต่ำ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีสูง (มหาวิทยาลัยมหิดล, 2553)

สภาพอุณหภูมิตามปีพ.ศ. 2552 ซึ่งเห็นว่า จำนวนวันฝนตกตลอดปีของสวนป่าขุนแม่คำมีประมาณ 70 วัน โดยค่าเฉลี่ยน้ำฝนประมาณ 87 มิลลิเมตรต่อเดือน เดือนที่มีฝนตกสูงสุดได้แก่เดือนมิถุนายน คิดเป็น 193.8 มิลลิเมตร เดือนที่ฝนไม่ตกได้แก่เดือน พฤศจิกายน ธันวาคม และ มกราคม อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 21 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดคือ เดือนมกราคม (12.4 องศา) และ พฤษภาคม (25.82 องศา) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางผนวกที่ 2

การปลูกสร้างสวนป่า

การปลูกสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (ออป.) มีหลายรูปแบบและหลายระยะปลูก ในการศึกษานี้ได้ดำเนินการวิเคราะห์ตามรูปแบบการปลูกสร้างสวนป่าในปัจจุบันจะมีรอบตัดฟัน 30 ปี โดยในปีแรกที่เริ่มปลูกจะมีการเตรียมการถางป่า เก็บ วัชพืชมกฉ่ำ ใต้บู้ย ดูแลตาย วัชพืชมกฉ่ำ ใต้บู้ย และมีการปลูกเสริมเมื่อมีการตาย โดยระยะการปลูกจะเป็น 4 เมตร x 4 เมตร หรือคิดเป็นจำนวน 100 ต้นต่อไร่ และจะมีการดูแลอย่างใกล้ชิดอย่างต่อเนื่องเมื่อต้นสักเริ่มเข้าสู่ปีที่ 2-5 เมื่อเข้าสู่ปีที่ 7 ก็จะเริ่มลดความเข้มข้นในการดูแลใต้บู้ยลงเนื่องจากต้นไม้มีความแข็งแรงพอที่จะโตได้ตามธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ดี ออป. ยังคงดำเนินกิจกรรมป้องกันไฟ ป้องกันการลักลอบตัดไม้และบุกรุกยึดครองพื้นที่ ควบคู่กับการสำรวจสต็อกไม้ ซึ่งจะเริ่มทำการเมื่อต้นไม้มีความสูงมากกว่า 150 เซนติเมตร การดูแลสวนป่าในช่วงระยะแรกปลูกถึงปีที่ 14 นั้น จะมีวัตถุประสงค์ให้ต้นสักเพิ่มความสูงเนื่องจากมีความหนาแน่น ต้นไม้จึงต้องเพิ่มความสูงเพื่อหาแสง เมื่อต้นสักมีอายุครบ 15 ปี ก็จะดำเนินการตัดสางเพื่อให้ต้นไม้สร้างความเพิ่มพูนลำต้น โดยตัดออกจำนวน 40 ต้นต่อไร่ (เหลือ 60 ต้นต่อไร่) และจะดำเนินการตัดสางอีกครั้งหนึ่งเมื่อต้นสักมีอายุประมาณ 22 ปี โดยตัดออกอีก 30 ต้นต่อไร่ (เหลือ 30 ต้นต่อไร่) เมื่อสักครบอายุตัดฟันที่ 30 ปี ก็จะทำการตัดโค่นลงทั้งหมด (บุญเลิศ ศรีสุขใส, 2552) แต่อย่างไรก็ตาม อาจจะมีการคัดต้นสักที่มีลักษณะดีทิ้งไว้ในแปลงประมาณ 8 ต้น เพื่อเป็นการอนุรักษ์ต้นพันธุ์ และ/หรือ ยึดรอบตัดฟันให้มีความยาวขึ้นเป็น 45-60 ปี

กิจกรรมและระยะเวลาต่างๆ ที่ดำเนินการในการปลูกสร้างสวนป่าแสดงดังตารางผนวกที่ 3

ตารางผนวกที่ 1 พื้นที่การปลูกสร้างสวนป่าสักปลูกของสวนป่าขุนแม่คำมี

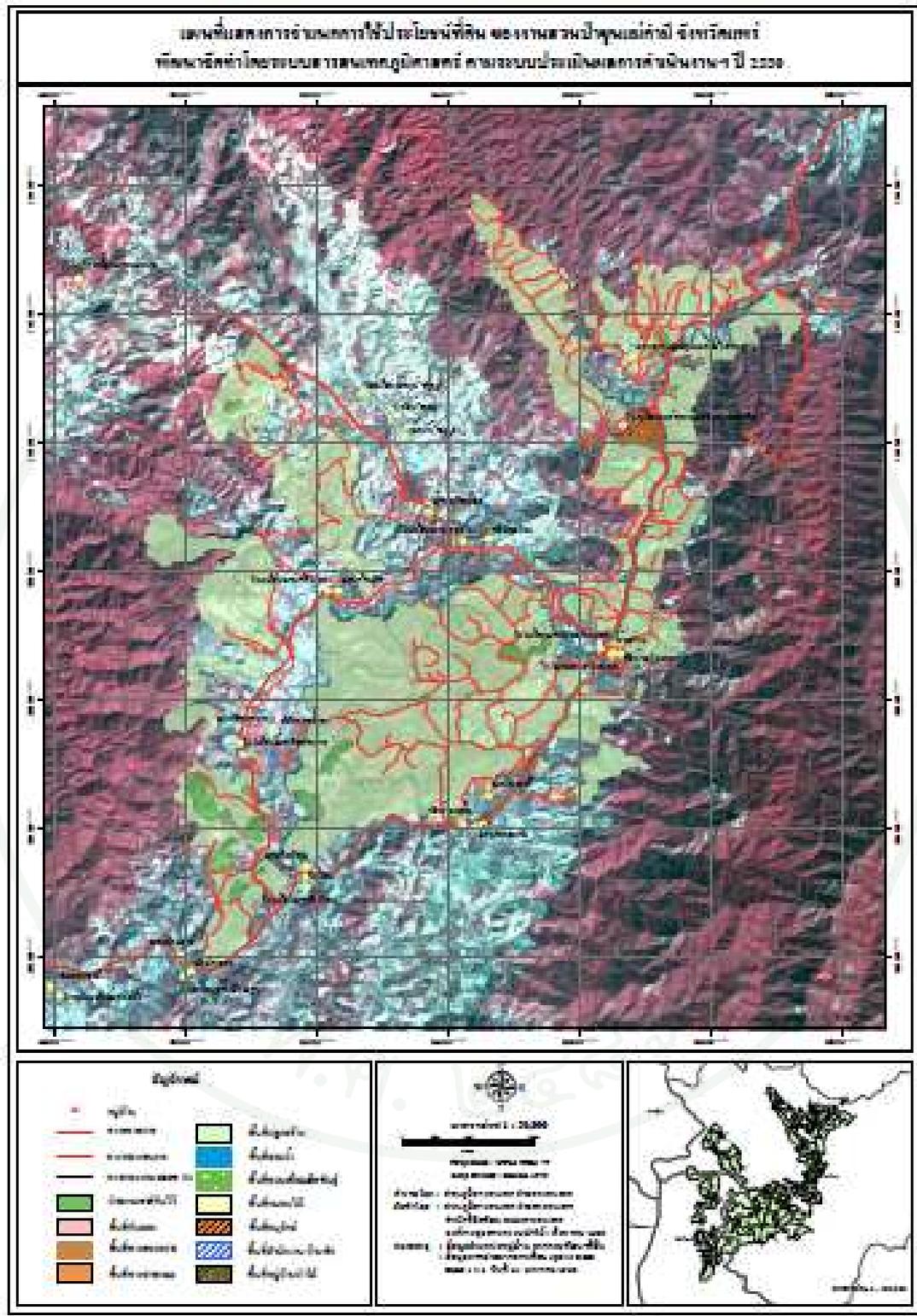
แปลงปี	ชนิดไม้ ที่ปลูก	ระยะปลูก	เนื้อที่ตาม ทะเบียน (ไร่)	เนื้อที่ตาม GPS (ไร่)	เนื้อที่ให้ ผลิต (ไร่)	เนื้อที่ไม่ให้ ผลิต (ไร่)	หมายเหตุ
2511	สัก	รอบตัดฟันที่ 2	944	910			
2512	สัก	รอบตัดฟันที่ 2	954	1112		168	
2513	สัก	รอบตัดฟันที่ 2	998	966			
2514	สัก	รอบตัดฟันที่ 2	1211	1126		72	
2515	สัก	4x4	1052	1107	486	249	ทำไม้บางส่วน
2516	สัก	4x4	1354	1274	1075	199	
2517	สัก	รอบตัดฟันที่ 2	986	941		140	
2518	สัก	4x4	1166	1021	692	329	
2519	สัก	4x4	1045	955	626	329	
2520	สัก	4x4	990	852	417	634	ส่งคืนพื้นที่ zone C
2521	สัก	4x4	1635	1599	818	781	
2522	สัก	4x4	1170	1245	1023	222	
2523	สัก	4x4	1425	1320	1188	132	
2524	สัก	4x4	1520	1881	1520	361	
2525	สัก	4x4	475	432	432		
2526	สัก	4x4	930	884	350	934	
2527	สัก	4x4	1000	1143	900	243	
2528	สัก	4x4	970	970	873	97	
รวม			19825	19738	10400	4890	

หมายเหตุ: ในปี 2552 สวนป่าขุนแม่คำมีได้ดำเนินการส่งคืนพื้นที่สวนป่าในเขตอนุรักษ์ (ป่าสงวนแห่งชาติ Zone C) ให้กับกรมป่าไม้ พื้นที่แปลงปี 2550 ในพื้นที่ 199 ไร่ พื้นที่แปลง 2526 พื้นที่ 400 ไร่ รวม 599 ไร่

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยสวนป่าขุนแม่คำมี พ.ศ. 2552

เดือน	ฝน		อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
	วันฝนตก	มิลลิเมตร	เฉลี่ยสูงสุด	เฉลี่ยต่ำสุด
มกราคม	0	0	27.95	12.38
กุมภาพันธ์	4	3	32.91	17.9
มีนาคม	3	66	34.35	21.43
เมษายน	6	99.6	35.01	24.88
พฤษภาคม	5	92.7	35.22	25.82
มิถุนายน	11	193.8	31.83	22.46
กรกฎาคม	10	181.7	31.76	22.45
สิงหาคม	8	158	32.76	23.03
กันยายน	17	194.7	32.14	22.3
ตุลาคม	6	54.5	31.69	22.28
พฤศจิกายน	0	0	33.3	19.72
ธันวาคม	0	0	28.59	18.18
รวม	70			
เฉลี่ย	6.25	87	32.04	21.07

ที่มา: สวนป่าขุนแม่คำมี (2552)



ภาพผนวกที่ 2 สภาพภูมิประเทศของสวนป่าขุนแม่คำมี
ที่มา: สวนป่าขุนแม่คำมี (2553)

ตารางผนวกที่ 3 กำหนดการในการดำเนินปลูกสร้างสวนป่าในรอบตัดพื้นที่สอง

	กิจกรรม	ระยะเวลา	ปีที่ดำเนินการ
1	ถางป่าเตรียมพื้นที่	สำหรับรอบตัดพื้นที่แรก	1
2	การเก็บริบ	ธันวาคม – เมษายน	1
3	เตรียมหลัก หมายปลูก - ปักหลักหมายปลูก	มีนาคม – เมษายน	1
4	เตรียมกล้าไม้-เหง้า	มีนาคม – เมษายน	1
5	การปลูก	พฤษภาคม - มิถุนายน	1
6	ปลูกซ่อม	เมื่อตาย	2
7	ดายวัชพืช 1 (ดายวงกลม, ทั่วพื้นที่)	พฤษภาคม - มิถุนายน,	1-6
		กรกฎาคม-สิงหาคม	
8	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (เฉพาะต้นที่ปลูกเสริม)	พฤษภาคม - มิถุนายน,	
		กรกฎาคม-สิงหาคม	
9	ดายวัชพืช 2 (ใช้มีดถางเตียนทั่วพื้นที่)	มิถุนายน -กรกฎาคม.	1
		สิงหาคม -กันยายน	
10	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (เฉพาะต้นที่ปลูกเสริม)		1-2
11	แต่งหน่อ-เกลียด	สิงหาคม - กันยายน	1-2
12	ดายวัชพืช 3 (ป้องกันไฟแบบกองกลาง)	พฤศจิกายน - ธันวาคม	1-2
13	ป้องกันไฟโดยจุดไฟชิงเผา	พฤศจิกายน - ธันวาคม	1
14	สำรวจต้นไม้ % รอดตายและการเจริญเติบโต	มกราคม - กุมภาพันธ์	
15	ดายวัชพืช ทำความสะอาดสวน	มิถุนายน - กันยายน	หลังการตัดสาย
16	ป้องกันไฟ	พฤศจิกายน - ธันวาคม	ทุกปี
17	สำรวจสต็อกไม้ FIS	มกราคม - กุมภาพันธ์	ทุกปี
18	ดูแลทางตรวจการและซ่อมบำรุง	ธันวาคม - มกราคม	ทุกปี
19	ป้องกันการลักลอบตัดไม้และบุกรุกยึดครอง	มกราคม - ธันวาคม	ทุกปี
20	เก็บวัชพืชและเศษไม้ออกจากสวนป่า	สำหรับสวนป่าที่มีโรงไฟฟ้า	ทุกปี
		ชีวมวล	



วิธีการประเมินการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสวนป่าสัก

การประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอนได้แก่

1. การหาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูง
2. การประเมินมวลชีวภาพและการประเมินการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การหาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูง

การสำรวจภาคสนามได้จัดเก็บข้อมูลความโตวัดรอบ ณ โคนต้น (GBH_0) ความโตวัดรอบเพียงอก (GBH_{130}) และความสูงเรือนยอด (H) จากต้นสักที่ปลูกในสวนป่าขุนคำมี จังหวัดแพร่ ตั้งแต่ต้นสักเพิ่งเริ่มปลูกในปีแรกอายุ 1 ปี จนถึงต้นสักที่มีอายุ 41 ปี จำนวน 1,139 ต้น ซึ่งสรุปได้ดังตารางผนวกที่ 4

แบบจำลองที่ใช้ในการประเมินความสัมพันธ์ ได้แก่ D-H Relationship พัฒนาโดย Ishizuka (1991) ซึ่งเป็นโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการใน MS-DOS ver. 4 หรือสูงกว่า ซึ่งในระบบปฏิบัติการของ Windows 2000 ก็ยังสามารถรองรับโปรแกรมนี้ได้ แต่ต้องดำเนินการในหมวดของ DOS prompt ผลลัพธ์ของความสัมพันธ์แอลโลเมตริกของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูง (Ht) แสดงบนหน้าจอของโปรแกรม แสดงดังภาพผนวกที่ 3

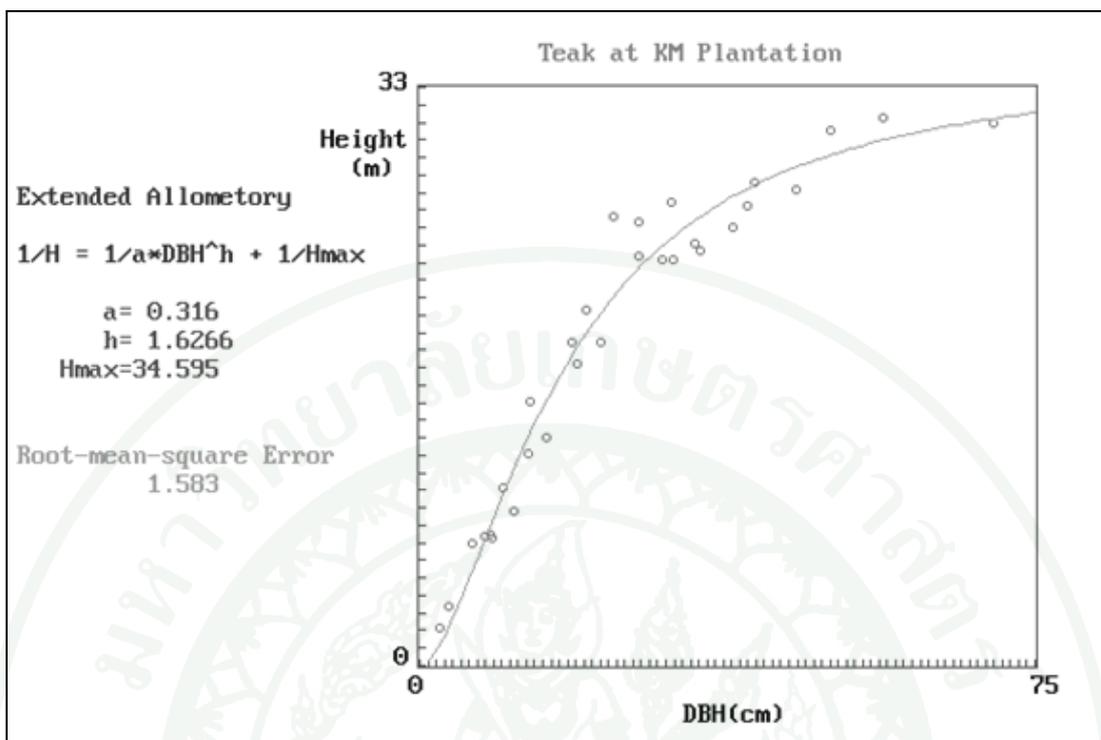
ค่าคงที่จากโปรแกรมประมวลผล คือ $A = 0.316$; $h = 1.6266$ และ $H_{max} = 34.595$ และเมื่อนำแทนที่ในสมการแอลโลเมตริกความสัมพันธ์แล้ว ความสัมพันธ์ระหว่าง DBH และ H จะมีลักษณะดังสมการที่ 1

$$Ht = 1/(3.165 DBH^{1.6266} + 0.029) \dots\dots\dots \text{สมการที่ 1}$$

ภาพผนวกที่ 3 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ในรูปแบบแอลโลเมตริกระหว่างความโตเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงที่ได้จากคอมพิวเตอร์โปรแกรมสามารถเป็นตัวแทนของชุดข้อมูลที่มีการเก็บจากภาคสนามครอบคลุมสวนป่าสักครบชั้นอายุครบรอบตัดฟันได้เป็นอย่างดี (root-mean square error = 1.583)

ตารางผนวกที่ 4 ข้อมูลสำรวจทางกายภาพของต้นสัก ฅ. ช่วงอายุต่างๆ ในสวนป่าขุนคำมี

Age	Average			Standard Deviation		
	GBH ₀ (cm)	GBH ₁₃₀ (cm)	H (m)	GBH ₀ (cm)	GBH ₁₃₀ (cm)	H (m)
1	13.47	7.77	2.16	3.16	2.90	0.67
2	18.42	11.19	3.37	5.31	4.88	1.10
3	27.52	20.11	7.01	10.78	8.52	2.92
4	36.37	27.08	7.46	13.08	10.33	2.41
5	37.20	27.50	7.29	8.88	7.59	1.61
6	32.49	24.85	7.34	10.68	8.98	2.53
7	53.53	42.61	15.05	14.62	12.77	4.24
8	45.20	35.83	8.83	17.09	13.45	3.23
9	40.13	31.60	10.10	17.09	13.45	3.23
17	88.57	69.47	18.46	23.83	19.43	2.15
18	54.32	41.35	12.13	14.28	11.81	2.19
20	74.07	60.30	17.20	15.60	13.50	2.35
21	62.10	48.32	13.03	12.22	10.62	2.78
22	74.27	58.53	18.48	14.75	12.50	3.42
27	80.61	63.65	20.29	21.16	16.99	3.74
28	103.90	83.60	25.35	23.07	17.34	3.82
29	97.38	74.81	25.60	23.61	18.26	4.57
30	91.96	74.12	25.66	20.11	16.14	3.61
31	127.70	105.17	24.12	16.39	15.64	3.44
32	119.96	96.69	26.44	30.54	23.48	3.73
33	117.21	97.24	23.14	24.14	18.82	2.40
34	114.60	93.23	23.15	24.07	20.35	4.03
35	109.14	91.38	21.88	22.39	19.18	3.85
36	103.67	83.84	23.41	24.90	21.71	2.22
38	144.96	125.28	26.20	38.26	36.95	2.82
40	211.55	177.73	31.27	33.76	19.19	3.69
41	126.67	107.17	23.70	30.90	29.09	4.40



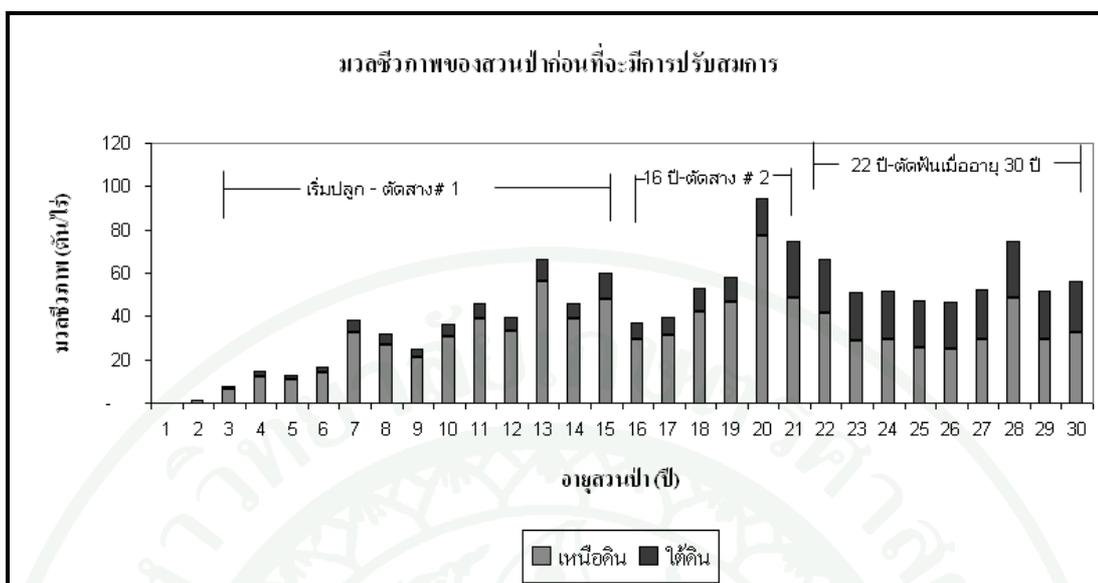
ภาพผนวกที่ 3 ผลลัพธ์ความสัมพันธ์ความโตเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกและความสูง

การประเมินมวลชีวภาพ และปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Carbon pool ที่กำหนดในการศึกษานี้ คือ ส่วนที่เหนือดิน (above ground) และ ส่วนที่อยู่ใต้ดิน (below ground)

1. การประเมินมวลชีวภาพเบื้องต้น

การประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above Ground Carbon) จะใช้สมการอโลเมตริกที่มีการปรับแล้วเป็นเครื่องมือหลัก (ชิงชัย วิริยะบัญชา และคณะ 2546) โดยค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญได้แก่เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูง (H) เนื่องจากทั้งสองค่านี้มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มปริมาตรไม้มากกว่าค่าพารามิเตอร์อื่นๆ กล่าวคือ การเพิ่มปริมาตรไม้มีค่าเท่ากับการเพิ่มของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ส่วน ความสูงและค่าแสดงรูปทรงป่าไม้ 1 ส่วน โดยประมาณ หรือนักการคณิตป่าไม้บางท่านรายงานว่าความเพิ่มพูนของเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นไม้มีอิทธิพล 2/3 หรือ 3/4 ต่อความเพิ่มพูนปริมาตรไม้ (Flesalo, 1956; Philip, 1994 อ้างใน ปีสตี ประสมสินธ์ และ

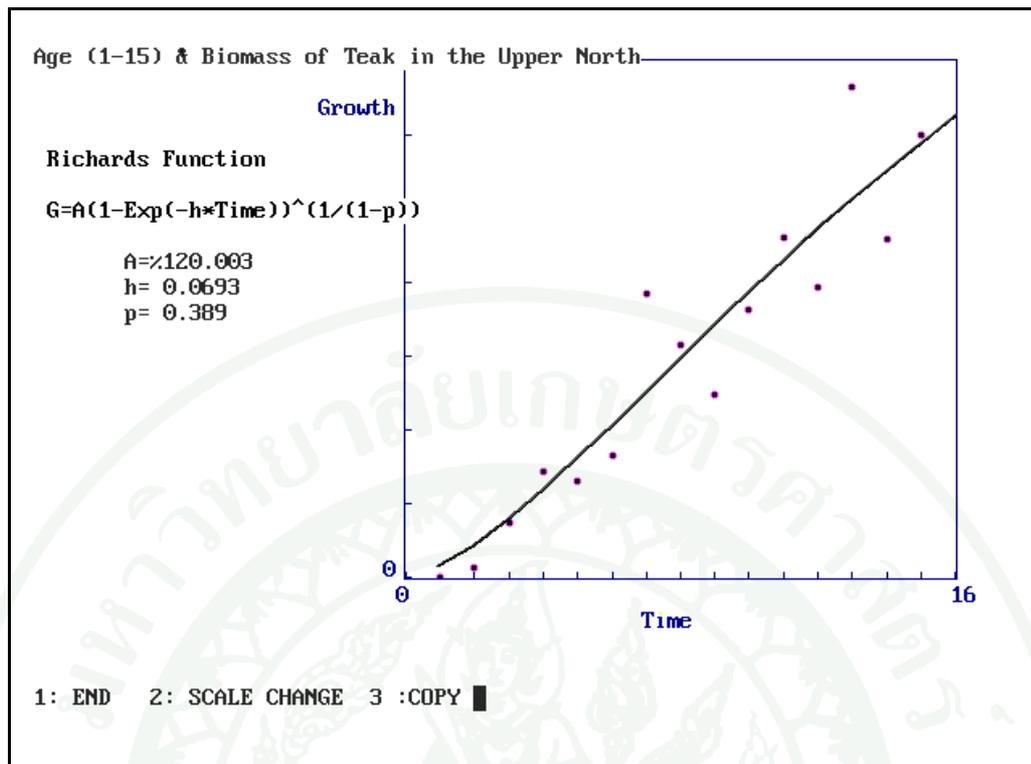


ภาพผนวกที่ 4 มวลชีวภาพของสวนป่าออป. ตามชั้นอายุก่อนที่มีการปรับสมการ

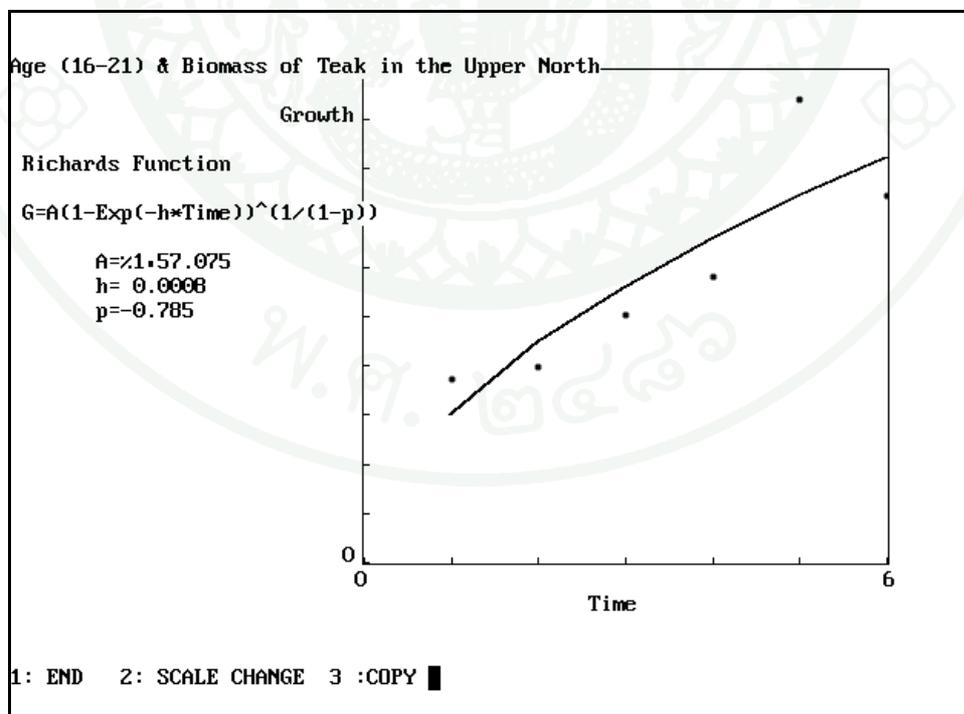
2. การปรับข้อมูลการเติบโต (smooth curve)

เนื่องจากการวิเคราะห์ได้ใช้ข้อมูลหลากชั้นอายุจากหลายสวนป่าเพื่อเป็นตัวแทน เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลการเติบโตตลอดรอบตัดฟัน (1-30 ปี) จากสวนป่าเพียงสวนเดียวได้ การปรับเส้นการเติบโตให้เนียนเพื่อลดข้อด้อยของการศึกษา จึงได้ใช้โปรแกรม Richards ที่พัฒนาโดย Ishizuka (1991) และใช้ในงานด้านวิจัยป่าไม้ของกรมอุทยานธรรมชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช เพื่อเป็นเครื่องมือในการหาความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตและเวลา ในการนี้จะเป็นการหาสมการความสัมพันธ์ของเจริญเติบโตของต้นสักในช่วงอายุ 1-15 ปี (ภาพผนวกที่ 5) ช่วงก่อนการตัดสางครั้งที่ 2 ในช่วง 16-21 ปี (ภาพผนวกที่ 6)

การเติบโตของต้นสักในช่วงอายุ 22-30 ปี ของสวนป่าสักไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน เนื่องจากอิทธิพลของการความต้องการไม้และรูปแบบการตัดฟันองค์รวม (cluster management) ทำให้โปรแกรม Richards ไม่เหมาะสม ในการหาความสัมพันธ์ของประเมิการเติบโตของสวนป่ากับช่วงเวลา ดังนั้น จึงประเมินโดยอาศัยค่าเฉลี่ยการเติบโตของเส้นผ่านศูนย์กลาง (DBH) จากการตรวจวัดภาคสนาม ซึ่งเท่ากับร้อยละ 4.47 ต่อปี



ภาพผนวกที่ 5 ผลลัพธ์การปรับสมการด้วย Richards ของสวนป่าในช่วงอายุ 1-15 ปี



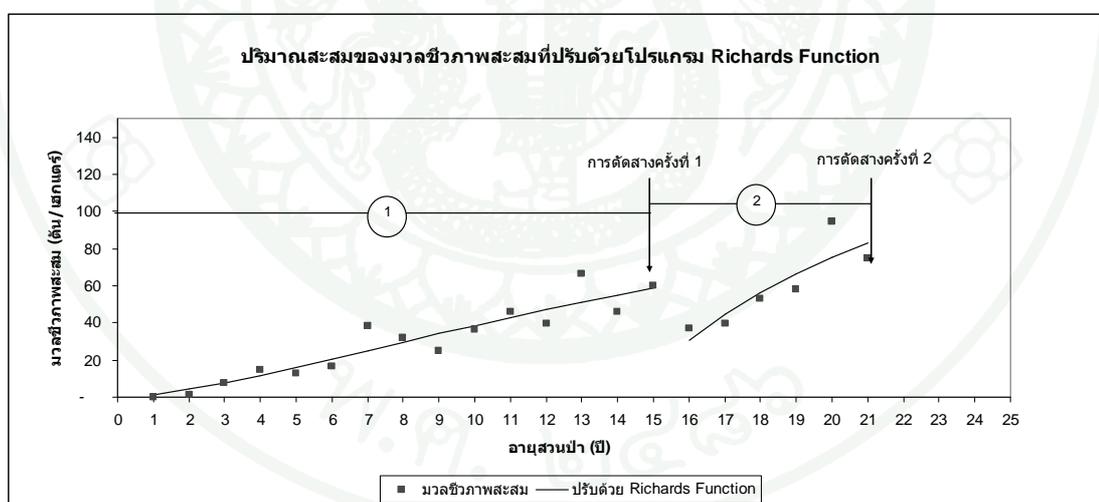
ภาพผนวกที่ 6 ผลลัพธ์การปรับสมการด้วย Richards ของสวนป่าในช่วงอายุ 16-21 ปี

จากผลของโปรแกรม Richards Function ตามที่ได้แสดงแล้วในภาพผนวกที่ 5 และ 6 สามารถสรุปสมการและค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญได้ดังตารางผนวกที่ 5

ตารางผนวกที่ 5 สมการการเติบโตของมวลชีวภาพสะสมของสวนป่าที่มีการปรับด้วย Richards Function

สมการ $G = A(1 - \text{Exp}(-h \cdot \text{time}))^{1/(1-p)}$		
	ช่วงอายุ 1 -15 ปี	ช่วงอายุ 16 -21 ปี
A	120.003	1657.075
H	0.0693	0.0008
P	0.389	-0.785

ภาพรวมของการปรับการเติบโตของต้นสักด้วยวิธีของ Richards แสดงได้ดังภาพผนวกที่ 7



ภาพผนวกที่ 7 การปรับแบบจำลองการเติบโตของต้นสัก

ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การประเมินปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถประเมินได้โดยตรงจากปริมาณมวลชีวภาพที่ได้ดำเนินการมาแล้วในระบบสิ่งแวดล้อม ซึ่งเริ่มต้นจากการคำนวณหาสัดส่วน

ของคาร์บอนในมวลชีวภาพในเนื้อไม้ โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้ carbon fraction of dry matter เท่ากับค่าเฉลี่ยร้อยละ 51.96 เท่ากันตลอดทุกอายุของสวนป่า เนื่องจากไม้สักที่มีอายุต่างกัน ไม่มีผลต่อปริมาณของคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของพีชอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความเข้มข้นของคาร์บอนในส่วนต่างของพีชจะอยู่ประมาณร้อยละ 49.34 – 53.07 (Jha, 2003)

หลังจากแปลงมวลชีวภาพด้วยสัดส่วนของคาร์บอน (carbon content) แล้ว จึงแปลงต่อไปอยู่ในรูปของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งทำได้โดยคูณปริมาณมวลชีวภาพด้วยน้ำหนักของโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ (44/12) และ สัดส่วนของคาร์บอนในน้ำหนักแห้ง (carbon fraction in dry matter) ตามหลักการของ IPCC (2006)



ภาคผนวก ค
หลักเกณฑ์ความสำคัญด้านการอนุรักษ์อย่างสูง

คุณค่าเพื่อการอนุรักษ์อย่างสูง (High Conservation Value, HCV)

คำจำกัดความ

คุณค่าเพื่อการอนุรักษ์อย่างสูง (High Conservation Value, HCV) นั้นหมายถึง คุณค่าของสิ่งมีชีวิต คุณค่าด้านนิเวศวิทยา คุณค่าด้านวัฒนธรรมและสังคม ที่ได้รับการพิจารณาว่ามีความโดดเด่นสำคัญมาก ทั้งในระดับนานาชาติ ระดับภูมิภาคหรือในระดับโลก ซึ่งคุณค่าเพื่อการอนุรักษ์อย่างสูงนี้ จำเป็นอย่างยิ่งต้องได้รับการคุ้มครอง รวมถึงต้องสร้างมาตรการหรือแผนเพื่อการจัดการและติดตามเพื่อให้แน่ใจว่าสิ่งที่ได้รับการพิจารณาให้อยู่ในสถานภาพ HCV นั้นยังคงอยู่หรือได้รับการพัฒนาไปในทิศทางที่ดียิ่งขึ้น เมื่อพิจารณาถึงความหมายดังกล่าว จึงได้มีเกณฑ์ในการพิจารณาที่เป็นมาตรฐานเดียวกันเพื่อการระบุถึง คุณค่าความสำคัญของป่าไม้ (High Conservation Value Forest, HCVF) หรือ คุณค่าความสำคัญของพื้นที่ (High Conservation Value Area, HCVA) โดยกำหนดระดับความสำคัญของคุณค่าเพื่อการอนุรักษ์อย่างสูง (HCV) ออกเป็น 6 ระดับ คือ (มหาวิทยาลัยมหิดล, 2553)

HCV 1 คือ พื้นที่ที่มีระดับความสำคัญระดับโลก ระดับภูมิภาค หรือระดับนานาชาติ ในด้านเป็นแหล่งรวมของคุณค่าด้านความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity values) เช่น มีพืชพรรณ หรือสัตว์ป่า ที่อยู่ในสถานภาพถูกคุกคาม (Threaten status) เช่น มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (Vulnerable) ใกล้สูญพันธุ์ (Endangered) และใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่งยวด (Critically endangered)

HCV 2 พื้นที่ที่มีระดับความสำคัญระดับโลก ระดับภูมิภาค หรือระดับนานาชาติ เมื่อพิจารณาความสำคัญระดับภูมิทัศน์ (landscape level areas) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ประชากรของสิ่งมีชีวิตซึ่งส่วนใหญ่ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติสามารถเจริญเติบโตอยู่ร่วมกับชนิดอื่นๆ ได้ตามธรรมชาติ ทั้งในด้านการกระจาย (Distribution) และความชุกชุม (Abundance)

HCV 3 คือ พื้นที่ที่มีระบบนิเวศที่จัดอยู่ในสถานภาพหายาก (Rare) สถานภาพถูกคุกคาม หรือใกล้สูญพันธุ์ (Threatened or Endangered Ecosystems)

HCV 4 คือ พื้นที่ที่ช่วยสนับสนุนระบบนิเวศบริการขั้นพื้นฐานเมื่ออยู่ในสถานการณืวิกฤติ เช่น เป็นพื้นที่ป้องกันแหล่งต้นน้ำ (Watershed Protection) หรือเป็นพื้นที่ควบคุมการเกิดการพังทลาย (Erosion control)

HCV 5 คือ พื้นที่ซึ่งเป็นที่แหล่งรวมของความต้อการขึ้นพื้นฐานภายในชุมชนท้องถิ่น

HCV 6 คือ พื้นที่วิกฤติต่อขนบธรรมเนียมประเพณีของชุมชนท้องถิ่น ที่ได้ทำการจำแนกไว้ เช่น พื้นที่สำคัญด้านวัฒนธรรม ด้านนิเวศวิทยา ด้านเศรษฐกิจหรือด้านศาสนา ซึ่งการจำแนกความสำคัญดังกล่าวมักจัดขึ้นโดยความร่วมมือกับชุมชนท้องถิ่นเป็นหลัก

สวนป่าและคุณค่าเพื่อการอนุรักษ์อย่างสูง

มหาวิทยาลัยมหิดล (2553) ทำการประเมินสวนป่าสักขุนแม่คำมีในมุมมองของการอนุรักษ์ (High Conservation Value-HCV) พบว่าพื้นที่สวนป่าไม่สามารถจัดอยู่ในระดับความสำคัญด้านการอนุรักษ์อย่างสูง ในระดับ HCV 1 – HCV 6 ได้ เนื่องจากไม่พบพรรณพืชที่จัดอยู่ในสภาพที่อยู่ในสถานภาพมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (Vulnerable) ใกล้สูญพันธุ์ (Endangered) หรือ ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่งยวด (Critically endangered) จึงไม่เข้าหลักเกณฑ์การพิจารณาในระดับ HCV 1 ประกอบกับเนื่องจากพื้นที่สำรวจในครั้งนี้ได้สำรวจในพื้นที่สวนป่าสักเป็นส่วนใหญ่ และพบว่าไม้สักที่ปลูกนั้นไม่ได้มีการเจริญทดแทน (Regeneration) ตามธรรมชาติด้วยตัวของมันเอง เพื่อให้สามารถเจริญเติบโตและอยู่ร่วมกับชนิดพืชอื่นๆ ทั้งในด้านการกระจายและความชุกชุม ดังจะพบได้จากผลการสำรวจในระดับไม้วัยรุ่น (Sapling) และกล้าไม้ (Seedling) ของไม้สักนั้นประสบความสำเร็จในการตั้งตัวน้อยมาก จึงพบไม้สักในระดับนี้น้อยมากทำให้ไม่สามารถพิจารณาระดับความสำคัญของสวนสักให้อยู่ในระดับ HCV 2 ได้ อย่างไรก็ตาม พื้นที่สวนสักที่มีอายุมาก ๆ นั้น พบว่า มีพรรณพืชท้องถิ่น (Native species) สามารถรุกเข้ามาและตั้งตัว (Establishment) อยู่ในสวนป่าได้หลายชนิดซึ่งทำให้สภาพสวนสักเหล่านี้มีความคล้ายคลึงด้านชนิดพืชกับป่าธรรมชาติสูง แต่เนื่องจากชนิดพืชส่วนใหญ่เป็นพืชที่พบได้ทั่วไป ทำให้ไม่จัดอยู่ในระดับ HCV 1 ตามที่กล่าวมา

เมื่อพิจารณาระดับความสำคัญของพื้นที่ตามระดับการจัด HCV 3 และ HCV 4 ระบบนิเวศสวนป่าสัก ไม่จัดเป็นระบบนิเวศที่หายาก หรือมีส่วนช่วยสนับสนุนการบริการของระบบนิเวศเมื่อพื้นที่ต้องตกอยู่ในสภาวะวิกฤติ ทั้งในด้านการป้องกันพื้นที่ดินน้ำ และการควบคุมการพังทลาย เนื่องจาก พื้นที่สวนสักส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่ราบ มีเพียงบางพื้นที่เท่านั้นที่ปลูกอยู่บนเขาแต่ไม่สูงชันมากนักประกอบกับการปลูกสักนั้นต้องมีระยะห่างพอประมาณ อย่างน้อย 3 x 3 เมตร เมื่อไม้สักมีอายุมากขึ้น ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอด (Forest gap) มากในพื้นที่สวนสักทำให้ผิวดินรับแรงปะทะของเม็ดฝนโดยตรงจึงทำให้เกิดการชะล้างดิน (Soil erosion) สูง ทำให้ความสามารถของ

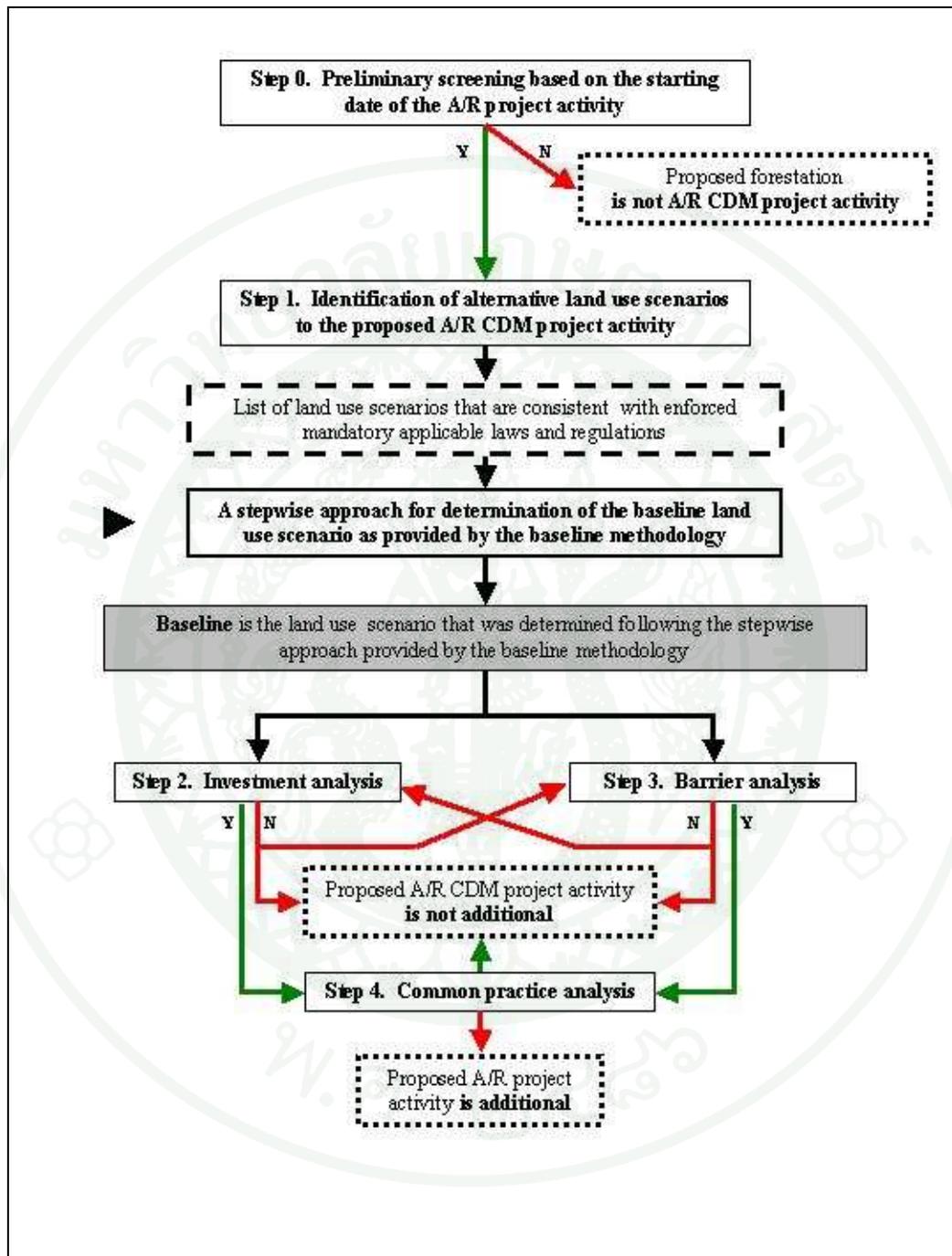
พื้นที่สวนสักต่อการเป็นแหล่งป้องกันพื้นที่ต้นน้ำและการควบคุมการพังทลายของสวนสัก มีน้อยมาก จึงไม่เข้าหลักเกณฑ์ความสำคัญ ระดับ HCV 3 และ HCV 4

ส่วนระดับความสำคัญด้านการอนุรักษ์อย่างสูง ระดับที่ 5 (HCV 5) จากการสำรวจพบว่าชุมชนโดยรอบพื้นที่สวนป่าสัก มีการเข้ามาใช้ประโยชน์ในพื้นที่สวนสักไม่มากนัก สำหรับสนองตอบความต้องการพื้นฐาน โดยเฉพาะของป่า (Minor forest products) ที่นำมาเพื่อการบริโภค อย่างไรก็ตาม ยังคงพบว่ามีกรลักลอบตัดไม้ขนาดเล็ก รวมถึงไม้สักในพื้นที่เพื่อนำไปทำเป็นพลังงานเชื้อเพลิง หรือใช้เป็นส่วนประกอบของกระท่อมขนาดเล็กอยู่บ้าง แต่การกระทำดังกล่าว นั้นถือว่าไม่เข้าหลักเกณฑ์การพิจารณาตามระดับความสำคัญของพื้นที่เพื่อการอนุรักษ์อย่างสูง (HCV 5)

สำหรับระดับความสำคัญของพื้นที่เพื่อการอนุรักษ์อย่างสูง ในระดับ HCV 6 เมื่อพิจารณาถึงสภาพพื้นที่สวนป่า ไม่พบว่าอยู่ในเกณฑ์อาจส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของชนบธรรมเนียมประเพณีของชุมชนท้องถิ่น ที่ได้ทำการจำแนกไว้ เช่น พื้นที่สำคัญด้านวัฒนธรรม ด้านนิเวศวิทยา ด้านเศรษฐกิจ หรือด้านศาสนา ซึ่งการจำแนกความสำคัญดังกล่าวมักจัดขึ้น โดยความร่วมมือกับชุมชนท้องถิ่นเป็นหลัก



Additionality Test



ภาพผนวกที่ 8 ขั้นตอนการพิสูจน์ Additionality

ที่มา: UNFCCC (2007)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวอมรรณ เรศานนท์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 17 เดือนเมษายน พ.ศ. 2508
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	เศรษฐศาสตร์บัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาการเศรษฐกิจ) MSc. Environmental Change and Management University of Oxford, United Kingdom
ตำแหน่งปัจจุบัน	Partner
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัทอีอาร์เอ็ม สยาม จำกัด