



ทุนส่งเสริม
การผลิตตำรา



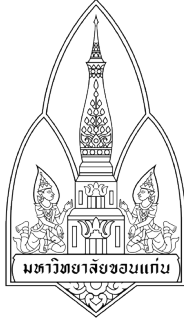
วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

พิสิฐฐ์ เจริญสุดใจ

วิรงรอง มงคลธรรม

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิฐ ใจเจริญสุข

อาจารย์วิรงรอง มงคลธรรม

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ได้รับทุนสนับสนุนการผลิตตำรา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ลำดับที่ 182

จัดพิมพ์โดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2564

ISBN 978-616-438-553-5

พิสิฐ ใจเรณูสุดใจ.

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม / พิสิฐ ใจเรณูสุดใจ. -- พิมพ์ครั้งที่ 1. -- ขอนแก่น : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2564.

235 หน้า : ภาพประกอบ

1. นิเวศวิทยา. 2. สิ่งแวดล้อม. 3. พลังงาน -- แ่งสิ่งแวดล้อม. 4. มลพิษ. 5. การจัดการสิ่งแวดล้อม. 6. การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ. (1) มหาวิทยาลัยขอนแก่น. คณะวิทยาศาสตร์. (2) ชื่อเรื่อง.

QH541 พ777

ISBN 978-616-438-553-5

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวน 100 เล่ม

จัดทำโดย ศูนย์นวัตกรรมการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พิมพ์ที่โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2564

ราคา 650 บาท

สงวนลิขสิทธิ์ โดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564

คำนำ

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเป็นศาสตร์ที่ศึกษาถึงความรู้ในเรื่องความสัมพันธ์ของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมทั้งสสารและพลังงาน บริการที่สิ่งแวดล้อมมีต่อมนุษย์ และกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปฏิสัมพันธ์นี้ถูกกดดันด้วยแรงขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจและสังคมทำให้พฤติกรรมของคนต่อสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน มนุษย์ใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นทุนธรรมชาติเพื่อให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น แต่ถ้าใช้ทุนนี้มากเกินไปทำให้สมดุลเสียไป ทุนนั้นก็ไม่สามารถเอื้อต่อการใช้ประโยชน์ทั้งของตนเองและคนอื่น เหมือนการเอาเงินต้นที่เป็นทุนออกมาใช้เพิ่มขึ้นดอกเบี้ยที่จะมีให้ใช้ในปัดต่อ ๆ ไปก็ลดลง จนไม่เพียงพอให้ดำรงชีพอย่างมีคุณภาพ ดังนั้นศาสตร์ของวิชานี้จึงช่วยให้มนุษย์สามารถใช้ประโยชน์จากธรรมชาติได้อย่างคุ้มค่า มีใช้อย่างพอเพียงในรุ่นปัจจุบันและมีใช้อย่างพอเพียงในอนาคต

หลังจากการประชุมสุดยอดผู้นำโลกในปี พ.ศ. 2535 ทุกประเทศได้ตระหนักถึงการพัฒนาที่ยั่งยืน คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมในระหว่างการพัฒนาทั้งในระดับนโยบาย โครงการ และองค์กร เกิดเทคโนโลยี และเครื่องมือการจัดการที่ทันสมัยให้ผู้บริหารสิ่งแวดล้อมสามารถเลือกใช้ ทำให้การพัฒนาทั้งเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมพร้อมกันมีความเป็นไปได้ แต่ปัญหาสิ่งแวดล้อมไม่ได้ลดลงอาจจะเพิ่มขึ้นด้วยซ้ำ ทำให้สหประชาชาติต้องเพิ่มเติมความสำคัญในการพัฒนาสิ่งแวดล้อม ดูได้จากเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนในปี พ.ศ. 2559-2573 มีเป้าหมายที่เป็นการพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อมโดยตรงถึง 5 เป้าหมายจาก 17 เป้าหมาย เช่น ปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ปัญหาน้ำและคุณภาพน้ำ ปัญหาทรัพยากรบนบกและในทะเล เป็นต้น

เนื้อหาของวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเกี่ยวข้องกับหลายสาขาวิชา อย่างน้อยทั้งสามด้านข้างต้นแต่ในหนังสือเล่มนี้จะเน้นเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐาน และเทคโนโลยีเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามบางบทอาจจะอธิบายเกี่ยวข้องกับสังคม เช่นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่สุดคือ การเพิ่มขึ้นของประชากร จึงกล่าวถึงประชากรโลกและประชากรของประเทศไทย หรือการจัดการสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องรู้หลักการของเศรษฐศาสตร์ควบคู่สอดแทรกไปด้วยในบางบท เช่น เรื่องของการวิเคราะห์ผลประโยชน์และต้นทุน ความคุ้มค่า เป็นต้น

ตำราเล่มนี้ใช้เป็นส่วนหนึ่งประกอบการสอนวิชา SC902 201 วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แบ่งออกเป็น 8 บท อาจารย์พิสิฐฐ์ เจริญสุดใจเขียนบทที่ 1-3 และบทที่ 5-8 ยกเว้นบทที่ 4 โดยมีเนื้อหาสรุปได้ดังนี้ บทที่หนึ่งเป็นความรู้ในภาพรวมของวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เป็นการสรุปเนื้อหาทั้งหมดสำหรับคนที่มีความจำกัดให้สามารถเข้าใจเนื้อหาได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งมีเนื้อหาบางส่วนที่เป็นความรู้เบื้องต้นที่ผู้อ่านควรเข้าใจ เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างศาสตร์ในแขนงต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ เช่นชีววิทยา วิศวกรรมศาสตร์ หรือสังคมศาสตร์ บทที่สองมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานและเชื่อมโยงระหว่างนิเวศวิทยากับวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บทที่สามเป็นการศึกษาเรื่องของประชากรมนุษย์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่สำคัญของปัญหาสิ่งแวดล้อม นอกจากปัญหาประชากรเชิงปริมาณแล้วคุณภาพของคนในแต่ละประเทศก็มีผลต่อการจัดการสิ่งแวดล้อมด้วย เช่น

คนที่อยู่ในประเทศพัฒนาและประเทศกำลังพัฒนาก็มีพฤติกรรมการใช้ประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันตามแรงขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจและสังคม ทำให้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน บทที่สี่เขียนโดยอาจารย์วิรงรอง มงคลธรรม เป็นความรู้ในเรื่องพลังงานซึ่งจำเป็นต่อการขับเคลื่อนขององค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบสิ่งแวดล้อม และสูญเสียหมดไปในรูปของความร้อน เมื่อมีการผลิตและใช้พลังงานก็ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล บทที่ห้าและหกเป็นเรื่องปัญหาสิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีในการแก้ไขปัญหา ซึ่งปัญหาที่กล่าวถึงในที่นี้คือการเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะการเสื่อมโทรมของดิน น้ำและป่าไม้ และปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมด้านต่าง ๆ เช่น มลพิษทางน้ำ อากาศ ดิน และขยะมูลฝอย เป็นต้น บทที่เจ็ดเป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งของแหล่งที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งในที่นี้ยกมาเฉพาะปัญหาจากการเกษตร เนื่องจากเป็นอาชีพหลักของคนไทย ในขณะที่มนุษย์พยายามสร้างความมั่นคงทางอาหารเพื่อความอยู่รอด พัฒนาการเกษตรแบบเข้มข้น แต่ได้สร้างปัญหาสิ่งแวดล้อมขึ้น เช่น การเกษตรกรรมที่ไม่เหมาะสม และการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีการเกษตร การทำเกษตรแบบที่ไม่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมทำให้เกษตรกรต้องลงทุนมาก ได้ผลผลิตน้อย และยังกระทบต่อสุขภาพอีกด้วย ปัจจุบันจึงมีการส่งเสริมให้ทำเกษตรสมัยใหม่ที่มีความยั่งยืน สามารถให้ผลผลิตโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม และบทที่แปดเป็นเรื่องหลักการและเครื่องมือการจัดการสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจการจัดการสิ่งแวดล้อมในระดับยุทธศาสตร์ ระดับโครงการ และระดับองค์กร เช่น กฎหมายสิ่งแวดล้อม มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ เป็นต้น หลักการและเครื่องมือเหล่านี้ต้องเลือกใช้ให้เหมาะกับกิจกรรม และศักยภาพขององค์กร จึงจะทำให้การจัดการสิ่งแวดล้อมประสบความสำเร็จ

ผู้เขียนขอขอบคุณโครงการทุนสนับสนุนการผลิตตำรา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในการให้ทุนสนับสนุนการค้นคว้าและเรียบเรียงตำรานี้ คุณกิเลน ตินนรเศรษฐ์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ช่วยออกแบบ จัดแปลงงานกราฟิกทั้งหมด และคุณถวัลรัตน์ ภูทองเงิน ที่ช่วยพิมพ์ต้นฉบับหนังสือนี้นอกเวลาราชการจนสำเร็จลุล่วง นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบคุณผู้สำเร็จการศึกษาของหลักสูตรทุกรุ่นที่ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเนื้อหาในสาขาวิชา

พิสิษฐ์ เจริญสุดใจ
วิรงรอง มงคลธรรม
31 มกราคม 2564

สารบัญ

คำนำ	i
สารบัญ	iii
สารบัญตาราง	vi
สารบัญภาพ	vii
บทที่ 1 ภาพรวมของวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	1
1.1 ความหมายของวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	1
1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างศาสตร์ทางสิ่งแวดล้อม	3
1.3 นิเวศวิทยา	3
1.3.1 วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	4
1.3.2 เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	4
1.3.3 สิ่งแวดล้อมศึกษา	4
1.4 ขอบเขต และงานที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	5
1.4.1 ขอบเขตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	5
1.4.2 งานที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	5
1.5 การใช้ประโยชน์สิ่งแวดล้อม	5
1.5.1 ทรัพยากรธรรมชาติ	6
1.5.2 การบริการทางนิเวศ	7
1.6 ผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรต่อสิ่งแวดล้อมและการวัดผลกระทบ	7
1.6.1 สาเหตุของผลกระทบสิ่งแวดล้อม	8
1.6.2 การเพิ่มขึ้นของประชากรโลก (population growth)	8
1.6.3 การใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างไม่ยั่งยืน	9
1.6.4 ความยากจน	9
1.6.5 การไม่รวมทุนสังคมไว้ในราคาสินค้า	10
1.6.6 ลักษณะของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	10
1.7 ปัญหาการเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ (natural resource depletion)	10
1.8 ปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม (environmental pollution)	11
1.9 การวัดผลกระทบสิ่งแวดล้อม	12
1.9.1 การคำนวณจากผลคูณของหน่วยของผลกระทบกับประชากร	12
1.9.2 การคำนวณจากรอยเท้าทางนิเวศ (Ecological Footprint (EF))	13
1.9.3 ความหมายของสินค้าสาธารณะ	17
1.9.4 สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรไม่ใช่ของสาธารณะ	18

	1.9.5 แนวทางการจัดการทรัพยากรทดแทนได้ที่เป็นของสาธารณะ	18
	1.10 บทสรุป	18
บทที่ 2	นิเวศวิทยาและวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	19
	2.1 ความหมายของนิเวศวิทยา	19
	2.2 สมดุลและเสถียรภาพของระบบนิเวศ	22
	2.2.1 สมดุลไดนามิกส์	22
	2.2.2 เสถียรภาพ	23
	2.3 ตำแหน่งและบทบาททางนิเวศของสิ่งมีชีวิต	24
	2.4 วัฏจักรชีวธรณีเคมี	25
	2.4.1 วัฏจักรคาร์บอน	26
	2.4.2 วัฏจักรของไนโตรเจน	27
	2.4.3 วัฏจักรของฟอสฟอรัส	29
	2.4.4 วัฏจักรของน้ำ	31
	2.5 การเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศ	33
	2.5.1 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายใน	33
	2.5.2 การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศจากภายนอก	34
	2.6 ความหลากหลายทางชีวภาพ และทรัพยากรพันธุกรรม	35
	2.6.1 ความหมายและระดับความหลากหลาย	35
	2.6.2 ทรัพยากรพันธุกรรม	36
	2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างนิเวศวิทยาและวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	37
	2.8 บทสรุป	38
บทที่ 3	การเพิ่มประชากรมนุษย์กับปัญหาสิ่งแวดล้อม	39
	3.1 ความหมายของประชากร	40
	3.2 การเพิ่มขึ้นของประชากรโลก	40
	3.3 การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากร	44
	3.3.1 อัตราการเกิด	46
	3.3.2 อัตราการตาย	46
	3.3.3 อัตราการอพยพ	48
	3.4 ขีดความสามารถรองรับประชากรมนุษย์ของโลก	48
	3.5 การคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงประชากรจากโครงสร้างอายุ ของประชากรไทย	51
	3.6 ปัญหาจากการเพิ่มประชากร	54
	3.7 แนวทางการจัดการปัญหาการเพิ่มประชากร	56
	3.8 บทสรุป	57

บทที่ 4	พลังงานและสิ่งแวดล้อม	59
4.1	บทนำ	59
4.2	ความหมายและประเภทของพลังงาน	60
4.2.1	ความหมายของพลังงาน	60
4.2.2	ประเภทของพลังงาน	60
4.3	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตและใช้พลังงาน	71
4.3.1	ตัวอย่างผลกระทบจากการผลิตและใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	71
4.3.2	ผลกระทบจากการใช้พลังงานนิวเคลียร์	76
4.3.3	ผลกระทบจากการผลิตและใช้พลังงานหมุนเวียน	77
4.4	การจัดการพลังงานเพื่อลดผลกระทบ	80
4.4.1	ทำไมต้องมีการจัดการพลังงานอย่างยั่งยืน	80
4.4.2	การจัดการพลังงานในอดีต	81
4.4.3	การจัดการพลังงานสำหรับอนาคต หรือการจัดการพลังงานอย่างยั่งยืน	82
4.5	บทสรุป	89
บทที่ 5	การเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ	91
5.1	สาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อม	91
5.2	สาเหตุจากแรงขับเคลื่อนทางสังคม	92
5.3	แรงขับเคลื่อนของเศรษฐกิจ	93
5.4	ลักษณะของปัญหาสิ่งแวดล้อม	94
5.5	ประเภทของปัญหาสิ่งแวดล้อม	95
5.6	ปัญหาการเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ	95
5.7	การลดลงของทรัพยากรป่าไม้	96
5.7.1	ปัจจัยสิ่งแวดล้อมและชนิดของป่าไม้	96
5.7.2	ชนิดป่าของประเทศไทยตามลักษณะสังคมพืช	98
5.7.3	ชนิดป่าของประเทศไทยตามลักษณะการใช้ประโยชน์	101
5.7.4	สถานการณ์ป่าไม้โลก	102
5.7.5	สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย	103
5.8	ปัญหาการเสื่อมโทรมของทรัพยากรน้ำ	106
5.8.1	ความสำคัญของทรัพยากรน้ำ	106
5.8.2	แหล่งของน้ำจืด	107
5.8.3	พื้นที่ลุ่มน้ำ (watershed area)	108
5.8.4	ปัญหาของทรัพยากรน้ำ	108
5.8.5	ปัญหาทรัพยากรน้ำเชิงปริมาณ	111
5.9	บทสรุป	112

บทที่ 6	มลพิษสิ่งแวดล้อม	113
6.1	มลพิษทางน้ำ	113
6.1.1	สารมลพิษทางน้ำ	114
6.1.2	ผลกระทบของมลพิษทางน้ำ	115
6.1.3	การบำบัดมลพิษทางน้ำ	116
6.1.4	ระบบการบำบัดด้วยธรรมชาติ	116
6.1.5	ระบบบำบัดที่มนุษย์ก่อสร้างขึ้น	118
6.2	มลพิษที่ดินและมลพิษทางดินจากขยะมูลฝอย	127
6.2.1	แหล่งของมลพิษทางที่ดินจากขยะมูลฝอย	127
6.2.2	ผลกระทบของมลพิษทางดินจากขยะมูลฝอย	128
6.2.3	การจัดการมลพิษทางดินและที่ดิน จากขยะมูลฝอย	128
6.3	มลพิษทางอากาศ	133
6.3.1	แหล่งของมลพิษทางอากาศ (source of air pollution)	133
6.3.2	การกำจัดมลพิษทางอากาศ	134
6.3.3	ภาวะโลกร้อน (global warming) และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	139
6.4	บทสรุป	144
บทที่ 7	ความมั่นคงทางอาหาร และปัญหาสิ่งแวดล้อม	145
7.1	บทนำ	145
7.2	ดินและที่ดิน	148
7.3	ปัญหาของที่ดินและดินในประเทศไทย	149
7.3.1	ปัญหาด้านการบริหารจัดการที่ดิน	149
7.3.2	ปัญหาคุณภาพของทรัพยากรดินในประเทศไทย	156
7.4	การใช้ปุ๋ยเคมี	160
7.4.1	การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเหมาะสมและไม่เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม	162
7.5	ปัญหาจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร	164
7.5.1	ชนิดและประเภทของสารเคมีทางการเกษตร	165
7.5.2	ชื่อของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	166
7.5.3	ปัญหาจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างไม่เหมาะสม	167
7.5.4	แนวทางการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างเหมาะสม	172
7.6	ปัญหาจากการเกษตรต่อสิ่งแวดล้อมอื่น	173
7.7	แนวทางการจัดการทางการเกษตรเพื่อความยั่งยืน	174
7.7.1	การวางแผนและจัดการการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรที่เหมาะสม	174
7.7.2	การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการทำการเกษตร	178

7.8	การอนุรักษ์ดินและน้ำ	181
7.8.1	การอนุรักษ์ดินโดยการก่อสร้าง	182
7.8.2	การอนุรักษ์ดินโดยการใช้อย่างมีประสิทธิภาพและวัสดุคลุมดิน	184
7.9	บทสรุป	188
บทที่ 8	การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและจัดการสิ่งแวดล้อม	189
8.1	ความหมายของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	189
8.2	ประเภทของทรัพยากรธรรมชาติ	190
8.2.1	ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ไม่หมดสิ้น	190
8.2.2	ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดสิ้น	190
8.2.3	ทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถทดแทนได้	191
8.3	การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	191
8.3.1	หลักการป้องกันไว้ก่อน	191
8.3.2	หลักการใช้อย่างยั่งยืน	192
8.3.3	การจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วไม่หมดสิ้น	192
8.3.4	หลักการจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดสิ้น	193
8.3.5	หลักการจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่ทดแทนได้	193
8.3.6	หลักการรักษาซ่อมแซม และการฟื้นฟู	194
8.4	ความหมายการจัดการสิ่งแวดล้อม	194
8.5	หลักการจัดการสิ่งแวดล้อม	194
8.5.1	หลักการพัฒนาที่ยั่งยืน	195
8.5.2	หลักการบูรณาการ	197
8.5.3	หลักการอนุรักษ์	198
8.5.4	หลักการป้องกันไว้ก่อน	198
8.5.5	หลักการจัดลำดับขั้นของการจัดการของเสีย	198
8.5.6	หลักการผู้ก่อมลพิษสิ่งแวดล้อมเป็นผู้จ่าย	199
8.5.7	หลักการมีส่วนร่วมของสังคม	200
8.5.8	หลักการความเท่าเทียมกันของทุกภาคส่วน	202
8.5.9	หลักการตัดสินใจแบบองค์รวมและบนฐานข้อมูล	202
8.5.10	หลักการการจัดการอย่างมีคุณภาพ	202
8.6	เครื่องมือในการจัดการสิ่งแวดล้อม	205
8.6.1	เครื่องมือจัดการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนระดับนโยบาย การวางแผนและการออกแบบ	205
8.6.2	เครื่องมือจัดการสิ่งแวดล้อมระดับองค์กรและโครงการ	209

8.6.3	อนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม (environmental management standard series; ISO 14000)	212
8.7	ตัวอย่างการจัดการพื้นที่เมืองโดยใช้หลักการนิเวศพัฒนา	213
8.8	บทสรุป	214
เอกสารอ้างอิง		215
Index		
ดัชนี		223

สารบัญตาราง

ตารางที่	3-1 การกระจายของประชากรโลกในกลุ่มประเทศที่พัฒนาในระดับต่าง ๆ	44
ตารางที่	4-1 คุณสมบัติของถ่านหินชนิดต่าง ๆ	62
ตารางที่	4-2 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลม	64
ตารางที่	4-3 สารมลพิษหลักที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล	75
ตารางที่	5-1 การบริการทางนิเวศและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของป่าไม้	97
ตารางที่	6-1 องค์ประกอบของอากาศปกติในบรรยากาศ	141
ตารางที่	6-2 ชนิด อายุ และศักยภาพสัมพัทธ์ในการทำให้โลกร้อนของ แก๊สเรือนกระจกหลัก	142
ตารางที่	7-1 พื้นที่ดินของเปลือกโลกที่เสียไปจากกิจกรรมของมนุษย์และสัตว์เลี้ยง ระหว่างปี พ.ศ. 2493-2538	149
ตารางที่	7-2 ประเภทการใช้ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 - 2561	151
ตารางที่	7-3 พื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย	152
ตารางที่	7-4 พื้นที่ที่เหมาะสมกับพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย	152
ตารางที่	7-5 พื้นที่ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชเศรษฐกิจ และร้อยละเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะปลูกในปี พ.ศ. 2560	154
ตารางที่	7-6 ร้อยละพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่เกษตรจำแนกเป็นรายภาค พ.ศ. 2553-2558	156
ตารางที่	7-7 ปัญหาคุณภาพของทรัพยากรดินในประเทศไทยจำแนกตามรายภาค	159
ตารางที่	7-8 พื้นที่ของแต่ละชั้นคุณภาพลุ่มน้ำในประเทศไทย	175

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1-1	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม : วิทยาการระหว่างศาสตร์	2
ภาพที่ 1-2	ทุนธรรมชาติของมนุษย์ เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และการบริการ	6
ภาพที่ 1-3	สาเหตุของผลกระทบสิ่งแวดล้อม	8
ภาพที่ 1-4	อัตราการเพิ่มประชากรโลก ระหว่างปี พ.ศ 2493-2553 (60 ปี)	9
ภาพที่ 1-5	สาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมและผลกระทบที่เกิดขึ้น	12
ภาพที่ 1-6	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นผลคูณของประชากรคูณการใช้ทรัพยากรต่อคน และผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อหน่วยการใช้หรือ $EI = PAI$	13
ภาพที่ 1-7	พื้นที่ความจุทางชีวภาพของโลก	14
ภาพที่ 1-8	ประเภทของพื้นดินและน้ำในการคำนวณความจุทางชีวภาพ	15
ภาพที่ 1-9	ความสัมพันธ์ระหว่างรอยเท้าทางนิเวศต่อความจุทางชีวภาพของแต่ละประเทศ	16
ภาพที่ 1-10	ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพัฒนาการของมนุษย์ต่อรอยเท้าทางนิเวศ	16
ภาพที่ 1-11	ประเภทของสินค้าในความหมายทางเศรษฐศาสตร์	17
ภาพที่ 2-1	ประเภทของสิ่งมีชีวิตและการแบ่งระดับขั้นการบริโภคในระบบนิเวศ	21
ภาพที่ 2-2	การหมุนเวียนของสารอาหารและการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ	22
ภาพที่ 2-3	วัฏจักรคาร์บอนเชิงปริมาณ	27
ภาพที่ 2-4	วัฏจักรของไนโตรเจน	28
ภาพที่ 2-5	การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนเชิงปริมาณ	29
ภาพที่ 2-6	วัฏจักรของฟอสฟอรัสเชิงปริมาณ	30
ภาพที่ 2-7	การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำจากกิจกรรมต่าง ๆ	31
ภาพที่ 2-8	ปริมาณสำรองของน้ำในวัฏจักรของน้ำ	32
ภาพที่ 2-9	การเปลี่ยนแปลงของน้ำในโลกเชิงปริมาณ	33
ภาพที่ 2-10	ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น ก) ตัวมังกุส (<i>Herpestidae sp.</i>) ในฮาวาย ข) ไมยราบยักษ์ (<i>Mimosa pigra</i>)	35
ภาพที่ 2-11	ระดับความหลากหลายทางชีวภาพ	36
ภาพที่ 3-1	การเปลี่ยนแปลงประชากรโลก	40
ภาพที่ 3-2	ยุคของการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรโลก เปรียบเทียบกับการพัฒนาอุตสาหกรรม	41
ภาพที่ 3-3	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงประชากรโลกที่อัตราการเจริญพันธุ์คงที่เท่าปัจจุบัน (ค.ศ.2010) อัตราการเกิดต่ำ (1.5 คนต่อแม่) ปานกลาง (2 คนต่อแม่) และสูง (2.5 คนต่อแม่) ระหว่างปี ค.ศ. 1950-2100	42

ภาพที่ 3-4	การคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงการกระจายของประชากรโลกในทวีปต่าง ๆ ในช่วงปี พ.ศ. 2493-2643	43
ภาพที่ 3-5	จำนวนประชากรของประเทศที่มีประชากรมากเมื่อเทียบเป็นร้อยละของประชากรโลก	45
ภาพที่ 3-6	อัตราการเพิ่มประชากรเป็นรายประเทศ	46
ภาพที่ 3-7	Life Expectancy ไปประเทศต่าง ๆ ระหว่างผู้ชายและผู้หญิง	47
ภาพที่ 3-8	ทฤษฎีของ Thomas Malthus	49
ภาพที่ 3-9	คลื่นของการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีและนวัตกรรมสมัยใหม่	50
ภาพที่ 3-10	ระดับสังคมสูงวัยตามค่าดัชนีการสูงวัยของประเทศไทย ข้อมูลปีพ.ศ. 2556	52
ภาพที่ 3-11	ประเภทของโครงสร้างอายุของประชากรในอุดมคติ ก) เมื่อมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ข) อัตราการเติบโตช้า ค) ไม่เติบโต และ ง) เติบโตเป็นลบ (ลดลง)	53
ภาพที่ 3-12	จำนวนประชากรโลกในแต่ละช่วงเวลาของประวัติศาสตร์	55
ภาพที่ 4-1	ระบบการผลิตไฟฟ้าโดยแสงอาทิตย์	63
ภาพที่ 4-2	ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดไหลเวียนตามธรรมชาติ	63
ภาพที่ 4-3	หลักการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำขึ้นน้ำลง	66
ภาพที่ 4-4	หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์	69
ภาพที่ 4-5	ปฏิกิริยารวมตัว	69
ภาพที่ 4-6	การเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน (Nuclear fission reaction)	70
ภาพที่ 4-7	ผลกระทบจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล	73
ภาพที่ 4-8	ความสัมพันธ์ระหว่างแผนพลังงานของประเทศและแผนพลังงานชุมชน	85
ภาพที่ 5-1	สาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมจากความไม่สมดุลของแรงขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจและสังคม กับบริการทางนิเวศของระบบนิเวศ	92
ภาพที่ 5-2	เขตภูมิอากาศ ความแห้งแล้ง และอุณหภูมิเป็นตัวกำหนดชนิดของไบโอม ภายในของแต่ละไบโอมยังมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่น เช่น ความสูงจากระดับน้ำทะเล ทิศ เป็นตัวกำหนดชนิดของพืช และพืชเหล่านี้เป็นทุนธรรมชาติของมนุษย์	97
ภาพที่ 5-3	การเปลี่ยนแปลงชนิดป่าไม้ของประเทศไทยตามระดับความสูงจากน้ำทะเล	98
ภาพที่ 5-4	ร้อยละพื้นที่ป่าไม้สัมพันธ์กับระดับผลิตภัณฑ์มวลรวม (GDP)	103
ภาพที่ 5-5	พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยเทียบกับประเทศอื่น	104
ภาพที่ 5-6	สถานการณ์ป่าไม้ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558-2559 (หน่วยคิดเป็นร้อยละต่อพื้นที่ประเทศ)	105
ภาพที่ 5-7	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้รายจังหวัด ในประเทศไทย	106
ภาพที่ 5-8	ขอบเขตลุ่มน้ำสำคัญของประเทศไทย 25 ลุ่มน้ำ	109

ภาพที่ 5-9	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเป็นรายภาคของประเทศไทย	110
ภาพที่ 6-1	Oxygen sag curve จากการปล่อยน้ำเสียที่เป็นสารอินทรีย์ย่อยสลายได้ลงในแหล่งน้ำไหล	117
ภาพที่ 6-2	กลไกการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสียแบบ Oxidation pond ซึ่งหากน้ำลึกมากก็จะเป็นแบบ Facultative Pond	119
ภาพที่ 6-3	ระบบบ่อบำบัดอากาศ	120
ภาพที่ 6-4	กักหน้ำน้ำชั้พัฒนา	120
ภาพที่ 6-5	ระบบตะกอนเร้่ง (Activated Sludge)	121
ภาพที่ 6-6	ขั้นตอนการเกิดไบโอฟิล์มบนตัวกลาง	122
ภาพที่ 6-7	ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียแบบ Trickling Filter	123
ภาพที่ 6-8	ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียแบบจานหมุนชีวภาพ	124
ภาพที่ 6-9	ระบบ anaerobic continuous stirred-tank reactor (CSTR)	125
ภาพที่ 6-10	ระบบ Anaerobic Modified Covered Lagoon (MCL)	126
ภาพที่ 6-11	ระบบ Anaerobe Modified Covered Lagoon (MCL)	126
ภาพที่ 6-12	ระบบ Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)	127
ภาพที่ 6-13	สัญลักษณ์ของประเภทพลาสติก	130
ภาพที่ 6-14	Windrow Composting	131
ภาพที่ 6-15	การกำจัดขยะพร้อมทั้งใช้ประโยชน์จากพลังงาน แบบ Incineration	131
ภาพที่ 6-16	ระบบการฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะ	132
ภาพที่ 6-17	เครื่องแยกฝุ่นแบบไซโคลน	135
ภาพที่ 6-18	เครื่องจับฝุ่นละอองแบบเป้ยกโดยใช้น้ำ แบบ Countercurrent Packed Tower	136
ภาพที่ 6-19	เครื่องกรองฝุ่นแบบถุง	137
ภาพที่ 6-20	หลักการทำงานของระบบกำจัดฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต	138
ภาพที่ 6-21	ระบบกำจัดฝุ่นแบบด้วยไฟฟ้าสถิตยัสำหรับฝุ่นเ้าลอย (fly ash)	138
ภาพที่ 6-22	ระบบกำจัดแก๊สที่เป็นกรดด้วยโคลนหินปูน	139
ภาพที่ 6-23	ปรากฏการณ์เรือนกระจก สาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน	140
ภาพที่ 6-24	แผนที่นำทางการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของประเทศไทย พ.ศ. 2564-2573	144
ภาพที่ 7-1	พื้นที่สำหรับผลิตอาหารบนเปลือกโลก	146
ภาพที่ 7-2	พื้นที่ถือครองเพื่อการเกษตรของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2557-2562	150
ภาพที่ 7-3	แผนที่แสดงการกระจายของพื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกพืชประเภทต่าง ๆ	155
ภาพที่ 7-4	ระดับการชะล้างพังทลายของที่ดินในประเทศไทยจำแนกตามระดับความลาดชัน	158

ภาพที่ 7-5	ปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรหลัก ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2562	161
ภาพที่ 7-6	ปริมาณการนำเข้าสารเคมีทางการเกษตร ระหว่างปี พ.ศ. 2556-2562	165
ภาพที่ 7-7	กลไกการติดยาของแมลงศัตรูพืชจากการคัดเลือกพันธุ์โดยสารเคมี กำจัดแมลงศัตรูพืช	168
ภาพที่ 7-8	กลไกการเพิ่มขึ้นของแมลงทั้งศัตรูพืชโดยสารเคมีฆ่าแมลงศัตรูพืช เมื่อสารเคมีกำจัดศัตรูธรรมชาติ	169
ภาพที่ 7-9	กลไกการระบาดของแมลงศัตรูพืชชนิดใหม่ เมื่อศัตรูธรรมชาติของศัตรู ชนิดใหม่ถูกทำลายด้วยสารเคมีกำจัดแมลง	170
ภาพที่ 7-10	การเพิ่มขยายทางชีวภาพในห่วงโซ่อาหาร	172
ภาพที่ 7-11	ภาพมโนทัศน์ของลักษณะชั้นคุณภาพลุ่มน้ำของประเทศไทย ตามลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่	175
ภาพที่ 7-12	แผนที่การกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ในประเทศไทย	176
ภาพที่ 7-13	ตัวอย่างการอนุรักษ์ดินโดยใช้สิ่งก่อสร้าง	184
ภาพที่ 7-14	รูปแบบการปลูกพืชเพื่อป้องกันการชะล้างตามระดับความสูง และความลาดชัน	185
ภาพที่ 7-15	ตัวอย่างการอนุรักษ์ดินโดยวิธีการปลูกพืช	186
ภาพที่ 8-1	หลักการความยั่งยืนบนความสมดุลของเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และได้เพิ่มการเมืองหลังปี พ.ศ. 2559	196
ภาพที่ 8-2	เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (พ.ศ. 2559-2573)	197
ภาพที่ 8-3	ลำดับขั้นการจัดการของเสีย	199
ภาพที่ 8-4	สัญลักษณ์และตัวอย่างสินค้าจากขยะที่เพิ่มมูลค่าของของเสีย (upcycle)	200
ภาพที่ 8-5	ระดับการมีส่วนร่วมของชุมชน	201
ภาพที่ 8-6	กิจกรรมภายใต้การจัดการสิ่งแวดล้อมมาตรฐาน แบบวัฏจักรของเดมมิง (Deming cycle)	203
ภาพที่ 8-7	โครงการพัฒนา และกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อมในแต่ละชั้นของโครงการ	204
ภาพที่ 8-8	ตัวอย่างเครื่องมือการจัดการสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอนของการจัดการ ระดับยุทธศาสตร์ และระดับโครงการ	206
ภาพที่ 8-9	ขั้นตอนกระบวนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโครงการพัฒนา	210

ภาพรวมของวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ในบทแรกนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเกริ่นนำในภาพรวมของวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เริ่มจากคำจำกัดความของศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ความเป็นสหสาขาวิชาของวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อธิบายเชื่อมโยงเนื้อหาของวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเข้ากับเนื้อหาวิชาชีววิทยาซึ่งเป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตในพื้นที่เดียวกัน ต้องมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เหตุผลว่าทำไมมนุษย์จึงจำเป็นต้องอนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม แต่เมื่อมีประชากรมนุษย์มากขึ้น ได้พยายามดัดแปลงสิ่งแวดล้อมเพื่อใช้ประโยชน์และรองรับของเสียอย่างไม่เหมาะสม ทำให้สิ่งแวดล้อมที่เคยแบ่งปันกันอย่างพอเพียง เกินความสามารถในการรองรับและเกิดเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมขึ้น และแนวคิดทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมเรื่องสินค้าสาธารณะ และแนวคิดในการวัดผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ของมนุษย์วิธีต่าง ๆ ซึ่งไม่ได้ต้องการวัดออกมาเป็นค่าจริงแต่ต้องการเพียงให้เข้าใจว่าขณะนี้ใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากเพียงใด ทั้งนี้เพื่อให้ทุกคนสามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างเหมาะสม อยู่ในระดับที่พอเพียง และเพื่อความยั่งยืน

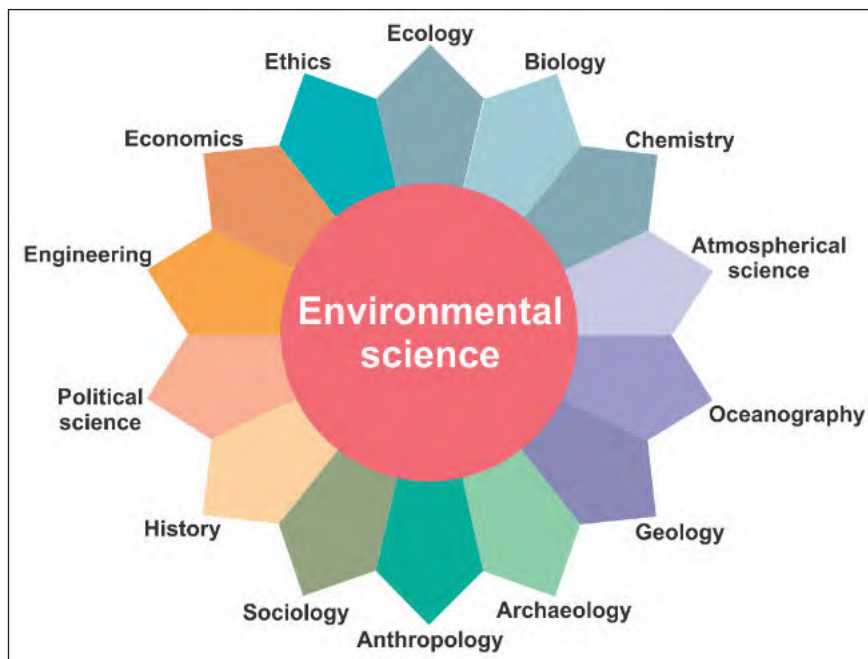
1.1 ความหมายของวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อม หมายถึง สิ่งต่าง ๆ รอบตัวเรา ทั้งที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น ดิน น้ำ อากาศ ป่าไม้ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น วัฒนธรรม อาคาร ถนน เป็นต้น ส่วนทรัพยากรธรรมชาติ หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และมนุษย์สามารถนำทรัพยากรเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในลักษณะต่าง ๆ ได้ อาจจะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต หรือจะใช้เป็นแหล่งรองรับของเสีย ดังนั้นจากความหมายของคำทั้งสองข้างต้นจะเห็นได้ว่าทรัพยากรธรรมชาติเป็นส่วนหนึ่งของสิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (environmental science) เป็นวิทยาการระหว่างศาสตร์ (inter-disciplinary) ที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันระหว่างมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมถึงการหาสาเหตุและการป้องกันแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากนิยามข้างต้นจะเห็นได้ว่าลักษณะของวิชาเป็นวิชาที่มีลักษณะค่อนข้างเฉพาะเป็นสาขาวิชาที่เกิดขึ้นค่อนข้างใหม่ จากฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์เดิม เป็นวิทยาการที่ต้องการองค์ความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ เช่น คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยาและนำมาความรู้พื้นฐานเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้เพื่อความเข้าใจปัญหาสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ไม่เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม นักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมจะรับผิดชอบการจัดการการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดมลพิษ เพื่อที่จะช่วยในการรักษาทรัพยากรของโลกให้มีความสมบูรณ์และความยั่งยืนให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ หลังจากที่ได้ปรับปรุงความเข้าใจในระบบปฏิสัมพันธ์ เราจะสามารถจำแนกและดำเนินการในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อความท้าทายทางสิ่งแวดล้อมที่เราต้องเผชิญหน้าในอนาคต

วัตถุประสงค์ของศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมต้องการใช้วิทยาศาสตร์ศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมนุษย์ และการที่มนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมนั้น ซึ่งปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้นจากแรงขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้นเนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมนอกจากต้องเข้าใจวิทยาศาสตร์แล้ว ยังต้องเข้าใจในเรื่องเศรษฐศาสตร์และสังคมด้วย ขอบเขตของวิชาเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของโลก เช่นบรรยากาศ ทรัพยากรดิน ทรัพยากรน้ำ ซึ่งเมื่ออยู่รวมกันอย่างเหมาะสมก็จะเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยให้กับสิ่งมีชีวิต มนุษย์นำเอาทรัพยากรธรรมชาติและการบริการทางนิเวศ (ecological services) เหล่านี้มาเป็นต้นทุนธรรมชาติ (natural capital) ในการดำรงชีวิต

การใช้ประโยชน์จากทุนธรรมชาติอย่างไม่เหมาะสม ทำให้เกิดผลกระทบ และปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา เช่น ของเสียที่เหลือจากการนำมาใช้และทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อม เมื่อมีความเข้มข้นมากจนเกินความสามารถของธรรมชาติที่จะรองรับ ก็เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามมนุษย์ก็พัฒนาเทคโนโลยี และเครื่องมือในการจัดการที่เหมาะสมสมัยใหม่ เพื่อจะอนุรักษ์ทรัพยากร บำบัดของเสีย ตลอดจนใช้กลไกทางเศรษฐกิจและสังคม (socio-economic mechanisms) ที่จะควบคุมให้มนุษย์ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรอย่างเหมาะสม ทั้งนี้ เพื่อให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน (sustainability) ศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมได้แสดงไว้ในภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม: วิทยาการระหว่างศาสตร์
ที่มา: Porter (2008)

มนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมมาเป็นเวลานานนับตั้งแต่มีหลักฐานทางประวัติศาสตร์ เช่น การใช้ภูเขาหรือแม่น้ำเป็นชัยภูมิ การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ตามธรรมชาติ การทำการเกษตร การล่าสัตว์ แต่เป็นแบบที่พึ่งพาอาศัยธรรมชาติ มนุษย์ดัดแปลงธรรมชาติบ้างแต่ก็เป็นส่วนน้อย จนกระทั่งเกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรม (industrial revolution) เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2293 หรือเมื่อสองร้อยหกสิบปีที่ผ่านมา ถึงแม้จุดเริ่มต้นจะเกิดในยุโรป แต่ผลจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมนี้ แต่ส่งผลกระทบใหญ่ไปทั่วโลก เช่น ทำให้ประชากรโลกเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ จากความรู้ทางด้านสาธารณสุข เกิดการพัฒนาทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว ทำให้มนุษย์ซึ่งมีจำนวนมาก และใช้ทรัพยากรเพื่อการผลิตในอัตราที่เร็วมากด้วยเนื่องจากผลิตโดยใช้เครื่องจักร จนกระทั่งทำให้ทรัพยากรธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการผลิต และขณะเดียวกันก็เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา บางครั้งถึงขั้นรุนแรง ทำให้มนุษย์ในเมืองใหญ่ต้องล้มตายครั้งละมาก ๆ เมื่อมนุษย์มีรายได้สูงก็ต้องการคุณภาพชีวิต และคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดี ในทางตรงกันข้ามเมื่อเรายิ่งผลิต ใช้ทรัพยากรไปมาก เพื่อกอบโกยผลประโยชน์ให้ได้มากที่สุด มนุษย์ก็ทำลายระบบช่วยชีวิต ทำลายทุนธรรมชาติที่เอื้อต่อการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตจำนวนมากสูญพันธุ์ไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาทางในการจัดการปัญหาของสิ่งแวดล้อมโดยมิติของปราชญ์ในสาขาต่าง ๆ

1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างศาสตร์ทางสิ่งแวดล้อม

ศาสตร์ทางสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยที่เด่นชัดประกอบด้วย 5 แขนงวิชาที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ประกอบด้วย นิเวศวิทยา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และสิ่งแวดล้อมศึกษา นิเวศวิทยาเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นของสิ่งต่าง ๆ ทั้งที่มีชีวิต และไม่มีชีวิตอยู่ร่วมกันเป็นระบบ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเป็นศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม เมื่อมนุษย์เข้ามามีบทบาทในระบบนิเวศ ทำให้บทบาทของสิ่งต่าง ๆ ตามธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมขึ้น เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมเป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่นำเอาความรู้พื้นฐานมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมจะเน้นการออกแบบตามองค์ความรู้ที่มีอยู่เพื่อให้ป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้น และศาสตร์ที่ค่อนข้างจะมีลักษณะเฉพาะ แต่มีความสำคัญมากเช่นกัน คือ สิ่งแวดล้อมศึกษา ซึ่งหาวิธีการในการเปลี่ยนพฤติกรรมของมนุษย์ให้ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง ศาสตร์ทั้งหมดนี้เกี่ยวข้องกันมาก เช่น หากสามารถเปลี่ยนพฤติกรรมของมนุษย์ได้อย่างเหมาะสม ก็จะไม่ก่อให้เกิดปัญหา เช่น เปลี่ยนพฤติกรรมการทิ้งขยะได้ ระบบกำจัดขยะก็สามารถทำได้ง่ายขึ้น ผลกระทบที่มีต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศก็ลดลง เป็นต้น ซึ่งความหมายของศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมโดยตรงจะกล่าวถึงโดยสังเขปดังนี้

1.3 นิเวศวิทยา

นิเวศวิทยา (ecology) เป็นศาสตร์ย่อยของชีววิทยาซึ่งศึกษาความจริงในระบบธรรมชาติที่สิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง และความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่อ

สิ่งแวดล้อมของมัน ซึ่งความเข้าใจความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตนี้ทำให้สามารถนำมาใช้จัดการสิ่งแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ได้อย่างสมดุลและยั่งยืน เช่นความเข้าใจความสัมพันธ์ของพืชในป่าต่อพืชอื่น และสิ่งแวดล้อมอื่น เช่นวิชานิเวศวิทยาป่าไม้ทำให้สามารถจัดการป่าไม้ได้อย่างเหมาะสม เป็นต้น

1.3.1 วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (environmental science) เป็นวิทยาการระหว่างศาสตร์ว่าด้วยการศึกษาหาความสัมพันธ์ของคนกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวคน ตลอดจนการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์ของมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมเหล่านั้น เช่น ปัญหาการเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ (natural resource depletion) ปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม (environmental pollution) การใช้ประโยชน์สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน เป็นต้น

1.3.2 เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม (environmental technology) และวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (environmental engineering) เป็นการประยุกต์ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ปรับปรุงป้องกัน และรักษาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (environmental friendly technology) เช่น จากความรู้พื้นฐานทางจุลชีววิทยาและชีวเคมี ทำให้รู้ว่าการออกซิเจนทางชีวเคมี (biochemical oxygen demand; BOD) เกิดขึ้นจากจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวเคมีแบบใช้อากาศ นำไปสู่การบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ และวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมก็ใช้ความรู้ว่าในน้ำเสียดังกล่าวมีสารอินทรีย์ความเข้มข้นเท่าใด ความเข้มข้นขนาดนั้นต้องใช้ออกซิเจนเท่าใด จะใช้เครื่องกลใด และเมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายแล้วจะมีมวลของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเพียงใด แล้วออกแบบระบบที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียนั้น เป็นต้น

1.3.3 สิ่งแวดล้อมศึกษา

สิ่งแวดล้อมศึกษา (environmental education) เป็นศาสตร์ว่าด้วยกระบวนการเรียนรู้และวิธีการเปลี่ยนพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมายในเรื่องของสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการสร้างจิตสำนึก (awareness) การเปลี่ยนทัศนคติ (attitude) การมีส่วนร่วม (participation) ของคนในสังคมเพื่อช่วยพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น

เนื่องจากศาสตร์ที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมเป็นสหวิทยาการ จุบรวมระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ ในการศึกษาและแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม คือ การพัฒนาที่ยั่งยืน ดังนั้นการศึกษาสิ่งแวดล้อม และปัญหาสิ่งแวดล้อมจากแง่มุมต่าง ๆ ไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์ต้องการความรู้จากศาสตร์อื่นเข้ามาร่วมด้วย ตัวอย่างเช่น น้ำในแม่น้ำแห่งหนึ่งเกิดการเน่าเสีย วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมอาจจะเข้ามาศึกษาถึงสาเหตุ แหล่งกำเนิดของสารมลพิษ ตลอดจนกระบวนการและเทคโนโลยีในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดก่อนการปล่อยออก

ในขณะที่เศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมอาจจะมองจุดที่คุ้มค่าในการบำบัดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งต่อผู้ก่อมลพิษและสังคม ในขณะที่สังคมศาสตร์อาจจะศึกษาในเชิงของการมีส่วนร่วมระหว่าง ผู้ใช้ประโยชน์จากแม่น้ำนั้นทั้งในแง่ของการใช้ประโยชน์จากแม่น้ำและการรองรับของเสียร่วมกัน

1.4 ขอบเขต และงานที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

1.4.1 ขอบเขตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

เพื่อให้เข้าใจชัดเจนว่าวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมศึกษาอะไรบ้าง จึงกำหนดขอบเขต ของวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โดยจะครอบคลุมการศึกษาในส่วนที่เกี่ยวข้องของมนุษย์กับ องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อม 3 ด้าน ได้แก่ 1) องค์ประกอบทางกายภาพ (physical elements) 2) องค์ประกอบทางชีวภาพ (biological elements) และ 3) องค์ประกอบทางสังคมวัฒนธรรม (socio-cultural elements) และการบริหารจัดการ (ป้องกัน ใช้ประโยชน์ และแก้ไข) ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน เช่น ดิน น้ำ ป่าไม้ ซึ่งรวมถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม จิตสำนึก และ วัฒนธรรมของคนในสังคมนั้นที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

1.4.2 งานที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

จากขอบเขตของวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมข้างต้น ทำให้งานที่เกี่ยวข้องกับ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการทำให้สิ่งแวดล้อมมีคุณภาพที่ดี เพื่อมนุษย์จะได้นำมาใช้ประโยชน์ต่อคุณภาพชีวิตอย่างยั่งยืน เกษม จันทรแก้ว (2532) ได้เสนอ ขอบเขตของวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมว่าเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับ 1) การวางแผน และป้องกัน ไม่ให้องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปจนกระทั่งมนุษย์ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ เช่น งานส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม การให้ความรู้แก่สังคม การเสนอทางเลือกใหม่ ๆ ซึ่งเกิดประโยชน์ ทั้งสองฝ่าย (Win-Win) ทั้งคนและสิ่งแวดล้อม เช่น การวางแผนสิ่งแวดล้อม การจัดการสิ่งแวดล้อม เชิงพื้นที่ การแบ่งชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม เป็นต้น 2) การใช้ประโยชน์ จากสิ่งแวดล้อมที่มีอย่างเหมาะสม มีมาตรการใช้เทคโนโลยีการจัดการ และการลดปัญหามลพิษ เช่น ระบบมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO14000 เทคโนโลยีการบำบัดมลพิษด้านต่าง ๆ ก่อนทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อม และ 3) การแก้ไขฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมที่เสื่อมโทรม หรือเกิดปัญหามลพิษ ให้กลับมามีคุณภาพเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อมนุษย์ เช่น การฟื้นฟูป่าไม้ แหล่งน้ำ ดิน เป็นต้น

1.5 การใช้ประโยชน์สิ่งแวดล้อม

มนุษย์ใช้ประโยชน์สิ่งแวดล้อมในฐานะทุนธรรมชาติ (natural capital) ซึ่งหมายถึง ทรัพยากรธรรมชาติและบริการของระบบนิเวศ มาตั้งแต่โบราณ มนุษย์นำสิ่งแวดล้อมนี้มาใช้ ประโยชน์เป็นสินทรัพย์ทางเศรษฐกิจ และสังคม ดังนั้นในสังคมที่มีทุนธรรมชาติอยู่มาก ความเป็นอยู่ และคุณภาพชีวิตของประชากรในสังคมนั้นก็จะต้องไปด้วย ตัวอย่างเช่น ชาวบ้านที่อยู่บริเวณใกล้แม่น้ำ

ได้ประโยชน์จากแม่น้ำ สัตว์น้ำ และเป็นแหล่งรองรับของเสีย เมื่อเทียบกับชาวบ้านที่อยู่ในแหล่งอื่น ซึ่งก็อาจจะได้ทุนอื่นที่แตกต่างกันไป ดังนั้นหากมนุษย์ได้รับทุนมาก แต่ไม่สามารถรักษาทุนเหล่านั้นไว้เช่น มีแหล่งน้ำแต่ทิ้งของเสียลงในแหล่งน้ำ ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำจนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ทุนเหล่านั้นก็จะหมดไป และทำให้คุณภาพชีวิตของคนในสังคมนั้นแย่ลงไปด้วย จึงเห็นได้ชัดเจนว่าคุณภาพของสิ่งแวดล้อมสัมพันธ์อย่างยิ่งกับการใช้ประโยชน์และคุณภาพชีวิตของคนในระบบนั้น ทุนธรรมชาติ แบ่งออกเป็นสองประเภทได้แก่ ทรัพยากรธรรมชาติ และการบริการของระบบนิเวศ (ภาพที่ 1-2) โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1-2 ทุนธรรมชาติของมนุษย์ เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และการบริการ
ที่มา: Miller and Spoolman (2010)

1.5.1 ทรัพยากรธรรมชาติ

ทรัพยากรธรรมชาติ (natural resources) หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และมนุษย์สามารถใช้ประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่ง (เกษม จันทรแก้ว, 2532) จากความหมายข้างต้น จะเห็นว่าในแง่ของการเกิด ทรัพยากรธรรมชาติเป็นส่วนหนึ่งของสิ่งแวดล้อม เพราะเป็นสิ่งที่ธรรมชาติสร้างขึ้น อาจจะเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีชีวิตหรือไม่มีชีวิต มีอยู่อย่างจำกัดหรือไม่จำกัด และหากมองในแง่ของการใช้ประโยชน์ ทรัพยากรธรรมชาติถูกมนุษย์ใช้ประโยชน์ควบคู่ไปกับสิ่งมีชีวิตอื่นและรวมถึงกิจกรรมการบริการของทรัพยากรธรรมชาติเหล่านั้น ก็ทำให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์ด้วย เรียกว่า การบริการทางนิเวศ (ecological service)

1.5.2 การบริการทางนิเวศ

การบริการทางนิเวศ หมายถึง ผลจากการแสดงบทบาทขององค์ประกอบในระบบนิเวศแต่ส่งผลให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น การที่ต้นไม้ในป่าแสดงบทบาทการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งเป็นหน้าที่ปกติของต้นไม้ แต่ส่งผลให้เกิดการบริการของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง และเพิ่มออกซิเจนมากขึ้น ดังนั้นมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นได้อากาศที่บริสุทธิ์ขึ้นจากการบริการของต้นไม้ในป่านั้น หรืออีกนัยหนึ่ง ถ้าต้นไม้ถูกตัดไปมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นก็จะขาดเครื่องฟอกอากาศตามธรรมชาติ แต่มนุษย์มีเทคโนโลยีเครื่องฟอกอากาศแต่สัตว์อื่นไม่มี สัตว์จึงได้รับผลกระทบมากกว่า

ผลจากการที่ธรรมชาติสร้างทุนธรรมชาติไว้ให้อย่างจำกัด และมนุษย์และสัตว์อื่นต่างต้องการทรัพยากรธรรมชาติและบริการจากสิ่งแวดล้อมนั้น ทุนธรรมชาตินี้จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ ทำให้แนวคิดในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไป จากการที่สนใจเฉพาะตัวทรัพยากรที่จับต้องได้ เป็นการพิจารณาทั้งตัวทรัพยากรและบริการจากทรัพยากรเหล่านั้น ตัวอย่างเช่น เดิมเราคิดว่า ต้นไม้ในป่ามีค่าเพียงแค่เนื้อไม้ หากเราต้องการเปลี่ยนต้นไม้เป็นเงิน รัฐบาลก็ให้สัมปทานบริษัทตัดต้นไม้ในป่าต้นน้ำออกขายในประเทศและต่างประเทศ รัฐบาลได้ค่าสัมปทานบริษัทได้ค่าไม้ แต่หากพิจารณาในภาพรวม การตัดต้นไม้ในป่าต้นน้ำออกไป ทำให้อากาศมีคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ทำให้โลกร้อนขึ้น ทุกคนต้องจ่ายค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากความจำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศ การที่ป่าไม้ถูกทำลายเกิดผลกระทบทำให้ฝนไม่ตก เกษตรกรต้องจ่ายค่าสูบน้ำมาทดแทนฝนที่หายไป และเมื่อฝนตกทำให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของหน้าดินและน้ำท่วมจากการไม่มีป่าไม้ไว้ชะลอน้ำ เมื่อการเกษตรเสียหายรัฐบาลที่ต้องจ่ายชดเชยให้เกษตรกรจากปัญหาน้ำท่วมหรือน้ำแล้ง ในที่นี้ยังไม่รวมถึงการทำลายถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าจนอาจจะทำให้สูญพันธุ์ ซึ่งประเมินเป็นตัวเลขไม่ได้ เมื่อรวมทั้งหมดแล้วค่าสัมปทานที่รัฐบาลได้รับ และรายได้จากการขายไม้เพื่อหวังให้เศรษฐกิจของประเทศดีขึ้น อาจจะเป็นเพียงส่วนน้อยนิดเทียบไม่ได้กับค่าใช้จ่ายจากการบริการทางนิเวศนั้น

1.6 ผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรต่อสิ่งแวดล้อมและการวัดผลกระทบ

ผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติของมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อม (environmental Impact) เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สนใจศึกษาในเรื่องสิ่งแวดล้อม เริ่มจากในสมัยก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม ทรัพยากรถูกใช้อย่างจำกัดเพราะมีประชากรไม่หนาแน่นมากนัก และผลิตสินค้าโดยใช้แรงงานคนหรือสัตว์ ต่อมาทรัพยากรเริ่มลดลงและของเสียที่ออกสู่สิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น ทำให้มนุษย์เห็นความสำคัญของผลกระทบนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นอาจจะไม่ส่งผลต่อผู้ก่อให้เกิดมลพิษเหล่านั้นโดยตรง และมีความพยายามจะหาวิธีการวัดผลกระทบเพื่อเป็นเครื่องมือให้ทุกภาคส่วนร่วมมือในการป้องกัน และแก้ไขผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยมีสาเหตุและวิธีการวัดผลกระทบ ดังนี้

1.6.1 สาเหตุของผลกระทบสิ่งแวดล้อม

Miller and Spoolman (2010) ได้สรุปสาเหตุของผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Causes of Environmental Impacts) ว่าเกิดจากการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นของที่ต้องใช้ร่วมกันทั้งมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นโดยมนุษย์เป็นส่วนใหญ่ สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมแบ่งออกเป็น 4 สาเหตุหลัก ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของประชากร การใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติอย่างไม่ยั่งยืน ความยากจน และการไม่รวมทุนสังคมไว้ในราคาสินค้า ภาพที่ 1-3



ภาพที่ 1-3 สาเหตุของผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ที่มา: Miller and Spoolman (2010)

1.6.2 การเพิ่มขึ้นของประชากรโลก (population growth)

ประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่กำลังการผลิตของโลกไม่เพิ่มขึ้นมากนัก ในปี พ.ศ. 2559 โลกมีประชากรมากกว่า 7,000 ล้านคน จากปี พ.ศ. 2503 ซึ่งมีประชากรโลกแค่ 3,000 ล้านคน หลังปี พ.ศ. 2503 ซึ่งเป็นช่วงที่มีอัตราการเกิดสูงมาก เรียกกันว่ายุค Baby Boom มีอัตราการเพิ่มของประชากรปีละ 70 ล้านคน ดูรายละเอียดในบทที่ 3 ประกอบ จนถึงประมาณปี พ.ศ. 2506 หลังจากนั้นประชากรเพิ่มขึ้นค่อนข้างคงที่ในอัตราเฉลี่ย 73 กว่าล้านคนต่อปี หรือประมาณมากกว่าร้อยละสองของประชากรโลก และอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดในประมาณปี พ.ศ. 2530 ซึ่งมีประชากรเพิ่มถึงปีละเกือบ 90 ล้านคน จากนั้นอัตราการเพิ่มค่อย ๆ ลดลงจนถึงปัจจุบันมีอัตราการเพิ่มของประชากรประมาณ 80 ล้านคนต่อปี (ภาพที่ 1-4) การเพิ่มขึ้นนี้ส่งผลให้จำนวนประชากรโลกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ