

บทที่ 4

ระบบนิเวศ

ในอดีตกาลที่ผ่านมาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบนพื้นโลก มีอย่างอุดมสมบูรณ์ สามารถจุนเจือให้มนุษย์ได้ใช้ตลอดเวลา แต่ในช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่สอง พลโลกได้เพิ่มขึ้นและเพิ่มอย่างรวดเร็ว ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เคยมีนั้น ต้องถูกใช้และถูกทำลายเพื่อสนองความต้องการทั้งปัจจัยสี่ และเครื่องอำนวยความสะดวก ผลที่ตอบสนองดังที่ปรากฏให้เห็นทั่วทุกหนแห่ง เช่น ป่าไม้ลดลง อุทกภัยในฤดูฝน ภาวะแห้งแล้งในฤดูแล้ง น้ำเสียในลำห้วยลำคลองทั้งในเมืองและชนบท พื้นที่เกษตรเสื่อมค่าและให้ผลผลิตต่ำ การปนเปื้อนของวัตถุพิษในอาหารและสิ่งแวดล้อม สัตว์น้ำลดลง สภาพสังคมมีการเห็นแก่ตัวและดูร้ายเพิ่มขึ้น เหล่านี้เป็นต้น ภาวะการณ์ดังกล่าวได้รับความสนใจจากนานาประเทศรวมทั้งประเทศไทยด้วย

การให้การศึกษาเป็นงานที่สำคัญ ทั้งนี้เพื่อให้อนุชนรุ่นหลัง หรือบุคคลที่สนใจมีความรู้ทัศนคติ ความรู้สึก ความสำนึก และทักษะในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้มีสภาพสมบูรณ์และสามารถเอื้ออำนวยให้แก่มนุษย์อย่างถาวร อนึ่ง การที่จะคงไว้ซึ่งสภาพแวดล้อมให้สมดุลและเป็นธรรมชาติดั้งเดิมนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้ความรู้ทางด้านนิเวศวิทยา เพราะศาสตร์แขนงนี้สามารถที่จะประยุกต์ใช้อย่างได้ผลและสามารถแก้ไขปัญหา เพราะในเนื้อหาสาระนั้นจะเน้นด้านความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระบบนิเวศน์ หน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบ สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบและกระบวนการทางนิเวศวิทยา ซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถนำไปปฏิบัติได้

1. ความหมายของระบบนิเวศวิทยา

นิเวศวิทยา (Ecology) เป็นวิทยาการแขนงหนึ่งของชีววิทยา เกิดขึ้นเมื่อประมาณปลายคริสต์ศตวรรษที่ 18 นี้เอง โดยมีผู้เสนอคำศัพท์เพื่อใช้เรียกชื่อวิชานี้เป็นจำนวนมากแต่ไม่ได้รับการยอมรับ จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1869 เอิร์นทแฮกเกิล (Ernst Haeckel) นักสัตววิทยา

ชาวเยอรมันได้เสนอคำว่า “Oekologie หรือ Ecology” จนเป็นที่ยอมรับกันในเวลาต่อมา คำว่า Ecology มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก 2 คำ คือ Oikos หมายถึง บ้านหรือที่อยู่อาศัย (Habitat) และคำว่า Logos หมายถึงการศึกษา (Study) ถ้าแปลโดยตรงแล้วหมายถึงศาสตร์ที่ว่าด้วยการศึกษาเรื่องบ้าน โดยตามความหมายพื้นฐานแล้วนิเวศวิทยานั้น เป็นการศึกษาองค์ประกอบในบ้าน ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวนี้มีสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต ส่วน “บ้าน” ในที่นี้หมายถึงธรรมชาติหรืออาณาบริเวณ จึงอาจกล่าวได้ว่านิเวศวิทยานั้น เป็นศาสตร์หรือเป็นการศึกษาองค์ประกอบในธรรมชาติ แต่การศึกษานั้นโดยแท้จริงแล้วต้องศึกษาพฤติกรรมของแต่ละสิ่งในธรรมชาติ ดังนั้น Odum (1971) จึงให้คำนิยามไว้ดังนี้

“นิเวศวิทยา เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งว่าด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม”

คำนิยามนี้ก่อกำเนิดมาจากนักชีววิทยา จึงเน้นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่อสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตในที่นี้หมายถึง สัตว์ พืช หรือมนุษย์ ส่วนสิ่งแวดล้อมในที่นี้หมายถึงสิ่งต่าง ๆ ที่ไม่ใช่สิ่งมีชีวิต แต่มีความสัมพันธ์ต่อสิ่งมีชีวิตซึ่งหมายถึงที่อยู่อาศัยนั่นเอง

ถ้าพิจารณาว่าสิ่งมีชีวิตเป็นสิ่งแวดล้อมประเภทหนึ่งเหมือน ๆ กับสิ่งไม่มีชีวิตแล้วนิเวศวิทยาควรจะมีความหมายว่าเป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมต่อสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งมีชีวิตต่อสิ่งมีชีวิต หรือสิ่งไม่มีชีวิตต่อสิ่งไม่มีชีวิต หรือสิ่งไม่มีชีวิตต่อสิ่งมีชีวิตก็ได้

ความสัมพันธ์ที่กล่าวไว้ในเบื้องต้นนี้ อาจเป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมสองสิ่งหรือมากกว่าสองสิ่งก็ได้ ดังนั้น การศึกษาความสัมพันธ์มิได้มุ่งประเด็นว่าจะต้องเป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งสองสิ่ง แต่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งของต่าง ๆ ภายในกลุ่ม อาจเป็นกลุ่มเล็ก กลุ่มใหญ่ กลุ่มย่อย กลุ่มของสิ่งมีชีวิต กลุ่มของสิ่งไม่มีชีวิต หรือกลุ่มคละกันระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต หรืออาจเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของสิ่งแวดล้อม) ก็ได้

ความสัมพันธ์อาจเป็นทั้งโดยตรงหรือโดยอ้อมก็ได้ ถ้าความสัมพันธ์ดังกล่าวนั้นเป็นความสัมพันธ์ระหว่างของสองสิ่งขึ้นไป หรือเป็นความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของสิ่งของ ใด ๆ ก็ดี ความสัมพันธ์บางครั้งอาจเป็นไปทางบวกหรือเป็นไปทางลบก็ได้ จะมีความหมายขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสิ่งของหรือกลุ่มของสิ่งของ หรือความสัมพันธ์อาจไม่เกี่ยวข้องกับขนาด ชนิด เพศหรืออายุ ด้วย

ด้วยเหตุดังกล่าว นิยามของคำว่านิเวศวิทยานั้น จึงหมายถึง “การศึกษาทั้งหมด หรือรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตหรือสิ่งแวดล้อมต่อสิ่งแวดล้อม” ซึ่งคำนิยามโน้มน้าวให้เห็นว่าทั้งหมดของความสัมพัทธ์ไม่ว่าจะเป็นระหว่างสิ่งสองสิ่ง มากกว่าสองสิ่ง หรือระหว่างกลุ่มของสิ่งของจะต้องมีรูปแบบเฉพาะของความสัมพัทธ์แตกต่างกันไปตามประเภทชนิด และพฤติกรรมของสิ่งเหล่านั้น อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์อาจทำให้เกิดผลต่อไปนี้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง คือ

- (1) สมดุลธรรมชาติ
- (2) ภัยและอันตราย
- (3) การปนเปื้อนของมลสาร
- (4) การทำลายทรัพยากรธรรมชาติ
- (5) การพัฒนา
- (6) อื่น ๆ

มีข้อที่น่าสนใจที่นิเวศวิทยานั้นอาจหมายถึงการศึกษาองค์ประกอบ หรือโครงสร้าง (structure) และหน้าที่ (function) ของธรรมชาติ (nature) ก็ได้ กล่าวคือในธรรมชาตินั้นจะมีองค์ประกอบมากมาย เช่น สัตว์ พืช มนุษย์ ดิน น้ำ อากาศ ฯลฯ เหล่านี้เป็นต้น องค์ประกอบเหล่านี้ล้วนมีบทบาททางนิเวศวิทยาเฉพาะตัว ซึ่งเรียกว่า ecological niche พืชจะมีบทบาทเฉพาะแตกต่างไปจากน้ำ ดิน มนุษย์ สัตว์ หิน หรืออากาศ บทบาทที่แตกต่างกันไปเช่นนี้ จึงทำให้สภาวะธรรมชาติของบริเวณแต่ละแห่งแตกต่างกันไป ถ้าองค์ประกอบหรือโครงสร้างของธรรมชาตินั้น แตกต่างกันไป องค์ประกอบหนึ่ง ๆ อาจมีบทบาทหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่บทบาทรวมขององค์ประกอบอื่น ๆ จะมีส่วนมาชักนำหรือมีอิทธิพลมากน้อยเพียงใด ยกตัวอย่าง เช่น ต้นไม้ ในป่ากับต้นไม้ในเมืองจะมีบทบาทแตกต่างกัน กล่าวคือต้นไม้ในป่านั้นเป็นที่เข้าใจได้ว่าให้ผลผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งแวดล้อมหรือระบบสิ่งแวดล้อมหนึ่ง ๆ ในขณะที่ต้นไม้ในเมืองนั้นถูกเข้าใจว่าเป็นเครื่องประดับความสวยงาม ให้ความร่มรื่น และความปลอดภัยของสิ่งแวดล้อม เหล่านี้เป็นต้น

ด้วยข้อสังเกตดังกล่าว จึงมีนักนิเวศวิทยาหลายท่านให้ความหมายของนิเวศวิทยา กว้างออกไปอีก มีความหมายว่า

“นิเวศวิทยาเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งของสิ่งมีชีวิตที่สัมพันธ์ต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมด รวมทั้งความสัมพันธ์ภายในกลุ่มสิ่งมีชีวิตและระหว่างกลุ่มด้วย”

อย่างไรก็ตาม ความหมายที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดนั้นล้วนแสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดว่า นิเวศวิทยาเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อม อาจจะเป็น ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของสิ่งแวดล้อม หรือระหว่างสิ่งแวดล้อมหนึ่งกับกลุ่มสิ่งแวดล้อมก็ได้

2. ระบบนิเวศ

คำว่าระบบนิเวศ (Ecosystem) เซอร์ อัลเฟรด แทนสเลย์ (Sir Alfred Tansley) นักชีววิทยาชาวอังกฤษเป็นคนแรกที่ใช้คำว่า Ecosystem ในปี ค.ศ. 1935 ความจริงแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศได้เกิดขึ้นก่อนหน้านี้นานแล้ว เพียงแต่เรียกชื่อแตกต่างกันออกไปเท่านั้น คำว่า “Ecosystem” เป็นคำที่กะทัดรัด จึงนิยมใช้กันตั้งแต่นั้นมา

ระบบนิเวศ (Ecosystem) จึงมีความหมายเกี่ยวกับ “การอยู่ร่วมกัน การมีความสัมพันธ์กันของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ หรือสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ที่ไม่มีชีวิตที่เกิดขึ้นบนพื้นที่หนึ่ง ๆ ก่อให้เกิดการถ่ายทอดพลังงาน การหมุนเวียนธาตุอาหาร มีการรักษาสสมดุลของระบบ ทำให้ระบบนั้นอยู่ได้” อย่างไรก็ตามระบบนิเวศมีความหมายกว้างขวางมาก สถานที่ที่มีสิ่งมีชีวิตอยู่นั้น จัดเป็นระบบนิเวศได้ทั้งนั้น จึงสามารถศึกษาระบบนิเวศได้ในพื้นที่ที่มีขนาดแตกต่างกันออกไป เช่น มหาสมุทร ทะเล เกาะ อ่างเลี้ยงปลา แม้แต่หลอดทดลองที่เลี้ยงแบคทีเรียในห้องปฏิบัติการ ถ้ามีองค์ประกอบครบถ้วน สามารถควบคุมตนเองได้เป็นอิสระจากระบบอื่น รวมทั้งควบคุมระบบให้อยู่ในสภาวะสมดุลได้ ถือว่าเป็นระบบนิเวศได้ทั้งสิ้น

การศึกษาระบบนิเวศหนึ่ง ๆ จะศึกษาในด้าน

- โครงสร้าง (Structure) ของระบบนิเวศ
- บทบาทหน้าที่ (function) ของระบบนิเวศ

ซึ่งแต่ละระบบจะมีความสลับซับซ้อนแตกต่างกันไป แต่โครงสร้างของระบบนิเวศที่สมบูรณ์จะมีองค์ประกอบที่คล้ายคลึงกัน

3. โครงสร้างของระบบนิเวศ

ระบบนิเวศหนึ่ง ๆ ประกอบขึ้นมาจากสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในระบบนิเวศหนึ่ง ๆ มีมากมายหลายชนิด และแต่ละชนิดก็มีจำนวนหลาย ๆ ตัว ซึ่งต่างก็มีความสัมพันธ์กันในลักษณะที่แตกต่างกันไป ซึ่งอาจกล่าวคร่าว ๆ ได้ว่า สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง (Species) จะไม่อยู่อย่างโดดเดี่ยว การอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน บนพื้นที่หนึ่ง ในช่วงระยะเวลาหนึ่งนั้น จะเรียกว่าเป็นประชากร (population) และถ้าประชากรของสิ่งมีชีวิตหลาย ๆ ชนิดมาอาศัยอยู่ร่วมกันในมาตรของเวลา และสถานที่เดียวกัน จะเรียกว่าเป็น กลุ่มสิ่งมีชีวิต หรือสังคมของสิ่งมีชีวิต (Community หรือ Biotic Community) กลุ่มสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีความต้องการปัจจัยต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตที่แตกต่างกันรวมถึงความต้องการพื้นที่สำหรับอยู่อาศัย (Habitat) และอาหาร ซึ่งทำให้แต่ละชนิดมีบทบาทและความสำคัญในระบบนิเวศ (Ecological Niche หรือ Niche) แตกต่างกันไป ประชากรที่มีจำนวนสมาชิกมากและมีความสำคัญมากในนิเวศนั้นถูกจัดเป็นสิ่งมีชีวิตเด่น (Dominant species) ประชากรที่มีจำนวนน้อยหรือมีบทบาทความสำคัญน้อยกว่าจะถูกเรียกว่า สิ่งมีชีวิตรอง (Associated species)

จะเห็นได้ว่า ลักษณะโครงสร้างของระบบนิเวศมีองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ 2 ประการ คือ องค์ประกอบที่มีชีวิต (Biotic Component) กับองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต (Abiotic Component)

3.1 องค์ประกอบที่มีชีวิต

1) ผู้ผลิต (Producers) ได้แก่พืชสีเขียวทุกชนิดที่สามารถนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาสร้างอาหาร จากอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร ที่มีโครงสร้างทางเคมีที่ไม่ซับซ้อนได้เรียกว่า พวกออโตทรอฟิก (Autotrophic component) เมื่อพืชพวกนี้ตรึงพลังงานจากแสงอาทิตย์โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงแล้วเปลี่ยนสภาพพลังงานแสงไปเป็นพลังงานทางชีวเคมี ในรูปคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน ที่มีอยู่ในพืชซึ่งใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์ได้

2) ผู้บริโภค (Consumers) ได้แก่ พวกที่ต้องพึ่งพาอาศัยพวกอื่นในการสังเคราะห์อาหารเพราะไม่สามารถสร้างอินทรีย์สารได้เอง ซึ่งเรียกว่า เฮเทอโรทรอฟิก (Heterotrophic) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 พวกตามลำดับดังนี้

(1) ผู้บริโภคปฐมภูมิ (Primary Consumers) ได้แก่ สัตว์ที่กินพืช (Herbivores) ผู้บริโภคเหล่านี้เป็นพวกที่กินและได้รับพลังงานจากพืช เช่น ช้าง ม้า วัว ควาย แพะ แกะ และแมลงต่าง ๆ รวมทั้งผู้บริโภคเศษอินทรีย์ เช่น กิ้งกือ ไส้เดือน หอย

(2) ผู้บริโภคทุติยภูมิ (Secondary Consumers) ได้แก่ สัตว์กินสัตว์ (Carnivores) เป็นผู้บริโภคประเภทสัตว์ที่กินพืชอีกทอดหนึ่ง เช่น กบ งู และปลา

(3) ผู้บริโภคตติยภูมิ (Tertiary Consumers) ได้แก่ พวกที่กินทั้งสัตว์กินพืช และทั้งสัตว์กินสัตว์ (Top Carnivores) นอกจากนี้ยังได้แก่สิ่งมีชีวิตที่ไม่ถูกกินโดยสัตว์อื่น ๆ ต่อไปกล่าวคือ เป็นสัตว์ที่อยู่ในลำดับสุดท้ายของการถูกกินเป็นอาหาร เช่น มนุษย์ จัดอยู่ในจำพวกที่กินอาหารทุกชนิดไม่เลือก เราเรียกว่าพวกออมนิวัสต์ (Omnivores)

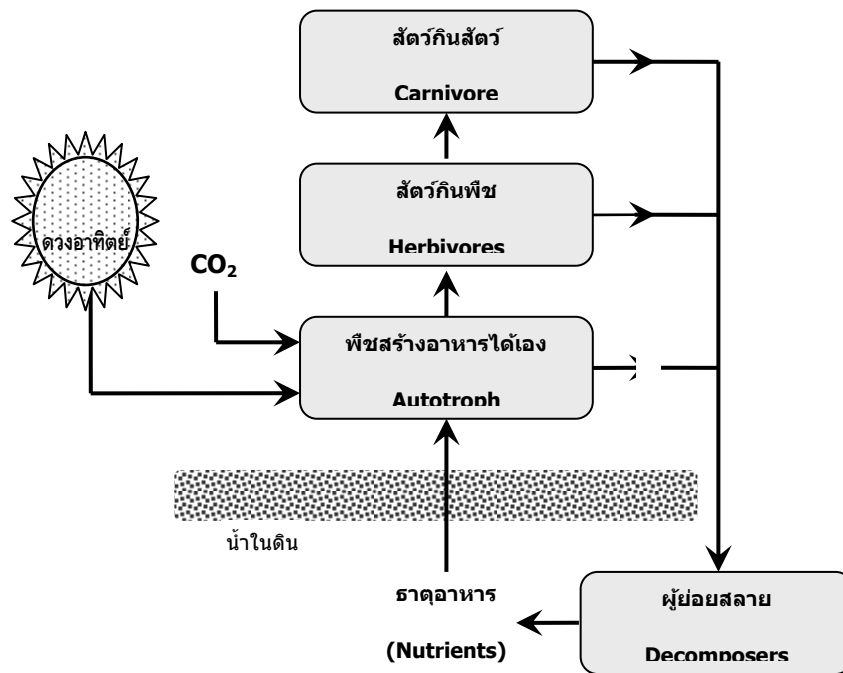
3) ผู้ย่อยสลาย (Decomposers) ได้แก่พวกเห็ด รา แบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ต่าง ๆ เป็นพวกที่ดำรงชีวิตโดยการดูดซึมอาหารในซากพืช ซากสัตว์ พวกนี้จะช่วยในการทำลายหรือย่อยซากพืช ซากสัตว์ให้เน่าเปื่อย จนในที่สุดจะสลายตัวเป็นธาตุอาหารและปุ๋ย ซึ่งเรียกว่าสารโภชนะ (Nutrient Pool) เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตต่อไป

3.2 องค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต

1) สารอินทรีย์ ได้แก่ สารประกอบคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้ง น้ำตาล เซลลูโลส สารประกอบโปรตีน ซึ่งรวมทั้งโพลีเพปไทด์ กรดอะมิโน และอื่น ๆ สารประกอบลิพิดส์ (Lipids) เช่น ไขมัน น้ำมัน สารประกอบเหล่านี้อยู่ในสิ่งแวดล้อมในรูปของสิ่งไม่มีชีวิต เมื่อร่างกายของสิ่งมีชีวิตตายไปก็จะสลายตัวเป็นขุยอินทรีย์ (Humus) มีสีคล้ำ หรือสีน้ำตาล มีคุณสมบัติช่วยให้ดินเหมาะสมในการเพาะปลูก

2) สารอนินทรีย์ ได้แก่ สารประกอบอนินทรีย์และแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น น้ำ คาร์บอน ไนโตรเจน ตลอดจนแร่ธาตุทั้งหมดที่อยู่ในวัฏจักรของสารในระบบนิเวศ

3) สภาพภูมิอากาศ (Climatic Conditions) เป็นปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณแสงแดด และลม เป็นต้น



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง trophic levels .ในระบบนิเวศ

4. บทบาทหน้าที่ของระบบนิเวศ

ระบบนิเวศที่มีอยู่ทุกแห่งในโลก จะมีหน้าที่ภายในระบบทั้งสิ้น เช่น มีการถ่ายเทพลังงาน และการหมุนเวียนของธาตุอาหารระหว่างสมาชิกภายในระบบ กิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในโลกดำเนินไปได้ด้วยการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานจากดวงอาทิตย์เข้าสู่ระบบนิเวศในรูปของแสง พืชใบเขียวทุกชนิดจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานเคมีด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งในการนี้จะมีการคายความร้อน ไอน้ำ และออกซิเจนออกมา หากระบบนิเวศนั้นอยู่ในดุลยภาพ ปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ ที่ไหลวนเวียนอยู่ในระบบนิเวศจะคงที่ แต่ปริมาณแร่ธาตุที่อยู่ในแต่ละส่วนของระบบนิเวศ เช่น ในพืชหรือในสัตว์นั้นย่อมแตกต่างกันไป หากธาตุอาหารถูกเคลื่อนย้ายออกไปจากระบบนิเวศย่อมทำให้เกิดการขาดดุลในระบบนั้น เช่น แร่ธาตุที่ละลายน้ำจะถูกน้ำพัดพาออกไป การเก็บเกี่ยวพืชผลต่าง ๆ ก็เป็นการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารและพลังงานออกจากระบบนิเวศหนึ่งไปสู่อีกระบบนิเวศหนึ่ง

4.1 การถ่ายเทพลังงาน (Energy Flow)

พลังงานเป็นสิ่งที่ไม่มีตัวตน แต่เป็นตัวการที่ก่อให้เกิดกิจกรรมขึ้นในทุกหนทุกแห่ง พลังงานคือ ความสามารถที่จะทำงานหรือก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น การที่ใบไม้ร่วงลงสู่พื้นดิน คนป็นเขา การเกิดแสงสว่างขึ้นในหลอดไฟฟ้า จึงนับว่าเป็นการใช้พลังงานทั้งสิ้น

พลังงานปรากฏอยู่ในหลายรูปแบบ ทั้งที่เป็นพลังงานในรูปของความร้อน แสง เสียง เคมี ไฟฟ้า พลังงานศักย์ พลังงานจลน์ ฯลฯ พลังงานสามารถเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบหนึ่งไปยังรูปแบบหนึ่งได้ ซึ่งในกระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานนี้ นักวิทยาศาสตร์ได้พบปรากฏการณ์ที่สำคัญ ซึ่งสรุปออกมาเป็นกฎของการถ่ายเทพลังงาน (law of thermodynamics) ดังนี้คือ

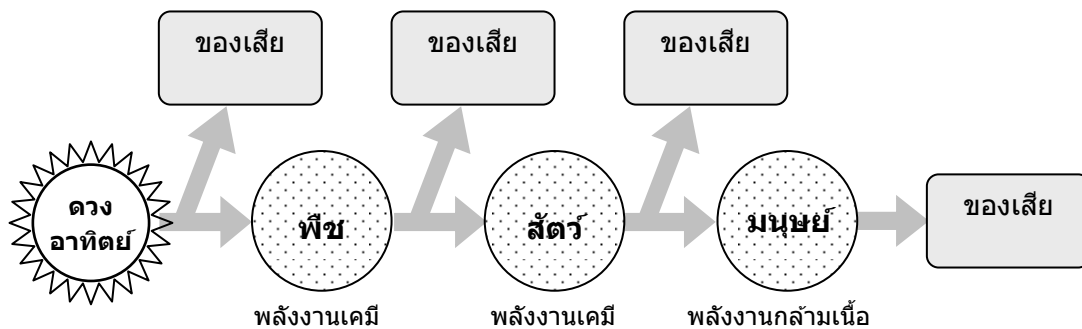
กฎข้อที่ 1 พลังงานจะไม่สามารถถูกสร้างขึ้นใหม่หรือถูกทำลาย

กฎข้อที่ 2 พลังงานสามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ และรูปแบบของพลังงานใหม่ จะมีความสามารถในการทำงานน้อยลง เพราะพลังงานส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบดังกล่าว

ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจน คือ การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบพลังงานในเครื่องยนต์ เมื่อเกิดการเผาผลาญน้ำมัน ซึ่งเป็นพลังงานเคมีในลูกสูบ พลังงานส่วนหนึ่งจะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานจลน์ หรือพลังงานขับเคลื่อน ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งซึ่งเป็นส่วนใหญ่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานขับเคลื่อน แต่จะหลุดออกไปตามท่อไอเสีย ในรูปของความร้อนจากการเผาผลาญ ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และเขม่าควัน ซึ่งกระบวนการนี้ไม่มีพลังงานที่ถูกสร้างขึ้นใหม่และพลังงานที่ถูกทำลาย (กฎข้อที่ 1) แต่มีพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปแล้ว ซึ่งบางส่วนเปลี่ยนไปเป็นรูปของพลังงานที่ไม่พึงปรารถนา หรือใช้ประโยชน์ต่อไปไม่ได้ (กฎข้อที่ 2)

สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจำเป็นต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ กัน เพื่อความอยู่รอด ด้วยเหตุนี้เอง พลังงานจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของพลังงานทั้งหมด และเป็นพลังงานที่มีระเบียบมากที่สุด จึงต้องเปลี่ยนแปลงเป็นรูปแบบอื่นที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การถ่ายเทพลังงานในระบบนิเวศจึงเริ่มจากแหล่งต้นกำเนิดของพลังงาน คือดวงอาทิตย์ ซึ่งพืชจะเป็นผู้ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงานจากแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานเคมีในต้นพืชด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งในช่วงนี้เองจะมีการสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปในรูปของการคายความร้อน ไอน้ำ และออกซิเจน เมื่อพลังงานเคมีในพืชถ่ายเทไปยังสัตว์ซึ่งเป็นผู้บริโภคในระดับต่าง ๆ กัน ก่อนจะถึงมนุษย์ การสูญเสียพลังงานก็จะเกิดขึ้นอีก

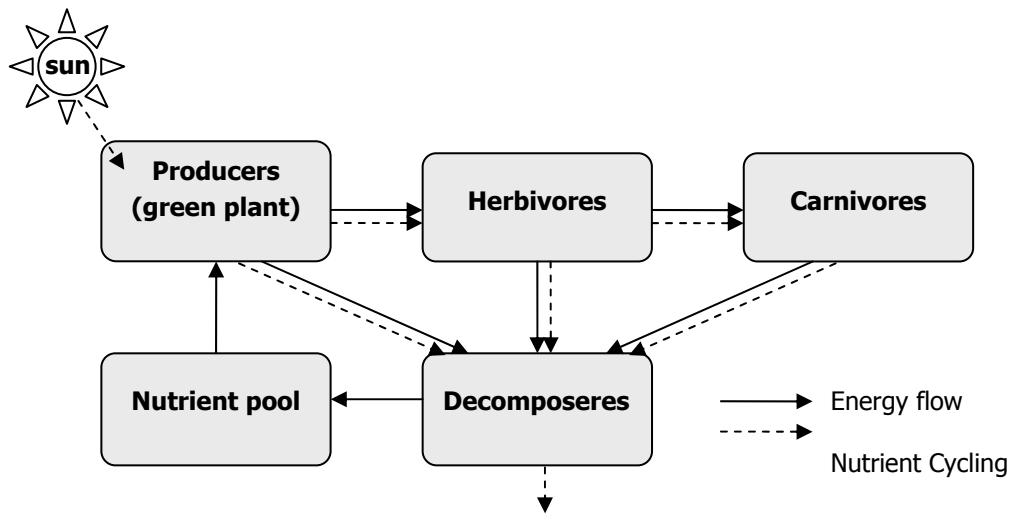
ทั้งนี้เพราะสัตว์ไม่สามารถบริโภคทุกส่วนของต้นไม้ อาจมี กิ่ง ก้าน เปลือกและเมล็ด ที่สัตว์กินไม่ได้เหลือทิ้งไว้เป็นของเสีย ส่วนที่กินได้ก็จะเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานเคมี (อาหาร) และมีการสูญเสียพลังงานในรูปของสิ่งปฏิภูลที่ถูกขับถ่ายออกมา เมื่อมนุษย์ซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้ายกินเนื้อสัตว์ การเปลี่ยนแปลงและการสูญเสียพลังงานก็จะเกิดขึ้นอีกในทำนองเดียวกัน เพราะนอกจากการเสียแรงงานในการล่าหรือจับสัตว์มาเป็นอาหารแล้ว ยังต้องทิ้งบางส่วนของสัตว์ที่ไม่สามารถกินได้ เช่น ขน หนัง กระดูก และเล็บสัตว์ เป็นต้น และในส่วนของมนุษย์กินเข้าไปนั้น ในที่สุดก็จะถูกขับถ่ายออกมาจากร่างกาย กลายเป็นสิ่งปฏิภูลและความร้อนที่ใช้งานไม่ได้ ซึ่งจะแปรสภาพเป็นปุ๋ย ใช้เป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ต่อไปได้อีก



รูปที่ 4.2 การถ่ายเทและการสูญเสียพลังงานในรูปของเสียและความร้อน

4.2 การหมุนเวียนของธาตุอาหาร (Nutrient Cycling)

อาหาร คือ พลังงานเคมีรูปหนึ่ง การหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศ จึงเป็นการหมุนเวียนหรือการถ่ายเทพลังงานนั่นเอง สิ่งมีชีวิตทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นหรือตายก็ตาม เป็นแหล่งของพลังงานอาหารที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น การหมุนเวียนของพลังงานจะเป็นไปในทิศทางเดียวเสมอคือ จากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภค เช่น การถ่ายเทของพลังงานอาหารจากต้นหญ้าไปสู่กระต่าย และจากกระต่ายไปสู่สุนัขจิ้งจอก โดยที่กระต่ายกินหญ้าแล้วสุนัขจิ้งจอกกินกระต่ายอีกต่อหนึ่ง เส้นทางของการถ่ายเทพลังงานอาหารนี้เรียกว่า ห่วงโซ่อาหาร (food chain)



รูปที่ 4.3 แบบจำลองของการถ่ายเทพลังงาน (Energy Flow) และการหมุนเวียนของธาตุอาหาร (Nutrient Cycling)

ห่วงโซ่อาหาร (Food Chain) คือการเคลื่อนย้ายหรือถ่ายทอดพลังงานในรูปแบบของสารอาหารในระบบนิเวศ จากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภค และจากผู้บริโภคไปยังผู้บริโภคลำดับต่อไป เป็นลำดับขั้นโดยการกินและถูกกิน เนื่องจากการถ่ายทอดสารอาหารจะมีพลังงานสูญหายไป ในรูปของความร้อน ประมาณ 80-90 % ดังนั้นลำดับการกินของห่วงโซ่อาหารจะมีจำกัด ห่วงโซ่อาหารใดมีลักษณะสั้นจะมีประสิทธิภาพดีเพราะพลังงานรั่วไหลไปจากห่วงโซ่อาหารได้น้อย

ลักษณะของห่วงโซ่อาหารโดยทั่วไป แบ่งออกได้เป็น 4 แบบ คือ

1. ห่วงโซ่อาหารแบบจับกิน (Predator Chain) เป็นห่วงโซ่อาหารที่เริ่มต้นจากผู้ผลิตที่เป็นพืชถูกสัตว์ขนาดเล็กกินและสัตว์ขนาดเล็กถูกสัตว์ขนาดใหญ่กว่าจับกินเป็นทอด ๆ ในลักษณะของผู้ล่าเหยื่อ (Predator) กับเหยื่อ (Prey) ดังแผนภูมิด้านล่างนี้

แพลงก์ตอนพืช ---> แพลงก์ตอนสัตว์ ---> ตัวอ่อนแมลง ---> ปลาเล็ก ---> ปลาใหญ่

2. ห่วงโซ่อาหารแบบเศษอินทรีย์ (Detritus Food Chain) เป็นห่วงโซ่อาหารที่เริ่มจากซากอินทรีย์ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายแล้วจึงถูกสัตว์กิน และสัตว์นี้ก็เป็นอาหารของสัตว์อื่นต่อไปตามลำดับ อาจเรียกห่วงโซ่อาหารนี้ว่า ห่วงโซ่อาหารแบบแซฟโทรไฟต์ (Saprophytic Chain) เช่น

เศษใบไม้ ---► ปู, กุ้ง, หอย ---► ปลา ---► นก

3. ห่วงโซ่อาหารแบบปรสิต (Parasitic Chain) เป็นห่วงโซ่อาหารที่เริ่มจากผู้ถูกอาศัย (Host) ลำดับหนึ่งไปยังผู้อาศัยลำดับต่อไป เช่น

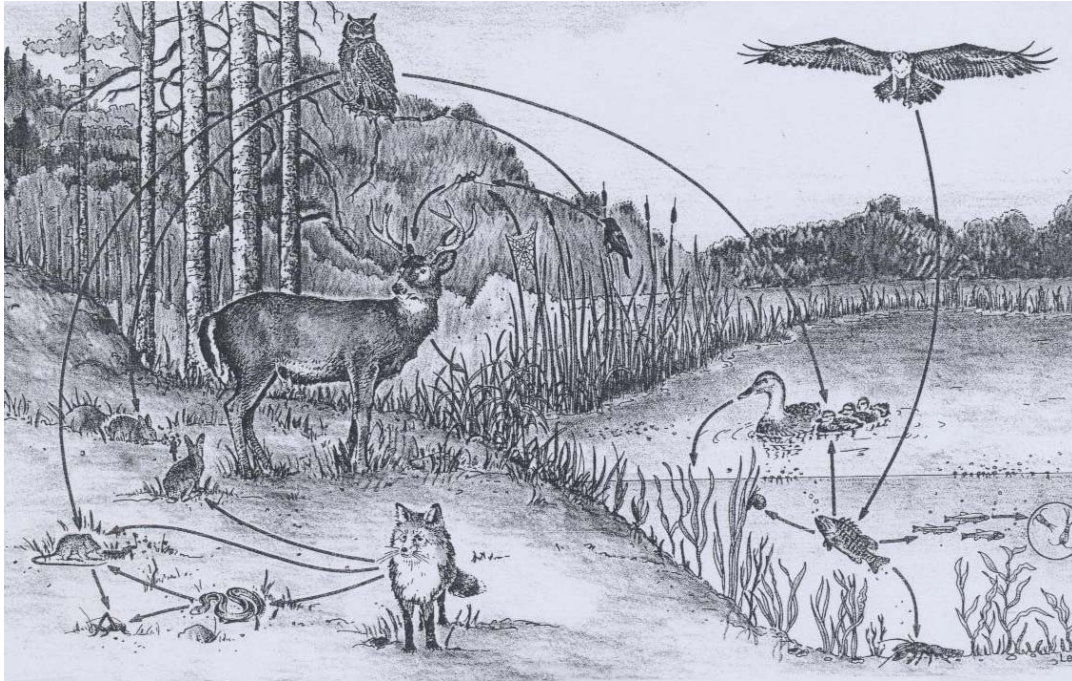
นก ---► ไرنก ---► โปรโตซัว ---► แบคทีเรีย ---► ไวรัส

4. ห่วงโซ่อาหารแบบเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous Food Chain) เป็นห่วงโซ่อาหารหลาย ๆ แบบผสมกันอยู่ในสายเดียวกัน เช่น

พืช ---► แมลง ---► นก ---► ไرنก

พืช ---► โค ---► เหลือบ ---► นก

โดยธรรมชาติแล้ว ในแต่ละระบบนิเวศจะประกอบไปด้วยโครงข่ายของลูกโซ่ การถ่ายเทอาหารจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกัน ในทางนิเวศวิทยาเรียกว่า ข่ายใยอาหาร (food webs) ซึ่งประกอบด้วยห่วงโซ่อาหารหลายห่วงเชื่อมโยงกันและมีความสัมพันธ์กัน พืชหรือสัตว์ที่อยู่ในระดับต่ำจะเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตในระดับสูงหลายชนิด ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในชุมชนส่วนใหญ่อยู่ในรูปข่ายใยอาหาร ลักษณะสำคัญของข่ายใยอาหารจึงมีความสลับซับซ้อน มีความหลากหลายทางชีวภาพ (Bio-diversity) มากซึ่งจะช่วยรักษาความสมดุลของธรรมชาติเป็นอย่างดี



รูปที่ 4.4 ข่ายใยอาหารบนบกและในแหล่งน้ำ

ในธรรมชาติจริง ๆ นั้น ลักษณะโครงข่ายของการถ่ายเทอาหารในแต่ละระบบนิเวศ จะมีความสลับซับซ้อนมาก เพราะการถ่ายเทอาหารจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคระดับต่าง ๆ มีความซับซ้อน นอกจากนั้นยังมีธรรมชาติเป็นตัวกำหนดจำนวนพลังงานที่สิ่งมีชีวิตควรจะได้รับ เพียงแต่ภายในโครงข่ายเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ในโครงข่ายของการถ่ายเทอาหารแต่ละโครงข่ายจึงมีการถ่ายเทพลังงานตามกฎข้อที่ 2 คือ มีทั้งการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงานและการสูญเสียพลังงาน

รูปแบบของลูกโซ่การถ่ายเทอาหารจะเห็นว่าสิ่งมีชีวิตอยู่ในแต่ละระดับของผู้บริโภค และผู้ถูกบริโภค ระดับนี้เรียกว่า ระดับขั้นการบริโภค (trophic level) กล่าวคือ พืชสีเขียวเป็นระดับขั้นการบริโภคระดับที่หนึ่ง สัตว์กินพืชอยู่ในระดับที่สอง สัตว์ที่กินสัตว์ที่กินพืชจัดอยู่ในระดับขั้นการบริโภคระดับสาม และสัตว์ที่กินสัตว์อื่นจะอยู่ในระดับที่สี่ และต่อไปเรื่อย ๆ อย่างไรก็ตามมีสัตว์บางชนิดที่จัดเป็นพวกกินทั้งพืชและสัตว์ สัตว์พวกนี้จึงอยู่ในระดับขั้นการบริโภค

มากกว่าหนึ่งระดับ เช่น มนุษย์ เป็นต้น ถ้ามนุษย์บริโภคเพียงผักหรือผลไม้โดยตรง หมายความว่ามนุษย์อยู่ในระดับขั้นการบริโภคระดับที่สอง แต่ถ้ามนุษย์กินเบ็ดหรือไก่ หมายความว่าอยู่ในระดับขั้นการบริโภคสูงขึ้นเป็นระดับที่สามหรือสี่ หรืออาจจะเป็นระดับที่ห้าก็ได้ แล้วแต่กรณี อย่างไรก็ตาม การที่มีธรรมชาติเป็นตัวกำหนดจำนวนพลังงานอาหารภายในโครงข่ายดังกล่าวแล้ว พลังงานอาหารในระดับขั้นการบริโภคในระดับต่ำจึงมีมากกว่าระดับที่สูงขึ้นไป ในระดับขั้นการบริโภคสูงสุด ปริมาณพลังงานอาหารที่ประกอบอยู่ก็จะต่ำที่สุด