

บทที่ 9 สิ่งแวดล้อมในน้ำ

พื้นผิวโลกมีน้ำปกคลุมอยู่มากถึง 71 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งหมด พื้นที่ที่เป็นน้ำส่วนใหญ่เป็นทะเลและมหาสมุทร ความลึกเฉลี่ยของพื้นที่น้ำทั้งโลกมีความลึกประมาณ 3,000 เมตร มนุษย์เรียนรู้ถึงความสำคัญของน้ำในแง่ของตัวทำละลายที่ดี ในแง่ที่เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำที่เป็นอาหารและในแง่ของสิ่งจำเป็นต่อร่างกาย อย่างไรก็ตามมนุษย์ก็ไม่ต่างจากสัตว์บกอื่น ๆ เพราะยังคงคิดว่าพื้นที่น้ำเป็นเพียงพื้นที่ที่กั้นขวางพื้นดินทำให้การสัญจรไปมาไม่ง่ายเหมือนบนบก

ในแง่ของวิวัฒนาการพื้นที่น้ำแบ่งแยกแผ่นดินทำให้สิ่งมีชีวิตบนบกแพร่กระจายและไปมาหากันไม่ได้ ข้อนี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ population ถูกแยกออกจากกันและในระยะยาวทำให้เกิดการวิวัฒนาการไปเป็นสิ่งมีชีวิตชนิด (species) ใหม่ ในแง่ของทรัพยากรมักเข้าใจกันผิดว่าทะเลและมหาสมุทรเป็นแหล่งทรัพยากรใหญ่ที่ใช้ไม่มีวันหมด ความคิดเช่นนี้เป็นเรื่องผิดเพราะน้ำในมหาสมุทรมีแร่ธาตุอาหารน้อย จะมีพอเพียงกับการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์น้ำก็เพียงบริเวณใกล้ชายทะเลและบริเวณปากน้ำ ยิ่งไกลลึกออกไปในมหาสมุทรลักษณะก็ไม่ต่างจากทะเลทรายที่เว้งว่าง ถ้าจะใช้ทะเลเป็นที่ทิ้งขยะและสิ่งปฏิกูลก็ไม่ถูกเรื่องนัก เพราะการทำเช่นนั้นเป็นการคอนแทมมิเนท (contamination) ลุกโซ่อาหาร สุดท้ายก็เป็นอันตรายต่อคนเพราะคนเป็นสิ่งมีชีวิตที่อยู่ปลายลูกโซ่อาหาร

ความคิดความเข้าใจในเรื่องที่กล่าวมารวมทั้งความพยายามของรัฐที่อยู่ติดทะเลที่จะเป็นเจ้าของพื้นที่ทะเลให้มากที่สุดเป็นเหตุให้การศึกษาสิ่งแวดล้อมในน้ำเป็นเรื่องจำเป็น ปัญหาประชากรที่เพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คนต้องอาศัยทรัพยากรจากทั้งน้ำจืดและจากทะเลโดยไม่มีทางเลือก นอกจากนี้คนยังต้องการพื้นที่น้ำเพื่อการนันทนาการ ดังนั้นความเข้าใจเรื่องสิ่งแวดล้อมในน้ำจึงเป็นเรื่องจำเป็นที่ต้องทราบ

โครงสร้างและคุณสมบัติของน้ำ

น้ำจำเป็นสำหรับทุกชีวิตในโลกทั้งยังเป็นสารประกอบที่มีมากที่สุดในร่างกายสิ่งมีชีวิต ที่เป็นเช่นนี้เพราะคุณสมบัติทั้งทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำต่างไปจากสารอื่น เอกลักษณะของน้ำขึ้นอยู่กับโครงสร้างอะตอมและการเกาะของอะตอม (bonding) ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของน้ำประกอบด้วยความสามารถของโมเลกุลน้ำที่อยู่ได้ทั้งในรูปของแข็ง ของเหลวและแก๊ส ในสภาพสมดุลย์นิวเคลียสของอะตอมของโมเลกุลน้ำเกาะกันเป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว โดยมีมุมป้านประมาณ 104.5° อยู่ที่นิวเคลียสของออกซิเจน (Eisenberg and Kanizmann, 1969) ความยาวของบอนด์ (bond) จากศูนย์กลางของออกซิเจนไปถึงศูนย์กลางของไฮโดรเจนยาวประมาณ 0.96×10^{-8} ซม.

ถ้าพิจารณาในแง่ของชลวิวิทยาความหนาแน่นของน้ำเป็นคุณสมบัติที่สำคัญต่อชีวิตในน้ำ คุณสมบัตินี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการเกาะของโมเลกุลน้ำ เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นขอให้ดูโครงสร้างของน้ำแข็งก่อนเพราะว่าคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของน้ำแข็งเป็นที่เข้าใจกันดีกว่าน้ำ ทุกออกซิเจนอะตอมเป็นศูนย์กลางของรูปเทตราฮีดรอน (tetrahedron) ซึ่งมีออกซิเจนอีกสี่อะตอมเป็นมุม แต่ละอะตอมห่างกัน 2.76×10^{-8} ซม. ทุกโมเลกุลของน้ำเกาะกับโมเลกุลใกล้เคียงสี่โมเลกุลโดยไฮโดรเจนบอนด์ ส่วนบอนด์ O-H จะรวมกับคู่อิเล็กตรอนของโมเลกุลน้ำอีกสองโมเลกุลที่อยู่ใกล้กันเกิดเป็นบอนด์ O-H-O สองบอนด์ ขณะเดียวกันคู่อิเล็กตรอนที่เหลือของสองโมเลกุลนี้จะไปรวมกับบอนด์ O-H ของโมเลกุลที่อยู่ใกล้กันเกิดเป็น O-H-O บอนด์อีก การจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบนี้เป็นชั้น (lattice) ซึ่งมีช่องว่างระหว่างชั้นทำให้แรงเกาะระหว่างโมเลกุลมากขึ้น

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นน้ำแข็งละลาย ความร้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้โมเลกุลน้ำสั่นเคลื่อนไหวเป็นเหตุให้ไฮโดรเจนบอนด์บิดเบี้ยวหรือแตกขาดจากกัน ผลที่ติดตามมาคือช่องว่างระหว่างชั้นที่เคยมีถูกปิดให้เต็มเป็นเหตุให้ความหนาแน่นของน้ำ (density) สูงขึ้นจนถึงจุดที่ความหนาแน่นสูงสุด (density = 1) ที่อุณหภูมิ 4°C ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 4°C ขึ้นไปการสั่นสะเทือนของโมเลกุลน้ำก็มากขึ้น ทำให้ระยะระหว่างอะตอมของโมเลกุลน้ำเพิ่มขึ้น ผลคือน้ำขยายตัวมากขึ้นและความหนาแน่นลดลง สรุปได้ว่าน้ำมีความหนาแน่นสูงสุดที่อุณหภูมิ 3.94°C (มักใช้ค่าอุณหภูมิที่ไม่มีทศนิยมคือ 4°C) แต่มีปริมาตรต่ำสุดที่อุณหภูมินี้

ความหนาแน่นของน้ำแข็งบริสุทธิ์ที่ 0°C มีค่าเท่ากับ 0.9168 ซึ่งน้อยกว่าความหนาแน่นของน้ำที่ 0°C (0.99987) ประมาณ 8.5 เปอร์เซ็นต์ ถ้าพิจารณาความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่างกันจะพบว่าอุณหภูมิต่ำหรือต่ำกว่า 4°C ทำให้ความหนาแน่นของน้ำต่างกันมากแม้ว่าอุณหภูมิต่างกันเพียงองศาเดียว ความจริงข้อนี้ทำให้ต้องใช้งานหรือแรงงานที่จะผสมน้ำต่างอุณหภูมิต่างกันเป็นเนื้อเดียวกัน ในทางฟิสิกส์งานที่ใช้ผสมมวลน้ำที่มีอุณหภูมิ 29°C กับมวลน้ำที่มีอุณหภูมิ 30°C มากกว่าแรงที่ใช้ผสมน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันที่มีอุณหภูมิ 4°C และ 5°C ถึง 40 เท่า ด้วยเหตุนี้การรวมตัวของน้ำชั้นบนที่อุณหภูมิต่ำกับน้ำชั้นล่างที่อุณหภูมิสูงในทะเลหรือทะเลสาบจึงต้องอาศัยกระแสลมที่แรงมากพอที่จะพัดน้ำชั้นบนลงไปผสมกับน้ำชั้นล่างที่มีความหนาแน่นต่างกันมาก

ความหนาแน่นของน้ำจะสูงขึ้นถ้าปริมาณเกลือแร่ที่ละลายในน้ำมีมาก ดังนั้นความหนาแน่นสูงสุดของน้ำทะเลจึงไม่ใช่ที่อุณหภูมิ 4°C ความเค็ม (salinity) ของน้ำทะเลลดอุณหภูมิความหนาแน่นสูงสุดของน้ำลงในอัตราประมาณ 0.2°C ต่อกรัมต่อลิตรของปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้น

ความหนาแน่นของน้ำ (ที่ 0°C ความดัน 760 มม.ปรอท) มากกว่าความหนาแน่นของอากาศ 775 เท่า ความหนาแน่นที่สูงมากนี้ทำให้เกิดแรงลอยตัว (buoyancy) สำหรับวัตถุที่อยู่ในน้ำ สิ่งมีชีวิตจึงใช้แรงน้อยเพื่อพยุงตัวเองเมื่ออยู่ในน้ำ

ลักษณะอีกประการหนึ่งของน้ำคือความหนืด (viscosity) ซึ่งลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในช่วงอุณหภูมิ 25°C ถึง 0°C ความหนืดจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าตัวเมื่ออุณหภูมิลดลงจาก 25°C ถึง 0°C ความหนืดของน้ำทำให้เกิดแรงต้านทานการเคลื่อนไหวในน้ำ แรงต้านทานนี้มากกว่าในอากาศถึง 100 เท่า การว่ายน้ำจึงต้องใช้แรงมากกว่าการวิ่งบนบก

แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำตามที่กล่าวมาข้างต้นไม่สมดุลย์ในระนาบผิวน้ำที่ติดต่อกันระหว่างน้ำกับอากาศ ความไม่สมดุลย์นี้ทำให้เกิดแรงดึงกลับเข้าไปในส่วนของน้ำที่เกิดเป็นแรงตึงผิว (surface tension) แรงตึงผิวจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยถ้ามีเกลือละลายในน้ำมาก ถ้ามีอินทรีย์วัตถุละลายอยู่ในน้ำมากแรงตึงผิวจะลดลง บ่อ หนอง คลอง บึงที่มีสาหร่ายและพืชน้ำมากแรงตึงผิวอาจลดลงถึง 20 ดาเยนต่อเซนติเมตร พื้นผิวน้ำที่

ติดต่อกับอากาศเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์บางชนิดที่ปรับตัวเองให้เกาะอยู่บนผิวน้ำได้ ตัวอย่างที่พบเสมอได้แก่จิ้งจกน้ำ community ของชีวิตที่อยู่บนผิวน้ำ เรียกว่า neuston

ไอโซโทป (isotope) ของไฮโดรเจนมี 3 ตัวได้แก่ ^1H , ^2H (deuterium) และ ^3H (tritium) ^3H เป็นธาตุที่สลายตัว (radioactive) มี half life 12.5 ปี เมื่อสลายตัวจะกลายเป็น ^3He ซึ่งส่วนใหญ่จะสูญหายจากบรรยากาศไปในอวกาศ ความเข้มข้นของ ^3H ในน้ำตามธรรมชาติต่ำมาก (ประมาณ 1 อะตอมต่อ 10^8 อะตอมของ ^1H) ส่วนออกซิเจนมีไอโซโทป 6 ตัวคือ ^{14}O , ^{15}O , ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O , ^{19}O ^{15}O , ^{19}O เป็นธาตุเรดิโอแอคทีฟที่สลายตัวเร็ว และมีน้อยในน้ำตามธรรมชาติ น้ำตามธรรมชาติอาจมี H_2^{18}O , H_2^{17}O และ HD^{16}O แต่พบในปริมาณน้อย (H_2^{18}O , 0.2 เปอร์เซ็นต์ H_2^{17}O ประมาณ 0.04 เปอร์เซ็นต์และ HD^{16}O ประมาณ 0.03 เปอร์เซ็นต์) น้ำที่ไอโซโทปอื่นเป็นองค์ประกอบมักไม่ค่อยพบ (Hutchinson, 1957)

คุณสมบัติที่สำคัญอีกข้อหนึ่งของน้ำคือความร้อนจำเพาะ (specific heat) สูง ความร้อนจำเพาะหมายถึงความร้อนที่ทำให้สารมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาหนึ่งหน่วยน้ำหนักของสารนั้น น้ำมีความร้อนจำเพาะเท่ากับ 1 ซึ่งมีสารไม่กี่ชนิดที่มีความร้อนจำเพาะสูงกว่าน้ำ แอมโมเนียเหลวมีความร้อนจำเพาะ 1.23 ไฮโดรเจนเหลวมีความร้อนจำเพาะ 3.4 สารส่วนมากมีความร้อนจำเพาะต่ำ หินมีความร้อนจำเพาะประมาณ 0.2 เท่านั้น ความร้อนจำเพาะของน้ำแข็งมีค่าเพียงครึ่งหนึ่ง (0.5) ของความร้อนจำเพาะของน้ำ ดังนั้นที่ 0°C น้ำจึงเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำแข็งได้ง่ายเพราะน้ำสูญเสียความร้อนเพียง 80 แคลอรีต่อกรัมเท่านั้น แต่น้ำเปลี่ยนสภาพเป็นไอต้องใช้ความร้อน 540 แคลอรีต่อกรัมเพื่อแยกไฮโดรเจนบอนด์ ในทำนองเดียวกันน้ำแข็งกลายเป็นน้ำก็ใช้ความร้อนน้อยกว่าการทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น

เนื่องจากความร้อนจำเพาะของน้ำสูงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำจึงช้าทั้งยังช่วยให้อุณหภูมิจากอากาศเหนือน้ำและเหนือพื้นดินที่อยู่ใกล้น้ำไม่เปลี่ยนแปลงรวดเร็ว ตัวอย่างได้แก่กระแสอุ่นกัลฟ์สตรีม (Gulf Stream) ที่ช่วยทำให้ภูมิอากาศของยุโรปตะวันตกดี อากาศในฤดูหนาวไม่หนาวมากส่วนฤดูร้อนอากาศชื้นเย็นและมีหมอกในฤดูใบไม้ร่วง พื้นดินบริเวณใกล้ทะเลสาบเช่นมลรัฐมิชิแกนก็มีปรากฏการณ์ธรรมชาติเช่นเดียวกัน เนื่องจากมีกระแสลม (prevailing wind) พัดผ่านทะเลสาบมิชิแกนไปทางตะวันออก

ปรากฏการณ์เช่นนี้นักวิชาการอเมริกันมักพูดว่า “The lake is steaming.”

สิ่งที่สำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิตในน้ำคือปริมาณออกซิเจนในน้ำ (dissolved oxygen = DO) ปกติน้ำเย็นมีออกซิเจนมากกว่าน้ำอุ่น ออกซิเจนในน้ำมาจากการละลายของออกซิเจนในอากาศและการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ ดังนั้นน้ำชั้นบนที่อยู่ใกล้อากาศและที่ความลึกที่แสงแดดส่องถึงจึงมีออกซิเจนมากพอสำหรับสิ่งมีชีวิต ที่ความลึกที่แสงแดดส่องไม่ถึงก็มีออกซิเจนน้อย นอกจากนี้การเน่าเปื่อยของอินทรีย์วัตถุที่จมลงจากน้ำชั้นบนต้องใช้ ออกซิเจนเป็นเหตุให้ปริมาณออกซิเจนน้อยลงไปอีก ถ้าน้ำชั้นบนกับชั้นล่างไม่ผสมกัน (โดยกระแสลมหรือโดยที่อุณหภูมิลดลงถึงจุดที่ความหนาแน่นของน้ำชั้นบนและชั้นล่างเท่ากัน) ปริมาณออกซิเจนจะลดลงตามความลึก

นอกจากออกซิเจนในน้ำที่เป็นปัจจัยจำกัดทางเคมี (chemical limiting factor) ของสิ่งมีชีวิตในน้ำแล้ว ไนเตรทและฟอสเฟตซึ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชน้ำก็เป็นปัจจัยจำกัดทางเคมีที่สำคัญเช่นกัน อย่างไรก็ตามมีปัจจัยเหล่านี้มากเกินไปก็ทำให้แพลงตอนและสาหร่ายเติบโตขยายจำนวนรวดเร็วที่เรียกว่า blooms ผลที่ติดตามมาคือน้ำจะขาดออกซิเจนเนื่องจากการเน่าเปื่อยของพวกสาหร่ายและแพลงตอนหลังจากตายแล้ว แบคทีเรียที่ย่อยซากพวกนี้ต้องใช้ ออกซิเจนในการหายใจเพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ในขบวนการนี้ แต่โดยทั่วไปทั้งไนเตรทและฟอสเฟตก็มีไม่มากในน้ำ

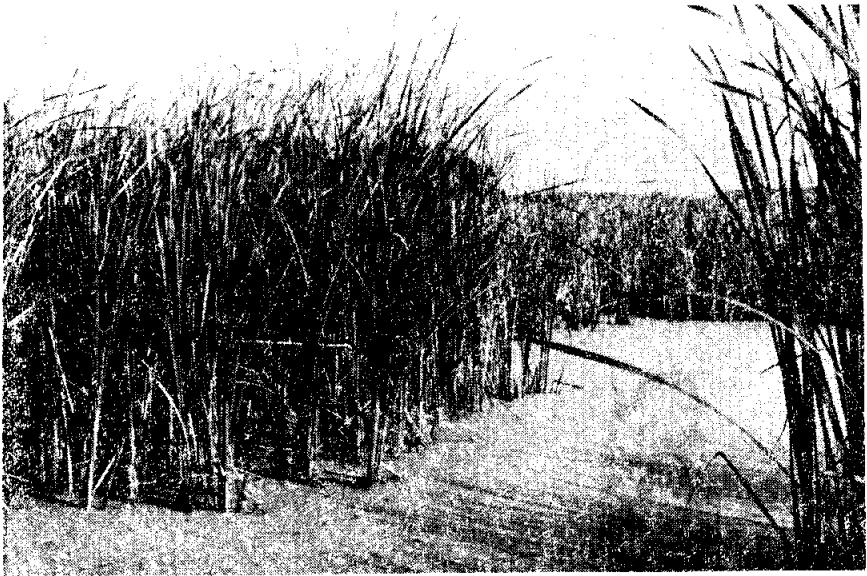
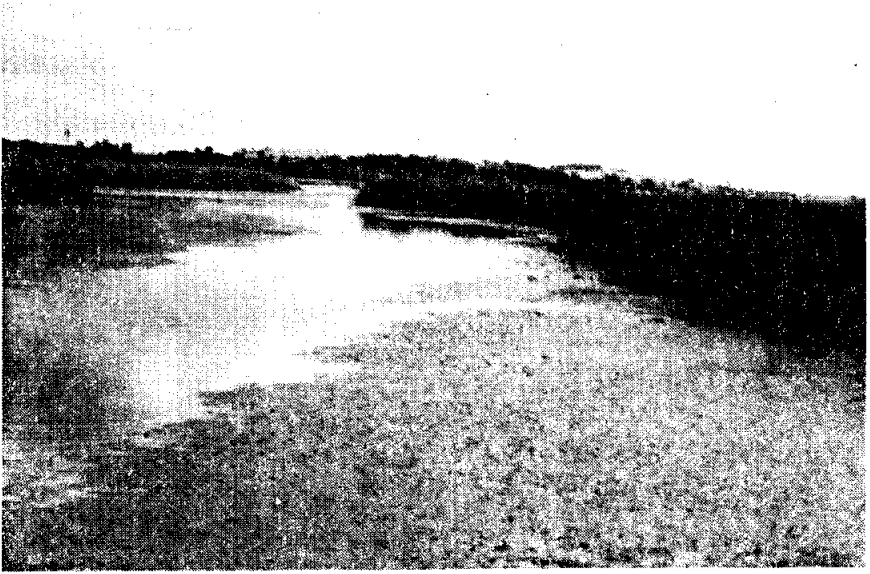
ระบบนิเวศน์ของทะเลสาบ

เนื่องจากน้ำมีลักษณะและคุณสมบัติต่างไปจากสารอื่น สิ่งแวดล้อมในน้ำจึงต่างไปจากสิ่งแวดล้อมบนบก แต่พลังงานแสงอาทิตย์ยังคงเป็นแหล่งพลังงานของระบบนิเวศน์ในน้ำ เช่นเดียวกับระบบนิเวศน์บนบก ในน้ำพืชสีเขียวยังคงเป็นผู้ผลิต (producer) เช่นเดียวกับบนบก แต่พืชน้ำที่เป็นพื้นฐานของลูกโซ่อาหารส่วนหนึ่งเป็นพวกเซลล์เดียวและพวกหลาย

เซลล์ขนาดเล็กที่ต้องอาศัยกระแสในการเคลื่อนย้าย พวกนี้เรียกว่า phytoplankton ส่วนพวกสัตว์ขนาดเล็กที่ต้องอาศัยกระแสพัดพาไปเรียกว่า zooplankton พวกนี้รวมทั้งโปรโตซัว ลูกปลา ลูกกุ้งและตัวอ่อนของแมลง ปลาที่พบในน้ำจืดมีที่อยู่อาศัยต่างกันไปตามแต่บ่อน้ำตื้น ๆ ไปจนถึงแม่น้ำและทะเลสาบ เพื่อให้เข้าใจสิ่งแวดล้อมในน้ำจืดลักษณะของทะเลสาบจึงเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาระบบนิเวศน์ในน้ำ นักนิเวศน์วิทยาแบ่งทะเลสาบออกเป็นโซน (zone) ใหญ่ ๆ 3 โซนคือ littoral, limnetic และ profundal

Littoral หมายถึงโซนน้ำตื้นของทะเลสาบตั้งแต่ริมฝั่งออกไปถึงบริเวณที่มีพืชใต้น้ำอาศัยอยู่ พืชที่พบตั้งแต่ริมฝั่งออกไปเป็นพวกอยู่เหนือน้ำ (emergent) พวกลอยน้ำ (floating) และพวกที่จมอยู่ใต้น้ำ (submerged) ตามลำดับ ทั้งสามพวกนี้มักมีรากและลำต้นอยู่ในดินใต้น้ำ ส่วนยอด (shoot) เท่านั้นที่โผล่ขึ้นเหนือน้ำหรือลอยน้ำหรือจมน้ำ พวกที่ยอดอยู่เหนือน้ำส่วนใหญ่เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้แก่พวกกก อ้อ ตัวแทนพวกที่ลอยน้ำได้แก่บัว พวกที่อยู่ใต้น้ำได้แก่พวกสาหร่ายหางกระรอก ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของสาหร่ายเซลล์เดียวและพวกรูปร่างง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนพบในโซนนี้ โซนนี้เป็นแหล่งสังเคราะห์หรือทริยวัตฤที่มีอิทธิพลต่อขบวนการต่าง ๆ ภายในระบบนิเวศน์ของทะเลสาบ ถ้าคิดอัตราการสังเคราะห์แสงหรือการฟิกส์คาร์บอน (carbon fixation) ต่อปริมาตรของน้ำ โซนนี้มีน้ำหนักสด (biomass) ของพืชและสัตว์มากกว่าอีกสองโซน

Limnetic zone หมายถึงน่านน้ำถัดจากโซนแรกออกไป โซนนี้ลึกลงไปถึงระดับความลึกที่ปริมาณแสงแดดที่ส่องผ่านน้ำลงไปเพียงพอต่อการสังเคราะห์แสง ที่ความลึกนี้การสังเคราะห์แสงสมดุลกับการหายใจ นักชีววิทยาเรียกความลึกที่ระดับนี้ว่า compensation depth ปกติความเข้มของแสงที่ความลึกนี้มีประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของแสงแดดทั้งหมดเหนือผิวน้ำ โซนนี้ขาดพืชน้ำที่มีรากหยั่งอยู่ในดิน พวกที่ทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตส่วนใหญ่ได้แก่ phytoplankton ส่วน zooplankton อาจลอยปะปนกับ phytoplankton ออกซิเจนในน้ำของโซนนี้ได้จากการสังเคราะห์แสงและการละลายของออกซิเจนในบรรยากาศ สัตว์น้ำขนาดใหญ่ของโซนนี้ได้แก่ปลา



รูป 9.2 Theresa marsh, Wisconsin ระบบนิเวศน์ที่มีการจัดการเพื่อเป็นที่พักระหว่างทางในการอพยพของ Canadian geese

Profundal zone หมายถึงโซนที่อยู่ใต้ limnetic zone ลงไปจนถึงก้นทะเลสาบ เนื่องจากมีแสงน้อยไม่เพียงพอต่อการสังเคราะห์แสง โซนนี้จึงไม่มีพืชสีเขียวอยู่ สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในส่วนที่เป็นโคลนเลนก้นทะเลสาบ ส่วนมากเป็นพวกแบคทีเรียและเชื้อราซึ่งอาจมีมากถึง 1 พันล้านตัวต่อเลน 1 กรัม พวกนี้มีหน้าที่ย่อยซากพืชและสัตว์ที่จมลงมายังก้นทะเลสาบ ธาตุอาหารต่าง ๆ รวมทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสถูกส่งไปในวัฏจักรในรูปของเกลือต่าง ๆ เนื่องจากโซนนี้อยู่ลึกปริมาณออกซิเจนในน้ำจึงน้อยและมักไม่เพียงพอสำหรับการหายใจของพวกจุลินทรีย์โดยเฉพาะในฤดูร้อนเมื่อน้ำอุ่นมีออกซิเจนละลายอยู่น้อย และการทำงานของจุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนมาก น้ำในโซนนี้จึงขาดออกซิเจนมากจนถึงจุดที่ปลาในน้ำอาจตายได้ ภาวะการณ์เช่นนี้เรียกว่า stagnation

ในเขตอบอุ่นอุณหภูมิของน้ำในทะเลสาบเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลจนสามารถแบ่งน้ำออกเป็นชั้นตามอุณหภูมิได้ ในฤดูร้อนน้ำชั้นบนได้รับความร้อนจากแสงแดดมากอุณหภูมิของน้ำชั้นบนจึงร้อนและอุณหภูมิจะอยู่ในระดับเดียวกันจนถึงที่ความลึกหนึ่งที่อุณหภูมิน้ำเริ่มลดลงโดยอุณหภูมิลดลง 1°C ทุกความลึก 1 เมตรที่ลดลง นักนิเวศน์วิทยาเรียกน้ำชั้นนี้ว่า metalimnion บางคนเรียกน้ำชั้นนี้ว่า thermocline ส่วนน้ำชั้นบนเรียกว่า epilimnion น้ำชั้นล่างใต้ thermocline เรียกว่า hypolimnion อุณหภูมิของน้ำชั้นล่างเย็นและอยู่ในระดับเดียวกันจนถึงก้นทะเลสาบ ถ้าทะเลสาบลึกมากน้ำในชั้นล่างอาจมีอุณหภูมิ $4-5^{\circ}\text{C}$ การที่น้ำแบ่งตัวเป็นชั้นตามอุณหภูมิที่ต่างกันเรียกว่า thermal stratification

เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลดังนั้นในแต่ละปีจะมีช่วงระยะหนึ่งที่อุณหภูมิน้ำชั้นบนและชั้นล่างเท่ากัน ในเขตอบอุ่นช่วงเวลานี้ เกิดในฤดูใบไม้ผลิและฤดูใบไม้ร่วง ความหนาแน่นของน้ำชั้นบนและชั้นล่างจะเท่ากันในช่วงเวลาดังกล่าวทำให้น้ำชั้นบนและชั้นล่างผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า turnover ถ้าเกิดในฤดูใบไม้ผลิเรียกว่า spring turnover ถ้าเกิดในฤดูใบไม้ร่วงเรียกว่า fall turnover ในระยะนี้ไม่มี thermal stratification

ระบบนิเวศน์ของลำธาร

แม้ว่าทะเลสาบและลำธารมีน้ำจืดเหมือนกันแต่ก็มีลักษณะและปัจจัยทางฟิสิกส์หลายอย่างต่างกัน ปัญหาการประมงน้ำจืดในลำธารที่เผชิญหน้านักวิชาการประมงจึงต่างไปจากที่พบในทะเลสาบ สิ่งแรกที่เป็นลักษณะพื้นฐานที่ต้องพิจารณาคือกระแส น้ำ กระแสน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญที่สัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยเฉพาะปลา การกระจายของปลาขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแส น้ำ ส่วนความเร็วของกระแสน้ำก็ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและความสูงต่ำของพื้นผิวภูมิประเทศ ลักษณะที่สองของลำธารคือขอบเขตระหว่างดินและน้ำ (land-water interface) ซึ่งเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำขอบเขตระหว่างดินและน้ำของลำธารมีมากกว่าของทะเลสาบ ลักษณะนี้มีส่วนทำให้ระบบนิเวศน์ของลำธารเป็นระบบเปิดมากกว่าทะเลสาบ ลำธารได้รับพลังงานจากแผ่นดินในรูปของกิ่งไม้ ใบไม้ ซากพืชและสัตว์รวมทั้งหน้าดินที่ถูกน้ำชะลงในลำธาร ดังนั้นผู้บริโภคน้ำในลำดับต้น ๆ ของลูกโซ่อาหารจึงเป็นพวกที่กินซากที่เน่าเปื่อยของอินทรีย์วัตถุ (detritus feeder) มากกว่าพวกที่กินพืชน้ำเป็นอาหาร แต่ลำธารก็มีผู้ผลิตซึ่งส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายสีเขียวที่เกาะอยู่ตามหินในน้ำ อย่างไรก็ตามผลผลิตที่ได้จากพวกสาหร่ายเป็นเพียงส่วนน้อยที่เลี้ยงพวกสัตว์ในลำธาร

ลำธารเหนือกว่าทะเลสาบในเรื่องปริมาณออกซิเจนในน้ำ ทั้งนี้เพราะกระแสน้ำไหลตลอดเวลา ความตื้นของน้ำและพื้นที่ผิวน้ำที่ติดกับบรรยากาศทำให้ออกซิเจนละลายน้ำได้มาก และด้วยเหตุผลนี้เองปัญหาการขาดแคลนออกซิเจนในลำธารจึงไม่ค่อยพบนอกจากว่าคนทิ้งของเสียลงในลำธารมาก

ลักษณะที่สำคัญอีกข้อหนึ่งของลำธารคือโซนตามแนวยาว ปกติในทะเลสาบและบ่อ การแบ่งโซนเป็นไปตามแนวนอน การตื้นเขินของบ่อและทะเลสาบทั้งจากกลางและริมฝั่งบ่งถึงระยะการพัฒนาระยะ succession และความเก่าแก่ของทะเลสาบทางธรณีวิทยา ส่วนในลำธารในแง่ของธรณีวิทยาส่วนที่เก่าแก่คือส่วนที่อยู่ตอนต้นลำธาร นอกจากนี้ pH อุณหภูมิและความขุ่นของน้ำก็เพิ่มขึ้นตามโซนแนวยาวหรือตามความยาวของลำธาร

ความต้านทานของสิ่งแวดล้อมในน้ำจืด

ปลาน้ำจืดก็ไม่ต่างจากสัตว์อีกหลายชนิดในเรื่องการขยายพันธุ์ ปลามีชีวิตวัยภาพสูง การวางไข่ของแม่ปลาแต่ละครั้งมีจำนวนเป็นพันขึ้นไป หลายชนิดวางไข่ครั้งละเป็นหมื่น อย่างไรก็ตามปลาต้องพบกับความต้านทานของสิ่งแวดล้อมสูงเช่นกัน ความต้านทานนี้มีผลต่อปลาตั้งแต่ระยะที่เป็นไข่ไปจนถึงระยะที่โตเต็มที่ รายงานการศึกษาเกี่ยวกับประชากรปลาของนักวิชาการหลายคนพบว่าประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของประชากรปลาตายในแต่ละปี อัตราการตายนี้น่าประทับใจมากเท่ากับอัตราการขยายพันธุ์ที่สูง ดังนั้น ตามทฤษฎีถ้ามีลูกปลาชนิดหนึ่งฟักเป็นตัว 1 ล้านตัวในปลายปีแรกจะเหลือลูกปลาอยู่รอดเพียง 300,000 ตัว ในปลายปีที่สองจะเหลือปลาเพียง 90,000 ตัวและในปีที่สิบจะเหลือปลาเพียงหกตัวเท่านั้น ปลาหลายชนิดมีอัตราการตายสูงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาปลาเพิร์ช (perch) จำนวน 15,000 ตัวในทะเลสาบออกเตอร์เทล (Ottertail Lake) โดยแยกจำนวนปลาตามอายุ ปลาที่ศึกษานี้มีไม่กี่ตัวที่อายุเกิน 1 ปี ในปีที่สองพบว่ามีปลาเหลืออยู่เพียง 2.8 เปอร์เซ็นต์ และเหลือเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ในปีที่สี่

ความต้านทานของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการตายของปลาได้แก่ตะกอนในน้ำ มลภาวะในน้ำ การขาดออกซิเจน พาราไซท์ สัตว์ที่กินปลาและการจับปลา

แม้ว่าปลาจะทนความขุ่นของน้ำได้ถึง 100,000 ppm ได้ในระยะสั้น แต่ที่จริงแล้วความขุ่นของน้ำเพียง 100-200 ppm ก็สามารถทำอันตรายต่อปลาได้ ตะกอนในน้ำอาจอุดเหงือกปลาทำให้หายใจไม่สะดวกและอาจถึงตายด้วยการขาดออกซิเจน การตกตะกอนของอนุภาคที่แขวนลอยในน้ำมีผลโดยตรงต่อการวางไข่และการฟักไข่ของปลา นอกจากนี้ยังมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำโดยลดความเข้มของแสงแดดที่ส่องลงมาในน้ำ ข้อนี้ยังมีผลทางอ้อมต่อปลาโดยการลดปริมาณออกซิเจนในน้ำ

มลภาวะในน้ำที่มีผลต่อการตายของปลามีแหล่งกำเนิดจากหลายแหล่งด้วยกัน โรงงานอุตสาหกรรมเป็นแหล่งสร้างมลภาวะที่สำคัญในน้ำ ของเสียและน้ำเสียที่โรงงานอุตสาหกรรมทิ้งลงน้ำถ้าเป็นอินทรีย์สารก็ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ผลที่ติดตามคือ

สาหร่ายเจริญเติบโตรวดเร็ว (algal bloom) แต่ถ้าของเสียที่ทิ้งลงน้ำเป็นสารเคมี อาหารปลา อาจถูกทำลายซึ่งเป็นการลดจำนวนปลา หรือไม่สารเคมีอาจเป็นพิษต่อปลาโดยตรงทำให้ปลาตาย สารเคมีบางชนิดอาจสะสมอยู่ในปลาและถูกถ่ายทอดไปยังสัตว์และคนที่อยู่ปลายลูกโซ่อาหาร นอกจากมลภาวะดังกล่าวแล้วโรงงานอุตสาหกรรมยังใช้น้ำเป็นตัวทำความเย็นให้เครื่องจักรกลแล้วทิ้งน้ำที่รับความร้อนจากเครื่องจักรลงแม่น้ำลำคลอง มลภาวะทางอุณหภูมิ (thermal pollution) นี้มีผลโดยตรงต่อปริมาณออกซิเจนในน้ำ เพราะออกซิเจนละลายในน้ำอุ่นได้น้อย ปลาเป็นสัตว์เลือดเย็นที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การที่น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นการทำลายที่อยู่อาศัยของปลา ปลาหลายชนิดไม่สามารถตกไข่ถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น นอกจากผลเสียเหล่านี้แล้วน้ำอุ่นอาจทำลายแพลงตอนที่เป็นอาหารปลาและอาจทำให้ปลารับพิษของโลหะหนักเช่นทองแดงและสังกะสีเร็วขึ้น

แม้ว่าโรคและพาราไซต์ของปลาไม่ทำให้ปลาตายแต่ก็ทำให้ปลาโตช้าและลดอัตราการขยายพันธุ์ พยาธิหลายชนิดอาศัยอยู่ได้ทั้งในตัวปลาและในคน พยาธิเหล่านี้มีทั้งหนอนตัวแบนและตัวกลม ถ้าพิจารณาในแง่วิวัฒนาการพยาธิเกือบทุกชนิดมีลักษณะการวิวัฒนาการไปพร้อมกับโฮสต์ (host) การวิวัฒนาการแบบนี้เรียกว่า coevolution การวิวัฒนาการแบบนี้ไม่มีพยาธิชนิดใดทำลายโฮสต์จนถึงตายเพราะจะทำให้พยาธิหมดที่อยู่อาศัยและสูญพันธุ์ไปในที่สุด

สัตว์ที่กินปลามีทั้งปลาและสัตว์อื่น ๆ ปลาที่กินปลาเป็นสัตว์ที่อยู่ปลายลูกโซ่อาหาร ปลาพวกนี้เป็นปลาใหญ่และเป็นอาหารที่คนชอบ ปลาราคาแพงในภัตตาคารส่วนใหญ่เป็นพรเดเตอร์ (predators) นอกจากปลาแล้วนกก็เป็นพรเดเตอร์ตัวกลางที่กินปลาเป็นอาหารประจำวัน สัตว์ที่กินสัตว์อื่นเป็นอาหารเป็นความต้านทานของสิ่งแวดล้อมที่ควบคุมประชากรสัตว์ให้คงที่ตามธรรมชาติ

การจับปลาเป็นสาเหตุหนึ่งทีลดจำนวนปลาลงได้อย่างมาก แม้ว่าปากท้องเป็นเรื่องสำคัญแต่ถ้าทุกคนต่างก็อ้างปากท้องของตัวเองทุกคนก็กำลังลืมเรื่องความเห็นแก่ตัว ในสหรัฐอเมริกาแม้ว่าผู้ตกปลาต้องมีใบอนุญาตแต่จำนวนคนที่มีใบอนุญาตเพิ่มขึ้นสามถึงสี่เท่า ในช่วงเวลาสามสิบปีที่ผ่านมา ทุกคนต้องการการนันทนาการจากการตกปลาโดยลืมนึกไปว่า

การกระทำของตนเองเป็นการสร้างความกดดันในการตกปลา (fishing pressure) ความกดดันจากคนซึ่งเป็นเพอร์เซเตอร์ชนิดหนึ่งมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อยตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น

ความต้านทานของสิ่งแวดล้อมอีกประเภทหนึ่งคือปลาที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารและไม่มีประโยชน์อย่างอื่น (rough fish) พวกนี้แข่งขันกับปลาที่คนต้องการทั้งในด้านอาหาร ที่อยู่อาศัย และการขยายพันธุ์ บางชนิดเป็นพวกที่กินปลาที่คนต้องการ

การจัดการทรัพยากรน้ำจืด

จุดมุ่งหมายหลักของการจัดการทรัพยากรน้ำจืดอยู่ที่การจัดการประชากรปลา และสิ่งแวดล้อมเพื่อเพิ่มผลผลิต ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวศัพทภาพของปลา ความต้านทานของสิ่งแวดล้อมและพลวัตของประชากรปลาเป็นพื้นฐานของความสำเร็จในเรื่องนี้ นอกจากนี้ ความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรม อายุ การเจริญเติบโต การตายและอัตราส่วนของอายุและเพศก็เป็นเรื่องสำคัญที่นักวิชาการประมงต้องนำมาใช้ในการจัดการปลา วิธีการจัดการการประมงน้ำจืดพอสรุปเป็นข้อได้ดังนี้

(1) กฎหมาย ข้อนี้ไม่ต่างจากการจัดการสัตว์ป่า กฎหมายควรต้องรัดกุมและมีเจ้าหน้าที่ควบคุมทั่วถึง ควรต้องห้ามจับปลาในฤดูผสมพันธุ์และวางไข่ ปลาที่เหลือน้อยควรต้องจัดไว้ในพวกที่ต้องสงวนพันธุ์ ควรจำกัดขนาดของปลาที่อนุญาตให้จับตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ในการจับปลา

(2) การขยายพันธุ์เทียม ก่อนนี้ทั้งชาวประมงและนักชีววิทยาคิดว่าถ้าสามารถขยายพันธุ์เทียมแล้วปล่อยปลาลงในแหล่งน้ำที่ปลาอยู่อาศัยเป็นการเพิ่มประชากรปลาให้เพียงพอกับการจับ ต่อมาเมื่อศึกษาลักษณะประชากรละเอียดมากขึ้นจึงทราบว่า เทคนิคแบบนี้ใช้ไม่ได้ผล ยิ่งในกรณีที่ปลาชนิดนั้นสามารถดำรงชีวิตและขยายพันธุ์ได้ที่อยู่แล้ววิธีการนี้ใช้

ไม่ได้ผลเลย นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการขยายพันธุ์เทียมในรูปของเครื่องมือและอุปกรณ์ การเก็บรักษา เจ้าหน้าที่ การเลี้ยงดู และการขนส่งลูกปลากี่สูง อย่างไรก็ตามวิธีการขยายพันธุ์เทียมมีประโยชน์อย่างมากมหาศาลในการเลี้ยงปลาในบ่อที่เตรียมไว้ ธุรกิจการเลี้ยงปลาน้ำจืดหลายชนิดรวมทั้งกุ้งทำรายได้ให้ผู้เลี้ยงได้อย่างเห็นผลรวดเร็วพอสมควร

(3) การนำพันธุ์ปลาจากท้องที่อื่นมาเลี้ยงเป็นวิธีการเพิ่มทรัพยากรในน้ำให้เพียงพอกับปากท้องประชาชนวิธีหนึ่ง พันธุ์ปลาที่นำมาอาจเป็นพันธุ์ปลาจากท้องที่อื่นในประเทศหรือจากต่างประเทศก็ได้ วิธีการนี้อาจใช้เพื่อการควบคุมวัชพืชน้ำหรือควบคุมปลาที่ไม่ต้องการตัวอย่างในเรื่องนี้ได้แก่ปลาโคโฮแซลมอนที่กองอนุรักษ์รัฐมิชิแกนนำมาปล่อยในทะเลสาบมิชิแกนและทะเลสาบซูพีเรียเพื่อเกมส์ต์กปลาทั้งยังเป็นตัวควบคุมจำนวนปลาเอลไวฟ์และวัชพืชน้ำในทะเลสาบอีกด้วย การควบคุมสิ่งมีชีวิตอื่นโดยใช้สิ่งมีชีวิตด้วยกันเป็นตัวควบคุม เรียกว่า biological control ข้อควรระวังในการนำปลาอื่นเข้ามาเลี้ยงในท้องที่ใหม่คือปลาชนิดใหม่อาจเหมาะสมกับท้องที่ใหม่จนสามารถขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนมากจะกลายเป็นปลาที่ไม่ต้องการทำความเสียหายให้ท้องที่และยากแก่การกำจัด

(4) การพัฒนาที่อยู่อาศัย วิธีการนี้มีวัตถุประสงค์เช่นเดียวกับการจัดการสัตว์ป่า วิธีการนี้เป็นกรเพิ่ม carrying capacity ของที่อยู่อาศัยของปลา ถ้า carrying capacity ดีในแง่ของอาหารปลา ที่หลบศัตรู น้ำไม่มีมลพิษ มีปริมาณออกซิเจนและอุณหภูมิพอดีที่เหมาะสมสำหรับการวางไข่ขยายพันธุ์อาจไม่จำเป็นต้องเน้นมาตรการการจัดการอื่นเลยก็ได้ ที่ควรปฏิบัติในการพัฒนาที่อยู่อาศัยปลาคือ เพิ่มที่พักและที่หลบศัตรู (shelter and cover) การที่ชาวบ้านที่อาศัยอยู่ตามริมคลองเอาไม้รวกปักเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือวงกลมในคลองแล้วเอากิ่งไม้ใส่ไว้ตรงกลางก็เป็นการทำที่พักและที่หลบศัตรู เวลาจับปลาก็เอาแหล้อมรอบการทำโป๊ะก็เป็นการทำที่พักและที่หลบภัยให้ปลาเช่นกัน

การกำจัดวัชพืชน้ำถือว่าการปรับปรุงที่อยู่อาศัยของปลาเหมือนกัน แม้ว่าพืชน้ำจะช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงและอาจเป็นที่วางไข่ของปลาบางชนิด แต่ถ้าพืชน้ำขึ้นเกาะกันหนาแน่นเป็นกลุ่มใหญ่อาจมีผลเสียมากกว่าผลดีเพราะแข่งขันกันแย่งอาหารกับแพลงตอน และเมื่อตายเน่าเปื่อยก็ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง วัชพืชน้ำ

ที่สำคัญในเขตร้อนได้แก่ผักตบชวาซึ่งนอกจากทำให้การสัญจรทางน้ำลำบากแล้วยังเป็นแหล่งเพาะยุงและแมลงศัตรูพืชหลายชนิด สาหร่ายหลายชนิดก็เป็นวัชพืชน้ำที่สำคัญ การกำจัดวัชพืชน้ำอาจใช้วิธีการลอกหรือใช้สารเคมี ทองแดงซัลเฟตเป็นสารเคมีที่มักใช้กำจัดพืชที่จมอยู่ใต้น้ำ การกำจัดวัชพืชน้ำโดยใช้สารเคมีควรคำนึงถึงผลกระทบต่อปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ ด้วย

การใช้ขอนไม้ ก้อนหิน กรวดทรายกองปะทะกระแสน้ำ หรือแม้แต่แพไม้ไผ่ก็เป็น การปรับปรุงสภาพแวดล้อมในน้ำให้ปลามีที่อยู่อาศัยดีขึ้น กรวดทรายที่ทับถมกันน้ำที่เป็นเลนอาจเป็นที่วางไข่ของปลาบางชนิดได้

การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของน้ำด้วยการใส่ปุ๋ยเป็นสิ่งจำเป็นเช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยในนาข้าว น้ำที่มีแร่ธาตุอาหารเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของไฟโตแพลงตอนจะให้ผลผลิตสัตว์น้ำสูงเพราะแพลงตอนเป็นสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในขั้นต้นของลูกโซ่อาหาร ปุ๋ยที่ใส่ลงในน้ำส่วนใหญ่เป็นซูเปอร์ฟอสเฟต แอมโมเนียมไนเตรท แม้แต่ปุ๋ยคอกก็ยังสามารถเพิ่มปลาในน้ำได้ ถ้าพิจารณาในแง่นี้การเลี้ยงเป็ดก็เป็นการเพิ่มปุ๋ยให้น้ำเพิ่มผลผลิตปลา ทั้งยังเป็นการควบคุมวัชพืชน้ำไปพร้อมกันด้วย

เรื่องที่ไม่ควรมองข้ามไปในการปรับปรุงที่อยู่อาศัยของปลาคือการควบคุมสัตว์ที่กินปลาเป็นอาหาร (predator) นกกินปลาหลายชนิดอาจทำความเสียหายให้บ่อปลาและสถานที่เพาะเลี้ยงลูกปลา แต่ตามธรรมชาตินกกินปลาเป็นตัวควบคุมประชากรปลาในน้ำ นอกจากนี้ปลาที่หนักกินปลากินไม่ใช่ปลาที่มีราคาแพงในตลาด

สิ่งที่จำเป็นต้องระวังในการประมงคือปริมาณออกซิเจนในน้ำหลายครั้งที่เรื่องนี้ เป็นปัญหาสำหรับผู้เลี้ยงปลา เมื่อน้ำขาดออกซิเจนมักเกิดในที่น้ำลึก ปลาจึงต้องลอยตัวในบริเวณผิวน้ำมากทำให้เป็นเหยื่อของนกและสัตว์กินปลาอื่นได้ง่าย แต่ที่สำคัญคือทำให้ผู้ลักลอบจับปลาปฏิบัติการณ์ได้สะดวกขึ้น

ระบบนิเวศน์ของทะเล

ลักษณะที่สำคัญทางนิเวศน์วิทยาของทะเลและมหาสมุทรคือ

- (1) ครอบคลุมพื้นที่ผิวโลกถึง 70 เปอร์เซ็นต์
- (2) ส่วนที่ลึกที่สุดของมหาสมุทรลึกถึง 6.5 ไมล์ ทำให้ได้เมเนชัน (dimension) ในแนวตั้งหรือความหนาของมหาสมุทรมากกว่าของทั้งน้ำจืดและพื้นแผ่นดินรวมกัน
- (3) น้ำในมหาสมุทรหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา มีทั้งกระแสใต้น้ำและกระแสน้ำเย็นที่พัดหมุนเวียนเป็นฤดูกาล ผลนี้ทำให้น้ำในน้ำใกล้ทวีปบางทวีปอุดมสมบูรณ์ด้วยอาหารมีผลผลิตปลาสูง ภูมิภาคของฝั่งมหาสมุทรบางแห่งมีอากาศดีไม่หนาวหรือร้อนจนเกินไป
- (4) น้ำในมหาสมุทรเป็นน้ำเค็ม ความเค็มโดยเฉลี่ย (average salinity) มีค่า 35 ส่วนในพันส่วนของน้ำ น้ำทะเลมีความเค็มมากกว่าน้ำในแม่น้ำลำคลองถึง 70 เท่า ปกติน้ำจืดในแม่น้ำลำคลองมีความเค็มน้อยกว่า 0.5 ส่วนในน้ำพันส่วน
- (5) น้ำทะเลมีแร่ธาตุอาหารน้อยเมื่อเทียบกับน้ำจืดโดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสเฟต มีน้อยมาก ในกรณีนี้มีข้อยกเว้นสำหรับน้ำทะเลในบริเวณปากน้ำและบริเวณใกล้ฝั่งที่มีกระแสน้ำพัดเอาธาตุอาหารจากกันทะเลขึ้นมาที่เรียกว่า upwelling

นอกจากลักษณะที่สำคัญทางนิเวศน์วิทยาดังกล่าวแล้วมหาสมุทรยังเป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีนสำหรับคนมาตั้งแต่ดึกดำบรรพ์ คนใช้ทะเลและมหาสมุทรในการคมนาคมมาเป็นเวลานานับล้านปี พืชทะเลยังเป็นส่วนสำคัญในการสร้างออกซิเจนให้ทั้งในน้ำและบรรยากาศ ในแง่ของวัฏจักรน้ำมหาสมุทรเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญของคนและสิ่งมีชีวิตอื่นในโลก อย่างไรก็ตามมหาสมุทรเป็นแหล่งที่คนเราศึกษารายละเอียดในเรื่องต่าง ๆ น้อยจนดูเหมือนว่าคนไม่สนใจเรื่องในมหาสมุทร ถ้าพิจารณาผลภาวะในมหาสมุทรผลพิษต่าง ๆ ในมหาสมุทรยังน้อยกว่าระบบนิเวศน์บนบกมาก แต่ในอนาคตมหาสมุทรอาจเป็นที่รวมขยะและของเสียที่ใหญ่ที่สุด

โซนของมหาสมุทร

เช่นเดียวกับทะเลสาบมหาสมุทรแบ่งเป็นโซนได้ดังนี้ neritic zone, euphotic zone และ abyssal zone

Neritic zone อาจเทียบได้กับ littoral zone ของทะเลสาบ โซนนี้เป็นโซนน้ำตื้นที่น้ำมีธาตุอาหารสูงกว่าโซนอื่น น้ำอุ่นเพราะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เกือบทั่วถึงทุกส่วน โซนนี้เริ่มตั้งแต่ชายทะเลไปถึงบริเวณไหล่ทวีป ความกว้างของโซนอยู่ในช่วง 10-200 ไมล์ ความลึกอยู่ในช่วง 0-600 ฟุต ธาตุอาหารของโซนนี้ได้จากธาตุอาหารที่ไหลจากแม่น้ำลำธารลงสู่ทะเล และจาก upwelling เนื่องจากความลึกไม่มากแสงแดดจึงส่องลงไปถึงก้นทะเลทำให้การสังเคราะห์แสงของพืชที่มีคลอโรฟิลล์ดำเนินไปได้ การขาดแคลนออกซิเจนของน้ำในโซนนี้จึงไม่ค่อยมี ถ้าเทียบน้ำหนักของสิ่งมีชีวิตหรือชีวมวล (biomass) ต่อปริมาตรของน้ำแล้วชีวมวลในโซนนี้มีมากกว่าโซนอื่น ปัญหาที่สำคัญของโซนนี้คือการทิ้งขยะและของเสีย ถ้าหากไม่สามารถควบคุมได้โดยกฎหมายก็ควรหาวิธีการทิ้งของเสียใหม่ มิฉะนั้นแล้วจะมีผลกระทบต่อผลผลิตทางการประมงในโซนนี้อย่างแน่นอน

Euphotic zone โซนนี้เป็นน่านน้ำที่เรียกว่า open-water zone และอาจเทียบได้กับ limnetic zone ของทะเลสาบ ตามความหมายของศัพท์ euphotic แปลว่ามีแสงมากที่ใช้ศัพท์นี้สำหรับโซนนี้ก็ดูเหมาะสมเพราะพื้นที่ผิวของโซนนี้กว้างขวางได้รับแสงแดดมาก แต่สิ่งมีชีวิตที่สามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์ได้เป็นพวกไฟโตแพลงตอน ดังนั้นจึงมีพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ถูกใช้เสียมาก ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านน้ำได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความใสของน้ำ โดยทั่วไปแล้วแสงอาทิตย์ผ่านน้ำทะเลได้ลึกเพียง 200 เมตร จึงถือว่าที่ความลึกนี้เป็นเขตสิ้นสุดของ euphotic zone

ที่ความลึกต่ำกว่า 200 เมตรลงไปเป็น abyssal zone ลักษณะของโซนนี้ คือน้ำเย็น ไม่มีแสงแดด มีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่น้อย สัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่ในน้ำลึกนี้มีการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่มีมืดและเย็นได้ดี นอกจากนี้ยังทนกับความกดดันสูงได้ ความกดดันของน้ำในโซนนี้มากกว่า 1,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แม้ว่าในโซนนี้มีธาตุอาหารทั้งที่เป็นอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารที่จมลงมาจากโซนชั้นบนและโซนน้ำตื้น แต่เนื่องจากขาดแสงแดดจึงไม่มีพืชสังเคราะห์แสงที่สามารถใช้ธาตุอาหารเหล่านี้ได้ ด้วยเหตุนี้สัตว์น้ำลึกในโซนนี้จึงเป็นพวกที่กินสัตว์อื่นเป็นอาหาร และพวกที่กินซากพวกที่ตายแล้ว

โซนที่ไม่เกี่ยวกับการแบ่งโซนที่กล่าวมาแต่มีความสำคัญในแง่ผลผลิตปลาและสัตว์น้ำที่ตลาดต้องการได้แก่ estuarine zone โซนนี้ครอบคลุมพื้นที่ที่น้ำจืดจากแม่น้ำลำคลองมาพบกับน้ำทะเล อาจกล่าวได้ว่าเป็นโซนลูกผสมระหว่างแม่น้ำและทะเล ระบบนิเวศน์ของโซนนี้มีคุณสมบัติและลักษณะต่างไปจากระบบนิเวศน์อื่นในทะเลและมหาสมุทร คุณสมบัติเหล่านี้พอสรุปเป็นข้อได้ดังนี้

(1) น้ำในโซนนี้เป็นน้ำผสมระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็มที่เรียกว่า brackish water ความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับน้ำขึ้นน้ำลง ความเค็มของน้ำจะสูงเมื่อน้ำขึ้นและต่ำเมื่อน้ำทะเลลด ค่าของความเค็มภายใน 24 ชั่วโมงอาจต่างกันถึงสิบส่วนในพันส่วนของน้ำหรืออาจมากกว่าสิบก็ได้

(2) เนื่องจากน้ำเป็นน้ำผสมระหว่างน้ำเค็มและน้ำจืดความหนาแน่นของน้ำจึงมีค่าอยู่ระหว่าง 1.00 และ 1.03 อย่างไรก็ตามความหนาแน่นของน้ำก็ขึ้นอยู่กับน้ำขึ้นน้ำลงเช่นเดียวกับความเค็ม

(3) ระดับน้ำเปลี่ยนแปลงตามน้ำขึ้นน้ำลง

(4) ปริมาณออกซิเจนในโซนนี้ค่อนข้างสูงเนื่องจากการรวมตัวของน้ำจืดและน้ำเค็ม ประกอบกับความลึกของบริเวณนี้ไม่มากการละลายของออกซิเจนจากอากาศจึงค่อนข้างทั่วถึง

(5) ความขุ่นของน้ำบริเวณนี้สูงเนื่องจากการรวมตัวของน้ำและน้ำขึ้นน้ำลง จำนวนไฟโตแพลงตอนในโซนนี้จึงไม่มากเนื่องจากแสงส่องผ่านน้ำลงไปไม่ได้ไม่ลึก

(6) ปริมาณอาหารในโซนนี้มากเพราะได้รับจากที่น้ำจืดพัดพามาและจากน้ำทะเลที่น้ำขึ้นพาเข้ามา

(7) เนื่องจากมีอาหารมากและปริมาณออกซิเจนสูง ผลผลิตทางประมงของโซนนี้จึงมากกว่าระบบนิเวศน์อื่นในทะเลและมหาสมุทรยกเว้นระบบนิเวศน์ของบริเวณปะการัง

(8) ปลาทะเลหลายชนิดจำเป็นต้องใช้ชีวิตช่วงหนึ่งอยู่ในโซนนี้ หลายชนิดอาศัยอยู่ในโซนนี้ในขณะที่ยังเป็นตัวอ่อนหรือเป็นไข่ บางชนิดที่ต้องอพยพเข้าออกระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็ม (anadromous fish) เช่นปลาแซลมอนก็ต้องพักอยู่ในโซนนี้ชั่วระยะเวลาหนึ่งเพื่อปรับตัวให้เข้ากับความจืดและความเค็มของน้ำ

ปัญหาของปลาและสิ่งมีชีวิตในโซนนี้คือมลภาวะและการทิ้งของเสียลงในบริเวณนี้ ซึ่งนอกจากจะเป็นการทำลายที่อยู่อาศัยโดยตรงแล้วยังเป็นการทำให้ปลาหลายชนิดไม่สามารถวางไข่ในบริเวณนี้ได้อีก มลภาวะมีผลต่ออุณหภูมิ ความเค็ม ธาตุอาหาร และกลิ่นของน้ำ เหล่านี้เป็นกลไกสำคัญที่สามารถเปลี่ยนพฤติกรรมของปลาที่อาศัยอยู่ในบริเวณนี้

สรุป

น้ำเป็นสารที่มีโครงสร้างและคุณสมบัติพิเศษแตกต่างจากสารอื่น ๆ น้ำอยู่ได้ถึง 3 สภาพคือ ไอ น้ำ ของเหลว และของแข็ง ความหนาแน่นของน้ำเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำ การแบ่งชั้นของน้ำในทะเลสาบในฤดูร้อนก็เป็นผลมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำชั้นบนและชั้นล่างที่มีอุณหภูมิต่างกัน ออกซิเจน แสง และคุณภาพของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดวิถีการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ การจัดการทรัพยากรในน้ำนอกจากต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ยังต้องเข้าใจหลักการทางนิเวศน์วิทยาเรื่อง succession ต้องเข้าใจเรื่องโซนต่าง ๆ ทางนิเวศน์วิทยาว่าเป็นทะเลสาบและทะเล ในกรณีที่เป็นแม่น้ำ ลำธาร ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำจะต่างไปจากทะเลสาบเนื่องจากกระแสน้ำ การแลกเปลี่ยนระหว่างน้ำและพื้นดินมีมากกว่าซึ่งทำให้ระบบนิเวศน์ของแม่น้ำ ลำธารเป็นระบบเปิดมากกว่าทะเลสาบ โดยทั่วไปปลาเป็นสัตว์น้ำที่มีความสามารถในการขยายพันธุ์สูง (high biotic potential) แต่ในขณะเดียวกันความต้านทานจากสิ่งแวดล้อม (environmental resistance) ก็สูงเช่นกัน พื้นฐานในการจัดการจึงต้องพยายามลดความต้านทานของธรรมชาติ การจัดการที่สำคัญคือการพัฒนาที่อยู่อาศัยของปลา (habitat development) เพราะเป็นการส่งเสริมให้ปลาได้ขยายพันธุ์เองตามธรรมชาติ สิ่งที่สำคัญในการพัฒนาที่อยู่อาศัยคือการศึกษาพฤติกรรมและวงจรชีวิตของปลา อย่างไรก็ตามการควบคุมโดยกฎหมายและการขยายพันธุ์โดยการนำปลาไปปล่อย (artificial propagation) ก็ยังเป็นสิ่งที่จำเป็น

ในอดีตเคยคิดกันว่าปลาจะเป็นอาหารที่ช่วยแก้ไขปัญหาคาขาดโปรตีนของประชากรโลก แต่ความหวังนี้ค่อนข้างจะเลือนลางในปัจจุบันทั้งที่เทคนิค เครื่องมือ และอุปกรณ์การจับปลาดีขึ้น ปริมาณปลาที่จับได้มีแต่ทรงตัวกับทรุด การปรับปรุงแก้ไขเรื่องนี้ต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างชาติ ปัญหาเรื่องน่านน้ำในทะเลไม่ใช่สิ่งที่จะมองกันในแง่ของยุทธศาสตร์เพียงอย่างเดียว ถ้าไม่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมในน้ำกันแล้ว ในอนาคตโอกาสที่จะจับปลาได้มากเหมือนเดิมจะทำได้เมื่อน้ำมันราคาถูกลงหรือหาพลังงานในการผลิตที่ถูกลงกว่าน้ำมันได้เท่านั้น

คำถาม

1. ระบบนิเวศน์ในน้ำต่างจากระบบนิเวศน์บนบกเพราะคุณสมบัติของน้ำ คุณสมบัติใดของน้ำที่มีความสำคัญต่อชีวิตในน้ำ ในกรณีของน้ำจืด คุณสมบัตินี้ต่างจากน้ำเค็มอย่างไร
2. ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานของสิ่งมีชีวิตในน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์มีผลอย่างไรต่อน้ำในทะเลสาบ
3. โซนที่สำคัญของทะเลสาบมีอะไรบ้าง พอเปรียบเทียบกับโซนของมหาสมุทรได้อย่างไร
4. เหตุใดปลาซึ่งเป็นทรัพยากรในน้ำจึงมีน้อย มีวิถีทางแก้ไขปัญหานี้ได้อย่างไร
5. ถ้าเดินทางจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาออกไปในอ่าวไทย ท่านจะอธิบายให้นักท่องเที่ยวบนเรือที่ไปกับท่านเข้าใจเรื่องธาตุอาหาร ลักษณะของน้ำและทรัพยากรในน้ำอย่างไร
6. ทำไมเรือประมงไทยจึงถูกเรือทหารของชาติเพื่อนบ้านจับบ่อย ๆ
7. ที่ว่ามนุษย์จำเป็นต้องหันมาพึ่งทะเลมากขึ้นนั้นอย่างไร ท่านคิดว่ามนุษย์จะแก้ไขปัญหาของทะเลได้อย่างไร
8. เหตุใดชายฝั่งทะเลของบางทวีป จึงอุดมสมบูรณ์ไปด้วยสัตว์น้ำ

บรรณานุกรมและเชิงอรรถ

- De Santo, R.S., 1978. Concepts of applied ecology. Springer-Verlag, New York.
- Eisenbert D., and W. Kawzmann. 1969. The structure and property of water. Oxford University Press, New York.
- Hedgeperh, J. W. 1966. Treatise on machine ecology and paieoecology. Geological society of America, New York.
- Hutchinson, G.E. 1957. A treatise on limnology I. Geography, physics and chemistry. John Wiley & Sons, Inc.
- Hutchinson, G.E. 1967. A treatise on limnology. II. Introduction to lake biology and limnoplankton. John Wiley & Sons, Inc.
- Hutchinson, G.E. 1975. A treatise on limnology III. Aquatic macrophytes and attached algae. John Wiley & Sons, Inc.
- Owen, OS. 1976. Natural resource conservation. An ecological approach. Macmillan Publishing Co., Inc., New York.
- Wetzel, R.G. 1975. Limnology. Saunders, Philadelphia.