บทที่ 8
ระบบนิเวศน์แหล่งน้ำ
(AQUATIC ECOSYSTEM)

จุดมุ่งหมาย

เมื่อศึกษาบทนี้แล้ว นักศึกษาควรมีความเข้าใจและสามารถที่จะ

1. บอกความหมายของนิเวศวิทยาได้
2. อธิบายถึงโครงสร้างระบบนิเวศน์แหล่งน้ำได้
3. แยกได้ว่าสัตว์น้ำชนิดใดจัดอยู่ในระดับชีวประมาทใดของโครงสร้างระบบนิเวศน์แหล่งน้ำส่วนที่มีชีวิต
4. อธิบายถึงกลไกที่สำคัญในโครงสร้างพลังงานของระบบนิเวศน์แหล่งน้ำได้
5. วาดไดอะแกรมการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศน์แหล่งน้ำได้
6. อธิบายถึงการหมุนเวียนของน้ำในทะเลสาบได้
7. บอกและอธิบายถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับออกซิเจนของน้ำได้อย่างน้อย 3 ประการ
8. อธิบายถึงโครงสร้างของระบบนิเวศน์แหล่งน้ำนิ่งทั้ง 3 เขตได้
9. อธิบายถึงโครงสร้างของระบบนิเวศน์แหล่งน้ำไหลทั้ง 2 เขตได้
10. บอกและอธิบายถึงความแตกต่างทางกายภาพระหว่างแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหลได้

1. ความรู้เรื่องระบบนิเวศน์

*นิเวศวิทยา*เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม และระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตด้วยกันเอง เป็นการศึกษาถึงโครงสร้าง *(structure)* และหน้าที่ *(function)* ของระบบธรรมชาติ

การศึกษาวิชานิเวศวิทยามีขอบเขตเกี่ยวข้องในระดับประชากร (population) ชุมชน (community) และระบบนิเวศน์ (ecosystem) ระบบนิเวศน์เป็นหน่วยหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในการศึกษาวิชานิเวศวิทยา ระบบนิเวศน์หนึ่ง ๆ จะประกอบไปด้วยชุมชนของสิ่งมีชีวิต (biotic community) และสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิต (non-living environment) ซึ่งอาจมีรูปร่าง ลักษณะโครงสร้าง ขนาดเนื้อที่ใหญ่หรือเล็กอย่างไรก็ได้ และเป็นที่ซึ่งสิ่งมีชีวิตทั้งหลายได้มีบทบาทหรือกิจกรรมในการดำเนินชีวิตร่วมกัน โดยมีสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เป็นตัวควบคุมและช่วยให้เกิดการถ่ายทอดพลังงาน (energy flow) และการหมุนเวียนของธาตุอาหาร (nutrient cycling) ทั้งนี้เพื่อให้เกิดดุลยภาพในระบบนิเวศน์นั้น ๆ

การศึกษาระบบนิเวศน์ใดระบบนิเวศน์หนึ่ง จะต้องศึกษาถึงลักษณะโครงสร้างและหน้าที่ต่าง ๆ ของระบบนิเวศน์นั้น ๆ ซึ่งย่อมจะแตกต่างกันไปตามความสลับซับซ้อนของระบบนิเวศน์แต่ละระบบซึ่งไม่เหมือนกัน

สำหรับการศึกษาถึงประเภทของระบบนิเวศน์แหล่งน้ำธรรมชาติ (aquatic ecosystem) นั้น เราอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบใหญ่ ๆ ตามประเภทของแหล่งน้ำธรรมชาติ (aquatic system) คือ

1. ระบบนิเวศน์แหล่งน้ำจืด (Freshwater ecosystem)
2. ระบบนิเวศน์ปากแม่น้ำหรือปากอ่าว (Esturine ecosystem)
3. ระบบนิเวศน์ทางทะเล (Marine ecosystem)

สำหรับบทนี้จะขอศึกษาเฉพาะระบบนิเวศน์แหล่งน้ำจืดเท่านั้น

2. โครงสร้างระบบนิเวศน์แหล่งน้ำ (Aquatic Ecosystem Structure)

โครงสร้างระบบนิเวศน์แหล่งน้ำประกอบด้วย 3 โครงสร้าง คือ

1) **โครงสร้างส่วนที่มีชีวิต (Biological structure)** ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตทั้งสัตว์และพืชที่อาศัยอยู่ในน้ำและพื้นดินตะกอน (ดูรูปที่ 8.1) สิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีหน้าที่ทางชีววิทยา (biological function) แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถแบ่งตามลำดับขั้นในการบริโภคออกเป็น 3 ระดับชีวิต (trophic levels) คือ

(1) ผู้ผลิต (primary producers) คือ สิ่งมีชีวิตที่สามารถปรุงอาหารได้เอง เรียกพวกนี้ว่า *ออโตทรอฟิค (autotrophic)* พืชพวกนี้จะตรึงพลังงานจากแสงอาทิตย์โดยกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) แล้วเปลี่ยนสภาพพลังงานแสงไปเป็นพลังงานทางชีวเคมี โดยกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี (chemosynthesis) พลังงานทางชีวเคมีนี้จะอยู่ในรูปของคาร์โบไฮเดรท และโปรตีน ที่อยู่ในพืชซึ่งใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์ได้ ผู้ผลิตในระบบนิเวศน์แหล่งน้ำสามารถแยกออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. *พืชที่มีรากหรือพืชลอยน้ำขนาดใหญ่* ปกติพืชพวกนี้เจริญอยู่บริเวณริมฝั่งน้ำค่อนข้างตื้นเท่านั้น หรือบางชนิดสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้โดยการลอยอยู่ผิวน้ำ ได้แก่ กก เตยสาหร่าย แหน ไข่น้ำ และดอกจอก

2. *พืชลอยน้ำขนาดเล็ก* ได้แก่ แพลงตันพืช (plankton) ซึ่งมีการกระจายอยู่ทั่วไปในน้ำบริเวณที่แสงสว่างส่องไปถึง สำหรับแหล่งน้ำกว้างใหญ่และมีความลึกมาก ๆ แพลงตันพืชจะมีบทบาทสำคัญในการเป็นผู้ผลิตให้แก่แหล่งน้ำมากกว่าพืชมีราก

3. *พืชจำพวกจุลินทรีย์* ได้แก่ แบคทีเรียที่สร้างอาหารเองได้ (autotrophic bacteria)

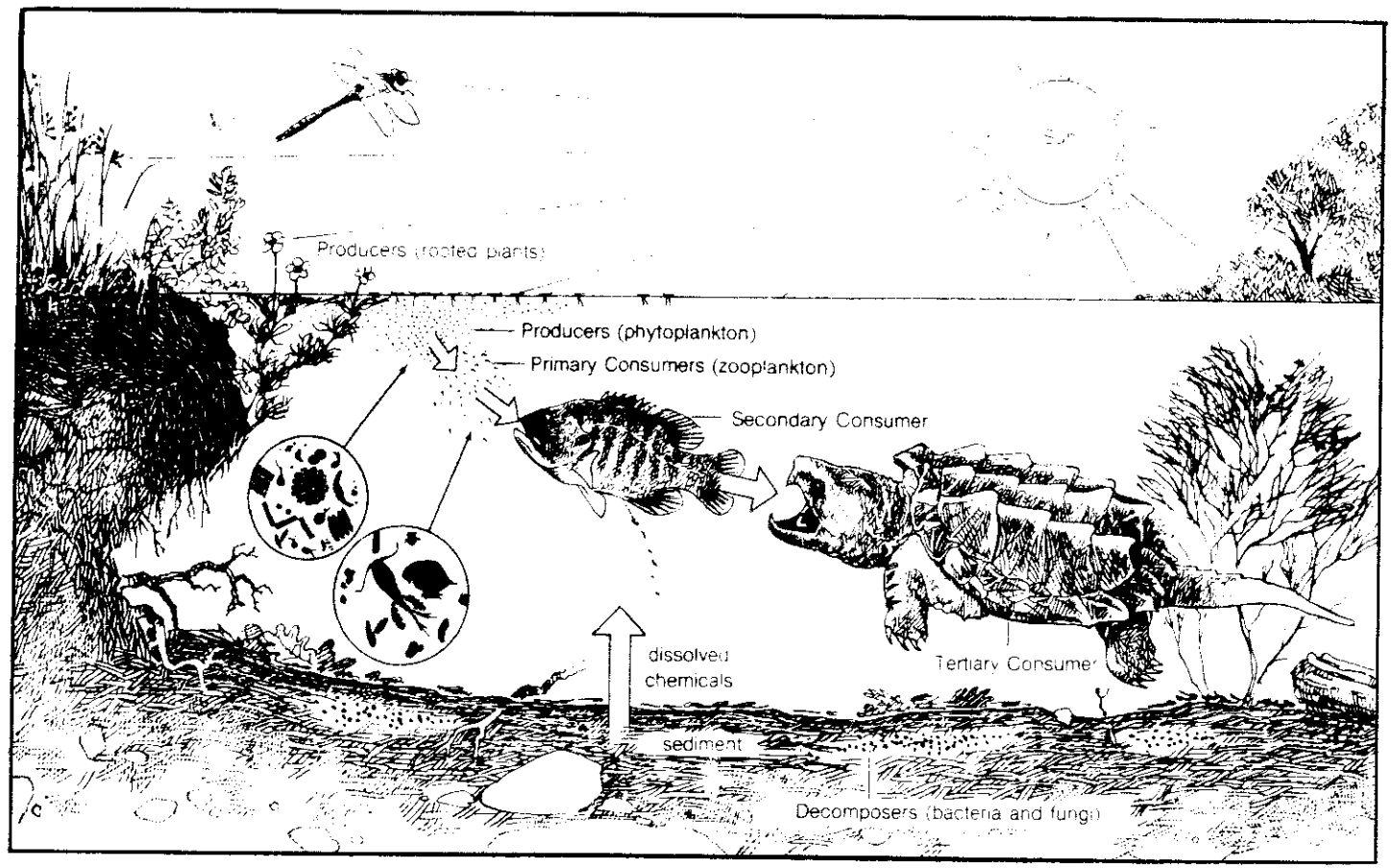
(2) ผู้บริโภค (consumers) คือ สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถปรุงอาหารได้เอง จะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยการกินสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เป็นอาหาร เรียกพวกนี้ว่า เฮทเทอโรทรอฟิค (heterotrophic) สิ่งมีชีวิตในระดับนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์น้ำที่มีกระดูกสันหลัง ผู้บริโภคในระบบนิเวศน์แหล่งน้ำสามารถแยกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. *สัตว์กินพืช* เป็นพวกที่กินพืชที่ยังมีชีวิตอยู่เป็นอาหาร เรียกสัตว์ประเภทนี้ว่า *เฮอบีเวอร์ (herbivores)* ซึ่งเป็นผู้บริโภคขั้นที่หนึ่ง (primary consomer) ได้แก่ แพลงตันสัตว์ (zooplankton) เต่า ปลาบางชนิด และตัวอ่อนของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ

2. *สัตว์กินเนื้อ* เป็นพวกที่กินสัตว์กินพืชอีกทอดหนึ่ง เรียกสัตว์ประเภทนี้ว่า *คาร์นิเวอร์ (carnivores)* ซึ่งถือเป็นผู้บริโภคขั้นที่สอง (secondary consumer) ได้แก่ แมลง กบ งู และปลาต่าง ๆ

3. *สัตว์กินซากอินทรีย์* เป็นพวกที่ดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยการกินสารอินทรีย์ที่เริ่มย่อยสลายแล้ว เรียกสัตว์พวกนี้ว่า *ดีไตรติเวอร์ (detritivores)* ได้แก่ หอยต่าง ๆ กุ้ง และพวกหนอนบางชนิด

(3) ผู้ย่อยสลาย (decomposers) คือสิ่งมีชีวิตที่สามารถสลาย (break down) ซากสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว หรือซากอินทรีย์ ให้เป็นสารอนินทรีย์อันจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ผลิตอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 8.1 ระบบนิเวศน์แหล่งน้ำจืดของบ่อน้ำ

ที่มา : *Miller, 1979.*

สิ่งมีชีวิตในระดับนี้ประกอบด้วย แบคทีเรีย เห็ดรา และจุลินทรีย์ต่าง ๆ ผู้ย่อยสลายเหล่านี้นับว่ามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อวัฏจักรของธาตุอาหารต่าง ๆ ในแหล่งน้ำ

2) โครงสร้างส่วนที่ไม่มีชีวิต (Abiotic structure) ประกอบด้วยสิ่งที่ไม่มีชีวิต และสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำหรือในบริเวณที่ติดต่อกับน้ำ เช่น พื้นดินตะกอน (sediment) เป็นต้น ส่วนประกอบที่ไม่มีชีวิตที่สำคัญ ๆ ได้แก่ แร่ธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต (biogenic elements) เช่น เหล็ก (Fe) ไนเตรท (NO_3) ฟอสเฟท (PO_4) และกำมะถัน (S) เป็นต้น

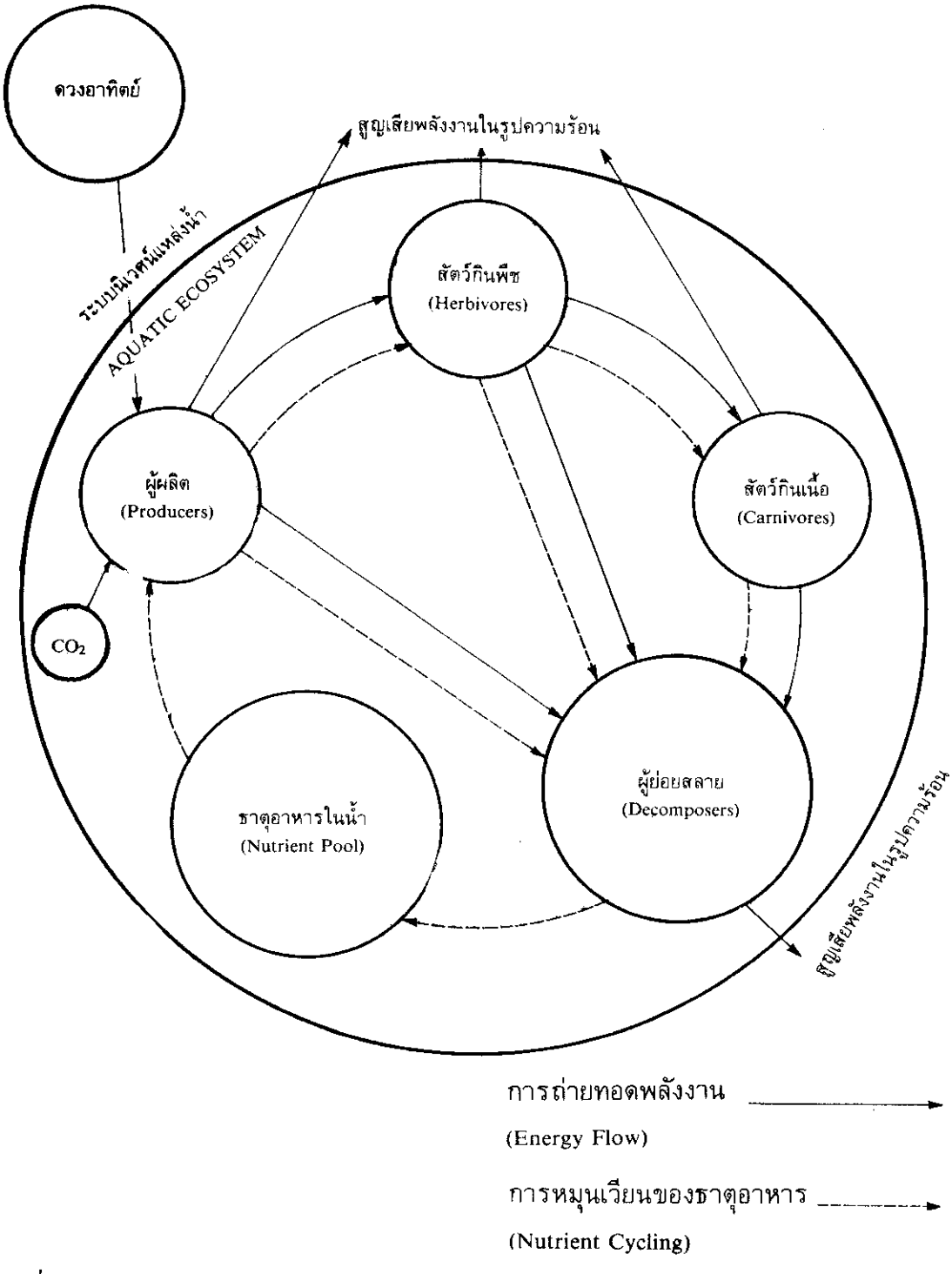
3) โครงสร้างพลังงาน (Energy structure) คือ พลังงานที่เกิดขึ้นหรือถูกใช้ไปในขบวนการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุอาหาร (mineral movement) ไปตามกลุ่มทางสิ่งมีชีวิต (biological compartment) การถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนของธาตุอาหารเหล่านี้นับเป็นหน้าที่อันสำคัญยิ่งของระบบนิเวศน์ พลังงานจากดวงอาทิตย์นับเป็นจุดเริ่มต้นของระบบโดยเข้าสู่ระบบนิเวศน์แหล่งน้ำในรูปของแสง ผู้ผลิตในแหล่งน้ำจะตรึงพลังงานจากแสงบางส่วนและใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำบางส่วนมาแปรสภาพเป็นมวลชีวภาพ (biomass) ของพืชซึ่งได้แก่ แพลงตันพืช และสาหร่ายต่าง ๆ ต่อจากนั้นพลังงานและธาตุอาหารที่อยู่ในรูปมวลชีวภาพของพืชจะเคลื่อนย้ายผ่านผู้บริโภคอัน ได้แก่ สัตว์กินพืช และสัตว์กินเนื้อต่าง ๆ ในแหล่งน้ำนั้น ตลอดจนเคลื่อนย้ายผ่านจุลินทรีย์เล็ก ๆ ซึ่งเป็นผู้ย่อยสลายอินทรีย์สารในแหล่งน้ำ และในที่สุดพลังงานจะถูกปลดปล่อยออกไปจากระบบนิเวศน์แหล่งน้ำในรูปของความร้อน ส่วนธาตุอาหารจะกลับไปสะสมอยู่ในแหล่งน้ำนั้นพร้อมที่จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ผลิตต่อไป (รูปที่ 8.2)

3. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจืด

ปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจืดนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายปัจจัย อันได้แก่ อุณหภูมิ (temperature) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen) ปริมาณแร่ธาตุ (minerals) ความขุ่นใสของน้ำ (transparency) และกระแสน้ำ (current)

1) อุณหภูมิ (temperature) คุณสมบัติของน้ำที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิในแหล่งน้ำคือ ความร้อนจำเพาะ ความร้อนแฝงในการหลอมตัว และความร้อนแฝงที่ใช้ในการระเหยที่มีค่าสูง คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้อุณหภูมิในแหล่งน้ำจืดมีสภาพของอุณหภูมิคงที่กว่าในอากาศ นอกจากนี้น้ำยังมีความหนาแน่นสูงสุดที่อุณหภูมิ 4ซ. ดังนั้นน้ำที่มีอุณหภูมิอื่นจะลอยอยู่เหนือน้ำที่มีอุณหภูมิ 4ซ. เว้นแต่ว่าจะมีแรงบางอย่างมากระทำให้เกิดการผสมของน้ำในชั้นต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิเท่ากัน

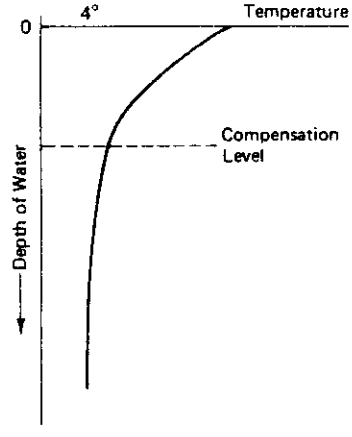
GE 316 191



รูปที่ 8.2 การถ่ายทอดพลังงาน (energy flow) และการหมุนเวียนของธาตุอาหาร (nutrient cycling) ในระบบนิเวศน์แหล่งน้ำ (aquatic ecosystem)

โดยตลอด (uniform temperature) ด้วยเหตุนี้ทำให้น้ำในเขตหนาวไม่เป็นน้ำแข็งไปจนหมด น้ำที่จมอยู่ส่วนล่างจะยังคงเป็นที่อาศัยของสิ่งมีชีวิตได้โดยมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 4ซ.

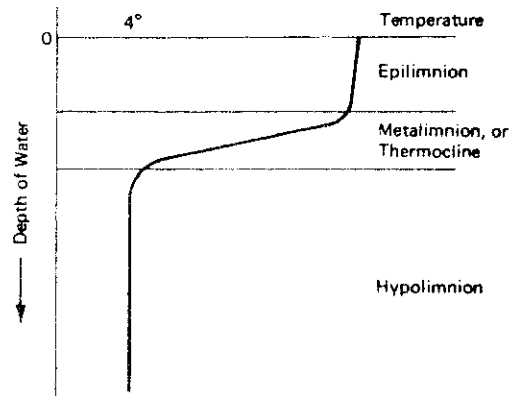
พิจารณาในทะเลสาบลึก ๆ ในตอนกลางวัน ซึ่งมีระยะยาวในฤดูใบไม้ผลิ ผิวบนสุดของทะเลสาบจะดูดซับเอารังสีจากดวงอาทิตย์ไว้ จากนั้นจะเปลี่ยนรังสีที่ดูดซับไว้ทั้งหมดนั้นเป็นความร้อน ถ้าหากว่าน้ำนั้นเป็นน้ำนิ่งอยู่ตลอดเวลาคือ ไม่มีแรงใด ๆ มากระทำให้น้ำเกิดอาการปั่นป่วน (turbelent) เราจะพบว่าผิวทะเลสาบนั้นจะอุ่นและอุณหภูมิจะลดลงอย่างสม่ำเสมอจนถึง 4ซ. (รูปที่ 8.3) ส่วนชั้นล่างซึ่งแสงส่องลงไปไม่ถึงจะได้รับความร้อนโดยการแพร่กระจายเท่านั้น ซึ่งมีเป็นส่วนน้อย ดังนั้นชั้นที่มีการสังเคราะห์แสงสมดุลกับการหายใจ (compensation level) และชั้นที่อยู่ต่ำลงไปของการดูดความร้อนจะเสมอกันพอดี



รูปที่ 8.3 การแพร่กระจายในทางทฤษฎีของอุณหภูมิในทะเลสาบระหว่างฤดูร้อน ถ้าไม่มีการผสมกันของน้ำโดยลม

ที่มา : *Clapham, 1973.*

ในความเป็นจริงแล้วลักษณะเช่นนี้จะไม่เกิดขึ้นเนื่องจากว่า ผิวน้ำของทะเลสาบจะไม่หยุดนิ่งอยู่ตลอดเวลา มีแรงหลายแรงที่มากระทำต่อผิวทะเลสาบนี้ แรงที่สำคัญที่สุดก็คือลม ลมสามารถผสมผิวน้ำได้ทั่วถึงดีกว่า แต่ไม่สามารถผสมลงไปลึกถึงระดับน้ำลึก ๆ ได้ จะมีผลสะท้อนให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในแหล่งน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ กัน ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 8.4 ความแตกต่างของอุณหภูมิในแหล่งน้ำนั้นสามารถแบ่งออกเป็นชั้นตามสภาพของอุณหภูมิที่ต่างกัน ซึ่งเรียกว่า*ชั้นของอุณหภูมิ (thermal stratification)* ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะเห็นได้ชัดเจนในฤดูร้อน



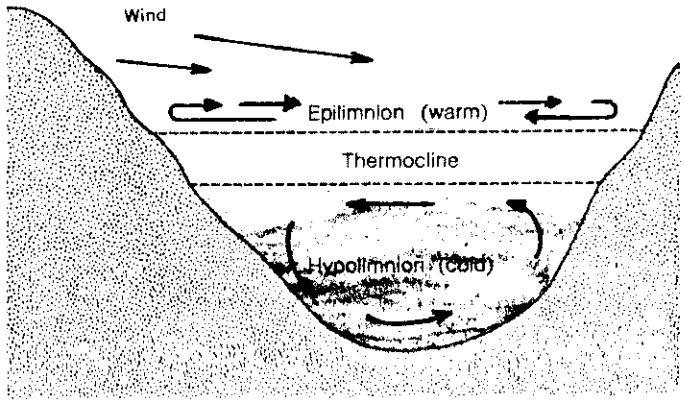
รูปที่ 8.4 รูปแบบทั่วไปของการกระจายอุณหภูมิในทะเลสาบลึกในเขตอบอุ่นระหว่างฤดูร้อน

ที่มา : *Clapham, 1973.*

ในเขตอบอุ่นนั้น ในฤดูร้อนน้ำบริเวณผิวทะเลสาบได้รับความร้อนจากบรรยากาศจึงมีความอบอุ่นกว่าส่วนอื่น ๆ ทำให้ความหนาแน่นลดลงและลอยตัวอยู่แต่ส่วนผิวของทะเลสาบโดยแยกเป็นชั้นต่างหากเรียกว่า *"อีพิลิมเนียน" (epilimnion)* การหมุนเวียนของน้ำจะเกิดขึ้นภายในชั้นนี้เท่านั้น ไม่ลงไปปะปนกับชั้นอื่น ๆ โดยมีลมและกระแสน้ำเป็นปัจจัยสำคัญ ชั้นถัดลงไปซึ่งเป็นชั้นกลางเรียกว่า *"เทอร์โมไคลน์" (thermocline)* เป็นชั้นที่มีการลดของอุณหภูมิอย่างฉับพลันโดยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วแม้จะลึกลงไปเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับชั้นอื่น ชั้นล่างสุดคือชั้นของ *"ไฮโปลิมเนียน" (hypolimnion)* เป็นชั้นที่ไม่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์และอยู่ลึกเกินไปที่จะถูกหมุนเวียนโดยตรงจากลม ดังนั้นชั้นไฮโปลิมเนียนจึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าชั้นอื่น ๆ และมีการหมุนเวียนกันเองภายในชั้นไม่ขึ้นไปปะปนกับชั้นบน ๆ อุณหภูมิจึงต่ำเหมือนกันหมด จากความจริงที่ว่าน้ำที่อุ่นกว่าซึ่งอยู่ในชั้นอีพิลิมเนียนจะเบากว่าน้ำที่เย็นกว่าซึ่งอยู่ในชั้นไฮโปลิมเนียน และประกอบกับมีชั้นเทอร์โมไคลน์เป็นแถบกั้นระหว่างสองชั้นดังกล่าว จึงทำให้ทั้งสองชั้นนี้ถูกแยกออกจากกันโดยเด็ดขาด และจะไม่มีน้ำไหลผ่านระหว่างสองชั้นนี้ด้วย (รูปที่ 8.5) ในช่วงฤดูร้อนนี้ชั้นไฮโปลิมเนียนมักจะเกิดการเน่าขึ้นได้ อันเนื่องมาจากแสงแดดไม่สามารถส่องลงไปได้ถึง และแทบจะไม่มีออกซิเจนอยู่เลยเพราะขาดการติดต่อกับชั้นบนซึ่งจะให้อกซิเจนได้ จึงทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า *"สภาพน้ำเน่าในฤดูร้อน" (summer stagnation)*

ในฤดูใบไม้ร่วง บรรยากาศจะมีความเย็นมาก จึงทำให้ชั้นอีพิลิมเนียนสูญเสียความร้อนสู่บรรยากาศมากกว่าที่จะดูดรับไว้ได้ ดังนั้นอุณหภูมิในชั้นอีพิลิมเนียนจึงลดลงจนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากับชั้นไฮโปลิมเนียนเป็นผลทำให้ชั้นเทอร์โมไคลน์หายไป เมื่อน้ำบริเวณผิวเย็นลงมากจึงมีความหนาแน่นมากขึ้น และจมลงสู่ก้นทะเลสาบในที่สุด เหตุนี้เองจึงทำให้น้ำทั้งทะเลสาบเกิด

การหมุนเวียนผสมผสานกันจากชั้นบนสู่ก้นทะเลสาบ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า *"การหมุนเวียนในฤดูใบไม้ร่วง"* หรือ *"ฟอล โอเวอร์เทอร์น" (fall overturn)* การหมุนเวียนของน้ำในลักษณะนี้จะเป็นผลให้ออกซิเจนสามารถลงไปถึงชั้นไฮโปลิมเนียนได้



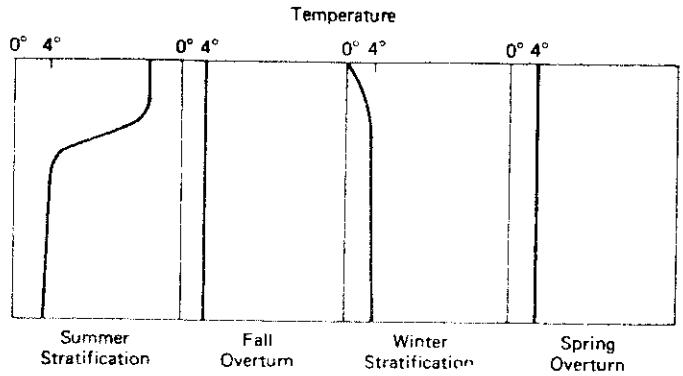
รูปที่ 8.5 ไดอะแกรมแสดงการหมุนเวียนโดยการนำของลมในชั้นไฮโปลิมเนียน และชั้นอีพิลิมเนียนของทะเลสาบที่มีการแบ่งชั้นอุณหภูมิ การหมุนเวียนในชั้นไฮโปลิมเนียนจะมีน้อยกว่าในชั้นอีพิลิมเนียนมาก

ที่มา . Clapham, 1979.

ในฤดูหนาวอุณหภูมิในบรรยากาศยังคงลดลงอยู่เรื่อย ๆ ทำให้น้ำในชั้นอีพิลิมเนียนมีอุณหภูมิต่ำกว่า 4ซ. และกลายเป็นน้ำแข็งไปในที่สุด น้ำในชั้นบนจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำในชั้นล่าง จึงทำให้น้ำในชั้นบนลอยอยู่แต่ผิวหน้า จะไม่มีการหมุนเวียนของน้ำในทะเลสาบ อันเป็นเหตุทำให้ออกซิเจนมีโอกาสลงไปสู่ชั้นไฮโปลิมเนียนได้น้อย ทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า *"สภาพน้ำเน่าในฤดูหนาว" (winter stagnation)* แต่จะไม่รุนแรงเท่าในฤดูร้อน ทั้งนี้เนื่องจากว่าสภาพการขาดออกซิเจนในฤดูหนาวนั้นจะไม่เกิดมากเท่าในฤดูร้อนเพราะการสลายอินทรีย์ของพวกจุลินทรีย์และขบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในน้ำจะอยู่ในอัตราต่ำเมื่ออุณหภูมิต่ำ รวมทั้งความสามารถในการรับออกซิเจนของน้ำก็มีมากขึ้นเพราะว่าน้ำเย็นสามารถรับออกซิเจนได้มากกว่า

เมื่อฤดูใบไม้ผลิมาถึงบรรยากาศเริ่มอบอุ่นขึ้น แสงแดดเริ่มส่องลงมามากขึ้น ดังนั้นทะเลสาบจึงเริ่มดูดความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้อีกครั้งหนึ่ง ทำให้น้ำได้รับอุณหภูมิสูงขึ้นและน้ำแข็งเริ่มละลาย ความหนาแน่นของน้ำในชั้นอีพิลิมเนียนเริ่มมีมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 4ซ. ซึ่งมีความหนาแน่นมากที่สุด ทำให้น้ำในชั้นอีพิลิมเนียนสามารถจมลงสู่ชั้นไฮโปลิมเนียนได้อีกครั้งหนึ่ง อันเป็นเหตุทำให้น้ำทั่วทั้งทะเลสาบเกิดการหมุนเวียนผสมผสาน

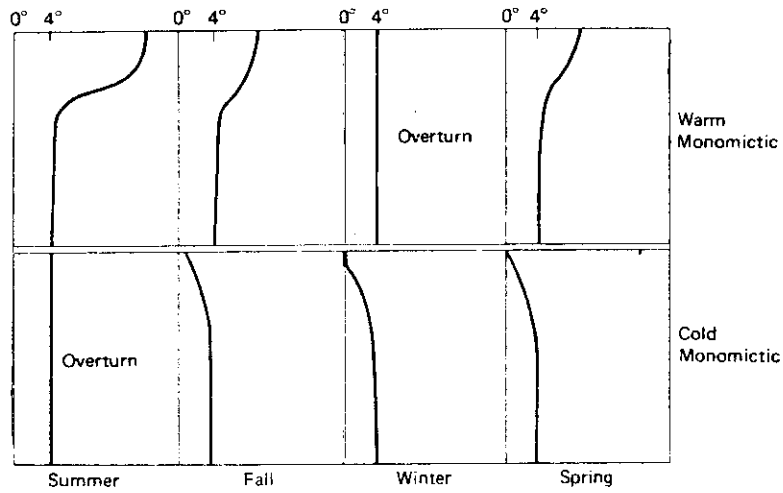
กันจากชั้นบนสู่ก้นทะเลสาบ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า *"การหมุนเวียนในฤดูใบไม้ผลิ"* หรือ *"สปริงโอเวอร์เทอร์น" (spring overturn)* การหมุนเวียนของน้ำทั่วทั้งทะเลสาบในฤดูใบไม้ผลินี้ ทำให้น้ำเน่าซึ่งเคยเกิดขึ้นในฤดูหนาวค่อย ๆ หมดไป รูปที่ 8.6 ย่อการหมุนเวียนของอุณหภูมิของทะเลสาบทั่ว ๆ ไปในเขตอบอุ่น ทะเลสาบที่มีปรากฏการณ์ของการหมุนเวียนของน้ำทั่วทั้งทะเลสาบหรือโอเวอร์เทอร์น (overturn) ถึงสองครั้งในหนึ่งปีเรียกว่า *"ทะเลสาบดิมิคติค" (dimictic lakes)*



รูปที่ 8.6 รูปแบบของชั้นของอุณหภูมิลำดับตามฤดูกาลต่าง ๆ ในทะเลสาบดิมิคติคทั่ว ๆ ไปในรอบหนึ่งปี

ที่มา: *Clapham, 1973.*

สำหรับในพื้นที่เขตร้อน (tropical areas) อุณหภูมิจะไม่เคยลดต่ำกว่า 4ซ. ชั้นของอุณหภูมิจะไม่ปรากฏให้เห็นในฤดูหนาว การหมุนเวียนของน้ำทั่วทั้งทะเลสาบ หรือโอเวอร์เทอร์นจะเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวในหนึ่งปีเท่านั้น และจะเกิดขึ้นระหว่างช่วงฤดูที่หนาวที่สุด สำหรับในพื้นที่เขตหนาวแบบขั้วโลก (arctic areas) อุณหภูมิจะไม่เคยสูงกว่า 4ซ. ชั้นของอุณหภูมิจะไม่ปรากฏให้เห็นในฤดูร้อน การหมุนเวียนของน้ำทั่วทั้งทะเลสาบหรือโอเวอร์เทอร์นจะเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวในหนึ่งปีเท่านั้นเช่นกัน และจะเกิดขึ้นระหว่างช่วงฤดูที่ร้อนที่สุด ทะเลสาบที่มีปรากฏการณ์ของการหมุนเวียนของน้ำทั่วทั้งทะเลสาบหรือโอเวอร์เทอร์น (overturn) เพียงครั้งเดียวในรอบหนึ่งปี เรียกว่า *"ทะเลสาบโมโนมิคติค" (monomictic lakes)* ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้ง ทะเลสาบโมโนมิคติคในเขตร้อน (warm-monomictic lakes) หรือ ทะเลสาบโมโนมิคติคในเขตหนาว (cold-monomictic lakes) การหมุนเวียนในรอบหนึ่งปีของชั้นอุณหภูมิของทะเลสาบทั้งสองแบบนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 8.7



รูปที่ 8.7 รูปแบบของชั้นของอุณหภูมิลำดับตามฤดูกาลต่าง ๆ ของทะเลสาบโมโนมิคติคในเขตร้อนและเขตหนาวในรอบหนึ่งปี

ที่มา : *Clapham, 1973.*

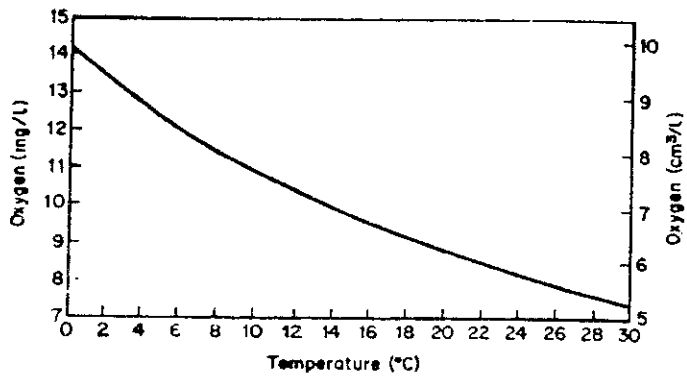
2) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen) แหล่งน้ำจืดได้รับออกซิเจนจากขบวนการสังเคราะห์แสงและจากบรรยากาศ ออกซิเจนในน้ำจะถูกใช้ไปในการหายใจของสิ่งมีชีวิตและการเน่าสลายของสารอินทรีย์ การที่น้ำสามารถรับออกซิเจนไว้ได้ในปริมาณมากน้อยเพียงใด ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างคือ

(1) อุณหภูมิของน้ำ อุณหภูมิของน้ำเป็นต้นเหตุที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นอิ่มตัว (saturated concentration) ของออกซิเจนในน้ำ กล่าวคือ น้ำเย็นจะสามารถรับออกซิเจนได้มากกว่าน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า รูปที่ 8.8 แสดงให้เห็นว่าน้ำแข็งที่ 0°ซ. สามารถรับออกซิเจนได้เกือบถึง 10 ลบ.ซม./ลิตร ในขณะที่น้ำอุ่นที่ 30°ซ. สามารถรับได้เพียงมากกว่า 5 ลบ.ซม./ลิตร เล็กน้อยเท่านั้น

(2) ปริมาณแสงที่ส่องลงมาในน้ำ ปริมาณแสงมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำเป็นอย่างมาก ในช่วงกลางวันโดยทั่วไปจะมีปริมาณออกซิเจนในน้ำสูงกว่ากลางคืน เนื่องจากกลางคืนไม่มีการสังเคราะห์แสงมีแต่การใช้ออกซิเจนจากการหายใจเพียงอย่างเดียว

(3) ความขุ่นใสของน้ำ แหล่งน้ำที่มีความใสในช่วงที่มีแสงจัดและมีพืชน้ำอยู่พอควรจะทำให้ขบวนการสังเคราะห์แสงเป็นไปได้ดีซึ่งจะทำให้เกิดออกซิเจนขึ้นมากในน้ำจนอาจเกินค่าอิ่มตัว (supersaturation) ในบริเวณที่พืชน้ำนั้นขึ้น

(4) กระแสน้ำและความปั่นป่วนของน้ำ (turbulence) ในลำธารที่มีน้ำไหลเชี่ยวและใสจะมีโอกาสรับออกซิเจนได้มากทั้งจากบรรยากาศโดยตรงและจากการสังเคราะห์แสงของพืชใต้น้ำ แต่ถ้าหากออกซิเจนในน้ำมีมากจนเกินค่าอิ่มตัวก็จะมีโอกาสแพร่กลับสู่บรรยากาศได้ง่ายเช่นกัน ทำให้ปริมาณออกซิเจนมีค่าไม่สูงมาก



รูปที่ 8.8 ความสามารถในการรับออกซิเจนของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ ณ ที่ความดันปกติ (760 มม.ปรอท)

ที่มา : สมสุข มัจฉาชีพ, 2524.

(5) ระดับความลึกของน้ำ ยิ่งลึกลงไปจากผิวทะเลสาบมากเท่าใดออกซิเจนก็จะยิ่งขาดแคลนมากขึ้นเท่านั้น และจะไม่มีออกซิเจนอยู่เลยในระดับความลึกตั้งแต่ 12 เมตรลงไป (สมสุข มัจฉาชีพ, 2524) น้ำในชั้นไฮโปลิมเนียนจะได้รับออกซิเจนจากการที่ทะเลสาบเกิดโอเวอร์เทอร์นเท่านั้นซึ่งออกซิเจนจากน้ำในชั้นอีพิลิมเนียนจะถูกหมุนเวียนลงสู่ก้นทะเลสาบในชั้นอีพิลิมเนียน ความสามารถในการรับออกซิเจนได้มากหรือน้อยของน้ำในชั้นไฮโปลิมเนียนนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของชั้นไฮโปลิมเนียนเอง ทะเลสาบที่มีความลึก 12-20 เมตร จะมีชั้นไฮโปลิมเนียนเล็กทำให้มีน้ำในชั้นไฮโปลิมเนียนน้อยไปด้วย จึงทำให้สามารถรับออกซิเจนได้น้อย ดังนั้นออกซิเจนในชั้นไฮโปลิมเนียนจะถูกใช้หมดไปทำให้เกิดการขาดออกซิเจนที่บริเวณท้องน้ำได้ แต่ถ้าหากทะเลสาบมีความลึกมาก ๆ ถึง 60 เมตรลงไปน้ำในเขตไฮโปลิมเนียนจะมีมาก เนื่องจากชั้นไฮโปลิมเนียนมีขนาดใหญ่จึงสามารถรับออกซิเจนไว้ได้มาก เมื่อเกิดการโอเวอร์เทอร์นของน้ำในทะเลสาบ ดังนั้นจึงทำให้ออกซิเจนในชั้นไฮโปลิมเนียนยิ่งคงมีใช้อยู่ตลอดจนพ้นช่วงฤดูร้อนกว่าออกซิเจนจะถูกใช้หมดไปก็พอดีกับการเกิดโอเวอร์เทอร์นได้หมุนเวียนกับมาอีกครั้งหนึ่งทำให้น้ำในชั้นไฮโปลิมเนียนได้รับออกซิเจนอีกครั้งหนึ่งการหมุนเวียนของออกซิเจนในชั้นไฮโปลิมเนียนนั้น ทะเลสาบที่มีความลึกมาก ๆ ในเขตอบอุ่นเท่านั้นที่จะมีออกซิเจนในชั้นไฮโป-

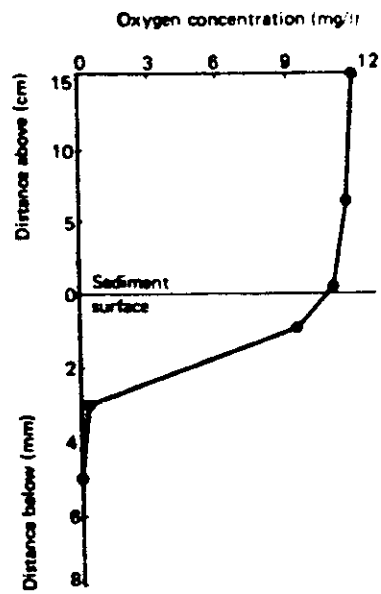
ลิมเนียนใช้ได้ตลอดฤดูกาล ทั้งนี้เนื่องจากทะเลสาบในเขตอบอุ่นมีการเกิดโอเวอร์เทอร์นถึงสองครั้งในรอบหนึ่งปี สำหรับทะเลสาบลึก ๆ ในเขตร้อนและเขตหนาวนั้นไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงเรื่องการขาดออกซิเจนที่บริเวณท้องน้ำได้แน่นอน เนื่องจากทะเลสาบในเขตร้อนและเขตหนาวจะมีการเกิดโอเวอร์เทอร์นเพียงครั้งเดียวในรอบหนึ่งปีเท่านั้น

สำหรับปริมาณออกซิเจนในโคลนก้นทะเลสาบหรือก้นบ่อนั้นพบว่าถึงแม้ในแหล่งน้ำนั้นจะได้รับออกซิเจนโดยทั่วกัน แต่ในโคลนจะมีออกซิเจนเฉพาะที่บริเวณผิวเท่านั้น (สมสุข มัจฉาชีพ, 2524) ในรูปที่ 8.9 แสดงให้เห็นว่าลึกลงไปจากโคลนเพียง 4-5 มิลลิเมตรเท่านั้น ออกซิเจนก็จะหมดไป ดังนั้นสัตว์พวกที่ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่ในหน้าดินที่ก้นทะเลสาบจึงมักจะประสบกับปัญหาการขาดออกซิเจนอยู่เสมอ

3) ปริมาณแร่ธาตุ ปริมาณแร่ธาตุที่ปรากฏในแหล่งน้ำจืดต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการคือ

(1) การแพร่เข้าสู่น้ำโดยตรงของกาซจากบรรยากาศ กาซที่สามารถละลายน้ำได้ดีและแพร่เข้าสู่น้ำได้โดยตรงจากบรรยากาศคือ คาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) รวมกับน้ำ (H_2O) จะได้เป็นกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) ซึ่งเป็นกรดอ่อน ดังสมการ

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$$
$$\Updownarrow$$
$$CO_3^{--} + H^+$$



รูปที่ 8.9 การเปลี่ยนปริมาณออกซิเจนในแนวดิ่งบริเวณก้นทะเลสาบช่วงฤดูหนาว
ที่มา : สมสุข มัจฉาชีพ, 2524.

(2) สภาพทางภูมิศาสตร์ของพื้นดินที่อยู่รอบ ๆ ซึ่งจะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำนั้น ถ้าหากสภาพพื้นดินโดยรอบเป็นหินปูน น้ำที่ซึมลงไปซึ่งมีสภาพเป็นกรดคาร์บอนิคอ่อน ๆ อยู่แล้วจะทำปฏิกริยากับหินปูนซึ่งมีแคลเซียม (Ca) ได้เป็นแคลเซียมไบคาร์บอเนต ($Ca(HCO_3)_2$) และถ้าแคลเซียมไบคาร์บอเนตมากในน้ำ จะทำให้น้ำกลายสภาพเป็นน้ำกระด้างและมีความเป็นด่างสูง ซึ่งจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 7-9 สภาพเช่นนี้เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของสัตว์และพืชหลายชนิด เช่น ฟองน้ำ และหอยที่ต้องสร้างเปลือกหรือแกนค้ำจุนร่างกายที่ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต ถ้าหากสภาพพื้นดินโดยรอบเป็นหินแกรนิต (granite) หินดินดาน (shale) และหินชนวน (slate) ซึ่งมีแคลเซียมปนอยู่เป็นปริมาณน้อยมากหรือแทบไม่มีเลย เมื่อน้ำซึ่งมีสภาพเป็นกรดคาร์บอนิคอ่อน ๆ อยู่แล้วไหลผ่านจะทำให้มีความเป็นกรดสูงขึ้น ทำให้ได้เป็นน้ำอ่อน สภาพเช่นนี้จะทำให้ได้ผลผลิตของแหล่งน้ำนั้นน้อยลงเมื่อเทียบกับน้ำกระด้าง ถ้าหากบริเวณโดยรอบเป็นแหล่งเกษตรกรรมที่มีความอุดมสมบูรณ์ แหล่งน้ำจะได้รับธาตุไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนเตรท (NO_3) และฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของฟอสเฟต (PO_4) ที่ถูกชะล้างจากแหล่งเกษตรกรรม เมื่อใดแหล่งน้ำนั้นได้รับธาตุอาหารเหล่านี้มากไปจะทำให้แพลงตันเจริญเติบโตมากจนเกินสมดุล และทำให้เกิดการเน่าเสียของน้ำนั้นได้ในเวลาต่อมา ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า *"ยูโทรฟิเคชั่น" (eutrophication)*

(3) การสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียในน้ำ เมื่อแบคทีเรียย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ในน้ำจะทำให้ได้ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนเตรท (NO_3) ฟอสเฟต (PO_4) มีเทน (CH_4) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อคุณภาพของน้ำ

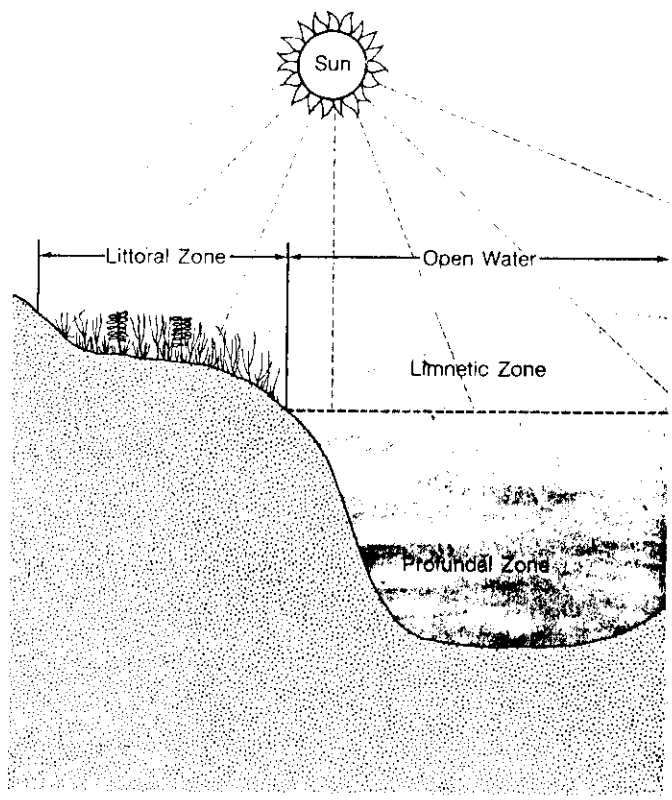
4) ความขุ่นใสของน้ำ (transparency) ความขุ่นใสของน้ำมีผลต่อแสงที่ส่องลงสู่แหล่งน้ำนั้น ตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดความขุ่นของน้ำ (turbidity) คืออนุภาคของดินเหนียว (clay) และดินตะกอน (silt) นอกจากนี้อาจจะเกิดจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ล่องลอยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นด้วย โดยเฉพาะพวกแพลงตันพืช เมื่อถึงเวลาสะพรั่ง (bloom) บริเวณผิวหน้าน้ำจะบดบังแสงอันมีผลอย่างยิ่งต่อพืชอื่น ๆ ที่อยู่ใต้น้ำเป็นอย่างมาก

5) กระแสน้ำ (current) ในแหล่งน้ำนิ่ง เช่น สระหรือทะเลสาบ การเคลื่อนที่ของน้ำจะเกิดขึ้นได้โดยลมและการหมุนวนของน้ำเองซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่น การเกิดลมที่รุนแรงอาจทำให้เกิดคลื่นซัดเซาะฝั่งทะลายดินลงมาทับถมกันให้ตื้นเขินได้ สำหรับกระแสน้ำในลำธารหรือแม่น้ำจะมีผลทำให้เกิดการกัดเซาะบริเวณก้นแม่น้ำและลำธารอยู่เป็นประจำ พวกทรายและดินตะกอนก็จะถูกพัดพาไปตามกระแสน้ำนี้ซึ่งในที่สุดก็จะไปตกทับถมกันในบริเวณที่กระแสน้ำนั้นเริ่มสงบลง กระแสน้ำยังเป็นตัวการจำกัดโดยตรงหรือโดยทางอ้อมใน

การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นด้วย โดยเฉพาะในลำธารที่มีกระแสน้ำไหลเชี่ยว กล่าวคือ กระแสน้ำจะเป็นตัวกำหนดการแพร่กระจายของกาซที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตรวมทั้งพวกเกลือแร่และแพลงตันต่าง ๆ

4. ระบบนิเวศน์แหล่งน้ำนิ่ง

แหล่งน้ำนิ่ง (standing water or lentic water) ได้แก่ หนองบึง และทะเลสาบซึ่งมีขนาดใหญ่ มีโครงสร้างที่สามารถแบ่งเป็นเขตได้ 3 เขต ดังแสดงไว้ในรูปที่ 8.10



รูปที่ 8.10 โครงสร้างของทะเลสาบซึ่งแบ่งออกได้ 3 เขต คือ เขตชายฝั่ง (littoral zone) เขตกลางทะเลสาบ (limnetic zone) และเขตก้นทะเลสาบ (profundal zone)

ที่มา : Miller, 1979.

โดยเขตเหล่านี้มีความแตกต่างกันทางด้านสภาพแวดล้อมหลายอย่าง ทำให้สัตว์และพืชส่วนใหญ่ที่ดำรงชีวิตอยู่ในแต่ละเขตแตกต่างกันไปด้วย ดังนี้

1. **เขตชายฝั่ง (Littoral zone)** เป็นเขตชายตลิ่งที่แสงสามารถส่องลงไปถึงดินใต้ท้องน้ำได้ ชุมชนในเขตนี้จึงมีความอุดมสมบูรณ์กว่าเขตอื่น ๆ โดยประกอบไปด้วยผู้ผลิตและผู้บริโภคต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1.1 ผู้ผลิต ผู้ผลิตในเขตชายฝั่งนี้ได้แก่ พืชที่มีรากยึดอยู่ในพื้นดินใต้ท้องน้ำ ซึ่งได้แก่ กก บัว สาหร่ายหางกระรอก เป็นต้น แพลงตันพืช ซึ่งได้แก่ สาหร่ายสีเขียว ไดอะตอม เป็นต้น และพืชลอยน้ำซึ่งได้แก่ จอก แหน ไข่น้ำ จอกหูหนู และแหนแดง เป็นต้น

1.2 ผู้บริโภค ผู้บริโภคในเขตชายฝั่งจะมีอยู่มากมายหลายชนิดกว่าในเขตอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะว่าเขตชายฝั่งเป็นเขตที่มีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยผู้ผลิตซึ่งนอกจากจะใช้เป็นอาหารแล้วยังใช้เป็นที่อาศัยหลบซ่อนศัตรูได้เป็นอย่างดีด้วย ผู้บริโภคเหล่านี้ได้แก่ หอยชนิดต่าง ๆ กุ้งก้ามกราม หนอนตัวกลม ตัวด้วง มวนน้ำ สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ งู เต่า ปลา และแพลงตันสัตว์ อันได้แก่ ไรน้ำ และอื่น ๆ เป็นต้น

2. **เขตกลางทะเลสาบหรือกลางสระ (Limnetic zone)** เป็นเขตที่อยู่กลางแหล่งน้ำซึ่งนับตั้งแต่เขตชายฝั่งออกไป โดยมีความลึกถึงระดับที่มีการสังเคราะห์แสงสมดุลกับการหายใจ (compensation level) ซึ่งโดยทั่วไปที่ระดับนี้จะมีความเข้มของแสงประมาณร้อยละ 1 ของแสงอาทิตย์ เขตนี้จึงไม่ปรากฏในแหล่งน้ำที่มีขนาดเล็กและตื้น เช่น บ่อ เป็นต้น ชุมชนในเขตนี้ได้แก่

2.1 ผู้ผลิต ผู้ผลิตในเขตกลางทะเลสาบนี้จะมีเฉพาะแพลงตันพืชเท่านั้น ซึ่งได้แก่ สาหร่ายสีเขียว ไดอะตอม และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ในแหล่งน้ำทั่วไปจะพบว่าความหนาแน่นของแพลงตันพืชเหล่านี้มีไม่เท่ากันในแต่ละช่วงเวลา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแสง อุณหภูมิ และธาตุอาหารในแหล่งน้ำเป็นสำคัญ ถ้าช่วงใดสภาพเหล่านี้พอเหมาะดีก็จะมีการเจริญแพร่พันธุ์อย่างมากมาย ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่าเกิดการสะพรั่ง (bloom) ขึ้น การสะพรั่งนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและคงอยู่ในชั่วเวลาอันสั้น อันจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์ eutrophication ได้

2.2 ผู้บริโภค ผู้บริโภคในเขตกลางทะเลสาบนี้มีเฉพาะแพลงตันสัตว์และปลาเท่านั้น แพลงตันสัตว์ที่พบมากในเขตนี้ได้แก่ ไรน้ำ เป็นต้น สำหรับปลานั้น โดยปกติจะว่ายไปมาระหว่างเขตชายฝั่งและเขตกลางทะเลสาบ แต่ส่วนใหญ่จะใช้ชีวิตอยู่ในเขตชายฝั่งเพื่อหาอาหารและสืบพันธุ์

3. **เขตก้นทะเลสาบหรือก้นสระ (prafundal zone)** เป็นเขตที่อยู่ลึกลงไปจากระดับที่มีความสมดุลย์ระหว่างการหายใจและการสังเคราะห์แสง (compensation level) ดังนั้นเขตนี้จึงเป็นเขตที่มืดไม่มีแสงส่องถึง ในแหล่งน้ำที่ไม่ใหญ่พอจะไม่ปรากฏเขตนี้ และด้วยเหตุที่มีสภาพแวดล้อมดังกล่าว เขตนี้จึงไม่มีผู้ผลิตอยู่เลย จะมีเฉพาะผู้บริโภคและผู้ย่อยสลายเท่านั้น ซึ่งได้แก่

3.1 ผู้บริโภค ผู้บริโภคในเขตนี้จะเป็นสัตว์ที่สามารถปรับตัวอยู่ได้โดยมีความต้องการออกซิเจนในปริมาณที่ต่ำ สัตว์ที่เป็นผู้บริโภคในเขตนี้ได้แก่ หนอนเลือดหรือตัวอ่อนของริ้นน้ำจืด ตัวอ่อนของแฟนตัม (ยุงชนิดหนึ่ง) หอยสองกาบ และหนอนตัวกลม ซากพืชและซากสัตว์บางชนิดที่ตายจากเขตริมฝั่งหรือกลางแหล่งน้ำนั้น

3.2 ผู้ย่อยสลาย ผู้ย่อยสลายในเขตนี้ได้แก่ แบคทีเรียและรา ในเขตก้นแหล่งน้ำนี้แบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจน (anaerobic bacteria) จะเจริญได้ดี รวมทั้งราซึ่งจะมีมากในบริเวณที่มีการสะสมของพวกอินทรีย์สารต่าง ๆ

5. ระบบนิเวศน์แหล่งน้ำไหล

แหล่งน้ำไหล (running water or lotic water) ได้แก่ น้ำตก ลำธาร และแม่น้ำ ชุมชนในแหล่งน้ำไหลโดยทั่วไปมีความแตกต่างไปจากชุมชนในแหล่งน้ำนิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ และทางเคมีที่เป็นตัวกำหนด แหล่งน้ำไหลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 เขต คือ

1. **เขตน้ำไหลเชี่ยว (rapid zone)** บริเวณนี้ได้แก่ น้ำตกและลำธาร เป็นบริเวณที่มีความตื้นและมีกระแสน้ำไหลแรง ทำให้ก้นลำธารใสสะอาด ไม่ค่อยมีการสะสมของตะกอนใต้น้ำ จึงมีแต่ก้อนหินเสียเป็นส่วนใหญ่ ในเขตน้ำไหลเชี่ยวนี้ กระแสน้ำจะเป็นตัวการจำกัดที่สำคัญ โดยเฉพาะบริเวณก้นแหล่งน้ำที่เป็นหินจะกลายเป็นบริเวณที่อำนวยให้พืชและสัตว์พวกหอยกาบเกาะอาศัยอยู่ได้เป็นอย่างดี เพราะสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะได้รับทั้งกาซที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและอาหารที่พัดพามากับกระแสน้ำอย่างสมบูรณ์ สิ่งมีชีวิตในเขตนี้ได้แก่

1.1 ผู้ผลิต ผู้ผลิตในเขตนี้แทบไม่ปรากฏมีแพลงตันอยู่เลย เพราะจะถูกกระแสน้ำพัดพาไปหมด ดังนั้นผู้ผลิตส่วนใหญ่ในเขตน้ำไหลเชี่ยวจึงเป็นพืชที่เกาะอยู่ตามหินก้นลำธารและพืชที่มีรากลึกอยู่ในพื้นดินใต้ท้องน้ำ ซึ่งได้แก่ มอส ตะไคร้น้ำ สาหร่าย และพืชมีดอกบางชนิด

1.2 ผู้บริโภค ในเขตน้ำไหลเชี่ยวนี้เหมาะสำหรับสัตว์พวกหอยกาบที่สามารถเกาะติดกับวัตถุใต้น้ำหรือคืบคลานไปมาได้สะดวก และสัตว์จำพวกปลาที่มีความแข็งแรงในการว่ายน้ำสู้กระแสน้ำได้ดี ผู้บริโภคในเขตนี้ได้แก่ หอยกาบ ฟองน้ำ แมลงบางชนิด หนอนตัวแบน และปลา

2. **เขตน้ำไหลเอื่อย (pool zone)** บริเวณนี้ได้แก่ แม่น้ำและลำธารขนาดใหญ่ เป็นบริเวณที่มีความลึกและมีความเร็วของกระแสน้ำลดลง ทำให้มีการตกตะกอนของอนุภาคต่าง ๆ บริเวณท้องน้ำ สิ่งมีชีวิตในเขตนี้ได้แก่

2.1 ผู้ผลิต ในเขตนี้แพลงตันพืชสามารถที่จะอาศัยอยู่ได้ ผู้ผลิตในเขตนี้จะมีเฉพาะแพลงตันพืชเท่านั้น ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว ไดอะตอม จอก แหน และไข่น้ำ เป็นต้น

2.2 ผู้บริโภค ในเขตนี้มีการทับถมของตะกอนที่หนา ดังนั้นจึงไม่เหมาะสำหรับสัตว์พวกที่เกาะติดหรือปีนไต่ไปมา แต่เหมาะสำหรับสัตว์พวกที่ขุดรูอยู่ เช่น หอยสอบกาบ ตัวอ่อนของแมลงปอ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีพวกปลาที่อาจว่ายไปมาอยู่ระหว่างเขตน้ำไหลเอื่อยและไหลเชี่ยวด้วย

6. ความแตกต่างทางกายภาพระหว่างแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหล

ความแตกต่างทางกายภาพระหว่างแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหลที่สำคัญ สามารถจะแยกออกได้เป็น 3 ประการด้วยกันคือ

1. **กระแสน้ำ** ความเร็วของกระแสน้ำขึ้นอยู่กับความต่างระดับของผิวหน้าน้ำ รวมทั้งความขรุขระ ความลึก และความกว้างของก้นลำธารเป็นสำคัญ ความแตกต่างของกระแสน้ำระหว่างทะเลสาบ (แหล่งน้ำนิ่ง) และลำธาร (แหล่งน้ำไหล) ในบางกรณีอาจเห็นได้ยาก เพราะแม้แต่ในลำธารเดียวกันก็อาจมีความแตกต่างกันได้ในเรื่องของกระแสน้ำในส่วนต่าง ๆ ของลำธารนั้น หรือในส่วนเดียวกันก็ต่างกันได้เมื่อต่างเวลากัน นอกจากนี้ในแม่น้ำหรือลำธารส่วนที่ใหญ่และลึกก็อาจจะมีความเร็วของกระแสน้ำลดลงมากจนเกือบจะเป็นน้ำนิ่งเลยทีเดียว เช่น เดียวกันนี้กระแสคลื่นบริเวณชายฝั่งของทะเลสาบที่เป็นโขดหินหรือหาดทรายก็อาจจะรุนแรงกว่าในลำธารบางแห่งก็เป็นได้ โดยเฉพาะในบริเวณที่ไม่มีพืชชายฝั่งอยู่เลย ด้วยเหตุนี้สิ่งมีชีวิตที่พบในแหล่งน้ำนิ่งทั่วไปก็อาจจะพบในแหล่งน้ำไหลบริเวณที่มีกระแสน้ำไหลเอื่อยด้วย ส่วนสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำไหลก็อาจจะมีอยู่ในบริเวณที่มีคลื่นแรงของแหล่งน้ำนิ่งได้เช่นกัน อย่างไรก็ตาม กระแสน้ำยังคงเป็นตัวการจำกัดสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหลได้อย่างมาก

2. **ปริมาณออกซิเจน** ในแหล่งน้ำไหลจะมีปริมาณออกซิเจนมากกว่าแหล่งน้ำนิ่งและมีอยู่ทั่วท้องน้ำ ที่เป็นเช่นนี้เพราะลำธารมีความลึกน้อย มีผิวหน้าที่สัมผัสกับอากาศได้มากกว่า และมีการเคลื่อนไหวของน้ำอยู่เป็นประจำ การที่แหล่งน้ำไหลมีออกซิเจนอยู่ในปริมาณมากอยู่เสมอแม้แต่ในบริเวณที่ไม่มีพืชขึ้นอยู่ จึงทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำไหลมีความเคยชินต่อสภาพเช่นนี้และกลายเป็นผู้ที่มีความอดทนต่อการขาดออกซิเจนได้น้อย เมื่อเกิดมลภาวะที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง จะทำให้สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ได้รับความกระทบกระเทือนมาก

3. **การแลกเปลี่ยนพลังงานกับชุมชนอื่น** ลำธารหรือแม่น้ำมีส่วนที่เชื่อมต่อกับชุมชนภาค

พื้นทวีปมาก การแลกเปลี่ยนพลังงานจึงเป็นไปได้ง่ายกว่าในทะเลสาบหรือบึง และเป็นความจริงที่ว่าพลังงานส่วนใหญ่ที่ชุมชนในแหล่งน้ำไหลได้รับนั้น ได้มาจากชุมชนภาคพื้นทวีปหรือแหล่งน้ำนิ่งที่ติดต่อถึงกัน แม้ในลำธารจะมีผู้ผลิตอยู่เอง เช่น สาหร่าย ไดอะตอม และมอส ที่เกาะอยู่ตามหินก้นลำธาร รวมทั้งพืชมีดอกบางชนิด แต่โดยปกติผู้ผลิตเหล่านี้จะไม่พอเพียงต่อผู้บริโภคที่มีอยู่มากมายในลำธารนั้น ดังนั้นจึงพบว่าผู้บริโภคขั้นที่หนึ่งในลำธารส่วนมากจึงเป็นพวกที่กินเศษอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นใบไม้ที่ร่วงหล่นจากพื้นดินใกล้เคียง จึงเท่ากับได้รับพลังงานจากชุมชนใกล้เคียงนั้นมา และลักษณะลูกโซ่อาหาร (food chain) ที่สำคัญจึงเป็นลูกโซ่อาหารแบบเศษอินทรีย์ขณะเดียวกันที่ลูกโซ่อาหารที่สำคัญในแหล่งน้ำนิ่งเป็นลูกโซ่อาหารแบบจับกิน นอกจากแหล่งน้ำไหลจะมีโอกาสได้รับพลังงานจากชุมชนใกล้เคียงได้มากแล้ว ยังมีโอกาสสูญเสียพลังงานให้กับชุมชนใกล้เคียงมากเช่นเดียวกัน เช่น ในกรณีตัวอ่อนของแมลงบางชนิดที่อาศัยอยู่ในลำธาร เมื่อโตเต็มวัยก็กลับขึ้นไปเจริญชีวิตบนบก รวมทั้งผู้บริโภคจากแหล่งอื่นที่ชอบเข้ามาหากินในลำธารเป็นประจำ เช่น หมีและนก ที่เข้ามาหาปลากิน เป็นต้น

สรุป

ระบบนิเวศน์แหล่งน้ำประกอบไปด้วยโครงสร้าง 3 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนที่มีชีวิต ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลาย โครงสร้างส่วนที่ไม่มีชีวิต และโครงสร้างพลังงาน การถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนของธาตุอาหารนับเป็นหน้าที่สำคัญของระบบนิเวศน์หนึ่ง ๆ

ปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจืดที่สำคัญมี 5 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้น้ำในทะเลสาบลึก ๆ ถูกแบ่งออกเป็น 3 เขต คือ อีพิลิมเนียน เทอร์-โมไคลน์ และไฮโปลิมเนียน นอกจากนี้ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนหรือการวนของน้ำในทะเลสาบ ซึ่งทำให้สภาพน้ำเน่าที่เกิดขึ้นในฤดูร้อนและฤดูหนาวอันเนื่องมาจากการขาดแคลนออกซิเจนหายไป นอกจากอุณหภูมิแล้ว ปัจจัยที่สองได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ การที่น้ำจะสามารถรับออกซิเจนไว้ได้ในปริมาณมากน้อยเพียงใดย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง อันได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณแสงที่ส่องลงมาในน้ำ ความขุ่นใสของน้ำ กระแสน้ำ และความปั่นป่วนของน้ำและระดับความลึกของน้ำ ปัจจัยที่สามได้แก่ ปริมาณแร่ธาตุที่ปรากฏในแหล่งน้ำจืดต่าง ๆ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ อันได้แก่ การแพร่เข้าสู่น้ำโดยตรงของกาซจากบรรยากาศ สภาพทางภูมิศาสตร์ของพื้นดินที่อยู่รอบ ๆ และการสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียในน้ำ ปัจจัยที่สี่ ได้แก่ ความขุ่นใสของน้ำ และปัจจัยสุดท้าย ได้แก่ กระแสน้ำ

ระบบนิเวศน์แหล่งน้ำจืดมีความแตกต่างกันโดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ ระบบนิเวศน์แหล่งน้ำนิ่ง อันได้แก่ หนองบึงและทะเลสาบ และระบบนิเวศน์แหล่งน้ำไหล อันได้แก่ น้ำตก ลำธาร และแม่น้ำ ระบบนิเวศน์แหล่งน้ำนิ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 เขต คือ เขตชายฝั่ง เขตกลางทะเลสาบหรือกลางสระ และเขตก้นทะเลสาบหรือก้นสระ สำหรับระบบนิเวศน์แหล่งน้ำไหลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 เขต คือ เขตน้ำไหลเชี่ยว และเขตน้ำไหลเอื่อย แหล่งน้ำนิ่งมีความแตกต่างจากแหล่งน้ำไหลทางด้านกระแสน้ำ ปริมาณออกซิเจน และการแลกเปลี่ยนพลังงานกับชุมชนอื่น

คำถามท้ายบท

1. โครงสร้างของระบบนิเวศน์แหล่งน้ำมีอะไรบ้าง? จงอธิบาย
2. สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจืดหากแบ่งตามลำดับขั้นในการบริโภคแล้ว สามารถแบ่งออกได้เป็นกี่ระดับชีวิต? อะไรบ้าง จงอธิบาย
3. จงวาดไดอะแกรมแสดงการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในแหล่งน้ำและอธิบายถึงกลไกนี้มาพอเข้าใจ
4. ปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจืดมีอะไรบ้าง?
5. จงวาดไดอะแกรมแสดงชั้นของอุณหภูมิในทะเลสาบ และอธิบายการเกิดการหมุนเวียนหรือการหมุนวนของน้ำ (overturn) ในทะเลสาบมาพอเข้าใจ
6. จงอธิบายถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับออกซิเจนของน้ำมาพอเข้าใจ
7. จงอธิบายถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณแร่ธาตุที่ปรากฏในแหล่งน้ำจืดมาพอเข้าใจ
8. โครงสร้างของระบบนิเวศน์แห่งน้ำนิ่งมีกี่เขต? อะไรบ้าง จงอธิบาย
9. โครงสร้างของระบบนิเวศน์แหล่งน้ำไหลมีกี่เขต? อะไรบ้าง จงอธิบาย
10. จงอธิบายถึงความแตกต่างทางกายภาพระหว่างแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหลมาพอเข้าใจ