

เอกสารประกอบการคำสอน

เรื่อง การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร

รายวิชา GSI2304 วิทยาศาสตร์โลกทั้งระบบ



บทที่ 5

การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร

น้ำเป็นสารประกอบที่พบมากถึง 3 ใน 4 ส่วนของพื้นโลก สิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลกใบนี้ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ถ้าขาดน้ำ สัตว์เซลล์เดียวตัวแรกที่ถือกำเนิดขึ้นมาบนโลก นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายยังเชื่อว่า ถือกำเนิดมาจากมหาสมุทร แม้แต่ในร่างกายของมนุษย์เองประกอบด้วยน้ำ 2 ใน 3 ส่วนของน้ำหนักตัว สมุทรศาสตร์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่ง ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับส่วนของโลกที่ปกคลุมด้วยทะเล โดยมีความมุ่งหมายเพื่อเพิ่มพูนความรู้ของมนุษย์ในส่วนที่เกี่ยวกับมหาสมุทร เช่น คุณสมบัติและลักษณะของน้ำในมหาสมุทร ปฏิกริยาระหว่างมวลของน้ำบริเวณผิวน้ำกับอากาศ ลักษณะของสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตทั้งหลายต่อน้ำ รูปร่างและลักษณะของพื้นมหาสมุทร เป็นต้น

อุทกภาค

เสนห์ โรจนดิษฐ์ (2539 : 3) ให้ความหมายของอุทกภาค หมายถึง ส่วนที่หุ้มห่อเปลือกโลกที่เป็นน้ำทั้งหมด ได้แก่ น้ำ ซึ่งเป็นน้ำในมหาสมุทรหรือน้ำเค็ม ร้อยละ 94 ที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 6 เป็นน้ำจืด น้ำในมหาสมุทรมีบทบาทสำคัญต่อปรากฏการณ์ตามธรรมชาติของวัฏจักรของน้ำในโลก

วันทนี ศรีรัฐ (2543 : 199) ให้ความหมายของอุทกภาค หมายถึง น้ำทุกประเภทที่พบบนโลก ทั้งที่พบใต้ดิน บนดิน ในทะเลมหาสมุทร แม่น้ำ ลำธาร หนอง บึงต่าง ๆ แม่น้ำที่พบในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตก็จัดเป็นส่วนหนึ่งของอุทกภาค

สรุปได้ว่า อุทกภาค หมายถึง ส่วนของน้ำทั้งหมดที่พบบนโลก ทั้งบนพื้นโลก ใต้ดิน ในอากาศ และในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เช่น มหาสมุทร ทะเล แม่น้ำ ลำธาร เป็นต้น น้ำที่มีพบบอยู่ในทะเลและมหาสมุทรมีปริมาณร้อยละ 97.3 น้ำที่พบในรูปของน้ำแข็งตามขั้วโลกมีปริมาณร้อยละ 2.1 และน้ำที่อยู่ในดิน ใต้ดิน และอื่น ๆ มีปริมาณร้อยละ 0.6 (ประยูร วงศ์จันทร์, 2554 : 75) น้ำมีการหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา เรียกว่า “วัฏจักรของน้ำ (Water cycle)”

1. คุณสมบัติของน้ำ

น้ำ 1 โมเลกุล ประกอบด้วย ธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม และธาตุออกซิเจน 1 อะตอม มีสูตรทางเคมี คือ H_2O โมเลกุลของน้ำมีลักษณะเป็น “โมเลกุลแบบมีขั้ว” (Polar molecule) ทำให้น้ำสามารถละลายสิ่งต่าง ๆ ได้ง่าย น้ำจึงมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด (เสนห์ โรจนดิษฐ์, 2539 : 9) ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้น้ำสามารถพัดพาธาตุอาหารต่าง ๆ ผ่านพืชและสัตว์ ตลอดจนเคลื่อนย้ายและเจือจางสิ่งสกปรกต่าง ๆ ได้ จึงทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำขึ้นได้ง่ายด้วย น้ำสามารถเปลี่ยนสถานะได้ 3 สถานะตามความแตกต่างของอุณหภูมิและความกดของบรรยากาศ คือ น้ำสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซหรือไอน้ำได้ การเพิ่มหรือลดความร้อนส่งผลต่อสถานะของน้ำ เช่น การให้ความร้อนกับน้ำแข็ง จะทำให้น้ำแข็งละลายกลายเป็นน้ำ ขณะเดียวกันการดึงเอาความร้อน

หรือลดอุณหภูมิออกจากน้ำก็จะทำให้น้ำกลายเป็นน้ำแข็ง เป็นต้น ในสถานะของแข็ง (Solid) น้ำจะอยู่ในรูปน้ำแข็ง (Ice) ไม่มีการไหล ในสถานะของเหลว (Liquid) โมเลกุลมีการไหลเกิดขึ้นและมีรูปร่างเหมือนกับภาชนะที่ใส่ ส่วนในสถานะที่เป็นก๊าซ โมเลกุลของไอน้ำ (Water vapor) จะมีอิสระในการไหล (สுவจน์ ธีธรรส, 2557 : 67 - 68) คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

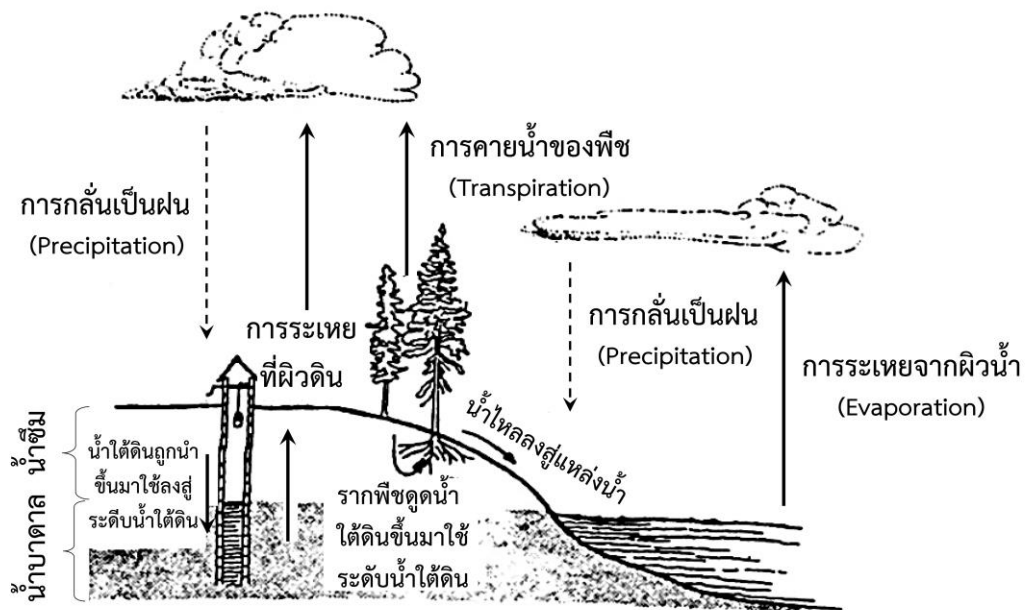
ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physics) ของน้ำ

คุณสมบัติ	ณ อุณหภูมิต่าง ๆ (องศาเซลเซียส)			
	0	20	50	100
ความถ่วงจำเพาะ (กรัมต่อตารางเซนติเมตร)	0.99987	0.99823	0.9981	0.9584
ความร้อนจำเพาะ (แคลอรีต่อกรัม องศาเซลเซียส)	1.0074	0.9986	0.9985	1.0069
ความร้อนแฝง (แคลอรีต่อกรัม)	597.3	586.0	569.0	539.0
แรงตึงผิว (ดาเยนต่อเซนติเมตร)	75.64	72.75	67.91	58.80
อัตราความหนืด (10^{-4} กรัมต่อเซนติเมตร วินาที)	178.34	100.9	54.9	28.4

ที่มา : สุเทพ ดิษฐภักย์ และ เคนซากุ ทาเคะ, 2521 : 6

2. วัฏจักรของน้ำ

วงจรของน้ำ หรือวัฏจักรของน้ำ หรือวัฏจักรทางอุทกวิทยา (Hydrologic Cycle) เป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติอย่างหนึ่งในระบบนิเวศ ซึ่งมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดในโลก กระบวนการหลัก ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรของน้ำ ประกอบไปด้วย 4 กระบวนการ คือ การระเหย (Evaporation and Transpiration) การควบแน่น (Condensation) การเกิดฝน (Precipitation) และการเก็บกัก (Collection) แสดงดังในภาพที่ 5.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (นงนภัส คู่วิญญู เทียวกมล, 2551 : 54)



ภาพที่ 5.1 วงจรของน้ำ

ที่มา : ปรับปรุงจาก ประสงค์ หล้าสะอาด และจิตเกษม หล้าสะอาด, 2549 : 18

2.1 การระเหย

การระเหยเกี่ยวข้องกับคำในภาษาอังกฤษ 2 คำ คือ “Evaporation” และ “Transpiration” ซึ่ง “Evaporation” หมายถึง “การระเหยของน้ำในแหล่งน้ำ” ส่วน “Transpiration” หมายถึง “การคายน้ำของพืช” อัตราการระเหยจะถูกควบคุมโดยปัจจัย 4 ประการ คือ พลังงานที่มีอยู่ ระดับความชื้น ความเร็วลม และปริมาณน้ำที่มีอยู่ การระเหยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การระเหยของน้ำในแหล่งน้ำ และการคายน้ำของพืช ดังนี้

2.1.1 การระเหยของน้ำในแหล่งน้ำ เช่น ทะเล มหาสมุทร แม่น้ำ ลำธาร หนอง คลอง บึง ทะเลสาบ เป็นต้น เมื่อแหล่งน้ำได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์จะระเหยเป็นไอน้ำลอยขึ้นสู่อากาศ ซึ่งการระเหยแบบนี้จะเกี่ยวกับความชื้น (Humidity) และพลังงาน

2.1.2 การคายน้ำของพืช น้ำที่รากของพืชดูดซึมไปใช้สำหรับการลำเลียงสารอาหาร และการสังเคราะห์เป็นอาหารเพื่อการเจริญเติบโต จะกลายเป็นไอน้ำเมื่อผ่านออกจากรูใบ หรือเรียกว่า “ปากใบ (Stomata)” ที่ผิวใบด้านใต้ ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับท่อเล็ก ๆ ในใบ จะเห็นได้ชัดเมื่อหายใจใบด้านที่มีสีเขียวอ่อนกว่าอีกด้านขึ้นดู การที่พืชสูญเสียน้ำผ่านทางปากใบเป็นการส่งไอน้ำผ่านบรรยากาศ เรียกว่า การระเหยสู่อากาศ ซึ่งส่วนใหญ่กระบวนการนี้ถูกควบคุมด้วยความชื้นและความชุ่มชื้นของดิน

2.2 การควบแน่น

การควบแน่นเป็นกระบวนการที่ไอน้ำในบรรยากาศเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวในรูปของเมฆเมื่อได้รับความเย็น จากนั้นตกลงมากลายเป็นหยาดน้ำฟ้า

2.3 การเกิดฝน

การเกิดฝนจะตกเป็นของเหลวหรือของแข็ง น้ำจากฟ้าที่ตกลงสู่พื้นดินทั้งหมดประกอบด้วย น้ำที่อยู่ในสถานะเป็นไอน้ำ เช่น เมฆ หมอก เป็นต้น และตกลงสู่พื้นดินในลักษณะที่เป็น

ของเหลว เช่น ฝน น้ำค้าง เป็นต้น และเป็นของแข็ง เช่น หิมะ (Snow) น้ำค้างแข็ง (Frost) ลูกเห็บ (Hailstone) เป็นต้น

2.4 การเก็บกัก

เมื่อน้ำตกลงสู่มหาสมุทร ทะเล แม่น้ำ ลำธาร และแหล่งน้ำบนพื้นโลกอีกครั้ง น้ำที่พื้นผิวโลกจะซึมลงสู่ใต้ดิน และกลายเป็นส่วนหนึ่งของน้ำใต้ดิน ซึ่งพืชและสัตว์จะใช้ดื่มกิน หรือไหลผ่านดินลงสู่แหล่งเก็บกักไว้ในมหาสมุทร ทะเล แม่น้ำ ห้วย หนอง คลอง และแล้ววัฏจักรน้ำก็จะเริ่มต้นขึ้นอีกครั้งหนึ่ง

3. การจำแนกแหล่งน้ำ

น้ำสามารถแบ่งตามแหล่งน้ำธรรมชาติได้เป็น 3 ประเภท คือ น้ำผิวดิน (Surface water) น้ำใต้ดิน (Subsurface water) และน้ำในบรรยากาศ (Atmospheric water) ดังนี้ (วันทนี ศรีรัฐ, 2543 : 203 – 209 และนนนภัส คู่ขวัญ เทียงกมล, 2551 : 59)

3.1 น้ำผิวดิน

น้ำผิวดิน หมายถึง น้ำที่ไหลอยู่บนผิวดิน เช่น น้ำที่อยู่ในแม่น้ำ ลำคลอง ลำธาร ทะเลสาบ ห้วย หนอง บึง สระ บ่อ เป็นต้น น้ำผิวดินจะไหลลงสู่แม่น้ำและทะเล เป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญในการอุปโภคบริโภคของชุมชน ความสำคัญอีกประการหนึ่งของน้ำผิวดิน คือ พลังงานจากกระแสน้ำไหล ซึ่งพลังงานจะผลิตได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ และความแรงของน้ำ นอกจากนั้น น้ำผิวดินยังใช้เป็นทางในการคมนาคมขนส่ง แม้ว่าในปัจจุบันอาจจะใช้น้อยลงกว่าในอดีตที่ผ่านมา น้ำผิวดินบางส่วนไหลซึมลงสู่ใต้ดิน ถูกเก็บกักไว้ในดินและตามช่องว่างระหว่างหิน กลายเป็นน้ำใต้ดิน น้ำผิวดินสามารถแบ่งประเภทตามระดับความเค็มของน้ำได้ 3 ประเภท คือ น้ำเค็ม น้ำกร่อย และน้ำจืด โดยแหล่งน้ำจืดยังสามารถแบ่งตามลักษณะของกระแสน้ำได้ออกเป็น 2 ชนิด คือ แหล่งน้ำไหล (Runoff) และแหล่งน้ำนิ่ง ดังนี้ (ทินพันธุ์ เนตรแพ, 2558 : 7)

3.1.1 แหล่งน้ำไหล เป็นแหล่งน้ำที่ไหลอยู่บนผิวดิน เกิดขึ้นเมื่อปริมาณฝนที่ตกลงมามีมากกว่าน้ำที่ถูกดูดซึมโดยพืช การระเหยหรือการไหลซึมลงดินในระยะทางสั้น ๆ แหล่งน้ำไหลเป็นแหล่งน้ำเปิด (Open water) สามารถแบ่งลักษณะการไหลของน้ำได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การไหลแผ่ซ่าน (Sheet flow) และการไหลตามร่อง (Channel flow) โดยการไหลแผ่ซ่านเป็นการไหลของแหล่งน้ำที่ไหลไปตามความลาดเอียงของพื้นผิว และมีระดับความลึกไม่มาก ส่วนการไหลตามร่อง คือ การไหลของน้ำไปตามร่องน้ำ เช่น แม่น้ำ ลำธาร คลอง คู เป็นต้น โดยต้นน้ำอาจมีขนาดเล็ก และค่อย ๆ ไหลขึ้นในช่วงตอนปลายน้ำ แหล่งน้ำไหลที่สำคัญมีดังนี้ (ทินพันธุ์ เนตรแพ, 2558 : 37 - 39)

1) แม่น้ำเป็นธารน้ำขนาดใหญ่ที่มีมวลน้ำไหลตลอดปี โดยไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ หรือจากต้นน้ำไปสู่ปลายน้ำ โดยแม่น้ำและลำธารเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญที่เกิดเองตามธรรมชาติ เปรียบเสมือนถนนหรือช่องทางให้น้ำไหลผ่านจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง ซึ่งเป็นแหล่งรับน้ำที่อยู่ในระดับต่ำกว่าแรงดึงดูดของโลก และท้ายสุดจะออกสู่ทะเลและมหาสมุทร

2) ลุ่มน้ำเป็นพื้นที่รับน้ำตามธรรมชาติ จากฝนที่ตกลงในพื้นที่นั้นแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำ ไปรวมตัวกันเป็นลำน้ำสายเล็ก และไหลรวมตัวกันลงสู่ลำน้ำสายใหญ่ขึ้น จนในที่สุดจะไหลออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่จุดหนึ่งของลำน้ำ โดยในประเทศไทยมีลุ่มน้ำมากมายหลายแห่ง

3) คู คลอง เป็นทางน้ำที่เกิดจากการขุดของมนุษย์ เช่น คลองแสนแสบ คลองดำเนินสะดวก เป็นต้น

3.1.2 แหล่งน้ำนิ่ง มีลักษณะเป็นแหล่งน้ำขัง มีปริมาณน้ำมากน้อยแตกต่างกันไป น้ำในแหล่งน้ำนิ่งได้มาจาก 3 ทางด้วยกัน คือ การไหลของน้ำบนผิวดิน การซึมเข้ามาของน้ำใต้ดิน และจากหยาดน้ำฟ้า แหล่งน้ำนิ่งมีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เพื่อการบริหารจัดการธรรมชาติ สามารถแบ่งแหล่งน้ำนิ่งตามขนาดและความลึกออกได้หลายประเภท เช่น ทะเลสาบ บึง หนอง บ่อ แหล่งน้ำท่วม อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น (ทินพันธุ์ เนตรแพ, 2558 : 29 - 31)

1) ทะเลสาบเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่มีทางน้ำไหลเข้าได้ จะมีน้ำอยู่ตลอดปีและมีระดับแตกต่างกันไม่มากนัก โดยมีเขตกลางน้ำและเขตน้ำลึกมากกว่าเขตชายฝั่ง ทะเลสาบมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน ตัวอย่างทะเลสาบในประเทศไทย เช่น ทะเลสาบบัวแดงในจังหวัดอุดรธานี เป็นต้น

2) บึงเป็นแหล่งน้ำขนาดกลาง หรือขนาดใหญ่ที่เป็นที่ลุ่ม (Low land) มีน้ำท่วมขังตลอดทั้งปี มีความลึกพอประมาณ ลักษณะชายฝั่งเป็นที่ราบมีพรรณไม้พุ่ม หรือต้นไม้ ขึ้นอยู่รอบๆ ตัวอย่างบึงในประเทศไทย เช่น กว๊านพะเยาในจังหวัดพะเยา บึงสีไฟในจังหวัดพิจิตร เป็นต้น

3) หนองเป็นแหล่งน้ำตื้น ๆ ที่มีความชันของชายฝั่งน้อย ไม่มีเขตน้ำลึกเลย ไม่มีทางน้ำไหลเข้าออก ส่วนใหญ่เป็นที่ลุ่มน้ำท่วมถึง ในฤดูฝนพื้นที่นี้จะกลายเป็นพื้นน้ำกว้างใหญ่ แต่ในฤดูแล้ง ปริมาณน้ำอาจลดลงมากจนตื้นเขินไปทั้งหมด บริเวณรอบ ๆ หนองน้ำจะมีพืชล้มลุก ขึ้นอยู่โดยรอบ ตัวอย่างหนองในประเทศไทย ได้แก่ หนองหานในจังหวัดสกลนคร เป็นต้น

4) บ่อ เป็นแหล่งน้ำขนาดเล็กที่ถูกสร้างโดยมนุษย์ ทำให้ชายฝั่งมีความลาดชันสูง ความลึกไม่มาก ปริมาณน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล เป็นแหล่งน้ำที่ไม่มีทางน้ำเข้า-ออก ประสงค์ของการสร้างบ่อแตกต่างกันออกไป เช่น สำหรับการอุปโภคบริโภค การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น

5) แหล่งน้ำท่วม เป็นบริเวณที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำ คลอง หนอง บึง เมื่อถึงฤดูฝน น้ำจะหลากท่วมบริเวณเหล่านี้เป็นพื้นน้ำกว้างใหญ่ หรือเป็นแนวแคบขนานไปกับลำน้ำ ตัวอย่างเช่น ที่ราบภาคกลางจังหวัดพระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี ปทุมธานี เป็นต้น

6) อ่างเก็บน้ำ เป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยการสร้างเขื่อน ปิดกั้นทางเดินของน้ำ ทำให้ระดับน้ำหน้าเขื่อนถูกยกขึ้นมาสูงตามระดับความสูงของเขื่อน ปริมาณน้ำเหนือเขื่อนจำนวนมากนี้จะท่วมพื้นที่ต่ำตามลักษณะภูมิประเทศ

3.2 น้ำใต้ดิน (Underground water)

น้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล คือ น้ำที่อยู่ใต้ผิวดินเป็นน้ำที่ไหลอยู่ในดิน รวมทั้งน้ำที่อยู่ระหว่างเม็ดดินในแต่ละชั้น น้ำที่ไหลอยู่ระหว่างชั้นของหิน น้ำที่แทรกซึมอยู่ตามรอยร้าวของหิน และน้ำที่รากของพืชดูดซึมไปใช้สำหรับการลำเลียงสารอาหาร เพื่อการสังเคราะห์เป็นอาหาร และเพื่อการเจริญเติบโต สรุปได้ว่า น้ำใต้ดิน หมายถึง น้ำทุกชนิดที่อยู่ใต้พื้นดิน และน้ำบาดาล หมายถึง น้ำที่ถูกเก็บกักไว้ระหว่างช่องว่าง หรือรอยแตก รอยร้าวในชั้นหิน

3.3 น้ำในบรรยากาศ

น้ำในบรรยากาศเป็นน้ำที่อยู่ในบรรยากาศหรือสูงกว่าระดับดินขึ้นไป เรียกว่า มวลไอน้ำ และน้ำที่ตกลงสู่พื้นผิวดินทั้งหมด ประกอบด้วยน้ำในบรรยากาศที่อยู่ในสถานะเป็นไอน้ำ เช่น เมฆ หมอก เป็นต้น น้ำในบรรยากาศที่เป็นของเหลว เช่น ฝน น้ำค้าง เป็นต้น และน้ำในบรรยากาศที่เป็นของแข็ง เช่น หิมะ ลูกเห็บ น้ำค้างแข็ง เป็นต้น

คุณสมบัติของน้ำทะเล

เมื่อโลกเย็นตัวลงน้ำที่ระเหยสู่บรรยากาศจะมีการควบแน่นตกลงสู่พื้นโลก ทำให้เกิดมหาสมุทรอันกว้างใหญ่ ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นนานกว่า 4 พันล้านปีมาแล้ว น้ำฝนที่ตกลงมาบนผิวโลกมีการชะล้างละลายเอาแร่ธาตุและสารประกอบหลายชนิด ลงสู่มหาสมุทร กลายเป็นองค์ประกอบทางเคมีของน้ำทะเล

1. สมบัติทางเคมีของน้ำทะเล

น้ำทะเลมีความเค็ม (Salinity) ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามแต่ละมหาสมุทร ความเค็มของน้ำทะเล หมายถึง ปริมาณของเกลือในน้ำทะเล มีหน่วยเป็นกรัมของเกลือต่อน้ำทะเล 1 กิโลกรัม หรือ ส่วนต่อพันส่วน (Part per thousand, ppt) โดยทั่วไปน้ำทะเลมีค่าความเค็มเฉลี่ย 35 กรัมต่อกิโลกรัม (นิคม อ่อนสี, 2557 : 9)

น้ำในมหาสมุทรมีเกลือและแร่ธาตุต่าง ๆ ละลายอยู่ในน้ำ ประกอบด้วยเกลือ มีปริมาณร้อยละ 3.5 และน้ำ มีปริมาณร้อยละ 96.5 (สุระจัน ธีธรรส, 2557 : 76) เมื่อเกลือละลายในน้ำจะมีปฏิกิริยาในน้ำและเปลี่ยนไปอยู่ในรูปประจุ หรือเรียกว่า “ไอออน (Ion)” ทั้งในรูปประจุบวกและประจุลบ โดยประจุไอออนลบ เรียกว่า “แอนไอออน (Anion)” และประจุไอออนบวก เรียกว่า “แคโทด (Cation)” เกลือที่ละลายในน้ำทะเลมากกว่าร้อยละ 99 ประกอบด้วยไอออนทั้งหมด 6 ชนิด เป็นประจุไอออนบวกจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ โซเดียม (Sodium, Na^+) แมกนีเซียม (Magnesium, Mg^{2+}) แคลเซียม (Calcium, Ca^{2+}) และโพแทสเซียม (Potassium, K^+) และประจุไอออนลบจำนวน 2 ชนิด คือ คลอไรด์ (Chloride, Cl^-) และซัลเฟต (Sulphate, SO_4^{2-}) โซเดียมและคลอไรด์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ในน้ำทะเลถึงร้อยละ 86 (สุระจัน ธีธรรส, 2557 : 76) นอกจากนี้ ยังมีแร่ธาตุอีกหลายชนิดที่ละลายในน้ำทะเลมีความเข้มข้นต่ำกว่า 1 ppm เรียกว่า “ธาตุปริมาณน้อย (Trace element)” เมื่อมีเกลือละลายในน้ำจะทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไป ดังนี้ (สุระจัน ธีธรรส, 2557 : 79 - 80)

- 1) ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat) จะลดลง เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความร้อนจำเพาะจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น จุดเดือดของน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น
- 2) ความหนาแน่น (Density) จะเพิ่มขึ้นเกือบเป็นเส้นตรง เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น
- 3) จุดเยือกแข็ง (Freezing point) จะลดต่ำลง เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น น้ำทะเลที่มีความหนาแน่นมากที่สุดจะเป็นน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำมากที่สุด และมีความเค็มมากที่สุด
- 4) ความดันไอ (Vapor pressure) จะลดลง เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น น้ำจึงจะระเหยได้ดีกว่าน้ำทะเล

5) แรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) จะเพิ่มขึ้น เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น แรงดันออสโมติกมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมาก เพราะจะมีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิต

2. สมบัติทางกายภาพของน้ำทะเล

2.1 อุณหภูมิของน้ำทะเล

อุณหภูมิของน้ำทะเลจะแตกต่างกันไป ทั้งตามละติจูด ตามความลึกของทะเล โดยทั่วไปอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวน้ำทะเลจะลดลงเมื่อละติจูดสูงขึ้น (วันทนีย์ ศรีรัฐ, 2543 : 214) ดังนั้น

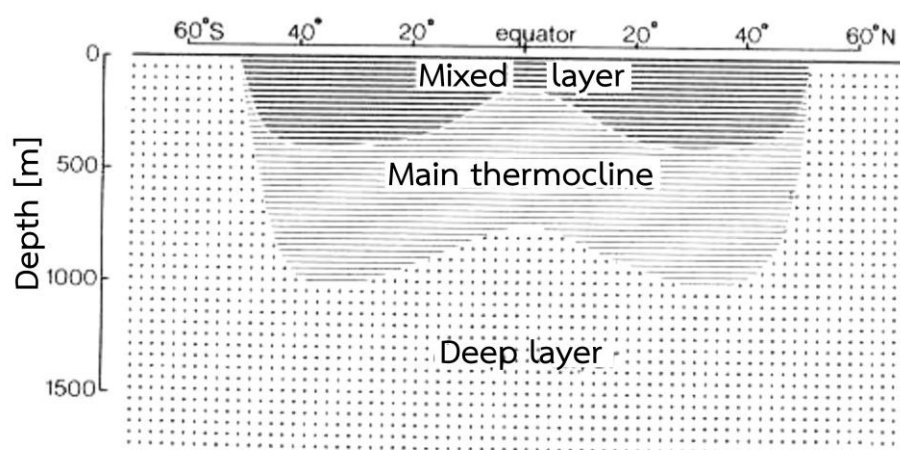
อุณหภูมิของน้ำทะเลในซีกโลกใต้จะต่ำกว่าในซีกโลกเหนือเล็กน้อย เนื่องจากความเย็นของพื้นน้ำแข็งของมหาสมุทรแอนตาร์กติก ที่ตั้งของมหาสมุทรมีสัมพันธ์กันไปจนถึงกระแสน้ำในมหาสมุทร โดยน้ำร้อนในเขตเส้นศูนย์สูตรจะถูกถ่ายเทไปยังขั้วโลกด้วยกระบวนการไหลเวียนของน้ำ โดยมีแผ่นทวีปเป็นตัวกำหนดรูปแบบการไหลเวียนของน้ำ กระแสน้ำอุ่นจะนำความร้อนจากบริเวณศูนย์สูตรไปยังขั้วโลก และกระแสน้ำเย็นจากขั้วโลกจะกลับสู่บริเวณเขตศูนย์สูตรอีกครั้ง ทำให้อุณหภูมิน้ำที่ฝั่งซ้ายและขวาของมหาสมุทรในละติจูดเดียวกันมีค่าแตกต่างกัน (นิคม อ่อนสี, 2557 : 11) ตามปกติแล้วอุณหภูมิบริเวณพื้นผิวของน้ำทะเลจะสูง และจะค่อย ๆ ลดลง เมื่อความลึกเพิ่มขึ้น

น้ำทะเลสามารถแบ่งออกได้เป็นชั้น ๆ โดยใช้อุณหภูมิและส่วนประกอบทางเคมีเป็นเกณฑ์ในการจำแนก การแพร่กระจายของอุณหภูมิในแนวดิ่ง แสดงดังภาพที่ 5.2 โดยทั่วไปสามารถจำแนกชั้นน้ำตามการกระจายของอุณหภูมิตามระดับความลึกในมหาสมุทรได้เป็น 3 ชั้น คือ น้ำชั้นบน (Epilimnion) ชั้นเทอร์โมไคลล์ (Thermocline) และชั้นลึก (Hypolimnion) ดังนี้ (สุวะจณ์ ธัญรส, 2557 : 92)

1) น้ำชั้นบน (Surface or Upper layer) อุณหภูมิของน้ำในชั้นนี้จะไวต่อการเปลี่ยนแปลง โดยปกติแล้วชั้นนี้มีอุณหภูมิสูง เช่นเดียวกับอุณหภูมิที่ผิวน้ำทะเล เนื่องจากน้ำในชั้นนี้มีการผสมที่เกิดจากลมค่อนข้างสูง อาจเรียกน้ำชั้นนี้อีกอย่างหนึ่งว่า Mixed layer มีความหนาประมาณ 50-280 เมตร จากผิวน้ำ

2) ชั้นเทอร์โมไคลล์ เป็นบริเวณถัดลงมาจากชั้นแรก เป็นชั้นที่อุณหภูมิของน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อความลึกเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย น้ำในชั้นนี้มีลักษณะคงตัว มีความเค็มสูง จึงมีสภาพคล้ายเป็นตัวกั้น (Barrier) ไม่ให้น้ำชั้นบนผสมกับน้ำชั้นล่างที่อยู่ลึก ๆ ได้ อาจเรียกว่า Main หรือ Permanent thermocline ระดับความลึกประมาณ 280-1,000 เมตร

3) ชั้นลึก (Deep Sea) เป็นบริเวณที่อยู่ใต้ชั้นเทอร์โมไคลล์ลงไปถึงพื้นทะเล อุณหภูมิของน้ำจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ หรือเกือบคงที่จนถึงพื้นทะเล ยกเว้นในบางบริเวณที่มีเหวทะเล (Trench) ซึ่งความร้อนจากภายในโลกสามารถแพร่กระจายออกมาได้ ทำให้อุณหภูมิของน้ำกลับสูงขึ้นอีก อาจเรียกว่า น้ำชั้นล่าง (Deep layer)



ภาพที่ 5.2 แผนผังแสดงชั้นน้ำร้อนในมหาสมุทร
ที่มา : Harvey, J.G. 1975 อ้างถึงใน สุวะจณ์ ธัญรส, 2557 : 10

2.2 ความหนาแน่นของน้ำทะเล

ความหนาแน่นของน้ำทะเลคำนวณได้จากความเค็ม อุณหภูมิ และความดันของมวลน้ำนั้น ความหนาแน่นของน้ำทะเลเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีผลต่อขบวนการอื่น ๆ ในทะเล โดยทั่วไป น้ำทะเลทุกแห่งทั่วโลกมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1.020-1.030 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (สுவะจณ์ ธีรุต, 2557 : 93) ความหนาแน่นของน้ำทะเลจะผันแปรไปตามระดับความเค็ม ความกดดัน และอุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำที่ลดลงจะมีผลทำให้ความหนาแน่นของน้ำยิ่งมากขึ้นด้วยความหนาแน่นของน้ำจะมีผลต่อการไหลเวียนของน้ำ เนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นทำให้เกิดการแทนที่ของน้ำขึ้น โดยเหตุนี้ น้ำอุ่นมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำเย็น น้ำอุ่นจึงไหลลอยอยู่บนน้ำที่เย็นและหนาแน่นกว่า เช่นเดียวกับน้ำเย็นอุณหภูมิต่ำมีความเค็มสูงแต่ความหนาแน่นน้อยที่อยู่ใกล้ผิวน้ำจะจมลงและถูกแทนที่โดยน้ำอุ่นที่มีความเค็มน้อยกว่า ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดการไหลเวียนของกระแสน้ำซึ่งจะแตกต่างไปตามฤดูกาล (วันทนี ศรีรัฐ, 2543 : 215)

2.3 ความดัน

ความดันในน้ำทะเลจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก โดยความดันจะมีค่าเพิ่มขึ้น 1 บรรยากาศ ทุก ๆ ระดับความลึก 10 เมตร ที่ระดับผิวน้ำทะเล แรงกดอากาศในพื้นที่หน้าตัดเพียง 6.45 ตารางเซนติเมตร หรือ 1 ตารางนิ้ว มีค่าเท่ากับ 6.67 กิโลกรัม หรือ 14.7 ปอนด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงดันที่ทำให้สารปรอทที่บรรจุในคอลัมน์ (Column) สูงขึ้น 76 เซนติเมตร (สுவะจณ์ ธีรุต, 2557 : 95) โดยทั่วไปการดำน้ำเพื่อปฏิบัติงานจะดำน้ำลงไปในระดับความลึกไม่เกิน 60 เมตร การประดาน้ำลึกจะต้องมีการปรับความกดดันทุก ๆ 10 เมตร การขึ้นหรือลงในน้ำอย่างรวดเร็วจะเป็นอันตรายถึงชีวิตได้เนื่องจากความกดดันสามารถทำให้เกิดฟองก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen bubble) ในกระแสเลือดและเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางและไขสันหลังได้ ในสัตว์ทะเลบางชนิด เช่น ปลาฉลาม โลมา เป็นต้นสามารถดำน้ำลงไปได้ลึกอย่างรวดเร็วโดยไม่เป็นอันตราย ทั้งนี้ เนื่องจากสัตว์เหล่านี้มีระบบพิเศษที่สามารถลดผลกระทบจากก๊าซต่าง ๆ ที่อยู่ภายในได้

ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของทะเลและมหาสมุทร

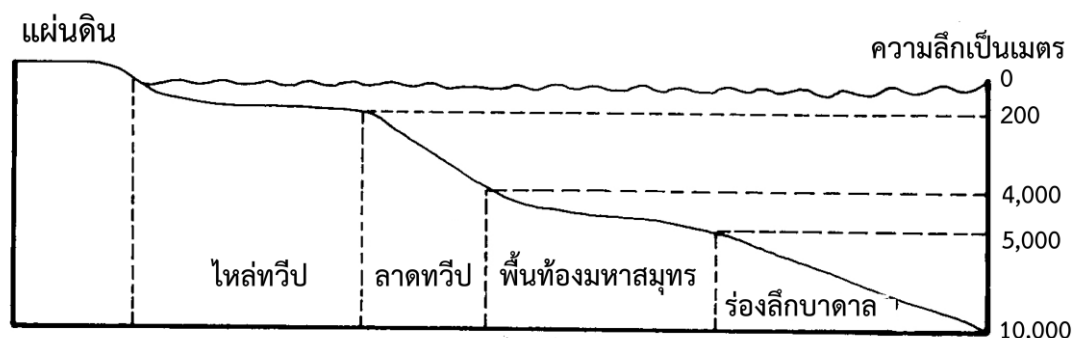
มหาสมุทร คือ ส่วนของเปลือกโลกที่มีลักษณะคล้ายแอ่ง มีน้ำปกคลุม อยู่ล้อมรอบทวีปต่าง ๆ ส่วนที่อยู่ขอบ ๆ ของมหาสมุทร เรียกว่า ทะเล ผิวน้ำของทะเลมหาสมุทรมีลักษณะโค้งนูนออกมาตามเปลือกโลกส่วนนั้น ๆ เช่นเดียวกับพื้นทะเลมหาสมุทร ทะเลมหาสมุทรมีเนื้อที่ประมาณร้อยละ 71 ของเปลือกโลกทั้งหมด และประมาณร้อยละ 97 ของน้ำบนโลกจะพบอยู่ในทะเลและมหาสมุทรนี้ (วันทนี ศรีรัฐ, 2543 : 211) มหาสมุทรที่พบบนโลกแสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 เนื้อที่ของมหาสมุทรที่พบบนโลก

มหาสมุทร	เนื้อที่ (ล้านตารางไมล์)
มหาสมุทรแปซิฟิก	64.0
มหาสมุทรแอตแลนติก	28.7
มหาสมุทรอินเดีย	28.4
มหาสมุทรแอนตาร์กติก	12.5
มหาสมุทรอาร์กติก	5.4

ที่มา : วันทนี ศรรัฐ, 2543 : 211

พื้นที่ท้องทะเลมีรูปร่างลักษณะคล้ายกับสิ่งที่พบเห็นบนพื้นดิน พื้นที่ท้องทะเลมีเทือกเขา ภูเขา ที่ราบสูง ลำธาร เหว เพียงแต่ลักษณะเหล่านี้ไม่สามารถมองเห็น เนื่องจากมีพื้นน้ำปกคลุมอยู่ ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของทะเลและมหาสมุทรแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เขตไหล่ทวีป (Continental margin) และพื้นมหาสมุทร (Ocean basin floor) มีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้ (วันทนี ศรรัฐ, 2543 : 223 – 228 และสวະจัน ธีรสร, 255 : 59 - 65) แสดงดังภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 ส่วนต่าง ๆ ของทะเลมหาสมุทร
ที่มา : อุดินิยมวิทยาทางทะเล, 2561 : online

1. เขตไหล่ทวีป (Continental margin)

เขตไหล่ทวีป ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ไหล่ทวีป (Continental shelf) ลาดทวีป (Continental slope) และฐานทวีป (Continental rise) มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ไหล่ทวีป

ไหล่ทวีปเป็นส่วนที่อยู่ติดกับทวีป ท้องทะเลส่วนนี้จะค่อย ๆ ลาดลงไปจากชายฝั่ง ดังภาพที่ 6.3 มีลักษณะเรียบและปกคลุมโดยน้ำทะเล มีความลึกเฉลี่ยสูงสุดของไหล่ทวีปประมาณ 130 เมตร (427 ฟุต) มีความกว้างเฉลี่ย 65 กิโลเมตร (40 ไมล์) ในบางแห่งความกว้างอาจมีค่ามากถึง 1,500 กิโลเมตร (930 ไมล์) ความกว้างของไหล่ทวีปจะมีความสัมพันธ์กับความลาดชัน ไหล่ทวีปที่แคบจะมีความลาดชันสูง ไหล่ทวีปที่กว้างมักจะพบในบริเวณพื้นไหล่ทวีปที่ราบ มหาสมุทรแปซิฟิกมีไหล่ทวีปที่แคบที่สุดเพราะมีแม่น้ำไหลลงไปใน้อยมาก เนื่องจากมีภูเขาและเทือกเขาล้อมรอบอยู่ใกล้ฝั่ง

ส่วนมหาสมุทรแอตแลนติกมีแม่น้ำหลายสายไหลลง มีผลทำให้มีการงอกของไหลทวีปออกไปทุกปี ในมหาสมุทรอาร์กติก กว้างมากที่สุดทางด้านฝั่งตะวันออก มีความกว้างถึง 1,700 กิโลเมตร เกิดจากอำนาจในการกัดเซาะของภูเขาน้ำแข็งที่รุนแรง ไหลทวีปเป็นส่วนของมหาสมุทรที่สำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างมากที่สุดส่วนหนึ่ง เนื่องจากในเขตนี้น้ำจะตื้น แสงอาทิตย์สามารถส่องลงไปถึงพื้นทะเลอาหารต่าง ๆ จากพื้นแผ่นดินของทวีปที่ถูกพัดพาไปลงในแหล่งน้ำของไหลทวีป รวมทั้งแสงที่ส่องลงไปได้ทำให้พืชและสัตว์เจริญเติบโตได้ดีในเขตนี้นี้ จึงเป็นบริเวณที่พบปลามาก

1.2 ลาดทวีป

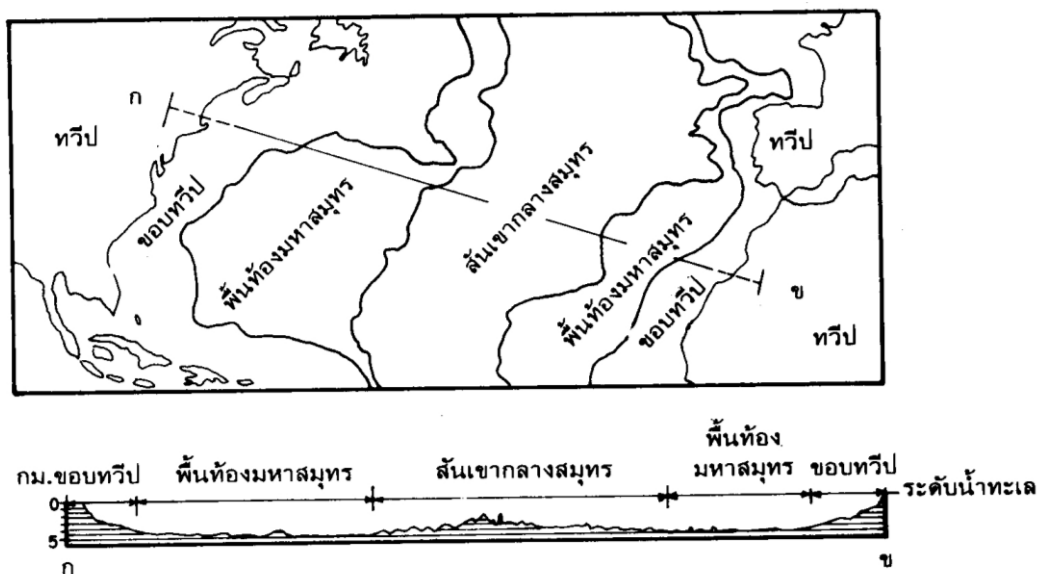
ลาดทวีปเป็นส่วนที่อยู่ถัดจากไหลทวีปออกไปจนถึงระดับน้ำลึก 2,000 ถึง 3,000 เมตร เป็นส่วนของเขตไหลทวีปที่มีความลาดชันสูงขยายออกสู่พื้นมหาสมุทร ไหลทวีปมีเนื้อที่ประมาณ 26×10^6 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 5 ของพื้นที่ผิวโลกทั้งหมด และร้อยละ 7.3 ของพื้นที่ทะเลทั้งหมด โดยทั่วไปลาดทวีปจะมีความลาดชันอยู่ระหว่าง 1-10 องศา ในเขตลาดทวีปจะมีตะกอนตกสะสมน้อยกว่าบริเวณไหลทวีป เมื่อห่างไกลจากพื้นแผ่นดินของทวีปออกไป สิ่งมีชีวิตในทะเลจะพบน้อยกว่า เนื่องจากมีปริมาณอาหารน้อยกว่า และแสงไม่สามารถส่องไปยังเขตนํ้าลึก ๆ ได้ เมื่อไม่มีแสงพืชไม่สามารถทำการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ และสัตว์ที่กินพืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้

1.3 ฐานทวีป

ฐานทวีป ดังภาพที่ 5.3 เป็นเนินดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอน โดยทั่วไปมีความหนาประมาณ 2-3 กิโลเมตร กว้างประมาณ 0-600 กิโลเมตร มีรูปร่างคล้ายพัด บนฐานทวีปจะพบร่องความลึกประมาณ 2-3 เมตร เป็นทางที่ตะกอนไหลผ่านเหมือนลำธาร

2. พื้นมหาสมุทร (Ocean basin floor)

พื้นมหาสมุทรหรือพื้นที่ท้องทะเลครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 40 ของพื้นที่ผิวโลกทั้งหมด โดยทั่วไปจะเป็นพื้นที่เรียบ แต่อาจมีภูเขาไฟใต้ทะเล รอยแยกต่าง ๆ และสันเขากลางทะเล (สุมะจัน ธีธรรส, 2557 : 62) ภูมิลักษณะของพื้นมหาสมุทรแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ ขอบทวีป (Continental margin) ที่ราบก้นสมุทร (Abyssal plain) และเทือกเขากลางสมุทร (Mid-oceanic ridge) แสดงดังภาพที่ 5.4 ซึ่งขอบทวีปเป็นส่วนที่อยู่ติดกับพื้นแผ่นดิน ที่ราบก้นสมุทรเป็นที่ราบบนพื้นมหาสมุทรที่มีความชันน้อยกว่า 0.001 เกิดขึ้นจากการตกทับถมของตะกอนดินเหนียวจากกระแสน้ำความขุ่นและสาเหตุอื่น ๆ เทือกเขากลางสมุทรเป็นแนวใต้น้ำทะเล เกิดขึ้นจากการปะทุของลาวาเบซอลต์ในบริเวณที่มีแนวแผ่นเปลือกโลกแยกตัว



ภาพที่ 5.4 ภูมิลักษณะของพื้นมหาสมุทร
ที่มา : อุตุนิยมวิทยาทางทะเล, 2561 : online

นอกจากนี้ พื้นมหาสมุทรสามารถจำแนกองค์ประกอบต่าง ๆ ที่พบบนพื้นมหาสมุทรตามลักษณะ ได้ดังนี้ (วันทนีย์ ศรีรัฐ, 2543 : 223 - 228 และสุเวชญ์ ธัญรส, 2557 : 59 - 65)

2.1 พื้นราบชั้นบาดาล (Abyssal plain)

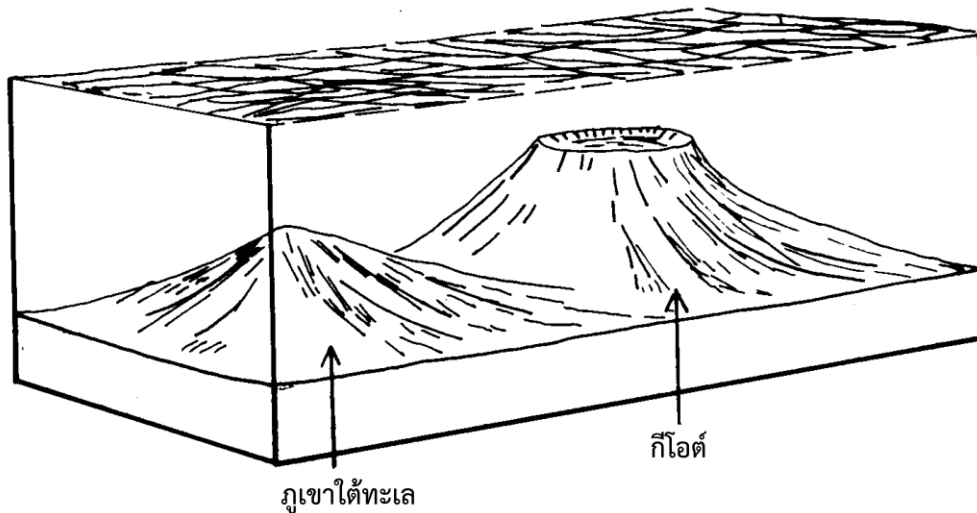
พื้นราบชั้นบาดาลเป็นบริเวณที่ราบในท้องมหาสมุทร ซึ่งเกิดจากการทับถมของตะกอนทะเล (Marine sediment) ที่มาจากเขตลาดทวีป บางแห่งปกคลุมด้วยเลน พื้นท้องทะเล (Ooze) ซึ่งเป็นตะกอนละเอียดของซากสัตว์ขนาดเล็กในทะเลลึก ในเขตที่ราบนี้จะพบเกาะภูเขาไฟด้วย

2.2 ภูเขาใต้ทะเล (Seamounts)

ภูเขาใต้ทะเลเป็นภูเขาโดด ๆ ใต้น้ำ สูงจากพื้นท้องทะเลประมาณ 3,000 ฟุต หรือ 900 เมตร หรือมากกว่านั้น ดังภาพที่ 6.5 ภูเขาใต้ทะเลส่วนใหญ่เป็นส่วนที่เหลือของภูเขาไฟ ซึ่งเคยระเบิดมาแล้ว ภูเขาไฟใต้ทะเลมีประมาณ 20,000 ลูก ภูเขาใต้ทะเลแม้จะมีขนาดไม่ใหญ่โต แต่บางลูกที่สูงจนโผล่พ้นผิวน้ำ จะกลายเป็นเกาะ

2.3 กีย็อต (Guyots) กีย็อตเป็นภูเขาใต้ทะเลที่อยู่สูงจนกระทั่งยอดเขาถูกคลื่นหรือ

กระแสน้ำกัดกร่อนจนกลายเป็นภูเขายอดตัด ดังภาพที่ 6.5 ในเขตร้อนหรือกึ่งร้อนอาจมีปะการังมาเกาะเจริญเติบโตบนกีย็อตนี้ ซึ่งพบเห็นโดยทั่วไปในมหาสมุทรแปซิฟิก



ภาพที่ 5.5 ลักษณะของภูเขาใต้ทะเลและกีย์ไอต์
ที่มา : อุตุนิยมวิทยาทางทะเล, 2561 : online

2.4 หุบผาชันใต้ทะเล (Submarine canyon)

หุบผาชันใต้ทะเลพบที่ขอบ ๆ ไหลทวีปหรือบริเวณลาดทวีป มีลักษณะเป็นหุบลึกผนังชัน คล้ายตัวอักษรวี หุบผาชันที่ถูกกัดกร่อนโดยแม่น้ำบนพื้นแผ่นดิน แต่หุบผาชันใต้ทะเลบางแห่งมีขนาดใหญ่ หุบผาชันใต้ทะเลมักจะพบใกล้ปากแม่น้ำใหญ่ เช่น แม่น้ำคองโก แม่น้ำฮัดสัน เป็นต้น แต่มีอีกหลายแห่งที่ไม่ได้เกิดใกล้ปากแม่น้ำในปัจจุบันหรือในอดีต ดังนั้น สาเหตุจริง ๆ ของการเกิดหุบผาชันใต้ทะเลจึงยังไม่ทราบแน่นอน

2.5 สันเขา (Ridges)

สันเขาที่สำคัญมี 3 สันเขา ที่รู้จักกันมากที่สุด คือ สันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก (Mid-Atlantic Ridge) เป็นสันเขาที่ทอดยาวมาก แผ่จากมหาสมุทรอาร์คติกไปยังมหาสมุทรแอตแลนติก ทางใต้แนวสันเขายาวประมาณ 1,000 ไมล์ หรือ 1,600 กิโลเมตร สูงเหนือพื้นท้องทะเลประมาณ 5,000-10,000 ฟุต หรือ 1,500-3,000 เมตร และในบางแห่งยอดเขาที่สูงเหนือผิวน้ำกลายเป็นเกาะ เช่น เกาะอะโซร์ส (Azores) สูงประมาณ 2,351 เมตร เหนือพื้นท้องทะเล นั่นคือยอดสูง ๆ ของสันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก สันเขาใต้น้ำกลางมหาสมุทรแปซิฟิก (East Pacific ridge) เป็นสันเขาที่ใหญ่ที่สุดในมหาสมุทรแปซิฟิก ซึ่งทอดจากชายฝั่งของแคลิฟอร์เนียลงใต้ไปนอกฝั่งทางตะวันตกของทวีปอเมริกาใต้ เป็นต้น

2.6 ร่องลึกใต้ทะเล (Oceanic trenches)

ร่องลึกใต้ทะเลเป็นส่วนที่ลึกที่สุดในมหาสมุทร จะมีลักษณะยาว แคบ รูปโค้ง และมีผนังชัน เกิดจากการเคลื่อนไหวแปรรูปของพื้นแผ่นดิน ร่องลึกใต้ทะเลจะไม่พบตรงกลางท้องมหาสมุทร แต่จะพบใกล้ริมขอบมหาสมุทร โดยทั่วไปจะพบใกล้เขตที่มีภูเขาไฟระเบิด หรือแผ่นดินไหวบ่อย ๆ บางแห่งอยู่ใกล้กลุ่มหมู่เกาะ จึงมีชื่อตามหมู่เกาะ เช่น ร่องลึกก้นสมุทรมาเรียนา (Mariana trench) เป็นต้น ร่องลึกใต้ทะเลส่วนใหญ่จะพบรอบขอบมหาสมุทรแปซิฟิก และที่ลึกที่สุดคือ แชลเลนเจอร์ดีป (Challenger deep) ซึ่งพบอยู่ในร่องลึกก้นสมุทรมาเรียนาอยู่ในมหาสมุทรนี้

ลึกจากระดับน้ำทะเลประมาณ 11,000 เมตร เปรียบเทียบกับยอดเขาเอเวอเรสต์ที่สูงที่สุดบนโลกยังสูงเพียง 8,848 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล

2.7 เกาะ (Island)

เกาะเป็นส่วนยอดของภูเขา หรือสันเขาในทะเลมหาสมุทรที่สูงขึ้นจากท้องทะเลมหาสมุทร แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ เกาะใกล้ทวีป (Continental islands) และเกาะกลางสมุทร (Oceanic islands)

2.7.1 เกาะใกล้ทวีป เป็นเกาะที่เคยเป็นส่วนหนึ่งของทวีปใกล้เคียงมาก่อน จึงตั้งอยู่ใกล้กับพื้นทวีป ห้วงน้ำที่แยกเกาะประเภทนี้ออกจากพื้นทวีปใหญ่จะตื้น โดยมากจะเป็นเกาะที่มีขนาดใหญ่ เช่น เกาะกรีนแลนด์ เกาะบอร์เนียว เกาะนิวกินี เกาะแทสมาเนีย หมู่เกาะบริติช เป็นต้น

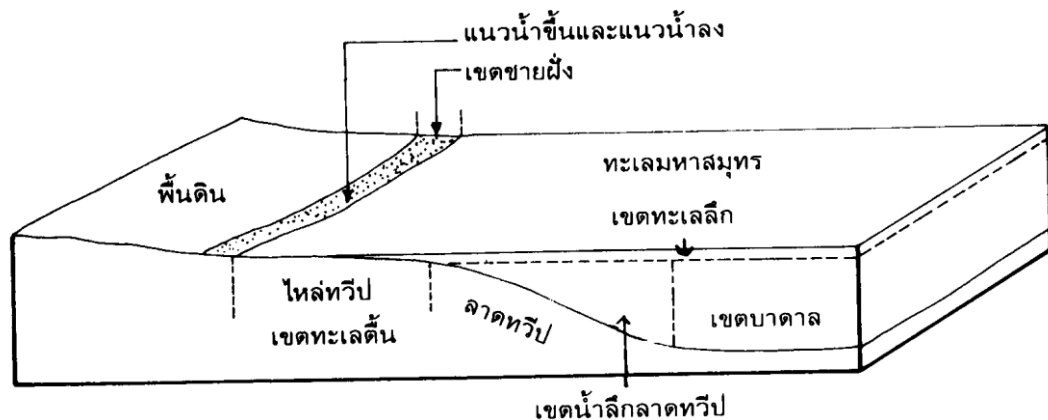
2.7.2 เกาะกลางสมุทร แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เกาะภูเขาไฟ (Volcanic island) และเกาะปะการัง (Coral island)

1) เกาะภูเขาไฟ เป็นเกาะที่เป็นยอดสูง ๆ ของสันเขากลางมหาสมุทร บางเกาะเป็นยอดของภูเขาใต้ทะเล เกาะประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเคยเป็นภูเขาไฟมาก่อน และยังคงมีอยู่หรือเพิ่งจะดับเมื่อไม่นานมานี้ เช่น หมู่เกาะฮาวาย เป็นต้น บางครั้งเกาะเหล่านี้มีลักษณะเป็นรูปโค้ง เรียกว่า หมู่เกาะรูปโค้ง (Island arc) และบริเวณโค้งด้านนอกที่หันออกทะเลของหมู่เกาะภูเขาไฟที่พบร่องลึกได้มหาสมุทร

2) เกาะปะการังเป็นเกาะพวกนี้เคยเป็นกีย์โอดมาก่อน และถูกยกสูงขึ้นจนกระทั่งพื้นระดับน้ำทะเลและมีหินปะการังมาเจริญเติบโต การสะสมตัวของปะการังเหนี่ยวยอดของภูเขาใต้ทะเลนี้จะเห็นเป็นหมู่เกาะล้อมรอบทะเลตื้นตรงกลาง (Lagoon) เรียกว่า อะโพล (Atoll) เกาะปะการังประกอบด้วยหินปะการังและทรายที่มาจากซากปะการัง เปลือกหอย และพืชสาหร่ายทะเล

3. การแบ่งเขตทะเลมหาสมุทรตามลักษณะของพืชและสัตว์

การแบ่งเขตทะเลมหาสมุทรตามลักษณะของพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ สามารถแบ่งตามเขตที่อยู่อาศัยของพืชและสัตว์ได้ 5 เขต คือ เขตชายฝั่ง เขตทะเลตื้น เขตน้ำลึกลาดทวีป เขตทะเลลึก และเขตบาดาล แสดงดังภาพที่ 5.6 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 5.6 การแบ่งเขตทะเลมหาสมุทรตามลักษณะของพืชและสัตว์

ที่มา : อุดุนิยมวิทยาทางทะเล, 2561 : online

2.1 เขตชายฝั่ง

เขตชายฝั่งเป็นเขตที่อยู่ระหว่างระดับน้ำทะเลสูงสุดกับน้ำทะเลต่ำสุด คลื่นซัดอยู่เกือบตลอดเวลา สิ่งมีชีวิตในเขตนี้จึงยึดตัวกับพื้นหรือฝังตัวอยู่ในโคลน บางชนิดหลบอยู่ในแอ่ง บางชนิดมีโครงสร้างที่ทำให้สามารถมีชีวิตอยู่ได้ แม้จะไม่มีน้ำทะเลเหลืออยู่เลย บางชนิดขุดรูในหิน และอาศัยอยู่ที่นั่น สิ่งมีชีวิตในเขตชายฝั่ง เช่น หอยนางรม ลมทะเล เพรียงหิน เม่นทะเล ดอกไม้ทะเล เป็นต้น

2.2 เขตทะเลตื้น

เขตทะเลตื้นเป็นเขตระหว่างระดับน้ำต่ำสุดกับขอบนอกสุดของไหล่ทวีป น้ำในเขตนี้ไม่ลึกมากและอุ่น เนื่องจากได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ อาหารอุดมสมบูรณ์ สิ่งมีชีวิตมีมากมายหลายชนิด สิ่งมีชีวิตในเขตทะเลตื้น เช่น กุ้ง หอย ปู เป็นต้น

2.3 เขตน้ำลึกลาดทวีป

เขตน้ำลึกลาดทวีปเป็นเขตระหว่างระดับน้ำลึก 120 เมตร กับ 1,800 เมตร ตอนบนน้ำได้รับแสงสว่างบ้างแต่พืชมีจำนวนน้อย ที่พื้นมีสัตว์ทะเลจำนวนมากแต่พืชมีจำนวนน้อย การทับถมของตะกอนในเขตนี้เป็นไปอย่างช้า ๆ มีพวกเคลเซียม ซึ่งส่วนใหญ่ได้จากเปลือกของพวกแพลงก์ตอน และพวกซิลิกา ซึ่งส่วนใหญ่มาจากไดอะตอม และซากของฟองน้ำ

2.4 เขตทะเลลึก

เขตน้ำลึกอยู่ถัดจากเขตชายฝั่ง สิ่งมีชีวิตในเขตนี้ลอยอยู่ในน้ำและสัตว์ที่ว่ายน้ำได้ รวมถึงแพลงก์ตอน พืชที่มีมาก คือ สาหร่ายและไดอะตอม สัตว์มีมากมายหลายชนิด เช่น ดอกไม้ทะเล ปลิงทะเล ดาวเปราะปู ฉลาม เป็นต้น ซากพืชและซากสัตว์ในส่วนนี้ที่เน่าเปื่อยไปทับถมทำให้เกิดหินชั้นเกิดขึ้น

2.5 เขตบาดาล

เขตบาดาลเป็นส่วนที่อยู่ใต้ระดับลึก 1,800 เมตรลงไป เขตนี้ไม่ได้รับแสงแดด อุณหภูมิของน้ำเกือบจะถึงขีดเยือกแข็ง ความกดดันมากกว่า 1 ตันต่อเนื้อที่ 1 ตารางเซนติเมตร พืชที่ต้องการแสงแดดจะไม่พบในเขตนี้ สัตว์ที่กินพืชเป็นอาหารต้องกินของที่จมลงมาจากตอนบนที่น้ำถูกแสงแดด เปลือกและกระดูกสัตว์ที่อาศัยอยู่ที่พื้นของเขตนี้แสดงให้เห็นว่า สัตว์ที่จะอาศัยอยู่ในบริเวณนี้ได้ต้องมีลักษณะพิเศษจึงจะอาศัยอยู่ได้ เช่น ปลาดุกเบ็ดหลังค่อม ปลาดูมกรีนแลนด์ ปลาออร์ เป็นต้น

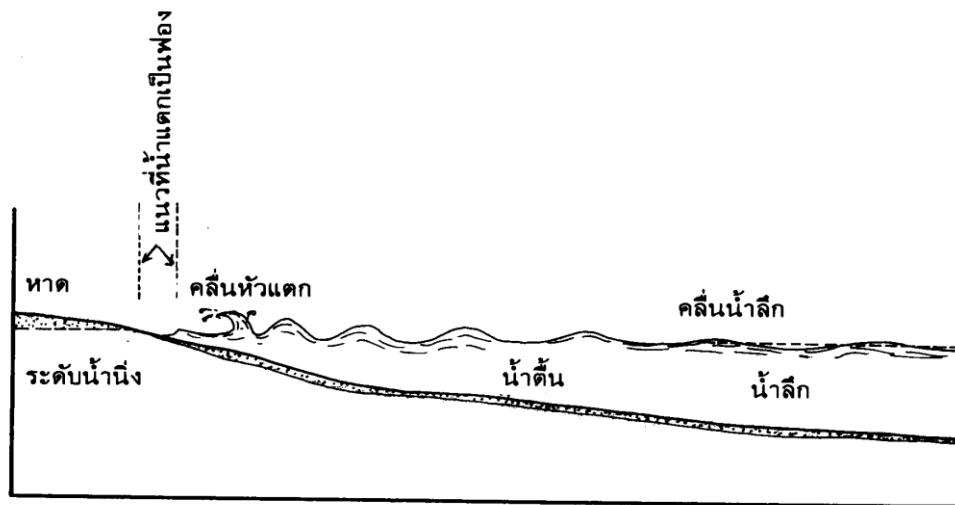
การเคลื่อนไหวของน้ำในมหาสมุทร

การเคลื่อนไหวของน้ำในมหาสมุทรที่สำคัญเกิดขึ้นใน 3 ลักษณะ คือ คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และกระแสน้ำ (วันทนี ศรีรัฐ, 2543 : 216) มีรายละเอียดดังนี้

1. คลื่น

คลื่นส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากลม แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด หรือเป็นผลมาจากน้ำขึ้นน้ำลง เมื่อลมพัดผ่านผิวน้ำพลังของลมที่ถ่ายเทไปยังน้ำจะทำให้เกิดคลื่น ปัจจัยที่กำหนดความสูงของคลื่น คือ ความเร็วของลม ระยะเวลาที่ลมพัด ระยะทางในมหาสมุทร ซึ่งลมสามารถพัดผ่านและทำให้คลื่นเคลื่อนไหวได้ โดยไม่มีการขัดขวาง

เมื่อลมพัดมากระทบกับพื้นน้ำ จะทำให้น้ำสูงขึ้นมากคล้ายสั่นเขามากมายหลายแนวด้วยกัน เรียกว่า คลื่น แสดงดังที่ 5.7 ความสูงของคลื่นและระยะห่างของคลื่นทำให้ทราบถึงความแรงของลม เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดจะมีขนาดใหญ่ขึ้น เรียกว่า คลื่นหัวเรียบ ซึ่งจะรวมเอาคลื่นขนาดเล็กเข้าไปด้วย คลื่นหัวเรียบจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เป็นอัตราส่วนกับความยาวของคลื่น จัดเป็นคลื่นน้ำลึก คลื่นเมื่อซัดเข้าไปถึงฝั่งจะกระทบกับพื้น ทำให้น้ำสูงขึ้นและระยะห่างของคลื่นน้อยลง เมื่อคลื่นเข้าใกล้ฝั่งที่มีหัวแหลม ส่วนหนึ่งจะกระทบกับหัวแหลมก่อนส่วนอื่น แนวหน้าสุดของคลื่นจะเปลี่ยนรูปเป็นรูปโค้งขนานไปกับฝั่ง เรียกว่า เกิดการหักเหของคลื่น ยิ่งเข้าฝั่งไปที่จุดใดจุดหนึ่ง โมเลกุลของน้ำจะพบกับสิ่งเสียดทานที่พื้นท้องมหาสมุทร ทำให้ผิวหน้าของคลื่นแตกกลายเป็นคลื่นหัวแตกน้ำจะเป็นฟองไหลขึ้นไปฝั่ง เรียกว่า ฟองคลื่นบนหาด



ภาพที่ 5.7 การเกิดคลื่น

ที่มา : อุดุนิยมวิทยาทางทะเล, 2561 : online

2. น้ำขึ้น น้ำลง

ดวงจันทร์เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดน้ำขึ้น-น้ำลง น้ำขึ้นและน้ำลงเป็นการเพิ่มและลดระดับของน้ำ สาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลง ได้แก่ แรงดึงดูดของดวงจันทร์ที่มีต่อโลก และแรงเหวี่ยงของโลก (Centrifugal force) ในขณะที่โลกและดวงจันทร์โคจรรอบกันในระนาบเดียวกัน หรือแนวเส้นตรงเดียวกัน ความสัมพันธ์ของโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเกิด (Spring tide) และน้ำตาย (Neap tide) มีรายละเอียดดังนี้ (วันทนิย์ ศรีรัฐ, 2543 : 21 - 23)

2.1 น้ำเกิด

น้ำเกิดเป็นน้ำซึ่งขึ้นเต็มที่ เกิดขึ้นเดือนละ 2 ครั้ง ในวันเดือนเพ็ญ คือ วันขึ้น 14 หรือ 15 ค่ำ และวันเดือนดับ คือ แรม 14 หรือ 15 ค่ำ สาเหตุเกิดจากแรงดึงดูดร่วมของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ที่มีต่อโลก ในขณะที่โลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์โคจรมาอยู่ในระนาบเดียวกัน

2.2 น้ำตาย

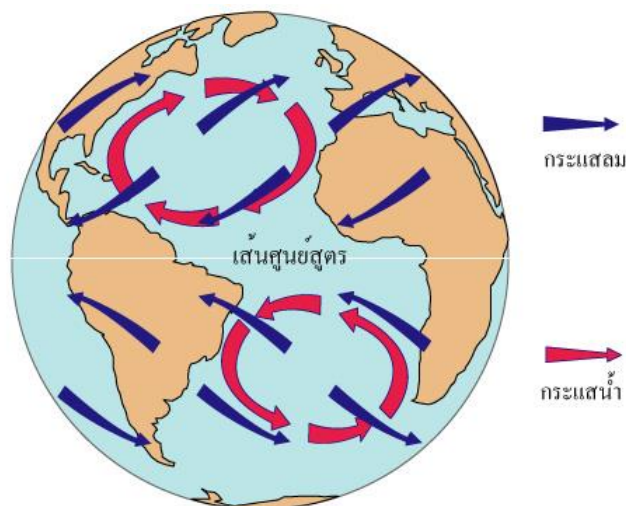
น้ำตายเป็นน้ำที่อยู่ในระดับนิ่ง ไม่ขึ้นสูงมากและลงไม่ต่ำมาก เกิดขึ้นเดือนละ 2 ครั้ง เช่นเดียวกัน คือ ในวันขึ้น 8 ค่ำ และวันแรม 8 ค่ำ สาเหตุเกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์ต้านกับแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์ที่มีต่อโลก ในระยะที่ดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ตั้งอยู่ในตำแหน่งทำมุมฉากกับโลก

3. กระแสน้ำในมหาสมุทร

กระแสน้ำในมหาสมุทร คือ มวลของน้ำในมหาสมุทรที่มีการไหลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง (สุวจะจน์ ธีณรส, 2557 : 151) กระแสน้ำเกิดขึ้นจากการเคลื่อนไหวยของลม ปัจจัยควบคุมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเร็ว ทิศทาง และกระแสน้ำ คือ ความหนาแน่นของน้ำ ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความเค็ม แรงเหวี่ยง รูปร่างความลึกของทะเลมหาสมุทร และการขวางของแผ่นดิน การไหลเวียนของน้ำในมหาสมุทร แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ กระแสน้ำบริเวณพื้นผิว (Surface currents) และกระแสน้ำลึก (Deep currents) (วันทนีย์ ศรีรัฐ, 2543 : 223 - 228; สุวจะจน์ ธีณรส, 2557 : 59 - 65 และนิคม อ่อนสี, 2557 : 81 - 84)

3.1 กระแสน้ำบริเวณพื้นผิว

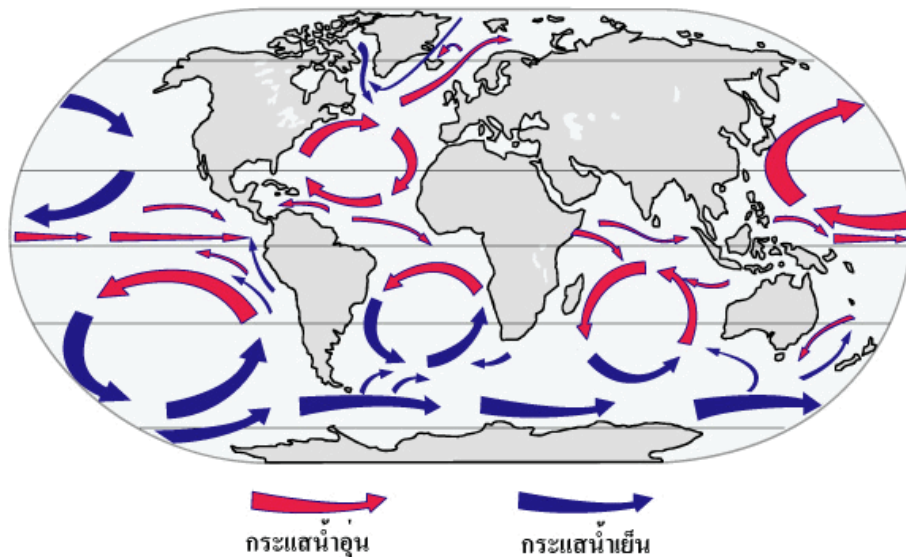
กระแสน้ำบริเวณพื้นผิวน้ำเป็นกระแสน้ำที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศบนผิวโลก หรือกระแสน้ำที่เกิดจากการพัดของกระแสลม (Wind-driven current) นั้นเอง กระแสลมเคลื่อนที่ด้วยความแตกต่างของพลังงานจากดวงอาทิตย์ ซึ่งอากาศสะสมไว้ พลังงานจากอากาศถ่ายเทตกลงสู่ผิวน้ำอีกทีหนึ่ง กระแสลมพัดพาให้กระแสน้ำเคลื่อนที่ไปในทางเดียวกัน อิทธิพลของกระแสลมที่มีต่อกระแสน้ำในมหาสมุทร แสดงในภาพที่ 5.8 ลมสินค้าตะวันออกบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรมีอิทธิพลพัดให้น้ำในมหาสมุทรเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันตก และลมตะวันตกในบริเวณใกล้ขั้วโลกมีอิทธิพลพัดให้น้ำในมหาสมุทรเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันออก การไหลของน้ำในมหาสมุทรเคลื่อนที่เป็นรูปวงเวียน ในทิศทางตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ (นิคม อ่อนสี, 2557 : 82)



ภาพที่ 5.8 อิทธิพลของกระแสลมต่อกระแสน้ำในมหาสมุทร

ที่มา : ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, 2547 : Online

พลังงานจากดวงอาทิตย์ตกกระทบบริเวณเส้นศูนย์สูตรมากกว่าขั้วโลก น้ำทะเลบริเวณเส้นศูนย์สูตรมีอุณหภูมิสูง จึงไหลไปทางขั้วโลก ในขณะที่น้ำทะเลบริเวณขั้วโลกมีอุณหภูมิต่ำกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ แสดงดังภาพที่ 5.9 เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติในการเก็บความร้อนได้ดีกว่าพื้นดิน กล่าวคือ ใช้เวลาในการสะสมความร้อน และเย็นตัวลงนานกว่าพื้นดิน ดังนั้น กระแสน้ำที่พบบนพื้นผิวมหาสมุทรจึงพัดพาพลังงานความร้อนไปเป็นระยะทางไกล ทำให้เกิดผลกระทบต่อภูมิอากาศและระบบนิเวศบนพื้นที่ชายฝั่งเป็นอย่างมาก

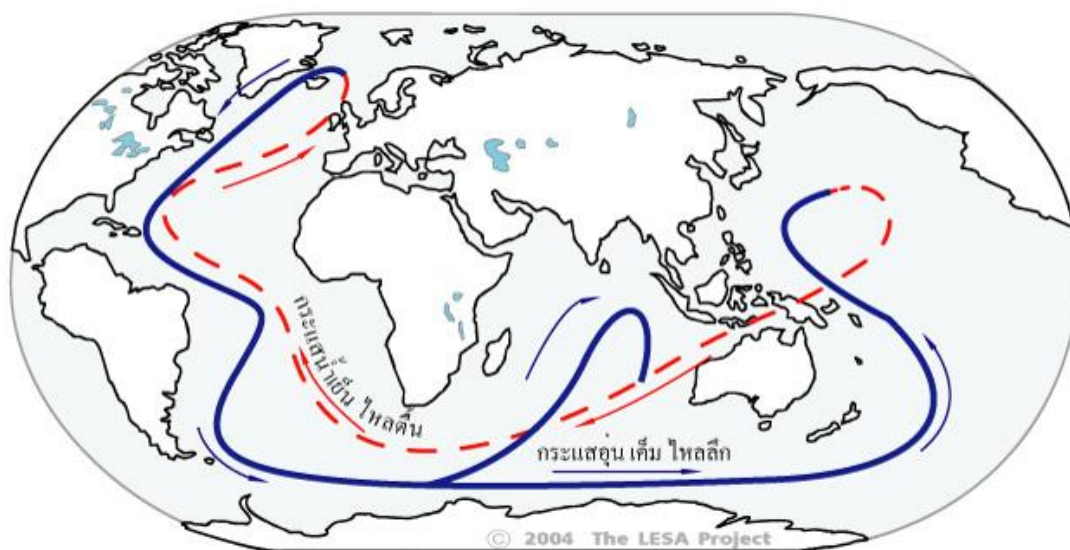


ภาพที่ 5.9 กระแสน้ำพื้นผิวมหาสมุทร

ที่มา : ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, 2547 : Online

3.2 กระแสน้ำลึก (Deep current)

กระแสน้ำลึกเป็นกระแสน้ำที่เกิดจากการหมุนเวียนของน้ำ อันเนื่องมาจากความหนาแน่นที่ต่างกัน (Density-driven current) น้ำทะเลในแต่ละส่วนของโลกมีความเค็มไม่เท่ากัน น้ำทะเลที่มีความหนาแน่นสูงย่อมไหลไปแทนที่น้ำทะเลที่มีความหนาแน่นต่ำ การหมุนเวียนของกระแสน้ำลึกมีปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการ คือ ความร้อน (Thermo) และเกลือ (Haline) เรียกการไหลเวียนในลักษณะนี้ว่า “เทอร์โมฮาไลน์ (Thermohaline)” วงจรการไหลเวียนของกระแสน้ำลึกในมหาสมุทร เรียกว่า “แถบสายพานยักษ์ (Great conveyor belt)” น้ำทะเลที่มีความหนาแน่นสูงอุณหภูมิต่ำจะจมตัวลงสู่ท้องมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือไหลลึกลงทางใต้ แล้วเลี้ยวไปทางตะวันออกขณะที่มันไหลผ่านมหาสมุทรอินเดียอุณหภูมิจะสูงขึ้นและลอยตัวขึ้นทางตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก แสดงดังภาพที่ 5.10 น้ำทะเลที่มีความหนาแน่นต่ำอุณหภูมิสูงจากมหาสมุทรแปซิฟิกไหลวกกลับผ่านมหาสมุทรอินเดียลงมาทางมหาสมุทรแอตแลนติกใต้ แล้วไหลย้อนมาทางมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ กระแสน้ำมีความเค็มมากขึ้น เนื่องจากการระเหยของน้ำประกอบกับการเดินทางเข้าใกล้ขั้วโลกทำให้อุณหภูมิต่ำลง จนจมตัวลงอีกครั้งเป็นการครบรอบวงจร



ภาพที่ 5.10 การไหลเวียนของน้ำลึกในมหาสมุทร
ที่มา : ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, 2547 : Online

ทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลและการใช้ประโยชน์

1. สิ่งมีชีวิตในทะเล

มหาสมุทรเป็นแหล่งที่อยู่ที่สำคัญของพืชและสัตว์หลายชนิด ปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับ การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ คือ ปริมาณแสงแดด ก๊าซออกซิเจน ความเค็ม อุณหภูมิ ความกด อากาศ และอาหาร สิ่งมีชีวิตในทะเลสามารถจำแนกได้ตามแหล่งที่อยู่อาศัยและการเคลื่อนที่ โดยสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำสามารถจำแนกออกได้ดังนี้ (วันทนีย์ ศรีรัฐ, 2543 : 230 และสุระจัน ธีรอรุส, 2557 : 231- 232)

1.1 แพลงก์ตอน (Plankton)

แพลงก์ตอนตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “Plankton” มาจากคำว่า “Planktos” แปลว่า “เคลื่อนที่อย่างอิสระ” ดังนั้น แพลงก์ตอน หมายถึง สิ่งมีชีวิตทั้งหมด ทั้งพืช สัตว์ และ แบคทีเรีย ที่ลอยลอยตามกระแสน้ำในมหาสมุทร สิ่งมีชีวิตแต่ละตัว เรียกว่า “Plankter” แพลงก์ตอน ที่ลอยลอยตามกระแสน้ำไม่ได้หมายความว่า แพลงก์ตอนทุกชนิดไม่สามารถว่ายน้ำได้ บางชนิดก็ สามารถว่ายน้ำและสามารถเคลื่อนที่ในแนวตั้งได้ แพลงก์ตอนมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสิ่งแวดล้อมในทะเล เนื่องจากแพลงก์ตอนในมหาสมุทรถือเป็นแหล่งชีวมวล (Biomass) ที่สำคัญของโลก แพลงก์ตอนเป็น อาหารสำคัญของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในทะเล แพลงก์ตอนพืชเป็นแพลงก์ตอนที่สามารถสังเคราะห์ด้วย แสงได้ เรียกว่า “ไฟโตแพลงก์ตอน (Phytoplankton)” แพลงก์ตอนสัตว์ เรียกว่า “ซูแพลงก์ตอน (Zooplankton)” แพลงก์ตอนแบคทีเรียที่อาศัยอิสระ เรียกว่า “แบคทีเรียแพลงก์ตอน (Bacterioplankton)”

1.2 เน็กตอน (Nekton หรือ Swimmer)

เน็กตอน ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “Nekton” มาจากคำว่า “Nektos” แปลว่า “การว่ายน้ำ” ดังนั้น เน็กตอน หมายถึง สัตว์ที่สามารถเคลื่อนที่อย่างอิสระจากกระแสน้ำในมหาสมุทร โดยการว่ายน้ำหรือการโบกพัด สัตว์เหล่านี้นอกจากจะสามารถทรงตัวในน้ำได้แล้ว ยังสามารถอพยพ

เป็นระยะทางไกลได้ เนื้กตอนในทะเล ได้แก่ ตัวเต็มวัยของปลา หมึก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม และ สัตว์เลื้อยคลานในทะเล แม้ว่าเนื้กตอนจะเคลื่อนที่โดยอิสระ แต่เนื้กตอนไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่าน มหาสมุทรอันกว้างใหญ่ไพศาลได้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความเค็ม ความหนืด และ ปริมาณธาตุอาหารในมหาสมุทร โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงความดัน เป็นข้อจำกัดในการ เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนตัวของเนื้กตอนในแนวดิ่ง ปลาทะเลพบได้ในทุกพื้นที่ในมหาสมุทรแต่จะพบ ชุกชุมในบริเวณไหล่ทวีป เกาะต่าง ๆ และบริเวณที่น้ำมีความเย็นกว่า เนื้กตอนบางชนิดมีการอพยพ ย้ายถิ่นเพื่อการสืบพันธุ์ เช่น ปลาไหลบางชนิด ปลาเซลมอน เป็นต้น

1.3 สัตว์หน้าดิน (Benthos หรือ Bottom dweller)

สัตว์หน้าดิน ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “Benthos” แปลว่า “พื้นท้องน้ำ” ดังนั้น สัตว์หน้าดิน หมายถึง สัตว์ที่อาศัยบนพื้นท้องทะเล เรียกว่า “Epifauna” หรืออาศัยอยู่ในดินตะกอน บริเวณพื้นท้องทะเล เรียกว่า “Infauna” เช่น ปู หอย ไส้เดือน เป็นต้น นอกจากนี้ สัตว์หน้าดิน บางชนิดอาศัยอยู่บริเวณพื้นท้องทะเล แต่สามารถว่ายน้ำหรือเลื้อยบริเวณน้ำที่อยู่บริเวณผิวดินพื้น ท้องทะเล เรียกสัตว์หน้าดินประเภทนี้ว่า “Nektobenthos”

2. สัตว์ทะเลหายากในประเทศไทย

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2558 : 60) กล่าวว่าสัตว์ทะเลที่หายากในน่านน้ำ ไทยประกอบไปด้วยกลุ่มสัตว์ทะเล 3 กลุ่ม ได้แก่ เต่าทะเล (Sea turtles) พะยูน (Dugong) โลมา และปลาวาฬ (Dolphins and Whales) ซึ่งสัตว์ทั้งหมดจัดเป็นสัตว์ป่าสงวนและคุ้มครองตาม พระราชบัญญัติส่งเสริมและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 ว่าด้วยการห้ามล่าห้ามค้า ห้ามครอบครอง ห้ามเพาะพันธุ์ โดยมีผลครอบคลุมไปถึงไข่ ซาก ตลอดจนชิ้นส่วนต่าง ๆ ของสัตว์เหล่านั้น นอกจากนี้ ยังจัดอยู่ในบัญชีรายชื่อของอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศ ซึ่งพันธุ์พืชป่าและสัตว์ป่าที่ใกล้ สูญพันธุ์ (CITES) ได้แก่ เต่าทะเลทุกชนิด พะยูน และโลมาอิรวดี

2.1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงประชากรในธรรมชาติ

2.1.1 เต่าทะเล ในประเทศ มี 5 ชนิด ได้แก่ เต่ามะเฟือง (*Dermochelys coriacea*) เต่าตนุ (*Chelonia mydas*) เต่ากระ (*Eretmochelys imbricata*) เต่าหญ้า (*Lepidochelys olivacea*) เต่าหัวเขื่อน (*Caretta caretta*) โดยเต่าหัวเขื่อนไม่เคยพบขึ้นวางไข่ในประเทศไทยเลยตลอดระยะ 20 ปี ที่ผ่านมา เพียงแต่มีรายงานว่า พบเต่าหัวเขื่อนหากินอยู่ในน่านน้ำไทยเท่านั้น สถานการณ์การวางไข่ ของเต่าทะเลในประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 การวางไข่ของเต่าในธรรมชาติ

พื้นที่แหล่งวางไข่	จำนวนรังของไข่เต่า				
	เต่าตนุ	เต่ากระ	เต่าหญ้า	เต่ามะเฟือง	รวม
อ่าวไทยฝั่งตะวันออก					
หมู่เกาะคราม	81	115	-	-	196
อ่าวไทยตอนกลาง					
เกาะสมุย	1	6	-	-	7
เกาะกูด	-	4	-	-	4
เกาะพะงัน	3	-	-	-	3
อ่าวไทยตอนล่าง					
เกาะกระ	30	-	-	-	30
อ่าวขนอน	1	-	-	-	1
ทะเลอันดามัน					
หมู่เกาะสิมิลัน	40	-	-	-	40
หมู่เกาะสุรินทร์	3	-	-	-	3
ชายฝั่งตะวันตกของพังงา	6	1	2	1	10
ชายฝั่งตะวันตกของภูเก็ต	-	-	-	1	1
หมู่เกาะตะรุเตา	4	-	-	-	4
หมู่เกาะอาดัง ราวี	30	-	-	-	30
รวมจำนวนครั้งการวางไข่	199	126	2	2	329
รวมจำนวนพ่อแม่เต่าทะเล	187	158	3	8	354

ที่มา : ปรับปรุงจาก กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558 : 61

2.1.2 พะยูน เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่อาศัยอยู่ในทะเล มีชื่อเรียกมากมาย ได้แก่ หมูน้ำ หมูดุด ดูหยง เจือก วัวทะเล และดุกอง พะยูนมีเพียงชนิดเดียว คือ พะยูน (*Dugong dugon*) จำนวนพะยูนที่พบในธรรมชาติของประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 จำนวนพะยูนที่พบในธรรมชาติ

พื้นที่	จังหวัด	จำนวน
อ่าวไทยฝั่งตะวันออก	ชลบุรี ระยอง คัมกระเบน จันทบุรี เกาะกระดาด ตราด	15
อ่าวไทยตอนบน	ไม่พบ	0
อ่าวไทยตอนกลาง	อ่าวไชยา สุราษฎร์ธานี	10
อ่าวไทยตอนล่าง	ปัตตานี พบครั้งสุดท้ายปี 2545 อาจมาจากมาเลเซีย	0
ทะเลอันดามัน	ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง สตูล	175
รวมจำนวนพะยูนในประเทศไทย		200

ที่มา : ปรับปรุงจาก กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558 : 62

2.1.3 โลมาและปลาวาฬ เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม หายใจด้วยปอด และมีอุณหภูมิในร่างกายคงที่เกือบตลอดเวลา โลมาและปลาวาฬในประเทศไทย จำนวน 27 ชนิด แบ่งเป็นกลุ่มที่อยู่ประจำถิ่นใกล้ฝั่ง และกลุ่มที่มีการอพยพย้ายถิ่นระยะไกล ซึ่งมักอาศัยบริเวณใกล้ฝั่ง การศึกษาการแพร่กระจายจำกัดอยู่ในประชากรใกล้ฝั่ง 6 ชนิด ได้แก่ โลมาปากขวด (*Indo-Pacific bottlenose dolphin*) โลมาหัวบาตรหลังเรียบ (*Finless porpoise*) โลมาหลังโหนก (*Humpback dolphin*) โลมาอิรวดี (*Irrawaddy dolphin*) ปลาวาฬบรูด้า (*Bryde's whale*) และปลาวาฬโอมูระ (*Omura whale*) จำนวนโลมาและปลาวาฬที่พบในธรรมชาติของประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 จำนวนโลมาและปลาวาฬที่พบในธรรมชาติ

พื้นที่	จำนวนที่พบ				
	โลมาปากขวด	โลมาหัวบาตรหลังเรียบ	โลมาหลังโหนก	โลมาอิรวดี	ปลาวาฬบรูด้า
อ่าวไทยตอนบน	-	100	5	200	50
อ่าวไทยตอนกลาง	15	50	180	30	13
อ่าวไทยตอนล่าง	15	50	43	45	5
อ่าวไทยฝั่งตะวันออก	20	90	25	174	-
อันดามัน	40	120	180	85	7
รวม	90	410	433	534	75

ที่มา : ปรับปรุงจาก กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558 : 62 - 63

2.2 การเกยตื้นของสัตว์ทะเลหายากในประเทศไทย

ลักษณะของการเกยตื้นของสัตว์ทะเลหายากส่วนใหญ่จะเสียชีวิตมาแล้ว เมื่อได้รับแจ้งการเกยตื้นโดยเฉพาะในกลุ่มของพะยูน โลมาและปลาวาฬ ซึ่งมีสัดส่วนของการเกยตื้นแบบเป็นซาก จำนวนร้อยละ 83 และ 65 ตามลำดับ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558 : 69) ในขณะที่เต่าทะเลมีสัดส่วนของการเกยตื้นแบบมีชีวิตใกล้เคียงกับเสียชีวิต สาเหตุการเกยตื้นสำหรับเต่าทะเลและพะยูนส่วนใหญ่เกิดจากเครื่องมือประมง โดยเฉพาะเครื่องมือประมงชายฝั่ง ได้แก่ อวนลอย ตลอดจนกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประมง ในขณะที่โลมาและปลาวาฬสาเหตุการเกยตื้นส่วนใหญ่มาจากการป่วยตามธรรมชาติ โดยพบการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจมากที่สุด ขยะเป็นสาเหตุการเกยตื้น ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี

3. ทรัพยากรทางทะเลที่สำคัญ

ทรัพยากรทางทะเลประกอบไปด้วย แหล่งน้ำกร่อยและน้ำเค็ม ทั้งพืชและสัตว์ทะเลชนิดต่าง ๆ รวมไปถึงแหล่งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติในทะเล การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางทะเลสรุปได้ดังนี้ (สวฉจ. ธรรม, 2557 : 243 - 256)

3.1 ทรัพยากรแร่ธาตุ (Mineral resources)

ทรัพยากรแร่ธาตุทางทะเลที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ แบ่งออกเป็น 6 ชนิด คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ก๊าซแอมโมเนีย แร่ฟอสเฟต ทองคำ เพชร และเกลือ

3.1.1 สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ส่วนใหญ่เป็นน้ำมัน และก๊าซธรรมชาติที่อยู่บริเวณไหล่ทวีปในส่วนต่าง ๆ ของโลก แหล่งใหญ่อยู่บริเวณอ่าวเปอร์เซีย ทะเลเหนือ แนวพรมแดนของประเทศสหรัฐอเมริกา เช่น อ่าวเม็กซิโก แนวชายฝั่งแคลิฟอร์เนีย ตอนใต้ของรัฐอลาสก้า เป็นต้น

3.1.2 ก้อนแร่แมงกานีส มีรายงานพบจำนวนมากในบริเวณพื้นมหาสมุทรที่ระดับความลึกมากกว่า 2,000 เมตร (6,560 ฟุต) แต่ยังไม่มีการขุดนำขึ้นมาใช้ในเชิงพาณิชย์ พบอยู่มากในมหาสมุทรแปซิฟิกแนวเส้นศูนย์สูตร

3.1.3 แร่ฟอสเฟต เป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญทางด้านการเกษตรและใช้ในอุตสาหกรรมเคมี สารประกอบฟอสเฟตมีการตกตะกอนสะสมบริเวณไหล่ทวีป แหล่งของแร่ฟอสเฟตที่มีการสะสมอยู่มาก ได้แก่ นอกชายฝั่งตอนใต้ของรัฐแคลิฟอร์เนีย รัฐแอริโซนาของสหรัฐอเมริกา นอกชายฝั่งของประเทศโมร็อกโก

3.1.4 ทองคำ ในทะเลส่วนใหญ่จะพบทองคำสะสมอยู่ตามตะกอนดินดอนสามเหลี่ยมใกล้ไหล่ทวีป ซึ่งมาจากการทำเหมืองแร่ทองคำบนที่สูงและในแม่น้ำ จนมีการพัดพาโดยกระแสน้ำและตกตะกอนสะสมในบริเวณดังกล่าว

3.1.5 เพชร ตะกอนมีการชะล้าง และถูกพัดพาโดยกระแสน้ำไปสะสมอยู่ในตะกอนดินดอนสามเหลี่ยมใกล้ไหล่ทวีป เช่นเดียวกับทองคำ การทำเหมืองแร่เพชรพบในแถบไหล่ทวีปได้แก่ประเทศแอฟริกาใต้ บราซิล และเวเนซุเอลา

3.1.6 เปลือก มนุษย์ใช้เปลือกจากทะเลเพื่อประโยชน์มากมาย ทั้งใช้ประกอบอาหารและอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร การนำเปลือกจากทะเลมาใช้ประโยชน์รู้จักกันดีในรูปการทำนาเกลือ โดยการสูบน้ำทะเลเก็บกักไว้แล้วปล่อยให้มีการระเหยด้วยการใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ เปลือกที่ตกตะกอนภายหลังจากการระเหยจะถูกนำเข้ากระบวนการผลิตเพื่อจำหน่ายต่อไป

3.2 พลังงานจากทะเล (Energy from the sea)

มนุษย์สามารถใช้ประโยชน์จากพลังงานปริมาณมหาศาลที่เกิดจากทะเลได้อย่างเต็มที่ พลังงานทดแทนที่มีต้นกำเนิดมาจากทะเล ได้แก่ พลังงานลม พลังงานน้ำขึ้น-น้ำลง และพลังงานคลื่น ล้วนแต่เป็นแหล่งพลังงานทดแทนจากทะเล

3.2.1 พลังงานลม ลมเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ การนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์ โดยอาศัยเครื่องมือที่เรียกว่า กังหันลม เมื่อลมมาปะทะจนทำให้กังหันหมุน และทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเครื่องควบคุมไฟฟ้าที่ติดตั้งทางด้านล่าง เพื่อสะสมพลังงานโดยการอัดประจุไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่แล้ว จึงเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับอีกทอดหนึ่ง

3.2.2 พลังงานน้ำ เป็นรูปแบบการสร้างพลังงานโดยการอาศัยการเคลื่อนที่ของน้ำ ซึ่งถูกนำมาใช้เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า การนำพลังงานน้ำจากทะเลมาใช้ประโยชน์มี 2 ลักษณะ คือ พลังงานจากน้ำขึ้น-น้ำลง และพลังงานจากคลื่น ดังนี้

1) พลังงานจากน้ำขึ้น-น้ำลง อาศัยการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ เมื่อกระแสน้ำขึ้นถึงขีดสูงสุดประตูระบายน้ำจะถูกปิด เพื่อเก็บกักน้ำเอาไว้ และจะไม่มีการระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำจนกว่าจะหมดสภาวะน้ำขึ้นเสียก่อน เมื่อระดับน้ำในมหาสมุทรลดลง ประตูระบายน้ำของอ่างเก็บน้ำจะถูกเปิด น้ำจะไหลจากพื้นที่สูงลงไปสู่ที่ต่ำ ทำให้เกิดพลังงานเหมือนกับพลังงานจากน้ำตกต่างระดับหลายชั้น กระแสน้ำที่ไหลออกไปจะไปหมุนเครื่องกังหัน ซึ่งต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา

2) พลังงานจากคลื่น เป็นพลังงานที่ได้จากธรรมชาติ ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อหา และยังเป็นพลังงานที่ยั่งยืน แต่การใช้คลื่นเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้านั้น ถ้าจะให้ได้ผลจะต้องอยู่ในโซนที่มียอดคลื่นเฉลี่ยอยู่ที่ 8 เมตร ซึ่งบริเวณนั้นต้องมีแรงลมด้วย จึงยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์มากนัก

3.3 ทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในจากทะเล (The living resources from the sea)

มนุษย์เก็บเกี่ยวเอาผลผลิตจากมหาสมุทรในรูปของสิ่งมีชีวิตหลากหลายรูปแบบโดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อเป็นอาหาร ทั้งพืช (Marine plants) สัตว์ทะเลซึ่งเป็นปลา มีครีบน้ำเงิน (Shrimp) และหอย (Shellfish) แหล่งทำการประมงที่สำคัญของโลกจะอยู่ในบริเวณแนวชายฝั่ง (Coastal areas) โดยเฉพาะในเขตไหล่ทวีป เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีกำลังผลิตสูง ซึ่งการทำประมงชายฝั่งมีทั้งการทำประมงผิวน้ำ (Pelagic) และการทำประมงพื้นท้องน้ำ (Demersal) แหล่งทำการประมงที่สำคัญและมีกำลังผลิตสูง มักจะอยู่ในเขตนํ้าผุด (Upwelling) เช่น ชายฝั่งของประเทศเปรู ชายฝั่งทางตะวันตกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงเหนือของทวีปแอฟริกา ในเขตทะเลเหนือ (North Sea) เป็นต้น ปลาชนิดต่าง ๆ ที่จับขึ้นมา นอกจากจะเป็นอาหารของมนุษย์แล้ว ยังนำมาใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น เช่น ทำปลาป่นเพื่อใช้ผสมเป็นอาหารสัตว์ นำมาสกัดเป็นน้ำมันปลา (Fish oil) เป็นต้น

สรุปท้ายบท

อุทกภาคเป็นส่วนของน้ำทั้งหมดที่พบบนโลก ทั้งบนพื้น ใต้ดิน ในอากาศ และในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เช่น มหาสมุทร ทะเล แม่น้ำ ลำธาร เป็นต้น สามารถเปลี่ยนสถานะได้ 3 สถานะตามความแตกต่างของอุณหภูมิและความกดของบรรยากาศ น้ำมีการหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา เรียกว่าวัฏจักรของน้ำ แหล่งน้ำในธรรมชาติแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำในบรรยากาศ ซึ่งน้ำผิวดินแบ่งออกเป็น 2 ชนิด แหล่งน้ำนิ่ง เช่น ทะเลสาบ บึง หนอง อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น และแหล่งน้ำไหล เช่น แม่น้ำ ลำธาร คลอง คู เป็นต้น น้ำที่พบบนโลกอยู่ในทะเลและมหาสมุทรเป็นส่วนใหญ่ น้ำทะเลมีความเค็ม เนื่องจากเกลือและแร่ธาตุต่าง ๆ ละลายอยู่ในน้ำ เช่น โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม โพแทสเซียม เป็นต้น ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของทะเลและมหาสมุทรแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เขตไหล่ทวีป และพื้นมหาสมุทร การเคลื่อนไหวของน้ำในมหาสมุทรที่สำคัญเกิดขึ้นใน 3 ลักษณะ คือ คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และกระแสน้ำ มหาสมุทรเป็นแหล่งที่อยู่ที่สำคัญของพืชและสัตว์หลายชนิด รวมทั้งทรัพยากรทางทะเลที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

คำถามทบทวน

1. คุณสมบัติใดของน้ำที่ส่งผลให้น้ำเกิดการปนเปื้อนและเกิดมลภาวะทางน้ำขึ้นได้ง่าย
2. อธิบายกระบวนการที่เกิดในวัฏจักรของน้ำ
3. แหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหล แตกต่างกันอย่างไร และนักศึกษาคิดว่า แหล่งน้ำชนิดใดมีโอกาสเกิดมลภาวะทางน้ำมากกว่ากัน เพราะเหตุใด
4. น้ำใต้ดินและน้ำบาดาลแตกต่างกันอย่างไร
5. เพราะเหตุใดน้ำทะเลในมหาสมุทรจึงมีความเค็มไม่เท่ากัน
6. เมื่อมีเกลือละลายในน้ำจะทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง
7. ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของทะเลและมหาสมุทรแบ่งออกกี่ส่วน และแต่ละส่วนมีลักษณะเป็นอย่างไร
8. น้ำเกิด น้ำตาย ลักษณะเป็นอย่างไร และเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด
9. การไหลเวียนของน้ำในมหาสมุทรแบ่งออกเป็นกี่ประเภทอะไรบ้าง และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร
10. เพราะเหตุใดจึงจัดเต่าทะเล พะยูน โลมาและปลาวาฬ เป็นสัตว์ป่าสงวนและคุ้มครองตามพระราชบัญญัติสงเสริมและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535

เอกสารอ้างอิง

- ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. กรม. (2558). **คัมภีร์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งของไทย**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- ทินพันธุ์ เนตรแพ. (2558). **ชลธีวิทยา**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.
- นงนภัส คู่ขวัญ เที่ยงกมล, (2551). **สิ่งแวดล้อมและการพัฒนา เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.
- นิคม อ่อนสี. (2557). **เอกสารประกอบการสอน รายวิชา สมุทรศาสตร์ฟิสิกส์**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : [http://fishtech.rmutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTCH%204.0.3-02\(4\).pdf](http://fishtech.rmutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTCH%204.0.3-02(4).pdf). [6 สิงหาคม 2561]
- ประยูร วงศ์จันทร์. (2555). **วิทยาการสิ่งแวดล้อม**. มหาสารคาม : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วันทนี ศรีรัฐ. (2543). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สุเทพ ตังศัถิย์, และเคชากู ทาเคดะ. (2521). **คู่มืออุทกวิทยาสำหรับงานชลประทาน**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมความรู้เทคนิคระหว่างประเทศ.
- สุวจะณ์ ธีรธรร. (2557). **มลพิษทางทะเลและชายฝั่ง**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : [http://fishtech.rmutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTCH%204.0.3-02\(6\).pdf](http://fishtech.rmutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTCH%204.0.3-02(6).pdf). [6 สิงหาคม 2561]
- _____. (2557). **วิทยาศาสตร์ทางทะเลเบื้องต้น**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : [http://fishtech.rmutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTCH%204.0.3-02\(5\).pdf](http://fishtech.rmutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTCH%204.0.3-02(5).pdf). [6 สิงหาคม 2561]
- เสน่ห์ โรจนดิษฐ์. (2539). **อุทกภูมิศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : หจก. แสงจันทร์การพิมพ์.
- ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. (2561). **วิทยาศาสตร์โลก**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.lesa.biz/earth>. [7 กรกฎาคม 2561]
- อุตุนิยมวิทยาทางทะเล. (2561). **มหาสมุทร**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.marine.tmd.go.th/thai/oceanhtml/oceandoc.html>. [6 สิงหาคม 2561]
- White, I.D., Mottershead, D.N., and Harrison, S.J. (1996). **Environmental system: An Introductory Text**. Second Edition., London: Chapman & Hall.