



SCC2304

เอกสารประกอบคำสอน

วิทยาศาสตร์โลกทั้งระบบ

EARTH SCIENCE



พศ.กรกมล ชูช่วย

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

วิทยาศาสตร์โลกทั้งระบบ

Earth Science

กรกมล ชูช่วย

วศ.ม (เทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม)

วท.บ (เคมี - ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)

คณะครุศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

คำนำ

เอกสารคำสอนรายวิชา วิทยาศาสตร์โลกทั้งระบบ ได้เรียบเรียงเพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้สำหรับรายวิชา SCC2304 วิชา วิทยาศาสตร์โลกทั้งระบบ (Earth Science) และมีการปรับปรุงเพื่อให้เนื้อหา มีความทันสมัยมากขึ้น มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้และความเข้าใจหลักวิชาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โลกทั้งระบบ

สาระสำคัญของเอกสารคำสอนเล่มนี้ประกอบด้วย 8 บท ได้แก่ องค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก และสมดุลพลังงานของโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย ทรัพยากรธรณี แผนที่ทางธรณี และการนำไปใช้ประโยชน์ การหมุนเวียนของน้ำ ในมหาสมุทร การหมุนเวียนของอากาศบนโลก และการเกิดเมฆ กระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม และการพยากรณ์อากาศ และการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยหลักวิทยาศาสตร์ ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารประกอบการสอนเล่มนี้จะอำนวยประโยชน์ต่อผู้นำไปใช้อย่างสมควร

ผู้เขียนขอขอบพระคุณทุกท่านที่เป็นเจ้าของตำรา หนังสือ และเอกสารต่าง ๆ ที่ได้นำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดทำและการอ้างอิง เพื่อใช้ประกอบการเรียบเรียงเอกสารประกอบการสอน ผู้เขียนรู้สึกสำนึกในคุณค่า และหากมีข้อเสนอแนะประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับด้วยความขอบพระคุณยิ่ง และพร้อมที่จะนำเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

กรกมล ชูช่วย
30 กันยายน 2566

สารบัญ

	หน้า
คำนำ.....	(1)
สารบัญ.....	(2)
สารบัญภาพ.....	(5)
สารบัญตาราง.....	(7)
แผนบริหารการสอนประจำวิชา.....	1
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1.....	7
บทที่ 1 องค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก และสมดุลพลังงานของโลก.....	11
ระบบโลก และสมดุลพลังงานของโลก.....	11
ธรณีภาค.....	16
อุทกภาค.....	20
อากาศภาค.....	23
ชีวภาค.....	25
สรุปท้ายบท.....	30
คำถามทบทวน.....	30
เอกสารอ้างอิง.....	31
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2.....	33
บทที่ 2 กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก.....	37
โครงสร้างของโลก.....	37
อายุทางธรณีวิทยา.....	42
มาตรธรณีกาล.....	47
ซากดึกดำบรรพ์.....	54
สรุปท้ายบท.....	65
คำถามทบทวน.....	65
เอกสารอ้างอิง.....	66
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3.....	67
บทที่ 3 ธรณีพิบัติภัย.....	71
ทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน.....	71
ธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย.....	74
การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาค.....	79
ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา.....	83
สรุปท้ายบท.....	92
คำถามทบทวน.....	92
เอกสารอ้างอิง.....	93

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4.....	95
บทที่ 4 ทรัพยากรธรณี แผนที่ทางธรณี และการนำไปใช้ประโยชน์.....	99
แร่.....	99
หิน.....	106
ดิน.....	120
แผนที่ทางธรณี และการนำไปใช้ประโยชน์.....	123
สรุปท้ายบท.....	127
คำถามทบทวน.....	127
เอกสารอ้างอิง.....	129
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 5.....	131
บทที่ 5 การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร.....	135
อุทกภาค.....	135
คุณสมบัติของน้ำทะเล.....	140
ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของทะเลและมหาสมุทร.....	142
การเคลื่อนไหวของน้ำในมหาสมุทร.....	148
ทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลและการใช้ประโยชน์.....	152
สรุปท้ายบท.....	157
คำถามทบทวน.....	158
เอกสารอ้างอิง.....	159
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 6.....	161
บทที่ 6 การหมุนเวียนของอากาศบนโลก และการเกิดเมฆ.....	165
คุณสมบัติของอากาศ.....	165
ลม (Wind).....	175
น้ำค้าง เมฆ หมอก.....	184
หยาดน้ำฟ้า (Precipitation).....	188
สรุปท้ายบท.....	189
คำถามทบทวน.....	189
เอกสารอ้างอิง.....	191

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 7.....	193
บทที่ 7 กระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม.....	197
บรรยากาศ.....	197
สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ.....	203
ภูมิอากาศ (Climate).....	205
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change).....	210
สรุปท้ายบท.....	213
คำถามทบทวน.....	213
เอกสารอ้างอิง.....	214
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8.....	215
บทที่ 8 การพยากรณ์อากาศ และการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยหลักวิทยาศาสตร์.....	217
อุตุนิยมวิทยา.....	217
ระบบการตรวจอากาศ.....	220
แผนที่อากาศ (Synoptic weather chart).....	225
การพยากรณ์อากาศ.....	233
สรุปท้ายบท.....	236
คำถามทบทวน.....	237
เอกสารอ้างอิง.....	239
บรรณานุกรม.....	241

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโลก.....	12
1.2 องค์ประกอบภายนอกของโลก.....	13
1.3 การกรองรังสีของบรรยากาศ.....	14
1.4 การรักษาสมดุลทางพลังงานจากรังสีของโลก.....	15
1.5 วัฏจักรของน้ำ.....	21
2.1 องค์ประกอบทางเคมีของโครงสร้างภายในของโลก.....	40
2.2 การหาอายุของหินตามกฎการวางตัวซ้อนทับกันของชั้นหินตะกอน.....	44
2.3 การหาอายุของหินตามกฎการสอดกันของหิน.....	44
2.4 การหาอายุของหินตามกฎการแทรกเข้าไปของหิน.....	45
2.5 การหาอายุของหินตามกฎการเปลี่ยนรูปของหิน.....	45
2.6 การหาอายุของหินตามกฎการแปรสภาพของหิน.....	46
2.7 ตัวอย่างการศึกษาการเรียงลำดับเหตุการณ์ของชั้นหินแต่ละบริเวณ.....	46
2.8 สิ่งมีชีวิตในยุคแคมเบรียน.....	50
2.9 ไดโนเสาร์ในยุคต่าง ๆ.....	53
2.10 ซากดึกดำบรรพ์ที่พบบนเกาะตะรุเตา.....	57
2.11 ซากดึกดำบรรพ์ที่พบที่บ้านป่าเสม็ด ตั้งที่อำเภอละงู จังหวัดสตูล.....	58
2.12 ซากดึกดำบรรพ์ที่พบที่บ้านเขาถ่าน อำเภอสวี จังหวัดชุมพร.....	59
2.13 ซากดึกดำบรรพ์ที่พบที่วัดคีรีนาครัตนาราม อำเภอหนองม่วง จังหวัดลพบุรี.....	60
2.14 จังหวัดที่มีการค้นพบฟอสซิลไดโนเสาร์.....	64
3.1 ขั้นตอนการเลื่อนของแผ่นธรณีภาคจากอดีตถึงปัจจุบัน.....	71
3.2 หลักฐานหินชั้นและหินอัคนีแทรกซอน.....	73
3.3 หลักฐานแนวภูเขาในทวีปอเมริกาเหนือและทวีปยุโรป.....	74
3.4 การพาความร้อนของหินหลอมละลายที่ชั้นเนื้อโลก.....	75
3.5 แนวชั้นหินคดโค้งสุโขทัย และแนวชั้นหินคดโค้งเลย.....	77
3.6 แผ่นจุลทวีปฉาน-ไทย และแผ่นจุลทวีปอินโดจีน.....	78
3.7 การเคลื่อนเข้าหากันของแผ่นธรณี.....	80
3.8 การเคลื่อนที่เข้าหากัน ระหว่างแผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีมหาสมุทร.....	81
3.9 การเคลื่อนที่เข้าหากัน ระหว่างแผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีทวีป.....	81
3.10 การเคลื่อนที่เข้าหากัน ระหว่างแผ่นธรณีทวีปกับแผ่นธรณีทวีป.....	82
3.11 การแยกออกจากกันของแผ่นธรณีภาคใต้มหาสมุทร.....	82
3.12 การเคลื่อนที่ผ่านสวนกันของแผ่นธรณีภาค.....	83

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.1 วัฏจักรของหิน.....	107
4.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการเกิดหินตะกอน.....	112
4.3 ลักษณะของชั้นดิน.....	121
4.4 แผนที่แสดงตำแหน่งแผนที่มาตราส่วน 1:250,000 จำนวน 52 ระวัง.....	125
4.5 แผนที่แสดงตำแหน่งแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 จำนวน 830 ระวัง.....	125
5.1 วัฏจักรของน้ำ.....	137
5.2 แผนผังแสดงชั้นน้ำร้อนในมหาสมุทร.....	141
5.3 ส่วนต่าง ๆ ของทะเลมหาสมุทร.....	143
5.4 ภูมิลักษณะของพื้นมหาสมุทร.....	145
5.5 ลักษณะของภูเขาใต้ทะเลและกีย์ไอต์.....	146
5.6 การแบ่งเขตทะเลมหาสมุทรตามลักษณะของพืชและสัตว์.....	147
5.7 การเกิดคลื่น.....	149
5.8 อิทธิพลของกระแสลมต่อกระแสน้ำในมหาสมุทร.....	150
5.9 กระแสน้ำพื้นผิวมหาสมุทร.....	151
5.10 การไหลเวียนของน้ำลึกในมหาสมุทร.....	152
6.1 เครื่องวัดแสงแดดแบบลูกแก้ว ชนิดแคมป์เบลสโตกส์ (Campbell-Stokes Recorder).....	167
6.2 แนวปะทะอากาศเย็น.....	173
6.3 แนวปะทะอากาศอุ่น.....	173
6.4 แนวปะทะอากาศรวม.....	174
6.5 การหมุนเวียนโดยทั่วไปของบรรยากาศ.....	176
6.6 ทิศทางลมมรสุม.....	180
6.7 การเกิดลมทะเลในเวลากลางวัน.....	181
6.8 การเกิดลมบกในเวลากลางคืน.....	181
6.9 การเกิดลมภูเขาในเวลากลางวัน.....	182
6.10 การเกิดลมภูเขาในเวลากลางคืน.....	182
7.1 การแบ่งชั้นบรรยากาศ ตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ.....	200
7.2 การแบ่งชั้นบรรยากาศ ตามสมบัติของก๊าซในบรรยากาศ.....	202
8.1 สัญลักษณ์อุตุนิยมวิทยา.....	226
8.2 โมเดลสารประกอบอุตุนิยมวิทยาสำหรับแผนที่อากาศผิวพื้น.....	226
8.3 ตัวอย่างสัญลักษณ์ทางอุตุนิยมวิทยา.....	235

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ปริมาณน้ำในอุทกภาค.....	20
2.1 แร่ หิน และสารบางอย่างที่ให้สารกัมมันตรังสี.....	43
2.2 สรุปรณประวัติศาสตร์ตามมาตราธรณีกาล.....	47
3.1 ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวตามมาตราริกเตอร์.....	85
3.2 เปรียบเทียบหน่วยริกเตอร์และเมอร์แคลลิกับผลกระทบที่เกิดขึ้น.....	86
4.1 อันดับความแข็งของแร่.....	102
4.2 สรุปลักษณะเด่นของหินอัคนี.....	111
4.3 สรุปลักษณะของหินตะกอน.....	115
4.4 สรุปรูปการแปรสภาพของหินจากหินต้นกำเนิด.....	117
4.5 สรุปลักษณะของหินแปร.....	119
5.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physics) ของน้ำ.....	136
5.2 เนื้อที่ของมหาสมุทรที่พบบนโลก.....	143
5.3 การวางไข่ของเต่าในธรรมชาติ.....	154
5.4 จำนวนพะยูนที่พบในธรรมชาติ.....	154
5.5 จำนวนโลมาและปลาวาฬที่พบในธรรมชาติ.....	155
6.1 มาตรฐานแสดงกำลังลมของโบฟอร์ต (Be fort).....	183
7.1 ประเภทของภูมิภาคโดยพิจารณาปริมาณน้ำฝนเป็นเกณฑ์.....	207
8.1 ชนิดของสถานีตรวจและหน้าที่.....	221
8.2 ความหมายของสัญลักษณ์แสดงการปกคลุมของเมฆ.....	227
8.3 ความหมายของสัญลักษณ์รหัสเมฆชั้นต่ำ.....	227
8.4 ความหมายของสัญลักษณ์รหัสเมฆชั้นกลาง.....	228
8.5 ความหมายของสัญลักษณ์รหัสเมฆชั้นสูง.....	228
8.6 รหัสตัวเลขและความหมายของสัญลักษณ์ลักษณะอากาศปัจจุบัน.....	229

แผนบริหารการสอนประจำวิชา

รายวิชา วิทยาศาสตร์โลกทั้งระบบ
(Earth Science)

รหัสวิชา SCC2304

จำนวนหน่วยกิต-ชั่วโมง
เวลาเรียน 16 สัปดาห์

3(2-2-5)
รวม 64 ชั่วโมง/ภาคเรียน

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติการให้รอบรู้ องค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย ทรัพยากรธรณี แผนที่ทางธรณี และการนำไปใช้ประโยชน์ สมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การเกิดเมฆ การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร กระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การพยากรณ์อากาศ อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยหลักวิทยาศาสตร์ นำความรู้สู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์ทั่วไป

1. อธิบายถึงองค์ประกอบหลักของโลก ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ของโลกทั้งระบบ และกระบวนการรักษาสมดุลของพลังงานที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนของระบบภูมิอากาศโลก
2. อธิบายกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบัน อธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต และสัณฐานของโลก
3. อธิบายรูปแบบแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีสาเหตุกระบวนการ ปัจจัย และยกตัวอย่างแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา
4. อธิบายวิธีการสังเกต ตรวจสอบ จำแนก วิเคราะห์สมบัติของหิน ดิน แร่ และความหมายจากแผนที่ทางธรณีวิทยาของพื้นที่ที่กำหนด
5. อธิบายโครงสร้างการแบ่งชั้นน้ำในมหาสมุทร ปัจจัย รูปแบบ ผลของการหมุนเวียนน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต สิ่งแวดล้อม และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติทางทะเล
6. อธิบายองค์ประกอบของบรรยากาศแต่ละชั้น คุณสมบัติของอากาศ การเกิดเมฆ และลักษณะของภูมิอากาศ
7. อธิบายปัจจัย ลักษณะ และกระบวนการการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลกที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
8. อธิบายหลักการ วิเคราะห์ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสืบค้นหาความรู้และติดตามข่าวสารการพยากรณ์อากาศ

เนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน

บทที่ 1	องค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก และสมดุลพลังงานของโลก ระบบโลก และสมดุลพลังงานของโลก ธรณีภาค อุทกภาค อากาศภาค ชีวมภาค	8 ชั่วโมง
บทที่ 2	กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก อายุทางธรณีวิทยา มาตรธรณีกาล ซากดึกดำบรรพ์ โครงสร้างของโลก	8 ชั่วโมง
บทที่ 3	ธรณีพิบัติภัย ทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาค ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา	8 ชั่วโมง
บทที่ 4	ทรัพยากรธรณี แผนที่ทางธรณี และการนำไปใช้ประโยชน์ แร่ หิน ดิน แผนที่ทางธรณี และการนำไปใช้ประโยชน์	8 ชั่วโมง
บทที่ 5	การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร อุทกภาค คุณสมบัติของน้ำทะเล ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของทะเลและมหาสมุทร การเคลื่อนไหวของน้ำในมหาสมุทร ทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลและการใช้ประโยชน์	8 ชั่วโมง

บทที่ 6 การหมุนเวียนของอากาศบนโลก และการเกิดเมฆ บรรยากาศ องค์ประกอบของบรรยากาศ ชั้นบรรยากาศโลก คุณสมบัติของอากาศ ภูมิอากาศ (Climate)	8 ชั่วโมง
บทที่ 7 กระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ ลม (Wind) น้ำค้าง เมฆ หมอก หยาดน้ำฟ้า (Precipitation) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)	8 ชั่วโมง
บทที่ 8 การพยากรณ์อากาศ และการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยหลักวิทยาศาสตร์ อุตุนิยมวิทยา ระบบการตรวจอากาศ แผนที่อากาศ (Synoptic weather chart) การพยากรณ์อากาศ	8 ชั่วโมง

วิธีสอนและกิจกรรม

1. วิธีสอนแบบบรรยาย โดยการใช้การทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียน โดยการใช้การตั้งคำถามและทำแบบทดสอบความรู้เดิม เพื่อนำไปสู่การบรรยายเนื้อหา
2. วิธีสอนแบบวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน ทดสอบสมมติฐาน วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล
3. ใช้วิธีสอนแบบอภิปราย โดยการแบ่งผู้เรียนเป็นกลุ่ม ๆ โดยการกำหนดหัวข้อ แล้วแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการอภิปราย จากนั้นผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปเนื้อหา และองค์ความรู้ให้ตรงตามวัตถุประสงค์
4. วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยให้ผู้เรียนรู้จักการสืบค้นข้อมูล หาความรู้จากเอกสาร ตำรา หนังสือ หรือสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต
5. วิธีสอนแบบปฏิบัติการ ให้นักศึกษาใช้กระบวนการพินิจภายในจิตใจของนักศึกษาเอง หรือวิเคราะห์จิตใจและประสบการณ์ของตนเอง
6. วิธีสอนแบบการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน และโครงงานเป็นฐาน โดยการฝึกทักษะการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ธรรมชาติ โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาหาข้อสรุปด้วยกัน
7. วิธีสอนโดยใช้กรณีศึกษา ให้ผู้เรียนวิเคราะห์สาเหตุปัญหาจากกรณีศึกษา และหาวิธีการแก้ปัญหา

8. วิธีสอนผ่านเว็บไซต์ มูเดิ้ลของอาจารย์
9. แบ่งกลุ่มนักศึกษาทำการศึกษาค้นคว้าปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ และนำความรู้สู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
10. มอบหมายแบบฝึกหัดท้ายบทเป็นการบ้าน พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องด้วยตนเอง

สื่อการเรียนการสอน

1. สื่ออิเล็กทรอนิกส์
2. วีดิทัศน์
3. ตำราและเอกสารประกอบการสอน วารสารวิชาการ และรายงานการวิจัย
4. ฐานข้อมูลอินเทอร์เน็ต และ เว็บไซต์อาจารย์ https://eledu.ssru.ac.th/kornkamol_ch/

การวัดผลและประเมินผล

1. การวัดผล

1.1 การวัดผลระหว่างภาคเรียน จำแนกเป็นการวัดผลย่อย ดังนี้	ร้อยละ 70
1.1.1 เข้าชั้นเรียน และมีส่วนร่วมในกิจกรรม	ร้อยละ 10
1.1.2 ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ทำแบบฝึกหัดท้ายบท	ร้อยละ 10
1.1.3 ทำงานเดี่ยว งานกลุ่ม และอภิปราย	ร้อยละ 20
1.1.4 สอบกลางภาคเรียน	ร้อยละ 30
1.2 การวัดผลสอบปลายภาค	ร้อยละ 30

2. การประเมินผล

ระดับคะแนน	ความหมายของผลการเรียน	ค่าระดับคะแนน	ค่าร้อยละ
A	ดียอดเยี่ยม	4.0	86-100
A-	ดีเยี่ยม	3.75	82-85
B+	ดีมาก	3.5	78-81
B	ดี	3.0	74-77
B-	ค่อนข้างดี	2.75	70-73
C+	ปานกลางค่อนข้างดี	2.5	66-69
C	ปานกลาง	2.0	62-65
C-	ปานกลางค่อนข้างอ่อน	1.75	58-61
D+	ค่อนข้างอ่อน	1.5	54-57
D	อ่อน	1.0	50-53
D-	อ่อนมาก	0.75	46-49
F	ตก	0.0	0-45

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1

หัวข้อเนื้อหา

1. ระบบโลก และสมดุลพลังงานของโลก
 - 1.1 ธรณีวิทยา
 - 1.2 สมดุลพลังงานของโลก
2. ธรณีภาค
 - 2.1 ธรณีวิทยา
 - 2.2 ประโยชน์ของการศึกษาธรณีวิทยา
3. อุทกภาค
 - 3.1 ปริมาณน้ำในอุทกภาค
 - 3.2 การศึกษาเกี่ยวกับอุทกภาค
4. อากาศภาค
 - 4.1 อุตุนิยมวิทยา
 - 4.2 สาขาวิชาอุตุนิยมวิทยา
5. ชีวภาค
 - 5.1 ระบบนิเวศ
 - 5.2 องค์ประกอบของระบบนิเวศ
 - 5.3 ชนิดของระบบนิเวศ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกองค์ประกอบของระบบโลก และอธิบายกระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก
2. อธิบายความหมาย ลักษณะ และการนำความรู้ทางธรณีวิทยาไปใช้ประโยชน์
3. อธิบายความหมาย ความสำคัญของอุทกภาคในระบบสิ่งแวดล้อม และบอกประเภทของการศึกษาเกี่ยวกับอุทกภาค
4. อธิบายความหมาย ความสำคัญของอากาศภาคในระบบสิ่งแวดล้อม และบอกประเภทของการศึกษาเกี่ยวกับอากาศภาค
5. อธิบายความหมาย ความสำคัญ องค์ประกอบของระบบนิเวศ และจำแนกประเภทของระบบนิเวศตามเกณฑ์ที่หลากหลาย

วิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. วิธีสอน

- 1.1 วิธีสอนแบบบรรยาย ประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์
- 1.2 วิธีสอนแบบสืบเสาะ ให้ผู้เรียนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการตั้งคำถาม และสืบเสาะแสวงหาข้อเท็จจริงหรือข้อมูล
- 1.3 วิธีสอนแบบปฏิบัติการ ให้นักศึกษาใช้กระบวนการพินิจภายในจิตใจของนักศึกษาเอง หรือวิเคราะห์จิตใจและประสบการณ์ของตนเอง
- 1.4 วิธีสอนแบบอภิปราย โดยกำหนดหัวข้อในการอภิปรายถึงความสำคัญของพลังงานแต่ละประเภทให้นักศึกษาร่วมอภิปราย โดยมีครูเป็นผู้แนะนำ

2. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

- 2.1 นำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้คำถาม เช่น ให้นักศึกษาบอกองค์ประกอบของโลกที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทั้งดิน น้ำ อากาศ และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น
- 2.2 ให้นักศึกษาดูวีดิทัศน์เกี่ยวกับความสำคัญขององค์ประกอบในระบบโลก พร้อมทั้งอธิบายความเข้าใจของตนเอง
- 2.3 กิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มช่วยกันสืบเสาะแสวงหาข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบของระบบโลกทั้ง 4 ประการ จากนั้นนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น
- 2.4 ให้นักศึกษาร่วมกันวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบโลกทั้ง 4 ประการ และระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสมดุลพลังงานของโลก
- 2.5 ให้นักศึกษาช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้ และตอบคำถามท้ายบท

สื่อการเรียนรู้การสอน

1. หนังสือ ตำรา และเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. สื่อนำเสนอประกอบการบรรยาย
3. ฐานข้อมูลอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์อาจารย์
4. วีดิทัศน์เกี่ยวกับระบบโลก

การวัดผลและประเมินผล

1. ผู้เรียนตอบคำถามทบทวนด้านความรู้ความเข้าใจในแบบทดสอบท้ายบทเรียน
2. ผู้เรียนสนทนาแลกเปลี่ยนความรู้จากผลการศึกษาค้นคว้า
3. ผู้เรียนนำเสนองานตรงเวลา มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย แสดงความคิดเห็นสร้างสรรค์
สื่อในการนำเสนอน่าสนใจ
4. วัดความรู้ และความเข้าใจ เกี่ยวกับองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก และ
สมดุลพลังงานของโลก โดยใช้แบบทดสอบ
5. สังเกตพฤติกรรมการเรียน และความรับผิดชอบจากการทำงานกลุ่ม

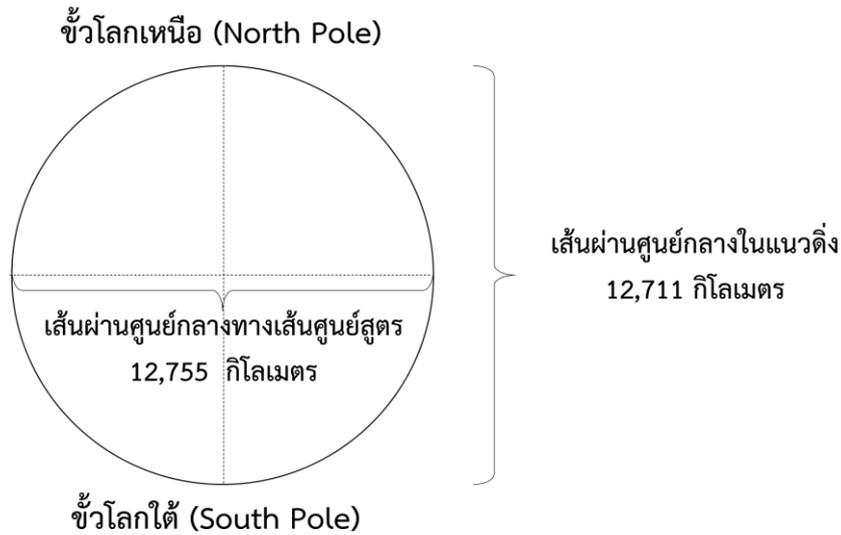
บทที่ 1

องค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก และสมดุลพลังงานของโลก

โลก (Earth) เป็นดาวเคราะห์ในระบบสุริยะจักรวาล สามารถแบ่งโลกออกเป็น 4 ส่วนตามองค์ประกอบของโลก ได้แก่ ธรณีภาค อุทกภาค อากาศภาค และชีวภาค ซึ่งส่วนที่เป็นของแข็งห่อหุ้มอยู่รอบนอกสุดของโลก ประกอบด้วยหิน และดินชนิดต่าง ๆ เรียกว่า “ธรณีภาค (Lithosphere)” ส่วนที่เป็นน้ำทั้งหมดบนพื้นผิวโลก อยู่ในรูปของมหาสมุทร ทะเล ทะเลสาบ แม่น้ำ ห้วย หนอง บึง และน้ำใต้ดิน เรียกว่า “อุทกภาค (Hydrosphere)” ส่วนอากาศที่ห่อหุ้มอยู่รอบ ๆ โลก ประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด ซึ่งชั้นบรรยากาศและน้ำบนผิวโลกช่วยให้โลกมีอุณหภูมิอบอุ่น เรียกว่า “อากาศภาค (Atmosphere)” และส่วนที่พบสิ่งมีชีวิตในปริมาณมาก ๆ ทั้งที่อาศัยอยู่บนบก และในน้ำ เรียกว่า “ชีวมณฑล (Biosphere)” หรือ “ชีวภาค” ซึ่งส่วนประกอบของโลกทั้ง 4 ส่วน รวมเรียกว่า “ระบบโลก (Earth system)”

ระบบโลก และสมดุลพลังงานของโลก

โลกเป็นดาวเคราะห์หินขนาดใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะจักรวาล ถือกำเนิดเมื่อประมาณ 4,600 ล้านปีก่อน อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ด้วยระยะทางเฉลี่ย 1.496×10^{11} เมตร มีดวงจันทร์เป็นบริวารเพียงดวงเดียว โลกมีสัญญาณรูปร่างเป็นทรงกลมแบน โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางในแนวตั้ง (เส้นผ่านศูนย์กลางจากขั้วโลกเหนือ - ใต้) ยาว 12,711 กิโลเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางในแนวนอน (เส้นผ่านศูนย์กลางทางเส้นศูนย์สูตร) ยาว 12,755 กิโลเมตร ซึ่งแตกต่างกันประมาณ 44 กิโลเมตร แสดงถึงภาพที่ 1.1 โลกมีพื้นที่ประมาณ 510,903,400 ตารางกิโลเมตร (วรรณศิริ เดชะคุปต์, 2543 : 10) พื้นผิวของโลกประกอบด้วยพื้นน้ำ 3 ส่วน หรือประมาณร้อยละ 71 และส่วนพื้นดิน 1 ส่วน หรือประมาณร้อยละ 29 โลกมีชั้นบรรยากาศที่หนาแน่นไปด้วยก๊าซออกซิเจนประมาณร้อยละ 21 (จตุรงค์ สุคนธชาติ, 2555 : 10-90) ซึ่งเอื้ออำนวยต่อการหายใจของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ก๊าซออกซิเจนบนโลก อีกทั้งชั้นบรรยากาศและน้ำบนผิวโลกยังช่วยให้โลกมีอุณหภูมิอบอุ่น เฉลี่ยประมาณ 30 องศาเซลเซียส (นิพนธ์ ทรายเพชร, 2552 : 355)



ภาพที่ 1.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโลก

1. ระบบโลก

วอร์เรน คีรี เดซเซคูปต์ (2543 : 12 - 15) กล่าวถึงโครงสร้างของโลก ประกอบด้วยองค์ประกอบทั้งหมด 4 ส่วน คือ แก่นโลก (Barysphere) ธรณีภาค อุทกภาค และบรรยากาศ มีรายละเอียดดังนี้

1) แก่นโลก หรือแก่นพิภพ ได้แก่ มวลสารที่อยู่ชั้นในสุดของโลก เป็นของแข็งที่มีความหนาแน่น และมีความร้อนสูงมาก ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยธาตุเหล็ก (Fe) และธาตุนิเกิล (Ni) แก่นโลกแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ แก่นโลก (Core) และเปลือกโลกชั้นใน (Mantle)

2) ธรณีภาค หรือเปลือกโลก (Crust) เป็นของแข็งห่อหุ้มอยู่รอบนอกสุดของโลก มีความหนาประมาณ 24 กิโลเมตร ประกอบด้วย หิน และดินชนิดต่าง ๆ

3) อุทกภาค คือ ส่วนที่เป็นน้ำทั้งหมดบนพื้นผิวโลก มีประมาณ 2 ใน 3 ของพื้นผิวโลก ปรากฏในรูปของมหาสมุทร ทะเล และทะเลสาบ

4) บรรยากาศ คือ อากาศที่ห่อหุ้ม และติดอยู่กับโลก โดยแรงดึงดูดของโลก ประกอบด้วยมวลก๊าซหลายชนิด ผสมกันเป็นชั้นหนาอยู่เหนือพื้นผิวโลก บริเวณของโลกที่มีสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้น ทั้งที่ตายและยังมีชีวิตอยู่ เรียกว่า “ชีวมณฑล”

ลัลนา ปริญญาปริวัฒน์ (2541 : 11 - 12) อธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบส่วนนอกของโลก ซึ่งสอดคล้องกับศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ (2561 : online) และสง่า ตั้งชวาล (2555 : 3 - 4) สรุปได้ว่า องค์ประกอบภายนอกของโลก (Outer zone of the earth) สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ธรณีภาค อุทกภาค อากาศภาค และชีวมณฑล

1) ธรณีภาค คือ ส่วนที่เป็นของแข็ง ประกอบขึ้นเป็นโลกทรงกลม ซึ่งหมายรวมถึงทั้งดินและหิน บางส่วนอยู่ใต้ชั้นอากาศภาค และบางส่วนอยู่ใต้ชั้นอุทกภาค นั่นคือ มีน้ำปกคลุมอยู่เบื้องบน

2) อุทกภาค คือ ส่วนที่เป็นน้ำ ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวโลก หมายรวมถึงน้ำในมหาสมุทร ทะเล ทะเลสาบ แม่น้ำ ห้วย หนอง บึง ทั้งน้ำที่ซึ่งอยู่ในผิวดิน และน้ำในโพรงหิน

3) อากาศภาค คือ ส่วนบรรยากาศ ได้แก่ อากาศที่อยู่รอบ ๆ โลก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวโลกและให้ประโยชน์ต่อโลก ซึ่งอากาศประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด

4) ชีวภาค คือ ชั้นของสิ่งมีชีวิตที่พบสิ่งมีชีวิตในปริมาณมาก ๆ ชั้นนี้จะเป็นชั้นบาง ๆ โดยลึกลงไปในส่วนของน้ำทะเล 600 ฟุต ซึ่งเป็นสัตว์จำพวกปลาและอื่น ๆ และสูงขึ้นไปในบรรยากาศเล็กน้อย ซึ่งเป็นพวกจุลินทรีย์และนกชนิดต่าง ๆ

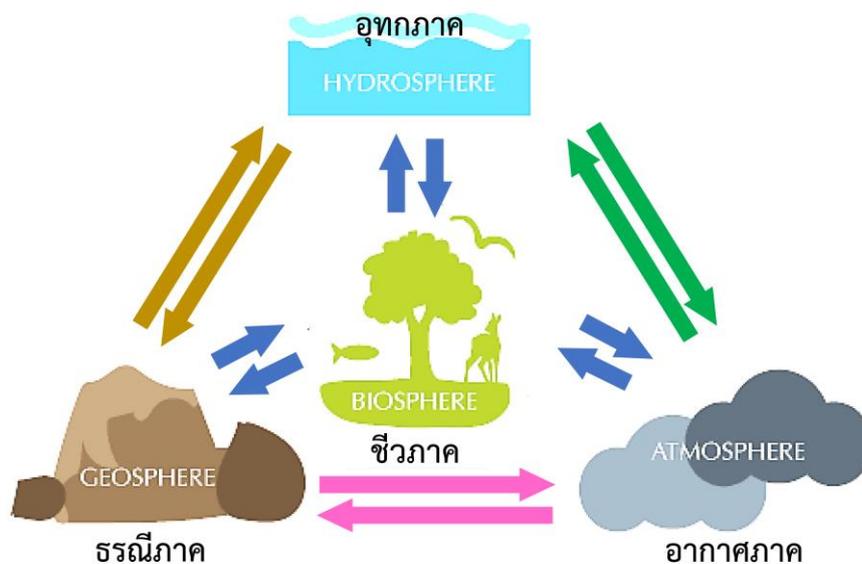
สรุปได้ว่า ระบบโลก แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ตามองค์ประกอบของโลก ได้แก่ ธรณีภาค (Geosphere) อุทกภาค (Hydrosphere) อากาศภาค (Atmosphere) และชีวภาค (Biosphere)

1) ธรณีภาค คือ ส่วนที่เป็นของแข็งห่อหุ้มอยู่รอบนอกสุดของโลก หรือเรียกว่า แผ่นเปลือกโลก ประกอบด้วยหิน และดินชนิดต่าง ๆ บางส่วนอยู่ใต้ชั้นอากาศภาค และบางส่วนอยู่ใต้ชั้นอุทกภาค ภายใต้อากาศภาคประกอบด้วย แก่นโลก ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ แก่นโลก และเปลือกโลกชั้นใน

2) อุทกภาค คือ ส่วนที่เป็นน้ำทั้งหมดบนพื้นผิวโลก อยู่ในรูปของมหาสมุทร ทะเล ทะเลสาบ แม่น้ำ ห้วย หนอง บึง และน้ำใต้ดิน

3) อากาศภาค คือ อากาศที่ห่อหุ้มอยู่รอบ ๆ โลก ประกอบด้วยมวลก๊าซหลายชนิด

4) ชีวภาค คือ บริเวณของโลกที่พบสิ่งมีชีวิตในปริมาณมาก ๆ ทั้งที่อาศัยอยู่บนบก และในน้ำ เรียกว่า “ชีวมณฑล”

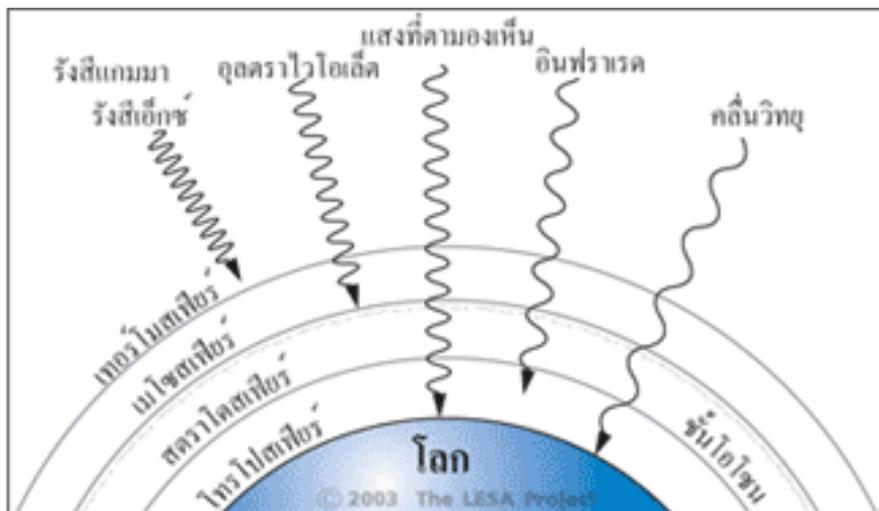


ภาพที่ 1.2 องค์ประกอบภายนอกของโลก
ที่มา : ปรับปรุงจาก Eschooltoday, 2018

2. สมดุลพลังงานของโลก

พลังงานจากดวงอาทิตย์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีทั้งรังสีคลื่นสั้นและคลื่นยาว บรรยากาศของโลก ทำหน้าที่ปกป้องรังสีคลื่นสั้น ไม่ให้ลงมาทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลกได้ โมเลกุลของก๊าซไนโตรเจนและออกซิเจนในบรรยากาศชั้นบนสุด ดูดกลืนรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ จนทำให้อะตอมของก๊าซในบรรยากาศชั้นบนมีอุณหภูมิสูง และแตกตัวเป็นประจุ (บางครั้งเราเรียกชั้น

บรรยากาศที่เต็มไปด้วยประจุนี้ว่า ไอโอโนสเฟียร์ มีประโยชน์ในการสะท้อนคลื่นวิทยุสำหรับการสื่อสาร) รังสีอุลตราไวโอเล็ตสามารถส่องผ่านบรรยากาศชั้นบนลงมา แต่ถูกดูดกลืนโดยก๊าซโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์ที่ระยะสูงประมาณ 19 - 48 กิโลเมตร แสงแดดหรือแสงที่ตามองเห็นสามารถส่องลงมาถึงพื้นโลก รังสีอินฟราเรดถูกดูดกลืนโดยก๊าซเรือนกระจก เช่น ไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นโทรโปสเฟียร์ ส่วนคลื่นไมโครเวฟและคลื่นวิทยุในบางความถี่สามารถสะท้อนกลับขึ้นบรรยากาศได้



ภาพที่ 1.3 การกรองรังสีของบรรยากาศ
ที่มา : The LESA Project, 2010

โลกมีกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการรับพลังงานจากดวงอาทิตย์และปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่เข้ามาสู่โลกบางส่วนจะสะท้อนกลับสู่อวกาศทันที ในขณะที่พลังงานบางส่วนหมუნเวียนอยู่ในโลกด้วยกระบวนการทางแสงและการถ่ายโอนความร้อน ก่อนที่พลังงานเหล่านั้นจะค่อย ๆ กลับสู่อวกาศ ซึ่งพลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์จะเท่ากับพลังงานที่โลกปลดปล่อยกลับสู่อวกาศทำให้เกิดสมดุลพลังงาน (energy balance)

สมดุลพลังงานของโลกเป็นสมดุลพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่โลกได้รับ เมื่อเทียบกับพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่โลกคายกลับสู่อวกาศ สมดุลพลังงานของโลกเกิดจากการรับและการคายกลับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งช่วงคลื่นสั้น (0 - 4 μm) และช่วงคลื่นยาว (ยาวมากกว่า 4 μm) สามารถแบ่งกระบวนการออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ กระบวนการสมดุลพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นสั้น และกระบวนการสมดุลพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นยาว

1) กระบวนการสมดุลพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นสั้น

พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นสั้น (0 - 4 μm) มาจากดวงอาทิตย์ เมื่อกำหนดให้พลังงานคลื่นสั้นที่ตกกระทบบรรยากาศโลกมีค่า 100% การถ่ายเทพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นสั้นเกิดจากหลายกระบวนการ ได้แก่ การสะท้อนพลังงาน การส่งผ่านพลังงาน การดูดกลืนพลังงาน และการแผ่รังสีกลับออกมา กระบวนการต่าง ๆ ในบรรยากาศ สามารถสรุปได้ดังนี้

1.1) โอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ดูดแสงช่วงอุลตราไวโอเล็ตไว้ จำนวน

2%

1.2) เมฆในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ สะท้อนคลื่นสั้นกลับออกไป จำนวน 23%
1.3) โมเลกุลของก๊าซและฝุ่นในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ สะท้อนคลื่นสั้นกลับออกไป จำนวน 6%

1.4) พื้นผิวโลกสะท้อนรังสีคลื่นสั้นกลับออกไป จำนวน 7%

1.5) ก๊าซในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ดูดกลืนพลังงานไว้ จำนวน 15%

ดังนั้น พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวโลกเท่ากับจำนวน 47% แบ่งเป็นพลังงานจากรังสีแสงอาทิตย์โดยตรง จำนวน 31% (Direct Radiation) และพลังงานจากรังสีสะท้อน ซึ่งเกิดจากการกระจายแสงในบรรยากาศของท้องฟ้าที่เป็นสีฟ้า จำนวน 16%

2) กระบวนการสมดุลพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นยาว

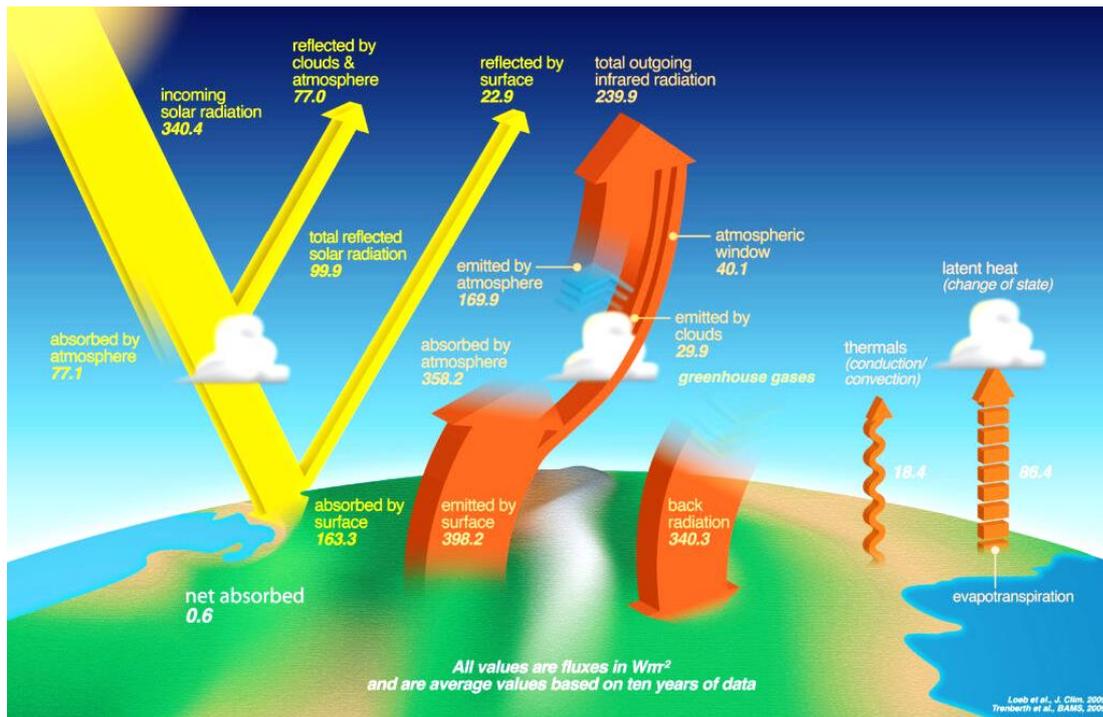
เมื่อบรรยากาศและพื้นผิวโลกดูดรังสีจากดวงอาทิตย์คลื่นสั้น บรรยากาศและผิวโลกจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และคายรังสี/คลื่นความร้อน ซึ่งอยู่ในรูปของคลื่นรังสีอินฟราเรด หรือรังสีคลื่นยาวที่มีความยาวคลื่นมากกว่า $4 \mu\text{m}$ กลับออกสู่อวกาศบางส่วนและผิวโลกบางส่วน การดูดกลืนรังสีและการคายรังสีนี้ เป็นการรักษาสมดุลพลังงาน สเปกตรัมของการแผ่รังสีความร้อนจากบรรยากาศและจากผิวโลก จึงขึ้นกับอุณหภูมิของบรรยากาศและผิวโลก สมดุลพลังงานคลื่นยาวกระบวนการต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1) ไอน้ำและก๊าซในบรรยากาศชั้นโทรโปสเฟียร์ แผ่รังสีคลื่นยาว จำนวน 98% รังสีที่มีความยาวคลื่นมากกว่า $4 \mu\text{m}$ ส่วนหนึ่ง คือ รังสีช่วงความยาวคลื่น 8-13 μm สามารถผ่านทะลุชั้นบรรยากาศออกสู่อวกาศโดยตรง

2.2) รังสีคลื่นยาวที่แผ่รังสีไปสู่อวกาศ มีจำนวน 7 % เนื่องจากบรรยากาศยอมให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วง 8-13 μm ส่องผ่านทะลุโดยไม่ดูดกลืนรังสี หรือเรียกว่าบรรยากาศโปร่งใสต่อคลื่นช่วงนี้ จึงไม่ดูดกลืนไว้ เรียกว่า Atmospheric Window

2.3) การพาความร้อนจากผิวโลกสู่บรรยากาศชั้นโทรโปสเฟียร์โดยการเคลื่อนที่ของบรรยากาศ จำนวน 22% การนำความร้อนจากผิวโลกสู่โทรโปสเฟียร์ จำนวน 5% เนื่องจากบรรยากาศชั้นโทรโปสเฟียร์ได้รับพลังงานคลื่นสั้น จำนวน 15% และพลังงานคลื่นยาว จำนวน 118% ส่วนชั้นสตราโตสเฟียร์ได้รับรังสีคลื่นสั้น จำนวน 2% รวมพลังงานที่บรรยากาศไว้ทั้งหมดจำนวน 135% บรรยากาศดูดกลืนพลังงานและมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น จึงแผ่รังสีคลื่นยาวออกสู่อวกาศจำนวน 57% และกลับสู่ผิวโลก จำนวน 78%

การแผ่รังสีคลื่นยาวที่ผิวโลกกลับขึ้นไปในชั้นบรรยากาศและอวกาศ และรังสีคลื่นยาวที่บรรยากาศแผ่กลับลงมายังผิวโลก ทำให้อุณหภูมิโลกสมดุล และให้ความอบอุ่นในเวลากลางคืนแม้ว่าจะไม่มีแสงอาทิตย์ แสดงดังภาพที่ 1.4 การรักษาสมดุลทางพลังงานจากรังสีของโลก



ภาพที่ 1.4 การรักษาสสมดุลทางพลังงานจากรังสีของโลก
ที่มา : <https://spaceth.co/radiative-forcing-and-earth/>

เมื่อพลังงานจากดวงอาทิตย์เข้ามาสู่บรรยากาศของโลก ทั้งเมฆและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ รวมทั้งพื้นผิวโลกจะสะท้อนรังสีที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าแสงที่มองเห็นบางส่วนกลับสู่อวกาศในทันทีร้อยละ 29 ส่วนพลังงานที่เหลือประมาณร้อยละ 71 จะถูกดูดกลืนโดยบรรยากาศ เมฆ และพื้นผิวโลก ก่อนที่พลังงานจะถูกปล่อยกลับสู่อวกาศอีกครั้งโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว พลังงานที่พื้นผิวโลกดูดกลืนไว้นั้นร้อยละ 71 จะถูกปลดปล่อยกลับออกมาในรูปรังสีอินฟราเรด ซึ่งเป็นพลังงานความร้อนที่มีช่วงคลื่นยาว พลังงานความร้อนส่วนหนึ่งประมาณร้อยละ 12 จะถูกปลดปล่อยออกสู่อวกาศโดยตรงจากการแผ่รังสี ส่วนพลังงานความร้อนส่วนที่เหลือจะถูกดูดกลืนไว้โดยแก๊สเรือนกระจกและเมฆในบรรยากาศ รวมทั้งอยู่ในกระบวนการพาความร้อนที่ทำให้อากาศเกิดการยกตัวขึ้น และกระบวนการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ทำให้เกิดเมฆส่วนบรรยากาศจะปลดปล่อยพลังงานความร้อนโดยการแผ่รังสีอินฟราเรดที่ดูดกลืนไว้ส่วนหนึ่งมายังพื้นผิวโลก จากนั้นพื้นผิวโลกจะดูดกลืนพลังงานดังกล่าวไว้ ในขณะที่เดียวกันพื้นผิวโลกยังคงได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่เข้ามาใหม่ทุกวัน ซึ่งพื้นผิวโลกจะปลดปล่อยพลังงานนี้โดยการแผ่รังสีเข้าสู่บรรยากาศและกลับสู่อวกาศด้วยกระบวนการเดิมดังที่กล่าวมาข้างต้น ท้ายที่สุดบรรยากาศจะปลดปล่อยพลังงานกลับสู่อวกาศประมาณร้อยละ 59

จากกระบวนการทั้งหมดข้างต้นแสดงให้เห็นว่า โลกไม่ได้ดูดกลืนพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาบรรยากาศไว้ทั้งหมด จึงทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศและพื้นผิวโลกในช่วงเวลากลางวันไม่สูงมากจนเกินไป และพลังงานความร้อนที่ถ่ายโอนระหว่างบรรยากาศและพื้นผิวโลกนี้เองที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศและพื้นผิวโลกในเวลากลางคืนไม่ลดต่ำจนเกินไป

ธรณีภาค

ธรณีภาคเป็นส่วนหนึ่งของของแข็งที่หุ้มห่ออยู่รอบนอกสุดของโลก ประกอบด้วยดิน แร่ และหิน ชนิดต่าง ๆ ธรณีภาคถือเป็นส่วนที่มีความสำคัญที่สุดทางด้านธรณีวิทยา ความหนาของชั้นธรณีภาค ประมาณ 45 กิโลเมตร ธรณีภาคบนพื้นผิวโลกมีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 515 ล้านตารางกิโลเมตร เป็นธรณีภาคในส่วนพื้นดินมีเนื้อที่ประมาณ 154 ล้านตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 30 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนที่เป็นมหาสมุทร มีเนื้อที่ประมาณ 361 ล้านตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 70 ของพื้นที่ทั้งหมด (สง่า ตั้งชวาล, 2555 : 4) ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับธรณีภาค เรียกว่า ธรณีวิทยา มีรายละเอียดดังนี้

1. ธรณีวิทยา

ธรณีวิทยาเป็นแขนงวิชาวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับโลก ธรณีภาคตรงกับคำว่า “Geology” ซึ่งมีรากศัพท์มาจากภาษากรีก คือ คำว่า “Geos” แปลว่า “โลก” และ “Logus” แปลว่า “การศึกษา” เมื่อนำคำศัพท์ทั้งสองมารวมกันจึงหมายถึงวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับโลก

ลัลนา ปริญญาปริวัฒน์ (2542 : 2) กล่าวถึงสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับธรณีวิทยา แบ่งออกเป็น 2 สาขา คือ ธรณีวิทยากายภาพ และธรณีวิทยาประวัติ ดังนี้

1) ธรณีวิทยากายภาพ (Physical Geology) เป็นธรณีวิทยาที่ศึกษาธรรมชาติ และคุณสมบัติของวัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นโลก และการกระจายตัวของวัสดุเหล่านี้ ตามแหล่งต่าง ๆ ของโลก กระบวนการที่ทำให้วัสดุเหล่านี้เกิดขึ้น ผันแปร เคลื่อนย้าย และผิทรูปไป ทั้งยังกล่าวถึงธรรมชาติและพัฒนาการของสภาพภูมิประเทศด้วย

2) ธรณีวิทยาประวัติ (Historical Geology) เป็นธรณีวิทยาที่กล่าวถึงหลักฐานของสิ่งมีชีวิตบนโลกตั้งแต่สมัย 2,000 ล้านปีมาแล้วจนถึงปัจจุบัน นอกจากนี้ยังกล่าวถึงหลักฐานการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโลกตลอดระยะเวลา 4,000 ล้านปี หรือนานกว่านี้ เช่น การล้าเข้ามาในแผ่นดินของทะเลและการถอยร่นออกไปจากแผ่นดินของทะเล การตกตะกอนและการสึกกร่อน การยกตัวสูงของหินจนกลายเป็นภูเขา และลำดับอายุของธรณีวิทยากายภาพ

สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย (2546 : 1) กล่าวว่า ธรณีวิทยาเป็นวิชาวิทยาศาสตร์ที่ว่าด้วยการศึกษาโลก แบ่งออกเป็น 2 แขนง คือ ธรณีวิทยากายภาพ และธรณีวิทยาประวัติ โดยธรณีวิทยากายภาพ เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับวัสดุบนโลก คือ แร่และหิน ตลอดจนกระบวนการภายในโลกและที่ผิวโลก ส่วนธรณีวิทยาประวัติ เป็นวิชาที่ศึกษากำเนิดและวิวัฒนาการของโลก ทวีป มหาสมุทร บรรยากาศ และสิ่งมีชีวิต

กิจการ พรหมมา (2555 : 1) ให้ความหมายธรณีวิทยา คือ วิทยาศาสตร์กายภาพแขนงหนึ่ง ที่ศึกษาเกี่ยวกับส่วนประกอบของโลก โครงสร้างของโลก กระบวนการธรรมชาติที่เกิดขึ้นด้านบนและภายในโลก และวิวัฒนาการของโลก ผู้ที่ประกอบอาชีพนี้ เรียกว่า นักธรณีวิทยา (Geologist) ถึงแม้ว่าธรณีวิทยาเป็นวิทยาศาสตร์กายภาพที่ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต แต่ธรณีวิทยามีแขนงวิชาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตในอดีต เช่น ไดโนเสาร์ เป็นต้น

สง่า ตั้งชวาล (2555 : 1) กล่าวว่า วิชาธรณีวิทยา เป็นวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์แขนงหนึ่ง ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับโลก ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโลก โดยมีเนื้อหาสาระเกี่ยวกับธรรมชาติ สมบัติของดิน แร่ และหินเป็นสำคัญ นอกจากนี้ ยังศึกษาถึงโครงสร้างต่าง ๆ ของโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงของ

โลกที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ประวัติความเป็นมาของโลก และที่สำคัญคือ การนำเอาสิ่งต่าง ๆ ที่มีอยู่ในโลกตามธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์

จากข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ธรณีวิทยา คือ วิทยาศาสตร์ประยุกต์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับโลก ส่วนประกอบของโลก โครงสร้างโลก กระบวนการธรรมชาติต่าง ๆ สมบัติของดิน แร่ และหินที่สำคัญ ธรณีวิทยาแบ่งออกเป็น 2 สาขา ได้แก่

1) ธรณีวิทยากายภาพ เป็นธรณีวิทยาที่ศึกษาดิน หิน และแร่ที่เป็นส่วนประกอบของโลก การเคลื่อนไหวและลักษณะของผิวโลก รวมถึงตัวการหรือกระบวนการซึ่งทำให้เกิดขึ้น

2) ธรณีวิทยาประวัติ เป็นธรณีวิทยาที่ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงไปของแผ่นดิน มหาสมุทร และศึกษาถึงเรื่องราวของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นในยุคต่าง ๆ

2. ประโยชน์ของการศึกษาธรณีวิทยา

การศึกษาธรณีวิทยามีความสำคัญและมีประโยชน์อย่างมากในงานวิศวกรรม สามารถสรุปได้ดังนี้ (ลัธนา ปริญาปวิวัฒน์, 2542 : 2 และสง่า ตั้งชวาล, 2555 : 1)

1) ทำให้เข้าใจถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลก ซึ่งเป็นการกระทำของน้ำบนผิวดิน (Surface water) เป็นส่วนใหญ่ ก่อให้เกิดการผุพัง การกร่อน การพัดพา และการทับถม เพื่อนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์ในการทำการป้องกันทางน้ำ งานชายฝั่งทะเล งานท่าเรือ และงานอนุรักษ์ดิน

2) ทำให้เข้าใจถึงการเกิด การแผ่กระจาย และการเคลื่อนไหวของน้ำใต้ดิน (Ground water) ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญของงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม การระบายน้ำทางดิน การประปา การชลประทาน การขุดเจาะ การป้องกันดินและหินถล่ม

3) ทำให้เข้าใจถึงแหล่งกำเนิด ชนิด และลักษณะของวัสดุ ซึ่งประกอบด้วยดิน และหิน เพื่อการหาแหล่งวัสดุที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้าง หรือการสำรวจหาแหล่งแร่

4) ทำให้เข้าใจถึงปัญหาเกี่ยวกับฐานราก ในบริเวณที่จะสร้างสิ่งก่อสร้าง เช่น ดึก เขื่อน ถนน หิน เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในงานวิศวกรรมโยธา เพื่อจะได้ออกแบบสิ่งก่อสร้างให้มีความแข็งแรงทนทานปลอดภัย ตลอดจนเพิ่มอายุการใช้งานของสิ่งก่อสร้างนั้น ๆ

5) ทำให้เข้าใจปัญหาเกี่ยวกับการขุดเจาะ ไม่ว่าจะกระทำอยู่บนผิวดินหรือใต้ดิน การทราบลักษณะโครงสร้างของโลกในบริเวณที่ทำการขุดเจาะจะช่วยให้การวางแผนมีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยมากขึ้น

6) ทำให้เข้าใจรายงานทางธรณีวิทยา การแปลความหมายภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่ภูมิประเทศ และแผนที่ทางธรณีวิทยา

7) ทำให้สามารถตัดสินใจในการวางแผนการเฝ้าสังเกตการณ์สิ่งก่อสร้าง ประมวลความรู้ทางงานสำรวจ งานธรณีวิทยา จะช่วยให้การออกแบบตลอดจนการก่อสร้างสำเร็จอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ

นอกจากจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างความเข้าใจ ความเป็นมา พัฒนาการของโลก และการนำข้อมูลไปสู่การเสาะแสวงหาทรัพยากรธรณี เช่น แหล่งแร่ วัสดุก่อสร้าง น้ำบาดาล ปิโตรเลียม เป็นต้น ยังมีบทบาทสำคัญที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ สามารถสรุปได้ดังนี้ (สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย, 2546 : 19 - 36)

1) การใช้ประโยชน์ธรณีวิทยาด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน

1.1) การสร้างถนน เริ่มจากการวางแผนเส้นทาง เพื่อหลีกเลี่ยงการลื่นไถลและการถล่มของชั้นหิน การคำนวณเสถียรภาพของความลาดชัน และการกำหนดแหล่งวัสดุก่อสร้างถนน

1.2) การสร้างสนามบิน กรณีศึกษาสนามบินสุวรรณภูมิ เป็นตัวอย่างที่ชี้ให้เห็นความสำคัญของข้อมูลธรณีวิทยา กล่าวคือ บริเวณพื้นที่โครงการหนองงูเห่าเกิดการทรุดตัวของชั้นดินเหนียวอ่อน สาเหตุเนื่องมาจากการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ปริมาณมาก หากไม่ปรับปรุงดินจะเกิดการทรุดตัวภายหลัง การก่อสร้างเกิดความเสียหายแต่กร้าวได้

1.3) การสร้างเขื่อน ข้อมูลธรณีวิทยาต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในงานก่อสร้างเขื่อนได้มาจากการสำรวจทั้งทางผิวดินและใต้ผิวดิน การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ โดยเฉพาะที่จะใช้งานฐานรากมีความสำคัญมาก ซึ่งใช้เป็นข้อมูลประกอบ และเป็นข้อมูลหลักเบื้องต้นประกอบการพิจารณาการวางแผนและพัฒนาขั้นต่อไป

2) การใช้ประโยชน์ข้อมูลธรณีวิทยาด้านการบรรเทาธรณีพิบัติภัย ข้อมูลธรณีวิทยาสามารถช่วยเป็นสื่อด้านการให้ความรู้ความเข้าใจได้เป็นอย่างดี สำหรับการชี้แนะแนวทางเพื่อการแก้ไขป้องกัน ลดและบรรเทาความรุนแรงของพิบัติภัย โดยเฉพาะที่เป็นผลพวงจากกระบวนการทางธรณีวิทยา หรือธรณีพิบัติภัย เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว การกัดเซาะพังทลายของดิน แผ่นดินทรุด หรือแผ่นดินยุบ เป็นต้น

2.1) น้ำท่วม (Flooding) โดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลข่าวสารสนเทศ ภูมิศาสตร์แบบบูรณาการ เพื่อป้องกันควบคุมดูแลพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม การบริหารจัดการลุ่มน้ำ ทั้งด้านการวางแผนการใช้ที่ดิน การป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจากน้ำท่วม

2.2) แผ่นดินไหว ใช้ข้อมูลจากงานสำรวจธรณีวิทยาเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับเตือนภัย โดยเริ่มจากการสำรวจรอยเลื่อน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหว

2.3) พื้นที่ก้ำกัจัดขยะ ใช้ข้อมูลธรณีวิทยาในการเลือกสรรพื้นที่เพื่อกำจัดขยะ ซึ่งพื้นที่ก้ำกัจัดขยะมีข้อจำกัดหลายด้าน และมักมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะการก้ำกัจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบ อาจก่อให้เกิดปัญหาปนเปื้อนชั้นน้ำบาดาล หรือแหล่งน้ำผิวดินที่ประชาชนในบริเวณใกล้เคียงใช้อุปโภคและบริโภคได้

2.4) การใช้ประโยชน์จากที่ดิน นักธรณีวิทยามีการวางแผนการใช้ประโยชน์จากที่ดิน โดยการจัดเตรียมข้อมูล และนำความรู้เกี่ยวกับธรณีวิทยาของที่ดินที่จะนำมาพัฒนา ซึ่งข้อมูลดังกล่าวครอบคลุมถึงทรัพยากรธรณี ธรณีพิบัติภัย วิศวกรรมธรณี และมลพิษที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3) การใช้ประโยชน์ข้อมูลธรณีวิทยาเพื่อการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติ ประเทศไทยมีแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติที่สวยงามหลายแห่ง ส่วนมากเกิดจากการกระทำโดยกระบวนการทางธรณีวิทยา ได้แก่ การผุพัง (Weathering) และการกร่อน (Erosion) เกิดเป็นลักษณะภูมิประเทศรูปร่างต่าง ๆ หรือภูมิลักษณะอันสวยงาม

4) การใช้ประโยชน์ข้อมูลธรณีวิทยาเพื่อแก้ไขความเชื่อที่ผิด ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยใช้ความรู้ทางธรณีวิทยา เช่น หินลอยน้ำ ทรายดำ ผลไม้หิน เป็นต้น

อุทกภาค

อุทกภาค คือ ส่วนที่เป็นน้ำทั้งหมดบนผิวโลก ครอบคลุมพื้นที่ 3 ใน 4 ส่วนของผิวโลก ได้แก่ ลำธาร ทะเลสาบ ทะเล มหาสมุทร เป็นต้น นอกจากนี้ จะอยู่ในลักษณะของน้ำใต้ดินที่แทรกอยู่ตาม ช่องว่างในรูพรุนและแนวแตกของหิน

1. ปริมาณน้ำในอุทกภาค

อุทกภาค หมายถึง ส่วนที่ห่อหุ้มเปลือกโลกที่เป็นน้ำทั้งหมด ได้แก่ น้ำทุกประเภท ปริมาณของน้ำในอุทกภาคแสดงดังตารางที่ 1.1 ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

ตารางที่ 1.1 ปริมาณน้ำในอุทกภาค

แหล่งสะสม	ค่าร้อยละ ของน้ำทั้งหมด	ค่าร้อยละ ของน้ำจืด	ค่าร้อยละของน้ำจืด ที่ไม่เป็นน้ำแข็ง
มหาสมุทร	97.54	-	-
น้ำแข็ง	1.81	73.9	-
น้ำใต้ดิน	0.63	25.7	98.4
ทะเลสาบ ลำธาร และแม่น้ำ แบ่งเป็น			
- น้ำเค็ม	0.007	-	-
- น้ำจืด	0.009	0.36	1.4
บรรยากาศ	0.001	0.04	0.2
รวมทั้งสิ้น	99.997	100.00	100.00

ที่มา : Braganza, 2007: 182 อ้างถึงใน ทินพันธุ์ เนตรแพ, 2558 : 3

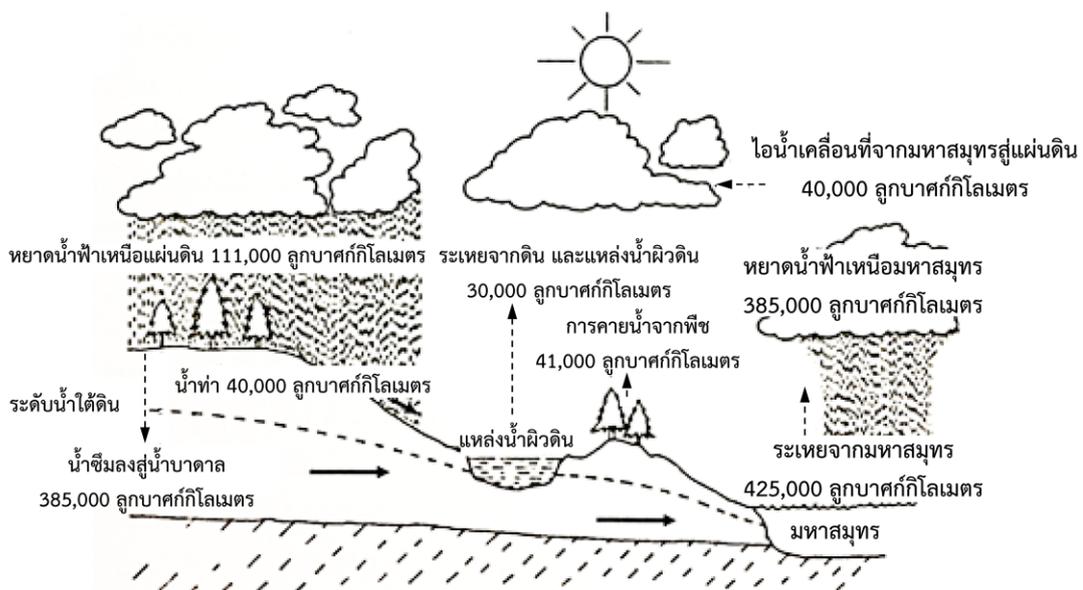
โดยปริมาณน้ำที่หมุนเวียนอยู่ในโลกทั้งหมดคาดว่า มีปริมาณ 1,385,984,640 ลูกบาศก์กิโลเมตร คิดเป็นน้ำทะเลประมาณร้อยละ 97.54 ที่เหลืออีกร้อยละ 2.46 แยกเป็นน้ำที่อยู่ในธารน้ำแข็งและน้ำแข็งขั้วโลกร้อยละ 1.81 และเป็นน้ำใต้ดินร้อยละ 0.63 ส่วนที่เหลือร้อยละ 0.016 หรือประมาณ 22,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร ซึ่งได้แก่ น้ำที่พบในแม่น้ำ ลำธาร บึง และทะเลสาบ (ทินพันธุ์ เนตรแพ, 2558 : 2 – 3) ดังนั้น น้ำจืดที่หมุนเวียนใช้ในระบอบนิเวศทั่วไป จึงมีปริมาณน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในโลก และส่วนสุดท้าย คือ น้ำในบรรยากาศ มีประมาณร้อยละ 0.001 (เสนห์ โรจนดิษฐ์, 2539 : 3)

ปริมาณน้ำจืดมีทั้งอยู่ในรูปน้ำแข็ง น้ำใต้ดิน และน้ำผิวดิน ที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ต่าง ๆ ของโลกนั้น มีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิอากาศ และภูมิประเทศ จะเห็นได้ว่า แหล่งน้ำจืดแม้มีปริมาณน้อย แต่มีความสำคัญยิ่งต่อมนุษย์ ทั้งเป็นแหล่งอุปโภค บริโภค แหล่งทำการเกษตร และอุตสาหกรรม หรืออาจกล่าวได้ว่า น้ำจืดเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินชีวิตของมนุษย์ แต่ถ้ามีการเกิดอุทกภัย หรือเกิดความแห้งแล้ง จะส่งผลในด้านลบต่อมนุษย์ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ กิจกรรมของมนุษย์ในปัจจุบันก่อให้เกิดขยะและน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำจำนวนมาก ส่งผลทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืด

ลดลง แหล่งน้ำเน่าเสียจนมนุษย์ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ในอนาคตคาดการณ์ว่า ความต้องการน้ำจืดของมนุษย์จะมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดวิกฤตการณ์ขาดแคลนน้ำจืดในโลกได้

2. การศึกษาเกี่ยวกับอุทกภาค

น้ำที่หมุนเวียนอยู่ตามแหล่งต่าง ๆ บนโลกมีการหมุนเวียนกันตามธรรมชาติ เรียกว่า “วัฏจักรของน้ำ (Water cycle)” โดยความร้อนจากแสงอาทิตย์ ทำให้น้ำในมหาสมุทร แม่น้ำ ทะเลสาบ ดิน ระเหยกลายเป็นไอสู่อากาศ (Evaporation) ซึ่งน้ำส่วนใหญ่ที่ระเหยกลายเป็นไอมมาจากมหาสมุทร นอกจากนี้ ไอน้ำยังเกิดจากการคายน้ำของพืช (Transpiration) เมื่อมวลอากาศพัดพาไอน้ำจากมหาสมุทรเข้าสู่ทวีป ไอน้ำในบรรยากาศจะเย็นตัวลง แล้วเปลี่ยนสภาพจากไอน้ำกลายเป็นของเหลวหรือของแข็ง (Condensation) จากนั้น เกิดการกลั่นตัวตกลงมาเป็นหยาดน้ำฟ้า (Precipitation) ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ฝน หิมะ ลูกเห็บ เป็นต้น ฝนที่ตกลงไปในมหาสมุทรจะระเหยกลับไปสู่อากาศอีก ส่วนฝนที่ตกลงบนพื้นดินจะไหลไปตามผิวดินทำให้เกิดแม่น้ำ ลำธาร ทะเลสาบ หนอง คลอง และบึง น้ำบางส่วนจะไหลซึมลงไปได้ดิน แทรกอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โคลน ทราย กรวด หิน ทำให้เกิดน้ำใต้ดิน น้ำบาดาล หากบริเวณใดมีความเย็นจัดไอน้ำจะเปลี่ยนสภาพเป็นเกล็ดน้ำแข็ง ตกลงมาในรูปแบบหิมะ เป็นธารน้ำแข็ง น้ำบางส่วนพืชและสัตว์จะเก็บไว้ใช้เพื่อประโยชน์ในการดำรงชีวิตและภายหลังจะคายออกสู่อากาศและน้ำที่ตกลงมายังผิวดินหรือใต้ดินส่วนใหญ่ก็จะไหลออกไปยังทะเลและมหาสมุทรอีก ซึ่งการหมุนเวียนดังกล่าวนี้จะดำเนินไปเรื่อย ๆ ไม่มีที่สิ้นสุด กล่าวได้ว่า แหล่งน้ำในวัฏจักรของน้ำมี 6 แห่ง คือ บรรยากาศ ทะเล มหาสมุทร แหล่งน้ำจืดต่าง ๆ บนผิวพื้นดิน แหล่งน้ำใต้ผิวพื้นดิน ธารน้ำแข็ง และพืชสัตว์ (ทินพันธุ์ เนตรแพ, 2558 : 5 - 6 และวันพนีย์ ศรีรัฐ, 2543 : 202 - 203)



ภาพที่ 1.5 วัฏจักรของน้ำ
ที่มา : ทินพันธุ์ เนตรแพ, 2558 : 6

ความสำคัญของอุทกภาคในระบบสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ช่วยในการดำรงชีพของชีวภาค กำหนดชีวิต ปริมาณ สัดส่วน ลักษณะการกระจายตัวรูปแบบการดำเนินชีวิตของประชากรสิ่งมีชีวิต กำหนดลักษณะภูมิอากาศ ภูมิประเทศ เป็นแหล่งอาหาร แร่ธาตุของสิ่งมีชีวิต เป็นแหล่งพลังงาน คมนาคมขนส่ง และนันทนาการ เป็นตัวควบคุมและทำให้เกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ ในระบบสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะวัฏจักรของน้ำ การหมุนเวียนของน้ำในแหล่งขนาดใหญ่ เช่น ทะเล มหาสมุทร มีความสัมพันธ์กับบรรยากาศส่งผลต่อสภาพลมฟ้าอากาศ

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2554 ให้ความหมายอุทกวิทยาว่า อุทกวิทยา หมายถึง วิชาว่าด้วยน้ำที่มีอยู่ในโลก เช่น ศึกษาถึงสาเหตุการเกิด การหมุนเวียน ตลอดจนคุณลักษณะของน้ำ รวมทั้งการนำน้ำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ ซึ่งสอดคล้องกับวีระพล แต่สมบัติ (2531 : 1) กล่าวว่า อุทกวิทยาเป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่องานด้านการพัฒนาทรัพยากรน้ำ ทั้งนี้เนื่องจาก อุทกวิทยาเกี่ยวข้องกับการเกิด การเคลื่อนที่หมุนเวียน และการแผ่กระจายของน้ำบนแผ่นดิน โครงการพัฒนาแหล่งน้ำใดที่ขาดการวิเคราะห์ทางด้านอุทกวิทยาอย่างถูกต้อง อาจทำให้การพัฒนาแหล่งน้ำเกิดความผิดพลาด ไม่บรรลุตามวัตถุประสงค์ หรือไม่ได้ผลตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

การศึกษาอุทกภาคมีอีกหลายสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เช่น อุทกภูมิศาสตร์ สมุทรศาสตร์ ชลธีวิทยา เป็นต้น

2.1 อุทกภูมิศาสตร์

“อุทกภูมิศาสตร์” ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “Hydrogeography” ซึ่งคำว่า “อุทก” นั้นตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “Hydro” หมายถึง “น้ำทุกชนิด” สำหรับคำว่า “ภูมิ” หมายถึง “แผ่นดินหรือพื้นโลก” คำว่า “ศาสตร์” นั้น หมายถึง “วิชาสาขาต่าง ๆ” เมื่อรวมคำว่า “ภูมิ” และคำว่า “ศาสตร์” เข้าด้วยกันจะเป็น “ภูมิศาสตร์” ซึ่งตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “Geography” อันหมายถึง วิชาซึ่งศึกษาเกี่ยวกับกิจกรรมบนพื้นโลก เสน่ห์ โรจนดิษฐ์ (2539 : 2 - 3) ให้ความหมายของอุทกภูมิศาสตร์ว่า วิชาการซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการหมุนเวียนของน้ำทุกชนิดบนพื้นโลก ได้แก่ ความชื้นในบรรยากาศ (Atmospheric moisture) หยาดน้ำฟ้า น้ำไหลบ่า (Runoff) ความชื้นในดิน (Soil moisture) น้ำใต้ดิน แม่น้ำ ลำธาร ทะเลสาบ น้ำในมหาสมุทร และธารน้ำแข็ง (Glacier) น้ำเหล่านี้มีความสำคัญอย่างมากในทางภูมิศาสตร์ของโลก เนื่องจากเป็นตัวกำหนดลักษณะทางธรณี สัณฐานของโลก ตลอดจนสภาพภูมิอากาศอีกด้วย

2.2 สมุทรศาสตร์

“สมุทรศาสตร์” ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “Oceanography” เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่ง ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับส่วนของโลกที่ปกคลุมด้วยทะเล เพื่อให้มนุษย์มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมหาสมุทร เช่น คุณสมบัติและลักษณะของน้ำในมหาสมุทร ปฏิกริยาระหว่างมวลของน้ำ บริเวณผิวน้ำกับอากาศ ลักษณะของสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่มีชีวิตทั้งหลายต่อน้ำ รูปร่างและลักษณะของพื้นมหาสมุทร เป็นต้น

สมรวดี พักผลงาม และคณะ (2541 : 425) กล่าวว่า การศึกษาเกี่ยวกับสมุทรศาสตร์ จำต้องอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานทั้งทางฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยในการพิจารณา ศึกษาและค้นคว้าสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและสถานที่ หรือการทำนาย การเปลี่ยนแปลงซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

2.3 ชลชีววิทยา

“ชลชีววิทยา” ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า “Limnology” มาจากภาษากรีก ซึ่งเป็น การผสมกันระหว่างคำว่า “Limne” แปลว่า “แหล่งน้ำเล็ก ๆ หรือทะเลสาบ” และ “Logy” ที่แปลว่า “วิชา” รวมความหมายได้ว่า “เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับแหล่งน้ำหรือทะเลสาบ” ทินพินท์ เนตรแพ (2558 : 1 - 2) อธิบายว่า ชลชีววิทยา หรือชีววิทยาทางน้ำ (Hydrobiology) เป็นวิชาที่ศึกษาถึง ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ ซึ่งแหล่งน้ำในที่นี้หมายรวมถึงน้ำจืด (Freshwater) น้ำกร่อย (Brackish water) และน้ำเค็ม (Sea water) โดยชลชีววิทยาเน้นการศึกษาในแหล่งน้ำจืดที่เป็นแหล่งน้ำผิวดินที่ไม่ใช่ทะเล (Inland waters) ทั้งแหล่งน้ำไหล (Lotic water หรือ Running water) เช่น ห้วย ลำธาร แม่น้ำ เป็นต้น และแหล่งน้ำนิ่ง (Lentic water หรือ Standing water) เช่น หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบน้ำจืด ทะเลสาบน้ำเค็ม พื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นต้น

อากาศภาค

ชั้นบรรยากาศเป็นชั้นอากาศที่ปกคลุมโลก ส่วนใหญ่ประกอบด้วยก๊าซออกซิเจน ก๊าซไนโตรเจน นอกจากนั้น มีไอน้ำและก๊าซเฉื่อย ก๊าซในชั้นบรรยากาศจะอัดตัวแน่นในระดับต่ำ และจะเบาบางขึ้นเมื่ออยู่ในระดับที่สูงขึ้น ชั้นบรรยากาศนี้เป็นตัวกลางที่ก่อให้เกิดการแผ่รังสีหรือการร่อน ทำให้เกิดเป็นฝน หรือหิมะ ทางน้ำไหล ก่อให้เกิดการทำลาย กัดเซาะ และนำพาตะกอนไป นอกจากนี้ ลมยังเป็น ตัวกลางในการพัดพาตะกอนที่หลุดจากแร่และหินได้อีกทางหนึ่งด้วย อากาศภาคมีความสำคัญใน ระบบสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปกป้องชีวภาคของโลกให้ปลอดภัยจากสิ่งที่มาจากนอกโลก ได้แก่ รังสี อันตรายต่าง ๆ อุกกาบาต ควบคุมรักษาระดับอุณหภูมิของโลกให้มีความคงที่ ช่วยในการดำรงชีพของ สิ่งมีชีวิตในชีวภาค เป็นแหล่งเกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ ที่ควบคุมระบบสิ่งแวดล้อมของโลก กำหนดลักษณะกิจกรรมการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตและมนุษย์ ซึ่งสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา อากาศภาค คือ อุตุนิยมวิทยา

1. อุตุนิยมวิทยา

อุตุนิยมวิทยา ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “Meteorology” มาจากคำว่า “อุตุน” แปลว่า “ฤดู” คำว่า “นิยาม” แปลว่า “กำหนด” และ “วิทยา” แปลว่า “ความรู้” ดังนั้น อุตุนิยมวิทยาเป็น วิทยาศาสตร์ของบรรยากาศ และปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ ที่เรียกว่า “ลมฟ้าอากาศ (Weather)” เช่น ฝน ลม พายุ เป็นต้น ซึ่งมีความแปรปรวนเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อุตุนิยมวิทยาจึงเป็นศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันในหลาย ๆ ด้าน เช่น การเกษตร การคมนาคม การประมง การขนส่ง สภาพแวดล้อมอื่น ๆ เป็นต้น (สมพงษ์ มະนะสุทธิ, 2535 : 1 - 3)

คำที่น่าสนใจเกี่ยวกับอากาศ คือ ลมฟ้าอากาศ และภูมิอากาศ (Climate) ซึ่งทั้ง 2 คำนี้ มีความหมายต่างกัน สรุปได้ดังนี้ (ปานทิพย์ อัฒนาวิช, 2532 : 8 - 9)

1) ลมฟ้าอากาศ หมายถึง สภาพของบรรยากาศที่เป็นอยู่ และเปลี่ยนแปลงในระยะเวลานั้น ๆ สภาพของบรรยากาศโดยทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ฝน เมฆ หมอก ลม และทัศนวิสัย ลมฟ้าอากาศ เป็นสภาพของอากาศในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามวัน เวลา และสถานที่ การศึกษา การเปลี่ยนแปลงของอากาศ เรียกว่า อุตุนิยมวิทยา หรืออาจกล่าวได้ว่า ลมฟ้าอากาศ หมายถึง

สภาวะของบรรยากาศ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งอธิบายด้วยตัวแปรหรือข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาต่าง ๆ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2549 : 555)

2) ภูมิอากาศ หมายถึง สภาพของอากาศที่เกิดขึ้นเป็นประจำติดต่อกันเป็นเวลานานจนกระทั่งเป็นลักษณะอากาศของเขตนั้น ๆ ภูมิอากาศจึงเป็นค่าปานกลางของลักษณะลมฟ้าอากาศในระยะเวลาอันยาวนานโดยการเฉลี่ยค่าขององค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ฝน เมฆ หมอก ลม และทัศนวิสัย เป็นค่าเฉลี่ยประจำวัน ค่าเฉลี่ยประจำเดือน และค่าเฉลี่ยประจำปี ภูมิอากาศย่อมแตกต่างกันตามที่ต่าง ๆ เช่น ภูมิอากาศของประเทศไทย ภูมิอากาศของภาคกลาง เป็นต้น ภูมิอากาศวิทยา (Climatology) เป็นการศึกษาความหลากหลายของภูมิอากาศที่พบบนพื้นโลก และการกระจายตัวของภูมิอากาศเหล่านั้น หรืออาจกล่าวว่า ภูมิอากาศ หรือ อากาศประจำถิ่น หมายถึง ลักษณะอากาศเฉลี่ยของภูมิอากาศแห่งใดแห่งหนึ่งในช่วงระยะเวลาหนึ่ง อาจเป็นเดือน เป็นปี หรือเป็นศตวรรษก็ได้ ภูมิอากาศต้องอาศัยผลจากการตรวจอากาศประจำวัน เนื่องจากการตรวจอากาศในห้องปฏิบัติการในช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้ว ย่อมมีการรวบรวมข้อมูลของลมฟ้าอากาศต่าง ๆ เข้าเป็นหมวดหมู่ เพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าปกติขององค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาแต่ละชนิด แล้วนำไปวิเคราะห์เพื่อจัดทำเป็นข้อมูลภูมิอากาศของท้องถิ่นนั้น ๆ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2549 : 118)

ดังนั้น ลมฟ้าอากาศมีความหมายที่แตกต่างกับภูมิอากาศ นั่นคือ ลมฟ้าอากาศเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นในเวลาใดเวลาหนึ่งเปลี่ยนแปลงในระยะสั้น ๆ แต่ภูมิอากาศนั้นเป็นผลเฉลี่ยของลักษณะอากาศในระยะเวลาอันยาวนาน ๆ ลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศเป็นสิ่งที่นักภูมิศาสตร์กายภาพให้ความสนใจมาก ทั้งนี้เนื่องจากลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมอื่น ๆ บนพื้นโลก การเปลี่ยนแปลงของอากาศในด้านอุณหภูมิ ความกดอากาศ และอื่น ๆ จะมีผลต่อดิน พืชพรรณ ธรรมชาติ ราชบัณฑิตยสถาน (2549 : 555) กล่าวถึงองค์ประกอบอุตุนิยมวิทยา หรือ องค์ประกอบลมฟ้าอากาศ (Meteorological element หรือ Weather element) หมายถึง สมบัติหรือสภาวะของอากาศ เช่น ความกดอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ทิศทางและความเร็วลม แสงแดด ฝน ปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

2. สาขาวิชาอุตุนิยมวิทยา

อุตุนิยมวิทยาเป็นวิชาที่มีทั้งส่วนที่เป็นความรู้ ภูมิทัศน์ หลักการ ทฤษฎีเกี่ยวกับลมฟ้าอากาศ และส่วนที่นำความรู้ไปใช้ในงานอื่น หรือในวิชาอื่น ๆ ในการแบ่งสาขาวิชาของอุตุนิยมวิทยา โดยใช้ความรู้และการนำไปใช้เป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งเป็น 2 สาขา คือ อุตุนิยมวิทยาบริสุทธิ์ และอุตุนิยมวิทยาประยุกต์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (สมพงษ์ มະนะสุทธิ, 2535 : 1 - 3)

2.1 อุตุนิยมวิทยาบริสุทธิ์

อุตุนิยมวิทยาบริสุทธิ์เป็นความรู้ด้านหลักการ ภูมิ และทฤษฎี อุตุนิยมวิทยาบริสุทธิ์แบ่งออกเป็น 3 สาขา คือ อุตุนิยมวิทยากายภาพ อุตุนิยมวิทยาพลวัต และอุตุนิยมวิทยาแผนที่อากาศ ดังนี้

2.1.1 อุตุนิยมวิทยากายภาพ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติทั่วไปของบรรยากาศ เช่น สมบัติของก๊าซชนิดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของบรรยากาศ เป็นต้น

2.1.2 อุตุนิยมวิทยาพลวัต เป็นการศึกษาการเคลื่อนไหวของบรรยากาศ เช่น การเคลื่อนที่ การเปลี่ยนทิศทาง เป็นต้น

2.1.3 อุดุนิยมวิทยาแผนที่อากาศ เป็นการศึกษาถึงการเขียนแผนที่อากาศ วิเคราะห์แผนที่อากาศเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการพยากรณ์อากาศ

2.2 อุดุนิยมวิทยาประยุกต์

อุดุนิยมวิทยาประยุกต์ เป็นการนำเอาความรู้ทางด้านอุดุนิยมวิทยาบริสุทธิ์มาใช้ ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อุดุนิยมวิทยาประยุกต์แบ่งเป็นสาขาย่อย 6 สาขา คือ อุดุนิยมวิทยาทาง อากาศ อุดุนิยมวิทยาทางทะเล อุดุนิยมวิทยาการชลประทาน อุดุนิยมวิทยาการเกษตร อุดุนิยมวิทยา ทางการแพทย์ และอุดุนิยมวิทยาทางวิศวกรรม ดังนี้

2.2.1 อุดุนิยมวิทยาทางอากาศ เป็นการศึกษาลมฟ้าอากาศแล้วนำความรู้ไปใช้ ประโยชน์ด้านการบิน การส่งยานอวกาศ และการส่งดาวเทียม

2.2.2 อุดุนิยมวิทยาทางทะเล เป็นการศึกษาลมฟ้าอากาศ แล้วนำความรู้ไปใช้ ประโยชน์ด้านการเดินเรือ และการประมงทางทะเล เพื่อให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับพายุ ลมแรง คลื่นแรง ช่วงเวลาที่ควรออกทะเล และช่วงเวลาที่ไม่ควรออกทะเล

2.2.3 อุดุนิยมวิทยาการชลประทาน เป็นการศึกษาลมฟ้าอากาศแล้วนำความรู้ไป ใช้ด้านการชลประทาน เช่น การสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ การสร้างฝายทดน้ำ เป็นต้น

2.2.4 อุดุนิยมวิทยาการเกษตร เป็นการศึกษาลมฟ้าอากาศแล้วนำความรู้ไปใช้ ประโยชน์ด้านการเกษตร เช่น การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวพืชผลให้เหมาะกับฤดูกาล เป็นต้น

2.2.5 อุดุนิยมวิทยาทางการแพทย์ เป็นการศึกษาลมฟ้าอากาศเพื่อใช้ประโยชน์ ทางด้านการแพทย์ เช่น สภาพอากาศร้อนชื้นจะทำให้เกิดโรคชนิดใด เพื่อหาแนวทางป้องกันโรคนั้น ๆ ได้ ตลอดจนการดูแลเก็บรักษา เครื่องมือแพทย์ให้สอดคล้องกับสภาพอากาศ และสะดวกในการใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น

2.2.6 อุดุนิยมวิทยาทางวิศวกรรม เป็นการศึกษาลมฟ้าอากาศแล้วนำความรู้ไปใช้ ด้านวิศวกรรม เช่น การออกแบบตึก อาคาร ถนน การเครื่องมือเครื่องใช้ให้เหมาะสมกับสภาวะ อากาศของแต่ละท้องถิ่น เป็นต้น

ชีวภาค

ชีวภาคเป็นบริเวณที่มีสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นทั้งที่ตายไปแล้วและยังมีชีวิตอยู่ สิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว จะเน่าเปื่อยผุพังไปจนกลายเป็นซากดึกดำบรรพ์ (Fossils) ทำให้เกิดแหล่งถ่านหิน และแหล่งน้ำมัน โดยพบการสะสมตัวเป็นแอ่งในชั้นหิน ชิวภาค หรือชีวลัย มีองค์ประกอบที่สำคัญ 5 องค์ประกอบ คือ ธรณีภาค อุทกภาค บรรยากาศภาค สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ และพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ชิวภาคมีความสำคัญ คือ เป็นแหล่งของชุมชนสิ่งมีชีวิต หรือระบบนิเวศในโลก เป็นแหล่งให้ปัจจัยในการดำรงชีพของมนุษย์ และเป็นปัจจัยกำหนดความผันแปรของระบบสิ่งแวดล้อมร่วมกับปัจจัยกายภาพอื่น ๆ

ขอบเขตของชีวลัยนั้น มีความสูงขึ้นไปในบรรยากาศจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประมาณ 9,000 เมตร และต่ำจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประมาณ 11,000 เมตร ซึ่งเป็นความสูงที่เทียบจาก ความสูงของยอดเขาเอเวอเรสต์ ซึ่งเป็นภูเขาที่สูงที่สุดในโลก และเป็นความต่ำที่ได้มาจากจุดที่ลึกที่สุด ของมหาสมุทรแปซิฟิก (นงพงา สุขวนิช, 2536 : 67) องค์ประกอบในชีวภาคบริเวณนั้น ประกอบด้วย สิ่งมีชีวิต และสิ่งไม่มีชีวิต ซึ่งต่างมีความสัมพันธ์ร่วมกัน และส่งผลให้สิ่งมีชีวิตแต่ละชีวิตเกิด เจริญเติบโต

และวิวัฒนาการไปสู่การเป็นสังคม ชุมชน ที่ยิ่งเพิ่มมากขึ้นเท่าใด ก็ยิ่งเพิ่มระบบความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น ระบบนี้เรียกว่า “ระบบนิเวศ (Ecosystem)”

1. ระบบนิเวศ

นิเวศวิทยาเป็นวิชาแขนงหนึ่งในทางชีววิทยา ซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมและระหว่างสิ่งมีชีวิตด้วยกันเอง นิเวศวิทยาตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “Ecology” ซึ่งมาจากคำว่า “Eco (Oikos)” หมายถึง “บ้าน” และคำ “Logy” หมายถึง “การศึกษา” จึงอาจกล่าวได้ว่า นิเวศวิทยานั้นเป็นศาสตร์ หรือเป็นการศึกษาองค์ประกอบในธรรมชาติ

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2536 : 120) ให้ความหมายของระบบนิเวศ หมายถึง โครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ กับบริเวณสิ่งแวดล้อมที่มีสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ดำรงชีวิตอยู่

เกษม จันทรแก้ว (2547 : 333) ให้ความหมายของระบบนิเวศ คือ หน่วยพื้นที่หนึ่ง ที่ประกอบด้วยกลุ่มสิ่งมีชีวิต สิ่งไม่มีชีวิต สิ่งแวดล้อมทางสังคม สิ่งที่เกิดตามธรรมชาติ สิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้น สิ่งที่เป็นพิษภัยหรือสิ่งที่มีคุณประโยชน์ ซึ่งอาจจะมีเพียงกลุ่มเดียว หรือหลาย ๆ กลุ่มรวมกันก็ได้

ศศิณา ภารา (2550 : 68) ให้ความหมายของระบบนิเวศ หมายถึง หน่วยพื้นที่หนึ่งที่ประกอบด้วยระบบความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ในบริเวณที่สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ ซึ่งสิ่งแวดล้อมอาจเป็นสิ่งมีชีวิตหรือสิ่งที่ไม่มีชีวิตก็ได้

สรุปได้ว่า ระบบนิเวศ หมายถึง หน่วยพื้นที่หนึ่งที่ประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งสิ่งแวดล้อมอาจมีชีวิตหรือไม่มีชีวิตก็ได้ ซึ่งดำรงชีวิตอยู่ในบริเวณนั้น

2. องค์ประกอบของระบบนิเวศ

ในระบบนิเวศมีสิ่งมีชีวิตเฉพาะอย่างที่อยู่ในระบบนั้น ๆ แต่ละระบบนิเวศจะประกอบด้วยประชากร ชุมชน และสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป ถึงแม้ว่าระบบนิเวศบนโลกจะมีความหลากหลายแต่มีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกัน องค์ประกอบของระบบนิเวศประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ องค์ประกอบที่เป็นสิ่งมีชีวิต และองค์ประกอบที่เป็นสิ่งไม่มีชีวิต มีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้ (ศศิณา ภารา, 2550 : 70-72)

2.1 องค์ประกอบที่มีชีวิต (Biotic components)

องค์ประกอบที่มีชีวิต ได้แก่ สิ่งมีชีวิตทุกชนิด คือ พืช สัตว์ จุลินทรีย์ จำแนกตามลำดับขั้นของการบริโภคเป็น 3 ประเภท คือ ผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลาย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 ผู้ผลิต (Producer) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารได้เอง โดยวิธีการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) มีบทบาทสำคัญมาก ได้แก่ พืชใบเขียว แพลงก์ตอนพืช และแบคทีเรียบางชนิด ซึ่งพืชเหล่านี้จะต้องมีรงควัตถุสีเขียว หรือคลอโรฟิลล์ดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ให้เป็นพวกแป้งและน้ำตาล

2.1.2 ผู้บริโภค (Consumer) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง ต้องบริโภคสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นอาหาร สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังต่อไปนี้ (นงพงา สุขวนิช, 2536 : 69 - 70)

1) ผู้บริโภคที่กินพืชเป็นอาหาร เป็นผู้บริโภคลำดับแรก ที่กินพืชเป็นอาหาร สามารถเปลี่ยนเนื้อเยื่อของพืชมาเป็นเนื้อเยื่อของสัตว์ได้ เช่น วัว ควาย กวาง ช้าง ม้า เป็นต้น

2) ผู้บริโภคที่กินสัตว์เป็นอาหาร ผู้บริโภคประเภทนี้ จะมีรูปร่างใหญ่ และแข็งแรง กว่าพวกสัตว์กินพืช มีระบบประสาท และกล้ามเนื้อ เพื่อใช้ในการล่าเหยื่อ เช่น เสือ สิงโต หมาป่า เหยี่ยว งู จระเข้ ปลาฉลาม ปลาช่อน นกกระยาง เป็นต้น

3) ผู้บริโภคที่กินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร เช่น หมา แมว หนู ไก่ มนุษย์ เป็นต้น

2.1.3 ผู้ย่อยสลาย (Decomposer) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง ผู้ย่อยสลายจะใช้เอนไซม์ในการย่อยสิ่งมีชีวิต ของเสีย หรือกากอาหาร ให้เป็นสารที่มีขนาดโมเลกุล เล็กกลง แล้วดูดซึมไปใช้เป็นอาหารบางส่วน ส่วนที่เหลือจะสะสมเป็นแหล่งธาตุอาหารกลับคืนสู่ระบบนิเวศ ทำให้เกิดการหมุนเวียนแร่ธาตุในระบบนิเวศ เช่น เห็ดรา จุลินทรีย์ แบคทีเรีย เป็นต้น

2.2 องค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต (Abiotic components)

องค์ประกอบที่ไม่มีชีวิตที่สำคัญ 3 ประเภท คือ อินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร และสภาพแวดล้อมทางกายภาพ

2.2.1 อินทรีย์สาร (Organic substances) เป็นสารที่มาจากสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจมาจากพืชหรือสัตว์ก็ได้ มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิต และเป็นองค์ประกอบหลักที่สิ่งมีชีวิตใช้เป็นส่วนประกอบของร่างกาย

2.2.2 อนินทรีย์สาร (Inorganic substances) เป็นสารที่ได้มาจากแร่ธาตุและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ไม่ได้มาจากสิ่งมีชีวิต แต่เป็นส่วนของธาตุต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำ ดิน หิน ธาตุอาหารพืช หรืออยู่ในรูปก๊าซต่าง ๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไนโตรเจน เป็นต้น

2.2.3 สภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical environment) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมาก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง ลม ฝน ความเค็มของกระแสน้ำในทะเลและมหาสมุทร เป็นต้น

3. ชนิดของระบบนิเวศ

ระบบนิเวศสามารถจำแนกเป็น 2 ประเภท โดยใช้ลักษณะทางกายภาพและชนิดของสิ่งมีชีวิตเป็นเกณฑ์ ได้แก่ ระบบนิเวศภาคพื้นทวีป หรือระบบนิเวศบนบก และระบบนิเวศภาคพื้นน้ำ หรือระบบนิเวศแหล่งน้ำ สรุปได้ดังนี้ (ประยูร วงศ์จันทร์, 2555 : 33 - 36)

3.1 ระบบนิเวศภาคพื้นทวีป หรือระบบนิเวศบนบก

ระบบนิเวศภาคพื้นทวีป หรือระบบนิเวศบนบก แบ่งออกเป็น 7 ระบบ ได้แก่

3.1.1 ระบบนิเวศป่าดิบชื้น (Tropical rain forest ecosystem) ระบบนิเวศป่าดิบชื้น พบในบริเวณแนวศูนย์สูตรของโลก บริเวณทวีปแอฟริกาตอนกลาง เอเชียตอนใต้ อเมริกากลาง และลุ่มน้ำอะเมซอนทวีปอเมริกาใต้ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 50 - 60 นิ้วต่อปี มีความชื้นสูง บริเวณป่าดิบชื้นมีความอุดมสมบูรณ์มีสิ่งมีชีวิตมากมายหลายชนิด พันธุ์ไม้ที่พบบริเวณป่าดิบชื้น เช่น ไม้ยาง ไม้ตะเคียน เป็นต้น นอกจากนี้ ยังพบพันธุ์ไม้พื้นล่างหนาแน่นในบริเวณที่แสงส่องไม่ถึง ได้แก่ เฟิร์น หวาย เถาวัลย์ และเอปิไทท์ ส่วนสัตว์ที่มักพบในระบบนี้ เช่น หมูป่า ช้างป่า เป็นต้น

3.1.2 ระบบนิเวศป่าผลัดใบ (Deciduous forest ecosystem) หรือที่เรียกว่า ป่าเบญจพรรณ หรือ ป่าเต็งรัง ระบบนิเวศป่าผลัดใบมักพบในเขตอบอุ่น ได้แก่ เขตอบอุ่นในซีกโลกใต้

อินโดนีเซีย ตอนกลางของอเมริกาใต้ และตอนเหนือของออสเตรเลีย ป่าผลัดใบมีลักษณะเด่น คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 นิ้วต่อปี พันธุ์ไม้ที่พบในบริเวณป่าผลัดใบมักเป็นไม้ตระกูลยาง เช่น ต้นเต็ง ต้นรัง ต้นก่อพะ ไม้แดง ไม้ประดู่ เป็นต้น ส่วนสัตว์ เช่น กวาง เก้ง เม่น ตุ่น สุนัขจิ้งจอก เป็นต้น

3.1.3 ระบบนิเวศทุ่งหญ้าอ่อน (Temperate grassland ecosystem) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 10-30 นิ้วต่อปี ฤดูแล้งยาวนาน อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งในฤดูหนาว พืชที่เด่นและพบบ่อยในระบบนิเวศนี้ได้แก่ หญ้าชนิดต่าง ๆ ที่มีความสูงประมาณ 5 - 8 ฟุต เช่น ทานตะวัน ถั่วเพิร์น เป็นต้น ส่วนสัตว์ที่พบ ได้แก่ ม้าลาย กระรอก วัวไบสัน เป็นต้น

3.1.4 ระบบนิเวศทุ่งหญ้าเขตร้อน (Tropical grassland ecosystem) พบบริเวณตอนกลางแอฟริกา ประเทศจีน และอินเดียบางส่วน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 40 - 60 นิ้วต่อปี มีฤดูแล้งยาวนาน พันธุ์ไม้ที่พบมักเป็นไม้ล้มลุก ไม้พุ่ม ไม้ยืนต้น และพืชตระกูลถั่วบ้างเล็กน้อย ซึ่งไม้พวกนี้จะออกดอกในฤดูแล้งไฟได้ดี ส่วนสัตว์ที่พบ เช่น ควายป่า แรด จิงโจ้ สิงโต สุนัขป่า เป็นต้น

3.1.5 ระบบนิเวศทะเลทราย (Desert ecosystem) พบในบริเวณประเทศเม็กซิโก บริเวณดินเขาแอนดีส ประเทศแอฟริกา บริเวณเขตซาราฮา ทะเลทรายโกบี บริเวณชายฝั่งด้านเหนือของมหาสมุทรอินเดียและออสเตรเลีย มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยไม่เกิน 10 นิ้วต่อปี อุณหภูมิสูงมาก ดังนั้นสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ที่อาศัยในบริเวณดังกล่าว ต้องมีการปรับตัวทางด้านพฤติกรรม เช่น หนีอากาศอยู่ในช่วงกลางวัน แต่ออกหาอาหารในตอนกลางคืน การเปลี่ยนใบเป็นหนามแทนเพื่อการลดการคายน้ำของพืช ต้นตะบองเพชรมีปากใบที่ฝังลึกในลำต้น เป็นต้น พันธุ์ไม้ที่พบมีน้อยมาก และกระจัดกระจายส่วนใหญ่มักเป็นพุ่มเตี้ย มีหนาม มีสารคิวตินเคลือบ และผลิตเมือกที่ทนต่อสภาพแห้งแล้ง สัตว์ที่พบในระบบนิเวศทะเลทราย เช่น แมลงชนิดต่าง ๆ คางคก นก เป็นต้น

3.1.6 ระบบนิเวศทุนดรา (Tundra ecosystem) พบบริเวณเทือกเขาทิเบต เทือกเขาร็อกกี บริเวณทางขั้วโลกเหนือที่มีหิมะปกคลุมหนาแน่นในฤดูหนาวและฤดูใบไม้ผลิ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 4 - 20 นิ้วต่อปี อุณหภูมิเย็นจัด ฤดูร้อนได้รับแสงอาทิตย์ตลอด 24 ชั่วโมง พืชที่พบ เช่น หญ้าในสกุลต่าง ๆ เป็นต้น สัตว์ที่พบ เช่น กวางคาริบู กวางเรนเดียร์ หมิวัวโลก แมลงนกบางชนิด เป็นต้น

3.1.7 ระบบนิเวศไทกา หรือป่าสน (Taiga or Coniferous forest ecosystem) พบบริเวณซีกโลกเหนือ ด้านเหนือของแคนาดา และด้านเหนือกลุ่มประเทศสแกนดิเนเวีย เป็นระบบนิเวศที่มีลักษณะคล้ายเขตทุนดรา แต่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 25 นิ้วต่อปี อุณหภูมิเย็นน้อยกว่าเขตทุนดรา พันธุ์ไม้เด่นที่พบ เช่น สนสองใบ สนสามใบ เป็นต้น สัตว์ที่พบ เช่น กระต่ายป่า แมวป่า สุนัขป่า กระรอก นก เป็นต้น

3.2 ระบบนิเวศภาคพื้นน้ำ หรือระบบนิเวศแหล่งน้ำ

ระบบนิเวศภาคพื้นน้ำ หรือระบบนิเวศแหล่งน้ำ จำแนกโดยใช้ความเค็มเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

3.2.1 ระบบนิเวศน้ำเค็ม (Oceanic ecosystem) น้ำเค็มในโลกมีประมาณ 360 ล้านตารางกิโลเมตร ซึ่งความเค็มของน้ำในระบบมีค่าสูงมากกว่า 35 ppt (ประยूर วงศ์จันทร์, 2555 : 34) และระดับความลึกของน้ำทะเลแตกต่างกัน ดังนั้น สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในระบบน้ำเค็มจึงมีการแพร่กระจายสูงสุด โดยเฉพาะบริเวณเขตชายฝั่ง ระบบนิเวศน้ำเค็มจำแนกตามความลึกของน้ำทะเลเป็น 2 ประเภท ได้แก่ พีลาจิก ดิวิชั่น (Pelagic Division) และเบนติก ดิวิชั่น (Benthic division)

1) พืลาจิต ดิวิชัน เป็นระบบนิเวศบริเวณผิวน้ำจากชายฝั่งออกไปจนหมดเขตของไหล่ทวีป เรียกว่า แนวชายฝั่ง (Littoral zone) มีความลึกไม่เกิน 600 ฟุต (100-200 เมตร) แสงแดดส่องถึง อุณหภูมิจะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง ธาตุอาหารเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ และเป็นปัจจัยจำกัดของระบบนิเวศ สิ่งมีชีวิตที่พบ เช่น สาหร่าย แพลงก์ตอน แมงกะพรุน กุ้ง ปู จิงโจ้น้ำเค็ม เต่า ปลาหมึก พะยูน โลมา ปลาวาฬ เป็นต้น

2) เบนทิก ดิวิชัน เป็นระบบนิเวศที่มีความลึกมากกว่า 600 ฟุตขึ้นไป เรียกว่า สะดือทะเล หรือก้นมหาสมุทร สิ่งมีชีวิตที่พบส่วนใหญ่เป็นพวกแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ สัตว์และพืชที่กินอาหารพวกซากอินทรีย์ เช่น สาหร่าย ไดอะตอม ฟองน้ำ ปะการัง ปู กุ้ง ดาวทะเล เม่นทะเล ปลิงทะเล ดอกไม้ทะเล เป็นต้น

3.2.2 ระบบนิเวศน้ำกร่อย (Brackish water) หรือชะวากทะเล (Estuaries) หรือระบบนิเวศป่าชายเลน เป็นระบบนิเวศที่มีการผสมกันระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็ม มีปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง มีกระแสน้ำ และปัจจัยทางกายภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้น สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ต้องมีการปรับตัวทางสรีระและรูปร่าง เพื่อให้สอดคล้องกับปัจจัยทางกายภาพเหล่านั้น เช่น ระบบรากแบบค้ำจุนในต้นโกงกาง รากหายใจในต้นแสม พืชที่ขึ้นบริเวณป่าชายเลนมักพบต่อมเกลือเพื่อขับเกลือที่เป็นส่วนเกินออก ส่วนสัตว์น้ำมักมีเกล็ดหรือเปลือกหนา หรือลำตัวมีเมือก เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากลำตัว เป็นต้น ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่พบบริเวณป่าชายเลน เช่น กุ้งกุลาดำ กุ้งแชบ๊วย ปลากระบอก ปลากระพง เป็นต้น

3.2.3 ระบบนิเวศน้ำจืด (Freshwater ecosystem) เป็นระบบนิเวศที่ไม่มีความเค็ม ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 2 แบบ โดยใช้ความเร็วของกระแสน้ำเป็นเกณฑ์ คือ แบบแหล่งน้ำนิ่ง (Lentic habitat) และแบบแหล่งน้ำไหล (Lotic habitat)

1) แบบแหล่งน้ำนิ่ง ไม่มีการไหลของน้ำ ปริมาณออกซิเจนต่ำ การหมุนเวียนสารอาหารค่อนข้างต่ำ ระบบนิเวศแบบนี้ ได้แก่ ทะเลสาบ หนอง บ่อ และบึง มีความลึกไม่เกิน 15 เมตร เช่น ทะเลสาบกว๊านพะเยา ทะเลสาบหนองหาน เป็นต้น สัตว์ที่อาศัยบริเวณนี้มักต้องการออกซิเจนต่ำ มีครีบสั้น ฤดูผสมขนาดใหญ่ เพื่อช่วยในการลอยตัว เช่น ปลาไหล หอยฝาเดียว หอยสองฝา แพลงก์ตอนน้ำจืด เป็นต้น ส่วนพืชที่พบ เช่น กก บัว กระจูด สาหร่ายหางกระรอก เป็นต้น

2) แบบแหล่งน้ำไหล เป็นบริเวณที่มีการไหลของน้ำตลอดเวลา ทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารสูงกว่าระบบนิเวศแหล่งน้ำนิ่ง ปริมาณออกซิเจนสูง ระบบนิเวศแบบนี้ ได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง สิ่งมีชีวิตที่อาศัยบริเวณแม่น้ำต้องมีการปรับตัวทางด้านสรีระและพฤติกรรม มีฤดูผสมขนาดเล็กช่วยในการลอยตัว มีครีบยาว และแข็งแรงเพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ เหยื่อช่วยในการหายใจ สัตว์ที่พบ เช่น ปลาเนื้ออ่อน ปลากระดี่ หอยฝาเดียว หอยสองฝา เป็นต้น ส่วนพืชที่พบ เช่น สาหร่ายหางม้า แพลงก์ตอนพืช เป็นต้น

สรุปท้ายบท

ระบบโลก แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ธรณีภาค อุทกภาค อากาศภาค และชีวภาค ธรณีภาค เป็นส่วนของของแข็งที่หุ้มห่ออยู่รอบนอกสุดของโลก ประกอบด้วยดิน แร่ และหินชนิดต่าง ๆ การศึกษาเกี่ยวกับโลก ส่วนประกอบของโลก โครงสร้างโลก กระบวนการธรรมชาติต่าง ๆ สมบัติของดิน แร่ และหิน เรียกว่า “ธรณีวิทยา” อุทกภาค เป็นส่วนที่เป็นน้ำทั้งหมดบนผิวโลก ครอบคลุมพื้นที่ 3 ใน 4 ส่วนของผิวโลก การศึกษาที่เกี่ยวกับน้ำที่มีอยู่ในโลก เช่น ศึกษาถึงสาเหตุการเกิด การหมุนเวียน ตลอดจนคุณลักษณะของน้ำ รวมทั้งการนำน้ำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ เรียกว่า “อุทกวิทยา” อากาศภาคเป็นส่วนที่ศึกษาเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศ ส่วนประกอบในอากาศ ลมฟ้าอากาศ และ ภูมิอากาศ สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาอากาศภาค คือ อุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นวิทยาศาสตร์ของบรรยากาศ และปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ ชีวภาค ประกอบด้วย สิ่งมีชีวิต และสิ่งไม่มีชีวิต ซึ่งต่างก็มีความสัมพันธ์ร่วมกัน และส่งผลให้สิ่งมีชีวิตแต่ละชีวิตเกิด เจริญเติบโต และวิวัฒนาการไปสู่การเป็น สัตว์ ชุมชน เรียกว่า ระบบนิเวศ

คำถามทบทวน

1. ระบบโลกแบ่งออกเป็นกี่ส่วน อะไรบ้าง จงอธิบาย
2. โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์อยู่ตลอดเวลา เพราะเหตุใดอุณหภูมิของโลกจึงไม่สูงขึ้นจนสิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงอยู่ได้ กระบวนการใดบ้างที่ทำให้โลกมีอุณหภูมิพอเหมาะกับการดำรงชีวิต
3. เพราะเหตุใด จึงต้องมีการศึกษาธรณีภาค
4. มนุษย์นำข้อมูลธรณีภาคมาใช้ประโยชน์ในการบรรเทาธรณีพิบัติภัยได้อย่างไร จงอธิบาย
5. อุทกภาค มีความหมายว่าอะไร และมีความสำคัญอย่างไร
6. จากคำกล่าวที่ว่า น้ำทั้งหมดบนผิวโลก มีปริมาณ 3 ใน 4 ส่วนของผิวโลก เพราะเหตุใดมนุษย์จึงยังประสบปัญหาภาวะแห้งแล้ง
7. ชั้นบรรยากาศของโลกมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร
8. คำว่า “ลมฟ้าอากาศ” และ “ภูมิอากาศ” มีความหมายแตกต่างกันอย่างไร
9. อุตุนิยมวิทยามีประโยชน์อย่างไรต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน
10. ในระบบนิเวศประกอบด้วยองค์ประกอบอะไรบ้าง และองค์ประกอบใดที่นักศึกษาคิดว่ามีความสำคัญมากที่สุด เพราะเหตุใด

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2536). **การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.
- กิจการ พรหมมา. (2555). **ธรณีวิทยา สำหรับวิศวกร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกษม จันทร์แก้ว. (2547). **การจัดการสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสาน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จตุรงค์ สุคนธชาติ. (2555). **ประมวลสาระชุดวิชา หน่วยที่ 6 - 10 ฟิสิกส์และดาราศาสตร์สำหรับครู**. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ทินพันธ์ เนตรแพ. (2558). **ชลธิวิทยา**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นงพงา สุขวนิช. (2536). **ระบบนิเวศและความสัมพันธ์ระหว่างธรรมชาติกับสิ่งมีชีวิต**. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. เล่มที่ 17. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://kanchanapisek.or.th/kp6/Ebook/BOOK17/book17_3/Default.html. [25 สิงหาคม 2561]
- นิพนธ์ ทรายเพชร. (2552). **เอกสารการสอนชุดวิชา หน่วยที่ 1 - 8 วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อชีวิต**. พิมพ์ครั้งที่ 11. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ปานทิพย์ อัครนวนิช. (2532). **ภูมิอากาศวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2549). **พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- _____. (2561). **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2554**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.royin.go.th/dictionary>. [20 มิถุนายน 2561]
- ลลนา ปริญญาปริวัฒน์. (2541). **ธรณีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- _____. (2542). **ธรณีวิทยากายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วรรณศิริ เดชะคุปต์. (2543). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วันทนี ศรีรัฐ. (2543). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วีระพล แต่สมบัติ. (2531). **อุทกวิทยาประยุกต์**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.
- ศศิณา ภารา. (2550). **ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ : บริษัท ส.เอเชียเพรส (1989) จำกัด.
- ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. (2561). **วิทยาศาสตร์โลก**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.lesa.biz/earth>. [7 กรกฎาคม 2561]
- สง่า ตั้งชวาล. (2555). **ธรณีวิศวกรรม ขั้นพื้นฐาน**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สมพงษ์ มະนะสุทธิ. (2535). **อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สมรวดี พิภพลงาม และคณะ. (2541). **วิทยาศาสตร์ทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย. (2546). **ธรณีวิทยาน่ารู้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- เสน่ห์ โรจนดิษฐ์. (2539). **อุทกภูมิศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- อีโคเทค พาร์ท. (2566). **สมดุลพลังงานในบรรยากาศโลก**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.ecotech.co.th/126468.html>. [1 กันยายน 2566]
- Darin W. Toohey. (2018). **Atmospheric and Oceanic Sciences**. (Online). Available : http://paos.colorado.edu/~toohey/Fig_25.jpg. [25 สิงหาคม 2561]
- ESchooltoday. (2018). **How do the Earth's spheres interact?**. (Online). Available : <http://eschooltoday.com/earth-system/interaction-of-the-earths-sphere.html>. [25 สิงหาคม 2561]

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2

หัวข้อเนื้อหา

1. โครงสร้างของโลก
 - 1.1 การศึกษาโครงสร้างโลก
 - 1.2 การแบ่งโครงสร้างตามลักษณะทางกายภาพ
 - 1.3 การแบ่งโครงสร้างตามลักษณะทางเคมี
2. อายุทางธรณีวิทยา
 - 2.1 อายุสัมบูรณ์
 - 2.2 อายุเปรียบเทียบ
 - 2.3 การลำดับชั้นหิน
3. มาตรฐานกาล
 - 3.1 มหายุคพรีแคมเบรียน
 - 3.2 มหายุคพาลีโอโซอิก
 - 3.3 มหายุคมีโซโซอิก
 - 3.4 มหายุคซีโนโซอิก
4. ซากดึกดำบรรพ์
 - 4.1 ประเภทของซากดึกดำบรรพ์
 - 4.2 ประโยชน์ของการศึกษาซากดึกดำบรรพ์
 - 4.3 ซากดึกดำบรรพ์ในประเทศไทย
 - 4.4 การค้นพบไดโนเสาร์ในประเทศไทย

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สืบค้นและอธิบายข้อมูลที่สนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามสมบัติทางกายภาพ
2. อธิบายวิธีการหาอายุทางธรณีวิทยาทั้งอายุสัมบูรณ์และอายุเปรียบเทียบ
3. อธิบายหลักการของการลำดับชั้นหิน และโครงสร้างทางธรณีที่มีผลต่อการลำดับชั้นหิน
4. อธิบายและวิเคราะห์ลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาโดยใช้กฎการลำดับชั้นหิน โครงสร้างทางธรณี อายุทางธรณีวิทยา และนำมาจัดเรียงลำดับเป็นมาตรฐานธรณีกาล
5. อธิบายกระบวนการเกิดซากดึกดำบรรพ์ และการใช้ซากดึกดำบรรพ์เป็นดัชนีเพื่อเทียบหาอายุของชั้นหินได้
6. ยกตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ในประเทศไทยตามช่วงเวลาของมาตรฐานธรณีกาล

วิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. วิธีสอน

- 1.1 วิธีสอนแบบบรรยาย ประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์
- 1.2 วิธีสอนแบบสืบเสาะ ให้ผู้เรียนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการตั้งคำถาม และสืบเสาะแสวงหาข้อเท็จจริงหรือข้อมูล
- 1.3 วิธีสอนแบบปฏิบัติการ ให้นักศึกษาใช้กระบวนการพินิจภายในจิตใจของนักศึกษาเอง หรือวิเคราะห์จิตใจและประสบการณ์ของตนเอง
- 1.4 วิธีสอนแบบอภิปราย โดยกำหนดหัวข้อในการอภิปรายถึงความสำคัญของพลังงาน แต่ละประเภทให้นักศึกษาร่วมอภิปราย โดยมีครูเป็นผู้แนะนำ

2. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

- 2.1 นำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้คำถาม เช่น ในอดีตโลกและสิ่งมีชีวิตบนโลกมีลักษณะอย่างไร จะทราบเหตุการณ์ของโลกในอดีตได้อย่างไร เป็นต้น
- 2.2 ให้นักศึกษาดูวีดิทัศน์เกี่ยวกับการเกิดซากดึกดำบรรพ์ โดยจำลองการเกิดซากดึกดำบรรพ์จากดินน้ำมัน พร้อมทั้งอธิบายความเข้าใจของตนเองถึงขั้นตอน และระบุว่าข้อมูลจากซากดึกดำบรรพ์สามารถใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกได้
- 2.3 กิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มช่วยกันสืบเสาะแสวงหาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดลำดับชั้นหิน โดยใช้สถานการณ์เพื่อศึกษาชนิดของหิน ร่วมกันคาดคะเนอายุของหิน และจำลองการจัดลำดับชั้นหินตามข้อมูลที่ศึกษาได้ จากนั้นนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น
- 2.4 ให้นักศึกษาร่วมกันวิเคราะห์ลักษณะการแบ่งบรมยุค มหายุค ยุค และสมัย ตามมาตรฐานสากล เพื่อศึกษาถึงสภาพแวดล้อมในอดีตและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
- 2.5 ให้นักศึกษาช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้ และตอบคำถามท้ายบท

สื่อการเรียนรู้การสอน

1. หนังสือ ตำรา และเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. สื่อนำเสนอประกอบการบรรยาย
3. ฐานข้อมูลอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์อาจารย์
4. วีดิทัศน์เกี่ยวกับการเกิดซากดึกดำบรรพ์

การวัดผลและประเมินผล

1. ผู้เรียนตอบคำถามทบทวนด้านความรู้ความเข้าใจในแบบทดสอบท้ายบทเรียน
2. ผู้เรียนสนทนาแลกเปลี่ยนความรู้จากผลการศึกษาค้นคว้า
3. ผู้เรียนนำเสนองานตรงเวลา มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย แสดงความคิดเห็นสร้างสรรค์
สื่อในการนำเสนอน่าสนใจ
4. วัดความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก
โดยใช้แบบทดสอบ
5. สังเกตพฤติกรรมการเรียน และความรับผิดชอบจากการทำงานกลุ่ม

บทที่ 2

กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก

จากหลักฐานจากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีในแร่ที่เป็นส่วนประกอบของหินที่เชื่อว่าเก่าแก่ที่สุดในโลก ทำให้เชื่อได้ว่าโลกมีอายุประมาณ 4,600 ล้านปี ซึ่งโลกมีการเปลี่ยนแปลงและวิวัฒนาการตลอดเวลาตั้งแต่กำเนิดขึ้น สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ บนโลกก็เช่นเดียวกัน มีการกำเนิดและวิวัฒนาการ การปรับเปลี่ยนโครงสร้างและถิ่นที่อยู่อาศัย เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของพื้นผิวโลก การศึกษาเวลาทางธรณีวิทยา และการตรวจวัดอายุหินหรือแร่จึงมีความสำคัญมาก เนื่องจากทำให้สามารถลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาและเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลง วิวัฒนาการของโลกตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้

โครงสร้างของโลก

นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามศึกษาโครงสร้างภายในของโลกทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ การศึกษาข้อมูลทางตรงโดยการเจาะสำรวจ การศึกษาชุดหิน การศึกษาหินภูเขาไฟ นอกจากนี้ยังศึกษาจากส่วนประกอบทางเคมีของอุกกาบาตที่ตกลงมายังพื้นโลก และการศึกษาข้อมูลตัวอย่างหินจากดวงจันทร์

1. การศึกษาโครงสร้างโลก

การศึกษาโครงสร้างภายในโลก (Internal structure of the earth) โดยการตรวจจับคลื่นความไหวสะเทือน (Seismic wave) ด้วยเครื่องวัดความไหวสะเทือน (Seismograph) ในช่วงที่เกิดแผ่นดินไหวมีคลื่นที่เดินทางในเนื้อดินหรือหิน (Body wave) กับคลื่นบนพื้นผิว (Surface wave)

กิจกรรม พรหมมา (2555 : 18) อธิบายถึงคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ศึกษาส่วนประกอบและโครงสร้างภายในของโลกมี 2 ชนิด คือ คลื่นปฐมภูมิ (Primary wave) ซึ่งเป็นคลื่นที่ปรากฏขึ้นในเครื่องตรวจวัดลำดับแรกมีความเร็วมากที่สุด เคลื่อนที่ผ่านวัสดุทั้งของแข็งและของเหลว และคลื่นทุติยภูมิ (Secondary wave) หรือคลื่นเอส (S-wave) เป็นคลื่นที่มาถึงในลำดับถัดมา คลื่นชนิดนี้ผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งได้ แต่ไม่สามารถผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลว นอกจากคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิแล้วยังมี คลื่นพื้นผิว (Surface wave) ได้แก่ คลื่นเรย์ลี คลื่นเลิฟ หรือคลื่นสโตเนียนีลีย์ เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวด้วย แต่ไม่นิยมใช้แปลความหมายโครงสร้างของโลก

สง่า ตั้งชวาล (2555 : 4) อธิบายถึงคลื่นที่เดินทางในเนื้อดินหรือหิน สามารถจำแนกประเภทได้เป็นคลื่นตามยาว หรือคลื่นปฐมภูมิ หรือที่เรียกว่า คลื่นพี (P wave) และคลื่นตามขวาง หรือคลื่นทุติยภูมิ หรือที่เรียกว่า คลื่นเอส (S wave) สำหรับคลื่นบนผิว ได้แก่ คลื่นเลิฟ (Love wave) และคลื่นเรย์ลี (Rayleigh wave) แต่นิยมเรียกคลื่นบนผิวทั้งสองรวมกันว่าเป็นคลื่นแอล (L wave) ซึ่ง L ย่อมาจากคำว่า “Large wave” คลื่นแอลเป็นคลื่นที่เดินทางช้า แต่มีแอมพลิจูดขนาดใหญ่ ก่อให้เกิดการทำลายอย่างใหญ่หลวงในแนวทางการที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน

สรุปได้ว่า การศึกษาโครงสร้างโลกภายในใช้การตรวจจับคลื่นไหวสะเทือน ซึ่งคลื่นไหวสะเทือน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ คลื่นในตัวกลาง และคลื่นบนพื้นผิว มีรายละเอียดดังนี้

1) คลื่นในตัวกลาง เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ภายในเนื้อดินหรือหิน ใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลกภายใน ซึ่งประกอบด้วยคลื่น 2 ชนิด ได้แก่ คลื่นปฐมภูมิ และคลื่นทุติยภูมิ

1.1) คลื่นปฐมภูมิ หรือคลื่นพี เป็นคลื่นที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส เป็นคลื่นตามยาว อนุภาคของตัวกลางที่เกิดความไหวสะเทือนนั้น จะเกิดการเคลื่อนไหวแบบอัดขยายในแนวเดียวกันกับที่คลื่นส่งผ่านไป สถานีวัดแรงสั่นสะเทือนสามารถรับคลื่นนี้ได้ก่อนชนิดอื่น โดยมีความเร็วประมาณ 4 - 7 กิโลเมตรต่อวินาที (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 1)

1.2) คลื่นทุติยภูมิ หรือ คลื่นเอส เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านได้เฉพาะในตัวกลางที่เป็นของแข็งเท่านั้น ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลว เป็นคลื่นตามขวาง อนุภาคของตัวกลางที่เกิดความไหวสะเทือนนั้นจะเคลื่อนไหวตั้งฉากกับทิศทางที่คลื่นผ่าน มีทั้งแนวตั้งและแนวนอน คลื่นทุติยภูมิมีความเร็วประมาณ 2 - 5 กิโลเมตรต่อวินาที (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 1)

2) คลื่นบนพื้นผิว เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ไปตามผิวโลก ได้แก่ คลื่นเลิฟ และคลื่นเรย์ลี หรือเรียกคลื่นบนพื้นผิวทั้งสองรวมกันว่า คลื่นแอล เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ช้า แต่มีแอมพลิจูดขนาดใหญ่ ทำให้อาคาร สิ่งปลูกสร้าง ชำรุด และพังทลายได้

2. การแบ่งโครงสร้างตามลักษณะทางกายภาพ

สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย (2546 : 2) กิจการ พรหมมา (2555 : 19 - 20) และสง่า ตั้งขวาล (2555 : 4 - 7) แบ่งโครงสร้างภายในของโลกทางกายภาพ ออกเป็น 3 ส่วน คือ เปลือกโลก (Crust) เนื้อโลก และแก่นโลก มีรายละเอียดดังนี้

1) เปลือกโลก คือ เป็นส่วนประกอบนอกสุดของโลก ซึ่งเป็นของแข็งทั้งหมด น้ำและอากาศไม่ใช่ส่วนหนึ่งของเปลือกโลก แต่เข้ามาแทรกอยู่ในเปลือกโลกได้ ด้านนอกเปลือกโลกมีชั้นบรรยากาศห่อหุ้มไว้ เปลือกโลกแบ่งออกเป็นเปลือกโลกภาคพื้นทวีปและเปลือกโลกใต้มหาสมุทร

2) เนื้อโลก คือ ส่วนที่อยู่ถัดจากเปลือกโลกลงไปจนถึงแก่นโลก แบ่งเป็นเนื้อโลกส่วนบน ซึ่งเป็นของแข็ง และเนื้อโลกส่วนล่าง ซึ่งเป็นเหมือนพลาสมา

3) แก่นโลก คือ ใจกลางของโลก แบ่งออกเป็นแก่นโลกส่วนนอก ซึ่งเป็นของเหลว และแก่นโลกส่วนใน ซึ่งเป็นของแข็ง

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2555 : 12-22 - 12-23) ได้กล่าวถึงการแบ่งโครงสร้างภายในของโลก สามารถแบ่งเป็น 5 ชั้น โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพ คือ ธรณีภาคชั้นนอก (Lithosphere) ฐานธรณีภาค (Asthenosphere) มีโซสเฟียร์ (Mesosphere) แก่นโลกชั้นนอก (Outer Core) และแก่นโลกชั้นใน (Inner Core)

ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย (2561 : 3 - 4) ได้กล่าวถึง โครงสร้างภายในโลกโดยใช้เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงความเร็วของคลื่นไหวสะเทือน แบ่งออกได้ 4 ชั้น คือ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มีโซสเฟียร์ และแก่นโลก

สรุปได้ว่า จากการศึกษาคลื่นไหวสะเทือน โดยใช้ผลจากการแปลความหมาย ทิศทางการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง การสะท้อน และการหักเหของคลื่น สามารถแบ่งโครงสร้าง

ภายในของโลกตามลักษณะทางกายภาพเป็น 4 ส่วน คือ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มีโซสเฟียร์ และแก่นโลก ซึ่งรายละเอียดดังนี้

2.1 ธรณีภาค

ธรณีภาคเป็นส่วนนอกสุดของโลก ประกอบด้วยหินแข็ง ลึกลงจากผิวโลกลงไปประมาณ 110 กิโลเมตร การเคลื่อนที่ของคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิผ่านชั้นนี้จะมีความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ตั้งแต่ช่วง 6.4 - 8.4 กิโลเมตรต่อวินาที และ 3.7 - 4.8 กิโลเมตรต่อวินาที ตามลำดับ (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 3) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เปลือกโลกทวีป (Continental crust) เปลือกโลกสมุทร (Oceanic crust) ซึ่งแมนเทิลชั้นบนสุด (Uppermost mantle) จะรองรับเปลือกโลกทวีปและเปลือกโลกสมุทรไว้

2.1.1 เปลือกโลกทวีป เป็นหินแกรนิต มีความหนาเฉลี่ย 35 กิโลเมตร ความหนาแน่น 2.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-22)

2.1.2 เปลือกโลกสมุทร เป็นหินบะซอลต์ มีความหนาเฉลี่ย 5 กิโลเมตร ความหนาแน่น 3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าเปลือกทวีป (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-22)

2.2 ฐานธรณีภาค

ฐานธรณีภาคเป็นวัสดุเนื้ออ่อนอุณหภูมิประมาณ 600 - 1,000 องศาเซลเซียส เคลื่อนที่ด้วยกลไกการพาความร้อน (Convection) มีความหนาแน่นประมาณ 3.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-22) เป็นชั้นที่คลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่สม่ำเสมอ

2.3 มีโซสเฟียร์

มีโซสเฟียร์มีความลึกจากผิวโลกลงไปประมาณ 660 - 2,900 กิโลเมตร (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 4) เป็นบริเวณที่คลื่นไหวสะเทือน คือ คลื่นปฐมภูมิ และคลื่นทุติยภูมิ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นอย่างคงที่ เนื่องจากบริเวณส่วนล่างของมีโซสเฟียร์จะเป็นหินหรือสารที่มีสถานะเป็นของแข็ง อุณหภูมิประมาณ 1,000 - 3,500 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นประมาณ 5.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-23)

2.4 แก่นโลก

แก่นโลก แบ่งออกเป็นแก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน มีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 แก่นโลกชั้นนอก มีความลึกจากผิวโลกลงไปประมาณ 2,900 - 5,140 กิโลเมตร (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 4) เป็นชั้นที่คลื่นปฐมภูมิจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในขณะที่คลื่นทุติยภูมิไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านบริเวณชั้นนี้ได้ เนื่องจากบริเวณแก่นโลกชั้นนอกนี้จะประกอบด้วยสารที่มีสถานะเป็นของเหลว ซึ่งคลื่นทุติยภูมิจะผ่านได้เฉพาะสารที่เป็นของแข็งเท่านั้น มีอุณหภูมิสูงประมาณ 1,000 - 3,500 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นประมาณ 5.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-23) เคลื่อนที่ด้วยกลไกการพาความร้อนทำให้เกิดสนามแม่เหล็กโลก

2.4.2 แก่นโลกชั้นใน เป็นชั้นที่มีความลึกถัดจากแก่นโลกชั้นนอกลงไป คือ จากความลึกประมาณ 5,140 กิโลเมตร ลงไปจนถึงจุดศูนย์กลางของโลก (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 4) บริเวณแก่นโลกชั้นในนี้คลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่คงที่ เนื่องจากบริเวณนี้จะประกอบด้วยของแข็งที่มีความหนาแน่นเท่ากันเป็นเนื้อเดียวกัน คลื่นไหวสะเทือนทั้งสองจะ

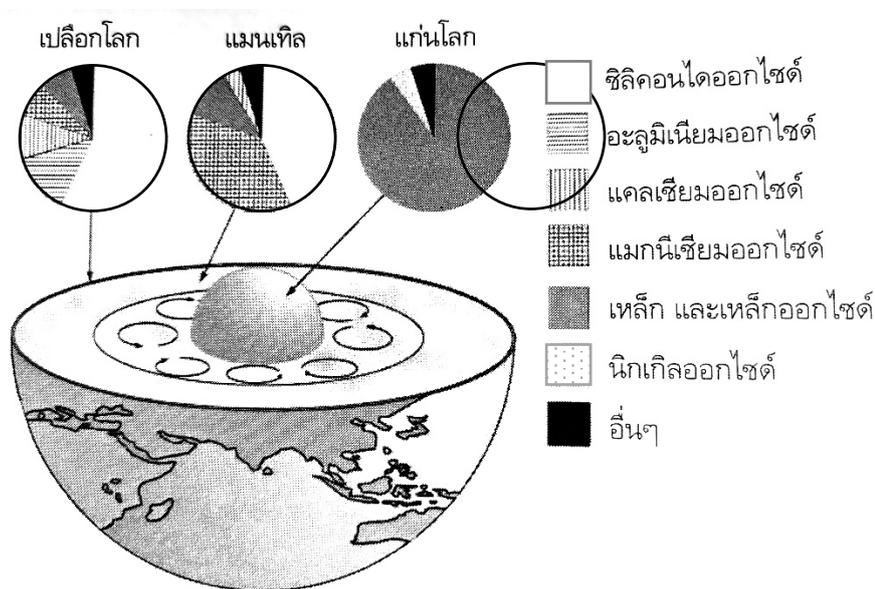
เคลื่อนที่ต่อไปจนถึงจุดศูนย์กลางของโลก คือ ที่ระดับความลึกประมาณ 6,371 กิโลเมตร เป็นธาตุเหล็กและนิกเกิลในสถานะของแข็ง ซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 5,000 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นประมาณ 12 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-23)

2. การแบ่งโครงสร้างตามลักษณะทางเคมี

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2555 : 12-22 – 12-23) ได้กล่าวถึงการแบ่งโครงสร้างโลกออกเป็น 3 ชั้น โดยพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมี คือ เปลือกโลก เป็นส่วนที่อยู่ชั้นนอกสุดของโลก มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นซิลิกอนไดออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ ส่วนที่อยู่ถัดลงไปจากเปลือกโลก คือ ชั้นแมนเทิล มีองค์ประกอบหลักเป็นซิลิกอนออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และเหล็กออกไซด์ ส่วนชั้นในสุดของโลก เรียกว่า แก่นโลก มีองค์ประกอบหลักเป็นเหล็ก และนิกเกิล

ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย (2561 : 6 - 8) ได้กล่าวถึง การแบ่งโครงสร้างโลกโดยอาศัยส่วนประกอบทางกายภาพและทางเคมีของหิน รวมทั้งสารต่าง ๆ ที่อยู่ภายในโลกแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ เปลือกโลก ประกอบด้วยหินหลายชนิด แต่ส่วนมากจะเป็นผลึกของหินอัคนี เนื้อโลก ประกอบด้วยแร่ธาตุที่เป็นของแข็ง มีแร่โอลิวีน (Olivine) จำนวนมาก ซึ่งแร่โอลิวีนมีองค์ประกอบเป็นธาตุแมกนีเซียม ธาตุเหล็ก และธาตุซิลิกา ส่วนสุดท้ายแก่นโลก เป็นของแข็งและส่วนที่เป็นของเหลวร้อนจัด

สรุปได้ว่า การแบ่งโครงสร้างภายในของโลกออกเป็น 3 ชั้น โดยพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมี คือ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก มีรายละเอียด ดังนี้



ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของโครงสร้างภายในของโลก
ที่มา : จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-20

2.1 เปลือกโลก

เปลือกโลกประกอบด้วยธาตุออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ ประมาณร้อยละ 46.6 และธาตุซิลิคอน ประมาณร้อยละ 27.7 นอกจากนั้น เป็นธาตุที่มีน้อยกว่าร้อยละ 10 ได้แก่ อะลูมิเนียม เหล็ก แคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-21) เปลือกโลกแบ่งออกได้เป็น 2 บริเวณ คือ เปลือกโลกทวีป และเปลือกโลกมหาสมุทร

2.1.1 เปลือกโลกทวีป หมายถึง ส่วนที่เป็นพื้นทวีปและไหล่ทวีป มีความหนาประมาณ 35-40 กิโลเมตร หรืออาจจะหนาถึง 70 กิโลเมตร ระดับความสูงเฉลี่ยของเปลือกโลกทวีปประมาณ 850 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 6) เปลือกโลกทวีปจะมีธาตุซิลิคอน ธาตุอะลูมิเนียม และหินแกรนิต

2.1.2 เปลือกโลกมหาสมุทร หมายถึง บริเวณที่อยู่ใต้มหาสมุทร มีความหนาแน่นประมาณ 5-10 กิโลเมตร ระดับลึกเฉลี่ยของเปลือกโลกมหาสมุทรอยู่ที่ 3,800 เมตร ใต้ระดับน้ำทะเล (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 6) เปลือกโลกมหาสมุทรจะมีธาตุซิลิคอนและธาตุแมกนีเซียมอยู่จำนวนมาก เช่น มหาสมุทรแปซิฟิก มหาสมุทรอินเดีย มหาสมุทรแอตแลนติก หมู่เกาะฮาวายและประเทศไอซ์แลนด์ เป็นต้น

2.2 เนื้อโลก

เนื้อโลกอยู่ในชั้นถัดจากชั้นเปลือกโลก มีความหนาประมาณ 2,895 กิโลเมตร (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 6) ประกอบด้วยหินและแร่หลายชนิด บางส่วนของหินอยู่ในสถานะของเหลว เรียกว่า หินหนืด หรือแมกมา (Magma) ความดันและอุณหภูมิสูง 800 - 4,300 องศาเซลเซียส (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-21) แร่ธาตุที่สำคัญในชั้นนี้ ได้แก่ อะลูมิเนียม แมกนีเซียม เหล็ก ซิลิคอน และออกซิเจน ชั้นแมนเทิลสามารถเคลื่อนตัวไปมาได้ในวงจำกัด อาจมีก๊าซและของแข็งรวมอยู่ด้วย เมื่อพุ่งออกมาสู่ผิวโลก เรียกว่า ลาวา (Lava) เมื่อเย็นและแข็งตัวเกิดเป็นหินอัคนี

2.3 แก่นโลก

เป็นส่วนที่อยู่ใจกลางของโลก มีความหนาแน่นมาก มีลักษณะเป็นทรงกลม มีรัศมีประมาณ 3,475 กิโลเมตร อุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 2,200 - 27,500 องศาเซลเซียส ความดันมีค่าสูง 3 ถึง 4 ล้านเท่าของความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเล (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 7) แก่นโลกมีทั้งส่วนที่เป็นของแข็งและส่วนที่เป็นของเหลวร้อนจัด แก่นโลกจึงแบ่งออกได้เป็น 2 ชั้น คือ แก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน

2.3.1 แก่นโลกชั้นนอก อยู่ในระดับความลึกจากผิวโลกประมาณ 2,900 - 5,000 กิโลเมตร (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 8) มีลักษณะเป็นของเหลว เคลื่อนที่ผ่านบริเวณนี้ได้ มีธาตุเหล็กอยู่เป็นจำนวนมาก ร่องลงมา คือ ธาตุ निकเกิล มีความหนาประมาณ 2,100 กิโลเมตร อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 4,300 - 6,200 องศาเซลเซียส (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-22)

2.3.2 แก่นโลกชั้นใน อยู่ในระดับความลึกจากแก่นโลกชั้นนอกจนถึงจุดศูนย์กลางโลก ลึกประมาณ 5,000 กิโลเมตร (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 8) มีลักษณะเป็นของแข็งหรือเป็นผลึก ทำให้คลื่นปฐมภูมิเคลื่อนที่ผ่านได้ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น ของแข็งที่อยู่ชั้นนี้จะมีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก ร่องลงมาเป็นธาตุนิกเกิล มีความหนาประมาณ 1,300 กิโลเมตร อุณหภูมิราว 6,300 องศาเซลเซียส (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-22)

อายุทางธรณีวิทยา

ในการศึกษาวิชาธรณีวิทยานั้น ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาต่าง ๆ ได้เกิดขึ้นมานานแล้วนับเป็นล้านล้านปี ก่อนที่จะมีมนุษย์อาศัยอยู่บนโลก ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาทางธรณีวิทยาที่เรียกว่า “Geologic time” จะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ อายุสัมบูรณ์ (Absolute age) และอายุเปรียบเทียบ (Relative age) สรุปรายละเอียดได้ดังนี้

1. อายุสัมบูรณ์

สง่า ตั้งขวาล (2555 : 14) ให้ความหมายของอายุสัมบูรณ์ หรือเวลาแน่นอน หมายถึง ระยะเวลาที่สามารถบ่งบอกเป็นระยะเวลาที่แน่นอนลงไป เช่น ปรากฏการณ์ทางธรณีนั่น ๆ ได้เกิดขึ้นเป็นระยะเวลา 10,000 ปี 1,000,000 ปี หรือ 100 ล้านปี เป็นต้น

ทวิศักดิ์ บุญบุชาไชย (2561 : 115) ให้ความหมายของอายุสัมบูรณ์ หมายถึง อายุของหิน หรือแร่ ที่ระบุเป็นตัวเลข เป็นการหาอายุทางธรณีวิทยาแบบหนึ่ง การหาอายุสัมบูรณ์ของหิน แร่ และซากดึกดำบรรพ์ จะหาโดยการวิเคราะห์หาปริมาณไอโซโทปที่อยู่ในหิน แร่ และซากดึกดำบรรพ์

สรุปได้ว่า อายุสัมบูรณ์ หมายถึง อายุของหิน หรือแร่ ที่บ่งบอกเป็นระยะเวลาที่แน่นอนลงไป การหาอายุสัมบูรณ์นี้สามารถทำได้โดยวิเคราะห์หาปริมาณไอโซโทปที่อยู่ในหิน แร่ และซากดึกดำบรรพ์ ใช้สำหรับวัตถุที่มีธาตุกัมมันตรังสีเป็นส่วนประกอบ มีอัตราการสลายตัวที่แน่นอน และแตกต่างกันออกไปในแต่ละธาตุ เรียกวิธีการนี้ว่า การตรวจหาอายุจากสารกัมมันตภาพรังสี (Radiometric age dating) ซึ่งการตรวจวัดทำได้โดยใช้เครื่องมือวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสี เช่น เครื่องวัดไกเกอร์ เคาน์เตอร์ (Geiger counter) เป็นต้น อาศัยการคำนวณหาครึ่งชีวิต (Half life) ของธาตุกัมมันตรังสีนั้น ๆ

ครึ่งชีวิต หมายถึง ช่วงเวลาที่ธาตุกัมมันตภาพรังสีเปลี่ยนไปเป็นธาตุอื่นครึ่งจำนวนของจำนวนที่เริ่มต้น (ทวิศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 118) โดยการตรวจดูตัวอย่างว่า ธาตุกัมมันตภาพรังสีนี้มีอัตราส่วนระหว่างธาตุกัมมันตภาพรังสีเดิมอย่างละเท่าใด เหลือจากการเปลี่ยนแปลงเป็นธาตุอื่น ร้อยละเท่าใด จากนั้นหาร้อยละของธาตุกัมมันตภาพรังสีที่เหลือไปคำนวณหาค่าเลขครึ่งชีวิต (Number of half-life) ของธาตุกัมมันตรังสีนั้น ในการคำนวณหาอายุโดยการตรวจสอบจากแร่ที่มีอยู่ในหิน ในสายแร่ และในซากดึกดำบรรพ์ เพื่อเปรียบเทียบหาอายุของตัวอย่าง และของโลก ใช้ไอโซโทปของแร่กัมมันตรังสี ได้แก่ ยูเรเนียม โพลแทสเซียม รูบิเดียม และคาร์บอน ไอโซโทปของคาร์บอนใช้หาอายุของโลกไม่ได้ เนื่องจากมีหน่วยของเวลาครึ่งชีวิตสั้นมาก การหาอายุแร่ หิน และสารบางอย่างที่ให้สารกัมมันตรังสี แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แร่ หิน และสารบางอย่างที่ให้สารกัมมันตรังสี

สารที่พบบ่อยใช้เป็นตัวหลักในการหาอายุจากไอโซโทป	จำนวนปีของครึ่งชีวิตจากไอโซโทปที่ไม่เสถียรภาพ	ระยะเวลาที่มีประสิทธิภาพในการหาอายุ
แร่เซอร์คอน (Zircon) แร่พิตช์เบลนด์ (Pitchblende) แร่ยูเรนิไนต์ (Uraninite)	40 x 10 ⁹ ปี (สำหรับ Uranium-238) 0.71 x 10 ³ ปี (สำหรับ Uranium-235)	10 ⁹ ปี ถึงอายุโลก (อายุโลกเท่ากับ 4.6 x 10 ⁹ ปี)
แร่มีสโคไวต์ (Muscovite) แร่ไอโอไทต์ (Biotite) หินทราย (Sandstone) หินทรายแป้ง (Siltstone) หินภูเขาไฟ (Volcanic rock)	1.30 x 10 ⁹ ปี (สำหรับ Potassium-40)	10 ⁹ ปี ถึงอายุโลก
แร่มีสโคไวต์ (Muscovite) แร่ไบโอไทต์ (Biotite) แร่ไมโครไคลน์ (Microcline) หินแปร (Metamorphic rock)	4.7 x 10 ⁹ ปี (สำหรับ Rubidium-87)	10 ⁹ ปี ถึงอายุโลก
ซากต้นไม้ (Wood) ถ่าน (Charcoal) ถ่านพีต (Peat) เนื้อเยื่อ (Tissue) เปลือกหอย (Shell) น้ำใต้ดิน (Ground water) น้ำจากมหาสมุทร (Ocean water)	5.3730 30 ปี (สำหรับ Carbon-14)	0 ถึง 50,000 ปี

ที่มา : สง่า ตั้งชวาล, 2555 : 19

2. อายุเปรียบเทียบ

สง่า ตั้งชวาล (2555 : 14) ให้ความหมายอายุเปรียบเทียบ หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้เปรียบเทียบซึ่งกันและกัน จะบ่งบอกได้ว่าสิ่งใดเกิดขึ้นก่อนหรือหลัง โดยอาศัยตำแหน่งการวางตัวของหินตะกอน (Sedimentary rock) จะต้องใช้ระยะเวลาช่วงหนึ่งที่เกิดการทับถม (Deposition) ซึ่งการเรียงลำดับของหินตะกอนสามารถบอกเวลาเปรียบเทียบได้

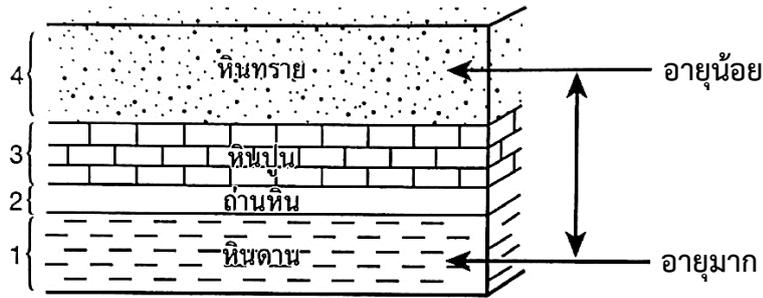
ทวีศักดิ์ บุญชูไชย (2561 : 115) ให้ความหมายอายุเปรียบเทียบ หมายถึง การหาอายุของหิน และกลุ่มหิน โดยทำการเก็บตัวอย่างของหิน เพื่อศึกษาลักษณะการลำดับชั้นหิน และธรณีโครงสร้างของหิน จากนั้นนำข้อมูลหาอายุเปรียบเทียบของหินแต่ละกลุ่มได้

สรุปได้ว่า อายุเปรียบเทียบ หมายถึง ระยะเวลาที่ได้จากการเปรียบเทียบซึ่งกันและกัน เพื่อหาอายุทางธรณีวิทยา การหาอายุของหินและกลุ่มหิน จะทำการศึกษาตัวอย่างของหิน โดยเฉพาะหินตะกอน หรือศึกษาจากข้อมูลหลุมเจาะเก็บตัวอย่าง แล้วนำข้อมูลของหินเหล่านั้นมาศึกษาถึงลักษณะการลำดับชั้นหิน และธรณีโครงสร้างหินเพื่อหาอายุเปรียบเทียบของหินและกลุ่มหินได้

ซึ่งเรียกรวมกันว่า “การศึกษาจากซากดึกดำบรรพ์” (Fossil identification) การศึกษาอายุเปรียบเทียบต้องอาศัยหลักการ ดังต่อไปนี้ (สง่า ตั้งขวาล, 2555 : 14 – 15 และทวีศักดิ์ บุญบูชาไชย, 2561 : 116 – 117)

2.1 กฎการวางตัวซ้อนทับกันของชั้นหินตะกอน (Law of Superposition)

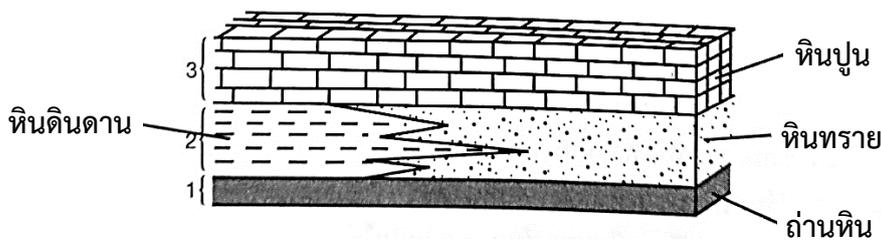
เมื่อหินตะกอนสะสมกันเป็นชั้น ๆ อยู่ที่เดียวกัน ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง โดยการคว่ำหรือพลิกกลับ (Overturned) โดยปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หินตะกอนที่อยู่ชั้นบนสุดจะมีอายุน้อยกว่า หินตะกอนที่อยู่ชั้นล่างถัดลงไป แสดงดังภาพที่ 2.2 หินดินดานมีอายุมากที่สุด



ภาพที่ 2.2 การหาอายุของหินตามกฎการวางตัวซ้อนทับกันของชั้นหินตะกอน
ที่มา : ทวีศักดิ์ บุญบูชาไชย, 2561 : 116

2.2 กฎการสอดกันของหิน (Law of Intertangling)

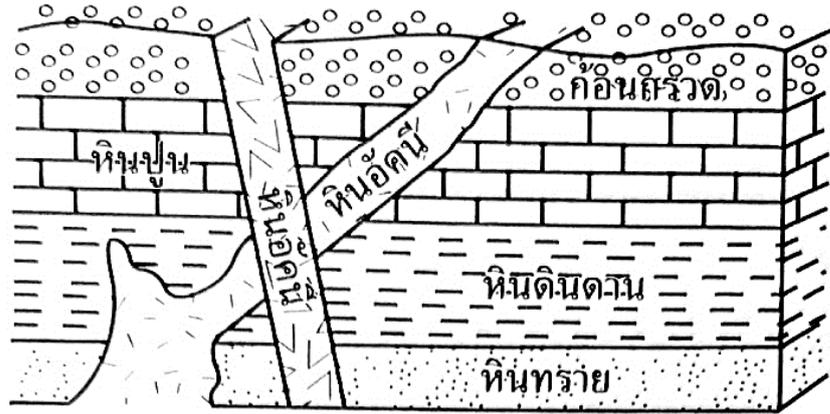
เมื่อหินตะกอนที่ทับถมกันเป็นหินตะกอน 2 ชนิดที่สอดกันอยู่ หินตะกอนทั้งสองที่สอดกันจะเป็นหินที่มีอายุเท่ากัน แสดงดังภาพที่ 2.3 หินดินดานจะมีอายุเท่ากับหินทราย



ภาพที่ 2.3 การหาอายุของหินตามกฎการสอดกันของหิน
ที่มา : ทวีศักดิ์ บุญบูชาไชย, 2561 : 116

2.3 กฎการแทรกเข้าไปของหิน (Law of Intrusion)

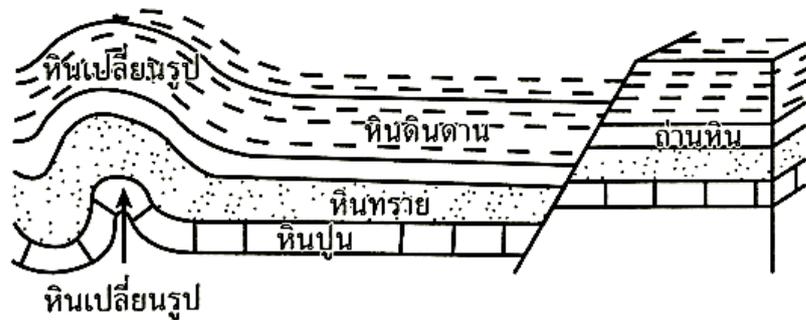
กฎการแทรกเข้าไปของหิน หรือกฎความสัมพันธ์ในการตัดผ่านชั้นหิน (Law of Cross-Cutting Relationship) กล่าวคือ ในขณะที่หินอัคนี้อยู่ในสภาพหลอมเหลว หินอัคนีเกิด การแทรกเข้าไปในหินที่มีอยู่แล้วไปแข็งตัวแทรกอยู่ในหินเดิม หินอัคนี้นั้นจะมีอายุน้อยกว่าหินเดิมที่มันได้แทรกเข้าไป แสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การหาอายุของหินตามกฎการแทรกเข้าไปของหิน
ที่มา : ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 117

2.4 กฎการเปลี่ยนรูปของหิน (Law of Deformation)

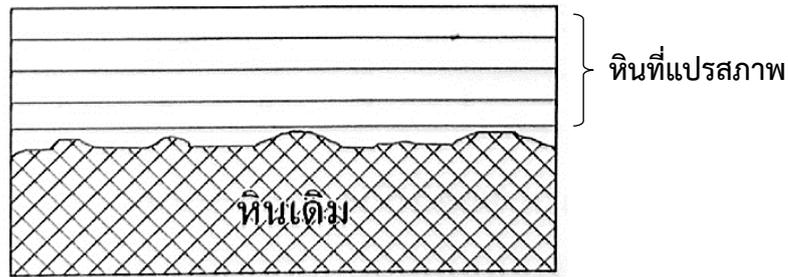
หินที่เปลี่ยนรูปไปจากชั้นหินเดิม เช่น มีรอยคดโค้ง (Fold) หรือรอยเลื่อน (Fault) การเปลี่ยนรูปเหล่านี้จะเกิดขึ้นภายหลัง นั่นคือ หินที่เปลี่ยนรูปไปจะมีอายุน้อยกว่าหินที่อยู่ในโครงสร้างรูปเดิม แสดงดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การหาอายุของหินตามกฎการเปลี่ยนรูปของหิน
ที่มา : ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 117

2.5 กฎการแปรสภาพของหิน (Law of Metamorphism)

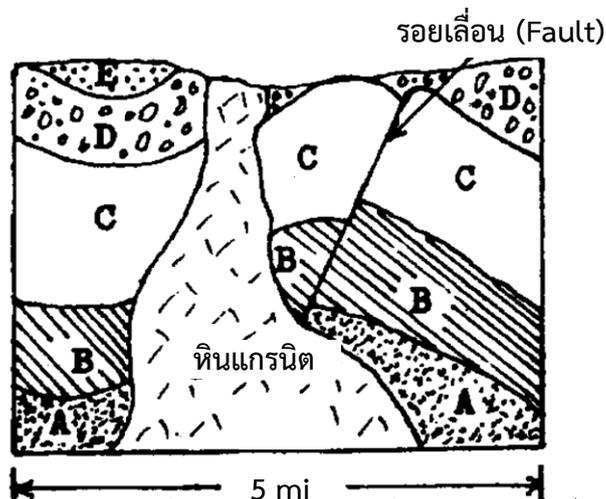
หินที่แปรสภาพจากหินเดิมจะมีอายุของหินน้อยกว่าหินเดิม แสดงดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การหาอายุของหินตามกฎการแปรสภาพของหิน
ที่มา : ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 117

3. การลำดับชั้นหิน

ลัลนา ปริญญาปริวัฒน์ (2541 : 127 – 128) อธิบายถึงระยะเวลาในชั้นหิน สรุปได้ว่า ระยะเวลาในชั้นหินเป็นการศึกษาการเรียงลำดับเหตุการณ์ของชั้นหิน โดยศึกษาจากหินที่โผล่ขึ้นมา หรือโครงสร้างของชั้นหินในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง จากนั้นทำการหาความสัมพันธ์กันของแต่ละบริเวณ เพื่อหาความต่อเนื่องกันมากขึ้น จากการศึกษาทำให้ทราบว่า ชั้นหินใดเกิดขึ้นก่อน ชั้นหินใดเกิดขึ้น หลังสุด นั่นคือ การบอกอายุของชั้นหินแบบเปรียบเทียบ ตัวอย่างการศึกษาการเรียงลำดับเหตุการณ์ของชั้นหินแต่ละบริเวณ แสดงดังภาพที่ 2.7 ชั้นหินที่มีการโค้งงอ ซึ่งมีการเคลื่อนที่ตามแนวรอยเลื่อน และต่อมามีการแทรกขึ้นมาของหินแกรนิต



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างการศึกษาการเรียงลำดับเหตุการณ์ของชั้นหินแต่ละบริเวณ
ที่มา : ลัลนา ปริญญาปริวัฒน์, 2541 : 127

จากภาพที่ 2.6 สามารถเรียงลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาได้ ดังนี้

1) ลำดับของชั้นหิน ชั้นล่างสุดจะมีอายุมากที่สุดและชั้นบนสุดจะมีอายุน้อยสุด จากภาพที่ 2.6 หินชั้น A จะมีการสะสมตัวและเกิดขึ้นก่อนหินชั้นอื่น ๆ และหินชั้น E จะเกิดทีหลังสุด กฎนี้จะเป็นจริงถ้าชั้นหินไม่ถูกรบกวนทำให้พลิกกลับ

2) ชั้นหินในระยะแรกที่เริ่มตกสะสมกันเป็นหินชั้น จะวางตัวอยู่ในแนวเกือบระนาบเสมอ

3) การเคลื่อนไหวอย่างรุนแรงจะเกิดขึ้นภายหลังที่มีการสะสมของหินชั้น ในภาพที่ 2.6 ภายหลังที่ชั้น D เกิดขึ้นแล้ว ชั้นหินทั้งหมดจะเกิดการโค้งงอ และรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นจะมีอายุน้อยกว่าชั้น C

4) หินอัคนีจำพวกหินแกรนิต ที่แทรกขึ้นมาโดยตัดผ่านชั้นของหินชั้นจะมีอายุน้อยที่สุด จากภาพที่ 2.6 หินแกรนิตจึงมีอายุน้อยกว่าชั้นหิน D

มาตรธรณีกาล

ในช่วงคริสต์ศักราชที่ 19 ได้มีการศึกษาข้อมูลจากแหล่งธรณีวิทยามากมายแล้วนำข้อมูลมาสร้างมาตรธรณีกาล (Geologic time scale) ที่ได้ลำดับเหตุการณ์และเวลาที่เกิดก่อนและหลังตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในโลกและของสิ่งมีชีวิตผ่านกาลเวลา หลังจากนั้นได้มีการค้นพบธาตุกัมมันตรังสี ในปี ค.ศ. 1895 และการพัฒนาเทคนิควิธีการหาอายุด้วยธาตุกัมมันตรังสี ทำให้นักธรณีสามารถกำหนดอายุสัมบูรณ์ มีหน่วยเป็นปีเป็นตัวกำหนดอายุทางธรณี ซึ่งเป็นตัวเลขเพิ่มให้กับมาตรธรณีกาล หน่วยที่ใหญ่ที่สุด คือ บรมยุค (Eon) ย่อยลงมาคือ มหายุค (Era) ยุค (Period) และสมัย (Epoch) การแบ่งมาตรธรณีกาลอาศัยการเปลี่ยนแปลงเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในอดีต ตารางสรุปธรณีประวัติศาสตร์ตามมาตรธรณีกาล ซึ่งสรุปจากทวิศักดิ์ บุญบูชาไชย (2561 : 132-134) และสมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย (2546 : 8) แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สรุปธรณีประวัติศาสตร์ตามมาตรธรณีกาล

มหายุค	ยุค	สมัย	ล้านปีมาแล้ว	เหตุการณ์สำคัญ/สิ่งมีชีวิต
ซีโนโซอิก	ควอเทอร์นารี	ปัจจุบัน	0.01	มนุษย์ปัจจุบันรู้จักคิด เขียน และมีการบันทึก
		ไพลสโตซีน	1.8	ยุคน้ำแข็ง สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศ มนุษย์สมัยหิน
	เทอร์เทียรี	ไพลโอซีน	5	ม้าเริ่มมีวิวัฒนาการอย่างในปัจจุบัน มีสัตว์กินพืชเกิดขึ้นมากมาย สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมขนาดใหญ่และช้างแพร่หลาย
		ไมโอซีน	23	ม้ามีวิวัฒนาการมากขึ้นเล็กลงด้านหลังเริ่มหดหายไป เริ่มมีอูฐ ยีราฟ กวาง และหมี ไม้ดอกเจริญเต็มที่
		โอลิโกซีน	37	มีลิงเกิดแต่เป็นลิงไม่มีหาง มีแมว มีสุนัขเกิดขึ้น ม้ามีขนาดใหญ่และมีเล็บเท้า 3 เล็บ
		อีโอซีน	55	ต้นตระกูลของม้าเริ่มเกิดขึ้น มีค้างคาวและสัตว์คล้ายวาฬเกิดขึ้น เริ่มมีหนู สัตว์กบและช้าง

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

มหายุค	ยุค	สมัย	ล้านปีมาแล้ว	เหตุการณ์สำคัญ/สิ่งมีชีวิต
ซินโซอิก	เทอร์เทียรี	พาลีโอซีน	65	สัตว์เลื้อยลูกด้วยนมและสัตว์ใช้ฟันแทะเริ่มเกิดขึ้น นกเริ่มมีลักษณะคล้ายในปัจจุบัน
มีโสโซอิก	ครีตาเชียส	-	136	ไดโนเสาร์เริ่มมีการปรับตัวเป็นไดโนเสาร์กินเนื้อ มีไดโนเสาร์ชนิดต่าง ๆ และสูญพันธุ์ไปในยุคนี้ เริ่มมีพันธุ์ไม้ดอก หอยน้ำจืดแพร่หลาย
	จูแรสสิก	-	190	มีไดโนเสาร์จำนวนมาก เช่น บรอนโตซอรัส สเตโกซอรัส และแคมโตซอรัส นอกจากนี้ ยังมีเทอโรแดคเทิล ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของนกและมีสัตว์เลื้อยลูกด้วยนมเกิดขึ้นในยุคนี้
พาลีโอโซอิก	เพอร์เมียน	-	280	เป็นยุคสุดท้ายของมหายุคพาลีโอโซอิก มีธารน้ำแข็งปกคลุมทั่วโลก พืชฟอสซิลชนิด ปะการังรูโกส ไตรโลไบต์สูญพันธุ์ไป เริ่มมีแมลงปีกแข็งเกิดขึ้น
	เพนซิลวาเนียน	-	300	ได้ชื่อว่าเป็นยุคของแมลงสาบ มีแมงมุม แมงป่อง กิ้งกือ และเริ่มมีสัตว์เลื้อยคลานเกิดขึ้น วิวัฒนาการจากสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลาน กำเนิดแรกเริ่ม เป็นต้น คือ ซีมอเรีย นอกจากนี้ มีพืชบก เช่น เฟิร์น เป็นต้น เกิดขึ้นมากมาย
	มิสซิสซิปเปียน	-	345	เริ่มพบสัตว์มีกระดูกสันหลัง สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ และสัตว์บกอื่น ๆ สัตว์ประจำยุคนี้ คือ ครินอยด์ นอกจากนี้ ยังพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ได้แก่ ปะการัง หอยสองฝา และหอยฝาเดียว
	ดีโวเนียน	-	395	เริ่มมีสัตว์ลักษณะคล้ายปลา เช่น ปลาไม่มีกราม ปลาตัวแบน ฉลาม ปลาจมูก เป็นต้น สัตว์ประจำยุคนี้ คือ ปลา ซึ่งจะวิวัฒนาการเป็นสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ พืชที่พบไม่มีใบและรากที่แท้จริง จำนวนของสัตว์ไตรโลไบต์ลดลงมาก
	ไซลูเรียน	-	440	เริ่มมีสัตว์บก สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์ที่มีลำตัวเป็นปล้อง ๆ เช่น ออสตราคอด แมงป่องทะเล เป็นต้น สัตว์มีกระดูกสันหลัง เช่น ปลา เป็นต้น พืชที่พบเป็นพวกสาหร่าย
	ออร์โดวิเซียน	-	500	มีสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอาศัยอยู่ในทะเล เช่น ไบรโอโซน แกรบโดไลต์ ครินอยด์ ปะการัง เป็นต้น เริ่มมีปลา

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

มหายุค	ยุค	สมัย	ล้านปี มาแล้ว	เหตุการณ์สำคัญ/สิ่งมีชีวิต
พาลีโอโซอิก	แคมเบรียน	-	570	เริ่มมีสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีเปลือกได้แก่ พวกหอยต่าง ๆ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น ไตรโลไบท์ เซฟาโลพอด เป็นต้น
	พรีแคมเบรียน		4,000	ธารน้ำแข็งปกคลุมทั่วโลก เริ่มมีสัตว์ตัวนุ่มคล้ายแมงกะพรุน บางพวกคล้ายไส้เดือน มีสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์เกิดขึ้น แต่ยังเป็นสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ เช่น สาหร่าย รา โพรทิสต์ เป็นต้น สาหร่ายที่สำคัญคือ สโตรมาโตไลต์

ที่มา : ปรับปรุงจากสมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย, 2546 : 8 และทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 132 - 134

ตารางเวลาทางธรณีกาลจะแบ่งออกเป็น 4 มหายุค (Era) คือ มหายุคพรีแคมเบรียน (The Precambrian Era) มหายุคพาลีโอโซอิก (Paleozoic Era) มหายุคมีโซโซอิก (Mesozoic Era) และมหายุคซีโนโซอิก (Cenozoic Era) มีรายละเอียดดังนี้ (ลลนา ปริญญาปริวัฒน์, 2541 : 133 - 158; สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย, 2546 : 8; กิจการ พรหมมา, 2555 : 3 - 6 และทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 123 - 134)

1. มหายุคพรีแคมเบรียน

มหายุคพรีแคมเบรียน เป็นมหายุคที่มีช่วงเวลายาวนานเกือบถึง 4,000 ล้านปี (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 123 - 134) มหายุคนี้มีอายุมากที่สุด และเป็นส่วนประกอบหลักของเปลือกโลกภาคพื้นทวีป หินส่วนใหญ่เป็นหินแปรที่เกิดคดโค้ง และการเลื่อนจำนวนมาก ซึ่งมีการแทรกซอนของหินอัคนี การหาอายุใช้วิธีการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี จากหลักฐานซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิตได้มีการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิตจำพวกสาหร่าย (Algae) เป็นส่วนมากที่สำคัญ คือ สโตรมาโตไลต์ (Stromatolite) มีลักษณะเป็นชั้น ๆ ซ้อนกันคล้ายกะหล่ำปลี นอกจากนี้ ยังพบร่องรอยของสัตว์ที่คล้ายแมงกะพรุน (Jelly Fish) บางพวกมีลักษณะคล้ายไส้เดือน สิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ได้เริ่มเกิดขึ้นแล้ว ในช่วงเวลายุคพรีแคมเบรียน สิ่งมีชีวิตในมหายุคพรีแคมเบรียนยังเป็นพวกสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ เช่น สาหร่าย รา โพรทิสต์ เป็นต้น มหายุคนี้จบลงด้วยเหตุการณ์รุนแรง (Diastrophic movement) ทำให้แผ่นดินยกตัวสูงขึ้นและต่อมาเกิดการกัดเซาะ สังเกตได้จากหินพรีแคมเบรียนต่อกับหินในมหายุคพาลีโอโซอิก

2. มหายุคพาลีโอโซอิก

มหายุคพาลีโอโซอิกนี้มีหลักฐานแสดงให้เห็นมากกว่าในมหายุคพรีแคมเบรียน มีชั้นหินโพลีให้เห็นรวมทั้งซากดึกดำบรรพ์ซึ่งทำให้ง่ายกับการเปรียบเทียบชั้นหิน “พาลีโอ” แปลว่า เก่า “โซอิก” แปลว่า เขต ดังนั้น “พาลีโอโซอิก” จึงแปลว่า เขตเก่าหรือชีวิตโบราณ ซากดึกดำบรรพ์ที่พบเป็นของสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลัง แล้ววิวัฒนาการไปเป็นปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก และพืชบก

เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในมหายุคพาลีโอโซอิก สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ พาลีโอโซอิกช่วงต้น และมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลาย

2.1 มหายุคพาลีโอโซอิกช่วงต้น

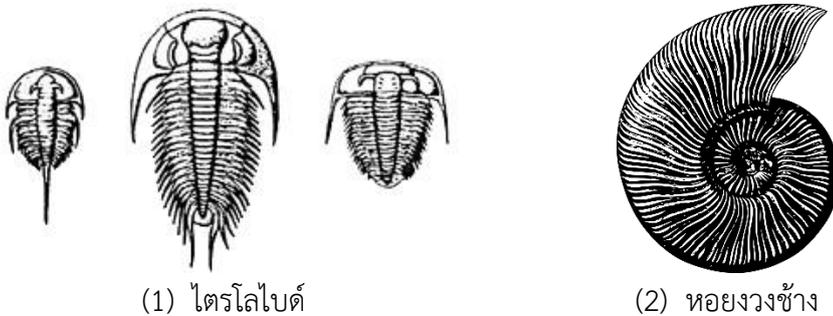
ในช่วงต้นของมหายุคพาลีโอโซอิก แบ่งออกเป็น 3 ยุค คือ ยุคแคมเบรียน (Cambrian Periods) มีระยะเวลา 100 ล้านปี ยุคออร์โดวิเชียน (Ordovician Life) มีระยะเวลา 60 ล้านปี และยุคไซลูเรียน (Silurian Periods) ระยะเวลา 40 ล้านปี รวมเวลามหาพาลีโอโซอิกช่วงต้น ประมาณ 200 ล้านปี (ทวิศศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 123) สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในมหายุคพาลีโอโซอิกช่วงต้นนี้จะดำรงชีวิตอยู่ในทะเลยังไม่ขึ้นมาบนบก และสัตว์ส่วนมากเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

2.1.1 ยุคแคมเบรียน ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในยุคนี้ คือ สัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเล ได้แก่ พวกหอยต่าง ๆ เอคไคโนเดิร์ม (Echinoderms) บราคิโอพอด (Brachiopods) และอาร์โทรพอด (Arthropods) สัตว์พวกนี้มีสารประกอบพวกหินปูนและฟอสเฟส ซึ่งใช้ในการสร้างเปลือกหุ้มตัวของมันไว้ ตัวอย่างสัตว์ที่พบในยุคแคมเบรียน มีดังนี้

1) ไตรโลไบต์ (Trilobites) เป็นสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง ลำตัวแบ่งออกเป็นปล้อง ๆ จัดอยู่ในไฟลัมอาร์โทรพอด มีขนาดลำตัวยาวประมาณ 5 เซนติเมตร เป็นสัตว์ที่มีอยู่ตลอดมหายุคพาลีโอโซอิก ตั้งแต่ยุคแคมเบรียนจนสูญพันธุ์ไปในยุคเพอร์เมียน ในแต่ละยุคจะมีไตรโลไบต์ชนิดต่าง ๆ กัน

2) เซฟาโลพอด (Cephalopods) เป็นสัตว์ในไฟลัมมอลลัสกา มีหนวดเป็นกล้ามเนื้อ มีหัวและปากกลม มีช่องให้น้ำไหลเข้าออก เช่น หอยวงช้าง ปลาหมึก เป็นต้น

3) หอยกาบคู่ (Brachiopods) เป็นหอยที่มีขนาดใหญ่ประมาณ 1 เซนติเมตร มีกาบทั้งสองเปิดปิดได้ พบในจำนวนมากรองลงมาจากไตรโลไบต์



(1) ไตรโลไบต์

(2) หอยวงช้าง

ภาพที่ 2.8 สิ่งมีชีวิตในยุคแคมเบรียน

ที่มา : ทวิศศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 123 - 124

2.1.2 ยุคออร์โดวิเชียน ทะเลเป็นบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่กำเนิดในยุคออร์โดวิเชียน ดังนี้

1) ไบรโอโซน (Bryozoans) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเล ที่มีขนาดเล็ก มีความยาวไม่ถึง 1 มิลลิเมตร

2) แกรปโตไลต์ (Graptolites) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเล

3) ครินอยด์ (Crinoids) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอยู่ในทะเล มีลักษณะคล้ายต้นไม้และรากต้นไม้อ่างบางครั้งเรียกว่า ดอกลิลลี่ทะเล (Sea Lily)

4) ปะการัง (Corals) เป็นสัตว์ทะเลจำพวกไม่มีกระดูกสันหลัง อยู่ในไฟลัม ซีเลนเดอรატา (Coelenterata) ซากดึกดำบรรพ์ของปะการังจะเป็นหินปูน

2.1.3 ยุคไซลูเรียน สัตว์ที่อยู่ในยุคนี้ จะเป็นสัตว์ที่มีลำตัวเป็นปล้อง ๆ ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตในยุคไซลูเรียน ดังนี้

1) ออสตราคอด (Ostracods) เป็นสัตว์ที่มีขนาดเล็ก ๆ จัดอยู่ในไฟลัม อาร์โทรพอด ที่มีลำตัวเป็นปล้อง มีเปลือกเป็นหินปูน

2) แมงป่องทะเล (Eurypterids) มีลำตัวเป็นปล้อง ๆ ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร มีลักษณะรูปร่างคล้ายแมงป่อง

3) สัตว์มีกระดูกสันหลัง เป็นสัตว์จำพวกปลา มีความยาวประมาณ 20 เซนติเมตร มีเขี้ยวเล็ก ๆ เชื่อกันว่า เป็นต้นกำเนิดของปลา

4) พืชชั้นต่ำในทะเล ได้แก่ พวกสาหร่าย

2.2 มหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลาย

มหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลาย แบ่งออกเป็น 3 ยุค คือ ยุคดีโนเวียน (Devonian period) ระยะเวลา 50 ล้านปี ยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous period) ระยะเวลา 80 ล้านปี และยุคเพอร์เมียน (Permian period) ระยะเวลา 45 ล้านปี รวมระยะเวลาทั้งหมดของมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลาย 175 ล้านปี (ทวิคคัต บัญญาไชย, 2561 : 126)

2.2.1 ยุคดีโนเวียน ระยะเวลา 50 ล้านปี ในยุคนี้จะมีสัตว์ที่มีลักษณะคล้ายปลาเพิ่มมากขึ้น ปลาที่พบในยุคนี้ ได้แก่ ปลาไม่มีกระดูก (Ostracoderms) ปลาตัวแบน (Placoderms) ฉลาม (Sharks) ปลากระดูก (Osteichthyes) ปลากระดูกอ่อน (Chondrichthyes) และปลาจมูก (Chondrichthyes) ซึ่งจะมีวิวัฒนาการเป็นสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (Amphibian) พบแมงมุม กิ้งกือ และแมลง พืชที่พบเป็นพวกไม่มีรากและใบแท้จริง แต่มีท่อลำเลียงน้ำและท่อลำเลียงอาหาร

2.2.2 ยุคคาร์บอนิเฟอรัส ได้แบ่งย่อยเป็น 2 ยุค คือ ยุคเพนซิลเวเนีย (Pennsylvanian period) เป็นยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น และยุคมิสซิสซิปเปียน (Mississippian period) เป็นยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลาย

2.2.2.1 ยุคเพนซิลเวเนีย ในยุคนี้มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลหลายครั้ง เริ่มมีแมลงหลายชนิด และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจนได้ชื่อว่า ยุคของแมลงสาบ เป็นยุคที่เริ่มปรากฏสัตว์เลื้อยคลาน (Reptiles) ซึ่งได้วิวัฒนาการมาจากพวกสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลานแรกเริ่ม คือ ซีมอเรีย (Seymouria) และมีพืชบกจำนวนมาก ได้แก่ ต้นเฟิร์นขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดชั้นถ่านหินที่สำคัญของโลกปัจจุบัน

2.2.2.2 ยุคมิสซิสซิปเปียน เป็นยุคที่เริ่มมีการพบสัตว์มีกระดูกสันหลัง สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ และสัตว์บกอื่น ๆ มีพืชกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปจำนวนมากตามบริเวณที่เป็นบึงหนองน้ำ หรือทะเลสาบ พืชเหล่านี้จะกลายเป็นถ่านหินเมื่อตายทับถมกันเป็นเวลานาน สัตว์ที่พบในยุคนี้ คือ ครินอยด์ (Crinoid) ซึ่งเป็นวัชพืชทะเลมีรากเกาะที่พื้นท้องทะเล นอกจากนี้ ยังพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น ปะการัง หอยสองฝา หอยฝาเดียว เป็นต้น

2.3 ยุคเพอร์เมียน

ตอนปลายของยุคเพอร์เมียนเป็นยุคน้ำแข็ง มีธารน้ำแข็งปกคลุมไปทั่วโลก พืชและสัตว์หลายชนิดตายและสูญพันธุ์ไป เช่น ฟิวซิลินิด (Fusulinid) เพอรามินิเฟอรา ปะการังรูโกส (Rugoes) ไตรโลไบต์ เป็นต้น แต่มีพืชและสัตว์บางชนิดที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้และมีวิวัฒนาการ

เพื่อการอยู่รอดของชีวิต เช่น เริ่มมีแมลงปีกแข็งเกิดขึ้น สัตว์เลื้อยคลานได้มีวิวัฒนาการไปเรื่อย ๆ จนมีจำนวนมาก และแยกออกเป็นชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

3. มหายุคมีโซโซอิก

“มีโซ” แปลว่า กลาง “โซอิก” แปลว่า เขต “มีโซโซอิก” จึงมีความหมายว่า เขตกลาง หรือชีวิตช่วงกลาง แบ่งออกเป็น 3 ยุค เป็นเวลา 155 ล้านปี ได้แก่ ยุคไทรแอสสิก (Triassic period) มีช่วงเวลา 45 ล้านปี ยุคจูแรสสิก (Jurassic period) ช่วงเวลา 45 ล้านปี และยุคครีตาเซียส (Cretaceous period) ช่วงเวลา 65 ล้านปี (ทวิศัคดี บุญชูชาติ, 2561 : 127) ช่วงแรกของมหายุคนี้แผ่นดินยังมีระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเล และมีการกัดเซาะเกิดขึ้นทำให้มีการสะสมของตะกอนในแอ่งและที่ราบลุ่ม ช่วงต่อมาผลจากการกัดเซาะทำให้แผ่นดินลดระดับต่ำลง มีน้ำทะเลท่วมเข้ามาถึงบริเวณแอ่งหรือธรณีแอ่งตัว (Geosynclines) และตามขอบของแผ่นดิน ทำให้มีการสะสมของตะกอนบนบก และตะกอนจากทะเลสลับกัน ซึ่งเป็นตอนกลางมหายุค จึงพบชั้นของถ่านหินเกิดขึ้นในตอนปลายมหายุคนี้ และช่วงที่จะสิ้นสุดมหายุคมีโซโซอิกมีการเคลื่อนไหวของเปลือกโลกอย่างรุนแรง โดยเฉพาะทางซีกโลกตะวันตก และทะเลจะถอยร่นทำให้เกิดแผ่นดินสูงขึ้น เป็นช่วงที่สิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการเพิ่มมากขึ้นทั้งสัตว์บกและสัตว์ทะเล พืชพยายามที่จะปรับตัวให้อยู่ได้ในสิ่งแวดล้อมที่ร้อน และตามฤดูกาลที่เปลี่ยน พืชพวกสน เฟิร์นและไซแคดส์ (Cycads) มีมากตลอดมหายุคนี้ (ลีณา ปริญญาปริวัฒน์, 2541 : 155) และในมหายุคนี้เชื่อกันว่า แผ่นดินที่เคยเป็นผืนเดียวกัน เรียกว่า พังเจีย (Pangaea) จะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ลอเรเชีย (Laurasia) และกอนด์วานา (Gondwanaland)

3.1 ยุคไทรแอสสิก

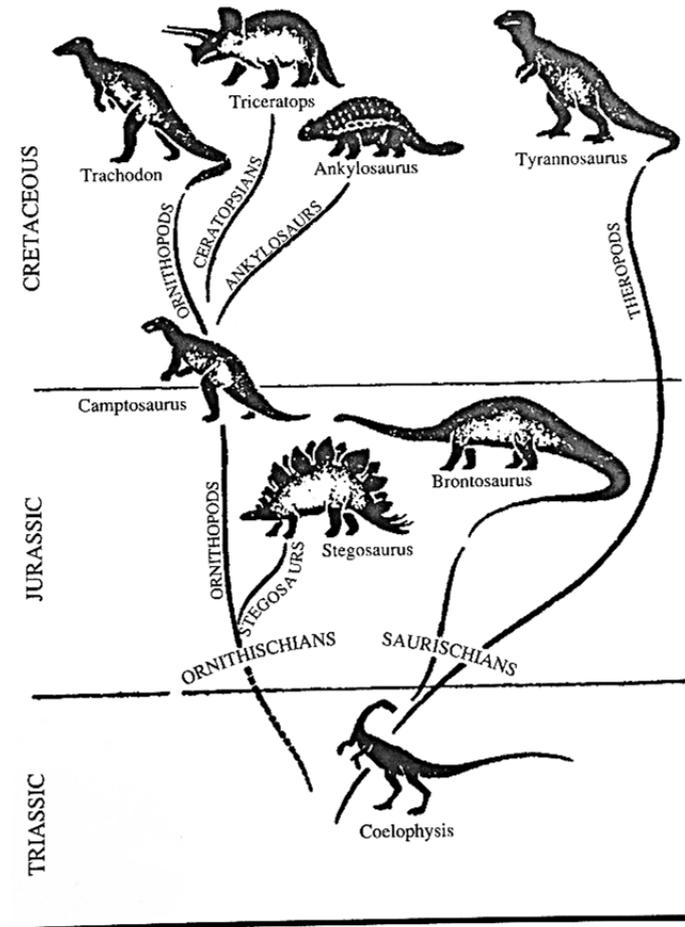
ยุคไทรแอสสิกเป็นยุคที่เริ่มมีสัตว์เลื้อยคลาน ได้แก่ ไดโนเสาร์ ซึ่งไดโนเสาร์จัดอยู่ในจำพวกสัตว์เลื้อยคลาน เช่นเดียวกับจระเข้ เต่า งู เป็นสัตว์เลือดเย็น ไม่มีขน ออกลูกเป็นไข่ สุกในรังไปในตอนปลายของยุคครีตาเซียส ไดโนเสาร์ชนิดแรกมีชื่อว่า โคโลไฟซิส (Coelophysus)

3.2 ยุคจูแรสสิก

ยุคจูแรสสิกเป็นยุคที่มีไดโนเสาร์มากที่สุด คือ บรอนโตซอรัส (Brontosaurus) เป็นไดโนเสาร์ที่มีคอยาว หางยาว ขาหน้ากับขาหลังยาวเท่า ๆ กัน สเตโกซอรัส (Stegosaurus) เป็นไดโนเสาร์ที่มีแผ่นครีบบนหลังของมัน คอสั้น และหัวเล็ก และแคมโตซอรัส (Camptosaurus) เป็นไดโนเสาร์ที่มีขาหน้าสั้นกว่าขาหลัง หางสั้น ไดโนเสาร์ในยุคนี้จะกินพืชเป็นอาหาร นอกจากไดโนเสาร์แล้ว ในยุคนี้ยังมีสัตว์อื่นอีก เช่น เทอโรแดคทิล (Pterodactyl) เป็นสัตว์ต้นกำเนิดของนกมีขนเหมือนนก มีปีกเป็นแผ่นหนังบินได้ และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมก็เกิดในยุคนี้เช่นกัน

3.3 ยุคครีตาเซียส

ยุคครีตาเซียสเป็นยุคที่ไดโนเสาร์เริ่มมีการปรับตัว ทำให้มีไดโนเสาร์พันธุ์ใหม่เกิดขึ้น ไดโนเสาร์ในยุคนี้จะเป็นไดโนเสาร์ที่กินเนื้อสัตว์เป็นอาหาร มีฟันแหลมคม เนื่องจากสภาพภูมิประเทศมีการเปลี่ยนแปลง ปริมาณพืชลดลง มีไดโนเสาร์หลายชนิด เช่น ไทแรนโนซอรัส (Tyrannosaurus) กอร์โกซอรัส (Gorgosaurus) ทราโคดอน (Trachodon) ไทรเซอราทอป (Triceratops) แองกีโลซอรัส (Ankylosaurus) เป็นต้น



ภาพที่ 2.9 ไดโนเสาร์ในยุคต่าง ๆ
ที่มา : ลัสนา ปริญญาปรีวัฒน์, 2541 : 147

4. มหายุคซีโนโซอิก

“ซีโน” แปลว่า ใหม่ “โซอิก” แปลว่า เขต “ซีโนโซอิก” จึงมีความหมายว่า เขตใหม่หรือชีวิตปัจจุบัน ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในหินมหายุคนี้คล้ายกับสิ่งมีชีวิตที่พบอยู่ในปัจจุบัน ประกอบด้วย สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง พืชยืนต้น และหญ้า มหายุคซีโนโซอิกเป็นมหายุคสุดท้ายของการแบ่งยุคตามเวลาทางธรณีวิทยา แบ่งออกเป็น 2 ยุค คือ ยุคเทอเทียรี (Tertiary period) และยุคควอเทอร์นารี (Quaternary period)

4.1 ยุคเทอเทียรี ในยุคนี้มีพืชและสัตว์ชนิดใหม่เกิดขึ้นเพียงไม่กี่ชนิด สัตว์ที่พบในยุคนี้ได้แก่ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม นก และปลา ยุคนี้แบ่งออกได้เป็น 5 สมัย คือ สมัยพาลีโอซีน (Pliocene epoch) สมัยอีโอซีน (Eocene epoch) สมัยโอลิโกซีน (Oligocene epoch) สมัยไมโอซีน (Miocene epoch) และสมัยไพลโอซีน (Paleocene epoch)

4.1.1 สมัยพาลีโอซีน เป็นสมัยแรกที่เริ่มมีสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม สัตว์คล้ายลิงคล้ายหมาป่า (Lemur) สัตว์ฟันแทะ (Rodent) แต่เป็นสัตว์ขนาดเล็ก และนกเริ่มมีลักษณะคล้ายในปัจจุบัน

4.1.2 สมัยอีโอซีน มีสัตว์เลื้อยลูกด้วยน้ำนมเพิ่มมากขึ้น ต้นตระกูลของม้าได้เกิดในสมัยนี้ โดยมี 4 เท้าขนาดเล็ก มีเล็บ 4 เล็บ นอกจากนี้ ยังมีคางคาว และสัตว์ที่มีลักษณะคล้ายวาฬเกิดขึ้นด้วย

4.1.3 สมัยโอลิโกซีน เริ่มมีลิงเกิดขึ้น เป็นลิงที่ไม่มีหาง นอกจากนี้ ยังมีสุนัข แมว ม้า ซึ่งมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีเล็บเท้า 3 เล็บ

4.1.4 สมัยไมโอซีน ม้ามีวิวัฒนาการมากขึ้น โดยมีเล็บเท้า 3 เล็บ แต่เล็บด้านข้างเริ่มหดหายไป พบซากของม้า กวาง และแรด บางส่วนของทวีปมีอุฐู ยีราฟ และกวางเกิดขึ้น

4.1.5 สมัยพลีโอซีน ม้ายังคงมีวิวัฒนาการต่อไปและมีลักษณะใกล้เคียงปัจจุบันมากขึ้น มีสัตว์กินพืชเกิดขึ้นมากมาย

4.2 ยุคควอเทอร์นารี ช่วงเวลา 1.5 ล้านปีมาแล้วจนถึงปัจจุบัน (ทวีศัคดี บุญชูชาติไชย, 2561 : 130) แบ่งออกเป็น 2 สมัย คือ สมัยไพลสโตซีน (Pleistocene epoch) และสมัยปัจจุบัน (Recent epoch)

4.2.1 สมัยไพลสโตซีน เป็นช่วงเวลาที่ธารน้ำแข็งเกิดขึ้นจำนวนมาก ประมาณร้อยละ 27 ของบริเวณพื้นแผ่นดิน (ทวีศัคดี บุญชูชาติไชย, 2561 : 130) จึงได้ชื่อว่า สมัยน้ำแข็ง (Ice Age) มีผลทำให้น้ำในมหาสมุทรเย็นลงมาก พร้อมกับมีทะเลสาบน้ำจืดเกิดขึ้นบนทวีปมากมาย สิ่งมีชีวิตในสมัยนี้จะเป็สัตว์เลื้อยลูกด้วยน้ำนม มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศที่หนาวเย็น โดยการมีขนยาวที่รุงรัง เช่น ช้างแมมมอธ (Mamoth) แรดขนยาว (Woolly Rhimoceros) วัวมัสค์ (Musk Ox) เป็นต้น

4.2.2 สมัยปัจจุบัน เริ่มเมื่อ 5,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช เป็นสมัยของมนุษย์ (Age of Man) เป็นช่วงเวลาที่มนุษย์มีวิวัฒนาการจากการเป็นมนุษย์ลิง (Ape Man) มาเป็นมนุษย์ในปัจจุบันที่รู้จักคิด เขียน และมีการบันทึกเรื่องราวต่าง ๆ

ซากดึกดำบรรพ์

สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย (2546 : 8) ให้ความหมายซากดึกดำบรรพ์ หมายถึง ซากหรือร่องรอยของสิ่งมีชีวิตทั้งสัตว์มีกระดูกสันหลัง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและพืช ซึ่งถูกเก็บรักษาเอาไว้ในสภาพที่กลายเป็นหินหรือแร่ ในชั้นหินของเปลือกโลก โดยกระบวนการทางธรรมชาติเท่านั้น

สอดคล้องกับทวีศัคดี บุญชูชาติไชย (2561 : 119) ให้ความหมายของซากดึกดำบรรพ์หรือฟอสซิล หมายถึง ซากหรือร่องรอยของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ในยุคดึกดำบรรพ์ที่เคยอาศัยอยู่ในบริเวณนั้นได้ตายไปเป็นเวลานานมากนับเป็นหลายร้อยล้านปี แต่มีซากหรือร่องรอยปรากฏเหลืออยู่มาจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากธรรมชาติได้ช่วยรักษาเอาไว้

สรุปได้ว่า ซากดึกดำบรรพ์ หมายถึง ซากหรือร่องรอยของสิ่งมีชีวิตทั้งสัตว์มีกระดูกสันหลัง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และพืช ที่เคยอาศัยอยู่ในบริเวณนั้นตายเป็นเวลานานนับหลายร้อยล้านปี ซึ่งถูกเก็บรักษาเอาไว้ในสภาพที่กลายเป็นหินหรือแร่ในชั้นหินของเปลือกโลก โดยกระบวนการทางธรรมชาติ ซากดึกดำบรรพ์ส่วนใหญ่ถูกค้นพบฝังตัวอยู่ในหินตะกอน ตรงกับคำว่า “Fossil” ในภาษาอังกฤษ ซึ่งมีรากศัพท์มาจากภาษาละตินว่า “Fossus” แปลว่า ถูกขุดขึ้นมา

1. ประเภทของซากดึกดำบรรพ์

การจำแนกประเภทของซากดึกดำบรรพ์ สามารถจำแนกออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยใช้หลักเกณฑ์การจำแนกเช่นเดียวกับการจำแนกกลุ่มสิ่งมีชีวิตปัจจุบัน ซึ่งจำแนกซากดึกดำบรรพ์เป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ ซากดึกดำบรรพ์สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (Invertebrate fossil) ซากดึกดำบรรพ์สัตว์มีกระดูกสันหลัง (Vertebrate fossil) ซากดึกดำบรรพ์พืช (Plant fossil) และร่องรอยสัตว์ดึกดำบรรพ์ (Trace fossil) (สมศักดิ์ โพธิ์สัตย์ และเยาวลักษณ์ ชัยมณี, 2555 : 171 - 173)

1.1 ซากดึกดำบรรพ์สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

สัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่เป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในทะเล ในยุคแรก ๆ ยังไม่มีเปลือกแข็งหุ้ม ต่อมาเมื่อเปลือกแข็งหุ้มอยู่ภายนอก เกิดขึ้นก่อนยุคแคมเบรียนจนถึงปัจจุบัน สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีทั้งสัตว์เซลล์เดียว ได้แก่ ฟอแรมมินิเฟอร่า (Foraminifera) และสัตว์หลายเซลล์ ได้แก่ แกรปโตไลต์ (Graptolite) แอมโมไนต์ (Ammonite) ไบรโอซัว (Bryozoan) บราซิโอพอด (Brachiopod) ไครนอยด์ (Crinoid) ไทรโลไบต์ (Trilobite) ฟองน้ำ (Sponge) ปะการัง (Coral) หอยกาบเดี่ยว (Gastropod) และหอยกาบคู่ (Pelecypod) ซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่ไม่ได้อาศัยอยู่ในทะเล ได้แก่ แมลงชนิดต่าง ๆ

1.2 ซากดึกดำบรรพ์สัตว์มีกระดูกสันหลัง

สัตว์มีกระดูกสันหลังเป็นกลุ่มสัตว์ที่มีวิวัฒนาการสูง มีแกนกระดูกยาวช่วยในการพยุงร่างกายให้คงรูปอยู่ได้ ได้แก่ สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ปลา นก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม เกิดขึ้นตั้งแต่ปลายยุคแคมเบรียน และได้มีการเปลี่ยนแปลงวิวัฒนาการจนถึงปัจจุบัน ซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังที่ครบสมบูรณ์ทั้งตัวพบได้น้อยมาก การศึกษาซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ สามารถทำได้โดยการศึกษาชิ้นส่วนหัวกะโหลก กระดูก และฟันของสัตว์

1.3 ซากดึกดำบรรพ์พืช

ซากดึกดำบรรพ์พืชเกิดขึ้นตั้งแต่ยุคพรีแคมเบรียนจนถึงยุคปัจจุบัน โดยเริ่มต้นพบซากดึกดำบรรพ์ของสาหร่าย ซึ่งเป็นผู้ผลิตก๊าซออกซิเจนให้แก่ชั้นบรรยากาศโลกและมีความสำคัญอย่างมากในอุตสาหกรรมน้ำมัน ต่อมาพบพืชบกในยุคไซลูเรียน และพบความหลากหลายของพืชมากขึ้นในยุคคาร์บอนิเฟอรัส ส่วนพืชดอกเริ่มมีขึ้นในยุคครีเทเชียส ซึ่งซากดึกดำบรรพ์พืชส่วนใหญ่ที่พบอยู่ในรูปไม้กลายเป็นหิน ละอองเรณู สปอร์ และถ่านหิน นอกจากนี้ ยังพบเป็นรอยพิมพ์ซากไม้ที่ประทับอยู่ในหินทรายหรือหินดินดาน

1.4 ร่องรอยสัตว์ดึกดำบรรพ์

ร่องรอยสัตว์ดึกดำบรรพ์ไม่ใช่ชิ้นส่วนของสิ่งมีชีวิต แต่เป็นร่องรอยที่เกิดขึ้นจากการกระทำของสัตว์ ซึ่งถูกประทับไว้ในชั้นหิน ร่องรอยเหล่านี้สามารถบอกเล่าเรื่องราวของสภาพแวดล้อมและพฤติกรรมของสัตว์ได้ เช่น รอยรูขนไซ รอยเท้า แนวทางเดิน มูลของสัตว์ เป็นต้น

2. ประโยชน์ของการศึกษาซากดึกดำบรรพ์

การค้นพบซากดึกดำบรรพ์ทำให้ทราบว่า สภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นในอดีตเป็นพื้นดินหรือพื้นน้ำ เป็นที่ราบหรือภูเขา และยังสามารถบอกช่วงอายุของซากดึกดำบรรพ์นั้นได้อีกด้วย เรียกว่า ซากดึกดำบรรพ์ดัชนี (Index fossil) เช่น ไทรโลไบต์ เป็นสัตว์จำพวกไม่มีกระดูกสันหลังอยู่ในยุคแคมเบรียน แกรปโตไลต์ เป็นสัตว์จำพวกไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลอยู่ในยุคออร์โดวิเซียน เป็นต้น สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย (2546 : 8 - 9) กล่าวถึงประโยชน์ของการศึกษาซากดึกดำบรรพ์

ซึ่งสอดคล้องกับสมศักดิ์ โพธิ์สัตย์ และเยาวลักษณ์ ชัยมณี (2555 : 173 - 176) การศึกษาซากดึกดำบรรพ์ช่วยให้เรียนรู้ประวัติและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีการสูญพันธุ์ และมีการเกิดขึ้นใหม่มาทดแทน รวมทั้งช่วยให้ทราบประวัติความเป็นมาของโลกว่า มีเหตุการณ์ใดเกิดขึ้นในช่วงเวลาใดสามารถสรุปถึงประโยชน์ของซากดึกดำบรรพ์ได้ ดังนี้

2.1 ใช้บอกอายุของชั้นหิน เนื่องจากสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นมาและสูญพันธุ์ไปตลอดเวลา ตารางเวลาทางธรณีวิทยาจึงใช้เป็นหลักฐานการเกิดขึ้น และการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเป็นเกณฑ์กำหนดอายุของชั้นหิน เรียกว่า ซากดึกดำบรรพ์ดัชนี เช่น ฟิวซิลินิต ที่ดำรงชีวิตอยู่ในช่วงยุคคาร์บอนิเฟอรัส ถึงยุคเพอร์เมียนเท่านั้น เป็นต้น

2.2 ใช้บอกลำดับชั้นหิน สิ่งมีชีวิตที่มีอายุมากกว่าจะตกทับถมอยู่ในหินชั้นล่างและสิ่งมีชีวิตที่มีอายุน้อยกว่าจะตกทับถมอยู่ในหินชั้นบน ดังนั้น เมื่อพบซากดึกดำบรรพ์ที่มีอายุเก่ากว่า แสดงให้เห็นว่า ชั้นหินนั้นเกิดก่อนชั้นหินที่มีซากดึกดำบรรพ์ที่มีอายุใหม่กว่า

2.3 ใช้เทียบเคียงชุดหินต่าง ๆ ชั้นหินที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันและมีซากดึกดำบรรพ์ชนิดเดียวกัน แม้ว่าพบในบริเวณที่ต่างกันก็ถือว่า ชั้นหินทั้งสองแหล่งเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน และเกิดในสภาพแวดล้อมของการสะสมตะกอนลักษณะเดียวกัน

2.4 ใช้ประโยชน์ในการค้นหาแหล่งแร่บางชนิด เช่น สาหร่ายทะเล ที่ฝังอยู่ในหินกักเก็บน้ำมัน สามารถช่วยให้การสำรวจหาปิโตรเลียมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดค่าใช้จ่าย เป็นต้น

2.5 ใช้บอกถิ่นกำเนิดและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ในอดีต เช่น การค้นพบซากเอป ซึ่งเป็นลิงขนาดใหญ่ ไม่มีหาง ลักษณะคล้ายคลึงกับอูรังอุตังในปัจจุบันที่อำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา และที่อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครราชสีมา ทำให้สันนิษฐานได้ว่า ประเทศไทยอาจเป็นแหล่งกำเนิดและวิวัฒนาการของอูรังอุตังมาตั้งแต่สมัยไมโอซีน เมื่อราว 13 ล้านปีมาแล้ว เป็นต้น

2.6 ใช้บอกสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศในอดีต การศึกษาชนิดของซากดึกดำบรรพ์ รวมทั้งชนิดของหินที่มีซากดึกดำบรรพ์ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตปัจจุบัน ทำให้สามารถแปลความหมายสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศในอดีตได้ เนื่องจากสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ

2.7 ใช้บอกการเคลื่อนที่ของเปลือกโลก เปลือกโลกมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา เช่น การค้นพบซากไดโนเสาร์ยุคครีเทเชียสหลายชนิดในประเทศไทยเป็นไดโนเสาร์กลุ่มเดียวกันที่พบในประเทศจีนทำให้สันนิษฐานได้ว่า แผ่นดินฉาน-ไทย ซึ่งเคลื่อนที่มาจากทางใต้ได้ชนกับแผ่นดินอินโดจีนแล้วในช่วงปลายมหายุคมีโซโซอิก เป็นต้น

3. ซากดึกดำบรรพ์ในประเทศไทย

ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในประเทศไทยมีหลากหลายชนิด ได้แก่ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น ปะการัง หอย ไทรโลไบต์ เป็นต้น สัตว์มีกระดูกสันหลัง เช่น เต่า ไดโนเสาร์ ปลา จระเข้ เป็นต้น และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ส่วนซากพืชพบหลายชนิด มีทั้งส่วนของลำต้น ใบ และละอองเรณู นอกจากนี้ยังมีร่องรอยของสัตว์ดึกดำบรรพ์ เช่น รอยเท้าและรอยทางเดินของไดโนเสาร์ รูและรอยขนไชของหนอน ซากดึกดำบรรพ์เก่าแก่ที่สุดที่พบในประเทศไทย คือ ซากไทรโลไบต์ มีอายุราว 500 ล้านปี พบที่เกาะตะรุเตา ส่วนซากดึกดำบรรพ์ ที่มีอายุใหม่ ได้แก่ ซากหอยนางรมยักษ์ ที่พบจากชุดดินกรุงเทพฯ มีอายุเพียง 5,500 ปี ตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ที่พบในประเทศไทย ตามอายุทางธรณีวิทยาจากเก่าสุดไปหาใหม่สุด ดังนี้ (สมศักดิ์ โพธิ์สัตย์ และเยาวลักษณ์ ชัยมณี, 2555 : 176 – 178)

3.1 ซากดึกดำบรรพ์ในมหายุคพาลีโอโซอิก

3.1.1 แหล่งซากดึกดำบรรพ์เกาะตะรุเตา ตั้งอยู่ที่อำเภอละงู จังหวัดสตูล เป็นซากดึกดำบรรพ์ที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดในประเทศไทย มีการสะสมตัวตั้งแต่ยุคแคมเบรียนตอนปลายต่อเนื่องมาจนถึงยุคออร์โดวิเซียนตอนต้น พบซากดึกดำบรรพ์ในชั้นหินดินดาน และหินทรายจากหลายบริเวณบนเกาะตะรุเตา ได้แก่ อ่าวตะโล๊ะโต๊ะโป๊ะ อ่าวตะโล๊ะอูดัง และอ่าวมะละกา เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น ไทรโลไบต์ บราคิโอพอด นอติลอยด์ เป็นต้น และพบร่องรอยของสัตว์ดึกดำบรรพ์ด้วย แสดงดังภาพที่ 2.10



(1) ไทรโลไบต์



(2) บราคิโอพอด



(3) นอติลอยด์



(4) ร่องรอยสัตว์ดึกดำบรรพ์

ภาพที่ 2.10 ซากดึกดำบรรพ์ที่พบบนเกาะตะรุเตา

ที่มา : สมศักดิ์ โพธิ์สัตย์ และเยาวลักษณ์ ชัยมณี, 2555 : 178 - 179

1) ไทรโลไบต์ เป็นสัตว์ทะเลจัดอยู่ในไฟลัมอาร์โทรพอด ลำตัวแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแกนลำตัว และอีก 2 ส่วน คือ ด้านข้างลำตัว มีรูปลักษณะคล้ายกับแมงดาทะเลปัจจุบัน แต่มีขนาดเล็กกว่า อาศัยอยู่ในทะเลตื้น และตามแนวปะการัง พบแพร่หลายในมหายุคพาลีโอโซอิกตอนต้น สูญพันธุ์ไปเมื่อปลายยุคเพอร์เมียน

2) บราคิโอพอด เป็นสัตว์ทะเลจัดอยู่ในไฟลัมบราคิโอพอด ส่วนใหญ่เป็นพวกเกาะติดตามหิน หรือวัตถุที่อยู่บนพื้นทะเลบริเวณน้ำตื้น มีลักษณะคล้ายหอยกาบคู่ แต่ต่างกันที่เปลือกทั้ง 2 ฝา ที่มีขนาดไม่เท่ากัน แต่ฝาเดียวกันจะมีลักษณะด้านซ้าย และด้านขวาสมมาตรกัน

3) นอติลอยด์ เป็นสัตว์ทะเลจัดอยู่ในไฟลัมมอลลัสกา หรือสัตว์จำพวกหอยเชฟาโลพอด กลุ่มเดียวกับปลาหมึกในปัจจุบัน พบแพร่หลายในมหายุคพาลีโอโซอิก ปัจจุบันเหลืออยู่เพียงชนิดเดียว คือ หอยนอติลัส เป็นสัตว์กินเนื้อ ลำตัวแบ่งเป็นห้อง ๆ โดยมีผนังกันห้อง ส่วนใหญ่ลอยอยู่บนผิวน้ำ ทำให้พบได้ทั้งบริเวณทะเลตื้นและทะเลลึก

4) ร่องรอยสัตว์ดึกดำบรรพ์ ที่เกาะตะรุเตา พบร่องรอยสัตว์ดึกดำบรรพ์หลายชนิด ในหินทรายสีแดง ได้แก่ รอยทางเดินของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และรอยซอนโซของหนอน สกุล *Gordia sp.* ซึ่งเป็นรอยวงกลม ๆ

3.1.2 แหล่งซากดึกดำบรรพ์บ้านป่าเสม็ด ตั้งที่อำเภอละงู จังหวัดสตูล เป็นบริเวณที่ค้นพบซากดึกดำบรรพ์หลายชนิด ได้แก่ แกรบไทโลด และเทนทาकुไลต์ อายุราว 400 - 385 ล้านปี ในยุคดีโวเนียน ซากดึกดำบรรพ์บ้านป่าเสม็ดแสดงดังภาพที่ 2.11

1) แกรบไทโลด เป็นสัตว์ทะเลที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ ซากดึกดำบรรพ์ที่พบส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายรอยพิมพ์บาง ๆ บนหินดินดาน สีดำ หรือมีรูปร่างคล้ายกิ่งไม้

2) เทนทาकुไลต์ เป็นสัตว์ทะเลขนาดเล็ก มีลักษณะคล้ายหอยขนาดเล็ก เป็นรูปกรวย ยาว มีโคนกว้าง และมียอดแหลม พบมากในมหาสมุทรแอตแลนติกตอนต้น



(1) แกรบไทโลด



(2) เทนทาकुไลต์

ภาพที่ 2.11 ซากดึกดำบรรพ์ที่พบที่บ้านป่าเสม็ด ตั้งที่อำเภอละงู จังหวัดสตูล

ที่มา : สมศักดิ์ โพธิ์สัตย์ และเยาวลักษณ์ ชัยมณี, 2555 : 180

3.1.3 แหล่งซากดึกดำบรรพ์เขาถ่าน ตั้งอยู่บริเวณชายทะเลบ้านเขาถ่าน อำเภอสวี จังหวัดชุมพร เป็นเขาหินปูนสลับกับหินดินดาน มีอายุตั้งแต่ยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลายจนถึงยุคเพอร์เมียนตอนต้น ราว 300 - 270 ล้านปี มาแล้ว พบซากดึกดำบรรพ์หลายชนิด ได้แก่ หอยกาบคู่ ไบรโอซัว ไครนอยด์ บราซิโอพอด ฟองน้ำ และร่องรอยสัตว์ดึกดำบรรพ์ แสดงดังภาพที่ 2.12

1) หอยกาบคู่ เป็นสัตว์ทะเลจัดอยู่ในไฟลัมมอลลัสกา หรือสัตว์จำพวกหอยส่วนใหญ่อาศัยอยู่ที่พื้นทะเลในบริเวณทะเลตื้น โดยพบตั้งแต่ยุคแคมเบรียนจนถึงปัจจุบัน

2) ไบรโอซัว เป็นสัตว์ทะเลจัดอยู่ในไฟลัมไบรโอซัว ชอบอาศัยอยู่เป็นกลุ่มในบริเวณทะเลตื้น น้ำใส แต่อาจพบบ้างในแหล่งน้ำจืด ส่วนใหญ่ยึดติดอยู่กับพื้นทะเล แต่สามารถเคลื่อนที่ช้าๆ ได้โดยรอบ มีรูปร่างหลายแบบ เช่น เป็นแผ่นบาง ๆ ติดอยู่กับก้อนหินหรือเปลือกหอย มีรูปร่างคล้ายต้นไม้ขนาดเล็ก เป็นต้น พบตั้งแต่ยุคออร์โดวิเซียนจนถึงปัจจุบัน

3) ไครนอยด์ หรือเรียกว่า พลัปลิงทะเล เป็นสัตว์ทะเลจัดอยู่ในไฟลัมเอคิโนเดอรมาตา มีรูปร่างคล้ายต้นไม้ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนหัวมีลักษณะคล้ายดอก เป็นพุ่ม ส่วนลำต้นประกอบด้วยแวน หรือท่อนกลม มีรูตรงกลางซ้อนต่อกัน และส่วนล่างสุดคล้ายรากไม้แผ่กระจายออกไป ทำหน้าที่ยึดเกาะกับพื้นทะเล พบแพร่หลายในมหาสมุทรแอตแลนติกตอนต้น ซากดึกดำบรรพ์ส่วนใหญ่พบเพียงชิ้นส่วนของก้านที่หลุดออกมาเป็นแวน ๆ

4) ฟองน้ำ เป็นสัตว์ทะเลจัดอยู่ในไฟลัมโพรีเฟอร่า มีพบอยู่บ้างในน้ำจืด มีลักษณะโครงสร้างประกอบด้วยรูพรุน ทั้งลำตัว ทำให้น้ำไหลผ่านเข้าสู่กลางลำตัว ซึ่งมีลักษณะคล้ายถุง สามารถกรองอาหาร พบตั้งแต่ยุคแคมเบรียนจนถึงปัจจุบัน

5) ร่องรอยสัตว์ดึกดำบรรพ์ ที่พบในบริเวณเขาถ่าน ส่วนใหญ่เป็นร่องรอย การขบไชของหนอนสกุล *Helminthopsis sp.*



(1) หอยกาบคู่



(2) ปลั๊กปลิงทะเล

ภาพที่ 2.12 ซากดึกดำบรรพ์ที่พบที่บ้านเขาถ่าน อำเภอสวี จังหวัดชุมพร
ที่มา : สมศักดิ์ โพธิ์สัตย์ และเยาวลักษณ์ ชัยมณี, 2555 : 181

3.1.4 แหล่งซากดึกดำบรรพ์วัดศิรินาครัตนาราม ตั้งอยู่ที่ตำบลขอนแก่น อำเภอหนองม่วง จังหวัดลพบุรี เป็นเขาหินปูน ลูกโดด สูงประมาณ 20 เมตร พบซากดึกดำบรรพ์หลายชนิด ได้แก่ ฟิวซิลินิด แอมโมไนต์ ปะการัง และสาหร่าย แสดงดังภาพที่ 2.13 การค้นพบซากสัตว์ทะเลโบราณหลายชนิดบริเวณนี้แสดงว่า ในยุคเพอร์เมียนตอนกลาง ราว 270 ล้านปี มาแล้ว บริเวณนี้เคยเป็น ทะเลตื้นมาก่อน

1) ฟิวซิลินิด เป็นสัตว์ทะเลเซลล์เดียวจัดอยู่ในไฟลัมโพรโทซัว อาศัยอยู่ใน เขตอบอุ่น และบริเวณน้ำตื้น ลักษณะภายนอกส่วนใหญ่มีรูปร่างยาว หัวท้ายแหลม ลักษณะคล้ายกับ เมล็ดข้าวสาร และมีขนาดเล็ก นิยมเรียกว่า คดข้าวสาร พบมากในยุคคาร์บอนิเฟอรัสและยุคเพอร์เมียน สูญพันธุ์ไปตั้งแต่ปลายยุคเพอร์เมียน มีวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และสามารถกำหนดอายุ ได้แน่นอน

2) แอมโมไนต์ เป็นสัตว์ทะเลจัดอยู่ในไฟลัมมอลลัสกา เปลือกขดเป็นวง ส่วนใหญ่ลอยอยู่บนผิวน้ำ ทำให้สามารถพบได้ทั้งบริเวณทะเลตื้นและลึก พบมากในมหายุคมีโซโซอิก และสูญพันธุ์ เมื่อสิ้นยุคครีเทเชียส

3) ปะการัง เป็นสัตว์ทะเลจัดอยู่ในไฟลัมไนดาเรีย (Cnidaria) มีทั้งเป็นกลุ่ม และเป็นตัวเดี่ยว ๆ อาศัยอยู่บริเวณทะเลตื้น น้ำอุ่น มีแสงแดดส่องถึงและน้ำค่อนข้างใส จึงพบได้ โดยทั่วไปในภูเขาหินปูน พบแพร่หลายมากตั้งแต่มหายุคพาลีโอโซอิกจนถึงปัจจุบัน



(1) ฟิวซิลินิด



(2) ปะการัง

ภาพที่ 2.13 ซากดึกดำบรรพ์ที่พบที่วัดศิรินาครรัตนาราม อำเภอหนองม่วง จังหวัดลพบุรี
ที่มา : สมศักดิ์ โพธิ์สัตย์ และเยาวลักษณ์ ชัยมณี, 2555 : 181

3.2 ซากดึกดำบรรพ์ในมหายุคมีโซโซอิก

3.2.1 แหล่งซากและรอยเท้าไดโนเสาร์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการค้นพบ

ซากไดโนเสาร์ได้มากกว่าภาคอื่น ๆ เนื่องจากบริเวณที่ราบสูงโคราช ประกอบด้วยหินในมหายุคมีโซโซอิก ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สัตว์เลื้อยคลานครองโลก โดยมีความหลากหลายของสัตว์เลื้อยคลานหลายชนิด ทั้งไดโนเสาร์ จระเข้ และเต่า ตะกอนที่พบทั่วไป เป็นตะกอนที่ตกทับถม ในลุ่มแม่น้ำ หรือในหนองน้ำจืด ซึ่งเป็นแหล่งหาอาหารของสัตว์เลื้อยคลานเหล่านี้ แหล่งที่พบซากไดโนเสาร์ในประเทศมีดังนี้

1) แหล่งซากไดโนเสาร์ภูเวียง ตั้งอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติภูเวียง อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น มีลักษณะภูมิประเทศเป็นสันเขา เป็นบริเวณที่ค้นพบกระดูกไดโนเสาร์ชิ้นแรกในประเทศไทย เมื่อ พ.ศ. 2519 พบอยู่ที่บริเวณภูประตู่ตีหมา เป็นกระดูกท่อนขาของไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่ ต่อมาได้มีการสำรวจพบไดโนเสาร์ ทั้งจำพวกกินพืช และกินเนื้อ ชนิดใหม่ของโลกหลายชนิด ได้แก่ ไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่ ซึ่งได้มีการขอพระราชทานพระราชานุญาต ตั้งชื่อตามพระนาม ของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (*Phuwiangosaurus sirindhornae*) ไดโนเสาร์กินเนื้อขนาดเล็ก (*Compsognathus sp.*) ไดโนเสาร์กินเนื้อ (*Siamosaurus suteethorni*) และไดโนเสาร์กินเนื้อ ซึ่งคาดว่า เป็นบรรพบุรุษของไทรันโนซอรัส (*Siamotyrannus isanensis*) นอกจากนี้ ยังพบรอยเท้าไดโนเสาร์บริเวณหินลาดป่าขาด เป็นรอยพิมพ์นิ้ว 3 นิ้ว คล้ายรอยเท้านกที่ปลายนิ้วมีร่องรอยของเล็บแหลมคม บ่งชี้ว่าเป็นรอยเท้าไดโนเสาร์กินเนื้อขนาดเล็ก ไดโนเสาร์ที่ภูเวียงเป็นไดโนเสาร์สกุลและชนิดใหม่ ซึ่งเป็นต้นแบบของโลกถึง 3 ชนิด เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบกับข้อมูลที่พบใหม่ทั่วโลก

2) แหล่งซากไดโนเสาร์ภูมู่ข้าว ตั้งอยู่ที่ตำบลโนนบุรี อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นเขาโดดสูงประมาณ 300 เมตร พบซากกระดูกไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่ที่สมบูรณ์ที่สุดในประเทศไทย อยู่ในชั้นหินทรายปนหินดินดานสีแดง ที่หลุมขุดค้นไดโนเสาร์ภูมู่ข้าว ได้มีการขุดพบกระดูกมากกว่า 630 ชิ้น เป็นกระดูกส่วนคอ ขา สะโพก ซี่โครง และหางของไดโนเสาร์กินพืชไม่ต่ำกว่า 6 ตัว ลักษณะกระดูกที่พบ เป็นไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่ (*Phuwiangosaurus sirindhornae*) นอกจากนี้ ยังพบฟันของไดโนเสาร์กินพืช และกินเนื้ออีกมากกว่า 2 ชนิด

3) แหล่งรอยเท้าไดโนเสาร์ภูหลวง ตั้งอยู่บนยอดภูหลวง อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย ในบริเวณที่เรียกว่า ผาเตลีน เขตพื้นที่รักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง รอยเท้าที่ปรากฏอยู่บนชั้นหินทรายมีขนาดกว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 31 เซนติเมตร ลึก 3 - 4 เซนติเมตร ปรากฏให้เห็น

จำนวน 15 รอย เป็นรอยเดินไปทางทิศใต้ 10 รอย และรอยสวนกลับ 2 รอย รอยเดินไปทางทิศ ตะวันตกเฉียงเหนือ 2 รอย และอีกรอยไม่ชัดเจน เป็นรอยเท้าของไดโนเสาร์กินเนื้อขนาดใหญ่ที่เดิน ด้วยขาหลัง 2 ข้าง เนื่องจาก มีลักษณะแสดงรอยเล็บแหลมคม รอยเท้าดังกล่าวนี้ อยู่ในหมวดหิน ภูพาน อายุประมาณ 120 ล้านปี

4) แหล่งรอยเท้าไดโนเสาร์ภูแฝก ตั้งอยู่ในเขตวนอุทยานภูแฝก ตำบลภูแล่นช้าง กิ่งอำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ ค้นพบโดย ด.ญ. กัลยา มาศ สิงห์นาคลอง และ ด.ญ. พัชรี ไวแสน เมื่อปลาย พ.ศ. 2539 รอยเท้าที่ปรากฏอยู่บนชั้นหินทรายในลำห้วยน้ำยังมีจำนวนมากกว่า 10 รอย โดยปรากฏให้เห็นเป็นแนวทางเดิน 3 แนว มีขนาดกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร รอยเท้า ทั้งหมดเป็นรอยเท้าที่มี 3 นิ้ว เป็นรอยเท้าของไดโนเสาร์กินเนื้อขนาดใหญ่ ที่เดินด้วยขาหลัง 2 ข้าง เนื่องจากมีลักษณะแสดงรอยเล็บแหลมคม รอยเท้าดังกล่าวนี้ อยู่ในหมวดหินพระวิหาร อายุประมาณ 140 ล้านปี

3.2.2 แหล่งซากดึกดำบรรพ์ปลาภูน้ำจั้น ตั้งอยู่ที่ภูน้ำจั้น อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ใกล้วัดพระพุทธรูป พบในชั้นหินทราย มีอายุตั้งแต่ปลายยุคจูแรสสิก ถึงต้นยุค ครีเทเชียสราว 130 ล้านปีมาแล้ว ซากดึกดำบรรพ์ปลาที่พบมีซากกระดูก ซึ่งต่างจากปลาโดยทั่วไปคือ ซากกระดูกสันหลังคูดอาหารที่อยู่ใกล้ ๆ ปากเท่านั้น นอกจากนี้ ยังมีเกล็ดแข็งเป็นเงาวาวเพื่อช่วยพยุง ลำตัว เป็นซากดึกดำบรรพ์ปลาชนิดใหม่ของโลกให้ชื่อว่า เลปิโดเทส พุทธรูปเอนซิส (*Lepidotes buddhabutensis*) จัดอยู่ในวงศ์ *Semionotidae* แหล่งซากดึกดำบรรพ์ปลาแห่งนี้มีซากปลาเลปิโดเทส ที่สมบูรณ์มากกว่า 100 ตัว ถือได้ว่าเป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ปลาเลปิโดเทสที่ใหญ่ที่สุดในทวีปเอเชีย สันนิษฐานว่า บริเวณนี้เคยเป็นแอ่งน้ำจืดขนาดใหญ่มาก่อน

3.3 ซากดึกดำบรรพ์ในมหายุคซีโนโซอิก

3.3.1 แหล่งซากดึกดำบรรพ์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมจัดอยู่ในไฟลัมสัตว์มีกระดูกสันหลัง เริ่มมีแพร่หลายในมหายุคซีโนโซอิก ในประเทศไทยพบซากดึกดำบรรพ์ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมได้ตามเหมืองถ่านหิน และในบริเวณที่มีการสะสมตัวของตะกอนถ่านหินทั่วประเทศไทย

1) แหล่งซากดึกดำบรรพ์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม เหมืองถ่านหิน อำเภอกอเขื่อน จังหวัดกระบี่ เป็นส่วนหนึ่งของแอ่งสะสมตัวในยุคพาเลโอซีน ตะกอนประกอบด้วยชั้นหิน โคลน หินทรายแป้ง และหินทราย มีชั้นถ่านหินหนาประมาณ 20 เมตร ซึ่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้ขุดชั้นถ่านหินดังกล่าวไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ซากดึกดำบรรพ์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ที่พบในชั้นถ่านหินมีมากกว่า 20 ชนิด ได้แก่ ไพรเมต ซึ่งเป็นบรรพบุรุษของไพรเมตชั้นสูง สัตว์กิน เนื้อ สัตว์กีบ หนู นอกจากนี้ ยังพบเต่า งู ปลา และจระเข้ รวมทั้งซากหอยน้ำจืด ได้แก่ หอยขม และ หอยกาบคู่จำนวนมากในชั้นหินโคลน

2) แหล่งซากดึกดำบรรพ์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม เหมืองถ่านหินแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เป็นส่วนหนึ่งของแอ่งสะสมตัวยุคอีโอซีน ตะกอนประกอบด้วยชั้นหินโคลน หินทรายแป้ง และหินทราย มีชั้นถ่านหินแทรกสลับหลายชั้น ซึ่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้ขุดชั้นถ่านหิน ดังกล่าว ไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซากดึกดำบรรพ์ส่วนใหญ่ พบในชั้นถ่านหินประกอบด้วย ซากดึกดำบรรพ์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมหลายชนิด ได้แก่ สัตว์กินเนื้อ แรด หมู ช้างโบราณ และหนู นอกจากนี้ ยังพบ เต่า ตะพาบน้ำ ปลา งู และจระเข้ และการสะสมตัวของหอยน้ำจืด เช่น หอยขม เป็นต้น ชั้นที่หนาที่สุดในโลกประมาณ 12 เมตร วางตัวอยู่ระหว่างชั้นถ่านหิน

3) แหล่งซากดึกดำบรรพ์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม เหมือนถ่านหินเชียงม่วน ตั้งอยู่บริเวณบ้านสระ จังหวัดพะเยา เป็นส่วนหนึ่งของแอ่งสะสมตัวยุคอีโอซีน ตะกอนประกอบด้วยชั้นหินโคลน หินทรายแป้ง และหินทราย มีชั้นถ่านหินแทรกสลับหลายชั้น ซากดึกดำบรรพ์ที่ค้นพบ ได้แก่ ช้างมาส์โตดอน กระงงหมู และหนู นอกจากนี้ ยังได้ค้นพบซากเอปติกดำบรรพ์ขนาดใหญ่ หรือเอปเชียงม่วน ซึ่งเป็นบรรพบุรุษอูรังอูตัง ครั้งแรกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

4) แหล่งซากดึกดำบรรพ์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม บ่อทราย ตั้งอยู่ที่ ตำบลท่าช้าง และตำบลช้างทอง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครราชสีมา เป็นบ่อขุด และคูทราย ริมฝั่งแม่น้ำมูลในปัจจุบัน พบซากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมหลายชนิด เช่น ซากช้างโบราณอย่างน้อย 4 ชนิด ได้แก่ ช้างงาจบ ช้างสีงา ช้างสเตโกดอน แรดโบราณ ม้าโบราณ เอปโคราช ซึ่งเป็นบรรพบุรุษอูรังอูตัง นอกจากนี้ ยังพบเต่าโบราณขนาดใหญ่ และจระเข้โบราณ รวมถึงซากต้นไม้ขนาดใหญ่จำนวนมาก

3.3.2 สุสานหอยแหลมโพธิ์ ชายฝั่งทะเลบ้านแหลมโพธิ์ ตำบลไสไทย อำเภอเมืองจังหวัดกระบี่ เป็นส่วนหนึ่งของอุทยานแห่งชาติอินทรีธารา และหมู่เกาะพีพี สุสานหอยมีลักษณะเป็นแผ่นหินปูนหนาตั้งแต่ 0.05 - 1 เมตร มีเปลือกหอยขมแน่นจัด วางทับถมกันเป็นจำนวนมาก และเชื่อมประสานด้วยน้ำปูน จนยึดติดกันเป็นแผ่น เรียงซ้อนกัน คล้ายลานซีเมนต์ ชั้นหินสุสานหอยโผล่ให้เห็นอยู่ตามริมหาดเป็นแนวยาว ประมาณ 2 กิโลเมตร

3.3.3 แหล่งซากดึกดำบรรพ์ปลา บ้านหนองปลา ตั้งอยู่ตำบลน้ำเคี้ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นหินโคลนสีเทาขาว อยู่ในยุคนีโอจีน ปัจจุบันน้ำท่วมหมดแล้ว ซากดึกดำบรรพ์ปลาที่พบในแหล่งนี้มีอย่างน้อย 11 ชนิด ทั้งหมดเป็นปลาน้ำจืดมีอายุสมัยไมโอซีน อาศัยตามหนองน้ำและบึงใกล้ฝั่ง

3.3.4 แหล่งไม้กลายเป็นหิน อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก อยู่ในพื้นที่เขตป่าสงวนแม่สลิด - โป่งแดง พบไม้ทั้งต้นกลายเป็นหิน ขนาดใหญ่หลายต้นอยู่ในชั้นกรวด ลำต้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 เมตร ยาวมากกว่า 20 เมตร มีอายุประมาณ 800,000 ปี ประเทศไทยพบไม้กลายเป็นหินจำนวนมาก อยู่ในมหายุคซีโนโซอิกและมีโซโซอิก กิ่งไม้ที่ตกหรือทับถม ร่วมกับชั้นหินตะกอนมักพบในชั้นหินทรายหรือในชั้นหินกรวด การแทนที่นี้บ่อยครั้งจะยังคงสภาพโครงสร้างภายในเนื้อไม้เดิม เช่น วงปี โครงสร้างเซลล์ รูปร่างภายนอก เป็นต้น

3.3.5 แหล่งซากหอยนางรมยักษ์ วัดเจดีย์หอย ตั้งอยู่ที่ตำบลป่อเงิน อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี พบเปลือกหอยทะเลหลายชนิดสะสมตัว ปนกับซากไม้ผุในตะกอนดินเหนียวทะเล ที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม มีสีเทาถึงเทาปนเขียว ซากหอยที่พบ มีหลายชนิด เช่น หอยแครง หอยกาบ หอยสังข์ หอยลาย เป็นต้น ซากหอยที่พบมากที่สุดเป็นหอยนางรม เมื่อนำซากหอยนี้ไปหาอายุ ด้วยวิธีกัมมันตภาพรังสีคาร์บอน 14 พบว่า มีอายุประมาณ 5,500 ปี ซากหอยเหล่านี้เป็นหอยที่อาศัยอยู่ในทะเลใกล้ชายฝั่ง ในที่ราบน้ำขึ้นถึงหรือหาดเลน ที่มีป่าชายเลนขึ้นปกคลุม น้ำกร่อยค่อนข้างตื้น และมีน้ำขึ้นน้ำลงประจำทุกวัน แสดงให้เห็นว่า ในอดีตบริเวณวัดเจดีย์หอยเคยเป็นชายทะเลมาก่อน

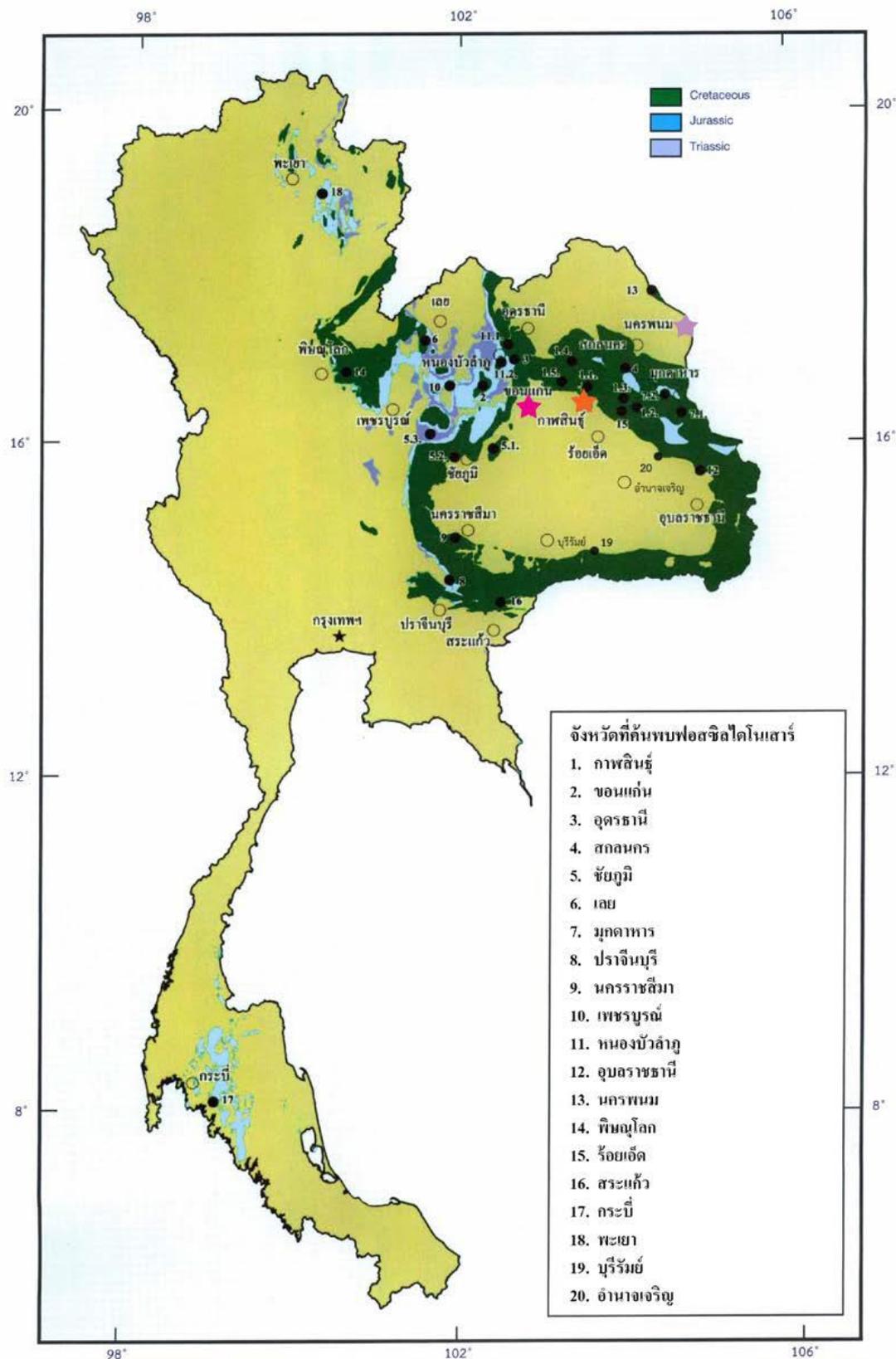
4. การค้นพบไดโนเสาร์ในประเทศไทย

การศึกษาซากดึกดำบรรพ์ในประเทศไทยเริ่มมีมาหลายทศวรรษแล้ว ส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษารายงานวิจัยเกี่ยวกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ส่วนที่เกี่ยวกับสัตว์มีกระดูกสันหลังที่พบในบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีจำนวน 2 – 3 ฉบับเท่านั้น แต่ไม่เคยมีรายงานเรื่องซากไดโนเสาร์เลย จนกระทั่งในปี พ.ศ.2519 นายสุธรรม แยมเนียม จากโครงการสำรวจแร่ยูเรเนียมฯ กรมทรัพยากรธรณี ได้ค้นพบกระดูกท่อนใหญ่ท่อนหนึ่ง จากภูประตู่ตีหมาในอุทยานแห่งชาติภูเวียง จังหวัดขอนแก่น และได้รับการตรวจสอบจากนักโบราณชีววิทยา ชาวฝรั่งเศส จึงทำให้รู้ว่าเป็นชิ้นส่วนของไดโนเสาร์ซอโรพอด พวกกินพืชกินดิน 4 เท้า คอยาวหางยาว มีความยาวประมาณ 15 เมตร ข้อมูลการพบดังกล่าว เป็นรายงานการค้นพบไดโนเสาร์เป็นครั้งแรกในประเทศไทย

ในปีพ.ศ. 2522 มีการสำรวจพบฟอสซิลไดโนเสาร์และจระเข้ในพื้นที่อีกหลายแห่งทางภาคอีสาน นางจุรา อิงคะวัตติ หัวหน้าฝ่ายโบราณชีวเวท กงธรณีวิทยา ได้ประสานงานกับ ดร.ฟิลิป จองเวียร์ ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญฟอสซิลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และ ดร.อีริค บุปโต ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านไดโนเสาร์ ร่วมจัดตั้งคณะสำรวจโบราณชีววิทยาไทย-ฝรั่งเศส โดยมีนักธรณีวิทยาฝ่ายไทย คือ นางจุรา อิงคะวัตติ นายวรารุช สธิธร นายนเรศ สัตยารักษ์ และคณะ และนักโบราณชีววิทยาชาวฝรั่งเศส คือ ดร.ฟิลิป จองเวียร์ ดร.อีริค บุปโต ดร.เลียวนาร์ค กินสเบอร์ก และดร.มิเชล มาร์แตง มีการเก็บตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลังที่พบในประเทศไทยจากพื้นที่หลายแห่งโดยเฉพาะภาคอีสานและภาคเหนือ

พ.ศ.2523 คณะสำรวจฯ ได้พบซากดึกดำบรรพ์ของ ส่วนหัวของสัตว์สะเทินบกสะเทินน้ำของสัตว์ตระกูลสเตโกซิปาเลียน อายุประมาณ 220 ล้านปี ที่เขื่อนจุฬาภรณ์ จังหวัดชัยภูมิ และพบกรมจระเข้ขนาดใหญ่ อายุประมาณ 160 ล้านปี ที่จังหวัดหนองบัวลำภู เป็นจระเข้ชนิดใหม่ตั้งชื่อว่า ซุนอซุคัส ไทยแลนด์ดิคัส (*Sunosuchus thailandicus*)

พ.ศ. 2524 คณะสำรวจฯ โดยการนำของนายเชิงชาย ไกรคง ได้สำรวจบริเวณภูเวียงอีกครั้ง ทำให้พบฟอสซิลกระดูกท่อนขาของไดโนเสาร์ ขนาดใหญ่ 2 ท่อน บนยอดของภูประตู่ตีหมา และยังพบฟันของไดโนเสาร์และฟันของสัตว์อื่น ๆ หลายชนิด เช่น จระเข้ ปลา และกระดูกงูเต่า ต่อมาในปี พ.ศ. 2525 คณะสำรวจฯ ได้พบซากดึกดำบรรพ์ของกระดูกชิ้นหนึ่งของไดโนเสาร์ฝังอยู่ในชั้นหิน เมื่อทำการขุดต่อจึงพบกระดูกของไดโนเสาร์จำนวนมากมายเรียงรายอยู่ในชั้นหิน หลังจากนั้นก็มี การสำรวจและขุดค้นซากไดโนเสาร์ในไทยเรื่อยมา ปัจจุบันพบแหล่งฟอสซิลไดโนเสาร์และรอยเท้าไดโนเสาร์หลายแห่งในประเทศไทย ดังแสดงในภาพที่ 2.14



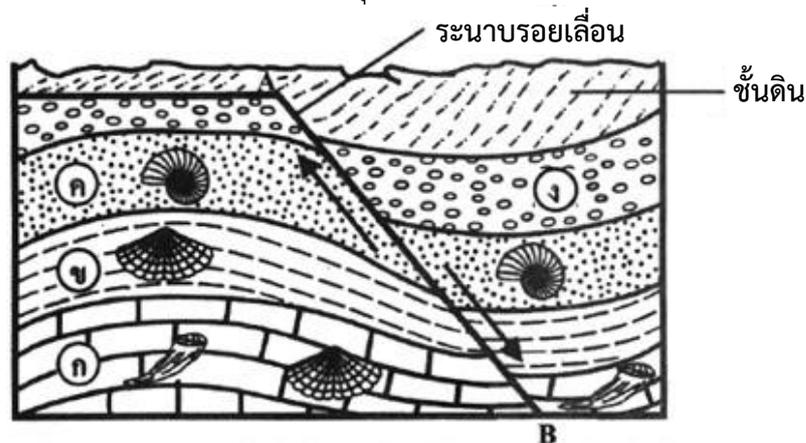
ภาพที่ 2.13 จังหวัดที่มีการค้นพบฟอสซิลไดโนเสาร์
ที่มา : <http://library.dmr.go.th>

สรุปท้ายบท

โลกมีการเปลี่ยนแปลงและวิวัฒนาการตลอดเวลาตั้งแต่กำเนิดขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาทางธรณีวิทยามี 2 ลักษณะ คือ อายุสัมบูรณ์ และอายุเปรียบเทียบ ซึ่งอายุสัมบูรณ์ หมายถึง อายุของหินหรือแร่ ที่บ่งบอกเป็นระยะเวลาที่แน่นอนลงไป และอายุเปรียบเทียบ หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้เปรียบเทียบซึ่งกันและกัน เพื่อหาอายุทางธรณีวิทยา การศึกษาลำดับชั้นหินช่วยในการเรียงลำดับเหตุการณ์ของชั้นหินแต่ละบริเวณได้ หน่วยมาตรธรณีกาลที่ใหญ่ที่สุด คือ บรมยุค ย่อยลงมาคือ มหายุค ยุค และสมัย การแบ่งมาตรธรณีกาลอาศัยการเปลี่ยนแปลงเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในอดีต ซึ่งอาศัยการศึกษาซากดึกดำบรรพ์ นั่นคือ ซากหรือร่องรอยของสิ่งมีชีวิตทั้งสัตว์มีกระดูกสันหลัง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และพืช ที่เคยอาศัยอยู่ในบริเวณนั้น การศึกษาซากดึกดำบรรพ์ช่วยให้เรียนรู้ประวัติและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีการสูญพันธุ์ และมีการเกิดขึ้นใหม่มาทดแทน รวมทั้งช่วยให้ทราบประวัติความเป็นมาของโลก

คำถามทบทวน

1. มนุษย์ทราบได้อย่างไรว่า ครั้งหนึ่งบนโลกนี้เคยมีไดโนเสาร์อาศัยอยู่ จงอธิบาย
2. การลำดับชั้นหิน และการศึกษาซากดึกดำบรรพ์ มีความสำคัญอย่างไรกับการศึกษาความเป็นมาของโลก
3. ระยะเวลาทางธรณีวิทยา คืออะไร แบ่งออกเป็นกี่ลักษณะ
4. การหาอายุของโลก วิธีการใดที่น่าเชื่อถือมากที่สุด จงอธิบาย
5. อายุสัมบูรณ์ และอายุเปรียบเทียบ แตกต่างกันอย่างใด และมีวิธีการหาอย่างไร
6. จากภาพที่ 2.13 ให้เรียงลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ



ภาพที่ 2.13 ลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา

7. ตามตารางมาตรธรณีกาล มีการจัดเวลาทางธรณีวิทยาอย่างไร อธิบาย
8. อธิบายเหตุการณ์สำคัญอะไรที่เกิดขึ้นในมหายุคมีโซโซอิก
9. ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในประเทศไทย มีความสำคัญและมีประโยชน์อย่างไร
10. เพราะเหตุใด หินอัคนีและหินแปรจึงไม่พบซากดึกดำบรรพ์

เอกสารอ้างอิง

- กิจการ พรหมมา. (2555). **ธรณีวิทยา สำหรับวิศวกร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย. (2561). **โลก ดาราศาสตร์ อวกาศ**. นนทบุรี : โรงพิมพ์เพิ่มทรัพย์การพิมพ์.
- ลัลนา ปริญญาปริวัฒน์. (2541). **ธรณีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สง่า ตั้งชวาล. (2555). **ธรณีวิศวกรรม ขั้นพื้นฐาน**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมศักดิ์ โพธิสัตย์ และเยาวลักษณ์ ชัยมณี. (2555). **สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่มที่ 31**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://kanchanapisek.or.th/kp6/Ebook/BOOK31/book31_6/Default.html. [19 กรกฎาคม 2561]
- สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย. (2546). **ธรณีวิทยาน่ารู้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- สำนักวิจัยซากดึกดำบรรพ์และพิพิธภัณฑ์ธรณีวิทยา. (2550). **ไดโนเสาร์ของไทย**. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยซากดึกดำบรรพ์และพิพิธภัณฑ์ธรณีวิทยา.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3

หัวข้อเนื้อหา

1. ทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน
 - 1.1 สมมติฐานการเคลื่อนที่ทวีปของเวเกเนอร์
 - 1.2 หลักฐานที่สนับสนุนสมมติฐานของเวเกเนอร์
 - 1.3 กระบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
2. ธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย
 - 2.1 แผ่นธรณีของประเทศไทย
 - 2.2 การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีแปรสัณฐานในประเทศไทย
 - 2.3 วิวัฒนาการแปรสัณฐานของประเทศไทย
2. การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาค
 - 2.1 การเคลื่อนเข้าหากันของแผ่นธรณี
 - 2.2 การเคลื่อนแยกออกจากกันของแผ่นธรณี
 - 2.3 การเคลื่อนของแผ่นธรณีผ่านกัน
3. ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา
 - 3.1 แผ่นดินไหว
 - 3.2 สึนามิ
 - 3.3 ภูเขาไฟ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายแนวคิด ทฤษฎี และหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี พร้อมระบุหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
2. อธิบายการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีแปรสัณฐานในประเทศไทย และวิวัฒนาการแปรสัณฐานของประเทศไทย
3. อธิบายสาเหตุ กระบวนการ และผลที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
4. อธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีฐานและโครงสร้างทางธรณีแบบต่าง ๆ
5. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลที่เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหว สึนามิ และภูเขาไฟ พร้อมออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจากธรณีพิบัติภัย

วิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. วิธีสอน

- 1.1 วิธีสอนแบบบรรยาย ประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์
- 1.2 วิธีสอนแบบสืบเสาะ ให้ผู้เรียนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการตั้งคำถาม และสืบเสาะแสวงหาข้อเท็จจริงหรือข้อมูล
- 1.3 วิธีสอนแบบปฏิบัติการ ให้นักศึกษาใช้กระบวนการพินิจภายในจิตใจของนักศึกษาเอง หรือวิเคราะห์จิตใจและประสบการณ์ของตนเอง
- 1.4 วิธีสอนแบบอภิปราย โดยกำหนดหัวข้อในการอภิปรายถึงความสำคัญของพลังงานแต่ละประเภทให้นักศึกษาร่วมอภิปราย โดยมีครูเป็นผู้แนะนำ

2. กิจกรรมการเรียนการสอน

- 2.1 นำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้คำถาม เช่น โลกมีโครงสร้างอย่างไร การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโลกทำให้เกิดปรากฏการณ์ใดบ้าง สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่บริเวณใดของโลก เป็นต้น
- 2.2 ให้นักศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามเกณฑ์ พร้อมทั้งอธิบายความเข้าใจของตนเองถึงชั้นตอน และวาดรูปแสดงโครงสร้างของโลกเปรียบเทียบระหว่างโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ
- 2.3 กิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มช่วยกันสืบเสาะแสวงหาข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และหลักฐานสนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี จากนั้นนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น พร้อมทั้งระบุลักษณะการเคลื่อนที่ และโครงสร้างทางธรณีที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาค
- 2.4 ให้นักศึกษาร่วมกันวิเคราะห์สาเหตุ กระบวนการเกิด ผลที่เกิดขึ้น แนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนจากแผ่นดินไหว สึนามิ และภูเขาไฟ
- 2.5 นักศึกษาช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้ และตอบคำถามท้ายบท

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือ ตำรา และเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. สื่อนำเสนอประกอบการบรรยาย
3. ฐานข้อมูลอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์อาจารย์
4. วิดีทัศน์เกี่ยวกับธรณีพิบัติภัย

การวัดผลและประเมินผล

1. ผู้เรียนตอบคำถามทบทวนด้านความรู้ความเข้าใจในแบบทดสอบท้ายบทเรียน
2. ผู้เรียนสนทนาแลกเปลี่ยนความรู้จากผลการศึกษาค้นคว้า
3. ผู้เรียนนำเสนองานตรงเวลา มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย แสดงความคิดเห็นสร้างสรรค์

สื่อในการนำเสนอที่น่าสนใจ

4. วัดความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับกรณีพิพัตถ์โดยใช้แบบทดสอบ
5. สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และความรับผิดชอบจากการทำงานกลุ่ม

บทที่ 3

ธรณีพิบัติภัย

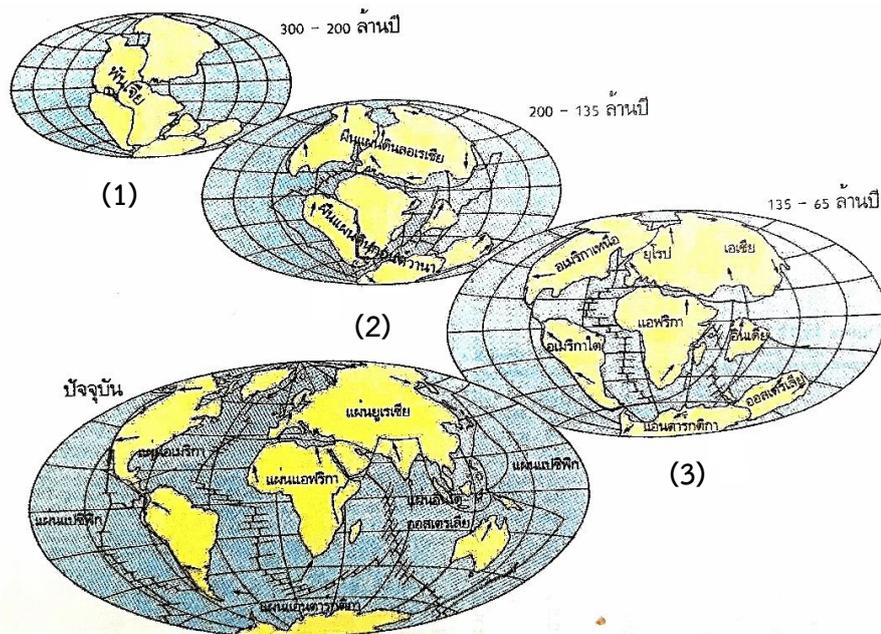
กระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดภายในโลก ได้แก่ แผ่นดินไหว สึนามิ และภูเขาไฟระเบิด เป็นพิบัติภัยที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณี ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ทำให้ผิวโลกเปลี่ยนแปลงไป เช่น ลดระดับต่ำลง ยกกระตบสูงขึ้น บางพื้นที่มีการฉีกขาด เป็นต้น กระบวนการเหล่านี้อาจเกิดขึ้นอย่างฉับพลัน หรือเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ย่อมส่งผลกระทบต่อความเสียหายสู่มนุษย์ การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีของโลก กระบวนการเกิดปรากฏการณ์ทางธรณี เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปหาสาเหตุ วิธีการปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนเพื่อเตรียมรับมือป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ

ทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน

ทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน (Plate tectonic theory) มีความสำคัญอย่างมากในการศึกษาทางธรณีวิทยา ซึ่งช่วยในการแปลความหมาย ส่วนประกอบ โครงสร้าง และกระบวนการต่าง ๆ ภายในโลก คำว่า “เทคโทนิคส์ (Tectonics)” เป็นการศึกษาการเคลื่อนไหว และการแปรสภาพของเปลือกโลกในภาพรวม ทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณี หรือทฤษฎีแผ่นเปลือกโลกเคลื่อนได้อธิบายว่า ชั้นธรณีภาคแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ แผ่นธรณีทวีป และแผ่นธรณีมหาสมุทร ซึ่งแผ่นธรณีหรือเพลต (Plate) จะเคลื่อนที่ไปบนพื้นของฐานธรณีภาค แผ่นธรณีมีการเคลื่อนที่ออกจากกัน เคลื่อนที่เข้าหากัน และเคลื่อนที่ผ่านกันหรือเฉือนกัน ซึ่งจะทำให้เกิดปรากฏการณ์แผ่นดินไหวหรือภูเขา สมมติฐานและหลักฐานที่เกี่ยวกับทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน มีดังนี้

1. สมมติฐานการเคลื่อนที่ทวีปของเวเกเนอร์

เมื่อปี พ.ศ. 2458 อัลเฟรด เวเกเนอร์ (Dr. Alfred Wegener) นักอุตุนิยมวิทยาชาวเยอรมัน ได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับโลกว่า “เดิมผืนแผ่นดินทั้งหมดบนโลกได้ติดกันเป็นผืนแผ่นดินเพียงแผ่นเดียว” เรียกว่า “พันเจีย” (Pangaea) ซึ่งเป็นภาษากรีกแปลว่า “แผ่นดินทั้งหมด” พันเจียจะเป็นผืนแผ่นดินที่ปกคลุมทั้งขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ โดยมีมหาสมุทรล้อมรอบ เรียกว่า พันทาลัสซา (Panthalassa) หลังจากนั้นอีกประมาณ 200 ล้านปี พันเจียเริ่มแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ลอเรเชีย และกอนด์วานา (ทวีปคัตี้ บูบูซาไทย, 2561 : 18) ซึ่งลอเรเชียเป็นส่วนที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร ประกอบด้วยทวีปต่าง ๆ คือ ทวีปอเมริกาเหนือ กรีนแลนด์ และทวีปยูเรเชีย ยกเว้นส่วนของทวีปอินเดีย ส่วนกอนด์วานาอยู่ใต้เส้นศูนย์สูตร ประกอบด้วยทวีปต่าง ๆ คือ ทวีปอเมริกา ทวีปแอนตาร์กติกา ทวีปออสเตรเลีย รวมทั้งทวีปอินเดีย และเกาะมาดากัสการ์ แสดงดังภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเลื่อนของแผ่นธรณีภาคจากอดีตถึงปัจจุบัน



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการเลื่อนของแผ่นธรณีภาคจากอดีตถึงปัจจุบัน

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 43

จากภาพที่ 3.1 (2) กอนด์วานาทางตอนใต้ จะแตกและเคลื่อนแยกจากกันเป็นทวีปอินเดีย ทวีปอเมริกาใต้ และทวีปแอฟริกา ในขณะที่ทวีปออสเตรเลียยังคงเป็นส่วนหนึ่งของกอนด์วานา จนเมื่อประมาณ 65 ล้านปีที่ผ่านมามีมหาสมุทรแอตแลนติกแยกตัวกว้างขึ้น ทำให้ทวีปแอฟริกาเคลื่อนที่ห่างออกไปจากทวีปอเมริกาใต้ แต่ทวีปออสเตรเลียยังคงเชื่อมอยู่กับทวีปแอนตาร์กติกา และทวีปอเมริกาเหนือกับทวีปยุโรปก็ยังคงต่อเนื่องกัน ดังภาพที่ 3.1 (3) ต่อมามหาสมุทรแอตแลนติกขยายกว้างขึ้นอีก ทวีปอเมริกาเหนือและทวีปยุโรปจึงแยกออกจากกัน ทวีปอเมริกาเหนือโค้งงอเข้าเชื่อมกับทวีปอเมริกาใต้ ทวีปออสเตรเลียก็แยกออกจากทวีปแอนตาร์กติกา และทวีปอินเดียได้เคลื่อนที่ไปชนกับทวีปเอเชียจนเกิดเป็นภูเขาหิมาลัย ซึ่งทำให้เกิดแผ่นดินและมหาสมุทรเป็นดังที่ปรากฏอยู่ในปัจจุบัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 42)

2. หลักฐานที่สนับสนุนสมมติฐานของเวกเนอร์

หลักฐานและข้อมูลทางธรณีภาคที่สนับสนุนสมมติฐานของเวกเนอร์ สรุปได้ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 44 - 52 และทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 19 - 26)

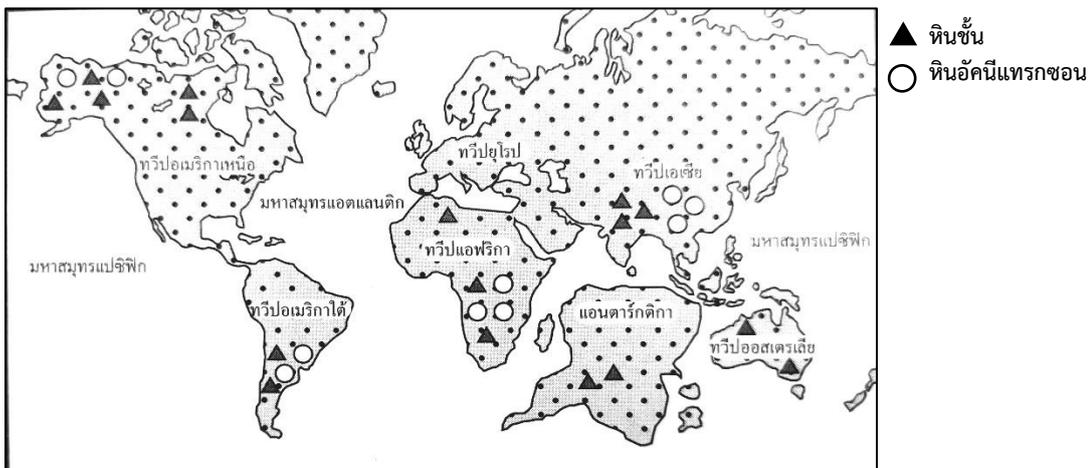
2.1 รอยต่อของแผ่นธรณีภาค

หากนำภาพแต่ละทวีปมาต่อกันจะเห็นได้ว่า สามารถต่อกันได้เกือบสนิทพอดี เช่น ถ้านำขอบทวีปอเมริกาเหนือ และขอบของทวีปอเมริกาใต้มาต่อกัน จะรวมกันเป็นแผ่นทวีปเดียวกัน เรียกว่า ทวีปอเมริกา ซึ่งเป็นเหตุผลที่สามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า ทวีปทั้งสองเคยเป็นผืนแผ่นดินเดียวกันในอดีต แล้วต่อมาได้แยกออกจากกันโดยเคลื่อนไปทางทิศตะวันตกส่วนหนึ่ง และทิศตะวันออกอีกส่วนหนึ่ง แผ่นทวีปมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา จนมีตำแหน่งและรูปร่างของทวีปทั้งสองเหมือนในปัจจุบัน ซึ่งเซอร์เอ็ดเวิร์ด บูลลาร์ด (Sir Edward Bullard) นักธรณีฟิสิกส์ ชาวอังกฤษและคณะ ได้ทำการทดลองโดยใช้ขอบทวีปต่าง ๆ ที่ระดับความลึก 2,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล ซึ่งจะเป็น

แนวลาดทวีป เนื่องจากบริเวณขอบของทวีปจะมีการสึกกร่อนโดยกระแสน้ำเกิดขึ้น และบริเวณนี้ จะมีการสะสมของตะกอนในปริมาณที่น้อย ซึ่งเป็นหลักฐานยืนยันว่าเดิมทวีปดังกล่าวติดกัน

2.2 ความคล้ายคลึงกันของกลุ่มหินและแนวภูเขา

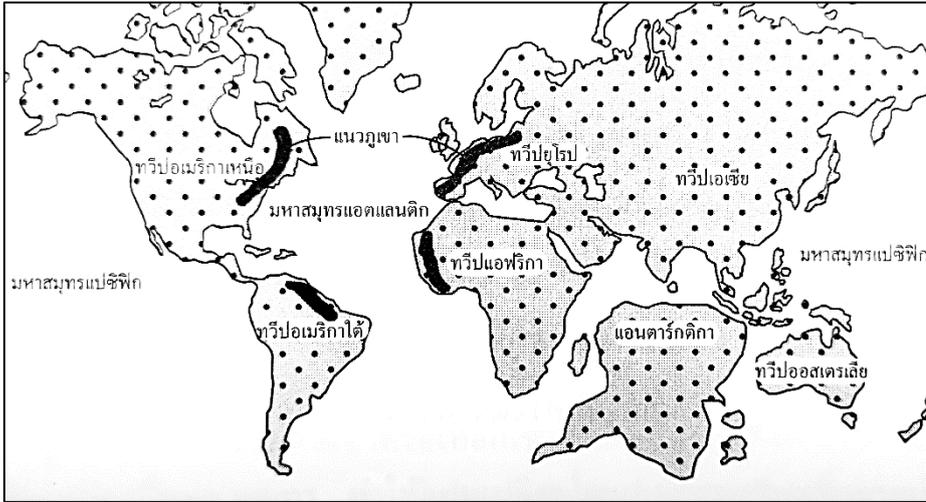
จากหลักฐานหินชั้น และหินอัคนีแทรกซอน ส่วนใหญ่เกิดขึ้นมาตั้งแต่ยุคคาร์บอนิเฟอรัส ถึงยุคจูแรสซิก นั่นคือ ในช่วง 359 - 456 ล้านปี ที่มีการค้นพบในทวีปอเมริกาใต้ ทวีปแอนตาร์กติกา ทวีปแอฟริกา ทวีปออสเตรเลีย และทวีปอินเดีย ซึ่งหินเหล่านี้พบที่ทางตอนเหนือของทวีปอเมริกา และยังพบหินเหล่านี้บางส่วนของทวีปออสเตรเลีย ตอนใต้ของทวีปแอฟริกา และทวีปแอนตาร์กติกา ซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่า ทวีปเหล่านี้ได้เคยเป็นผืนแผ่นดินเดียวกันและได้แยกจากกันในเวลา ต่อมา แสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 หลักฐานหินชั้นและหินอัคนีแทรกซอน

ที่มา : ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 21

หลักฐานแนวภูเขาของภาคพื้นทวีป จะมีลักษณะเป็นแนวยาว และแคบ ในยุค ปาลีโอโซอิกจะเกิดแนวเทือกเขาแอฟฟาเลเซียน (Appalachian Mountains) ในฝั่งตะวันออกของ ทวีปอเมริกาเหนือ แนวเทือกเขาจะมีอายุใกล้เคียงกับแนวภูเขาที่พบในทวีปยุโรป ได้แก่ แนวภูเขาที่ พบในบริเวณด้านตะวันออกของเกาะกรีนแลนด์ ไอร์แลนด์ ประเทศอังกฤษ และประเทศนอร์เวย์ ซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่า เดิมทวีปต่าง ๆ มีการติดกันมาก่อน แสดงดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 หลักฐานแนวภูเขาในทวีปอเมริกาเหนือและทวีปยุโรป
ที่มา : ทวีศักดิ์ บุญชูไชย, 2561 : 21

2.3 หลักฐานการสะสมตัวของตะกอนจากธารน้ำแข็ง

ยุคน้ำแข็งในช่วงปลายของมหายุคพาลีโอโซอิกพบหลักฐานที่ว่า แผ่นดินบริเวณที่เคยเป็นส่วนหนึ่งของผืนทวีปคอนควานาถูกปกคลุมด้วยแผ่นน้ำแข็ง เมื่อนำหลักฐานของหินตะกอนที่เกิดจากการทับถมกันของน้ำแข็งที่มีอายุเดียวกัน และสังเกตรอยขีดขีดในหินที่พบในทวีปต่าง ๆ มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งรอยต่าง ๆ เหล่านี้ เกิดจากการเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็งที่ไหลครูดไปยังพื้นทวีป จึงเป็นหลักฐานสนับสนุนสมมติฐานที่ว่า ทวีปต่าง ๆ เคยต่อเป็นทวีปเดียวกัน

2.4 หลักฐานการพบซากดึกดำบรรพ์

มีการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ในทวีปต่าง ๆ ซึ่งอยู่ห่างไกลกัน ซากดึกดำบรรพ์ที่ค้นพบเป็นหลักฐานยืนยันว่า ทวีปต่าง ๆ ในอดีตเคยอยู่ติดกัน ได้แก่

2.4.1 ลิสโทรซอรัส (Lystrosaurus) เป็นสัตว์เลื้อยคลานที่อาศัยอยู่บนบก แต่พบซากดึกดำบรรพ์ได้ทั้งในทวีปอเมริกาใต้ ทวีปแอฟริกา และทวีปแอนตาร์กติกา ซึ่งทวีปเหล่านี้จะมีมหาสมุทรคั่นอยู่ ดังนั้น ลิสโทรซอรัสซึ่งเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่บนบก ไม่สามารถที่จะว่ายน้ำข้ามมหาสมุทรมายังแต่ละทวีปที่เป็นคอนควานาได้ จึงยืนยันได้ว่า ผืนทวีปคอนควานาเดิมมีทวีปต่าง ๆ เชื่อมต่อกันถึง

2.4.2 ไชนอกาทัส (Cynognathus) เป็นสัตว์เลื้อยคลานที่อาศัยอยู่บนบก เช่นเดียวกับกับลิสโทรซอรัส พบไชนอกาทัสได้ตามทวีปต่าง ๆ ของคอนควานา ซึ่งสัตว์ดังกล่าวไม่สามารถว่ายน้ำข้ามมหาสมุทรมายังทวีปต่าง ๆ ได้ จึงยืนยันสมมติฐานการเชื่อมต่อกันของทวีปที่อยู่ในอดีตอยู่ติดกันเป็นคอนควานา

2.4.3 มีโซซอรัส (Mesosaurus) เป็นสัตว์เลื้อยคลานที่อาศัยในน้ำจืด พบซากดึกดำบรรพ์ในทวีปอเมริกาใต้และในทวีปแอฟริกาตอนใต้ ซึ่งทั้งสองทวีปมีมหาสมุทรคั่นอยู่ มีโซซอรัสไม่สามารถที่จะว่ายน้ำข้ามมหาสมุทรได้ จึงยืนยันได้ว่า ทวีปทั้งสองนี้เคยเชื่อมต่อกันถึง

2.4.4 กลอสโซเพเทริส (Glossopteris) เป็นพืชตระกูลเฟิร์นที่มีเมล็ด ใช้สปอร์ในการขยายพันธุ์ โดยมีลมเป็นสื่อนำสปอร์ไปตกยังที่ต่าง ๆ ซึ่งสามารถพบกลอสโซเพเทริสได้ในทวีปต่าง ๆ

ของกอนด์วานาได้ จึงสันนิษฐานได้ว่า สมคังไม่สามารถพัดสปอร์ให้ไปตกไกลข้ามมหาสมุทรได้ แสดงว่า ทวีปต่าง ๆ เคยเป็นผืนเดียวกัน

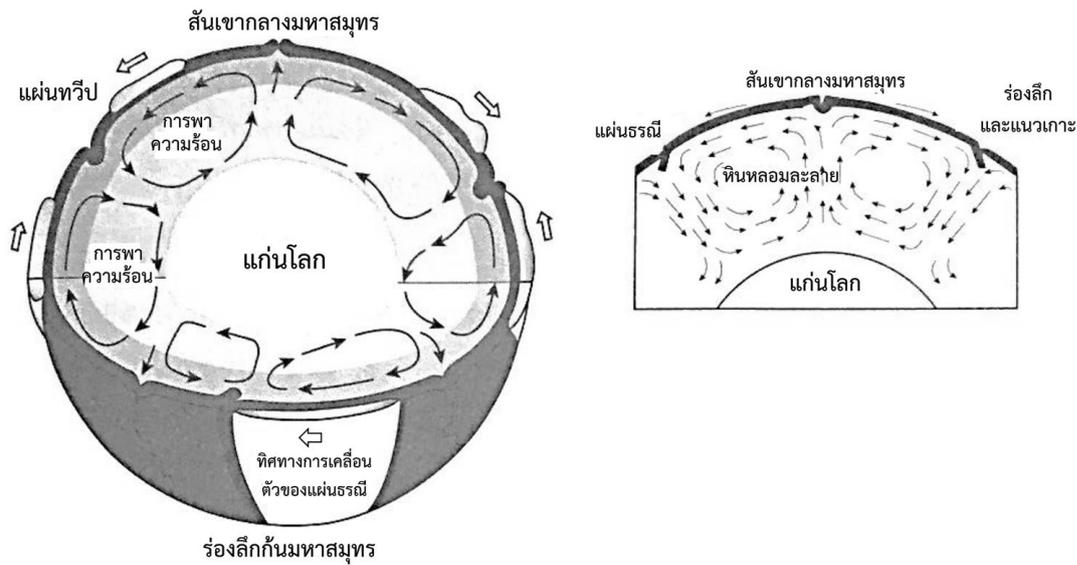
2.5 สันเขาใต้สมุทรหรือเทือกสันเขาใต้สมุทร และร่องลึกใต้สมุทร

2.5.1 สันเขาใต้สมุทรหรือเทือกสันเขาใต้สมุทร การที่บริเวณท้องมหาสมุทรถูกยกตัวให้สูงขึ้นจากความร้อนภายในเนื้อโลก จะทำให้ทะเลปรากฏมีภูเขาเกิดขึ้น บริเวณศูนย์กลางของมหาสมุทรแอตแลนติกมีแนวภูเขาใต้ท้องทะเลที่ปรากฏขึ้นตรงกลางของมหาสมุทร เรียกว่า สันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก (Mid Atlantic Ridge) มีลักษณะฐานกว้าง ขนาดและความสูงคล้ายกับเทือกเขาร็อกกีที่จมตัวลงไปใต้ท้องทะเล สันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติกนี้จะเป็นแนวเทือกเขายาวต่อเนื่องจากมหาสมุทรแอตแลนติกตอนเหนือไปยังมหาสมุทรแอตแลนติกตอนใต้ แนวเทือกเขาด้านหนึ่งขนานไปกับชายฝั่งของทวีปอเมริกา อีกด้านหนึ่งขนานไปกับชายฝั่งของทวีปยุโรปและทวีปแอฟริกา ตามรูปร่างของทวีปแนวสันเขาดังกล่าวนี้นี้ แสดงว่า แนวของเปลือกโลกมีการแตกแล้วเกิดการเคลื่อนที่ขึ้น ผิวโลกใต้ท้องมหาสมุทรจะถูกดึงให้แยกออกจากกันกลายเป็นหุบเขาทรุด (Rift Valley) มีลักษณะเป็นรอยแตก

2.5.2 ร่องลึกใต้สมุทร (Trench) มีลักษณะเป็นร่องยาว ลึก และแคบ ได้แก่ ร่องลึกมาเรียนา ร่องลึกญี่ปุ่น ร่องลึกแคโรลิน ร่องลึกปาโลว และร่องลึกมินดาเนา ประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งสามารถที่จะพบได้ที่บริเวณขอบของทวีป ได้แก่ บริเวณด้านตะวันตกของทวีปอเมริกากลาง และอเมริกาใต้ หรือเกิดตามแนวหมู่เกาะรูปโค้ง ได้แก่ หมู่เกาะฮอนชู ประเทศญี่ปุ่น เกาะฟิลิปปินส์ และเกาะสุมาตรา

3. กระบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี

การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีเกิดจากการเคลื่อนที่ของหินหลอมละลายหรือสารร้อนภายในโลกที่เกิดขึ้น เรียกว่า หินหนืด เช่นเดียวกับการพาความร้อนในอากาศ หินหนืดในฐานธรณีภาคมีการเคลื่อนที่โดยเชื่อว่า เกิดขึ้นจากการพาความร้อน เรียกว่า ทฤษฎีวงจรการพาความร้อน (Convection Cell Theory) เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี กล่าวคือ หินหนืดที่ร้อนจัดจะลอยตัวสูงขึ้นสู่เปลือกโลก ไล่หินหนืดที่เย็นกว่าให้ไหลลงไปตามล่าง เมื่อหินหนืดเย็นได้รับความร้อนจากส่วนลึกกว่าก็จะร้อนขึ้นแล้วลอยตัวขึ้นใหม่ เกิดการหมุนเวียนของหินหนืดที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน (กิจการ พรหมมา, 2555 : 25) และทวิศศักดิ์ บุญบูชาไชย, 2561 : 28 - 29) แสดงดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 การพาความร้อนของหินหลอมละลายที่ชั้นเนื้อโลก
ที่มา : ทวีศักดิ์ บุญชูไชย, 2561 : 29

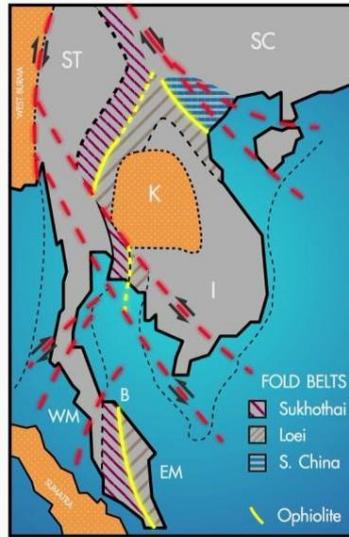
การพาความร้อนมีทิศทางหนีออกจากกัน ส่งผลให้เปลือกโลกแยกออกจากกัน แนวแผ่นเปลือกโลกแยกตัว (Divergent plate boundary) คือ บริเวณที่แผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนที่ออกจากกัน เกิดได้ทั้งกลางมหาสมุทรและกลางผืนทวีป ส่วนที่อยู่กลางมหาสมุทรมียอดเขาใต้ทะเลเรียกว่า เทือกเขากลางสมุทร (Mid oceanic ridge) เมื่อแผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนที่ออกจากกัน ทิศทางการเคลื่อนที่ที่จะออกจากจุดศูนย์กลางของการแยกตัว รอยแตกที่เกิดขึ้นจะถูกแทรกดันด้วยลาวา ซึ่งต่อมาเย็นตัวลงจะกลายเป็นหินบะซอลต์ กลายเป็นเปลือกโลกใต้มหาสมุทรที่เกิดขึ้นใหม่ พื้นมหาสมุทรจะขยายกว้างมากขึ้นเรื่อย ๆ เรียกว่า การแยกตัวของพื้นสมุทร (Seafloor spreading)

ธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย

1. แผ่นธรณีของประเทศไทย

การศึกษาธรณีวิทยาของประเทศไทยมาเป็นเวลานาน ในปี ค.ศ. 1983 ดร.สงัด พันธุ์โอภาส และ ศาสตราจารย์ พอล เวลล่า (Paul Vella) ได้สรุปแนวคิดเกี่ยวกับธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทยว่า ประเทศไทยประกอบด้วยแผ่นธรณีแปรสัณฐานบรรพกาล 2 แผ่น ได้แก่ แผ่นจุลทวีปฉาน-ไทย (Shan-Thai) และแผ่นจุลทวีปอินโดจีน (Indochina) ซึ่งถูกเชื่อมต่อกันด้วยแนวตะเข็บธรณีน่าน (Nan suture) มีมุมเอียงของเขตเบนนิออฟฟ์ (Benioff Zone) ไปทางทิศตะวันตกก่อนสิ้นสุดยุคไทรแอสซิกและกลายเป็นส่วนหนึ่งของแหลมเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หินฐานธรณีที่ประกอบขึ้นเป็นแผ่นธรณีไพล์ที่ทั้งสองบริเวณประกอบด้วยหินแปรซับซ้อนระดับสูงซ้อนทับด้วยหินตะกอนทะเลตื้นจากพวกควอตซ์คาร์บอนेट มีซากดึกดำบรรพ์ยุคแคมเบรียนและอโดวิเชียนก่อตัวขึ้นเป็นลานหินฉาน-ไทยและอินโดจีน โดยแอ่งสะสมตะกอนมหาสมุทรโอโซอิกตอนกลางถึงยุคไทรแอสซิกที่อยู่ระหว่างแผ่น

ธรณีแปรสัณฐานทั้งสอง ก่อตัวเป็นแนวชั้นหินคดโค้งสุโขทัยบนแผ่นฉาน-ไทย และแนวชั้นหินคดโค้งเลยบนแผ่นอินโดจีน แสดงดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 แนวชั้นหินคดโค้งสุโขทัย และแนวชั้นหินคดโค้งเลย

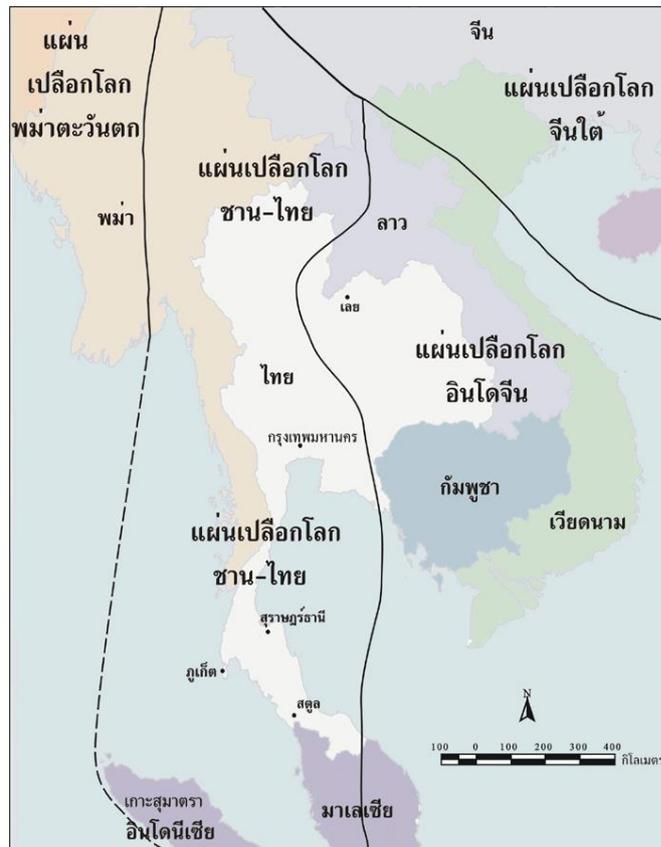
2. การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีแปรสัณฐานในประเทศไทย

สภาวะแม่เหล็กบรรพกาล สิ่งมีชีวิตบรรพกาล ภูมิศาสตร์บรรพกาล และกลุ่มลักษณะตะกอนสนับสนุนความเป็นไปได้ของการเคลื่อนที่หมุนทวนเข็มนาฬิกาในยุคแคมเบรียนและออร์โดวิเซียนไปรอบ ๆ ตอนล่างของเส้นศูนย์สูตรบรรพกาล (Paleolatitude) เช่นเดียวกับการเคลื่อนที่ของอนุทวีปออสเตรเลียในช่วงที่แผ่นฉาน-ไทยเป็นชิ้นส่วนขอบด้านตะวันตกเฉียงเหนือของอนุทวีปดังกล่าว ช่วงของการเคลื่อนที่หมุนตามเข็มนาฬิกาของแผ่นฉาน-ไทย เริ่มระหว่างมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลายถึงมีโซโซอิกตอนต้นและช่วงที่เหลือของมหายุคมีโซโซอิกและมหายุคซีโนโซอิก โดยตั้งแต่มหายุคคาร์บอนิเฟอรัสเป็นต้นมาแผ่นฉาน-ไทยหมุนมากกว่า 203° ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่แผ่นฉาน-ไทยแยกตัวออกจากอนุทวีปออสเตรเลีย โดยเฉพาะช่วงระหว่างยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้นถึงยุคไทรแอสซิกตอนต้น แผ่นฉาน-ไทยเคลื่อนที่จากตอนล่างของซีกโลกใต้ถึงตอนล่างของซีกโลกเหนือพร้อมทั้งการหมุนเกือบ 180° บนแนวระนาบ

3. วิวัฒนาการแปรสัณฐานของประเทศไทย

จากข้อมูลการศึกษาธรณีวิทยาของประเทศไทยมาเป็นเวลานาน ในปี ค.ศ. 1983 ดร.สังัด พันธุ์โอภาส และ ศาสตราจารย์ พอล เวลล่า (Paul Vella) ได้สรุปแนวคิดเกี่ยวกับธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทยว่า ประเทศไทยประกอบด้วยแผ่นธรณีแปรสัณฐานบรรพกาล 2 แผ่น ได้แก่ แผ่นจุลทวีปฉาน-ไทย (Shan-Thai) และแผ่นจุลทวีปอินโดจีน (Indochina) ซึ่งถูกเชื่อมต่อกันด้วยแนวตะเข็บธรณีนาน (Nan suture) แสดงในภาพที่ 3.6 มีมุมเอียงของเขตเบนนิออฟฟ์ (Benioff Zone) ไปทางทิศตะวันตกก่อนสิ้นสุดยุคไทรแอสซิกและกลายเป็นส่วนหนึ่งของแหลมเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หินฐานธรณีที่ประกอบขึ้นเป็นแผ่นธรณีโผล่ที่ทั้งสองบริเวณประกอบด้วยหินแปรซับซ้อนระดับสูงซ้อนทับด้วยหิน

ตะกอนทะเลต้นจากพวกควอตซ์คาร์บอนเนต มีซากดึกดำบรรพ์ยุคแคมเบรียนและอโอดีวิเซียนก่อตัวขึ้น เป็นลานหินฉาน-ไทยและอินโดจีน



ภาพที่ 3.6 แผ่นจุลทวีปชาน-ไทย และแผ่นจุลทวีปอินโดจีน

ที่มา : http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ewt/dmr_web/images/b_map.gif

3.1 ธรณีแปรสัณฐานขั้นบรรพกาล (Archeotectonics stage)

ช่วงแรกของวิวัฒนาการแปรสัณฐานหรือขั้นแปรสัณฐานบรรพกาลเริ่มจากแผ่นฉาน-ไทยและแผ่นอินโดจีนเป็นส่วนของกอนด์วานาในซีกโลกใต้ช่วงบรมยุคพรีแคมเบรียนถึงมหายุคพาลีโอโซอิกตอนต้น

3.2 ธรณีแปรสัณฐานขั้นโบราณกาล (Paleotectonics stage)

ระหว่างมหายุคพาลีโอโซอิกตอนกลางถึงยุคไทรแอสซิกตอนต้นหรือขั้นแปรสัณฐานโบราณ วิวัฒนาการของแผ่นฉาน-ไทยและอินโดจีนแบ่งเป็น 3 ช่วง

ช่วงที่ 1 เป็นช่วงที่แผ่นทั้งสองแยกตัวออกมาแต่ยังคงอยู่ใกล้ๆกับหินฐานธรณีเดิมระหว่างยุคไซลูเรียนถึงประมาณยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลายเป็นช่วงที่เริ่มมีแอ่งสะสมตะกอนเป็นครั้งแรกของแผ่นทั้งสอง

ช่วงที่ 2 มีการเคลื่อนตัวไกลมากขึ้นแต่ยังอยู่ในซีกโลกใต้ในทะเลบรรพกาลระหว่างยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลายถึงยุคเพอร์เมียนตอนต้น

ช่วงสุดท้ายแผ่นฉาน-ไทยเคลื่อนที่ข้ามเส้นศูนย์สูตรบรรพกาลไปที่ตอนล่างของซีกโลกเหนืออย่างรวดเร็วเป็นระยะทางไกลและชนกับแผ่นอินโดจีนซึ่งได้เคลื่อนที่อยู่ในบริเวณนี้มาก่อนในยุคเพอร์เมียน

การชนกันของแผ่นทวีปและแผ่นทวีปได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของการก่อเทือกเขาอินโดจีนและแผ่นอินโดจีนดูเหมือนจะมีการเลื่อนตัวมุดต่ำลงใต้แผ่นฉาน-ไทย

3.3 ธรณีแปรสัณฐานขั้นมัชฌิมกาล (Mesotectonics stage)

หลังจากการชนกันจึงเริ่มขั้นแปรสัณฐานมัชฌิมกาล ซึ่งได้เกิดแนวภูเขาภัยกตัวขึ้นตามแนวตะเข็บธรณีในบางส่วนตามแนวการเลื่อนตัวมุดต่ำที่ขอบแผ่นฉาน-ไทย และในเวลาเดียวกันนั้นหินแกรนิตได้แทรกดันถึงด้านบนของชั้นตะกอนและหินไรโอไรต์ได้แทรกทะลุขึ้นมาบนแผ่นดิน การกักร่อนบริเวณภูเขาทำให้เกิดการสะสมของตะกอนเชิงเขาซึ่งเกิดทั้งสองข้างของตะเข็บธรณี แต่เกิดขึ้นมากที่สุดที่แอ่งโคราชซึ่งเกิดบนการเลื่อนย้อนมุดต่ำทางตะวันตกของแผ่นทวีปอินโดจีน

3.4 ธรณีแปรสัณฐานขั้นนวกาล (Neotectonics stage)

การแยกตัวของแผ่นทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และการเปิดของอ่าวไทยแสดงถึงขั้นแปรสัณฐานนวกาลของประเทศไทย ประกอบกับการยกตัวของภูเขาอย่างรวดเร็วในยุคควอเทอร์นารีจนเป็นประเทศไทยในปัจจุบัน

เนื่องจากเรื่องราวของธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย ได้มีการศึกษาหาข้อมูลมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดแนวคิดที่แตกต่างหลากหลาย ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย ยังคงต้องมีการศึกษาหาข้อมูลเพื่อหาบทสรุปต่อไป

การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาค

ธรณีภาค คือ แผ่นเปลือกโลกที่เป็นของแข็ง มีขนาดน้อยใหญ่จำนวนหลายแผ่น โดยแต่ละแผ่นมีการเคลื่อนที่ในทิศทางเฉพาะตัว โดยปกติแผ่นเปลือกโลก ประกอบด้วยส่วนที่เป็นพื้นสมุทรและพื้นทวีป แผ่นเปลือกโลกที่สำคัญแบ่งออกเป็น 15 แผ่น ดังนี้ (ปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์, 2558 : 8 และจุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-58)

1) แผ่นธรณีภาคขนาดใหญ่ จำนวน 8 แผ่น ได้แก่ แผ่นแอฟริกา (Africa Plate) แผ่นแอนตาร์กติก (Antarctic Plate) แผ่นอินเดีย (Indian Plate) แผ่นออสเตรเลีย (Australian Plate) แผ่นยูเรเชีย (Eurasian Plate) แผ่นอเมริกาเหนือ (North American Plate) แผ่นอเมริกาใต้ (South American Plate) และแผ่นแปซิฟิก (Pacific Plate)

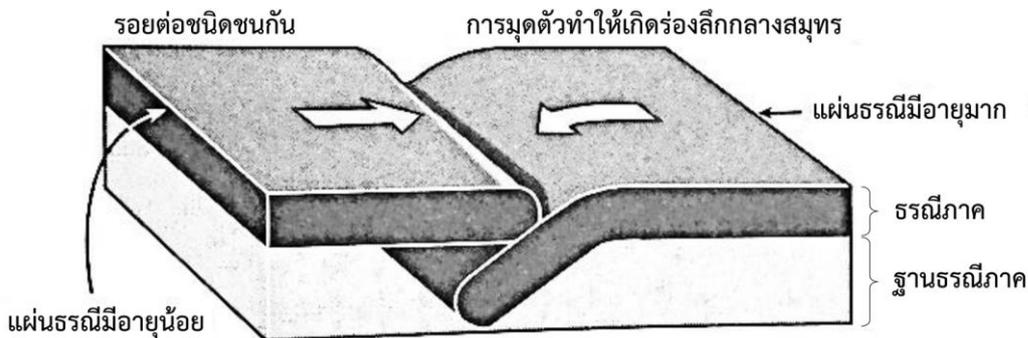
2) แผ่นธรณีภาคขนาดเล็ก จำนวน 7 แผ่น ได้แก่ แผ่นอาหรับ (Arabian Plate) แผ่นแคริบเบียน (Caribbean Plate) แผ่นฮวนเดฟูคา (Juan de Fuca Plate) แผ่นโคโคส (Cocos Plate) แผ่นนัสคา (Nazca Plate) แผ่นฟิลิปปินส์ (Philippines Plate) และแผ่นสกอตี (Scotia Plate)

กระบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาค เป็นการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาค 2 แผ่น ที่อยู่ติดกัน สามารถจำแนกรูปแบบการเคลื่อนที่ (Plate movement) ออกเป็น 3 รูปแบบ คือ การเคลื่อนเข้าหากันของแผ่นธรณี (Convergent plate motion) การเคลื่อนแยกออกจากกันของแผ่นธรณี (Divergent plate motion) และการเคลื่อนของแผ่นธรณีผ่านกัน (Transform plate motion) มีรายละเอียดดังนี้ (ปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์, 2558 : 9 - 12; จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 :

12-60 - 12-61; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 55 - 59 และทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 31 - 36)

1. การเคลื่อนเข้าหากันของแผ่นธรณี (Convergent plate motion)

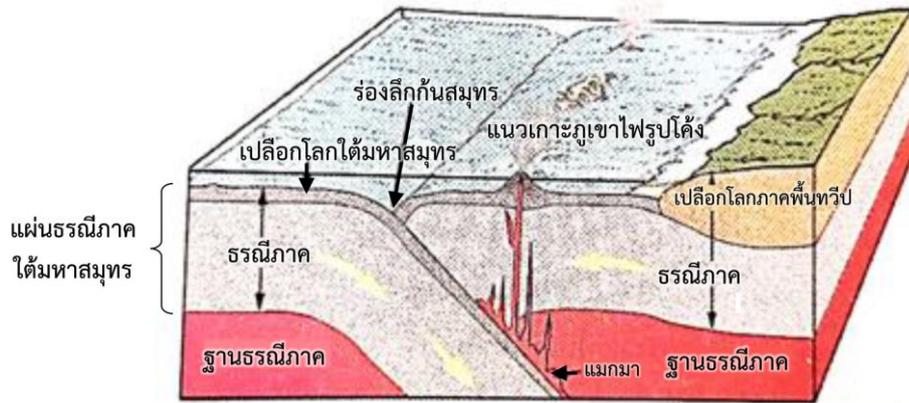
แผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากันมี 3 รูปแบบ คือ แผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีมหาสมุทร แผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีทวีป และแผ่นธรณีทวีปกับแผ่นธรณีทวีป ซึ่งการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่เคลื่อนที่เข้าหากันนี้ จะมีแผ่นธรณีแผ่นหนึ่งจมลงไปได้แผ่นธรณีอีกแผ่นหนึ่งตามแนวบริเวณที่เรียกว่า “เขตมุดตัว (Sub-Duction Zone)” (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 32) แผ่นธรณีที่จมลงไปสู่ใต้ผิวโลกจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนหลอมละลายกลายเป็นหินหนืดหรือแมกมา ซึ่งจะดันแทรกขึ้นมาสู่ผิวโลกในรูปแบบของการปะทุ กลายเป็นแนวภูเขาไฟเกิดขึ้น แสดงภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 การเคลื่อนเข้าหากันของแผ่นธรณี
ที่มา : ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 33

1.1 แผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีมหาสมุทร

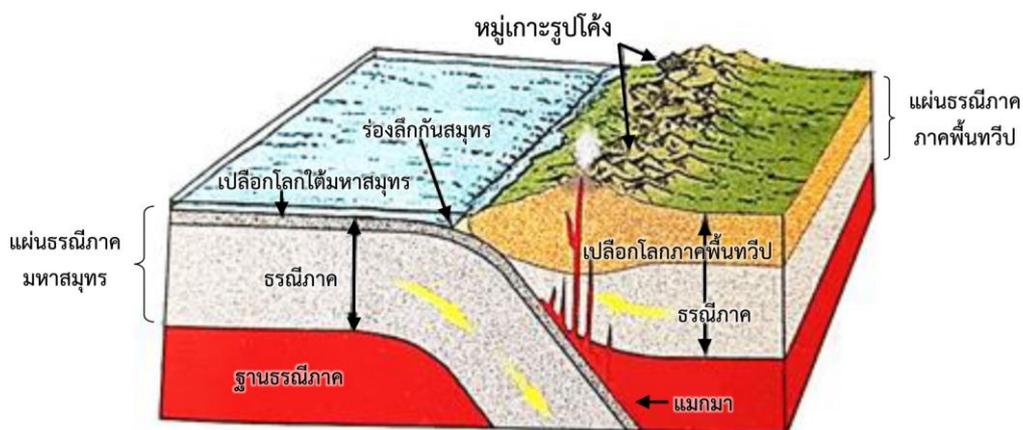
เมื่อแผ่นธรณีมหาสมุทร 2 แผ่น เคลื่อนที่เข้าหากัน แผ่นธรณีมหาสมุทรที่มีอายุและความหนาแน่นมากกว่าแผ่นธรณีมหาสมุทรอีกแผ่นหนึ่ง จะจมลงไปได้แผ่นธรณีมหาสมุทรอีกแผ่นหนึ่ง ทำให้เกิดร่องลึกใต้สมุทร ซึ่งมีลักษณะเป็นร่องยาวลึก และแคบ แผ่นธรณีมหาสมุทรที่จมลงไปจะเกิดการหลอมเหลวกลายเป็นหินหนืดหรือแมกมา ซึ่งแมกมาจะแทรกดันตัวขึ้นสู่ผิวโลก และอาจเกิดการปะทุ ทำให้แผ่นธรณีมหาสมุทรที่อยู่ชั้นบนถูกยกตัวให้สูงขึ้นกลายเป็นภูเขา บางแห่งอาจจะเป็นภูเขาไฟ ซึ่งจะเกิดแนวภูเขาอยู่ใกล้กับขอบแผ่นธรณีมหาสมุทร แนวภูเขาจะกระจายเป็นแนวยาวและโค้ง ซึ่งเรียกว่า “หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง (Volcanic Island Arc)” (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 33) แสดงดังภาพที่ 3.8 ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่า แผ่นธรณีมหาสมุทรชนกับแผ่นธรณีมหาสมุทร ได้แก่ ร่องลึกใต้สมุทรที่อยู่บริเวณนอกชายฝั่งของทวีปอเมริกาใต้ หมู่เกาะอาลูเทียนที่ต่อจากอลาสก้า หมู่เกาะมารีอานัส ร่องลึกใต้สมุทรมินดาเนาทางตะวันออกของฟิลิปปินส์ และหมู่เกาะประเทศญี่ปุ่น



ภาพที่ 3.8 การเคลื่อนที่เข้าหากัน ระหว่างแผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีมหาสมุทร
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 56

1.2 แผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีทวีป

แผ่นธรณีมหาสมุทร ซึ่งหนักกว่าและมีความหนาแน่นมากกว่า จะมุดตัวลงไปอยู่ใต้แผ่นธรณีทวีป การชนกันนี้จะทำให้เกิดเป็นร่องนอกฝั่งทะเล (Offshore-Trench) ขึ้น แผ่นธรณีทวีปซึ่งอยู่ข้างบนจะเกิดการม้วนตัวและยกตัวสูงขึ้น กลายเป็นเทือกเขาใหญ่ที่ประกอบไปด้วยหินที่มีลักษณะคดโค้งโก่งงอ หินบางส่วนในแผ่นธรณีมหาสมุทรจะถูกหลอมละลายกลายเป็นแมกมา แมกมาบางส่วนจะพุ่งขึ้นมาสู่ชั้นเปลือกโลกกลายเป็นลาวาเย็นตัวและแข็งตัวกลายเป็นหินภูเขา (Volcanic Rock) เกิดเป็นแนวภูเขาไฟชายฝั่ง แสดงดังภาพที่ 3.9 เช่น แถบตะวันตกที่อเมริกาใต้ แนวชายฝั่งโอเรกอน เป็นต้น

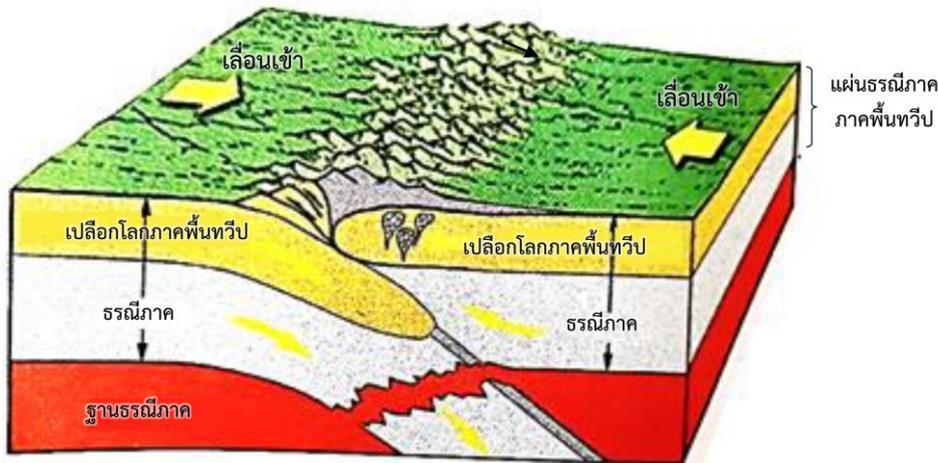


ภาพที่ 3.9 การเคลื่อนที่เข้าหากัน ระหว่างแผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีทวีป
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 57

1.3 แผ่นธรณีทวีปกับแผ่นธรณีทวีป

เมื่อแผ่นธรณีทวีปเคลื่อนที่ชนกับแผ่นธรณีทวีปอีกแผ่นหนึ่ง เนื่องจากแผ่นธรณีทวีปมีความหนาแน่นมาก เมื่อเกิดการชนกันจะมีแผ่นหนึ่งจมมุดลงใต้แผ่นธรณีทวีปอีกแผ่นหนึ่ง ส่วนที่จมมุด

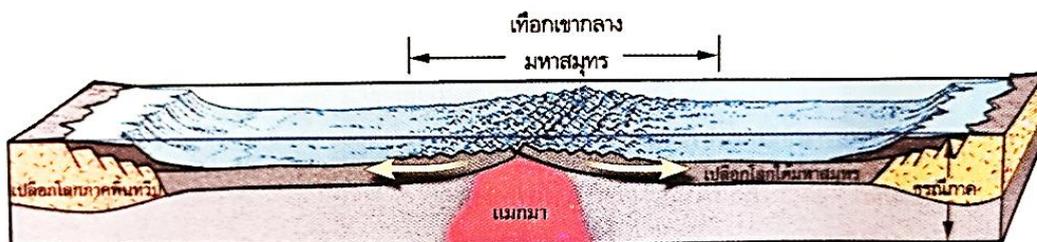
ลงสู่ใต้ผิวโลกจะร้อนขึ้นจนหลอมละลายกลายเป็นแมกมา ซึ่งจะแทรกดันตัวยกขึ้นสู่ชั้นเปลือกโลก เกิดเป็นแนวเทือกเขาสูงแนวยาวอยู่ในแผ่นธรณีทวีป เช่น แผ่นยูเรเชียชนกับแผ่นอินเดีย-ออสเตรเลีย จะทำให้เกิดเทือกเขาหิมาลัยในทวีปเอเชีย นอกจากนี้ ยังมีแนวเทือกเขาอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากแผ่นธรณีทวีปสองแผ่นชนกัน เช่น เทือกเขาแอนดิส ในทวีปอเมริกา เทือกเขาแอลป์ ในทวีปยุโรป เทือกเขาหิมาลัย ในทวีปเอเชีย เป็นต้น



ภาพที่ 3.10 การเคลื่อนที่เข้าหากัน ระหว่างแผ่นธรณีทวีปกับแผ่นธรณีทวีป
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 58

2. การเคลื่อนแยกออกจากกันของแผ่นธรณี (Divergent plate motion)

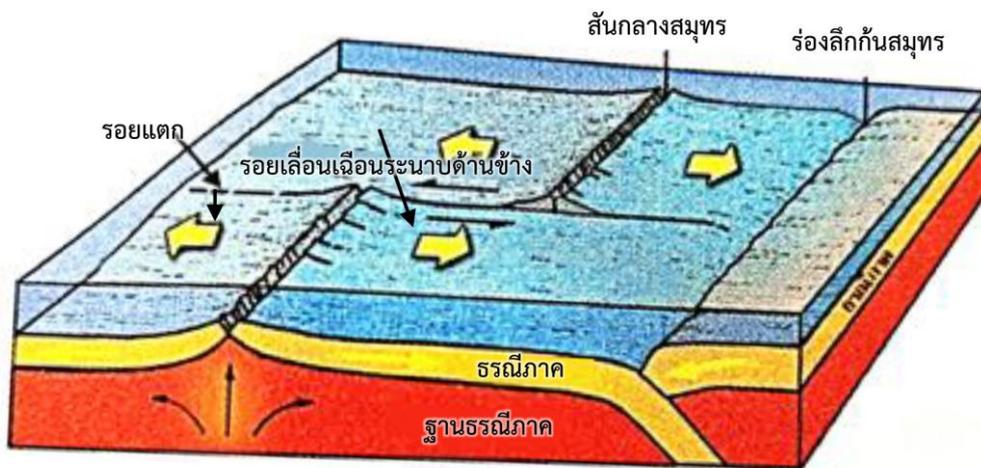
แผ่นธรณีเกิดการเคลื่อนที่แยกออกจากกันได้ เนื่องจากการออกแรงดันของหินหนืดในชั้นฐานธรณี ทำให้แผ่นธรณีเกิดการโก่งสูงขึ้น จนเกิดรอยแตกหรือรอยแยกขึ้น ปลายยอดที่โก่งสูงขึ้นจะทรุดตัวลงมาจนมีลักษณะเป็นหุบเขาที่เป็นร่องแยกลึก (Rift-Like Valley) แมกมาที่แทรกขึ้นมาตามรอยแตกทำให้แผ่นธรณีเกิดการเคลื่อนที่แยกออกจากกันเกิดเป็นแผ่นดินไหว ถ้าแผ่นธรณีมหาสมุทรเคลื่อนตัวออกจากกัน พื้นทะเลจะขยายกว้างออกไปเป็นการแผ่อกของพื้นทะเล เรียกรกระบวนการนี้ว่าการขยายตัวของพื้นทะเล (Sea Floor Spreading) ซึ่งจะปรากฏแนวสันเขากลางมหาสมุทรเกิดขึ้น แสดงดังภาพที่ 3.11 เช่น บริเวณทะเลแดง แนวสันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก เป็นต้น



ภาพที่ 3.11 การแยกออกจากกันของแผ่นธรณีภาคใต้มหาสมุทร
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 56

3. การเคลื่อนของแผ่นธรณีผ่านกัน (Transform plate motion)

แผ่นธรณีภาคเคลื่อนที่ผ่านกัน เกิดจากอัตราการเคลื่อนตัวของแมกมาในชั้นเปลือกโลกไม่เท่ากัน จึงทำให้แผ่นธรณีภาคเคลื่อนที่ไม่เท่ากันส่งผลให้เปลือกโลกและเทือกเขาใต้มหาสมุทรเลื่อนไถลผ่านและเฉือนกัน แสดงดังภาพที่ 3.12 ตัวอย่างแผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกันในมหาสมุทร ได้แก่ บริเวณแนวเทือกเขาใต้มหาสมุทรแอตแลนติก และมหาสมุทรแปซิฟิก ในกรณีแผ่นธรณีทวีปเคลื่อนที่ผ่านกันจะเกิดรอยเลื่อนเคลื่อนผ่านเกิดขึ้น เช่น รอยเลื่อนซานแอนเดรียส (San Andreas Fault) ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา รอยเลื่อนอัลไพน์ ประเทศนิวซีแลนด์ เป็นต้น



ภาพที่ 3.12 การเคลื่อนที่ผ่านสวนกันของแผ่นธรณีภาค
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 56

ปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา

1. แผ่นดินไหว (Earthquake)

กิจการ พรหมมา (2555 : 232) ให้ความหมายของแผ่นดินไหว คือ ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่แผ่นดินสั่นสะเทือนมากกว่าปกติ

สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย (2546 : 14) ให้ความหมายของแผ่นดินไหวว่า แผ่นดินไหว คือ การสั่นสะเทือนของพื้นดิน เนื่องจากการปลดปล่อยพลังงาน เพื่อระบายความเครียดที่สะสมไว้ภายในโลกออกอย่างฉับพลัน ซึ่งเป็นการปรับความสมดุลของเปลือกโลก

สรุปได้ว่า แผ่นดินไหว คือ ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่แผ่นดินสั่นสะเทือน เนื่องจากการปลดปล่อยพลังงาน เพื่อระบายความเครียดที่สะสมไว้ภายในโลกออกอย่างฉับพลัน การปลดปล่อยพลังงานนี้เป็นการปรับความสมดุลของเปลือกโลก

1.1 สาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวเกิดจากสาเหตุใหญ่ 2 ประการ คือ เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีรายละเอียด ดังนี้ (กิจการ พรหมมา, 2555 : 232 - 234; จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-65 และทวิศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 64 - 66)

1.1.1 ทฤษฎีการยืดหยุ่นของหิน (The Elastic-Rebound Theory) แนวคิดนี้ได้มาจาก เฮช. เอฟ. รี (H.F. Reid) เมื่อปี ค.ศ. 1910 นักธรณีและนักสำรวจเส้นทาง ชาวอเมริกา ได้เสนอทฤษฎียืดหยุ่นว่า พลังงานที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหวเกิดจากพลังงานความเครียด เนื่องจากการยืดหยุ่นของหิน หินที่อยู่ใกล้ ๆ รอยเลื่อนจะสะสมความเครียด (Strain) เนื่องจากการเปลี่ยนรูปร่าง ชั้นหินที่อยู่ด้านข้างของแนวรอยเลื่อนจะมีการโค้งงอเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เป็นการเปลี่ยนรูปไปโดยกระทำติดต่อกันเป็นเวลานาน จนถึงขีดจำกัดของความยืดหยุ่นของหิน หินจะแตกหักโดยทันที และพลังงานจากการยืดหยุ่นที่สะสมอยู่จำนวนมากในชั้นของหินก็จะปล่อยออกมาในรูปของคลื่นไหวสะเทือน ทฤษฎีนี้ใช้ได้กับแผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางไม่ลึกมากนัก (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 64)

1.1.2 การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี การเคลื่อนตัวของแผ่นธรณีเนื่องมาจากการผันแปรของอุณหภูมิภายในโลก แผ่นธรณีเกิดการมุดตัวลงสู่ใต้แผ่นธรณีอีกแผ่นหนึ่ง ทำให้เกิดแผ่นดินไหวที่มีศูนย์กลางเกิดแผ่นดินไหวตื้น เมื่อธรณีภาคมุดตัวต่อไปอีก จะทำให้เกิดแผ่นดินไหวที่มีศูนย์กลางเกิดแผ่นดินไหวลึกมากขึ้นเรื่อย ๆ แนวแผ่นธรณีภาคคู่เข้าหากันชนกันแบบประสานงา แนวแผ่นเปลือกโลกชนิดนี้ทำให้เกิดแผ่นดินไหวรุนแรงบนบก จนทำให้แผ่นดินยกตัวสูงขึ้นเป็นเทือกเขาขนาดใหญ่ เช่น แผ่นธรณีประเทศอินเดียชนกับแผ่นธรณีทิเบตจนเกิดเป็นเทือกเขาหิมาลัย เป็นต้น แนวแผ่นธรณีภาคเกิดการเคลื่อนสวนทางกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกภาคพื้นทวีป 2 แผ่น เช่น รอยเลื่อนซานแอนเดรียส รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา รอยเลื่อนสะเคียง ประเทศพม่า เป็นต้น

1.1.3 การประทุของภูเขาไฟ แผ่นดินไหวตามธรรมชาติเกิดขึ้นจากการประทุของภูเขาไฟได้ แต่มักมีความรุนแรงน้อยกว่าแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจากรอยเลื่อน แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจากภูเขาไฟอาจมีสาเหตุมาจากการดันตัวหรือการขยายตัวของก๊าซและหินหนืด มีการเคลื่อนตัวภายในภูเขาไฟ ปล่องภูเขาไฟยุบ ตัวหินหนืดเคลื่อนตัวขึ้นสู่ผิวดิน และการระเบิด

1.1.4 กิจกรรมของมนุษย์ แผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การระเบิดของระเบิดนิวเคลียร์ การพังทลายของเขื่อนและสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ การระเบิดตึกร้างทิ้งเพื่อก่อสร้างตึกใหม่ การระเบิดหิน การตอกเสาเข็ม รถบรรทุกหรือรถไฟเคลื่อนที่ผ่าน หรือการอัดน้ำลงในบ่อบาดาลใกล้รอยเลื่อน ซึ่งทำให้น้ำเข้าไปเร่งการคลายตัวของรอยเลื่อนที่ฝังอยู่

1.2 แนวการเกิดแผ่นดินไหว

1.2.1 ศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (Focus) หมายถึง จุดเริ่มต้นของการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งความลึกของศูนย์กลางเกิดแผ่นดินไหวจากพื้นผิวโลก สามารถแบ่งออกได้ 3 ระดับ คือ แผ่นดินไหวระดับลึก (Deep-Focus Earthquake) แผ่นดินไหวระดับปานกลาง (Intermediate-Focus Earthquake) และแผ่นดินไหวระดับตื้น ดังนี้

1) แผ่นดินไหวระดับลึกเป็นแผ่นดินไหวที่มีศูนย์กลางเกิดแผ่นดินไหวในระดับลึกมากกว่า 300 กิโลเมตร จากผิวโลกลงไป (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 63) พบได้ในบริเวณที่แผ่นธรณีภาคแผ่นหนึ่งมุดตัวลงใต้แผ่นธรณีภาคอีกแผ่นหนึ่ง แนวของการเกิดแผ่นดินไหวระดับนี้เป็นแนวเดียวกันกับร่องทะเลและแนวภูเขาไฟ

2) แผ่นดินไหวระดับปานกลางเป็นแผ่นดินไหวที่มีศูนย์กลางเกิดแผ่นดินไหวในระดับปานกลาง ที่ความลึกระหว่าง 70 ถึง 300 กิโลเมตรจากผิวโลก (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 63) มักพบในบริเวณที่แผ่นธรณีภาคเคลื่อนที่แยกจากกัน เช่น สันเขากลางมหาสมุทรแอตแลนติก เป็นต้น

3) แผ่นดินไหวระดับต้นเป็นแผ่นดินไหวที่มีศูนย์กลางเกิดแผ่นดินไหวในระดับตื้นที่ความลึกจากผิวโลกลงไป 70 กิโลเมตร (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 63) มักพบในบริเวณแผ่นธรณีภาคเคลื่อนที่ผ่านกัน เช่น สันเขาทางตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก เป็นต้น

1.2.2 รอยเลื่อนมีพลัง (Active Fault) หมายถึง แนวรอยเลื่อนบนเปลือกโลกที่เคยมีการเกิดแผ่นดินไหวมาก่อนในอดีต โดยรอยเลื่อนนี้จะมีการเคลื่อนตัวของหินทั้งสองข้างหรือมีการเคลื่อนที่ออกจากกันของหินสองข้าง ซึ่งมีอายุทางธรณีวิทยาน้อยมาก (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 78) ประเทศไทยพบรอยเลื่อนที่มีพลัง ซึ่งส่วนมากอยู่ในภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศ ได้แก่ รอยเลื่อนเชียงแสน รอยเลื่อนแพร่ รอยเลื่อนแม่ทา รอยเลื่อนเถิน รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี ส่วนภาคใต้มีรอยเลื่อนระนอง และรอยเลื่อนคลองมะลุ่ย

1.3 ขนาดและความรุนแรงของแผ่นดินไหว

1.3.1 ขนาดของแผ่นดินไหว ในปัจจุบันนี้คลื่นแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บข้อมูลและบันทึกโดยเครื่องวัดความไหวสะเทือน ซึ่งเครื่องมือนี้จะทำการตรวจจับคลื่นแผ่นดินไหวและบันทึกลงไปบนกระดาษบันทึกความไหวสะเทือน (Seismogram) ซึ่งสามารถจดบันทึกความไหวสะเทือนที่แสดงด้วยกราฟ (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 69) นิยมบอกขนาดของแผ่นดินไหว (Earthquake magnitude) มากกว่าความรุนแรงของแผ่นดินไหว (Earthquake intensity)

ชาร์ล ริกเตอร์ (Chalen Richter) ได้เสนอวิธีกำหนดขนาดของแผ่นดินไหวแบบใหม่ ซึ่งใช้ภาพสัญญาณความไหวสะเทือนแทนแบบเก่าที่ประเมินจากความเสียหายของชีวิตทรัพย์สิน และความรู้สึกของมนุษย์ ซึ่งใช้เลขโรมัน I - XII เรียกวิธีแบบใหม่นี้ว่า มาตราริกเตอร์ (Richter scale) มาตราริกเตอร์ใช้เลขอารบิก 1 - 10 (กิจการ พรหมมา, 2555 : 242) แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวตามมาตราริกเตอร์

มาตราริกเตอร์	การจัดระดับ	ผลกระทบ	อัตราการเกิดทั่วโลก
น้อยกว่า 1.9	ไม่รู้สึก	ไม่มี ไม่สามารถรู้สึกได้	8,000 ครั้ง/วัน
2.0 - 2.9	เบามาก	คนทั่วไปมักไม่รู้สึก แต่ก็สามารถรู้สึกได้บ้าง และตรวจจับได้ง่าย	1,000 ครั้ง/วัน
3.0 - 3.9	เบา	คนส่วนใหญ่รู้สึกได้ และบางครั้งสามารถสร้างความเสียหายได้บ้าง	49,000 ครั้ง/ปี
4.0 - 4.9	เบา/ไม่แรง	ข้าวของในบ้าน สั่นไหวชัดเจน สามารถสร้างความเสียหายได้ปานกลาง	6,200 ครั้ง/ปี
5.0 - 5.9	ปานกลาง	สร้างความเสียหายได้มากกับสิ่งก่อสร้างไม่มั่นคง แต่กับสิ่งก่อสร้างที่มั่นคงนั้นไม่มีปัญหา	800 ครั้ง/ปี
6.0 - 6.9	แรง	สร้างความเสียหายที่ค่อนข้างรุนแรงได้ในรัศมีประมาณ 80 กิโลเมตร	120 ครั้ง/ปี
7.0 - 7.9	รุนแรง	สามารถสร้างความเสียหายรุนแรงในบริเวณกว้าง	18 ครั้ง/ปี

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบหน่วยริกเตอร์และเมอร์แคลลิกับผลกระทบที่เกิดขึ้น (ต่อ)

ขนาดริกเตอร์	ความรุนแรง (เมอร์แคลลิ)	ผลกระทบของแผ่นดินไหว
7	VIII	สิ่งก่อสร้างพังทลาย พื้นแตก ท่อใต้ดินอาจจะหัก ผู้คนตกใจกันมาก
	IX	ทำลายสิ่งก่อสร้างยกเว้นพวกที่มีโครงสร้างแข็งแรงมาก พื้นดินแยกทางรถไฟบดเบี้ยว แผ่นดินถล่ม
8	X	เฉพาะสิ่งก่อสร้างบางชนิดเท่านั้นที่จะทนอยู่ได้ สะพานพัง แผ่นดินแยก ท่อน้ำหัก ทางรถไฟบดเบี้ยว แผ่นดินถล่ม
8.5	XI	ทุกสิ่งถูกทำลาย ผิวดินเป็นคลื่นเห็นได้ วัตถุบางชนิดถูกเหวี่ยงไปในอากาศ

ที่มา : จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-66

1.4 ผลกระทบของแผ่นดินไหว (กิจการ พรหมมา, 2555 : 247 - 253)

- 1) สิ่งปลูกสร้างถูกทำลายจากการสั่นสะเทือนจากคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิที่มีความรุนแรงมาก สร้างความเสียหายแก่สิ่งปลูกสร้างบนพื้นดิน
- 2) เกิดรอยเลื่อนใหม่ขึ้นบนผิวดิน รอยเลื่อนทำให้โครงสร้างอาคารบ้านเรือนแยกออกและระบบสาธารณูปโภคเชิงเส้นถูกตัดขาด
- 3) แผ่นดินถล่ม แผ่นดินไหวทำให้แรงเสียดทานของชั้นดินและหินลดน้อยลงจนเกิดแผ่นดินถล่ม เช่น หินร่วงและการเลื่อนไถล เป็นต้น ถ้าแผ่นดินถล่มเกิดขึ้นจำนวนมากลงไปในพื้นที่จะเกิดคลื่นสึนามิทำลายชีวิตและทรัพย์สินบริเวณชายหาดได้
- 4) แผ่นดินทรุด เมื่อพาดานของถ้าใต้ดินเกิดทรุดตัวลงมาจะกลายเป็นหลุมยุบ โดยหลุมยุบอาจเกิดขึ้นหลังจากแผ่นดินไหวหลักยุติแล้วหลายวัน เช่น เมื่อเกิดแผ่นดินไหวที่เกาะสุมาตรา พ.ศ. 2547 มีหลุมยุบเกิดขึ้นใหม่จำนวนมากในพื้นที่ที่มีหินปูนในจังหวัดพังงาและกระบี่ เป็นต้น
- 5) ไฟไหม้ แผ่นดินไหวทำให้ท่อก๊าซแตกหักและเกิดประกายไฟลุกไหม้ เช่น พ.ศ. 2449 กรณีแผ่นดินไหวที่รัฐซานฟรานซิสโก สหรัฐอเมริกา เป็นต้น
- 6) ระบบขนส่งมวลชนถูกระงับ เช่น กรณีแผ่นดินไหวที่โตเกียว ประเทศญี่ปุ่น เมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2554 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 9.0 ริกเตอร์ รถไฟฟ้าใต้ดินและรถไฟความเร็วสูงถูกระงับบริการ เนื่องจากแผ่นดินไหวรุนแรงทำให้อุปกรณ์ของรถไฟใต้ดินเกิดรอยร้าว และรางรถไฟความเร็วสูงบิดงอ เป็นต้น
- 7) เตปฏิกิริณินิวเคลียร์แตกร้างและระเบิดได้ ถ้าแผ่นดินไหวทำให้ไฟฟ้าดับนาน กลไกระบบหล่อเย็นของเตปฏิกิริณินิวเคลียร์จะหยุดทำงาน ความร้อนที่หลงจะทำให้ความร้อนหรือความดันสูงขึ้นมากจนระเบิด สารกัมมันตรังสีจี้รั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อม เช่น กรณีฟุกุชิมะ-ไดอิจิ ประเทศญี่ปุ่น ใน พ.ศ. 2554 ซึ่งใช้น้ำฉัตรเตปฏิกิริยาเพื่อลดอุณหภูมิและซ่อมระบบหล่อเย็น กรณีเซอร์โบบิล ประเทศรัสเซีย ซึ่งใช้วิธีฝังกลบเตปฏิกิริยาอย่างถาวร เป็นต้น

1.5 การปฏิบัติตนเมื่อเกิดแผ่นดินไหว

เมื่อเกิดแผ่นดินไหวให้ปฏิบัติตนดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 15)

- 1) ควบคุมสติอย่าตื่นตระหนกเกินเหตุ หยุดการใช้ไฟฟ้า ไฟแช็กและไฟจากเตาแก๊ส และควรมีไฟฉายประจำอยู่ภายในบ้าน
- 2) ถ้าอยู่ภายในบ้าน ควรอยู่ห่างจากประตู หน้าต่าง กระจก และระเบียงบ้าน และให้ระวังของใช้ในบ้าน และสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ หล่นทับ เพื่อป้องกันสิ่งของร่วงหล่นใส่ ให้มุดลงไปอยู่ใต้โต๊ะที่แข็งแรง เมื่อแผ่นดินไหวให้รีบออกจากบ้านหรืออาคารทันที โดยอยู่ให้ห่างจากอาคารสูง กำแพง สะพาน และเสาไฟฟ้า ซึ่งอาจพังลงมาได้
- 3) ถ้าอยู่ในตึกสูง ให้มุดลงไปอยู่ใต้โต๊ะที่แข็งแรง เพื่อป้องกันสิ่งของร่วงหล่นใส่ อย่าวิ่งออกไปภายนอก เพราะบันไดอาจพังลงได้และห้ามใช้ลิฟต์โดยเด็ดขาด
- 4) ถ้ากำลังขับรถให้หยุดรถและอยู่ในรถจนกระทั่งแผ่นดินไหว
- 5) ถ้าอยู่ใกล้ชายฝั่งทะเล ให้รีบออกจากชายฝั่งไปอยู่บนที่สูง เนื่องจากอาจมีสึนามิเกิดขึ้นได้
- 6) เรียนรู้และติดตามสถานการณ์แผ่นดินไหวจากสื่อต่าง ๆ เพื่อเตรียมพร้อมและวางแผนเตรียมรับภัยจากแผ่นดินไหวได้อย่างมีสติและปลอดภัย

2. สึนามิ (Tsunami)

สึนามิเป็นคำมาจากภาษาญี่ปุ่น โดยที่คำว่า “Tsu” หมายถึง “Harbor” แปลว่า “อ่าว ฝั่ง หรือท่าเรือ” ส่วนคำว่า “Nami” หมายถึง “คลื่น” ดังนั้น สึนามิ หมายถึง คลื่นที่เคลื่อนตัวเข้าสู่อ่าว ฝั่ง หรือท่าเรือ สึนามิเป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นค่อนข้างมาก และช่วงห่างระยะเวลาของคลื่นแต่ละลูกคลื่นยาวนาน เกิดจากการเคลื่อนตัวของพื้นทะเลในแนวตั้ง จมตัวลงในแนวรอยเลื่อนหรือการแทนที่ทางแนวตั้งของมวลของน้ำ มวลวัตถุ สึนามิสัมพันธ์กันกับการเกิดแผ่นดินไหว แผ่นดินถล่ม หรือการระเบิดของภูเขาไฟใต้ทะเล หรือแม้กระทั่งการกระทบของอนุภาคขนาดใหญ่ เช่น อุกกาบาต เป็นต้น สามารถก่อให้เกิดคลื่นสึนามิได้ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-69)

2.1 สาเหตุของการเกิดสึนามิ

สาเหตุของการเกิดคลื่นสึนามิ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ คลื่นสึนามิจากแผ่นดินไหว (Seismic tsunami) และคลื่นสึนามิไร้แผ่นดินไหว (Non-seismic tsunami) ดังนี้ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-69)

2.1.1 คลื่นสึนามิจากแผ่นดินไหว สึนามิประเภทนี้เกิดขึ้นหลังจากการเกิดแผ่นดินไหวในระดับที่รุนแรง คือ ตั้งแต่ 8.0 ริคเตอร์ขึ้นไป โดยมีจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวอยู่ใต้พื้นมหาสมุทร หรือที่บริเวณใกล้ชายฝั่งทะเล (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-69) ทฤษฎีที่ใช้อธิบายสาเหตุการเกิดคลื่นสึนามิจากแผ่นดินไหวมี 2 ทฤษฎี ดังนี้ (กิจการ พรหมมา, 2555 : 263 - 265)

2.1.1.1 ทฤษฎีรอยเลื่อนเคลื่อนตัวขึ้นต้นน้ำอย่างฉับพลัน

1) ทฤษฎีน้ำทะเลไหลลงร่องที่รอยเลื่อน แผ่นดินไหวทำให้พื้นท้องทะเลเกิดการเลื่อนตามรอยเลื่อนเป็นช่องว่างหรือร่องขนาดใหญ่ ทำให้น้ำทะเลปริมาณมากไหลลงไปรวมกันในร่อง ระดับน้ำทะเลที่ชายหาดลดลงอย่างรวดเร็ว จากนั้นจะเกิดการกระเพื่อมของน้ำทะเลเป็นคลื่นสึนามิกลับขึ้นสู่ชายฝั่ง

2) ทฤษฎีน้ำทะเลกระเพื่อมขึ้น พื้นท้องทะเลเกิดการเลื่อนขึ้นตามรอยเลื่อนย้อนกลับอย่างกะทันหัน จนทำให้น้ำทะเลกระเพื่อมขึ้นไปสู่ผิวน้ำทะเลอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นคลื่นยักษ์ 2 ทิศทางตามแนวระดับของระนาบรอยเลื่อน และหนีออกจากรอยเลื่อนนั้น คลื่นนี้จะเคลื่อนที่ไปจากจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวเข้าสู่ชายฝั่งอีกทีหนึ่ง

3) ทฤษฎีเปลือกโลกสะบัดตัว เมื่อเกิดแผ่นดินไหวพลังงานที่สะสมไว้จะระบายออกมา การโก่งตัวของแผ่นเปลือกโลกจะหายไปเป็นรูปร่างเดิมตามทฤษฎียืดหยุ่นกลับเรียกว่า การสะบัดตัว เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดจนทำให้น้ำทะเลกระเพื่อม เกิดเป็นคลื่นสึนามิ

2.1.1.2 ทฤษฎีคลื่นแผ่นดินไหวเคลื่อนที่ในน้ำทะเลขึ้นสู่ฝั่ง คลื่นแผ่นดินไหวจะเคลื่อนที่ออกจากศูนย์เกิดแผ่นดินไหวผ่านตัวกลางที่เป็นหินไปสู่ น้ำทะเล ที่บริเวณรอยต่อระหว่างน้ำทะเลและหินพื้นท้องทะเล จะส่งต่อพลังงานจากจุดหนึ่งไปยังจุดถัดไป จากทะเลลึกเข้าสู่ชายฝั่ง คลื่นสึนามิไม่ได้พัดกวาดเอาตะกอนท้องทะเลลึกเข้าสู่ชายฝั่ง แต่เป็นเพียงคลื่นที่พัดผ่านตัวกลาง คือ น้ำ ดังนั้น เรือที่ลอยอยู่นอกฝั่งจึงไม่รู้สึกรู้ว่า มีคลื่นสึนามิผ่านไป

2.1.2 คลื่นสึนามิไร้แผ่นดินไหว แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เกิดจากปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ปรากฏการณ์ตามธรรมชาติที่อาจก่อให้เกิดคลื่นสึนามิได้ เช่น การเกิดแผ่นดินถล่มขนาดใหญ่ใกล้ชายฝั่งทะเล การปะทุอย่างรุนแรงของภูเขาไฟใต้ทะเลหรือบนเกาะในทะเล การพุ่งชนของอุกกาบาตลงบนพื้นน้ำในมหาสมุทร สำหรับตัวอย่างการเกิดของคลื่นสึนามิที่มีสาเหตุมาจากการกระทำของมนุษย์ คือ การทดลองระเบิดปรมาณูของสหรัฐอเมริกาที่เกาะบิกินี ในหมู่เกาะมาเรียนาแลนด์ กลางมหาสมุทรแปซิฟิก แล้วเกิดแรงสั่นสะเทือนทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่ที่เคลื่อนตัวมาถึงชายฝั่งของประเทศฟิลิปปินส์

2.3 ผลกระทบของสึนามิ (กิจการ พรหมมา, 2555 : 271 - 272)

1) ระบบขนส่งมวลชนถูกระงับ เช่น กรณีประเทศญี่ปุ่น เมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2554 หลังเกิดแผ่นดินไหวและคลื่นสึนามิที่เมืองเซนได รัฐสังระงับการเดินทางโดยรถไฟไฟฟ้าใต้ดินและรถไฟความเร็วสูงในมหานครโตเกียวและปริมณฑล เป็นต้น เส้นทางคมนาคมถูกตัดขาด ถนน และลานบินถูกน้ำท่วม มีเศษซากปรักหักพังทั่วมุมทั่วไป ประชาชนเดินทางผ่านไม่ได้ แม่น้ำทะเลจะแห้งแล้ว

2) ติดต่อสื่อสารกันไม่ได้ เมื่อเสาสัญญาณโทรศัพท์พังทลาย ประชาชนไม่สามารถติดต่อกันทางโทรศัพท์ จะทำให้เกิดความวิตกกังวลกับญาติพี่น้องที่อยู่ห่างไกล

3) ระบบสาธารณูปโภคที่ชำรุด น้ำไม่ไหลและไฟดับ

4) ไร้ที่อยู่อาศัย ผู้ประสบภัยที่บ้านถูกคลื่นสึนามิทำลาย ต้องหาที่อยู่ใหม่

5) เรือพลิกคว่ำ เรือขนาดเล็กที่จอดเทียบท่าอยู่ในอ่าวจะพลิกคว่ำ ถ้าคลื่นแรงเรือจะถูกพัดขึ้นบกไปไกลหลายร้อยเมตร แต่ถ้าคลื่นเบา เรือจะโคลงเคลงและชนกันจนล่มได้

6) ผลผลิตทางการเกษตรเสียหาย น้ำทะเลผสมซากปรักหักพังและทรายทำลายพืชผลทางการเกษตร ต้องใช้เวลาฟื้นฟูนานหลายเดือน น้ำทะเลอาจทำให้ดินเค็มมากขึ้นกว่าเดิมเป็นปัญหาระยะยาวที่ทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ

2.4 การปฏิบัติตนเมื่อเกิดสึนามิ

ข้อควรปฏิบัติเมื่อเกิดสึนามิ มีดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548 : 19)

- 1) เมื่อมีคำเตือนเรื่องการเกิดสึนามิ ถ้าบ้านเรือนอยู่ริมทะเลให้รีบออกจากบ้านไปอยู่ในที่ที่ปลอดภัยห่างจากทะเลหรือไปอยู่บนที่สูงริมทะเล หรือตามสถานที่ที่เจ้าหน้าที่ได้จัดไว้ให้
- 2) เมื่อมีคำเตือนเรื่องการเกิดสึนามิให้อยู่ห่างจากพื้นที่ลุ่มต่ำริมทะเลและถ้าอยู่ในทะเลให้นำเรือออกสู่ทะเลลึก โดยพยายามติดต่อเจ้าหน้าที่ชายฝั่งตั้งก่อนออกไปทะเลลึก และการนำเรือกลับเข้าฝั่ง
- 3) ถ้าอยู่บริเวณหาดทรายชายทะเลและมีความรู้สึกว่าจะเกิดแผ่นดินไหวให้รีบขึ้นฝั่งทันที และรีบขึ้นไปอยู่บนที่สูงในพื้นที่ข้างเคียง โดยไม่ต้องรอสัญญาณเตือนภัยสึนามิ
- 4) ให้อยู่ห่างจากแม่น้ำหรือทางน้ำที่เชื่อมต่อกับทะเล เนื่องจากกระแสน้ำจากสึนามิอาจซัดสาตเป็นอันตรายได้
- 5) โดยทั่วไปสึนามิจะเกิดหลังจากเกิดแผ่นดินไหวเป็นระยะเวลาานพอสมควร ซึ่งประชาชนมีเวลาเพียงพอที่จะอพยพขึ้นไปอยู่บนที่สูงได้ โดยระดับน้ำทะเลที่ลดลงทันทีทันใดอย่างผิดปกติและการสั่นไหวของแผ่นดินจะเป็นปรากฏการณ์บ่งชี้การเกิดสึนามิได้

3. ภูเขาไฟ (Volcano)

กระบวนการเกิดภูเขาไฟ (Volcanism) หมายถึง ปรากฏการณ์หรือกระบวนการทางธรณีภายในโลก ซึ่งเกี่ยวข้องกับการปะทุของของหินหนืดที่อยู่ใต้พื้นโลก ถูกแรงดันให้เคลื่อนที่แทรกตามรอยแตกสู่พื้นผิวของโลก โดยมีแรงปะทุหรือแรงระเบิดเกิดขึ้น เป็นกระบวนการที่รุนแรงและทำให้เกิดแผ่นดินไหวติดตามมาด้วยเสมอ ประเทศไทยไม่มีภูเขาไฟมีพลัง ซึ่งเป็นภูเขาไฟที่ดับสนิท ไม่มีโอกาสที่จะปะทุขึ้นมาได้อีกจึงไม่มีอันตราย แต่ประเทศเพื่อนบ้านยังมีภูเขาไฟมีพลังอยู่ ได้แก่ เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย และหมู่เกาะฟิลิปปินส์ ซึ่งทั้ง 2 แห่งนี้อยู่ใกล้กับประเทศไทยมากที่สุด เมื่อภูเขาไฟเหล่านี้ระเบิด อันตรายจึงเข้ามาในประเทศไทยได้ เช่น กรณีภูเขาไฟปินาตุโอบ ประเทศฟิลิปปินส์ ที่ระเบิดแล้วทำให้ฝุ่นภูเขาไฟตกลงมาในหลายจังหวัดในภาคใต้ของไทย เป็นต้น

3.1 ประเภทของภูเขาไฟ

3.1.1 การจำแนกภูเขาไฟตามพลังงาน

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2555 : 12-62) อธิบายถึงการจำแนกภูเขาไฟตามพลังงาน แบ่งเป็น 3 แบบ คือ ภูเขาไฟมีพลัง ภูเขาไฟกำลังมอดลง และภูเขาไฟมอด ซึ่งสอดคล้องกับทวิคัคคี บุญบุชาไชย (2561 : 87) ที่กล่าวถึงการจำแนกชนิดของภูเขาไฟ โดยใช้เกณฑ์ระยะเวลาของการปะทุของภูเขาไฟ ซึ่งมีรายละเอียดสรุปดังนี้

1) **ภูเขาไฟที่ดับสนิทแล้ว หรือภูเขาไฟสิ้นพลัง (Extinct Volcanoes)** เป็นภูเขาไฟที่ในอดีตเคยเกิดการระเบิด หรือมีการปะทุเอาหินหลอมละลายออกมา หลังจากนั้นก็ไม่เคยมีการระเบิดอีกเลย และคาดว่าจะไม่มีการระเบิดอีกแล้ว

2) **ภูเขาไฟสงบ (Dormant Volcanoes)** เป็นภูเขาไฟที่ครั้งหนึ่งในอดีตเคยระเบิด แต่ในปัจจุบันได้หยุดการระเบิดลง และคาดว่าในอนาคตจะยังคงมีการระเบิดอีกต่อไป เมื่อมีพลังเพิ่มขึ้นใหม่ก็อาจจะระเบิดได้อีก เช่น ภูเขาไฟฟูจิ ประเทศญี่ปุ่น ภูเขาไฟปารีกูติน ประเทศเม็กซิโก เป็นต้น

3) **ภูเขาไฟมีพลัง (Active Volcanoes)** เป็นภูเขาไฟที่มีการระเบิดค่อนข้างถี่ และมีแนวโน้มที่จะระเบิดอีก โดยมีประวัติการระเบิดของภูเขาไฟไม่เกิน 10,000 ปีที่ผ่านมา ภูเขาไฟที่อยู่ในลักษณะนี้ เช่น ภูเขาไฟม้าน้ำ และคีลาแว ในหมู่เกาะฮาวาย ภูเขาไฟเซนต์เฮเลน รัฐวอชิงตัน สหรัฐอเมริกา เป็นต้น

3.1.2 การจำแนกตามรูปร่าง

รูปร่างของภูเขาไฟ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท สรุปได้ดังนี้ (กิจการ พรหมมา, 2555 : 274; จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-62 – 12-63 และทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 93)

1) **ที่ราบสูงบะซอลต์ (Basalt plateau)** เป็นเนินราบของหินบะซอลต์คล้ายกับเป็นที่ราบสูง เกิดจากลาวาที่เหลวมากไหลบ่าไปทับถมกันเป็นที่สูงกว่าบริเวณข้างเคียง เช่น ที่ราบสูงแม่น้ำโคลัมเบียทางตะวันออกของรัฐวอชิงตัน โอเรกอน เนวาดา และไอดาโฮ ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีพื้นที่มากกว่า 161,000 ตารางกิโลเมตร ภูเขาไฟครบุรีในจังหวัดนครราชสีมา มีลักษณะคล้ายกับที่ราบสูงบะซอลต์ เป็นต้น

2) **ภูเขาไฟรูปโล่ (Shield volcano)** เป็นภูเขาไฟที่มีความสูงน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับความกว้างของฐาน ความลาดชันเล็กน้อยทำให้มีลักษณะคล้ายโดมหรือกระทะคว่ำ ภูเขาไฟประเภทนี้เกิดจากการไหลหลากของลาวา พอกเป็นชั้น ๆ รอบ ๆ ปล่องภูเขาไฟ ส่วนมากจะประกอบด้วยลาวาบะซอลต์ เช่น ภูเขาไฟมาอูนาเลา หมู่เกาะฮาวาย เขาพนมรุ้งหรือภูเขาพระอังคาร เป็นต้น

3) **ภูเขาไฟรูปกรวย (Cinder cone volcano)** เป็นภูเขาไฟทรงกรวยคว่ำ มีความลาดชันสูง และมียอดปล่องภูเขาไฟกว้างมาก ตรงกลางปล่องเป็นแอ่งตื้น ๆ ภายในประกอบด้วยกรวดภูเขาไฟ และเถ้าธุลีภูเขาไฟในการพ่นตะกอนออกมาแต่ละครั้ง อาจมีทั้งชิ้นส่วนขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เช่น ภูเขาไฟพาริคูติน ในประเทศเม็กซิโก ภูเขาไฟในประเทศไอซ์แลนด์ ประเทศนิวซีแลนด์ และฮาวาย เป็นต้น

4) **กรวยภูเขาไฟสลับชั้น (Composite volcano)** ภูเขาไฟทรงสูง รูปโดม ยอดแหลมและมีชั้นสลับกันระหว่างกรวดภูเขาไฟและลาวา เช่น ภูเขาไฟฟูจิ ประเทศญี่ปุ่น ภูเขาไฟวิสชูเวียสและสตอมบอลี ประเทศอิตาลี ภูเขาไฟเอ็ตนาและมายอน ประเทศฟิลิปปินส์ ภูเขาไฟเซนต์เฮเลน ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น

3.2 การระเบิดของภูเขาไฟ

ภูเขาไฟเกิดจากการปะทุของแมกมา ก๊าซ และเถ้าถ่านที่อยู่ใต้เปลือกโลก แทรกดันออกมาสู่ผิวของเปลือกโลก แมกมาจะหลอมละลายมีอุณหภูมิมากกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ปะปนไปกับเถ้าถ่าน ก๊าซ และไอน้ำร้อน ถูกพ่นออกมาทางปล่องภูเขาไฟ แมกมาที่ระเบิดออกมาสู่พื้นผิวโลกนี้เรียกว่า “ลาวา (Lava)” ลาวาจะมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 700 – 1,250 องศาเซลเซียส และมีความดันน้อยกว่าแมกมา (กิจการ พรหมมา, 2555 : 275) ลาวาเป็นสารที่มีสารประกอบซิลิกา (SiO₂) เป็นองค์ประกอบหลัก เป็นของเหลวเมื่อขึ้นสู่พื้นผิวโลก ลาวาจะมีความแตกต่างกับแมกมาตรงที่ว่า ลาวามีการสูญเสียปริมาณก๊าซให้กับบรรยากาศหรือมหาสมุทร ทำให้ลาวามีความหนืดน้อยกว่าแมกมา (ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 91)

3.3 ผลกระทบจากภูเขาไฟ (ทวิศศักดิ์ บุญบุชาไชย, 2561 : 95) สรุปได้ดังนี้

- 1) ทำลายชีวิตและทรัพย์สิน
- 2) กลุ่มควันและเถ้าของภูเขาไฟที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ จะส่งผลให้ภูมิอากาศของโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง
- 3) กลุ่มก๊าซที่ได้จากภูเขาไฟระเบิด เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้เกิดฝนกรด และภาวะเรือนกระจก
- 4) เถ้าของภูเขาไฟที่ปะทุออกมา เมื่อมีฝนตกหนัก เถ้าเหล่านั้นจะกลายเป็นโคลนไหลลงมาทับถมบ้านเรือนที่อยู่ในบริเวณนั้นได้รับความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน
- 5) การระเบิดของภูเขาไฟที่รุนแรง ทำให้บางส่วนของภูเขาไฟถล่มลงในมหาสมุทรทำให้เกิดคลื่นสึนามิขึ้นได้

สรุปท้ายบท

โครงสร้างภายในของโลกแบ่งตามลักษณะทางกายภาพเป็น 4 ส่วน คือ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มีโซสเฟียร์ และแก่นโลก โครงสร้างภายในของโลกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามองค์ประกอบทางเคมี คือ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก ธรณีภาคเป็นส่วนนอกสุดของโลกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เปลือกโลกทวีป และเปลือกโลกสมุทร การเคลื่อนที่ของธรณีภาคเกิดขึ้นจากการพาความร้อนของหินหนืดภายในโลกตามทฤษฎีวงจรกิจกรรมความร้อน จำแนกรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาคออกเป็น 3 รูปแบบ คือ การเคลื่อนเข้าหากันของแผ่นธรณี การเคลื่อนแยกออกจากกันของแผ่นธรณี และการเคลื่อนของแผ่นธรณีผ่านกัน แผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากันมี 3 รูปแบบ คือ แผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีมหาสมุทร แผ่นธรณีมหาสมุทรกับแผ่นธรณีทวีป และแผ่นธรณีทวีปกับแผ่นธรณีทวีป ซึ่งการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นธรณี จะมีแผ่นหนึ่งจมลงไปใต้อีกแผ่นหนึ่ง แผ่นที่จมลงไปสู่ใต้ผิวโลกจะหลอมละลายกลายเป็นหินหนืด ซึ่งจะดันแทรกขึ้นมาสู่ผิวโลกในรูปแบบของการปะทุ ซึ่งการเคลื่อนที่อาจทำให้เกิดปรากฏการณ์ทางธรณี ได้แก่ แผ่นดินไหว สึนามิ และภูเขาไฟระเบิด

คำถามทบทวน

1. อธิบายโครงสร้างภายในของโลก และบอกประโยชน์ของการศึกษาโครงสร้างภายในโลก
2. หลักฐานอะไรบ้างที่สนับสนุนแนวความคิดเกี่ยวกับทฤษฎีแผ่นธรณีภาคเคลื่อน
3. การค้นพบซากดึกดำบรรพ์ของพืชตระกูลเฟิร์น ชื่อ กลอสซอพอเทอริส ในแผ่นดินของทวีปแอฟริกา ทวีปเอเชีย และทวีปออสเตรเลีย สามารถบอกความเป็นมาของแผ่นทวีปได้อย่างไร
4. อธิบายการเกิดเทือกเขาหิมาลัย ในทวีปเอเชีย ซึ่งเป็นเทือกเขาที่มีความสูงมาก
5. รอยเลื่อนซานแอนเดรียส ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา เกิดขึ้นได้อย่างไร
6. การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาค ทำให้เกิดปรากฏการณ์ทางธรณีอะไรบ้าง
7. เพราะเหตุใด ภูเขาไฟระเบิดและแผ่นดินไหว จึงมักเกิดตามแนวการมุดตัวของแผ่นธรณีภาค
8. เราควรปฏิบัติตัวอย่างไรเมื่อเกิดแผ่นดินไหว
9. สึนามิมีลักษณะการเกิดอย่างไร เพราะเหตุใดจึงมีอันตรายสูงเมื่อคลื่นสึนามิอยู่ใกล้ชายฝั่ง
10. ภูเขาไฟมีพลังมีความหมายว่าอย่างไร อธิบาย

เอกสารอ้างอิง

- กิจการ พรหมมา. (2555). **ธรณีวิทยา สำหรับวิศวกร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2555). **ประมวลสาระชุดวิชา หน่วยที่ 11 - 15 ฟิสิกส์และดาราศาสตร์ สำหรับครู**. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ทวีศักดิ์ บุญบุชาไชย. (2561). **โลก ดาราศาสตร์ อวกาศ**. นนทบุรี : โรงพิมพ์เพิ่มทรัพย์การพิมพ์.
- ปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชวงษ์. (2558). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท ด้านสุทธนาการพิมพ์ จำกัด.
- พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตสถานราชบัณฑิตสถาน**, กรุงเทพฯ , 2544.
- สง่า ตั้งชวาล. (2555). **ธรณีวิศวกรรม ชั้นพื้นฐาน**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548). **โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย. (2546). **ธรณีวิทยานำรู้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- Bunopas, S., Vella, P., 1983. **Tectonic and geologic evolution of Thailand**. In: Nutlaya, P. (ed.). **Proceedings of the Workshop on Stratigraphic Correlation of Thailand and Malaysia**, Haad Yai, Thailand, 8- 10 September 1983, Technical Paper 1, 307-323.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4

หัวข้อเนื้อหา

1. แร่
 - 1.1 กระบวนการเกิดแร่
 - 1.2 คุณสมบัติของแร่
 - 1.3 ชนิดของแร่
 - 1.4 แร่ที่สำคัญ
2. หิน
 - 2.1 วัฏจักรของหิน
 - 2.2 ประเภทของหิน
 - 2.3 หินอัคนี
 - 2.4 หินตะกอน
 - 2.5 หินแปร
3. ดิน
 - 3.1 กระบวนการเกิดดิน
 - 3.2 ชั้นดิน
 - 3.3 สมบัติของดิน
4. แผนที่ทางธรณี และการนำไปใช้ประโยชน์
 - 4.1 แผนที่
 - 4.2 แผนที่ภูมิประเทศ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ตรวจสอบ ระบุชนิดแร่ วิเคราะห์สมบัติ และนำเสนอการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรแร่ที่เหมาะสม
2. ตรวจสอบ จำแนกประเภท และระบุชื่อหิน รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติ และนำเสนอการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรหินที่เหมาะสม
3. อธิบายลักษณะของชั้นหน้าตัดดิน สมบัติของดิน และกระบวนการเกิดดิน
4. อ่านและแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ที่กำหนด
5. อธิบายและยกตัวอย่างการนำแผนที่ภูมิประเทศไปใช้ประโยชน์

วิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. วิธีสอน

- 1.1 วิธีสอนแบบบรรยาย ประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์
- 1.2 วิธีสอนแบบสืบเสาะ ให้ผู้เรียนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการตั้งคำถาม และสืบเสาะแสวงหาข้อเท็จจริงหรือข้อมูล
- 1.3 วิธีสอนแบบปฏิบัติการ ให้นักศึกษาใช้กระบวนการพินิจภายในจิตใจของนักศึกษาเอง หรือวิเคราะห์จิตใจและประสบการณ์ของตนเอง
- 1.4 วิธีสอนแบบอภิปราย โดยกำหนดหัวข้อในการอภิปรายถึงความสำคัญของพลังงาน แต่ละประเภทให้นักศึกษาร่วมอภิปราย โดยมีครูเป็นผู้แนะนำ

2. กิจกรรมการเรียนการสอน

- 2.1 นำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้คำถาม เช่น ทรัพยากรธรณีเกิดขึ้นได้อย่างไร มีความสำคัญอย่างไร เป็นต้น
- 2.2 ให้นักศึกษาดูวีดิทัศน์เกี่ยวกับลักษณะ สมบัติของแร่ หิน และดิน พร้อมทั้งอธิบายความเข้าใจของตนเองถึงขั้นตอน
- 2.3 กิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มช่วยกันสืบเสาะแสวงหาข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของแร่ หิน และดิน จากนั้นนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น
- 2.4 ให้นักศึกษาร่วมกันแผนที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาด้านธรณีวิทยาอย่างไร หากพื้นที่ที่อยู่เป็นภูเขาสูง แผนที่ภูมิประเทศในพื้นที่นั้นจะเป็นอย่างไร โดยมีการวาดภาพประกอบ
- 2.5 ให้นักศึกษาช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้ และตอบคำถามท้ายบท

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือ ตำรา และเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. สื่อนำเสนอประกอบการบรรยาย
3. ฐานข้อมูลอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์อาจารย์
4. วีดิทัศน์เกี่ยวกับแร่ หิน ดิน

การวัดผลและประเมินผล

1. ผู้เรียนตอบคำถามทบทวนด้านความรู้ความเข้าใจในแบบทดสอบท้ายบทเรียน
2. ผู้เรียนสนทนาแลกเปลี่ยนความรู้จากผลการศึกษาค้นคว้า
3. ผู้เรียนนำเสนองานตรงเวลา มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย แสดงความคิดเห็นสร้างสรรค์
สื่อในการนำเสนอน่าสนใจ
4. วัดความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับทรัพยากรธรณี แผนที่ทางธรณี และการนำไปใช้
ประโยชน์ โดยใช้แบบทดสอบ
5. สังเกตพฤติกรรมการเรียน และความรับผิดชอบจากการทำงานกลุ่ม

บทที่ 4

ทรัพยากรธรณี แผนที่ทางธรณี และการนำไปใช้ประโยชน์

ดิน (Soil) หิน (Rock) และแร่ (Mineral) เป็นองค์ประกอบของเปลือกโลก ดินและหินเป็นของผสมซึ่งแตกต่างจากแร่ แร่เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสัมพันธ์กับการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ แร่มีกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ในแต่ละพื้นที่มีกลุ่มแร่และชนิดของแร่แตกต่างกันออกไป หินเป็นวัตถุที่มีมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุอื่น ๆ หินมีความแข็งแรงและมีสีต่าง ๆ หินส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ตั้งแต่หนึ่งชนิดเป็นต้นไป ดินเกิดจากการสลายตัวของหินและแร่ธาตุต่าง ๆ ผสมกับอินทรีย์วัตถุ ซึ่งปกคลุมผิวโลกเป็นชั้นบาง ๆ นอกจากดินจะมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชแล้ว ดินยังมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ กล่าวคือ เป็นที่อยู่อาศัยเป็นที่ตั้งของเมืองต่าง ๆ ซึ่งเป็นรากฐานของความเจริญมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคม ทำให้เกิดอารยธรรมต่าง ๆ

แร่

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 (2561 : online) ให้ความหมายของแร่ คือ ธาตุหรือสารประกอบอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีสูตรเคมีและสมบัติอื่น ๆ ที่แน่นอนหรือเปลี่ยนแปลงได้ในวงจำกัดและนำมาถลุงได้ เช่น แร่ดีบุกนำมาถลุงได้โลหะดีบุก แร่ทองคำนำมาถลุงได้โลหะทองคำ เป็นต้น

สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย (2546 : 38) ให้ความหมายของแร่ คือ ธาตุหรือสารประกอบอนินทรีย์ที่มีเนื้อเดียวกัน เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีลักษณะทางโครงสร้างและส่วนประกอบทางเคมีที่แน่นอน หรือเปลี่ยนแปลงได้ในวงจำกัดและมีคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางแสงเฉพาะตัว

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2555 : 12-34) ให้ความหมายของแร่ หมายถึง สารที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ ซึ่งตามปกติมีสถานะเป็นของแข็ง (ยกเว้นแร่ปรอท) แร่บริสุทธิ์จะมีเนื้อสม่ำเสมอตลอดทั้งก้อน เป็นสารที่มาจากธาตุหรือสารประกอบอนินทรีย์ และสามารถเขียนสูตรทางเคมีกำกับได้แน่นอน หรือเปลี่ยนได้บ้างในวงจำกัด

สรุปได้ว่า แร่ หมายถึง ธาตุหรือสารประกอบอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีลักษณะทางโครงสร้างและสามารถเขียนสูตรทางเคมีกำกับได้แน่นอน มีคุณสมบัติเฉพาะตัว

1. กระบวนการเกิดแร่

กระบวนการเกิดแร่สรุปได้ดังนี้ (ลัสนา ปริญญาปริวัฒน์, 2541 : 45 – 46; จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-34 และสง่า ตั้งชวาล, 2555 : 58)

1.1 กระบวนการตกผลึก

เกิดจากการตกผลึกของแมกมา แมกมา คือ ของหลอมเหลวพวกซิลิเกต ในแมกมา มีสารประกอบเคมีจำนวนมาก จะเกิดการอึดตัว จากนั้นสารประกอบเคมีจะเริ่มตกผลึกออกมาเป็นแร่ เช่น แร่โอลิวีน (Olivine) แร่เฟลด์สปาร์ (Feldspar) แร่ควอตซ์ (Quartz) เป็นต้น

1.2 กระบวนการระเหิด (Sublimation)

การระเหิด คือ กระบวนการที่ของแข็งระเหยออกไปในรูปของก๊าซ โดยไม่ผ่านการเป็นของเหลว ก๊าซที่เกิดขึ้นเริ่มแข็งตัวกลายเป็นแร่ในที่สุด แร่กลุ่มนี้ ได้แก่ แร่ที่เกิดใกล้ปล่องภูเขาไฟ เช่น การเกิดกำมะถัน (Sulfur) เป็นต้น

1.3 กระบวนการของสารละลาย

เกิดจากสารละลายภายใต้ผิวโลกที่แยกตัวออกมาจากหินหนืด อยู่ในลักษณะของไอน้ำ เมื่อสารละลายร้อนเย็นตัวลงแล้วเกิดผลึกกลายเป็นแร่ เช่น สินแร่โลหะ (Ore) สายแร่ (Vein) สายแพกมาไทต์ (Pegmatite) เป็นต้น

1.4 กระบวนการเคมี

แร่ที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี เช่น การเติมน้ำเข้าไปในโครงสร้างของแร่แอนไฮไดรต์ (Anhydrite) จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแร่ยิปซัม (Gypsum) เมื่อแร่ยิปซัมเกิดการสูญเสียน้ำจะเปลี่ยนกลับไปเป็นแร่แอนไฮไดรต์ตามเดิม เป็นต้น

1.5 กระบวนการแทนที่

เกิดจากการแทนที่ หรือเปลี่ยนที่ของแร่ธาตุที่มีอยู่ก่อน เช่น การแทนที่ของไอออนแมกนีเซียม (Mg^{2+}) ในแร่แคลไซต์ (Calcite) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นแร่โดโลไมต์ (Dolomite) เป็นต้น

1.6 กระบวนการแปรสภาพ

เกิดจากการแปรสภาพของแร่ เป็นสารประกอบชนิดใหม่ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความดัน เช่น แร่การ์เนต แปรสภาพมาจากแร่พวกอะลูมิเนียมซิลิเกต เป็นต้น หรือเกิดจากการสลายตัวจากแร่อื่นแล้วเกิดการผุพังตามธรรมชาติ

2. คุณสมบัติของแร่

คุณสมบัติทางกายภาพของแร่ เป็นคุณสมบัติที่สังเกตเห็นเด่นชัด และสามารถตรวจสอบด้วยเครื่องมืออย่างง่ายได้ เช่น สี ความวาว ความแข็ง เป็นต้น คุณสมบัติทางกายภาพของแร่ สรุปได้ดังนี้ (ลัสนา ปริญญาปริวัฒน์, 2541 : 33 – 42; จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-35 – 12-37; กิจการ พรหมมา, 2555 : 62 – 63 และสง่า ตั้งชวาล, 2555 : 79 - 92)

2.1 สี (color)

สีของแร่เกิดจากการที่คลื่นแสงตกกระทบกับผิวแร่ แล้วสารประกอบเคมีภายในแร่ดูดกลืน (Absorption) คลื่นแสงบางส่วนไว้ สีของโลหะมักจะมีสีเด่นคงที่ เช่น แร่ทองคำ (Gold) มีสีทองคำ แร่ไพไรต์ (Pyrite) มีสีทองเหลือง แร่กำมะถัน มีสีเหลือง เป็นต้น

2.2 สีผงละเอียด (Streak)

สีผงละเอียดมองเห็นได้จากการขีดแร่บนแผ่นกระเบื้องไม่เคลือบมัน ถ้าแร่มีความแข็งน้อยกว่าแผ่นกระเบื้องจะเกิดผงละเอียดหลุดจากตัวแร่ ในบางกรณีจะใช้มีดหรือของแหลมขีดบนตัวแร่ และนำผงมาตรวจดูสี บางครั้งสีของแร่กับสีของผงละเอียดจะมีสีเดียวกัน การตรวจดูสีแร่ทั้งก่อนที่ให้สีผงละเอียดเด่นชัด ได้แก่ แร่ทองคำ สีผง ทองคำ (Gold) แร่เงิน สีผงเงิน (Silver) แร่ทองแดง สีผงทองแดง (Copper) แร่ไพไรต์ สีผงดำออกเขียว (Greenish black) แร่แมกนีไทต์ สีผงดำ (Black) แร่ฮีมาไทต์ สีผงเลือดหมู หรือน้ำตาลแดง (Reddish brown) แร่ไลมอไนต์ สีผงน้ำตาลเหลือง (Yellowish brown) แร่วูลแฟรมไต์ สีผงน้ำตาลเข้ม (Black to brown) แร่สฟาเลอไรต์ สีผงน้ำตาลอ่อน (White to brown) แร่ดีบุก สีผงขาวหรือเนื้ออ่อน ๆ (White or pale yellow) และแร่ซินนาบาร์ สีผงแดงสด (Scarlet red)

2.3 ความวาว (Luster)

ความวาว คือ ปริมาณและคุณภาพของแสงที่เกิดการสะท้อนจากผิวแร่ เกิดจากกระบวนการกระเจิงแสงร่วมกับกระบวนการสะท้อนแสง ปริมาณและคุณภาพของแสงที่สะท้อนสู่สายตาทำให้เกิดความวาวหรือประกายขึ้น ความวาวมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 ความวาวโลหะ (Metallic luster) เป็นความวาวของแร่โลหะ ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงสูง ทำให้เกิดการสะท้อนที่พื้นผิวดี เช่น ทอง เงิน แร่กาไลนา แร่ไพไรต์ เป็นต้น

2.3.2 ความวาวกึ่งโลหะ (Submetallic luster) เป็นความวาวของแร่โลหะ ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงค่อนข้างสูง เช่น แร่ดีบุก แร่ฮีมาไทต์ แร่วูลแฟรมไต์ เป็นต้น

2.3.3 ความวาวแบบแก้ว (Vitreous or glassy luster) เป็นความวาวโลหะของแร่ที่มีลักษณะใสแบบแก้วที่แตก แร่ประกอบหินส่วนใหญ่จะมีความวาวแบบนี้ เช่น แร่ควอตซ์ แร่ฟลูออไรต์ แร่ไมกา แร่เฮไลต์ แร่แคลไซต์ เป็นต้น

2.3.4 ความวาวแบบเพชร (Adamantine luster) เป็นความวาวโลหะของแร่เป็นประกายและโปร่งใส แร่ที่มีความวาวแบบนี้มีค่าดัชนีหักเหสูง และมีการกระจายแสงสูง นอกจากนี้ยังเป็นแร่ที่มีความแข็งและความหนาแน่นสูงด้วย เช่น แร่คอร์รันดัม เพชร เป็นต้น

2.3.5 ความวาวประกาย (Splendent luster) เป็นความวาวที่ให้ปริมาณของแสงสะท้อนอย่างสมบูรณ์ที่พื้นผิวเป็นประกาย ให้ภาพที่สะท้อนชัดเจนเหมือนดูกระจก ความวาวแบบนี้มักพบในแร่ทึบแสง เช่น แร่ฮีมาไทต์แบบเป็นเกล็ดไมกา แร่ดีบุกที่มีสีใสจาง เป็นต้น

2.3.6 ความวาวใสนวล (Shining luster) เป็นความวาวที่มีการสะท้อนที่ผิวดูใสนวล พบในแร่โปร่งแสง เช่น แร่เซเลสไทต์ (Celestite) แร่แคลไซต์บางชนิด เป็นต้น

2.3.7 ความวาวใสมัน (Glistening luster) เป็นความวาวที่มีการสะท้อนปรากฏที่ผิวแร่ แต่ปริมาณแสงไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดภาพจากการสะท้อน จึงมีลักษณะสีขุ่นที่ผิว แร่ที่มีความวาวแบบนี้มักเป็นแร่โปร่งแสง เช่น แร่ทัลก์ แร่คลอไรต์ เป็นต้น

2.3.8 ความวาวใสด้าน (Glimening luster) เป็นความวาวที่มีการสะท้อนที่ผิวน้อยมาก ดูที่ผิวรู้สึกด้าน เป็นแร่โปร่งแสง เช่น แร่ฟลินต์ แร่ควอตซ์พวกคาลซิโดนี เป็นต้น

2.3.9 ความวาวแบบยางสน (Resinous luster) เป็นความวาวโลหะของแร่ที่มีผิวคล้ายเทียนไข แต่มีสีค่อนข้างขุ่นแบบยางพารา เช่น แร่สฟาเลอไรต์ แร่กำมะถัน เป็นต้น

2.3.10 ความวาวแบบมุก (Pearly luster) เป็นความวาวโลหะของแร่ที่มีสีขุ่นที่ผิวแร่สะท้อนเหลือบมุก เช่น แร่ทัลก์ แร่ไมกา แร่แบไรต์ เป็นต้น

2.3.11 ความวาวแบบเคลือบมัน (Greasy or waxy) เป็นความวาวอโลหะของแร่ที่มีสีของแร่ค่อนข้างใส ที่ผิวของแร่ดูคล้ายมีน้ำมันเคลือบ ความวาวของแร่เป็นผลมาจากสะท้อนของแสงบนผิวขรุขระเล็ก ๆ บนตัวอย่างแร่ เช่น แร่เนฟิลีน แร่ฟลินต์ เป็นต้น

2.3.12 ความวาวใยไหม (Silky luster) เป็นความวาวอโลหะที่เกิดจากแร่มีการจัดตัวเรียงตัวเป็นแนวยาว ที่ผิวมีลักษณะเหลือบอาจจะเปลี่ยนสีได้ เช่น แร่ยิปซัมแบบซาตินสปาร์ แร่เซอร์เพนทีนแบบคริสโซไทล์ เป็นต้น

2.3.13 ความวาวทึบหรือด้านเหมือนดิน (dull or earthy luster) เป็นความวาวที่ไม่มีปริมาณของแสงสะท้อนที่ผิวให้เกิดความวาวเลย แร่มีสีขุ่นมัวดูคล้ายดิน เช่น แร่ดินเหนียว ซอร์ก เป็นต้น

2.4 ความโปร่งแสงของแร่ (Diaphaneity)

ความโปร่งเป็นลักษณะเด่นของแร่ที่ยอมให้แสงผ่าน แบ่งได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

2.4.1 โปร่งใส (Transparent) แร่จะใสจนมองผ่านจากข้างหนึ่งทะลุออกไปอีกข้างหนึ่งได้ คล้ายกระจกใส เช่น แร่แคลไซต์ เพชร เป็นต้น

2.4.2 โปร่งแสง (Translucent) แร่ยอมให้แสงผ่านได้ แต่ไม่อาจมองทะลุผ่านไปได้ มองผ่านคล้ายกระจกฝ้า เช่น แร่เฟลด์สปาร์ แร่ฮอร์นเบลนด์ เป็นต้น

2.4.3 ทึบแสง (Opaque) แร่ยอมให้แสงผ่านเลย แม้แต่ตรงริมหรือขอบแร่ เช่น แร่แมกนีไทต์ แร่ไพไรต์ เป็นต้น

2.5 ความแข็ง (Hardness)

ความแข็งของแร่ หมายถึง ความทนทานต่อการขีดหรือการแกะของแร่ ถ้านำแร่ A มาขีดกับแร่ B และทำให้แร่ B เป็นรอยได้ แต่เมื่อนำแร่ B มาขีดแร่ A ไม่สามารถทำให้แร่ A เป็นรอยได้ แสดงว่า แร่ A มีความแข็งกว่าแร่ B (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-35) ลำดับความแข็งของแร่เปรียบเทียบได้โดยใช้สเกลของโมห์ (Moh's Scale) ซึ่งมี 10 ระดับ โดยเรียงจากความแข็งน้อยที่สุดเป็นอันดับ 1 ไปหาความแข็งมากที่สุดเป็นอันดับ 10 แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 อันดับความแข็งของแร่

อันดับความแข็ง	แร่	สูตรทางเคมี
1	แร่ทัลค์ (Talc)	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
2	แร่ยิปซัม (Gypsum)	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
3	แร่แคลไซต์ (Calcite)	$CaCO_3$
4	แร่ฟลูออไรต์ (Fluorite)	CaF_2
5	แร่อะพาไทต์ (Apatite)	$Ca_5(F, Cl)(PO_4)_3$
6	แร่ออร์โทเคลส (Orthoclase)	$KAlSi_3O_8$
7	แร่เขี้ยวหนุมาน (Quartz)	SiO_2
8	แร่โทปาซ (Topaz)	$Al_2SiO_4(F, OH)_2$
9	แร่คอรันดัม (Corundum)	Al_2O_3
10	แร่เพชร (Diamond)	C

ที่มา : จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-35

จากตารางที่ 4.1 สเกลของโมห์ข้างต้นใช้ประโยชน์ในการทดสอบหรือนำตัวอย่างแร่ มาตรวจเทียบได้โดยง่าย แต่ถ้าไม่มีแร่มาตรฐานสามารถใช้เครื่องมือง่าย ๆ ใช้แร่ที่แข็งหรืออุปกรณ์ที่ แข็งกว่าชุดแร่ที่อ่อนให้เป็รรอยได้ แร่ที่เกิดเป็นผลึกชัดเจนจะตรวจหาความแข็งได้ง่ายและได้ค่า ถูกต้องที่สุด ซึ่งประมาณความแข็งได้ ดังนี้ เล็บ มีความแข็ง 2.5 เหรียญทองแดง มีความแข็ง 3.0 มีดพับ มีความแข็ง 5.0 – 5.5 แผ่นแก้ว มีความแข็ง 5.5 – 6.0 และตะไบ มีความแข็ง 6.5 – 7.0

2.6 ความถ่วงจำเพาะของแร่ (Specific gravity)

ความถ่วงจำเพาะวัดจากน้ำหนักของแร่เปรียบเทียบกับน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตร เท่ากัน โดยน้ำที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าความหนาแน่นสูงสุด ความถ่วงจำเพาะของแร่ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับน้ำหนักอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ ถ้ามีน้ำหนักอะตอมสูงจะทำให้ ความถ่วงจำเพาะของแร่สูงด้วย และการจัดเรียงตัวของอะตอม ถ้ามีการจัดเรียงตัวของโครงสร้าง ภายในแน่นกระชับมากแร่จะมีความถ่วงจำเพาะสูง แต่ถ้าการจัดเรียงตัวของโครงสร้างแบบหลวม จะมีความถ่วงจำเพาะต่ำ

2.7 ผลึกของแร่ (Crystal form)

รูปผลึก คือ ของแข็งที่ประกอบด้วยผิวหน้าที่เป็นระนาบเรียบวางตัวสมมาตรกันเป็น รูปทรงเรขาคณิต ผิวหน้านี้ เรียกว่า หน้าผลึก (Crystal face) หน้าผลึกนี้เกิดจากการจัดวางตัว อย่างเป็นระเบียบของหน่วยโครงสร้างภายในแร่ รูปผลึกในแร่แต่ละชนิดจะมีรูปผลึกที่เป็นรูเฉพาะ ของตัวเอง ผลึกของแร่บ่งถึงลักษณะของแร่นั้น ๆ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายใน แบ่งรูปผลึกแร่ได้ 6 ระบบ ดังนี้ (ลัสนา ปริญญาปริวัฒน์, 2541 : 42)

2.7.1 ระบบไอโซเมตริก (Isometric system) ผลึกเป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์หรือ รูปลูกเต๋า โดยมีแกน 3 แกน เท่ากันและตัดกันที่กึ่งกลางเป็นมุมฉาก

2.7.2 ระบบเตตระโกนอล (Tetragonal system) ผลึกเป็นรูปสี่เหลี่ยมคล้ายเสา เรือน รูปหน้าตัดของแร่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส โดยมีแกน 3 แกน ตัดตั้งฉากกันที่กึ่งกลาง 2 แกน ยาวเท่ากัน แกนที่ 3 อาจจะยาวหรือสั้นกว่าก็ได้

2.7.3 ระบบออร์โธโรมบิก (Orthorhombic system) ผลึกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีแกน 3 แกน ตัดตั้งฉากที่กึ่งกลางแต่ยาวไม่เท่ากันเลย

2.7.4 ระบบโมโนคลินิก (Monoclinic system) ผลึกแบบสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน มีแกน 3 แกน ยาวไม่เท่ากันเลย 2 แกน ตัดตั้งฉากกัน ส่วนแกนที่ 3 ตัดทำมุมกับ 2 แกนแรก

2.7.5 ระบบไตรคลินิก (Triclinic system) ผลึกแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า มีแกน 3 แกน ไม่เท่ากันและตัดไม่ตั้งฉากกันเลย

2.7.6 ระบบเฮกซะโกนอล (Hexagonal system) ผลึกเป็นรูป 6 เหลี่ยมด้านเท่า มีแกน 4 แกน 3 แกน อยู่ในแนวราบยาวเท่ากันและตัดทำมุม 60 องศา ซึ่งกันและกัน แกนที่ 4 ยาว หรือสั้นกว่าก็ได้และตั้งฉากกับ 3 แกนแรก

2.8 แนวแตกของแร่ (Cleavage)

แนวแตกของแร่ คือ รอยแยกแนวเรียบตามธรรมชาติ ตามปกติลักษณะการแตกตัว แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แนวแตกอย่างเป็นระบบ และแนวแตกอย่างไม่เป็นระบบ

2.8.1 แนวแตกอย่างเป็นระบบ เป็นแนวแตกที่มีผิวรอยแตกเรียบ และมีแนวโน้ม ของรอยแตกขนานกับด้านใดด้านหนึ่งของหน้าผลึก เมื่อเป็นเช่นนี้ชิ้นแร่ที่หลุดออกมาจึงมีรูปคล้าย ตัวแทนรูปผลึกแร่ รอยแตกแบบนี้ เรียกว่า รอยกลีบแร่

2.8.2 แนวแตกอย่างไม่เป็นระบบ การแตกตัวนี้ไม่เป็นไปตามรอยกليبแร่ เป็นการแตกตัวที่ไม่มีระบบ ผิวของรอบแตกไม่ราบเรียบคล้ายเศษแก้วแตก ดังนั้น สมบัติในการแตกตัวของแร่จึงใช้ประกอบการตรวจสอบแร่ได้ เช่น แร่เกลือ (NaCl) มีรอยกليبแร่เป็นรูปลูกบาศก์คล้ายกับรูปผลึกของตัวเอง ส่วนแร่เขียวหนุมาไม่แสดงรอยกليبแร่ เวลาแตกตัวคล้ายเศษแก้ว เป็นต้น

2.9 คุณสมบัติทางเคมี

แร่เป็นสารอนินทรีย์ธรรมชาติที่มีส่วนประกอบทางเคมีคงที่ และเขียนสูตรเคมีแทนได้ เช่น แร่ควอตซ์ เป็นต้น (ลัลนา ปริญญาปริวัฒน์, 2541 : 42) โดยทั่วไปจะใช้คุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งได้กล่าวไว้ข้างต้นเป็นหลักในการตรวจแร่ แต่จะให้สมบูรณ์ถูกต้องแน่นอนยิ่งขึ้น ต้องทำการวิเคราะห์ทางเคมีด้วย และเป็นการตรวจสอบด้วยว่า การตรวจดูคุณสมบัติทางกายภาพนั้นถูกต้องหรือไม่ การตรวจคุณสมบัติทางเคมีของแร่มีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การตรวจสอบด้วยปฏิกิริยากับกรด การตรวจสอบการละลายในกรด การตรวจด้วยเปลวไฟ การตรวจด้วยสีของเปลวไฟ เป็นต้น

3. ชนิดของแร่

การจำแนกชนิดของแร่ ตามการนำไปใช้ประโยชน์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แร่ประกอบหิน (Rock forming minerals) และแร่ที่ใช้ในการอุตสาหกรรม (Industrial minerals) สรุปรายละเอียดได้ ดังนี้ (ลัลนา ปริญญาปริวัฒน์, 2541 : 43 – 45; สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย, 2546 : 39 – 48; จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-37 และสง่า ตั้งชวาล, 2555 : 92 - 94)

3.1 แร่ประกอบหิน

แร่ประกอบหิน คือ แร่ที่เป็นส่วนประกอบของหินชนิดต่าง ๆ กลุ่มแร่ประกอบหินที่สำคัญ ได้แก่ แร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ แร่ไมกา แร่เฟอร์โรแมกเนเซียน (Ferromagnesian minerals) แร่ดินเหนียว (Clay minerals) และแร่แคลไซต์ (Calcite) โดยทั่วไปแร่ในกลุ่มนี้มักไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในลักษณะที่เป็นแร่แต่ละชนิดได้ เนื่องจากแร่จะกระจัดกระจายอยู่ในเนื้อหิน ยกแก่การสกัดเอาแร่ออกมาใช้ทีละแร่ได้ ดังนั้น การใช้ส่วนใหญ่จึงเป็นการใช้ตามสภาพที่เป็นอยู่ เช่น หินก่อสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหินปูน เป็นต้น หรือหากมีคุณสมบัติเหมาะสม อาจนำมาทำเป็นหินประดับได้ เช่น หินแกรนิต หินอ่อน หินชนวน เป็นต้น

3.2 แร่ที่ใช้ในการอุตสาหกรรม

แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม หรือกลุ่มแร่เศรษฐกิจ เป็นแร่ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ แร่โลหะ (Metallic minerals) แร่อโลหะ (Non-Metallic minerals) และแร่เชื้อเพลิง (Fuel minerals)

3.2.1 แร่โลหะ เป็นแร่ที่มีโลหะสูงพอที่จะถลุงเอาโลหะมาใช้งานได้ เช่น แร่เหล็ก แร่เฮมาไทต์ แร่ดีบุก เป็นต้น

3.2.2 แร่อโลหะ เป็นแร่ที่ไม่ต้องผ่านการนำไปถลุง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง มักใช้ในอุตสาหกรรมเคมีและอื่น ๆ เช่น แร่ใยหิน แร่แคลไซต์ แร่รัตนชาติ เป็นต้น

3.2.3 แร่เชื้อเพลิง เป็นแร่ที่ให้พลังงานแก่มนุษย์ นักธรณีวิทยาบางกลุ่มอาจไม่ถือว่าแร่เชื้อเพลิงเป็นแร่ เนื่องจากน้ำมันและถ่านหินเป็นสารที่ได้มาจากการสลายตัวของสิ่งที่มีชีวิต เช่น สัตว์พวกโปรโตซัวที่ให้น้ำมัน หรือพืชที่ให้ถ่านหิน เป็นต้น

นอกจากแร่เศรษฐกิจจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทแล้ว สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย (2546 : 39 - 48) ยังแบ่งแร่ตามลักษณะการนำมาใช้ประโยชน์ออกเป็น 8 กลุ่ม ดังนี้

- 1) กลุ่มแร่เชื้อเพลิง เช่น แร่ยูเรเนียม แร่ทอเรียม เป็นต้น
- 2) กลุ่มแร่อุตสาหกรรมก่อสร้างและปูนซีเมนต์ เช่น หินปูน หินดินดาน หินเพอไลต์ หินบะซอลต์ หินแกรนิต หินอ่อน เป็นต้น
- 3) กลุ่มแร่เซรามิกและแก้ว เช่น ดินขาว แร่เฟลด์สปาร์ แร่ควอตซ์ แร่ดิกโคต์ เป็นต้น
- 4) กลุ่มแร่อุตสาหกรรมปุ๋ย และเคมี เช่น แร่โพแทช แร่ฟลูออไรต์ แร่แบไรต์ เป็นต้น
- 5) กลุ่มแร่โลหะมีค่า เช่น แร่ทองคำ เป็นต้น
- 6) กลุ่มแร่โลหะพื้นฐานอุตสาหกรรม เช่น แร่สังกะสี แร่ดีบุก แร่ตะกั่ว แร่แคดเมียม เป็นต้น
- 7) กลุ่มแร่เหล็กและโลหะผสมเหล็ก เช่น แร่เหล็ก แร่แมงกานีส แร่ทังสแตน แร่โครไมต์ เป็นต้น
- 8) กลุ่มแร่รัตนชาติ เช่น เพชร ทับทิม ไพลิน บุษราคัม หยก โอปอ โกเมน นิล เป็นต้น

4. แร่ที่สำคัญ

4.1 แร่ควอตซ์

แร่ควอตซ์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของหินอัคนี ชนิดที่มีซิลิกาผสมอยู่จำนวนมาก ๆ เช่น หินแกรนิต หินไรโอไลต์ เป็นต้น โดยทั่วไปจะพบแร่ควอตซ์เกิดอยู่ร่วมกับแร่เฟลด์สปาร์ และ แร่มีสโคไวท์ ซึ่งเป็นสายแร่ ลักษณะทั่วไปมีทั้งโปร่งใส จนถึงทึบแสง มีหลายสี เช่น สีขาวขุ่น สีชมพู สีม่วง สีควีนไฟ เป็นต้น แร่ควอตซ์มีค่าความแข็งตามสเกลของโมส์ (Moh's scale) ที่ระดับ 7 ลักษณะเด่น คือ มีความวาวคล้ายแก้ว รอยแตกเว้า และรูปร่างของผลึกแตกต่างจากแร่แคลไซต์ตรงที่แข็งกว่า แร่ควอตซ์ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในลักษณะต่าง ๆ เช่น แร่ควอตซ์สีม่วง แร่ควอตซ์สีชมพู แร่ควอตซ์สีควีนไฟ ใช้เป็นแร่รัตนชาติ และหินประดับ แร่ควอตซ์ที่อยู่ในรูปของทราย ถูกนำมาใช้ผสมทำคอนกรีต ทำครก เป็นต้น แหล่งที่พบในประเทศไทย ได้แก่ ผลึกใสพบที่ลำปาง น่าน อุตรดิตถ์ นครสวรรค์ ระนอง พังงา ภูเก็ต และนครศรีธรรมราช สีม่วงพบที่ลำปาง ตาก และนครนายก สีชมพูพบที่จันทบุรี ราชบุรี ระนอง พังงา และภูเก็ต

4.2 แร่เฟลด์สปาร์

แร่เฟลด์สปาร์หรือแร่ฟันม้า เป็นแร่ประกอบหินที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่ง เป็นกลุ่มแร่ซิลิเกต มีรอยแยกแนวเรียบสองแนวตั้งฉากกันหรือเกือบตั้งฉากกัน ความแข็งในระบบ Mohs scale ประมาณ 6 พบอยู่ในหินอัคนีเกือบทุกชนิด หินชั้นและหินแปร ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เครื่องเคลือบ อุตสาหกรรมแก้ว อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมลวดเชื่อมไฟฟ้า สี ยาง ไม้ขีดไฟ อุปกรณ์ทำความสะอาด และขัดเงา ประเทศไทยพบที่ตาก นครศรีธรรมราช ราชบุรี กาญจนบุรี อุทัยธานี แม่ฮ่องสอน และเชียงใหม่

4.3 แร่ไมกา

แร่ไมกามีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ ซ้อนกันจนหนา ผลึกขนาดเล็กมาก สามารถลอกออกเป็นแผ่นบาง ๆ ได้ และมีเนื้อสมานแน่น ความวาวแบบแก้วหรือแบบมุก โปร่งใส และมีสีต่าง ๆ เช่น สีเขียว สีขาว และสีดำ พบในหินอัคนีจำพวกหินแกรนิต หินไซอีนิต หินเพกมาไทต์ นอกจากนี้ยังพบในหินแปรพวกหินไนส์และหินซิสต์ ใช้ทำฉนวนไฟฟ้า เครื่องสำอางทาเปลือกตา ทำเป็นวัตถุโปร่งใสในการทำตะเกียงและเตา เศษของแร่ไมกาที่เหลือจากการทำฉนวนจะถูกนำมาใช้ทำกระดาษ

ปิดฝาผนัง ทำให้ผนังมีความแวววาวขึ้น ใช้ผสมสีรถเป็นเกล็ดให้วาวสะท้อน แห้งที่พบในประเทศไทย ได้แก่ นครศรีธรรมราช และในแหล่งหินแกรนิต หินเพกมาไทต์ทั่วประเทศ

4.4 แร่แคลไซต์

แร่แคลไซต์มีลักษณะเป็นผลึกที่ซับซ้อนมาก ผลึกมีรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน เนื้อแน่นละเอียด พบในลักษณะเป็นหินงอกหินย้อย วาวคล้ายแก้ว แร่แคลไซต์ปกติมีสีขาว หรือไม่มีสี ใช้ทำปูนซีเมนต์และปูนขาว นำมาบดผสมทำอาหารสัตว์ ผสมทำเครื่องเคลือบดินเผา หากมีสีและเนื้อแร่ที่สวยงามนำมาขัดทำหินประดับ ผลึกแร่ใช้เป็นวัตถุดิบผลิตแสงเลเซอร์ ประเทศไทยพบทั่วไปในจังหวัดที่มีหินปูน ตั้งแต่เชียงรายจนถึงยะลา พบมากที่ลพบุรี สระบุรี จันทบุรี กาญจนบุรี ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครสวรรค์ และเพชรบุรี

4.5 แร่ฮีมาไทต์

แร่ฮีมาไทต์ หรือแร่เหล็กแดง มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ มีความวาวแบบโลหะ เรียกสเปกคูลาไรต์ มีสีแดงเลือดหมูเข้มจนเกือบเป็นสีดำหรือสีเทาแบบเหล็ก สีผงละเอียดเป็นสีแดงหมู เป็นสินแร่เหล็กที่สำคัญ สามารถถลุงเอาโลหะเหล็กมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเหล็กกล้า และเหล็กแปรรูปต่าง ๆ ใช้ทำสีแดงและผงขัดมัน แห้งที่พบในประเทศไทย ได้แก่ ลพบุรี นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ อุทัยธานี ปราจีนบุรี สุโขทัย เชียงใหม่ เลย ชลบุรี ประจวบคีรีขันธ์ นครศรีธรรมราช และสุราษฎร์ธานี

หิน

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 (2561 : online) ให้ความหมายของหินว่า หิน หมายถึง ของแข็งที่ประกอบด้วยแร่ชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมตัวกันอยู่ตามธรรมชาติ

ลัธนา ปริญาปวิวัฒน์ (2542 : 49) ให้ความหมายของหินว่า หิน คือ สารผสม (Mixtures) ของแร่ตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไป แต่หินบางชนิดอาจประกอบด้วยแร่เพียงชนิดเดียวก็ได้ อยู่ในสภาพเป็นของแข็ง เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ

สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย (2546 : 4) กล่าวว่า หินเป็นวัตถุที่มีมากที่สุดในโลก เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุอื่น ๆ หินมีความแข็งแรงและมีสีต่าง ๆ หินอาจจะประกอบด้วยแร่เพียงชนิดเดียว เช่น หินปูนบริสุทธิ์ ซึ่งประกอบด้วยแร่แคลไซต์เพียงอย่างเดียว เป็นต้น แต่ส่วนใหญ่หินมักจะประกอบด้วยแรมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป

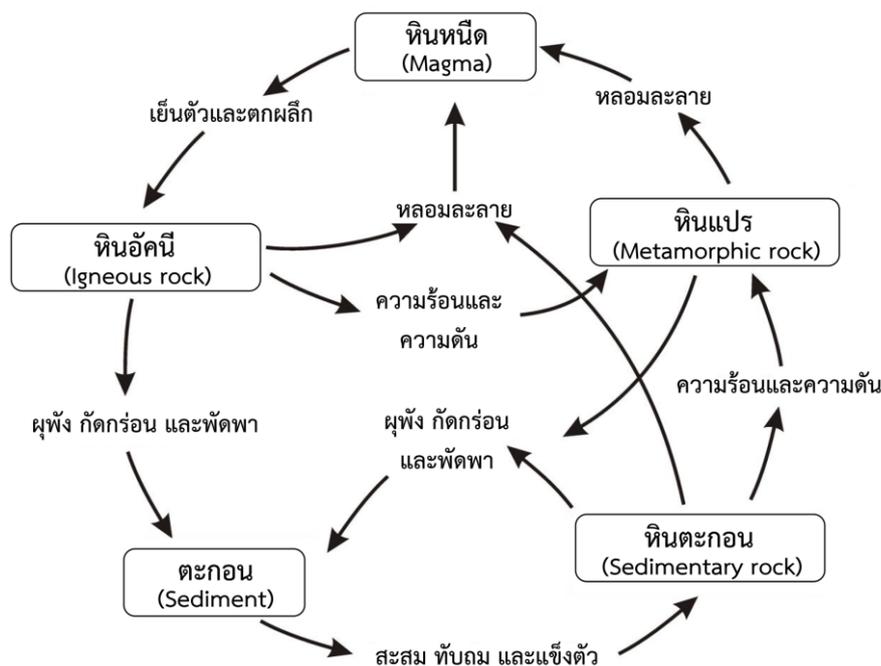
สง่า ตั้งขวาล (2555 : 107) ให้ความหมายของหินว่า คือ อนินทรีย์สารที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติประกอบด้วยแร่ตั้งแต่ 1 ชนิดขึ้นไป หินบางชนิดอาจมีแร่เด่นเพียง 1 ชนิด แต่ก็มักจะมีแร่อื่นผสมอยู่บ้างเป็นปริมาณน้อยมาก

สรุปได้ว่า หิน คือ อนินทรีย์สารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เป็นของแข็งที่ประกอบด้วยแร่เพียงชนิดเดียว หรือตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไปรวมตัวกัน

1. วัฏจักรของหิน (Rock cycle)

วัฏจักรของหิน หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของหินกลุ่มใหญ่ ๆ ทั้ง 3 ชนิด ที่ประกอบเป็นเปลือกโลก คือ หินอัคนี (Igneous rock) หินตะกอน (Sedimentary rock) และหินแปร (Metamorphic rock) การเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้หินชนิดหนึ่งเปลี่ยนไปเป็นอีกชนิดหนึ่ง และอาจเปลี่ยนกลับไปเป็นหินชนิดเดิมได้อีก วนเวียนไปเรื่อย ๆ เป็นวัฏจักร (สง่า ตั้งชวาล, 2555 : 107)

นักธรณีวิทยาได้แบ่งหินออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะของการเกิด ได้แก่ หินอัคนี หินตะกอน และหินแปร วัฏจักรของหินแสดงถึง กระบวนการการเปลี่ยนแปลงของหินเป็นวงรอบ แสดงดังภาพที่ 4.2 มีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้ (ลัสนา ปริญญาปริวัฒน์, 2542 : 49; สง่า ตั้งชวาล, 2555 : 107; ปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์, 2558 : 18 และศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, 2561 : online)



ภาพที่ 4.1 วัฏจักรของหิน

เมื่อหินหนืดร้อนภายในโลก ซึ่งมีอุณหภูมิและแรงดันสูงแทรกตัวขึ้นสู่พื้นผิวโลก เรียกว่า ลาวา จะเย็นตัวตกผลึกลงทันทีกลายเป็นหินอัคนี ถ้าหินหนืดร้อนตกผลึกภายในเปลือกโลก กลายเป็นหินอัคนีแทรกซอน ซึ่งมีผลึกขนาดใหญ่ และถ้าหินหนืดร้อนเย็นตัวบนพื้นผิวโลกจะกลายเป็นหินอัคนีพุ ซึ่งมีผลึกขนาดเล็ก ต่อมาหินอัคนีมีการฝังสึกกร่อนจากลมฟ้าอากาศ น้ำ แสงแดด และสิ่งมีชีวิต กลายเป็นตะกอนแล้วพัดพามาทับถมกัน เป็นเวลานานหลายล้านปี มีแรงดัน และปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดการรวมตัวเป็นหินตะกอน หินตะกอนเมื่อมีการแปรสภาพจะกลายเป็นหินแปร ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ความดัน และความร้อนจากภายในเปลือกโลกทำให้เกิดการแปรสภาพ ต่อมาหินถูกกระทำด้วยความดัน การทับถม หรือปรากฏการณ์ทางธรณี หินจะจมตัวลงใต้เปลือกโลก แล้วหลอมละลายกลายเป็นหินหนืดร้อน จากนั้นแรงดันใต้พื้นโลกทำให้หินหนืดร้อนแทรกตัวขึ้นสู่เปลือกโลกอีกครั้งหนึ่ง และเมื่อเย็นตัวลงตกผลึกกลายเป็นหินอัคนีอีก เกิดเป็น

วัฏจักรของหิน ซึ่งวัฏจักรของหินอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงข้ามขั้นตอนก็ได้ เช่น มีการเปลี่ยนแปลงจากหินแปรแล้ว ถูกทำลายผุพังไปเป็นตะกอน หรือหินตะกอนถูกความดันและอุณหภูมิสูงมากจนหลอมเหลวเป็นหินหนืด เมื่อตกผลึกอีกครั้งก็กลายเป็นหินอัคนี เป็นต้น

2. ประเภทของหิน

การแบ่งประเภทของหินตามแหล่งกำเนิด สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ หินอัคนี หินชั้นหรือหินตะกอน และหินแปร โดยหินทั้งสามชนิดนี้ประกอบด้วยแร่ (Mineral) ซึ่งแร่คือ ธาตุหรือสารประกอบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีส่วนประกอบทางเคมีที่แน่นอน และมีการจับตัวของผลึกที่เป็นระเบียบ (พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา, 2543 : 45 - 46; ลีลนา ปริญญาปริวัฒน์, 2542 : 51; สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย, 2546 : 4 - 5 และปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์, 2558 : 12 - 13)

1) หินอัคนี เป็นหินที่เกิดจากการเย็นตัวของหินหนืดหรือแมกมา ซึ่งแทรกขึ้นมาจากส่วนลึกภายในโลก

2) หินชั้นหรือหินตะกอน เป็นหินที่เกิดจากการสะสมและการทับถมของเศษหิน ดินทราย ที่แตกหลุดหรือถูกชะละลายออกมาจากหินเดิมอื่น ๆ ถูกกดทับอัดตัวกันแน่น โดยมีตัวเชื่อมประสาน และได้กลายเป็นหินในที่สุด หรืออาจเกิดจากการตกตะกอนด้วยมีปฏิกิริยาเคมี

3) หินแปร เป็นหินที่เกิดจากการแปรสภาพอันเนื่องมาจากความร้อนและความกดดันของโลก ทำให้หินเดิมซึ่งอาจจะเป็นหินอัคนีหรือเป็นหินชั้นถูกเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ลักษณะเนื้อหินหรืออาจจะมีส่วนประกอบเปลี่ยนไปด้วยก็ได้

3. หินอัคนี

หินอัคนี ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า "Igneous rock" ซึ่ง "Igneous" มีรากศัพท์มาจากภาษาละตินว่า "Ignis" ซึ่งแปลว่า "ไฟ" หินอัคนีจึงหมายถึงหินที่มาจากไฟ นั่นคือ หินหนืด 2 ชนิด คือ แมกมา และลาวา เมื่อเย็นตัวลงกลายเป็นหิน พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 (2561 : online) ให้ความหมายของหินอัคนีว่า "หินที่เกิดจากการแข็งตัวของหินหนืด" เช่นเดียวกับ กิจการ พรหมมา (2555 : 85) ซึ่งกล่าวถึงหินอัคนีว่า หินอัคนี คือ หินที่เกิดจากการเย็นตัวของหินหนืด

3.1 กระบวนการเกิดหินอัคนี

หินอัคนีเป็นหินประเภทหนึ่งที่เกิดจากการเย็นตัวของสารหลอมเหลวเหนือผิวโลกที่เรียกว่า ลาวา หรือเกิดจากกระบวนการตกผลึกของแร่ธาตุที่อยู่ใต้ผิวโลก เรียกว่า หินหนืดหรือแมกมา ซึ่งแมกมาอยู่ในชั้นเปลือกโลก หรือชั้นแมนเทิล เมื่อเคลื่อนตัวตื้นขึ้นจะเย็นตัวลง และเปลี่ยนสถานะจากสารหลอมเหลวเป็นหินอัคนี กระบวนการที่แมกมากลายเป็นหินอัคนีมี 2 แบบดังนี้ (ลีลนา ปริญญาปริวัฒน์, 2541 : 48 - 49; จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-24; กิจการ พรหมมา, 2555 : 85 และสง่า ตั้งชวาล, 2555 : 138 - 143)

3.1.1 กระบวนการเกิดหินอัคนีแทรกซอน (Intrusive rock) เป็นกระบวนการที่แมกมาแทรกซอนอยู่ใต้ผิวโลกแล้วเย็นตัวอย่างช้า ๆ ทำให้เกิดการตกผลึกของแร่เป็นก้อนโตหรือเม็ดหยาบสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ เนื้อของหินอัคนีที่เกิดโดยกระบวนการนี้จึงประกอบด้วยเม็ดแร่หยาบ (Phaneritic texture) และจัดเป็นประเภทหินอัคนีระดับลึกหรือหินพลูโตนิค (Plutonic rock) เช่น หินแกรนิต เป็นต้น

3.1.2 กระบวนการเกิดหินอัคนีพุ (Extrusive rock) เป็นกระบวนการที่แมกมาแทรกไหลขึ้นมาสู่ผิวโลก แมกมาที่ไหลออกมาสู่ผิวโลกนี้ เรียกว่า ลาวา จะเย็นตัวอย่างรวดเร็ว ผลึกไม่มีเวลาเพียงพอที่จะสร้างตัวให้มีขนาดโตได้ เนื่องจากได้สัมผัสกับบรรยากาศ ทำให้แร่ธาตุต่าง ๆ จับตัวเป็นของแข็งไม่เป็นผลึก หรือถ้าเป็นผลึกเม็ดจะมีขนาดละเอียดมาก (Aphanitic texture) จนไม่อาจมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ เนื้อของหินอัคนีที่เกิดโดยกระบวนการนี้จึงละเอียด และจัดเป็นประเภทหินภูเขาไฟ (Volcanic rock) เช่น หินบะซอลต์ หินไรโอไลต์ เป็นต้น

3.2 ชนิดของหินอัคนี

การจำแนกหินอัคนี สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะเนื้อหิน (Texture) และสถานที่ที่เกิดการตกผลึก ได้แก่ หินอัคนีแทรกซอน และหินอัคนีพุ (สง่า ตั้งขวาล, 2555 : 163 – 166 และปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์, 2558 : 13) สรุปได้ดังนี้

3.2.1 หินอัคนีแทรกซอน หรือหินอัคนีระดับลึก เป็นหินอัคนีเนื้อหยาบที่เกิดจากการเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ ตกผลึกและแข็งตัวจากหินหนืดใต้ผิวโลก โดยทั่วไปลึกมากกว่า 2 กิโลเมตร ตัวอย่างหินอัคนีแทรกซอนที่พบในประเทศไทย

1) หินแกรนิต (Granite)

1.1) ลักษณะทั่วไป เป็นหินอัคนีที่เกิดภายใต้พื้นผิวโลกระดับลึก เนื้อหยาบ ผลึกเกาะกันแน่นเห็นได้ชัด สีขาวเทาอาจมีจุดประสีดำ หินแกรนิตเป็นหินสำคัญบนเปลือกโลกส่วนทวีป

1.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย มักพบตามแนวทิวเขาใหญ่ ๆ ของประเทศ เช่น หินเขาตะนาวศรีทางตะวันตก ทิวเขาผีปันน้ำทางภาคเหนือที่ลำปาง และเชียงใหม่ ทางภาคตะวันออกพบที่จันทบุรี ระยอง และชลบุรี เป็นต้น

1.3) ประโยชน์ของหินแกรนิต เป็นหินประดับและหินก่อสร้าง เนื่องจากมีความแข็งแรงทนดี จะนำมาตัดเป็นแผ่นปูอาคาร หรือเพื่อทำอนุสาวรีย์ ใช้ทำครก

2) หินไดออไรต์ (Diorite)

2.1) ลักษณะทั่วไป เป็นหินอัคนีที่เกิดภายใต้พื้นผิวโลกระดับลึก เนื้อหยาบ สีคล้ำเข้มกว่าหินแกรนิต

2.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย ในประเทศไทยพบไม่มากนัก และโดยมากพบในบริเวณเดียวกับที่พบหินแกรนิต เช่น เลย แพร่ น่าน อุตรดิตถ์ เพชรบูรณ์ เชียงราย เป็นต้น

2.3) ประโยชน์ของหินไดออไรต์ ใช้เป็นหินก่อสร้างแทนหินแกรนิต เนื่องจากมีลักษณะเนื้อหยาบ ความพรุนต่ำ มีการยึดติดกับยางมะตอยได้ดี

3) หินแกบโบร (Gabbro)

3.1) ลักษณะทั่วไป เป็นหินอัคนีที่เกิดภายใต้พื้นผิวโลกระดับลึก สีเข้มถึงสีดำ จึงดูสีคล้ำกว่าหินไดออไรต์ พบอยู่มากในส่วนของเปลือกธรณีสมุทร

3.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย ในประเทศไทยพบอยู่น้อยมากเป็นแนวทิวเขาเตี้ย ๆ ได้แก่ เลย แพร่ น่าน อุตรดิตถ์ จันทบุรี ปราจีนบุรี ยะลา และศรีสะเกษ

3.3) ประโยชน์ของหินแกบโบร ใช้เป็นหินประดับ

3.2.2 หินอัคนีพุ หรือหินภูเขาไฟ เป็นหินอัคนีเนื้อละเอียดคล้ายแก้ว เกิดจากการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วของหินหนืดหรือลาวาที่ไหลขึ้นมาสู่ผิวโลก ตัวอย่างหินอัคนีพุที่พบในประเทศไทย

1) หินไรโอไลต์ (Rhyolite)

1.1) ลักษณะทั่วไป เป็นหินภูเขาไฟที่มีเนื้อละเอียด สีขาวเทาคล้ายหินแกรนิต ประกอบด้วยผลึกดอก (Phenocryst) สีขาว ซึ่งมองด้วยตาเปล่าได้ชัดเจน กระจัดกระจายอยู่ทั่วทั้งหิน

1.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย พบบริเวณภูเขาหรือเนินที่สูงในประเทศไทยพบอยู่ไม่มากนัก ได้แก่ สระบุรี ลพบุรี และเพชรบูรณ์

1.3) ประโยชน์ของหินไรโอไลต์ ใช้เป็นหินก่อสร้าง ทำถนน ทางรถไฟ ทำครก ประดับสวนและอาคาร

2) หินแอนดีไซต์ (Andesite)

2.1) ลักษณะทั่วไป เป็นหินภูเขาไฟที่มีสีเขียวหรือสีเขียวเทา เนื้อละเอียด

2.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย มักเกิดเป็นแนวยาวตามทิวเขา ได้แก่ สระบุรี ลพบุรี เพชรบูรณ์ ลพบุรี นครนายก และปราจีนบุรี

2.3) ประโยชน์ของหินแอนดีไซต์ ใช้เป็นหินก่อสร้าง จึงใช้ในการทำถนน ทำหินประดับ หรือทำครก

3) หินบะซอลต์ (Basalt)

3.1) ลักษณะทั่วไป เป็นหินภูเขาไฟสีเข้มถึงสีดำ เนื้อละเอียดกว่าหินแกรบิโอร ส่วนมากมีรูพรุนเนื่องจากฟองอากาศ

3.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย ได้แก่ แพร่ ลำปาง บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ กาญจนบุรี ตรารด และจันทบุรี ซึ่งบางแห่งเป็นต้นกำเนิดของพลอยพวกคอรันดัม เช่น ทับทิม ไพลิน เป็นต้น

3.3) ประโยชน์ของหินบะซอลต์ ใช้ในการก่อสร้างแต่ไม่ค่อยดีนัก ถ้าหินบะซอลต์ผุจะกลายเป็นหินที่ให้ประโยชน์ในการเพาะปลูกได้

4) หินพัมมิช (Pumice)

4.1) ลักษณะโดยทั่วไป เป็นหินภูเขาไฟมีสีจาง เช่น สีเนื้อ สีเทา สีขาว เป็นต้น ลักษณะเนื้อเป็นฟองและเบา มีรูพรุนเล็ก ๆ ในหิน จนลอยน้ำได้ในบางก้อน เนื่องจากลาวาเย็นตัวเสียก่อนที่แร่จะตกผลึกได้ทัน ก๊าซที่ปนอยู่ในเนื้อหินทำให้เกิดเป็นรูเล็ก ๆ ทั่วทั้งก้อน หินพัมมิชเกือบทั้งหมดเป็นพวกซิลิกาที่เป็นแร่ควอตซ์เม็ดเล็กละเอียด

4.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย พบตามชายทะเลจังหวัดระยอง ซึ่งลอยมาจากที่อื่น

4.3) ประโยชน์ของหินพัมมิช ใช้เป็นหินฉาบ ใช้ทำวัสดุขัดถูภาชนะ ทำให้ผิวภาชนะเป็นเงาวาว ใช้ทำเป็นฉนวนในเครื่องทำความเย็น ผสมกับปูนซีเมนต์และปูนพลาสเตอร์ จะทำให้น้ำหนักเบาขึ้น

3.3 ตัวอย่างของหินอัคนี

หินอัคนีเป็นหินที่มีมากที่สุดในเปลือกโลกมีถึงประมาณร้อยละ 95 แต่ที่พบบนผิวโลกมีประมาณร้อยละ 25 ในบริเวณที่เป็นภูเขาไฟหรือที่ราบสูงลาวา และมักเป็นบริเวณที่พบแหล่งแร่ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-26) หินอัคนีมีมากมายหลายชนิดสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งแสดงลักษณะเด่นของหินอัคนี

ตารางที่ 4.2 สรุปลักษณะเด่นของหินอัคนี

ชื่อหินอัคนี	ลักษณะเด่น
1. หินแกรนิต (Granite)	สีขาวอมเทาและมีจุดประสีดำ ผลึกหยาบ สีขาวใสมักเป็นแร่ควอตซ์ สีขาวขุ่นมักเป็นแร่เฟลจีโอเคลส สีส้มหรือสีชมพูมักเป็นแร่โพแทสเซิลด์สปาร์ สีดำแตกเป็นกาบ คือ แร่โอไอไทต์ สีดำเป็นแท่ง คือ แร่ฮอร์นเบลนด์ แร่ไพรอกซีน หรือแร่ทัวร์มาลีน
2. หินเพกมาไทต์ (Pegmatite)	คล้ายหินแกรนิต แต่มีเนื้อหยาบมากกว่า มีผลึกแร่โต ๆ ประสานกันอยู่ แร่ที่มีค่าได้แก่ ดิบุก วุลเฟรม ทองคำ โคลัมเบียม แทนทาลัม ยูเรเนียม ทัวร์มาลีน และมรกต
3. หินไดออไรต์ (Diorite)	เนื้อหยาบ มีสีเข้มกว่าหินแกรนิตแต่สีจางกว่าหินแกบโบร ได้แก่ สีเทาอมเขียว เนื่องจากมีแร่สีเข้มในปริมาณมากขึ้น แร่เฟลจีโอเคลสมีนอกจากแร่ร้อยละ 60 ของแร่เฟลด์สปาร์ทั้งหมด
4. หินแกบโบร (Gabbro)	เนื้อหยาบ มีสีดำหรือสีเข้ม มีแร่หลัก เช่น แร่เฟลจีโอเคลสและแร่โคลโนไพรอกซีน เป็นต้น แร่รอง เช่น แร่แมกนีไทต์ แต่ไม่มีแร่ควอตซ์ เป็นต้น
5. หินไดอะเบส (Diabase)	สีเขียวแก่ถึงสีดำ ประกอบด้วยแร่แลบราโดไรต์และแร่ไพรอกซีน โดยผลึกแร่ไพรอกซีนหุ้มผลึกแร่แลบราโดไรต์เข้าไว้ ผลึกแร่ใหญ่กว่าหินบะซอลต์แต่เล็กกว่าหินแกบโบร สหรัฐอเมริกา เรียกว่า หินไดอะเบส แต่อังกฤษ เรียกว่า หินโดเลอไรต์ (Dolerite)
6. หินไรโอไลต์ (Rhyolite)	สีขาวอมเทา สีน้ำตาลอ่อน หรือสีเทาอมชมพู เนื้อละเอียด มักพบแร่ดอกอยู่ในเนื้อพื้น แร่ดอกเป็นแร่ควอตซ์และแร่อร์โทเคลส
7. หินเดไซต์ (Dacite)	สีจาง คล้ายหินแกรนิตไดออไรต์ แต่มีขนาดผลึกแร่เล็กกว่า
8. หินแอนดีไซต์ (Andesite)	เนื้อละเอียด สีเข้ม เช่น สีเขียวแก่ สีน้ำตาล หรือสีเทา เป็นต้น แร่ดอกเป็นแร่โซเดียมเฟลจีโอเคลส สีเข้ม คือ แร่โอไอไทต์ แร่ฮอร์นเบลนด์ และแร่ไพรอกซีน
9. หินบะซอลต์ (Basalt)	เนื้อละเอียด แน่น สีดำ คล้ายหินปูน แต่แข็งกว่า ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ ถ้ามีรูพรุนมาก เรียกว่า หินบะซอลต์โพรงข่าย (Vesicular basalt) ถ้าไม่พรุนมาก เรียกว่า ตะกรันภูเขาไฟ (Scoria) เนื่องจากหินบะซอลต์โพรงข่ายมีน้ำหนักมากกว่าตะกรันภูเขาไฟจึงจมน้ำ
10. หินถ้ำภูเขาไฟ (Tuff)	สีเทา ถ้ามีเนื้อหินแสดงการหลอมรวมของถ้ำภูเขาไฟ เรียกว่า หินถ้ำภูเขาไฟเนื้อหลอม (Welded tuff)
11. หินออบซิเดียน (Obsidian)	มีสีดำ คล้ายแก้ว อาจมีแร่ดอกสีเทาคล้ายผลึกหิมะ เรียกว่า หินออบซิเดียนเนื้อดอก แร่รูปผลึกหิมะ (Snow-flake obsidian) แร่ดอกนี้ คือ แร่ควอตซ์ชนิดหนึ่งที่มีชื่อว่า คริสโทบาลิต (Cristobalite)
12. หินพัมมิช (Pumice)	สีจาง สีขาวหรือสีเทาอ่อน มีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ มีน้ำหนักเบาจนลอยน้ำได้ เป็นหินแก้วภูเขาไฟชนิดหนึ่งที่มีฟองอากาศจำนวนมาก มีส่วนประกอบคล้ายหินไรโอไลต์
13. ตะกรันภูเขาไฟ (Scoria)	มีสีเข้มดำ มีรูพรุนมากคล้ายฟองน้ำ มีน้ำหนักเบาจนลอยน้ำได้ เป็นชิ้นส่วนหินภูเขาไฟซึ่งถูกกระเป็ดกระจายขึ้นไปในอากาศแล้วแข็งตัวตกลงมายังพื้นโลก เนื้อประกอบด้วยแก้วและแร่

ที่มา : กิจการ พรหมมา, 2555 : 89

4. หินตะกอน

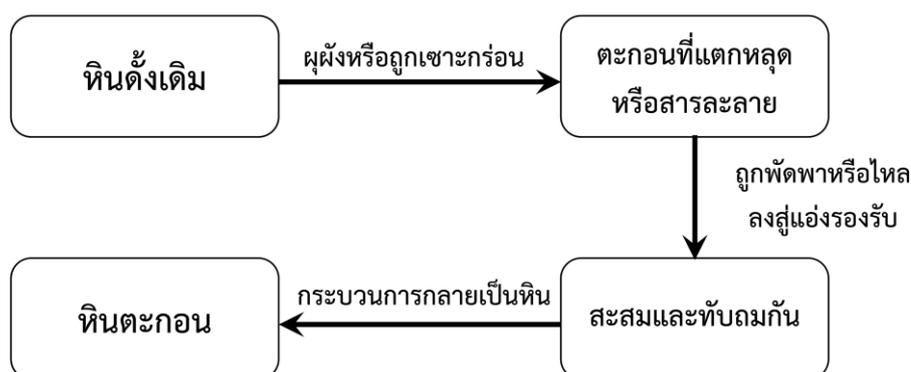
พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2554 (2561 : online) ให้ความหมายของหินตะกอนว่า หินที่เกิดจากการทับถมของตะกอน ที่เกิดจากหินอัคนีหรือหินแปรที่ผุพังแตกสลายหรือการตกตะกอนทางเคมี รวมทั้งตะกอนที่เกิดจากการสะสมของซากดึกดำบรรพ์ มีลักษณะการเรียงตัวเป็นชั้น ๆ เรียกว่า หินชั้น

ปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์ (2558 : 15) กล่าวถึงหินตะกอน คือ หินที่เกิดจากการสะสม การแข็งตัว และการอัดตัวของตะกอนเศษหินหรือสารละลายที่ถูกตัวกลาง ได้แก่ ลมและน้ำพัดพามาและสะสมตัวบนที่ต่ำ ๆ ของผิวโลก

สรุปได้ว่า หินตะกอนเป็นหินที่เกิดจากการทับถมหรือการสะสมของตะกอนจากหินอัคนีหรือหินแปรที่ผุพังแตกสลาย หรือเกิดจากการสะสมของซากดึกดำบรรพ์ ซึ่งมีลักษณะการเรียงตัวเป็นชั้น ๆ จึงเรียกอีกอย่างว่า หินชั้น

4.1 กระบวนการเกิดหินตะกอน

นักวิชาการได้อธิบายกระบวนการเกิดหินตะกอน สรุปได้ดังภาพที่ 4.2 (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-27 – 12-28; ลัสนา ปริญญาปวิวัฒน์, 2541 : 83 – 88 และกิจการ พรหมมา, 2555 : 111 - 114) ขั้นตอนการเกิดหินตะกอน มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 4.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการเกิดหินตะกอน

4.1.1 กระบวนการเกิดของตะกอน เกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

1) เกิดจากการผุพังและการกัดเซาะของหินเดิม ทำให้มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมจนถึงค่อนข้างกลมมน และมีขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่มาก เช่น กรวด ทราย ดินร่วน ดินเหนียว เป็นต้น เรียกตะกอนชนิดนี้ว่า ตะกอนสีกร่อน (Detrital)

2) เกิดขึ้นโดยกระบวนการทางเคมี ทำให้หินเดิมละลายกลายเป็นสารละลาย และเกิดการตกตะกอนของสารละลาย เรียกตะกอนชนิดนี้ว่า ตะกอนเคมี (Chemical deposits) เป็นอนินทรีย์วัตถุ กระบวนการเคมีอาจเกิดขึ้นได้จากการสะสมตัวของอินทรีย์สาร โดยสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในทะเลจะนำสารละลายไปสร้างเซลล์ เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงจะสะสมตัวกันเป็นตะกอน เรียกว่า ตะกอนชีวเคมี (Biochemical deposits)

4.1.2 การตกตะกอน (Sedimentation) การตกตะกอนจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1) แหล่งกำเนิดของตะกอน ตะกอนส่วนใหญ่ได้มาจากการผุพังของหินอัคนี แต่บางส่วนอาจมาจากหินแปรและหินตะกอนด้วยตัวเอง โดยเกิดจากการกระทำของตัวการต่าง ๆ ได้แก่ ทางน้ำ ธารน้ำแข็ง คลื่น และการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ทำให้หินเกิดการแตกหักและสีกกร่อนกลายเป็นตะกอนชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้ ตะกอนยังได้มาจากซากของสิ่งมีชีวิตด้วย

2) วิธีการพัดพาตะกอน ตะกอนที่แตกหักออกมาจากแหล่งกำเนิดจะถูกพัดพาให้เคลื่อนที่จากแหล่งเดิมไปยังแหล่งใหม่ ตัวกลางที่สำคัญในการพัดพาตะกอน ได้แก่ ทางน้ำ ธารน้ำแข็ง น้ำใต้ดิน คลื่น ลม และการเคลื่อนที่จากแรงดึงดูดของโลก

3) กระบวนการตกตะกอน ตะกอนที่สีกกร่อนจะตกตะกอนลง โดยตะกอนที่มีขนาดใหญ่จะตกทับถมก่อน ส่วนตะกอนเคมีหรือตะกอนชีวเคมี จะตกตะกอนโดยมีกระบวนการเคมีเข้ามาเกี่ยวข้อง กระบวนการตกตะกอนที่สำคัญมีดังนี้ (สง่า ตั้งชวาล, 2555 : 113)

3.1) การอัดตัว เป็นกระบวนการที่ ตะกอน ซึ่งสะสมตัวอยู่ ได้รับความกดดันจากน้ำหนักของตะกอนส่วนที่ทับถมอยู่ข้างบน ช่องว่างภายในตะกอนถูกอัดเข้าไป หรือน้ำที่อยู่ในตะกอนถูกบีบออกมา ทำให้ตะกอนมีการอัดตัวแล้วแข็งตัวเป็นหิน ซึ่งมีเม็ดแร่ขนาดเล็กละเอียด เช่น หินดินดาน หินโคลน เป็นต้น

3.2) การเกิดสารเชื่อมประสาน เป็นกระบวนการที่ตะกอนมีสารละลายบางชนิดเข้าไปตกผลึกในช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอน และทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสานให้เม็ดตะกอนเกาะติดกันแข็งตัวเป็นหิน วัสดุประสานที่พบบ่อย ได้แก่ แคลไซต์ ซิลิกา และเหล็กออกไซด์ ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลาย หินที่มีสารเชื่อมนี้ ได้แก่ หินทราย หินกรวดมน หินกรวดเหลี่ยม เป็นต้น

4.2 ชนิดของหินตะกอน

หินตะกอนสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ หินตะกอนเนื้อประสม และหินตะกอนเนื้อประสาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย, 2546 : 6; ปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์, 2558 : 16)

4.2.1 หินตะกอนเนื้อประสม หรือเรียกว่า หินตะกอนแตกหลุด หรือหินตะกอนเม็ด (Clastic sedimentary rock) เป็นหินตะกอนที่ประกอบด้วยอนุภาคที่แตกหลุดและพัดพามาจากที่อื่น ๆ หินตะกอนนี้ยังคงมีลักษณะเนื้อเดิมของตะกอนให้เห็นอยู่ ตัวอย่างหินตะกอนเนื้อประสมมีดังนี้

1) หินดินดาน (Shale)

1.1) ลักษณะทั่วไป หินดินดานประกอบด้วยอนุภาคตะกอนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 1/256 มิลลิเมตร (สง่า ตั้งชวาล, 2555 : 167) มีเนื้อละเอียด ลักษณะเป็นแผ่นหรือแยกออกเป็นชั้น ๆ

1.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย พบอยู่ทั่วไปในประเทศไทย เช่น สระบุรี อัญญา ลพบุรี สมุทรปราการ นนทบุรี นครศรีธรรมราช ยะลา กาญจนบุรี เป็นต้น

1.3) ประโยชน์ของหินดินดาน เป็นวัสดุผสมทำซีเมนต์

2) หินทราย (Sandstone)

2.1) ลักษณะทั่วไป เกิดจากการรวมกันของเม็ดทราย ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตะกอนตั้งแต่ 1/16 มิลลิเมตร ถึง 2 มิลลิเมตร (สง่า ตั้งชวาล, 2555 : 167) วัตถุประสงค์คือ แร่ซิลิกา ถ้าวัตถุประสงค์เป็นพวกเหล็กออกไซด์จะทำให้หินเป็นสีเหลือง สีน้ำตาล หรือสีแดง

2.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย พบเกือบทุกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น นครราชสีมา ชัยภูมิ นครพนม สกลนคร เป็นต้น

2.3) ประโยชน์ของหินทราย ใช้ก่อสร้าง เช่น ปราสาทโบราณในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ใช้แกะสลักรูปปั้น เช่น พระพุทธรูป เป็นต้น

3) หินกรวดมน (Conglomerate)

3.1) ลักษณะทั่วไป เกิดจากกรวดมนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตะกอนขนาดใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร (สง่า ตั้งชวาล, 2555 : 166) เนื้อหินประกอบด้วยตะกอนทรายและทรายแป้ง เม็ดตะกอนมีลักษณะกลมมนและมีความคงทนสูง

3.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย ได้แก่ ลพบุรี กาญจนบุรี และระยอง

3.3) ประโยชน์ของหินกรวดมน ใช้เป็นวัสดุก่อสร้างทาง หรือปกคลุมส่วนนอกของคันทางดินบนเขื่อน

4.2.2 หินตะกอนเนื้อประสาน หรือหินตะกอนเคมี เป็นหินตะกอนที่เกิดจากการตกผลึกของสารละลายที่พัดพามาโดยน้ำ เกิดการตกผลึกจากปฏิกิริยาทางเคมี หรือเกิดจากสิ่งมีชีวิต มีเนื้อประสานกันแน่นไม่สามารถพิสูจน์สภาพเดิมได้ ตัวอย่างหินตะกอนเนื้อประสานมีดังนี้

1) หินปูน (Limestone)

1.1) ลักษณะทั่วไป มีเนื้อแน่นละเอียด ทึบ อาจจะมีสีขาว สีเทา สีชมพู หรือสีดำ ประกอบด้วยผลึกแร่แคลไซต์เป็นส่วนใหญ่ และบางครั้งอาจมีซากดึกดำบรรพ์อยู่ด้วย เช่น หินปะการัง (Reef) เป็นหินปูนที่เกิดจากซากปะการังชอล์ก (Chalk) เป็นหินปูนเนื้อละเอียดเกิดจากซากสัตว์ทะเลตัวเล็ก ๆ หินปูนขี้นก (Guano) ซึ่งเกิดจากสารพวกแคลเซียมคาร์บอเนตปนกับมูลนกทะเลหรือค้างคาว หินปูนชนิดนี้จึงมีสารประกอบจำพวกฟอสเฟต และธาตุไนโตรเจนปนอยู่มากใช้ในการทำปุ๋ย เป็นต้น (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-29)

1.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย พบมากบริเวณสระบุรี กาญจนบุรี ประจวบคีรีขันธ์ พังงา และชุมพร

1.3) ประโยชน์ของหินปูน นิยมใช้ในการก่อสร้างถนน ทางรถไฟ เมาทำปูนขาว หรือปูนกินกับหมาก ทำแคลเซียมคาร์ไบด์ ทำวัสดุทนไฟ ทำปุ๋ยและทำสี

2) เกลือหิน (Rock salt) หรือหินยิปซัม (Gypsum)

2.1) ลักษณะทั่วไป มีเนื้อเนียน มีสีขาวใส หรือไม่มีสี แต่อาจมีสีต่าง ๆ ได้ เช่น สีส้ม สีเหลือง สีแดง ประกอบด้วยผลึกแร่เฮไลต์ (Halite) หรือเกลือแดง เป็นต้น

2.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย หินเกลือพบมากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น ชัยภูมิ นครราชสีมา ขอนแก่น เป็นต้น ยิปซัมพบที่พิจิตร นครสวรรค์ และสุราษฎร์ธานี

2.3) ประโยชน์เกลือหินหรือยิปซัม ใช้เป็นสารผสมในอุตสาหกรรมซีเมนต์ และใช้ทำฉนวนในฝากระดาน

3) ถ่านหิน (Coal)

3.1) ลักษณะทั่วไป เป็นหินตะกอนสีดำ มันวาว ทึบแสงและไม่เป็นผลึก ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ที่อัดกันแน่นจนกลายเป็นหิน

3.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย ถ่านหินที่พบในประเทศไทยเป็นถ่านลิกไนต์ (Lignite) เช่น ลำปาง กระบี่ แพร่ สงขลา เลย เป็นต้น

3.3) ประโยชน์ของถ่านหิน ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า การถลุงโลหะ การผลิตปูนซีเมนต์ ถ่านหินสามารถทำเป็นถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) เพื่อใช้เป็นสารดูดซับกลิ่นในเครื่องกรองน้ำได้

4.3 ตัวอย่างของหินตะกอน

หินตะกอนเป็นหินที่พบแพร่หลายถึงประมาณร้อยละ 75 ของหินบนผิวโลก แต่มีหินตะกอนเพียงร้อยละ 5 เท่านั้นที่มีการวางตัวเป็นชั้น ๆ ตามลักษณะเด่นของหินตะกอน (จุฬารัตน์ธรรมประทีป, 2555 : 12-28) ตัวอย่างของหินตะกอนแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปลักษณะของหินตะกอน

ชื่อหินตะกอน	ลักษณะเด่น
1. หินกรวดมน (Conglomerate)	เนื้อหยาบ ประกอบด้วยเศษหินหรือกรวดที่กลมมนหรือเกือบมน ตะกอนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร วัตถุประสาน คือ แคลเซียมคาร์บอเนต เหล็กออกไซด์ ซิลิกา หรือดินเหนียว
2. หินกรวดเหลี่ยม (Breccia)	เนื้อหยาบ ประกอบด้วย เศษหินที่เป็นเหลี่ยม เป็นมุมในเนื้อพื้นละเอียด วัตถุประสาน คือ แคลเซียมคาร์บอเนต เหล็กออกไซด์ ซิลิกา หรือดินเหนียว
3. หินทราย (Sandstone)	เนื้อละเอียด มีสีแดง สีเหลือง สีน้ำตาล สีเทา และสีขาว ประกอบด้วยเศษหินที่มีลักษณะกลมหรือเหลี่ยมก็ได้ วัตถุประสาน คือ ซิลิกา แคลเซียมคาร์บอเนต เหล็กออกไซด์ และดินเหนียว เม็ดทราย คือ แร่ควอตซ์ถึงร้อยละ 85-90 ที่เหลือเป็นแร่ชนิดอื่นหรือเศษหิน
4. หินทรายแป้ง (Siltstone)	คล้ายดินทรายแต่เนื้อละเอียดกว่า มีทรายแป้งมากกว่าดินเหนียว ทรายแป้งมีขนาดเล็กกว่าทรายละเอียด แต่ใหญ่กว่าดินเหนียว ลูบด้วยมือจะรู้สึกสากมือ
5. หินดินดาน (Shale)	เนื้อละเอียด มีสีเหมือนดินเหนียว มีสีแดง สีน้ำตาล หรือสีเทา เป็นชั้นบาง ๆ จึงแตกออกได้ง่าย โดยเฉพาะตามพื้นผิวที่ผุพัง ลูบด้วยมือจะรู้สึกลื่นมือ
6. หินโคลน (Mudstone)	คล้ายหินดินดานแต่ไม่มีแนวแตกเรียบเป็นชั้น ถ้าทดสอบจากการสัมผัสกับเล็บ หินโคลนจะลื่นมากกว่าหินดินดาน แต่อาจหมายถึง หินที่มีส่วนประกอบเท่ากันของดินเหนียวและทรายแป้ง
7. หินปูน (Limestone)	เนื้อละเอียด สีเทาอ่อน-เข้ม มีแร่แคลไซต์หรือแร่โดโลไมต์มากกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก แต่มีเนื้อหยาบ ถ้ามีส่วนประกอบจากซากดึกดำบรรพ์ ทดสอบเหมือนกับแร่แคลไซต์ หินโดโลไมต์ (Dolomite, Dolostone) คล้ายหินปูนแต่เกิดปฏิกิริยากับกรดน้อยกว่า หินมาร์ล (Marlstone) เป็นหินปูนเนื้อดิน ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตและดินเหนียวเท่ากับ 35 : 65 ถึง 65 : 35 ถ้าผุพังไปจากหินมาร์ล และมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนใหญ่ เรียกว่า ดินสอพอง (Marly limestone)
8. เกลือหิน (Rock salt)	เนื้อผลึกหยาบและแร่เฮไลต์ การทดสอบแร่เฮไลต์ คือ ละลายน้ำง่ายและมีรสเค็ม
9. หินจิวรีต (Chert)	เนื้อแน่น แข็ง ผิวด้านหรือวาบแบบแก้ว มีรอยแตกแบบก้นหอยหรือแบบเสี้ยนไม้ มักเป็นผลึกซ้อนรูป อาจมีโอพอลหรือไม่ก็ได้ บางครั้งมีสารมลทิน เช่น แคลไซต์ เหล็กออกไซด์ หรือซากดึกดำบรรพ์ ถ้ามีสีเทาเข้มหรือสีเทาดำ เรียกว่า หินเหล็กไฟ (Flint) ถ้ามีสีแดง เรียกว่า หินแจสเปอร์ (Jasper)

ตารางที่ 4.3 สรุปลักษณะของหินตะกอน (ต่อ)

ชื่อหินตะกอน	ลักษณะเด่น
10. หินยิปซัม (Gypsum)	มีเนื้ออ่อน มีความแข็งเท่ากับ 2 ส่วนใหญ่ มีสีขาวหรือใส รองลงมาสีเทา สีเหลือง น้ำผึ้ง สีแดง สีน้ำตาล หรือสีเข้มดำ ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณมลทิน บางครั้งเรียกว่า หินเกลือจีต
11. หินกะล่ำหอย (Coquina)	เนื้อหยาบ ประกอบขึ้นจากเปลือกหอย ปะการัง หรือเศษชิ้นส่วนของสารอินทรีย์อื่น ๆ มีรูพรุนและเปราะ
12. ศิลาแดง (laterite)	หินสีแดงและสีน้ำตาลแดง มีเนื้อแกร่งแต่มีโพรงอยู่ทั่วไป ผิวขรุขระ ดูเป็นการรวมตัวของก้อนแร่และเศษหินขนาดเล็ก

ที่มา : กิจการ พรหมมา, 2555 : 103

5. หินแปร

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2554 (2561 : online) ให้ความหมายของหินแปรว่า หินที่แปรสภาพจากหินเดิม โดยการกระทำของความร้อน ความดัน และปฏิกิริยาเคมี

ปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์ (2558 : 16) กล่าวถึงหินแปร คือ หินที่เปลี่ยนแปลงมาจากหินอัคนีหรือหินตะกอนโดยกระบวนการทางกายภาพและทางเคมี ในสภาพของของแข็ง อนุกรมภูมิและความดันสูง ในระดับที่ลึกโดยไม่ผ่านกระบวนการหลอมละลาย

สรุปได้ว่า หินแปร เป็นหินที่แปรสภาพมาจากหินอัคนีหรือหินตะกอนโดยกระบวนการทางกายภาพและกระบวนการทางเคมี

5.1 กระบวนการเกิดหินแปร

การแปรสภาพ (Metamorphism) เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเนื้อหิน โครงสร้างของหิน และส่วนประกอบของแร่ อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทั้งภายในและบนพื้นผิวโลก ปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการแปรสภาพของหิน คือ ความร้อน ความดัน และสารละลายที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมี นั่นคือ น้ำร้อน นักวิชาการได้อธิบายกระบวนการเกิดหินแปร สรุปได้ดังนี้ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-30; ภัสนา ปริญญาปริวัฒน์, 2541 : 100 – 103 และกิจการ พรหมมา, 2555 : 114)

5.1.1 กระบวนการแปรสภาพสัมผัส (Contact metamorphism)

การแปรสภาพสัมผัสเกิดจากการแทรกซ้อนของหินหนืดที่ร้อนเข้าไปในหินข้างเคียง ทำให้หินข้างเคียงมีการแปรสภาพรอบ ๆ หินอัคนีที่แทรกดันขึ้นมา หินที่เกิดจากกระบวนการแปรสภาพสัมผัส มักมีการตกผลึกใหม่ อาจมีแร่ใหม่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเคมี เช่น หินดินดาน หินโคลน หินดินเหนียวจะถูกการแปรสภาพกลายเป็นหินฮอร์นเฟลส์ (Hornfels) หินปูน หินโดโลไมต์ จะกลายเป็นหินอ่อน (Marble) หินทรายกลายเป็นหินควอร์ตไซต์ (Quartzite)

5.1.2 กระบวนการแปรสภาพทั้งบริเวณ (Regional metamorphism)

การแปรสภาพทั้งบริเวณเป็นกระบวนการแปรสภาพที่ต้องอาศัยความร้อนและความดันสูง หินที่แปรสภาพแบบนี้จะพบตามทิวเขาใหญ่ ๆ ซึ่งเปลือกโลกมีการไหวตัวอยู่บ่อยหรืออาจเกิดซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง จนทำให้มีการแปรสภาพแบบสลับซับซ้อน หินที่แปรสภาพแบบนี้จะมีแร่ใหม่ ๆ เกิดขึ้นหลายชนิด มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะการจัดเรียงตัวของเม็ดแร่เกิดขึ้น

ตารางที่ 4.4 สรุปการแปรสภาพของหินจากหินต้นกำเนิด

ชื่อหินต้นกำเนิด	ชื่อหินแปร
1. หินดินดาน	หินชนวน หินฟิลไลต์ หรือหินซีสต์
2. หินทราย	หินควอร์ตไซต์
3. หินดินดานสลับกับหินทราย	หินไนส์
4. หินปูน	หินอ่อน
5. หินปูนปนแร่ดินเหนียว	หินแคลก์-ซิลิเกต
6. หินกรวดมน	หินเมทาควอตซ์
7. หินบะซอลต์	หินเมทาบะซอลต์
8. หินแกรนิต	ไม่พบการแปรสภาพ หรือเชื่อว่าเป็นหินไนส์อัครี
9. หินชนวนหรือหินฟิลไลต์	หินซีสต์
10. หินแปรที่รอยเลื่อนพลาสติก	หินไมโลไนต์
11. หินไนส์ที่หลอมบางส่วน	หินมิกมาไทต์ (หินที่ผสมระหว่างหินไนส์และหินแกรนิต)

ที่มา : กิจการ พรหมมา, 2555 : 115

5.2 ชนิดของหินแปร

หินแปร สามารถแบ่งโดยใช้ลักษณะเนื้อหินเป็นเกณฑ์ สรุปได้ดังนี้ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-30 – 12-31; สง่า ตั้งชวาล, 2555 : 170 – 172 และปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์, 2558 : 18)

5.2.1 หินแปรชนิดเนื้อหินเป็นแนว (Foliated texture) มีการเรียงตัวของเม็ดแร่ไปทิศทางใดทางหนึ่งโดยเฉพาะ เนื้อหินมีลักษณะเป็นลายเส้น เป็นริ้ว ๆ หรือเป็นแถบที่มีแนวขนานกันไป เกิดจากการเรียงตัวของแร่แผ่นโดยวางตัวทางด้านแบนราบซ้อนกัน อาจเกิดจากส่วนประกอบของหินที่มีทั้งแร่สีอ่อน เช่น แร่เขียวหนุมาน แร่เฟลด์สปาร์ เป็นต้น และแร่สีเข้ม เช่น แร่ไบโอไทต์ แร่ฮอนเบลนด์ เป็นต้น ปนกันอยู่ ตัวอย่างหินแปรชนิดเนื้อหินเป็นแนว มีดังนี้

1) หินชนวน (State)

1.1) ลักษณะทั่วไป มีเนื้อละเอียดและเรียบ แฉะแยกออกเป็นแผ่น ๆ ได้ มีสีเทาถึงสีดำ เนื่องจากมีธาตุคาร์บอนจากหินเดิม และธาตุคาร์บอนยังสามารถเปลี่ยนเป็นแกรไฟต์ได้

1.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย เช่น พบหลายจุดตามเส้นทางถนนมิตรภาพก่อนถึงปากช่อง พบปะปนกับหินดินดาน เป็นต้น

1.3) ประโยชน์ของหินชนวน นิยมนำมาใช้เป็นกระดานชนวนสำหรับเขียนหนังสือ แผ่นขนาดใหญ่นำไปใช้มุงหลังคา ทำเป็นแผ่นรองพื้นสีกหลาดของโต๊ะบิลเลียด และทำเป็นหินประดับ

2) หินซีสต์ (Schist)

2.1) ลักษณะทั่วไป แร่ประกอบในหินเห็นชัดเจนเป็นเกล็ด ซ้อนขนานกันจนเป็นริ้ว ๆ ริ้วขนานนี้มักจะโค้งงอ หินซีสต์แตกออกยากและไม่แตกเป็นแผ่นเรียบ

2.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย พบได้ทั่วไป เช่น ตาก ลำปาง เป็นต้น

2.3) ประโยชน์ของหินซีสต์ ไม่นิยมใช้ในการก่อสร้าง ใช้ทำหินประดับ

3) หินไนส์ (Gneiss)

3.1) ลักษณะทั่วไป ประกอบด้วยชั้นแร่ไมกาสีเข้มสลับกับผลึกแร่เฟลด์สปาร์เป็นชั้น ๆ เรียงตัวขนานกันไปเป็นแนวริ้ว

3.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย พบมากในบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงใต้แก่ แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ตาก ชลบุรี และระยอง

3.3) ประโยชน์ของหินไนส์ ใช้ทำครก และทำหินประดับ

4) หินฟิลไลต์ (Phyllite)

4.1) ลักษณะทั่วไป มีเนื้อหยาบกว่าหินชนวน แต่มีสีชาวกว่า มีผลึกแร่ไมกาใหญ่กว่าในหินชนวน และแตกแยกออกได้ง่ายกว่า

4.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย เช่น ราชบุรี กาญจนบุรี ตาก เป็นต้น

4.3) ประโยชน์ของหินฟิลไลต์ ใช้เป็นวัสดุถมถนนชั่วคราว

5.2.2 หินแปรชนิดเนื้อหินไม่เป็นแนว (Non-foliated texture) เป็นพวกหินแปรเนื้อละเอียดหรือเนื้อเนียน ซึ่งไม่สามารถสังเกตเห็นลักษณะการเรียงตัวของเม็ดแร่ได้ หรือเป็นหินแปรที่เกิดจากกระบวนการแปรสภาพแล้ว ก่อให้เกิดการตกผลึกซ้ำของแร่ ทำให้เนื้อหินแปรประกอบด้วยผลึกแร่ขนาดโตที่ไม่แสดงลักษณะการเรียงตัว ตัวอย่างหินแปรชนิดเนื้อหินไม่เป็นแนว มีดังนี้

1) หินควอร์ตไซต์ (Quartzite)

1.1) ลักษณะทั่วไป เกิดจากหินทรายที่มีแร่ซิลิกา เมื่อได้รับความร้อนและความกดดันสูง ทั้งวัตถุประสานและเม็ดทรายจะเชื่อมประสานกันแน่นสนิทยิ่งขึ้นทำให้มีความแข็งมากขึ้น

1.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย พบที่ชลบุรี ราชบุรี ตาก และแหล่งที่ใกล้กับหินปูน หินโดโลไมต์ หินไนส์ และหินชีสต์

1.3) ประโยชน์ของหินควอร์ตไซต์ ใช้ผสมในคอนกรีต หินลับมีด และทำเป็นวัสดุทนไฟ หินควอร์ตไซต์สีน้ำตาลแดง เรียกว่า หินลูกรัง

2) หินอ่อน (Marble)

2.1) ลักษณะทั่วไป แปรสภาพมาจากหินปูนหรือหินโดโลไมต์ แร่ที่ประกอบในหินอ่อน ได้แก่ แร่แคลไซต์ ลักษณะเนื้อหินมีทั้งเนื้อละเอียดถึงเนื้อหยาบมาก มีเนื้อแน่นกว่าหินปูน หินอ่อนบริสุทธิ์มีสีขาว

2.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย พบมากที่จังหวัดสระบุรี สุโขทัย พิจิตร นครสวรรค์ นครนายก และยะลา

2.3) ประโยชน์ของหินอ่อน ใช้ทำหินขัดมันประดับอาคาร บ้านเรือน ทำป้าย ประดับสำนักงานแกะสลักเป็นรูปต่าง ๆ

3) หินฮอนเฟลส์ (Honfels)

3.1) ลักษณะทั่วไป แปรสภาพจากหินเนื้อละเอียด แร่ประกอบหินฮอนเฟลส์เป็นแร่ซิลิเกตสีเข้ม

3.2) แหล่งที่พบในประเทศไทย เช่น สระบุรี ชลบุรี ตาก เป็นต้น

3.3) ประโยชน์หินฮอนเฟลส์ ใช้ทำผนังของปล่องหรือท่อของวัสดุทนไฟ

ทำทางรถไฟ

5.3 ตัวอย่างของหินแปร

ตัวอย่างของหินแปรสรุปรายละเอียดได้ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สรุปลักษณะของหินแปร

ชื่อหินตะกอน	ลักษณะเด่น
1. หินชนวน (Slate)	เนื้อละเอียด เนื้อแกร่งกว่าหินดินดานแต่มีริ้วขนานแตกเป็นกาบอย่างชัดเจน รอยแตกของหินไม่จำเป็นต้องเป็นระนาบเดิมของชั้นหินดินดาน เรียกริ้วขนานตามแนวแตกตัวของหินชนวนนี้รอยแตกของแร่ว่า แนวแตกเรียบแบบหินชนวน (Slaty cleavage) แร่ในหิน เช่น แร่ควอตซ์ แร่ดินเหนียว แร่คลอไรต์ แร่มีสโคไวต์ ออกไซด์ของเหล็กและแมกนีเซียม เป็นต้น
2. หินฟิลไลต์ (Phyllite)	คล้ายหินชนวน เนื้อค่อนข้างละเอียด ประกอบด้วยแร่ไมกา แร่ควอตซ์ ออกไซด์ของเหล็กและแมกนีเซียม เมื่อแร่ไมกาที่เรียงตัวเป็นริ้วขนานแตกออกจะเห็นเป็นมันวาวเหมือนไหม หินฟิลไลต์วาวมากกว่าหินชนวน
3. หินชีสต์ (Schist)	ริ้วขนานชัดเจน มีแร่ไมกาจำนวนมากและสะท้อนแสง ประกอบด้วยแร่มีสโคไวต์ แร่ไบโอไทท์ แร่คลอไรต์ แร่ทัลก์ แร่ควอตซ์ แร่การ์เนต และแร่ฮอร์นเบลนด์ แต่พบแร่เฟลด์สปาร์น้อยมาก เมื่อมีแร่ชนิดใดเด่นชัดก็จะใช้เรียกชื่อย่อยของหิน เช่น หินการ์เนตชีสต์ หินมีสโคไวต์ชีสต์ หินไบโอไทต์ชีสต์ หินควอตซ์ชีสต์ ริ้วขนานเช่นนี้เรียกว่า สภาพเรียงตัวของหินชีสต์ (Schistosity)
4. หินไนส์ (Gneiss)	เนื้อหยาบ มีริ้วหรือแถบลายทางหักคดโค้งต่างๆ ไม่สม่ำเสมอ มักเป็นแถบสลับระหว่างสีอ่อนและสีเข้ม มีแร่ควอตซ์และแร่เฟลด์สปาร์มากกว่าแร่ไมกา สีอ่อนมักเป็นแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ และแร่มีสโคไวต์ ส่วนสีเข้มมักเป็นแร่ไบโอไทต์และออกไซด์ของเหล็กและแมกนีเซียม หินไนส์ที่คล้ายหินแกรนิตหรือเป็นหินมิกมาไทต์ เรียกว่า หินไนส์ออร์โธไนส์ (Orthogneiss) แต่หินไนส์ที่มีริ้วขนานสลับเป็นชั้นและคดโค้งมาก เรียกว่า หินไนส์ตะกอน (Paragneiss)
5. หินอ่อน (Marble)	เนื้อผลึกสม่ำเสมอทั้งเนื้อหยาบและเนื้อละเอียด ประกอบด้วยแร่แคลไซต์หรือแร่โดโลไมต์ที่เกิดผลึกใหม่มีสีขาว สีเทา สีเทาเข้ม สีเทาปนน้ำตาล สีขาวอมชมพู หรือสีเทาดำ ริ้วขนานที่เกิดขึ้นในหินอ่อนเกิดขึ้นจากมลทิน
6. หินควอร์ตไซต์ (Quartzite)	เนื้อทรายประสานกันแน่น ไม่มีริ้วขนาน มีสีขาวถึงสีน้ำตาลอ่อน
7. หินแคลก์-ซิลิเกต (Calc-silicate)	สีเทาลายคล้ายหินปูนหรือหินอ่อน ประกอบด้วยแร่การ์เนต แร่ไดออปไซด์ แร่โอลาสโทไนต์ และแร่เอพิโดต
8. หินเซอร์เพนไทน์ (Serpentinite)	มีสีเขียวเป็นพื้น สลับสีอื่นๆ เช่น สีเทาและสีขาว คล้ายเกล็ดงู
9. หินฮอร์นเฟลส์ (Hornfels)	มีสีดำ สีน้ำตาล หรือสีเทาปนเขียวขี้ม้า มีเนื้อละเอียดแน่น ไม่มีริ้วขนาน แตกแล้วเป็นชิ้นแหลมคมและเป็นเส้นตรงขอบสีจะใสแสงพอมันได้
10. หินแอมฟิโบไลต์ (Amphibolite)	สีดำ มีริ้วขนานแต่น้อย ประกอบด้วยแร่เฟลด์สปาร์และแร่ในกลุ่มแร่แอมฟิโบไลต์ได้แก่ แร่ฮอร์นเบลนด์ เป็นส่วนใหญ่ แร่รองคือ แร่ไบโอไทต์ แร่สฟีน และแร่เอพิโดต โดยมีแร่ควอตซ์ปนอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้
11. หินไมโลไนต์ (mylonite)	มีเนื้อละเอียดที่เกิดการบดอัดของเนื้อหินแบบพลาสติก หินเดิมแตกหักและถูกบดอัดในเวลาเดียวกัน ชิ้นส่วนที่ถูกบดอัดจะยาวเรียวยาวเป็นรูปเลนส์ฝังเรียงตัวไปในแนวเดียวกันในเนื้อพื้นละเอียดที่มีประมาณร้อยละ 50 - 90 ผลึกแร่ดอกรูปดา คือ แร่เฟลด์สปาร์หรือแร่การ์เนต

ที่มา : กิจการ พรหมมา, 2555 : 114

ดิน

นงนภัส คู่ขวัญ เทียงกมล (2551 : 36) ได้ให้ความหมายของดินว่า หมายถึง วัตถุธรรมชาติที่เกิดจากการย่อยสลายตัวของหินและแร่ธาตุต่าง ๆ โดยมีอินทรีย์วัตถุแร่ธาตุผสมคลุมนเคล้าปน โดยมีอากาศ และน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยดินปกคลุมพื้นผิวโลกเป็นทวีปอย่างบาง ๆ รวมทั้งสามารถเป็นที่อยู่อาศัย และสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ได้

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2555 : 12-32) ได้ให้ความหมายของดินทางธรณีวิทยาว่า หมายถึง สารที่ยังจับตัวไม่แน่นนัก ซึ่งประกอบด้วยธาตุหรือตะกอนที่มีขนาดอนุภาคต่าง ๆ ตั้งแต่ขนาดเม็ดทรายลงไปถึงเม็ดดินเหนียวเป็นส่วนใหญ่ อาจมีพวกกรวด หิน และสารอินทรีย์ที่เกิดจากการผุพังของพืชและสัตว์ปนอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกันไป นอกจากนี้ ก็มีน้ำและอากาศปนอยู่ในส่วนประกอบของดินอีกด้วย

สง่า ตั้งขวาล (2555 : 175) ได้ให้นิยามของดินเชิงธรณีวิทยาว่า ดิน คือ แร่และหินที่สลายตัวและผ่านกระบวนการสลายตัวทางธรณีวิทยามาแล้ว เป็นผิวชั้นบนที่หุ้มห่อโลก แร่และหินที่ผุพังมานี้เรียกว่า วัตถุต้นกำเนิดดิน (Parent material) ซึ่งจะผสมกับอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) จนกลายเป็นดินที่พืชสามารถเจริญเติบโต

สรุปได้ว่า ดิน หมายถึง วัตถุธรรมชาติที่เกิดจากการย่อยสลายตัวทางธรณีของวัตถุต้นกำเนิดดิน นั่นคือ หินและแร่ธาตุต่าง ๆ ผสมกับอินทรีย์วัตถุโดยมีอากาศ และน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย

1. กระบวนการเกิดดิน

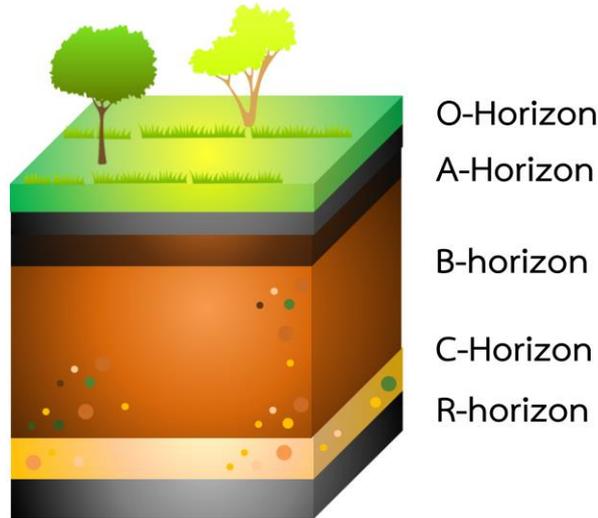
การเกิดดินโดยธรรมชาติเป็นลักษณะของการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ วัตถุต้นกำเนิดดิน ภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ เวลา และกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต (ลัสนา ปริญญาปริวัฒน์, 2542 : 133) ขั้นตอนการเกิดดินประกอบด้วยกระบวนการเกิด 2 ขั้นตอน คือ การผุพังสลายตัว (Weathering) และกระบวนการสร้างดิน (Soil forming process) ดังนี้ (ศศิณา ภารา, 2550 : 26)

1.1 การผุพังสลายตัว (Weathering) ประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทำให้หินและแร่ธาตุแตกออกเป็นชิ้นเล็กกล และเปลี่ยนแปลงลักษณะไปจากเดิมโดยอาศัยปัจจัยต่าง ๆ เป็นตัวกำหนด ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ ระยะเวลา สภาพภูมิประเทศ และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ วัตถุที่ได้จากการสลายตัวจะเกิดการทับถมรวมตัวกับอินทรีย์วัตถุต้นกำเนิด วัตถุต้นกำเนิดดินนี้จะได้จากการสลายตัวของหินแร่ การผุพังสลายตัวมี 2 แบบ คือ การผุพังอยู่กับที่ และการผุพังแบบเคลื่อนย้ายจากที่เดิมไปทับถมยังที่ต่าง ๆ โดยอาศัยน้ำ ลม แรงแม่เหล็กของโลกและธารน้ำแข็ง

1.2 กระบวนการสร้างดิน (Soil forming process) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากการผุพังสลายตัว กระบวนการนี้ทำให้ดินมีการพัฒนารูปร่างหน้าตาดของดินในลักษณะต่าง ๆ กัน กระบวนการสร้างดินมี 2 ลักษณะ คือ การแยกชั้นดิน (Horizonation) เป็นการทำให้ดินมีการพัฒนาโครงสร้างที่ดีขึ้น เนื่องจากเกิดการชะล้างวัสดุ การเคลื่อนย้ายเปลี่ยนแปลงสภาพของวัสดุ การเพิ่มเติมวัสดุแร่ธาตุ ฮิวมัสหรืออินทรีย์วัตถุลงบนผิวดิน อีกลักษณะจะเป็นการไม่แยกชั้นดิน (Haploidization) เป็นการสร้างดินที่ทำให้หน้าดินมีลักษณะสม่ำเสมอจนไม่สามารถแยกชั้นได้ชัดเจน

2. ชั้นดิน (Soil horizon)

การแยกชั้นดินทำให้เกิดภาพหน้าตัดข้างของดิน (Soil profile) ที่มีการเปลี่ยนแปลงของดินแต่ละบริเวณ โดยอาศัยความแตกต่างของสี เนื้อดิน และปริมาณส่วนประกอบของดินเป็นหลัก การเรียงลำดับภาพหน้าตัดข้างชั้นดิน มีรายละเอียดสรุปได้ ดังนี้ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555 : 12-32)



ภาพที่ 4.3 ลักษณะของชั้นดิน

1) **ชั้น O (O-Horizon)** เป็นดินชั้นบนสุดมักมีสีคล้ำเนื่องจากประกอบด้วยอินทรีย์วัตถุหรือฮิวมัส ซึ่งเป็นซากพืชซากสัตว์ ซึ่งทำให้เกิดความเป็นกรด ดินชั้นโอส่วนใหญ่จะพบในพื้นที่ป่า ส่วนใหญ่พื้นที่การเกษตรจะไม่มีชั้นโอในหน้าตัดดิน เนื่องจากถูกไถพรวนไปหมด

2) **ชั้น A (A-Horizon)** เป็นดินชั้นบน (Top soil) ติดกับผิวดิน ดินชั้นเอส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินแร่ และอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายสมบูรณ์แล้วอยู่ด้วย ทำให้ดินมีสีเข้ม ลักษณะของดินชั้นนี้ร่วนซุย เป็นส่วนที่มีน้ำซึมผ่านไปได้สะดวก ดังนั้น ชั้นเอจึงทำหน้าที่เป็นทางผ่านหรือเป็นชั้นชะล้าง (Eluvial horizon) นั้นเอง

3) **ชั้น B (B-Horizon)** เป็นชั้นดินล่าง (Subsoil) เนื้อดินและโครงสร้างเป็นแบบก้อน เหลี่ยมหรือแท่งผลึก เกิดจากการชะล้างแร่ธาตุต่าง ๆ ของสารละลายต่าง ๆ เคลื่อนตัวผ่านชั้นบีลงมาสะสมในชั้นบี ในเขตภูมิอากาศชื้น ดินในชั้นบีส่วนใหญ่จะมีสีน้ำตาลปนแดง เนื่องจากการสะสมตัวของเหล็กออกไซด์ ชั้นบีมีลักษณะเป็นชั้นสะสมของพวกสารละลายและตะกอนต่าง ๆ

4) **ชั้น C (C-Horizon)** เกิดจากการผุพังของหินกำเนิดดิน (Parent rock) ไม่มีการตกตะกอนของวัสดุดินจากการชะล้าง และไม่มีการสะสมของอินทรีย์วัตถุ

5) **ชั้น R (R-Horizon)** เป็นชั้นของวัตถุต้นกำเนิดดิน หรือหินพื้น (Bedrock)

3. สมบัติของดิน

ดินมีสมบัติทางกายภาพ ดังนี้ (สง่า ตั้งชวาล, 2555 : 181 - 190)

3.1 สีของดิน (Color of soil)

สีของดินมีลักษณะแตกต่างกันไปตามชนิดของแร่ในดินที่เป็นต้นกำเนิดของดิน มีสีตั้งแต่สีขาว สีเทา สีน้ำตาลเหลือง จนถึงสีดำ ถ้าหากแร่ในดินนั้นเปลี่ยนแปลงเป็นแร่ใหม่สีของดินก็จะมีลักษณะแตกต่างไปจากเดิม เช่น แร่แมกนีไทต์ สลายตัวเปลี่ยนเป็นแร่ไลมอไนต์ได้ดินสีเหลือง หรือการที่แร่แมกนีไทต์สลายตัวไปเป็นแร่ฮีมาไทต์ จะได้ดินสีน้ำตาลแดง ดินลูกรัง เป็นต้น

3.2 รูปร่างของเม็ดดิน (Shape of soil grain)

รูปร่างของเม็ดดิน แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ เม็ดกลม (Bulk grain) เม็ดแผ่นแบน (Flaky grain) และเม็ดรูปเข็ม (Needle-shaped grain)

3.2.1 เม็ดกลม ดินที่มีลักษณะอนุภาคเป็นเม็ดกลมหรือเกือบกลม เช่น เม็ดกรวดทรายของแร่ควอตซ์ โอปอล เป็นต้น

3.2.2 เม็ดแผ่นแบน ดินมีลักษณะอนุภาคเป็นแผ่นแบน และบางคล้ายใบไม้ มีเนื้อไม่ละเอียดนัก ได้แก่ เม็ดทรายแป้ง เม็ดเคลย์ของแร่เฟลด์สปาร์ แร่ไมกา แร่ดินเหนียว

3.2.3 เม็ดรูปเข็ม ดินมีลักษณะของอนุภาครูปร่างคล้ายเข็ม มีเนื้อละเอียดขนาดเม็ดเคลย์ของแร่ดินเหนียว

3.3 เนื้อดิน (soil texture)

เนื้อดิน หมายถึง ลักษณะผสมของความหยาบหรือความละเอียดของเม็ดดิน โดยพิจารณาจากปริมาณหรือสัดส่วนร้อยละของน้ำหนักอนุภาคที่เป็นส่วนประกอบในดินนั้น สามารถจำแนกดินออกเป็น 12 ชนิด ตามลักษณะเนื้อดิน ดังนี้ (สง่า ตั้งชวาล, 2555 : 191 - 198)

1) ดินทราย (Sand) ประกอบด้วยอนุภาคทรายขนาดหยาบ (2 มิลลิเมตร) จนถึงขนาดละเอียด (0.02 มิลลิเมตร) ปริมาณร้อยละ 85 - 100 และมีอนุภาคดินเหนียว (0.002 มิลลิเมตร) อยู่ น้อยมาก ร้อยละน้อยกว่า 10 ดินชนิดนี้จับตัวยึดติดกันอย่างหลวม ๆ เมื่อแห้งจะไม่เหนียวติดกัน

2) ดินทรายเชิงร่วน (Loamy sand) ประกอบด้วยขนาดอนุภาคทรายเป็นส่วนใหญ่ ร้อยละ 70 - 80 แต่ปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูงขึ้น สูงสุดร้อยละ 15%

3) ดินร่วนเชิงทราย (Sandy loam) ปริมาณของอนุภาคเม็ดทรายสูง ร้อยละ 15 - 44 มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูงขึ้น สูงสุดร้อยละ 20 เมื่อเปียกจึงสามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ระหว่างถูกบีบ แต่ส่วนใหญ่จะไม่เหนียวติดมือ ไม่สามารถจะปั้นให้เป็นแท่งทรงกระบอก หรือรูปเข็มเล็ก ๆ ได้

4) ดินร่วน (Loam) เป็นดินที่พบมากชนิดหนึ่ง ปริมาณสัดส่วนอนุภาคคละกันพอดี เม็ดอนุภาคทรายเกือบเท่า ๆ กับเม็ดทรายแป้ง ส่วนอนุภาคดินเหนียวสูงในปริมาณพอดี ร้อยละ 6 - 27 ดินชนิดนี้เมื่อมีความชื้นเหมาะสมจะสามารถปั้นแต่งได้ แต่ยังไม่ถึงกับเหนียวติดมือมากนัก

5) ดินร่วนเชิงทรายแป้ง (Silty loam) ดินชนิดนี้พบมาก ไม่เหนียวติดมือ มวลดินเมื่อลูบดูจะรู้สึกราบเรียบขึ้น เนื่องจากมีอนุภาคทรายแป้งมาก ร้อยละ 50 - 88

6) ดินร่วนปนดินเหนียวเชิงทราย (Sandy clay loam) มีอนุภาคดินเหนียวปริมาณมาก ร้อยละ 20 - 35 เริ่มเหนียวติดมือเมื่อเปียก แต่ปริมาณของอนุภาคทราย ร้อยละ 20-50

7) ดินร่วนเชิงดินเหนียว (Clay loam) เมื่อเปียกมีลักษณะเหนียวติดมือชัดเจน เนื่องจากปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูง ร้อยละ 27 - 40 ใกล้เคียงกับปริมาณอนุภาคของทราย ร้อยละ 20 - 45

8) ดินร่วนปนดินเหนียวเชิงทรายแป้ง (Silty clay loam) มีปริมาณอนุภาคทรายจะน้อยลง สูงสุดร้อยละ 20 โดยมีส่วนประกอบของมวลดินอนุภาคดินทรายแป้งสูงสุด ร้อยละ 55 - 88 จึงรู้สึกลื่นมือเมื่อสัมผัสมวลดิน แต่จะรู้สึกเหนียวติดมือน้อยกว่าดินเหนียวเชิงทรายแป้ง (Silty clay) หรือดินร่วนเชิงดินเหนียว (clay loam)

9) ดินทรายแป้ง (Silt) มีปริมาณอนุภาคทรายแป้งสูงมาก ร้อยละ 80 - 100 เมื่อสัมผัสดูจะมีลักษณะเด่น คือ ราบเรียบลื่นมือคล้ายจับสบู่

10) ดินเหนียวเชิงทราย (Sandy clay) มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูงสุดร้อยละ 55 มีอนุภาคทรายสูงมากเช่นกัน ร้อยละ 45 - 65 อนุภาคทรายแป้งหรือขนาดทรายเม็ดละเอียดจะคงมีปริมาณสูง

11) ดินเหนียวเชิงทรายแป้ง (Silty clay) มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.02 มิลลิเมตร จึงรู้สึกราบเรียบลื่นมือเมื่อสัมผัส มีอนุภาคทรายแป้งสูง ร้อยละ 40 - 60 ในขณะที่เดียวกันก็เหนียวติดมือเนื่องจากมีอนุภาคดินเหนียวสูง ร้อยละ 40 - 60 สามารถปั้นแต่งเป็นรูปต่าง ๆ ได้

12) ดินเหนียว (Clay) เป็นดินที่พบมากที่สุดชนิดหนึ่ง เหนียวติดมือมากเมื่อเปียก สามารถปั้นแต่งให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ดี สามารถนำดินมาพิมพ์รอยนิ้วมือได้

แผนที่ทางธรณี และการนำไปใช้ประโยชน์

1. แผนที่

แผนที่ คือ รูปรอยบนแผ่นกระดาษหรือวัตถุที่แบนราบ ซึ่งถ่ายทอดย่อส่วนมาจากสิ่งต่างๆที่ปรากฏบนพื้นผิวโลก ทั้งที่เกิดโดยธรรมชาติและสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้นที่มีลักษณะถาวร แผนที่โดยทั่วไปจะมียอดประกอบหลัก ดังนี้

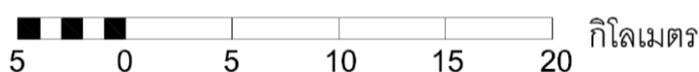
1.1 ชื่อ ชนิดของแผนที่ เช่น แผนที่ประเทศไทยแสดงที่ตั้งเขื่อน

1.2 ทิศทาง แผนที่ทุกแผ่นจะต้องมีสัญลักษณ์ที่แสดงทิศเหนือ ถ้าหากไม่ระบุแสดงว่าแผนที่นั้นวางตั้งในแนวเหนือ-ใต้ โดยมีขอบแสดงแนวเหนือ-ใต้

1.3 มาตรฐาน เป็นการระบุการย่อส่วน การเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างระยะทางในแผนที่กับระยะทางบนพื้นผิวโลกจริง มาตรฐานที่นิยมใช้โดยทั่วไป ได้แก่

1.3.1 มาตรฐานตัวเลข เช่น 1:250,000 หมายความว่า ระยะที่วัดได้ 1 ส่วนบนแผนที่จะเท่ากับระยะที่เดียวกันบนพื้นโลกจริง 250,000 ส่วน ตัวอย่างเช่น ความยาวถนนในแผนที่วัดได้ 1 เซนติเมตร แสดงว่าถนนจริงบนพื้นผิวโลกยาวเท่ากับ 250,000 เซนติเมตร หรือเท่ากับ 2.5 กิโลเมตรนั่นเอง

1.3.2 มาตรฐานเส้นบรรทัด เช่น



เมื่อวัดระยะความยาวจากแผนที่ได้เท่าไรก็นำมาเทียบกับระยะบนมาตราส่วน แล้วอ่านค่า ความยาวที่ปรากฏบนเส้นบรรทัด โดยเริ่มจากจุดหมายเลขศูนย์ไปทางขวามือ เช่น มีหน่วยความยาวเป็นกิโลเมตร เมื่อวัดได้ยาวเท่าไรก็อ่านตามตัวเลขที่ปรากฏ เหลือเศษความยาวจากตัวเลขที่ปรากฏอีกเท่าไรก็ให้นำส่วนที่เป็นเศษมาเทียบกับระยะทางซ้ายมือที่แบ่งหน่วยย่อยไว้ให้ (ในรูปภาพแบ่งออกเป็น 5 ส่วน แสดงว่ามีความยาวส่วนละ 1 กิโลเมตร)

1.3.3 มาตราส่วนแสดงไว้เป็นคาเซียน เช่น 1 นิ้วต่อ 1 ไมล์ หมายความว่า ระยะทาง 1 นิ้วบนแผนที่เท่ากับระยะทางจริงบนพื้นผิวโลก 1 ไมล์

1.3.4 สัญลักษณ์ที่ใช้และคำอธิบายประกอบสั้นๆ

2. แผนที่ภูมิประเทศ

แผนที่ที่มีหลายชนิดแต่แผนที่ที่มีประโยชน์มากที่สุดในการศึกษาพื้นที่ทั่วไป คือ แผนที่ภูมิประเทศ เพราะแผนที่ภูมิประเทศเป็นแผนที่ที่จำลองลักษณะของผิวโลก หรือบางส่วนของผิวโลก แสดงลักษณะ สูง-ต่ำ ของภูมิประเทศโดยใช้เส้นชั้นความสูง (contour line) ทำให้ทราบถึงลักษณะภูมิสัณฐานของแต่ละพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

2.1 ภูมิประเทศ (topography) แสดงลักษณะรูปร่างทางกายภาพของแผ่นดิน ดังนั้นแผนที่ ภูมิประเทศ (Topographic map) จึงเป็นแผนที่ที่แสดงขนาด รูปร่าง และ การกระจายตัวของลักษณะต่างๆของพื้นผิวโลก ซึ่งประกอบด้วย

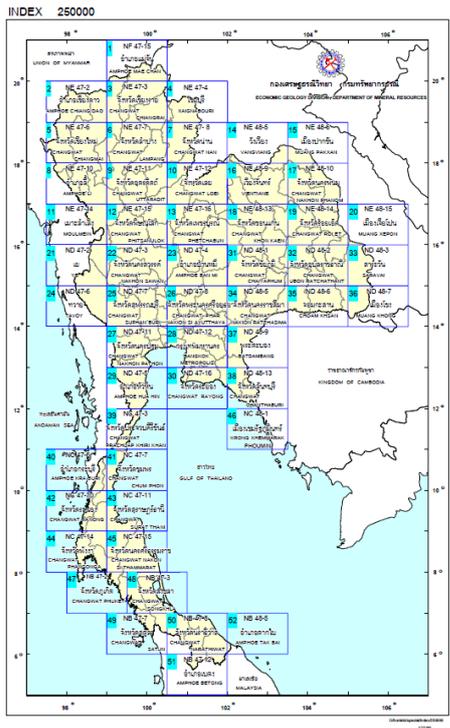
2.1.1 ความสูงต่ำ (relief) ได้แก่ ภูเขา เทว ที่ราบ หน้าผา

2.1.2 ระบบการไหลของน้ำผิวดิน ซึ่งรวมถึงทะเล ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ สระน้ำ แม่น้ำ คลอง หนอง บึง

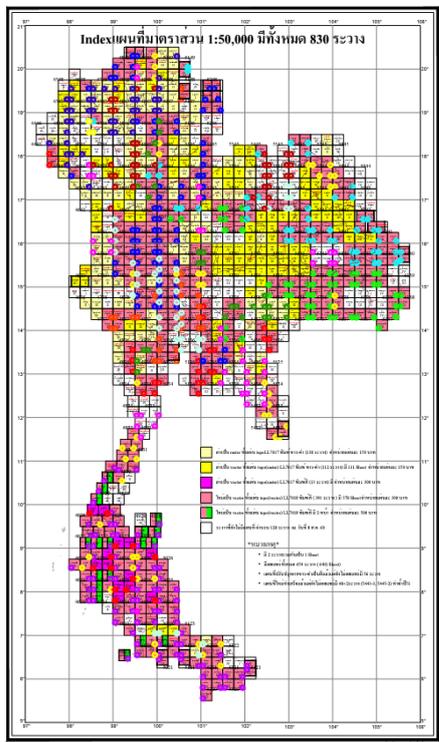
2.1.3 สิ่งก่อสร้างถาวรที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น เมือง ถนน ทางรถไฟ บ่อดิน เหมืองหิน

2.2 เส้นชั้นความสูง (contour line) เส้นชั้นความสูง คือเส้นที่แสดงระดับความสูงที่เท่ากันของ ภูมิประเทศ โดยเปรียบเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางซึ่งกำหนดให้มีความสูงเท่ากับ ศูนย์ (0) สำหรับประเทศไทยใช้อ้างอิงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (0 เมตร) อยู่ ที่เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระดับของเส้นชั้นความสูงมีสภาพคล้ายระดับน้ำที่ท่วมภูเขาในแต่ละระดับนั่นเอง

2.3 การจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ภูมิประเทศของประเทศไทย เริ่มจากการบินสำรวจทางอากาศแล้วถ่ายภาพแนวดิ่งต่อเนื่อง ซึ่งมีการซ้อนทับกัน 60% เมื่อนำภาพถ่ายทางอากาศจำนวน 2 ภาพ ที่ต่อเนื่องกันมาศึกษาในกล้อง Stereoscope จะเห็นภาพสามมิติ เป็นพื้นที่สูง ต่ำต่าง ๆ กัน ซึ่งกรมแผนที่ทหารได้ดำเนินการจัดทำเป็นแผนที่ภูมิประเทศแสดงด้วยเส้นชั้นความสูง (contour line) ปัจจุบันประเทศไทยมีแผนที่ภูมิประเทศที่ครอบคลุมทั้งประเทศหลายมาตราส่วน แต่ที่สำคัญ ๆ และใช้มากในงานธรณีวิทยาและอื่น ๆ คือ มาตราส่วน 1:250,000 มีจำนวน 52 ระวัง และแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 มีจำนวน 830 ระวัง แสดงดังภาพที่ 4.4 และ 4.5



ภาพที่ 4.4 แผนที่แสดงตำแหน่งแผนที่ที่มาตราส่วน 1:250,000 จำนวน 52 ราวาง
 ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี (Online)



ภาพที่ 4.5 แผนที่แสดงตำแหน่งแผนที่ที่มาตราส่วน 1:50,000 จำนวน 830 ราวาง
 ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี (Online)

3. แผนที่ธรณีวิทยา

แผนที่ธรณีวิทยา เป็นแผนที่ที่แสดงชนิด ตำแหน่ง การวางตัว ขอบเขตและโครงสร้างของ หินหรือกลุ่มหิน จัดเป็นแสดงข้อมูลพื้นฐานทางธรณีวิทยาที่มีประโยชน์อย่างกว้างขวางสำหรับ วางแผนจัดการทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม การสำรวจค้นหาทรัพยากรหิน แร่โลหะ แร่ อโลหะ แร่พลังงานและแหล่งวัสดุอุตสาหกรรมตลอดจนการนำไปประยุกต์ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน และด้านวิศวกรรมพื้นฐานต่าง ๆ สำนักธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณีได้สำรวจและจัดทำแผนที่ ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000 ครอบคลุมทั้งประเทศในปี พ.ศ. 2527 จำนวน 46 แผ่น 52 ระวัง บางระวังอาจจะมีการปรับปรุงใหม่ เช่น ระวังจังหวัดตาก นอกจากนั้นกรมทรัพยากรธรณีได้จัดทำ แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:500,000 ครอบคลุมพื้นที่ภูมิภาคต่าง ๆ คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันตก ภาค กลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้

4. แผนที่เฉพาะทาง (Thematic Map)

ข้อมูลจากการสำรวจธรณีวิทยามีผลโดยตรงต่อพื้นที่แหล่งแร่ของประเทศ เห็นได้ชัดเจน จากแผนที่ปริมาณแร่ เช่น แหล่งแร่ดีบุก วุลแฟลม พลวงและฟลูออไรต์ จะปรากฏอยู่บริเวณ หินแกรนิตแนวตะวันตกและแนวกลาง เมื่อเทียบกับแผนที่ธรณีวิทยาและแผนที่แบบจำลอง เทคโทนิคส์ ทำให้สามารถจัดทำแผนที่ทรัพยากรแร่

แผนที่ทรัพยากรแร่ จะเห็นได้ว่า แหล่งน้ำมันและถ่านหินจะเกิดอยู่ในบริเวณที่เป็นแอ่ง ของกลุ่มหินตะกอนยุคเทอร์เชียรี ส่วนแหล่งแร่โพแทชของประเทศมี 2 บริเวณ คือ แอ่งโคราชและ แอ่งสกลนคร ในภาคอีสาน เป็นต้น

พื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของภาคนี้ ก็สามารถนำ ข้อมูลธรณีวิทยาไปประยุกต์ในกิจกรรมเกษตรกรรมเพื่อกำหนดขอบเขตและความรุนแรงของพื้นที่ดิน เค็ม ซึ่งสามารถระบุบริเวณพื้นที่เค็มมาก เค็มปานกลางและเค็มน้อยได้

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่า แผนที่ธรณีวิทยามีประโยชน์มากมายทั้ง ทางตรงและ ทางอ้อม สามารถนำไปประยุกต์ในการพัฒนาบ้านเมืองด้านต่างๆหลายด้าน ซึ่งสำนักธรณีวิทยา กรม ทรัพยากรธรณี ได้จัดพิมพ์แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วนต่างๆครอบคลุมทั้งประเทศออกเผยแพร่ แผนที่ ธรณีวิทยาจึงเปรียบเสมือนลายแทงขุมทรัพย์ ซึ่งมีแล้วทำไมเราไม่รับรู้ หรือรู้ น้อยมาก การพยายาม ศึกษาให้เข้าใจเรื่องแผนที่ธรณีวิทยาย่อมมีแต่คุณประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศอย่างมากมาย

สรุปท้ายบท

เปลือกโลกประกอบด้วยแร่ หิน และดิน แร่เป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งเป็นได้ทั้งธาตุและสารประกอบที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีลักษณะทางโครงสร้างและสามารถเขียนสูตรทางเคมีกำกับได้แน่นอน มีคุณสมบัติเฉพาะตัว แร่แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามการนำไปใช้ประโยชน์ คือ แร่ประกอบหิน เช่น แร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ แร่ไมกา เป็นต้น และแร่ที่ใช้ในการอุตสาหกรรมหรือกลุ่มแร่เศรษฐกิจ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ แร่โลหะ แร่อโลหะ และแร่เชื้อเพลิง หินเป็นสารอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ที่ประกอบด้วยแร่เพียงชนิดเดียว หรือตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไปรวมตัวกัน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ หินอัคนี หินชั้นหรือหินตะกอน และหินแปร เมื่อหินหนืดร้อนภายในโลก ซึ่งมีอุณหภูมิและแรงดันสูงแทรกตัวขึ้นสู่พื้นผิวโลก เมื่อหินหนืดร้อนแทรกตัวขึ้นสู่บนพื้นผิวโลก จะเย็นตัวตกผลึกลงทันทีกลายเป็นหินอัคนี ต่อมาเกิดการผุพังสักร่อนกลายเป็นตะกอนแล้วพัดพามาทับถมกันกลายเป็นหินตะกอน เมื่อมีการแปรสภาพจะกลายเป็นหินแปร ดินเป็นวัฏธรรมาชาติที่เกิดจากการย่อยสลายตัวทางธรณีของหินและแร่ธาตุต่าง ๆ ผสมกับอินทรีย์วัตถุโดยมีอากาศ และน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย สามารถจำแนกดินออกเป็น 12 ชนิดตามลักษณะเนื้อดิน ดิน หิน แร่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก

คำถามทบทวน

1. หิน คืออะไร และแตกต่างจากแร่อย่างไร อธิบาย
2. เพราะเหตุใดแร่จึงมีสีแตกต่างกัน
3. ความโปร่งใส ความโปร่งแสง และความทึบแสงของธาตุ มีความแตกต่างกันอย่างไร
4. แร่ประกอบหินและแร่เศรษฐกิจ คืออะไร มีอะไรบ้าง พร้อมยกตัวอย่าง
5. อธิบายวัฏจักรของหินในธรรมชาติ และวัฏจักรของหินสามารถเกิดข้ามขั้นตอนได้หรือไม่
6. หินอัคนี มีกี่ชนิด มีกระบวนการเกิดแบบใดบ้าง และแตกต่างกันอย่างไร
7. หินแปรต่อไปนี้มี การแปรสภาพมาจากหินชนิดใด หินอ่อน หินชนวน หินควอร์ตไซต์ และหินชีสต์
8. ดินจากบริเวณหนึ่ง มีสัดส่วนของดินทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ร้อยละ 50, 20 และ 30 ตามลำดับ อยากทราบว่าดินบริเวณนี้เป็นดินชนิดใด
9. ดินชั้นใดที่มีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุด เพราะเหตุใด
10. หากจำแนกดินตามลักษณะเนื้อดิน แบ่งได้เป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. (2566). **แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.dmr.go.th/แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน-1250000>. [23 กันยายน 2566]
- กรมทรัพยากรธรณี. (2566). **แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:50,000**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.dmr.go.th/แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน-150000>. [23 กันยายน 2566]
- กิจการ พรหมมา. (2555). **ธรณีวิทยา สำหรับวิศวกร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2555). **ประมวลสาระชุดวิชา หน่วยที่ 11 - 15 ฟิสิกส์และดาราศาสตร์ สำหรับครู**. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- เฉลียว แจ่มไพร, (2530). **ทรัพยากรดินในประเทศไทย**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 82. กรุงเทพฯ : กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- นงนภัส คู่ขวัญ เทียงกมล, (2551). **สิ่งแวดล้อมและการพัฒนา เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์. (2558). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท ด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.
- พจนีย์ ทรรพสุทธิ. (2543). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2561). **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2554**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.royin.go.th/dictionary>. [23 กรกฎาคม 2561]
- ลลนา ปริญาปริวัฒน์. (2541). **ธรณีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- _____. (2542). **ธรณีวิทยากายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ศศิณา ภารา. (2550). **ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ : บริษัท ส.เอเชียเพรส (1989) จำกัด.
- ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. (2561). **วิทยาศาสตร์โลก**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.lesa.biz/earth>. [7 กรกฎาคม 2561]
- สง่า ตั้งชวาล. (2555). **ธรณีวิศวกรรม ชั้นพื้นฐาน**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย. (2546). **ธรณีวิทยาน่ารู้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- สมุดแผนที่ทรัพยากรธรณีประเทศไทย 2548**. กรมทรัพยากรธรณี. กรุงเทพมหานคร. 194 หน้า
- Lahee, F.H., 1941, **Field Geology**, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London, 853 p.
- Strahler, A.N., 1971, **The Earth Sciences**, Harper & Row, New York, 824 p.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 5

หัวข้อเนื้อหา

1. อุทกภาค
 - 1.1 คุณสมบัติของน้ำ
 - 1.2 วัฏจักรของน้ำ
 - 1.3 การจำแนกแหล่งน้ำ
2. คุณสมบัติของน้ำทะเล
 - 2.1 สมบัติทางเคมีของน้ำทะเล
 - 2.2 สมบัติทางกายภาพของน้ำทะเล
3. ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของทะเลและมหาสมุทร
 - 3.1 เขตไหล่ทวีป
 - 3.2 พื้นมหาสมุทร
 - 3.3 การแบ่งเขตทะเลมหาสมุทรตามลักษณะของพีชและสัตว์
4. การเคลื่อนไหวของน้ำในมหาสมุทร
 - 4.1 คลื่น
 - 4.2 น้ำขึ้น น้ำลง
 - 4.3 กระแสน้ำในมหาสมุทร
5. ทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลและการใช้ประโยชน์
 - 5.1 สิ่งมีชีวิตในทะเล
 - 5.2 สัตว์ทะเลหายากในประเทศไทย
 - 5.3 ทรัพยากรทางทะเลที่สำคัญ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายคุณสมบัติของน้ำ วัฏจักรของน้ำ และการจำแนกแหล่งน้ำ
2. อธิบายสมบัติทางเคมีของน้ำทะเล และสมบัติทางกายภาพของน้ำทะเล
3. อธิบายลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของทะเลและมหาสมุทรในเขตไหล่ทวีปและพื้นมหาสมุทร รวมถึงการแบ่งเขตทะเลมหาสมุทรตามลักษณะของพีชและสัตว์
4. อธิบายรูปแบบการเคลื่อนไหวของน้ำในมหาสมุทรในรูปแบบของคลื่น น้ำขึ้น น้ำลง และกระแสน้ำในมหาสมุทร
5. อธิบายลักษณะ ชนิดของสิ่งมีชีวิตในทะเล สัตว์ทะเลหายากในประเทศไทย ทรัพยากรทางทะเลที่สำคัญ และระบุการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติทางทะเล

วิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. วิธีสอน

- 1.1 วิธีสอนแบบบรรยาย ประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์
- 1.2 วิธีสอนแบบสืบเสาะ ให้ผู้เรียนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการตั้งคำถาม และสืบเสาะแสวงหาข้อเท็จจริงหรือข้อมูล
- 1.3 วิธีสอนแบบปฏิบัติการ ให้นักศึกษาใช้กระบวนการพินิจภายในจิตใจของนักศึกษาเอง หรือวิเคราะห์จิตใจและประสบการณ์ของตนเอง
- 1.4 วิธีสอนแบบอภิปราย โดยกำหนดหัวข้อในการอภิปรายถึงความสำคัญของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรแต่ละประเภทให้นักศึกษาร่วมอภิปราย โดยมีครูเป็นผู้แนะนำ

2. กิจกรรมการเรียนการสอน

- 2.1 นำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้คำถาม เช่น หากพื้นผิวโลกปกคลุมด้วยพื้นน้ำทั้งหมด นักเรียนคิดว่ากระแสน้ำจะไหลอย่างไร น้ำที่ไหลผ่านแต่ละเมืองส่งผลต่อสภาพอากาศของแต่ละพื้นที่อย่างไร เป็นต้น
- 2.2 ให้นักศึกษาคูวิตทัศน์เกี่ยวกับอุทกภาคในด้านคุณสมบัติของน้ำ วัฏจักรของน้ำ การจำแนกแหล่งน้ำ และคุณสมบัติของน้ำทะเลทั้งด้านกายภาพ และด้านเคมี พร้อมทั้งอธิบายความเข้าใจของตนเองถึงขั้นตอน
- 2.3 กิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มช่วยกันสืบเสาะแสวงหาข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาในเขตไหล่ทวีป พื้นมหาสมุทรของทะเลและมหาสมุทร การแบ่งเขตทะเลมหาสมุทรตามลักษณะของพืชและสัตว์ และการเคลื่อนไหวของน้ำในมหาสมุทรในรูปแบบของคลื่น น้ำขึ้น น้ำลงและกระแสน้ำในมหาสมุทร จากนั้นนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น
- 2.4 ให้นักศึกษาร่วมกันวิเคราะห์เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตในทะเล สัตว์ทะเลหายากในประเทศไทย และทรัพยากรทางทะเลที่สำคัญ รวมถึงการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติทางทะเล
- 2.5 นักศึกษาช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้ และตอบคำถามท้ายบท

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือ ตำรา และเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. สื่อนำเสนอประกอบการบรรยาย
3. ฐานข้อมูลอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์อาจารย์
4. วิดีทัศน์เกี่ยวกับอุทกภาค

การวัดผลและประเมินผล

1. ผู้เรียนตอบคำถามทบทวนด้านความรู้ความเข้าใจในแบบทดสอบท้ายบทเรียน
2. ผู้เรียนสนทนาแลกเปลี่ยนความรู้จากผลการศึกษาค้นคว้า
3. ผู้เรียนนำเสนองานตรงเวลา มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย แสดงความคิดเห็นสร้างสรรค์

สื่อในการนำเสนอที่น่าสนใจ

4. วัดความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร โดยใช้แบบทดสอบ
5. สังเกตพฤติกรรมการเรียน และความรับผิดชอบจากการทำงานกลุ่ม

บทที่ 5

การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร

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

อุทกภาค

เสน่ห์ 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 น้ำที่มีพบบนโลกและในมหาสมุทรมีปริมาณร้อยละ 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 ชาติไฮโดรเจน 2 อะตอม และชาติออกซิเจน 1 อะตอม มีสูตรทางเคมี คือ H_2O โมเลกุลของน้ำมีลักษณะเป็น “โมเลกุลแบบมีขั้ว” (Polar molecule) ทำให้น้ำสามารถละลายสิ่งต่าง ๆ ได้ง่าย น้ำจึงมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด (เสน่ห์ 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 (สุวระจน์ ธีธรรส, 2557 : 67 - 68) คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

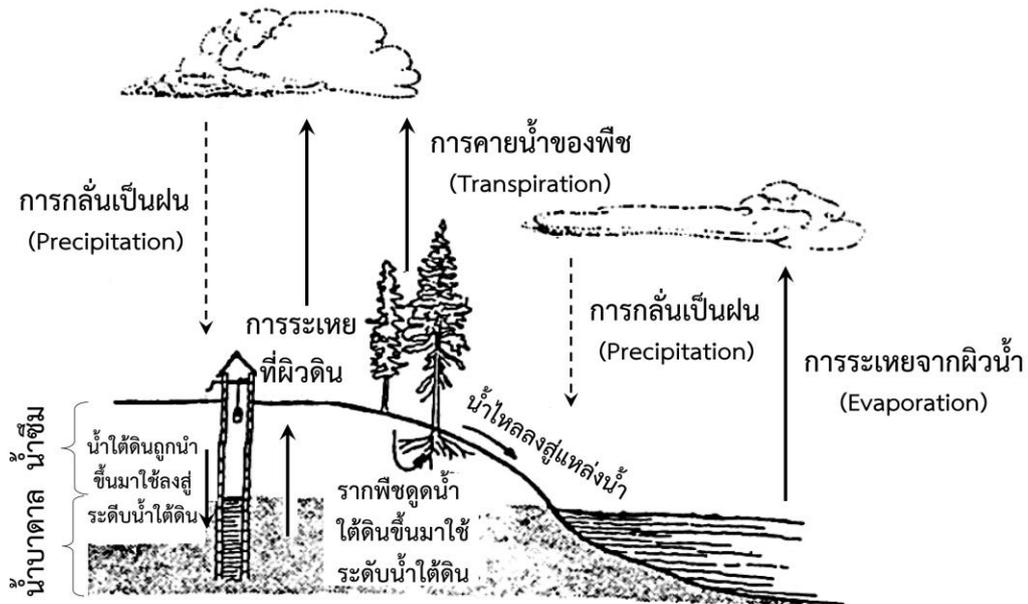
ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physics) ของน้ำ

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 ติงศภักดิ์ และ เคนซากู 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 เทียงกลม, 2551 : 54)



ภาพที่ 5.1 วัฏจักรของน้ำ

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” อัตราการระเหยนี้จะถูกควบคุมโดยปัจจัย 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 ซึ่งเชื่อมต่อกับท่อเล็ก ๆ ในใบ จะเห็นได้ชัดเมื่อหายใจด้านที่มีสีเขียวอ่อนกว่าอีกด้านขึ้นดู 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 (วินทนิย์ ศรีรัฐ, 2543 : 203 – 209 และนนงนภัส คู่วรัญญู เทียงกมล, 2551 : 59)

3.1 น้ำผิวดิน

น้ำผิวดิน หมายถึง น้ำที่ไหลอยู่เหนือผิวดิน เช่น น้ำที่อยู่ในแม่น้ำ ลำคลอง ลำธาร ทะเลสาบ ห้วย หนอง บึง สระ บ่อ เป็นต้น น้ำผิวดินจะไหลลงสู่แม่น้ำและทะเล เป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญในการอุปโภคบริโภคของชุมชน ความสำคัญอีกประการหนึ่งของน้ำผิวดิน คือ พลังงานจากกระแสน้ำไหล ซึ่งพลังงานจะผลิตได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ และความแรงของน้ำ นอกจากนี้ 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 ไหลสูงขึ้นในช่วงตอนปลายน้ำ 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 หรือต้นไม้ขึ้นอยู่รอบๆ ตัวอย่างบึงในประเทศไทย เช่น กว๊านพะเยาในจังหวัดพะเยา บึงสีไฟในจังหวัดพิจิตร เป็นต้น

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

4) บ่อ เป็นแหล่งน้ำขนาดเล็กที่ถูกสร้างโดยมนุษย์ ทำให้ชายฝั่งมีความลาดชันสูง ความลึกไม่มาก ปริมาณน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล เป็นแหล่งน้ำที่ไม่มีทางน้ำเข้า วัตถุประสงค์ของการสร้างบ่อแตกต่างกันออกไป เช่น สำหรับการอุปโภคบริโภค การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น

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

6) อ่างเก็บน้ำ เป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยการสร้างเขื่อนปิดกั้นทางเดินของน้ำ 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) โดยทั่วไปน้ำทะเลมีความเค็มเฉลี่ย 35 กรัมต่อกิโลกรัม (นิคม อ่อนสี, 2557 : 9)

น้ำในมหาสมุทรมีเกลือและแร่ธาตุต่าง ๆ ละลายอยู่ในน้ำ ประกอบด้วยเกลือ มีปริมาณร้อยละ 3.5 และน้ำ มีปริมาณร้อยละ 96.5 (สุวะจณ์ ธีรุต, 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 (สุวะจณ์ ธีรุต, 2557 : 76) นอกจากนี้ ยังมีแร่ธาตุอีกหลายชนิดที่ละลายในน้ำทะเลมีความเข้มข้นต่ำกว่า 1 ppm เรียกว่า “ธาตุปริมาณน้อย (Trace element)” เมื่อมีเกลือละลายในน้ำจะทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไป ดังนี้ (สุวะจณ์ ธีรุต, 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 น้ำจืดจะระเหยได้ดีกว่าน้ำทะเล
- 5) แรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) จะเพิ่มขึ้น เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น แรงดันออสโมติกมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมาก เพราะจะมีผลต่อขบวนการทางสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิต

2. สมบัติทางกายภาพของน้ำทะเล

2.1 อุณหภูมิของน้ำทะเล

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

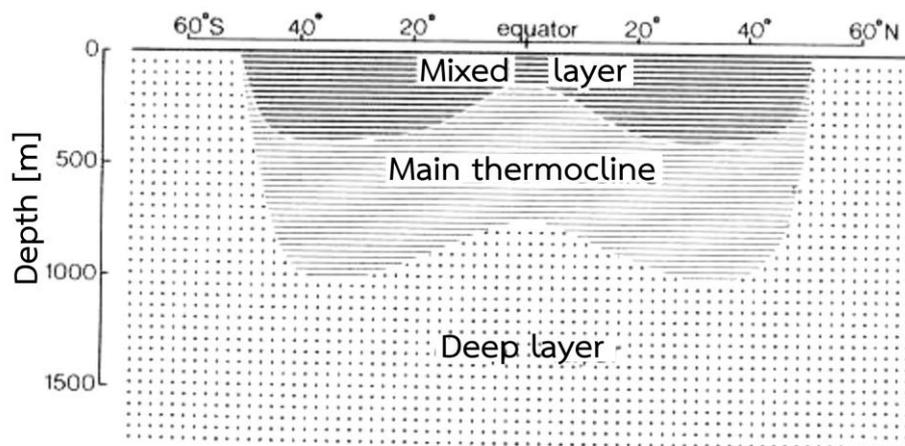
อุณหภูมิของน้ำทะเลในซีกโลกใต้จะต่ำกว่าในซีกโลกเหนือเล็กน้อย เนื่องจากความเย็นของพื้นน้ำแข็งของมหาสมุทรแอนตาร์กติก ที่ตั้งของมหาสมุทรมีสัมพันธ์กันไปจนถึงกระแสน้ำในมหาสมุทร โดยน้ำร้อนในเขตเส้นศูนย์สูตรจะถูกถ่ายเทไปยังขั้วโลกด้วยกระบวนการไหลเวียนของน้ำ โดยมีแผ่นทวีปเป็นตัวกำหนดรูปแบบการไหลเวียนของน้ำ กระแสน้ำอุ่นจะนำความร้อนจากบริเวณศูนย์สูตรไปยังขั้วโลก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

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

1) น้ำชั้นบน (Surface or Upper layer) อุณหภูมิของน้ำในชั้นนี้ จะไวต่อการเปลี่ยนแปลง 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) เป็นบริเวณที่อยู่ใต้ชั้นเทอร์โมไคลล์ลงไปจนถึงพื้นทะเล อุณหภูมิของน้ำจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ หรือเกือบคงที่จนถึงพื้นทะเล ยกเว้นในบางบริเวณที่มีเหวทะเล (Trench) ซึ่งความร้อนจากภายในโลกสามารถแพร่กระจายออกมาได้ ทำให้อุณหภูมิของน้ำกลับสูงขึ้นอีก อาจเรียกว่า น้ำชั้นล่าง (Deep layer)



ภาพที่ 5.2 แผนผังแสดงชั้นน้ำร้อนในมหาสมุทร
ที่มา : Harvey, J.G. 1975 อ้างถึงใน สุวะจณ์ ธีญรส, 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

อุณหภูมิของน้ำที่ลดลงจะมีผลทำให้ความหนาแน่นของน้ำยิ่งมากขึ้นด้วยความหนาแน่นของน้ำนี้จะมีผลต่อการไหลเวียนของน้ำ เนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นทำให้เกิดการแทนที่ของน้ำขึ้น โดยเหตุนี้ น้ำอุ่นมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำเย็น น้ำอุ่นจึงไหลลอยอยู่บนน้ำที่เย็นและหนาแน่นกว่า เช่นเดียวกับน้ำเย็นอุณหภูมิต่ำมีความเค็มสูงแต่ความหนาแน่นน้อยที่อยู่ใกล้ผิวน้ำจะจมลงและถูกแทนที่โดยน้ำอุ่นที่มีความเค็มน้อยกว่า ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดการไหลเวียนของกระแสน้ำซึ่งจะแตกต่างกันไปตามฤดูกาล (วันทนีย์ 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 ปลาวาฬ โลมา เป็นต้นสามารถดำน้ำลงไปได้ลึกอย่างรวดเร็วโดยไม่เป็นอันตราย ทั้งนี้ เนื่องจากสัตว์เหล่านี้มีระบบพิเศษที่สามารถลดผลกระทบจากก๊าซต่าง ๆ ที่อยู่ภายในได้

ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของทะเลและมหาสมุทร

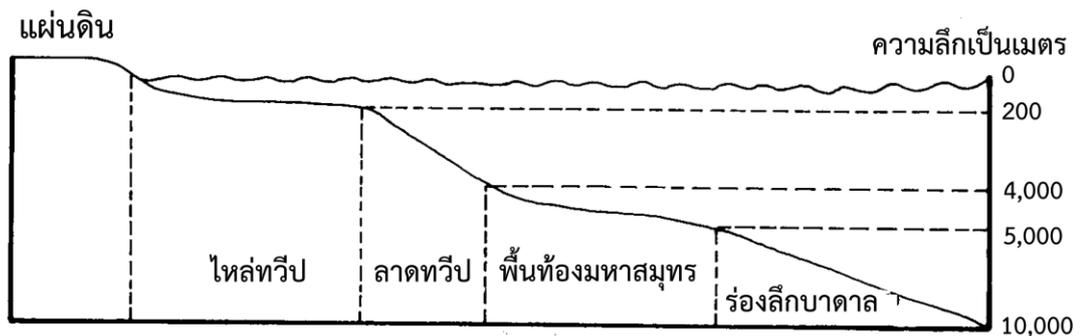
มหาสมุทร คือ ส่วนของเปลือกโลกที่มีลักษณะคล้ายแอ่ง มีน้ำปกคลุม อยู่ล้อมรอบทวีปต่าง ๆ ส่วนที่อยู่ขอบ ๆ ของมหาสมุทร เรียกว่า ทะเล ผิวน้ำของทะเลมหาสมุทรมีลักษณะโค้งนูนออกมาตามเปลือกโลกส่วนนั้น ๆ เช่นเดียวกับพื้นทะเลมหาสมุทร ทะเลมหาสมุทรมีเนื้อที่ประมาณร้อยละ 71 ของเปลือกโลกทั้งหมด และประมาณร้อยละ 97 ของน้ำบนโลกจะพบอยู่ในทะเลและมหาสมุทรนี้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

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



ภาพที่ 5.3 ส่วนต่าง ๆ ของทะเลมหาสมุทร
ที่มา : อุดุนิยมวิทยาทางทะเล, 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 มีค่าความลึกเฉลี่ยสูงสุดของไหล่ทวีปประมาณ 130 เมตร (427 ฟุต) มีความกว้างเฉลี่ย 65 กิโลเมตร (40 ไมล์) ในบางแห่งความกว้างอาจมีค่ามากถึง 1,500 กิโลเมตร (930 ไมล์) ความกว้างของไหล่ทวีปจะมีความสัมพันธ์กับความลาดชัน ไหล่ทวีปที่แคบจะมีความลาดชันสูง ไหล่ทวีปที่กว้างมักจะพบในบริเวณพื้นไหล่ทวีปที่ราบ มหาสมุทรแปซิฟิกมีไหล่ทวีปที่แคบที่สุดเพราะมีแม่น้ำไหลลงไปน้อยมาก เนื่องจากมีภูเขาและเทือกเขาล้อมรอบอยู่ใกล้ฝั่ง

ส่วนมหาสมุทรแอตแลนติกมีแม่น้ำหลายสายไหลลง มีผลทำให้มีการงอกของไหลทวีปออกไปทุกปี ในมหาสมุทรอาร์กติก กว้างมากที่สุดทางด้านฝั่งตะวันออก มีความกว้างถึง 1,700 กิโลเมตร เกิดจากอำนาจในการกัดเซาะของภูเขาน้ำแข็งที่รุนแรง ไหลทวีปเป็นส่วนของมหาสมุทรที่สำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างมากที่สุดส่วนหนึ่ง เนื่องจากในเขตนี้ น้ำจะตื้น แสงอาทิตย์สามารถส่องลงไปถึงพื้นทะเล อาหารต่าง ๆ จากพื้นแผ่นดินของทวีปที่ถูกพัดพาออกไปในแหล่งน้ำของไหลทวีป รวมทั้งแสงที่ส่องลงไปได้ทำให้พืชและสัตว์เจริญเติบโตได้ดีในเขตนี้ จึงเป็นบริเวณที่พบปลามาก

1.2 ลาดทวีป

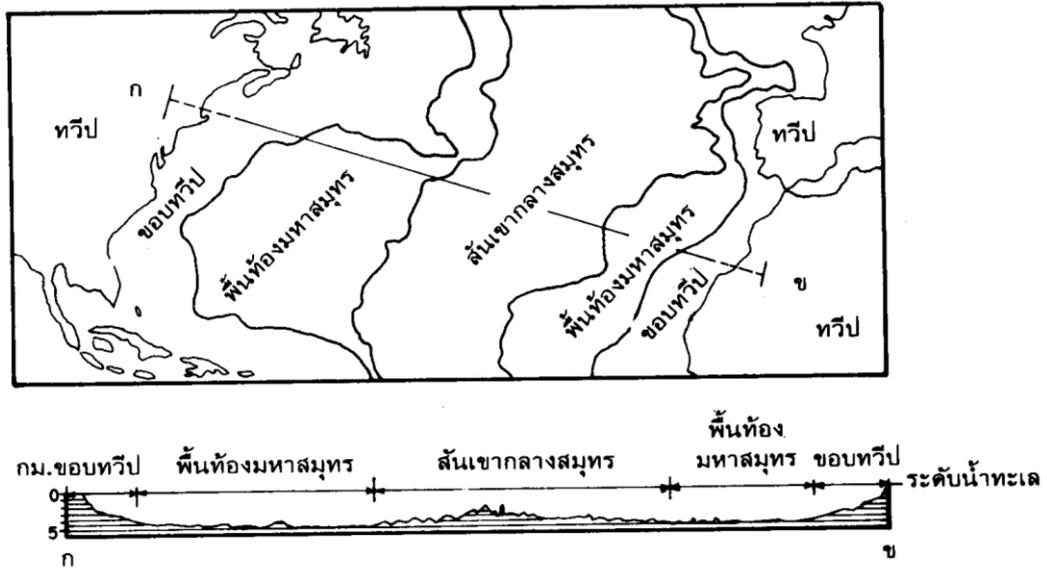
ลาดทวีปเป็นส่วนที่อยู่ถัดจากไหลทวีปออกไปจนถึงระดับน้ำลึก 2,000 ถึง 3,000 เมตร เป็นส่วนของเขตไหลทวีปที่มีความลาดชันสูงขยายออกสู่พื้นมหาสมุทร ไหลทวีปมีเนื้อที่ประมาณ 26×10^6 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 5 ของพื้นที่ผิวโลกทั้งหมด และร้อยละ 7.3 ของพื้นที่ทะเลทั้งหมด โดยทั่วไปลาดทวีปจะมีความลาดชันอยู่ระหว่าง 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)

พื้นมหาสมุทรหรือพื้นท้องทะเลครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 40 ของพื้นที่ผิวโลกทั้งหมด โดยทั่วไปจะเป็นพื้นที่เรียบ แต่อาจมีภูเขาไฟใต้ทะเล รอยแยกต่าง ๆ และสันเขากลางทะเล (สัวะจัน ธัญรส, 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 เกิดขึ้นจากการปะทุของลาวาเบซอลต์ ในบริเวณที่มีแนวแผ่นเปลือกโลกแยกตัว



ภาพที่ 5.4 ภูมิลักษณะของพื้นมหาสมุทร
ที่มา : อุดุนิยมวิทยาทางทะเล, 2561 : online

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

2.1 พื้นราบชั้นบาดาล (Abyssal plain)

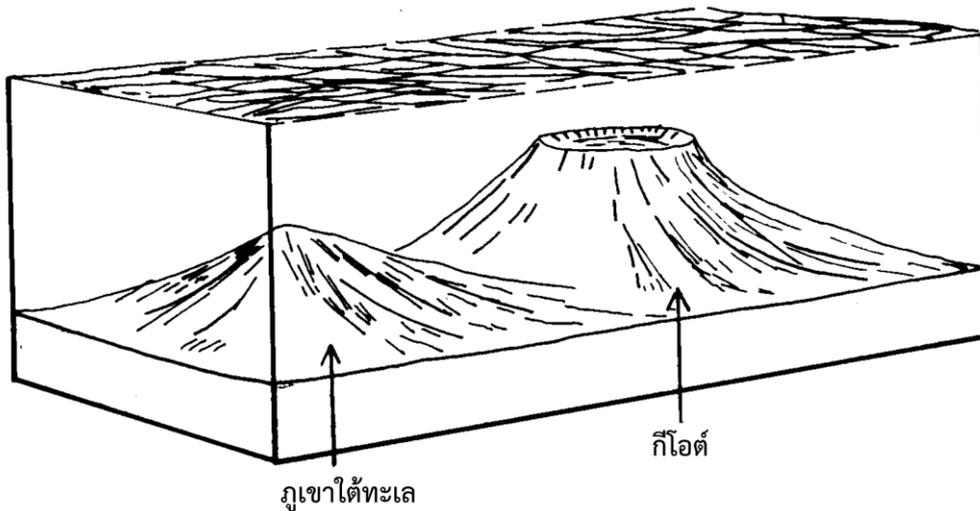
พื้นราบชั้นบาดาลเป็นบริเวณที่ราบในท้องมหาสมุทร ซึ่งเกิดจากการทับถมของตะกอนทะเล (Marine sediment) ที่มาจากเขตลาดทวีป บางแห่งปกคลุมด้วยเลน พื้นท้องทะเล (Ooze) ซึ่งเป็นตะกอนละเอียดของซากสัตว์ขนาดเล็กในทะเลลึก ในเขตที่ราบนี้จะพบเกาะภูเขาไฟด้วย

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 กีย์โอด์ (Guyots) กีย์โอด์เป็นภูเขาใต้ทะเลที่อยู่สูงจนกระทั่งยอดเขาถูกคลื่นหรือ

กระแสน้ำกัดกร่อนจนกลายเป็นภูเขายอดตัด ดังภาพที่ 6.5 ในเขตร้อนหรือกึ่งร้อนอาจมีปะการังมาเกาะเจริญเติบโตบนกีย์โอด์นี้ ซึ่งพบเห็นโดยทั่วไปในมหาสมุทรแปซิฟิก



ภาพที่ 5.5 ลักษณะของภูเขาใต้ทะเลและกีย์โอด
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) เป็นสันเขาที่ทิวกันดารมาก 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 หรือพื้นดินไหวบ่อย 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

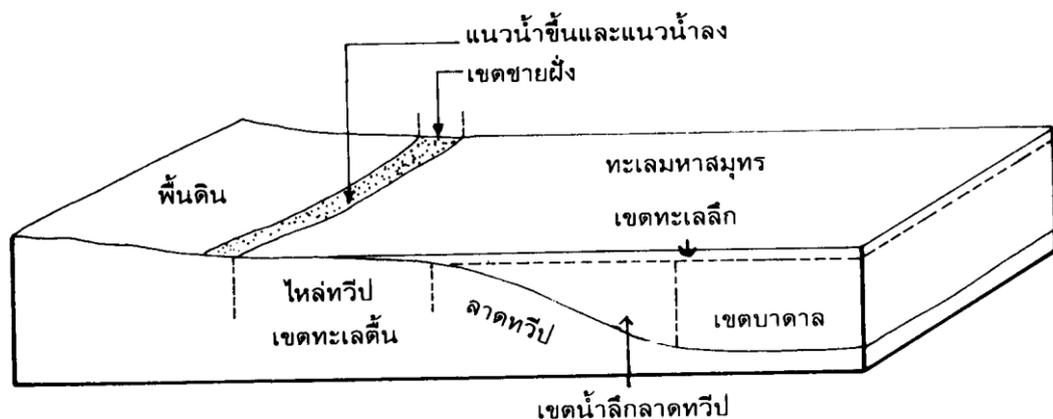
2.7.2 เกาะกลางสมุทร แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เกาะภูเขาไฟ (Volcanic island) และเกาะปะการัง (Coral island)

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

2) เกาะปะการังเป็นเกาะพวกนี้เคยเป็นกีย์ไอต้มาก่อน และถูกยกสูงขึ้นจนกระทั่งพื้นระดับน้ำทะเลและมีหินปะการังมาเจริญเติบโต การสะสมตัวของปะการังเหนือยอดของภูเขาใต้ทะเลนี้จะเป็นหมู่เกาะล้อมรอบทะเลตื้นตรงกลาง (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 : อุดุณิยมหาวิทยาลัยทางทะเล, 2561 : online

2.1 เขตชายฝั่ง

เขตชายฝั่งเป็นเขตที่อยู่ระหว่างระดับน้ำทะเลสูงสุดกับน้ำทะเลต่ำสุด คลื่นซัดอยู่เกือบตลอดเวลา สิ่งมีชีวิตในเขตนี้จึงยึดตัวกับพื้นหรือฝังตัวอยู่ในโคลน บางชนิดหลบอยู่ในแอ่ง บางชนิดมีโครงสร้างที่ทำให้สามารถมีชีวิตอยู่ได้ แม้จะไม่มีน้ำทะเลเหลืออยู่เลย บางชนิดชูตัวในหิน และอาศัยอยู่ที่นั่น สิ่งมีชีวิตในเขตชายฝั่ง เช่น หอยนางรม ลิ้มทะเล เพรียงหิน เม่นทะเล ดอกไม้ทะเล เป็นต้น

2.2 เขตทะเลตื้น

เขตทะเลตื้นเป็นเขตระหว่างระดับน้ำต่ำสุดกับขอบนอกสุดของไหล่ทวีป น้ำในเขตนี้ไม่ลึกมากและอุ่น เนื่องจากได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ อาหารอุดมสมบูรณ์ สิ่งมีชีวิตมีมากมายหลายชนิด สิ่งมีชีวิตในเขตทะเลตื้น เช่น กุ้ง หอย ปู เป็นต้น

2.3 เขตน้ำลึกลาดทวีป

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

2.4 เขตทะเลลึก

เขตนํ้าลึกอยู่ถัดจากเขตชายฝั่ง 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 ปลาตกเบ็ดหลังค่อม ปลาฉลามกรีนแลนด์ ปลาออร์ เป็นต้น

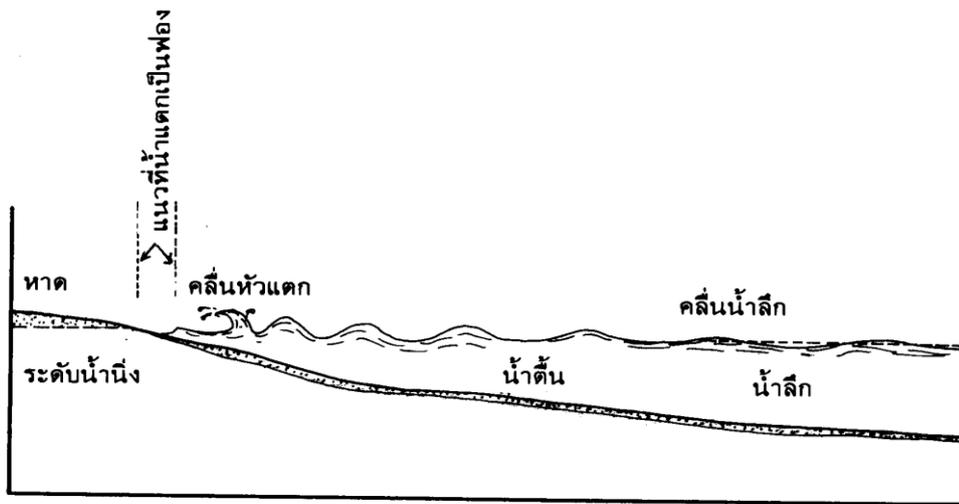
การเคลื่อนไหวของน้ำในมหาสมุทร

การเคลื่อนไหวของน้ำในมหาสมุทรที่สำคัญเกิดขึ้นใน 3 ลักษณะ คือ คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และ กระแสน้ำ (วันทนีย์ ศรีรัฐ, 2543 : 216) มีรายละเอียดดังนี้

1. คลื่น

คลื่นส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากลม แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด หรือเป็นผลมาจากน้ำขึ้นน้ำลง เมื่อลมพัดผ่านผิวน้ำพลังของลมที่ถ่ายเทไปยังน้ำจะทำให้เกิดคลื่น ปัจจัยที่กำหนดความสูงของคลื่นคือ ความเร็วของลม ระยะเวลาที่ลมพัด ระยะทางในมหาสมุทร ซึ่งลมสามารถพัดผ่านและทำให้คลื่นเคลื่อนไหวได้ โดยไม่มีการขัดขวาง

เมื่อลมพัดมากระทบกับพื้นน้ำ จะทำให้น้ำสูงขึ้นมากคล้ายคลื่นมากมายหลายแนวด้วยกัน เรียกว่า คลื่น แสดงดังที่ 5.7 ความสูงของคลื่นและระยะห่างของคลื่นทำให้ทราบถึงความแรงของลม เมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดจะมีขนาดใหญ่ขึ้น เรียกว่า คลื่นหัวเรียว ซึ่งจะรวมเอาคลื่นขนาดเล็กเข้าไปด้วย คลื่นหัวเรียวจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เป็นอัตราส่วนกับความยาวของคลื่น 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) ในขณะที่โลกและดวงจันทร์โคจรอยู่ในระนาบเดียวกัน 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

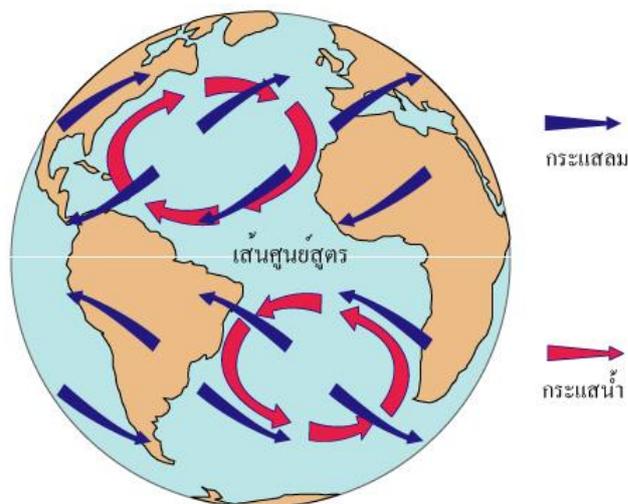
น้ำตายเป็นน้ำที่อยู่ในระดับหนึ่ง ไม่ขึ้นสูงมากและลงไม่ต่ำมาก เกิดขึ้นเดือนละ 2 ครั้ง เช่นเดียวกัน คือ ในวันขึ้น 8 ค่ำ และวันแรม 8 ค่ำ สาเหตุเกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์ต้านกับแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์ที่มีต่อโลก ในระยะที่ดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ตั้งอยู่ในตำแหน่งทำมุมฉากกับโลก

3. กระแสน้ำในมหาสมุทร

กระแสน้ำในมหาสมุทร คือ มวลของน้ำในมหาสมุทรที่มีการไหลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง (สุระจรรย์ ธัญรส, 2557 : 151) กระแสน้ำเกิดขึ้นจากการเคลื่อนไหวของลม 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; สุระจรรย์ ธัญรส, 2557 : 59 - 65 และนิคม อ่อนสี, 2557 : 81 - 84)

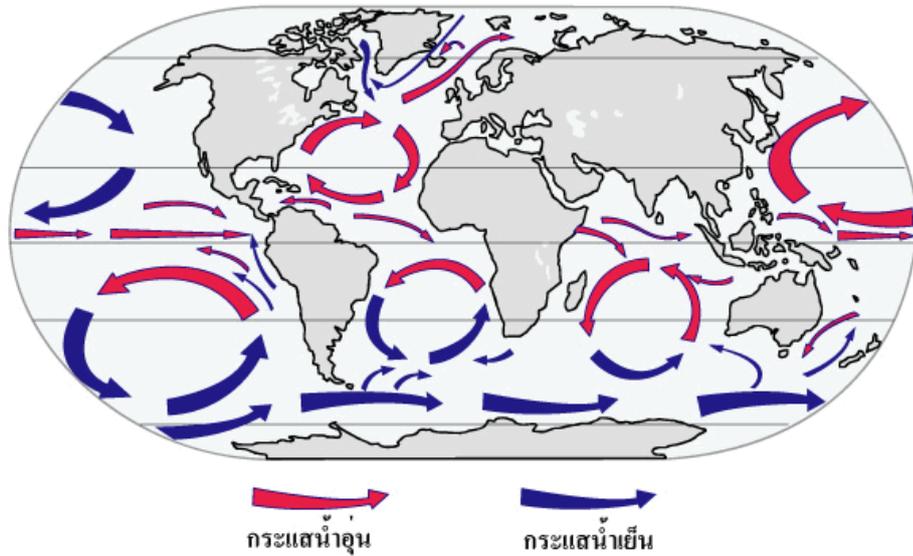
3.1 กระแสน้ำบริเวณพื้นผิว

กระแสน้ำบริเวณพื้นผิวน้ำเป็นกระแสน้ำที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศบนผิวโลก หรือกระแสน้ำที่เกิดจากการพัดของกระแสลม (Wind-driven current) นั้นเอง กระแสลมเคลื่อนที่ด้วยความแตกต่างของพลังงานจากดวงอาทิตย์ ซึ่งอากาศสะสมไว้ พลังงานจากอากาศถ่ายเทตกลงสู่น้ำอีกที่หนึ่ง กระแสลมพัดพาให้กระแสน้ำเคลื่อนที่ไปในทางเดียวกัน อิทธิพลของกระแสลมที่มีต่อกระแสน้ำในมหาสมุทร แสดงในภาพที่ 5.8 ลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้เส้นศูนย์สูตรมีอิทธิพลพัดให้น้ำในมหาสมุทรเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันตก 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

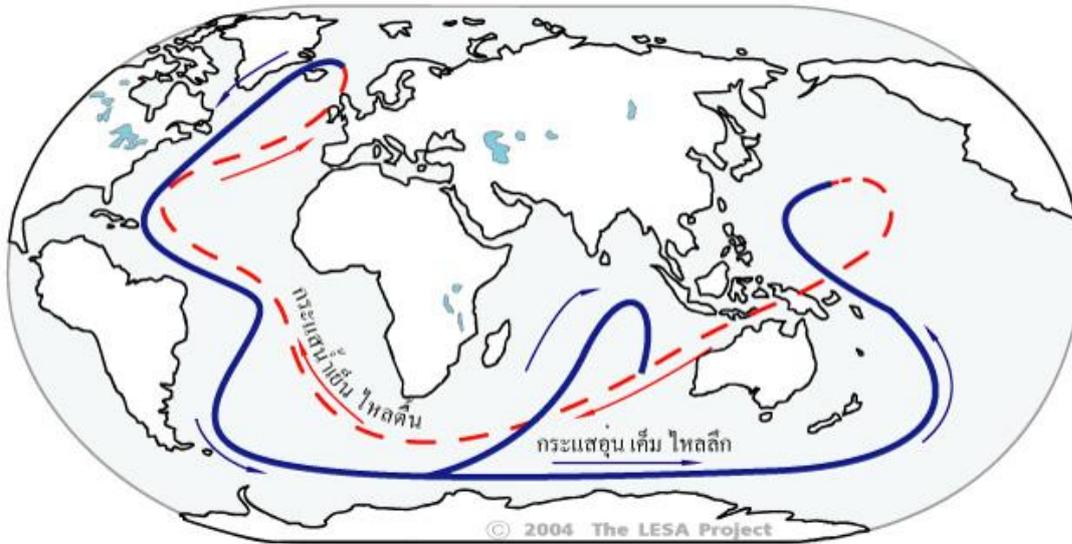


ภาพที่ 5.9 กระแสน้ำพื้นผิวมหาสมุทร

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)” น้ำทะเลที่มีความหนาแน่นสูงอุณหภูมิต่ำจะจมตัวลงสู่ท้องมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือไหลลึกกลางทางใต้ 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 และสุวะจัน ธีรอรส, 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 เน้กตอน (Nekton หรือ Swimmer)

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

เป็นระยะทางไกลได้ เนื้กตอนในทะเล ได้แก่ ตัวเต็มวัยของปลา หมึก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม และ สัตว์เลี้ยงคลานในทะเล แม้ว่าเนื้กตอนจะเคลื่อนที่โดยอิสระ แต่เนื้กตอนไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่าน มหาสมุทรอันกว้างใหญ่ไพศาลได้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความเค็ม ความหนืด และ ปริมาณธาตุอาหารในมหาสมุทร โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงความดัน เป็นข้อจำกัดในการ เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนตัวของเนื้กตอนในแนวตั้ง ปลาทะเลพบได้ในทุกพื้นที่ในมหาสมุทรแต่จะพบ ชุกชุมในบริเวณไหล่ทวีป เกาะต่าง ๆ และบริเวณที่น้ำมีความเย็นกว่า เนื้กตอนบางชนิดมีการอพยพ ย้ายถิ่นเพื่อการสืบพันธุ์ เช่น ปลาไหลบางชนิด ปลาแซลมอน 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 แต่สามารถว่ายน้ำหรือลี้ภัยบริเวณน้ำที่อยู่บริเวณผิวดินพื้น ท้องทะเล เรียกสัตว์หน้าดินประเภทนี้ว่า “Nektobenthos”

2. สัตว์ทะเลหายากในประเทศไทย

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2558 : 60) กล่าวว่าสัตว์ทะเลที่หายากในน่านน้ำ ไทยประกอบไปด้วยกลุ่มสัตว์ทะเล 3 กลุ่ม ได้แก่ เต่าทะเล (Sea turtles) พะยูน (Dugong) โลมา และปลาวาฬ (Dolphins and Whales) ซึ่งสัตว์ทั้งหมดจัดเป็นสัตว์ป่าสงวนและคุ้มครองตาม พระราชบัญญัติสงเสริมและคุ้มครองสัตว์ป่า 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*) เต่าหัวขั้ว (*Caretta caretta*) โดยเต่าหัวขั้วไม่เคยพบขึ้นวางไข่ในประเทศไทยเลยตลอดระยะ 20 ปี ที่ผ่านมา เพียงแต่มีรายงานที่พบเต่าหัวขั้วค่อนหากินอยู่ในน่านน้ำไทยเท่านั้น 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 และคูกอง พะยูนมีเพียงชนิดเดียว คือ พะยูน (*Dugong dugon*) จำนวนพะยูนที่พบในธรรมชาติของประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 จำนวนพะยูนที่พบในธรรมชาติ

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

ที่มา : ปรับปรุงจาก กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558 : 62

2.1.3 โลมาและปลาวาฬ เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม หายใจด้วยปอด และมีอุณหภูมิต่างกันในร่างกายคงที่เกือบตลอดเวลา 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 ตลอดจนถึงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประมง ในขณะที่โลมาและปลาวาฬสาเหตุการเกยตื้นส่วนใหญ่มาจากการป่วยตามธรรมชาติ โดยพบการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจมากที่สุด ขยะเป็นสาเหตุการเกยตื้น ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี

3. ทรัพยากรทางทะเลที่สำคัญ

ทรัพยากรทางทะเลประกอบไปด้วย แหล่งน้ำกร่อยและน้ำเค็ม ทั้งพืชและสัตว์ทะเลชนิดต่าง ๆ รวมไปถึงแหล่งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติในทะเล การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางทะเลสรุปได้ดังนี้ (สุวะจัน ธีรุต, 2557 : 243 - 256)

3.1 ทรัพยากรแร่ธาตุ (Mineral resources)

ทรัพยากรแร่ธาตุทางทะเลที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ แบ่งออกเป็น 6 ชนิด คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ก้อนแร่แมงกานีส 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 เป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญทางการเกษตรและใช้ในอุตสาหกรรมเคมี 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 ทำให้เกิดพลังน้ำเหมือนกับพลังน้ำจากน้ำตกต่างระดับหลายชั้น กระแสน้ำที่ไหลออกไปจะไปหมุนเครื่องกังหัน ซึ่งต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา

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

3.3 ทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในจากทะเล (The living resources from the sea)

มนุษย์เก็บเกี่ยวเอาผลผลิตจากมหาสมุทรในรูปของสิ่งมีชีวิตหลากหลายรูปแบบโดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อเป็นอาหาร ทั้งพืช (Marine plants) สัตว์ทะเลซึ่งเป็นปลามีครีบ (Finfish) กุ้ง (Shrimp) และหอย (Shellfish) แหล่งทำการประมงที่สำคัญของโลกจะอยู่ในบริเวณแนวชายฝั่ง (Coastal areas) โดยเฉพาะในเขตไหล่ทวีป เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีกำลังผลิตสูง ซึ่งการทำประมงชายฝั่งมีทั้งการทำประมงผิวน้ำ (Pelagic) และการทำประมงพื้นท้องน้ำ (Demersal) แหล่งทำการประมงที่สำคัญและมีกำลังผลิตสูง มักจะอยู่ในเขตน้ำผุด (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). **ชลธิวิทยา**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.
- นงนภัส คู่ขวัญ เที่ยงกมล, (2551). **สิ่งแวดล้อมและการพัฒนา เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.
- นิคม อ่อนสี. (2557). **เอกสารประกอบการสอน รายวิชา สมุทรศาสตร์พิลึกส์**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : [http://fishtech.mutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTCH%204.0.3-02\(4\).pdf](http://fishtech.mutsv.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 ติงศักดิ์, และเคซากู ทาเคดะ. (2521). **คู่มืออุทกวิทยาสำหรับงานชลประทาน**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมความรู้เทคนิคระหว่างประเทศ.
- สุวะจณ์ ธีรุต. (2557). **มลพิษทางทะเลและชายฝั่ง**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : [http://fishtech.mutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTCH%204.0.3-02\(6\).pdf](http://fishtech.mutsv.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.mutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTCH%204.0.3-02\(5\).pdf](http://fishtech.mutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTCH%204.0.3-02(5).pdf). [6 สิงหาคม 2561]
- เสน่ห์ โจรนดิษฐ์. (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.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 6

หัวข้อเนื้อหา

1. คุณสมบัติของอากาศ
 - 1.1 การแผ่รังสีในบรรยากาศ
 - 1.2 อุณหภูมิของอากาศ (Temperature)
 - 1.3 การถ่ายโอนความร้อนในบรรยากาศ
 - 1.4 ความกดอากาศ
 - 1.5 แนวปะทะอากาศ (Front)
 - 1.6 ความชื้นของอากาศ
2. ลม (Wind)
 - 2.1 การเกิดลม
 - 2.2 การหมุนเวียนของลมในบรรยากาศโลก
 - 2.3 ระบบลมบนพื้นโลก (Earth's surface wind systems)
 - 2.4 ชนิดของลม
 - 2.5 การวัดลม
3. น้ำค้าง เมฆ หมอก
 - 3.1 น้ำค้าง (Dew)
 - 3.2 เมฆ (cloud)
 - 3.3 หมอก (Fog)
4. หยาดน้ำฟ้า (Precipitation)
 - 4.1 ฝน
 - 4.2 ลูกเห็บ
 - 4.3 หิมะ
 - 4.4 พายุ (storm)

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. วิเคราะห์สาเหตุ และอธิบายผลของลมฟ้าอากาศที่มีต่อมนุษย์
2. อธิบายทิศทางการหมุนเวียนของอากาศที่เป็นผลมาจากความแตกต่างของความกดอากาศ ชนิดของลม และการวัดลม
3. วิเคราะห์และอธิบายผลที่เกิดจากการหมุนเวียนของอากาศ และผลที่มีต่อภูมิอากาศ
4. อธิบายการเกิด และลักษณะของน้ำค้าง เมฆ หมอก
5. อธิบายการเกิด และลักษณะของฝน ลูกเห็บ หิมะ และพายุ

วิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. วิธีสอน

- 1.1 วิธีสอนแบบบรรยาย ประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์
- 1.2 วิธีสอนแบบสืบเสาะ ให้ผู้เรียนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการตั้งคำถาม และสืบเสาะแสวงหาข้อเท็จจริงหรือข้อมูล
- 1.3 วิธีสอนแบบปฏิบัติการ ให้นักศึกษาใช้กระบวนการพินิจภายในจิตใจของนักศึกษาเอง หรือวิเคราะห์จิตใจและประสบการณ์ของตนเอง
- 1.4 วิธีสอนแบบอภิปราย โดยกำหนดหัวข้อในการอภิปรายถึงการหมุนเวียนของอากาศบนโลก และการเกิดเมฆ ให้นักศึกษาร่วมอภิปราย โดยมีครูเป็นผู้แนะนำ

2. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

- 2.1 นำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้คำถาม เช่น การหมุนเวียนของอากาศบนโลก และการเกิดเมฆเกิดขึ้นได้อย่างไร มีความสำคัญอย่างไร เป็นต้น
- 2.2 ให้นักศึกษาดูวีดิทัศน์เกี่ยวกับการหมุนเวียนของอากาศบนโลก และการเกิดเมฆ พร้อมทั้งอธิบายความเข้าใจของตนเองถึงขั้นตอน
- 2.3 กิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มช่วยกันสืบเสาะแสวงหาข้อมูลเกี่ยวกับการหมุนเวียนของอากาศบนโลก และการเกิดเมฆ จากนั้นนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น
- 2.4 ให้นักศึกษาร่วมกันการหมุนเวียนของอากาศบนโลก และการเกิดเมฆอย่างไร โดยมีการวาดภาพประกอบ
- 2.5 นักศึกษาช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้ และตอบคำถามท้ายบท

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือ ตำรา และเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. สื่อนำเสนอประกอบการบรรยาย
3. ฐานข้อมูลอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์อาจารย์
4. วิดีทัศน์เกี่ยวกับการหมุนเวียนของอากาศบนโลก และการเกิดเมฆ

การวัดผลและประเมินผล

1. ผู้เรียนตอบคำถามทบทวนด้านความรู้ความเข้าใจในแบบทดสอบท้ายบทเรียน
2. ผู้เรียนสนทนาแลกเปลี่ยนความรู้จากผลการศึกษาค้นคว้า
3. ผู้เรียนนำเสนองานตรงเวลา มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย แสดงความคิดเห็นสร้างสรรค์
สื่อในการนำเสนอน่าสนใจ
4. วัดความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับการหมุนเวียนของอากาศบนโลก และการเกิดเมฆ
โดยใช้แบบทดสอบ
5. สังเกตพฤติกรรมการเรียน และความรับผิดชอบจากการทำงานกลุ่ม

บทที่ 6

การหมุนเวียนของอากาศบนโลก และการเกิดเมฆ

ลมฟ้าอากาศเป็นสภาพของบรรยากาศที่เป็นอยู่และเปลี่ยนแปลงในระยะเวลาสั้น ๆ สภาพของบรรยากาศนี้โดยทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ฝน เมฆ หมอก ลม และทัศนวิสัย ลมฟ้าอากาศเป็นสภาพของอากาศในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามวัน เวลา และสถานที่ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอากาศดังกล่าวเรียกว่า “อุตุนิยมวิทยา (Meteorology)” ส่วนคำว่า ภูมิอากาศนั้นเป็นสภาพของอากาศที่เกิดขึ้นเป็นประจำติดต่อกันเป็นเวลานาน จนกระทั่งกล่าวได้ว่าเป็นลักษณะอากาศของเขตนั้น ๆ ได้ ภูมิอากาศจึงเป็นค่าปานกลางของลักษณะลมฟ้าอากาศในระยะเวลาอันยาวนาน โดยการเฉลี่ยค่าขององค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ฝน เมฆ หมอก ลม และทัศนวิสัย เป็นค่าเฉลี่ยประจำวัน ค่าเฉลี่ยประจำเดือน และค่าเฉลี่ยประจำปี ภูมิอากาศย่อมแตกต่างกันตามที่ตั้งต่าง ๆ

คุณสมบัติของอากาศ

อากาศมีสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญ คือ อากาศเป็นสสาร มีมวล มีตัวตน ต้องการที่อยู่และสัมผัสได้ เป็นของไหลถ่ายเทไปได้ตลอดเวลา อากาศจะไหลจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดต่ำอากาศต่ำ จึงทำให้เกิดลม สามารถทำให้เป็นของเหลวได้โดยการเพิ่มความดัน หรือทำให้อากาศเย็นจัด ๆ อากาศจะเปลี่ยนไปเป็นของเหลว เรียกว่า อากาศเหลว มีลักษณะเป็นของเหลวไม่มีสี (นิพนธ์ ตั้งคณาภิรักษ์ และคณิตา ตั้งคณาภิรักษ์, 2552 : 100) คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับอากาศมีรายละเอียดดังนี้

1. การแผ่รังสีในบรรยากาศ

ดวงอาทิตย์ให้ความร้อนแก่โลกและบรรยากาศโดยการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation) ที่มีความถี่ของคลื่นต่าง ๆ กันปะปนออกมา และเดินทางด้วยความเร็วค่อนข้างสม่ำเสมอประมาณ 300,000 กิโลเมตรต่อวินาที หรือ 186,000 ไมล์ต่อวินาที ใช้เวลาในการเดินทางจากดวงอาทิตย์มายังพื้นโลกประมาณ 9 นาที (ราชบัณฑิตยสถาน, 2549 : 493) ความร้อนที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ คิดเป็นร้อยละ 95 ของรังสีที่แผ่จากดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่น 0.1-2.5 ไมโครเมตร ซึ่งประกอบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร้อยละ 7 ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 0.1-0.4 ไมโครเมตร รังสีใกล้อินฟราเรด (Near infrared) ร้อยละ 49 อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 0.7-2.5 ไมโครเมตร นอกจากนี้ ยังมีรังสีแกมมา รังสีเอกซ์ และคลื่นวิทยุ อีกร้อยละ 1 การดูดกลืนคลื่นแสงของโลกจากดวงอาทิตย์จะอยู่ในช่วงรังสีคลื่นสั้น (นิพนธ์ ตั้งคณาภิรักษ์ และคณิตา ตั้งคณาภิรักษ์, 2552 : 102)

1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความร้อนที่โลกจะได้รับจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

ปริมาณความร้อนที่โลกจะได้รับจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จะมีมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้ (ปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2532 : 29 – 33; นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 111 - 112)

1.1.1 ค่าคงที่ของพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar constant) คือ ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงตั้งฉากกับบรรยากาศชั้นนอกสุดของโลกต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ และต่อหนึ่งหน่วยเวลา ค่าคงที่ของพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับปัจจัย ต่อไปนี้

1) พลังงานของแสงอาทิตย์ที่ส่งออกมาแตกต่างกันน้อยมาก ความแตกต่างไม่มีผลกระทบต่อลักษณะอากาศในแต่ละวัน แต่อาจจะสัมพันธ์ไปกับสภาพความเปลี่ยนแปลง (Fluctuation) ของภูมิอากาศบางอย่างได้ ความแตกต่างในองค์ประกอบของสเปกตรัมของรังสีจากดวงอาทิตย์บางอย่างโดยเฉพาะอย่างยิ่งรังสีอัลตราไวโอเล็ต อาจจะเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อสภาพของอากาศได้

2) ระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ เนื่องจากโลกหมุนรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี ดังนั้น ระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ในแต่ละวันจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยประมาณ 150 ล้านกิโลเมตร หรือ 93 ล้านไมล์ ประมาณวันที่ 4 กรกฎาคม ของทุกปีระยะเวลาที่โลกโคจรอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์มากที่สุด (Aphelion) โดยจะอยู่ห่างประมาณ 152 ล้านกิโลเมตร หรือ 94 ล้านไมล์ และประมาณวันที่ 3 มกราคม เป็นระยะเวลาที่โลกโคจรอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด (Perihelion) มีระยะทางประมาณ 147 ล้านกิโลเมตร หรือ 91 ล้านไมล์ ช่วงระยะที่โลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ความเข้มของแสงอาทิตย์จะมาก และเมื่อระยะทางห่างจากดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ความเข้มของแสงอาทิตย์จะลดลง ในวันที่ 3 มกราคม พื้นโลกจะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์มากกว่า ในวันที่ 4 กรกฎาคมอยู่ประมาณร้อยละ 7 (ปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2532 : 29)

1.1.2 ความโปร่งใสของบรรยากาศ มีความสำคัญต่อปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ที่พื้นโลกได้รับ ฝุ่น เมฆ ไอน้ำ และก๊าซ มีส่วนช่วยในการกระจาย การสะท้อน และการดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งในบริเวณที่มีเมฆหนาที่บหรืออากาศมีมลภาวะมากจะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงน้อยลง

1.1.3 ความยาวนานของกลางวัน ความยาวนานของกลางวันจะแตกต่างกันไปตามระดับละติจูดและฤดูกาล ในวันที่มีระยะเวลากลางวันยาวนานจะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์มาก บริเวณศูนย์สูตรจะมีเวลากลางวันและกลางคืนเท่ากัน ส่วนบริเวณละติจูด 66.5 ระยะเวลากลางวันจะยาวนานที่สุดในฤดูร้อนประมาณ 24 ชั่วโมง และจะน้อยที่สุดคือ 0 ชั่วโมงในฤดูหนาว

1.1.4 มุมที่แสงอาทิตย์ส่องกระทบพื้นโลก มุมของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ส่องลงถึงพื้นโลกจะไม่เท่ากัน ถ้ารังสีจากดวงอาทิตย์ลงมาในลักษณะตั้งฉากหรือเกือบตั้งฉาก จะทำให้รังสีมีความเข้มสูง ถ้าขนาดของรังสีเท่ากันและลงถึงพื้นโลกในลักษณะเป็นมุมเฉียง รังสีจะกระจายเป็นบริเวณกว้างกว่า ความเข้มของรังสีจะน้อยกว่า ดังนั้น บริเวณละติจูดต่ำจะได้รับแสงจากดวงอาทิตย์มากกว่าบริเวณละติจูดสูง

1.2 การวัดแสงอาทิตย์

การวัดแสงอาทิตย์ประกอบด้วยการวัดระยะเวลาของแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน และการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะใช้เครื่องมือการวัดแสงอาทิตย์ ดังต่อไปนี้ (ปานทิพย์ อ้วนวานิช, 2532 : 34 – 35)

1.2.1 การวัดระยษนานของแสงอาทิตย์ เครื่องมือที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป เรียกว่า เครื่องวัดแสงอาทิตย์แบบลูกแก้ว (Glass ball sunshine recorder) ประกอบด้วยลูกแก้วใสกลมติดตั้งไว้บนฐานของเครื่อง ทางด้านล่างของลูกแก้วมีกรอบเป็นวงโค้ง และมีกระดาษกราฟอบน้ำยาเคมีสอดไว้ภายใน แสดงดังภาพที่ 6.1 เครื่องมือชนิดนี้จะติดตั้งไว้ในที่โล่งแจ้ง ซึ่งแสงอาทิตย์อาจส่องถึงตลอดวันได้ แสงจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านลูกแก้ว ซึ่งทำหน้าที่คล้ายเลนส์รวมแสง แสงสว่างจะรวมกันเข้าเป็นจุดสว่างเกิดความร้อนมากขึ้นจนกระทั่งเผาเป็นรอยไหม้บนกระดาษกราฟ ซึ่งมีสเกลระยะเวลาบอกไว้ รอยไหม้บนกระดาษเกิดขึ้นเป็นหางยาวเมื่อดวงอาทิตย์เคลื่อนข้ามท้องฟ้าไป เวลาใดที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เช่น มีเมฆเต็มท้องฟ้า กระดาษจะไม่มีรอยไหม้ เป็นต้น จากการวัดรอยไหม้บนกระดาษกราฟตามระยะเวลาต่าง ๆ นำมารวมกันเข้า จะได้ระยะเวลาที่แสงอาทิตย์ส่องลงบนพื้นที่ในบริเวณดังกล่าวของแต่ละวัน



ภาพที่ 6.1 เครื่องวัดแสงแดดแบบลูกแก้ว ชนิดแคมป์เบลสโตกส์ (Campbell-Stokes Recorder)

ที่มา : ศูนย์อุตุวิทยามิทยาภาคเหนือ, 2561 : online

1.2.2 การวัดการแผ่รังสี การวัดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่พื้นโลกได้รับ เป็นการวัดการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ รวมกับรังสีที่มาถึงพื้นโลกหลังจากการกระจายแล้ว สะท้อนออกโดยสิ่งต่าง ๆ ที่มีอยู่ในบรรยากาศ เช่น เมฆ ฝุ่นต่าง ๆ เป็นต้น การแผ่รังสีนิยมนวัดในหน่วยของพลังงาน นั่นคือ หน่วยเป็นแคลอรีต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที หรือวัดต่อตารางเซนติเมตร เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดการแผ่รังสีที่มีดังต่อไปนี้

- 1) ไพริลีโอมิเตอร์ (Pyrheliometer) ใช้ตรวจวัดรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct solar radiation) ที่ตกลงตั้งฉากกับพื้นโลก
- 2) ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) ใช้ตรวจวัดรังสีจากท้องฟ้า (Sky radiation) และรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์รวมกัน

3) ไพจิโอมิเตอร์ (Pygeometer) ใช้ตรวจวัดรังสีของโลก (Terrestrial radiation)

เพียงอย่างเดียว

2. อุณหภูมิของอากาศ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นระดับความร้อนหรือความเย็น ใช้ในความหมายที่เกี่ยวข้องกับอากาศ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศและการวัดอุณหภูมิ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ

อุณหภูมิของอากาศในแต่ละบริเวณ มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ (นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 113 - 114)

2.1.1 ความต่างของความสูง เป็นการเปลี่ยนอุณหภูมิในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ โดยบริเวณที่สูงจากผิวโลกขึ้นไปอุณหภูมิของอากาศโดยรอบจะลดลง

2.1.2 ความต่างของละติจูด บริเวณละติจูดต่ำได้รับแสงอาทิตย์ตั้งฉากหรือเกือบตั้งฉากตลอดปี ทำให้อุณหภูมิของอากาศสูง ส่วนบริเวณละติจูดสูงได้รับแสงอาทิตย์เป็นแสงเฉียง ดังนั้น บริเวณที่อยู่ละติจูดสูงขึ้นไปทางขั้วโลกอุณหภูมิของอากาศลดลง

2.1.3 การผันแปรอุณหภูมิของอากาศประจำวัน เวลากลางวันผิวโลกได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิจะค่อย ๆ สูงขึ้น และอุณหภูมิสูงสุดใน 1 วัน จะอยู่ที่เวลาประมาณ 14.00-15.00 น. เนื่องจากช่วงเวลานี้ผิวโลกได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงและยังได้รับความร้อนจากการคายรังสีความร้อนจากผิวโลกสู่บรรยากาศ หลังจากนั้น อุณหภูมิจะค่อย ๆ เริ่มลดลง อุณหภูมิลดลงต่ำสุด เวลาประมาณ 02.00-04.00 น. แล้วอุณหภูมิจะเริ่มสูงขึ้น เมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ในวันรุ่งขึ้น

2.1.4 ฤดูกาล ทำให้อุณหภูมิของอากาศในละติจูดต่าง ๆ แตกต่างกันไป โดยช่วงซีกโลกเหนือเป็นฤดูร้อนจะได้รับแสงอาทิตย์เป็นเวลานาน บริเวณที่อยู่ตั้งแต่ละติจูด 66 องศา 30 องศา เหนือถึงขั้วโลกเหนือมีเวลากลางวันตลอด 24 ชั่วโมงหลายเดือนติดต่อกัน อุณหภูมิของอากาศจะสูงกว่าฤดูกาลอื่น ส่วนช่วงที่ซีกโลกเหนือเป็นฤดูหนาวจะได้รับแสงเฉียงจากดวงอาทิตย์จะมีเวลากลางวันน้อยกว่ากลางคืน บริเวณตั้งแต่ละติจูด 66 องศา 30 องศา เหนือถึงขั้วโลกเหนือ เป็นเวลากลางคืนตลอด 24 ชั่วโมง หลายเดือนติดต่อกัน มีผลทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลง สำหรับซีกโลกใต้จะอยู่ในลักษณะตรงกันข้าม

2.1.5 เมฆ มีผลทำให้อุณหภูมิของอากาศแตกต่างกันไปตามสถานที่ต่าง ๆ เนื่องจากเมฆจะกั้นรังสีจากดวงอาทิตย์ที่จะลงสู่พื้นโลก ทำให้อุณหภูมิของอากาศไม่สูงมาก ถ้าเวลากลางคืนท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก เมฆจะกั้นพลังงานความร้อนที่ผิวโลกคายออกสู่บรรยากาศทำให้อุณหภูมิของอากาศบริเวณผิวโลกสูง แต่ถ้ากลางคืนท้องฟ้าโปร่งปราศจากเมฆการคายความร้อนจากผิวโลกสู่บรรยากาศได้ง่ายและเร็ว อุณหภูมิของอากาศลดลง อากาศจะเย็น

2.1.6 การพาความร้อน อากาศบริเวณพื้นผิวร้อน อากาศจะลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน จะพาความร้อนขึ้นไปด้วย ขณะเดียวกันอากาศที่อยู่เบื้องบนเย็นกว่าจะเคลื่อนลงมาแทนที่จะพาเอาความเย็นลงมาด้วย ทำให้อุณหภูมิบริเวณนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงและจะเกิดในบริเวณไม่กว้างมากนัก

2.2 การวัดอุณหภูมิของอากาศ

อุณหภูมิของอากาศขึ้นอยู่กับสภาพสิ่งแวดล้อม ในการวัดอุณหภูมิของอากาศในสถานที่ต่าง ๆ จะใช้เทอร์โมมิเตอร์เป็นเครื่องมือในการวัด ซึ่งอาศัยหลักการขยายตัวและหดตัวของ

ปรอท และแอลกอฮอล์ ปรอทเป็นโลหะเหลวค่อนข้างดำ มีจุดเยือกแข็งประมาณ -40 องศาเซลเซียส ส่วนแอลกอฮอล์ เป็นของเหลวไม่มีสี มีจุดเยือกแข็งประมาณ -130 องศาเซลเซียส เมื่อนำแอลกอฮอล์ มาทำเทอร์โมมิเตอร์จึงมักจะย้อมสีดำด้วยสีแดง หรือสีน้ำเงิน (ปานทิพย์ อ้วนวานิช, 2558 : 269) เครื่องมือที่ใช้ตรวจอุณหภูมิมีหลายชนิด ดังนี้

2.2.1 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดธรรมดา เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับอ่านอุณหภูมิของอากาศตามปกติเป็นแบบที่ใช้ง่าย ถ้าต้องการทราบอุณหภูมิของอากาศ ณ เวลาใด ต้องอ่านค่าเทอร์โมมิเตอร์ ณ เวลานั้น มาตราส่วนของอุณหภูมิที่นิยม มีดังนี้

1) เซลเซียส (Celsius) เป็นมาตราส่วนของอุณหภูมิที่นิยมใช้มาก เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้มีจุดเยือกแข็งอยู่ที่ 0 องศาเซลเซียส และจุดเดือดอยู่ที่ 100 องศาเซลเซียส ระยะระหว่างจุดเยือกแข็งกับจุดเดือดนี้มี 100 ซิต เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้ในยุโรป

2) ฟาเรนไฮท์ (Fahrenheit) เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้มีจุดเยือกแข็งอยู่ที่ 32 องศาฟาเรนไฮท์ และจุดเดือดอยู่ที่ 212 องศาฟาเรนไฮท์ ระยะระหว่างจุดเยือกแข็งกับจุดเดือดนี้มี 180 ซิต เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้นิยมทั่วไปในสหรัฐอเมริกา

3) เคลวิน (Kelvin) เป็นมาตราส่วนของอุณหภูมิที่ใช้ในด้านอุณหพลศาสตร์ และใช้ในด้านวิทยาศาสตร์ มาตราส่วนของอุณหภูมิที่ใช้ -273 องศาเซลเซียส เป็น 0 องศาสัมบูรณ์ หรือ 0 เคลวิน มาตราส่วนแบบนี้มีจุดเยือกแข็งอยู่ที่ 273 เคลวิน และจุดเดือดอยู่ที่ 373 เคลวิน

2.2.2 เทอร์โมมิเตอร์สูงสุดและต่ำสุด ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของอากาศในวันหนึ่ง ๆ

1) เทอร์โมมิเตอร์สูงสุด (Maximum Thermometer) เป็นเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทใช้วัดอุณหภูมิสูงสุดประจำวัน ตัวเทอร์โมมิเตอร์จะมีคอติดด้านใต้สเกลล่างสุด เมื่ออุณหภูมิลดลงปรอทจะไม่สามารถไหลย้อนกลับ และต้องวางตัวเทอร์โมมิเตอร์ให้ทางคัมปรอทอยู่ต่ำกว่าปลายเล็กน้อยเพื่อป้องกันลำปรอทไหลกลับ

2) เทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุด (Minimum Thermometers) ใช้วัดอุณหภูมิต่ำที่สุดประจำวัน เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้บรรจุด้วยแอลกอฮอล์ มีแท่งแก้วรูปดัมเบลขนาดเล็กเป็นดัชนี ในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้น แอลกอฮอล์จะขยายตัวผ่านดัชนีขึ้นไป โดยที่ดัชนีไม่เคลื่อนที่ตามไปด้วย แต่ขณะที่อุณหภูมิต่ำลง แอลกอฮอล์จะหดตัวลงมาจนกระทั่งผิวหน้าของแอลกอฮอล์แตะปลายบนของดัชนี เนื่องจากความตึงผิวทำให้ผิวบนของลำแอลกอฮอล์ดันดัชนีให้เคลื่อนตามลงมา จะสามารถอ่านอุณหภูมิต่ำสุดได้จากปลายของดัชนี

2.2.3 เทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุดยอดหญ้า (Grass minimum Thermometer) เป็นการวัดอุณหภูมิที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อน โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุดวางเป็นแนวนอนบนพื้นหญ้าสั้นให้สัมผัสยอดหญ้าพอดี เพื่อให้ทราบเกิดน้ำค้าง (Ground Frosts) ในเวลากลางคืน

2.2.4 เทอร์โมมิเตอร์ใต้ดิน (Soil Thermometers) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิใต้ดินที่ความลึกระดับ 5 เซนติเมตร 10 เซนติเมตร 20 เซนติเมตร 50 เซนติเมตร และ 100 เซนติเมตร เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตทางรากของพืชในระดับต่าง ๆ ตามความยาวของรากพืช โดยที่ความลึกระดับ 50 เซนติเมตร และ 100 เซนติเมตร ตัวเทอร์โมมิเตอร์จะอยู่ในท่อเหล็กบาง ๆ ซึ่งฝังลงไปใต้ดิน โดยจะมีปลอกแก้วหุ้มอีกชั้นหนึ่ง และคัมปรอทจะเคลือบด้วยขี้ผึ้งพาราฟิน เพื่อป้องกันไม่ให้เทอร์โมมิเตอร์ชั่ยเขยื้อนไปจากท่อ

2.2.5 เทอร์โมกราฟ (Thermograph) เป็นเครื่องบันทึกอุณหภูมิของอากาศได้ติดต่อกันตลอดเวลา 24 ชั่วโมง โดยอ่านค่าอุณหภูมิได้จากเส้นกราฟที่ปรากฏอยู่ในกระดาษกราฟ ในการตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ควรนำเทอร์โมมิเตอร์ไปใส่ไว้ในตู้สกรีนเพื่อจะให้เครื่องมือไม่ถูกแสงอาทิตย์โดยตรง ตู้นี้จะมีลักษณะเป็นบานเกล็ด 4 ด้าน เพื่อให้อากาศผ่านเข้าออกได้สะดวก และปกติจะตั้งสูงจากพื้นดินประมาณ 1.5 เมตร เนื่องจากไม่ต้องการให้มีสิ่งต่าง ๆ รบกวน

3. การถ่ายโอนความร้อนในบรรยากาศ

การถ่ายโอนความร้อนในบรรยากาศ ประกอบด้วยกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนความร้อน 3 กระบวนการ คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสี (Radiation) มีรายละเอียดดังนี้ (ปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2532 : 24 – 25; สมพงษ์ มະนะสุทธิ, 2537 : 81 – 83 และประมวล ศิริพันธ์แก้ว, 2555 : 13-55 – 13-56)

3.1 การนำความร้อน

การนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนให้กับวัตถุที่อยู่ใกล้กันจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่ง โดยที่โมเลกุลของสารที่เป็นตัวนำนั้นไม่ได้มีการเคลื่อนที่ เมื่อวัตถุ 2 ชนิดมีอุณหภูมิไม่เท่ากัน เมื่อนำมาสัมผัสกันวัตถุที่ร้อนกว่าจะส่งความร้อนให้กับวัตถุที่เย็นกว่า จนกระทั่งวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน การนำความร้อนเกิดได้ดีในวัตถุที่เป็นของแข็ง ดังนั้น เมื่ออากาศเหนือผิวโลกสัมผัสกับพื้นดิน หรือพื้นน้ำที่อุ่นกว่า อุณหภูมิของอากาศบริเวณนั้นจะสูงขึ้น แต่อากาศในดินและน้ำ นำความร้อนได้ไม่ดี ความร้อนจึงกระจายไปได้ไม่มาก

3.2 การพาความร้อน

การพาความร้อนเป็นการส่งต่อความร้อนโดยการถ่ายเท หรือหมุนเวียน ซึ่งเป็นการส่งผ่านความร้อนโดยที่โมเลกุลของสารเคลื่อนที่จากแห่งหนึ่งไปยังแห่งหนึ่ง โดยปกติการพาความร้อนจะเกิดขึ้นได้ดีในวัตถุที่เป็นของเหลวและก๊าซ เมื่ออากาศได้รับความร้อนจะขยายตัวและลอยขึ้นเบื้องบนจะพาความร้อนขึ้นไปด้วย และอากาศเย็นกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ ดังนั้นการพาความร้อนจึงมีบทบาทมากในการแพร่กระจายของความร้อนในบรรยากาศ เมื่ออากาศใกล้กับพื้นผิวโลกได้รับความร้อน จะมีความหนาแน่นน้อยลง และลอยตัวขึ้นสู่ระดับสูง อากาศที่เย็นกว่าจะมีความหนาแน่นมากและจมตัวลง เมื่ออากาศจมตัวลงสู่เบื้องล่างจะได้รับความร้อนจากพื้นผิวโลกที่อุ่นกว่า จะเริ่มลอยตัวขึ้นไปเกิดเป็นกระแสการพาความร้อน ซึ่งถ่ายโอนไปยังส่วนต่าง ๆ ของบรรยากาศมากที่สุด

3.3 การแผ่รังสี

การแผ่รังสีเป็นการที่วัตถุส่งพลังงานความร้อนออกจากตัว ในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น พลังงานแสงสว่าง พลังงานความร้อน เป็นต้น พลังงานความร้อนสามารถถ่ายโอนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้โดยการแผ่รังสี ซึ่งอยู่ในรูปของรังสีอินฟราเรด พื้นดิน พื้นน้ำ และวัสดุต่าง ๆ บนผิวโลก รวมทั้งไอน้ำ เมื่อได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลังงานจากแสง (Visible light) ส่งผลให้อุณหภูมิของสสารสูงขึ้นจะเกิดการแผ่รังสีอัตร้าโอเลต ดังนั้น ในบรรยากาศจึงได้รับความร้อนจากการรังสีดังกล่าว ซึ่งมีผลให้อุณหภูมิบรรยากาศบริเวณต่าง ๆ แตกต่างกัน ตามปัจจัยที่ก่อให้เกิดการแผ่รังสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งบรรยากาศที่มีไอน้ำหนาแน่น หรือบรรยากาศที่มีก๊าซเรือนกระจกอยู่จำนวนมาก

4. ความกดอากาศ

ความกดอากาศ คือ น้ำหนักของอากาศที่กดทับลงบนพื้นที่ 1 ตารางหน่วย เนื่องจากโลกมีแรงโน้มถ่วงจึงดูดบรรยากาศให้เข้าสู่ใจกลางโลก ทำให้อากาศกดลงมาบนผิวโลก บริเวณที่อยู่ใกล้ผิวโลกความกดอากาศจะหนักกว่าบริเวณที่อยู่สูงขึ้นไป หน่วยวัดความกดอากาศ เรียกว่า มิลลิบาร์ (Millibar, mb) ต่อมาใช้คำว่า เฮกโตปาสกาล (Hectopascal, hPa) (นำพวลีย์ กิจรัชกุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 117)

4.1 แนวความกดอากาศโลก (World pressure belts)

แนวความกดอากาศโลกแบ่งออกเป็น 2 แนว คือ แนวความกดอากาศต่ำ (Low pressure belts) และแนวความกดอากาศสูง (High pressure belts) สรุปได้ดังนี้ (นำพวลีย์ กิจรัชกุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 117)

4.1.1 แนวความกดอากาศต่ำ แบ่งเป็น 2 แนว ได้แก่ แนวความกดอากาศต่ำบริเวณศูนย์สูตร (Equatorial low pressure) และแนวความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก (Subpolar low pressure) ดังนี้

1) แนวความกดอากาศต่ำบริเวณศูนย์สูตร อยู่ที่บริเวณประมาณละติจูด 5 องศาเหนือ ถึง 5 องศาใต้ มีความกดอากาศประมาณ 1,008-1,011 มิลลิบาร์ บริเวณนี้ได้รับแสงอาทิตย์ตลอดปี ทำให้อุณหภูมิของอากาศสูง การเคลื่อนตัวของอากาศมีลักษณะเข้าประชิดกัน (Convergence) อากาศจะลอยตัวในแนวตั้งสู่เบื้องบน และอากาศบริเวณใกล้เคียงโดยรอบจะเคลื่อนเข้ามาแทนที่ บริเวณนี้จึงมีลมที่มีความแปรปรวนทิศทางการพัดไม่แน่นอน ไม่มีลมประจำพัดผ่าน บางครั้งเรียกว่า “เขตลมสงบแถบศูนย์สูตร (Doldrums)” เขตแนวความกดอากาศต่ำบริเวณศูนย์สูตรจะมีความชื้นสูง ฝนตกชุก และมีพายุฝนฟ้าคะนอง เกิดขึ้นมากกว่าส่วนอื่นของโลก

2) แนวความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก อยู่บริเวณประมาณละติจูด 60 องศา ถึง 65 องศา หรือ 70 องศา เหนือและใต้ มีความกดอากาศประมาณ 998 มิลลิบาร์ เป็นบริเวณแนวปะทะของมวลอากาศที่อุณหภูมิและความชื้นต่างกัน มวลอากาศอุ่นเคลื่อนที่มาจากความกดอากาศสูง และมวลอากาศเย็นเคลื่อนที่มาจากความกดอากาศสูงขั้วโลก ทำให้เกิดเป็นพายุหมุน เรียกว่า “พายุหมุนนอกเขตร้อน (Extratropical cyclone หรือ Extratropical storm)” บริเวณซีกโลกใต้แนวความกดอากาศต่ำอยู่บริเวณทวีปแอนตาร์กติกา (Antarctica) ส่วนซีกโลกเหนือศูนย์กลางความกดอากาศต่ำจะอยู่บริเวณเกาะไอซ์แลนด์ (Iceland) และหมู่เกาะอะลูเชียน (Aleutian Islands) ความรุนแรงจะปรากฏเด่นชัดในช่วงฤดูหนาว

4.2 การวัดความกดอากาศ

เครื่องมือที่ใช้วัดความกดอากาศ ได้แก่ มาตรวัดความกดอากาศหรือบาโรมิเตอร์ (Barometer) คำว่า “บาโรมิเตอร์” มาจากภาษากรีก “Baros” แปลว่า “น้ำหนัก” และ “Metron” แปลว่า “วัด” บาโรมิเตอร์ที่ใช้กันทั่วไป มีดังนี้ (ปานทิพย์ อัฒนวนานิช, 2532 : 117 - 119 และนิพนธ์ ตั้งคณานุกรักษ์ และคณินดา ตั้งคณานุกรักษ์, 2552 : 113 - 114)

4.2.1 บาโรมิเตอร์แบบปรอท (Mercury barometer) บาโรมิเตอร์มาตรฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในสถานีตรวจอากาศ คือ บาโรมิเตอร์แบบคิว (Kew Barometer) และบาโรมิเตอร์แบบฟอร์ติน (Fortin Barometer) ดังนี้

1) บาโรมิเตอร์แบบคิ้ว เป็นบาโรมิเตอร์แบบที่กระเปาะปรอทติดแน่นตายตัวอยู่กับลำหลอดแก้ว ไม่สามารถปรับแต่งระดับปรอทได้ จะแบ่งออกเป็นแบบใช้บนบกและแบบที่ใช้ในทะเล

2) บาโรมิเตอร์แบบฟอร์ดิน เป็นบาโรมิเตอร์แบบที่สามารถปรับแต่งระดับปรอทให้ผิวหน้าสัมผัสกับเข็มงาช้าง (Ivory pointer) พอได้

4.2.2 บาโรมิเตอร์แบบตลับหรือบาโรมิเตอร์แบบแอนเนอรอยด์ (Aneroid barometer) คำว่า “Aneroid” มาจากภาษากรีกว่า “Aneseos” แปลว่า “ไม่เปียก” และต่อท้ายด้วย “Oid” แปลว่า “คล้ายกับ” เพราะฉะนั้นบาโรมิเตอร์แบบแอนเนอรอยด์จึงไม่ใช่ของไหล ซึ่งตรงกันข้ามกับบาโรมิเตอร์แบบปรอทที่บรรจุของเหลว คือ ปรอท บาโรมิเตอร์แบบแอนเนอรอยด์นี้ประกอบด้วยตลับโลหะ อาศัยคุณสมบัติการพองตัวและหดตัวของโลหะ ด้านบนและด้านล่างของตลับโลหะทำเป็นลูกฟูก สูบอากาศออกหมดให้ตลับแบนนั้นเป็นสุญญากาศ เมื่อความกดอากาศเพิ่มตลับลูกฟูกจะถูกบีบให้แฟบลง ถ้าความกดอากาศลดตลับลูกฟูกจะยืดอก ซึ่งปลายข้างหนึ่งของตลับจะอยู่กับที่ ขณะที่ปลายอีกข้างหนึ่งต่อกับเข็มชี้ ซึ่งเคลื่อนที่ไปมาบนหน้าปัดที่มีเครื่องหมายแสดงค่าความกดอากาศ

4.2.3 แอลติมิเตอร์ (Altimeter) เป็นเครื่องมือที่ดัดแปลงมาจากบาโรมิเตอร์แบบแอนเนอรอยด์ โดยมีหน้าที่เป็นตัวเลขบอกความสูงของพื้นที่ ซึ่งจะใช้อัลติมิเตอร์สำหรับวัดความสูงในเครื่องบิน หรือติดกับนักกระโดดร่มเพื่อบอกความสูง

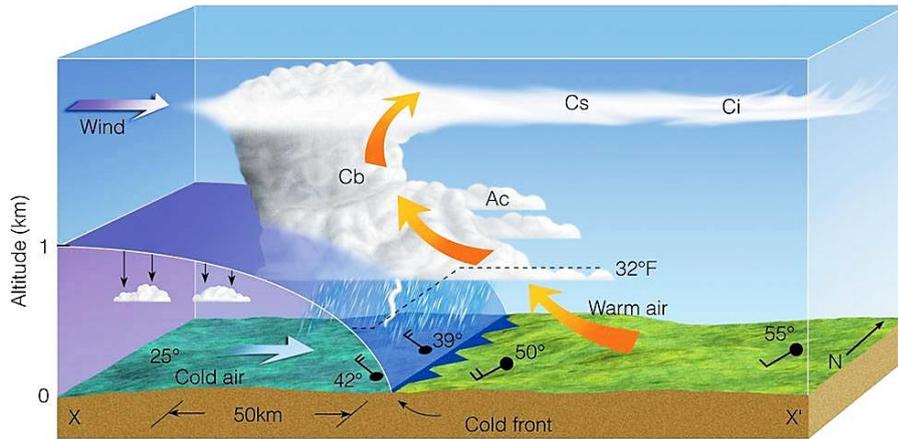
4.2.4 บาโรกราฟ (Barograph) เป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึกความกดอากาศที่ทันสมัย และมีผู้นิยมใช้กันมากที่สุด ตามสถานีตรวจอากาศทั่ว ๆ ไป เนื่องจากเป็นเครื่องมือวัดความกดอากาศที่ทำงานแบบอัตโนมัติ สามารถบันทึกค่าความกดอากาศตลอดระยะเวลาต่อเนื่องกัน โดยข้อมูลจะถูกบันทึกลงบนกระดาษกราฟที่มีวนอยู่รอบนอกของกระบอกทรงกลม และหมุนได้ตลอดเวลาด้วยพลังงานไฟฟ้า

5. แนวปะทะอากาศ (Front)

แนวปะทะอากาศเป็นแนวหรือบริเวณที่แบ่งระหว่างมวลอากาศ 2 ชนิด ที่มีสมบัติต่างกันได้แก่ ความหนาแน่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และทิศทางลมที่เคลื่อนที่มาปะทะกัน จะไม่รวมกันแต่จะแยกกันโดยมีแนวระหว่างมวลอากาศ แนวปะทะอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและฝน การแบ่งประเภทแนวปะทะอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ แนวปะทะอากาศเย็น (Cold front) แนวปะทะอากาศอุ่น (Warm front) แนวปะทะอากาศคงที่ (Stationary front) และแนวปะทะอากาศรวม (Occluded front) ดังนี้ (นำพวลย์ กิจจักร์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 126 - 127)

5.1 แนวปะทะอากาศเย็น

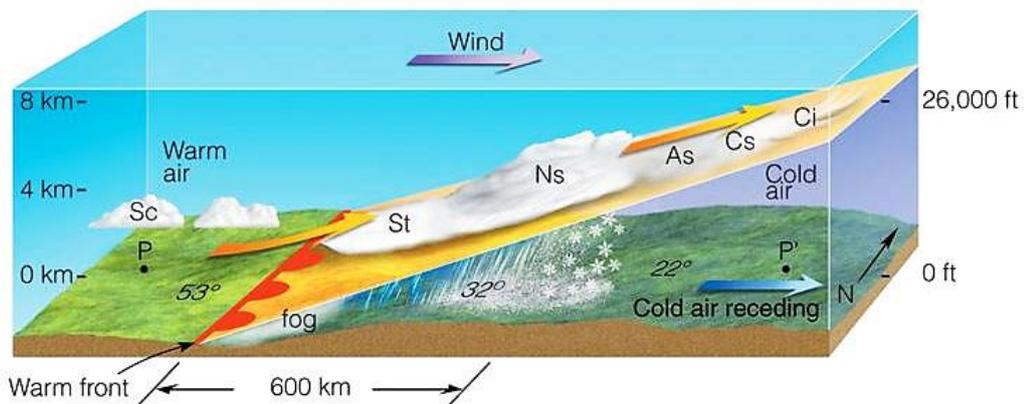
เมื่อมวลอากาศเย็นเคลื่อนตัวเข้าหามวลอากาศอุ่นและดันให้มวลอากาศอุ่นลอยสูงขึ้น เป็นสาเหตุให้เกิดฝนฟ้าคะนอง ขณะที่แนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่ไปมักมีฝนเกิดขึ้นติดตามไปด้วย อากาศบริเวณหลังแนวปะทะอากาศเย็นอุณหภูมิจะลดลง แสดงดังภาพที่ 6.2



ภาพที่ 6.2 แนวปะทะอากาศเย็น
ที่มา : Ahrens, 2007 : 299

5.2 แนวปะทะอากาศอุ่น

เมื่่อมวลอากาศอุ่นจากละติจูดต่ำเคลื่อนที่เข้าแทนที่ และยกตัวเหนือมวลอากาศเย็น บริเวณละติจูดสูง อากาศบริเวณหลังแนวปะทะอากาศอุ่นจะมีอุณหภูมิขึ้นและมีความชื้นมาก แสดงดังภาพที่ 6.3



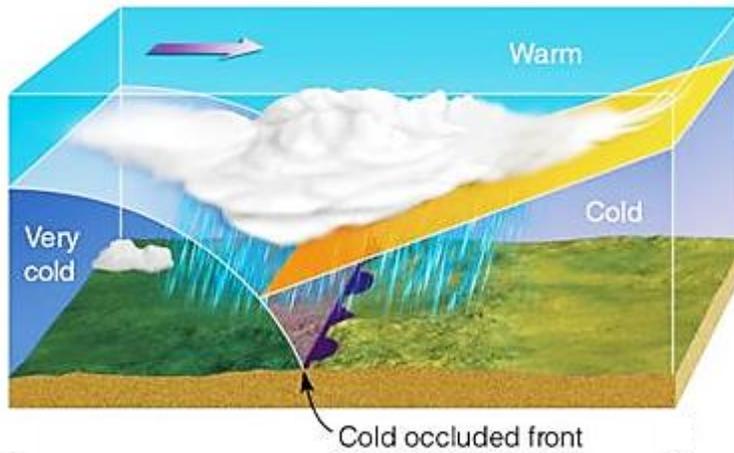
ภาพที่ 6.3 แนวปะทะอากาศอุ่น
ที่มา : Ahrens, 2007 : 301

5.3 แนวปะทะอากาศคงที่

เป็นแนวที่มวลอากาศอุ่นและมวลอากาศเย็นไม่มีการเคลื่อนที่ เป็นแนวปะทะอากาศแบบคงที่

5.4 แนวปะทะอากาศรวม

แนวปะทะอากาศรวมหรือแนวปะทะอากาศซ้อน เกิดจากการรวมตัวของแนวปะทะอากาศเย็นกับแนวปะทะอากาศอุ่น โดยมวลอากาศเย็นจะเข้าแทนที่มวลอากาศอุ่นที่ยกตัวสูงขึ้น แสดงดังภาพที่ 6.4



ภาพที่ 6.4 แนวปะทะอากาศรวม
ที่มา : Ahrens, 2007 : 304

6. ความชื้นของอากาศ

ความชื้นของอากาศ หมายถึง ปริมาณของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งที่เกิดจากกระบวนการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น มหาสมุทร แม่น้ำ แหล่งน้ำในภาคพื้นทวีปขนาดเล็ก พื้นดินที่ชื้น บริเวณป่าทึบ การระเหยของน้ำจากดิน การคายน้ำของพืช เป็นต้น (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2552 : 141) ในช่วงฤดูหนาวในเขตอาร์กติกอากาศเย็นและแห้ง ปริมาณไอน้ำแทบจะไม่มีเลย ส่วนในบริเวณศูนย์สูตรมีอากาศร้อนชื้นจะมีปริมาณไอน้ำสูงถึงร้อยละ 4 หรือ 5 ของปริมาตรอากาศทั้งหมด (ปานทิพย์ อัฒนวนนิช, 2532 : 74)

ถ้าอากาศมีปริมาณไอน้ำมาก อากาศบริเวณนั้นจะมีความชื้นมาก เมื่ออากาศรับไอน้ำจนเต็มที่แล้ว ณ อุณหภูมิหนึ่ง จนไม่สามารถรับไอน้ำจากการระเหยได้อีก เรียกอากาศในบริเวณนั้นว่า อากาศอิ่มตัว (Saturated air) ด้วยไอน้ำ หรือกล่าวว่าเป็นสภาวะที่อากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ จำนวนโมเลกุลของน้ำที่ระเหยกลายเป็นไอน้ำเท่ากับจำนวนโมเลกุลของไอน้ำที่ควบแน่นเป็นน้ำ

6.1 ความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity, AH)

ความชื้นสัมบูรณ์ เป็นความชื้นของมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศหนึ่งหน่วยปริมาตร ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือความชื้นสัมบูรณ์ คือ ความหนาแน่นของไอน้ำหรือปริมาณไอน้ำในอากาศ ความชื้นสัมบูรณ์จะมีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำที่มีจริงในอากาศกับปริมาตรของอากาศ ดังสมการที่ (6.1) (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2552 : 144)

$$\text{ความชื้นสัมบูรณ์} = \frac{\text{มวลของไอน้ำที่มีจริงในอากาศ (กรัม)}}{\text{ปริมาตรของอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)}} \quad \dots (6.1)$$

6.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity, RH)

ความชื้นสัมพัทธ์เป็นปริมาณเปรียบเทียบระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศขณะนั้น กับมวลของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิและปริมาตรเดียวกัน หรือเป็นปริมาณเปรียบเทียบระหว่างความดันไอน้ำที่มีอยู่จริงต่อความดันไอน้ำอิ่มตัว หรือเป็นปริมาณเปรียบเทียบ

ระหว่างความชื้นสัมบูรณ์ต่อปริมาณไอน้ำในอากาศที่อิ่มตัว ความชื้นสัมพัทธ์นิยมคิดเป็นร้อยละ ดังสมการที่ (6.2) - (6.4) (นิพนธ์ ตั้งคณาภิรักษ์ และคณิตา ตั้งคณาภิรักษ์, 2552 : 145 - 146)

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{มวลของไอน้ำที่มีจริงในอากาศขณะนั้น} \times 100}{\text{มวลของไอน้ำในอากาศอิ่มตัว}} \dots (6.2)$$

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ความดันไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ} \times 100}{\text{ความดันไอน้ำของอากาศอิ่มตัว}} \dots (6.3)$$

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ความชื้นสัมบูรณ์} \times 100}{\text{ปริมาณไอน้ำในอากาศที่อิ่มตัว}} \dots (6.4)$$

ลม (Wind)

สุรพันธ์ นิลายน (2543 : 67) อธิบายว่า ลม คือ อากาศที่เคลื่อนที่ตามแนวราบ (Horizontal motion) ส่วนอากาศที่เคลื่อนที่ในแนวตั้ง เรียกว่า กระแสอากาศ (Current)

นำพวลัย กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์ (2558 : 118) ให้ความหมายของลม คือ อากาศที่เคลื่อนที่ไปบนผิวโลกตามแนวนอนในทุกทิศทาง

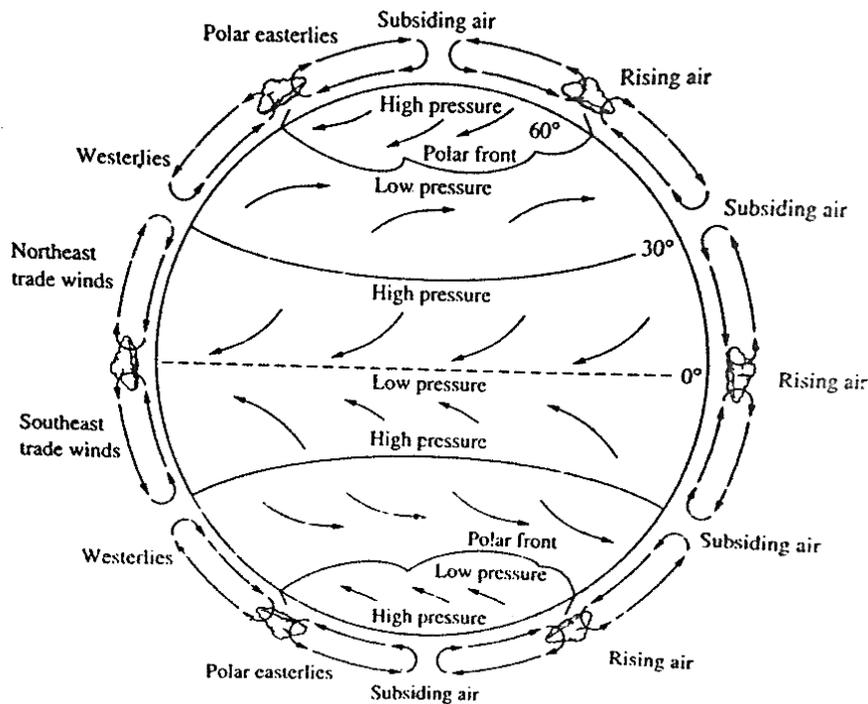
ศิวพันธ์ ชูอินทร์ (2559 : 90) ให้ความหมายของลม คือ ก้อนอากาศที่มีการเคลื่อนที่ ไม่ว่าจะเคลื่อนที่นั้นจะเกิดจากอิทธิพลใด ๆ ก็ตาม เช่น อิทธิพลของอุณหภูมิความดัน การหมุนของโลก เป็นต้น

สรุปได้ว่า ลม คือ อากาศที่เคลื่อนที่ไปบนผิวโลกตามแนวราบในทุกทิศทาง การเคลื่อนที่ที่เกิดจากอิทธิพลต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน การหมุนของโลก เป็นต้น ส่วนกระแสอากาศ คือ อากาศที่เคลื่อนที่ในแนวตั้ง

1. การเกิดลม

ลมเกิดจากปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ได้แก่ ความกดอากาศหรือความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure) แรงคอริโอลิส (Coriolis force) และแรงเสียดทาน (Fiction force)

ในกรณีของโลก ไม่หมุนลมเกิดขึ้นได้เนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศ ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันบรรยากาศหรือความกดอากาศในแนวระดับ ดังนั้น ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในบรรยากาศที่ขั้วโลกและเส้นศูนย์สูตร หรือระหว่างพื้นดินกับพื้นน้ำทำให้เกิดกระแสการเคลื่อนที่ของอากาศหรือเกิดกระแสลม การเคลื่อนไหวของอากาศหรือลมจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความดันบรรยากาศสูง (High atmospheric pressure) ไปสู่บริเวณที่มีความดันบรรยากาศต่ำ (Low atmospheric pressure) แสดงดังภาพที่ 6.5 หรือจากบริเวณที่เย็นกว่าไปสู่บริเวณที่ร้อนกว่า แต่การหมุนของโลกทำให้สถานการณ์นี้เปลี่ยนไป เนื่องจากการหมุนของโลกทำให้เกิดแรงอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า “แรงคอริโอลิส” (ศิวพันธ์ ชูอินทร์, 2559 : 90 - 92)



ภาพที่ 6.5 การหมุนเวียนโดยทั่วไปของบรรยากาศ
ที่มา : De Nevers, 2000 : 85

แรงคอริโอลิสเป็นแรงสมมติที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก ซึ่งเคลื่อนที่จากที่ที่มีความกดอากาศต่ำไปสู่ความกดอากาศสูง ก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของบรรยากาศได้ แรงนี้มุ่งไปยังขั้วโลกด้านเหนือเมื่อเทียบกับผิวโลก ขึ้นอยู่กับความเร็วของมวลอากาศ ตำแหน่งที่สังเกตและความเร็วของการหมุนรอบตัวเองของโลกที่จุดนั้น ซึ่งความเร็วจะเร็วที่สุดที่ขั้วโลก และเป็นศูนย์ที่เส้นศูนย์สูตร ถ้าแรงคอริโอลิสรวมกับแรงเนื่องจากความแตกต่างของความดัน จะทำให้เกิดทิศทางการเคลื่อนที่ใหม่ ซึ่งมีทิศทางทำมุมกับเส้นที่มีความดันเท่ากันหรือเส้นความดันปกติ (Isobars) ดังนั้นแรงคอริโอลิสจะขนานกับแรงเนื่องจากความแตกต่างของความดัน แต่อยู่ในทิศทางตรงกันข้าม โดยเข้าสู่บริเวณความดันสูงกว่า ความเร็วลมเนื่องจากความดัน กับแรงคอริโอลิสจะมีทิศทางตั้งฉากกัน ทำให้ลมพัดขนานกับเส้นไอโซบาร์ ลมแบบนี้เรียกว่า “จีโอสโทรฟิก” (geostrophic) ซึ่งจะเกิดที่ความสูงเหนือพื้นดินประมาณ 200-300 เมตร และเป็นลมที่พัดแรงมาก

ลมแกรเดียนต์ (Gradient wind) เป็นลมในแนวรัศมี ซึ่งกระทำกับเส้นความดันปกติหรือเส้นไอโซบาร์ เป็นลมที่เกิดจากการหมุนเป็นวง เกิดเป็นแรงหนีศูนย์กลาง ซึ่งในซีกโลกเหนือการหมุนของอากาศที่มีความดันต่ำเป็นศูนย์กลาง เป็นการหมุนพัดทวนเข็มนาฬิกา เรียกว่า “ไซโคลน (Cyclone)” ส่วนซีกโลกใต้ลมจะหมุนรอบความกดอากาศสูงเป็นการหมุนตามเข็มนาฬิกา เรียกว่า “แอนติไซโคลน (Anti-cyclone)” ลมในแนวรัศมีนี้มีผลอย่างมากเมื่อเทียบกับลมจีโอสโทรฟิก

2. การหมุนเวียนของลมในบรรยากาศโลก

ปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดการหมุนเวียนของลมในบรรยากาศโลก มีดังนี้ (ปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2532 : 145 – 150)

2.1 ลำแสงจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นโลกไม่ได้ตั้งฉากกับบริเวณศูนย์สูตรอยู่ตลอดเวลา แต่จะเปลี่ยนไปตามฤดูกาล เมื่อดำแสงจากดวงอาทิตย์เคลื่อนขึ้นไปทางเหนือ ความกดอากาศต่าง ๆ จะเคลื่อนตัวไปทางเหนือด้วยเช่นเดียวกัน เมื่อดำแสงของดวงอาทิตย์เคลื่อนตัวลงได้ ความกดอากาศต่าง ๆ จะเคลื่อนตัวลงมาทางใต้ด้วย

2.2 พื้นผิวโลกไม่ได้มีความสม่ำเสมออย่างเดียวกันหมด หากแต่ประกอบด้วยพื้นดินและพื้นน้ำ ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันในด้านการดูดซับความร้อน และการคายความร้อน โดยเฉพาะในซีกโลกเหนือมีแผ่นดินมากกว่าพื้นน้ำ ความกดอากาศต่ำและสูงจึงไม่ได้เกิดขึ้นเป็นเขตหรือแถบ ซึ่งขนานไปกับเส้นศูนย์สูตร หากเกิดขึ้นเป็นหย่อม เรียกว่า หย่อมความกดอากาศต่ำ และหย่อมความกดอากาศสูง

2.3 ลักษณะภูมิประเทศ รูปร่าง และความสูงต่ำของลักษณะภูมิประเทศมีส่วนทำให้ทิศทางและความเร็วของลมเปลี่ยนแปลงไป

3. ระบบลมบนพื้นโลก (Earth's surface wind systems)

ระบบการหมุนเวียนของลมส่วนใหญ่จะมีความเกี่ยวข้องกับระบบความกดอากาศของโลก มีบทบาทสำคัญในการถ่ายเทรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และความชื้นให้แก่บรรยากาศของโลก ระบบลมบนพื้นโลกสัมพันธ์กับแนวความกดอากาศ มีรายละเอียดดังนี้ (นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล และ กัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 119 - 120)

3.1 บริเวณร่องความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตร (Equatorial trough หรือ Equatorial low pressure)

บริเวณร่องความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตรอยู่ประมาณละติจูด 5 องศาเหนือถึง 5 องศาใต้ ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ทำให้อากาศยกตัวขึ้นเบื้องบน บริเวณนี้ความกดอากาศต่างกันน้อย ทำให้อากาศไม่เคลื่อนที่ในแนวระดับ จึงเป็นเขตลมอ่อนหรือลมสงบบริเวณศูนย์สูตร เรียกว่า คอลดรัมส์

3.2 เขตลมค้า (Trade wind belts)

เขตลมค้าอยู่บริเวณประมาณละติจูด 5 องศา ถึง 30 องศาเหนือและใต้ ลมพัดมาจากบริเวณแนวความกดอากาศสูงถึงเขตร้อนมายังบริเวณแนวความกดอากาศต่ำศูนย์สูตร พัดอยู่บริเวณซีกโลกเหนือ เรียกว่า ลมค้าตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast trade) ถ้าพัดอยู่บริเวณซีกโลกใต้ เรียกว่า ลมค้าตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast trade) ลมนี้ปรากฏชัดบริเวณน่านน้ำแถบมหาสมุทรแปซิฟิก มหาสมุทรแอตแลนติก ส่วนบริเวณมหาสมุทรอินเดียลมค้าไม่เด่นชัด เนื่องจากมีภาคพื้นทวีปอันกว้างใหญ่ที่ทำให้เกิดลมมรสุม

3.3 เขตกึ่งเขตร้อน (Subtropical belts)

เขตกึ่งเขตร้อนอยู่ประมาณละติจูด 30 องศา ถึง 40 องศาเหนือและใต้ เป็นบริเวณที่มีความกดอากาศสูงที่ก่อตัวของลม ลักษณะเป็นลมแห้ง บริเวณนี้ท้องฟ้าแจ่มใส ปริมาณฝนน้อย ภายในเขตนี้ลักษณะลมพัดอ่อน ๆ ทิศทางไม่แน่นอน บางครั้งลมสงบ เรียกว่า ฮอร์สละติจูด (Horse latitudes)

3.4 เขตลมตะวันตก (Prevailing westerly winds หรือ Westerlies)

เขตลมตะวันตกอยู่ประมาณละติจูด 30 องศา ถึง 60 องศาเหนือและใต้ เป็นลมที่พัดมาจากบริเวณแนวความกดอากาศสูงกึ่งเขตร้อนไปยังบริเวณแนวความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก ในซีกโลกเหนือลมพัดรุนแรงมากในฤดูหนาว สำหรับซีกโลกใต้ลมพัดรุนแรงทั้งฤดูร้อนและฤดูหนาว ใช้ประโยชน์ในการเดินเรือจากตอนใต้ของมหาสมุทรแอตแลนติกไปทางตะวันออก ผ่านมหาสมุทรอินเดียสู่ออสเตรเลียและหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก เดินทางกลับจากมหาสมุทรแปซิฟิกอ้อมแหลมฮอร์น (Cape Horn) ปลายทวีปอเมริกาใต้ไปยังมหาสมุทรแอตแลนติก

3.5 บริเวณความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก (Subpolar low pressure หรือ Stormy latitudes)

บริเวณความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก อยู่ประมาณละติจูด 60 องศา ถึง 70 องศาเหนือและใต้ เป็นเขตที่มีลมพัดมาจากความกดอากาศสูงทั้งด้านเหนือและด้านใต้มาปะทะบริเวณนี้มีผลทำให้ช่วงฤดูหนาวจะเกิดพายุหมุน ซึ่งเป็นพายุหมุนนอกเขตร้อน

3.6 ลมตะวันออกแถบขั้วโลก (Polar easterlies)

ลมตะวันออกแถบขั้วโลกอยู่ประมาณละติจูด 70 องศา ถึง 90 องศาเหนือและใต้ เป็นเขตที่ลมพัดมาจากขั้วโลกที่อากาศเย็นและความกดอากาศสูงมายังบริเวณความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลกที่มีอากาศอุ่นกว่า ลมที่พัดมาจะเป็นลมหนาวเย็นจัดและมีอิทธิพลในช่วงฤดูหนาว ซีกโลกเหนือลมจะพัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนซีกโลกใต้พัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงใต้

4. ชนิดของลม

4.1 ลมประจำปี

ลมประจำปีหรือลมประจำภูมิภาคต่าง ๆ เป็นลมที่เกิดจากความกดอากาศที่มีอยู่เดิมตลอดปี เนื่องมาจากบริเวณขั้วโลกและบริเวณเส้นศูนย์สูตรได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดลมพัดผ่านส่วนต่าง ๆ ของโลกเป็นประจำ ประกอบกับการเบี่ยงเบนเนื่องจากแรงหมุนของโลกเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ลมประจำปี ได้แก่ ลมสินค้า (Trade winds) ลมตะวันตก (Westerlies) และลมขั้วโลกตะวันออก (Polar easterlies) ดังนี้ (ปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2558 : 312 - 313)

4.1.1 ลมสินค้า บริเวณซีกโลกใต้จะมีลมพัดจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ไปยังทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ลมพัดจากบริเวณความกดอากาศสูงกึ่งเมืองร้อน ที่ละติจูด 30 องศาเหนือและใต้ เข้าสู่บริเวณศูนย์สูตร ในซีกโลกเหนือมีชื่อเรียกว่า ลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือ และในซีกโลกใต้มีชื่อเรียกว่าลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้

4.1.2 ลมตะวันตก เป็นลมที่พัดออกจากบริเวณความกดอากาศสูงกึ่งเมืองร้อนเข้าสู่บริเวณความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก ที่ละติจูด 50° เหนือและใต้ ในซีกโลกเหนือเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนในซีกโลกใต้เป็นลมตะวันตกเฉียงเหนือ

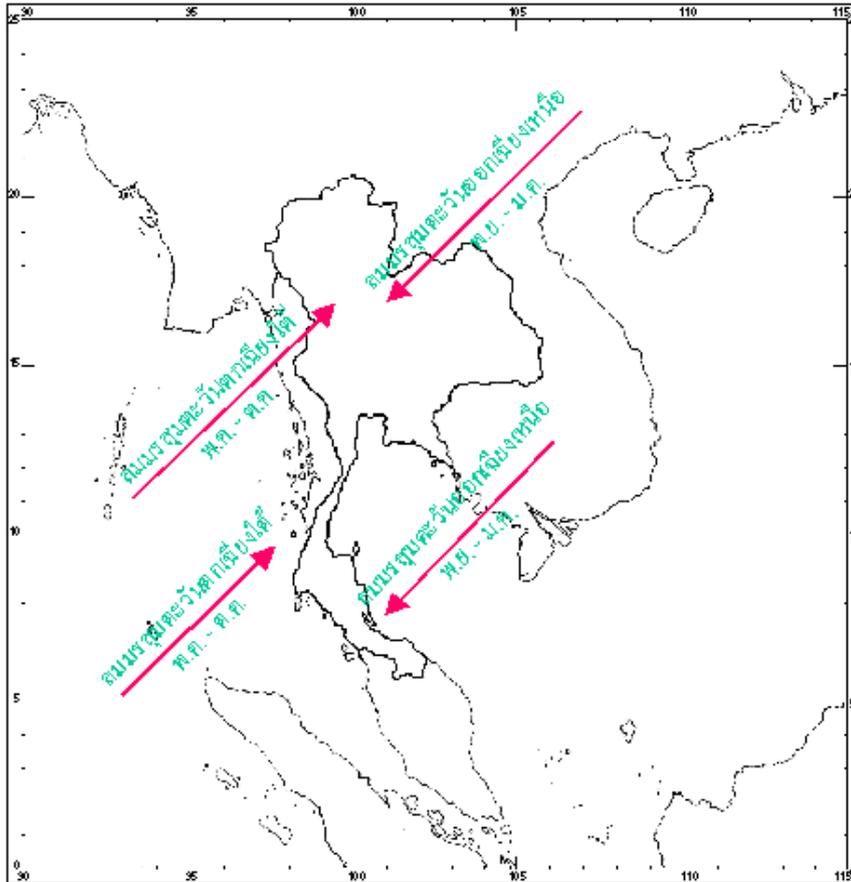
4.1.3 ลมขั้วโลกตะวันออก เป็นลมที่พัดออกจากบริเวณความกดอากาศสูงขั้วโลก ทั้ง 2 ข้าง สู่อากาศต่ำกึ่งขั้วโลก ในซีกโลกเหนือมีชื่อเรียกว่า ลมขั้วโลกตะวันออกเฉียงเหนือ และในซีกโลกใต้มีชื่อเรียกว่า ลมขั้วโลกตะวันออกเฉียงใต้

4.2 ลมประจำฤดู

ลมประจำฤดู คือ ลมที่พัดประจำตามฤดูกาล ได้แก่ ลมมรสุม (Monsoon winds) ซึ่งพัดในทิศทางที่แน่นอน เป็นระยะเวลาตลอดฤดูและเกิดขึ้นเป็นประจำเช่นนั้นทุก ๆ ปี คำว่า มรสุม มาจากคำว่า “Mausim” ซึ่งเป็นภาษาอาหรับแปลว่า “ฤดูกาล” ดังนั้น ลมมรสุม จึงแปลว่า “ลมประจำฤดู” ลมมรสุม ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของภูมิภาคและความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างเหนือพื้นดินและเหนือพื้นน้ำเป็นประการสำคัญ ลมมรสุมแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ลมมรสุมฤดูร้อน และลมมรสุมฤดูหนาว มีรายละเอียดดังนี้ (ปานทิพย์ อัครนวานิช, 2532 : 160 – 162 และ ปานทิพย์ อัครนวานิช, 2558 : 326 - 328)

4.2.1 ลมมรสุมฤดูร้อน เป็นลมที่พัดจากทะเลและมหาสมุทรเข้าสู่ภาคพื้นทวีป โดยในฤดูร้อนอุณหภูมิของอากาศบนภาคพื้นทวีปจะสูงมาก ส่งผลให้ความกดอากาศในบริเวณดังกล่าวต่ำกว่าความกดอากาศเหนือทะเลและมหาสมุทร จึงเกิดเป็นลมมรสุมฤดูร้อนพัดจากทะเลและมหาสมุทรเข้าหาแผ่นดินบนพื้นทวีป เนื่องจากลมมรสุมฤดูร้อนพัดผ่านความชุ่มชื้นของพื้นน้ำมาแล้วจะนำฝนมาสู่แผ่นดินที่พัดผ่านด้วย ลมมรสุมฤดูร้อนในประเทศไทยมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยพัดจากมหาสมุทรอินเดียผ่านอ่าวไทย เริ่มตั้งแต่วันที่กลางเดือนพฤษภาคม และสิ้นสุดในกลางเดือนตุลาคม ขณะพัดผ่านประเทศไทยได้หอบไอน้ำจากมหาสมุทรมาด้วยเป็นจำนวนมาก จึงทำให้มีฝนตกชุกในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 8.2

4.2.2 ลมมรสุมฤดูหนาว เป็นลมที่เกิดขึ้นเนื่องจากการที่อุณหภูมิของอากาศบนพื้นทวีปลดต่ำลงมากกว่าอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นผิวน้ำทะเลและมหาสมุทร ส่งผลให้พื้นทวีปมีความกดอากาศสูงกว่าความกดอากาศเหนือผิวน้ำทะเลและมหาสมุทร ทำให้เกิดลมพัดจากใจกลางทวีปไปสู่ที่ที่มีความกดอากาศต่ำกว่า คือ บริเวณทะเลและมหาสมุทร ซึ่งจะนำความหนาวเย็นและแห้งแล้งมาสู่ดินแดนต่าง ๆ ที่ลมพัดผ่าน ลมมรสุมฤดูหนาวในประเทศไทยมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยพัดจากประเทศจีนและไซบีเรียผ่านภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยลงมาจนถึงบริเวณอ่าวไทยตอนใต้ ทำให้อากาศมีความหนาวเย็น ตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ แสดงดังภาพที่ 6.6

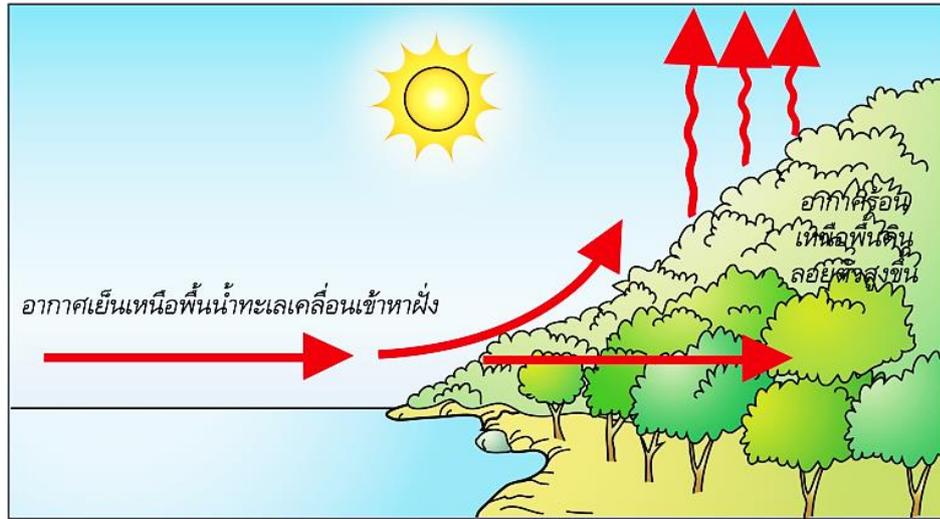


ภาพที่ 6.6 ทิศทางลมมรสุม
ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา, 2561 : online

4.3 ลมประจำถิ่น

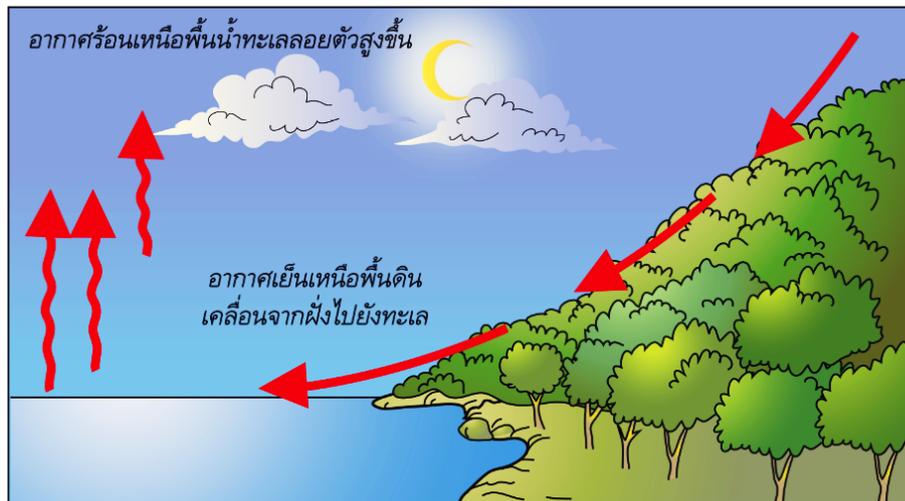
ลมประจำถิ่นเป็นลมที่พัดอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่งโดยเฉพาะ เกิดขึ้นในบริเวณแคบ ๆ สาเหตุการเกิดลมประจำถิ่น เนื่องมาจากความแตกต่างของความกดอากาศในบริเวณใกล้เคียงของภูมิภาคในท้องถิ่นนั้น เช่น ภูเขา หุบเขา ทะเล เป็นต้น ลมประจำถิ่นมีอิทธิพลอย่างมากต่อการทำให้เกิดลักษณะอากาศ ณ บริเวณนั้น ๆ เกิดการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ ยังมีอิทธิพลต่อพืชและสัตว์ในบริเวณนั้น ๆ ด้วย ลมประจำถิ่นมีหลายชนิด เช่น ลมบก ลมทะเล ลมภูเขา ลมหุบเขา ลมร้อนและลมหนาว เป็นต้น ตัวอย่างลมประจำถิ่นมีรายละเอียดดังนี้ (ปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2532 : 153 - 160; สมพงษ์ มະนะสุทธิ์, 2537 : 278 - 280 และปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2558 : 319 - 320)

4.3.1 ลมบกและลมทะเล เกิดขึ้นจากความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นดินและพื้นน้ำ จากการดูดซับความร้อนและคายความร้อนในช่วงเวลา 1 วัน พบแถวชายฝั่งทะเล ซึ่งในเวลากลางวันพื้นดินดูดซับความร้อนได้ดีกว่าพื้นน้ำ จึงทำให้อากาศที่อยู่เหนือพื้นดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศที่อยู่เหนือพื้นน้ำใกล้เคียง อากาศเหนือพื้นดินจึงลอยตัวสูงขึ้น ทำให้เกิดความกดอากาศต่ำเหนือพื้นดิน ส่วนอากาศเย็นที่อยู่เหนือพื้นน้ำจะเกิดเป็นเขตความกดอากาศสูง จึงทำให้เกิดลมพัดจากทะเลเข้าสู่ฝั่ง เรียกว่า “ลมทะเล (Sea breeze)” ตามปกติลมทะเลจะเริ่มพัดราวเวลา 11.00 หรือ 12.00 นาฬิกา จนถึงเวลาประมาณ 16.00 นาฬิกา ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้ผู้คนชอบไปพักผ่อนแถวชายทะเลในตอนช่วงฤดูร้อน เนื่องจากลมทะเลช่วยบรรเทาความร้อนให้แก่บริเวณที่อยู่ใกล้ชายฝั่งได้ แสดงดังภาพที่ 6.7



ภาพที่ 6.7 การเกิดลมทะเลในเวลากลางวัน
ที่มา : ทรุปลูกปัญญา, 2561 : online

ในเวลากลางคืนพื้นดินคายความร้อนได้เร็วกว่าพื้นน้ำ อากาศเหนือพื้นดินจึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นน้ำที่อยู่ใกล้เคียง ความกดอากาศสูงจึงเกิดขึ้นบริเวณเหนือพื้นดิน ทำให้เกิดลมพัดจากฝั่งออกสู่ทะเล เรียกว่า “ลมบก (Land breeze)” เป็นเวลานานหลายพันปีมาแล้วที่ชาวประมงอาศัยลมบกพัดเรือออกจากชายฝั่งในตอนเช้ามีด และอาศัยลมทะเลพัดเรือเข้าสู่ฝั่งในตอนบ่าย แสดงดังภาพที่ 6.8



ภาพที่ 6.8 การเกิดลมบกในเวลากลางคืน
ที่มา : ทรุปลูกปัญญา, 2561 : online

4.3.2 ลมภูเขาและลมหุบเขา มีลักษณะคล้าย ๆ กับลมบกลมทะเล ลมหุบเขา (Valley breeze) เกิดขึ้นในตอนกลางวัน บริเวณยอดเขาจะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้เกิดการลอยตัวสูงขึ้น อากาศจากหุบเขาเบื้องล่างซึ่งมีความกดอากาศสูงจึงเคลื่อนที่ขึ้นไปตามลาดเขา เรียกว่า ลมหุบเขา แสดงดังภาพที่ 6.9



ภาพที่ 6.9 การเกิดลมหุบเขาในเวลากลางวัน
ที่มา : Lenergyguru, 2561 : online

ลมภูเขา (Mountain breeze) เกิดขึ้นในตอนกลางคืน เมื่ออากาศใกล้พื้นดินเย็นลงด้วยการคายความร้อนออกมา อากาศเย็นจะเคลื่อนตัวลงมาเบื้องล่าง ทำให้มีลมพัดจากยอดเขาลงสู่หุบเขา เรียกว่า ลมภูเขา ส่วนมากมักเป็นลมหนาวเย็น และบางครั้งอาจมีหมอกหนาที่ไปด้วย แสดงดังภาพที่ 6.10



ภาพที่ 6.10 การเกิดลมภูเขาในเวลากลางคืน
ที่มา : Lenergyguru, 2561 : online

5. การวัดลม

ลมเป็นอากาศที่เคลื่อนที่ในแนวนอน ถ้าเป็นการเคลื่อนไหวของอากาศในแนวตั้ง เรียกว่า กระแสอากาศ ลมมีความสำคัญในการทำให้เกิดลมฟ้าอากาศ การวัดลมมี 2 อย่าง คือ วัดทิศทางของลม (Wind direction) และวัดความเร็วของลม (Wind velocity) (สมพงษ์ มະนะสุทธิ, 535 : 87 - 88; สมพงษ์ มະนะสุทธิ, 2537 : 241 - 245 และปานทิพย์ อัมพนานิช, 2558 : 305 - 308)

5.1 ทิศทางลม

เครื่องวัดทิศทางลม (Wind vane) ใช้วัดทิศทางของลม ซึ่งทำได้ง่ายและได้ผลแน่นอน ที่ใช้กันมากเป็นแบบศรลม ซึ่งมีลักษณะคล้ายลูกศร มีหางเป็นแผ่นตั้งใช้บังคับให้หัวศรหันไปตามทิศที่ลมพัดเข้าหาเสมอ นั่นคือ ลมพัดมาจากทิศใดหัวของศรจะหันชี้ไปทางทิศนั้น เช่น ลมที่พัดจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก เรียกว่า ลมฝ่ายตะวันออก (East wind) ลมที่พัดจากทิศเหนือไปยังทิศใต้ เรียกว่า ลมฝ่ายเหนือ (North wind) เป็นต้น

5.2 ความเร็วลม

อัตราความเร็วของลมวัดได้โดยใช้มาตรวัดลม (Anemometer) ซึ่งมีหลายแบบด้วยกัน สำหรับแบบที่ใช้ที่สถานีตรวจอากาศทั่วไปเป็นเครื่องวัดลมแบบลูกถ้วย (Cup anemometer) มีลักษณะเป็นลูกถ้วยกลมผ่าซีก 3 ใบ หรือ 4 ใบ ต่อแขนเข้ากับแกนกลางของเครื่อง เมื่อมีลมพัดมากระทบ ลูกถ้วยจะหมุนไปรอบ ๆ แกน ลมพัดแรงลูกถ้วยก็หมุนเร็ว ลมอ่อนลูกถ้วยก็หมุนช้า จำนวนรอบที่ลูกถ้วยหมุนไปในหนึ่งหน่วยเวลาจะแสดงความเร็วลม ความเร็วลมเป็นอัตราส่วนของระยะทางที่ลมเคลื่อนที่ไปบนพื้นโลกต่อหนึ่งหน่วยเวลา หน่วยความเร็วลม เช่น กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไมล์ต่อชั่วโมง นอต (Knot) เป็นต้น ซึ่ง 1 นอต = 1.85 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือเท่ากับ 1 ไมล์ทะเลต่อชั่วโมง

การวัดความเร็วลมมีมาตราวัดความเร็วลม ซึ่งกำหนดขึ้นโดยพลเรือเอก เซอร์ ฟรานซิส โบฟอร์ต (Admiral sir Francis Beaufort) ชาวอังกฤษเป็นผู้คิดขึ้นใช้เมื่อ พ.ศ. 2348 เรียกว่า “มาตราโบฟอร์ต (Beaufort scale)” เป็นการวัดลมโดยวิธีการกะประมาณโดยเทียบจากผลที่เกิดขึ้น แสดงดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 มาตรฐานแสดงกำลังลมของโบฟอร์ต (Be fort)

มาตราส่วนโบฟอร์ต	ชื่อลม	สิ่งที่สังเกตเห็น	อัตราความเร็วในระดับสูงจากพื้นดินขึ้นไป 20 ฟุต	
			ไมล์ทะเลต่อชั่วโมง	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
0	ลมสงบ	ควันไหลตรง	น้อยกว่า 1	น้อยกว่า 1.6
1	ลมอ่อน	ควันลอยตามลม ถูกลมไม่เคลื่อนไหว	1 - 3	1.6 - 4.8
2	ลมเบา	รู้สึกมีลมปะทะหน้า กิ่งไม้แกว่ง ถูกลมเคลื่อนไหว	4 - 7	6.4 - 11.3
3	ลมโชย	ใบไม้แกว่งสม่ำเสมอ ธงโบกสะบัด	8 - 12	12.0 - 19.3
4	ลมปานกลาง	ฝุ่นฟุ้ง กระจาดขปลิว กิ่งไม้เล็ก ๆ แกว่ง	13 - 18	20.9 - 29.0

ตารางที่ 6.1 มาตรฐานแสดงกำลังลมของโบฟอร์ต (Be fort) (ต่อ)

มาตราส่วน โบฟอร์ต	ชื่อลม	สิ่งที่สังเกตเห็น	อัตราความเร็วในระดับสูงจากพื้นดิน ขึ้นไป 20 ฟุต	
			ไมล์ทะเลต่อชั่วโมง	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
5	ลมกระโชก	ต้นไม้เล็ก ๆ เริ่มเคลื่อนไหว น้ำในสระมีคลื่น	19 - 24	30.6 - 38.6
6	ลมแรง	กิ่งไม้ใหญ่เคลื่อนไหว กางร่มยาก	25 - 31	40.2 - 49.9
7	พายุปานกลาง	ต้นไม้ทั้งต้นแกว่งไกว เดินทวนลมลำบาก	32 - 38	51.5 - 61.1
8	พายุกระโชก	กิ่งไม้เล็ก ๆ หัก	39 - 45	62.6 - 74.0
9	พายุแรง	บ้านเรือนเริ่มเสียหาย	47 - 54	75.6 - 106.9
10	พายุจัด	ต้นไม้หักโค่น สิ่งก่อสร้าง เสียหาย	55 - 63	100.5 - 101.4
11	พายุร้าย	นาน ๆ เกิดขึ้นครั้งหนึ่ง มีความเสียหายมาก	64 - 75	103.0 - 120.7
12	เฮอริเคน	เสียหายรุนแรงมาก	มากกว่า 75	มากกว่า 120.7

หมายเหตุ 1 นอต = 1 ไมล์ทะเลต่อชั่วโมง

1 ไมล์ทะเล = 1,052 เมตร

ที่มา : ปานทิพย์ อ้วนวานิช, 2558 : 307 - 308

น้ำค้าง เมฆ หมอก

1. น้ำค้าง (Dew)

ในเวลากลางคืน ชั้นบรรยากาศเหนือพื้นผิวโลกจะเย็นลงในทันทีทันใด เมื่อความเย็นลดจนถึงจุดน้ำค้าง ไอน้ำบางส่วนจะควบแน่นบนใบหญ้าหรือวัตถุที่อยู่ใกล้พื้นดินเกิดเป็นน้ำค้างขึ้น โดยปกติน้ำค้างจะเกิดขึ้นในวันที่ไม่ค่อยมีเมฆ ลมสงบและค่อนข้างเย็น ถ้าอากาศชื้นมากน้ำค้างอาจจะเกิดขึ้นเร็วในตอนเช้าตรู่และมีจำนวนมาก การที่ลมพัดหมุนวนนั้น จะทำให้อุณหภูมิลดลงไม่ถึงจุดน้ำค้าง ดังนั้น ลมจึงเป็นส่วนหนึ่งที่ป้องกันการเกิดน้ำค้าง การเกิดน้ำค้างในตอนเช้าแสดงว่าอากาศในวันนั้นคงที่และอากาศจะแจ่มใส (สมพงษ์ มະนะสุทธิ, 2535 : 61 - 62 และสมพงษ์ มະนะสุทธิ, 2537 : 176)

1.1 จุดน้ำค้าง (Dew point)

ค่าความชื้นทุก ๆ ค่าที่มีอยู่ในบรรยากาศจะต้องมีอุณหภูมิอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งไอน้ำในอากาศจะอิ่มตัว ณ อุณหภูมินี้ เรียกว่า อุณหภูมิของจุดน้ำค้าง (Dew point temperature) และเป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่อากาศสามารถเย็นลงได้ ณ ที่ความดันคงที่ ก่อนที่จะเริ่มต้นมีการควบแน่นที่อุณหภูมินี้ ความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่า 100% ถ้าเย็นลงมากกว่านี้จะทำให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำบางส่วน

จุดน้ำค้างนั้นเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในมวลอันหนึ่งของอากาศ โดยการเปรียบเทียบระหว่างความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิน้ำค้างกับความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิของอากาศอิสระ

1.2 น้ำค้างแข็ง (Frost)

ถ้าอุณหภูมิของจุดน้ำค้างต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง จะเกิดน้ำค้างแข็งบนวัตถุเหนือผิว โลก น้ำค้างแข็งไม่ใช่ น้ำค้างที่แข็งตัว เมื่อความชื้นในอากาศควบแน่นจะเปลี่ยนจากสภาพไอกลายเป็นสภาพของแข็งโดยตรง ซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ดขาวของเกล็ดน้ำแข็ง มักเกิดในบริเวณพื้นที่ต่ำและอากาศแจ่มใส เนื่องจากอากาศที่เย็นและหนักจะสะสมอยู่และไม่ค่อยได้เคลื่อนไหว

2. เมฆ (cloud)

เมฆ คือ ไอน้ำหรือละอองน้ำเล็ก ๆ ที่รวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนลอยอยู่ในอากาศ อาจมีสภาพเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ หรือเป็นเม็ดน้ำแข็งเล็ก ๆ (Ice particle) ละอองน้ำเล็ก ๆ นี้มีขนาดโตเฉลี่ย 1 ใน 1,000 นิ้ว (นำพวลัย กิจรัชกุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 123) เมฆมีลักษณะแตกต่างกัน การจำแนกชนิดของเมฆมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การจำแนกชนิดของเมฆตามลักษณะรูปร่าง

ลักษณะและชนิดของเมฆมีมากมายหลายชนิดแตกต่างกัน ถ้าพิจารณาถึงลักษณะรูปร่างสามารถแบ่งเมฆออกเป็น 2 ประเภท คือ เมฆแผ่น (Stratiform) และเมฆก้อน (Cumuliform) (ปานทิพย์ อัมพนวนิช, 2558 : 334 - 335)

2.1.1 เมฆแผ่น มาจากภาษาละตินว่า “สเตรตัส (Stratus)” ซึ่งมีความหมายว่าแผ่ออกเป็นชั้น เป็นแผ่น นั่นคือ เมฆที่แผ่ปกคลุมท้องฟ้าเป็นบริเวณกว้างมีลักษณะแผ่ออกเป็นแผ่นตามแนวอนคล้าย ๆ ผ้าห่ม เมฆแผ่นเกิดจากการที่ชั้นอากาศถูกบังคับให้ลอยตัวสูงขึ้นอย่างช้า ๆ โดยอยู่เหนือชั้นอากาศที่มีสภาวะคงที่และมีความหนาแน่นมากกว่า ในขณะที่ชั้นอากาศลอยตัวสูงขึ้น อุณหภูมิของชั้นอากาศจะลดต่ำลง จนเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำก่อตัวเป็นเมฆ การกลั่นตัวจะเกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้าง เมฆแผ่นจะทำให้เกิดฝนตกหรือหิมะตกเป็นบริเวณกว้าง

2.1.2 เมฆก้อน คำว่า “คิวมูลัส (Cumulus)” หมายความว่า “พอกพูน สะสมกัน” เมฆก้อนเป็นเมฆที่ก่อตัวในแนวตั้ง มีลักษณะเป็นก้อน เมฆก้อนเกิดจากมวลอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมวลอากาศร้อนมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศโดยรอบ มวลอากาศร้อนที่ลอยขึ้นไปจะลดอุณหภูมิต่ำลงจนเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำก่อตัวเป็นก้อนเมฆ ฝนที่เกิดจากเมฆก้อนจะตกอยู่ภายในบริเวณแคบ ๆ

2.2 การจำแนกชนิดของเมฆตามลักษณะรูปร่างและความสูง

ถ้าพิจารณาทั้งลักษณะรูปร่างและความสูงประกอบกัน จะสามารถแบ่งเมฆออกได้เป็น 4 ประเภท คือ เมฆชั้นสูง (High clouds) เมฆชั้นกลาง (Middle clouds) เมฆชั้นต่ำ (Low cloud) และเมฆต่ำก่อตัวในแนวตั้ง (Clouds with Vertical Development) ดังนี้ (สมพงษ์ มະนะสุทธิ, 2537 : 179 - 186 และปานทิพย์ อัมพนวนิช, 2558 : 346 - 348)

2.2.1 เมฆชั้นสูง เป็นเมฆที่อยู่ในระดับความสูงจากพื้นโลกตั้งแต่ 20,000-40,000 ฟุต หรือ 6-12 กิโลเมตร เมฆชั้นสูงเป็นเมฆฝอย ที่ประกอบด้วยผลึกน้ำแข็งเล็กละเอียด เมฆสูงจะมีคำว่า เซอร์รัส (Cirro) นำหน้า แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

2.2.1.1 เมฆเซอร์รัส (Cirrus) ใช้อักษรตัวย่อ คือ Ci คำว่า “เซอร์รัส” แปลว่า “ม้วน (Curl)” เมฆเซอร์รัสเป็นเมฆสีขาว มีลักษณะเป็นเส้น ๆ ต่อเนื่องกัน ค่อนข้างโปร่งแสง

เกิดขึ้นเป็นหย่อม ๆ หรือเป็นแถบ บางครั้งแลดูคล้ายขนนกหรือเส้มน้ำ ถ้ามีเมฆชนิดนี้อยู่กระจายกระจายจากกันแสดงว่า อากาศจะแจ่มใส แต่ถ้าก่อตัวหนามากขึ้น ในไม่ช้าจะเกิดพายุ เป็นเมฆที่อยู่สูงที่สุดของเมฆทั้งหมด

2.2.1.2 เมฆเซอร์สเตรตัส (Cirrostratus) ใช้อักษรตัวย่อ คือ Cs เมฆนี้มีลักษณะเป็นเมฆแผ่นสีขาวบางมาก เหมือนกับเป็นฝ้าบาง ๆ ราบเรียบสม่ำเสมอ ในบางครั้งอาจแผ่ปกคลุมเต็มท้องฟ้า และมักจะทำให้เกิดปรากฏการณ์วงแสง (Halo) รอบดวงอาทิตย์ หรือดวงจันทร์ได้

2.2.1.3 เมฆเซอร์คิวมูลัส (Cirrocumulus) ใช้อักษรตัวย่อ คือ Cc เมฆนี้มีลักษณะเป็นเมฆก้อนกลมเล็ก ๆ คล้ายระลอกคลื่นเล็ก ๆ เรียงติดต่อกันเป็นพืดหรืออยู่รวมกันเป็นกลุ่ม

2.2.2 เมฆชั้นกลาง เป็นเมฆที่เกิดในระดับสูงประมาณ 6,500-20,000 ฟุต หรือ 2-6 กิโลเมตร เมฆชั้นกลางจะมีคำว่า อัลโต (Alto) นำหน้า แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.2.2.1 เมฆอัลโตสเตรตัส (Altostratus) ใช้อักษรตัวย่อ คือ As เป็นเมฆแผ่นที่หนาที่มากกว่าเมฆเซอร์สเตรตัส มักจะแผ่ปกคลุมท้องฟ้าเป็นบริเวณกว้าง มีสีเทาหรือสีน้ำเงินอ่อน เมื่อดวงอาทิตย์ส่องแสงผ่านเมฆชนิดนี้ จะมีลักษณะคล้ายกับดวงไฟที่ส่องผ่านฝ้าขาวออกมา เมื่อมีเมฆชนิดนี้ปรากฏ แสดงว่า อากาศจะไม่ดี อากาศครึ้มฟ้าครึ้มฝน

2.2.2.2 เมฆอัลโตคิวมูลัส (Alto cumulus) ใช้อักษรตัวย่อ คือ Ac เป็นเมฆก้อนมีลักษณะเป็นคลื่นหรือเป็นลอนเรียงใกล้ชิดกัน เป็นก้อนใหญ่กว่าเมฆเซอร์คิวมูลัส มีสีขาวหรือสีเทาหรือทั้งสีขาวและสีเทาปนกัน เมื่อเกิดเมฆอัลโตคิวมูลัส แสดงว่า สภาพอากาศจะดีขึ้น

2.2.3 เมฆชั้นต่ำ เป็นเมฆที่เกิดในระดับสูงจากพื้นดินประมาณ 6,500 ฟุต หรือ 2 กิโลเมตร เมฆชั้นต่ำจะมีคำว่า สเตรโต (Strato) นำหน้า แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

2.2.3.1 เมฆสเตรตัส (Stratus) ใช้อักษรตัวย่อ คือ St มีลักษณะเป็นแผ่นหนาที่สีเทาลอยอยู่ในระดับต่ำเป็นพืดต่อเนื่องกันในท้องฟ้า คล้ายกับหมอก บางครั้งเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ทำให้ท้องฟ้ามีลักษณะเป็นฝ้า เมฆนี้มักเป็นหมอกที่ลอยสูงขึ้นไปจากพื้นดิน ถ้ามีเมฆสเตรตัสมักทำให้เกิดฝนละออง (Drizzle)

2.2.3.2 เมฆนิมโบสเตรตัส (Nimbostratus) ใช้อักษรตัวย่อ คือ Ns คำว่า “นิมโบ (Nimbo)” มาจากภาษาละตินว่า “นิมบัส (Nimbus)” มีความหมายว่า “พายุฝน” เมฆชนิดนี้มีลักษณะเป็นแผ่นหนาที่แผ่ไปทั่วท้องฟ้า ทำให้ท้องฟ้ามีดครึ้ม มีสีเทาแต่ส่วนมากมักค่อนข้างเป็นสีดำ ในท้องฟ้าที่มีเมฆชนิดนี้เกิดขึ้นมักจะมีฝนหรือหิมะตกต่อเนื่องกัน

2.2.3.3 สเตรโตคิวมูลัส (Stratocumulus) ใช้อักษรตัวย่อ คือ Sc เป็นเมฆชั้นต่ำอีกชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นก้อนกลมเล็ก ๆ หรือเป็นลอนที่เชื่อมติดต่อกันเป็นแนวยาว มีสีเทาหรือบางส่วนเป็นสีดำ โดยมากมักเกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้าง โดยปกติเมฆชนิดนี้เกิดขึ้นในขณะที่ท้องฟ้าแจ่มใส แต่บางครั้งอาจจะทำให้มีฝนหรือหิมะเกิดขึ้นได้

2.2.4 เมฆต่ำก่อตัวในแนวตั้ง เกิดโดยอากาศไหลขึ้นในแนวตั้ง ทำให้มีลักษณะเป็นเมฆก้อนรูปร่างคล้ายโดม หอคอยหรือภูเขา ฐานสูงจากพื้นดินประมาณตั้งแต่ 1,500 ฟุต - 40,000 ฟุต หรือ 460 เมตร - 12,200 เมตร จะมีคำว่า “คิวมูลัส (Cumulus)” ผสมอยู่ด้วย แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.2.4.1 เมฆคิวมูลัส (Cumulus) ใช้อักษรตัวย่อ คือ Cu เป็นเมฆก้อนสีขาวคล้ายปุยฝ้ายฐานเรียบแต่ยอดของเมฆมีลักษณะเป็นรูปโดม หรือดอกกะหล่ำ เกิดขึ้นเป็นหย่อม ๆ

การจัดกระจายไม่ต่อเนื่องกัน ด้านที่แสงอาทิตย์ผ่านทะลุได้จะมีสีขาวสดใส ส่วนด้านที่ไม่ได้รับแสงอาทิตย์ หรือฐานเมฆจะมีสีเทาหรือสีดำ ถ้าเป็นเมฆคิวมูโลสก็อ่อนเล็ก ๆ อยู่เป็นหย่อม ๆ การจัดกระจายไม่ต่อเนื่องกัน เมฆคิวมูโลสจะแสดงถึง ภาวะอากาศดี ท้องฟ้าแจ่มใส ถ้าก้อนมีขนาดใหญ่ขึ้นอาจมีฝนตกได้

2.2.4.2 เมฆคิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus) ใช้อักษรตัวย่อ คือ Cb เป็นเมฆคิวมูโลสที่ก่อตัวขึ้นมีขนาดใหญ่และหนาทึบ มีรูปร่างคล้ายภูเขาหรือเป็นทรงหอคอยขนาดใหญ่ เป็นเมฆที่แสดงถึงสภาวะอากาศไม่ดี เป็นเมฆที่ก่อให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง (Thunderstorm) ฝนจะตกหนัก มีปรากฏการณ์ของฟ้าแลบ ฟ้าร้อง และลมกระโชกพัดแรงเป็นพัก ๆ ฐานของเมฆสูงจากพื้นดินประมาณ 1,600 ฟุต หรือ 500 เมตร ขึ้นไปจนถึงระดับความสูงประมาณ 30,000-40,000 ฟุต หรือ 9-12 กิโลเมตร เมื่อก่อตัวเต็มที่ ยอดเมฆจะแผ่ตัวแบนออกจนมีลักษณะคล้ายรูปทั่ง เมื่อดูระยะไกลยอดของเมฆจะมีสีขาว ฐานของเมฆจะมีสีดำทึบ ท้องฟ้าจะมีดครึ้มคล้ายกับเวลากลางคืน

3. หมอก (Fog)

หมอก หมายถึง ละอองน้ำเล็ก ๆ เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำที่ลอยอยู่ในอากาศใกล้พื้นดินหรือติดกับพื้นดิน (นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 120) หมอกเกิดขึ้นเมื่ออากาศชื้นใกล้ดินมีอุณหภูมิต่ำลงถึงจุดน้ำแข็ง ไอน้ำในอากาศจึงเกิดการกลั่นตัวเป็นหมอก หมอกแตกต่างจากเมฆเพียงประการเดียว คือ หมอกเกิดขึ้นที่พื้นดิน หรือใกล้พื้นดิน ส่วนเมฆนั้นเกิดขึ้นในระดับสูงจากพื้นดินขึ้นไป หมอกสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะการเกิดได้ดังนี้ (นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 120 - 121 และปานทิพย์ อัครวานิช, 2558 : 349 - 350)

3.1 หมอกพื้นดิน (Radiation fog หรือ Ground fog)

หมอกพื้นดินเป็นหมอกที่เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีความร้อน มักเกิดเหนือพื้นดินในเขตอากาศอบอุ่น ในเวลากลางคืนที่อากาศแจ่มใส พื้นดินคายความร้อนทำให้อุณหภูมิของอากาศบริเวณใกล้พื้นดินเย็นลงกว่าอากาศที่อยู่ในระดับสูงขึ้นไป อากาศเหนือดินมีความชื้นและลมสงบไอน้ำในอากาศเกิดการกลั่นตัวเป็นละอองน้ำ เป็นหมอกที่อยู่สูงจากพื้นดิน 2-3 ฟุต และค่อย ๆ สูงขึ้น หรือเกิดตอนเช้าก่อนดวงอาทิตย์ขึ้น

3.2 หมอกแอดเวกชัน (Advection fog)

หมอกแอดเวกชันเป็นหมอกที่เกิดจากมวลอากาศอุ่นและชื้นเคลื่อนตัวทางแนวระดับไปบนผิวพื้นที่เย็นจัด มวลอากาศอุ่นและชื้นนั้นเย็นลงเท่ากับอุณหภูมิจุดน้ำค้าง จะเกิดการกลั่นตัวเป็นหมอก มักพบเห็นเสมอ ๆ ในทะเล เรียกว่า หมอกทะเล (Sea fog) ถ้าเป็นหมอกบาง ๆ เมื่อได้รับแสงอาทิตย์ตอนเช้าจะหายไปอย่างรวดเร็ว และบางที่อาจเกิดขึ้นใหม่ในเวลากลางวัน ตอนหัวค่ำก็ได้ และบางที่หมอกนี้อาจจะปกคลุมบริเวณใดบริเวณหนึ่งตลอดทั้งวันก็มี

3.3 หมอกบริเวณลาดเขา (Upslope fog)

หมอกบริเวณลาดเขาเป็นหมอกที่เกิดจากมวลอากาศเคลื่อนตัวขึ้นตามลาดเขาและอุณหภูมิจุดน้ำค้างของมวลอากาศจะลดลงเท่ากับอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ไอน้ำในมวลอากาศจะเกิดการกลั่นตัวเป็นหมอกบริเวณลาดเขา

3.4 หมอกที่เกิดจากการระเหย (Evaporation fog)

หมอกที่เกิดจากการระเหยเป็นหมอกที่เกิดจากอากาศที่อุ่นและชื้น เกิดการกลายเป็นไอเพิ่มความชื้นให้กับอากาศ ทำให้อากาศมีไอน้ำมากและไอน้ำอิ่มตัวจนเกิดการกลั่นเป็นละอองน้ำและเป็นหมอก ได้แก่ หมอกฝน (Rain fog) หมอกแนวปะทะอากาศ (Frontal fog) หมอกไอ (Steam fog) ซึ่งถ้าเกิดเหนือพื้นน้ำที่อุ่นบริเวณมหาสมุทรอาร์กติก เรียกว่า ควีนทะเล (Sea smoke) หมอกชนิดนี้อาจยกตัวขึ้นระดับสูงถึง 5,000 ฟุต

นอกจากนี้ หมอกตามปกติแล้วยังพบหมอกปนควัน (Smog) ซึ่งมาจากคำ 2 คำ รวมกันคือ “Smoke” และ “Fog” เป็นปรากฏการณ์ของการเกิดหมอกโดยมีควันเจือปนอยู่จำนวนมาก มักเกิดในบริเวณเมืองอุตสาหกรรมที่มีประชากรอยู่หนาแน่น เมื่อหายใจเข้าไปจะรู้สึกอึดอัดไม่สบาย และเป็นอันตรายแก่ร่างกาย

หยาดน้ำฟ้า (Precipitation)

หยาดน้ำฟ้าเป็นชื่อเรียกรวมของหยดน้ำและน้ำแข็ง ที่เกิดการควบแน่นของไอน้ำแล้วตกลงมาสู่พื้น หยาดน้ำฟ้าแตกต่างจากหยดน้ำหรือละอองน้ำในก้อนเมฆ (Cloud droplets) หยาดน้ำฟ้าเกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศ ที่เกาะรวมตัวอยู่ภายในก้อนเมฆจนกระทั่งหยดน้ำเหล่านี้มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก อากาศไม่สามารถอุ้มไว้ได้จึงตกลงมายังพื้นดิน ในรูปลักษณะของหยาดน้ำฟ้า ซึ่งแตกต่างกันไปตามวิธีการเกิดและอุณหภูมิในระหว่างการเกิด หยาดน้ำฟ้าที่สำคัญ เช่น ฝน ลูกเห็บ หิมะ ฝนน้ำแข็ง เป็นต้น

1. ฝน

ฝนเป็นหยาดน้ำฟ้าชนิดหนึ่งที่ตกจากเมฆลงสู่พื้นดินในลักษณะของเหลว เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศเป็นละอองน้ำ หยดน้ำ จนรวมตัวกันมีขนาดใหญ่ไม่สามารถลอยอยู่ในอากาศได้จึงตกลงสู่พื้นผิวโลก (นำพวัลย์ กิจรัชกุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 128) เม็ดน้ำฝนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 0.5 มิลลิเมตร หรือ 0.02 นิ้วขึ้นไป บางทีเม็ดฝนอาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ถึง 7 มิลลิเมตร หรือ 0.25 นิ้ว เมื่อมวลอากาศลดอุณหภูมิต่ำลงถึงจุดน้ำค้างอย่างช้า ๆ จึงทำให้เม็ดฝนมีขนาดเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.02 นิ้ว หรือน้อยกว่า เมื่อตกลงเบื้องล่างจึงคล้ายกับเป็นละอองฝน ฝนชนิดนี้จึงมีชื่อเรียกว่า ฝนละออง (ปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2558 : 350) ชนิดของฝนมีดังนี้ (นำพวัลย์ กิจรัชกุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 128 - 129)

1.1 ฝนปะทะภูเขาหรือฝนภูเขา (Orographic rain หรือ Relief rain)

เกิดจากมวลอากาศที่พัดมาจากบริเวณพื้นน้ำที่มีความชื้นเข้าสู่แผ่นดิน เมื่อมาปะทะภูเขาจะลอยตัวขึ้นตามลาดเขา อุณหภูมิของมวลอากาศลดลงจนไอน้ำในมวลอากาศเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ฝนบริเวณด้านหน้าภูเขา เรียกว่า ด้านต้นลม (Windward side) เมื่อมวลอากาศลอยผ่านยอดเขา จะเคลื่อนลงตามลาดเขาบริเวณด้านหลังภูเขา เรียกว่า ด้านปลายลม (Leeward side) มวลอากาศร้อนและความชื้นน้อย เรียกว่า พื้นที่อับฝนหรือเขตเงาฝน (Rain shadow)

1.2 ฝนพาความร้อน (Convective rain)

เกิดจากมวลอากาศร้อนและชื้นลอยตัวสูงขึ้น อุณหภูมิของมวลอากาศลดลงจนเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและฝน ฝนตกเป็นบริเวณไม่กว้างและตกในช่วงเวลาสั้น ๆ

1.3 ฝนแนวปะทะอากาศ (Frontal rain) มวลอากาศร้อนและมวลอากาศเย็นเคลื่อนมาปะทะกัน มวลอากาศเย็นจะดันมวลอากาศร้อนให้ลอยสูงขึ้น ไอน้ำในอากาศจะเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและฝน โดยฝนจะตกสม่ำเสมอ

1.4 ฝนพายุหมุน (Cyclonic rain)

เกิดจากการยกตัวของมวลอากาศที่พัดเวียนเข้าสู่ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำบริเวณเหนือพื้นน้ำ ทำให้เกิดเป็นฝนที่ตกหนักเป็นบริเวณกว้างอาจตกติดต่อกันเป็นเวลานาน 2-3 วันตามเส้นทางที่พายุเคลื่อนผ่าน

2. ลูกเห็บ

ลูกเห็บ เป็นหยาดน้ำฝนที่พบน้อยกว่าหยาดน้ำฟ้า 3 ชนิด ดังกล่าวข้างต้น ส่วนมากจะเกิดในฤดูร้อนและเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดเฉพาะเมฆคิวมูโลนิมบัส ลูกเห็บจะเป็นก้อนน้ำแข็งค่อนข้างกลมและแข็งมาก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป ลูกเห็บเกิดขึ้นเนื่องจากภายในเมฆคิวมูโลนิมบัส มีกระแสอากาศร้อนและชื้น ไหลขึ้นสู่เบื้องบนอย่างรวดเร็ว เมื่อเม็ดฝนในเมฆถูกกระแสอากาศหอบขึ้นไปถึงบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ทำให้เม็ดฝนกลายเป็นผลึกน้ำแข็งและโตขึ้นเรื่อย ๆ โดยมีละอองน้ำในเมฆเกาะพอกผลึกน้ำแข็งให้โตขึ้นและมีน้ำหนักมากขึ้น เมื่อสามารถเอาชนะกระแสอากาศที่ไหลขึ้นได้จะตกลงมาในขณะที่ตกลงมาผลึกน้ำแข็งบางก้อนอาจจะถูกกระแสอากาศเบื้องล่างที่ไหลขึ้นอย่างแรงพัดกลับขึ้นไปอีกรอบเวียนกันอยู่เช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งกลายเป็นก้อนน้ำแข็งขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากจนกระแสอากาศเบื้องล่างไม่อาจต้านทานไว้ได้จะตกลงมายังพื้นดิน เรียกว่า ลูกเห็บ (สมพงษ์ มະนะสุทธิ์, 2537 : 211 - 213 และ ปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2558 : 352 - 253)

ในประเทศไทย ลูกเห็บมักจะเกิดติดตามมาพร้อมกับพายุฤดูร้อนระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึง เดือนพฤษภาคม ส่วนมากมักจะเกิดมีขึ้นในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อาจพบที่ภาคกลางบ้างแต่ไม่บ่อยครั้งนัก เนื่องจากในฤดูร้อนพื้นแผ่นดินร้อนจัด อากาศเหนือพื้นดินจะร้อนและไหลขึ้นเบื้องบนอย่างแรง เกิดเป็นเมฆคิวมูลัส และคิวมูโลนิมบัสขนาดใหญ่ขึ้นจนกลายเป็นพายุหากพายุที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงมาก ในขณะที่พายุเคลื่อนที่เข้ามาอาจจะมียูกเห็บตกลงมาด้วย ลูกเห็บที่ตกในประเทศไทยส่วนมากมีขนาดย่อมประมาณเท่าเม็ดมะขามหรือลูกมะยม ต่างกับลูกเห็บที่เกิดในประเทศหนาว ซึ่งมักมีขนาดใหญ่มาก เพราะลูกเห็บที่ตกผ่านอากาศร้อนลงมาบางส่วนของลูกเห็บจะละลายกลายเป็นไอจึงทำให้ขนาดที่เหลืออยู่เล็กลง

3. หิมะ

หิมะเป็นหยาดน้ำฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งเกิดในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว หิมะเกิดจากละอองน้ำเล็กละเอียดในเมฆ ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส เปลี่ยนภาวะกลายเป็นผลึกน้ำแข็งในทันทีทันใด ในขณะที่ผลึกน้ำแข็งล่องลอยไปในอากาศที่ไหลขึ้นลงภายในก้อนเมฆ ผลึกน้ำแข็งจะมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากขึ้น เมื่อกระแสอากาศที่ไหลขึ้นไม่อาจต้านทานน้ำหนักของผลึกน้ำแข็งได้ผลึกน้ำแข็งเหล่านี้จะตกลงจากก้อนเมฆอย่างรวดเร็วในลักษณะของหิมะ เนื่องจากหิมะตกผ่านชั้นอากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งลงมา จึงทำให้หิมะตกลงมาถึงพื้นดินในลักษณะเป็นของแข็งอยู่

หิมะเป็นผลึกน้ำแข็งที่มีลักษณะสวยงาม เมื่อส่องดูด้วยแว่นขยายจะเห็นผลึกน้ำแข็งเหล่านี้ ส่วนมากมีลักษณะเป็นรูป 6 เหลี่ยมแบบต่าง ๆ กัน (ปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2558 : 351)

4. พายุ (storm)

พายุเริ่มก่อตัวและมีกำลังแรงขึ้นจากหย่อมความกดอากาศต่ำที่พัดเวียนเข้าสู่ศูนย์กลาง ความกดอากาศต่ำ ในซีกโลกเหนือลมจะพัดเข้าหาศูนย์กลางในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา ส่วนซีกโลกใต้ลมจะพัดเข้าหาศูนย์กลางในลักษณะตามเข็มนาฬิกา สำหรับบริเวณศูนย์กลางลมมีความเร็วที่สุดและพัดเกือบเป็นวงกลม เรียกว่า ตาพายุ (Eye of storm หรือ Central eye) ภายในตาพายุลมค่อนข้างสงบหรือลมอ่อนอากาศโปร่งมองเห็นท้องฟ้าได้ (นำพวลัย กิจจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 129)

4.1 พายุฟ้าคะนอง (Thunderstorm)

พายุฝนฟ้าคะนองเกิดขึ้นเมื่อมีการก่อตัวและพัฒนาการของเมฆฝนฟ้าคะนอง หรือเมฆคิวมูโลนิมบัส ซึ่งเป็นเมฆที่เกิดจากกระบวนการที่อากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้นไปในบรรยากาศ พายุฝนฟ้าคะนองที่สำคัญที่สุด เกิดจากความไม่เสถียรภาพของอากาศ กล่าวคือ เมื่อพื้นดินได้รับความร้อนสูงมาก ทำให้ความไม่เสถียรภาพของอากาศเพิ่มมากขึ้น และทำให้ความสามารถในการรับความชื้นมากด้วย จึงส่งผลให้ความปั่นป่วนของอากาศมีมากตามไปด้วย

4.1.1 การเกิดพายุฟ้าคะนอง การเกิดพายุฝนฟ้าคะนองเป็นขบวนการที่ต่อเนื่องกัน และสามารถแบ่งระยะการเกิดออกได้เป็น 3 ระยะ คือ (สงกรานต์ อักษร, 2552 : 232 - 233; ดวงเดือน พินสุวรรณ, 2555 : 14-71 - 14-73 และปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2558 : 372 - 273)

1) ระยะก่อตัวเป็นเมฆคิวมูลัส (Cumulus stage) ถ้าบริเวณใดบริเวณหนึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณข้างเคียง อากาศที่ปกคลุมอยู่เหนือบริเวณนั้น จะร้อนจัดและลอยตัวสูงขึ้นในแนวตั้งอย่างรวดเร็ว อัตราความเร็วของลมประมาณ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 40 ไมล์ต่อชั่วโมง เมื่ออากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้นอุณหภูมิของอากาศจะลดต่ำลงและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ก่อตัวเป็นเมฆคิวมูลัสสูงอยู่ในระดับประมาณ 25,000-30,000 ฟุต พายุฝนฟ้าคะนองจะเริ่มเกิดขึ้นจากเมฆคิวมูลัส แต่มีเชื่อว่าเมฆคิวมูลัสทั้งหมดจะทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง พายุฝนฟ้าคะนองจะเกิดจากเมฆคิวมูลัสที่มีความชื้นสูง อุณหภูมิในก้อนเมฆสูงกว่าอากาศรอบด้าน และมีลมพัดขึ้นในก้อนเมฆอย่างรวดเร็ว ถ้าอากาศโดยรอบมีสภาวะไม่เสถียรภาพ เมฆชนิดนี้จะเติบโตขยายตัวในแนวตั้งสูงขึ้น หากยอดเมฆสูงถึงตอนบนของชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ หรือในระดับสูงประมาณ 10-15 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก เมฆนี้จะมีขนาดใหญ่ครอบคลุมพื้นที่หลายตารางกิโลเมตร ในขั้นตอนนี้จะไม่มีฝนตกแต่อย่างใด

2) ระยะเจริญเติบโตเต็มที่ (Mature stage) เป็นระยะที่ ก้อนเมฆเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ ก่อตัวขึ้นไปถึงระดับประมาณ 12 กิโลเมตร หรือ 40,000 ฟุต หรือถึงบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ ระยะนี้เป็นระยะที่มีพายุรุนแรงมากที่สุด ในระยะนี้มีการผันผวนของอากาศภายในก้อนเมฆมาก อากาศยกตัวสูงขึ้นติดต่อกันอย่างรวดเร็ว หยาดน้ำฟ้าที่ปรากฏในก้อนเมฆในระดับต่ำจะเป็นเม็ดฝน ระดับกลางจะเป็นฝนผสมกับหิมะ และระดับสูงจะเป็นหิมะ การตกของฝนในก้อนเมฆอย่างรวดเร็วทำให้เกิดการเสียดสีกับอากาศที่ยกตัวสูงขึ้น และดึงให้มีลมพัดลงมาอย่างรวดเร็ว เรียกว่า ลมสควอลล์ ดังนั้น ก้อนฝนตกจะมีลมพัดแรงมาก่อน ลมสควอลล์บางที่ก็แรงมากพอที่จะโค่นต้นไม้ และก่อให้เกิดความเสียหายแก่ตึกกรามบ้านช่องได้ หลังจากนั้นฝนจะตกหนักมากและแผ่บริเวณกว้าง นอกจากนั้น จะเกิดมีฟ้าแลบและฟ้าร้องด้วย

3) ระยะสลายตัว (Dissipating stage) เป็นระยะแห่งการสลายตัวของพายุฝนฟ้าคะนอง เป็นระยะที่อากาศไหลลงทั่วทั้งก้อนเมฆ เพราะไม่มีมีความชื้นของอากาศที่จะหอบขึ้นไปอีก จึงไม่เกิดการกลั่นตัว ขาดความร้อนแฝง และพลังงานที่จะทำให้อากาศเคลื่อนที่ในแนวตั้ง เมฆเริ่มแผ่ขยายออกไปปกคลุมท้องฟ้าอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน เมฆจะเปลี่ยนรูปร่างจากเมฆคิวมูลโลนิมบัส กลายเป็นเมฆแผ่น เช่น อัลโตสเตรตัส เซอโรสเตรตัส เป็นต้น ฝนจะตกเบา ๆ และหายไปในที่สุด

4.2 ฟ้าแลบ ฟ้าร้อง และฟ้าผ่า

เมฆฝนฟ้าคะนองบางครั้งมีฟ้าผ่าเกิดขึ้นด้วย ฟ้าแลบเกิดจากการถ่ายประจุไฟฟ้าที่ต่างขั้วกันภายในเมฆฝนฟ้าคะนอง ฟ้าผ่าอาจเกิดขึ้นภายในเมฆก้อนใดก้อนหนึ่ง หรือจากเมฆก้อนหนึ่งไปสู่เมฆอีกก้อนหนึ่ง หรือจากเมฆไปสู่อากาศที่อยู่รอบ ๆ เมื่อการถ่ายประจุไฟฟ้าที่ต่างขั้วกันจากเมฆลงสู่พื้นโลก จะเกิดเป็นฟ้าผ่า ซึ่งส่วนใหญ่แล้วฟ้าผ่ามักเกิดขึ้นภายในเมฆก้อนใดก้อนหนึ่งมีเพียงประมาณร้อยละ 20 เป็นฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นระหว่างเมฆ หรือจากเมฆสู่พื้นโลก ฟ้าผ่าสามารถทำให้อากาศที่ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านมีความร้อนสูงถึง 30,000 องศาเซลเซียส หรือร้อนสูงกว่าอุณหภูมิผิวดวงอาทิตย์ถึง 5 เท่า ความร้อนที่สูงมากนี้ทำให้อากาศขยายตัวอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นคลื่นที่แปลงสภาพเป็นคลื่นเสียง เรียกว่า ฟ้าร้อง (Thunder) และจากการที่ความเร็วของแสงที่เกิดจากฟ้าผ่า และความเร็วของเสียงที่ได้ยินจากฟ้าร้องมีความแตกต่างกันมาก ทำให้สามารถคำนวณระยะทางที่เกิดฟ้าผ่าได้ ในบางกรณีจะสังเกตเห็นฟ้าผ่า แต่ไม่ได้ยินฟ้าร้อง ทั้งนี้เนื่องจากบรรยากาศ ซึ่งเป็นตัวกลางได้หักเหและรบกวนคุณภาพของคลื่นเสียงไป (สงกรานต์ อักษร, 2552 : 235)

4.3 พายุหมุนเขตร้อน (Tropical cyclone)

พายุหมุนเขตร้อนเป็นพายุหมุนที่เกิดบริเวณน่านน้ำเขตร้อนแถบละติจูดต่ำ (นำพวลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 129) เส้นผ่าศูนย์กลางของพายุหมุนประมาณ 150-500 กิโลเมตร หรือ 100-300 ไมล์ กำลังความเร็วของลมตั้งแต่ 120-200 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 75-125 ไมล์ต่อชั่วโมง หรือสูงกว่า ลักษณะที่เด่นอย่างหนึ่งของพายุหมุนเขตร้อน คือ บริเวณตรงกลางของพายุ ซึ่งเรียกว่า ตาพายุ อาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 40 ไมล์ บริเวณตาพายุเป็นเขตลมสงบ มีลดพัดอ่อน กำลังแรงของลมไม่มากกว่า 15 ไมล์ต่อชั่วโมง บริเวณตาพายุนี้จะไม่มีการก่อตัวของเมฆ และปราศจากฝน (ปานทิพย์ อ้วนวานิช, 2558 : 383)

พายุหมุนเขตร้อน คือ พายุหมุนที่เกิดในภูมิภาคเขตร้อน องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกได้จำแนกพายุหมุนเขตร้อนออกเป็น 4 ระดับ คือ พายุดีเปรสชัน (Depression) พายุเขตร้อน (Tropical storm) พายุเขตร้อนอย่างรุนแรง (Severe tropical storm) และพายุไต้ฝุ่น (Typhoon) ดังนี้ (สงกรานต์ อักษร, 2552 : 236)

4.3.1 พายุดีเปรสชัน เป็นพายุหมุนเขตร้อนที่มีความเร็วลมต่ำสุด คือ มีอัตราเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางพายุ ไม่เกิน 34 นอต หรือ 63 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จัดเป็นพายุกำลังอ่อน

4.3.2 พายุเขตร้อน เป็นพายุหมุนที่มีอัตราความเร็วลมใกล้จุดศูนย์กลางระหว่าง 34 - 47 นอต หรือ 63 - 87 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จัดเป็นพายุกำลังปานกลาง

4.3.3 พายุเขตร้อนอย่างรุนแรง เป็นพายุหมุนที่มีความเร็วลมใกล้จุดศูนย์กลางระหว่าง 48 - 63 นอต หรือ 88 - 118 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จัดเป็นพายุกำลังแรง

4.3.4 พายุไต้ฝุ่น เป็นพายุที่มีความเร็วลมใกล้จุดศูนย์กลางตั้งแต่ 64 นอต หรือ 119 กิโลเมตรต่อชั่วโมงขึ้นไป จัดเป็นพายุกำลังแรงมากที่สุด ในอ่าวเบงกอลและทะเลอาหรับ เรียกว่า

“ไซโคลน (Cyclone)” ในมหาสมุทรแอตแลนติกบริเวณทะเลแคริบเบียนและอ่าวเม็กซิโก เรียกว่า “เฮอริเคน (Hurricane)” ในทวีปออสเตรเลีย เรียกว่า “วิลลี่ วิลลี่ (Willy-willies)”

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างบริเวณแหล่งกำเนิดของพายุหมุนเขตร้อนทั้งสองด้าน ด้านตะวันออก คือ มหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้ ส่วนด้านตะวันตก คือ อ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน โดยพายุมีโอกาสเคลื่อนจากมหาสมุทรแปซิฟิก และทะเลจีนใต้เข้าสู่ประเทศไทยทางด้านตะวันออก มากกว่าทางตะวันตก ปกติประเทศไทยจะมีพายุเคลื่อนผ่านเข้ามาได้โดยเฉลี่ยประมาณ 3 - 4 ลูกต่อปี บริเวณที่พายุมีโอกาสเคลื่อนผ่านเข้ามามากที่สุดคือภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะทางตอนบนของภาค ในระยะต้นปีระหว่างเดือนมกราคมถึงมีนาคม เป็นช่วงที่ประเทศไทยปลอดจากอิทธิพลของพายุ ต่อมาเดือนเมษายนเป็นเดือนแรกของปีที่พายุเริ่มเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยทางภาคใต้ แต่มีโอกาสน้อยและเคยเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวในรอบ 54 ปี (พ.ศ. 2494-2547) พายุเริ่มมีโอกาสเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยมากขึ้นตั้งแต่เดือนพฤษภาคม โดยส่วนใหญ่ยังคงเป็นพายุที่เคลื่อนมาจากด้านตะวันตกเข้าสู่ประเทศไทยตอนบน และตั้งแต่เดือนมิถุนายนเป็นต้นไปพายุส่วนใหญ่จะเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยทางด้านตะวันออก โดยช่วงระหว่างเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคมพายุยังคงเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยตอนบน ซึ่งบริเวณตอนบนของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ที่พายุมีโอกาสเคลื่อนผ่านเข้ามามากที่สุด และเดือนกันยายนถึงตุลาคมพายุมีโอกาสเคลื่อนเข้ามาได้ในทุกพื้นที่ โดยเริ่มเคลื่อนเข้าสู่ภาคใต้ตั้งแต่เดือนกันยายน ในสองเดือนนี้เป็นระยะที่พายุมีโอกาสเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยได้มากโดยเฉพาะเดือนตุลาคม มีสถิติเคลื่อนเข้ามา มากที่สุดในรอบปีสำหรับช่วงปลายปีตั้งแต่เดือนเดือนพฤศจิกายน พายุจะเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยตอนบนได้น้อยลง และมีโอกาสเคลื่อนเข้าสู่ภาคใต้มากขึ้น เมื่อถึงเดือนธันวาคมพายุมีแนวโน้มเคลื่อนเข้าสู่ภาคใต้เท่านั้น โดยไม่มีพายุเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยตอนบนอีก

4.4 พายุหมุนนอกเขตร้อน (Extratropical cyclone หรือ Extratropical storm)

พายุหมุนนอกเขตร้อน เป็นพายุที่เกิดบริเวณละติจูดกลางและเหนือขึ้นไป เนื่องจากมวลอากาศเย็นที่พัดมาจากขั้วโลกและมวลอากาศอุ่นจากเขตร้อนเคลื่อนมาปะทะกัน (นำพวลัย กิจรัชกุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 129) การก่อตัวของพายุหมุนในบริเวณนี้มีหลายวิธีด้วยกัน เช่น พายุหมุนที่เกิดจากแนวปะทะอากาศเคลื่อนที่ไป พายุหมุนที่เกิดจากมวลอากาศขั้วโลกเป็นต้น แต่พายุหมุนที่พบมากที่สุดบริเวณนี้ คือ พายุหมุนที่เกิดจากแนวปะทะอากาศเคลื่อนที่ไป พายุหมุนนอกเขตร้อนเกิดตามแนวปะทะอากาศขั้วโลก (Polar front) ซึ่งเป็นแนวที่มวลอากาศเย็นและมวลอากาศร้อนเคลื่อนที่มาพบกัน ลักษณะการไหลวนของอากาศจะโค้งงอคล้ายคลื่นและจะหมุนเวียนเข้าสู่หย่อมความกดอากาศต่ำที่ยอดคลื่น ดังนั้น ลมพายุหมุนชนิดนี้จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า คลื่นพายุหมุน (Wave cyclone) พายุหมุนชนิดนี้มีกำลังแรงน้อยกว่าไต้ฝุ่น พายุหมุนจะเคลื่อนที่จากทิศตะวันตกไปตะวันออกตามอิทธิพลของลมตะวันตก (ปานทิพย์ อัฒนาวิช, 2558 : 376)

4.5 พายุทอร์นาโด (Tornado)

พายุทอร์นาโดเป็นพายุหมุนขนาดเล็กที่สุด แต่มีความรุนแรงมากที่สุด เป็นพายุหมุนที่เริ่มเกิดจากการหมุนเวียนของอากาศใต้เมฆที่ก่อตัวทางแนวตั้ง คือ เมฆคิวมูโลนิมบัส ที่มีฐานเมฆต่ำ ปลายของวงเมฆที่พื้นดินจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100-500 เมตร หรือ 300-1,500 ฟุต กระแสอากาศเคลื่อนขึ้นลงรุนแรงจนบิดเกลียวหรือเป็นลำพุ่งขึ้นสู่ท้องฟ้าหรือย้อยลงจากฐานเมฆ เมื่อพายุทอร์นาโดเคลื่อนที่ไปบริเวณใดจะทำความเสียหายให้แก่บริเวณนั้น ความเร็วของลมในพายุทอร์นาโดจะมีมากกว่าชนิดอื่น อัตราความเร็วของลมประมาณ 400 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 250

ไมล์ต่อชั่วโมง ในประเทศสหรัฐอเมริกากระแสะที่เกิดมากที่สุด ได้แก่ ฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ลมวง (Twister) พายุทอร์นาโดเกิดกระจายทุกภูมิภาคของโลก ถ้าเกิดเหนือพื้นน้ำเรียกว่า พายุน้ำ หรือนาคเล่นน้ำ (Waterspout) นาคเล่นน้ำจะอยู่สูงประมาณ 3 เมตร หรือ 10 ฟุต จากผิวหน้าของน้ำทะเล และจะพุ่งไปในอากาศเป็นระยะสูงขึ้น นาคเล่นน้ำมีขนาดเล็กกว่าทอร์นาโด และมีกำลังน้อยกว่าด้วย นาคเล่นน้ำพบบ่อย ๆ ในบริเวณพื้นน้ำกึ่งเขตร้อนของอ่าวเม็กซิโก และชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา (นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 129 และปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2558 : 378 - 382)

สรุปท้ายบท

ลมฟ้าอากาศเป็นสภาพของอากาศในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามวัน เวลาและสถานที่ ความร้อนจากดวงอาทิตย์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของอากาศ ทำให้น้ำระเหยเป็นไอน้ำ ลอยขึ้นไปในอากาศ ทำให้ในอากาศมีไอน้ำอยู่เสมอ โลกมีการหมุนรอบตัวเองทำให้เกิดกลางวัน และกลางคืน โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ทำให้เกิดฤดูกาลต่าง ๆ ลมเกิดจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศ ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันบรรยากาศ ลมจะเคลื่อนจากบริเวณที่มีความดันบรรยากาศสูงไปสู่บริเวณที่มีความดันบรรยากาศต่ำ การวัดลมจะวัดทิศทางของลมด้วยเครื่องวัดทิศทางลมแบบศรลม และวัดความเร็วของลมด้วยมาตรวัดลม ในเวลากลางคืนพื้นผิวโลกจะเย็นลงในทันทีทันใด ไอน้ำบางส่วนจะควบแน่นบนใบหญ้าเกิดเป็นน้ำค้างขึ้น เมฆเกิดจากการรวมตัวกันของไอน้ำเป็นกลุ่มก้อนลอยอยู่ในอากาศ ลักษณะและชนิดของเมฆมีมากมายหลายชนิดแตกต่างกัน ส่วนหมอกเป็นละอองน้ำเล็ก ๆ เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำที่ลอยอยู่ในอากาศใกล้พื้นดิน หยาดน้ำฟ้าเป็นชื่อเรียกรวมของหยดน้ำและน้ำแข็ง ที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำแล้วตกลงมาสู่พื้น เช่น ฝน หิมะ ฝนน้ำแข็ง ลูกเห็บ เป็นต้น

คำถามทบทวน

1. ความร้อนจากดวงอาทิตย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศอย่างไรบ้าง
2. ในเขตบอบอุ่มและเขตหนาว มีกี่ฤดูกาล อะไรบ้าง เกิดขึ้นในช่วงเวลาใด
3. ลมเกิดขึ้นได้อย่างไร การวัดลมวัดอะไรบ้าง และใช้เครื่องมืออะไรในการวัด
4. อธิบายลักษณะของเมฆต่อไปนี้ เมฆเซอร์รัส เมฆอัลโตคิวมูลัส เมฆนิมโบสเตรตัส เมฆคิวมูโลนิมบัส และเมฆคิวมูลัส
5. หมอกแตกต่างจากเมฆอย่างไร
6. เขตเงาฝน คืออะไร เกิดขึ้นได้อย่างไร
7. อธิบายการเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง
8. ฟ้าแลบ ฟ้าร้อง และฟ้าผ่า เกิดขึ้นได้อย่างไร
9. อธิบายความแตกต่างระหว่างพายุดีเปรสชัน พายุเขตร้อน พายุไต้ฝุ่น ไชโคลอน และเฮอริเคน
10. ในสหรัฐอเมริกาเกิดพายุหมุนขนาดเล็กที่สุด แต่มีความรุนแรงมากที่สุด คือพายุอะไร เกิดขึ้นได้อย่างไร

เอกสารอ้างอิง

- ทวี ทองสว่าง. (2543). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์. (2558). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท ด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.
- นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และคณิตา ตั้งคณานุรักษ์. (2552). **เคมีบรรยากาศ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประมวล ศิริฝันแก้ว. (2555). **ประมวลสาระชุดวิชา หน่วยที่ 11 - 15 ฟิสิกส์และดาราศาสตร์ สำหรับครู**. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ปานทิพย์ อ้วนวานิช. (2532). **ภูมิอากาศวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- _____. (2558). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท ด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2549). **พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2559). **มลพิษทางอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.
- ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ. (2561). **เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจอากาศผิวพื้น-การบินและชั้นบนแบบทั่วไป**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.cmnet.tmd.go.th/instrument/instruments.php>. [23 กรกฎาคม 2561]
- สมพงษ์ มนะระสุทธิ์. (2537). **อุตุนิยมวิทยาทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- _____. (2537). **อุตุนิยมวิทยาทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- Ahrens, C.D. (2007). **Meteorology Today**. 8th ed. USA.: Thomson Brooks/Cole.
- McKnight, T.L. and Hess, D. (2008). **Physical Geography**. Pearson Prentice Hall, Nj : Pearson Education, Inc.
- Miller, G.T. (2002). **Living in the environment**. 12th ed. California: A Division of Wadsworth.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 7

หัวข้อเนื้อหา

1. บรรยากาศ
 - 1.1 องค์ประกอบของบรรยากาศ
 - 1.2 ชั้นบรรยากาศโลก
2. สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ
 - 2.1 ดวงอาทิตย์
 - 2.2 การหมุนของโลก
 - 2.3 น้ำ
 - 2.4 อากาศ
3. ภูมิอากาศ (Climate)
 - 3.1 การจำแนกภูมิอากาศโดยยึดอุณหภูมิเป็นหลัก (Temperature as basis of climate classification)
 - 3.2 การจำแนกภูมิอากาศโดยอาศัยหยาดน้ำฟ้าเป็นหลัก (Precipitation as a Basis of Climate Classification)
 - 3.3 การจำแนกลักษณะภูมิอากาศโดยใช้พืชพรรณและดินเป็นพื้นฐาน (Vegetation and soil as a basis of climate classification)
 - 3.4 การจำแนกภูมิอากาศตามแบบคอปเปน (The Koppen climate classification system)
4. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)
 - 4.1 ภาวะโลกร้อน (Global warming)
 - 4.2 ปรากฏการณ์เอลนีโญ – ลานีญา

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เข้าใจและอธิบายความหมายของบรรยากาศ และองค์ประกอบของชั้นบรรยากาศ
2. อธิบายและจำแนกชั้นบรรยากาศโลกตามองค์ประกอบ เกณฑ์อุณหภูมิ และสมบัติของก๊าซในบรรยากาศ รวมถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศแต่ละชั้น
3. อธิบายผลของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่มีต่อบรรยากาศ องค์ประกอบขององค์ประกอบของลมฟ้าอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความดันอากาศ ลม ความชื้นอากาศ เมฆ และฝน
4. อธิบายและจำแนกภูมิอากาศโดยใช้เกณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ หยาดน้ำฟ้า พืชพรรณ และดินเป็นพื้นฐาน และแบบคอปเปน
5. วิเคราะห์และอภิปรายสาเหตุและผลจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลกที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และปรากฏการณ์เอลนีโญ – ลานีญา

วิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. วิธีสอน

- 1.1 วิธีสอนแบบบรรยาย ประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์
- 1.2 วิธีสอนแบบสืบเสาะ ให้ผู้เรียนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการตั้งคำถาม และสืบเสาะแสวงหาข้อเท็จจริงหรือข้อมูล
- 1.3 วิธีสอนแบบปฏิบัติการ ให้นักศึกษาใช้กระบวนการพินิจภายในจิตใจของนักศึกษาเอง หรือวิเคราะห์จิตใจและประสบการณ์ของตนเอง
- 1.4 วิธีสอนแบบอภิปราย โดยกำหนดหัวข้อในการอภิปรายถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมให้นักศึกษาร่วมอภิปราย โดยมีครูเป็นผู้แนะนำ

2. กิจกรรมการเรียนการสอน

- 2.1 นำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้คำถาม เช่น กระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมอย่างไร มีความสำคัญอย่างไร เป็นต้น
- 2.2 ให้นักศึกษาดูวีดิทัศน์เกี่ยวกับการกระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมพร้อมทั้งอธิบายความเข้าใจของตนเองถึงขั้นตอน
- 2.3 กิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มช่วยกันสืบเสาะแสวงหาข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จากนั้นนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น
- 2.4 ให้นักศึกษาร่วมกันศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยมีการวาดภาพประกอบ
- 2.5 นักศึกษาช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้ และตอบคำถามท้ายบท

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือ ตำรา และเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. สื่อนำเสนอประกอบการบรรยาย
3. ฐานข้อมูลอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์อาจารย์
4. วีดิทัศน์เกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

การวัดผลและประเมินผล

1. ผู้เรียนตอบคำถามทบทวนด้านความรู้ความเข้าใจในแบบทดสอบท้ายบทเรียน
2. ผู้เรียนสนทนาแลกเปลี่ยนความรู้จากผลการศึกษาค้นคว้า
3. ผู้เรียนนำเสนองานตรงเวลา มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย แสดงความคิดเห็นสร้างสรรค์
สื่อในการนำเสนอน่าสนใจ
4. วัดความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยใช้แบบทดสอบ
5. สังเกตพฤติกรรมการเรียน และความรับผิดชอบจากการทำงานกลุ่ม

บทที่ 7

กระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

บรรยากาศมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ มนุษย์และสัตว์ใช้อากาศในการหายใจ โดยการหายใจเอาก๊าซออกซิเจนเข้าสู่ระบบเลือดและส่งไปยังเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย เพื่อเผาผลาญอาหารให้พลังงาน และจะขับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกทางลมหายใจออก พืชใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์ด้วยแสงในเวลากลางวัน อากาศเป็นสื่อกลางในการติดต่อสื่อสาร เช่น ใช้ในการสะท้อนคลื่นวิทยุ โทรทัศน์ เสียงเดินทางผ่านอากาศในรูปของคลื่น จากสถานีส่งสัญญาณไปยังผู้รับในที่ต่าง ๆ ช่วยปรับอุณหภูมิของโลกให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ก๊าซต่าง ๆ ที่ห่อหุ้มโลกจะช่วยป้องกันการสูญเสียความร้อน ทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวันกับกลางคืน และฤดูร้อนกับฤดูหนาวไม่แตกต่างกันมากนัก และทำให้บริเวณผิวโลกมีความอบอุ่นขึ้น ช่วยป้องกันอันตรายของรังสีและอนุภาคต่าง ๆ จากนอกโลก

บรรยากาศ

นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และคณิตา ตั้งคณานุรักษ์ (2552 : 88) ให้ความหมายของบรรยากาศ หมายถึง อากาศที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรา หรือที่ห่อหุ้มโลกเราอยู่โดยรอบ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่สามารถมองเห็นหรือสังเกตเห็นได้ อากาศในบรรยากาศบริเวณใกล้ผิวโลกจะหนาแน่นมากที่สุด และเมื่ออยู่สูงขึ้น อากาศจะเบาลงหรือน้อยลง

ประมวล ศิริผินแก้ว (2555 : 13-7) ให้ความหมายของบรรยากาศ หมายถึง อากาศและก๊าซอื่น ๆ ที่เจือปนอยู่ หุ้มห่อโลกอยู่ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เป็นภาคส่วนนอกของโลกนับตั้งแต่พื้นผิวโลกออกไปประมาณ 500 กิโลเมตร เหนือระดับน้ำทะเล บรรยากาศเป็นส่วนที่สำคัญที่ทำให้โลกมีสิ่งมีชีวิตอยู่ได้ ช่วยสกัดกั้นรังสีจากดวงอาทิตย์ที่มีอันตรายบางส่วนไม่ให้ผ่านเข้ามายังโลกเสมือนเป็นกับดักความร้อน ทำให้โลกมีอุณหภูมิที่เหมาะสม

นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์ (2558 : 109) อธิบายว่าบรรยากาศ คือ อากาศที่ห่อหุ้มผิวโลก ความหนาแน่นของบรรยากาศจะเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงจากผิวโลก บริเวณใกล้ผิวโลกบรรยากาศมีความหนาแน่นสูงและบริเวณสูงจากผิวโลกบรรยากาศจะเบาบางลง บรรยากาศมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตบนผิวโลก โดยป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation) และรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) ไม่ให้ผ่านลงมาถึงผิวโลกมากจนเป็นอันตรายต่อมนุษย์

สรุปได้ว่า บรรยากาศ หมายถึง อากาศที่ห่อหุ้มผิวโลกด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก โดยบรรยากาศจะป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และรังสีอัลตราไวโอเล็ต บริเวณใกล้ผิวโลกบรรยากาศมีความหนาแน่นสูง และเมื่ออยู่สูงขึ้นอากาศจะเบาลง

1. องค์ประกอบของบรรยากาศ

บรรยากาศเป็นของผสม บรรยากาศที่ห่อหุ้มผิวโลกประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ อากาศแห้ง ไอน้ำในบรรยากาศ และอนุภาคที่เป็นของแข็ง ดังนี้

1.1 อากาศแห้ง

อากาศแห้งหรืออากาศบริสุทธิ์ ที่ความสูงจากผิวโลกไม่เกิน 25 กิโลเมตร หรือ 16 ไมล์ ประกอบด้วยก๊าซต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบหลักของบรรยากาศ ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) มีปริมาณร้อยละ 78.08 โดยปริมาตร ก๊าซออกซิเจน (O_2) มีปริมาณร้อยละ 20.95 ก๊าซอาร์กอน (Ar) มีปริมาณร้อยละ 0.93 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีปริมาณร้อยละ 0.03 และก๊าซอื่น ๆ มีปริมาณร้อยละ 0.01 โดยปริมาตร (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2552 : 88)

1.2 ไอน้ำในบรรยากาศ

ปริมาณไอน้ำในอากาศเกิดจากการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น แม่น้ำ คลอง หนอง บึง ทะเล มหาสมุทร รวมทั้งการคายน้ำของพืช เป็นต้น เมื่อน้ำได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอน้ำลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งมีอยู่ไม่เกินร้อยละ 4 ของอากาศทั้งหมด (นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 109) การระเหยของน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิพื้นผิวหน้า และปริมาณไอน้ำในอากาศ ไอน้ำนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามสถานที่กับตามระดับความสูง โดยบริเวณละติจูดต่ำกับบริเวณใกล้ผิวโลกจะมีไอน้ำมากกว่า บริเวณละติจูดสูงและระดับสูงขึ้นไป ไอน้ำมีส่วนสำคัญในบรรยากาศที่ทำให้ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น เมฆ หมอก น้ำค้าง ฝน หิมะ เป็นต้น

1.3 อนุภาคที่เป็นของแข็ง

อนุภาคที่เป็นของแข็งที่เจือปนในอากาศ เป็นอนุภาคที่ลอยอยู่ในอากาศ มีตั้งแต่ขนาดเล็กมากจนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ไม่สามารถรู้สึกได้ จนขนาดใหญ่สามารถมองเห็นได้ ได้แก่ ฝุ่นละออง ควันทันไฟ และละอองเกสร ซึ่งอนุภาคต่าง ๆ ในบรรยากาศอาจแยกได้เป็นอนุภาคที่เกิดขึ้น และแพร่กระจายสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น เกิดจากการระเบิด การทำเหมืองแร่ การไหม้หิน การก่อสร้าง การเผาขยะมูลฝอย เป็นต้น และอนุภาคซึ่งเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ เป็นต้น

2. ชั้นบรรยากาศโลก

การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยทั่วไป สามารถจำแนกตามลักษณะที่เด่นชัด เช่น องค์ประกอบของก๊าซต่าง ๆ ในบรรยากาศ สมบัติของก๊าซ อุณหภูมิ ความสูงของชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

2.1 การจำแนกชั้นบรรยากาศโลกตามองค์ประกอบ

การแบ่งชั้นบรรยากาศโลกด้วยวิธีนี้เป็นการศึกษาพื้นฐานการผันแปรที่เกี่ยวข้องกับอัตราส่วนร้อยละ โดยปริมาตรของก๊าซแห้งที่เป็นองค์ประกอบของบรรยากาศ โดยแบ่งชั้นบรรยากาศเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นโฮโมสเฟียร์ (Homosphere) และชั้นเฮเทอโรสเฟียร์ (Heterosphere) ดังนี้ (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2552 : 9; นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 110 - 111)

2.1.1 ชั้นโฮโมสเฟียร์

ชั้นโฮโมสเฟียร์เป็นชั้นบรรยากาศที่ก๊าซต่าง ๆ ผสมกันจนเป็นเนื้อเดียวกันในอัตราส่วนคงที่ ก๊าซที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซออกซิเจน ก๊าซอาร์กอน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่น ๆ นอกจากนี้ ยังมีไอน้ำ และอนุภาคต่าง ๆ ของฝุ่นเป็นองค์ประกอบที่สำคัญรวมอยู่ด้วย

ชั้นโทรโพสเฟียร์นี้เป็นชั้นบรรยากาศที่ติดกับพื้นโลกสูงขึ้นไปถึงระดับความสูงประมาณ 80 กิโลเมตร (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2552 : 9) ซึ่งจะเห็นว่า ชั้นโทรโพสเฟียร์ ชั้นสตราโทสเฟียร์ และชั้นมีโซสเฟียร์ ตามการจัดแบ่งโดยใช้อุณหภูมิตามเกณฑ์นั้น จะจัดรวมอยู่ในชั้นนี้ มีรายละเอียดดังนี้ (นำพวลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 110 - 111)

1) **โทรโพสเฟียร์ (Troposphere)** ความหนาของชั้นบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงตามละติจูดที่สูงขึ้น โดยบริเวณละติจูดต่ำแถบเขตร้อนสุดมีความหนาจากผิวโลกถึงประมาณ 16 กิโลเมตร หรือ 10 ไมล์ บริเวณขั้วโลกความหนาประมาณ 8 กิโลเมตร หรือ 5 ไมล์ อุณหภูมิของอากาศจะลดลงเมื่อสูงจากผิวโลกขึ้นไป การเคลื่อนตัวของอากาศมีการเคลื่อนขึ้นลงมาก ทำให้อากาศปั่นป่วน จึงเป็นชั้นบรรยากาศที่เกิดปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยา

2) **สตราโทสเฟียร์ (Stratosphere)** เป็นบรรยากาศที่อยู่เหนือชั้นโทรโพสเฟียร์ขึ้นไป ชั้นนี้อุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อย ท้องฟ้าโปร่งใสไม่ค่อยมีปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยา

3) **มีโซสเฟียร์ (Mesosphere)** เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่สูงจากชั้นสตราโทสเฟียร์ขึ้นไปจนถึงระดับความสูงประมาณ 90 กิโลเมตร หรือ 55 ไมล์

2.1.2 ชั้นเฮเทอโรสเฟียร์

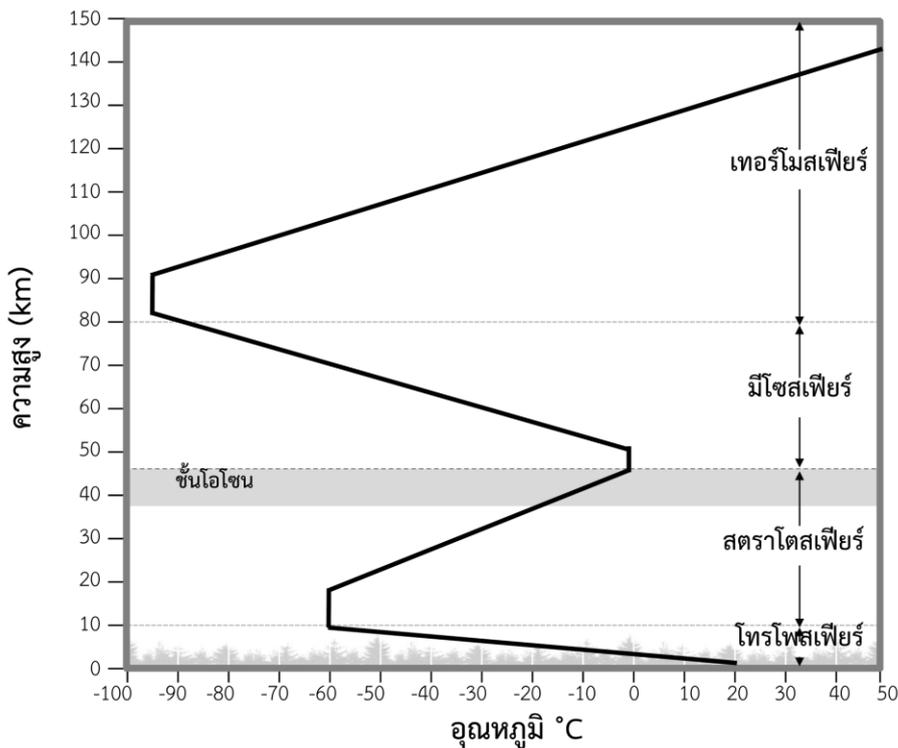
ชั้นเฮเทอโรสเฟียร์เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่สูงขึ้นไปถัดจากชั้นโทรโพสเฟียร์จนถึงชั้นบรรยากาศโลก ก๊าซต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของบรรยากาศในชั้นนี้จะแยกกันอยู่เป็นชั้น ๆ ตามลำดับของน้ำหนักโมเลกุล โดยชั้นแรกที่ระดับความสูงประมาณระหว่าง 80-240 กิโลเมตร เป็นชั้นของก๊าซไนโตรเจนและมีก๊าซออกซิเจนปนอยู่บ้างเล็กน้อย ชั้นที่สองที่ระดับความสูงประมาณระหว่าง 240-960 กิโลเมตร เป็นชั้นของก๊าซออกซิเจนอะตอม ชั้นที่สามและสี่ซึ่งเป็นชั้นบนสุดจะเป็นชั้นของก๊าซฮีเลียม และธาตุไฮโดรเจนอะตอม ตามลำดับ (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2552 : 9)

2.2 การจำแนกชั้นบรรยากาศโลกตามเกณฑ์อุณหภูมิ

Miller (2002: 417 อ้างถึงใน ศิวพันธ์ ชูอินทร์, 2559 : 66) อธิบายการแบ่งชั้นบรรยากาศโลกว่า ชั้นบรรยากาศของโลก สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ชั้น ตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ได้แก่ ชั้นโทรโพสเฟียร์ ชั้นสตราโทสเฟียร์ ชั้นมีโซสเฟียร์ และชั้นเทอร์โมสเฟียร์ เช่นเดียวกับนิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์ (2552 : 93)

ประมวล ศิริผินแก้ว (2555 : 13-24 – 13-30) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นขอบเขตในการแบ่งชั้นบรรยากาศ ซึ่งสามารถแบ่งชั้นบรรยากาศออกเป็น 5 ชั้น คือ ชั้นโทรโพสเฟียร์ ชั้นสตราโทสเฟียร์ ชั้นมีโซสเฟียร์ ชั้นเทอร์โมสเฟียร์ และชั้นเอ็กโซสเฟียร์ (Exosphere)

สรุปได้ว่า การจำแนกชั้นบรรยากาศโลกตามเกณฑ์อุณหภูมิ สามารถแบ่งชั้นบรรยากาศออกเป็น 5 ชั้น คือ ชั้นโทรโพสเฟียร์ ชั้นสตราโทสเฟียร์ ชั้นมีโซสเฟียร์ ชั้นเทอร์โมสเฟียร์ และชั้นเอ็กโซสเฟียร์ แสดงดังภาพที่ 7.1 สรุปรายละเอียดได้ ดังนี้ (ศิวพันธ์ ชูอินทร์, 2559 : 66; นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2552 : 93 - 97 และประมวล ศิริผินแก้ว, 2555 : 13-24 – 13-30)



ภาพที่ 7.1 การแบ่งชั้นบรรยากาศ ตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

2.2.1 ชั้นโทรโปสเฟียร์

ชั้นโทรโปสเฟียร์มีความสูงโดยเฉลี่ยจากพื้นผิวโลกขึ้นไปประมาณ 10 กิโลเมตรเหนือระดับน้ำทะเล โดยที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรมีความสูงประมาณ 16-18 กิโลเมตร และที่ขั้วโลกมีความสูงประมาณ 6-8 กิโลเมตร เป็นชั้นที่มีมวลอากาศหนาแน่นร้อยละ 70 ของมวลอากาศทั้งหมด มีการคลุกเคล้าของอากาศทั้งในแนวตั้งและแนวนอน บรรยากาศในชั้นนี้ไม่ค่อยเสถียร มีการเปลี่ยนแปลงตามลมฟ้าอากาศ ทำให้เกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวกับลมฟ้าอากาศ เช่น เมฆ หมอก ฝน หิมะ พายุต่าง ๆ เป็นต้น ชั้นโทรโปสเฟียร์มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ กล่าวคือ ยิ่งสูงขึ้นไปอุณหภูมิจะยิ่งลดลงในอัตราประมาณ 6.5 องศาเซลเซียสต่อ 1 กิโลเมตร ที่ระดับความสูง 15 กิโลเมตร จะมีอุณหภูมิที่ -60 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าเป็นเขตสิ้นสุดของบรรยากาศชั้นนี้ รอยต่อระหว่างชั้นโทรโปสเฟียร์และชั้นต่อไป เรียกว่า โทรโปพอส (Tropopause) ความสูงของโทรโปพอสขึ้นอยู่กับระดับความสูง ฤดูกาล หรือแม้แต่กลางวันหรือกลางคืน โทรโปพอสบริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรมีระดับสูงประมาณ 20 กิโลเมตร เหนือระดับน้ำทะเล และโทรโปพอสในฤดูหนาวบริเวณขั้วโลกจะอยู่ต่ำมากกว่า 7 กิโลเมตร

2.2.2 ชั้นสตราโตสเฟียร์

ชั้นสตราโตสเฟียร์เป็นชั้นที่อยู่ถัดไปจากชั้นโทรโปสเฟียร์ มีความสูงถึง 50 กิโลเมตร จะมีอุณหภูมิกว่าที่ ในส่วนที่ติดอยู่กับชั้นโทรโปสเฟียร์ขึ้นไป 20 กิโลเมตร ถัดจากความสูง 20 กิโลเมตรขึ้นไปอีก 10-15 กิโลเมตร หรือที่ความสูงจากชั้นโทรโปสเฟียร์ขึ้นไป 30-35 กิโลเมตร ต่อจากนั้น อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วด้วยอัตรา 0.5 องศาเซลเซียสต่อความสูง 1 กิโลเมตร บรรยากาศในชั้นนี้มีก๊าซโอโซนอยู่ ทำให้สามารถดูดซับรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดี กล่าวคือ ก๊าซโอโซน

ลดปริมาณการส่งผ่านของรังสีอัลตราไวโอเล็ต (นิพนธ์ ตั้งคณาภรณ์ และคณิตา ตั้งคณาภรณ์, 2552 : 94) รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เป็นอันตรายจากดวงอาทิตย์ได้ถึงร้อยละ 99 ทำให้มนุษย์รอดพ้นจากการเป็นมะเร็งที่ผิวหนังและต่อกระเจก ปริมาณของก๊าซโอโซนมีมากที่สุดในช่วงความสูง 15-30 กิโลเมตร บรรยากาศชั้นนี้ไม่แปรปรวน มีเสถียรภาพมากและทัศนวิสัยที่เหมาะสมสำหรับการบิน และการคมนาคมทางอากาศ บอลลูนที่ใช้อากาศร้อนลอยสูงขึ้นได้ในระดับความสูง 15-20 กิโลเมตร แต่ถ้าใช้ก๊าซฮีเลียมบอลลูนลอยสูงขึ้นได้ในระดับความสูง 35 กิโลเมตร

2.2.3 ชั้นมิโซสเฟียร์

ชั้นมิโซสเฟียร์อยู่ถัดไปจากชั้นสเตรโตสเฟียร์ขึ้นไปอีก 40 กิโลเมตร เป็นชั้นที่มีก๊าซโอโซนน้อยมาก ทำให้ดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ได้น้อย บรรยากาศในชั้นนี้มีอุณหภูมิลดลง (เป็นชั้นบรรยากาศที่เย็นที่สุด) ในระดับความสูงประมาณ 85 กิโลเมตร อุณหภูมิจะลดลงถึง -98 องศาเซลเซียส ลูกอูกกาบาตมักเริ่มลุกเป็นไฟเมื่อเข้าสู่บรรยากาศชั้นนี้ บางครั้งในบรรยากาศชั้นมิโซสเฟียร์ มีปรากฏการณ์แสงสว่างจ้าบริเวณขั้วโลกเหนือ และขั้วโลกใต้ดังกล่าวแล้วคือ แสงเหนือแสงใต้ (Aurora) นั่นเอง นอกจากนี้ ยังมีแสงที่ปรากฏนี้เกิดขึ้นเนื่องจากพายุประจุไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์ เรียกว่า ลมสุริยะ (Solar wind) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตอน และอิเล็กตรอน เข้ามาสู่บรรยากาศของโลก และถูกสนามแม่เหล็กโลกผลักไปยังขั้วสนามแม่เหล็กโลก ขนกับโมเลกุลของอากาศ ทำให้เกิดการแผ่รังสีของแสงออกมาอย่างสว่างไสวสวยงาม

2.2.4 ชั้นเทอร์โมสเฟียร์

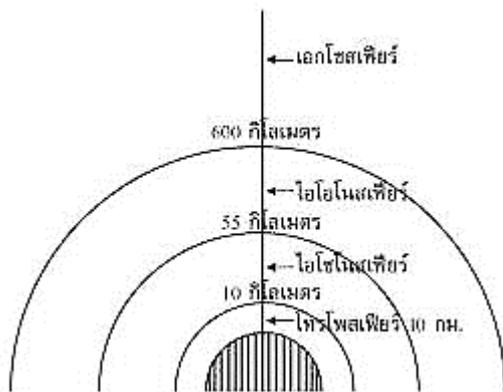
ชั้นเทอร์โมสเฟียร์เป็นชั้นบรรยากาศถัดไปจากชั้นมิโซสเฟียร์ อยู่ในระดับความสูงประมาณ 90 กิโลเมตร ไปจนถึง 500 - 1000 กิโลเมตรจากพื้นโลก อุณหภูมิของบรรยากาศชั้นนี้จะเพิ่มตามระดับความสูง ที่ระดับความสูง 200 กิโลเมตร จะมีอุณหภูมิสูงถึงประมาณ 700 องศาเซลเซียส และที่ระดับความสูง 300 กิโลเมตร จะมีอุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส เนื่องจากมวลของอากาศในชั้นนี้มีน้อย มีปริมาณก๊าซไนโตรเจน และก๊าซออกซิเจนอยู่เล็กน้อย สามารถดูดซับรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ได้ เป็นชั้นที่กระสวยอวกาศใช้เป็นวงโคจร

2.2.5 ชั้นเอ็กโซสเฟียร์

ชั้นเอ็กโซสเฟียร์เป็นบรรยากาศชั้นนอกสุด อยู่ในระดับความสูงประมาณ 1,000 กิโลเมตร ต่อจากเทอร์โมสเฟียร์ส่วนใหญ่เป็นบริเวณที่อะตอม และโมเลกุลหนีออกไปสู่อวกาศ ถือได้ว่า เป็นแนวต่อไปสู่อวกาศ

2.3 การจำแนกชั้นบรรยากาศโลกตามสมบัติของก๊าซในบรรยากาศ

การจำแนกชั้นบรรยากาศโลกตามสมบัติของก๊าซในบรรยากาศ สามารถจำแนกชั้นบรรยากาศออกเป็น 4 ชั้น แสดงดังภาพที่ 7.2 ได้แก่ ชั้นโทรโพสเฟียร์ ชั้นโอโซนสเฟียร์ (Ozonosphere) ชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) และชั้นเอ็กโซสเฟียร์ มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 7.2 การแบ่งชั้นบรรยากาศ ตามสมบัติของก๊าซในบรรยากาศ

2.3.1 ชั้นโทรโพสเฟียร์

ชั้นโทรโพสเฟียร์เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่ติดกับผิวโลกขึ้นไปในอากาศ ที่ระยะความสูง 10 กิโลเมตร โดยประมาณ (นิพนธ์ ตั้งคณานุกรักษ์ และคณิตา ตั้งคณานุกรักษ์, 2552 : 97) ประกอบด้วยอากาศ ไอน้ำ อนุภาคฝุ่น และก๊าซอื่น ๆ หนาแน่นที่สุด ประมาณร้อยละ 70 ของปริมาตรก๊าซทั้งหมดในบรรยากาศ (ประมวล ศิริผินแก้ว, 2555 : 13-31) เป็นที่อยู่ของเมฆชั้นกลาง อากาศมีความแปรปรวนมากเป็นบริเวณที่มีการก่อตัวของพายุ ฟ้าแลบ และฟ้าผ่า

2.3.2 ชั้นโอโซเนสเฟียร์

ชั้นโอโซเนสเฟียร์เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่ถัดจากบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ขึ้นไปอีกถึงระยะประมาณ 5,055 กิโลเมตรจากผิวโลก บรรยากาศชั้นนี้จะมีปริมาณก๊าซโอโซนอยู่มากที่สุด

2.3.3 ชั้นไอโอโนสเฟียร์

ชั้นไอโอโนสเฟียร์เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่ถัดจากชั้นโอโซเนสเฟียร์ขึ้นไปถึงระยะความสูงประมาณ 60 กิโลเมตรจากผิวโลก มีปริมาณอิเล็กตรอนอิสระอยู่เป็นจำนวนมาก มีสภาพเป็นไอออนของธาตุออกซิเจน ธาตุไนโตรเจน และธาตุอาร์กอน ระยะจากผิวโลกขึ้นไปถึงชั้นไอโอโนสเฟียร์ พบว่า คลื่นความถี่ของวิทยุ สามารถส่งสัญญาณไปได้ทั่วทุกหนทุกแห่งบนโลก ไปได้ไกลเป็นระยะทางประมาณ 1,000 กิโลเมตร จะเกิดเป็นปรากฏการณ์แสงเหนือแสงใต้บริเวณขั้วโลก เนื่องจากสนามแม่เหล็กโลกผลักให้อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าให้เคลื่อนที่ไปชนกับโมเลกุลของก๊าซ จนเกิดการกระจายแสงสีออกมาให้เห็นคล้ายเมฆสีเขียวอ่อน

2.3.4 ชั้นเอกโซสเฟียร์

ชั้นเอกโซสเฟียร์เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่สูงสุด ถัดจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ขึ้นไปถึงระยะความสูงกว่าผิวโลกประมาณ 660 กิโลเมตร ถัดจากชั้นนี้ขึ้นไปเป็นอาณาเขตเรียกว่า อวกาศ ซึ่งมีสภาพเหมือนกับเป็นสุญญากาศ

สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ

ปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้ลมฟ้าอากาศเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น เมฆ ฝน ลม พายุ เป็นต้น มีรายละเอียดดังนี้

1. ดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นลูกไฟดวงใหญ่ คล้ายเป็นเตาเชื้อเพลิงส่งความร้อนมายังพื้นโลกด้วยวิธีการแผ่รังสี พลังงานความร้อนสุทธิที่ผิวโลกได้รับจากดวงอาทิตย์ตลอดปี เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันตามตำแหน่งของละติจูด โดยในเขตละติจูดต่าง ๆ ระหว่าง 30 องศาเหนือ - 30 องศาใต้ พื้นผิวโลกทั้งส่วนที่เป็นพื้นดินและพื้นน้ำ ได้รับพลังงานความร้อนเฉลี่ยประมาณ 140 วัตต์ต่อตารางเมตร และลดลงเหลือประมาณต่ำกว่า 50 วัตต์ต่อตารางเมตร ในบริเวณขั้วโลก ดังนั้น บริเวณในเขตละติจูดระหว่าง 30 องศาเหนือ - 30 องศาใต้ จึงมีอากาศร้อนกว่าอากาศในบริเวณอื่น ๆ ตลอดทั้งปีโดยเฉพาะบริเวณพื้นโลกที่ได้รับความร้อนมากกว่าเขตนี้ (สมพงษ์ มະนะสุทธิ, 2537 : 57) เช่น บริเวณศูนย์สูตรอากาศร้อนเกิดการขยายตัวและลอยสูงขึ้นไป อากาศในบริเวณพื้นผิวโลกที่ได้รับความร้อนน้อยกว่า และเย็นกว่าจะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ เป็นต้น กระบวนการนี้ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศขึ้น จึงสรุปได้ว่า ความร้อนจากดวงอาทิตย์เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของอากาศ

2. การหมุนของโลก

โลกมีการหมุนรอบตัวเองทำให้เกิดกลางวันร้อน และเกิดกลางคืนเย็นกว่า นอกจากนี้ โลกยังโคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วยระยะเวลาประมาณ 365 วันต่อรอบ หรือ 1 ปี การโคจรของโลกทำให้เกิดฤดูกาล (Seasons) ต่าง ๆ

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2554 (2561 : online) ให้ความหมายคำว่า “ฤดู” หมายความว่า ส่วนของปีแบ่งตามลักษณะของอากาศ ส่วนคำว่า “กาล” หมายความว่า “เวลา” ดังนั้น “ฤดูกาล” จึงหมายถึง ช่วงในแต่ละปีที่แบ่งตามสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ฤดูกาลเกิดจากโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์โดยที่แกนของโลกเอียง 23.5 องศา คงที่ตลอดปี ในฤดูร้อนโลกเอียงขั้วเหนือเข้าหาดวงอาทิตย์ ทำให้ซีกโลกเหนือกลายเป็นฤดูร้อน และซีกโลกใต้กลายเป็นฤดูหนาว หกเดือนต่อมาโลกโคจรไปอยู่อีกด้านหนึ่งของวงโคจร โลกเอียงขั้วใต้เข้าหาดวงอาทิตย์ ทำให้ซีกโลกใต้กลายเป็นฤดูร้อน และซีกโลกเหนือกลายเป็นฤดูหนาว ในเขตอบอุ่นและเขตหนาวจะฤดูกาลแบ่งออกเป็น 4 ฤดู ได้แก่ ฤดูใบไม้ผลิ ฤดูร้อน ฤดูใบไม้ร่วง และฤดูหนาว มีรายละเอียดดังนี้ (สมพงษ์ มະนะสุทธิ, 2537 : 57 และศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, 2561 : online)

2.1 ฤดูใบไม้ผลิ

ฤดูใบไม้ผลิ หรือวสันตฤดู เริ่มตั้งแต่ 21 มีนาคม ถึง 20 มิถุนายน ดวงอาทิตย์ขึ้นตรงทิศตะวันออกและตกตรงทิศตะวันตกพอดี ซีกโลกเหนือเป็นฤดูใบไม้ผลิ เนื่องจากโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์มากขึ้นเมื่อเทียบกับฤดูหนาว ต้นไม้จึงเริ่มผลิใบเพื่อผลิตอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ระยะเวลากลางวันและกลางคืนยาวนานเท่ากัน วันที่ 20 - 21 มีนาคม เป็นวันที่ดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับผิวโลกที่เส้นศูนย์สูตร เรียกว่า วันวสันตวิษุวัต (Vernal Equinox) ส่วนซีกโลกใต้เป็นฤดูใบไม้ร่วง

2.2 ฤดูร้อน

ฤดูร้อน หรือคิมหันตฤดู เริ่มตั้งแต่ 21 มิถุนายน ถึง 21 กันยายน โลกหันซีกโลกเหนือเข้าหาดวงอาทิตย์ ซีกโลกเหนือเป็นฤดูร้อน ตำแหน่งของดวงอาทิตย์อยู่ก่อนไปทางทิศเหนือ (+23.5 องศา) ดวงอาทิตย์ขึ้นเร็วและตกช้า ระยะเวลากลางวันยาวกว่ากลางคืน วันที่ 20 - 21 มิถุนายน เป็นวันที่ดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับผิวโลกที่ละติจูด 23.5 องศาเหนือ เรียกว่า วันครีษมายัน (Summer Solstice) ในส่วนซีกโลกใต้เป็นฤดูหนาว

2.3 ฤดูใบไม้ร่วง

ฤดูใบไม้ร่วง หรือสารทฤดู เริ่มตั้งแต่ 22 กันยายน ถึง 21 ธันวาคม ดวงอาทิตย์ขึ้นตรงทิศตะวันออกและตกตรงทิศตะวันตกพอดี ซีกโลกเหนือเป็นฤดูใบไม้ร่วง ต้นไม้จึงเริ่มผลัดใบทิ้ง ระยะเวลากลางวันและกลางคืนยาวนานเท่ากัน เนื่องจากโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ลดลง เมื่อเทียบกับฤดูร้อน วันที่ 22 - 23 กันยายน เรียกว่า วันศารทวิษุวัต (Autumnal Equinox) ส่วนซีกโลกใต้เป็นฤดูใบไม้ผลิ

2.4 ฤดูหนาว

ฤดูหนาว หรือเหมันตฤดู เริ่มตั้งแต่ 22 ธันวาคม ถึง 20 มีนาคม โลกหันซีกโลกใต้เข้าหาดวงอาทิตย์ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์อยู่ก่อนไปทางทิศใต้ (-23.5 องศา) ซีกโลกเหนือเป็นฤดูหนาว ในเขตละติจูดสูงต้นไม้ทิ้งใบหมด เนื่องจากพลังงานแสงแดดไม่พอสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง ดวงอาทิตย์ขึ้นช้าและตกเร็ว ระยะเวลากลางวันสั้นกว่ากลางคืน โลกจึงได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์น้อยที่สุด วันที่ 20 - 21 ธันวาคม เรียกว่า วันหิมายัน (Winter Solstice) ในส่วนซีกโลกใต้เป็นฤดูร้อน

ประเทศไทยโดยทั่ว ๆ ไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู ดังนี้ 1) ฤดูร้อน ระหว่างกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม 2) ฤดูฝน ระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม และ 3) ฤดูหนาว ระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

1) ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และเป็นระยะที่ซีกโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะเดือนเมษายนบริเวณประเทศไทย มีดวงอาทิตย์อยู่เกือบตรงศีรษะในเวลาเที่ยงวัน ทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่ สภาวะอากาศจึงร้อนอบอ้าวทั่วไป ในฤดูนี้แม้ว่าโดยทั่วไปจะมีอากาศร้อนและแห้งแล้ง แต่บางครั้งอาจมีมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุมถึงประเทศไทยตอนบน ทำให้เกิดการปะทะกันของมวลอากาศเย็นกับมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมอยู่เหนือประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองและลมกระโชกแรงหรืออาจมีลูกเห็บตกก่อให้เกิดความเสียหายได้ พายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นในฤดูนี้มักเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าพายุฤดูร้อน

2) ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมเมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย และร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านประเทศไทยทำให้มีฝนชุกทั่วไป ร่องความกดอากาศต่ำนี้ปกติจะพาดผ่านภาคใต้ในเดือนพฤษภาคม แล้วจึงเลื่อนขึ้นไปทางเหนือตามลำดับจนถึงช่วงประมาณปลายเดือนมิถุนายน จะพาดผ่านอยู่บริเวณประเทศจีนตอนใต้ ทำให้ฝนในประเทศไทยลดลงระยะหนึ่ง และเรียกว่าเป็นช่วงฝนทิ้ง ซึ่งอาจนานประมาณ 1 - 2 สัปดาห์หรือบางปีอาจเกิดขึ้นรุนแรงและมีฝนน้อยนานนับเดือน ในเดือนกรกฎาคมปกติร่องความกดอากาศต่ำจะเลื่อนกลับลงมาทางใต้พาดผ่านบริเวณประเทศไทยอีกครั้ง ทำให้มีฝนชุกต่อเนื่อง จนกระทั่งมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดเข้ามาปกคลุมประเทศไทยแทนที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ประมาณกลางเดือนตุลาคมประเทศไทยตอนบน จะเริ่มมีอากาศเย็นและฝนลดลง โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เว้นแต่ภาคใต้ยังคงมีฝนชุก

ต่อไปจนถึงเดือนธันวาคมและมักมีฝนหนักถึงหนักมากจนก่อให้เกิดอุทกภัย โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออกซึ่งจะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก อย่างไรก็ตามการเริ่มต้นฤดูฝนอาจจะช้าหรือเร็วกว่ากำหนดได้ประมาณ 1 - 2 สัปดาห์

3) ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่กลางเดือนตุลาคม ในช่วงกลางเดือนตุลาคมนานราว 1-2 สัปดาห์ เป็นช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว อากาศแปรปรวน ไม่แน่นอน อาจเริ่มมีอากาศเย็นหรืออาจยังมีฝนฟ้าคะนอง โดยเฉพาะบริเวณภาคกลางตอนล่างและภาคตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งจะหมดฝน และเริ่มมีอากาศเย็นช้ากว่าภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3. น้ำ

แหล่งน้ำเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดไอน้ำ บนพื้นโลกมีน้ำอยู่มาก ความร้อนจากดวงอาทิตย์จะทำให้น้ำระเหยเป็นไอน้ำ ลอยขึ้นไปในอากาศ ทำให้ในอากาศมีไอน้ำอยู่เสมอไม่มากก็น้อย ถ้าปริมาณไอน้ำในอากาศมากที่สุดจะเป็นไอน้ำอิ่มตัว ซึ่งพร้อมที่จะควบแน่นเป็นละอองน้ำรวมตัวกลายเป็นเมฆ เมื่อละอองน้ำภายในก้อนเมฆมีปริมาณมากเกินแรงพยุง จะตกลงมาจากฐานเมฆกลายเป็นฝนไหลไปสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ เรียกว่า วัฏจักรของน้ำ น้ำเป็นสาเหตุอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้ลมฟ้าอากาศเปลี่ยนแปลง

4. อากาศ

อากาศหรือบรรยากาศ ซึ่งเคลื่อนที่จะหอบเอาไอน้ำไปด้วย ทำให้เกิดปรากฏการณ์ของอากาศ ลมอาจจะพัดพาฝุ่น ผงดิน และเศษวัสดุ ฟุ้งกระจายในอากาศ ตลอดจนหอบเอาหลังคาและทำให้ต้นไม้หรือเสาไฟฟ้าล้มได้ อากาศที่เคลื่อนที่เป็นสาเหตุหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้ลมฟ้าอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลง

ภูมิอากาศ (Climate)

ภูมิอากาศ หมายถึง ลักษณะที่ได้สังเกตมาจากกาลอากาศ (Weather) หรือลมฟ้าอากาศ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ทำให้ทราบลักษณะของภูมิอากาศในภูมิภาคต่าง ๆ ว่า มีลักษณะเป็นอย่างไร (ทวี ทองสว่าง, 2543 : 391) ดังนั้น ลักษณะภูมิอากาศบนพื้นผิวโลกจึงเป็นลักษณะหนึ่งของลมฟ้าอากาศที่สังเกตต่อเนื่องกันไปตามระยะเวลา เช่น ภูมิอากาศของประเทศไทยค่อนข้างร้อน มีฝนตกชุกในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เป็นต้น ส่วนกาลอากาศหรือลมฟ้าอากาศเป็นการสังเกตอากาศประจำวันในขณะใดขณะหนึ่ง ซึ่งไม่ครอบคลุมเหมือนกับภูมิอากาศ และภูมิอากาศเป็นการมองสภาพอากาศในภาพรวมของแต่ละท้องถิ่น ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งสภาพภูมิประเทศ และอิทธิพลของกระแสน้ำในมหาสมุทร

การจำแนกภูมิอากาศโดยอาศัยหลักเกณฑ์การจำแนกเขตภูมิอากาศ เป็นการนำข้อมูลภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ หยาดน้ำฟ้า มวลอากาศ แนวปะทะอากาศ รวมทั้งพืชพรรณธรรมชาติ เป็นปัจจัยหลักในการจำแนกเขตภูมิอากาศ ซึ่งมีรายละเอียดการจำแนกภูมิอากาศ ดังนี้

1. การจำแนกภูมิอากาศโดยยึดอุณหภูมิเป็นหลัก (Temperature as basis of climate classification)

การแบ่งเขตภูมิอากาศของโลกโดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ เขตอากาศหนาว (Frigid zone) เขตอากาศอบอุ่น (Temperate zone) และเขตอากาศร้อน (Torrif zone) โดยมีเส้นอุณหภูมิเสมอภาค (Isotherm) จากแผนที่เป็นแนวแบ่งแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก ดังนี้ (ปานทิพย์ อัฒนาวิช, 2532 : 222 – 223 และทวี ทองสว่าง, 2543 : 393)

1.1 เขตอากาศหนาว

เขตอากาศหนาวเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเส้นอุณหภูมิเสมอภาค มีอุณหภูมิอยู่ที่ 10 องศาเซลเซียส บริเวณดังกล่าว ได้แก่ บริเวณตั้งแต่ละติจูด 65 องศาเหนือ ไปจนถึงขั้วโลกเหนือ และบริเวณประมาณตั้งแต่ละติจูด 50 องศาใต้ ไปจนถึงขั้วโลกใต้ ซึ่งไม่ปรากฏฤดูร้อนอย่างชัดเจนในบริเวณดังกล่าว เขตละติจูดสูง ประมาณ 60 องศา - 90 องศาเหนือและใต้ ขึ้นไปอุณหภูมิต่ำไม่มีฤดูร้อน ลักษณะอากาศที่ไม่มีฤดูร้อน ซึ่งหมายถึง ไม่มีเดือนใดที่จะมีอุณหภูมิสูงกว่า 10 องศาเซลเซียส เส้นอุณหภูมิเสมอภาคจะลากผ่านแนวละติจูดทางตอนเหนือผ่านทวีปอเมริกาเหนือและยูเรเชีย แต่จะวกลงสู่เขตละติจูดกลางในเขตที่เป็นมหาสมุทร

1.2 เขตอากาศอบอุ่น

เขตอากาศอบอุ่นเป็นบริเวณที่อยู่ระหว่างเส้นอุณหภูมิเสมอภาคมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 10 องศาเซลเซียส ถึง 18 องศาเซลเซียส บริเวณดังกล่าว ได้แก่ บริเวณประมาณตั้งแต่ละติจูด 25 องศาเหนือ ถึง 65 องศาเหนือ และ 25 องศาใต้ ถึง 50 องศาใต้ เป็นเขตละติจูดกลาง ระหว่าง 30 องศา - 60 องศาเหนือและใต้ บริเวณดังกล่าวจะมีฤดูร้อน และฤดูหนาวปรากฏเด่นชัดสลับกันในรอบปี

1.3 เขตอากาศร้อน

เขตอากาศร้อนเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเส้นอุณหภูมิเสมอภาค 18 องศาเซลเซียส ได้แก่ บริเวณโดยรอบเส้นศูนย์สูตรทั้งเหนือและใต้ ประมาณระหว่างละติจูด 25 องศาเหนือและใต้ บริเวณดังกล่าวไม่ปรากฏฤดูหนาวชัดเจนในรอบปี เป็นเขตละติจูดต่ำ ระหว่าง 30 องศาเหนือ ถึง 30 องศาใต้ อุณหภูมิสูงไม่มีฤดูหนาว

2. การจำแนกภูมิอากาศโดยอาศัยหยาดน้ำฟ้าเป็นหลัก (Precipitation as a Basis of Climate Classification)

หยาดน้ำฟ้ามีผลต่อการงอกงามของพืชพรรณ ระบบการระบายน้ำ ความชื้นของดินและน้ำใต้ดิน ทำให้สามารถพิจารณาปริมาณและการกระจายของฝน และหิมะตามฤดูกาลได้ ซึ่งนับเป็นพื้นฐานของการจำแนกลักษณะอากาศได้ ลักษณะภูมิอากาศโดยพิจารณาปริมาณน้ำฝนเป็นเกณฑ์แบ่งออก 5 ประเภท คือ แห้งแล้ง (Arid) กึ่งแห้งแล้ง (Semiarid) กึ่งชุ่มชื้น (Subhumid) ชุ่มชื้น (Humid) และชุ่มชื้นมาก (Very humid) (ปานทิพย์ อัฒนาวิช, 2532 : 224 - 225 และทวี ทองสว่าง, 2543 : 393 - 394) แสดงดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ประเภทของภูมิอากาศโดยพิจารณาปริมาณน้ำฝนเป็นเกณฑ์

ประเภทภูมิอากาศ	ลักษณะฝน	ปริมาณน้ำฝนต่อปี	
		นิ้ว	เซนติเมตร
1. แห้งแล้ง (Arid)	น้อยมาก	0 - 10	0 - 25
2. กึ่งแห้งแล้ง (Semiarid)	เบาบาง	10 - 20	25 - 50
3. กึ่งชุ่มชื้น (Subhumid)	ปานกลาง	20 - 40	50 - 100
4. ชุ่มชื้น (Humid)	หนัก	40 - 80	100 - 200
5. ชุ่มชื้นมาก (Very humid)	หนักมาก	มากกว่า	มากกว่า 200

ที่มา : ปานทิพย์ อ้วนวานิช, 2532 : 224

3. การจำแนกลักษณะภูมิอากาศโดยใช้พืชพรรณและดินเป็นพื้นฐาน (Vegetation and soil as a basis of climate classification)

ภูมิอากาศมีอิทธิพลสำคัญต่อการเกิดและการเจริญงอกงามของพืชพรรณธรรมชาติ ดังนั้น การแบ่งเขตภูมิอากาศโดยใช้ชนิดของพืชพรรณธรรมชาติเป็นพื้นฐาน และนำเอาอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีมาพิจารณาประกอบด้วย (ปานทิพย์ อ้วนวานิช, 2532 : 225) ในการจำแนกลักษณะภูมิอากาศตามลักษณะของพืชพรรณและดินเป็นพื้นฐานนั้น ได้จำแนกประเภทภูมิอากาศได้ 11 ลักษณะ ดังนี้ (ทวี ทองสว่าง, 2543 : 397 - 398)

3.1 ป่าฝนเขตร้อน (Tropical rainy forest) เป็นป่าที่มีต้นไม้ขึ้นหนาแน่น ใบไม้เขียวชุ่มตลอดปี มีเถาวัลย์และพืชต่าง ๆ ปกคลุมพื้นดิน และมีไม้พุ่มจำนวนน้อยมาก

3.2 ป่ามรสุม (Light tropical rainy forest) เป็นป่าไม้ไม่ทึบมาก ต้นไม้มีลำต้นเล็กกว่าป่าฝนเขตร้อน มีฤดูแล้ง 1-2 เดือน

3.3 ป่าไม้พุ่มและไม้หนาม (Scrub and thorn forest) เป็นทุ่งโล่ง มีปริมาณน้ำฝนน้อย

3.4 ป่าไม้พุ่มแบบเมดิเตอร์เรเนียน (Mediterranean scrub forest) มีไม้ผลัดใบเล็ก ๆ เช่น ต้นโอ๊ก ต้นมะกอก เป็นต้น นอกจากนี้ มีไม้พุ่มใบเป็นมัน และหญ้าพุ่มขึ้นทั่ว ๆ ไป

3.5 ป่าไม้ใบกว้างเขตอบอุ่น (Broad leaf forest) เป็นป่าไม้เนื้อแข็งที่มีการผลัดใบ เช่น ต้นเมเปิล ต้นโอ๊ก ต้นฮิกกอรี่ เป็นต้น ในบริเวณที่สูงอาจมีไม้สนขึ้นปนด้วย

3.6 ป่าสน (Taiga) เป็นบริเวณใกล้ขั้วโลก ไม้สน เช่น สปรูซ (Spruce) เฟอร์ (Fir) เฮมล็อก (Hemlock) เป็นต้น

3.7 ทุ่งหญ้าเขตร้อน (Savanna) มีต้นไม้ยืนต้นสลัดพุ่มหญ้า

3.8 ทุ่งแพรรี่ (Prairies) เป็นทุ่งหญ้าที่ขึ้นในบริเวณที่ราบ ที่ราบสูง และที่ริมขอบเป็นทุ่งหญ้ายาว ในบริเวณตอนกลางของสหรัฐอเมริกา แคนาดา ยุโรปตะวันออก อาร์เจนตินาและอูรุกวัย

3.9 ทุ่งสเตปป์ (Stepps) เป็นทุ่งหญ้าสั้นที่ขึ้นในบริเวณที่ราบ ที่ราบสูง และริมขอบทะเลทราย

3.10 ทุ่งหญ้าในทะเลทราย (Desert shrub) มีพืชผลที่ทนต่อความแห้งแล้ง เช่น ตะบองเพชร (Cactus) เป็นต้น

3.11 ทุนดรา (Tundra) ไม่มีต้นไม้ยืนต้น พืชผลแบบตะไคร่น้ำ

4. การจำแนกภูมิอากาศตามแบบคอปเปน (The Koppen climate classification system)

การใช้ข้อมูลใดเพียงอย่างเดียวอาจทำให้การจำแนกเขตภูมิอากาศไม่สมบูรณ์อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้น การจำแนกเขตภูมิอากาศแบบคอปเปนใช้ข้อมูลภูมิอากาศ 2 อย่าง คือ อุณหภูมิและหยาดน้ำฟ้าเป็นเกณฑ์ สามารถจำแนกภูมิอากาศออกเป็น 5 เขต โดยใช้สัญลักษณ์เป็นตัวอักษรตัวใหญ่อธิบายอุณหภูมิ คือ A, B, C, D และ E และตัวที่สองใช้ตัวอักษรตัวเล็กประกอบการอธิบายหยาดน้ำฟ้า และตัวที่สามยังใช้ตัวอักษรตัวเล็กเป็นประกอบการอธิบายอุณหภูมิเดือนที่ร้อนที่สุดกับเดือนที่หนาวที่สุด ดังนี้ (ทวิ ทองสว่าง, 2543 : 399 – 403 นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 131 - 133)

4.1 ภูมิอากาศร้อน (A: Tropical climates)

ภูมิอากาศร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยทุกเดือนสูงกว่า 18 องศาเซลเซียส ภูมิอากาศนี้ไม่มีฤดูหนาว แบ่งเป็นภูมิอากาศย่อยโดยใช้ปริมาณน้ำฝนเป็นเกณฑ์ ดังนี้

4.1.1 ภูมิอากาศร้อนชื้น (Af: Tropical rainforest climate) อากาศร้อนชื้น มีฝนตกชุกทุกเดือนตลอดปี ปริมาณฝนกระจายทุกเดือนตลอดปี และปริมาณฝนเดือนที่น้อยที่สุดมากกว่า 60 มิลลิเมตร หรือ 2.4 นิ้ว

4.1.2 ภูมิอากาศแบบมรสุม (Am: Tropical monsoon climate) อากาศร้อนชื้นแบบมรสุม ปริมาณฝนรวมตลอดปีค่อนข้างสูงในช่วงที่ได้รับลมมรสุมจะเป็นช่วงฤดูฝน มีปริมาณฝนสูงมีระยะเวลา 1 - 3 เดือน ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 60 มิลลิเมตร หรือ 2.4 นิ้ว

4.1.3 ภูมิอากาศแบบสะวันนา (Aw: Tropical savanna climate) อากาศร้อนชื้น ฤดูหนาวแห้งแล้ง มีลักษณะอากาศชื้นและแห้งแล้งแตกต่างกัน ช่วงที่อากาศชื้นมีฝนตกในฤดูร้อนและอากาศแห้งในฤดูหนาว มีระยะเวลาหลายเดือนที่ฝนตกมีปริมาณน้อยกว่า 60 มิลลิเมตร หรือ 2.4 นิ้ว

4.2 ภูมิอากาศแห้งแล้ง (B: Dry climates)

ภูมิอากาศแห้งแล้งเป็นบริเวณที่มีการระเหยของน้ำสูง ไม่มีปริมาณฝนเหลือพอที่จะเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร ปรากฏทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น แบ่งเป็นภูมิอากาศย่อย ดังนี้

4.2.1 ภูมิอากาศกึ่งทะเลทรายหรือภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้ากึ่งทะเลทราย (Bs: Steppe climate) ลักษณะพื้นที่เป็นทุ่งหญ้าสั้น ๆ ปริมาณฝนอยู่ระหว่าง 250-750 มิลลิเมตร หรือ 10-30 นิ้ว พบอยู่รอบทะเลทราย บริเวณที่มีอากาศร้อนและทะเลทรายบริเวณอากาศอบอุ่น ทำให้แบ่งภูมิอากาศย่อยเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

- 1) อากาศแห้งแล้งแบบทุ่งหญ้ากึ่งทะเลทรายแถบร้อน (Bsh)
- 2) อากาศแห้งแล้งแบบทุ่งหญ้ากึ่งทะเลทรายแถบหนาว หรือเย็น (Bsk)

4.2.2 ภูมิอากาศแบบทะเลทราย (Bw: Desert climate) ปริมาณฝนตลอดปีน้อยกว่า 250 มิลลิเมตร หรือ 10 นิ้ว ส่วนมากพบอยู่ตอนในของภาคพื้นทวีปทั้งบริเวณอากาศร้อนและบริเวณอากาศอบอุ่น ทำให้แบ่งภูมิอากาศย่อยเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

- 1) อากาศแห้งแล้งแบบทะเลทรายแถบร้อน (Bwh)
- 2) อากาศแห้งแล้งแบบทะเลทรายแถบหนาวหรือเย็น (Bwk)

4.3 ภูมิอากาศอบอุ่น (C: Warm temperate climates หรือ mesothermal climates)

ภูมิอากาศอบอุ่นมีอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนที่หนาวที่สุดต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส แต่สูงกว่า -3 องศาเซลเซียส และเดือนที่ร้อนที่สุดอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 10 องศาเซลเซียส แบ่งเป็นภูมิอากาศย่อย ดังนี้

4.3.1 ภูมิอากาศอบอุ่นชุ่มชื้นตลอดปี (Cf: Temperate rainy climate moist in all season) ปริมาณฝนกระจายตลอดปี เดือนที่ฝนมีปริมาณน้อยที่สุดมากกว่า 30 มิลลิเมตร หรือ 1.2 นิ้ว อุณหภูมิของอากาศบางเดือนต่างกัน ทำให้แบ่งภูมิอากาศย่อยเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

- 1) ภูมิอากาศอบอุ่นชื้น ฝนตกตลอดปี ฤดูร้อนอากาศร้อนมาก (Cfa)
- 2) ภูมิอากาศอบอุ่นชื้น ฝนตกตลอดปี ฤดูร้อนอากาศร้อนปานกลาง (Cfb)
- 3) ภูมิอากาศอบอุ่นชื้น ฝนตกตลอดปี มีอากาศค่อนข้างหนาวเย็นในฤดูร้อน (Cfc)

4.3.2 ภูมิอากาศอบอุ่นชื้นและแห้งในฤดูหนาว (Cw: Temperate rainy climate with dry winter) ฤดูร้อนปริมาณฝนสูง ภูมิอากาศย่อยมี 2 ลักษณะ ดังนี้

- 1) ภูมิอากาศอบอุ่นชื้น ฤดูหนาวแห้งแล้ง ฤดูร้อนร้อนมาก (Cwa)
- 2) ภูมิอากาศอบอุ่นชื้น ฤดูหนาวแห้งแล้ง ฤดูร้อนสั้น (Cwb)

4.3.3 ภูมิอากาศอบอุ่นชื้นและแห้งในฤดูร้อน หรือ ภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียน (Cs: Temperate rainy climate with dry summer หรือ Mediterranean climate) ฤดูหนาวมีปริมาณฝนสูง อุณหภูมิของอากาศบางเดือนต่างกันทำให้แบ่งภูมิอากาศย่อยเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

- 1) ภูมิอากาศอบอุ่นชื้น มีฤดูร้อนแห้งแล้งและร้อนจัด (Csa)
- 2) ภูมิอากาศอบอุ่นชื้น มีฤดูร้อนแห้งแล้ง อุณหภูมิปานกลาง Csb

4.4 ภูมิอากาศหนาว (D: Snow climates หรือ Cold climates หรือ Microthermal climates)

ภูมิอากาศหนาว มีอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนที่หนาวที่สุดต่ำกว่า -3 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนที่ร้อนที่สุดสูงกว่า 10 องศาเซลเซียส ทำให้แบ่งเป็นภูมิอากาศย่อย ดังนี้

4.4.1 ภูมิอากาศหนาวชุ่มชื้นตลอดปี (Df: Cold snowy climate moist in all season) ภูมิอากาศชื้นมีอุณหภูมิต่ำ ฝนตกตลอดปี ปริมาณฝนกระจายตลอดปี อุณหภูมิของอากาศบางเดือนต่างกัน ทำให้แบ่งภูมิอากาศย่อยเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

- 1) อากาศชื้นอุณหภูมิต่ำ ฝนตกตลอดปี ฤดูร้อนร้อนมาก (Dfa)
- 2) อากาศชื้นอุณหภูมิต่ำ ฝนตกตลอดปี ฤดูร้อนปานกลาง (Dfb)
- 3) อากาศเย็น มีหิมะตก ฤดูร้อนสั้น (Dfc)

4.4.2 ภูมิอากาศหนาวชื้นและแห้งแล้งในฤดูหนาว (Dw: Cold snowy climate with dry winter) อุณหภูมิของอากาศบางเดือนต่างกัน ทำให้แบ่งภูมิอากาศย่อยเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

- 1) อากาศชื้นอุณหภูมิต่ำ ฤดูหนาวแห้งแล้ง ฤดูร้อนมาก (Dwa)
- 2) อากาศชื้นอุณหภูมิต่ำ ฤดูหนาวแห้งแล้ง ฤดูร้อนร้อนปานกลาง (Dwb)
- 3) อากาศชื้นอุณหภูมิต่ำ ฤดูหนาวแห้งแล้ง มีฤดูร้อนที่ค่อนข้างหนาวเย็น (Dwc)
- 4) อากาศชื้นอุณหภูมิต่ำ ฤดูหนาวแห้งแล้ง มีฤดูร้อนอากาศหนาวจัด (Dwd)

4.5 ภูมิอากาศน้ำแข็ง (E: Ice climates) อุณหภูมิเฉลี่ยเดือนที่ร้อนที่สุดต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ภูมิอากาศนี้ไม่มีฤดูร้อน การแบ่งภูมิอากาศย่อยพิจารณาจากอุณหภูมิเดือนที่หนาวที่สุดหรือเดือนที่ร้อนที่สุด ดังนี้

4.5.1 ภูมิอากาศแบบทุนดรา (ET: Tundra climate) พบบริเวณใกล้ขั้วโลก มีน้ำแข็งปกคลุมเกือบตลอดปี ระยะเวลา 1-3 เดือน ที่น้ำแข็งละลาย ส่วนน้ำใต้ดินเป็นน้ำแข็ง ตลอดเวลา เดือนที่อุณหภูมิร้อนที่สุดต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส แต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง มีพืชขึ้นได้บ้าง

4.5.2 ภูมิอากาศแบบพืดน้ำแข็ง (EF: Ice cap climate) พบบริเวณขั้วโลก มีน้ำแข็งปกคลุมตลอดปี อุณหภูมิเดือนที่ร้อนที่สุดต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ไม่มีพืชขึ้นได้เลย

5. ภูมิอากาศของประเทศไทย

ประเทศไทยประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย ระหว่างละติจูด $5^{\circ} 37'$ เหนือ กับ $20^{\circ} 27'$ เหนือ และระหว่างลองจิจูด $97^{\circ} 22'$ ตะวันออก กับ $105^{\circ} 37'$ ตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 513,115 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร ทำให้ ภูมิอากาศ ของประเทศมีลักษณะเป็นแบบร้อนชื้นหรือภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสะวันนา (Aw) ตามการแบ่งเขตภูมิอากาศแบบเคิปปิน ในขณะที่ยกใต้และทางตะวันตกสุดของภาคตะวันออกเฉียงใต้เป็นเขตภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (Am) ทั่วประเทศมีอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 19-38 องศาเซลเซียส อากาศจะร้อนที่สุดช่วงกลางเดือนเมษายน หลังจากนั้น ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือทำให้ประเทศไทยเข้าสู่ฤดูฝนและฤดูหนาวตามลำดับ พื้นที่ทั้งประเทศได้รับ ปริมาณฝนอย่างเพียงพอ ยกเว้นบางพื้นที่เท่านั้น แต่ระยะเวลาของฤดูฝนและปริมาณฝนมีความแตกต่างกันไปตามภูมิภาคและระดับความสูง

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศอันเป็นผลจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของบรรยากาศโลกโดยตรงหรือโดยอ้อม และเพิ่มเติมจากความแปรปรวนของสภาวะอากาศตามธรรมชาติที่สังเกตได้ในช่วงระยะเวลาเดียวกัน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน ฤดูกาล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตที่จะต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศในบริเวณที่สิ่งมีชีวิตนั้นอาศัยอยู่ (ดวงเดือน พินสุวรรณ, 2555 : 14-73) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และปรากฏการณ์เอลนีโญ – ลานีญา

1. ภาวะโลกร้อน (Global warming)

ภาวะโลกร้อนนี้มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากอุณหภูมิโดยรวมสูงขึ้น ทำให้ ฤดูกาลต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไป สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปได้จะค่อย ๆ ตายลงและอาจสูญพันธุ์ไปในที่สุด

ภาวะโลกร้อน หมายถึง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศใกล้พื้นผิวโลกและน้ำในมหาสมุทร (ดวงเดือน พินสุวรรณ, 2555 : 14-74) จากการสังเกตการณ์การเพิ่มอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกที่เกิดขึ้น ตั้งแต่กลางคริสต์ศตวรรษที่ 20 หรือประมาณตั้งแต่ พ.ศ. 2490 ก่อนข้างแน่ชัดว่า ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยกิจกรรมของมนุษย์มีการเพิ่มความเข้มข้น เป็นผลให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

1.1 ปรากฏการณ์เรือนกระจก

การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ทำให้บรรยากาศของโลกอบอุ่น เมื่อพื้นโลกได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน และคายพลังงานความร้อนออกมา แต่เมื่อมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์เพิ่มมากขึ้น เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การตัดไม้ทำลายป่า การทำการเกษตรและการปศุสัตว์ปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ ควีนจากท่อไอเสียรถยนต์ รวมทั้งกระบวนการแปรรูปอุตสาหกรรมปล่อยสารฮาโลคาร์บอน (CFCs, HFCs, PFCs) เป็นต้น มีผลทำให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น

1.2 ผลกระทบของปรากฏการณ์เรือนกระจก

ผลกระทบของปรากฏการณ์เรือนกระจกมีผลโดยตรงต่อสภาวะโลกร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มสูงขึ้นเป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แนวโน้มของผลกระทบที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ มีดังนี้ (นำพลีย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 152 - 158)

1.2.1 แนวโน้มของผลที่เกิดจากปรากฏการณ์โลกร้อนต่อสภาพอากาศ พบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ระดับผิวโลกจะเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 1.4 -5.8 องศาเซลเซียส ในช่วง ค.ศ. 1993 ถึง ค.ศ.2100 ซึ่งถือเป็นอัตราการเพิ่มที่สูงที่สุดในรอบ 1 หมื่นปีที่ผ่านมา ปริมาณหยาดน้ำฟ้าโดยเฉลี่ยจะเกิดมากขึ้นและจะมีการผันแปรมากขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของปี การผันแปรของสภาพอากาศรุนแรง เช่น การเกิดฝนตกหนัก น้ำท่วมฉับพลัน ภาวะความแห้งแล้ง พายุเฮอริเคนจะมีบ่อยครั้ง เป็นต้น ชั้นของหิมะและน้ำแข็งในแถบขั้วโลกเหนือจะลดจำนวนลงมากขึ้นกว่าเดิม แต่ในเขตขั้วโลกใต้อาจเพิ่มจำนวนขึ้น ระดับความสูงของน้ำทะเลทั่วโลกจะสูงขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 0.09 ถึง 0.88 เมตร ในระหว่าง ค.ศ. 1990 ถึง ค.ศ. 2100 เนื่องมาจากการขยายตัวขึ้นของน้ำทะเลตามอุณหภูมิและการละลายของหิมะและชั้นน้ำแข็งที่อยู่ในแถบขั้วโลก

1.2.2 แนวโน้มของผลที่เกิดจากปรากฏการณ์โลกร้อนต่อสุขภาพชีวิตและความเป็นอยู่ของประชากร สภาวะโลกร้อนที่ส่งผลต่อสภาวะความเสื่อมถอยของธรรมชาติและสภาพแวดล้อมของมนุษย์ พบว่า เกิดคลื่นความร้อน ซึ่งจะมีความถี่มากขึ้นเรื่อย ๆ สภาพอากาศแห้งแล้ง ไฟป่า น้ำท่วมชายฝั่ง พายุรุนแรง เพิ่มความเสียหายต่อชีวิตทรัพย์สินมากขึ้น และอันตรายจากเชื้อโรคที่มีสัตว์เป็นพาหะ การสูญเสียห่วงโซ่อาหารและระบบนิเวศ (Ecosystem loss) เป็นการสูญเสียระบบขับเคลื่อนทางชีววิทยาต่าง ๆ ปะการังในทะเลจะเปลี่ยนสีจนฟอกขาวด้วยผลกระทบทางเคมี พื้นที่ที่จะพบปัญหาหนัก คือ ทะเลบริเวณประเทศนิวซีแลนด์ สูญเสียระบบห่วงโซ่อาหารและแพร่ขยายไปยังบริเวณอื่น ๆ สัตว์ใต้ทะเลในระบบนิเวศที่เป็นอาหารของมนุษย์จะขาดแคลน โดยพบสารตะกั่วปนเปื้อนมากขึ้น สภาพธรรมชาติทางทะเลเสื่อมโทรมลงอย่างชัดเจนจนสูญเสียความสมบูรณ์ เกิดการยกตัวของระดับชั้นโอโซนสูงขึ้น มีผลต่อระบบการหายใจ ทำให้มีโอกาสเจ็บป่วย และเกิดเชื้อโรคชนิดใหม่ เชื้อโรคบางชนิดเกิดสายพันธุ์ใหม่

สำหรับประเทศไทยพบว่า จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้นปีละ 1 องศาเซลเซียส (ปี 2562 อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 28.1 องศาเซลเซียส สูงกว่าที่เคยเกิดขึ้นในรอบ 30 ปี 1 องศาเซลเซียส) และระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้นปีละ 5 มม. รวมทั้งภัยแล้งที่รุนแรงในปี 2553 และน้ำท่วมในปี 2554 และ 2560 ผลกระทบ ที่เกิดขึ้นคือ มีฝนตกหนักในบางพื้นที่ มีพายุพัดเข้าประเทศบ่อยขึ้น มีฤดูหนาวสั้น

ลง ปัจจุบันในชั้นบรรยากาศมี คาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 380 ส่วนในล้านส่วน หลายพื้นที่อากาศ แปรปรวน มีพายุเกิดขึ้นบ่อยขึ้น ผลกระทบจากภาวะโลกร้อน

2. ปรากฏการณ์เอลนีโญ – ลานีญา

2.1 เอลนีโญ (El Nino)

เอลนีโญเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว เมื่อกระแสน้ำเย็นแปรูปริเวณ ชายฝั่งตะวันตกของทวีปอเมริกาใต้ มีกระแสน้ำอุ่นจากศูนย์สูตรไหลมาแทนที่ ทำให้อุณหภูมิที่ผิวน้ำ สูงขึ้นประมาณ 10 องศาเซลเซียส และมีผลให้ปริมาณแพลงก์ตอนและจำนวนปลาในบริเวณนี้ลดลง ปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดทุก 7-14 ปี (นำพัวล์ย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์, 2558 : 159 - 160) ซึ่งเป็นผลจากการอ่อนกำลังลงของลมค้าตะวันออกเฉียงใต้ในมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อน ผลของ ปรากฏการณ์นี้จะกระทบต่อภูมิอากาศบริเวณชายฝั่งใกล้เคียง กล่าวคือ ทำให้มีฝนตกน้อยลง

2.2 ลานีญา (La Nina)

ลานีญาเป็นปรากฏการณ์ที่ตรงข้ามกับเอลนีโญ โดยลมค้าตะวันออกเฉียงใต้ใน มหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อนพัดพาน้ำอุ่น จากทางตะวันออกเฉียงใต้ไปสะสมอยู่ทางตะวันตก ซึ่งอุณหภูมิผิวน้ำ ทะเลสูงกว่าทางตะวันออกเฉียงใต้แล้ว มีอุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงขึ้นไปอีก ส่งผลให้อากาศลอยตัว และกลั่นตัวเป็นเมฆและฝน บริเวณด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อน บริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย ส่วนด้านตะวันออกเฉียงใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก บริเวณชายฝั่ง ประเทศเอกวาดอร์ เปรู มีการไหลของน้ำเย็นระดับล่างขึ้นมาสู่ผิวน้ำ จะเป็นไปอย่างต่อเนื่องและ รุนแรง อุณหภูมิที่ผิวน้ำทะเลจึงลดต่ำกว่าปกติทำให้บริเวณดังกล่าวแห้งแล้ง ซึ่งเป็นสภาวะปกติ ไม่ใช่ ปรากฏการณ์เอลนีโญ

2.3 เอนโซ (ENSO)

เอนโซ “ENSWO” ย่อมาจาก El Nino Southern Oscillation เป็นปรากฏการณ์ ที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิกและการผันแปรของอากาศใน ชีกโลกใต้ การผันแปรของอากาศดังกล่าว หมายถึง ความกดอากาศระดับน้ำทะเลบริเวณมหาสมุทร แปซิฟิก มีความสัมพันธ์เป็นส่วนกลับกับความกดอากาศระดับน้ำทะเลในมหาสมุทรอินเดีย กล่าวคือ บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกกำหนดให้ใช้ความกดอากาศระดับน้ำทะเลที่เกาะตาทิตี (Tahiti) อยู่ในหมู่ เกาะโซไซเอตี (Society Islands) มีค่าความกดอากาศสูง ส่วนบริเวณมหาสมุทรอินเดียกำหนดให้ใช้ ความกดอากาศระดับน้ำทะเลที่เมืองดาร์วิน (Darwin) ประเทศออสเตรเลีย มีค่าความกดอากาศต่ำ ความแตกต่างระหว่างความกดอากาศของทั้ง 2 เมือง ที่สูงหรือต่ำกว่าค่าปกติ จะใช้เป็นดัชนีบอก ความผันแปรของอากาศในชีกโลกใต้ โดยวัดเป็นความแรงของลมค้า ซึ่งลมพัดจาก ความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ ถ้าดัชนีมีค่าเป็นลบ หมายถึง ความกดอากาศที่เกาะตาทิตี ต่ำกว่าเมืองดาร์วิน แสดงว่าลมค้าพัดอ่อนกว่าปกติหรืออากาศอุ่นกว่าค่าปกติ และถ้าค่าติดลบสูงเป็น เวลานานแสดงถึงสภาวะเอลนีโญ ส่วนดัชนีมีค่าเป็นบวก หมายถึง ความกดอากาศที่เกาะตาทิตีสูงกว่า เมืองดาร์วิน แสดงว่าลมค้าพัดแรงกว่าปกติหรืออากาศเย็นกว่าปกติ และถ้าค่าเป็นบวกสูงเป็น เวลานานแสดงถึงสภาวะลานีญา

สรุปท้ายบท

บรรยากาศเป็นอากาศที่ห่อหุ้มผิวโลกด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก บรรยากาศจะช่วยป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และรังสีอัลตราไวโอเล็ต บริเวณใกล้ผิวโลกบรรยากาศมีความหนาแน่นสูง และเมื่อสูงขึ้นอากาศจะเบาบางลง บรรยากาศประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ อากาศแห้ง ไอน้ำในบรรยากาศ และอนุภาคที่เป็นของแข็ง การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยทั่วไปสามารถจำแนกได้หลายลักษณะ ได้แก่ การจำแนกชั้นบรรยากาศโลกตามองค์ประกอบของบรรยากาศ การจำแนกชั้นบรรยากาศโลกตามเกณฑ์อุณหภูมิ และการจำแนกชั้นบรรยากาศโลกตามสมบัติของก๊าซในบรรยากาศ อากาศเป็นสสาร มีมวล มีตัวตน ต้องการที่อยู่และสัมผัส คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับอากาศ ได้แก่ การแผ่รังสีในบรรยากาศ อุณหภูมิของอากาศ การถ่ายโอนความร้อนในบรรยากาศ ความกดอากาศ แนวปะทะอากาศ และความชื้นของอากาศ ภูมิอากาศ เป็นลักษณะที่ได้สังเกตมาจากลมฟ้าอากาศในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ภูมิอากาศของโลกแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ เขตอากาศหนาว เขตอากาศอบอุ่น และเขตอากาศร้อน

คำถามทบทวน

1. ไอน้ำในบรรยากาศเกิดขึ้นได้อย่างไร
2. ชั้นบรรยากาศโลกมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างไรบ้าง
3. ปัจจัยอะไรบ้างที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในแต่ละวัน
4. ลมฟ้าอากาศ (Weather) และภูมิอากาศ (Climate) มีความแตกต่างกันอย่างไร
5. ปริมาณความร้อนที่โลกจะได้รับจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จะมีมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไรบ้าง
6. เพราะเหตุใด อุณหภูมิของอากาศแต่ละพื้นที่จึงไม่เท่ากัน
7. กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนความร้อนมีอะไรบ้าง แตกต่างกันอย่างไร
8. อากาศอึมครึมด้วยไอน้ำ มีความหมายว่าอย่างไร
9. ฝนฟ้าคะนองเกิดจากการปะทะกันของอากาศในลักษณะใด
10. การจำแนกภูมิอากาศตามแบบคอปเปน ใช้สัญลักษณ์ที่ประกอบด้วยตัวอักษร 3 ตัว ตัวอักษรแต่ละตัวมีความหมายว่าอย่างไร

เอกสารอ้างอิง

- ดวงเดือน พินสุวรรณ. (2555). **ประมวลสาระชุดวิชา หน่วยที่ 11 - 15 ฟิสิกส์และดาราศาสตร์ สำหรับครู**. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์. (2558). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท ด้านสุขภาพการพิมพ์ จำกัด.
- ปานทิพย์ อ้วนวานิช. (2532). **ภูมิอากาศวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- _____. (2558). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท ด้านสุขภาพการพิมพ์ จำกัด.
- ทรูปลูกปัญญา. (2561). **บทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.truelookpanya.com/learning/detail/31424/044022>. [23 กรกฎาคม 2561]
- วิรัช มณีสาร, เรือโท. **ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะอากาศตามฤดูกาลของภาคต่าง ๆ ในประเทศไทย**. เอกสารวิชาการเลขที่ 551.582-02-2538, ISBN : 974-7567-25-3, กันยายน 2558.
- ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2559). **มลพิษทางอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. (2561). **อิทธิพลของฤดูกาล**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.lesa.biz/earth/atmosphere/seasons>. [23 กรกฎาคม 2561]
- สงกรานต์ อักษร. (2552). **สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่มที่ 34**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://saranukromthai.or.th/Ebook/BOOK34/book34_7/Default.html. [19 กรกฎาคม 2561]
- สมพงษ์ มนะสุทธิ. (2535). **อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- _____. (2537). **อุตุนิยมวิทยาทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สุวพันธ์ นิลายน. (2543). **อุตุนิยมวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุตุนิยมวิทยา. กรม. (2561). **ลมมรสุม**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=52>. [19 กรกฎาคม 2561]
- ไอเอ็นเนอร์จี้กูรู. (2561). **พลังงานลม**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://ienergyguru.com/2015/07/ประเภทของลม/>. [19 กรกฎาคม 2561]
- De Nevers, N. (2000). **Air pollution engineering manual**. 12th ed. New York: John Wiley & Sons.
- Peavy, H.S., Rowe, D.R. & Tchobanaglou, G. (1985). **Environmental engineering (international ed.)**. Singapore: McGraw-Hill.
- Strahler, Alan and Strahler, Arthur. (2002). **Physical Geography**. New York: John Wiley & Sons, Inc.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8

หัวข้อเนื้อหา

1. อุตุนิยมวิทยา
 - 1.1 ความหมายของอุตุนิยมวิทยา
 - 1.2 ความเป็นมาของการพยากรณ์อากาศในประเทศไทย
 - 1.3 ประโยชน์ของอุตุนิยมวิทยา
2. ระบบการตรวจอากาศ
 - 2.1 สารประกอบอุตุนิยมวิทยา
 - 2.2 สถานีตรวจอากาศ
 - 2.3 การตรวจอากาศ
3. แผนที่อากาศ (Synoptic weather chart)
4. การพยากรณ์อากาศ
 - 4.1 วิธีการพยากรณ์อากาศ
 - 4.2 ขั้นตอนการพยากรณ์อากาศ
 - 4.3 ระยะเวลา

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายความหมายของอุตุนิยมวิทยา ความเป็นมาของการพยากรณ์อากาศในประเทศไทย และประโยชน์ของอุตุนิยมวิทยา
2. อธิบายหลักการ ลักษณะ ขั้นตอนการทำงานของระบบการตรวจอากาศ
3. วิเคราะห์และแปลความหมายสัญลักษณ์แสดงสภาพลมฟ้าอากาศบริเวณกว้างบนแผนที่อากาศพื้นผิว และระบุสภาพลมฟ้าอากาศ
4. วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และนำข้อมูลสารสนเทศทางอุตุนิยมวิทยาต่าง ๆ และพยากรณ์อากาศมาวางแผนการดำเนินชีวิตและประกอบอาชีพให้สอดคล้องกับสภาพลมฟ้าอากาศ

วิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. วิธีสอน

- 1.1 วิธีสอนแบบบรรยาย ประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์
- 1.2 วิธีสอนแบบสืบเสาะ ให้ผู้เรียนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการตั้งคำถาม และสืบเสาะแสวงหาข้อเท็จจริงหรือข้อมูล
- 1.3 วิธีสอนแบบปฏิบัติการ ให้นักศึกษาใช้กระบวนการพินิจภายในจิตใจของนักศึกษาเอง หรือวิเคราะห์จิตใจและประสบการณ์ของตนเอง

1.4 วิธีสอนแบบอภิปราย โดยกำหนดหัวข้อในการอภิปรายถึงการพยากรณ์อากาศ และการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยหลักวิทยาศาสตร์ให้นักศึกษาร่วมอภิปราย โดยมีครูเป็นผู้แนะนำ

2. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

2.1 นำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้คำถาม เช่น กระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมอย่างไร มีความสำคัญอย่างไร เป็นต้น

2.2 ให้นักศึกษาศูจิตทัศน์เกี่ยวกับการกระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมพร้อมทั้งอธิบายความเข้าใจของตนเองถึงขั้นตอน

2.3 กิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มช่วยกันสืบเสาะแสวงหาข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จากนั้นนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น

2.4 ให้นักศึกษาร่วมกันศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยมีการวาดภาพประกอบ

2.5 นักศึกษาช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้ และตอบคำถามท้ายบท

สื่อการเรียนรู้การสอน

1. หนังสือ ตำรา และเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. สื่อนำเสนอประกอบการบรรยาย
3. ฐานข้อมูลอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์อาจารย์
4. วิดีทัศน์เกี่ยวกับการพยากรณ์อากาศ และการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ด้วยหลักวิทยาศาสตร์

การวัดผลและประเมินผล

1. ผู้เรียนตอบคำถามทบทวนด้านความรู้ความเข้าใจในแบบทดสอบท้ายบทเรียน
2. ผู้เรียนสนทนาแลกเปลี่ยนความรู้จากผลการศึกษาค้นคว้า
3. ผู้เรียนนำเสนองานตรงเวลา มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย แสดงความคิดเห็นสร้างสรรค์
สื่อในการนำเสนอน่าสนใจ
4. วัดความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับการพยากรณ์อากาศ และการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยหลักวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบ
5. สังเกตพฤติกรรมการเรียน และความรับผิดชอบจากการทำงานกลุ่ม

บทที่ 8

การพยากรณ์อากาศ และการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ด้วยหลักวิทยาศาสตร์

สภาพภูมิอากาศของโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ตั้งแต่อดีตจนกระทั่งถึงปัจจุบัน การพยากรณ์อากาศมีความสำคัญกับการดำเนินชีวิตมนุษย์ในอาชีพต่าง ๆ เช่น เกษตรกรรม การคมนาคมขนส่ง การอุตสาหกรรม การบริการสำหรับประชาชน ตลอดจนการค้นคว้า และทดลองต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ ส่วนมากต้องพึ่งพาอากาศและสภาพภูมิอากาศ ดังนั้น จึงนับได้ว่า การพยากรณ์อากาศเป็นเรื่องสำคัญกับประชากรทั่วไป อุตุนิยมวิทยาเกี่ยวข้องกับมนุษย์ สิ่งมีชีวิต พืชและต้นไม้ มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับกิจกรรมทั้งหมดของมนุษย์ ทั้งในด้านการคมนาคมขนส่ง การเกษตร และสภาวะแวดล้อมอื่น ๆ จึงเป็นศาสตร์ที่ต้องศึกษาเรียนรู้ เพื่อประโยชน์ของตนเอง สังคม และประเทศชาติ

อุตุนิยมวิทยา

1. ความหมายของอุตุนิยมวิทยา

อุตุนิยมวิทยามาจากคำว่า “อุตุ” แปลว่า “ฤดู” คำว่า “นิยม” แปลว่า “กำหนด” และ คำว่า “วิทยา” แปลว่า “วิชาความรู้” ดังนั้น อุตุนิยมวิทยา แปลว่า วิชาการกำหนดส่วนของปีหรือ กำหนดฤดู

สมพงษ์ มະนะสุทธิ์ (2535 : 1) กล่าวว่า อุตุนิยมวิทยาเป็นวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับ บรรยากาศและปรากฏการณ์ (Phenomena) ซึ่งปรากฏการณ์เหล่านี้ เรียกว่า ลมฟ้าอากาศ (Weather)

สมรวดี พิภพลงาม (2541 : 393) กล่าวว่า อุตุนิยมวิทยาเป็นวิทยาศาสตร์แห่งธรรมชาติ (Science of Nature) แขนงหนึ่งที่ว่า ด้วยเรื่องราวของบรรยากาศที่ห่มห่อโลก

ครรรพพัชร ว่องอนุกุล (2548 : 1) อธิบายถึงอุตุนิยมวิทยา เป็นวิทยาศาสตร์กายภาพ ที่มีทั้งเคมีและพลวัตของอากาศเป็นการรวมวิชาฟิสิกส์และวิชาภูมิศาสตร์เข้าด้วยกัน เป็นวิทยาศาสตร์ของบรรยากาศ และปรากฏการณ์ของอากาศ เรียกว่า ลมฟ้าอากาศ เช่น ฝน ลม พายุ เป็นต้น ซึ่งแปรปรวนเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาโดยมีการเปลี่ยนแปลงทั้งช้าและเร็ว

สรุปได้ว่า อุตุนิยมวิทยา เป็นวิทยาศาสตร์กายภาพ ที่เกี่ยวข้องกับบรรยากาศที่ห่มห่อโลก และปรากฏการณ์ของอากาศ เรียกว่า ลมฟ้าอากาศ เช่น ฝน ลม พายุ เป็นต้น ซึ่งแปรปรวนเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา

2. ความเป็นมาของการพยากรณ์อากาศในประเทศไทย

การพยากรณ์อากาศเป็นส่วนหนึ่งของวิชาอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเกี่ยวข้องกับการคาดการณ์สภาวะอากาศ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติในประเทศไทย ครรภพัชกร ว่องอนุกุล (2548 : 6 - 7) ได้กล่าวถึงการพยากรณ์อากาศในประเทศไทย ซึ่งสอดคล้องกับเกรียงไกร กอวัฒนา และนายจรูญ เสาศุภเลิศชัย (2553 : 196 - 198) สามารถสรุปความเป็นมาของการพยากรณ์อากาศในประเทศไทย ดังนี้

กองทัพเรือเป็นหน่วยงานแห่งแรกที่ริเริ่มนำการพยากรณ์อากาศมาใช้ โดยพลเรือเอกพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ พระบิดาแห่งกองทัพเรือไทย ทรงตระหนักถึงความปลอดภัยในการเดินเรือว่า จำเป็นต้องรู้เรื่องลมฟ้าอากาศ ดังนั้น จึงทรงให้แทรกวิชาอุตุนิยมวิทยาเข้าไว้ในวิชาการเดินเรือเมื่อ พ.ศ. 2449 และทรงบรรยายวิชานี้ ด้วยพระองค์เอง

ใน พ.ศ. 2466 กิจการอุตุนิยมวิทยาได้เริ่มที่กรมทตน้ำ กระทรวงเกษตรราธิการ (ปัจจุบันคือ กรมชลประทาน) ต่อมาได้จัดตั้งเป็นแผนกอุตุนิยมวิทยาและสถิติ สังกัดกองรักษาน้ำ กรมทตน้ำ และตั้งสถานีตรวจอากาศในต่างจังหวัดหลายสถานี ทำการตรวจฝนและอุณหภูมิอากาศ เพื่อให้ทราบปริมาณของฝนที่ตกตามบริเวณลุ่มน้ำสายต่าง ๆ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาก่อสร้างประตูน้ำในการระบายน้ำและกักเก็บน้ำ ต่อมาใน พ.ศ. 2472 ได้ยกฐานะขึ้นเป็นกองอุตุนิยมวิทยาและสถิติ

ใน พ.ศ. 2479 ได้โอนงานอุตุนิยมวิทยาจากกองอุตุนิยมวิทยาและสถิติ กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรราธิการ มารวมเข้ากับกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ กระทรวงกลาโหม หลังจากนั้น งานอุตุนิยมวิทยาได้มีการขยายปรับปรุงงานก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับ ได้ตั้งสถานีตรวจอากาศกระจายตามท้องถิ่นต่าง ๆ โดยทำงานเป็นเครือข่าย และได้ขยายบริการออกไปอย่างกว้างขวาง

ใน พ.ศ. 2485 กองอุตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ กระทรวงกลาโหม ได้ยกฐานะขึ้นเป็น "กรมอุตุนิยมวิทยา" ขึ้นตรงต่อกองทัพเรือ เมื่อวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2485 ซึ่งถือเป็นวันคล้ายวันสถาปนาของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยมีสถานที่ทำการตั้งอยู่ที่ อาคารเลขที่ 612 ถนนสุขุมวิท ตำบลคลองตัน อำเภอพระโขนง กรุงเทพฯ ปัจจุบันเป็นสวนสาธารณะชื่อ "อุทยานเบญจสิริ" ที่สร้างขึ้นเพื่อน้อมเกล้าฯ ถวายสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ในรัชกาลที่ 9 ในโอกาสทรงเจริญพระชนมพรรษา 60 พรรษา เมื่อวันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2535 และมีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ แต่งตั้งนาวาเอก จรูญ วิชาภัย บุณนาค ดำรงตำแหน่งเจ้ากรมอุตุนิยมวิทยาเป็นคนแรก

ใน พ.ศ. 2492 กรมอุตุนิยมวิทยาได้สมัครเข้าเป็นสมาชิกองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization : WMO) นับเป็นสมาชิกลำดับที่ 19 ซึ่งองค์การอุตุนิยมวิทยาโลกมีสมาชิก 186 ประเทศ องค์การสหประชาชาติได้กำหนดให้วันที่ 23 มีนาคมของทุก ๆ ปี เป็นวันอุตุนิยมวิทยาโลก

ใน พ.ศ. 2505 กองทัพเรือได้แบ่งที่ดินบางส่วนที่บางนาให้แก่กรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อตั้งเป็นส่วนราชการอุตุนิยมวิทยาบางนา ใช้สำหรับขยายกิจการในด้านการค้นคว้าให้กว้างขวางยิ่งขึ้น ซึ่งในสมัยที่จอมพล สฤษดิ์ ธนะรัชต์ ดำรงตำแหน่งนายกรัฐมนตรี ได้เล็งเห็นว่า งานอุตุนิยมวิทยาเป็นกิจการที่สำคัญยิ่ง สมควรยกกิจการอุตุนิยมวิทยาให้เป็นการดำเนินงานในระดับชาติ จึงได้โอนกิจการอุตุนิยมวิทยาจากกองทัพเรือ กระทรวงกลาโหม ไปสังกัดสำนักนายกรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ. 2505 โดยมีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ แต่งตั้ง พลเรือโท จรูญ วิชาภัย บุณนาค เจ้ากรมอุตุนิยมวิทยา ดำรงตำแหน่งอธิบดีกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นคนแรก

วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2515 จอมพล ถนอม กิตติขจร ซึ่งดำรงตำแหน่งนายกรัฐมนตรี เห็นว่างานของกรมอุตุนิยมวิทยา เกี่ยวข้องกับการคมนาคมมากกว่า จึงย้ายมาสังกัดกระทรวงคมนาคม

วันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2535 กรมอุตุนิยมวิทยา ย้ายมาอยู่ที่เขตบางนา และได้เปิดอาคารที่ทำการ "ตึก 50 ปี อุตุนิยมวิทยา" เลขที่ 4353 ถนนสุขุมวิท แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ โดยได้รับพระมหากรุณาธิคุณจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จฯ ทรงเป็นประธานเปิดงาน

วันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2545 ได้ย้ายไปสังกัดกระทรวงซึ่งจัดตั้งขึ้นใหม่ คือ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ตามการปฏิรูประบบราชการ พ.ศ. 2546

วันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2559 ได้มีการปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม ส่งผลให้กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต้องยุบเลิก และจัดตั้งกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมขึ้นใหม่

นอกจากการตรวจวัดอากาศและพยากรณ์อากาศแล้ว กรมอุตุนิยมวิทยายังได้ติดตั้งสถานีตรวจแผ่นดินไหวขึ้นในประเทศไทย เป็นสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวแบบมาตรฐานของโลก โดยได้จัดตั้งขึ้นเป็นแห่งแรกในประเทศไทย เมื่อ พ.ศ. 2506 ณ เชียงดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่

3. ประโยชน์ของอุตุนิยมวิทยา

ประโยชน์ของอุตุนิยมวิทยาจะเกี่ยวข้องกับกิจการต่าง ๆ ของมนุษย์ สรุปได้ดังนี้

3.1 ด้านการเกษตร

เกษตรกรต้องการทราบช่วงเวลาที่เหมาะสม ความชื้นของอากาศ อากาศร้อน อากาศหนาว และสภาวะลมฟ้าอากาศ เพื่อใช้วางแผนเพาะปลูก เก็บผลผลิตให้เหมาะสม และวางแผนสำหรับกำจัดศัตรูพืช การเลี้ยงสัตว์ การทำนาแก้ง การทำบ่อปลา ศูนย์วิจัยการยางใช้ข้อมูลความชื้นแห้งของอากาศเพื่อจะได้ป้องกันเชื้อรา แบคทีเรีย ที่จะทำให้อย่างมีคุณภาพต่ำ ในช่วงเวลาที่ฝนตก ชาวสวนยางจะสามารถวางแผนสำหรับกรีดยางและรีดยางเพื่อทำยางแผ่น รวมทั้งนักวิชาการยางอาศัยข้อมูลอากาศเพื่องานวิจัย

3.2 ด้านการประมง

การประกาศจากกรมอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวกับพายุเป็นประโยชน์สำหรับชาวประมงที่จะนำเรือออกจากฝั่ง สถานีประมงและสถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถใช้ข้อมูลอากาศเพื่อเตรียมการเพาะเลี้ยงกุ้ง ปลา สัตว์น้ำอื่น ๆ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา และใช้ข้อมูลเพื่องานวิจัยการเพาะเลี้ยงดังกล่าวด้วย

3.3 ด้านการคมนาคม

สนามบินต้องทราบลักษณะลมฟ้าอากาศของการบิน ในเขตสนามบินและเส้นทางการบิน เช่น พายุหิมะ หมอก เพื่อให้พนักงานบินนำเครื่องขึ้นลง หรือเมฆที่ก่อตัวแนวตั้งเป็นอุปสรรคต่อการขึ้นลงของเครื่องบินใบพัดเฮลิคอปเตอร์ที่ไม่มีการนำร่อง เป็นต้น วิศวโยธาใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในการวางแผน ออกแบบการสร้างถนนเพื่อให้เส้นทางคมนาคมเหมาะสมกับสภาวะอากาศ

3.4 ด้านอื่น ๆ

เช่น ด้านสาธารณสุข เพื่อเตรียมการป้องกันโรคที่เกิดจากจุลินทรีย์ เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อโรคอื่น ๆ ด้านการทหาร เพื่อวางแผนการฝึกซ้อม การเดินเรือ การคมนาคม การสื่อสาร การเตรียมการเพื่อประกอบภารกิจต่าง ๆ การเดินทาง การเดินเรือ การตากผ้า การตากแห้ง การดำรงชีวิตประจำวัน ได้อย่างปลอดภัยหรือมีอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินน้อยที่สุด เป็นต้น

ระบบการตรวจอากาศ

การตรวจอากาศ หมายถึง การตรวจลักษณะต่าง ๆ ของลมฟ้าอากาศ เรียกว่า สารประกอบอุตุนิยมวิทยา (Meteorological elements) (ครุฑพิชช ว่องอนุกุล, 2548 : 9) การตรวจอากาศนี้เป็นรากฐานของกิจการอุตุนิยมวิทยาทุกสาขา เช่น อากาศการบิน อากาศการเกษตร อุตุนิยมวิทยา การพยากรณ์อากาศ ภูมิอากาศ เป็นต้น ซึ่งจะต้องตรวจทั้งอากาศผิวพื้นและตรวจอากาศชั้นบนของบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์

1. สารประกอบอุตุนิยมวิทยา

สารประกอบอุตุนิยมวิทยา คือ สิ่งที่จะต้องทำการตรวจ ได้แก่ การตรวจด้วยสายตา โดยอาศัยความชำนาญของผู้ตรวจที่ได้ทำการตรวจมาเป็นเวลานาน และคุ้นเคยต่อส่วนประกอบอุตุนิยมวิทยานั้น ๆ เช่น ชนิดและจำนวนเมฆ สถานะของลมฟ้าอากาศ ทิศนวิสัย เป็นต้น การตรวจด้วยเครื่องมือ เช่น ความกดอากาศ อุณหภูมิอากาศ เป็นต้น (สมรวดี พักผลงาม, 2541 : 393) ซึ่งสามารถแบ่งสารประกอบอุตุนิยมวิทยาเป็น 2 ส่วน คือ สารประกอบอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น และสารประกอบอุตุนิยมวิทยาชั้นบน โดยต้องตรวจตามเวลาที่กำหนด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 สารประกอบอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น

สารประกอบอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น ได้แก่ อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความชื้น เมฆ ฝน ความเร็วและทิศทางลม ทิศนวิสัย ตลอดจนลักษณะลมฟ้าอากาศ ซึ่งเป็นการตรวจในระดับความสูงไม่เกิน 1,500 เมตร (ครุฑพิชช ว่องอนุกุล, 2548 : 10)

1.2 สารประกอบอุตุนิยมวิทยาชั้นบน

สารประกอบอุตุนิยมวิทยาชั้นบน ได้แก่ อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความชื้น ความเร็วลม และทิศทางลม เป็นการตรวจในระดับความสูงต่าง ๆ และมีสิ่งที่จะต้องทำการตรวจพิเศษ เช่น ตรวจหาไอโซนในบรรยากาศ เป็นต้น

1.3 เวลาที่ทำการตรวจ

เวลาที่ทำการตรวจใช้เวลามาตรฐานอันเป็นเวลาของเมืองกรีนิช ประเทศอังกฤษ ทั้งนี้เนื่องจากเส้นลองจิจูด (Longitude) 0 องศา ผ่านเมืองนี้ นับเป็นชั่วโมงเริ่มต้น โดยเริ่มที่เวลา 0000 GMT คำว่า GMT ย่อมาจาก Greenwich Mean Time หรือ UTC ซึ่งย่อมาจาก Universal Time Co-ordinate เวลามาตรฐานเป็นเวลาที่ยกกว่าเวลาของประเทศไทย 7 ชั่วโมง เนื่องจากประเทศไทยถือเอาเส้นลองจิจูด 105 องศาตะวันออก) ที่ผ่านจังหวัดอุบลราชธานี เป็นเส้นเวลามาตรฐานของประเทศไทย ดังนั้น เวลาในประเทศไทยจึงเป็นเวลา UTC+7 ชั่วโมง เช่นเวลา 0000 UTC จะเป็นเวลา 07.00 นาฬิกาในประเทศไทย เวลาในการตรวจอากาศแบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลา ดังนี้

- 1) เวลาที่ทำการตรวจอากาศผิวพื้น ในแต่ละวันทำการตรวจทุก ๆ 3 ชั่วโมง
- 2) เวลาที่ทำการตรวจอากาศชั้นบน ในแต่ละวันทำการตรวจทุก ๆ 6 ชั่วโมง

2. สถานีตรวจอากาศ

สถานีตรวจอากาศเป็นสถานที่ที่ทำการตรวจสอบประกอบอุตุนิยมวิทยา เป็นสถานที่ตั้งเครื่องมือไว้สำหรับตรวจสอบประกอบอุตุนิยมวิทยา การติดตั้งเครื่องมือต่าง ๆ ในสถานีตรวจอากาศเป็นแบบเดียวกัน ถ้าเป็นสถานที่ที่ตั้งเครื่องมือกลางแจ้ง เรียกว่า สนามอุตุนิยมวิทยา ชนิดของสถานีตรวจและหน้าที่ของสถานีตรวจอากาศแบ่งได้ 5 ชนิด ดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 ชนิดของสถานีตรวจและหน้าที่

ชนิดของสถานีตรวจอากาศ	หน้าที่
1. สถานีตรวจอากาศเพื่อการพยากรณ์อากาศ	- ตรวจอากาศผิวพื้นและตรวจอากาศชั้นบน
2. สถานีตรวจอากาศประจำถิ่น ได้แก่ สถานีหลัก สถานีธรรมดา สถานีตรวจอากาศ และสถานีฝน	- ตรวจอากาศเพื่อจุดมุ่งหมายเฉพาะ - ตรวจปริมาณฝน
3. สถานีตรวจอากาศเพื่อการเกษตร ได้แก่ สถานีหลัก สถานีธรรมดา หรือสถานีช่วย และสถานีตรวจอากาศ	- ตรวจอากาศผิวพื้น เน้นหลักทางอากาศเพื่อการเกษตร ซึ่งเป็นการตรวจอากาศเพื่อจุดมุ่งหมายเฉพาะ
4. สถานีตรวจอากาศเพื่อการบิน ได้แก่ สถานีหลัก สถานีธรรมดา หรือสถานีช่วย และสถานีตรวจอากาศ	- ตรวจอากาศเพื่อจุดมุ่งหมายเฉพาะ
5. สถานีพิเศษ ได้แก่ สถานีที่ตั้งขึ้นเป็นพิเศษและสถานีอื่น ๆ เช่น <ul style="list-style-type: none"> - สถานีเรดาร์ตรวจอากาศ - สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทก - สถานีตรวจอากาศชายฝั่ง 	- บอกริมาณไอโซน สารเคมีอื่น ๆ ที่หน่วยงานอื่นติดต่อขอทราบข้อมูล - ตรวจกลุ่มฝน ความแรงของฝน - ตรวจกระแส น้ำ ระดับน้ำ - ตรวจคลื่น ลม

ที่มา : ครรภพัชร ว่องอนุกุล, 2548 : 12

3. การตรวจอากาศ

3.1 การตรวจอากาศบนผิวพื้น

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจอากาศผิวพื้นตามสถานีตรวจอากาศในเกือบทุกจังหวัดจะเชื่อมโยงกันเป็นโครงข่าย สถานีตรวจอากาศบนพื้นดินแต่ละแห่งไม่ควรอยู่ห่างจากกันเกิน 150 กิโลเมตร กรมอุตุนิยมวิทยาได้แบ่งสถานีตรวจอากาศออกเป็น 4 ภาค รวมทั้งหมด 122 สถานี ดังนี้ (เกรียงไกร กอวัฒนา และนายจรรยา เสหาเลิศชัย, 2553 : 202) ภาคเหนือ 30 สถานี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 28 สถานี ภาคกลางและภาคตะวันออก 35 สถานี และภาคใต้ 29 สถานี ข้อมูลที่ได้จากการตรวจอากาศผิวพื้น โดยอาศัยเครื่องมือต่าง ๆ หลายชนิด ได้แก่ เครื่องมือที่สำคัญสำหรับสถานีตรวจอากาศโดยทั่วไป เครื่องมือที่อาจจัดหาเพิ่มเติมได้ตามความจำเป็น และเครื่องมือพิเศษใช้ตรวจสภาวะอากาศอื่น ๆ เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจอากาศผิวพื้น สรุปได้ดังนี้ (สมพงษ์ มະนะสุทธิ, 2537 : 103;

สมรวัติ ฟ้าผลงาม, 2541 : 393 – 400; ครรภพัชร ว่องอนุกุล, 2548 : 15 – 16; เกรียงไกร กอวัฒนา และจรรยา เสหาเลิศชัย, 2553 : 199 – 201 และกรมอุตุนิยมวิทยา, 2561 : online)

3.1.1 อุณหภูมิอากาศ

การวัดอุณหภูมิที่พื้นโลกอาจจะกระทำได้หลายวิธีด้วยกัน วิธีที่ปฏิบัติกันมากที่สุด คือ การใช้เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ มีดังนี้

1) อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุด

1.1) เทอร์โมมิเตอร์สูงสุด (Maximum Thermometer) เป็นเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทใช้วัดอุณหภูมิสูงสุดประจำวัน เทอร์โมมิเตอร์มีคอติบบริเวณด้านใต้สเกลกลางสุด เมื่ออุณหภูมิลดลงปรอทจะไม่สามารถไหลย้อนกลับได้

1.2) เทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุด (Minimum Thermometer) เป็นเทอร์โมมิเตอร์แบบบรรจุวัตถุเหลวภายใน เช่น พวงแอลกอฮอล์ น้ำมันใส เป็นต้น ใช้วัดอุณหภูมิต่ำที่สุดประจำวัน โดยมีดัชนี (Index) อยู่ภายในเทอร์โมมิเตอร์ เมื่ออุณหภูมิต่ำลงแอลกอฮอล์จะคูดนิ้วก้านดัชนีลงไปด้วย

2) อุณหภูมิต่ำสุดยอดหญ้า

เทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุดยอดหญ้า (Grass minimum Thermometer) หรือเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดเรดิเอชันของพื้นโลก (Terrestrial radiation Thermometer) เป็นเทอร์โมมิเตอร์ธรรมดา ใช้วัดอุณหภูมิที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อน โดยจะวางให้เป็นแนวนอนบนพื้นหญ้าสั้นให้สัมผัสยอดหญ้าพอดี

3) อุณหภูมิใต้ดิน

เทอร์โมมิเตอร์ใต้ดิน (Soil Thermometers) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิใต้ดินที่ความลึกระดับ 5 เซนติเมตร 10 เซนติเมตร 20 เซนติเมตร 50 เซนติเมตร และ 100 เซนติเมตร เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของรากพืชในระดับต่าง ๆ

3.1.2 ความชื้น

ความชื้น คือ ปริมาณไอน้ำในอากาศ เครื่องมือที่ใช้วัดความชื้นของอากาศเรียกว่า ไฮโครมิเตอร์ (Psychrometer) ซึ่งประกอบด้วย เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน อันหนึ่งเป็นเทอร์โมมิเตอร์ธรรมดา เรียกว่า “เทอร์โมมิเตอร์ตุ้มแห้ง” อีกอันหนึ่งเป็นเทอร์โมมิเตอร์ ที่มีผ้าฝ้ายสลิเปียกชุ่มอยู่ เรียกว่า “เทอร์โมมิเตอร์ตุ้มเปียก” จากการอ่านผลต่างอุณหภูมิของตุ้มเปียกและตุ้มแห้ง โดยเทียบกับแผ่นตารางที่คำนวณไว้ก่อนแล้ว จะสามารถหาความชื้นของอากาศในขณะนั้นได้ เรียกว่า ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)

3.1.3 ความกดอากาศ

การวัดความกดอากาศมีความสำคัญมาก หน่วยที่นิยมใช้วัดความกดของอากาศ คือ มิลลิบาร์ (Millibar) เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดค่าความกดอากาศ เรียกว่า บารอมิเตอร์ (Barometer) มีดังนี้

1) บารอมิเตอร์ปรอท (Mercury Barometer) เป็นบารอมิเตอร์มาตรฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ บารอมิเตอร์แบบคิวและบารอมิเตอร์แบบฟอร์ดิน

1.1) บารอมิเตอร์แบบคิว (Kew Barometer) เป็นบารอมิเตอร์แบบที่กระเปาะปรอทติดแน่นตายตัวอยู่กับลำของหลอดแก้ว ไม่สามารถปรับแต่งระดับปรอทได้ จะแบ่งออกเป็นแบบใช้บนบก (Kew Station) และแบบที่ใช้ในทะเล (Kew Marine)

1.2) บารอมิเตอร์แบบฟอร์ติน (Fortin Barometer) เป็นบารอมิเตอร์แบบสามารถปรับแต่งระดับปรอทให้ผิวหน้าสัมผัสกับเข็มงาช้าง (Ivory pointer) พอดี

2) บารอมิเตอร์แบบแอนีรอยด์ (Aneroid Barometer) เป็นบารอมิเตอร์แบบเคลื่อนไหวสะดวกและพกพาได้อย่างสบาย เนื่องจากมีลักษณะเป็นกระปุกลูกฟูก ภายในเป็นสุญญากาศ ไม่ใช่ปรอท

3) บารอกราฟ (Barograph) เป็นบารอมิเตอร์ชนิดแอนีรอยด์สำหรับใช้ในการจดบันทึกเป็นกราฟ เข็มชี้จะเปลี่ยนเป็นปลายปากกาและสามารถบันทึกลงบนกระดาษกราฟที่พันอยู่รอบทรงกระบอกที่หมุนด้วยลานนาฬิกาได้

3.1.4 ความเร็วและทิศทางของลม

การวัดทิศทางและความเร็วลม เพื่อให้ทราบถึงการเคลื่อนตัวของมวลอากาศว่าเป็นไปในทิศทางใด สำหรับการวัดทิศทางของลมนั้นจะใช้ครลม (Wind vane) ส่วนการวัดความเร็วของลมจะใช้เครื่องวัดที่ เรียกว่า อะนิมอมิเตอร์ (Anemometer) ซึ่งมีหลายชนิด แต่ส่วนมากใช้แบบใบพัดหรือกังหัน หรือใช้แบบถ้วยกลม 3 ใบ และมีก้าน 3 ก้าน ต่อมารวมกันที่แกนกลาง จากแกนกลางจะมีแกนต่อลงมาเบื้องล่าง เมื่อกังหันหมุนจะเกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งทำให้เข็มที่หน้าปัดชี้แสดงความเร็วของลม นอกจากนี้ ยังมีเครื่องบันทึกความเร็ว และทิศทางลมลงบนกราฟ เรียกว่า อะนิมอกราฟ (Anemograph)

3.1.5 ปริมาณน้ำฝน

หยาดน้ำฟ้า หมายถึง น้ำต่าง ๆ ในบรรยากาศที่สามารถตกลงมาสู่พื้นดินได้ เช่น ฝน หิมะ ลูกเห็บ เป็นต้น ปกติใช้วัดเป็นความลึก ซึ่งสูงขึ้นมาจากพื้นดิน หน่วยวัดน้ำฝน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร หรือนิ้ว ประเทศไทยวัดเฉพาะปริมาณน้ำฝนอย่างเดียว ในบางกรณีวัดความแรงของฝนด้วยเพื่อประโยชน์ในการวางผังเมืองและสนามบิน การระบายน้ำ รวมทั้งกิจการที่เกี่ยวกับการเกษตรด้วย เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนมีดังนี้

1) เครื่องวัดฝนแบบจดบันทึก (Rainfall Recorders) ใช้ลักษณะของไซฟอน (Natural Siphon Gauge or Float Type) ดูดน้ำให้ไหลออกจากถังลูกลอย เมื่อฝนตกลงมาจนเต็มถัง จะทำให้อากาศดันน้ำออกมาทางท่อด้านล่าง และเมื่อน้ำไหลออกจากถัง อากาศจะไหลเข้ามาแทนที่ ทำให้ไซฟอนหยุดทำงานโดยทันที

2) เครื่องวัดฝนแบบแก้วตวง เป็นที่นิยมกันแพร่หลาย รูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกกลมตลอด หรือบางที่ทำให้ก้นผายออก เพื่อให้ตั้งได้มั่นคงขึ้น ตัวเครื่องทำด้วยเหล็ก หรือทองแดงที่ไม่เป็นสนิม ตอนขอบบนของเครื่องทำเป็นปากรับน้ำหนักฝนขนาดแน่นอน นิยมใช้ปากถังขนาด 8 นิ้ว ที่ขอบปากถังต้องทำให้หนาเป็นพิเศษกันบุบเบี้ยวหรือเสียรูปทรง ติดตั้งไว้บนพื้นดินเรียบ และสูงจากพื้นดินไม่เกิน 1 เมตร ห้ามติดตั้งไว้ที่ลาดชัน

3) เครื่องวัดฝนแบบชั่งน้ำหนัก (Weighing Type) เป็นแบบที่ใช้น้ำหนักของถังรองรับน้ำรวมกับน้ำหนักของฝนที่ตกลงมา ไปกระทำต่อกลไกของสปริง หรือใช้ระบบสมดุลของน้ำหนัก เครื่องนี้จะไม่มีการระบายน้ำออกเองเมื่อน้ำฝนเต็มถัง กลไกสามารถบันทึกทั้งทางขึ้นทางลงได้ถึง 4 ครั้ง จนกว่าจะถึงขีดสูงสุดของการรายงาน เครื่องนี้ออกแบบเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำให้ลดน้อยลง

3.2 การตรวจอากาศชั้นบน

สถานีตรวจอากาศชั้นบนตั้งอยู่ห่างกันไม่เกิน 250 กิโลเมตร โดยกรมอุตุนิยมวิทยา มีสถานีตรวจอากาศชั้นบนทั่วประเทศไทย จำนวน 11 สถานี ผลการตรวจอากาศชั้นบนจะได้ข้อมูลเกี่ยวกับความกดอากาศ ทิศทางลม ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศ ที่ระดับความสูงต่าง ๆ เช่น 2,000 ฟุต 5,000 ฟุต 10,000 ฟุต 18,000 ฟุต จนถึง 45,000 ฟุต ด้วยการหยั่งอากาศซึ่งใช้เครื่องวิทยุหยั่งอากาศ (Radiosonde) ผูกติดกับบอลูนขนาดต่าง ๆ ได้แก่ 600 กรัม 300 กรัม 100 กรัม 30 กรัม ในช่วงเช้าเวลา 07.00 น. และช่วงเย็นเวลา 19.00 น. ปัจจุบันเครื่องบินพาณิชย์ที่ทำการบินระหว่างประเทศได้ทำหน้าที่ตรวจอากาศชั้นบน รวมทั้งได้ข้อมูลจากดาวเทียมเพิ่มขึ้นอีกด้วย

3.2.1 การตรวจอากาศในระดับสูง

1) เครื่องมือตรวจอากาศชั้นบน (Radiosonde) ด้วยระบบ Vaisala เป็นเครื่องมือตรวจอากาศชั้นบนระบบอัตโนมัติ ที่สามารถตรวจวัดข้อมูลได้ตั้งแต่ระดับผิวพื้น ไปจนถึงชั้นบรรยากาศสูง ๆ อาจตรวจได้สูงถึง 30 กว่ากิโลเมตรขึ้นไป ข้อมูลที่ได้จากการตรวจอากาศชั้นบนประกอบด้วย ความกดอากาศ ความสูง อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วและทิศทางลม ในระดับมาตรฐาน เช่น 850 มิลลิบาร์ 700 มิลลิบาร์ 500 มิลลิบาร์ 400 มิลลิบาร์ รวมทั้งระดับ 2000 ฟุต 3000 ฟุต เป็นต้น และระดับแทรกต่าง ๆ โดยใช้ระบบจานสัญญาณอากาศ รับสัญญาณจากเครื่องหยั่งอากาศที่ติดไปกับบอลูน ส่งข้อมูลลงมายังคอมพิวเตอร์หรือสถานีรับทางภาคพื้นดิน

2) เครื่องมือตรวจอากาศชั้นบนด้วยเรเวินด์ระบบ iMet-1790 เครื่องมือชนิดนี้จะประกอบด้วย วิทยุหยั่งอากาศ จานรับสัญญาณ ซอฟต์แวร์คำนวณหาความสูงและทิศทางลม และบอลูน การตรวจอากาศชั้นบนด้วยเรเวินด์นี้จะได้ข้อมูลทิศทางและความเร็วลม ในระดับมาตรฐาน เช่น 850 มิลลิบาร์ 700 มิลลิบาร์ 500 มิลลิบาร์ 400 มิลลิบาร์ รวมทั้งระดับ 2000 ฟุต 3000 ฟุต เป็นต้น เท่านั้น

3) เครื่องตรวจอากาศชั้นบนด้วยไฟลोटบอลูน (Pilot balloon) โดยใช้กล้องธีโอดอลไลท์ (Theodolite) จะตรวจได้เฉพาะทิศทางและความเร็วลมเหมือนกับตรวจด้วยวิทยุหยั่งอากาศด้วยเรเวินด์ แต่ความสูงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะอากาศ ถ้าอากาศแจ่มใส สามารถตรวจได้สูงมาก ๆ ใช้เวลาในการตรวจอาจถึง 1 ชั่วโมง แต่ถ้ามีลักษณะอากาศไม่ดี เช่น มีฟ้าหลัวขึ้นหรือแห้ง มีเมฆต่ำมาก เป็นต้น จะไม่สามารถตรวจได้ความสูงที่สูง ๆ ถ้าตรวจเวลากลางคืนจะใช้เวลาประมาณ 10 - 15 นาที ซึ่งก็แล้วแต่ลักษณะอากาศด้วยเหมือนกัน

3.2.2 การตรวจอากาศด้วยเรดาร์

เป็นข้อมูลเกี่ยวกับฝนที่อธิบายถึงชนิดของฝน เช่น ฝนฟ้าคะนอง ฝนจากพายุหมุนเขตร้อน ความรุนแรงของฝน การเคลื่อนตัวของกลุ่มฝน แนวโน้มความแรงของกลุ่มฝน เป็นต้น การตรวจฝนด้วยเรดาร์สามารถทำการตรวจวัดได้ไกล ตามรัศมีทำการของเรดาร์ เช่น 100 กิโลเมตร 200 กิโลเมตร 300 กิโลเมตร 450 กิโลเมตร เป็นต้น ในปัจจุบันเรดาร์ตรวจอากาศได้พัฒนาให้ใช้ประโยชน์มากขึ้น โดยแบ่งการตรวจออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ตรวจความเข้มของฝน (Intensity mode) และตรวจความเร็วการเคลื่อนตัวของกลุ่มฝน (Velocity mode) นอกจากนี้ เรดาร์ยังสามารถตรวจและแสดงตำแหน่งศูนย์กลางของพายุเขตร้อนได้ คือ ในขณะที่ศูนย์กลางของพายุเคลื่อนเข้ามาในรัศมีหวังผลของเรดาร์ตรวจอากาศ

3.2.3 การตรวจอากาศด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเป็นข้อมูลเกี่ยวกับเมฆชนิดต่าง ๆ ในบริเวณที่ห่างไกล ทุรกันดาร และไม่สามารถตั้งสถานีตรวจวัดได้ เช่น บริเวณเทือกเขาสูง ป่า ทะเลทราย มหาสมุทร เกาะต่าง ๆ เป็นต้น ดาวเทียมที่ใช้ในการตรวจอากาศใช้ช่วงคลื่นในการถ่ายภาพ 2 ช่วงคลื่น ประกอบด้วยช่วงคลื่นที่ตามองเห็น และช่วงคลื่นความร้อน

1) ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดวงโคจรค้างฟ้า ได้แก่ ดาวเทียมจีเอ็มเอส (GMS: Geostationary Meteorological Satellite) ของประเทศญี่ปุ่น และประเทศจีน อยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 35,800 กิโลเมตร โคจรรอบโลกใช้เวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งเท่ากับเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเอง และดาวเทียมโคจรในทิศทางเดียวกับการหมุนของโลก ทำให้ตำแหน่งของดาวเทียมสัมพันธ์กับตำแหน่งบนพื้นโลกในบริเวณเดิมเสมอ สามารถรับข้อมูลได้ทุก ๆ ชั่วโมงตลอด 24 ชั่วโมง

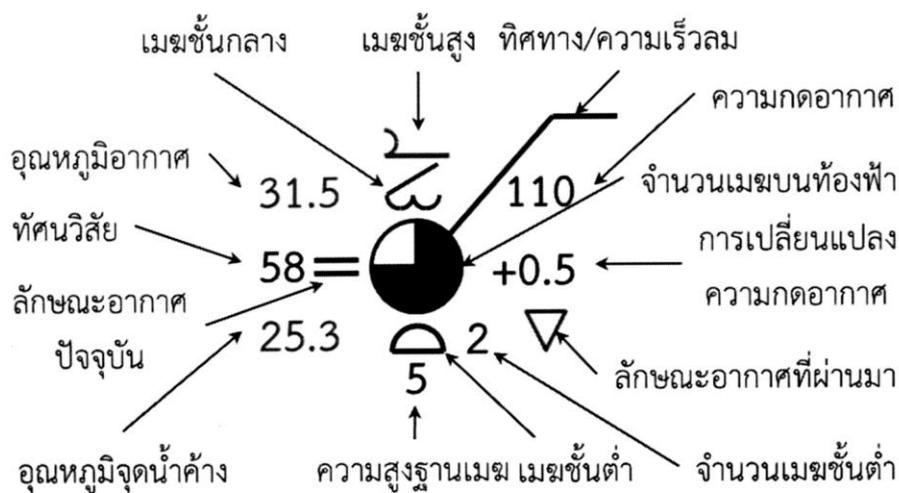
2) ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดวงโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก ได้แก่ ดาวเทียมโนอา (NOAA: National Oceanographic and Atmospheric Administration) ของสหรัฐอเมริกา รับภาพได้วันละ 2 ครั้ง โดยโคจรผ่านใกล้ขั้วโลกเหนือและใต้สูงจากพื้นผิวโลกเป็นระยะทางประมาณ 850 กิโลเมตร โคจรรอบโลกหนึ่งรอบใช้เวลาประมาณ 102 นาที ในหนึ่งวันจะโคจรรอบโลกประมาณ 14 รอบ และเคลื่อนที่ผ่านศูนย์กลางในเวลาเดิม ตามเวลาที่ท้องถื่น 2 ครั้ง คือ โคจรจากขั้วโลกเหนือไปยังขั้วโลกใต้ 1 ครั้ง และโคจรจากขั้วโลกใต้ ไปยังขั้วโลกเหนือ อีก 1 ครั้ง ดาวเทียมชนิดนี้มีการถ่ายภาพและส่งสัญญาณข้อมูล ลงสู่ภาคพื้นดินในเวลาจริง ในขณะที่ดาวเทียมโคจรผ่านพื้นที่นั้น ๆ โดยมีความกว้าง 2,400 กิโลเมตร

แผนที่อากาศ (Synoptic weather chart)

แผนที่อากาศ คือ แผนที่ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลของอากาศ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของลมฟ้าอากาศ ในเวลาหนึ่ง ๆ บนแผนที่อากาศนั้น (สมพงษ์ มະนะสุทธิ, 2535 : 131) นักวิเคราะห์จะลากเส้นไอโซบาร์ ซึ่งแสดงถึงการกระจายของความกดอากาศกด บริเวณที่มีฝนตกหรือเส้นที่แสดงว่ามีอุณหภูมิเท่ากัน (Isotherm) และสิ่งอื่น ๆ ที่ช่วยในการทำนายอากาศ เช่น สัญลักษณ์ย่อของมวลอากาศ แนวปะทะอากาศ เป็นต้น เมื่อศูนย์อุตุนิยมวิทยาได้รับรหัสการตรวจอากาศจากศูนย์สื่อสารแล้ว พนักงานจะเขียนแผนที่อากาศ โดยเขียนตัวเลขและสัญลักษณ์ ตามแบบที่มาตรฐานอุตุนิยมวิทยาโลกได้กำหนดไว้ โดยใช้สัญลักษณ์อุตุนิยมวิทยา แสดงดังภาพที่ 8.1 และใช้โมเดลสารประกอบอุตุนิยมวิทยาสำหรับแผนที่อากาศผิวพื้น แสดงในภาพที่ 8.2 ความหมายของสัญลักษณ์อุตุนิยมวิทยา แสดงดังตารางที่ 8.2 - 8.6

WW	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		C _L	C _M	C _H	C	W	a	N
00	○	○	○	○	∞	∞	∞	∞	∞	(∞)	0	○	○	○	→	○	∧	○
10	≡	≡	≡	<	<	<	<	<	<	<	1	△	△	△	△	●	∧	○
20	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	2	△	△	△	△	●	∧	○
30	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	3	△	△	△	△	●	∧	○
40	(≡)	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	4	○	○	○	○	≡	—	○
50	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	5	∩	∩	∩	∩	,	∩	○
60	6	—	—	—	—	.	∩	○
70	7	—	—	—	—	.	∩	○
80	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	8	△	△	△	△	∩	∩	○
90	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	∩	9	△	△	△	△	∩	∩	○

ภาพที่ 8.1 สัญลักษณ์อุตุนิยมวิทยา
ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพอากาศ, 2561 : online



ภาพที่ 8.2 โมเดลสารประกอบอุตุนิยมวิทยาสำหรับแผนที่อากาศผิวพื้น
ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพอากาศ, 2561 : online

ตารางที่ 8.2 ความหมายของสัญลักษณ์แสดงการปกคลุมของเมฆ

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ไม่มีจำนวนเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า
	มีเมฆจำนวน 1 ใน 8 ส่วน ของท้องฟ้า
	มีเมฆจำนวน 2 ใน 8 ส่วน ของท้องฟ้า
	มีเมฆจำนวน 3 ใน 8 ส่วน ของท้องฟ้า
	มีเมฆจำนวน 4 ใน 8 ส่วน ของท้องฟ้า
	มีเมฆจำนวน 5 ใน 8 ส่วน ของท้องฟ้า
	มีเมฆจำนวน 6 ใน 8 ส่วน ของท้องฟ้า
	มีเมฆจำนวน 7 ใน 8 ส่วน ของท้องฟ้า
	มีเมฆปกคลุมเต็มท้องฟ้า
	ไม่สามารถทำการตรวจเมฆได้

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพอากาศ, 2561 : online

ตารางที่ 8.3 ความหมายของสัญลักษณ์รหัสเมฆชั้นต่ำ

สัญลักษณ์	ความหมาย
	เมฆคิวมูลัส ก่อตัวในทางตั้งเล็กน้อย และดูคล้ายกับยอดเมฆแบนหรือคิวมูลัสที่ขาดวิน
	เมฆคิวมูลัส ที่ก่อตัวในทางตั้งขนาดปานกลาง มียอดนูนสูงขึ้นเป็นรูปโดมหรือหอคอย
	เมฆคิวโมโลนิมบัส มีรูปร่างไม่แหลม ไม่มีลักษณะเป็นเส้นชัดเจน
	เมฆสเตรโตคิวมูลัส ก่อตัวขึ้นโดยแผ่ออกมาจากเมฆคิวมูลัส อาจมีเมฆคิวมูลัสเกิดปนอยู่ด้วย
	เมฆสเตรโตคิวมูลัส ที่ไม่ได้แผ่ออกมาจากเมฆคิวมูลัส
	เมฆสเตรตัส เป็นแผ่นหรือชั้น มากหรือน้อย หรือแตกเป็นวิน หรือทั้งสองอย่าง แต่ไม่ใช่เมฆสเตรตัสที่แตกเป็นวินในเวลาที่มีลักษณะอากาศเลว
	เมฆสเตรตัส แตกเป็นวินในเวลาที่มีลักษณะอากาศเลว หรือเมฆคิวมูลัสแตกเป็นวินในเวลาที่มีลักษณะอากาศเลว
	เมฆคิวมูลัสกับเมฆสเตรโตคิวมูลัสรวมกัน
	เมฆคิวโมโลนิมบัส ส่วนบนของเมฆนี้ปรากฏเป็นเส้นชัดเจน มักมีรูปร่างคล้ายถัง

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพอากาศ, 2561 : online

ตารางที่ 8.4 ความหมายของสัญลักษณ์รหัสเมฆชั้นกลาง

สัญลักษณ์	ความหมาย
	เมฆอัลโตสเตรตัส เมฆกึ่งโปร่งแสง เมื่อมองผ่านเมฆนี้ จะเห็นดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์อย่างราง ๆ คล้ายกับมองผ่านพื้นกระจก
	เมฆอัลโตสเตรตัส เมฆนี้มีความหนาแน่นพอที่จะบังดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์
	เมฆอัลโตคิวมูลัส เมฆกึ่งโปร่งแสง ส่วนต่าง ๆ ของเมฆเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ เท่านั้น
	เมฆอัลโตคิวมูลัส เป็นหย่อม ๆ มักมีรูปลักษณ์คล้ายเมฆคิวมูลัส ส่วนต่าง ๆ ของเมฆเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องกันตลอดเวลา
	เมฆอัลโตคิวมูลัส กึ่งโปร่งแสง แผ่ขยายออกคลุมท้องฟ้า มีลักษณะหนาทั้งหมด
	เมฆอัลโตคิวมูลัส เป็นผลมาจากการแผ่ขยายของเมฆคิวมูลัส
	เมฆอัลโตคิวมูลัส ตั้งแต่สองระดับหรือมากกว่า ปกคลุมกันอยู่หนาที่บและไม่แผ่ขยายคลุมท้องฟ้า
	เมฆอัลโตคิวมูลัส ที่แตกช่องออกไปคล้ายกับหอคอยเล็ก ๆ หรือกำแพงที่ไม่มีเสมา
	เมฆอัลโตคิวมูลัส ในท้องฟ้าที่สับสน โดยทั่วไปอยู่หลายระดับ

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพอากาศ, 2561 : online

ตารางที่ 8.5 ความหมายของสัญลักษณ์รหัสเมฆชั้นสูง

สัญลักษณ์	ความหมาย
	เมฆเซอร์รัสในรูปเส้นใยคล้ายเกลียวเชือกหรือรูปขอ แผ่คลุมท้องฟ้าไม่มากนัก
	เมฆเซอร์รัสหนาแน่น เป็นแผ่นหรือเป็นรูปคล้ายมัดติดกัน ซึ่งปกติไม่ค่อยเพิ่มจำนวนขึ้น
	เมฆเซอร์รัสหนาแน่น เกิดขึ้นบ่อย ๆ เป็นรูปทัง อันเป็นส่วนที่เหลือของส่วนบนของเมฆคิวมูโลนิมบัส
	เมฆเซอร์รัสเป็นรูปขอ หรือเส้นใย หรือทั้งสองอย่างปนกัน โดยทั่วไปเมฆนี้จะกลายเป็นแผ่นหนาที่บตลอด
	เมฆเซอร์รัสและเมฆเซโรสเตรตัส หรือเมฆเซโรสเตรตัสโดดเดี่ยว ปกคลุมท้องฟ้ายังไม่ถึงมุม 45 องศาของขอบเขตที่มองเห็น
	เมฆเซอร์รัสและเมฆเซโรสเตรตัส หรือเมฆเซโรสเตรตัสโดดเดี่ยว ปกคลุมท้องฟ้ามากกว่า 45 องศาของขอบเขตที่มองเห็น โดยท้องฟ้าไม่ปกคลุมด้วยเมฆทั้งหมด

ตารางที่ 8.5 ความหมายของสัญลักษณ์รหัสเมฆชั้นสูง (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ม่านที่บดบังของเมฆเซอโรสเตรตัสปกคลุมทั่วไปในท้องฟ้า
	เมฆเซอโรสเตรตัสไม่แผ่ขยาย และไม่ปกคลุมเต็มท้องฟ้าอย่างสมบูรณ์
	เมฆเซอโรคิวมูลัสโดดเดี่ยว หรือเมฆเซอโรคิวมูลัสที่มีเมฆเซอรัส หรือเมฆเซอโรสเตรตัสปนอยู่ หรือทั้งสองอย่าง แต่ต้องมีเมฆเซอโรคิวมูลัสเป็นส่วนใหญ่

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพอากาศ, 2561 : online

ตารางที่ 8.6 รหัสตัวเลขและความหมายของสัญลักษณ์ลักษณะอากาศปัจจุบัน

สัญลักษณ์	รหัสตัวเลข	ความหมาย
	04	ทัศนวิสัยเลวเนื่องจากควีน
	05	ฟ้าหลัวแห้ง
	06	มีฝุ่นคลุ้งในอากาศทั่วไป
	07	มีฝุ่นหรือทรายปลิวอยู่ในอากาศเนื่องจากลมพัดแรง
	08	ลมบ้าหมูเกิดขึ้นอย่างชัดเจนที่สถานี
	09	มีฝุ่นหรือพายุทรายเห็นจากสถานีในขณะที่ทำการตรวจ
	10	ฟ้าหลัวขึ้น
	11	หมอก หรือหมอกแข็งเกิดเป็นหย่อม ๆ ที่สถานี
	12	หมอกหรือหมอกแข็งอย่างบาง เกิดต่อเนื่องกันมากหรือน้อยที่สถานี
	13	ฟ้าแลบ
	14	มองเห็นหยาดน้ำฟ้าและตกลงมาไม่ถึงพื้นดิน
	15	มองเห็นหยาดน้ำฟ้าและตกลงมาถึงพื้นดิน แต่มีระยะห่างจากสถานีมากกว่า 5 กิโลเมตร
	16	มองเห็นหยาดน้ำฟ้าและตกลงมาถึงพื้นดิน ใกล้สถานีแต่ไม่ใช่ที่สถานี
	17	พายุฟ้าคะนอง (ได้ยินเสียงฟ้าร้อง)
	18	พายุสควอลล์ที่สถานี
	19	เมฆวงช้างที่สถานี
	20	มีฝนละอองตกในชั่วโมงทำการตรวจ แต่ไม่มีฝนในขณะที่ทำการตรวจ
	21	มีฝนธรรมดาตกในชั่วโมงทำการตรวจ แต่ไม่มีฝนในขณะที่ทำการตรวจ

ตารางที่ 8.6 (ต่อ)

สัญลักษณ์	รหัสตัวเลข	ความหมาย
*	22	มีหิมะตกในช่วงโมงทำการตรวจ แต่ไม่มีหิมะในขณะที่ทำการตรวจ
*	23	มีฝนธรรมดาและหิมะตกในช่วงโมงทำการตรวจ แต่ไม่มีฝนและหิมะในขณะที่ทำการตรวจ
~	24	มีฝนละอองหรือฝนธรรมดาเย็นจัดจนเป็นเม็ดน้ำแข็งตกในช่วงโมงทำการตรวจแต่ไม่มีฝนในขณะที่ทำการตรวจ
☁	25	มีฝนโปรยตกในช่วงโมงทำการตรวจ แต่ไม่มีฝนในขณะที่ทำการตรวจ
☁	26	มีหิมะโปรยตกในช่วงโมงทำการตรวจ แต่ไม่มีหิมะในขณะที่ทำการตรวจ
☁	27	มีลูกเห็บโปรยตกในช่วงโมงทำการตรวจ แต่ไม่มีลูกเห็บในขณะที่ทำการตรวจ
≡	28	มีหมอกหรือหมอกแข็งในช่วงโมงทำการตรวจ แต่ไม่มีหมอกในขณะที่ทำการตรวจ
☁	29	มีพายุฟ้าคะนองในช่วงโมงทำการตรวจ แต่ไม่มีฟ้าร้องในขณะที่ทำการตรวจ
☁	30	พายุฝุ่นหรือพายุทรายกำลังอ่อนหรือปานกลาง ค่อย ๆ ลดกำลังลง
☁	31	พายุฝุ่นหรือพายุทรายกำลังอ่อนหรือปานกลาง ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
☁	32	พายุฝุ่นหรือพายุทรายกำลังอ่อนหรือปานกลาง ได้เริ่มหรือทวีกำลังขึ้น
☁	33	พายุฝุ่นหรือพายุทรายกำลังแรงจัด ค่อย ๆ ลดกำลังลง
☁	34	พายุฝุ่นหรือพายุทรายกำลังแรงจัด ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
☁	35	พายุฝุ่นหรือพายุทรายกำลังอ่อนหรือปานกลาง ได้เริ่มหรือทวีกำลังขึ้น
+	36	ลมหิมะกำลังอ่อนหรือปานกลาง โดยทั่วไปอยู่ในระดับต่ำ
+	37	ลมหิมะกำลังแรง โดยทั่วไปอยู่ในระดับต่ำ
+	38	ลมหิมะกำลังอ่อนหรือปานกลาง โดยทั่วไปอยู่ในระดับสูง
+	39	ลมหิมะกำลังแรง โดยทั่วไปอยู่ในระดับสูง
☁	40	หมอกหรือหมอกแข็งระยะไกลขณะทำการตรวจ แต่ไม่ใช่ที่สถานี
≡	41	หมอกหรือหมอกแข็งเป็นหย่อม ๆ
≡	42	หมอกหรือหมอกแข็งได้บางลง มองเห็นท้องฟ้า
≡	43	หมอกหรือหมอกแข็งได้บางลง มองไม่เห็นท้องฟ้า
≡	44	หมอกหรือหมอกแข็งไม่มีการเปลี่ยนแปลง มองเห็นท้องฟ้า
≡	45	หมอกหรือหมอกแข็งไม่มีการเปลี่ยนแปลง มองไม่เห็นท้องฟ้า
≡	46	หมอกหรือหมอกแข็งได้เพิ่มหรือหนาขึ้น มองเห็นท้องฟ้า
≡	47	หมอกหรือหมอกแข็งได้เพิ่มหรือหนาขึ้น มองไม่เห็นท้องฟ้า
≡	48	หมอกและเกล็ดน้ำแข็งสะสมตัว มองเห็นท้องฟ้า

ตารางที่ 8.6 (ต่อ)

สัญลักษณ์	รหัสตัวเลข	ความหมาย
	49	หมอกและเกล็ดน้ำแข็งสะสมตัว มองไม่เห็นท้องฟ้า
	50	ฝนละออง ไม่แข็ง ตกเป็นระยะ ๆ ขนาดเบา ขณะทำการตรวจ
	51	ฝนละออง ไม่แข็ง ตกต่อเนื่อง ขนาดเบา ขณะทำการตรวจ
	52	ฝนละออง ไม่แข็ง ตกเป็นระยะ ๆ ขนาดปานกลาง ขณะทำการตรวจ
	53	ฝนละออง ไม่แข็ง ตกต่อเนื่อง ขนาดปานกลาง ขณะทำการตรวจ
	54	ฝนละออง ไม่แข็ง ตกเป็นระยะ ๆ ขนาดหนัก ขณะทำการตรวจ
	55	ฝนละออง ไม่แข็ง ตกต่อเนื่อง ขนาดหนัก ขณะทำการตรวจ
	56	ฝนละออง แข็ง ขนาดเบา
	57	ฝนละออง แข็ง ขนาดปานกลางหรือขนาดหนัก
	58	ฝนละอองและฝนธรรมดา ขนาดเบา
	59	ฝนละอองและฝนธรรมดา ขนาดปานกลางหรือขนาดหนัก
	60	ฝนธรรมดา ไม่แข็ง ตกเป็นระยะ ๆ ขนาดเบา ขณะทำการตรวจ
	61	ฝนธรรมดา ไม่แข็ง ตกต่อเนื่อง ขนาดเบา ขณะทำการตรวจ
	62	ฝนธรรมดา ไม่แข็ง ตกเป็นระยะ ๆ ขนาดปานกลาง ขณะทำการตรวจ
	63	ฝนธรรมดา ไม่แข็ง ตกต่อเนื่อง ขนาดปานกลาง ขณะทำการตรวจ
	64	ฝนธรรมดา ไม่แข็ง ตกเป็นระยะ ๆ ขนาดหนัก ขณะทำการตรวจ
	65	ฝนธรรมดา ไม่แข็ง ตกต่อเนื่อง ขนาดหนัก ขณะทำการตรวจ
	66	ฝนธรรมดา แข็ง ขนาดเบา
	67	ฝนธรรมดา แข็ง ขนาดปานกลางหรือขนาดหนัก
	68	ฝนธรรมดาหรือฝนละอองและหิมะ ขนาดเบา
	69	ฝนธรรมดาหรือฝนละอองและหิมะ ขนาดปานกลางหรือขนาดหนัก
	70	ปุยหิมะ ตกเป็นระยะ ๆ ขนาดเบา ขณะทำการตรวจ
	71	ปุยหิมะ ตกต่อเนื่อง ขนาดเบา ขณะทำการตรวจ
	72	ปุยหิมะ ตกเป็นระยะ ๆ ขนาดปานกลาง ขณะทำการตรวจ
	73	ปุยหิมะ ตกต่อเนื่อง ขนาดปานกลาง ขณะทำการตรวจ
	74	ปุยหิมะ ตกเป็นระยะ ๆ ขนาดหนัก ขณะทำการตรวจ
	75	ปุยหิมะ ตกต่อเนื่อง ขนาดหนัก ขณะทำการตรวจ
	76	ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก

ตารางที่ 8.6 (ต่อ)

สัญลักษณ์	รหัสตัวเลข	ความหมาย
๗	77	ก้อนหิมะ
๗	78	หิมะที่ตกเป็นผลึกมีลักษณะคล้ายดาว
๗	79	ก้อนน้ำแข็งขนาดเล็ก
๗	80	ฝนโปรย ขนาดเบา
๗	81	ฝนโปรย ขนาดปานกลางหรือขนาดหนัก
๗	82	ฝนโปรย ตกหนักอย่างรุนแรง
๗	83	ฝนปนหิมะโปรย ขนาดเบา
๗	84	ฝนปนหิมะโปรย ขนาดปานกลางหรือขนาดหนัก
๗	85	หิมะโปรย ขนาดเบา
๗	86	หิมะโปรย ขนาดปานกลางหรือขนาดหนัก
๗	87	เม็ดหิมะหรือลูกเห็บขนาดเล็กโปรย มีหรือไม่มีฝนธรรมดา หรือฝนปนหิมะ ขนาดเบา
๗	88	เม็ดหิมะหรือลูกเห็บขนาดเล็กโปรย มีหรือไม่มีฝนธรรมดา หรือฝนปนหิมะ ขนาดปานกลางหรือขนาดหนัก
๗	89	ลูกเห็บโปรย มีหรือไม่มีฝนธรรมดา หรือฝนปนหิมะ ขนาดเบา
๗	90	ลูกเห็บโปรย มีหรือไม่มีฝนธรรมดา หรือฝนปนหิมะ ขนาดปานกลางหรือขนาดหนัก
๗	91	ฝนธรรมดา ขนาดเบา มีพายุฟ้าคะนองในชั่วโมงทำการตรวจ แต่ไม่มีพายุฟ้าคะนองขณะทำการตรวจ
๗	92	ฝนธรรมดา ขนาดปานกลางหรือขนาดหนัก มีพายุฟ้าคะนองในชั่วโมงทำการตรวจ แต่ไม่มีพายุฟ้าคะนองขณะทำการตรวจ
๗	93	หิมะหรือฝนปนหิมะหรือลูกเห็บ ขนาดเบา มีพายุฟ้าคะนองในชั่วโมงทำการตรวจ แต่ไม่มีพายุฟ้าคะนองขณะทำการตรวจ
๗	94	หิมะหรือฝนปนหิมะหรือลูกเห็บ ขนาดปานกลางหรือขนาดหนัก มีพายุฟ้าคะนองในชั่วโมงทำการตรวจ แต่ไม่มีพายุฟ้าคะนองขณะทำการตรวจ
๗	95	พายุฟ้าคะนอง ขนาดเบาหรือขนาดปานกลาง ไม่มีลูกเห็บ แต่มีฝนขณะทำการตรวจ
๗	96	พายุฟ้าคะนอง ขนาดเบาหรือขนาดปานกลาง กับลูกเห็บ ขณะทำการตรวจ
๗	97	พายุฟ้าคะนอง ขนาดหนัก ไม่มีลูกเห็บแต่มีฝนและหรือหิมะ ขณะทำการตรวจ
๗	98	พายุฟ้าคะนอง กับมีพายุฝุ่นหรือพายุทราย ขณะทำการตรวจ
๗	99	พายุฟ้าคะนอง ขนาดหนักกับมีลูกเห็บ ขณะทำการตรวจ

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพอากาศ, 2561 : online

การพยากรณ์อากาศ

ศักดา มหาอัมพรพฤษ (2538 : 279) ให้ความหมายของการพยากรณ์อากาศ หมายถึง การคาดหมายสภาพลมฟ้าอากาศในอนาคต โดยอาศัยปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมที่เป็นอยู่ในขณะนั้น และหลักการทางสถิติในการที่จะพยากรณ์อากาศ

เกรียงไกร กอวัฒนา และจรูญ เสหาเลิศชัย (2553 : 198) ให้ความหมาย การพยากรณ์อากาศ หมายถึง การคาดหมายสภาวะอากาศ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องที่จะเกิดขึ้นในเวลาข้างหน้า เช่น วันพรุ่งนี้จะมีฝนตกหรือไม่ อากาศจะร้อนหรือหนาวเพียงใด จะมีพายุดีเปรสชันหรือพายุโซนร้อนเคลื่อนที่เข้าสู่ประเทศไทยหรือไม่ เมื่อใด และมีกำลังแรงมากน้อยเท่าใด เป็นต้น การพยากรณ์อากาศทำได้โดยการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ในแผนที่อากาศ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจอากาศในบริเวณกว้าง ทั้งการตรวจอากาศตามระดับต่าง ๆ บนพื้นดิน และการตรวจอากาศบริเวณต่าง ๆ ของโลก

สรุปได้ว่า การพยากรณ์อากาศ หมายถึง การคาดหมายสภาพลมฟ้าอากาศในอนาคต และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยอาศัยปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยา และหลักการทางสถิติในการที่พยากรณ์อากาศ

1. วิธีการพยากรณ์อากาศ

การพยากรณ์อากาศประกอบด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (เกรียงไกร กอวัฒนา และจรูญ เสหาเลิศชัย, 2553 : 204 - 208)

1.1 การวิเคราะห์แผนที่อากาศผิวพื้น

การวิเคราะห์แผนที่อากาศผิวพื้นเพื่อศึกษามวลอากาศแต่ละสถานที่ โดยการลากเส้นไอโซบาร์ (Isobar) ให้แต่ละเส้นความกดอากาศห่างเท่ากับ 2 เฮกโตปาสคาล แล้วเปรียบเทียบแนวโน้มความเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศในช่วงเวลาเดียวกัน โดยใช้สัญลักษณ์ H หรือ L ซึ่ง H หมายถึง บริเวณที่มีความกดอากาศสูง และ L หมายถึง บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ เช่น ข้อมูลความกดอากาศ เมื่อเวลา 07.00 น. ของวันนี้ เปรียบเทียบกับข้อมูลความกดอากาศ เมื่อเวลา 07.00 น.ของวันก่อน เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอากาศ รวมทั้งการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความกดอากาศ และค่าอุณหภูมิของแต่ละวันในช่วงเวลาเดียวกัน เป็นต้น

1.2 การวิเคราะห์แผนที่ลมชั้นบน

ระบบอากาศที่อยู่สูงขึ้นไปจากพื้นดินจะมีความสัมพันธ์กับระบบอากาศผิวพื้น ถ้าระบบอากาศผิวพื้นเป็นหย่อมความกดอากาศต่ำ แสดงว่า อากาศในบริเวณดังกล่าวเบาบาง และมีการยกตัวของอากาศ อากาศที่อยู่รอบ ๆ จะมีน้ำหนักมากกว่าและไหลเข้ามาแทนที่ ลมที่ระดับความสูงต่าง ๆ สามารถนำมาใช้คาดการณ์ลักษณะอากาศผิวพื้นได้ว่า จะมีแนวโน้มการพัฒนาความรุนแรงเพิ่มขึ้นหรือลดลง เช่น ในการพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพายุหมุนเขตร้อน ต้องศึกษาการไหลของอากาศที่เข้าสู่จุดศูนย์กลาง หากมีการไหลเข้าของอากาศสู่จุดศูนย์กลางสูงขึ้น แสดงว่า พายุนั้นจะมีการพัฒนาความรุนแรงเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันถ้าการไหลของอากาศเข้าสู่จุดศูนย์กลางมีระดับลดต่ำลง แสดงว่า พายุนั้นจะมีการพัฒนาความรุนแรงลดลง เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถศึกษากระแสลมในลักษณะของคลื่นกระแสลมฝ่ายตะวันตก และคลื่นกระแสลมฝ่ายตะวันออก ซึ่งมีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศด้วย

1.3 การวิเคราะห์แผนที่อากาศเชิงตัวเลข (Numerical Weather Prediction: NWP)

ปัจจุบันพัฒนาการด้านคอมพิวเตอร์เจริญก้าวหน้ามาก และมีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการพยากรณ์อากาศ เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและรวดเร็วมากขึ้น ในการรวบรวมผลการตรวจอากาศจากสถานีตรวจอากาศจำนวนมากในแต่ละวัน ซึ่งป้อนเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ความเร็วสูง และเครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ เช่น อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความชื้น ลมและทิศทางลม ชนิดและจำนวนเมฆในท้องฟ้า เป็นต้น ในรูปแบบของสมการต่าง ๆ จำนวนมาก แสดงผลลัพธ์ให้เห็นในรูปแบบจำลองของบรรยากาศที่แสดงค่าต่าง ๆ ที่จุดพิกัด (Grid points) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่พยากรณ์ว่า จะเกิดขึ้นภายใน 24 ชั่วโมง 48 ชั่วโมง 60 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง ในรูปแบบของแผนที่ต่าง ๆ เช่น แผนที่อากาศผิวพื้น แผนที่ลมชั้นบน แผนที่พยากรณ์ฝน เป็นต้น

1.4 การเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติด้านภูมิอากาศ

การเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติด้านภูมิอากาศเป็นการพยากรณ์อากาศโดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศเป็นข้อมูลพื้นฐาน เช่น ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ได้รับอิทธิพลจากลมประจำฤดู 2 กระแส คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในฤดูหนาว ช่วงเดือนธันวาคม กรุงเทพฯ ซึ่งตั้งอยู่ในภาคกลาง มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่ 21 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยที่ 32 องศาเซลเซียส ดังนั้น การพยากรณ์อุณหภูมิของอากาศ จะอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับค่าดังกล่าวนี้เป็นต้น

1.5 วิธีการพยากรณ์อากาศแบบอื่น ๆ

การพยากรณ์อากาศนอกจากศึกษาจากลักษณะอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบันแล้วยังศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น โดยแบ่งออกเป็นวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.5.1 วิธีการคงสภาพเดิม (Persistence method) เป็นวิธีการพยากรณ์อากาศที่ง่ายที่สุด ใช้กับลักษณะอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น การคาดว่า ลักษณะอากาศในเช้าวันพรุ่งนี้จะคล้าย ๆ กับอากาศในเช้าวันนี้ เป็นต้น

1.5.2 วิธีการแนวโน้ม (Trend method) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ใช้กับลักษณะอากาศที่มีแนวโน้มการเคลื่อนที่ในทิศทาง ความเร็ว และความรุนแรงที่ไม่เปลี่ยนแปลง เช่น การพยากรณ์ฝนตก โดยดูจากการเคลื่อนตัวของกลุ่มฝนและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความแรง ซึ่งการพยากรณ์วิธีการนี้ มักเป็นการพยากรณ์ในช่วงเวลาสั้น ๆ (Nowcasting) เช่น การพยากรณ์ฝนตก โดยใช้ข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศในกรุงเทพฯ และปริมณฑล แสดงกลุ่มฝนเคลื่อนตัวเข้าใกล้กรุงเทพฯ เวลา 17.20 น. และจะเคลื่อนตัวเข้ากรุงเทพฯ เวลา 18.32 น. เป็นต้น

1.5.3 วิธีการเปรียบเทียบกับลักษณะอากาศในอดีต (Analog method) รูปแบบแผนที่อากาศในปัจจุบันอาจคล้ายคลึงกับแผนที่อากาศในอดีต แต่ลักษณะอากาศที่เกิดขึ้นจะไม่เหมือนกันทุกประการ ทั้งนี้เนื่องจากมีตัวแปรอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ลักษณะอากาศซับซ้อนมากขึ้น แต่สามารถใช้เป็นแนวทางในการพยากรณ์อากาศในบางโอกาสได้ เช่น หากจะพยากรณ์อุณหภูมิต่ำสุดของอากาศบริเวณกรุงเทพฯ ในวันขึ้นปีใหม่ 1 มกราคม จากแผนที่อากาศผิวพื้นในปัจจุบัน ซึ่งคล้ายคลึงกับแผนที่อากาศผิวพื้นเมื่อ 3 ปีที่แล้ว สมมติว่า เมื่อ 3 ปีที่แล้ว ในวันที่ 1 มกราคม มีอุณหภูมิต่ำสุด 18 องศาเซลเซียส ฉะนั้น อุณหภูมิต่ำสุดในกรุงเทพฯ ที่พยากรณ์ในปัจจุบันอาจใกล้เคียงกับ 18 องศาเซลเซียส แต่อาจไม่ตรงกันมากนัก เป็นต้น

2. ขั้นตอนการพยากรณ์อากาศ

การพยากรณ์อากาศมีขั้นตอนในการพยากรณ์อากาศที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ การตรวจอากาศเพื่อให้ทราบสภาวะอากาศปัจจุบัน การสื่อสารเพื่อรวบรวมข้อมูลผลการตรวจอากาศ และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการคาดหมาย ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการคาดหมายหรือเพื่อการพยากรณ์มีขั้นตอนแบ่งเป็นขั้น ๆ ดังต่อไปนี้ (ครรรพพัชร ว่องอนุกุล, 2548 : 27)

1) การบันทึกผลการตรวจอากาศที่ได้รับทั้งจากในประเทศ และต่างประเทศทั้งหมด ลงบนแผนภูมิหรือแผนที่ทางอุตุนิยมวิทยาชนิดต่าง ๆ เช่น แผนภูมิการหยั่งอากาศ แผนที่อากาศ ชั้นบน แผนที่อากาศผิวพื้น เป็นต้น โดยบันทึกด้วยสัญลักษณ์มาตรฐานทางอุตุนิยมวิทยา

2) การวิเคราะห์ผลการตรวจอากาศที่ได้จากข้อ 1) โดยทำการลากเส้นแสดงค่าของสารประกอบทางอุตุนิยมวิทยา เช่น เส้นทิศทางและความเร็วลมในระดับความสูงต่าง ๆ เพื่อแสดงลักษณะอากาศในระดับบน เส้นไอโซบาร์ที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ย เพื่อแสดงตำแหน่ง และความรุนแรงของระบบลมฟ้าอากาศ เส้นแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามความสูง เพื่อแสดงเสถียรภาพของบรรยากาศ เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดเมฆและฝน เป็นต้น

3) การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนที่ของระบบลมฟ้าอากาศ ที่ได้จากการวิเคราะห์ในข้อ 2) โดยใช้วิธีการพยากรณ์อากาศแบบต่าง ๆ

4) การออกคำพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา และบริเวณที่ต้องการ โดยพิจารณาจากตำแหน่ง และความรุนแรงของระบบลมฟ้าอากาศที่ได้ดำเนินการไว้แล้วจากข้อ 3)

5) การส่งคำพยากรณ์อากาศไปยังสื่อมวลชน เพื่อเผยแพร่สู่ประชาชนและส่งข้อมูลให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อดำเนินการตามความเหมาะสมต่อไป เช่น การป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติ เป็นต้น

3. ระยะเวลา

ช่วงระยะเวลาในการพยากรณ์อากาศ แบ่งออกเป็น 5 ระยะ ดังนี้ (ครรรพพัชร ว่องอนุกุล, 2548 : 27 - 29; เกรียงไกร กอวัฒนา และจรรุญ เสาศุฑาเลิศชัย, 2553 : 209)

3.1 การพยากรณ์อากาศระยะสั้น (Short range forecast)

การพยากรณ์อากาศระยะสั้นเป็นการพยากรณ์อากาศในช่วงเวลาไม่เกิน 72 ชั่วโมง ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจอากาศ และแผนที่อากาศในปัจจุบัน ตามแนวทางทฤษฎีอุตุนิยมวิทยา เพื่อการพยากรณ์อากาศ สามารถแบ่งช่วงเวลากการพยากรณ์ออกได้เป็น 3 ระยะ ดังนี้

3.1.1 การพยากรณ์อากาศปัจจุบัน (Nowcast) หมายถึง ช่วงเวลากการรายงานสภาวะอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และการคาดหมายสภาพลมฟ้าอากาศสำหรับช่วงเวลาไม่เกิน 2 ชั่วโมง

3.1.2 การพยากรณ์อากาศสั้นมาก (Very short range) หมายถึง การพยากรณ์สำหรับช่วงเวลาการพยากรณ์ไม่เกิน 12 ชั่วโมง

3.1.3 การพยากรณ์อากาศสั้น (Short range) หมายถึง การพยากรณ์สำหรับช่วงเวลาเกินกว่า 12 ชั่วโมงขึ้นไป แต่ไม่เกิน 72 ชั่วโมง

3.2 การพยากรณ์อากาศระยะปานกลาง (Medium range forecast)

การพยากรณ์อากาศระยะปานกลาง หมายถึง การพยากรณ์สำหรับช่วงเวลาที่เกิดขึ้นกว่า 3 วันขึ้นไป จนถึง 10 วัน ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาปัจจุบันร่วมกับข้อมูลจากสถิติภูมิอากาศในการพยากรณ์

3.3 การพยากรณ์ระยะยาว (Long range forecast)

การพยากรณ์ระยะยาว คือ การพยากรณ์สำหรับช่วงเวลาระหว่าง 10 วัน ถึง 30 วัน โดยปกติมักเป็นการพยากรณ์ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาในช่วงเวลานั้นว่า แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยทางภูมิอากาศอย่างไร ใช้ข้อมูลสถิติทางอุตุนิยมวิทยาในการพยากรณ์

3.4 การพยากรณ์ระยะนาน (Very long range forecast)

การพยากรณ์ระยะนาน หมายถึง การพยากรณ์ตั้งแต่ 30 วัน จนถึง 2 ปี ซึ่งยังแบ่งย่อยออกเป็น 3 ชนิด คือ

3.4.1 การคาดการณ์รายเดือน คือ การคาดการณ์ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาในช่วงนั้น จะเบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยทางภูมิอากาศอย่างไร

3.4.2 การคาดการณ์รายสามเดือน คือ การคาดการณ์ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาในช่วงสามเดือนนั้น จะเบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยทางภูมิอากาศอย่างไร

3.4.3 การคาดการณ์รายฤดู คือ การพยากรณ์ค่าเฉลี่ยของฤดูนั้น จะแตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยทางภูมิอากาศอย่างไร

3.5 การพยากรณ์ภูมิอากาศ

การพยากรณ์ภูมิอากาศ คือ การพยากรณ์สำหรับช่วงเวลามากกว่า 2 ปีขึ้นไป โดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

3.5.1 การพยากรณ์การผันแปรของภูมิอากาศ คือ การพยากรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผันแปรไปจากค่าปกติเป็นรายปีจนถึงหลายสิบปี

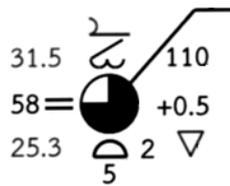
3.5.2 การพยากรณ์ภูมิอากาศ คือ การพยากรณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคต โดยพิจารณาทั้งสาเหตุจากธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์

สรุปท้ายบท

อุตุนิยมวิทยาเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอากาศ การตรวจอากาศเป็นการตรวจลักษณะต่าง ๆ ของลมฟ้าอากาศ เรียกว่า สารประกอบอุตุนิยมวิทยา มี 2 ส่วน คือ สารประกอบอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น ซึ่งตรวจทุก ๆ 3 ชั่วโมง ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุด ความชื้น ความเร็วและทิศทางของลม และปริมาณน้ำฝน และสารประกอบอุตุนิยมวิทยาชั้นบน ซึ่งตรวจทุก ๆ 6 ชั่วโมง ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความกดอากาศ ทิศทางลม ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศ สถานีตรวจอากาศเป็นสถานที่ตั้งเครื่องมือไว้สำหรับตรวจสารประกอบอุตุนิยมวิทยา แผนที่อากาศเป็นแผนที่ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลของอากาศ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของลมฟ้าอากาศ โดยใช้สัญลักษณ์อุตุนิยมวิทยา การพยากรณ์อากาศเป็นการคาดการณ์สภาพลมฟ้าอากาศในอนาคต โดยอาศัยปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมที่เป็นอยู่ในขณะนั้น และหลักการทางสถิติในการที่จะพยากรณ์อากาศ การเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศอันเป็นผลจากกิจกรรมของมนุษย์ ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนและปรากฏการณ์เอลนีโญ – ลานีญา

คำถามทบทวน

1. การพยากรณ์อากาศและอุตุนิยมวิทยา คืออะไร มีความสำคัญกับชีวิตประจำวันอย่างไร
2. จุดเริ่มต้นของการพยากรณ์อากาศในประเทศไทย เริ่มขึ้นได้อย่างไร
3. ข้อมูลที่ได้จากสารประกอบอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นมี มีอะไรบ้าง และวัดอย่างไร
4. สถานีตรวจอากาศมีกี่ประเภท และทำหน้าที่อะไรบ้าง
5. เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุด มีลักษณะพิเศษอย่างไร
6. เครื่องมือวัดความชื้น คืออะไร มีลักษณะเป็นอย่างไร
7. เครื่องมือที่ใช้วัดความกดอากาศ มีกี่แบบ และมีลักษณะเป็นอย่างไร
8. อธิบายวิธีการตรวจอากาศในระดับสูง
9. ให้แปลความหมายของสัญลักษณ์ทางอุตุนิยมวิทยาในภาพที่ 8.3



ภาพที่ 8.3 ตัวอย่างสัญลักษณ์ทางอุตุนิยมวิทยา

10. การพยากรณ์คืออะไร มีขั้นตอนในการพยากรณ์อย่างไรบ้าง

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงไกร กอวัฒนา และจรรยา เสาทเลิศชัย. (2553). สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่มที่ 35. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://saranukromthai.or.th/Ebook/BOOK35/book35_6/Default.html. [19 กรกฎาคม 2561]
- ครรรณพัชร ว่องอนุกุล. (2548). **อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น (Meteorology)**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://oservice.skru.ac.th/ebook/lesson.asp?title_code=418. [19 กรกฎาคม 2561]
- ดวงเดือน พินสุวรรณ. (2555). **ประมวลสาระชุดวิชา หน่วยที่ 11 - 15 ฟิสิกส์และดาราศาสตร์ สำหรับครู**. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- นำพวัลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์. (2558). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท ด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.
- ศักดิ์ดา มหาอัมพรพฤษ. (2538). **อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น**. นครราชสีมา : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครราชสีมา.
- สมพงษ์ มະนะสุทธิ. (2535). **อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- _____. (2537). **อุตุนิยมวิทยาทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สมรวดี พิภพลงาม. (2541). **วิทยาศาสตร์ทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- อุตุนิยมวิทยา, กรม. (2561). **ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.cmmet.tmd.go.th/index1.php>. [19 กรกฎาคม 2561]
- อุทกศาสตร์ กองทัพเรือ, กรม. (2561). **คู่มือการปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่แผนที่อากาศ (เล่มที่ 1)**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.rtnmet.org/km/คู่มือการปฏิบัติงานเจ้าหน้าที่แผนที่อากาศ.PDF>. [19 กรกฎาคม 2561]

บรรณานุกรม

- กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ. (2559). รายงานประจำปี กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ 2559. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://www.dmf.go.th/resources/annualReport/annual/th/DMFreport2016mid_opt_17032018.pdf. [6 สิงหาคม 2561]
- _____. (2561). แหล่งปิโตรเลียมในประเทศไทย. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://www.dmf.go.th/truth_file/truth/6.pdf. [6 สิงหาคม 2561]
- กรมทรัพยากรธรณี. (2566). แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.dmr.go.th/แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน-1250000>. [23 กันยายน 2566]
- กรมทรัพยากรธรณี. (2566). แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:50,000. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.dmr.go.th/แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน-150000>. [23 กันยายน 2566]
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2536). การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2561). ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.cmmet.tmd.go.th/index1.php>. [19 กรกฎาคม 2561]
- กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. (2561). คู่มือการปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่แผนที่อากาศ (เล่มที่ 1). [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.rtnmet.org/km/คู่มือการปฏิบัติงานเจ้าหน้าที่แผนที่อากาศ.PDF>. [19 กรกฎาคม 2561]
- กิจการ พรหมมา. (2555). ธรณีวิทยา สำหรับวิศวกร. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกรียงไกร กอวัฒนา และนายจรูญ เสาทเลิศชัย. (2553). สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่มที่ 35. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://saranukromthai.or.th/Ebook/BOOK35/book35_6/Default.html. [19 กรกฎาคม 2561]
- เกษม จันทรแก้ว. (2547). การจัดการสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ครรรพพัชร ว่องอนกุล. (2548). อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น (Meteorology). [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://oservice.skru.ac.th/ebook/lesson.asp?title_code=418. [19 กรกฎาคม 2561]
- จตุรงค์ สุคนธชาติ. (2555). ประมวลสารชะตุมวิชา หน่วยที่ 6 - 10 พิสิกส์และดาราศาสตร์สำหรับครู. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2555). ประมวลสารชะตุมวิชา หน่วยที่ 11 - 15 พิสิกส์และดาราศาสตร์สำหรับครู. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- เฉลียว แจ้งไพโร, (2530). ทรัพยากรดินในประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 82. กรุงเทพฯ : กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ดวงเดือน พินสุวรรณ. (2555). ประมวลสารชะตุมวิชา หน่วยที่ 11 - 15 พิสิกส์และดาราศาสตร์สำหรับครู. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

- ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. กรม. (2558). **คัมภีร์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งของไทย**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- ทรูปลูกปัญญา. (2561). **บทเรียนออนไลน์ วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.truelookpanya.com/learning/detail/31424/044022>. [23 กรกฎาคม 2561]
- ทวี ทองสว่าง. (2543). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2552). **เอกสารการสอนชุดวิชา หน่วยที่ 1 - 8 วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อชีวิต**. พิมพ์ครั้งที่ 11. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ทวีศักดิ์ บุญชูไชย. (2561). **โลก ดาราศาสตร์ อวกาศ**. นนทบุรี : โรงพิมพ์เพิ่มทรัพย์การพิมพ์.
- ทินพันธุ์ เนตรแพ. (2558). **ชลธิวิทยา**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นงนภัส คู่วรัญญา เทียงกมล, (2551). **สิ่งแวดล้อมและการพัฒนา เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นงพงา สุขวนิช. (2536). **ระบบนิเวศและความสัมพันธ์ระหว่างธรรมชาติกับสิ่งมีชีวิต**. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. เล่มที่ 17. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://kanchanapisek.or.th/kp6/Ebook/BOOK17/book17_3/Default.html. [25 สิงหาคม 2561]
- นำวัลย์ กิจรักษ์กุล และกัลยา เทียนวงศ์. (2558). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท ด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.
- นิคม อ่อนสี. (2557). **เอกสารประกอบการสอน รายวิชา สมุทรศาสตร์ฟิสิกส์**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : [http://fishtech.mutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTECH%204.0.3-02\(4\).pdf](http://fishtech.mutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTECH%204.0.3-02(4).pdf). [6 สิงหาคม 2561]
- นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และคณิตา ตั้งคณานุรักษ์. (2549). **คู่มือเคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.6 เล่ม 5**. กรุงเทพฯ : บริษัท เซเวนพรีนติ้งกรุ๊ป จำกัด.
- นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และคณิตา ตั้งคณานุรักษ์. (2552). **เคมีบรรยากาศ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิพนธ์ ทรายเพชร. (2552). **เอกสารการสอนชุดวิชา หน่วยที่ 1 - 8 วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อชีวิต**. พิมพ์ครั้งที่ 11. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ประมวล ศิริผันแก้ว. (2555). **ประมวลสาระชุดวิชา หน่วยที่ 11 - 15 ฟิสิกส์และดาราศาสตร์สำหรับครู**. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ประยูร วงศ์จันทรา. (2555). **วิทยาการสิ่งแวดล้อม**. มหาสารคาม : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ปัญญา จารุศิริ และมนตรี ชูวงศ์. (2558). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท ด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.
- ปานทิพย์ อัจฉนวนิช. (2532). **ภูมิอากาศวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- _____. (2558). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท ด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.

- พจนีย์ ทรรพสุทธิ. (2543). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์. (2556). **พลังงาน : วิชาการ กระบวนการผลิต การวิเคราะห์และความยั่งยืน**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2549). **พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- _____. (2561). **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2554**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.royin.go.th/dictionary>. [20 มิถุนายน 2561]
- ลลนา ปริญญาปริวัฒน์. (2541). **ธรณีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- _____. (2542). **ธรณีวิทยาภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วรรณศิริ เดชะคุปต์. (2543). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วันชัย ริมวิทยากร. (2541). **เศรษฐศาสตร์พลังงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วันทนี ศรีรัฐ. (2543). **ภูมิศาสตร์กายภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วิรัช มณีสาร์, เรือโท. **ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะอากาศตามฤดูกาลของภาคต่าง ๆ ในประเทศไทย**. เอกสารวิชาการเลขที่ 551.582-02-2538, ISBN : 974-7567-25-3, กันยายน 2558.
- วีระพล แต่สมบัติ. (2531). **อุทกวิทยาประยุกต์**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์พิสิสเซ็นเตอร์.
- ศรีลักษณ์ ผลวัฒน์ และคณะ. (2549). **ถ่านหินและปิโตรเลียม**. กรุงเทพฯ : เอเชียแปซิฟิกส์ พรีนติ้ง. ศศิณา ภารา. (2550). **ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ : บริษัท ส.เอเชียเพรส (1989) จำกัด.
- ศักดิ์ดา มหาอัมพรพฤษ. (2538). **อุทุนิยมวิทยาเบื้องต้น**. นครราชสีมา : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครราชสีมา.
- ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2559). **มลพิษทางอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. (2561). **วิทยาศาสตร์โลก**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.lesa.biz/earth>. [7 กรกฎาคม 2561]
- _____. (2561). **อิทธิพลของฤดูกาล**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.lesa.biz/earth/atmosphere/seasons>. [23 กรกฎาคม 2561]
- ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ. (2561). **เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจอากาศผิวพื้น-การบินและชั้นบนแบบทั่วไป**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.cmmet.tmd.go.th/instrument/instruments.php>. [23 กรกฎาคม 2561]

- สงกรานต์ อักษร. (2552). **สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่มที่ 34**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://saranukromthai.or.th/Ebook/BOOK34/book34_7/Default.html. [19 กรกฎาคม 2561]
- สง่า ตั้งชवाल. (2555). **ธรณีวิศวกรรม ชั้นพื้นฐาน**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548). **โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สมพงษ์ มະนะสุทธิ. (2535). **อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- _____. (2537). **อุตุนิยมวิทยาทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สมรวดี พิภพผลงาม และคณะ. (2541). **วิทยาศาสตร์ทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สมศักดิ์ โพธิ์สัตย์ และเยาวลักษณ์ ชัยมณี. (2555). **สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่มที่ 31**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://kanchanapisek.or.th/kp6/Ebook/BOOK31/book31_6/Default.html. [19 กรกฎาคม 2561]
- สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย. (2546). **ธรณีวิทยาน่ารู้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- สำนักวิจัยชากติกดาบรรพ์และพิพิธภัณฑธรณีวิทยา. (2550). **ไดโนเสาร์ของไทย**. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยชากติกดาบรรพ์และพิพิธภัณฑธรณีวิทยา.
- สุเทพ ดิงศภักดิ์ และเคชา กุ ทาเคตะ. (2521). **คู่มืออุทกวิทยาสำหรับงานชลประทาน**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมความรู้เทคนิคระหว่างประเทศ.
- สุวพันธ์ นิลายน. (2543). **อุตุนิยมวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวะจณ์ ธีฎรส. (2557). **มลพิษทางทะเลและชายฝั่ง**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : [http://fishtech.rmutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTECH%204.0.3-02\(6\).pdf](http://fishtech.rmutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTECH%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/FISHTECH%204.0.3-02\(5\).pdf](http://fishtech.rmutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTECH%204.0.3-02(5).pdf). [6 สิงหาคม 2561]
- เสน่ห์ โรจนดิษฐ์. (2539). **อุทกภูมิศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- อชิตพล ศศิธรานุวัฒน์. (2548). **วิทยาศาสตร์พลังงาน**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.rmutphysics.com/charud/pdf-learning/index5.htm>. [4 พฤษภาคม 2558]
- อีโคเทค พาร์ท. (2566). **สมดุลพลังงานในบรรยากาศโลก**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.ecotech.co.th/126468.html>. [1 กันยายน 2566]

- อุตุนิยมวิทยา. กรม. (2561). **ลมมรสุม**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=52>. [19 กรกฎาคม 2561]
- อุตุนิยมวิทยาทางทะเล. (2561). **มหาสมุทร**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.marine.tmd.go.th/thai/oceanhtml/oceandoc.html>. [6 สิงหาคม 2561]
- ไอเอ็นเนอร์จีกูรู. (2561). **พลังงานลม**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://ienergyguru.com/2015/07/ประเภทของลม/>. [19 กรกฎาคม 2561]
- Ahrens, C.D. (2007). **Meteorology Today**. 8th ed. USA.: Thomson Brooks/Cole.
- Bunopas, S., Vella, P., 1983. **Tectonic and geologic evolution of Thailand**. In: Darin W. Toohey. (2018). **Atmospheric and Oceanic Sciences**. (Online). Available : http://paos.colorado.edu/~toohey/Fig_25.jpg. [25 สิงหาคม 2561]
- De Nevers, N. (2000). **Air pollution engineering manual**. 12th ed. New York: John Wiley & Sons.
- ESchooltoday. (2018). **How do the Earth's spheres interact?**. (Online). Available : <http://eschooltoday.com/earth-system/interaction-of-the-earths-sphere.html>. [25 สิงหาคม 2561]
- Lahee, F.H., 1941, **Field Geology**, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London, 853 p.
- McKnight, T.L. and Hess, D. (2008). **Physical Geography**. Pearson Prentice Hall, Nj : Pearson Education, Inc.
- Miller, G.T. (2002). **Living in the environment**. 12th ed. California: A Division of Wadsworth.
- Nutlaya, P. (ed.). Proceedings of the Workshop on Stratigraphic Correlation of Thailand and Malaysia, Haad Yai, Thailand, 8- 10 September 1983, Technical Paper 1, 307-323.
- Peavy, H.S., Rowe, D.R. & Tchobanaglou, G. (1985). **Environmental engineering (international ed.)**. Singapore: McGraw-Hill.
- Strahler, A.N., 1971, **The Earth Sciences**, Harper & Row, New York, 824 p.
- Strahler, Alan and Strahler, Arthur. (2002). **Physical Geography**. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- White, I.D., Mottershead, D.N., and Harrison, S.J. (1996). **Environmental system: An Introductory Text**. Second Edition., London: Chapman & Hall.



มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

คณะครุศาสตร์ เลขที่ 1 ถนนอุทองนอก

เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

[www.ssrุ.ac.th](http://www.ssrु.ac.th)