ภูมิศาสตร์กายภาพ

เล่ม 1

มีชัย วรสายัณห์
ประยูร ดาศรี รัชนีวรรณ เวชพฤติ
น้อม งามนิสัย สุวัฒนา สุกใส

ประเสริฐ วิทยารัฐ บรรณาธิการ

มูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์
๔๐๐/๑๔ ถนนตรีเพชรอินทร์ เขตบางกอกน้อย กทม. ๑๐๗๐๐
โทร. ๔๒๔-๔๗๔๗

อภินันทนาการ

จาก

มูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์

ราคา 89.00 บาท

ปก : กู้ ยงทรัพย์อนันต์

ภูมิศาสตร์กายภาพ

เล่ม 1

พิมพ์ครั้งแรก พ.ศ. 2523

จำนวนพิมพ์ 3,000 ฉบับ

ลิขสิทธิ์ภาษาไทยเป็นของมูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์

บริษัทสำนักพิมพ์ ไทยวัฒนาพานิช จำกัด

599 ถนนไมตรีจิต กรุงเทพมหานคร

เป็นผู้แทนจำหน่าย

ภูมิศาสตร์กายภาพ

เล่ม 1

มีชัย วรสายัณห์

ประยูร ดาศรี

แปลจาก

Introduction to Physical Geography

by

Arthur N. Strahler

A Wiley International Edition

ประเสริฐ วิทยารัฐ

(บรรณาธิการ)

มูลนิธิโครงการตำรา

สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์

กรุงเทพมหานคร 2523

รายชื่อคณะกรรมการบริหาร
มูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์

นายเสน่ห์ จามริก	ประธานกรรมการ
นางเพ็ชรี สุมิตร	รองประธาน
นางสาวกุสุมา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา	กรรมการ
นายธวัชชัย ยงกิตติกุล	กรรมการ
นายสมบัติ จันทรวงศ์	กรรมการ
นางสาวสดชื่น ชัยประสาธน์	กรรมการ
นายสุเทพ สุนทรเภสัช	กรรมการ
นายทักษ์ เฉลิมเตียรณ	กรรมการ
นายชัช กิจกรรม	กรรมการ
นายนรนิติ เศรษฐบุตร	กรรมการ
นายสุลักษณ์ ศิวรักษ์	กรรมการ
นายเฉลิม ทองศรีพงศ์	กรรมการและที่ปรึกษากฎหมาย
นายบดินทร์ อัศวาณิชย์	กรรมการและที่ปรึกษากฎหมาย
นายเกริกเกียรติ พิพัฒน์เสรีธรรม	กรรมการและเหรัญญิก
นายชาญวิทย์ เกษตรศิริ	กรรมการและเลขานุการ

นายรังสรรค์ ธนะพรพันธุ์	ผู้จัดการ

มูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์
เลขที่ 413/38 ถนนอรุณอมรินทร์ บางกอกน้อย กรุงเทพฯ

คำแถลงของมูลนิธิโครงการตำรา ฯ

โครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ ก่อตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2509 ด้วยความร่วมแรงร่วมใจกันเองเป็นส่วนบุคคลในหมู่ผู้มีความรักในภารกิจบริการการศึกษาจากสถาบันต่าง ๆ เมื่อเริ่มดำเนินงานโครงการตำรา ฯ มีฐานะเป็นหน่วยงานหนึ่งของสมาคมสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย โดยได้รับความร่วมมือด้านทุนทรัพย์จากมูลนิธิร็อกกี้เฟลเลอร์ เพื่อใช้จ่ายในการดำเนินงานขั้นต้น เป้าหมายเบื้องแรกของโครงการตำรา ฯ ก็คือ ส่งเสริมให้มีหนังสือตำราภาษาไทยที่มีคุณภาพดี โดยเฉพาะในทางวิชาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ ทั้งนี้เพราะต่างก็เห็นพ้องต้องกันในระยะนั้นว่า คุณภาพของหนังสือตำราภาษาไทยระดับอุดมศึกษาแขนงวิชาดังกล่าวยังไม่สูงพอ ถ้าส่งเสริมให้มีหนังสือเช่นนี้เพิ่มมากขึ้น ย่อมมีส่วนช่วยยกระดับมาตรฐานการศึกษาในขั้นมหาวิทยาลัยไปด้วยโดยปริยาย อีกทั้งยังอาจหนุนช่วยการสร้างสรรค์ทางปัญญา ความคิดริเริ่ม และความเข้าใจอันถูกต้อง ในเรื่องที่เกี่ยวเนื่องกับสังคมวัฒนธรรม เศรษฐกิจ และการเมืองโดยส่วนรวม

พร้อมกันนี้โครงการตำรา ฯ ก็มีเจตนารมณ์อันแน่วแน่ที่จะทำหน้าที่เป็นแหล่งชุมนุมงานเขียนของนักวิชาการต่าง ๆ ทั้งในและนอกสถาบัน เพื่อให้ผลงานวิชาการที่มีคุณภาพได้เป็นที่รู้จักและแพร่หลายออกไปโดยทั่วถึงทั้งในหมู่ผู้สอน ผู้เรียน และผู้สนใจงานวิชาการ การดำเนินงานของโครงการตำรา ฯ มุ่งขยายความเข้าใจและความร่วมมือของบรรดานักวิชาการออกไปในวงกว้างยิ่ง ๆ ขึ้นด้วย ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดนโยบายสร้างตำรา การเขียน การแปล และการใช้ตำรานั้น ๆ ซึ่งจะเป็นเครื่องส่งเสริมและกระชับความสัมพันธ์อันพึงปรารถนา ตลอดจนความเข้าใจอันดีต่อกันในวงวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง

นโยบายพื้นฐานของโครงการตำรา ฯ คือ ส่งเสริมและเร่งรัดให้มีการจัดพิมพ์หนังสือตำราทุกประเภททั้งที่เป็นงานแปลโดยตรง งานแปล—เรียบเรียง งานถอดความ งานรวบรวม งานแต่งและงานวิจัย ในช่วงแรก ๆ เราได้เน้นส่งเสริมงานแปลเป็นงานหลัก ขณะเดียวกันก็ได้ส่งเสริมให้มีการจัดพิมพ์ตำราประเภทอื่น ๆ ด้วย นับแต่ได้ก่อตั้งโครงการตำรา ฯ มาจนกระทั่งถึงปัจจุบัน ซึ่งบัดนี้สามารถแยกตัวออกมาบริหาร และดำเนินการอย่างอิสระจากสมาคมสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย มูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ โดยความร่วมมืออย่างดียิ่งของนักวิชาการหลายสถาบัน สามารถส่งเสริม—กลั่นกรอง—ตรวจสอบ—และจัดพิมพ์หนังสือตำราภาษาไทยระดับอุดมศึกษาที่มีคุณภาพตามเป้าหมาย เจตนารมณ์ และนโยบาย ได้ครบทุกประเภท และมีเนื้อหาครอบคลุมสาขาวิชาต่าง ๆ ถึง 8 สาขา ดังต่อไปนี้ คือ 1) สาขาวิชาภูมิศาสตร์ 2) สาขาวิชาประวัติศาสตร์ 3) สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ 4) สาขาวิชารัฐศาสตร์ 5) สาขาวิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา 6) สาขาวิชาปรัชญา 7) สาขาวิชาจิตวิทยา 8) สาขาวิชาภาษาและวรรณคดี นอกจากนี้ เรายังมีโครงการผลิตตำราสาขาวิชาอื่นเพิ่มขึ้นด้วย เช่น สาขาวิชาศิลปะ ซึ่งกำลังอยู่ในขั้นดำเนินงาน และยังได้ขยายงานให้มีการแต่งตำราเป็น "ชุด"

ซึ่งมีเนื้อหาคาบเกี่ยวระหว่างหลายสาขาวิชา เช่น "ชุดชีวิตและงาน" ของบุคคลที่น่าสนใจ ดังที่ได้จัดพิมพ์เผยแพร่ไปแล้วบางเล่ม

ปัจจุบัน มูลนิธิโครงการตำรา ฯ ยังคงมีเจตนารมณ์อันแน่วแน่ที่จะขยายงานของเราต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง แม้ว่าจะประสบอุปสรรคนานัปการ โดยเฉพาะอุปสรรคด้านทุนรอน เพราะกิจการของเรามิใช่กิจการแสวงหาผลกำไร หากมุ่งประสงค์ให้นักศึกษาและประชาชนได้มีโอกาสซื้อหาหนังสือในราคาย่อมเยาพอสมควร

อนุกรรมการทุกสาขาวิชาของมูลนิธิโครงการตำรา ฯ ยินดีน้อมรับคำแนะนำ และคำวิพากษ์วิจารณ์จากผู้อ่านทุกท่าน และปรารถนาอย่างยิ่งที่จะให้ทุกท่านได้เข้ามามีส่วนร่วมในมูลนิธิโครงการตำรา ฯ ไม่ว่าจะเป็นการสนับสนุนแนะนำอยู่ห่าง ๆ ช่วยแต่ง แปล เรียบเรียง หรือรวบรวมตำราสาขาวิชาต่าง ๆ ให้เรา หรือเข้ามาช่วยบริหารและดำเนินงานร่วมกับเรา

ประธานกรรมการ
มูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์

คำนำของบรรณาธิการ

หนังสือภูมิศาสตร์กายภาพเล่มนี้ ได้แปล เรียบเรียง และดัดแปลงมาจากหนังสือ Physical Geography ของ Arthur N. Strahler ซึ่งเป็นหนังสือภูมิศาสตร์กายภาพที่นิยมใช้เป็นตำราเรียนวิชาภูมิศาสตร์กายภาพกันโดยทั่วไป ไม่เพียงแต่ในมหาวิทยาลัยในสหรัฐอเมริกา ยังมีมหาวิทยาลัยอื่น ๆ ทั่วโลก

ผู้เขียนหนังสือเล่มนี้ได้ทำการสอนวิชาภูมิศาสตร์กายภาพมาเป็นเวลานาน จากประสบการณ์และการค้นคว้าของเขา ทำให้หนังสือซึ่งพิมพ์ออกสู่ตลาดครั้งแรกในปี พ.ศ. 2494 ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง จากนั้นมาหนังสือภูมิศาสตร์กายภาพเล่มนี้ได้รับการปรับปรุงแก้ไขอยู่เสมอ จนเรียกได้ว่า เป็นหนังสือที่ดีเด่นที่สุดเท่าที่จะหาได้ในท้องตลาดปัจจุบัน การที่มูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ได้รับอนุญาตให้แปลและพิมพ์หนังสือเล่มนี้ได้ นับว่าเป็นที่น่ายินดีมาก เพราะผลที่ได้รับคือทำให้ผู้เรียนภูมิศาสตร์กายภาพในประเทศไทยได้มีโอกาสอ่าน และค้นคว้าทางด้านนี้อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์ต่อวงวิชาการเป็นส่วนรวม สมควรที่จะได้ขอบคุณเจ้าของลิขสิทธิ์หนังสือเล่มนี้ ตลอดจนผู้เขียน ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ทางด้านการแปล บรรดาอาจารย์ที่ร่วมแปลหนังสือเล่มนี้ ได้พยายามทำการแปลเป็นอย่างดี และได้พยายามดัดแปลงบางตอนบางเรื่องให้เหมาะสมกับสภาพของประเทศไทย พร้อมทั้งยกตัวอย่างของประเทศไทยด้วยในกรณีที่ทำได้ จึงเป็นที่หวังว่า หนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาภูมิศาสตร์กายภาพเป็นอย่างดี และจะเป็นรากฐานแห่งความก้าวหน้าทางภูมิศาสตร์ในประเทศไทยสืบไปในภายภาคหน้า

(ดร. ประเสริฐ วิทยารัฐ)

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	**เส้นโครงทางภูมิศาสตร์และเส้นโครงแผนที่**	1
1.1	ข้อพิสูจน์ว่าโลกกลม	1
1.2	รูปร่าง สัณฐานของโลก	3
1.3	วงกลมใหญ่และวงกลมเล็ก	4
1.4	เมริเดียนและเส้นขนาน	5
1.5	ลองจิจูด	6
1.6	ละติจูด	7
1.7	เส้นโครงแผนที่	10
1.8	มาตราส่วนบนแผนที่	11
1.9	การรักษาพื้นที่บนเส้นโครงแผนที่	13
1.10	การรักษารูปร่างบนเส้นโครงแผนที่	13
1.11	การจำแนกประเภทเส้นโครงแผนที่	14
	เส้นโครงแผนที่แบบทรงสัมผัส	14
	เส้นโครงแผนที่แบบรูปกรวย	16
	เส้นโครงแผนที่เส้นขนานเป็นเส้นตรง	17
บทที่ 2	**ฤดูกาลและเวลา**	28
2.1	การหมุนรอบตัวเองของโลก	28
2.2	การพิสูจน์ว่าโลกหมุนรอบตัวเอง	29
2.3	การโคจรของโลก	30
2.4	วงโคจรของโลก	31
2.5	การเอียงของแกนโลก	32
2.6	ซอลสติคและอีควินอกซ์	32
2.7	เวลา	38
2.8	ลองจิจูดและเวลา	38
2.9	เวลาท้องถิ่น	39
2.10	เวลามาตรฐาน	40
2.11	เวลาของโลก	42
2.12	เส้นแบ่งเขตวันสากล	44
2.13	ระยะเวลาของช่วงวันบนโลก	46

		หน้า
บทที่ 3	**บรรยากาศของโลก**	49
3.1	คำนำ	49
3.2	ส่วนประกอบของบรรยากาศ	50
3.3	บรรยากาศชั้นฮีเทอร์โรสเฟียร์	50
3.4	การแบ่งชั้นบรรยากาศของโฮโมสเฟียร์	51
	โทรโพสเฟียร์	51
	สเตรโตสเฟียร์	53
	เมโซสเฟียร์	53
	ตอนใต้ของเทอร์โมสเฟียร์	53
3.5	โทรโพสเฟียร์และมนุษย์	53
3.6	ความกดของบรรยากาศ	54
3.7	ปรากฏการณ์ของบรรยากาศชั้นนอก	56
3.8	แมกนิโตสเฟียร์	57
3.9	แนวการแผ่รังสี	59
บทที่ 4	**ความร้อน–เย็นของผิวโลก**	62
4.1	คำนำ	62
4.2	จำนวนความร้อนที่โลกมีอยู่	63
4.3	รังสีดวงอาทิตย์	64
4.4	การส่องแสงของดวงอาทิตย์บนพื้นโลก	65
4.5	การแผ่รังสีของพื้นดินและความร้อนของบรรยากาศ	72
4.6	การวัดอุณหภูมิของอากาศ	77
4.7	การหมุนเวียนของอุณหภูมิของอากาศประจำปี	77
4.8	การกระจายของอุณหภูมิของโลก	79
4.9	การหมุนเวียนของอุณหภูมิของอากาศประจำวัน	86
4.10	อุณหภูมิผกผันและน้ำค้างแข็ง	87
บทที่ 5	**ลมและการหมุนเวียนของอากาศรอบโลก**	90
5.1	การกระจายของความกดอากาศในแนวนอน	90
5.2	เขตความกดอากาศของโลก	96
5.3	ความสัมพันธ์ของลมกับความกดอากาศ	97
5.4	แรงโคริโอลิส และอิทธิพลที่มีต่อลม	98
5.5	ไซโคลนและแอนติไซโคลน	100
5.6	การวัดลม	102

หน้า

5.7 ระบบลมบนพื้นโลก 104
เขตดอลดรัมส์ 105
เขตลมสินค้า 105
เขตรุ้งม้า 107
ลมตะวันตก 108
ลมขั้วโลก 109
5.8 ลมมรสุมในทวีปเอเชียและอเมริกาเหนือ 109
5.9 ระบบการหมุนเวียนของอากาศรอบโลก 110
5.10 เจ็ตสตรีม 111
5.11 ลมประจำถิ่น 113
ลมบก ลมทะเล 113
ลมภูเขา และลมหุบเขา 113
ลมประจำถิ่นอื่น ๆ 113
5.12 อิทธิพลของกระแสน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อภูมิอากาศ 114

บทที่ 6 ความชื้น เมฆ และหยาดน้ำฟ้า 120

6.1 คำนำ 120
6.2 ความชื้น 121
6.3 ความชื้นสัมบูรณ์ 123
6.4 ความดันของไอน้ำ 124
6.5 การวัดความชื้นของอากาศ 125
6.6 การกลั่นตัวของไอน้ำ 126
6.7 เมฆชนิดต่าง ๆ 127
6.8 หมอก 131
6.9 ลักษณะของหยาดน้ำฟ้า 132
ฝนน้ำแข็ง 132
หิมะ 133
ลูกเห็บ 133
6.10 การวัดหยาดน้ำฟ้า 134
6.11 ภาวะที่ก่อให้เกิดหยาดน้ำฟ้า 134
6.12 พายุฟ้าคะนอง 138
6.13 ลมสินค้า 140
6.14 ลมมรสุม

		หน้า
บทที่ 7	**พายุไซโคลน มวลอากาศ และแนวปะทะ**	143
7.1	พายุไซโคลน	143
	พายุไซโคลนในเขตละติจูดกลาง	143
	พายุไซโคลนเขตร้อน	143
	พายุทอร์เนโด	143
7.2	ทฤษฎีการพัดของลมไซโคลน	144
7.3	แนวปะทะอากาศเย็น และแนวปะทะอากาศร้อน	146
7.4	ลักษณะลมไซโคลนบนแผนที่อากาศประจำวัน	147
7.5	มวลอากาศและแหล่งกำเนิด	151
7.6	ลมฟ้าอากาศเขตร้อนและเขตศูนย์สูตร	153
7.7	พายุหมุนเขตร้อน	154
7.8	พายุทอร์เนโด	158
7.9	พวยน้ำ	160
บทที่ 8	**การจำแนกภูมิอากาศและแบบของภูมิอากาศชนิดต่าง ๆ**	162
8.1	การจำแนกประเภทภูมิอากาศ	162
8.2	การจำแนกประเภทภูมิอากาศตามแนวเคิปเปน	164
8.3	มวลอากาศและแนวปะทะ	168
8.4	แบบของภูมิอากาศ	173
	ภูมิอากาศบริเวณละติจูดกลาง	173
	ภูมิอากาศแบบศูนย์สูตร	174
	ภูมิอากาศแบบแห้งแล้ง–ชุ่มชื้นเขตทรอปิก	175
	ภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียน	176
	ภูมิอากาศแบบภาคพื้นทวีป	177
	ภูมิอากาศแบบขั้วโลก	178
	ภูมิอากาศแบบทะเลทราย	179
	ภูมิอากาศแบบประสม	179
บทที่ 9	**น้ำในดินและความสมดุลของน้ำ**	182
9.1	สภาพของน้ำผิวดินและน้ำใต้ผิวดิน	182
9.2	วัฏจักรของน้ำ	182
9.3	การระเหยของไอน้ำ และการเก็บความร้อนของพื้นโลก	183
9.4	การดูดซึมน้ำและการไหลออกของน้ำ	184
9.5	ความชื้นในดิน	185

หน้า

9.6 วัฏจักรของน้ำในดิน 186
9.7 น้ำใต้ดิน 188

บทที่ 10 ภูมิอากาศเขตศูนย์สูตรและภูมิอากาศเขตทรอปิก 192
10.1 ภูมิอากาศชุ่มชื้นเขตศูนย์สูตร 192
10.2 ภูมิอากาศที่เกิดจากอิทธิพลลมสินค้าตามชายฝั่ง 194
10.3 ภูมิอากาศทะเลทรายเขตร้อนและทุ่งหญ้าสเตปป์เขตร้อน 196
10.4 ภูมิอากาศทะเลทรายชายฝั่งด้านตะวันตก 198
10.5 ภูมิอากาศร้อนชื้นและแห้งแล้ง 199

บทที่ 11 ภูมิอากาศในเขตละติจูดกลาง 205
11.1 ภูมิอากาศชื้นกึ่งโซนร้อน 205
11.2 ภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรด้านตะวันตก 207
11.3 ภูมิอากาศเมดิเตอร์เรเนียน 209
11.4 ภูมิอากาศทะเลทรายและกึ่งทะเลทรายเขตละติจูดกลาง 211
11.5 ภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป 212

บทที่ 12 ภูมิอากาศเขตขั้วโลก เขตอาร์กติก และเขตที่สูง 217
12.1 ภูมิอากาศภาคพื้นทวีปกึ่งอาร์กติก 217
12.2 ภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรเขตกึ่งอาร์กติก 219
12.3 ภูมิอากาศทุนดรา 221
12.4 ภูมิอากาศบริเวณน้ำแข็ง 222
12.5 น้ำแข็งทะเล 223
12.6 ภูเขาน้ำแข็ง และเกาะน้ำแข็ง 223
12.7 ภูมิอากาศเขตที่สูง 226
12.8 ความกดอากาศและอุณหภูมิของอากาศ 226
12.9 หยาดน้ำฟ้า 227
12.10 พืชพรรณธรรมชาติในเขตต่าง ๆ 228

บทที่ 13 ดินและขบวนการเกิดดิน 231
13.1 ดินและขบวนการเกิดดิน 231
13.2 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของดิน 232
สีของดิน 232
เนื้อดิน 233
น้ำในดิน 235

หน้า

13.3 ส่วนประกอบและขบวนการเกิดดิน 235
13.4 ภูมิอากาศและดิน 236
13.5 การเกิดดินในทางชีววิทยา 238
13.6 การแบ่งดินตามประเภทของภูมิอากาศ 239
พอดโซไลเซชั่น 239
แลทเทอร์ไลเซชั่น 240
คัลซิฟิเคชั่น 241
ไกรเซชั่น 241
ซาลิไนเซชั่น 241

บทที่ 14 กลุ่มของดินสำคัญ 244

14.1 กลุ่มดินสำคัญ 244
ดินพอดซอล 245
ดินพอดซอลสีเทา–น้ำตาล 246
ดินพอดซอลแดงเหลือง 247
ดินแลโตซอล 248
ดินที่มีน้ำแช่ขัง 248
ดินบ๊อก 249
ดินทุ่งหญ้า 249
ดินเพลโนซอล 249
ดินทุนดรา 249
ดินเชอร์โนเซม 250
ดินแพรรี 251
ดินเซสต์นัตและดินสีน้ำตาล 251
ดินเซสต์นัตสีแดงและดินสีน้ำตาลแกมแดง 251
ดินในเขตทะเลทรายสีแดงและสีเทา 252
14.2 ระดับความสูงและสภาพของดิน 253
14.3 ดินฮาร์โลมอร์ฟิก 253
ดินเกลือ 254
ดินด่าง 254
14.4 ดินคัลซิมอร์ฟิก 254

บทที่ 15 โครงสร้างและสิ่งแวดล้อมของพืชพรรณ 258

15.1 การศึกษาพืชพรรณโดยอาศัยลักษณะโครงสร้าง 258

หน้า

15.2 ชีวภูมิอากาศวิทยาและนิเวศวิทยา 259
15.3 ระบบชีวพิภพและการแบ่งส่วนย่อย 260
15.4 บริเวณที่อยู่ของพืชและสภาพโดยทั่วไป 261
15.5 ลักษณะโครงสร้างของพืชพรรณ 262
รูปร่างลำต้น 262
ขนาดและความสูง 264
ร่มเงา 264
วงจรชีวิต 265
รูปร่างและขนาดของใบ 266
โครงสร้างของใบ 266
15.6 สิ่งแวดล้อมที่เป็นองค์ประกอบในการเจริญของพืช 266
15.7 การแบ่งประเภทของพืชตามความต้องการของน้ำ 268
15.8 องค์ประกอบอย่างอื่นของภูมิอากาศ 268
15.9 องค์ประกอบทางภูมิประเทศ 270
15.10 องค์ประกอบเกี่ยวกับดิน 271
15.11 องค์ประกอบทางชีววิทยา 272
15.12 การไดนามิกส์ของพืชพรรณธรรมชาติ 272

บทที่ 16 การกระจายของพืชพรรณธรรมชาติ 277

16.1 ชนิดของพืชพรรณธรรมชาติ 277
พืชผลป่าไม้ 277
พืชพรรณสะวันนา 277
พืชพรรณทุ่งหญ้า 277
พืชผลแบบทะเลทราย 278
16.2 การจัดแบ่งประเภทของพืชพรรณ 279
16.3 พืชพรรณป่าไม้ 279
ป่าไม้เขตศูนย์สูตร 279
ป่าดงดิบ 282
ป่ามรสุม หรือป่าโปร่ง 283
ป่าดงดิบในเขตอบอุ่น 284
ป่าไม้ผลัดใบที่มีใบเขียวชอุ่มในฤดูร้อน 285
16.4 พืชผลสะวันนา 291
ป่าไม้สะวันนา 291
ไม้พุ่มมีหนาม และไม้พุ่มในเขตร้อน 291

		หน้า
	สะวันนา	292
	พืชกึ่งทะเลทราย	292
	ต้นไม้เตี้ย	294
	ไม้เขตหนาว	294
16.5	พืชผลทุ่งหญ้า	295
	ทุ่งหญ้าแพรรี	295
	ทุ่งหญ้าสเตปป์	296
	ทุ่งหญ้าในเขตทุนดรา	297
16.6	พืชผลแบบทะเลทราย	298
	พืชผลแห้งแบบทะเลทราย	298
	พืชชั้นต่ำ ในเขตอาร์กติก	299
	บรรณานุกรม	302

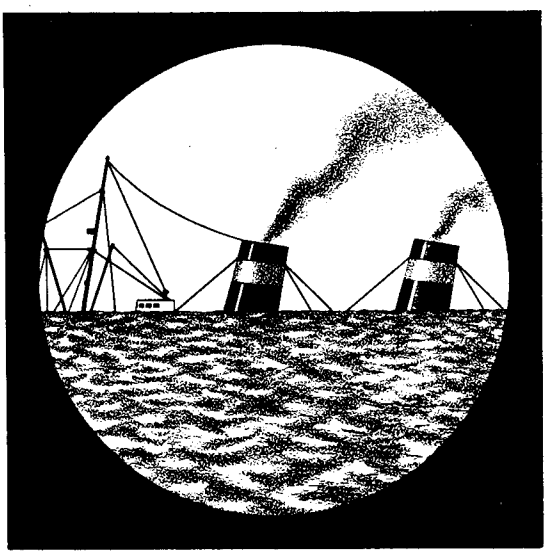
บทที่ 1

เส้นโครงทางภูมิศาสตร์และเส้นโครงแผนที่
(The Geographic Grid and It's Projections)

ลักษณะโลกกลมเป็นข้อเท็จจริงที่ควรจะเรียนรู้มาตั้งแต่เยาว์วัย แต่มีน้อยคนที่ระลึกถึงข้อพิสูจน์ง่าย ๆ ที่ว่าโลกกลม ผู้ที่แล่นเรือรอบโลกได้สำเร็จมาแล้วหลายครั้ง การแล่นเรือรอบโลกหรือการที่เครื่องบินบินตามแนวของเส้นวงกลมใหญ่หลายครั้ง น่าจะเป็นข้อพิสูจน์ได้เป็นอย่างดี

1.1 ข้อพิสูจน์ว่าโลกกลม มีหลายประการดังนี้

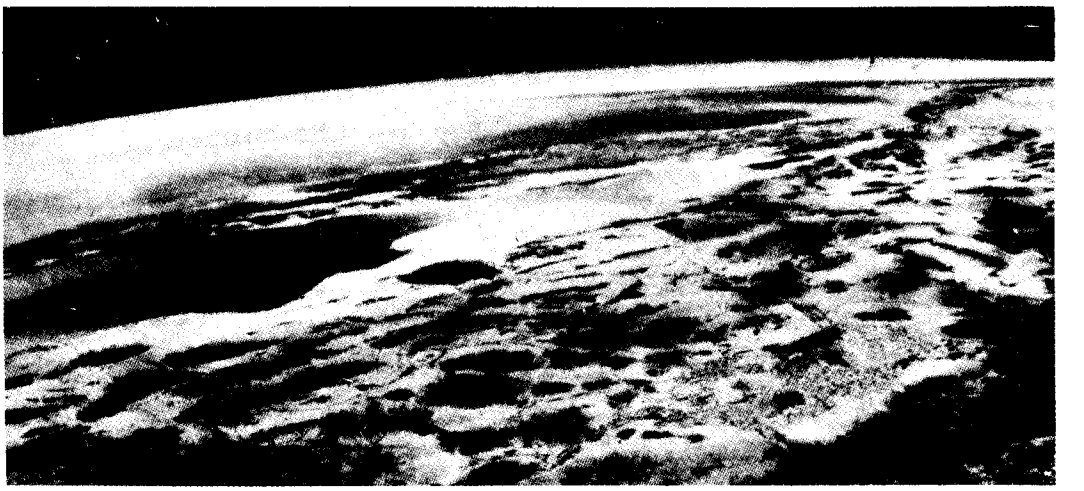
ประการที่ 1 สังเกตจากชายฝั่งทะเล จะเห็นว่าเรือที่แล่นออกห่างจากชายฝั่งไปในระยะทางไกล จะปรากฏว่าเรือลำนั้นค่อย ๆ จมลงไปใต้ระดับน้ำ (รูปที่ 1.1) เมื่อใช้กล้องส่องดูแล้วระดับน้ำทะเลจะสูงท่วมดาดฟ้า ปล่องไฟและเสากระโดงจะค่อย ๆ จมลงไปใต้ท้องทะเล จะมองเห็นควันลอยขึ้นตัดขอบฟ้าเป็นการแสดงว่าพื้นทะเลมีผิวโค้ง การที่จะพิสูจน์ความโค้งได้นั้นควรจะต้องใช้การสังเกตหลายครั้ง แต่ละครั้งควรลองจัดส่วนของเรือที่จมลงไปในทะเลต่อหน่วยระยะทางไกลในทิศทางต่าง ๆ จากจุดที่สังเกตควรทำซ้ำ ๆ กันในบริเวณมหาสมุทรต่าง ๆ หลายแห่งของโลก ในที่สุดจะพบความโค้งที่คงที่



รูปที่ 1.1 การมองจากกล้องเทเลสโคป พื้นน้ำจะบังส่วนของลำเรือ

ประการที่ 2 เวลาเกิดจันทรุปราคา จะเห็นเงาของโลกตามบนผิวดวงจันทร์มีลักษณะเป็นส่วนโค้งของวงกลม เป็นสิ่งที่จะพิสูจน์ให้เห็นได้ว่าไม่เพียงแต่รูปร่างลักษณะเท่านั้นที่มีสัณฐานกลม เงาที่ทาบบนผิวดวงจันทร์ก็มีลักษณะกลมด้วย

ประการที่ 3 ผลการตรวจสอบจากภาพถ่ายจากยานอวกาศและดาวเทียม (เช่น ดาวเทียมดีรอส สำหรับตรวจอากาศ) จะมองเห็นส่วนเส้นโค้งบนท้องฟ้า (รูปที่ 1.2) เส้นโค้งเหล่านี้จะเห็นกว้างใหญ่ไพศาลที่แสดงให้เห็นว่าโลกกลม



รูปที่ 1.2 ส่วนโค้งของโลกในแนวราบ แสดงให้เห็นบริเวณทางตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา และทางเหนือของเม็กซิโก จากจรวดไวกิ้ง 12 ซึ่งอยู่สูง 143 ไมล์ (230 กิโลเมตร) ทางด้านซ้ายมือคือที่ลุ่มและอ่าวแคลิฟอร์เนีย ทางขวาที่มองเห็นไกลออกไปเป็นบริเวณของลอสแอนเจลีส

ประการที่ 4 สังเกตจากตำแหน่งขั้วโลกเป็นหลัก เช่น ดาวเหนือ (หรือดาวอื่น ๆ) เริ่มสังเกตที่เส้นศูนย์สูตร จะเห็นดาวเหนืออยู่ที่ขอบฟ้า ถ้าเราเดินทางไปยังขั้วโลกเหนือ ดาวเหนือที่อยู่บนท้องฟ้าจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงขั้วโลกเหนือจะอยู่ตรงศีรษะเราพอดี ซึ่งเราจะพบว่าดาวเหนือจะอยู่สูงขึ้นไป 1 องศา ทุก ๆ 69 ไมล์ (111 กิโลเมตร) ในทำนองเดียวกันถ้าเราเดินทางจากเส้นศูนย์สูตรไปยังขั้วโลกใต้ ก็จะสังเกตได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงพิสูจน์ได้ว่าเส้นโค้งที่ลากจากขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งเป็นเส้นโค้งของวงกลม นี่คือสัณฐานของโลกกลม

ประการที่ 5 จากการสังเกตจะพบว่า ถ้าเอาวัตถุที่มีน้ำหนักไปชั่งแล้วจะพบว่าวัตถุจะมีน้ำหนักเกือบเท่ากันในทุก ๆ แห่งบนผิวโลก เป็นที่ทราบกันว่าโลกเรามีแรงดึงดูด เหตุที่นำเอาวัตถุไปชั่งในที่ต่างกันจะมีน้ำหนักเท่ากัน เพราะว่าทุก ๆ จุดบนพื้นโลกมีระยะทางห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากัน ดังนั้นโลกจึงกลม

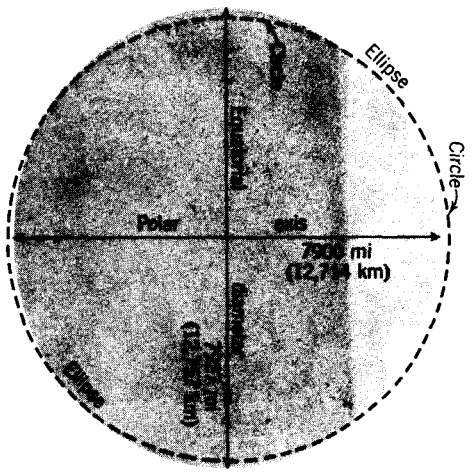
ลูกตุ้มนาฬิกาจะเป็นเครื่องพิสูจน์แรงดึงดูดของโลกได้ ถ้าหากว่าลูกตุ้มรักษาความยาวไว้คงที่นาฬิกาก็จะรักษาเวลาได้คงที่เช่นกัน เราสามารถนำไปตรวจเวลาในที่ต่าง ๆ ได้ เช่น ระดับน้ำทะเลและ

ระดับเหนือน้ำทะเล ฉะนั้นลูกตุ้มก็เป็นเครื่องมือที่จะใช้พิสูจน์ได้อีกอย่างหนึ่งว่าโลกกลม การคำนวณอย่างละเอียดก็ขึ้นอยู่กับสิ่งเหล่านี้เอง การค้นคว้าเกี่ยวกับข้อเท็จจริงว่าโลกกลมนั้นยังไม่สมบูรณ์ทีเดียว

ประการที่ 6 ข้อพิสูจน์สุดท้าย ซึ่งนักเดินเรือได้บันทึกเกี่ยวกับลักษณะสัณฐานของโลกเป็นเวลานานกว่าศตวรรษ เช่น การทดลองเกี่ยวกับการเดินเรือครั้งแล้วครั้งเล่า ก็เป็นข้อพิสูจน์ได้อย่างแน่ชัดว่าโลกกลม

1.2 รูปร่างสัณฐานของโลก

ในปี ค.ศ. 1671 พระเจ้าหลุยส์ที่ 14 ได้ส่งนักดาราศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ จีน รีชเชอร์ (Jean Richer) ไปยังเกาะคาเยนเน (Cayenne Island) ที่กิอานา ของฝรั่งเศส (French Guiana) เพื่อสังเกตการณ์ทางด้านดาราศาสตร์ จีน รีชเชอร์พบว่านาฬิกาซึ่งมีลูกตุ้มยาว 39 นิ้ว (99.4 เซนติเมตร) บอกเวลาเที่ยงตรงถึงขั้นวินาที ที่กรุงปารีส แต่พอมาถึงเกาะคาเยนเน (Cayenne Island) ซึ่งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรนั้นเวลาจะช้าไปประมาณ 2 นาทีครึ่งต่อวัน ปรากฏการณ์อันนี้รีชเชอร์อธิบายว่าเกิดจากแรงดึงดูดของโลกที่เข้าสู่ศูนย์กลางที่ใกล้ศูนย์สูตรมีน้อยกว่าที่ปารีส เป็นที่ประจักษ์ว่าปรากฏการณ์เช่นนี้จะเกิดขึ้นอีกหลายแห่งที่ไปทดลองวัดส่วนโค้งของโลก ปี 1735 และเส้นศูนย์สูตรเมื่อปี 1843 จึงสรุปว่าโลกมีสัณฐานทรงกลม ตรงกลางบ่อง ขั้วโลกเหนือและใต้แฟบ ซึ่งพบว่าการที่เป็นเช่นนี้ได้ก็เพราะเส้นผ่าศูนย์กลางของโลกที่ศูนย์สูตรยาวกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของโลกเมื่อลากผ่านบริเวณที่อื่น ๆ จากการวัดที่แท้จริงพบว่า เส้นผ่าศูนย์กลางที่ศูนย์สูตรยาว 7,927 ไมล์ (12,757 กิโลเมตร) ส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางจากขั้วโลกเหนือไปยังขั้วโลกใต้มีเพียง 7,900 ไมล์ (12,714 กิโลเมตร) ส่วนที่แตกต่างกันประมาณ 27 ไมล์ หรือ 43 กิโลเมตร เมื่อเทียบแล้วมีเพียง $\frac{1}{300}$ ของเส้นผ่าศูนย์กลางของโลก ซึ่งนับว่าน้อยมาก ถ้าเรามองโลกมาจากที่ไกล ๆ แล้ว จะเห็นว่าถ้าโลกกลมจริง ๆ จะไม่สามารถบอกได้ว่ามีส่วนที่เบี้ยวอยู่แม้แต่เพียงเล็กน้อย

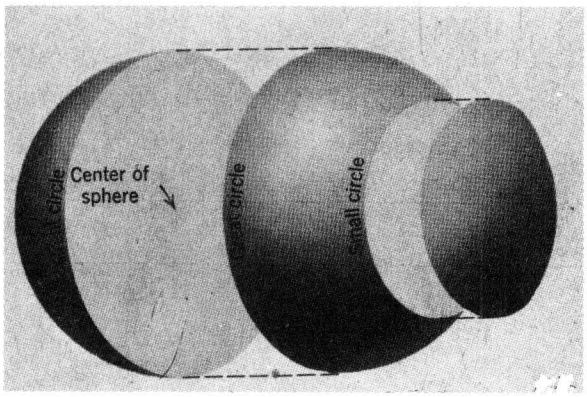


รูปที่ 1.3 เส้นผ่าศูนย์กลางของโลก ซึ่งสัมพันธ์กับอีลิปซอยด์นานาชาติ

เมื่อใช้ตัวเลขดังกล่าวข้างต้นวัดเส้นรอบวงของโลกบริเวณศูนย์สูตรจะได้ประมาณ 24,900 ไมล์ (40,075 กิโลเมตร) สำหรับการคำนวณอย่างหยาบ ๆ จะใช้ตัวเลข 25,000 ไมล์ (40,000 กิโลเมตร) และได้มีวิทยาการเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เพื่อคำนวณหาขนาดของโลกเพื่อให้มีความแม่นยำถูกต้องมากขึ้น

1.3 วงกลมใหญ่และวงกลมเล็ก

ถ้าโลกในลักษณะทรงกลมถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนเท่ากันระนาบของส่วนที่แบ่งจะผ่านจุดศูนย์กลางของโลกพอดี วงกลมที่แบ่งโลกออกเป็นสองซีกเท่า ๆ กันนี้เรียกว่า วงกลมใหญ่ (Great circle) วงกลมอื่นที่แบ่งโลก แต่ไม่ได้สองซีกเท่ากันเรียกว่า วงกลมเล็ก (Small circle) วงกลมใหญ่มีความสำคัญต่อการเดินทาง เช่น เส้นทางเดินเรือและเครื่องบิน เพราะตามแนวของเส้นวงกลมใหญ่จะหาได้ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างตำบลสองตำบลบนพื้นโลก คุณสมบัติของเส้นวงกลมใหญ่มีดังนี้



รูปที่ 1.4 วงกลมใหญ่และวงกลมเล็ก

1. ระนาบของเส้นวงกลมใหญ่ทุกวงจะผ่านศูนย์กลางของโลกไม่ว่าวงกลมนั้นจะอยู่ในรูปใด
2. วงกลมใหญ่เป็นวงกลมที่ใหญ่ที่สุดซึ่งสามารถจะลากได้บนผิวโลก
3. จำนวนวงกลมใหญ่สามารถลากได้บนผิวโลกไม่จำกัดจำนวน
4. จะมีวงกลมใหญ่เพียงวงเดียวเท่านั้น ที่สามารถลากผ่านจุดสองจุดที่กำหนดให้บนพื้นโลก เว้นแต่จุดสองจุดนั้นจะอยู่ตรงกันข้ามคนละซีกโลกพอดี
5. เส้นทางตามส่วนโค้งของวงกลมใหญ่จะเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดสองจุดบนพื้นโลก
6. วงกลมใหญ่ต่าง ๆ อาจจะตัดซึ่งกันและกันได้

เส้นวงกลมใหญ่ที่เรารู้จักกันมีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น เส้นศูนย์สูตร เส้นเมริเดียน ที่อยู่ตรงข้ามกัน เส้นแสดงเขตมืดเขตสว่าง (Circle of illumination) และเส้นอีคลีปติก (Ecliptic)

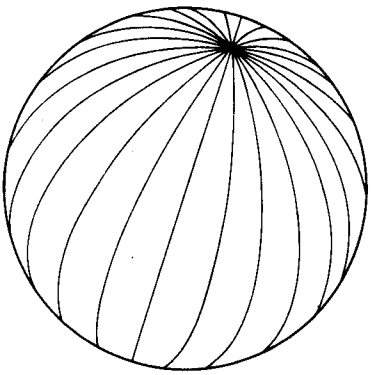
โดยปกติสายการเดินเรือและสายการบินจะใช้แนวเส้นวงกลมใหญ่ ตามแนววงกลมใหญ่นี้จะให้ระยะทางซึ่งสั้นที่สุดระหว่างสองตำบล การใช้เส้นทางนี้จึงเกิดประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ เพราะช่วยให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเวลาน้อยลง เว้นแต่มีเหตุผลอย่างอื่นที่สำคัญกว่าที่ทำให้ต้องเปลี่ยนเส้นทาง เช่น เหตุผลทางด้านการเมือง ลักษณะเส้นทางที่เสี่ยงอันตราย หรือมีผลประโยชน์อย่างอื่นที่มีเหนือกว่าสิ่งที่ประหยัด

รูปที่ 1.5 ส่วนหนึ่งของเส้นวงกลมใหญ่

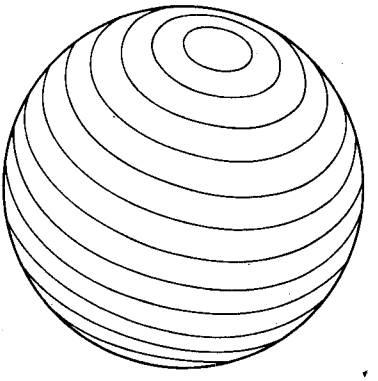
เส้นวงกลมใหญ่เราจะค้นพบได้โดยใช้เชือกหรือยางขึงตามแนวลูกโลกที่มองเห็น ขึงเชือกให้ตึงตามแนววงกลมใหญ่ระหว่างหัวแม่มือสองข้าง แต่ละข้างอยู่บนจุดที่ต้องการ ลูกโลกบางชนิดจะแสดงให้เห็นเส้นระยะทางตามแนววงกลมใหญ่ระหว่างท่าเรือของมหาสมุทรแปซิฟิก แอตแลนติก หรือมหาสมุทรอินเดีย เป็นวิธีง่ายเกี่ยวกับการใช้เชือกวัดบนลูกโลก

1.4 เมริเดียนและเส้นขนาน

โลกหมุนรอบแกนทำให้ทราบจุดสองจุดที่แน่นอน คือ ขั้วเหนือและขั้วใต้ จากจุดที่ทราบแล้วสองจุดนี้ช่วยให้สามารถสร้างตารางทางภูมิศาสตร์ขึ้นได้ จากตารางเหล่านี้ช่วยให้สามารถหาตำแหน่งต่าง ๆ บนพื้นโลกได้ ตารางที่เกิดขึ้นจากเส้นโครงสองชุด ชุดหนึ่งประกอบด้วยเส้นสมมติลากเส้นเชื่อมขั้วโลกเหนือขั้วโลกใต้ เรียกว่า เมริเดียน อีกชุดหนึ่งเป็นเส้นสมมติลากขนานกับเส้นศูนย์สูตร เรียกว่า เส้นขนาน



รูปที่ 1.6 A เมริเดียน



B ขนาน

เส้นเมริเดียนแต่ละเส้นจะมีความยาวเท่ากับครึ่งหนึ่งของเส้นวงกลมใหญ่ ปลายของเส้นเมริเดียนทุกเส้นจะบรรจบกันที่ขั้วโลกทั้งสองข้าง คุณสมบัติที่สำคัญของเมริเดียนมีดังนี้

1. เมริเดียนแต่ละเส้นจะอยู่ในแนวเหนือ–ใต้
2. เมริเดียนแต่ละเส้นจะห่างกันมากตรงบริเวณเส้นศูนย์สูตรและบรรจบกันที่ขั้วโลก
3. บนพื้นโลกจะลากเส้นเมริเดียนได้จำนวนไม่จำกัด แต่ที่ปรากฏบนลูกโลกหรือแผนที่จะเลือกเส้นให้ห่างกันพอสมควร

เส้นขนานโดยปกติเป็นเส้นวงกลมเล็ก ยกเว้นเส้นศูนย์สูตรเท่านั้นที่เป็นเส้นวงกลมใหญ่ คุณสมบัติของเส้นขนานมีดังนี้

1. เส้นขนานทั้งหลายจะขนานซึ่งกันและกัน แม้จะบรรจบกันเป็นเส้นรอบวงกลม ก็จะมีระยะห่างเท่ากันเสมอ
2. เส้นขนานแต่ละเส้นจะลากอยู่ในแนวตะวันออกตะวันตก
3. เส้นขนานจะตัดกับเมริเดียนเป็นมุมฉากเสมอ ทั้งนี้ยกเว้นบริเวณขั้วโลก ซึ่งเส้นขนานมีลักษณะโค้งมาก
4. เส้นขนานทุกเส้น (ยกเว้นเส้นศูนย์สูตร) เป็นเส้นวงกลมเล็กทั้งนั้น
5. บนโลกจะลากเส้นขนานได้ไม่จำกัดจำนวน ดังนั้นทุก ๆ จุดบนพื้นโลก (ยกเว้นขั้วเหนือและขั้วใต้) จะอยู่บนเส้นขนาน

1.5 ลองจิจูด

การหาตำแหน่งสถานที่ต่าง ๆ บนพื้นโลก ทำได้โดยอาศัยเส้นสมมติซึ่งรู้ตำแหน่งที่แน่นอนแล้ว คือ เมริเดียนปฐม หรือเมริเดียนแรกเริ่ม (Prime meridian) และเส้นศูนย์สูตรจากเส้นสมมติทั้งสองสามารถหาตำแหน่งที่วัดเป็นมุมจะช่วยให้ทราบตำแหน่งที่แน่นอนบนพื้นโลก

ลองจิจูด คือ ระยะทางซึ่งวัดเป็นมุมไปทางตะวันออกและตะวันตกของเมริเดียนปฐม ตำแหน่งลองจิจูดบนเมริเดียนปฐม คือ 0 องศา ดังนั้น ลองจิจูดจะมีค่าตั้งแต่ 0 องศา ไปถึง 180 องศา ทั้งทางด้านตะวันออกและตะวันตกของเมริเดียนปฐม ลองจิจูด 180 องศาตะวันออกและตะวันตกจะทับกัน โดยทั่วไปค่าลองจิจูดจะเขียนเป็นลองจิจูด 77° 3′ 41″ ตะวันตก ซึ่งจะอ่านว่า ลองจิจูด 77 องศา 3 ลิปดา 41 วิลิปดา ทางตะวันตกของกรีนิช

เพียงลองจิจูดอย่างเดียวยังไม่บอกให้ทราบตำแหน่งที่แน่นอน เพราะเป็นเพียงแต่บอกตำแหน่งเป็นส่วนโค้งของโลกตลอดแนวเมริเดียน การที่มีเส้นเมริเดียนบนลองจิจูดต่าง ๆ นั้น ทำให้เกิดการเข้าใจผิดอยู่บ่อย ๆ อาจจะเกิดความสับสนขึ้นในใจของผู้ศึกษาและปรากฏอยู่ในหนังสือตำราเรียนทั่วไป

ความห่างเป็นไมล์และกิโลเมตรของ 1 องศาลองจิจูด จะขึ้นอยู่กับตำบลนั้น ๆ สถานที่ซึ่งวัดที่ศูนย์สูตร ความห่าง 1 องศา อาจจะคำนวณได้โดยการแบ่งเส้นรอบโลกด้วย 360 องศา

$\frac{24,900}{360}$ ไมล์ = 69 ไมล์บก (โดยประมาณ)

$\frac{40,075}{360}$ กิโลเมตร = 111 กิโลเมตร (โดยประมาณ)

ควรจะจำไว้ง่าย ๆ ว่า 1 องศาลองจิจูด ที่ศูนย์สูตร ห่างประมาณ 69 ไมล์ (111 กิโลเมตร) เพราะการคำนวณหาระยะทางบนแผนที่อาจจะเปลี่ยนองศาลองจิจูดเป็นระยะทางเป็นไมล์ หรือกิโลเมตรได้เลย ค่าของลองจิจูดที่ศูนย์สูตรที่ควรรู้ คือ

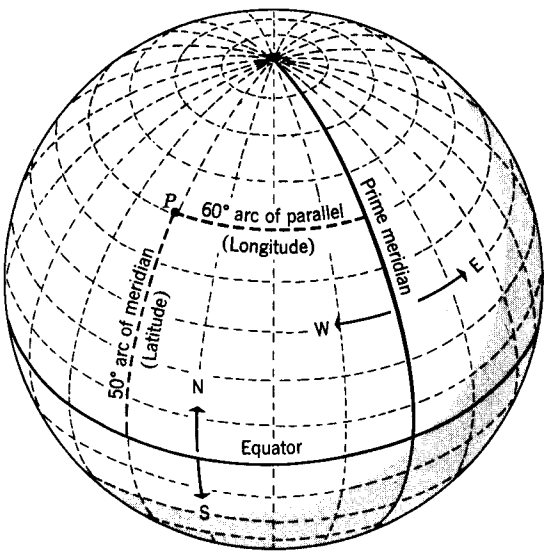
1 ลิปดาลองจิจูด = 1.15 ไมล์ (1.85 กิโลเมตร)
= 1 ไมล์ทะเล (โดยประมาณ)

1 วิลิปดาลองจิจูด = 0.015 ไมล์ (0.03 กิโลเมตร)
หรือประมาณ 100 ฟุต (ประมาณ 30 เมตร)

เนื่องจากลองจิจูดจะค่อย ๆ บรรจบกันที่ขั้วโลก ดังนั้นการใช้ค่าข้างบนจะถูกต้องเฉพาะบริเวณใกล้ศูนย์สูตรเท่านั้น ค่าที่จะประมาณได้อีกอย่างหนึ่ง คือ ความห่างของ 1 องศาลองจิจูดจะลดลงครึ่งหนึ่งที่เส้นขนานที่ 60 องศา คือ จะห่างกันประมาณ $34\frac{1}{2}$ ไมล์ ($55\frac{1}{2}$ กิโลเมตร)

1.6 ละติจูด

ละติจูด คือระยะทางที่วัดเป็นมุมไปทางเหนือและใต้ของเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นละติจูดจะเริ่มตั้งแต่ 0 องศา คือ ศูนย์สูตรไปจนถึง 90 องศา คือ ขั้วโลก ละติจูดของจุดใดจุดหนึ่งบนพื้นโลกจะเขียนได้ดังนี้ คือ ละติจูด 34° 10′ 31″ เหนือ จะอ่านได้ว่าเป็นละติจูด 34 องศา 10 ลิปดา 31 วิลิปดา เหนือ ตำบลใด ๆ บนพื้นโลกเมื่อมีค่าของลองจิจูดและละติจูด ตำบลนั้นจะหาตำแหน่งได้ทันทีบนพื้นโลก



รูปที่ 1.7 จุด P เป็นตำแหน่งละติจูด 50 องศา เหนือ ลองจิจูด 60 องศา ตะวันตก

เส้นสมมติที่ลากขนานไปกับเส้นศูนย์สูตร เรียกว่า เส้นขนาน (Parallel) บนพื้นโลกจะลากเส้นขนานได้ไม่จำกัดจำนวน แต่โดยปกติเส้นขนานจะลากไปตามแนวละติจูดที่เป็นองศา ดังที่ปรากฏบนแผนที่และลูกโลก ด้วยเหตุนี้ทำให้มีผู้ที่เข้าใจผิดว่าละติจูดและเส้นขนานมีความหมายเหมือนกัน ซึ่งผู้อ่านควรที่จะทำความเข้าใจระหว่างสองเรื่องนี้ให้ชัดเจน

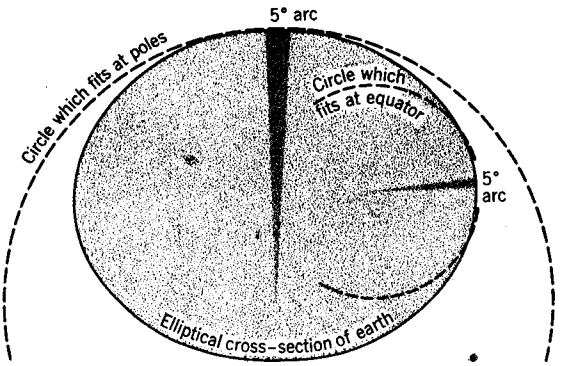
เพื่อความสะดวก เราถือว่าโลกมีรูปร่างทรงกลมอย่างแท้จริง จึงถือว่าความห่างของ 1 องศาละติจูดจะเท่ากับความห่างของ 1 องศาลองจิจูดที่ศูนย์สูตร คือ 69 ไมล์ หรือ 111 กิโลเมตร ซึ่งอาจจะจำไว้ใช้ได้อย่างหยาบ ๆ ในการเปลี่ยนระยะทาง

ถ้าจะให้ถูกต้องจริง ๆ แล้วจะต้องนำเอาความรู้ที่ว่าโลกมีลักษณะทรงกลม โดยที่มีส่วนแฟบนิดหน่อยที่ขั้วโลกมาพิจารณาด้วย ถ้าใช้ตัวเลขตารางของ คลาก อีลิปซอยด์ (Clarke–Ellipsoid) ปี 1866 บอกระยะทางที่ถูกต้องให้ทราบ เช่น ความห่างของ 1 องศาละติจูดจากศูนย์สูตร มีประมาณ 68.704 ไมล์ (110.569 กิโลเมตร) และที่ขั้วโลกห่างประมาณ 69.407 ไมล์ (111.700 กิโลเมตร) หรือยาวกว่าที่ศูนย์สูตรประมาณ 0.7 ไมล์ (1.1 กิโลเมตร) เมื่อคิดเทียบจะมีค่าประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างนี้ ถ้าเป็นแผนที่ซึ่งใช้มาตราส่วนใหญ่ ๆ จำเป็นจะต้องนำมาพิจารณา

ตารางต่อไปนี้แสดงระยะห่างละติจูดและลองจิจูดตามตำแหน่งต่าง ๆ

ละติจูด (องศา)	ระยะห่างของ 1 องศาละติจูด		ระยะห่างของ 1 องศาลองจิจูด	
	ไมล์	กิโลเมตร	ไมล์	กิโลเมตร
0	68.704	110.569	69.172	111.322
5	68.710	110.578	68.911	110.902
10	68.725	110.603	68.129	109.643
15	68.751	110.644	66.830	107.553
20	68.786	110.701	65.026	104.650
25	68.829	110.770	62.729	100.953
30	68.879	110.850	59.956	96.490
35	68.935	110.941	56.725	91.290
40	68.993	111.034	53.063	85.397
45	69.054	111.132	48.995	78.850
50	69.115	111.230	44.552	71.700
55	69.175	111.327	39.766	63.997
60	69.230	111.415	34.674	55.803
65	69.281	111.497	29.315	47.178
70	69.324	111.567	23.729	38.188
75	69.360	111.625	17.960	28.904
80	69.386	111.666	12.051	19.394
85	69.402	111.692	6.045	9.735
90	69.407	111.700	0.000	0.000

การที่ระหว่าง 1 องศาละติจูดมีความแตกต่างกันนั้น อธิบายได้จากรูปทรงลักษณะของโลกไม่กลมทีเดียว กล่าวคือ ที่ขั้วทั้งสองด้านจะแฟบไปจากทรงกลมเล็กน้อยและที่ศูนย์สูตรจะโป่งออกไปจากทรงกลมเล็กน้อย เป็นเหตุให้ส่วนโค้งซึ่งปิดมุมที่เท่ากันมีความยาวแตกต่างกันไปตามตำแหน่งต่าง ๆ และมีแนวโน้มในลักษณะที่ค่อย ๆ ยาวออกไปสู่ขั้วโลก



รูปที่ 1.8 ความยาวขององศาละติจูดในบริเวณขั้วโลกจะใหญ่กว่าที่ศูนย์สูตรเล็กน้อย

ไมล์บกและไมล์ทะเล

การเดินสมุทรและเดินอากาศจะใช้ระยะทางซึ่งวัดเป็นไมล์ทะเล การวัดความเร็วของลมก็นิยมใช้เป็นไมล์ทะเล ความเร็วของลมหรือเรือ คือเป็นนอต คือความเร็ววัดเป็นไมล์ทะเล เช่น ความเร็ว 10 นอต หมายความว่า เป็นความเร็ว 10 ไมล์ทะเลต่อชั่วโมง ด้วยเหตุนี้นักภูมิศาสตร์ควรจะมีความรู้เรื่องไมล์ทะเลไว้

เมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม ค.ศ. 1954 กระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกาได้กำหนดไมล์ทะเลสากลขึ้น โดยให้คำจำกัดความไว้ว่า 1 ไมล์ทะเลสากลยาวเท่ากับ 1,852 เมตรสากล (คือเมตรในระบบเมตริก) หรือเท่ากับ 6,076.103333 ฟุต (ทศนิยมไม่รู้จบ) เมื่อเปรียบเทียบไมล์ทะเลกับไมล์บก ซึ่งมีความยาว 5,280 เมตร จะได้ 1 ไมล์ทะเลเท่ากับ 1.150777 ไมล์บก ในการคำนวณจะใช้ตัวเลขปัดเศษเป็น 1.15 ไมล์บก (1.85 กิโลเมตร)

ถ้าต้องการจะทราบว่าตรงส่วนไหนของโลกที่ส่วนโค้ง 1 ลิปดาจะมีค่าเท่ากับ 1 ไมล์ทะเล ให้นำ 60 ไปคูณ 1.150777 ซึ่งจะได้ 69.04663 ไมล์บก เมื่อพิจารณาในตารางที่ผ่านมาที่ละติจูด 45 องศา จะมีค่า 69,054 ไมล์บก เมื่อสรุปแล้วจะพบว่า 1 ไมล์ทะเลนั้น คือ ระยะทางห่างเฉลี่ย 1 ลิปดาของละติจูดบนผิวโลก หรือเท่ากับ $\frac{1}{5,400}$ ของระยะทางตามแนวเมริเดียนจากศูนย์สูตรไปยังขั้วโลก

1.7 เส้นโครงแผนที่

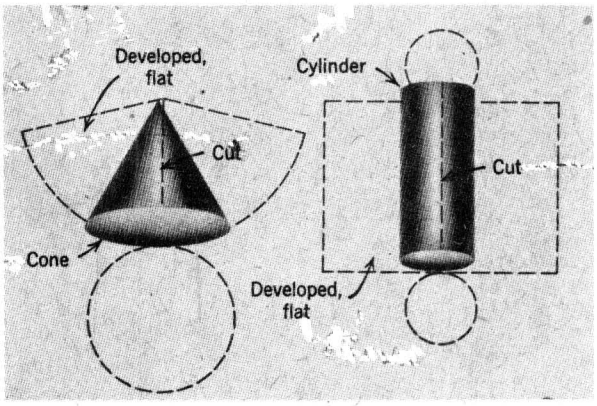
เส้นโครงแผนที่ หมายถึง การจัดระบบเส้นขนานและเมริเดียน เพื่อให้สามารถเขียนแผนที่ได้และความผิดพลาดของแผนที่มีน้อยที่สุด การจัดไว้เป็นระเบียบแบบแผนเพื่อเป็นพื้นฐานในการเขียนแผนที่ลงบนพื้นราบ ซึ่งอาจจะเกิดปัญหาขึ้นในการนำเส้นขนานสมมติทั้งหลายบนผิวทรงกลมของโลกมาเขียนลงบนพื้นราบให้ได้ผลใกล้เคียงความจริงที่สุด จึงแก้ปัญหาโดยใช้ลูกโลกจำลอง แต่ไม่เป็นที่นิยมนัก เพราะลูกโลกมีมาตราส่วนเล็กเกินไปไม่สามารถจะแสดงส่วนสำคัญให้ละเอียดพอและมองได้เพียงทีละด้าน การขนย้ายและการเก็บรักษาก็ลำบากกว่าแผนที่แบนราบเพราะไม่สามารถจะพับหรือม้วนให้กะทัดรัดได้

การใช้แผนที่ให้ได้ประโยชน์มากที่สุดนั้น ควรใช้ทั้งลูกโลกจำลองและแผนที่พื้นราบประกอบกัน เพื่อแสดงส่วนต่าง ๆ และความเป็นจริงให้เข้าใจยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามไม่มีเส้นโครงแผนที่แบบใดที่เหมาะกับแผนที่ทุก ๆ แผ่นหรือใช้ในกิจการทุกอย่าง การเลือกใช้เส้นโครงแผนที่ที่เหมาะสมกับ

กิจการที่ต้องการแสดงในแผนที่ เป็นปัญหาของนักสร้างแผนที่โดยทั่ว ๆ ไปที่จะขบคิดกัน

การสร้างรูปทรงแผนที่ตามรูปทรงเรขาคณิต

เราสามารถตัดแผ่นรูปทรงทางเรขาคณิตออกวางบนพื้นระนาบได้โดยไม่ให้มีพื้นที่คลาดเคลื่อนแต่อย่างใด จะเห็นได้จากการแผ่รูปกรวยและรูปทรงกระบอก ทรงกลมของโลกก็เป็นแบบหนึ่งของรูปทรงเรขาคณิต ดังนั้นในการเปลี่ยนพื้นที่ผิวโค้งของโลกให้กลายมาเป็นพื้นที่รูประนาบที่สมบูรณ์ในแผนที่ จึงนับว่าเป็นงานที่ยากมาก เพราะไม่สามารถทำแผนที่ถูกต้องได้จริง ๆ เลย นอกจากย่อและขยายมาตราส่วนของลูกโลก ถ้าเส้นขนานและเมริเดียนมีระยะตัดกันที่ถูกต้องและเป็นมุมฉากแล้ว ความผิดพลาดของแผนที่ที่เราทำขึ้นก็คือ ขนาดความกว้างของเส้นขนานและเมริเดียนที่เราลากบนแผนที่จะกว้างกว่าที่ปรากฏจริง ๆ มาก และถ้าเราสร้างแผนที่ให้คลุมบริเวณกว้างขวางขึ้นจะมีปัญหาและความผิดพลาดเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการสร้างแผนที่เราจะต้องพยายามลดความผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุด ข้อดีที่ได้จากแผนที่ คือ ช่วยให้เรามองเห็นผิวโลกได้ทั่วทั้งหมดในเวลาเดียวกัน จึงนับว่าให้ประโยชน์มาก



รูปที่ 1.9 รูปกรวยและรูปทรงกระบอก

เราอาจจะใช้ลักษณะของรูปทรงรี (Ellipsoid) ช่วยในการกำหนดจุดต่าง ๆ เพื่อทำแผนที่ให้ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด อย่างไรก็ตามโลกมีรูปทรงกลมที่แท้จริง เพื่อใช้ประโยชน์ในการศึกษาเส้นโครงแผนที่เบื้องต้น ควรจะได้ทราบสิ่งต่อไปนี้

1.8 มาตราส่วนบนแผนที่

ทั้งลูกโลกจำลองและแผนที่เป็นส่วนย่อที่แท้จริงของผิวโลก โดยเราถือว่าลูกโลกเป็นแบบที่สมบูรณ์ที่สุด โดยต่างกันเพียงขนาดเท่านั้น มาตราส่วนของลูกโลกคืออัตราส่วนระหว่างขนาดของลูกโลกกับขนาดที่แท้จริงของโลก โดยวัดเป็นระยะทางหรือความยาว ตัวอย่างเช่น ลูกโลกลูกหนึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว โลกจริงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8,000 ไมล์ เพราะฉะนั้น ลูกโลกมีอัตราส่วน 10 นิ้วต่อ 8,000 ไมล์ เราก็ลดอัตราส่วนเป็น 1 นิ้ว : 800 ไมล์ เป็นต้น เรามักจะใช้มาตราส่วนอย่างง่าย คือ มาตราส่วนเศษส่วน เช่น

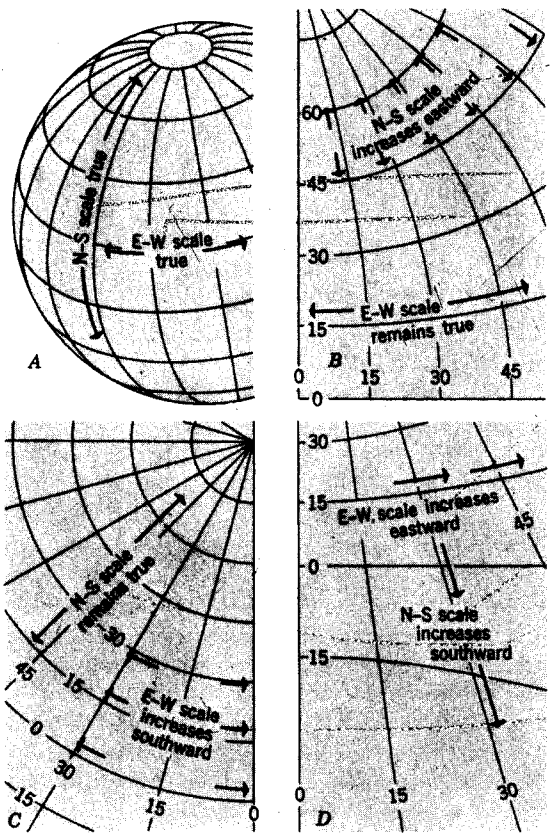
$$\frac{\text{1 นิ้วบนลูกโลก}}{\text{800 ไมล์บนโลก}} = \frac{\text{1 นิ้ว}}{\text{800} \times \text{63,360 นิ้ว (ต่อไมล์)}}$$

$$= \frac{\text{1 นิ้ว}}{\text{50,680,000 นิ้ว}}$$

$$= \frac{1}{50,680,000}$$

มาตราส่วนเศษส่วนนี้อาจจะเขียนได้ดังนี้ 1 : 50,680,000 ทำให้เราไม่ต้องคอยคำนึงถึงเรื่องหน่วย ไม่ว่าจะเป็น ฟุต เมตร ไมล์ก็ตาม เพราะเพียงแต่ตัวเลขก็สามารถทำให้เข้าใจได้เป็นอย่างดี

ลูกโลกเป็นหุ่นจำลองของโลกซึ่งมีมาตราส่วนถูกต้องอย่างแท้จริง ทุกระยะบนลูกโลกมีมาตราส่วนเดียวกันโดยไม่ต้องคำนึงถึงทิศทางของเส้นขนานหรือเมริเดียนว่าจะผิดพลาดแต่อย่างใด เพราะ



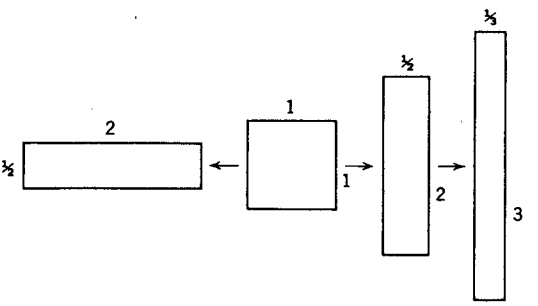
รูปที่ 1.10 A มาตราส่วนถูกต้องทุกทิศทางบนโลกทุกเส้น
B มาตราส่วนถูกต้องตามแนวเส้นขนาน แต่ไม่ถูกต้องตามแนวเมริเดียนทุกเส้น
C มาตราส่วนถูกต้องตามแนวเมริเดียนทุกเส้น แต่ไม่ถูกต้องตามเส้นขนานทุกเส้น
D มาตราส่วนเปลี่ยนแปลงตามแนวขนานและแนวเมริเดียน

มาตราส่วนบนผิวของลูกโลกจะคงที่เสมอในทุก ๆ แห่ง ในการทำแผนที่เราไม่สามารถใช้มาตราส่วนที่เหมือนลูกโลกได้ ทั้งนี้เพราะในตอนที่ไม่ใช่พื้นราบนั้น ผิวโลกจะถูกยืดออก มาตราส่วนของแผนที่แต่ละแผ่นจึงแตกต่างกันตามลักษณะและขนาดของแผนที่นั้น ๆ โดยเราไม่สามารถนำมาตราส่วนของแผนที่มาใช้ร่วมกันได้ แผนที่โลกจึงมีมาตราส่วนโดยประมาณเท่านั้น

1.9 การรักษาพื้นที่บนเส้นโครงแผนที่

จากที่กล่าวมาแล้วว่า ลูกโลกเป็นหุ่นจำลองของโลกที่มีอัตราส่วนที่แท้จริงและถูกต้อง เราจึงแสดงพื้นที่ของผิวโลกทุกบริเวณบนลูกโลกได้อย่างถูกต้อง มาตราส่วน ระยะทางจะคงที่ในทุกทิศทาง ถ้าเรากำหนดวงกลมบนผิวลูกโลกแล้ว พื้นที่นั้นจะเป็นตัวแทนของพื้นที่บนผิวโลกที่มีเนื้อที่เท่ากัน วิธีการเช่นนี้ไม่สามารถทำได้ในแผนที่ นอกจากแผนที่ซึ่งมีคุณสมบัติแสดงพื้นที่ที่เท่ากัน (Equal-area projections)

ปัญหาที่เกิดขึ้นในตอนนี้ คือ จะทำอย่างไรจึงจะกำหนดให้พื้นที่ของวงกลมบนแผนที่ซึ่งมีพื้นที่เท่ากันได้



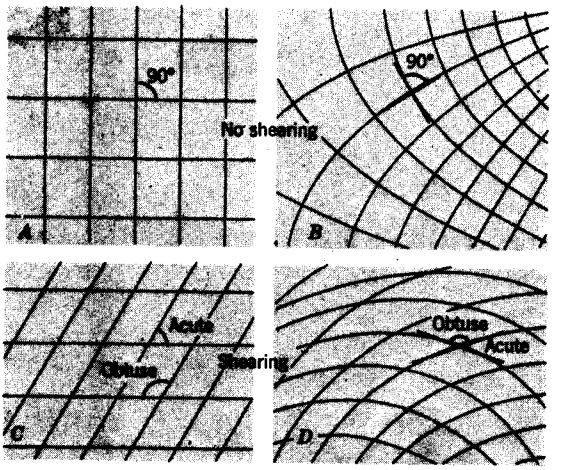
รูปที่ 1.11 เนื้อที่สามารถรักษาได้ถึงแม้ว่ามาตราส่วนและรูปร่างจะเปลี่ยนอย่างรวดเร็ว

จะเห็นว่ารูปสี่เหลี่ยมเหล่านี้มีพื้นที่เท่ากันทั้ง ๆ ที่เราลดความยาวของด้านหนึ่ง และเพิ่มความยาวของอีกด้านหนึ่งเป็นการทดแทนกัน วิธีการเหล่านี้สามารถที่จะคลุมพื้นที่ซึ่งเท่ากันบนทุกแห่งของผิวโลก

1.10 การรักษารูปร่างบนเส้นโครงแผนที่

เส้นโครงแผนที่ซึ่งรักษารูปเดิม เราเรียกว่า Conformal มีลักษณะที่สำคัญ คือ เส้นขนานและเมริเดียนจะตัดกันเป็นมุมฉาก ทุกจุดตัดบนแผนที่เหมือนกับบนลูกโลก

เมื่อเส้นขนานและเส้นเมริเดียนตัดกันไม่เป็นมุมฉาก จะมีพื้นที่บางส่วนถูกเฉือนออก (Shearing) ในทางตรงกันข้ามถ้าเส้นเมริเดียนและเส้นขนานตัดกันเป็นมุมฉาก จะไม่มีพื้นที่ใดถูกเฉือนออก ลักษณะของเส้นโครงแบบรักษารูปร่างจะไม่มีคุณสมบัติในการรักษาพื้นที่ให้เท่าเดิม ฉะนั้นบริเวณขอบแผนที่ตอนบนและล่างจึงมีมาตราส่วนใหญ่กว่าบริเวณตอนกลางของแผนที่ โดยหลักการแล้วไม่นิยมเขียนเส้นโครงแผนที่นี้คลุมพื้นที่ทั้งโลก



รูปที่ 1.12 การแบ่งพื้นที่

การที่เราจะเลือกใช้แผนที่รักษารูปร่างหรือรักษาเนื้อที่นั้นขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายและความต้องการ ถ้าต้องการที่จะแสดงสภาพโดยทั่ว ๆ ไปของโลกเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศแล้ว มักจะใช้แบบรักษารูปร่าง แต่ถ้าเราต้องการที่จะเน้นถึงการกระจายของธัญพืชหรือป่าที่ปกคลุมพื้นดิน ก็จะใช้แผนที่ "เส้นโครงแบบรักษาเนื้อที่" ไม่มีแผนที่ใดที่จะมีคุณสมบัติรักษารูปร่างและเนื้อที่ได้ แต่เราอาจจะทำขึ้นมาโดยนำทั้ง 2 แบบมาผสมกัน ก็จะสามารถช่วยให้ใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางขึ้น

1.11 การจำแนกประเภทของเส้นโครงแผนที่

เราสามารถจำแนกเส้นโครงแผนที่ออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

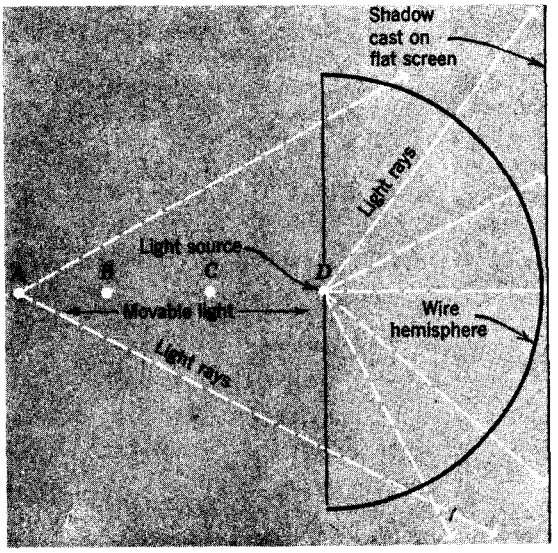
1. เส้นโครงแผนที่แบบทรงสัมผัส (Zenithal) (Azimuthal)
2. เส้นโครงแผนที่ทรงกรวย (Canic)
3. เส้นโครงแผนที่ทรงกระบอก (Cylindric)
4. เส้นโครงแผนที่แบบอื่น ๆ (Individual หรือ Unique typer)

1. เส้นโครงแผนที่แบบทรงสัมผัส

เส้นโครงแผนที่แบบนี้ สร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการฉายแสงบนลูกโลก ให้ปรากฏบนระนาบเรียบ ความแตกต่างของเส้นโครงจะอยู่ตรงตำแหน่งของจุดกำเนิดแสง

คุณสมบัติที่คล้ายคลึงกันของเส้นโครงแผนที่แบบนี้ คือ

1. เส้นวงกลมใหญ่ใด ๆ ที่ผ่านกึ่งกลางของเส้นโครงแผนที่ จะปรากฏเป็นเส้นตรงซึ่งมีแบริง (Bearing) และอะซิมุท (Azimuth) ถูกต้อง
2. ทุกจุดซึ่งมีระยะห่างจากศูนย์กลางของเส้นโครงแผนที่เท่ากัน จะห่างเท่ากับแผนที่วงกลม

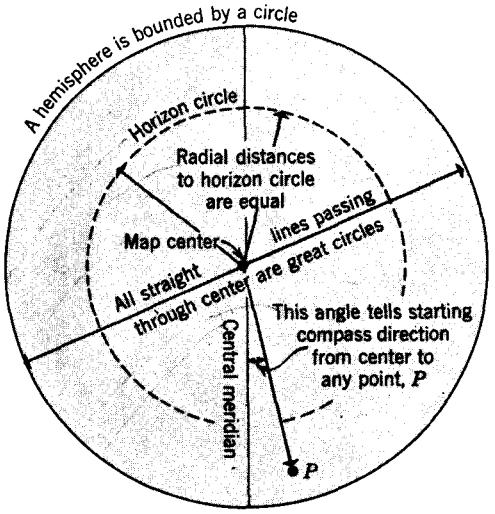


รูปที่ 1.13 หลักของเส้นโครงแบบสัมผัส

ซึ่งเชื่อมจุดเหล่านี้จะเป็นวงกลมแสดงขอบฟ้า เพราะจะเป็นลักษณะขอบฟ้าที่ความสูงต่าง ๆ จะมีลักษณะวงกลมซ้อนกัน

3. ทุกตำแหน่งที่ห่างจากกึ่งกลางของโครงแผนที่เท่ากัน จะมีความผิดพลาดเหมือนกัน

4. เส้นโครงแผนที่แบบนี้มีความแตกต่างกันเฉพาะความยาวของรัศมีวงกลม ซึ่งแสดงขอบฟ้า จึงเป็นผลทำให้เส้นโครงแผนที่ประเภทนี้อาจจะเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้จากตำแหน่งที่สัมผัสเป็นเกณฑ์



รูปที่ 1.14 อัตราส่วนของเส้นโครงแบบทรงสัมผัส

เส้นโครงแผนที่แบบนี้จะมีตำแหน่งสัมผัสที่สำคัญ 3 ตำแหน่ง คือ

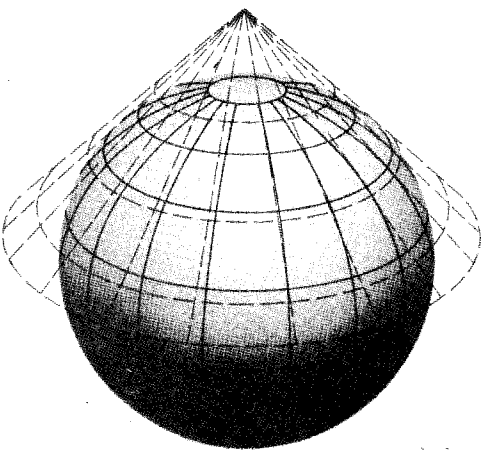
1. สัมผัสที่ตำแหน่งขั้วโลก จอรับภาพจะตั้งฉากกับแกนของโลก

2. สัมผัสตำแหน่งศูนย์สูตร จอรับภาพจะตั้งฉากกับระนาบของศูนย์สูตร

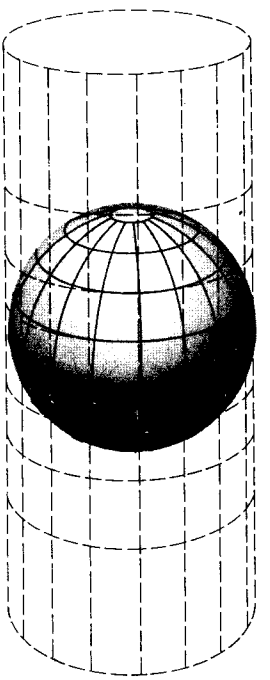
3. สัมผัสที่ตำแหน่งเฉียง จอรับภาพจะอยู่ในตำแหน่งอื่นที่ไม่ใช่ 2 ตำแหน่งดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

2. เส้นโครงแผนที่แบบรูปกรวย

เป็นการเปลี่ยนเส้นขนานจากทรงกลมมาเป็นรูปกรวย แล้วจึงเปลี่ยนรูปกรวยมาเป็นแผนที่ คุณสมบัติของเส้นโครงแบบนี้ เส้นเมริเดียนทุกเส้นเป็นส่วนโค้งของวงกลมที่วางซ้อนกัน โดยมีจุดศูนย์กลางร่วมกันที่ขั้วโลกเหนือและใต้ เส้นโครงแผนที่แบบนี้จึงเป็นส่วนหนึ่งของวงกลม มักจะแสดงบริเวณพื้นที่แคบ ๆ ไม่สามารถที่จะแสดงบริเวณของขั้วโลกทั้งสองได้



รูปที่ 1.15 หลักเกณฑ์ของเส้นโครงแบบรูปกรวย



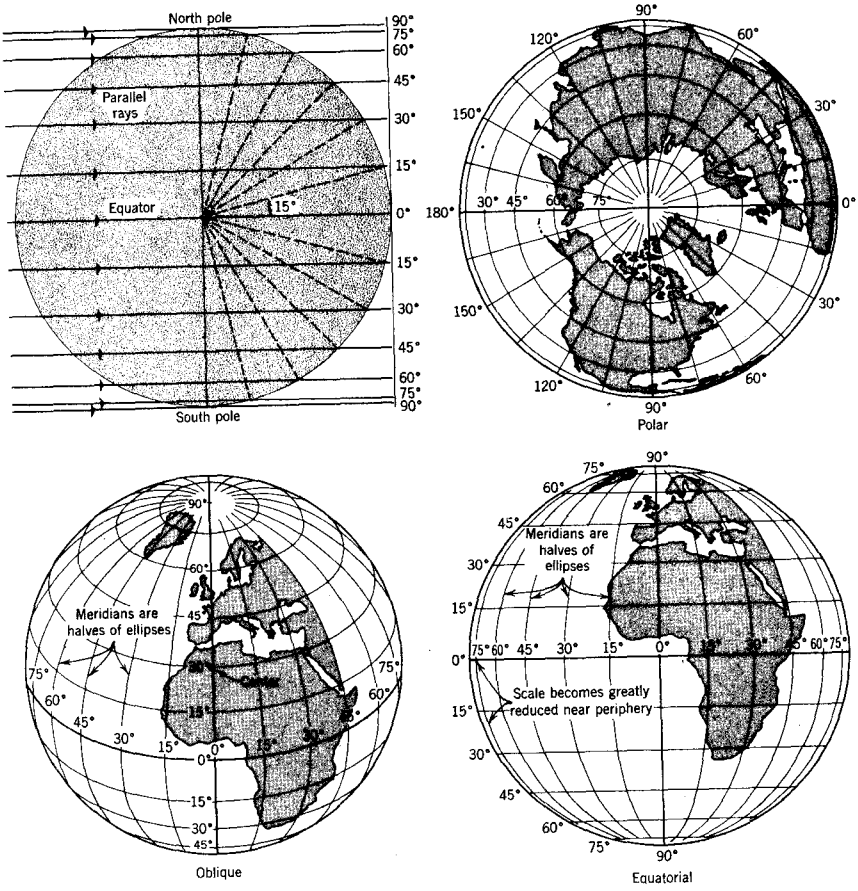
รูปที่ 1.16 หลักเกณฑ์เส้นโครงแบบทรงกระบอก

3. เส้นโครงแผนที่แบบเส้นขนานเป็นเส้นตรง

เส้นโครงแผนที่แบบนี้มีเส้นขนานอยู่ในแนวนอนและเป็นเส้นตรง บริเวณที่อยู่บนละติจูดเดียวกันจะปรากฏบนแผนที่ในแนวเดียวกัน คุณสมบัติอันนี้มีความสำคัญมาก เนื่องจากภูมิอากาศมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับละติจูด นอกจากนั้นทิศตะวันออกและทิศตะวันตกก็ยังถูกต้อง เพราะฉะนั้นจึงเป็นแผนที่แบบง่าย ๆ ประกอบไปด้วยเส้นนอน (Horizontal) และเส้นตั้ง (Vertical)

เส้นโครงแผนที่มีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับหลักสำคัญในการสร้าง เส้นโครงแผนที่ซึ่งจะยกมาเป็นตัวอย่าง จะมีคุณสมบัติรักษารูปร่างเส้นโครงแผนที่อยู่หลายประเภทด้วยกัน คือ

1. **เส้นโครงแผนที่แบบออร์โทกราฟิก (Orthograhic projection)** เส้นโครงแผนที่แบบนี้ พื้นที่บนลูกโลกฉายโดยลำแสงขนานให้ไปปรากฏบนจอรับภาพ ตำแหน่งนี้รับภาพบริเวณขั้วโลกและศูนย์สูตรไม่ค่อยได้ใช้มากนัก ลักษณะที่ใช้มากคือตำแหน่งจอรับภาพเฉียง ๆ ตำแหน่งเฉียงที่ใช้มากคือตำแหน่งที่อาจมองเห็นแผนที่ในลักษณะคล้ายลูกโลกทั้งเส้นขนานและเมริเดียนเป็นรูปวงรี การจัดทำ

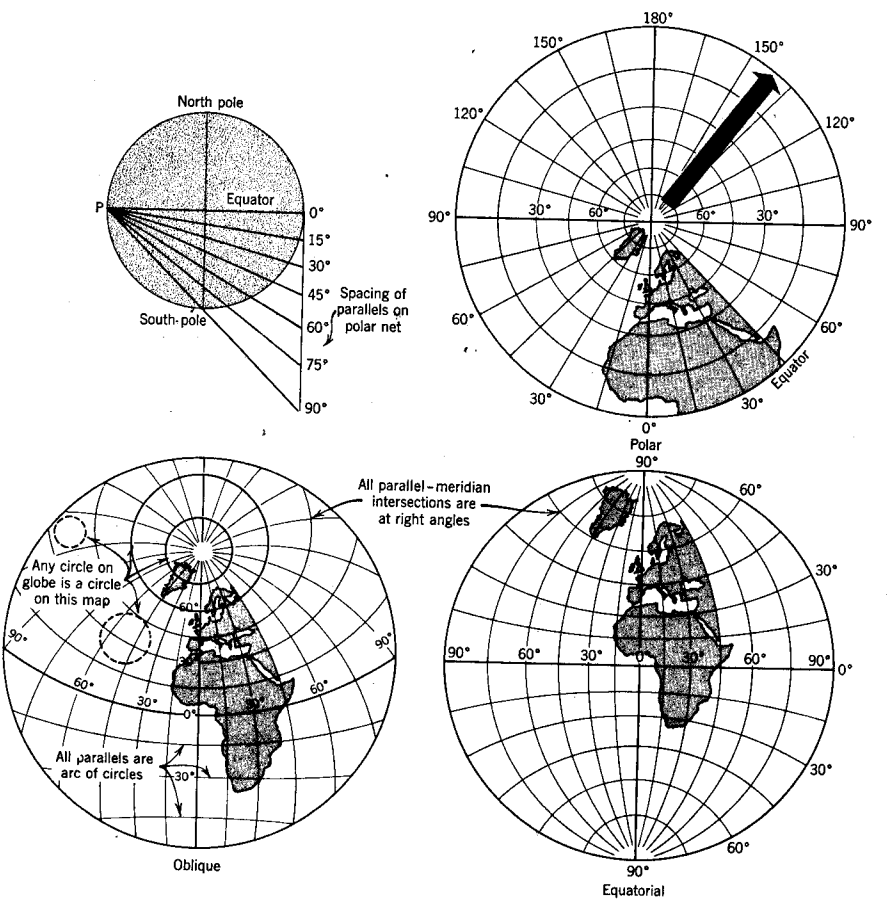


รูปที่ 1.17 เส้นโครงแผนที่แบบออร์โทกราฟิก

เส้นโครงแบบนี้ควรจะให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องทั้ง 2 ข้างของเส้นโครง การสร้างเส้นโครงแผนที่จะทำได้เพียงซีกเดียว ส่วนอีกซีกหนึ่งนั้นใช้วิธีการเช่นเดียวกัน อาจจะใช้วิธีลอกก็ได้

เส้นโครงแผนที่นี้ในตำแหน่งเฉียงจะมีลักษณะคล้ายภาพศิลปะหรือภาพโฆษณา ที่นิยมใช้ในห้องเรียนก็มีมาก ความผิดพลาดของเส้นโครงแผนที่จะมีมากในบริเวณขอบ แต่สายตาจับไม่ได้ เพราะผู้ดูนึกว่าดูภาพลูกโลกแทนที่จะเป็นแผนที่ ควรจัดให้ทวีปใดทวีปหนึ่งอยู่ตรงกึ่งกลางแผนที่ก็ได้ ส่วนทวีปอื่น ๆ จะอยู่ในบริเวณขอบของแผนที่ แผนที่แบบนี้เหมาะที่จะนำมาใช้ในการสอนนักเรียนระดับต้น เพราะจะทำให้เกิดความคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับแผนที่ แผนที่แบบนี้ทั้งรูปร่างและเนื้อที่ไม่ถูกต้อง จะแสดงได้เพียงซีกโลกใดซีกโลกหนึ่งเท่านั้น มาตราส่วนจะผิดพลาดเมื่อออกห่างจากจุดศูนย์กลางของเส้นโครงแผนที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณขอบของแผนที่

2. **เส้นโครงแผนที่แบบสเตริโอกราฟิก (Stereographic projection)** เส้นโครงแผนที่แบบนี้สร้างได้โดยการฉายแสงโดยให้จุดกำเนิดแสงอยู่ตรงข้ามกับจอรับภาพ เปรียบเสมือนว่าฉายแสงของพื้นโลก

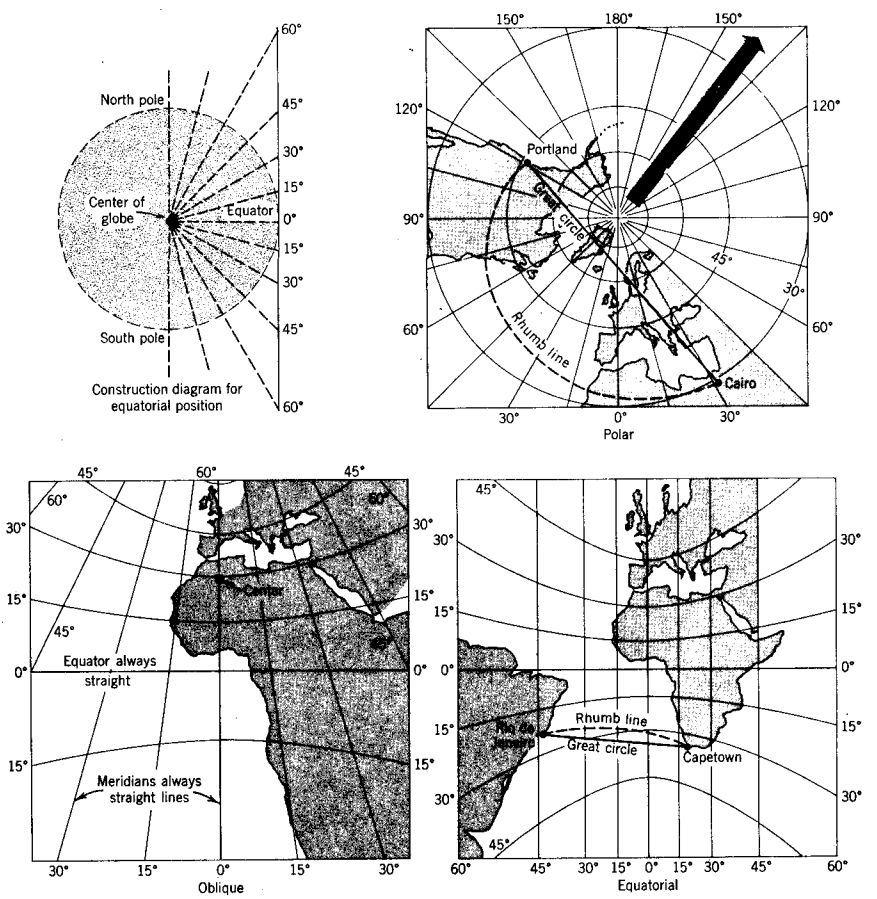


รูปที่ 1.18 เส้นโครงแผนที่แบบสเตริโอกราฟิก

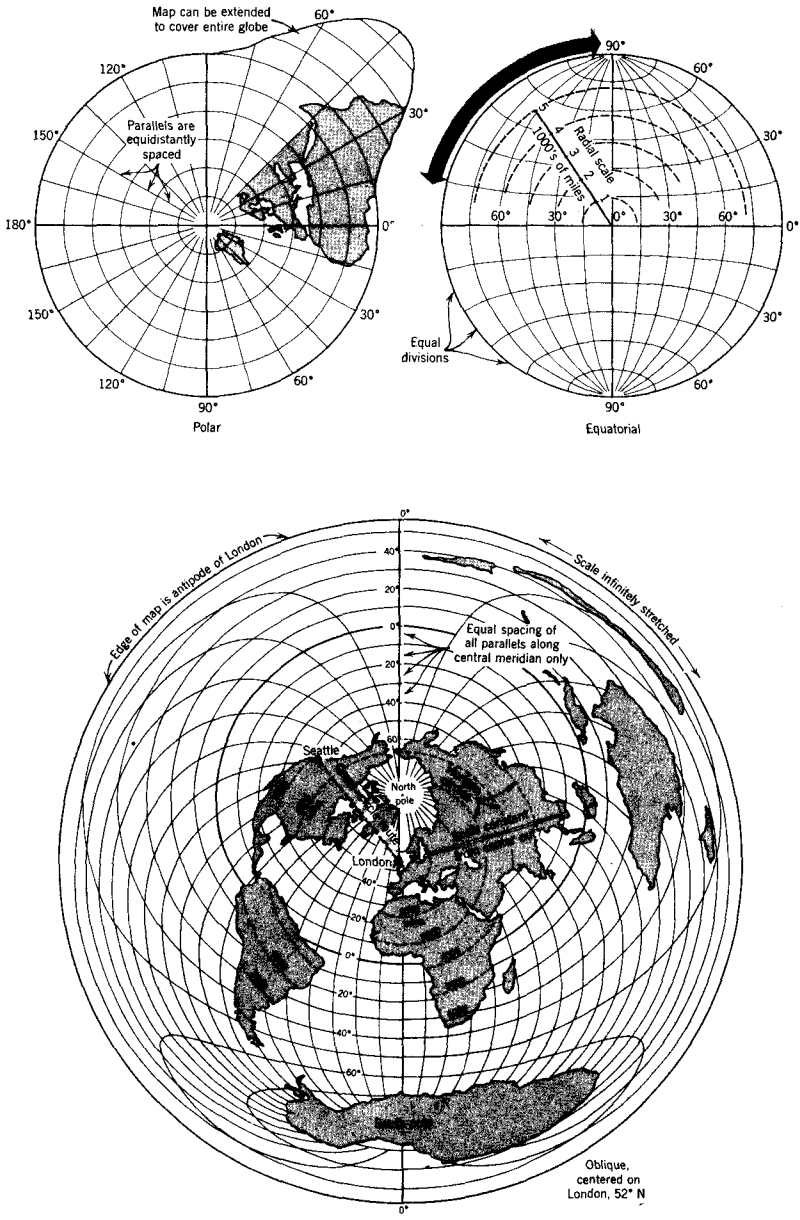
ลงบนจอรับภาพ สิ่งที่น่าสนใจของเส้นโครงแบบนี้คือ วงกลมทุกวงบนลูกโลกไม่ว่าจะมีขนาดใดก็ตาม จะปรากฏเป็นวงกลมบนแผนที่ ดังนั้น เส้นโครงแผนที่แบบนี้จะมีเส้นขนาน และเส้นเมริเดียนเป็นส่วนโค้งของวงกลม ยกเว้นเส้นศูนย์สูตรและเมริเดียนผ่านกลางที่เป็นเมริเดียนเส้นตรง

เส้นโครงแผนที่แบบนี้แต่ก่อนเคยใช้กันอย่างกว้างขวางมาก แต่ภายหลังไม่มีผู้นิยมใช้เนื่องจากมาตราส่วนไม่คงที่ เส้นขนานและเมริเดียนนั้นจะชิดกันมากบริเวณตรงกึ่งกลางของแผนที่ แผนที่นี้จะมีรูปร่างถูกต้องเนื่องจากเส้นขนานและเมริเดียนจะตัดกันเป็นมุมฉาก แต่ปัจจุบันนี้นิยมสร้างแผนที่แบบนี้มากในบริเวณขั้วโลกทั้งสอง ตั้งแต่ละติจูดที่ 80—90 องศา เนื่องจากให้รายละเอียดต่าง ๆ ที่ถูกต้อง

3. **เส้นโครงแผนที่แบบโนโมนิก (Gnomonic projection) (Great-circle sailing chart)** เส้นโครงแผนที่แบบนี้สร้างโดยกำหนดจุดกำเนิดแสงอยู่ที่ศูนย์กลางของโลกแล้วฉายแสงไปยังจอรับภาพ จอรับภาพไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับลูกโลกเสมอไป แต่ต้องขนานกับแนวสัมผัส ผลที่ได้รับนั้นจะแตกต่าง



รูปที่ 1.19 เส้นโครงแผนที่แบบโนโมนิก



รูปที่ 1.20 เส้นโครงแผนที่แบบรักษาระยะทาง

กันเฉพาะมาตราส่วนเท่านั้น ลักษณะของเส้นโครงแผนที่ตามตำแหน่งจอรับภาพมีดังนี้ บริเวณขั้วโลกเมริเดียนเป็นเส้นตรง กระจายออกเป็นระยะห่างที่ถูกต้อง ส่วนเส้นขนานเป็นวงกลมซ้อนกัน ระยะห่างจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อไกลจากขั้วโลก ถ้าตำแหน่งที่ศูนย์สูตรเมริเดียนเป็นเส้นตรงวางเป็นระยะห่างเพิ่มมากขึ้นจากเมริเดียนผ่านกลาง สำหรับตำแหน่งเฉียงนั้นการสร้างเส้นโครงแบบนี้จะสังเกตทางด้านซ้ายของภาพจะเป็นด้านข้างของลูกโลก เส้นเมริเดียนและศูนย์สูตรเป็นส่วนของวงกลมใหญ่ จะแสดงเป็นเส้นตรงในเส้นโครงแผนที่แบบนี้ ส่วนเส้นขนานเป็นลักษณะโค้งหงาย

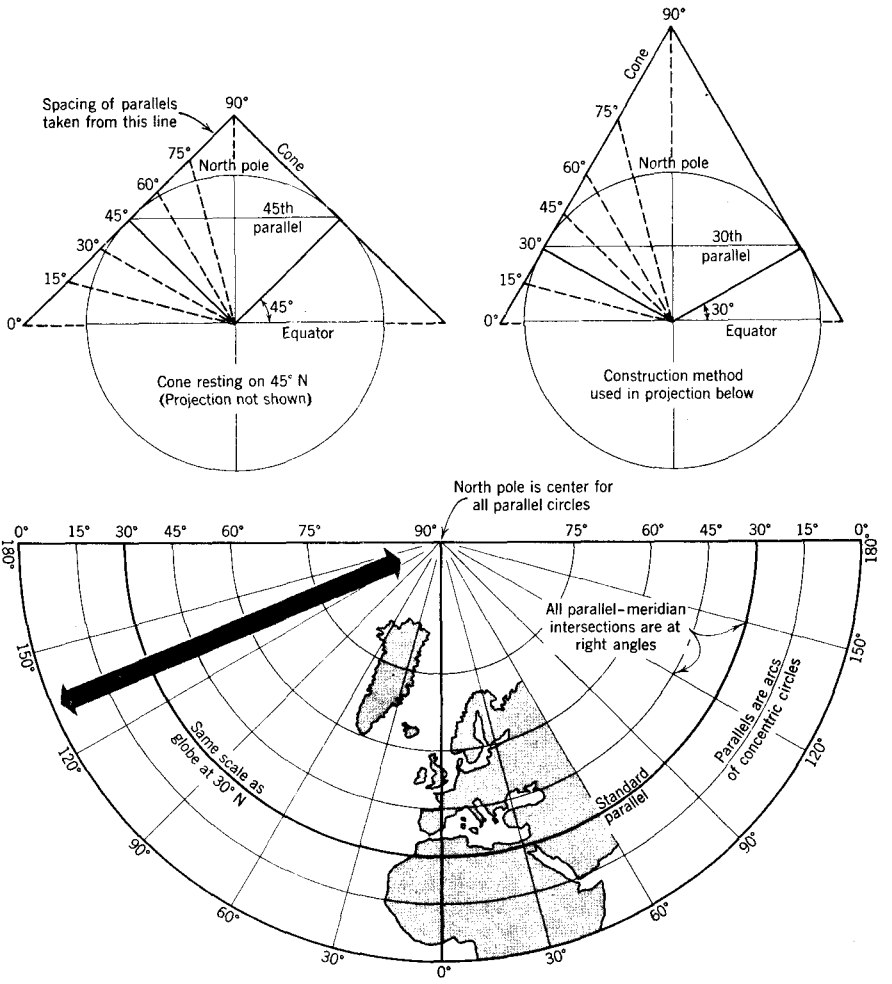
ความสำคัญของเส้นโครงแบบนี้ คือ ส่วนของเส้นวงกลมใหญ่จะปรากฏออกมาเป็นเส้นตรง ระนาบของเส้นวงกลมใหญ่จะตั้งฉากกับระนาบของเส้นโครงแผนที่ คุณสมบัตินี้นับว่ามีความสำคัญต่อการเดินเรือและการบิน เพราะระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุด 2 จุดบนพื้นโลกอยู่บนเส้นวงกลมใหญ่ แผนที่การเดินเรือส่วนมากจะนิยมใช้เส้นโครงแบบนี้

4. *เส้นโครงแผนที่แบบรักษาระยะทาง* **(Equidistant projection)** เส้นโครงแผนที่แบบนี้เราไม่สามารถสร้างโดยกำหนดจุดใจกลางเหมือนแผนที่อื่นได้ ทั้งนี้จะต้องแสดงขั้วโลกทั้งสองอยู่ในแผนที่ด้วย หลักการทำจึงควรกำหนดระยะทางและมาตราส่วนของเส้นที่แผ่จากศูนย์กลางให้คงที่ แผนที่แบบนี้เหมาะสำหรับใช้ประโยชน์เป็นแนวการบิน เนื่องจากเมื่อเราเอาจุดใดจุดหนึ่งเป็นศูนย์กลางของเส้นโครงแผนที่แล้วก็สามารถวัดระยะทางโดยรอบได้ โดยลากเส้นจากจุดศูนย์กลางไปยังจุดที่ต้องการแล้วหาระยะทางโดยอาศัยมาตราส่วน นอกจากนั้นยังสามารถวัดมุมการบินโดยอาศัยมุมจากเส้นทางการบินกับเมริเดียนผ่านกลางแผนที่

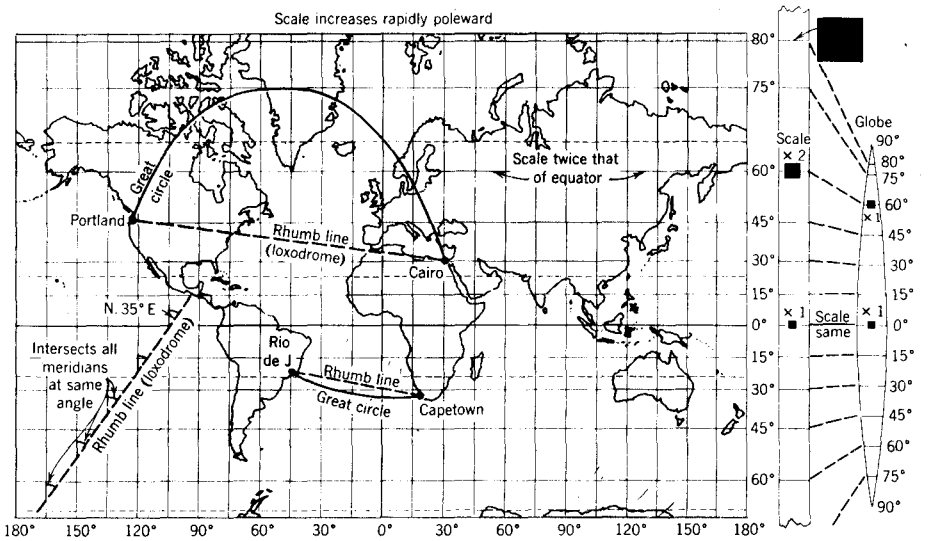
เส้นโครงของแผนที่แบบนี้นิยมใช้กับมาตราส่วนขนาดเล็กในแผนที่กึ่งซีกโลก ตำแหน่งขั้วโลกที่กำหนดให้เป็นตำแหน่งหลักของพื้นที่บริเวณมหาสมุทรอาร์กติก

5. *เส้นโครงแผนที่แบบทรงกรวย* **(Conic projection)** ลักษณะของเส้นโครงแผนที่แบบนี้เปรียบเสมือนการฉายแสงออกจากศูนย์กลางของโลกไปปรากฏบนรูปกรวยที่สัมผัสลูกโลก เมื่อคลี่รูปกรวยออกจะได้ภาพของลูกโลกปรากฏบนรูปกรวยเป็นแผ่นแบบ เส้นขนานจะเป็นส่วนโค้งของวงกลมซ้อนกัน ส่วนเมริเดียนจะเป็นรัศมีของวงกลมกระจายออกมาจากศูนย์กลาง แต่ละเส้นจะตัดแบ่งเส้นขนานออกเป็นช่วงเท่า ๆ กัน เส้นโครงแผนที่ประเภทนี้เหมาะสำหรับนำไปสร้างกับแผนที่ที่มีจุดประสงค์โดยทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะประเทศในย่านละติจูดกลางของซีกโลกเหนือ แผนที่ที่ใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ Lambert conformal conic

6. *เส้นโครงแผนที่แบบเมอร์เคเตอร์* **(Mercator projection)** เส้นโครงแผนที่แบบนี้เป็นแบบที่แพร่หลายที่สุด สร้างขึ้นโดย เจราดัส เมอร์เคเตอร์ (Cerardue–Mercator) ในปี ค.ศ. 1569 การสร้างต้องอาศัยพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ แต่การอธิบายในที่นี้ไม่จำเป็นต้องอาศัยคณิตศาสตร์ เพราะเส้นโครงแผนที่แบบนี้มีลักษณะและคุณสมบัติอธิบายอยู่ในแผนที่เอง เส้นโครงแผนที่นี้ประกอบด้วยเส้นขนานอยู่ในแนวนอนและเส้นเมริเดียนอยู่ในแนวยืน ระยะห่างของเมริเดียนวางไว้อย่างที่เป็นจริงบริเวณศูนย์สูตร ส่วนเส้นขนานวางห่างกันเพิ่มขึ้นเมื่อห่างจากศูนย์สูตร เป็นผลทำให้ระยะทางของเส้น



รูปที่ 1.21 เส้นโครงแผนที่แบบรูปกรวย



รูปที่ 1.22 เส้นโครงแผนที่แบบเมอร์เคเตอร์

เมริเดียนต้องขยายออกทุก ๆ ละติจูด (ข้อเท็จจริง เมริเดียนจะพบกันเป็นจุดเดียวที่ขั้วโลก) ตัวอย่าง เช่น ที่ละติจูด 60 องศา เส้นขนานจะห่างออกเป็น 2 เท่าของระยะห่างที่ศูนย์สูตร เนื่องจากเมริเดียนห่างเท่ากันทุก ๆ ละติจูด ดังนั้น มาตราส่วนที่ละติจูดที่ 60 องศา จะผิดพลาดเกินความจริงไป 2 เท่า ส่วนที่ละติจูด 80 องศา มาตราส่วนจะยาวเกินความเป็นจริงถึง 6 เท่า จึงเห็นได้ว่า เส้นโครงแผนที่แบบนี้ไม่อาจแสดงบริเวณขั้วโลกได้ เพราะมีความผิดพลาดมากเกินไป ข้อเท็จจริงผู้คิดเส้นโครงแผนที่แบบนี้ขึ้นมาไม่ได้คิดจากการฉายลูกโลกไปยังทรงกระบอก แต่เป็นการนำแนวความคิดของทรงกระบอกมาเป็นแนวทางด้านคำนวณ

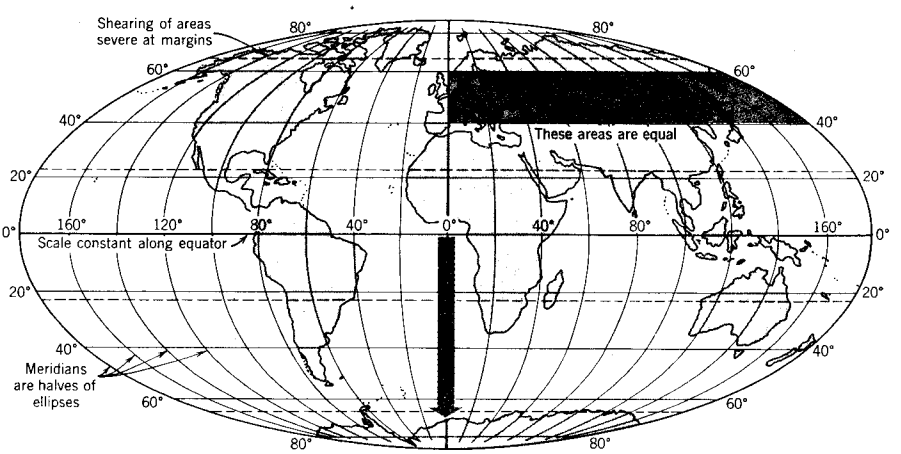
เส้นโครงแผนที่แบบเมอร์เคเตอร์เป็นเส้นโครงที่ให้รูปร่างถูกต้อง ไม่ว่าบริเวณที่แคบใด ๆ จะมีรูปร่างดังที่ปรากฏบนลูกโลก แต่มาตราส่วนจะขยายโตขึ้นเมื่อไปยังขั้วโลก เช่น เกาะกรีนแลนด์ในแผนที่แบบนี้จะใหญ่โตกว่าทวีปอเมริกาใต้ ซึ่งตามข้อเท็จจริงบนลูกโลกแล้วเกาะกรีนแลนด์มีขนาดเพียง 1 ใน 8 ของทวีปอเมริกาใต้เท่านั้น

ข้อเท็จจริงอีกประการหนึ่งซึ่งเป็นคุณสมบัติของเส้นโครงแผนที่แบบนี้ คือ แสดงทุกทิศโดยรอบเข็มทิศที่เราเรียกว่า เส้นเกลียว (Rhumb line) หรือ ลอกโซโดรม (Loxodrome) หมายถึง เส้นที่ลากไปบนลูกโลกแสดงทิศเดียวโดยตลอด และตัดกับเมริเดียนเป็นมุมเท่ากัน แต่เนื่องจากเมริเดียนบรรจบกันที่ขั้วโลก จึงทำให้เส้นลอกโซโดรมบนลูกโลกเป็นเส้นโค้งพันวนไปรอบโลก ซึ่งไม่สามารถทำได้ในแง่คณิตศาสตร์

ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุด 2 จุดบนลูกโลกจะต้องอยู่บนเส้นวงกลมใหญ่ (Great circle) แต่การที่เรือจะเดินไปตามแนวนี้จะต้องเปลี่ยนทิศอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น เรือมักจะแล่นไปตามแนว Rhumb line หรือ Loxodrome โดยกัปตันเรือมักจะลากเส้นจากจุดที่เรือออกไปถึงจุดหมายปลายทางบนเส้นโครงแผนที่แบบเมอร์เคเตอร์ จากนั้นก็อาศัยเข็มทิศตามแนวเส้นนี้ โดยอ่านค่าของเข็มทิศที่พิมพ์ไว้บนแผนภูมิ แล้วตั้งเข็มทิศเดินเรือใหม่เพื่อชดเชยความต้านทานจากกระแสน้ำและความเร็วของลม

เนื่องจากความผิดพลาดของเส้นโครงแผนที่นี้จะมีมากเมื่อไปสู่ขั้วโลก จึงควรที่จะใช้เฉพาะบริเวณใกล้ศูนย์สูตร เพราะจะทำให้ทราบสภาพที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ได้อย่างถูกต้องมาก นอกจากนั้นข้อมูลต่าง ๆ ทางภูมิศาสตร์อาจจะแสดงได้ดีในเส้นโครงแผนที่แบบนี้ เป็นต้นว่า การไหลของกระแสน้ำ ทิศทางลม เส้นอุณหภูมิเสมอภาค ความกดดันเสมอภาค เป็นต้น

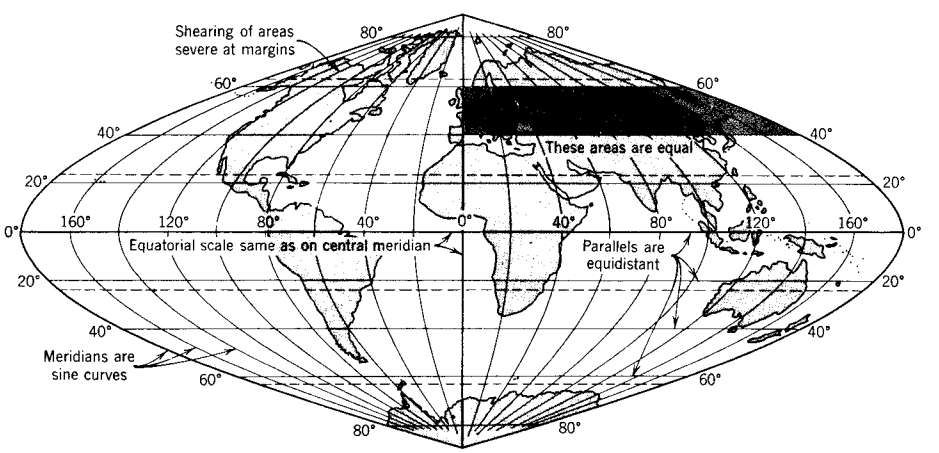
7. **โครงสร้างแผนที่แบบโฮโมโลกราฟิก (Homolographic projection)** นักภูมิศาสตร์นิยมใช้เส้นโครงแผนที่แบบนี้อย่างกว้างขวาง คำว่า Homolographic มีความหมายถึงพื้นที่เท่ากัน (Equal area) ในซีกโลกหนึ่งนั้นอาจจะใช้วงกลมคลุมได้หมด เมริเดียนทุกเส้นยกเว้นเมริเดียนผ่านกลางเป็นส่วนโค้งของวงกลม เส้นศูนย์สูตรมีความยาวเป็น 2 เท่าของเมริเดียนผ่านกลาง ซึ่งมีลักษณะใกล้ความจริงที่ปรากฏบนลูกโลก เส้นขนานทุกเส้นเป็นเส้นตรงและจะขนานกันในแนวนอน ยิ่งใกล้ขั้วโลกเท่าไรเส้นขนานจะชิดกันมาก เส้นโครงแผนที่แบบนี้มีทั้งส่วนดีและไม่ดี แต่มีคุณสมบัติที่เด่นก็คือรักษาพื้นที่



รูปที่ 1.23 เส้นโครงแผนที่แบบมอลล์ไวด์โฮโมโลกราฟิก

ทำให้เหมาะในการแสดงการกระจายของสภาพทางภูมิศาสตร์ที่ต้องอาศัยเนื้อที่ เช่น การปลูกพืช ชนิดของดิน หน่วยทางด้านการเมือง และมีความบิดเบี้ยวมากในบริเวณผ่านขั้วโลก แต่ถึงอย่างไรแผนที่แบบนี้ก็ยังใช้กันอย่างกว้างขวาง

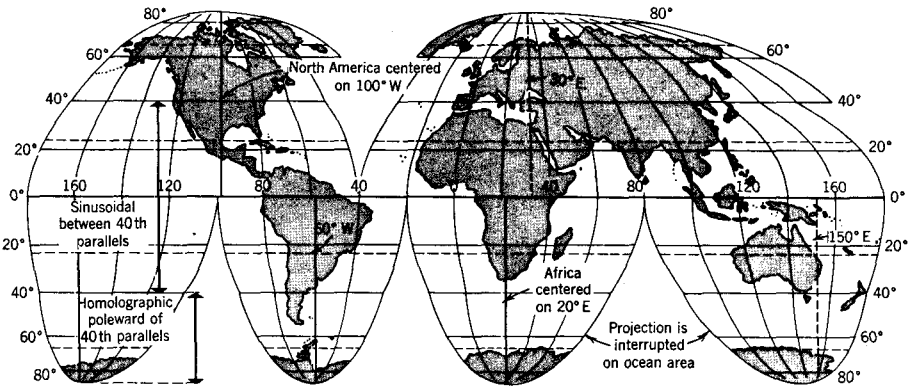
8. **เส้นโครงแผนที่แบบซีนูซอยดัล (Sinusoidol projection)** เส้นโครงแผนที่แบบนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับ "เส้นโครงแผนที่แบบโฮโมโลกราฟิก" คือ เป็นเส้นโครงแผนที่ซึ่งรักษาพื้นที่เมริเดียนผ่านกลางและเส้นขนานทุกเส้นเป็นเส้นตรง จะมีลักษณะต่างกันเฉพาะส่วนโค้งของเมริเดียนเท่านั้น เนื่องจากแผนที่แบบโฮโมกราฟิกใช้ส่วนโค้งของวงกลม แต่แผนที่แบบซีนูซอยดัลใช้ส่วนโค้งที่เรียกว่า Sine curve ส่วนดีและส่วนเสียของเส้นโครงแบบนี้ ก็คล้ายคลึงกันกับแบบโฮโมโลกราฟิก คือ จะมีส่วนบิดเบี้ยวในบริเวณพื้นที่ขั้วโลก แต่ก็มีไม่มากนัก



รูปที่ 1.24 เส้นโครงแผนที่แบบซีนูซอยดัล

9. เส้นโครงแผนที่แบบโฮโมโลไซน์ **(Homolosine projection)** เส้นโครงแผนที่แบบนี้เขียนโดย ดร. พอล กูด (Dr. Paul Goode) ในปี ค.ศ. 1923 เป็นแผนที่ที่สร้างขึ้นโดยอาศัยเส้นโครงแผนที่แบบโฮโมโลกราฟีกและแบบซีนูซอยด์ลมาผสมกันโดยเส้นโครงแผนที่แบบซีนูซอยด์นั้นจะใช้ระหว่างบริเวณละติจูด 40 องศาทั้งเหนือและใต้ และแบบโฮโมโลกราฟีกจะใช้ส่วนที่เหลือไปถึงขั้วโลก

ทั้งเส้นโครงแผนที่แบบโฮโมโลกราฟีก และ ซีนูซอยด์ จะมีส่วนบิดเบี้ยวมากในบริเวณขั้วโลก และบริเวณซ้ายสุดและขวาสุดของแผนที่ ความบิดเบี้ยวนี้อาจจะลดลงโดยอาศัยพื้นที่ที่สำคัญในเมริเดียนผ่านกลาง แล้วสร้างเส้นโครงแผนที่ให้ขาดเป็นตอน



รูปที่ 1.25 เส้นโครงแผนที่แบบกูด อินเตอร์รัปทิด โฮโมโลไซน์

ในเส้นโครงแผนที่แบบนี้ทวีปอเมริกาเหนือ ยูเรเซีย อเมริกาใต้ แอฟริกา และออสเตรเลียก็จะมีเมริเดียนผ่านกลางที่เหมาะสมที่สุดของตัวเอง เพราะว่าแผนที่ไม่สามารถที่จะแสดงบริเวณผืนแผ่นดินให้ต่อเนื่องกันได้ ยกเว้นบริเวณเส้นศูนย์สูตร ถ้าเราต้องการแสดงบริเวณพื้นที่ดิน โดยเฉพาะส่วนบริเวณมหาสมุทรจะฉีกขาดไป แต่ถ้าเราจะใช้เส้นโครงแบบนี้แสดงบริเวณของมหาสมุทร ส่วนของพื้นทวีปก็จะฉีกขาดไป คุณสมบัติของเส้นโครงแบบนี้จะรักษาพื้นที่ จึงเหมาะสำหรับการใช้แผนที่ที่แสดงตัวเลขทางสถิติ เช่น การกระจายของปริมาณการปลูกข้าวสาลี เป็นต้น

คำถามท้ายบทที่ 1

1. จงพิสูจน์ว่าโลกกลมมาอย่างน้อย 5 ประการ
2. จงอธิบายวิธีการที่รีชเชอร์ (Richer) กล่าวว่าโลกมีลักษณะกลมแบบอีลิปซอยด์มากกว่ากลมอย่างแท้จริง
3. อธิบายรูปตัดขวางของโลกตามขั้วโลกแบบเรขาคณิต ความแบนราบของโลกคืออะไร ? อัตราส่วนความแบนราบของโลกมีเท่าไร ?

4. เส้นวงกลมใหญ่คืออะไร ? มีรูปร่างอย่างไร ? เราสามารถจะเขียนวงกลมใหญ่บนพื้นโลกได้มากเท่าไร ? วงกลมเล็กคืออะไร ?
5. คุณสมบัติของเส้นวงกลมใหญ่ 6 ประการมีอะไรบ้าง จงบอกชื่อเส้นวงกลมใหญ่ที่รู้จักดี
6. เส้นเมริเดียนคืออะไร ? เส้นเมริเดียนที่อยู่บนพื้นโลกมีลักษณะอย่างไร ? จงอธิบายให้ทราบ
7. เส้นขนานคืออะไร ? เส้นขนานมีลักษณะรูปแบบอย่างไร ? จงอธิบายมาให้ทราบ
8. จงให้นิยามและคำอธิบายว่าลองจิจูด มีวิธีเขียนอย่างไร ? ยกตัวอย่าง เส้นเมริเดียนเริ่มแรกคืออะไร? เมริเดียนกรีนิชอยู่ที่ไหน ระยะห่างของลองจิจูดที่ศูนย์สูตรกี่ไมล์ ละติจูด 60 องศาห่างกี่ไมล์ ? และที่ขั้วโลกห่างกี่ไมล์ ?
9. จงให้นิยามและอธิบายคำว่าละติจูด มีวิธีเขียนอย่างไร ? ยกตัวอย่าง ระยะห่าง 1 องศาละติจูดห่างกันกี่ไมล์ ? มีความแตกต่างจากศูนย์สูตรถึงขั้วโลกหรือไม่ แตกต่างกันเท่าไร ? ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น ?
10. ไมล์ทะเลคืออะไร ? นอตคืออะไร ? ละติจูดที่จัดเป็นไมล์ทะเลสากลซึ่งมีความยาว 1 ลิปดา คืออะไร ?
11. เส้นโครงแผนที่คืออะไร ? ปัญหาพื้นฐานของเส้นโครงแผนที่มีอะไรบ้าง ?
12. จุดมุ่งหมายสำคัญที่ทำให้โลกเป็นแผนที่แบนราบคืออะไร ? ทำไมจึงต้องทำลูกโลกเป็นแผนที่แบนราบ ?
13. อธิบายมาตราส่วนของแผนที่พอสังเขป มาตราส่วนแบบเศษส่วนคืออะไร ? มาตราส่วนที่รักษามาตราส่วนคงที่ในทุกสถานที่และตลอดทิศทางในแผนที่มีหรือไม่ ?
14. เส้นโครงแผนที่แบบรักษาพื้นที่คืออะไร? จงบอกชื่อเส้นโครงรักษาพื้นที่มา 2 ชื่อ
15. เส้นโครงแผนที่แบบรักษารูปร่างคืออะไร ? จงบอกชื่อเส้นรักษารูปร่างมา 2 ชื่อ
16. เส้นโครงแผนที่จะรักษาทั้งรูปร่างและพื้นที่ได้หรือไม่ จงยกตัวอย่างมาให้ชัดเจน ?
17. เส้นโครงแผนที่แบบออร์โทกราฟิก (Orthographic) นั้น มีจุดมุ่งหมายการใช้อย่างไร ?
18. ทำไมเส้นโครงแบบสเตริโอกราฟิกมักจะใช้ในเขตขั้วโลก และใช้เป็นเส้นโครงพื้นฐานอย่างดีสำหรับแผนที่อากาศประจำวันของสถานีตรวจอากาศของสหรัฐอเมริกา ?
19. นักเดินเรือใช้เส้นโครงแบบ โนโมนิก (Gnomonic) อย่างไร ? ทำไมจึงเรียกเส้นวงกลมใหญ่เป็นแผนภูมิทางด้านการเดินเรือ ?
20. ท่านสามารถที่จะสร้างแผนที่รักษาระยะทางได้อย่างไร ? มีจุดมุ่งหมายอะไร ? เส้นโครงแผนที่แบบรูปทรงกรวยอย่างง่าย (Simple conic) มีอัตราส่วนอย่างไร ?
21. จงอธิบายหลักของเส้นโครงแผนที่แบบเมอร์เคเตอร์ ว่าเป็นแผนที่รักษาเนื้อที่หรือรูปร่างอย่างไร ? แผนที่แบบเมอร์เคเตอร์ที่สมบูรณ์ซึ่งแสดงพื้นที่ทั้งโลกเป็นอย่างไร ? มาตราส่วนแผนที่ที่ละติจูด 60 องศาเมื่อเปรียบเทียบกับที่ศูนย์สูตรเป็นอย่างไร ?

22. เส้น Rhumb line คืออะไร ? เส้น Loxodrome คืออะไร ? เส้นโครงแผนที่ซึ่งแสดง Rhumb line เป็นเส้นตรงนั้นเป็นเส้นโครงแบบไหน ? เส้น Rhumb line และเส้นวงกลมใหญ่ใช้สำหรับเดินเรือเพื่อประโยชน์อะไร ?
23. จงเปรียบเทียบเส้นโครงแผนที่แบบโฮโมโลกราฟิก และซีนูซอยดัล แผนที่เหล่านี้มีพื้นที่เท่า รูปร่างเหมือน หรือลักษณะอย่างอื่นอย่างไร ?
24. เส้นโครงแผนที่แบบกูด อินเตอร์รับทิค โฮโมโลไซน์ จะใช้ประโยชน์มากกว่าเส้นโครงแผนที่แบบโฮโมโลกราฟิก และซีนูซอยดัลอย่างไร ?

บทที่ 2

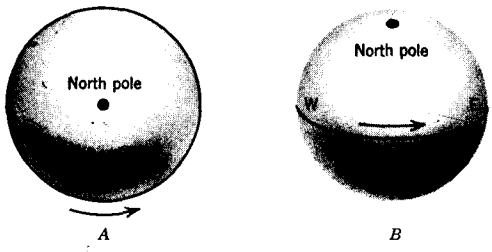
ฤดูกาลและเวลา
(Seasons and Times)

นักภูมิศาสตร์สนใจศึกษาถึงปรากฏการณ์แห่งความสัมพันธ์ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ความสัมพันธ์เรื่องแรกก็คือ มุมที่แสงแดดตกมายังพื้นโลกที่ละติจูดต่าง ๆ ในระยะเวลาที่ต่างกันในช่วงวันและช่วงปี ความยาวของกลางคืนและกลางวัน การคิดนับวัน การเกิดฤดู ปริมาณความร้อนที่บรรยากาศได้รับต่าง ๆ กันอันเป็นผลต่ออุณหภูมิ ความกดอากาศ การหมุนเวียนของลมและการเกิดพายุ สุดท้ายคือการเกิดลักษณะภูมิอากาศต่าง ๆ เป็นต้น

การที่จะเข้าใจเรื่องกาลอากาศและภูมิอากาศได้ดีต้องเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ก่อน เนื่องจากโลกหมุนอยู่บนแกนเอียงในขณะที่โคจรไปรอบดวงอาทิตย์ ลักษณะเช่นนี้ก่อให้เกิดปรากฏการณ์สำคัญ ๆ หลายประการและยากต่อการเข้าใจ เรื่องที่จะกล่าวต่อไปนี้จำเป็นจะต้องใช้จินตนาการตามไปด้วย และให้นึกมองโลกมาจากสถานที่ภายนอกโลก จึงจะเกิดความเข้าใจได้ดีขึ้น

2.1 การหมุนรอบตัวเองของโลก

การที่โลกหมุนรอบแกน ซึ่งเป็นแนวสมมติภายในโลกจากขั้วโลกเหนือมาขั้วโลกใต้ เรียกว่า การ หมุนรอบตัวเอง (Rotation) การหมุนครบหนึ่งรอบโดยอาศัยตำแหน่งดวงดาวที่คงที่บนท้องฟ้า เรียกว่า Sidereal day ส่วนการหมุนหนึ่งรอบ ตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้นและจนดวงอาทิตย์กลับมาขึ้นอีก เรียกว่า Solar day ซึ่งเฉลี่ยแล้วใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง



รูปที่ 2.1 ทิศทางการหมุน (A) ทวนเข็มนาฬิกาที่ขั้วโลก (B) ไปทางตะวันออกที่ศูนย์สูตร

ทิศทางที่โลกหมุนรอบตัวเองนั้นหาได้โดยใช้กฎง่าย ๆ ต่อไปนี้

1. ถ้ามองสถานที่จากภายนอกมายังขั้วโลกเหนือ ทิศทางที่โลกหมุนจะทวนเข็มนาฬิกา

2. ถ้าเอานิ้วชี้ไปยังเส้นศูนย์สูตร แล้วค่อย ๆ ดันนิ้วไปทางด้านตะวันออก จะทำให้โลกหมุนไปในทางที่ถูกต้องซึ่งตรงกับที่พูดกันว่า โลกหมุนจากทางทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก (ดูรูป)

3. การหมุนของโลกจะตรงกันข้ามกับการเคลื่อนไหวของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดวงดาว ทั้งนี้วัตถุต่าง ๆ บนท้องฟ้าจะเคลื่อนจากทางตะวันออกไปตะวันตก

อัตราความเร็วของการหมุน หมายถึงความเร็วของจุดใดจุดหนึ่งบนพื้นโลกหมุนไปได้ครบรอบ อาจคำนวณได้โดยเอาความยาวของเส้นขนานบนละติจูดนั้นหารด้วย 24 เป็นอัตราการเคลื่อนที่ของจุดนั้นต่อ 1 ชั่วโมง ดังนั้น ที่ศูนย์สูตรความยาว 25,000 ไมล์ (40,000 กิโลเมตร) อัตราการเคลื่อนที่ของการหมุนรอบตัวเองของที่จุดใด ๆ บนศูนย์สูตร 1,050 ไมล์ (1,700 กิโลเมตร) ต่อชั่วโมง ที่เส้นขนานที่ 60 อัตราความเร็วของการหมุนที่จุดใด ๆ บนเส้นนั้นจะมีเพียงครึ่งหนึ่งของที่ศูนย์สูตร คือ 525 ไมล์ (850 กิโลเมตร) ต่อชั่วโมง ที่ขั้วโลกความเร็วจะเป็นศูนย์ การที่เราไม่รู้สึกต่ออัตราความเร็วของการหมุน เพราะความเร็วนี้จะมีอัตราเกือบที่เรียกได้ว่าคงที่

การที่อัตราความเร็วของการหมุนค่อย ๆ ลดไปหาที่ขั้วโลกนั้นทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่สำคัญสองประการ คือ ประการแรก ทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) เกิดจากการที่โลกหมุนรอบตัวเองเป็นเหตุให้วัตถุต่าง ๆ มีแนวโน้มที่จะหลุดออกไปจากศูนย์กลางสู่อวกาศ แรงดึงดูดของโลกมีมากกว่าแรงหนีศูนย์กลางถึง 289 เท่าที่ศูนย์สูตร เช่น วัตถุที่หนัก 289 กิโลกรัมที่ศูนย์สูตร (ความจริงควรหนัก 290 กิโลกรัม) มีน้ำหนักน้อยกว่าเมื่อโลกไม่หมุนประมาณ 1 กิโลกรัม

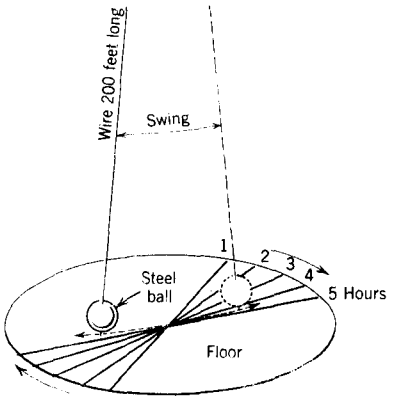
ผลอีกประการหนึ่ง คือ การที่อัตราความเร็วของการหมุนค่อย ๆ ลดไปหาขั้วโลก ทำให้การเคลื่อนที่บนผิวโลกจะเหไปเล็กน้อย ทางด้านซ้ายในซีกโลกใต้หรือขวาในซีกโลกเหนือของแนวทางที่เคลื่อนที่ไป ปรากฏการณ์เช่นนี้มีผลต่อทิศทางลมบนพื้นผิวโลก

อัตราการหมุนของโลกมีความคงที่หรือไม่นั้น นักดาราศาสตร์ได้คำนวณว่า เวลา 1 วัน เวลาจะเพิ่มประมาณ 0.0016 วินาทีในรอบ 100 ปี แสดงว่า โลกหมุนช้าลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปมีค่าน้อยมากจะไม่คำนึงถึงในการเรียนวิชาภูมิศาสตร์กายภาพ

2.2 การพิสูจน์ว่าโลกหมุนรอบตัวเอง

การพิสูจน์ว่าโลกหมุนรอบตัวเองเป็นสิ่งสำคัญทางภูมิศาสตร์กายภาพ มีการพิสูจน์อยู่หลายวิธีและหลายคนได้ทำการทดลอง แต่ไม่นำมากล่าวในที่นี้ได้ทั้งหมด วิธีการทดลองของ ฟูโคลต์ เป็นวิธีที่มีชื่อมากควรที่จะทราบไว้

ในปี ค.ศ. 1851 นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ ลีออง ฟูโคลต์ (Leon Foucault) ได้ทดลองแขวนลูกตุ้มเหล็กจากยอดโดมเพ็นธีอ็อน (Pantheon) ในกรุงปารีสด้วยลวดยาว 200 ฟุต ตรงด้านล่างของลูกตุ้มเอาเหล็กแหลมยึดไว้ เมื่อลูกตุ้มแกว่งปลายเหล็กแหลมจะขีดลากไปบนพื้นดิน เมื่อได้พยายามแกว่งลูกตุ้มไปช้า ๆ จะพบว่าแนวเส้นที่ลูกตุ้มขีดไปบนพื้นดินจะค่อย ๆ เคลื่อนไปทางขวา ที่เป็นเช่นนี้ได้ ควรจะเกิดเหตุการณ์อย่างหนึ่งอย่างใด คือ ไม่เป็นเพราะลูกตุ้มเปลี่ยนระนาบก็เป็นเพราะตึกเคลื่อนที่ไปรอบ ๆ ลองนำลูกตุ้มมาผูกเข้ากับไม้บรรทัดแล้วทดลองแกว่งดูจะพบว่า การที่หมุนไม้บรรทัดไปรอบ ๆ จะไม่เปลี่ยนแนวทางแกว่งของลูกตุ้มได้ ดังนั้น จึงสรุปว่า พื้นโลกตรงที่ลูกตุ้มแกว่งหมุนไป

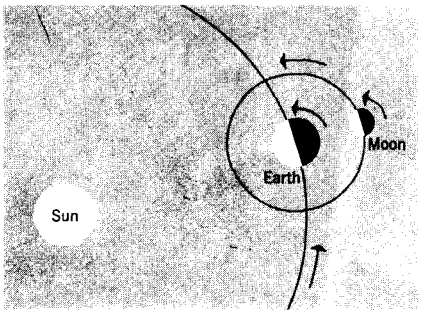


รูปที่ 2.2 การทดลองของฟูโคลต์

ถ้าเอาลูกตุ้มไปแขวนไว้ที่ขั้วโลกจะพบว่า ลูกตุ้มค่อย ๆ แกว่งเบนไปรอบวงกลมใช้เวลา 1 วันพอดี และใน 1 ชั่วโมงลูกตุ้มจะแกว่งได้ประมาณ 15 องศา แต่บริเวณที่ศูนย์สูตรแนวเบนจะไม่ปรากฏเลย

2.3 การโคจรของโลก

การที่โลกเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์เรียกว่า การโคจร (Revolution) โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ 1 รอบใช้เวลา 1 ปี แต่การวัดเวลาของปีจะแตกต่างกัน คือ ถ้าวัดเมื่อโลกมาบรรจบกับดาวที่ทราบตำแหน่งแน่นอน เรียกว่า ปีไซเดอเรียล (Sidereal year)

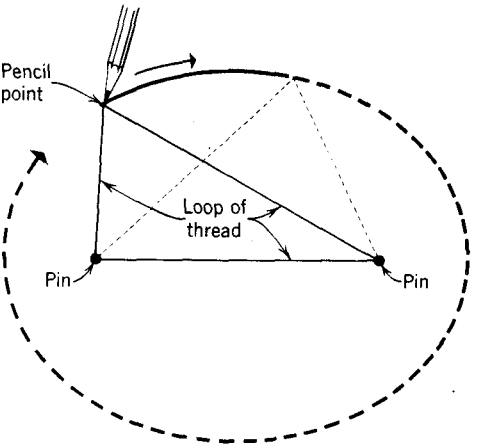


รูปที่ 2.3 ทิศทางการหมุนและการโคจรของโลก

แต่ถ้าวัดจากวันเริ่มฤดูใบไม้ผลิ (Vernal equinox) มาบรรจบกัน เรียกว่า Tropical year ซึ่งใช้เวลา $365\frac{1}{4}$ วัน โดยประมาณ พอครบ 4 ปีก็ใช้วิธีบวกวันเพิ่มขึ้น 1 วัน ให้เดือนกุมภาพันธ์มี 29 วัน เรียกว่า ปีอธิกสุรทิน (Leap year) เป็นการชดเชยเพื่อมิให้ระยะเวลาผิดพลาด

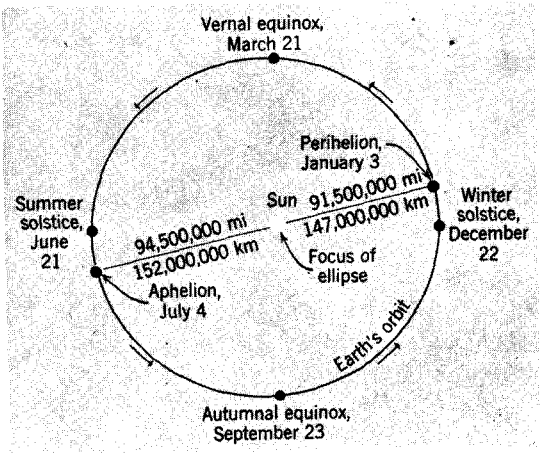
2.4 วงโคจรของโลก

โลกโคจรในลักษณะวงรีมากกว่าวงกลม ถึงอย่างไรก็ตามลักษณะความรีมีไม่มากนัก ดวงอาทิตย์จะอยู่ค่อนมาทางด้านหนึ่งของด้านวงรี ระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยประมาณ 93 ล้านไมล์ (150 ล้านกิโลเมตร) เนื่องจากวงโคจรเป็นวงรีระยะห่างของโลกจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ส่วนที่แตกต่างกันมากที่สุดประมาณ 1.5 ล้านไมล์ (2.5 ล้านกิโลเมตร) ระยะทางที่ใกล้ที่สุดประมาณ



รูปที่ 2.4 การสร้างวงรี

91.5 ล้านไมล์ (147 ล้านกิโลเมตร) ซึ่งจะเกิดขึ้นประมาณวันที่ 3 มกราคม ตำแหน่งนี้เรียกว่า เปริเฮลิออน (Perihelion) เป็นภาษากรีก แปลว่า ใกล้ดวงอาทิตย์ ส่วนตำแหน่งที่อยู่ไกลที่สุดอยู่ประมาณวันที่ 4 กรกฎาคม เรียกว่า อะเฟลิออน (Aphelion) หมายความว่าไกลจากดวงอาทิตย์ซึ่งมี

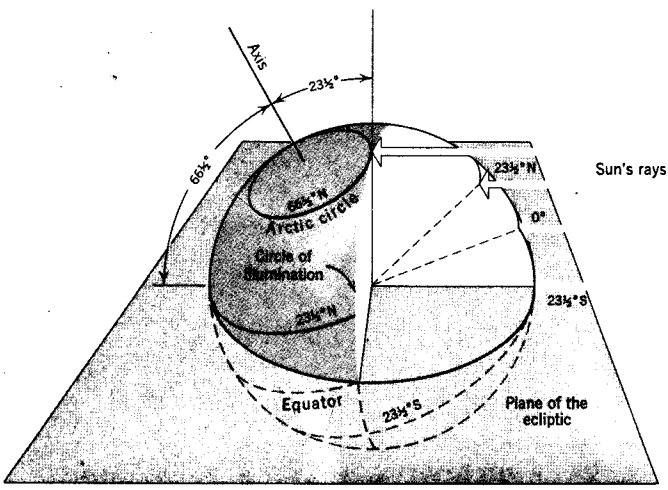


รูปที่ 2.5 วงโคจรของโลกและฤดูกาล

ระยะทาง 14.5 ล้านไมล์ (152 ล้านกิโลเมตร) ระยะที่ห่างแตกต่างกันนี้มีส่วนเกี่ยวกับปริมาณพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับ แต่ไม่ใช่เป็นเหตุผลที่ก่อให้เกิดฤดูกาล ทั้งนี้จะเห็นได้ชัดว่า ขณะที่โลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์นั้นเป็นฤดูหนาวในซีกโลกเหนือ อัตราความเร็วในการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์เฉลี่ยประมาณชั่วโมงละ 66,600 ไมล์ (107,000 กิโลเมตร) ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการที่โลกโคจรไปเมื่อใกล้ดวงอาทิตย์อัตราความเร็วจะสูง เมื่อห่างดวงอาทิตย์อัตราความเร็วจะต่ำ

2.5 การเอียงของแกนโลก

แกนของโลกที่ลากจากขั้วโลกเหนือไปยังขั้วโลกใต้เอียงไปจากเส้นตั้งฉากกับระนาบการโคจรเป็นมุม $23\frac{1}{2}$ องศา หรืออาจจะพูดง่าย ๆ ว่า แกนของโลกทำมุมกับระนาบการโคจร $66\frac{1}{2}$ องศา แนวระนาบการโคจรของโลกนั้นจะดูได้บนลูกโลกโดยทั่วไป แนวนี้เรียกว่า อีคลิปติก (Ecliptic circle) คือ แนวทางที่แสดงให้เห็นการเคลื่อนที่ลำแสงตั้งฉากของดวงอาทิตย์ระหว่างละติจูดที่ $23\frac{1}{2}$ องศาเหนือและ $23\frac{1}{2}$ องศาใต้ เส้นอีคลิปติกจะเป็นวงกลมใหญ่วงหนึ่งปรากฏตามข้อเท็จจริงว่า



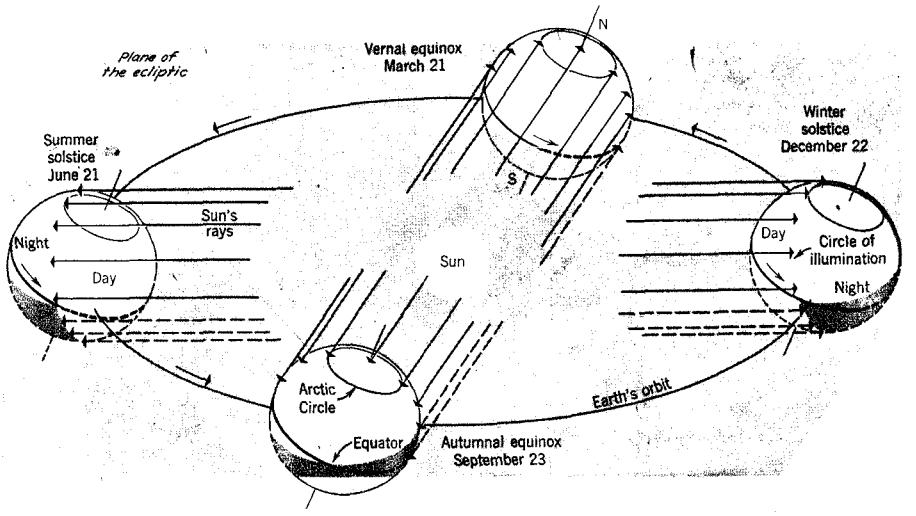
รูปที่ 2.6 แกนโลกเอียง

1. แกนของโลกจะเอียงเป็นมุมที่แน่นอนกับระนาบการโคจร
2. แนวแกนของโลกจะชี้ตรงไปยังดาวเหนือ (Polaris)

2.6 ซอลสติส และอีควินอกซ์

ในวันที่ 21 หรือ 22 มิถุนายน ตำแหน่งการโคจรของโลกจะทำให้แกนของโลกเอียงขั้วเหนือเข้าหาดวงอาทิตย์ และขั้วใต้เบนออกห่างจากดวงอาทิตย์ จึงเป็นผลทำให้ดวงอาทิตย์ส่องแสงตั้งฉากตรงบริเวณ $23\frac{1}{2}$ องศาเหนือ ตำแหน่งและวันที่ดังกล่าวเรียกว่า วันเริ่มต้นฤดูร้อน (Summer solstice)

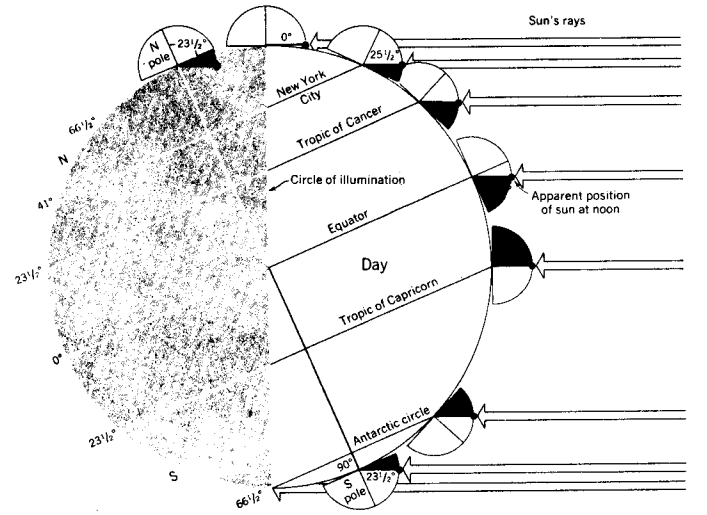
จากนั้นเป็นระยะเวลา 6 เดือน ถึงวันที่ 21 หรือ 22 ธันวาคม ตำแหน่งของโลกบนวงโคจรจะตรงข้ามกัน ตำแหน่งแรก ตอนนี้ขั้วเหนือจะเบนออกจากดวงอาทิตย์ ส่วนขั้วโลกใต้เอียงเข้าหาดวงอาทิตย์ วันและตำแหน่งดังกล่าวเรียกว่า วันเริ่มต้นฤดูหนาว (Winter solstice) บนเส้นทางโคจรระหว่างกลาง จะมีอีก 2 ตำแหน่งของโลกที่บอกการเปลี่ยนแปลงฤดู คือ วันที่ 20 หรือ 21 มีนาคม เป็นวันเริ่มฤดูใบไม้ผลิ (Vernal equinox) อีกตำแหน่งหนึ่งจะเกิดในวันที่ 22 หรือ 23 กันยายน เรียกว่า วันเริ่มฤดูใบไม้ร่วง (Autumnal equinox)



รูปที่ 2.7 ฤดูกาล

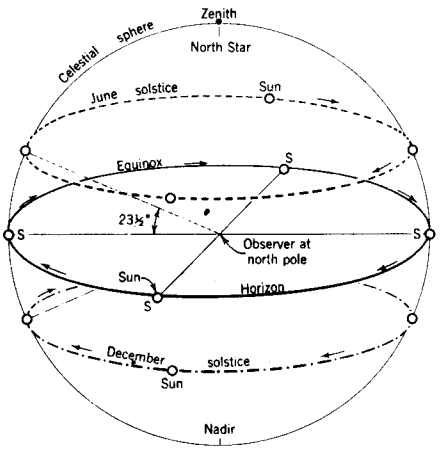
วันเริ่มฤดูหนาว (Winter solstice) วันที่ 21 หรือ 22 ธันวาคม หมายถึง วันเริ่มฤดูหนาวในซีกโลกภาคเหนือ คือ บริเวณที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรขึ้นไป ถ้ามองดูโลกจะมีแนววงกลมแบ่งเขตมืดเขตสว่าง วงกลมนี้เป็นวงกลมใหญ่ เรียกว่า วงกลมแบ่งกลางวันกลางคืน (Circle of illumination) ในวันเริ่มฤดูหนาว วงกลมนี้จะอยู่ในลักษณะเฉียงระหว่างเส้นอาร์กติก เซอร์เคิล (Arctic circle $66\frac{1}{2}$ องศาเหนือ) และเส้นแอนตาร์กติก เซอร์เคิล (Antarctic circle) ระนาบของวงกลมนี้จะทำมุมกับแกนโลก $23\frac{1}{2}$ องศาพอดี ลักษณะเช่นนี้ทำให้กลางวันและกลางคืนไม่เท่ากัน ในซีกโลกภาคเหนือ กลางคืนจะยาวนานที่สุด ส่วนซีกโลกภาคใต้จะกลับกัน เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระยะวันเริ่มฤดูหนาว คือ

1. กลางคืนจะยาวกว่ากลางวันในบริเวณซีกโลกภาคเหนือ
2. กลางวันจะยาวกว่ากลางคืนในบริเวณซีกโลกภาคใต้
3. ความแตกต่างระหว่างกลางวันและกลางคืนจะเพิ่มจากศูนย์สูตรไปหาขั้วโลก
4. บริเวณที่เป็นละติจูดเดียวกัน ระยะเวลากลางวันและกลางคืนที่แตกต่างกันนั้นมีค่าเหมือนกัน

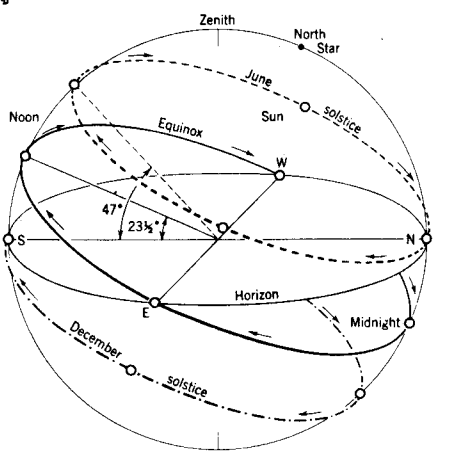


รูปที่ 2.8 ฤดูหนาวซีกโลกเหนือ

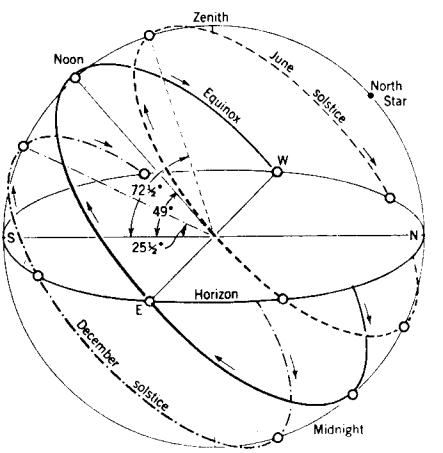
รูปที่ 2.9 เมื่อมีผู้สังเกตว่าผิวโลกแบนระนาบรูปจาน ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดวงดาว จะโคจรอยู่ตอนในของครึ่งวงกลมข้างบน ทางเดินของแสงอาทิตย์ตามละติจูดต่าง ๆ แสดงให้เห็นตำแหน่งกลางวันและกลางคืนเท่ากัน และตำแหน่งวันเริ่มฤดูทั้งสอง



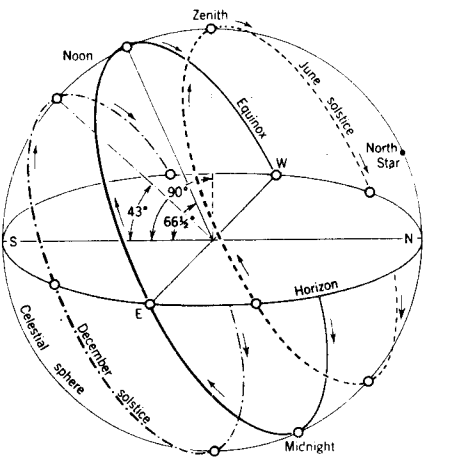
A
North Pole



B
Arctic Circle 66½° N



C
41° N New York City

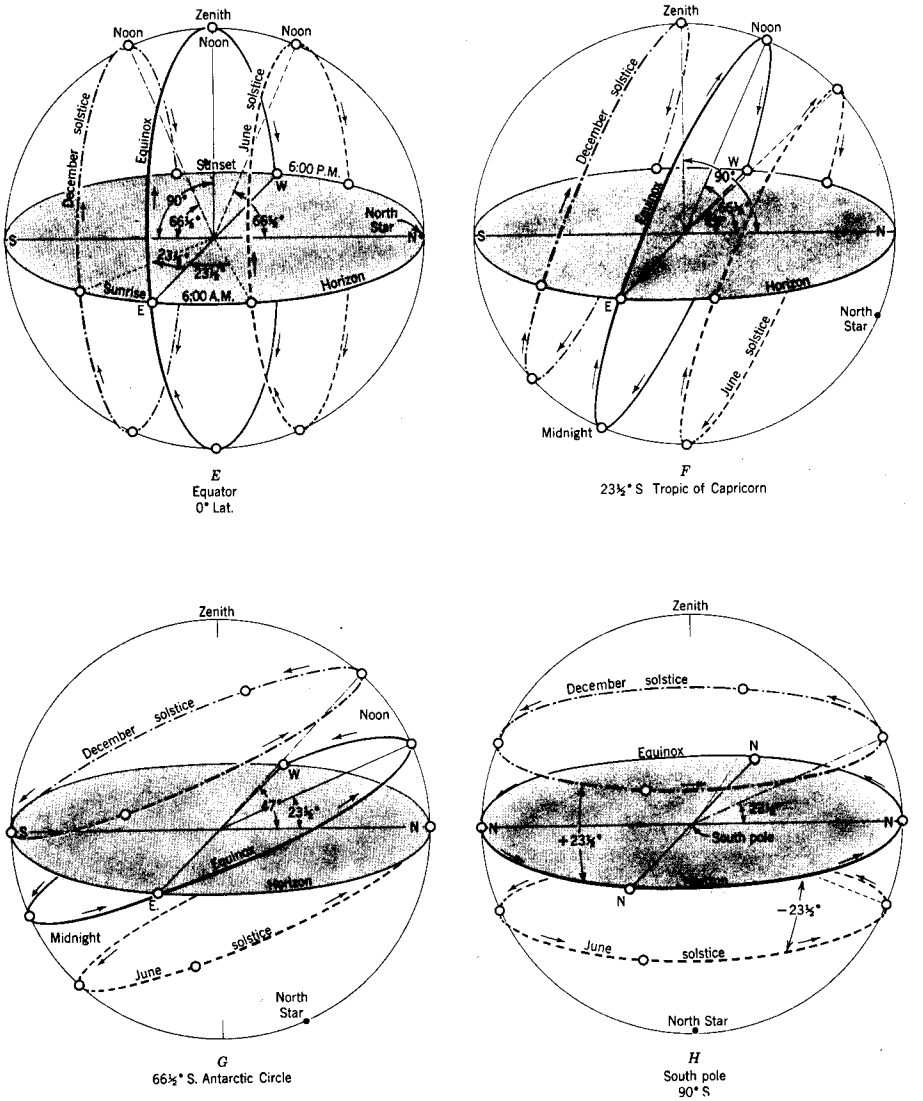


D
23½° N Tropic of Cancer

5. บริเวณเส้นอาร์กติก เซอร์เคิล ($66\frac{1}{2}$ องศาเหนือ) และขั้วโลกเหนือ กลางคืนจะมีถึง 24 ชั่วโมง ทั้งนี้แม้โลกจะหมุนครบ 360 องศา บริเวณเส้นอาร์กติก เซอร์เคิล ก็ไม่ออกมาจากเงามืด

6. บริเวณเส้นแอนตาร์กติก เซอร์เคิล ($66\frac{1}{2}$ องศาใต้) และขั้วโลกใต้ จะเป็นเวลากลางวันตลอด 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เพราะเมื่อโลกหมุนไปครบ 360 องศาแล้ว เขตนี้ยังไม่เข้าในเงามืด

สภาพเริ่มฤดูที่ขั้วโลก (Solstice conditions at the poles) ในวันเริ่มฤดูร้อนบริเวณขั้วโลกจะเห็นดวงอาทิตย์อยู่เหนือขอบฟ้าตลอดเวลา หมายความว่ากลางวันจะมีตลอดทั้ง 24 ชั่วโมง ถ้า



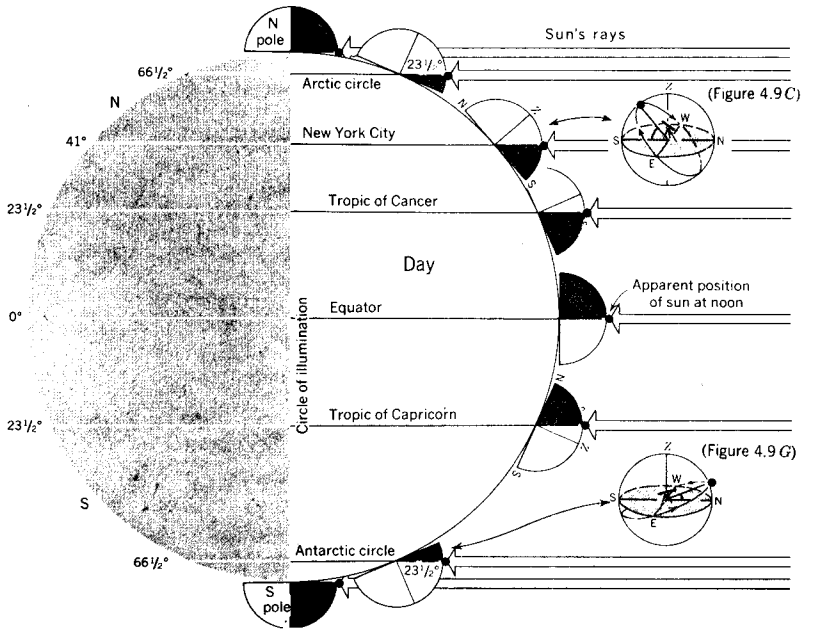
รูปที่ 2.10 สภาพเริ่มฤดูที่ขั้วโลก

มองจากจุดขั้วโลก ตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะสูงจากขอบฟ้าประมาณ $23\frac{1}{2}$ องศา ส่วนในวันเริ่มฤดูหนาวนั้นตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะอยู่ต่ำจากขอบฟ้าไป $23\frac{1}{2}$ องศา ดังนั้น ตลอดเวลาทั้ง 24 ชั่วโมง จะไม่มีโอกาสเห็นดวงอาทิตย์เลย

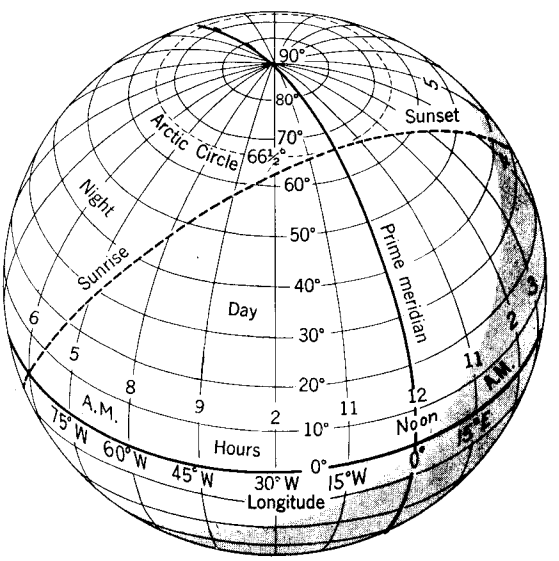
วันเริ่มต้นฤดูร้อน (Summer solstice) สภาพของวันที่ 21 หรือ 22 มิถุนายน จะกลับกับวันเริ่มต้นฤดูหนาว ตอนนี้ขั้วเหนือของโลกจะเอียงไปหาดวงอาทิตย์ ทำให้กลางวันในซีกโลกเหนือยาวนาน แสงแดดจะไปส่องตรงบริเวณ $23\frac{1}{2}$ องศาเหนือ แนวของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าจะตรงข้ามกับที่กล่าวมาแล้วในฤดูหนาว

รูปที่ 2.11 ภาพถ่ายของดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงคืนที่แฮมเมอร์เฟสท์ นอรเว ละติจูด 70 องศา 40 ลิปดาเหนือ ระหว่างฤดูร้อน ดวงอาทิตย์จะอยู่บริเวณขอบฟ้า

วันที่กลางวันกลางคืนเท่ากัน (The equinoxes) วันที่เรียกว่า อีควินอกซ์ คือ วันที่ 20 หรือ 21 มีนาคม ซึ่งเป็นวันเริ่มฤดูใบไม้ผลิ และวันที่ 22 หรือ 23 กันยายน คือวันเริ่มฤดูใบไม้ร่วง ในวันที่กล่าวถึง แสงแดดจะทำมุมกับแกนของโลก 90 องศา ทั้งที่แกนของโลกเอียง ทั้งนี้หมายความว่า แสงแดดตั้งฉากที่ศูนย์สูตรพอดี ลักษณะเช่นนี้ทำให้วงกลมแบ่งกลางคืนเท่ากัน คือ มีช่วงละ 12 ชั่วโมง ทุกส่วนของโลก ดวงอาทิตย์จะขึ้นเวลา 6.00 นาฬิกา และตกเวลา 18.00 นาฬิกา นอกจากที่ขั้วโลกซึ่งมีสภาพผิดไปจากนี้ (คือ ดวงอาทิตย์จะอยู่ในแนวใกล้กับขอบฟ้า) ดังนั้น ในวันที่กล่าวจะหาตำแหน่งละติจูดได้ง่าย โดยการวัดมุมของดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันว่า สูงจากขอบฟ้าเท่าไร นำไปลบ 90 องศา จะได้ตำแหน่งละติจูดที่ต้องการ



รูปที่ 2.12 กลางวันและกลางคืนเท่ากัน



ภาพที่ 2.13 ลูกโลกขนาดเล็กสามารถใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาความยาวของกลางคืน และกลางวันได้ทุกละติจูด

ที่ศูนย์สูตรตอนเที่ยงวันแสงแดดจะตั้งฉากพอดี และตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ไปเป็นมุม 15 องศาทุก ๆ ชั่วโมงตลอดวัน และในวันนี้เงาของไม้ที่ปักไว้ที่ศูนย์สูตรจะชี้ไปทางทิศตะวันตก 6 ชั่วโมง คือ ตั้งแต่ 6.00 นาฬิกา ถึง 12.00 นาฬิกา และชี้ไปทางตะวันออก 6 ชั่วโมง คือ ตั้งแต่เวลา 12.00 นาฬิกา ถึง 18.00 นาฬิกา

2.7 เวลา

มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจเรื่องความสัมพันธ์ของเวลาบนโลก เพราะเวลาแบบต่าง ๆ นั้นเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในโลกปัจจุบันที่มีการคมนาคมติดต่อกันอย่างรวดเร็ว ก่อนหน้าที่จะมีการคิดค้นโทรเลข ปัญหาความแตกต่างของเวลาเป็นเรื่องเล็กมากหรือไม่มีความจำเป็นเลย เนื่องจากคนใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ในท้องถิ่นหรือชุมชนแห่งเดียวมาตลอดชีวิตของเขา แม้แต่นักเดินทางก็มีความไม่สะดวกเกี่ยวกับการตั้งนาฬิกาของเขาให้ตรงกับเวลาท้องถิ่น ความแตกต่างของเวลาระหว่าง 2 บริเวณมีผลในทางปฏิบัติเล็กน้อยเท่านั้น แต่เมื่อมีการส่งข่าวทางโทรเลข ความแตกต่างของเวลาในท้องถิ่นบนลองจิจูดเส้นหนึ่ง ๆ มีผลที่มองเห็นชัดเจนมาก ด้วยการพัฒนาวิธีเดินทางให้รวดเร็วยิ่งขึ้นนี่เองจึงเกิดความจำเป็นอย่างยิ่งในการแก้ไขเวลาของตำบลต่าง ๆ ตามเมริเดียนให้ถูกต้องในบริเวณละติจูดกลาง ถ้าบินจากทางตะวันออกไปยังทางตะวันตกอาจจะสามารถรักษาความเร็วให้เข้ากับเวลาการโคจรของดวงอาทิตย์ได้ เช่น เครื่องบินจากนิวยอร์กเวลาเที่ยงวัน เวลามาตรฐานทางตะวันออก ออกเดินทางด้วยความเร็วชั่วโมงละ 800 ไมล์ (1,300 กิโลเมตร) ถึงซานฟรานซิสโกเวลาเที่ยงวัน ตามเวลามาตรฐานแปซิฟิก

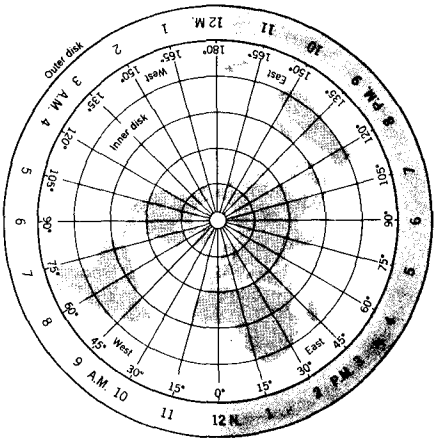
2.8 ลองจิจูด และ เวลา

เพื่อไม่ให้สับสนในการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ของเวลาแบบง่ายที่สุด จะต้องสมมติว่าโลกอยู่กับที่และดวงอาทิตย์โคจรรอบโลกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ความสัมพันธ์ระหว่างโลกและดวงอาทิตย์มีผลในเรื่องเวลาอย่างมาก

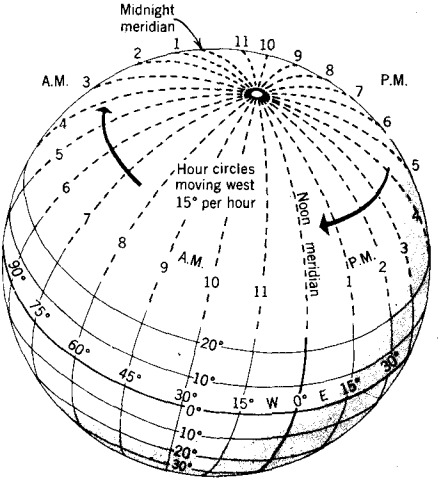
เส้นเมริเดียนคือเส้นโค้งจากขั้วโลกเหนือมายังขั้วโลกใต้ แสงอาทิตย์ตกบนเส้นเมริเดียนเป็นมุมต่ำสุดถึงสูงสุด เมริเดียนเส้นแรกที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากเราเรียกว่า เมริเดียนเที่ยงวัน (Noon meridian) และเมริเดียนที่อยู่ตรงข้ามกับเส้นนี้บนอีกด้านหนึ่งของโลก เรียกว่า เมริเดียนเที่ยงคืน (Midnight meridian) ซึ่งอยู่ทางซีกโลกตะวันตกเป็นเส้นซึ่งทำมุม 180 องศา ในเมื่อเมริเดียนเส้นแรกจะแบ่งเวลาก่อนเที่ยงและหลังเที่ยงของวันเดียวกันนั้น เมริเดียนเที่ยงคืนจะเป็นเส้นที่แบ่งจำนวนวันระหว่างวันนี้กับวันรุ่งขึ้น

เนื่องจากเมริเดียนมีทั้งหมด 360 องศาในเวลา 24 ชั่วโมง ดังนั้น 15 องศาจะมีเวลา 1 ชั่วโมง หรือ 1 องศาลองจิจูด เวลาต่างกัน 4 นาที จึงเป็นการสะดวกมากที่จะกำหนดเวลาว่า 1 ชั่วโมงจะมีระยะ

ห่างของลองจิจูด 15 องศา ตัวอย่างเช่น ถ้าเมริเดียนเที่ยงวัน (Noon meridian) อยู่ที่ตำบลแห่งหนึ่ง แต่อีกตำบลหนึ่งเวลาแตกต่างไป 4 ชั่วโมง บริเวณทั้งสองแห่งนี้จะอยู่ห่างกัน 60 องศาลองจิจูด เพื่อความเข้าใจเรื่องเส้นเมริเดียน ลองนึกว่ามีเส้นโค้งครึ่งวงกลมบอกชั่วโมงอยู่ 22 เส้น แต่ละเส้นจะอยู่ห่างกัน 15 องศาลองจิจูด เริ่มตั้งแต่เที่ยงวันไปถึงเที่ยงคืน (ดูรูป) เส้นโค้งที่บอกชั่วโมงนั้นเราสามารถจะเขียนตัวเลขกำกับบนเส้นเมริเดียนที่ถาวรได้



รูปที่ 2.14 รูปแบบของเวลาบนโลก



วงกลมแสดงชั่วโมง

บางครั้งมนุษย์เราจะเกิดสับสนและพยายามที่จะตัดสินเกี่ยวกับเวลาของตำบลที่อยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีปัญหาการคำนวณเรื่องเวลาในรายการวิทยุหรือโทรทัศน์ของแต่ละภาคในประเทศที่ออกอากาศ และต้องตัดสินใจตั้งนาฬิกาล่วงหน้าหรืออาจจะหมุนถอยหลังไป 1 ชั่วโมง สมมติให้เส้นเมริเดียนเคลื่อนไปทางตะวันตกของโลก แล้วลองพิจารณาตัวอย่างจากนครนิวยอร์ก (New York City) ในเวลาเที่ยงวัน เวลาเที่ยงวันที่ผ่านนิวยอร์กนั้นจะช้ากว่าที่เมืองกรีนิช ประเทศอังกฤษอยู่ 5 ชั่วโมง หมายความว่า เวลาในประเทศอังกฤษเกินเที่ยงวันไปแล้ว 5 ชั่วโมง นั่นคือจะเป็นเวลาบ่าย 5 โมง จากตัวอย่างนี้เราพอจะสรุปได้ว่า ตำบลที่ตั้งอยู่ด้านตะวันออกของท่านมีเวลาเร็วกว่า ต่อไปนี้ลองพิจารณาดูว่าเวลาเที่ยงวันอยู่ที่นครนิวยอร์ก เมื่อเดินทางไปด้านตะวันตกที่ซานฟรานซิสโก จะมีเวลาต่างกัน 3 ชั่วโมง เพราะฉะนั้นเวลาที่ซานฟรานซิสโกจะเท่ากับ 9 โมงเช้า ตัวอย่างนี้เราสามารถสรุปได้ว่า ตำบลที่อยู่ทางด้านตะวันตกของท่านมีเวลาช้ากว่า แต่การสรุปทั้งสองข้อที่ผ่านมานั้นจะถูกยกเว้น ถ้ามีเส้นแบ่งเขตวันสากล (International date line) อยู่ระหว่างทั้งสองตำบลนั้น

2.9 เวลาท้องถิ่น

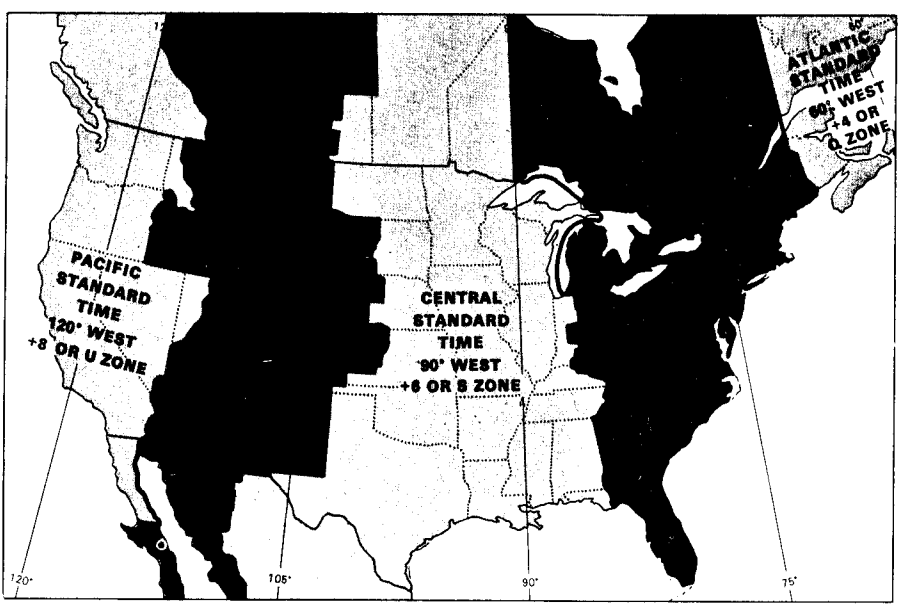
เป็นระบบเวลาที่มีอยู่ในชุมนุมชนเล็ก ๆ ถือตามละติจูดที่เป็นศูนย์กลางของชุมนุมชนนั้น ๆ

อาจจะใช้ ศาล โบสถ์ เป็นศูนย์กลาง บริเวณท้องถิ่นนั้นจะมีเวลาตรงกันโดยยึดถือแสงอาทิตย์ตั้งฉากตรงเส้นเมริเดียนเป็นเวลาเที่ยงวัน เราถือว่าเป็นเวลาท้องถิ่น (Local time) หมายถึงเวลาตามระบบสุริยะที่ยึดถือเส้นเมริเดียนของท้องถิ่นเป็นหลัก ตำบลทั้งหลายที่ตั้งอยู่บนเส้นเมริเดียนเดียวกันไม่ว่าจะอยู่ใกล้ไกลกันเพียงใดก็ตามจะมีเวลาท้องถิ่นเหมือนกัน ส่วนตำบลที่ตั้งอยู่บนเส้นเมริเดียนต่างกันจะมีเวลาท้องถิ่นแตกต่างไปด้วย โดยยึดถือระยะห่าง 1 องศาลองจิจูดจะต่างกัน 4 นาที

2.10 เวลามาตรฐาน

ปัจจุบันในเมืองใหญ่ที่มีประชากรหนาแน่นไม่นิยมใช้ระบบเวลาท้องถิ่น จากการสร้างทางรถไฟของอเมริกา ประมาณ ค.ศ. 1870 ได้นำเอาระบบเวลามาตรฐานมาใช้ โดยจัดแบ่งพื้นที่ออกเป็นเขต ๆ ซึ่งวิธีนี้บริษัทสร้างรถไฟคิดขึ้นเพื่อความสะดวกของเขาเอง เนื่องมาจากว่าเมื่อใช้เวลาท้องถิ่นรถไฟหลายขบวนแล่นผ่านเมืองเดียวกันจะมีเวลาไม่ตรงกับเวลาท้องถิ่นของเมืองนั้น มีเรื่องเล่าสืบต่อกันมาว่า ก่อน ค.ศ. 1883 มีเมืองอยู่เมืองหนึ่งมีระบบเวลาต่างกันถึง 5 แบบ และการรถไฟของสหรัฐอเมริกาจะมีระบบเวลาที่ต่างกันถึง 53 ระบบ

เพื่อแก้ปัญหานี้จึงมีเวลามาตรฐานขึ้น โดยยึดถือตามเส้นเมริเดียนมาตรฐานเส้นหนึ่งเป็นหลักแล้วขยายออกทั้ง 2 ด้าน มีพื้นที่ลองจิจูด 15 องศา เทียบเวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง โดยปกติแล้วเส้นเมริเดียนจะยึดถือตามเส้นลองจิจูดที่คูณด้วย 15 ยกตัวอย่างเช่น 60 องศา 75 องศา 90 องศา หรือ 105 องศา ซึ่งเวลามาตรฐานแต่ละเขตนั้นจะแตกต่างจากเวลามาตรฐานกรีนิช ประเทศอังกฤษ คิดเป็นจำนวนชั่วโมงทั้งสิ้น นี่คือระบบของเขตเวลามาตรฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วโลก



รูปที่ 2.15 แผนที่แสดงเขตเวลาของสหรัฐอเมริกา และตอนใต้ของแคนาดา

เวลามาตรฐานในสหรัฐอเมริกา

เวลามาตรฐานในสหรัฐอเมริกาปัจจุบันนี้ ได้ถูกกำหนดขึ้นเมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน ค.ศ. 1883 โดยสภาคองเกรสได้มอบเรื่องนี้ให้คณะกรรมาธิการพาณิชย์ระหว่างรัฐ พิจารณากำหนดถึงเวลามาตรฐานของแต่ละเขตเป็นผลสำเร็จในวันที่ 19 มีนาคม ค.ศ. 1918 เส้นเมริเดียนมาตรฐานและบริเวณที่มีเวลามาตรฐานเดียวกันได้แสดงให้เห็นแล้ว (ดูรูป)

เขตเวลามาตรฐานของสหรัฐอเมริกายึดถือตามแนวเมริเดียนต่อไปนี้

เวลามาตรฐานภาคตะวันออก	ยึดถือตามเส้น	เมริเดียนที่		75	องศา
เวลามาตรฐานภาคกลาง	„	„		90	„
„ เขตภูเขา	„	„		105	„
„ เขตแปซิฟิก	„	„		120	„
„ บริเวณอะแลสกา	„	„		150	„
„ บริเวณฮาวาย	„	„		150	„

การแบ่งเวลามาตรฐานที่จะให้ถูกต้องแน่นอนจริง ๆ แล้ว จะต้องนับจากเมริเดียนมาตรฐานที่กำหนดนั้นไปทางตะวันออก และตะวันตกอย่างละ $7\frac{1}{2}$ องศาเท่า ๆ กัน แต่เมื่อมาพิจารณาตามแผนที่จะเห็นว่าการแบ่งเวลามาตรฐานในแต่ละบริเวณมีเสรีมาก เนื่องจากบางบริเวณจะยึดถือตามเส้นหรือเขตแดนที่รู้จักกันดีแล้วหรือมีมาก่อนเพื่อสะดวกในการกำหนดเขต บางครั้งก็แบ่งตามพรมแดนธรรมชาติ เช่น พรมแดนของเวลามาตรฐานภาคตะวันออกกับภาคกลางนั้น ยึดถือตามแนวกลางของทะเลสาบมิชิแกนลงมา พรมแดนเวลามาตรฐานบริเวณภูเขาและฝั่งแปซิฟิกนั้นถือตามแนวทิวเขาที่โค้งลงมา และตามพรมแดนของรัฐไอดาโฮและมอนตานา (Idaho-Montana) เวลามาตรฐานส่วนใหญ่นั้นจะยึดถือตามพรมแดนของรัฐหรือของประเทศ ตัวอย่างเช่น ก่อน ค.ศ. 1941 พรมแดนของเวลามาตรฐานภาคตะวันออกและภาคกลางจากเหนือลงมาใต้ผ่านรัฐจอร์เจีย (Georgia) แต่ในปีนี้เองคณะกรรมาธิการพาณิชย์ระหว่างรัฐ (ICC) ได้เปลี่ยนพรมแดนของเวลามาตรฐานนี้ไปทางด้านตะวันตกโดยยึดถือตามเส้นแบ่งเขตของรัฐแอละแบมาและจอร์เจีย เป็นผลให้รัฐจอร์เจียทั้งรัฐอยู่ในเขตเวลามาตรฐานภาคตะวันออก

เนื่องจากบริเวณเวลามาตรฐานนี้ไม่จำเป็นต้องแบ่งเนื้อที่ทั้งสองด้านของเมริเดียนหลักที่บ่งเวลามาตรฐานเท่ากัน ยกตัวอย่างเช่น ทางด้านตะวันตกของรัฐเทกซัสนั้นแบ่งเขตเวลามาตรฐานภาคกลางและเขตภูเขาถือเอาตามเส้นแบ่งเขตรัฐเทกซัสทางตะวันตก แม้ว่าจะมีดินแดนของรัฐเทกซัสเลยเมริเดียนที่ 105 องศาตะวันตก ซึ่งอยู่ในบริเวณเวลามาตรฐานเขตภูเขาก็ตาม ผลดีในการแบ่งวิธีนี้ก็คือทำให้ดินแดนที่อยู่ในรัฐเดียวกันมีเวลามาตรฐานเดียวกัน

การประหยัดเวลากลางวัน และเวลาสงคราม

เนื่องจากมนุษย์มีกิจกรรมแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองใหญ่ ๆ และเมืองอุตสาหกรรม การทำงานส่วนใหญ่จะเริ่มหลังจากดวงอาทิตย์ขึ้นแล้วและดำเนินต่อไปอีกนานหลังจากดวงอาทิตย์ตก จึงเป็นการสมควรอย่างยิ่งที่จะใช้เวลาตอนกลางวันให้เป็นประโยชน์อย่างเต็มที่และเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าอีกทางหนึ่งด้วย โดยเพิ่มการทำงานในเวลาเช้าตรู่ขณะที่คนส่วนใหญ่ยังหลับ และโรงงานต่าง ๆ ยังปิดอยู่ เพื่อทดแทนพลังงานไฟฟ้าที่จะใช้ในเวลาเย็นหรือตอนค่ำซึ่งผู้คนส่วนใหญ่ยังคงทำงานประกอบธุรกิจต่าง ๆ การปรับเวลาแบบนี้เรียกว่า การประหยัดเวลากลางวัน (Daylight saving time) โดยตั้งนาฬิกาให้เร็วกว่าปกติ 1 ชั่วโมง เมื่อแสงอาทิตย์ตั้งฉากกับเมริเดียนหลัก (เวลาเที่ยงวัน) นาฬิกาทุกเรือนของเขตนั้นจะเป็นเวลาบ่ายโมงตรง ถ้าดวงอาทิตย์ขึ้นและตกเป็นระยะเวลากลางวันและกลางคืนเท่ากัน จะนับเวลาตั้งแต่ 6.00 นาฬิกาตอนเช้า ถึง 6.00 นาฬิกาตอนเย็น ก็จะเปลี่ยนเป็น 7.00 นาฬิกาตอนเช้า ถึง 7.00 นาฬิกาตอนเย็น

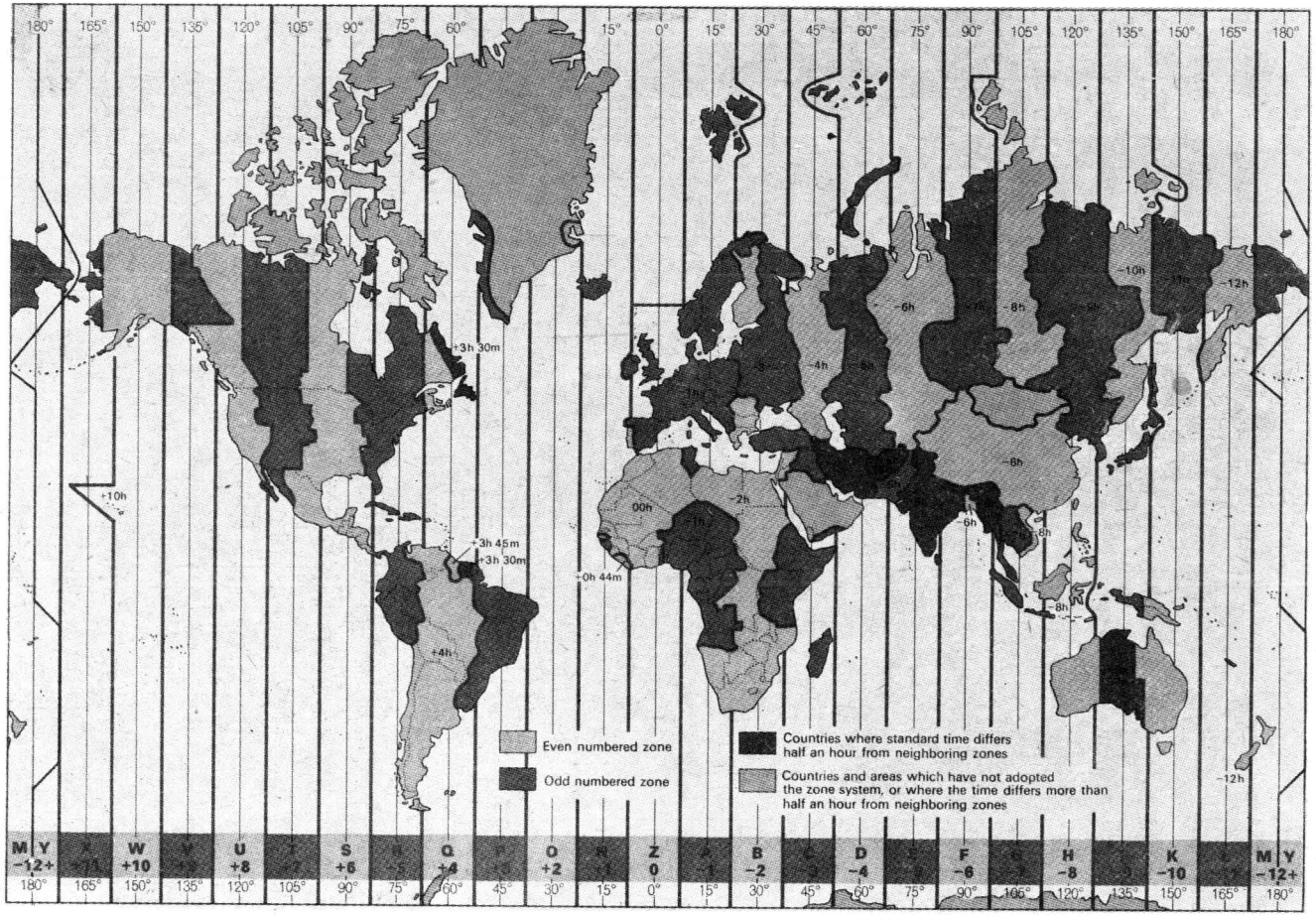
การประหยัดเวลาตอนกลางวันในบริเวณเวลามาตรฐาน โดยยึดถือตามแนวเมริเดียน 15 องศาที่อยู่ทางด้านตะวันออกของเวลามาตรฐานปกติ เช่น การประหยัดเวลาตอนกลางวันตามเวลามาตรฐานบริเวณแอตแลนติก ถือตามแนวเมริเดียน 60 องศาตะวันตก การประหยัดเวลากลางวันของเวลามาตรฐานตอนกลางควรถือตามเมริเดียนที่ 75 องศาตะวันตก

การประหยัดเวลาตอนกลางวันนี้สหรัฐอเมริกาได้นำมาใช้ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 1 โดยสภาคองเกรสได้ออกกฎหมายประกาศว่าวันอาทิตย์สุดท้ายของเดือนเมษายน ถึงวันอาทิตย์สุดท้ายของเดือนกันยายนของปี ค.ศ. 1918 หลังสงครามโลกจึงได้นำเวลาท้องถิ่นต่างๆทั่วสหรัฐอเมริกามาใช้ โดยได้รับความเห็นชอบของกฎหมายท้องถิ่น ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 การประหยัดเวลากลางวันได้ถูกนำมาใช้ทั่วประเทศตั้งแต่กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1942 ถึง ตุลาคม ค.ศ. 1945 ซึ่งรู้จักในนามเวลาสงคราม (War time) ในระยะเวลาเดียวกันนี้เอง ประเทศอังกฤษได้มีการประหยัดเวลาตอนกลางวันเช่นกัน แต่กำหนดเวลาเป็น 2 เท่า ของที่สหรัฐอเมริกาใช้ คือ ตั้งนาฬิกาเร็วกว่าเวลามาตรฐานกรีนิช 2 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการเหมาะสมอย่างยิ่งเนื่องจากในประเทศอังกฤษ ฤดูร้อน เวลากลางวันจะยาวกว่าเวลากลางคืนมาก แต่เปลี่ยนชื่อใหม่เป็นเวลาของฤดูร้อน (Summer time) ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่งในรอบปีประเทศที่เพิ่มเวลาขึ้นอีก 1 ชั่วโมงตอนกลางวันตลอดทั้งปี คือ บริเตนใหญ่ ไอร์แลนด์ สเปน ฝรั่งเศส เนเธอร์แลนด์ เบลเยียม และสหภาพโซเวียต

2.11 เขตเวลาของโลก

ในปี ค.ศ. 1884 ที่ประชุมสภาคองเกรสนานาชาติ ณ กรุงวอชิงตัน ได้พิจารณาถึงเรื่องเวลา

รูปที่ 2.16 แผนที่แสดงเขตเวลาของโลก



มาตรฐานของโลก เป็นผลให้กำหนดเวลามาตรฐานของประเทศต่าง ๆ ตามแนวเส้นเมริเดียนมาตรฐาน 15 องศา มีเวลาต่างกันเป็นจำนวนชั่วโมง ๆ ขึ้นไป จากการคำนวณเวลาทั้งหมดของโลกได้นำเมริเดียนเส้นแรกที่เมืองกรีนิชประเทศอังกฤษมาเป็นหลักในการพิจารณา เวลามาตรฐานที่อยู่ทางด้านตะวันออกหรือตะวันตกของกรีนิชก็จะมีเวลาต่างกันไป ถ้าอยู่ทางด้านตะวันออกของกรีนิชก็จะเร็วกว่า ถ้าอยู่ทางด้านตะวันตกของกรีนิชก็จะช้ากว่า เช่น เวลามาตรฐานของภาคตะวันออกของสหรัฐอเมริกา ซึ่งอยู่ทางตะวันตกของกรีนิชนั้น เวลาจะช้ากว่ากรีนิช 5 ชั่วโมง (จากรูป)

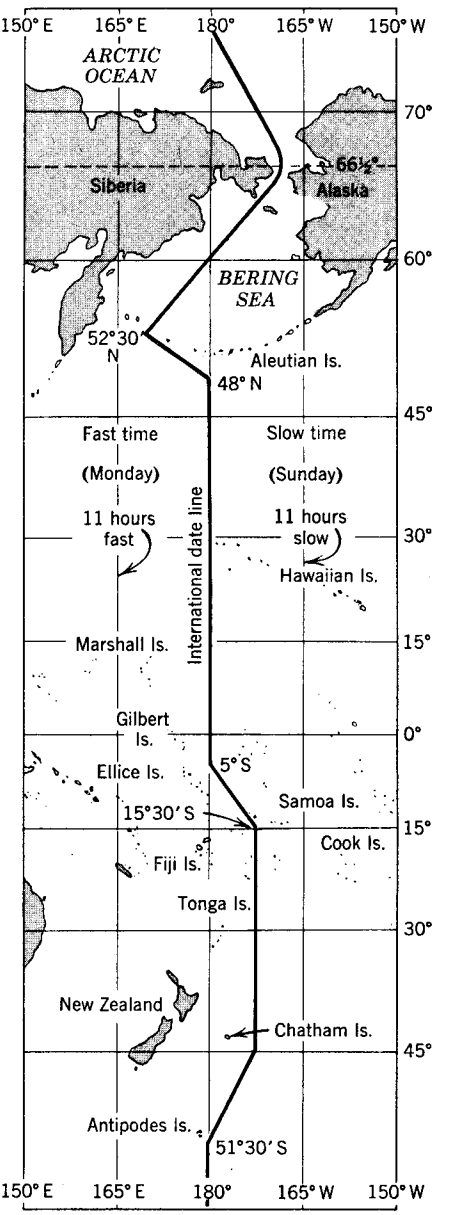
ในแผนที่โลก มีเวลามาตรฐานของโลกอยู่ 24 เขต เพราะว่าลองจิจูดบนพื้นโลกมี 360 องศา แต่ละเขตมีเวลาต่างกัน 1 ชั่วโมง ระยะห่างลองจิจูด 15 องศา เมื่อนำเอา 15 องศามาหาร 360 องศา จะได้เวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งเท่ากับ 24 เขต ตามที่แบ่งเอาไว้ เส้นเมริเดียนมาตรฐานที่เลือกใช้คือเส้น $7\frac{1}{2}$ องศา ซึ่งอยู่กึ่งกลาง 15 องศา เป็นผลให้เวลามาตรฐานของประเทศต่าง ๆ เร็วหรือช้ากว่าเวลามาตรฐานกรีนิช เช่น ประเทศไทย (เร็วกว่าเวลากรีนิช 7 ชั่วโมง) อิหร่าน (เร็วกว่าเวลากรีนิช $3\frac{1}{2}$ ชั่วโมง) สุรินัม (ช้ากว่าเวลามาตรฐานกรีนิช $3\frac{1}{2}$ ชั่วโมง) อินเดีย (เร็วกว่าเวลามาตรฐานกรีนิช $5\frac{1}{2}$ ชั่วโมง) ประเทศสหภาพโซเวียต มีเนื้อที่แผ่กว้างไปทางด้านตะวันออกและตะวันตกมีเวลามาตรฐานถึง 11 เขต ด้วยกัน แต่ละเขตจะมีเวลาเร็วขึ้น 1 ชั่วโมง เพื่อเป็นการประหยัดเวลากลางวันให้ต่อเนื่องกัน

บางประเทศได้ใช้เวลามาตรฐานตามเส้นเมริเดียนที่ผ่านเมืองหลวง หรือหอดูดาวของเมืองนั้น ๆ เช่น ปี ค.ศ. 1905 ประเทศฝรั่งเศสถือเวลามาตรฐานตามแนวเมริเดียนผ่านหอดูดาวที่ปารีส ทำให้ฝรั่งเศสมีเวลาเร็วกว่ากรีนิช 9 นาที 20.9 วินาที ในปีเดียวกันนี้ประเทศไอร์แลนด์กำหนดเวลามาตรฐานตามเส้นเมริเดียนที่ผ่านเมืองดับลิน ทำให้เวลามาตรฐานของประเทศนี้ช้ากว่าเวลามาตรฐานกรีนิช 25 นาที 21.1 วินาที

2.12 เส้นแบ่งเขตวันสากล

เส้นเมริเดียน 180 องศาไปทางตะวันออกจะเป็นเส้นที่ 12 เวลาจะเร็วกว่ามาตรฐานกรีนิช 12 ชั่วโมง ถ้านับไปทางตะวันตกของเมริเดียนกรีนิช จะพบว่าเมริเดียน 180 องศาตะวันตกเป็นเส้นที่ 12 เช่นกัน แต่เวลาที่เมริเดียนนี้ช้ากว่าเวลามาตรฐานกรีนิช 12 ชั่วโมง ผลปรากฏว่าเมริเดียน 180 องศานี้ถูกต้องทั้ง 2 อย่าง คือ มีความแตกต่างระหว่างเวลาที่เร็วกว่าและช้ากว่าเวลามาตรฐานกรีนิช 12 ชั่วโมง คิดเป็นจำนวน 24 ชั่วโมงหรือ 1 วัน เมื่อเมริเดียนที่กรีนิชเป็นเวลาเที่ยงวันเส้นเมริเดียนที่ 180 จึงเป็นเวลาเที่ยงคืน แต่วันที่ในปฏิทินของตำบลที่อยู่ 2 ด้านของเส้นเมริเดียน 180 จะเป็นคนละวันกัน ทางด้านตะวันตก (ทวีปเอเชีย) ของเส้นเมริเดียน 180 องศา จะมีเวลาเร็วกว่าทางด้านตะวันออก (ทวีปอเมริกา) ของเส้นเมริเดียน 180 องศาอยู่ 1 วัน ตัวอย่างเช่น ถ้าทางด้านเอเชียเป็นวันจันทร์ ทางด้านอเมริกาซึ่งอยู่อีกด้านหนึ่งของเมริเดียน 180 องศาจะเป็นวันอาทิตย์ (ดูรูปหน้าต่อไป) จะไม่เกิดความยุ่งยากสับสนเลย ถ้าจำไว้ว่าการนับชั่วโมงไปทางตะวันออกของเมริเดียนที่กรีนิช 12 ชั่วโมง ดังนั้นเมริเดียนทางด้านเอเชียจึงเร็วกว่าทางด้านอื่น 1 วัน

สมัยก่อนการเดินทางข้ามมหาสมุทรแปซิฟิกยังล่าช้ามาก เพราะเดินทางกันโดยเรือใบ หรือเรือกลไฟที่คุณภาพยังไม่ดี วิธีคิดวันในสมัยนั้นจึงเพียงแต่ตัดวันออกไปหนึ่งวัน เมื่อเดินทางไปทางตะวันตกและนับวันซ้ำอีก 1 วันถ้าเดินทางไปทางตะวันออก การเปลี่ยนวันนี้ก็เลือกเปลี่ยนในที่ที่สะดวก



รูปที่ 2.17 เส้นแบ่งเขตวันนานาชาติ

เหมาะสมตอนใดตอนหนึ่งตรงกลางมหาสมุทรแปซิฟิก โดยกะอย่างดีแล้วว่าไม่มีวันอาทิตย์ 2 วันหรือขาดวันอาทิตย์ไปเสียเลยในสัปดาห์หนึ่ง

แต่ปรากฏว่าการคำนวณเช่นนี้ล้มเหลวเมื่อลูกเรือของแมกแจนแลนนำเรือกลับสเปนถึงเมืองเซวิล (Seville) โดยเดินทางรอบโลกอ้อมไปทางตะวันตก ปรากฏว่าถึงสเปนในวันที่ 8 กันยายน 1522 ขณะที่พวกบนเรือคิดว่าเป็นวันที่ 7 ของปีนั้นเท่านั้น เมื่อเดินทางข้ามมหาสมุทรแปซิฟิกโดยเครื่องบินเจ๊ตที่มีความเร็วสูงภายในวันเดียว การเปลี่ยนเวลาจึงเปลี่ยนเมื่อเครื่องบินผ่านเมริเดียน 180 องศา สมมติว่าเครื่องบินบินไปทางตะวันออกไปยังทวีปอเมริกาเหนือและข้ามเส้นเมริเดียน 180 องศา เมื่อเวลาบ่าย 4 โมงของวันอังคาร (เร็วกว่าเวลามาตรฐานกรีนิช 12 ชั่วโมง ทันทีที่ข้ามเวลาจะเปลี่ยนเป็นบ่าย 4 โมงของวันจันทร์ แต่เมื่อเดินทางไปทางตะวันตก คือ ซีกโลกตะวันออก เวลาจะเร็วไป 1 วัน ตัวอย่างเช่น ถ้าข้ามเมริเดียน 180 องศา เวลา 9.30 นาฬิกาของวันพุธ จะเปลี่ยนเป็น 9.30 นาฬิกาของวันพฤหัส เนื่องจากลักษณะพิเศษของเมริเดียน 180 องศานี้เอง จึงได้มีการประชุมเมริเดียนสากล ณ กรุงวอชิงตัน ดี.ซี. ในปี ค.ศ. 1884 และได้ให้ชื่อเส้นเมริเดียนนี้ว่า เส้นแบ่งเขตวัน (The International Date Line) เป็นการบังเอิญอย่างยิ่งในปัจจุบันนี้ประเทศต่างๆที่ใช้ภาษาอังกฤษยอมรับเอาเส้นเมริเดียนที่กรีนิชเป็นเส้นเมริเดียนมาตรฐาน หรือเมริเดียนเส้นแรกจนเป็นสากลนิยมที่ใช้ในการคำนวณเวลาของลองจิจูด ส่วนเมริเดียนที่ 180 องศา อยู่เกือบกึ่งกลางของมหาสมุทรแปซิฟิก เป็นบริเวณที่เหมาะสมอย่างยิ่ง ทำให้เส้นแบ่งเขตสากลนี้อนุโลมให้ลากเบนไปทางตะวันตกและตะวันออกได้เมื่อผ่านหมู่เกาะต่าง ๆ เพื่อให้ดินแดนเหล่านั้นเป็นวันเดียวกัน เส้นแบ่งเขตวันนี้จะวกไปทางตะวันออกผ่านช่องแคบเบริง เพื่อเลี่ยงให้ส่วนตะวันออกสุดของไซบีเรียให้อยู่ทางด้านเดียวกับทวีปเอเชียทั้งหมด และเบนมาทางตะวันตกเพื่อให้แนวหมู่เกาะอาลิวเชียนเป็นวันเดียวกับคาบสมุทรอะแลสกา ใต้เส้นศูนย์สูตรลงไปเพียงเล็กน้อยแนวนี้จะตัดวกไปทางตะวันออกประมาณ $7\frac{1}{2}$ องศา เพื่อจะต้องไม่ผ่านหมู่เกาะเอลลิซ ฟีจิ และตองกา ซึ่งมีวันเดียวกับนิวซีแลนด์

2.13 ระยะเวลาของช่วงวันบนโลก

ความแปลกประหลาดอย่างหนึ่งของเวลาบนโลก คือ การเริ่มวันและสิ้นสุดของวัน ถ้าตำบลหนึ่ง ๆ บนโลกมีเวลา 24 ชั่วโมง ระยะเวลาเหล่านี้จะดำเนินไปเรื่อย ๆ โดยจะช้าลงทุกที เมื่อนับไปทางตะวันตกของตำบลนั้น ปรากฏว่า ถ้าคิดเป็นวันแล้วทั้งโลกจะมีเวลามากกว่า 24 ชั่วโมงใน 1 วัน

ถือลูกโลกเอาไว้ในมือให้ด้านมหาสมุทรแปซิฟิกอยู่ตรงหน้าท่าน สมมติว่าเส้นแบ่งเขตวันสากลตัดผ่านขั้วเหนือมายังขั้วใต้ (เพื่อจะคำนวณหาเวลาต้องสมมติว่า เส้นเมริเดียน 180 องศานี้ลากตรงไม่วกวนไปทางด้านตะวันออกและตะวันตก) สมมติต่อไปว่า เป็นวันจันทร์ วันอังคาร ฯลฯ โดยเริ่มจากเส้น 180 องศาไปทางด้านตะวันตกของโลก คล้ายกับฟิล์มภาพยนตร์ขอบฟิล์มจากขั้วเหนือมายังขั้วใต้ เริ่มจากเวลาเที่ยงคืนของวันจันทร์ บริเวณทั่วโลกเป็นวันจันทร์ ถ้าเดินทางในอัตราลองจิจูด 15 องศาต่อชั่วโมงจากเมริเดียนเที่ยงคืน (180 องศา) ตอนเริ่มของฟิล์มนี้ถึงเมริเดียนกรีนิชเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และเวลาขณะนี้อังกฤษเป็นเวลาเที่ยงคืน ซึ่งเวลาปฏิทินเป็นวันจันทร์ตลอดซีกโลกตะวันออก

ส่วนซีกโลกตะวันตกยังคงเป็นวันอาทิตย์อยู่ ต่อมาอีก 12 ชั่วโมง วันจันทร์จะคลุมทั่วโลก และขอบฟิล์มจะเป็นเมริเดียน 180 องศา ซึ่งตอนนี้จะเป็นวันจันทร์หมดทั่วโลก

เพราะว่าวันในปฏิทินจะข้ามเส้นแบ่งเขตวันสากลไม่ได้ เราจะต้องนึกว่าวันจันทร์ได้สิ้นสุดลงตรงเส้นนั้น หลังจากที่หมด 24 ชั่วโมงแล้ว และวันในปฏิทินต่อไปคือวันอังคาร จะเริ่มปรากฏตรงมหาสมุทรแปซิฟิกด้านทวีปเอเชีย เหมือนกับที่วันจันทร์ได้เริ่มต้น ท่านคิดว่าตลอดวันจันทร์ทั่วโลกขณะที่โลกหมุนรอบนั้นมีกี่ชั่วโมง คำตอบก็คือวันจันทร์จะปรากฏอยู่บนพื้นโลกถึง 48 ชั่วโมง คือ 24 ชั่วโมงจะหมุนไปโดยรอบและปกคลุมทั่วโลก และอีก 24 ชั่วโมงขณะที่ค่อยๆ ลับเป็นเงามืดไป ดังนั้นวันจันทร์จึงปรากฏบนพื้นโลก เพื่อให้เวลาต่อเนื่องกับวันอังคาร เท่ากับ 48 ชั่วโมง ถึงแม้ว่าแต่ละตำบลบนโลกจะกินเวลาเพียง 24 ชั่วโมงเท่านั้น

คำถามท้ายบทที่ 2

ฤดูและเวลา

1. ทำไมความสัมพันธ์ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์จึงมีความสำคัญในการศึกษาวิชาภูมิศาสตร์ ?
2. การหมุนรอบตัวเองของโลกคืออะไร ? ระยะเวลาของการหมุนรอบตัวเองของโลกที่สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์เป็นอย่างไร ?
3. ทิศทางการหมุนของโลกเป็นแบบไหน ? การหมุนของโลกมีผลต่อการสังเกตจากวัตถุที่อยู่บนหรือใกล้พื้นโลก หรือมีผลจากสิ่งที่ใกล้เคียง เช่นดาวเทียมหรือไม่ ?
4. จงอธิบายและวิจารณ์การทดลองของฟูโคลต์ (Foucault) มีข้อพิสูจน์ว่าอะไรบ้าง ? ท่านสามารถพิจารณาละติจูดตามความหมายของฟูโคลต์ได้หรือไม่ มีวิธีการอย่างไร ?
5. การโคจรของโลกคืออะไร ? มีอยู่ 2 ระบบที่สามารถวัดระยะเวลาจุดเริ่มของปีที่กำหนดให้อย่างไร ? ระบบปฏิทินของเราใช้แบบไหน ? มีระยะเวลานานเท่าไร ? ระยะเวลาที่ถูกต้องเพื่อความเหมาะสมกับเวลาในปฏิทินเป็นอย่างไร ? ทิศทางการโคจรของโลกเป็นแบบไหน ?
6. รูปแบบการโคจรของโลกคืออะไร ? Perihelion คืออะไร ? Aphelion คืออะไร ? จะปรากฏพบในวันที่เท่าไร ? ระยะทางของโลกแยกกับดวงอาทิตย์ที่ตำแหน่ง Perihelion และ Aphelion คืออะไร ? มีผลต่อการเกิดฤดูกาลอย่างไร ?
7. แกนของโลกกับระนาบของโลกทำมุมกันในลักษณะใด ? มุมนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปีหรือไม่ ?
8. จงอธิบายถึง Solstice และ Equinox ที่ปรากฏอยู่ในโลก ตรงกับวันที่เท่าไร อธิบายให้ต่อเนื่องกัน
9. เขตมืดเขตสว่างคืออะไร ? เขตมืดเขตสว่างในระยะที่เป็น Winter Solstice ในเดือนธันวาคมและเดือนมกราคมอยู่ตรงบริเวณไหน ?

10. จงกล่าวถึงเขตมืดเขตสว่าง ระยะเวลาของกลางวันและกลางคืน ทางเดินของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าใน Solstice เดือนมิถุนายน จงอธิบายรายละเอียดบริเวณศูนย์สูตร ทรอปิก ออฟ แคนเซอร์ ทรอปิก ออฟ แคปริคอร์น อาร์กติก เซอร์เคิล แอนตาร์กติก เซอร์เคิล และบริเวณขั้วโลกมาให้ทราบ
11. จงกล่าวถึงเขตมืดเขตสว่าง ระยะเวลาของกลางวันและกลางคืน ทางเดินของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าที่ Equinox บอกรายละเอียดสำหรับบริเวณศูนย์สูตร ทรอปิก ออฟ แคนเซอร์ ทรอปิก ออฟ แคปริคอร์น อาร์กติก เซอร์เคิล แอนตาร์กติก เซอร์เคิล และบริเวณขั้วโลก ความสูงของดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันสัมพันธ์กับละติจูดของวันที่ Equinox อย่างไรบ้าง ?
12. จงกล่าวถึงทางเดินของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าตลอดทั้งปี ณ บริเวณขั้วโลกเหนือมีความแตกต่างจากขั้วโลกใต้อย่างไร ?
13. จงกล่าวถึงทางเดินของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าบริเวณอาร์กติก Equinox และ Solstice ในแต่ละเส้น
14. จงกล่าวถึงลักษณะอื่น ๆในแง่ทิศทางของดวงอาทิตย์ขึ้นและตกว่าสัมพันธ์กับฤดูกาลและตำแหน่งละติจูดอย่างไร ?
15. จงอธิบายว่าลองจิจูดสัมพันธ์กับเวลาอย่างไร? 1 ชั่วโมงมีกี่องศาลองจิจูด ในโลกแบ่งเวลาสัมพันธ์กับเมริเดียนอย่างไร ? อยู่ในลักษณะใด ?
16. บริเวณทางด้านตะวันออกของท่านจะมีเวลาช้าหรือเร็วกว่าเวลาของท่าน
17. เวลาท้องถิ่นคืออะไร ? ใช้หลักเกณฑ์อย่างไร ? บริเวณที่แตกต่างกันตามลองจิจูดมีเวลาท้องถิ่นเดียวกันใช่ไหม บริเวณละติจูดแตกต่างกันมีเวลาท้องถิ่นเดียวกันหรือไม่ ?
18. เวลามาตรฐานคืออะไร ? จงอธิบายระบบเวลามาตรฐานที่ใช้ในสหรัฐอเมริกา ใช้เมริเดียนหลักเส้นไหน ?
19. เขตเวลามาตรฐานมีความกว้างแค่ไหน ? จงยกตัวอย่างการแบ่งโซนในสหรัฐอเมริกา
20. การประหยัดเวลากลางวันคืออะไร ? มีประโยชน์อย่างไร ? ใช้ได้เมื่อไร ?
21. อธิบายเวลาระบบโซนของโลกที่ใช้กันอยู่ทั่วไป เส้นพาร์ยเมริเดียนเริ่มเมื่อไร, เวลาช้าลงและเวลาเร็วขึ้นคืออะไร ? ประโยชน์ของระบบโซนเวลาของโลกมีอะไรบ้าง
22. เส้นแบ่งเขตวันคืออะไร ? จงกล่าวถึงที่ตั้งและลักษณะให้ทราบ จงอธิบายความแตกต่างของเวลาในปฏิทินที่อยู่ 2 ข้างของเส้นนี้ ข้างใดเป็นเวลาที่เร็วกว่า เวลาทั้ง 2 ข้างนี้จะเป็นเวลาเดียวกันหรือไม่
23 ปฏิทิน 1 วันบนพื้นโลกนานเท่าไร ? จงกล่าวถึงระยะเวลา 1 วันในปฏิทินที่ปรากฏในโลกที่เริ่มขึ้นและหมดไป

บทที่ 3
บรรยากาศของโลก
(The Earth's Atmosphere)

3.1 คำนำ

มนุษย์เราอาศัยอยู่ในชั้นล่างสุดของบรรยากาศ เนื่องจากมนุษย์มีความจำเป็นจะต้องใช้อากาศให้เหมาะสมกับสภาพความกดดัน อุณหภูมิ และส่วนผสมทางด้านเคมีของบรรยากาศรอบ ๆ ตัว นอกจากนั้นเรายังอาศัยอยู่บนเปลือกนอกอันแข็งแกร่งของผิวโลก และมีความต้องการอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย รวมถึงการสัญจรจากแห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง แต่ทว่า อากาศและพื้นดินไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้อย่างเด็ดขาด เนื่องจากสิ่งเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กัน โดยทั่ว ๆ ไป แล้วบรรยากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผิวโลก และขณะเดียวกันพื้นผิวโลกก็มีอิทธิพลต่อบรรยากาศข้างเคียงเช่นเดียวกัน สำหรับมนุษย์เรามีความเกี่ยวข้องกับบรรยากาศชั้นล่าง เพราะว่าอยู่ใกล้ชิดและสัมพันธ์กันมากที่สุด บรรยากาศชั้นล่างยังมีอิทธิพลต่อพื้นผิวโลก ทะเล นอกจากนั้นแล้วทะเลยังมีอิทธิพลต่อบรรยากาศเบื้องบน

การศึกษาเกี่ยวกับบรรยากาศของโลกนั้น จะมุ่งถึงการศึกษาบรรยากาศและทะเลโดยเฉพาะให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของลมบกและลมทะเล นักภูมิศาสตร์ได้พิจารณาคุณสมบัติทางธรรมชาติของพื้นทะเลเนื่องจากมีอิทธิพลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอากาศประจำวัน (Weather) และลมฟ้าอากาศ (Climate) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามละติจูดและฤดูกาล นอกจากนั้นยังใช้พิจารณาตำแหน่งที่มีความสัมพันธ์ระหว่างทะเลและภาคพื้นทวีป โดยนักภูมิศาสตร์พยายามที่จะแสวงหาสภาพการณ์ที่คล้ายคลึงกันเพื่อเป็นแนวในการพิจารณา และการจัดจำแนกให้เป็นระบบ

สถานะของสสาร

ในการศึกษาเรื่องบรรยากาศ ทะเล และภาคพื้นทวีปนั้น จำเป็นจะต้องอาศัยหลักเบื้องต้นของสถานะของสสาร 3 ประการ คือ

1. สถานะที่เป็นก๊าซ
2. สถานะที่เป็นของเหลว
3. สถานะที่เป็นของแข็ง

สถานะที่เป็นก๊าซ หมายถึง สภาพของสสารที่ขยายตัวได้ง่าย สามารถอัดบรรจุเก็บไว้ในภาชนะว่าง ๆ ได้ โดยปกติแล้วก๊าซมีความหนาแน่นน้อยกว่าของเหลวและของแข็ง บรรยากาศของโลกส่วนใหญ่อยู่ในสถานะเป็นก๊าซ แต่จะมีสภาพเป็นของเหลวและของแข็งจำนวนหนึ่งด้วย

สถานะที่เป็นของเหลว หมายถึง เป็นสสารที่ไหลได้อย่างอิสระ โดยปกติของเหลวมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับของแข็งและมีส่วนประกอบคล้ายคลึงกัน

สถานะที่เป็นของแข็ง หมายถึง เป็นสสารที่คงทนต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาด และทนต่อความกดได้สูง เมื่อเพิ่มความกดเรื่อย ๆ ถึงจุดหนึ่งของแข็งจะแตกออกทันที ถึงแม้ว่าเปลือกโลกส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยของแข็ง แต่ก็ยังมีของเหลวและก๊าซปนอยู่ด้วย

จากการสังเกต จะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะเกิดขึ้นในธรรมชาติที่เห็นกันอยู่ทั่วไปก็คือ การเปลี่ยนสถานะของน้ำ เช่น จากไอน้ำ (ก๊าซ) เป็นของเหลว และจากของเหลวไปเป็นน้ำแข็ง (สถานะของแข็ง) และจากน้ำแข็งกลายเป็นน้ำ (ของเหลว)

3.2 ส่วนประกอบของบรรยากาศ

บรรยากาศที่หุ้มห่อโลกหนาประมาณ 6,000 ไมล์ (10,000 กิโลเมตร) บรรยากาศส่วนใหญ่จะอยู่สูงจากระดับพื้นโลกประมาณ 18 ไมล์ (29 กิโลเมตร) คือมีอยู่ราว 97 เปอร์เซ็นต์ บรรยากาศที่แห้งและบริสุทธิ์ในชั้นโฮโมสเฟียร์ จะประกอบไปด้วย ไนโตรเจน 78.084 เปอร์เซ็นต์ ออกซิเจน 20.946 เปอร์เซ็นต์ และอากาศประเภทอื่นๆ อีก 0.970 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ อาร์กอน 0.934 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ 0.033 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้น ยังประกอบด้วยก๊าซนีออน เฮเลียม คริปตอน ซีนอน ไฮโดรเจน มีเทน และไนเตรตออกไซด์ ผสมอยู่ประมาณ 0.003 เปอร์เซ็นต์

ไนโตรเจน มีคุณสมบัติไม่รวมตัวกับสารอื่นได้อย่างง่าย ๆ เราอาจจะจัดนับเป็นสารตัวกลาง ซึ่งต่างกับออกซิเจน มีคุณสมบัติทางเคมีไวมาก รวมตัวกับสารอื่นได้ง่าย ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์นั้นก็เป็นก๊าซที่มีความสำคัญของบรรยากาศ เนื่องจากมันสามารถดูดกลืนความร้อนที่มาจากดวงอาทิตย์ และเป็นผลทำให้บรรยากาศชั้นล่างเกิดความอบอุ่นได้ นอกจากนั้นยังช่วยพืชในการสังเคราะห์แสง

3.3 บรรยากาศชั้นฮีเทอร์โรสเฟียร์

อยู่เหนือพื้นโลกประมาณ 55 ไมล์ หรือ 90 กิโลเมตร ซึ่งประกอบด้วยชั้นของก๊าซ 4 ชั้น คือ

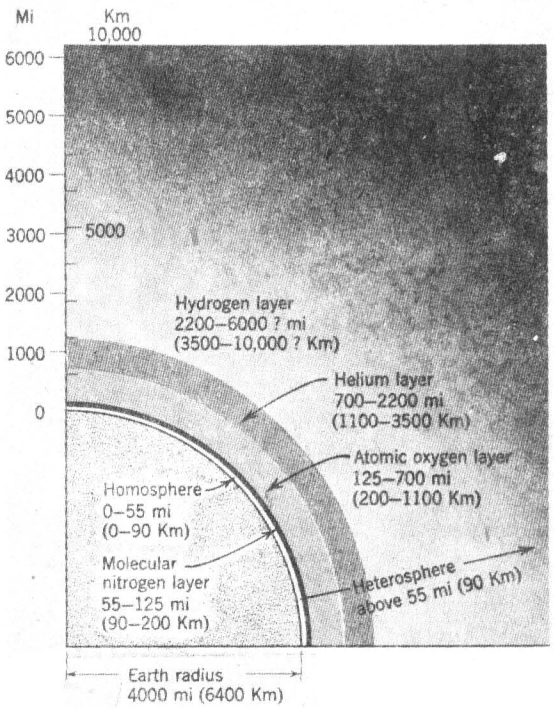
1. ชั้นล่างสุด เป็นโมเลกุลของไนโตรเจน ซึ่งสูงระหว่าง 55—125 ไมล์ (90—200 กิโลเมตร)

2. ชั้นที่สอง ประกอบด้วยชั้นอะตอมของออกซิเจน มีความหนาระหว่าง 125—700 ไมล์ (200—1,100 กิโลเมตร)

3. ชั้นที่สาม คือ ชั้นเฮเลียม มีความหนาระหว่าง 700—2,200 ไมล์ หรือ 1,100—3,500 กิโลเมตร

4. ชั้นที่สี่ คือ ชั้นไฮโดรเจน มีความหนาระหว่าง 2,200 มากกว่า 6,000 ไมล์ (3,500 มากกว่า 10,000 กิโลเมตร)

บรรยากาศชั้นนี้เราถือเอาความสูงประมาณ 6,000 ไมล์เป็นเขตจำกัด แต่เนื่องจากอะตอมของไฮโดรเจนหมุนรอบโลก บางครั้งอาจจะอยู่ในระดับสูงถึง 22,000 ไมล์ (35,000 กิโลเมตร) ก็ได้



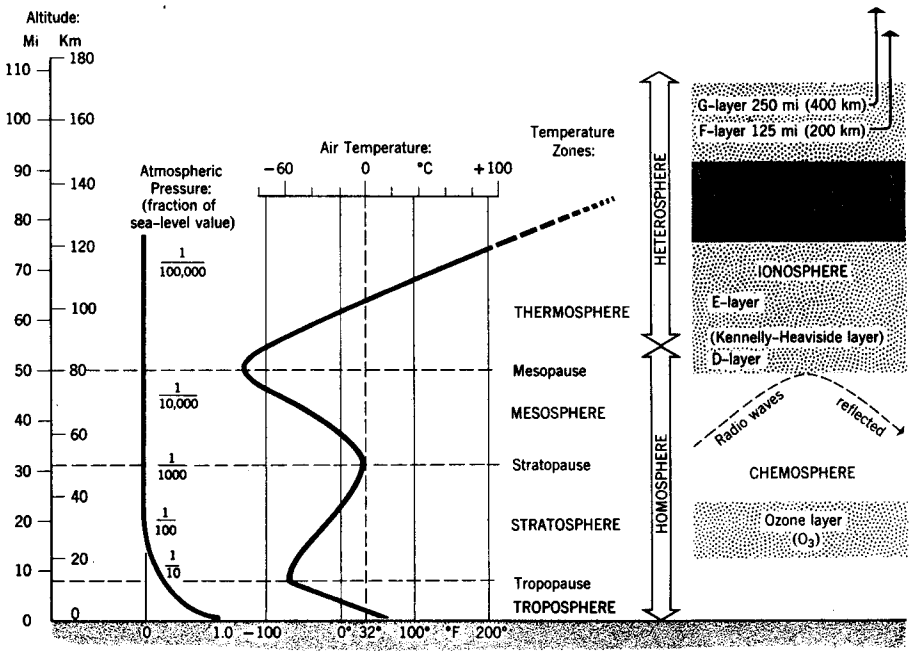
รูปที่ 3.1 โฮโมสเฟียร์ และฮีเทอร์โรสเฟียร์

เนื่องจากเราไม่สามารถอธิบายเรื่องบรรยากาศให้เห็นเด่นชัดได้ และเราควรจำไว้ว่า บรรยากาศชั้น ฮีเทอร์โรสเฟียร์ (Heterosphere) นั้นยิ่งสูงมากเท่าไร ความหนาแน่นของโมเลกุลและอะตอมจะมีขนาดต่ำและเบาบางมากเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ชั้นล่างสุดของบรรยากาศชั้นฮีเทอร์โรสเฟียร์สูง 60 ไมล์ (96 กิโลเมตร) บรรยากาศจะมีความหนาแน่นประมาณ 1 ใน 1,000,000 เท่า ณ ระดับน้ำทะเล โดยปกติแล้วอะตอมและโมเลกุลของบรรยากาศชั้นฮีเทอร์โรสเฟียร์จะเป็นกลาง และหมุนไปพร้อมกับการหมุนของโลก

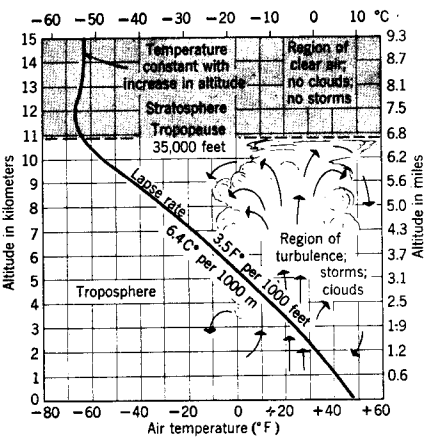
3.4 การแบ่งชั้นบรรยากาศของโฮโมสเฟียร์

บรรยากาศชั้นโฮโมสเฟียร์นั้นอยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 55 ไมล์ (ระดับน้ำทะเล 90 กิโลเมตร) แบ่งออกเป็น 4 เขต คือ

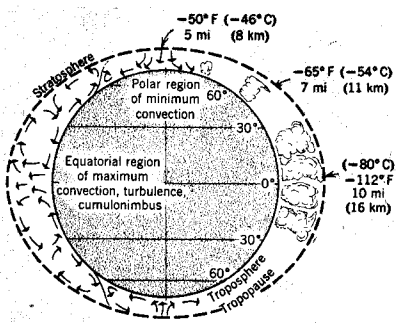
1. **โทรโพสเฟียร์ (Troposphere)** เป็นบรรยากาศที่อยู่ใกล้ชิดเปลือกโลกมากที่สุด คือ ที่ศูนย์สูตรสูง 8–9 ไมล์ (12.5–15 กิโลเมตร) ที่ขั้วโลกสูง 5–6 ไมล์ (8–9 กิโลเมตร) อุณหภูมิของอากาศจะลดลงอย่างสม่ำเสมอแบบอัตราลดอุณหภูมิปกติ (Normal temperature lapse rate) คือ สูง 1,000 ฟุต อุณหภูมิลดลง 3.5 องศาฟาเรนไฮต์ (1,000 เมตรต่อ 6.4 องศาเซลเซียส) ระดับของอุณหภูมิที่หยุดลดเมื่อไปถึงระดับโทรโพพอส (Tropopause)



รูปที่ 3.2 โครงสร้างของบรรยากาศ



รูปที่ 3.3 เส้นโค้งของการลดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.4 ภาพตัดขวางของโทรโพสเฟียร์ แสดงให้เห็นความสูง และอุณหภูมิของโทรโพพอส

2. **สเตรโตสเฟียร์ (Stratosphere)** เป็นบรรยากาศที่อยู่สูงจากระดับโทรโพพอส (Tropopause) ขึ้นไป เป็นระดับของบรรยากาศที่อากาศเคลื่อนไหวในแนวนอน ท้องฟ้าแจ่มใส เครื่องบินบินสบาย โดยปกติเครื่องบินมักจะนิยมบินในบรรยากาศชั้นนี้ เมื่อสูงเกิน 18 ไมล์ (30 กิโลเมตร) อุณหภูมิจะสูงขึ้นถึง 170 องศาฟาเรนไฮต์ (77 องศาเซลเซียส) ไปจนถึงขั้น สเตรโทพอส (Stratopause)

3. **เมโซสเฟียร์ (Mesosphere)** เป็นบรรยากาศถัดจากสเตรโทพอสขึ้นไปจนถึงระดับสูง 50 ไมล์ (80 กิโลเมตร) อุณหภูมิจะลดลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น อาจจะลดลงถึง −15 องศาฟาเรนไฮต์ (−100 องศาเซลเซียส) เมื่อถึงระดับ 50 ไมล์ (80 กิโลเมตร) เรียกว่า เมโซสพอส (Mesopause)

4. **ตอนใต้ของเทอร์โมสเฟียร์ (South of Termosphere)** บรรยากาศชั้นนี้ยิ่งสูงอุณหภูมิก็ยิ่งเพิ่มขึ้น ปรากฏว่าในบรรยากาศชั้นเทอร์โมสเฟียร์นี้จะมีอุณหภูมิสูงถึง 2,000–3,000 องศาฟาเรนไฮต์ (1,100–1,650 องศาเซลเซียส) เป็นบรรยากาศที่มีความหมายน้อย เนื่องจากความหนาแน่นของอากาศน้อยมากเกือบเป็นสุญญากาศ

3.5 โทรโพสเฟียร์ และมนุษย์

โทรโพสเฟียร์ เป็นบรรยากาศชั้นล่างสุดที่มีความสำคัญที่สุดต่อมนุษย์โดยตรง นอกจากนั้นปรากฏการณ์ของสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติของอากาศประจำวัน และฤดูกาลก็เกิดขึ้นภายในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์นี้

บรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ นอกจากจะมีลักษณะอากาศที่บริสุทธิ์และแห้ง แล้วยังประกอบด้วยไอน้ำที่ปราศจากสีและกลิ่น ปริมาณของไอน้ำในอากาศคือความชื้น (Humidity) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญพื้นฐานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของอากาศ ไอน้ำจะควบแน่นเป็นเมฆและหมอก ถ้าหากเกิดการควบแน่นมากขึ้นก็อาจจะเป็น ฝน หิมะ ลูกเห็บ ฝนน้ำแข็ง ซึ่งรวมเรียกว่า หยาดน้ำฟ้า (Precipitation) ไอน้ำในอากาศช่วยให้บรรยากาศมีความอบอุ่น คือป้องกันไม่ให้ความร้อนหายไปอย่างรวดเร็วบนผิวโลก

บรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ มีฝุ่นละอองเล็ก ๆ ซึ่งเบามาก ซึ่งลมพัดพามาจากบริเวณที่แห้งแล้งหรือบริเวณที่ภูเขาไฟระเบิด นอกจากนั้นแล้วไฟไหม้ป่าก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดฝุ่นละอองในอากาศขึ้นได้

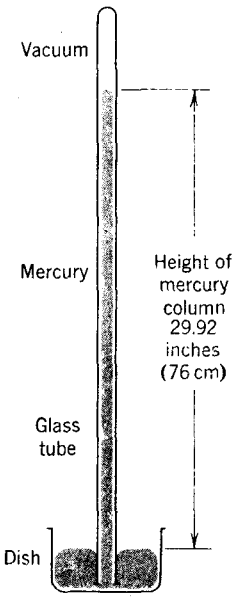
ฝุ่นละอองในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์จะทำให้เกิดปรากฏการณ์แสงยามเย็น (Twilight) และทำให้ท้องฟ้าเป็นสีแดง เมื่อดวงอาทิตย์ขึ้นหรือตก แต่คนมักจะมองไม่เห็นความสำคัญของฝุ่นละอองซึ่งที่จริงนั้น ฝุ่นละอองเป็นศูนย์กลางที่ทำให้ไอน้ำเกาะกันเป็นเมฆ เมืองอุตสาหกรรมที่มีฝุ่นละอองมากนั้นจะมีผลทำให้ความชื้นเกาะรอบ ๆ ฝุ่นละออง มีลักษณะคล้ายกับหมอกควัน

ส่วนบรรยากาศชั้นสเตรโตสเฟียร์ และที่สูงขึ้นไปจะไม่มีไอน้ำและฝุ่นละอองซึ่งมีเมฆน้อยและไม่ปรากฏว่ามีพายุในชั้นนี้ ถึงแม้ว่าจะสังเกตเห็นลมพัดเร็วก็ตาม

3.6 ความกดของบรรยากาศ

อากาศเป็นสสารที่จับต้องได้ ความกดของบรรยากาศในระดับน้ำทะเล ประมาณ 14.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (ประมาณ 1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) โดยปกติแล้วความหนาแน่นและความกดของอากาศจะมีมากที่สุดในส่วนล่าง แต่ยิ่งสูงขึ้นไปเท่าไรก็ตามทั้งความหนาแน่นและความกดของอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็ว

นักอุตุนิยมวิทยาได้อธิบายถึงความกดของบรรยากาศ ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานการทดลองทางฟิสิกส์ ทอร์ริเซลลี (Torricelli) ได้ทำการทดลองขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1643 โดยใช้หลอดแก้วยาวประมาณ 3 ฟุต (1 เมตร) ปิดปลายข้างหนึ่งเติมปรอทให้เต็ม ปิดปลายข้างที่เปิดไว้ชั่วคราว แล้วคว่ำหลอดแก้วลงในภาชนะที่มีปรอท เมื่อเปิดฝาออกระดับปรอทจะลดลงคงที่ในระดับประมาณ 30 นิ้ว (76 เซนติเมตร) เหนือผิวปรอทในภาชนะ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความกดดันของบรรยากาศเกิด

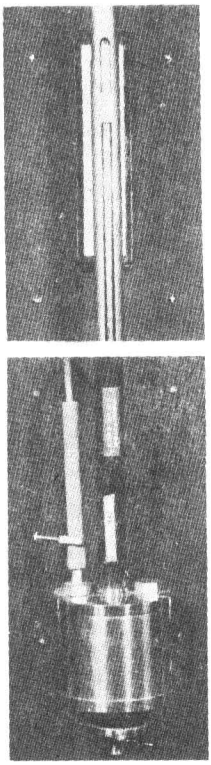


รูปที่ 3.5 หลักของบาโรมิเตอร์แบบปรอท

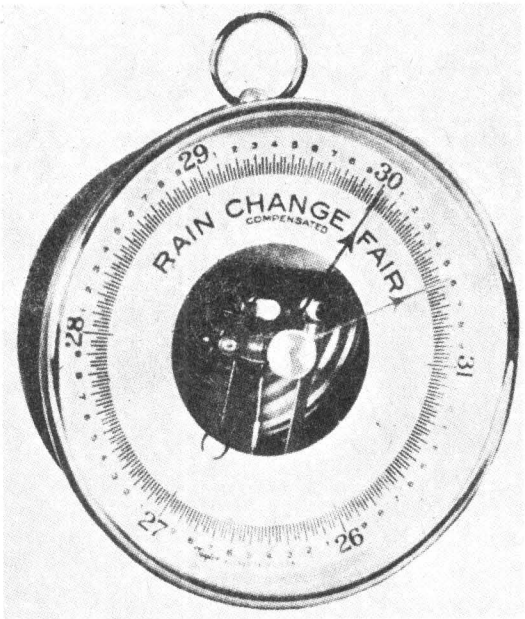
ความสมดุลกับปรอทในหลอดแก้ว ถ้าความกดดันของอากาศเพิ่มขึ้นหรือลดลง ระดับของปรอทจะสูงขึ้นหรือต่ำลงตามไปด้วย ซึ่งอาจจะเป็นเครื่องมือวัดความกดและการเปลี่ยนแปลงของอากาศ

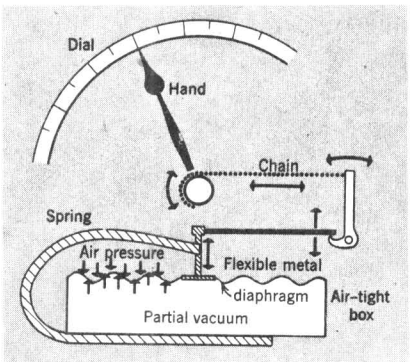
เครื่องมือที่ใช้วัดความกดของบรรยากาศเรียกว่า บาโรมิเตอร์ ชนิดที่ทอร์ริเซลลี (Torricelli) คิดขึ้นเรียกว่า บาโรมิเตอร์ปรอท (Mercurial barometer)

ความกดมาตรฐาน ณ ระดับน้ำทะเล คือ 26.92 นิ้ว ในมาตราส่วนนี้ในระบบเมตริก คือ 76 เซนติเมตร (760 มิลลิเมตร) นักอุตุนิยมวิทยาได้แนะนำให้ใช้มาตราอีกแบบหนึ่งที่เรียกว่า มิลลิบาร์ (Millibar) ปรอทสูง 1 นิ้วจะประมาณ 33.9 มิลลิบาร์ ความกดมาตรฐาน ณ ระดับน้ำทะเล คือ 1013.2 มิลลิบาร์ และทุก ๆ $\frac{1}{10}$ นิ้วจะเท่ากับ 2 มิลลิบาร์ (0.1 นิ้ว = 3.39 มิลลิบาร์)



รูปที่ 3.6 ยอดและฐานของบาโรมิเตอร์ชนิดปรอทแบบมาตรฐาน



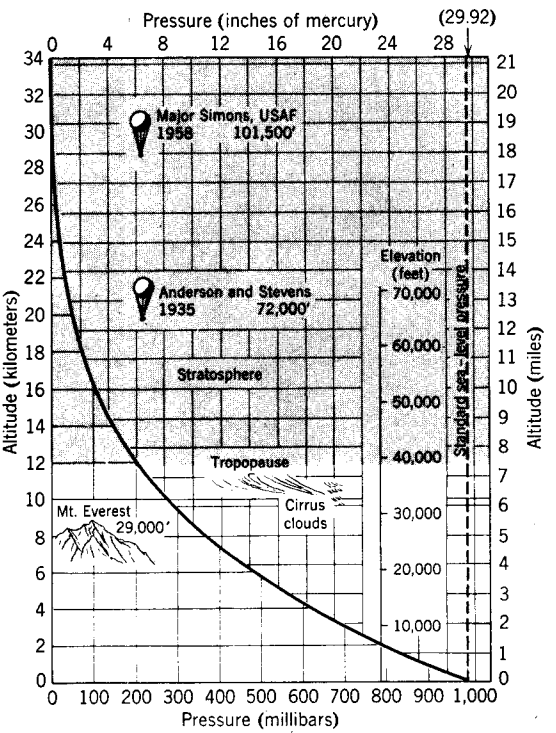


รูปที่ 3.7 แอนีรอยด์ บาโรมิเตอร์ (บน) และแสดงไดอะแกรมของการทำงาน (ล่าง)

บาโรมิเตอร์อีกชนิดหนึ่งเรียกว่า แอนิรอยด์บาโรมิเตอร์ (Aneroid barometer) ประกอบด้วยภาชนะโลหะกลม ซึ่งเป็นสุญญากาศ และบีดสนิท ผนังของภาชนะยืดหยุ่นได้เพื่อให้ขยายตัวออกหรือหดตัวเข้า เมื่อความกดอากาศเปลี่ยนแปลง ทำให้เข็มเคลื่อนที่ได้ เราสามารถอ่านความกดของอากาศจากหน้าปัดรูปทรงกลมของเครื่องมือชนิดนี้

การกระจายของความกดดันในแนวตั้ง

ความกดดันของอากาศจะลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นทุก ๆ ระยะ 900 ฟุต (275 เมตร) ปรอทในหลอดแก้วจะลดลง $\frac{1}{30}$ ของความสูงในหลอดแก้วที่ปรากฏ อัตราการลดของปรอทในหลอดแก้วจะลดน้อยลงเรื่อย ๆ เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 30 ไมล์ (50 กิโลเมตร) การลดลงของปรอทมีน้อยมาก การลดลงของความกดอากาศจะมีผลต่อมนุษย์และจุดเดือดของน้ำ



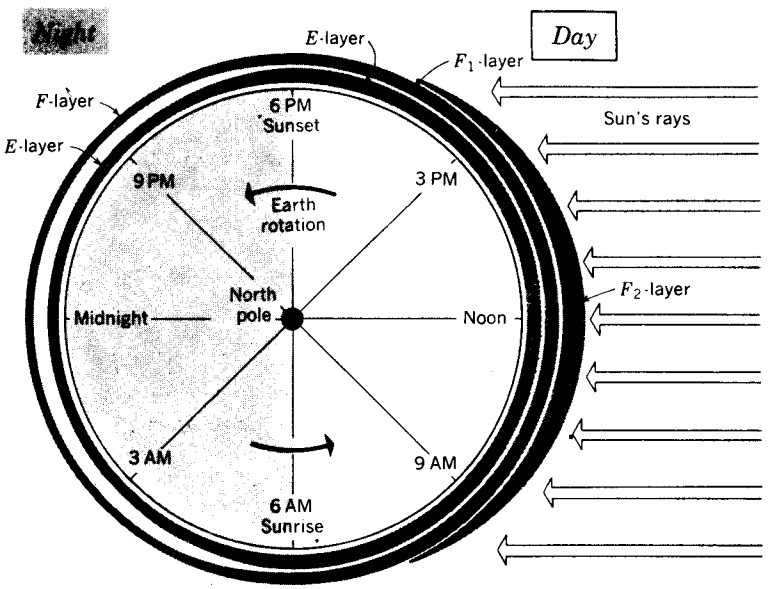
รูปที่ 3.8 การลดความกดอากาศ ตามระดับความสูง

3.7 ปรากฏการณ์ของบรรยากาศชั้นนอก

มนุษย์เราได้พยายามศึกษาค้นคว้าไปสู่ในบรรยากาศรอบนอก เช่น ความก้าวหน้าเกี่ยวกับการใช้ดาวเทียม และเครื่องมือที่มีความไวในการรับระยะไกล ซึ่งมีผลอย่างกว้างขวางต่อภูมิศาสตร์กาย-

ภาพ บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionophere) อยู่สูงระหว่าง 50—250 ไมล์ (80—400 กิโลเมตร) มีผลต่อการสื่อสารทางวิทยุมาก ในบรรยากาศชั้นนี้รังสีเอ๊กซเรย์ (X-rays) รังสีแกรมมาเรย์ (Gramma -rays) จะถูกโมเลกุลของอะตอมของไนโตรเจนและออกซิเจนดูดกลืนหมด และเปลี่ยนสภาพเป็นอีเลกตรอนแบบไอออนประจุบวก (Positively charged ion) ทำให้เกิดการสะท้อนคลื่นวิทยุกลับมายังผิวโลก

มีปรากฏการณ์อย่างหนึ่งซึ่งมีความสำคัญต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลกเกิดขึ้น คือ บรรยากาศชั้นนี้จะทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันการฉายรังสีอุลตราไวโอเล็ต แต่ก็อาจจะมีรังสีอุลตราไวโอเล็ตมากระทบพื้นโลกบ้าง และเป็นผลทำให้ผิวหนังที่เป็นเนื้อเยื่ออ่อน ๆ ไหม้เกรียมได้

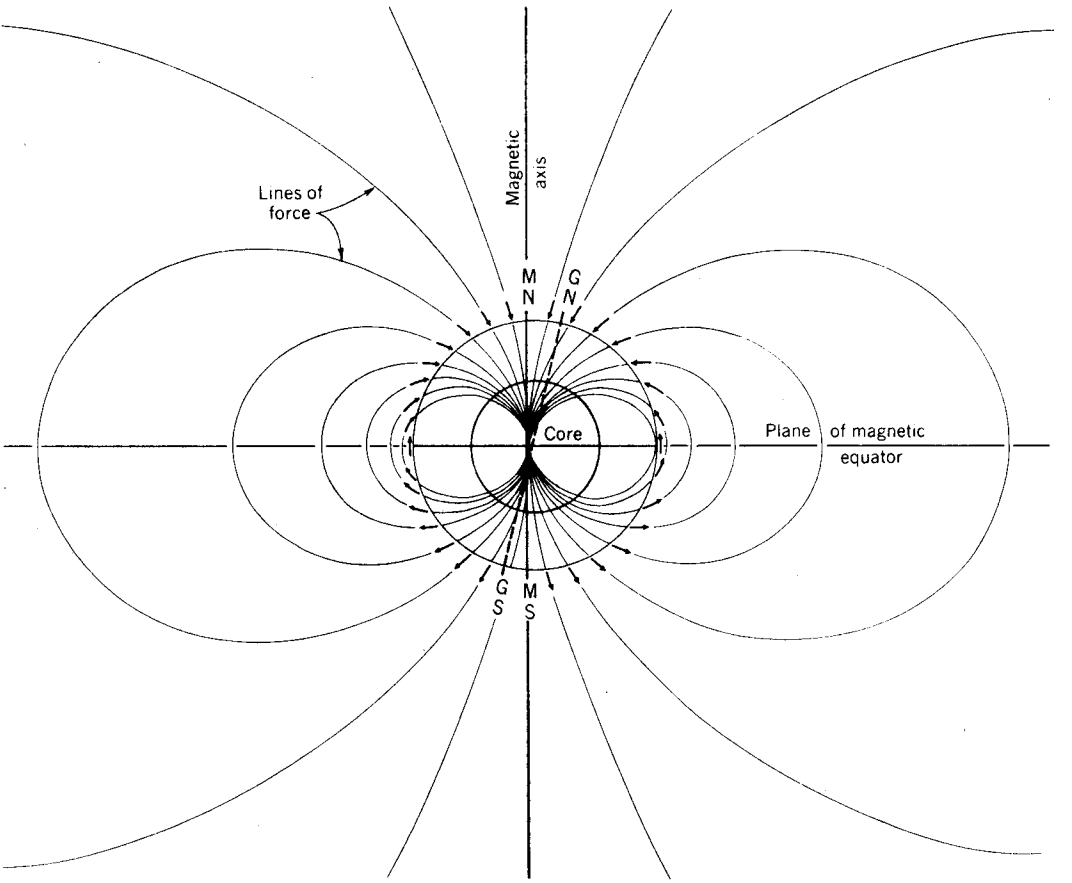


รูป 3.9 ภาพตัดขวางของไดอะแกรมไอโอโนสเฟียร์ ในบริเวณศูนย์สูตรจุดสังเกตมาจากขั้วโลกเหนือ

3.8 แมกนิโตสเฟียร์

บรรยากาศที่เป็นสนามแม่เหล็กของโลกนั้นจะสัมพันธ์กับแกนขั้วแม่เหล็กโลก (Magnetic polar axis) ซึ่งเอียงจากแกนของโลกตามแนวภูมิศาสตร์เล็กน้อย (หลายองศา) ผลของสนามแม่เหล็กจะอยู่ห่างโลกประมาณ 40,000—80,000 ไมล์ (64,000—130,000 กิโลเมตร) บริเวณนี้เราถือว่าเป็นบรรยากาศของสนามแม่เหล็ก ส่วนบริเวณที่อยู่เหนือสุดนั้นเราเรียกว่า แมกนิโตโพส (Magneopause)

รูปร่างของบรรยากาศของสนามแม่เหล็กนั้นคล้ายโดนัท (Doughnut shaped) เป็นวงรอบโลก แนวราบของรูปวงแหวนจะอยู่ในบริเวณเส้นศูนย์สูตรแม่เหล็ก (Magnetic equator)



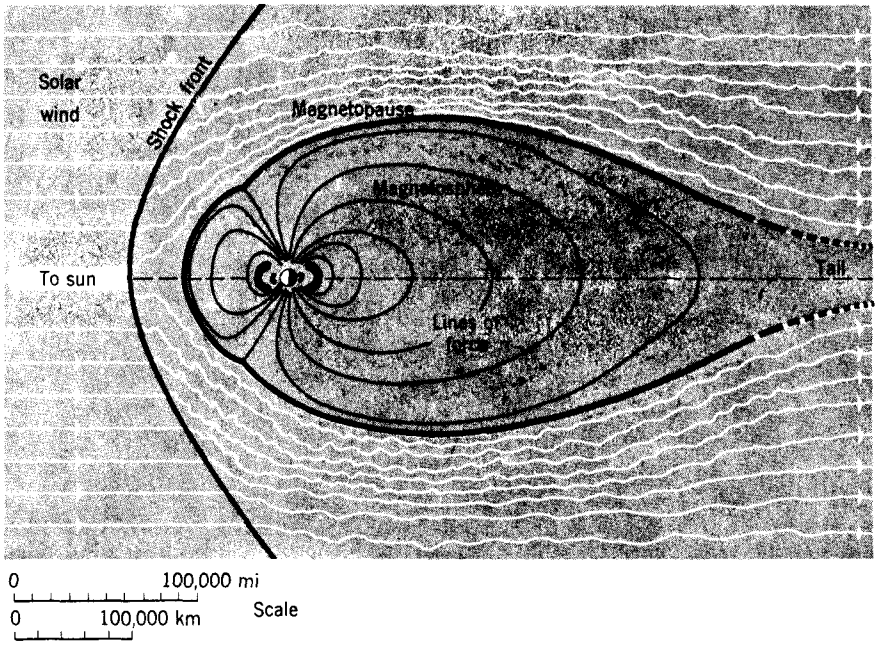
รูปที่ 3.10 เส้นแรงสนามแม่เหล็กโลก แสดงให้เห็นเป็นภาพตัดขวางของบริเวณขั้วแม่เหล็ก และขั้วภูมิศาสตร์ ลูกศรเล็กแสดงให้เห็นมุมเอียงของเส้นแรงแม่เหล็กตามจุดต่าง ๆ บนโลก

ส่วนแมกนิโตโพสด้านใกล้ดวงอาทิตย์นั้นจะมีความยาวเป็น 10 เท่าของรัศมีของโลก ประมาณ 40,000 ไมล์ หรือ 64,000 กิโลเมตร บริเวณนี้มีสนามแม่เหล็กแรง

ส่วนด้านที่อยู่ตรงข้ามกับดวงอาทิตย์นั้น แนวเส้นแรง (Lines of force) จะอยู่ห่างออกไปจากโลก และมีรูปร่างคล้ายหาง (Tail) รูปร่างรวมของบรรยากาศของสนามแม่เหล็กมีลักษณะเหมือนกับดาวหาง (Comet) ความยาวของหางสนามแม่เหล็กประมาณ 4,000,000 ไมล์ (6,400,000 กิโลเมตร) หรืออาจจะยาวกว่านี้ก็ได้

3.9 แนวการแผ่รังสี

ในปี ค.ศ. 1958 ดาวเทียมเอ็กซ์พลอเรอร์ I และ III (Explorer I และ III) ซึ่งมีเครื่องมือ Geiger counters ได้ส่งเรื่องราวเกี่ยวกับบริเวณที่มีกัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) ซึ่งมีอยู่อย่างหนาแน่นในบรรยากาศสนามแม่เหล็ก (Magnetosphere) นอกจากนั้นแล้วก็ยังมีการค้นพบแนวการแผ่รังสีรูปวงแหวน 2 วง วงหนึ่งอยู่ภายในของอีกวงหนึ่ง วงแหวนนี้มีชื่อว่า วงแหวนแวนออลเลน (Van Allen radiation belts) ตามชื่อของนักฟิสิกส์ที่ค้นพบเป็นคนแรกของโลก วงในอยู่ห่างจากโลกประมาณ 2,300 ไมล์ (2,600 กิโลเมตร) ส่วนวงนอกอยู่ห่างประมาณ 8,000–12,000 ไมล์ (13,000–19,000 กิโลเมตร)



รูปที่ 3.11 บรรยากาศสนามแม่เหล็กและแนวสูงสุดของบรรยากาศ แวนออลเลน แสดงให้เห็นในอีกด้านหนึ่งของโลก

แนวการแผ่รังสีของแวนออลเลนนั้นเป็นศูนย์รวมของอณูเล็กๆ ที่มีประจุโปรตอนและอีเลกตอนภายในเส้นแรงสนามแม่เหล็ก อณูเล็กๆ เหล่านี้มีพลังสูงได้มาจากพลังงานของดวงอาทิตย์ และจะมีผลกับโลกในบริเวณละติจูดแถบอาร์กติก และแอนตาร์กติก เป็นบริเวณที่ถูกรบกวนต่อสนามแม่เหล็กในลักษณะที่เรารู้จักกันดีว่า พายุแม่เหล็ก (Magnetic stoms) ซึ่งมีผลคือ ขัดขวางการรับส่งวิทยุ

คำถามท้ายบทที่ 3
บรรยากาศของโลก

1. จงกล่าวถึงสิ่งแวดล้อมของมนุษย์ในโลก เช่น ลักษณะดิน ทะเล และอากาศ หลักวิทยาศาสตร์ในเรื่องบรรยากาศ มหาสมุทรเกี่ยวข้องกับลักษณะภูมิศาสตร์กายภาพอย่างไร ?
2. จงกล่าวถึงลักษณะของสสารในเรื่อง ก๊าซ ของเหลว และของแข็ง สถานะของสสารมีโอกาสสูญสิ้นบนโลกหรือไม่ การเปลี่ยนแปลงของสถานะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างไร ?
3. จงอธิบายนิยามของ บรรยากาศ อุตุนิยมวิทยามาให้ทราบ หลักพื้นฐานในการแบ่งชั้นบรรยากาศของโฮโมสเฟียร์ และฮีเทอร์โรสเฟียร์มีอะไรบ้าง ?
4. ก๊าซที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในบรรยากาศชั้นโฮโมสเฟียร์ ถึงแม้ว่าอัตราส่วนความกดจะลดลงเรื่อย ๆ มีอะไรบ้าง แต่ละชนิดมีจำนวนเท่าไร ? มีความสำคัญต่อชีวิตพืชและสัตว์บนพื้นโลกหรือไม่ ? อย่างไร ?
5. จงกล่าวถึงชั้นฮีเทอร์โรสเฟียร์จากบริเวณที่ต่ำสุดไปหาสูงสุด ในแต่ละชั้นอาจจะเปลี่ยนแปลงจากอย่างหนึ่งไปเป็นอีกอย่างหนึ่งได้หรือไม่ จงอธิบายการพัฒนาของบรรยากาศที่สูงไปจากพื้นโลก
6. จงกล่าวถึงส่วนย่อยของบรรยากาศชั้นโฮโมสเฟียร์ สภาพของอุณหภูมิแต่ละโซนเป็นอย่างไร ? เส้นโทรโพพอสจะอยู่สูงจากเส้นศูนย์สูตรเท่าไร ? สูงจากขั้วโลกเท่าไร ? สูงจากบริเวณเส้นรุ้งกลางเท่าไร ? ระดับความสูงชั้นโทรโพพอสจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปีหรือไม่ ?
7. ทำไมนักภูมิศาสตร์จึงมีความสนใจมากในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ อธิบายส่วนประกอบของก๊าซบริสุทธิ์ อากาศแห้ง ในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์มีความสำคัญอย่างไร ?
8. สาเหตุของความกดของบรรยากาศคืออะไร ? จะวัดความกดได้อย่างไร ? จงกล่าวถึงการทดลองของ Torricelli และสรุปหลักเกณฑ์ให้ทราบ อธิบายถึงบาโรมิเตอร์ปรอท
9. ค่าความกดมาตรฐานปรอทระดับน้ำทะเลกี่นิ้ว และกี่เซนติเมตร เทียบค่าเท่ากับกี่มิลลิบาร์ จงให้เหตุผลการเลือกใช้มิลลิบาร์แทนความสูงของปรอท เป็นนิ้วหรือเซนติเมตร
10. จงอธิบายหลักของแอนนีรอยด์บาโรมิเตอร์มาให้ทราบ บาโรมิเตอร์ชนิดนี้มีประโยชน์มากกว่าบาโรมิเตอร์แบบปรอทหรือไม่ ? มีอะไรบ้าง ? จงอธิบายบาโรมิเตอร์ชนิดแอนนีรอยด์ที่ใช้วัดความสูงของเครื่องบิน
11. ลักษณะความกดอากาศเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นจะเป็นเช่นไร ? อัตราการเพิ่มนั้นคงที่หรือไม่ ? กราฟความกดตามชั้นความสูงของโทรโพพอสจะแสดงให้เห็นหรือไม่ ? จงอธิบายความหนาแน่นของอากาศให้สัมพันธ์กับความกดของอากาศเป็นอย่างไร ?
12. จงอธิบายบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์อยู่สูงประมาณเท่าไร ? มีความสัมพันธ์อย่างไร ? มีการพัฒนาอย่างไรบ้าง ? มีผลต่อแสงอาทิตย์อย่างไร ? มีผลต่อการสื่อสารทางวิทยุอย่างไร ? ชั้น Kennelly-Heaviside คืออะไร ?

13. ชั้นโอโซนคืออะไร ? สูงอยู่ระดับไหน ? ชั้นนี้มีการผลิตอะไร ? มีอิทธิพลต่อสิ่งแวดล้อมของพืชและสัตว์บนพื้นโลกอย่างไร ?
14. จงอธิบายสนามแม่เหล็กโลก นิยามขั้วแม่เหล็ก และบริเวณตรงศูนย์สูตรของแม่เหล็ก
15. จงอธิบายบรรยากาศของแม่เหล็ก Magnetosphere คืออะไร ? รูปแบบของบรรยากาศแม่เหล็กมีอิทธิพลต่อระบบสุริยะอย่างไรบ้าง ?
16. แนวการแผ่รังสีของ Van Allen คืออะไร ? ค้นพบครั้งแรกได้อย่างไร ? กัมมันตภาพรังสีที่เกิดในแนวเหล่านี้คืออะไร ? การเกิดปฏิกิริยาประจุของแนวการแผ่รังสีแตกต่างจากอะตอมของฮ๊าซและโมเลกุลของฮีเทอร์โรสเพียร์ในทางอะไร ? แสงเหนือและพายุแม่เหล็กมีความสัมพันธ์กับบรรยากาศชั้นสนามแม่เหล็ก และการแผ่รังสีของแนว Van Allen ในทางไหน ?

บทที่ 4
ความร้อน – เย็นของผิวโลก
(Heating and Cooling of the Earth's surface)

4.1 คำนำ

นักภูมิศาสตร์กายภาพได้พยายามอธิบายถึงสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติของมนุษย์ โดยกล่าวถึงส่วนประกอบของลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ ซึ่งมีอิทธิพลต่อมนุษย์โดยตรงและเกี่ยวข้องกับความรู้ทางอุตุนิยมวิทยาและภูมิอากาศวิทยา

กาลอากาศ (Weather) หมายถึง ลักษณะของอากาศประจำวันใดวันหนึ่งเวลาใดเวลาหนึ่ง ที่กล่าวมาในระยะสั้น ๆ ณ ที่แห่งใดแห่งหนึ่งบนผิวโลก ส่วนภูมิอากาศ (Climate) หมายถึง สภาวะอากาศของท้องถิ่นใดท้องถิ่นหนึ่ง ซึ่งสังเกตมาเป็นระยะเวลานาน กล่าวไว้รวม ๆ เป็นส่วนเฉลี่ยของลมฟ้าอากาศในภูมิภาคนั้น ๆ มิได้เพียงวิเคราะห์แต่เพียงค่าเฉลี่ยเท่านั้น ยังได้พิจารณาถึงภูมิอากาศที่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยด้วย อาจกล่าวได้ว่าเรื่องราวต่าง ๆ ของภูมิอากาศนั้นได้มาจากลมฟ้าอากาศ

ส่วนประกอบของอากาศ ได้แก่

1. อุณหภูมิของอากาศ (Air temperature)
2. ความกดของอากาศ (Air pressure)
3. ลม (Winds) ที่กล่าวถึงคือทิศทางและความเร็วของลมในแนวราบ
4. ความชื้น (Atmospheric moisture) ซึ่งประกอบด้วย
   ก. ความชื้นในอากาศวัดจากจำนวนไอน้ำในอากาศ
   ข. เมฆและหมอก (Clouds and Fog)
   ค. หยาดน้ำฟ้า (Precipitation) ซึ่งตกมาในรูปทั้งของเหลวและของแข็ง

การพิจารณาสภาวะของอากาศจำเป็นต้องใช้เครื่องมือและการสังเกตบนพื้นดิน อาจจะใช้เครื่องมือส่งไปกับลูกบอลลูน สภาวะอากาศที่สมบูรณ์นั้นจะต้องศึกษาให้ละเอียด ทั้งบริเวณพื้นที่ของจุดสังเกตและความสูงของจุดสังเกตด้วย จึงสามารถที่จะแสดงองค์ประกอบของอากาศออกมาได้เพื่อใช้ประโยชน์ในการทำแผนที่อากาศ (Weather map) การศึกษาสภาวะของอากาศเพื่อให้ได้ข้อมูลจากสถานี เราถือว่าเป็นการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับอากาศที่เรียกว่า Synoptic meteorology

การกล่าวถึงลักษณะภูมิอากาศโดยการยึดถือส่วนประกอบของอากาศที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน อาจจะกำหนดอุณหภูมิและจำนวนหยาดน้ำฟ้า เป็นการกำหนดชนิดของอากาศเพื่อให้แสดงว่าภูมิอากาศมีลักษณะแตกต่างกัน

4.2 จำนวนความร้อนที่โลกมีอยู่

ในบทนี้ควรที่จะให้ทราบเรื่องราวเบื้องต้นเกี่ยวกับอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของพื้นดินและพื้นน้ำ ทุกคนคงรู้หลักการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์แล้ว เพื่อนำเอาผลที่ได้ไปกำหนดเครื่องแต่งกายหรือทำกิจกรรมกลางแจ้ง อุณหภูมิเป็นเครื่องแสดงให้เห็นจำนวนพลังงานความร้อนที่มีอยู่ในอากาศอย่างง่าย ๆ อาจจะเรียกว่าเป็นความร้อนตามความรู้สึก ซึ่งเกิดขึ้นโดยการเคลื่อนไหวของพลังงานอณูของก๊าซ ขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นการเคลื่อนไหวของอณูจะเพิ่มขึ้น ฉะนั้นจึงควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับการรับและคลายพลังงานความร้อนในรูปของของแข็งและของเหลว โดยจะอยู่ในลักษณะของความร้อนแฝง

เราคุ้นเคยกันดีกับธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงในแต่ละวัน ในแต่ละฤดู ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจะเปลี่ยนไปอย่างมีระบบจากแถบศูนย์สูตรไปยังขั้วโลก เช่นเดียวกับจากผิวน้ำไปสู่แผ่นดิน บรรยากาศผิวดินและผิวน้ำจะต้องรับและถ่ายเทพลังงานความร้อนในแต่ละวัน แต่ละฤดูจะมีความแตกต่างกันมาก เกี่ยวกับจำนวนพลังงานความร้อนที่รับไว้และคลายออกในเขตละติจูดต่ำและสูง

จากการที่วัดปริมาณความร้อนและความแตกต่างของอุณหภูมิในละติจูดต่างๆ รวมทั้งการค้นคว้าทางธรณีวิทยาเกี่ยวกับความร้อนของโลกมาเป็นเวลานาน ปรากฏว่า โลกในฐานะที่เป็นดาวพระเคราะห์สามารถรักษาความสมดุลของความร้อน (Heat balance) ไว้ได้ ซึ่งหมายความว่า ความร้อนที่มีอยู่ในโลกนั้นจะไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจนกระทั่งร้อนหรือหนาวเกินไปกว่าสิ่งที่มีชีวิตจะอาศัยอยู่ได้

จากการคำนวณพบว่า แหล่งพลังงานความร้อนบนผิวโลกได้รับมาจากดวงอาทิตย์เป็นส่วนใหญ่ มีส่วนน้อยมากที่เกิดจากกัมมันตภาพรังสีภายในโลกและภูเขาไฟระเบิด โลกเก็บความร้อนจากดวงอาทิตย์ไว้ทำให้มีพลังงานความร้อนสูง ในขณะเดียวกันโลกก็จะส่งรังสีความร้อนไปสู่บรรยากาศทำให้พลังงานความร้อนลดลง ขบวนการดังกล่าวเป็นไปในเวลาเดียวกัน ในสถานที่หนึ่ง ระยะเวลาหนึ่งอาจจะได้รับความร้อนมากกว่าความร้อนที่ส่งออกไป แต่อีกสถานที่หนึ่งนั้นความร้อนอาจจะสูญเสียมากกว่าที่ได้รับ

ข้ออธิบายเหล่านี้อาจจะนำไปสู่เรื่องจำนวนความร้อนที่มีอยู่ในโลกที่ควรพิจารณา คือ ระดับพลังงานความร้อนที่เฉลี่ยทั้งหมดคงที่อยู่เป็นเวลานาน ความร้อนทั้งหมดที่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ย ไม่ว่าจะเป็นระยะเวลาสั้นหรือยาวจะเข้าสู่สภาวะสมดุลเสมอ เช่น แถบศูนย์สูตรได้รับความร้อนมากกว่าที่เสียไป ส่วนขั้วโลกเสียความร้อนไปมากกว่าที่ได้รับ จึงจะต้องมีระบบกลไกทางกลศาสตร์ (Mechanics) ที่ถ่ายเทความร้อนจากที่มีมากไปสู่ที่มีน้อย การศึกษาถึงจำนวนความร้อนของโลกจะไม่สมบูรณ์ หากไม่พิจารณาถึงการหมุนเวียนของอากาศและน้ำซึ่งจะกล่าวไว้ในบทต่อไป

การเก็บพลังงานความร้อนในรูปของความร้อนแฝง ก็เป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาจำนวนความร้อนของโลก การเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำจะเกี่ยวข้องกับการรับและคายความร้อนแฝง ดังนั้นการ

เคลื่อนที่ของไอน้ำในบรรยากาศจะมีผลต่อการเคลื่อนไหวของความร้อน

การที่จะเข้าใจถึงจำนวนความร้อนที่มีอยู่ในโลกนั้น ต้องเริ่มจากการพิจารณาแหล่งความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์ รังสีที่ส่องผ่านบรรยากาศจะถูกดูดซึมหรือเปลี่ยนรูปไป ส่วนพลังงานความร้อนซึ่งโลกส่งออกนั้นนับว่าเป็นการแผ่รังสีภายหลัง

4.3 รังสีดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ มีอุณหภูมิที่ผิวประมาณ 11,000 องศาฟาเรนไฮต์ (6,000 องศาเซลเซียส) ความร้อนที่สูงเช่นนี้เกิดจากมวลก๊าซที่ลุกโชติช่วงอยู่รอบดวงอาทิตย์ และแผ่ออกมาในรูปของพลังงานที่เรียกว่า พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation) พลังงานนี้เปรียบเสมือนสเปกตรัม (Spectrum) ของคลื่น เดินทางด้วยความเร็ว 186,000 ไมล์ (300,000 กิโลเมตร) ต่อวินาที จะเดินทางเป็นเส้นตรงรอบ ๆ ดวงอาทิตย์ จะเดินทางมายังโลกใช้เวลา $9\frac{1}{3}$ นาที โลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 93 ล้านไมล์ (150 ล้านกิโลเมตร) ถึงแม้ว่ารังสีของดวงอาทิตย์เดินทางผ่านอวกาศโดยไม่เสียพลังงานไปเลยก็ตาม แต่ความเข้มของรังสีใน 1 หน่วยหน้าตัดจะลดลงเป็นกำลังสองของระยะทางจากดวงอาทิตย์ ดังนั้น โลกเราได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ประมาณ 1 ใน 2,000 ล้านเท่าของพลังงานที่แสงอาทิตย์ส่งมาทั้งหมด

การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ประกอบด้วย

ก. รังสีเอ็กซเรย์ (X-rays) รังสีแกรมมาเรย์ (Gramm-rays) และรังสีอุลตราไวโอเล็ต (Ultra-violet) มีอยู่ประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมด

ข. รังสีที่มองเห็นได้ มี 41 เปอร์เซ็นต์

ค. รังสีที่มองไม่เห็น ได้แก่ รังสีหรือคลื่นแสงสีแดง (Infrared) และรังสีความร้อน (Heat rays) มีประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์

ตาราง

ประเภท	ความยาวของคลื่น	จำนวนพลังงานทั้งหมด %
คลื่นสั้น		
รังสีเอ็กซเรย์และรังสีแกรมมาเรย์	1/2000 ถึง 1/100 ไมครอน	9
รังสีอุลตราไวโอเล็ต	0.2 ถึง 0.4 ไมครอน	
รังสีที่มองเห็น	0.4 ถึง 0.7 ไมครอน	41
คลื่นยาว		
คลื่นแสงสีแดง	0.7 ถึง 3000 ไมครอน	50

1 ไมครอน (Micron) มีความยาว $= \frac{1}{10,000}$ เซนติเมตร

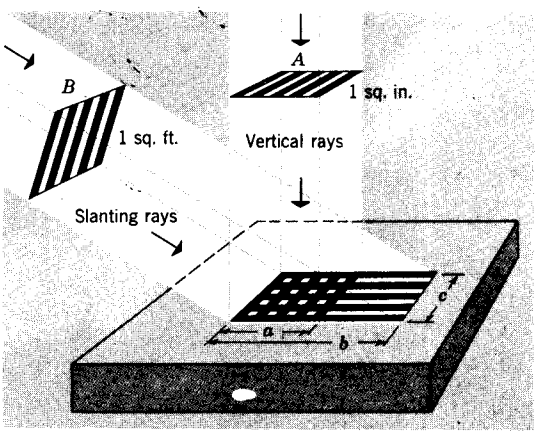
รังสีคลื่นสั้นนั้นใช้กับรังสีที่มองเห็นและรังสีอุลตราไวโอเล็ตซึ่งแตกต่างไปจากรังสีสีแดง ซึ่งเป็นคลื่นยาว พลังงานของดวงอาทิตย์มีความกดดันเป็นจำนวนมากและอุณหภูมิสูงมาก เป็นผลทำให้ไฮโดรเจนเปลี่ยนเป็นเฮเลียม การเปลี่ยนนี้เป็นผลทำให้เกิดปริมาณความร้อนขึ้นและแผ่รังสีออกมาจากผิวดวงอาทิตย์ เนื่องจากการเกิดพลังงานและความร้อนคงที่ รังสีที่ส่งออกไปจึงไม่เปลี่ยนแปลง เป็นผลทำให้พลังงานความร้อนบนผิวโลกคงที่ เรียกว่า Solar constant ความเข้มของแสงแดดเป็นค่า 2 กรัมคาลอรี/ตารางเซนติเมตร/นาที มีค่าเท่ากับ 1 หน่วยพลังงานความร้อน เรียกว่า แลงเลย์ (langley) จึงกล่าวได้ว่าค่าคงที่ของดวงอาทิตย์ = 2 แลงเลย์/นาที ในระบบอังกฤษหน่วยวัดความร้อนค่าคงที่ของแสงอาทิตย์จะ = 430 B.T.U./ตารางฟุต/ชั่วโมง เครื่องมือวัดความเข้มของการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้วัดค่าคงที่ของรังสีของดวงอาทิตย์จากดาวเทียมอย่างละเอียด

4.4 การส่องแสงของดวงอาทิตย์บนพื้นโลก

เพราะว่าโลกมีลักษณะทรงกลม จึงทำให้ตอนเที่ยงวันแสงอาทิตย์ตั้งฉากบนผิวโลกเพียงจุดเดียวเท่านั้น ระยะห่างจากจุดนี้แสงอาทิตย์จะทำมุมเฉียงและมีขนาดของมุมตามส่วนโค้งของผิวโลกจนถึงแนวเขตมืดแสงอาทิตย์จะขนานกับแนวนี้

สมมติว่า โลกมีลักษณะทรงกลมแต่ไม่มีบรรยากาศ จุดที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับผิวโลกนั้นจะได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์มากที่สุด คือ ความเข้มของแสงอาทิตย์ 2 แลงเลย์ : 2 นาที การส่องแสงของดวงอาทิตย์มายังโลก ณ จุดใดก็ตาม จะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ

1. มุมของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลก
2. ระยะเวลาที่ได้รับแสงอาทิตย์



รูปที่ 4.1 มุมรังสีดวงอาทิตย์ เมื่อพิจารณาการส่องแสงบนพื้นโลก

จากรูปที่แสดงจะแสดงให้เห็นความเข้มของการส่องสว่างของแสงอาทิตย์ แสงอาทิตย์จะมี

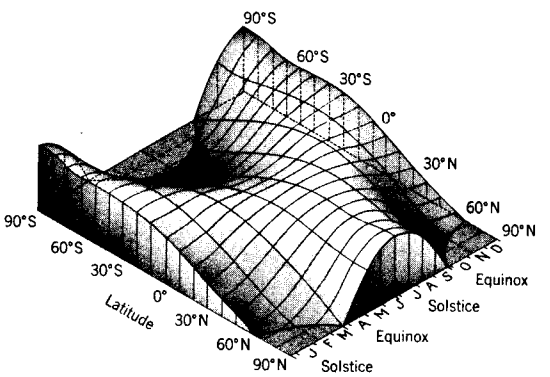
ความเข้มสูงเมื่อส่องแสงตรงมายังพื้นโลกในเวลาเที่ยงวัน ดวงอาทิตย์จะส่องแสงตั้งฉากระหว่างเส้น ทรอปิก ออฟ แคนเซอร์ (Tropic of Cancer) ถึงเส้น ทรอปิก ออฟ แคปริคอร์น (Tropic of Capricorn) หากบริเวณใดได้รับแสงเฉียงจากดวงอาทิตย์ก็จะแผ่คลุมเป็นบริเวณกว้าง ทำให้มีความเข้มข้นของแสงน้อย จึงทำให้บริเวณละติจูดต่ำมีความเข้มสูงและค่อย ๆ น้อยลงเมื่อเข้าไปใกล้ขั้วโลก

จากที่เราทราบมาแล้วว่าแกนของโลกเอียง เป็นผลทำให้ดวงอาทิตย์ส่องแสงตั้งฉากบนพื้นโลกเป็นระยะละติจูด 47 องศา จากวันเริ่มฤดูหนึ่งไปถึงวันเริ่มฤดูถัดไป การส่องแสงของดวงอาทิตย์นั้นจะไม่แตกต่างจากสภาพที่แกนของโลกไม่เอียงแต่ประการใด แต่จะมีผลทำให้การส่องแสงของดวงอาทิตย์แตกต่างกันมากในแต่ละละติจูดและฤดูกาล

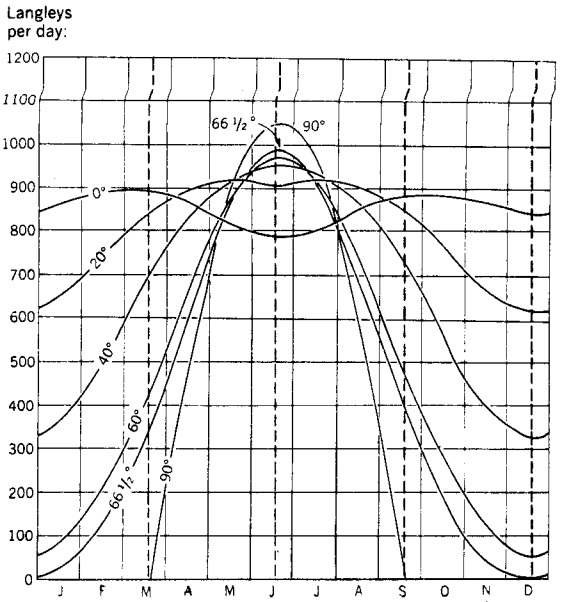
ในตอนแรกเราควรพิจารณาว่า ถ้าแกนของโลกตั้งฉากกับระนาบการโคจรแล้ว บริเวณขั้วโลกที่จะได้รับการส่องแสงจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปีของโลกไม่แตกต่างไปจากสภาพของโลกไม่เอียงแต่ประการใด แต่จะมีผลทำให้การส่องแสงของดวงอาทิตย์ในบริเวณละติจูดสูงขึ้นไปมีค่าลดน้อยลงกว่าในบริเวณเขตศูนย์สูตร

การพิจารณาประการที่สอง การที่โลกเอียงทำให้ปริมาณการส่องแสงอาทิตย์ที่ละติจูดต่าง ๆ แตกต่างกันมากจนถึงละติจูดสูงแถบขั้วโลก จนในที่สุดก็จะมีความแตกต่างในลักษณะตรงกันข้าม คือ มีกลางวัน 6 เดือน และกลางคืน 6 เดือน ในระหว่างที่มุมของแสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลง จะมีผลเกี่ยวกับระยะเวลาที่เป็นกลางวัน การส่องแสงของดวงอาทิตย์จะแตกต่างกันมากในระยะเริ่มฤดูตรงกันข้าม

จากไดอะแกรม 3 มิติ แสดงให้เห็นว่าการส่องแสงของดวงอาทิตย์จะผันแปรไปตามละติจูดและฤดูกาล ส่วนอีกรูปหนึ่งนั้น (หน้าถัดไป) เป็นกราฟแสดงการส่องแสงอาทิตย์ในละติจูดต่าง ๆ จากศูนย์สูตรไปจนถึงขั้วโลกเหนือ ไดอะแกรมเหล่านี้แสดงการส่องแสงอาทิตย์ที่พื้นโลกโดยไม่คำนึงถึงจำนวนการแผ่รังสีที่บรรยากาศดูดซึม หรือสะท้อนกลับ จะสังเกตว่าที่บริเวณศูนย์สูตรจะได้รับการส่องแสงจากดวงอาทิตย์มากที่สุด มี 2 ระยะ แต่ที่อาร์กติก เซอร์เคิล ละติจูด 66 $\frac{1}{2}$ องศา

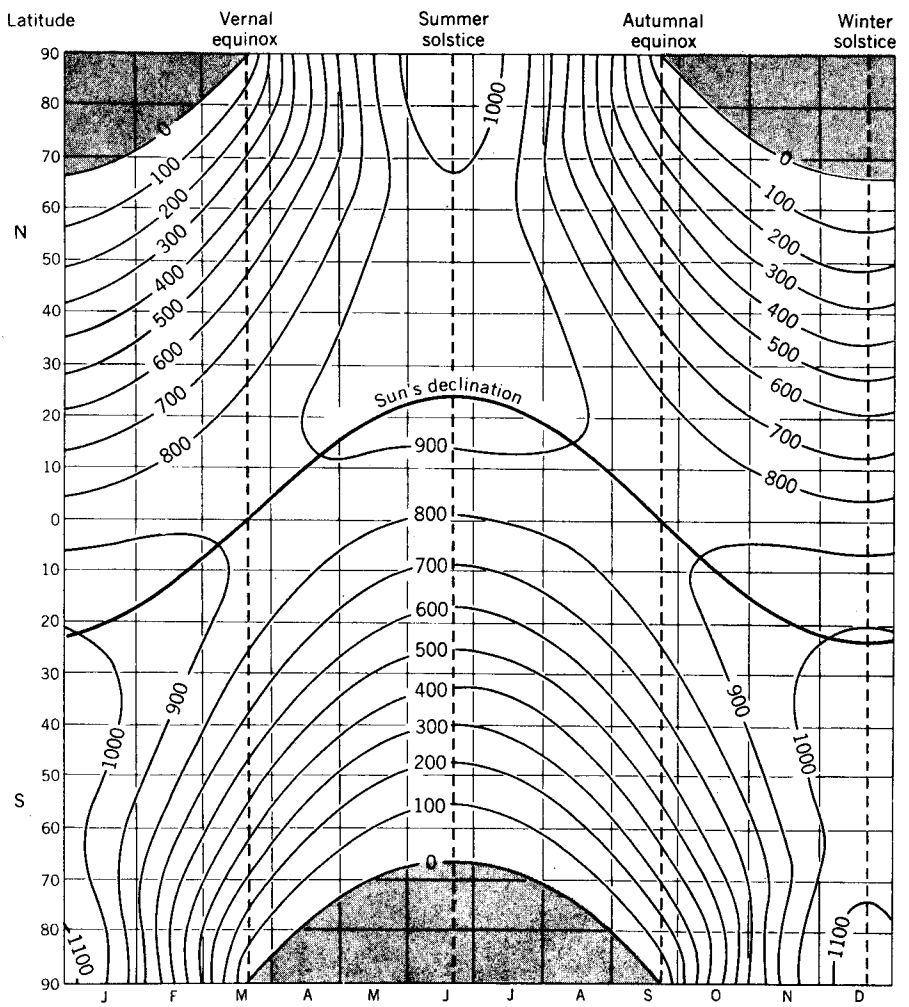


รูปที่ 4.2 การส่องแสงของดวงอาทิตย์ ที่ฤดูกาลและละติจูดต่างกัน



รูปที่ 4.3 การส่องแสงที่ละติจูดต่าง ๆ ในซีกโลกเหนือ

รูปที่ 4.4 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์บนพื้นราบซึ่งอยู่ภายนอกบรรยากาศของโลก

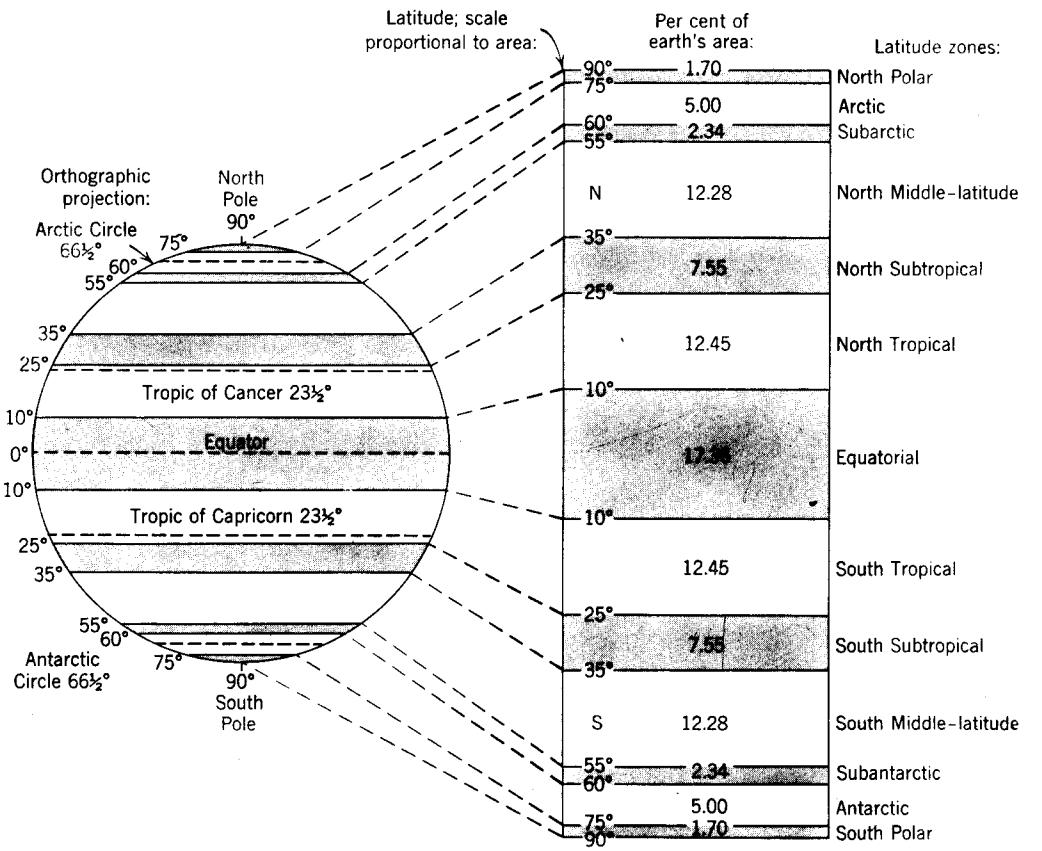


เหนือ การส่องแสงจากดวงอาทิตย์จะไม่ปรากฏในตอนกลางวันขณะที่เริ่มฤดูหนาว และเมื่อสูงขึ้นไปทางขั้วโลกจะไม่มีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์เป็นระยะเวลานานขึ้น ละติจูดทุกเส้นตั้งแต่ทรอปิก ออฟ แคนเซอร์ ถึงทรอปิก ออฟ แคปริคอร์น จะมีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์มากที่สุด 2 ครั้ง และน้อยที่สุด 2 ครั้ง แต่บริเวณเส้นทรอปิกจะมีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์มากที่สุดเพียงครั้งเดียว ส่วนจากละติจูด 23 $\frac{1}{2}$ องศาถึง 66 $\frac{1}{2}$ องศา จะมีโอกาสได้รับการส่องแสงจากดวงอาทิตย์ติดต่อกันในขณะที่เป็นวันเริ่มฤดู ส่วนในซีกตรงกันข้ามจะได้รับน้อย

เขตละติจูดของโลก

พลังงานของดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังผิวโลกจะทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นได้ มีการแบ่งโลกไปตามแนวละติจูด แต่ไม่ได้กำหนดแนวอย่างแน่นอน แต่อาจจะใช้เป็นแนวในการพิจารณากว้าง ๆ ดังนี้

เขตศูนย์สูตร (Equatorial zone) นับจากเส้นศูนย์สูตรไปจนถึงละติจูด 10 องศา ทั้งเหนือและใต้ ในเขตนี้ดวงอาทิตย์จะส่องแสงตลอดทั้งปี ระยะเวลากลางวันและกลางคืนเกือบเท่ากัน จน



รูปที่ 4.5 ระบบภูมิศาสตร์ของเขตละติจูด

กระทั่งถึงเส้น ทรอปิก ออฟ แคนเซอร์ และ ทรอปิก ออฟ แคปริคอร์น ซึ่งเป็นเขตร้อนเหนือและเขตร้อนใต้ ซึ่งอยู่ในแนวละติจูด 10 องศา—25 องศา ทั้งเหนือและใต้ ในเขตนี้การส่องแสงของดวงอาทิตย์จะตั้งฉากในระยะเริ่มฤดูหนึ่งและทางตอนใต้ก็จะเป็นระยะเริ่มฤดูตรงกันข้าม นักศึกษาเกี่ยวกับภูมิศาสตร์มักมีความเข้าใจทางภูมิศาสตร์แตกต่างจากที่อธิบายมานี้ โดยปกติคำว่า ร้อน (Tropic) เป็นการใช้สำหรับบ่งแนว 47 องศาของละติจูด ระหว่างเส้น ทรอปิก ออฟ แคนเซอร์ และ ทรอปิก ออฟ แคปริคอร์น ซึ่งมีความจำเป็นเกี่ยวกับภูมิศาสตร์กายภาพเหมือนกับศึกษาเรื่องอากาศและพืชพรรณธรรมชาติ

ถัดจากเส้น ทรอปิก ขึ้นไปทางขั้วโลก จะผ่านเขตหนึ่งซึ่งนักภูมิศาสตร์ให้ชื่อว่าเป็น เขตกึ่งร้อน (Sub-tropic zone) เพื่อความเข้าใจจึงกำหนดเขตนี้ให้อยู่ระหว่างแนวละติจูด 25—35 องศาเหนือและใต้

ในเขตละติจูดกลางซึ่งอยู่ระหว่าง 35—55 องศาเหนือและใต้ บริเวณนี้การโคจรของดวงอาทิตย์จะเคลื่อนห่างไปจากแนวตั้งฉากของแสงอาทิตย์ เป็นผลทำให้พลังงานของดวงอาทิตย์แตกต่างกันอย่างมากในแต่ละฤดูกาล รวมทั้งความแตกต่างเกี่ยวกับระยะเวลากลางวันและกลางคืนในแต่ละฤดูเมื่อเปรียบเทียบกับเขตร้อน (Tropical zone)

ถัดจากเขตละติจูดกลางไปทางขั้วโลก เรียกว่า เขตกึ่งอาร์กติก (Sub-arctic zone) จะอยู่ระหว่างละติจูด 55—60 องศาทั้งเหนือและใต้ เป็นแนวเปลี่ยนแปลงระหว่างเขตละติจูดกลางและเขตอาร์กติก

เขตที่อยู่ระหว่างอาร์กติก เซอร์เคิล (Arctic circle) และแอนตาร์กติก เซอร์เคิล (Antarctic circle) คือ ละติจูด 66 $\frac{1}{2}$ องศาทั้งเหนือและใต้ เป็นที่ตั้งของเขตอาร์กติก (Arctic zone) และเขตแอนตาร์กติก (Antarctic zone) ซึ่งอยู่ระหว่างละติจูด 60—75 องศาเหนือและใต้ เขตนี้เป็นเขตที่มีระยะเวลากลางวันและกลางคืนแตกต่างกันมากที่สุด ซึ่งเนื่องมาจากผลของการรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในระยะเริ่มฤดูหนึ่งไปถึงระยะเริ่มอีกฤดูหนึ่ง ซึ่งมีความแตกต่างกันมาก มีข้อสังเกตว่าการแบ่งเขตตามพจนานุกรมคำว่า "อาร์กติก" หมายถึง พื้นที่ทั้งหมดจาก อาร์กติก เซอร์เคิลไปถึงขั้วโลกเหนือ (North pole) และคำว่า "แอนตาร์กติก" ก็เช่นเดียวกันจะอยู่ในซีกโลกภาคใต้ จึงเห็นได้ว่าคำว่า "ทรอปิก" "อาร์กติก" และ "แอนตาร์กติก" เป็นคำที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในวิชาภูมิศาสตร์กายภาพ

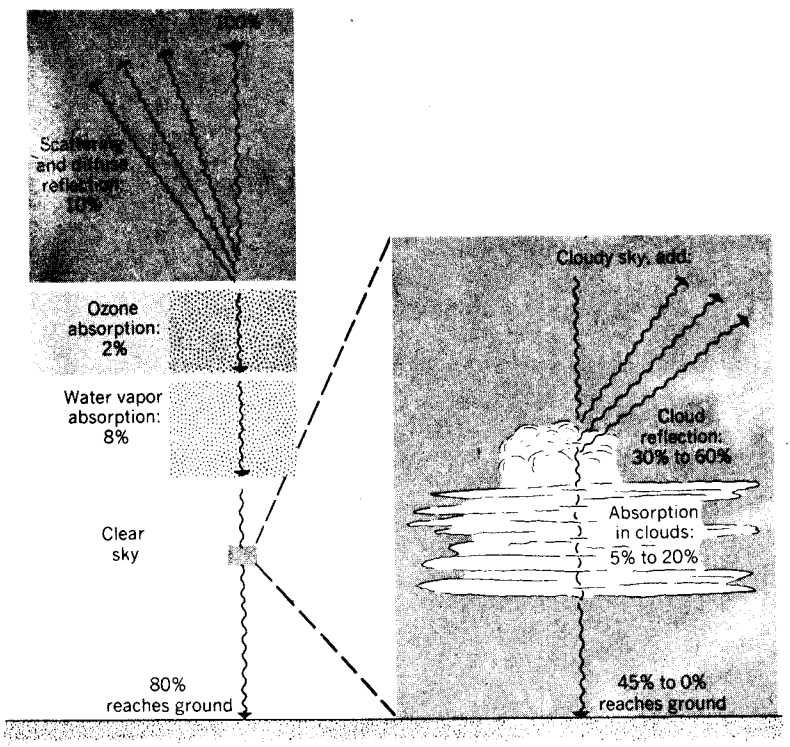
เขตขั้วโลก (Polar zone) ทั้งขั้วเหนือและขั้วใต้อยู่ระหว่างละติจูด 75 องศาไปถึงขั้วโลก เขตนี้เป็นเขตขั้วโลกซึ่งมีกลางวันยาว 6 เดือน และกลางคืนยาว 6 เดือน ฤดูกาลจะมีความแตกต่างกับพลังงานของแสงอาทิตย์

การส่องแสงของดวงอาทิตย์ที่สูญเสียในบรรยากาศ

ขณะที่รังสีจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านบรรยากาศของโลกนั้น พลังงานบางส่วนจะหมดไป บาง

ส่วนจะเปลี่ยนแปลง ณ ระดับความสูง 95 ไมล์ (150 กิโลเมตร) พลังงานจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จะมีเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อส่องผ่านมาถึงระดับ 55 ไมล์ (88 กิโลเมตร) รังสีเอ๊กซ์จะถูกดูดซึมไปเกือบหมด ในขณะเดียวกันรังสีอุลตราไวโอเล็ตจะถูกดูดซึมไปเช่นกัน เหตุที่รังสีเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากอณูและโมเลกุลของไนโตรเจนและออกซิเจน เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านชั้นบรรยากาศที่หนาแน่น อณูของก๊าซบางอย่างจะทำให้เกิดรังสีที่สามารถมองเห็น นอกจากนั้นฝุ่นละอองต่าง ๆ ในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ก็เป็นเหตุให้เกิดการสะท้อนแสง เหตุที่ท้องฟ้าเป็นสีน้ำเงินเนื่องจากการสะท้อนของแสงคลื่นสั้น คลื่นแสงสีน้ำเงินที่เรามองเห็นจะมาจากทุกบริเวณบนท้องฟ้า คลื่นแสงสีแดงจะกระจายน้อยและเดินทางเป็นเส้นตรงมายังโลกขณะที่ดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้า ท้องฟ้าจะเป็นสีแดงเนื่องจากการสะท้อนรังสีสีแดงหักเหออกมา

ผลจากการสะท้อนของคลื่นสั้นชนิดต่าง ๆ เป็นผลทำให้พลังงานของดวงอาทิตย์สูญเสียไปในอวกาศ แต่พลังงานคลื่นสั้นบางส่วนจะมาถึงผิวโลก พลังงานดวงอาทิตย์จะเสียไปได้อีกก็คือคลื่นแสงสีแดง จะถูกดูดซึมโดยคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ เป็นผลทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น และทำให้บรรยากาศในระดับต่ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศจะมีจำนวนคงที่ คือประมาณร้อยละ 0.003 ส่วน ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศจะผันแปรไปมากในแต่ละ



รูปที่ 4.6 การสูญเสียพลังงานจากดวงอาทิตย์ โดยการกระจายการสะท้อน และการดูดซึม

บริเวณ ในเขตทะเลทรายจะมีปริมาณไอน้ำ 0.02 เปอร์เซ็นต์ บริเวณเขตอากาศร้อนชื้นแถบศูนย์สูตรมีไอน้ำประมาณ 1.8 เปอร์เซ็นต์ การผันแปรของไอน้ำจะเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมในแต่ละบริเวณ

บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ จะมีการดูดซึมรังสีเอ๊กซเรย์ รังสีแกรมมาเรย์ และอุลตราไวโอเล็ต คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำดูดซึมโอโซน การดูดซึมนั้นมีลักษณะแตกต่างกัน ขณะที่ท้องฟ้าแจ่มใสและแห้งจะมีการดูดซึมเฉลี่ย 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเวลามีเมฆหมอกปกคลุมจะสูงขึ้นถึง 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อท้องฟ้าแจ่มใส การสะท้อนและการดูดซึมจะมีประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ถึงพื้นดินประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนั้นยังมีการสูญเสียพลังงานของแสงอาทิตย์ บริเวณผิวส่วนบนของเมฆจะสะท้อนรังสีคลื่นสั้นได้เป็นอย่างดี เป็นผลทำให้รังสีกลับไปสู่บรรยากาศประมาณ 30—60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อท้องฟ้ามีเมฆมากการดูดซึมจากเมฆจะมีมากขึ้นตั้งแต่ 35—80 เปอร์เซ็นต์ มีรังสีถึงพื้นดินประมาณ 45—0 เปอร์เซ็นต์ บริเวณผิวมหาสมุทรและแผ่นดินจะสะท้อนคลื่นกลับไปในบรรยากาศได้บ้าง แต่เป็นจำนวนน้อยมากจนเกือบไม่มีการสะท้อนเลย

จำนวนของพลังงานที่สะท้อนกลับโดยผิวโลกเรียกว่า อัลเบโด (Albedo) ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของผิวโลก ทำให้ทราบปริมาณความร้อนบนผิวโลกเมื่อได้รับการส่องแสงจากดวงอาทิตย์ ในบริเวณผิวน้ำการรับความร้อนจะต่ำมากประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบริเวณผิวโลกที่เป็นหิมะหรือน้ำแข็งปกคลุมจะมีการสะท้อนกลับ 45—85 เปอร์เซ็นต์ ในเขตบริเวณที่โล่ง ป่า ทุ่งนา การสะท้อนแสงจะมีระดับปานกลางจาก 3 —25 เปอร์เซ็นต์

ได้มีการคำนวณค่าเฉลี่ยจากรังสีของดวงอาทิตย์ที่สูญเสียไปในซีกโลกเหนือในปีหนึ่ง ๆ ได้ดังนี้

พลังงานทั้งหมด	เปอร์เซ็นต์ 100	แลงเลย์ต่อนาที 0.485
เสียหรือถูกดูดซึมไปในอากาศ		
บรรยากาศและเมฆดูดซึมไว้	19	0.092
สะท้อนไปสู่อวกาศ	9	0.044
สะท้อนไปโดยเมฆและพื้นดิน	25	0.121
เสียไปทั้งหมด	53	0.257
ส่วนที่พื้นดินรับไว้		
รับไว้โดยตรง	41	0.199
จากที่สะท้อนลงมา	6	0.029
รับไว้ทั้งหมด	47	0.228

พลังงานทั้งหมด	เปอร์เซ็นต์	แลงเลย์ต่อนาที
	100	0.485
ส่วนจากพื้นดินกลับไปสู่บรรยากาศ		
จากการส่งรังสีคลื่นยาว	14	0.069
จากการถ่ายเทในรูปความร้อนแฝง (เป็นไอและกลั่นตัว)	23	0.111
จากการนำความร้อน	10	0.048
ส่วนจากพื้นดินกลับไปทั้งหมด	47	0.228

4.5 การแผ่รังสีของพื้นดินและความร้อนของบรรยากาศ

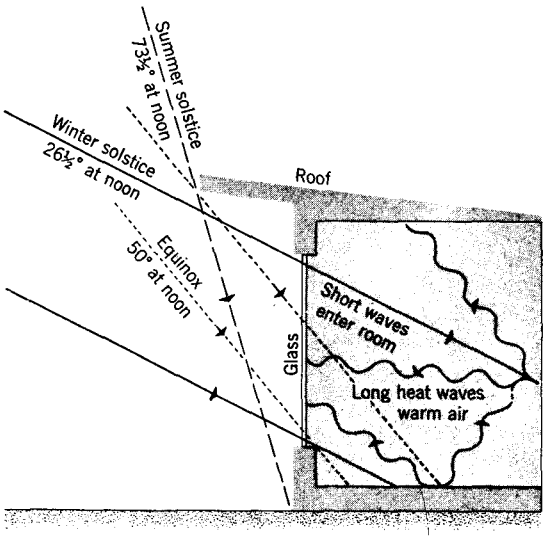
วัตถุใดก็ตามที่มีความร้อนและสามารถส่งพลังงานได้ เรียกว่า การแผ่รังสีของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าออกจากผิวของวัตถุนั้น จำนวนยอดพลังงานที่ส่งออกจะเป็นสัดส่วนโดยตรงของวัตถุนั้น วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำมักจะแผ่รังสีคลื่นยาว

พื้นดินหรือพื้นน้ำมักจะดูดซึมความร้อนจากดวงอาทิตย์ไว้และแผ่รังสีออกไปสู่บรรยากาศ เราเรียกว่า การแผ่รังสีของพื้นดิน (Ground radiation) หรือ Terrestrial radiation ส่วนรังสีคลื่นยาวนั้น มักจะมีช่วงคลื่นยาวกว่า 3–4 ไมครอน บรรยากาศชั้นล่างจะแผ่พลังงานนี้กลับออกสู่บรรยากาศ ถึงแม้ว่าจะเป็นเวลากลางคืนไม่ได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ก็ตาม พื้นดิน และบรรยากาศชั้นล่างจะแผ่รังสีคลื่นยาวตลอดเวลา

บรรยากาศจะดูดซึมพลังงานคลื่นยาว 4 – 30 ไมครอน ซึ่งมีลักษณะต่างจากแสงที่มองเห็น (0.4–0.7 ไมครอน) รังสีที่มีความยาวช่วงคลื่นระหว่าง 8–12 ไมครอน จะผ่านบรรยากาศของโลกไปสู่อวกาศภายนอกได้ แต่เนื่องจากบรรยากาศชั้นต่ำมีไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ปกคลุมอยู่เป็นผลให้สะท้อนความร้อนมายังโลก ทำให้อุณหภูมิบนผิวโลกไม่ลดต่ำจนเกินไปในเวลากลางคืน หรือฤดูหนาว จากหลักเกณฑ์อันนี้เองในเขตละติจูดสูงนำไปใช้เป็นหลักในการทำเรือนกระจก (Green house)

เป็นแบบบ้านซึ่งใช้ความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานคลื่นสั้นผ่านกระจกเข้ามากระทบวัตถุได้ หรือแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานคลื่นยาว เป็นความร้อนสะสมอยู่ภายในบ้าน เป็นเหตุให้นักอุตุนิยมวิทยานิยมใช้หลักเกณฑ์นี้ในการพิจารณาหลักความร้อนของบรรยากาศ

โลกจะรักษาระดับสมดุลของความร้อนไว้ให้คงที่ โดยปกติแล้วโลกได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์และแผ่รังสีความร้อนไปสู่บรรยากาศเท่ากัน หรือเราอาจจะกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า พลังงานความร้อนบนผิวโลกทั้งหมด (รวมทั้งพื้นดินพื้นน้ำ) จะแผ่รังสีสะท้อนกลับสู่บรรยากาศตลอดทั้งปี



รูปที่ 4.7 หลักของความร้อนจากดวงอาทิตย์ในบ้าน

ซึ่งเป็นปริมาณเท่ากับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งถ้าไม่เป็นดังกล่าวแล้วอุณหภูมิบนผิวโลกจะต้องร้อนขึ้น หรือเย็นลงอย่างมากมาย

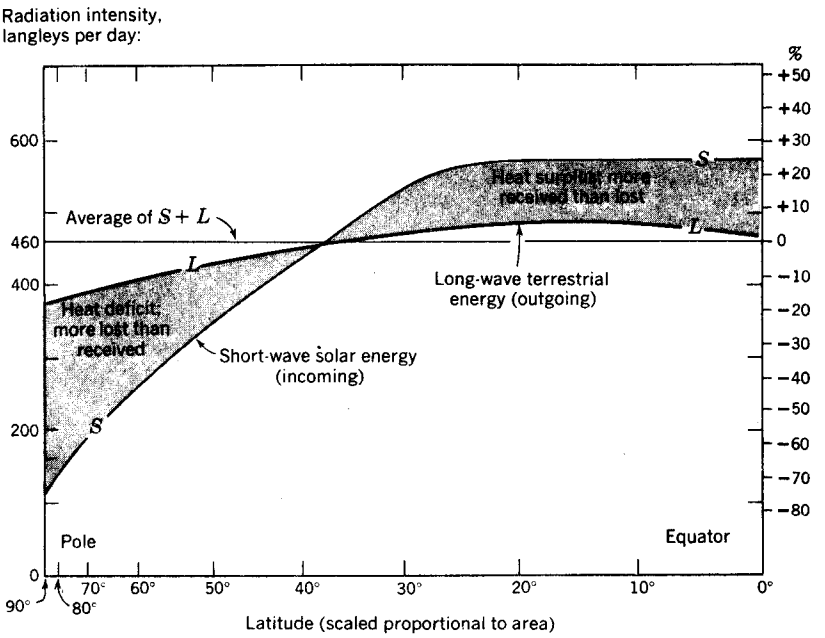
ผิวโลกมิได้แผ่รังสีของพลังงานความร้อนกลับสู่บรรยากาศในรูปของคลื่นยาวจากพื้นดินเท่านั้น แต่ยังมีลักษณะการแผ่ความร้อนอย่างอื่นอีก 2 ประการ คือ

ประการแรก ในรูปของความร้อนแฝงในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ เป็นต้นว่า น้ำระเหยกลายเป็นไอจะต้องใช้ความร้อนแฝงเข้าไปเปลี่ยนสถานะ เมื่อไอน้ำในบรรยากาศเปลี่ยนสถานะเป็นหยาดน้ำฟ้าในรูปของฝนและหิมะก็จะคายความร้อนแฝงออกมา เป็นเหตุให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามความรู้สึก (Sensible heat) เป็นผลทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศสูงขึ้น

ประการที่สอง พลังงานความร้อนที่แผ่รังสีไปจากพื้นดินสู่บรรยากาศนั้น อากาศเป็นตัวนำความร้อน เมื่ออากาศเคลื่อนที่ก็จะพัดเอาอากาศร้อนผสมไปกับบรรยากาศเป็นผลทำให้อุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนไป แต่ในขณะเดียวกันถ้าพื้นดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศเบื้องบน การนำความร้อนจะกลับกัน เป็นผลทำให้พื้นดินรับความร้อนจากอากาศไว้

จากตารางที่กล่าวมาแล้ว พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ผิวโลกได้รับในซีกโลกภาคเหนือ 47 เปอร์เซ็นต์ จำนวนพลังงานทั้ง 47 เปอร์เซ็นต์นั้นจะสะท้อนกลับคืนสู่บรรยากาศออกมาในรูปพลังงานความร้อนคลื่นยาว 14 เปอร์เซ็นต์ ความร้อนแฝงในการเปลี่ยนสถานะ 23 เปอร์เซ็นต์ และการนำความร้อนของอากาศที่ทำให้เรารู้สึกอีก 10 เปอร์เซ็นต์

แม้ว่าปริมาณความร้อนจะแสดงไว้เป็นจำนวน 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเราสามารถใช้หน่วยของความร้อนเป็นแลงเลย์ต่อนาที จะเห็นว่าจำนวน 100 ยูนิทของพลังงานจากดวงอาทิตย์จะมีค่าเฉลี่ย =



รูปที่ 4.8 ความร้อนที่โลกได้รับ

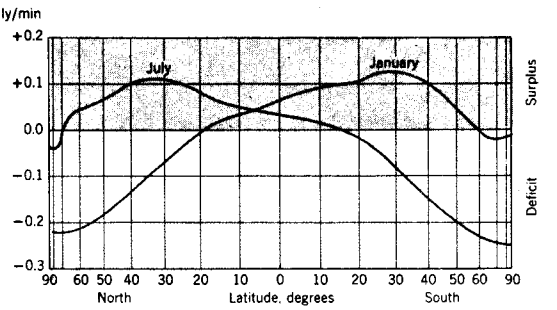
0.485 แลงเลย์ต่อนาทีในซีกโลกภาคเหนือ จำนวนความร้อน 47 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่า = 0.228 แลงเลย์ต่อนาที

ผลของปริมาณความร้อนในตำแหน่งละติจูดต่าง ๆ

ปริมาณความร้อนของโลกรวมทั้งบรรยากาศที่กล่าวไว้แล้ว ไม่ได้พิจารณาตามตำแหน่งละติจูด โดยมากบริเวณละติจูดต่ำจะมีค่าเฉลี่ยของความร้อนที่ได้รับมากกว่าที่สูญเสียไป ส่วนบริเวณละติจูดสูงปริมาณความร้อนที่ได้รับจะน้อยกว่าที่สูญเสียไป ปริมาณความร้อนที่โลกได้รับตามละติจูดต่าง ๆ จะมีลักษณะแตกต่างกัน จากกราฟที่แสดงไว้ ค่าละติจูดจะอยู่ในแนวนอน ปริมาณความร้อนจะอยู่ในแนวตั้ง ถ้าค่าออกมาเป็นบวก จะแสดงว่า ปริมาณความร้อนที่ได้รับมีมากกว่าที่สูญเสียไป โดยยึดค่าเฉลี่ย 0 เป็นหลัก ถ้าออกมาเป็นค่าลบ จะแสดงว่าความร้อนที่สูญเสียไปมีมากกว่าที่ได้รับ ส่วนเส้นโค้งนั้นเป็นลักษณะพลังงานคลื่นสั้นและอีกเส้นหนึ่งแสดงพลังงานคลื่นยาวที่สะท้อนออก พื้นที่ระหว่างเส้นโค้ง 2 เส้นแสดงปริมาณพลังงานความร้อนที่เกินอยู่และที่ขาดไป เนื้อที่แสดงในรูปกราฟประมาณละติจูดที่ 38 องศาถึงบริเวณศูนย์สูตร เป็นบริเวณที่ได้รับพลังงานความร้อนมากกว่าที่สูญเสียไป และตั้งแต่ละติจูดที่ 38 องศาไปจนถึงขั้วโลกจะเป็นจุดเริ่มต้นของพลังงานที่รับไว้น้อยกว่าที่สูญเสียไป และจะน้อยขึ้นไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งน้อยที่สุดถึงขั้วโลก จึงแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิปานกลางจะมีอยู่ทั่วโลกไม่ได้ ถ้าหากว่าไม่มีการถ่ายเทความร้อนจากละติจูดต่ำไปสู่ละติจูดสูง การถ่ายเทความร้อนนั้นอาจจะอยู่ในรูปของลม กระแสน้ำ เป็นต้น

ปริมาณความร้อนที่ไม่สมดุลกันแต่ละฤดู

ปริมาณความร้อนที่โลกได้รับในแต่ละฤดูจะแตกต่างกัน จะเพิ่มมากขึ้นจากฤดูร้อนไปถึงฤดูหนาวเช่นเดียวกับจากแถบศูนย์สูตรไปหาขั้วโลก ปริมาณความร้อนที่ละติจูดต่ำจะได้รับในฤดูร้อนเป็นจำนวนมากกว่าที่สูญเสียไป ส่วนละติจูดสูงในฤดูหนาว ปริมาณความร้อนที่ได้รับจะน้อยกว่าที่สูญเสียไป



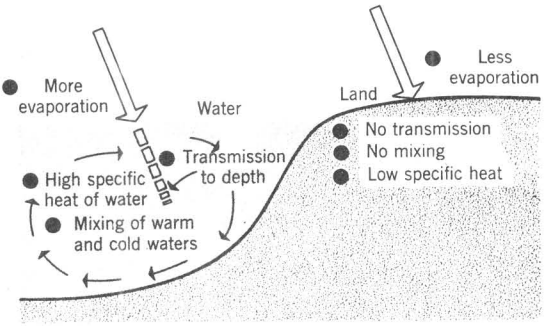
รูปที่ 4.9 การแผ่รังสีที่เหลือ จากขั้วโลกไปสู่ขั้วโลกในเดือนมกราคมและกรกฎาคม

กราฟที่แสดงความแตกต่างของพลังงานความร้อนที่ได้รับและสูญเสียที่ละติจูดต่าง ๆ นั้น เส้นโค้งหนึ่งจะแทนปริมาณความร้อนในเดือนกรกฎาคม อีกเส้นหนึ่งจะแทนเดือนมกราคม บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรจะเห็นว่าทั้ง 2 ฤดูที่กล่าวจะมีปริมาณความร้อนที่ได้รับมากกว่าสูญเสียไปในละติจูดที่ 20 องศา ส่วนในฤดูหนาว ปริมาณความร้อนจะเป็นลบซึ่งได้รับน้อยกว่าที่สูญเสียไป ค่าลบนี้จะมีมากขึ้นทุกทีเมื่อเข้าใกล้ขั้วโลกทั้ง 2 ส่วนในฤดูร้อนนั้นปริมาณความร้อนจะแตกต่างกันไปตามละติจูดต่าง ๆ ซึ่งจะมีมากที่สุดในละติจูดที่ 30—35 องศา ซึ่งค่าเหล่านี้เป็นค่าประมาณโดยทั่ว ๆ ไป

ความแตกต่างระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำ

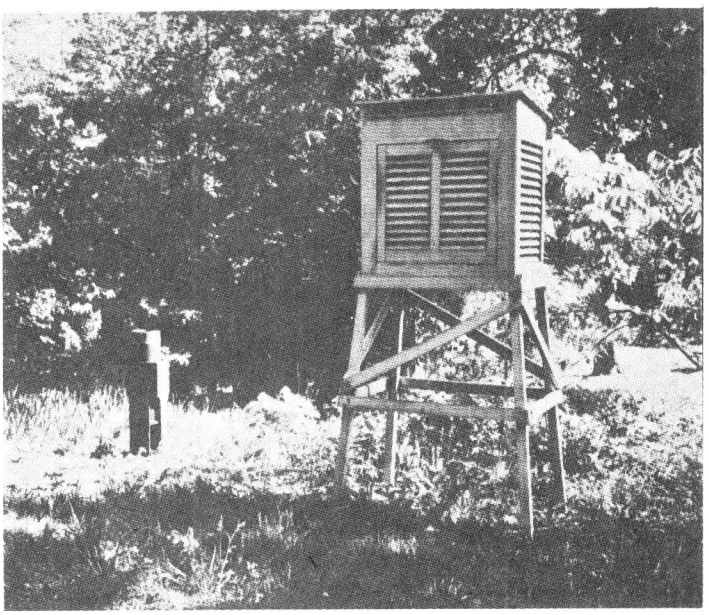
คุณสมบัติของพื้นดินและพื้นน้ำในการรับและคายความร้อนไม่เหมือนกัน โดยทั่วไปเราอาจจะกล่าวได้ว่า พื้นดินรับความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้มากและเร็ว ส่วนพื้นน้ำรับได้ไม่มากนัก และช้า หรืออาจจะกล่าวได้ว่าในเวลากลางคืนพื้นดินเย็นเร็วกว่าพื้นน้ำ เป็นผลทำให้อุณหภูมิบนพื้นดินในเวลากลางคืนและกลางวันจะต่างกันมาก ส่วนพื้นน้ำจะต่างกันเล็กน้อย ถ้าพื้นดินยิ่งกว้างใหญ่มากเท่าไรก็ตาม อุณหภูมิจะยิ่งแตกต่างกันมากขึ้นเท่านั้น ความร้อนของพื้นดินและพื้นน้ำจะมีผลต่ออุณหภูมิของบรรยากาศ ลักษณะความแตกต่างของพื้นดินและพื้นน้ำเราจะอธิบายได้โดยอาศัยหลักง่าย ๆ ทางฟิสิกส์

น้ำเป็นวัตถุโปร่งแสงเป็นผลให้การส่องแสงของดวงอาทิตย์ผ่านไปได้ลึกหลายฟุต ความร้อนจะกระจายไปได้ลึกหลายฟุตเช่นกัน ส่วนพื้นดินเป็นวัตถุทึบแสงและดูดซึมความร้อนเฉพาะบริเวณ



รูปที่ 4.10 ความแตกต่างในการคายและรับความร้อนของพื้นดินและพื้นน้ำ

ผิวเท่านั้น ในเวลากลางวันอุณหภูมิที่ผิวดินจะสูงกว่าผิวน้ำ เนื่องจากน้ำในมหาสมุทรจะมีการเคลื่อนไหวอยู่เสมอเป็นผลทำให้ความร้อนกระจายไป แต่พื้นดินไม่มีการเคลื่อนที่เหมือนพื้นน้ำ บริเวณพื้นน้ำยังมีการระเหยต่อเนื่องกันอยู่ตลอดเวลา การระเหยนี้ทำให้อุณหภูมิของผิวน้ำเย็นลง ส่วนบริเวณพื้นดินนั้นจะมีการระเหยจากพืชพรรณธรรมชาติ ซึ่งเป็นปริมาณน้อยกว่ามหาสมุทรมาก ตามหลักทางด้านธรรมชาติแล้วน้ำจะต้องดูดซึมพลังงานความร้อนไว้ถึง 5 เท่า จึงจะมีอุณหภูมิสูงเท่ากับดินที่แห้งแล้งหรือหิน จึงเป็นผลทำให้ความร้อนที่ส่งมาเท่า ๆ กัน พื้นดินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำและอุณหภูมิสูงก่อนพื้นน้ำ จึงกล่าวได้ว่าน้ำมีความร้อนจำเพาะมาก ส่วนดินหรือหินมีน้อย

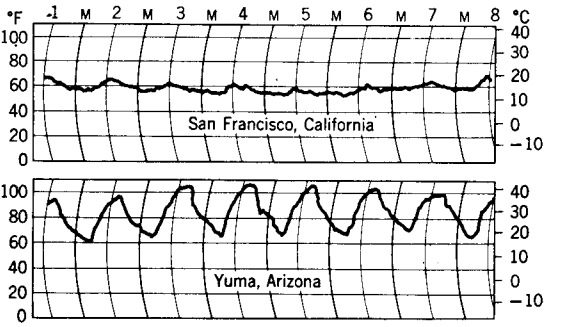


รูปที่ 4.11 ตู้ตรวจอากาศมาตรฐานของสหรัฐฯ ทางซ้ายเครื่องวัดน้ำฝน

4.6 การวัดอุณหภูมิของอากาศ

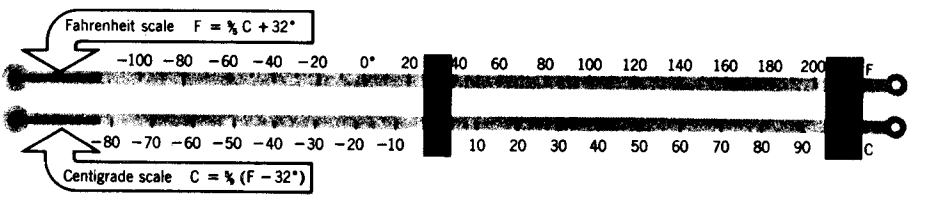
อุณหภูมิของผิวโลกจะทำให้ความร้อน—หนาว ในอากาศที่เรารู้สึก สถานีตรวจอากาศจะวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่สร้างไว้ในตู้สูงจากพื้นดินหลายฟุต

เครื่องมือนี้จะไม่ถูกแสงแดด แต่จะมีอากาศผ่านเข้าออกโดยสะดวก เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้จะบันทึกอุณหภูมิไว้โดยอัตโนมัติ ติดต่อกันบนกระดาษกราฟที่เราเรียกว่า เทอร์โมกราฟ (Thermograph)



รูปที่ 4.12 แนวของเส้นกราฟอุณหภูมิ 1 สัปดาห์

หน่วยที่ใช้วัดความร้อนจะเป็นระบบฟาเรนไฮต์ ซึ่งเป็นที่นิยมทั่วไปในสหรัฐฯ จุดน้ำแข็งอยู่ที่ 32 องศา จุดเดือดอยู่ที่ 212 องศา ส่วนอุณหภูมิระบบเซลเซียสนั้น จุดน้ำแข็งจะอยู่ 0 องศา และจุดเดือดที่ 100 องศา นิยมใช้กันในยุโรป โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้อุณหภูมิทั้ง 2 ระบบนี้มากในวิชาฟิสิกส์ เคมี และอุตุนิยมวิทยา โดยใช้อักษรย่อ ฟ (F) และ ซ (C) แทนชนิดของเทอร์โมมิเตอร์



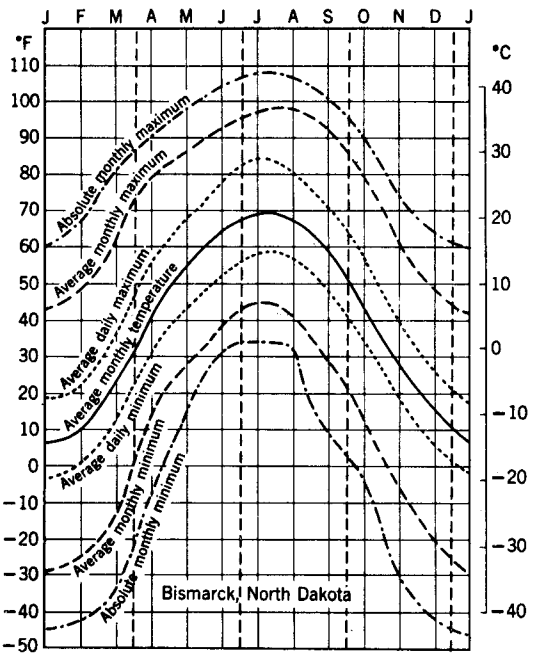
รูปที่ 4.13 มาตราวัดอุณหภูมิ ฟาเรนไฮต์ และเซลเซียส

ยังมีระบบอุณหภูมิอื่นๆ เช่น ระบบเคลวิน (Kelvin Scale) ระบบนี้ใช้ในวิชาอุตุนิยมวิทยา ใช้แทนด้วยตัว "K" อุณหภูมิแบบเคลวินมีค่าเช่นเดียวกับเซลเซียส แต่เริ่มที่จุดศูนย์สมบูรณ์ (Absolute zero) ซึ่งเท่ากับ −273 เซลเซียส ฉะนั้น 0 องศาเซลเซียส จะมีค่าเท่ากับ 273 องศาฟาเรนไฮต์

4.7 การหมุนเวียนอุณหภูมิของอากาศประจำปี

การแสดงสถิติอุณหภูมิในระยะยาว ต้องอาศัยอุณหภูมิเฉลี่ยประจำซึ่งหาได้จากเอาค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวันมารวมกันแล้วหารด้วย 2 จากนั้นนำไปเขียนกราฟเส้นโค้งแสดงอุณหภูมิ

ประจำปี พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์จะมีมากที่สุดในวันเริ่มฤดูร้อน (Summer solstice) แต่เดือนที่ร้อนจัดที่สุดอยู่หลังจากนั้นอีก 1 เดือน ที่เป็นเช่นนี้เพราะตอนต้นฤดูร้อนพื้นดินจะดูดซึมพลังงานความร้อนไว้แต่ยังไม่กระจายออกจึงทำให้ไม่ร้อน แต่เมื่อพื้นดินแผ่รังสีความร้อนออกมาแล้วจะมีอุณหภูมิสูงเท่ากับความร้อนที่กระจายจากพื้นดิน จะมีอยู่ในเขตละติจูดกลางไปถึงสูงเท่านั้น (ลักษณะเช่นนี้จะไม่ปรากฏในบริเวณระหว่าง ทรอปิก ออฟ แคนเซอร์ ถึง ทรอปิก ออฟ แคปริคอร์น) เช่นเดียวกับเดือนที่หนาวจัดที่สุดบนพื้นโลกจะเป็นเดือนมกราคม หลังจากวันเริ่มฤดูหนาว (Winter solstice) อีก 1 เดือน ที่เป็นเช่นนี้เพราะในวันเริ่มฤดูหนาวพื้นดินยังคายความร้อนออกมา อากาศจึงร้อนอยู่ จนกระทั่ง 1 เดือนให้หลังอากาศจึงจะหนาวอย่างแท้จริง



รูปที่ 4.14 เส้นโค้งอุณหภูมิประจำปี 7 แบบ

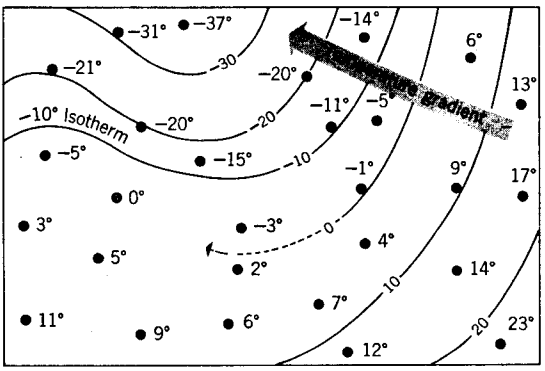
อุณหภูมิบริเวณพื้นผิวมหาสมุทรจะมีข้อแตกต่างจากพื้นดินดังที่กล่าวมาแล้ว 2 ประการ คือ

1. อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจะช้ากว่าบนพื้นดิน 1 เดือน คือ ในเดือนสิงหาคม และกุมภาพันธ์ ทั้งนี้เพราะพื้นน้ำจะร้อนหรือเย็นช้ากว่าพื้นดิน

2. ความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจะน้อยกว่าบนพื้นดิน ซึ่งเป็นไปตามกฎของความแตกต่างของอุณหภูมิบนผิวน้ำและพื้นดิน เขตที่อยู่ริมฝั่งจะได้รับอิทธิพลจากมหาสมุทรจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิน้อยกว่าเขตที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน

แผนที่อุณหภูมิของอากาศ

ในแผนที่อากาศจะมีเส้นอุณหภูมิเสมอภาค (Isotherms) มีลักษณะคล้ายกับเส้นแสดงความสูงของภูมิประเทศ ซึ่งจะลากผ่านทุกจุดของผิวโลกที่มีอุณหภูมิเท่ากัน



รูปที่ 4.15 การสร้างเส้นอุณหภูมิเสมอภาค

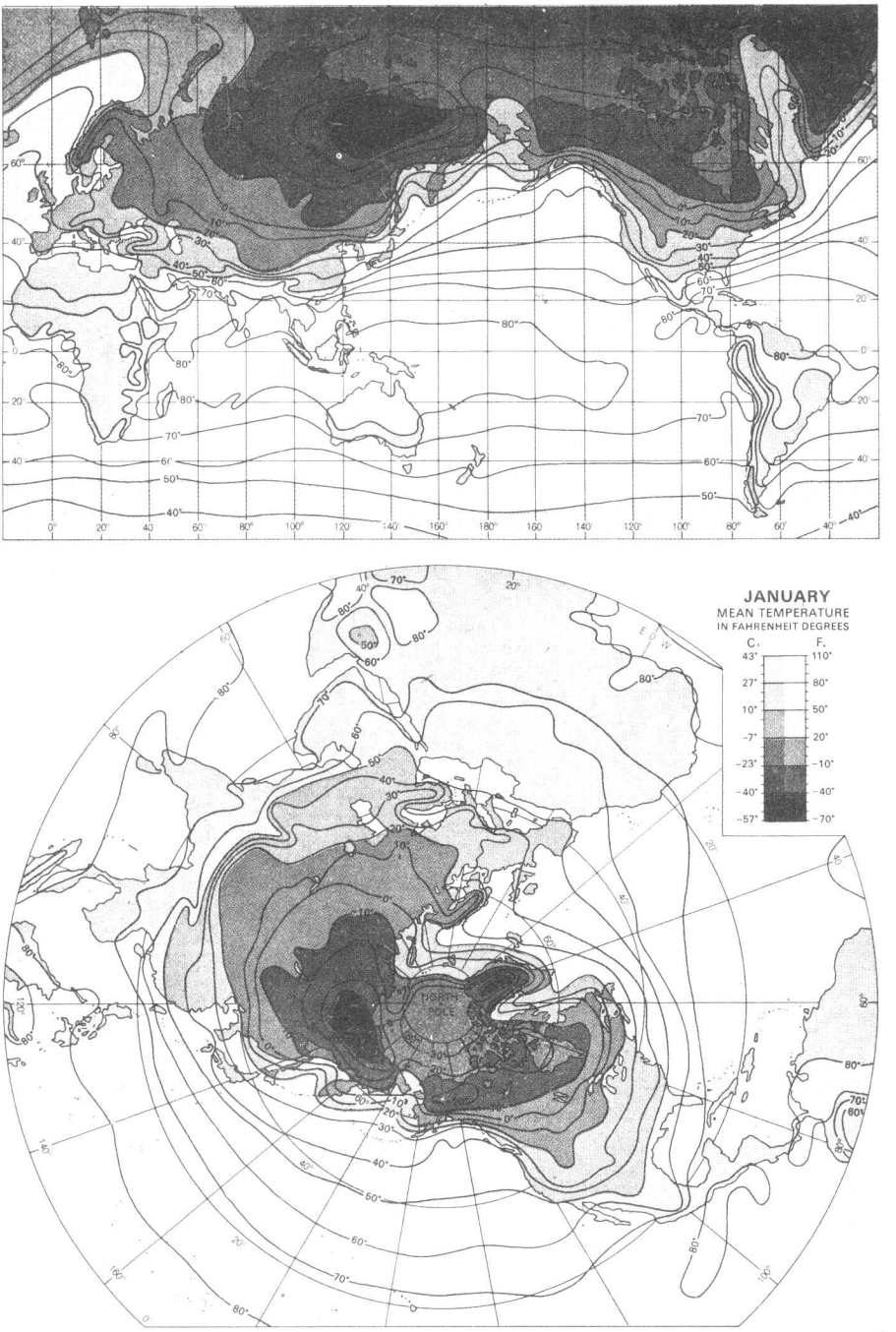
ค่าของอุณหภูมินั้นสถานีตรวจอากาศจะบันทึกในเวลาเดียวกันทุกแห่ง หรือหาค่าเฉลี่ยในวันหรือเดือนที่กำหนดไว้หลาย ๆ ปี ซึ่งขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการทำแผนที่นั้น ประโยชน์ของแผนที่ที่แสดงเส้นอุณหภูมิเสมอภาคนั้น จะทำให้เราเข้าใจลักษณะที่สำคัญเกี่ยวกับอุณหภูมิ แสดงถึงศูนย์กลางของอุณหภูมิสูงหรือต่ำ และแสดงเขตอุณหภูมิต่าง ๆ

4.8 การกระจายของอุณหภูมิของโลก

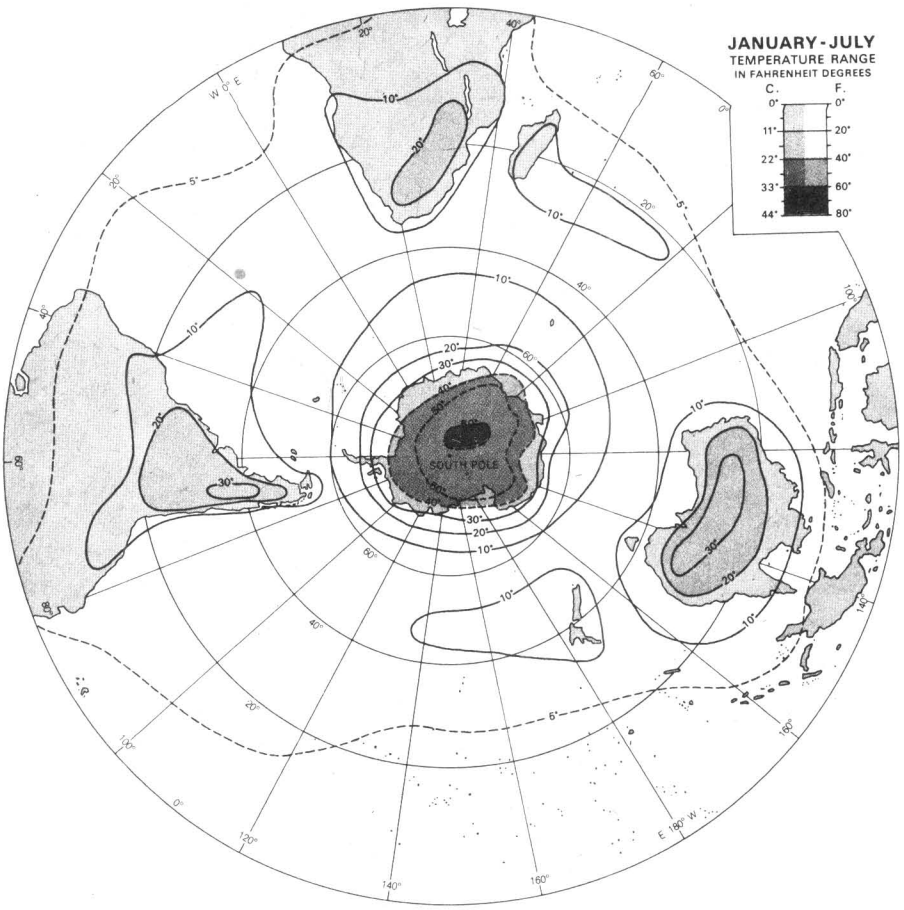
แผนที่อุณหภูมิเสมอภาคของโลกในเดือนมกราคมและกรกฎาคมจะแตกต่างกัน โดยปกติแล้วเส้นอุณหภูมิเสมอภาคจะมีแนวจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออกรอบโลก เนื่องจากการลดพลังงานความร้อนของดวงอาทิตย์จากศูนย์สูตรไปหาขั้วโลก ในซีกโลกใต้ตั้งแต่ละติจูดที่ 25 องศาลงไป เส้นอุณหภูมิเสมอภาคจะอยู่ในแนวตะวันออกและตะวันตก ซึ่งเกือบขนานกันเห็นได้ชัด ในเดือนมกราคมพื้นดินและพื้นน้ำมีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก ทำให้อุณหภูมิเสมอภาคในซีกโลกภาคเหนือจะโค้งไปทางเหนือในบริเวณพื้นดิน และโค้งไปทางใต้ในบริเวณพื้นน้ำ

เนื่องจากความแตกต่างของพื้นดินและพื้นน้ำที่แสดงไว้ในไดอะแกรม ในซีกโลกเหนือเส้นอุณหภูมิเสมอภาคในเดือนมกราคมจะโค้งไปทางใต้เมื่อผ่านพื้นดิน และโค้งไปทางเหนือเมื่อผ่านพื้นน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากในละติจูดเดียวกัน อุณหภูมิบนพื้นดินจะต่ำและบนพื้นน้ำจะสูง ส่วนในเดือนกรกฎาคมนั้นจะกลับกันโดยอุณหภูมิจะโค้งไปทางเหนือเมื่อผ่านพื้นดิน และจะโค้งไปทางใต้เมื่อผ่านพื้นน้ำ

เส้นอุณหภูมิเสมอภาคจะเคลื่อนที่ตามแนวการส่องแสงของดวงอาทิตย์ ซึ่งมักจะช้าไปประมาณ 1 เดือน บริเวณมหาสมุทรทางตอนใต้เป็นพื้นน้ำอันกว้างใหญ่ เส้นอุณหภูมิเสมอภาคจะเคลื่อนที่ไปประมาณ 5 องศาละติจูดเท่านั้น ส่วนเหนือพื้นดิน เช่น ในแอฟริกาจะเคลื่อนที่มากถึง 20 องศาละติจูด

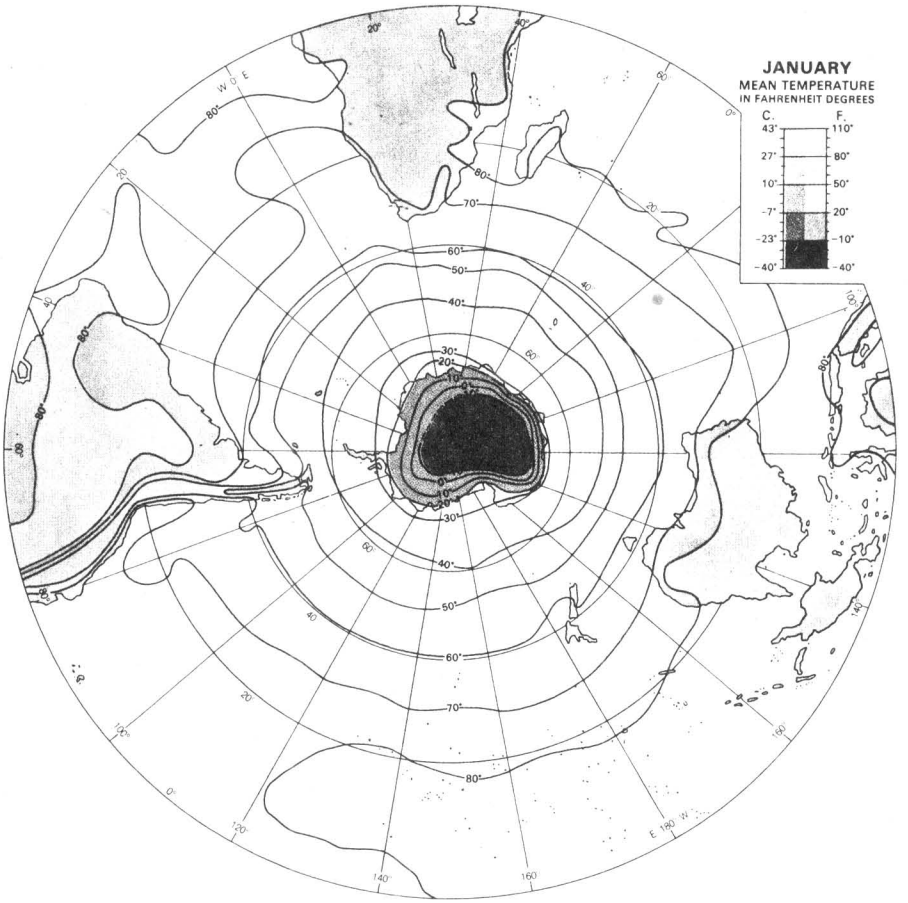


รูปที่ 4.16 ก. ความแตกต่างของอุณหภูมิประจำปีของอากาศ

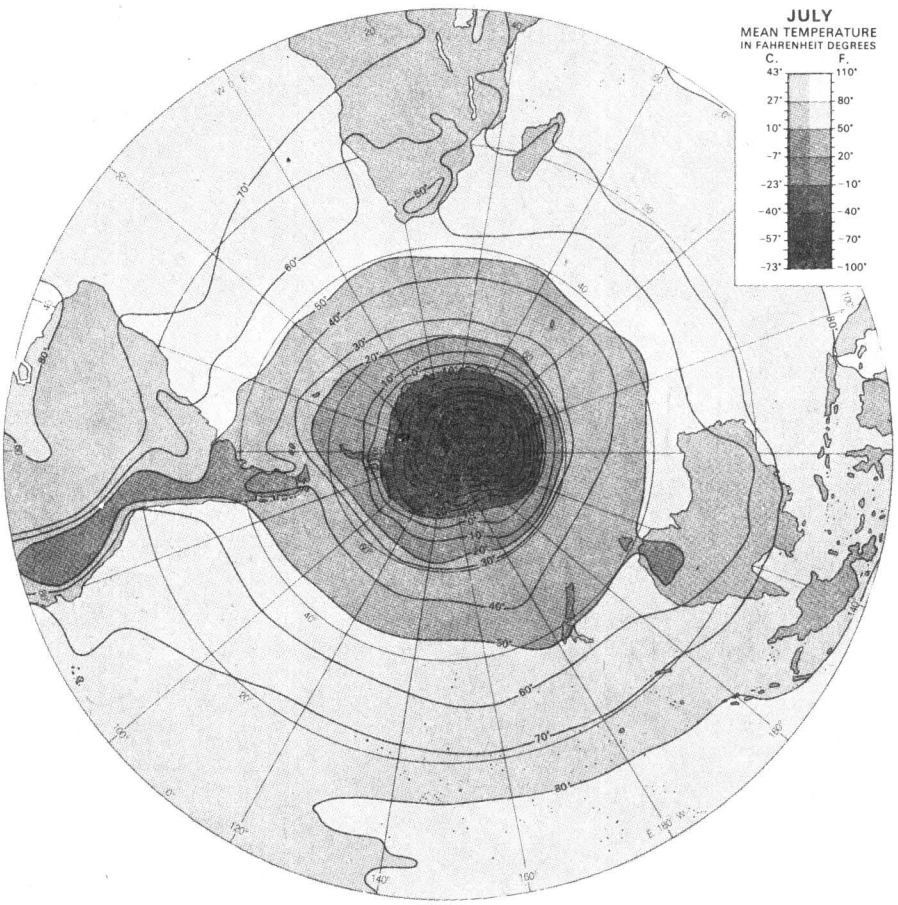

JANUARY-JULY
TEMPERATURE RANGE
IN FAHRENHEIT DEGREES
C.
F.
0°
0°
11°
20°
22°
40°
33°
60°
44°
80°
SOUTH POLE
W 0° E
E 180° W

รูปที่ 4.16 ข

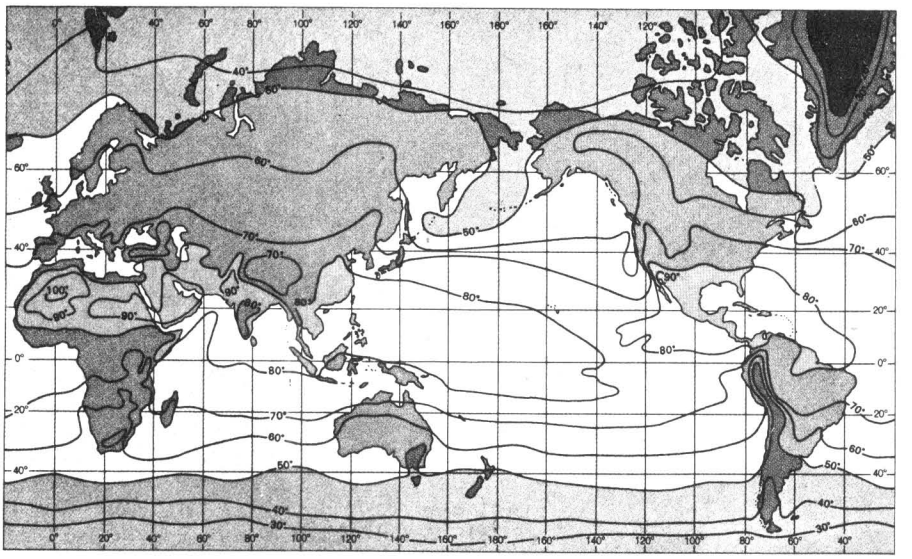
ศูนย์กลางของความกดอากาศสูงที่ถาวรจะมีอุณหภูมิต่ำบริเวณกรีนแลนด์และแอนตาร์กติก เนื่องจากทั้ง 2 แห่งนี้เป็นทุ่งน้ำแข็ง แต่ทว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนมกราคมจะอยู่ในเขตไซบีเรีย



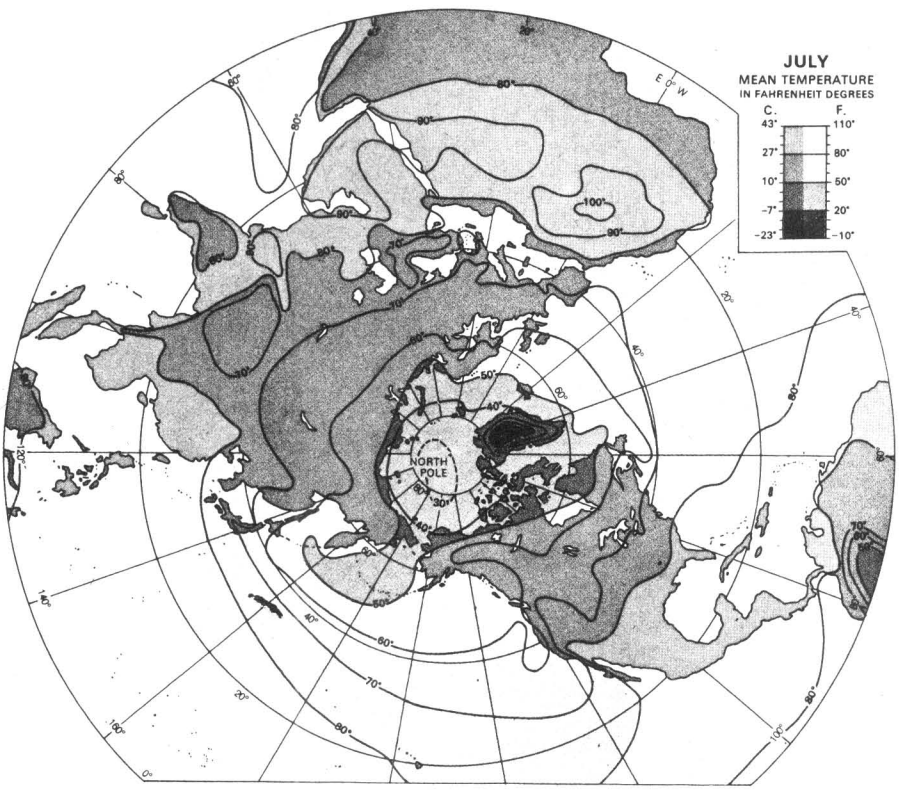
รูปที่ 4.17 ก มกราคม อุณหภูมิเฉลี่ยเป็นองศาฟาเรนไฮต์ กรกฎาคม อุณหภูมิเฉลี่ยเป็นองศาฟาเรนไฮต์


JULY
MEAN TEMPERATURE
IN FAHRENHEIT DEGREES
C.
F.
43°
110°
27°
80°
10°
50°
-7°
20°
-23°
10°
-40°
40°
-57°
70°
-73°
100°

รูปที่ 4.17 ข



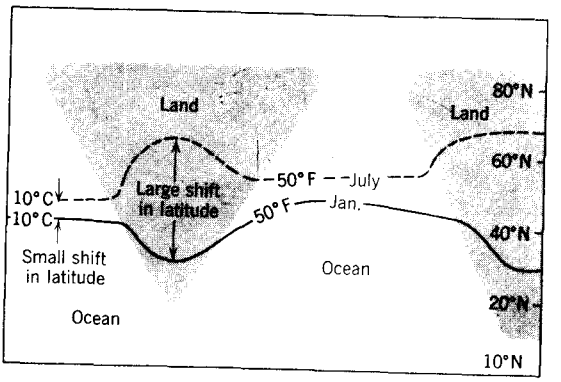
รูปที่ 4.17 ค



รูปที่ 4.17 ง

การเปรียบเทียบอุณหภูมิในฤดูหนาวที่ขั้วโลกทั้งสอง จะเห็นว่าลักษณะที่ขั้วโลกทั้งสองต่างกัน คือขั้วหนึ่งจะอยู่บริเวณมหาสมุทร และอีกขั้วหนึ่งจะอยู่ใจกลางทวีปซึ่งเป็นที่ราบสูง การนำความร้อนผ่านทะเลน้ำแข็งที่หนาไม่เกิน 15 ฟุต (5 เมตร) ในเดือนมกราคมขั้วเหนือจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ —30 องศาฟาเรนไฮต์ (—35 องศาเซลเซียส) ในทางตรงกันข้ามอุณหภูมิเฉลี่ยที่ขั้วโลกใต้ในเดือนกรกฎาคม ประมาณ —75 องศาฟาเรนไฮต์ (—60 องศาเซลเซียส) เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะมีการแผ่รังสีจากพื้นดินไปอย่างรวดเร็วและไม่มีความร้อนอื่นมาแทน บริเวณที่หนาวจัดของทวีปแอนตาร์กติก จะมีศูนย์กลางอยู่ประมาณละติจูด 7—8 องศาห่างจากขั้วใต้ (82—83 องศาใต้) แต่มีอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนกรกฎาคมต่ำถึง —90 องศาฟาเรนไฮต์ (—68 องศาเซลเซียส)

ความแตกต่างของอุณหภูมิประจำปี เราอาจจะคำนวณง่าย ๆ จากแผนที่อากาศเดือนมกราคมและเดือนกรกฎาคม เส้นอุณหภูมิเสมอภาคจะลากผ่านจุดที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน เราเรียกว่า เส้นความแตกต่างร่วม (Corange lines) ในภาคเหนือของไซบีเรียความแตกต่างของอุณหภูมิประมาณ 110 องศาฟาเรนไฮต์ (61 องศาเซลเซียส) เป็นบริเวณที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิมากที่สุดในโลก รองลงไปตอนกลางค่อนไปทางเหนือของแคนาดา ตะวันตกของอ่าวฮัดสัน และกรีนแลนด์ จะมีความแตกต่าง 70 องศาฟาเรนไฮต์ (40 องศาเซลเซียส) สำหรับแอฟริกา อเมริกาใต้ และออสเตรเลีย มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิประมาณ 30 องศาฟาเรนไฮต์ (17 องศาเซลเซียส) แถบศูนย์สูตรประมาณละติจูดที่ 35 องศา บริเวณมหาสมุทรจะมีความแตกต่างกันประมาณ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งรวมทั้งตอนกลางของแอฟริกาและอเมริกาใต้ จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างปี 5 องศาฟาเรนไฮต์ (2.8 องศาเซลเซียสหรือน้อยกว่านั้น)

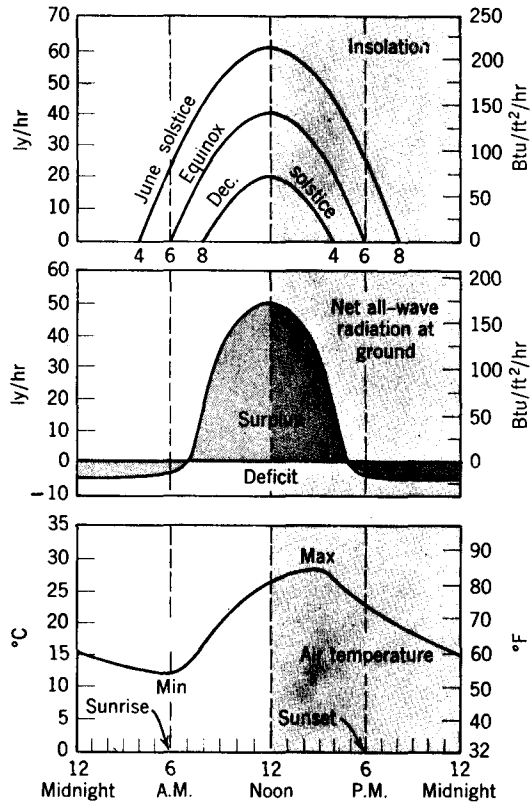


รูปที่ 4.18 เส้นอุณหภูมิเสมอภาคที่โค้งตามฤดู

กระแสน้ำในมหาสมุทร ก็มีส่วนทำให้เส้นอุณหภูมิเสมอภาคเปลี่ยนแปลงไปตามคุณสมบัติของกระแสน้ำนั้น ๆ

4.9 การหมุนเวียนของอุณหภูมิของอากาศประจำวัน

การอ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ทุก ๆ ชั่วโมงหรือครึ่งชั่วโมง ตลอด 24 ชั่วโมง แล้วบันทึกอุณหภูมิไว้ในกราฟ จะสังเกตเห็นว่าในวันที่อากาศแจ่มใสขณะที่ดวงอาทิตย์เริ่มขึ้น เส้นกราฟจะต่ำและจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในตอนบ่าย เส้นกราฟนี้จะโค้งเรียบสม่ำเสมอชี้ให้เห็นถึงการสูงขึ้นและต่ำลงของอุณหภูมิ ซึ่งเรียกว่า การหมุนเวียนของอุณหภูมิอากาศประจำวัน



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ของเส้นโค้งอุณหภูมิเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นดินแผ่รังสี และการส่องแสงของดวงอาทิตย์บริเวณเส้นรุ้งกลางและศูนย์สูตร

ในไดอะแกรมที่แสดงไว้อยู่ในเขตละติจูดกลาง (ละติจูดที่ 40—45 องศา) สมมติว่าตรงบริเวณนี้เป็นเวลากลางวันและกลางคืนเท่ากัน (Equinox) ประมาณวันที่ 21 มีนาคม หรือ 23 กันยายน ดวงอาทิตย์จะขึ้นและตกเวลา 6.00 นาฬิกา และ 18.00 นาฬิกาตามลำดับ เส้นกราฟที่แสดงจะเริ่มตั้งแต่ 6.00 นาฬิกา แล้วค่อยๆ สูงขึ้นไปสูงสุดในเวลาเที่ยงวัน แล้วค่อยๆ ลดลงจนสิ้นสุดในเวลา 18.00 นาฬิกา เส้นโค้งแสดงการหมุนเวียนของอุณหภูมิอากาศประจำวันจะไม่ร้อนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนเลยเที่ยงวัน อุณหภูมิสูงสุดในวันหนึ่ง ๆ จะอยู่ระหว่างเวลา 14.00 —16.00

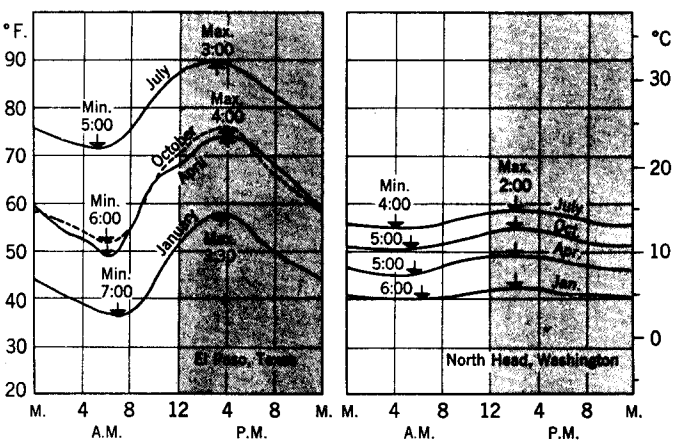
นาฬิกา หลังจากนั้นก็จะเริ่มลด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนส่วนเกินที่มีอยู่บนผิวโลก บางครั้งอาจจะเลื่อนไปจนกระทั่งถึง 17.00 นาฬิกา เวลาที่อุณหภูมิต่ำสุดในรอบวันหนึ่ง ๆ อาจจะเป็นระยะเวลา 4.00 นาฬิกา แต่เวลาที่อุณหภูมิต่ำสุดนั้นอาจจะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากพลังงานความร้อนที่โลกได้รับนั้นเปลี่ยงแปลงไปด้วย

สมมติค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิประจำวัน 2 บริเวณ บริเวณหนึ่งอยู่ในพื้นทวีปที่มีอากาศแห้งแล้งอีกแห่งหนึ่งอยู่ใกล้พื้นน้ำที่มีอากาศชื้น จะสังเกตว่าอุณหภูมิลดต่ำลงที่สุดนั้นจะเปลี่ยนไปตามวันเริ่มฤดู (Solstice) และวันที่มีกลางวันและกลางคืนยาวเท่ากัน (Equinox) แต่อุณหภูมิสูงสุดในเส้นกราฟที่ปรากฏจะเป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างของพื้นดินและพื้นน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิประจำวัน และประจำปีอยู่

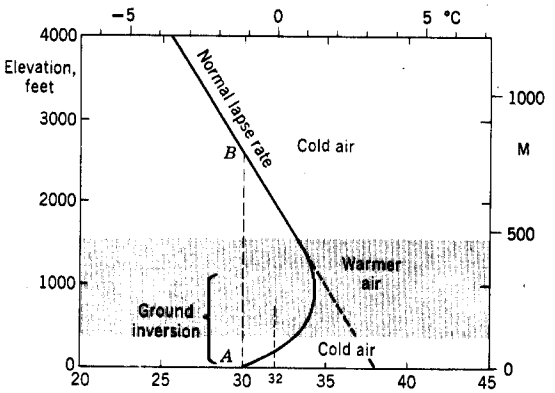
4.10 อุณหภูมิผกผัน และน้ำค้างแข็ง

เมื่ออากาศมีความกดสูงเพิ่มขึ้นอุณหภูมิจะลดลง แต่ในบริเวณอากาศชั้นต่ำ ในเวลากลางคืนพื้นดินจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามระดับความสูง ก่อนที่จะถึงลักษณะอากาศแบบลดตามอัตราปกติ (Normal lapse rate) สภาวะเช่นนี้เราเรียกว่า อุณหภูมิผกผัน (Temperature inversion) ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่า มีอากาศร้อนเหนืออากาศที่เย็นกว่า

อุณหภูมิผกผันในระดับต่ำ (Ground inversion) ซึ่งเกิดจากพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปรวดเร็วจากการสะท้อนไปจากพื้นดิน และมักจะเกิดขึ้นในเวลากลางคืนของฤดูหนาวที่มีลมสงบและท้องฟ้าแจ่มใส แต่ในฤดูใบไม้ผลิ หรือ ต้นฤดูใบไม้ร่วง อากาศจะสูญเสียความร้อนอย่างมากมายในเวลากลางคืน อุณหภูมิของอากาศใกล้พื้นดินจะต่ำกว่าจุดเยือกแข็งเป็นผลทำให้เกิดน้ำค้างแข็ง (Frost) ทำความเสียหายให้แก่พืชพรรณบางชนิด นอกจากนั้นยังมีสาเหตุอื่นที่ทำให้เกิดอุณหภูมิผกผัน และน้ำค้างแข็งซึ่งเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ โดยปราศจากการแผ่รังสีความร้อน



รูปที่ 4.20 อุณหภูมิเฉลี่ยประจำวันในเดือนมีนาคมของ 2 สถานี



รูปที่ 4.21 อุณหภูมิผกผันในระดับต่ำ

น้ำค้างแข็งอาจจะป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นในสวนผลไม้ หรือบริเวณที่ทำการเพาะปลูก โดยทำให้อากาศร้อนข้างบนผสมกับอากาศเย็นข้างล่างใกล้พื้นดิน ถ้าชั้นของอากาศเย็นไม่หนามากนัก อาจทำได้โดยใช้พัดลมขนาดใหญ่ ทำให้อากาศหมุนเวียน ลักษณะเดียวกับพัดลมในห้อง

คำถามท้ายบทที่ 4
ความร้อนเย็นบนผิวโลก

1. จงให้คำนิยามของกาลอากาศและภูมิอากาศ มีความแตกต่างกันอย่างไร ?
2. จงบอกรายชื่อส่วนประกอบของกาลอากาศ อุตุนิยมให้รายละเอียดของส่วนประกอบของอากาศอย่างไร ?
3. อธิบายการเก็บความร้อนของโลก โลกรักษาความสมดุลของความร้อนอย่างไร ?
4. บรรยากาศของโลกได้รับพลังงานความร้อนจากแหล่งไหน ? จงอธิบายถึงการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์
5. ปัจจัยของปริมาณการส่องสว่างของดวงอาทิตย์ต่อบริเวณของโลกคืออะไร ? ค่าเฉลี่ยของการส่องสว่างจากดวงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กับละติจูดตลอดปีอย่างไรบ้าง ?
6. ฤดูกาลเกิดขึ้นได้อย่างไร ? มีผลต่อการส่องแสงของดวงอาทิตย์ในบริเวณศูนย์สูตรอย่างไร ? ในเส้นรุ้งกลาง (ละติจูด 40 องศา—50 องศา) อย่างไร ? ในบริเวณใกล้กับขั้วโลกอย่างไร ?
7. จงบอกชื่อโซนละติจูดจากศูนย์สูตรไปยังขั้วโลก การส่องแสงจากดวงอาทิตย์ไปยังละติจูดในแต่ละโซนเป็นอย่างไร ?
8. จงอธิบายถึงการสูญเสียของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ ทำไมการส่องแสงของดวงอาทิตย์บริเวณผิวโลกจึงแตกต่างกันในแต่ละวัน

9. บรรยากาศของโลกมีความร้อนอย่างไร ? พื้นดินแผ่รังสีอะไร ? แสงสะท้อนโดยตรงจากพื้นดินหรือพื้นน้ำที่มีความสำคัญทำให้บรรยากาศร้อนขึ้น
10. ความร้อนของแสงอาทิตย์ที่อยู่ในบ้านมีหลักอะไร ? เรือนกระจกมีผลจากอะไร ?
11. ละติจูดมีผลต่อความร้อนทั้งหมดประจำปีไปในทางบวกหรือลบ
12. จงอธิบายความร้อนที่สะสมไม่เท่ากันในแต่ละฤดูกาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในละติจูดกลางและละติจูดสูง
13. จงอธิบายถึงความแตกต่างพื้นฐานของพื้นดินและพื้นน้ำในแง่คุณสมบัติ ในการรับและคายความร้อนจากดวงอาทิตย์ ความแตกต่างเหล่านี้จะมีผลต่างอุณหภูมิของอากาศที่อยู่เหนือพื้นดินและพื้นน้ำอย่างไร ?
14. อุณหภูมิของอากาศที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานของสถานีอุตุนิยมวิทยาสหรัฐฯ จะอยู่ภายใต้สภาพอะไร ? เครื่องมือที่ช่วยบันทึกอุณหภูมิต่อเนื่องโดยอัตโนมัติคืออะไร ?
15. จงเปรียบเทียบระบบอุณหภูมิฟาเรนไฮต์และเซลเซียสว่าแตกต่างกันอย่างไร ? อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้ง 2 ระบบทำอย่างไร ? จงอธิบายถึงมาตราอุณหภูมิแบบเคลวิน (Kelvin)
16. อุณหภูมิประจำวันหมายความว่าอย่างไร ? สถานีตรวจอากาศของสหรัฐฯ มีวิธีการคิดอย่างไร ?
17. เส้นกราฟอุณหภูมิประจำปีในบริเวณเส้นรุ้งกลาง ที่ตั้งอยู่ในดินแดนภายในทวีปและมีบริเวณเขตชายฝั่งมีความแตกต่างกันอย่างไร ? ความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจะเป็นอย่างไรบริเวณ 2 แห่งนี้ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น
18. เส้นอุณหภูมิเสมอภาคคืออะไร ? มีวิธีการเขียนอย่างไร ? แผนที่อุณหภูมิเสมอภาคมีประโยชน์ในการศึกษาถึงกาลอากาศและภูมิอากาศมากกว่าแผนที่ซึ่งแสดงเพียงลักษณะอุณหภูมิอย่างไร ?
19. แนวโน้มของอุณหภูมิเสมอภาคบนโลกโดยทั่วไปคืออะไร ? มุมของแสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนไปมีอิทธิพลต่อเส้นอุณหภูมิเสมอภาคเฉลี่ยประจำเดือนหรือไม่ เส้นละติจูดจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเส้นอุณหภูมิเสมอภาคบนพื้นดินหรือพื้นน้ำหรือไม่ ตอบโดยใช้ความคิดเห็นของตนเอง
20. ลักษณะของพื้นดินในทวีปอเมริกาเหนือและเอเชียจะมีอิทธิพลต่อเส้นอุณหภูมิเสมอภาคในเดือนมกราคมและเดือนกรกฎาคมอย่างไร ? บริเวณที่มีอุณหภูมิประจำปีของโลกมีความแตกต่างกันมากที่สุดอยู่ที่ไหน ? บริเวณที่มีอุณหภูมิประจำปีแตกต่างกันน้อยอยู่ตรงไหน ?
21. จงอธิบายเส้นกราฟอุณหภูมิประจำวันตามปกติ อุณหภูมิของอากาศที่สูงสุดและต่ำสุดโดยปกติจะอยู่บริเวณไหนบ้าง ? วัฏจักรของอุณหภูมิของอากาศมีความสัมพันธ์กับการส่องแสงของดวงอาทิตย์และการแผ่รังสีของบริเวณพื้นดินได้ในลักษณะใด ? จงอธิบายผลของการเปลี่ยนแปลงฤดูบริเวณเส้นรุ้งกลางที่มีผลต่ออุณหภูมิต่ำสุดประจำวัน
22. อุณหภูมิผกผันคืออะไร ? จงอธิบายว่าพื้นดินทำให้เกิดการผกผันได้อย่างไร ? การแผ่รังสีความร้อนจะทำให้น้ำค้างแข็งสลายตัวได้อย่างไร ?

บทที่ 5

ลมและการหมุนเวียนของอากาศรอบโลก

(Winds and the Global Circulation)

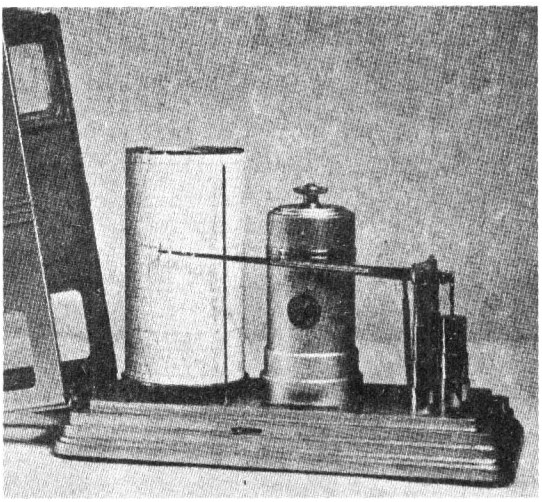
การศึกษาเรื่องบรรยากาศที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น เรายังไม่ได้กล่าวถึงเรื่องการเคลื่อนไหวของบรรยากาศเลย ในบทที่ 3 กล่าวถึงโครงสร้างของบรรยากาศ บทที่ 4 ได้กล่าวถึงลักษณะความร้อนหนาวประจำวันและฤดูโดยมิได้กล่าวถึงการเคลื่อนไหวของอากาศ ดังนั้น ในบทนี้จะได้กล่าวถึงลมและการเคลื่อนไหวของอากาศ

หลักสำคัญที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของบรรยากาศของโลกนั้น คือ ความร้อนหนาวของบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอเป็นเหตุให้ความกดอากาศแต่ละแห่งไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้อากาศหมุนเวียนเคลื่อนไหว ในขณะเดียวกันอากาศที่เคลื่อนไหวก็จะถ่ายเทความร้อนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของบรรยากาศเช่นนี้มีความสำคัญอย่างใหญ่หลวงต่อลมฟ้าอากาศภูมิอากาศและความร้อนหนาวในแถบต่างๆ ของโลก นอกจากนี้อากาศที่ถ่ายเทไปนั้นยังได้นำเอาไอน้ำจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งด้วย สำหรับบทบาทของน้ำกับการเปลี่ยนแปลงสถานะในบรรยากาศ จะได้กล่าวอย่างละเอียดในบทที่ 6 ต่อไป

5.1 การกระจายของความกดอากาศในแนวนอน

แม้ว่าลักษณะการลดลงของความกดอากาศในแนวดิ่ง ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 นั้น มีความสำคัญหลายประการในด้านอุตุนิยมวิทยาและการบิน แต่การลดลงของความกดอากาศไม่ได้เป็นตัวการสำคัญที่จะทำให้มีความเข้าใจสภาพอากาศบนพื้นผิวโลกและชนิดต่าง ๆ ของภูมิอากาศของโลก สถานีตรวจอากาศซึ่งตามปกติอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเล มีเครื่องวัดความกดอากาศและเทียบลงมาเป็นความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลได้ ดังนั้นแผนที่อากาศและแผนที่ภูมิอากาศทั้งหมดจะแสดงความกดอากาศ ณ ที่ต่าง ๆ เมื่อเทียบกับความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล จึงเป็นสิ่งแสดงให้เห็นว่า ในบริเวณที่มีความสูงเท่ากัน ความกดอากาศอาจแตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นเพราะองค์ประกอบอย่างอื่น มิใช่ความสูงแต่เพียงอย่างเดียว การบันทึกความกดอากาศในระดับต่าง ๆ นี้เป็นเครื่องมือสำคัญของสถานีตรวจอากาศ

การเปรียบเทียบความกดอากาศ ณ ตำบลต่าง ๆ ซึ่งปรับลงมาที่ระดับน้ำทะเลปานกลางแล้วนั้น ได้บันทึกไว้ในเวลาเดียวกัน ณ สถานีต่าง ๆ หรือการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศในแต่ละช่วงเวลาของสถานีเดียวกัน จะเป็นข้อมูลที่สำคัญในการวิจัยสภาพอากาศ ความกด



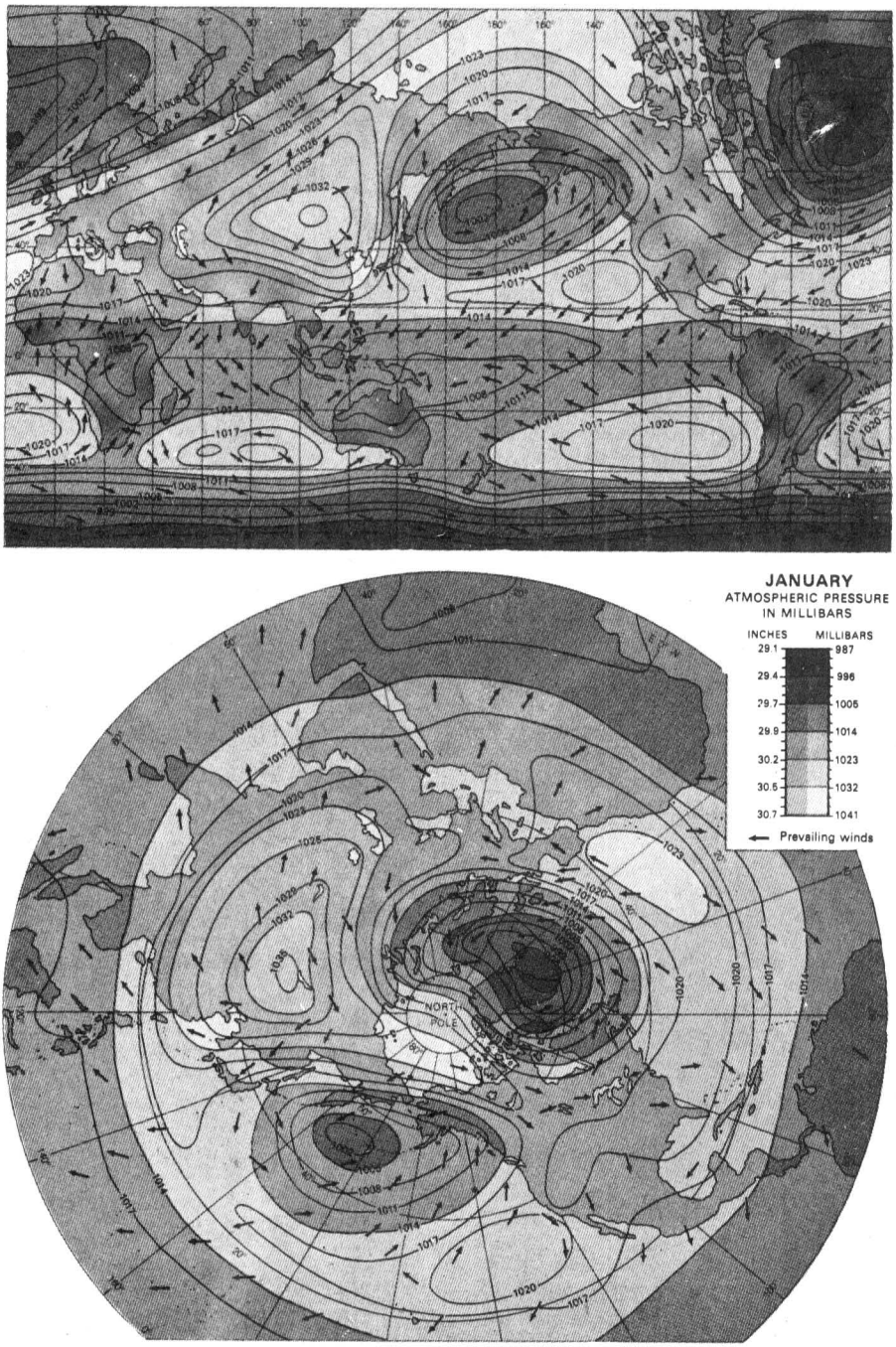
รูปที่ 5.1 บาโรมิเตอร์แบบบันทึกบนกระดาษกราฟ

อากาศที่ระดับน้ำทะเล ที่ถือเป็นมาตรฐานมีค่า 1,013 มิลลิบาร์ (29.92 นิ้ว หรือ 76 เซนติเมตร) บางครั้งอาจสูงกว่านี้ บางทีสูงถึง 1,040 มิลลิบาร์ (30.7 นิ้ว หรือ 78 เซนติเมตร) ความกดเหล่านี้นับว่าจัดอยู่ในจำพวกความกดสูง และความกดอากาศจะลดต่ำลงจนถึง 982 มิลลิบาร์ (20 นิ้ว หรือ 74 เซนติเมตร) หรือต่ำกว่า จัดอยู่ในพวกความกดอากาศต่ำ ซึ่งอธิบายได้ว่าศูนย์กลางความกดอากาศต่ำมักจะอยู่ในบริเวณสภาพอากาศแปรปรวน มีเมฆแผ่ไปทั่วบริเวณ และพายุแรง แต่ศูนย์กลางความกดอากาศสูงจะอยู่ในบริเวณท้องฟ้าแจ่มใส ลักษณะอากาศดี พวกชาวเรือยึดถือเรื่องความกดอากาศว่า ถ้าบาโรมิเตอร์ลดลงเมื่อใด แสดงว่าจะเกิดลักษณะอากาศวิปริตและแปรปรวน

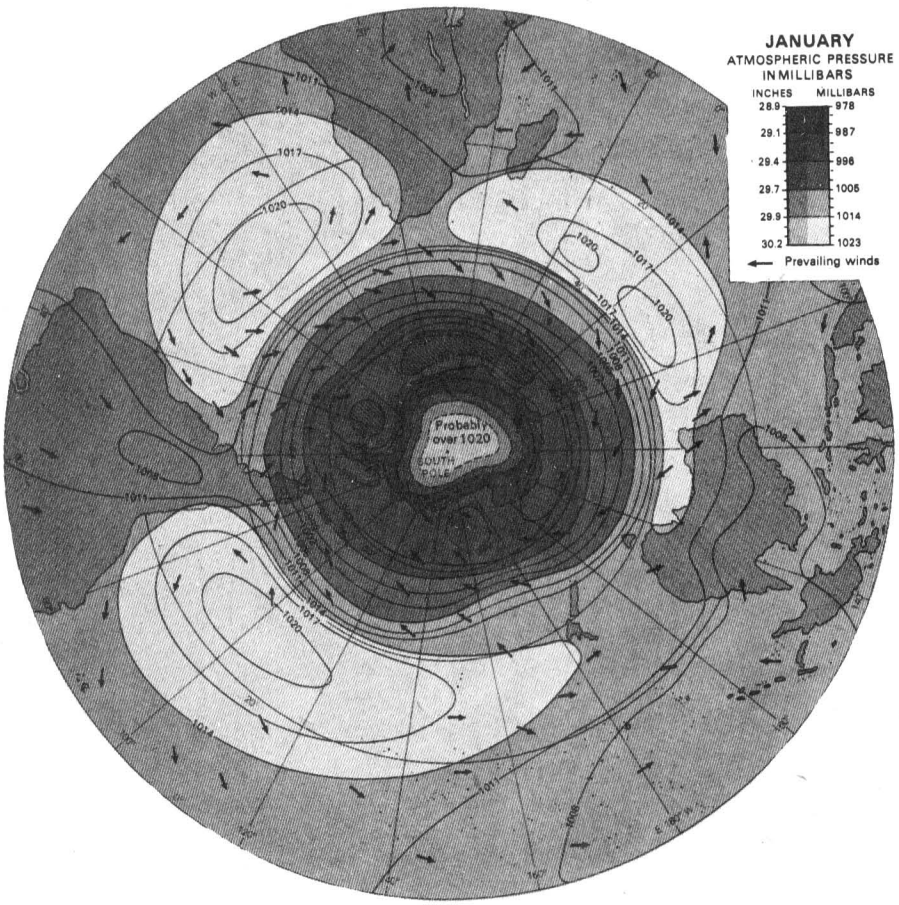
ณ บริเวณเขตรุ้งกลาง ในฤดูหนาวระหว่างที่มีอากาศหนาวจะมีความกดอากาศสูง และความกดอากาศต่ำเมื่ออากาศอบอุ่น

แผนที่แสดงเส้นความกดอากาศเท่า

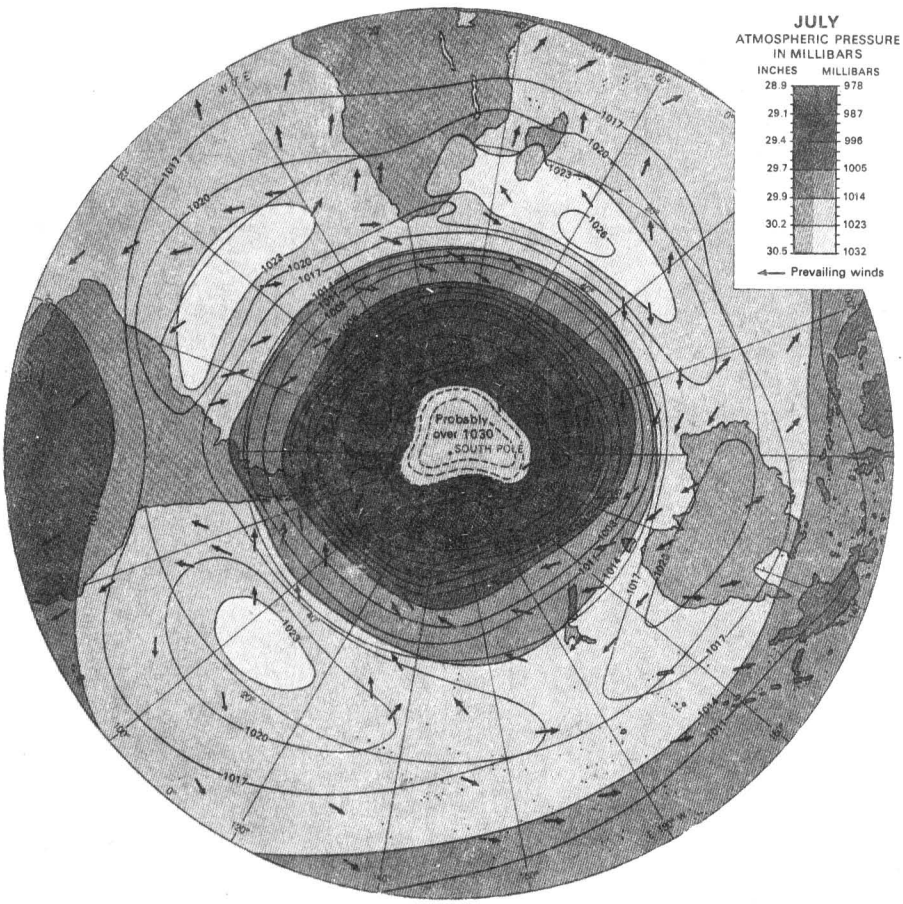
สภาพความกดอากาศสามารถแสดงให้เห็นบนแผนที่ได้ โดยเส้นความกดอากาศเท่าหรือเส้นไอโซบาร์ (Isobars) ซึ่งเป็นเส้นที่ลากผ่านตำบลต่าง ๆ ที่มีความกดอากาศเท่ากัน ในแผนที่อากาศประจำวัน ซึ่งแสดงสภาพอากาศช่วงเวลานั้น ๆ เส้นไอโซบาร์จะแสดงให้เห็นลักษณะและบริเวณที่ตั้งของศูนย์การเคลื่อนไหวของความกดอากาศสูงและความกดอากาศต่ำ ส่วนในแผนที่แสดงภูมิอากาศ เส้นไอโซบาร์จะแสดงผลเฉลี่ยปานกลางของความกดอากาศ ซึ่งคำนวณจากหลักฐานที่ได้รวบรวมไว้เป็นปี ๆ



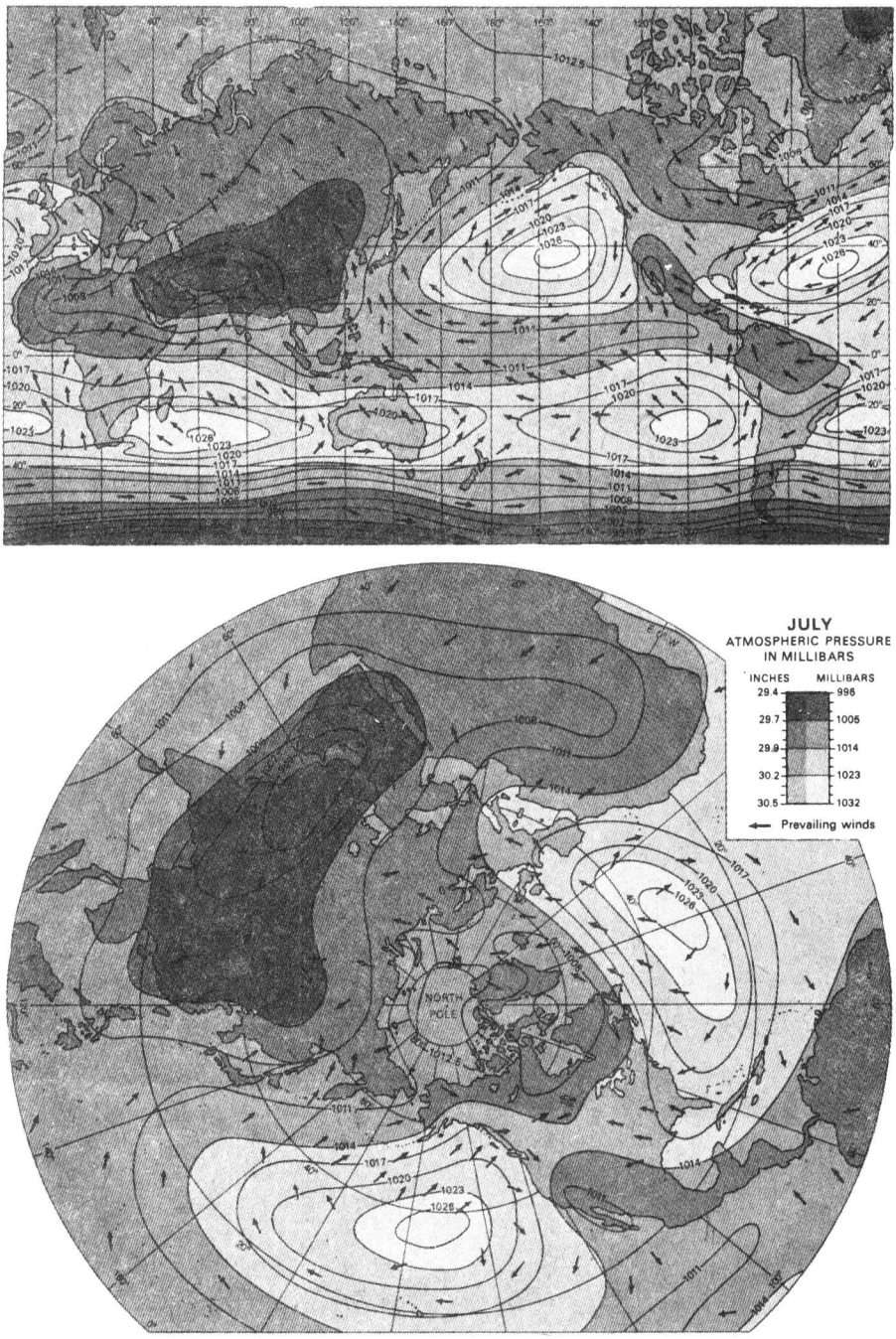
รูปที่ 5.2 ก ค่าเฉลี่ยของความกดอากาศในเดือนมกราคม (มิลลิบาร์ ลดที่ระดับน้ำทะเล) และลมผิวพื้นลูกศรลมในเขตขั้วโลกมีมากสัมพันธ์กับเส้นความกดเสมอภาค


JANUARY
ATMOSPHERIC PRESSURE
IN MILLIBARS
INCHES
MILLIBARS
28.9
978
29.1
987
29.4
996
29.7
1005
29.9
1014
30.2
1023
Prevailing winds
Probabl
over 1020
SOUTH
POLE

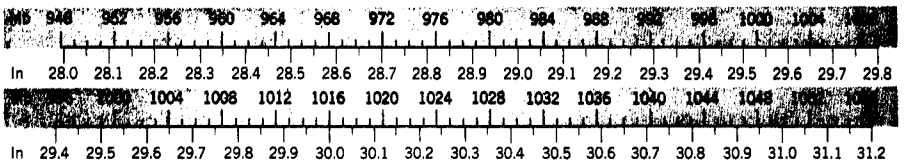
รูปที่ 5.2 ข


JULY
ATMOSPHERIC PRESSURE
IN MILLIBARS
INCHES
MILLIBARS
28.9
978
29.1
987
29.4
996
29.7
1005
29.9
1014
30.2
1023
30.5
1032
Prevailing winds
Probably
over 1030
SOUTH POLE

รูปที่ 5.2 ค


JULY
ATMOSPHERIC PRESSURE
IN MILLIBARS
INCHES
MILLIBARS
29.4
996
29.7
1005
29.9
1014
30.2
1023
30.5
1032
Prevailing winds
NORTH POLE

รูปที่ 5.3



รูปที่ 5.4 มาตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงมิลลิบาร์เป็นนิ้ว

5.2 เขตความกดอากาศของโลก

1. เขตความกดอากาศต่ำบริเวณเส้นศูนย์สูตร (Equatorial trough) ณ บริเวณเส้นศูนย์สูตรจะมีแนวความกดอากาศต่ำที่สุด คือ มีความกดระหว่าง 1,011 มิลลิบาร์ กับ 1,008 มิลลิบาร์ (29.9 และ 29.8 นิ้ว หรือ 76 และ 75.7 เซนติเมตร) ความกดอากาศต่ำบริเวณศูนย์สูตรนี้เห็นได้ชัดว่าแตกต่างกับเขตความกดอากาศสูงทางตอนเหนือและตอนใต้

2. เขตความกดอากาศสูงบริเวณเหนือและใต้ศูนย์สูตร (เขตรุ้งม้า) (Subtropical belts of high pressure) ศูนย์กลางความกดอากาศสูงจะอยู่ประมาณละติจูด 30 องศาเหนือและใต้ ในซีกโลกภาคใต้เขตนี้จะเป็นศูนย์กลางความกดอากาศสูงอย่างเห็นได้ชัด แต่ในซีกโลกภาคเหนือ ในฤดูร้อนแนวความกดอากาศสูงจะอยู่ระหว่างมหาสมุทรทั้งสอง คือ ทางตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกและตะวันออกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแอตแลนติก ศูนย์กลางความกดอากาศโดยเฉลี่ยจะสูงกว่า 1,026 มิลลิบาร์ (30.3 นิ้ว หรือ 77.0 เซนติเมตร)

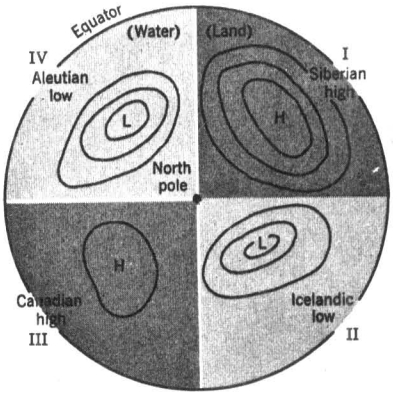
3. เขตความกดอากาศต่ำใกล้ขั้วโลก เขตนี้อยู่ถัดจากเขตรุ้งม้าไปทางขั้วโลก จากละติจูดกลางถึงบริเวณอาร์กติก แต่บริเวณศูนย์กลางความกดอากาศต่ำจะอยู่ประมาณละติจูดที่ 60 องศา ในซีกโลกภาคใต้บริเวณความกดอากาศต่ำที่ซับแอนตาร์กติก (Subantarctic low-pressure) จะมีค่า = 984 มิลลิบาร์ (29.1 นิ้ว หรือ 73.9 เซนติเมตร)

4. เขตความกดอากาศสูงบริเวณขั้วโลก (Polar high) มีความกดอากาศแตกต่างจากเขตความกดอากาศต่ำบริเวณใกล้ ๆ ขั้วโลก โดยเฉพาะเขตความกดอากาศสูงบริเวณขั้วโลกใต้จะมีความกดอากาศแตกต่างกว่าบริเวณใกล้เคียงอย่างเห็นได้ชัด

ศูนย์กลางความกดอากาศในซีกโลกภาคเหนือ

ผืนแผ่นดินอันกว้างใหญ่ของทวีปอเมริกาเหนือและเอเชีย ซึ่งมีมหาสมุทรแอตแลนติกตอนเหนือและมหาสมุทรแปซิฟิกตอนเหนือคั่นอยู่ มีอิทธิพลต่อความกดอากาศในซีกโลกภาคเหนือเป็นอันมาก สำหรับความกดอากาศในซีกโลกภาคใต้นั้นไม่มีข้อแตกต่างมากนัก

ในซีกโลกภาคเหนือในฤดูหนาวบริเวณพื้นดินจะเป็นศูนย์กลางความกดอากาศสูง และอุณหภูมิจะลดต่ำกว่าบริเวณพื้นน้ำใกล้เคียง ในฤดูร้อนบริเวณพื้นดินจะมีความกดอากาศต่ำ และอุณหภูมิจะ



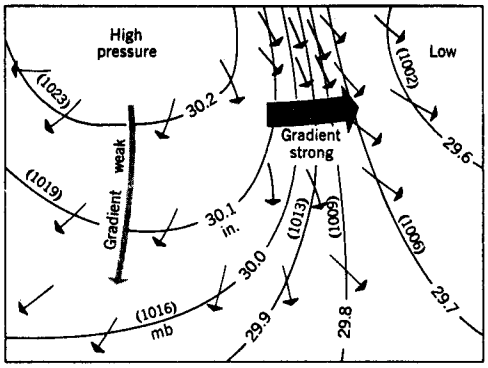
รูปที่ 5.5 หย่อมความกดอากาศของซีกโลกเหนือในเดือนมกราคม

สูงกว่าอุณหภูมิบนพื้นน้ำในมหาสมุทรเป็นอันมาก ในขณะเดียวกันบริเวณภาคพื้นมหาสมุทรใกล้เคียงจะมีศูนย์กลางความกดอากาศสูงซึ่งตรงข้ามกับศูนย์กลางความกดอากาศต่ำบนพื้นดิน จะเห็นได้ในแผนที่แสดงความกดอากาศในเดือนมกราคม และกรกฎาคม ในฤดูหนาวความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำเพิ่มมากขึ้นและความแตกต่างของอุณหภูมิก็เพิ่มมากขึ้น ณ หย่อมความกดสูงไซบีเรีย (Siberian high) ซึ่งอยู่ค่อนไปทางเหนือของเอเชียตอนกลาง มีความกดสูงโดยเฉลี่ยเกินกว่า 1,035 มิลลิบาร์ (30.6 นิ้ว หรือ 77.7 เซนติเมตร) และบริเวณตอนกลางของอเมริกาเหนือเป็นหย่อมความกดอากาศสูงอีกแห่งหนึ่งเรียกว่า หย่อมความกดสูงแคนาดา (Canadian high) บริเวณภาคพื้นสมุทรจะมีศูนย์กลางหรือหย่อมความกดต่ำที่หมู่เกาะอาลิวเชียน (Aleutian low) และบริเวณเกาะไอร์แลนด์ (Icelandic low) บริเวณทั้งสองแห่งนี้จะมีเมฆพายุจัดในฤดูหนาว อากาศวิปริต แปรปรวน แต่บริเวณความกดอากาศสูงภาคพื้นทวีปจะมีท้องฟ้าแจ่มใส

ในฤดูร้อน ความกดอากาศจะตรงกันข้ามกับฤดูหนาว ในเอเชียและอเมริกาเหนือจะมีความกดอากาศต่ำ แต่ความกดอากาศต่ำในเอเชียจะมีความกดอากาศต่ำมากกว่าอเมริกา โดยมีแนวเชื่อมต่อกับเขตความกดอากาศต่ำบริเวณศูนย์สูตร ในฤดูหนาวบริเวณมหาสมุทรแอตแลนติกและแปซิฟิกจะมีแนวความกดอากาศสูงเคลื่อนขึ้นไปทางเหนือ ทำให้บริเวณเบอร์มูดาส์ และฮาวายมีหย่อมความกดสูง ที่เรียกกันว่า หย่อมความกดสูงอะซอร์ส หรือเบอร์มูดาส์ "Azores (or Bermuda) high" และหย่อมความกดสูงฮาวาย (Hawaiian high)

5.3 ความสัมพันธ์ของลมกับความกดอากาศ

แผนที่แสดงความกดอากาศ แสดงให้เห็นศูนย์กลางความกดอากาศสูง และศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ ความกดอากาศจะค่อย ๆ ลดลงจากศูนย์กลางความกดอากาศสูง เป็นลักษณะลาดเท (Barometric slope) ออกไปโดยรอบทิศทาง แนวลาดเท (Pressure gradient) ของความกดอากาศนี้แสดงไว้โดยลูกศรใหญ่ซึ่งทำมุมฉากกับเส้นความกดเท่า ไม่ว่าจะเป็นศูนย์กลางความกดอากาศหรือ



รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ของลมกับเส้นความกดเสมอภาค

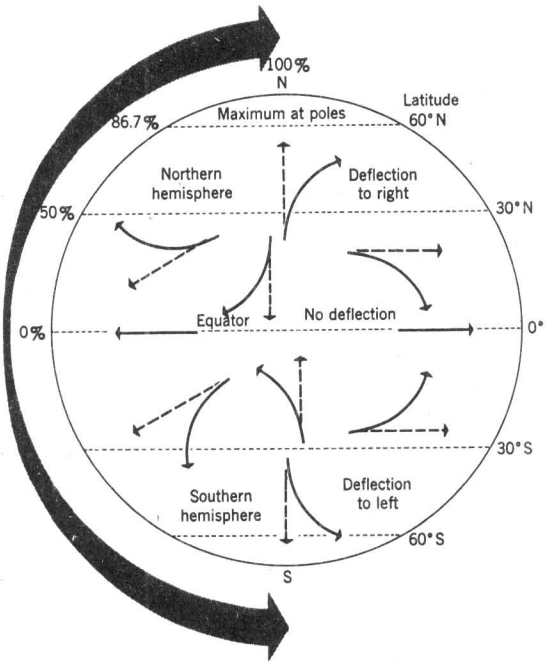
แนวความกดอากาศ ความลาดเทของความกดจะเริ่มจากเขตความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำเสมอ ถ้าเส้นไอโซบาร์นั้นถี่ แสดงว่าความกดอากาศแตกต่างกันมากและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ถ้าเส้นความกดเท่าห่างกัน แสดงว่าความกดอากาศไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก

ลมที่เกิดขึ้นและแผ่กระจายไปทั่วผิวโลกนั้น เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ ซึ่งเป็นต้นเหตุให้อากาศหมุนเวียน (A pressure gradient force) ลมจะพัดจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังตำบลที่มีความกดอากาศต่ำ ถ้าเส้นชั้นความกดอากาศเท่าถี่ แสดงว่าลมพัดแรง ถ้าห่างลมจะพัดอ่อน บริเวณลมสงบจะอยู่ที่ศูนย์กลางของความกดอากาศสูง

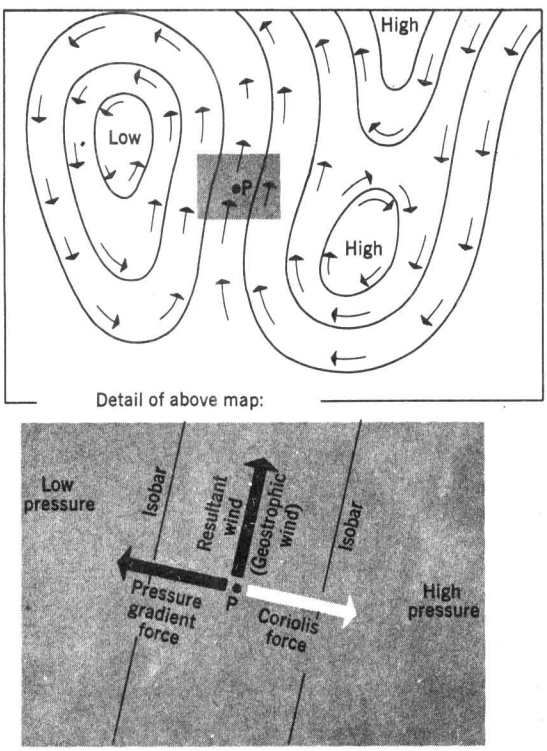
5.4 แรงโคริโอลิสและอิทธิพลที่มีต่อลม

ถ้าโลกไม่ได้หมุนรอบตัวเอง ลมก็จะพัดจากบริเวณความกดอากาศสูงไปยังบริเวณความกดอากาศต่ำเลยทีเดียว แต่การหมุนของโลกทำให้เกิดแรงอย่างหนึ่งเรียกว่า แรงโคริโอลิส (Coriolis force) ซึ่งทำให้ทิศทางของลมเปลี่ยนแปลงไป ทิศทางที่เปลี่ยนไปนี้เป็นไปตามกฎของเฟอร์เรล (Ferrel's law) ที่ว่า ของไหลใด ๆ ที่เคลื่อนที่อย่างเป็นอิสระบนซีกโลกภาคเหนือจะมีแรงชนิดหนึ่งเหนี่ยวนำให้ทิศทางการเคลื่อนที่เหไปทางขวามือเสมอ ส่วนในซีกโลกภาคใต้ จะเคลื่อนไปทางซ้ายเสมอ บริเวณศูนย์สูตรจะไม่มีแรงโคริโอลิสปรากฏ แต่จะมีความรุนแรงมากขึ้นในบริเวณขั้วโลกทั้งสอง จะแสดงให้เป็นแรงที่ทำให้ลมเคลื่อนที่เฉไป ในซีกโลกภาคเหนือลมจะพัดเคลื่อนที่ไปทางขวามือ และเนื่องด้วยแรงโคริโอลิสมีกำลังอ่อนจึงมีอิทธิพลต่อการไหลของอากาศและกระแสน้ำเท่านั้น นอกจากกระแสน้ำในมหาสมุทรที่ได้รับอิทธิพลจากแรงนี้แล้ว บางครั้งกระแสน้ำในแม่น้ำลำธารจะไหลไปทางฝั่งขวาในซีกโลกภาคเหนือ ไม้ที่ลอยไปตามน้ำทางตอนเหนือของโลก มักจะไหลมารวมกันที่ฝั่งขวาของลำธาร รวมทั้งลูกปืนที่ยิงระยะไกล ๆ ก็หันเหออกนอกทิศทางได้

จากหลักการที่ได้เรียนรู้มานี้ ทำให้เราเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของลมกับความกดอากาศ คือ



รูปที่ 5.7 แรงเบี่ยงเบนที่เกิดจากโลกหมุน



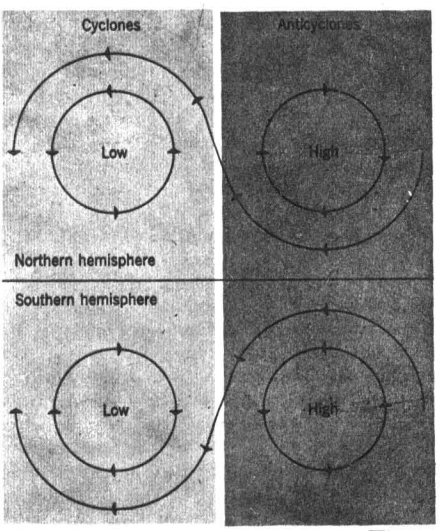
รูปที่ 5.8 ลมสัมพันธ์กับเส้นความกดเสมอภาคในระดับสูง

ความลาดเทซึ่งเริ่มจากความกดสูงไปยังความกดต่ำ และแรงโคริโอลิสซึ่งทำให้ลมเคลื่อนที่เหไปทางขวาอยู่ในสภาวะสมดุล เมื่อลมได้รับอิทธิพลจากแรงทั้งสองนี้จะพัดไปยังทิศทางที่ตั้งฉากกับแนวลมที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลของแรงที่ทำให้เกิดสภาวะสมดุลนี้มีชื่อว่า Geostrophic wind ในกรณีที่เส้น Isobars เป็นเส้นตรง แต่ถ้าเส้น Isobars เป็นเส้นโค้ง จะต้องคำนึงถึงแรงเหวี่ยงจากจุดศูนย์กลางด้วย แต่ในกรณีทั่ว ๆ ไป อากาศเบื้องบนในบรรยากาศเบื้องสูงจะพัดขนานกับเส้นความกดอากาศเท่า บอลลอท์ได้ตั้งกฎ (Ballat's law) ความสัมพันธ์ของลมกับความกดอากาศไว้ว่า ถ้ายืนหันหลังให้กับลมที่พัดมา บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำจะอยู่ซ้ายมือ ส่วนตำบลที่มีความกดอากาศสูงจะอยู่ทางขวามือ

บริเวณที่อยู่ใกล้พื้นผิวโลกในระดับความสูงประมาณ 2,000 ฟุต ถึง 3,000 ฟุต (600–900 เมตร) จะมีแรงอีกอย่างหนึ่ง เรียกว่า แรงเสียดทานระหว่างอากาศกับพื้นดิน (Force of friction) ซึ่งมีทิศทางขัดกับแรงโคริโอลิส และเป็นตัวการที่ทำให้ลมพัดขนานกับเส้นความกดเท่า การที่ลมพัดทำมุมกว้างหรือมุมแคบกับเส้นความกดเท่า (20–45 องศา) ย่อมขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวโลก ถ้าภูมิประเทศขรุขระเป็นลูกเนิน มุมจะกว้าง ถ้าราบเรียบ เช่น พื้นน้ำหรือที่ราบ มุมจะแคบ ความเร็วจะลดลงตามอัตราส่วนของการเสียดทาน

5.5 ไซโคลนและแอนติไซโคลน

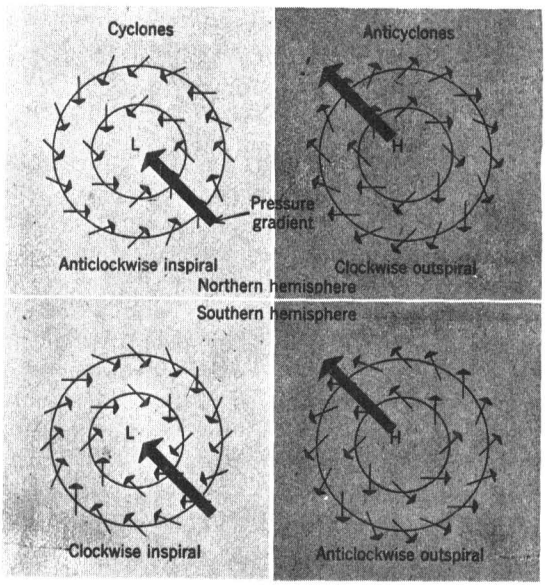
นักอุตุนิยมวิทยา หรือนักพยากรณ์อากาศ เรียกลมที่พัดเข้าหาศูนย์กลางความกดอากาศต่ำว่า ไซโคลน (Cyclone) และเรียกลมที่พัดออกจากศูนย์กลางความกดอากาศสูงว่า แอนติไซโคลน (Anticyclone) ทั้งไซโคลนและแอนติไซโคลนอาจเป็นลมที่พัดประจำหรือไม่ประจำก็ได้ เช่น ลมไซโคลนที่หมู่เกาะอาลิวเชียน (Aleutian low) และลมแอนติไซโคลนซึ่งเป็นพายุที่พัดออกจากศูนย์กลางอย่างรวดเร็ว รุนแรง ก่อให้เกิดความเสียหายมาก ซึ่งจะได้กล่าวให้ละเอียดในบทที่ 6 ในเรื่องไซโคลนและแอนติไซโคลนทั้งในซีกโลกภาคเหนือและซีกโลกภาคใต้



รูปที่ 5.9 ลมในระดับสูง รอบไซโคลน และแอนติไซโคลน

การเคลื่อนที่ของอากาศในระดับสูงจะไม่ได้รับอิทธิพลของแรงเสียดทานกับพื้นผิวโลก ลมจะพัดขนานกับเส้นไอโซบาร์ เราจึงตั้งเป็นกฎว่า ในซีกโลกภาคเหนือ ลมไซโคลนจะพัดหมุนทวนเข็มนาฬิกา ลมแอนติไซโคลนจะหมุนตามเข็มนาฬิกา แต่ในซีกโลกภาคใต้ ลมไซโคลนจะพัดหมุนตามเข็มนาฬิกา ส่วนลมแอนติไซโคลนจะพัดหมุนทวนเข็มนาฬิกา

สำหรับลมที่พื้นผิวโลก ซึ่งพัดขวางผ่านเส้นความกดเท่าระบบของลมทั้ง 2 ชนิดนี้ ทั้งในซีกโลกภาคเหนือและใต้ ได้แสดงไว้ในรูป 5.10 และวิธีสร้างลูกศรแสดงการเคลื่อนที่ของทิศทางลมทำได้โดยเขียนลูกศรยาวแสดงทิศทางลาดเทของความกดอากาศ (จากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ) ต่อมาเขียนลูกศรเล็ก ๆ แต่ตรงและสั้นผ่านลูกศรแสดงทิศทางลาดเทตัดกับเส้นไอโซบาร์ และจงระลึกเสมอว่า ลูกศรแสดงทิศทางลมจะต้องเหไปทางขวาในบริเวณซีกโลกภาคเหนือ และเหไปทางซ้ายในซีกโลกภาคใต้เสมอ หลังจากเขียนลูกศรครบทั้ง 4 ด้านของศูนย์กลางความกดอากาศแล้ว



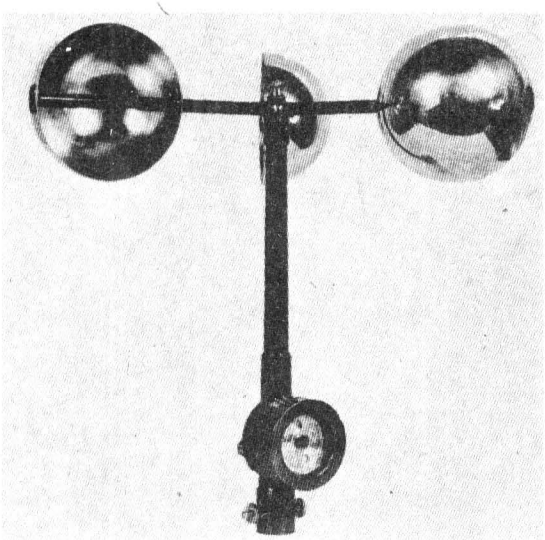
รูปที่ 5.10 ลมผิวพื้นภายในไซโคลนและแอนติไซโคลน

ก็จะเป็นแผนที่แสดงการเคลื่อนที่ของทิศทางลมได้อย่างสมบูรณ์ จึงเห็นได้ว่า ลมไซโคลนในซีกโลกภาคเหนือจะพัดหมุนทวนเข็มนาฬิกาเข้าหาศูนย์กลาง ลมแอนติไซโคลนจะพัดหมุนตามเข็มนาฬิกาออกจากศูนย์กลาง ลมที่พื้นผิวทั้งซีกโลกภาคเหนือและภาคใต้ ลมไซโคลนจะพัดเข้าหาศูนย์กลางในลักษณะที่ขดเป็นเกลียวแล้วลอยตัวขึ้นเบื้องบน ส่วนลมแอนติไซโคลนจะพัดขดเป็นเกลียวออกจากศูนย์กลาง ในขณะเดียวกันลมเบื้องบนของศูนย์กลางแอนติไซโคลนจะลอยต่ำลงมาแทนที่อากาศที่หมุนออกไป

5.6 การวัดลม

การวัดลักษณะของลม เราวัดได้ 2 ประการ คือ วัดทิศทางของลม และวัดอัตราความเร็วของลม การวัดทิศทางของลมวัดได้ง่าย และได้ผลแน่นอน โดยใช้เครื่องวัดทิศทางลม (Wind vane) ซึ่งเป็นรูปกรวยติดไว้ตามหลังคาบ้านทั่วไป ลมที่พัดมาจากทิศทางใด จะมีชื่อตรงตามทิศนั้น ๆ เช่น ลมตะวันออก ก็เป็นลมที่พัดมาจากทิศตะวันออก เคลื่อนไปทางทิศตะวันตก นอกจากนี้เราสามารถทราบทิศทางลมได้ โดยอาศัยดูจากก้อนเมฆซึ่งลอยในระดับต่ำโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมือใด ๆ เลย

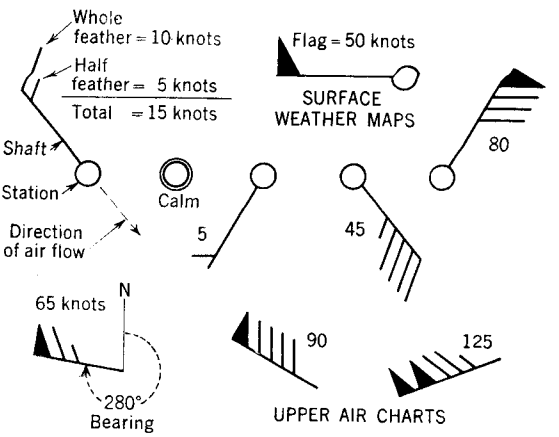
อัตราความเร็วของลมวัดได้โดยใช้เครื่องอนีโมมิเตอร์ (Anemometer) ซึ่งมีหลายแบบด้วยกัน สำหรับแบบที่ใช้ที่สถานีตรวจอากาศทั่วไป มีลักษณะเป็นถ้วยกลมผ่าซีก (Cup and anemometer) 3 หรือ 4 ลูกติดเข้ากับซี่ล้อ เมื่อลมพัดแรงเท่าใด ถ้วยกลมจะหมุนแรงเพิ่มขึ้นเท่านั้น



รูปที่ 5.11 อนีโมมิเตอร์ชนิดถ้วย

การวัดอัตราความเร็วลมในระดับสูงกว่านี้นั้น ใช้บอลลูนบรรจุก๊าซไฮโดรเจนปล่อยลอยไปตามลมแล้วใช้กล้องส่องทางไกล (Telescope) ส่องติดตามการเคลื่อนที่ของบอลลูน เพื่อบันทึกตำแหน่งต่าง ๆ รวมทั้งวัดมุมลาดเทของบอลลูนที่ลอยไปในแต่ละช่วงเวลา เพื่อนำมาคำนวณหาอัตราความเร็วลมในแนวระนาบ สำหรับเครื่องมือวัดลมที่ทันสมัยนั้นสามารถวัดได้ทั้งทิศทางและอัตราความเร็ว ถึงแม้ท้องฟ้าจะมืดครึ้ม ทั้งนี้เพราะใช้การสะท้อนของคลื่นเรดาร์ (Radar waves) ติดตามการเคลื่อนที่ของบอลลูน

ได้มีผู้สร้างสัญลักษณ์ แสดงทิศทางและอัตราความเร็วของลมลงบนแผนที่อากาศและแผนที่ภูมิอากาศ ในกรณีที่แสดงลักษณะของลมในช่วงเวลาสั้น ๆ เช่น ในแผนที่แสดงอากาศประจำวันจะมีลูกศรแสดงทิศทางและอัตราความเร็ว

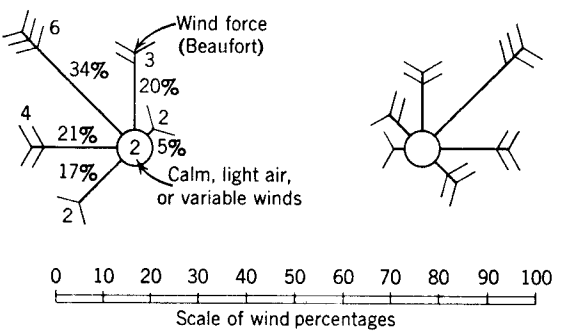


รูปที่ 5.12 ลักษณะแผนที่อากาศแบบมาตรฐาน

เช่น วงกลมแทนที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศ ที่หางลูกศรซึ่งมีรูปร่างคล้ายกิ่งไม้หรือขนนก แสดงถึงอัตราความเร็วลมเป็นไมล์ (ไมล์ทะเล) ดังนี้

ขนนก 1 ขน	แทนจำนวน	10	ไมล์ทะเล
ขนนกครึ่งขน	แทนจำนวน	5	ไมล์ทะเล
รูปธงปลายแหลม	แทนจำนวน	50	ไมล์ทะเล

ในกรณีที่วัดลักษณะของลม ในช่วงระยะเวลานานๆ ก็ได้มีผู้สร้างสัญลักษณ์ไว้เช่นกัน เรียกว่า Wind rose ซึ่งแสดงทิศทางลมด้วยก้านลูกศรพุ่งเข้าหาศูนย์กลางทั้ง 8 ทิศ ระยะเวลาที่ลมพัด



รูปที่ 5.13 The wind rose

แสดงด้วยความยาวของลูกศรซึ่งแสดงลักษณะของลม ที่ขอบล่างเป็นมาตราส่วนเส้นบรรทัดซึ่งแสดงระยะเวลาที่ลมพัดไว้เป็นเปอร์เซ็นต์ เมื่อวัดความยาวของลูกศรแล้วนำมาเทียบดูจะทราบว่า ในช่วงระยะเวลานั้นๆ ลมพัดจากทิศอะไรเป็นเวลานานเท่าไรของเวลาทั้งหมด ส่วนหางลูกศรที่ติดกับตัว

ลูกศรนั้นแสดงถึงอัตราความเร็วลมในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ

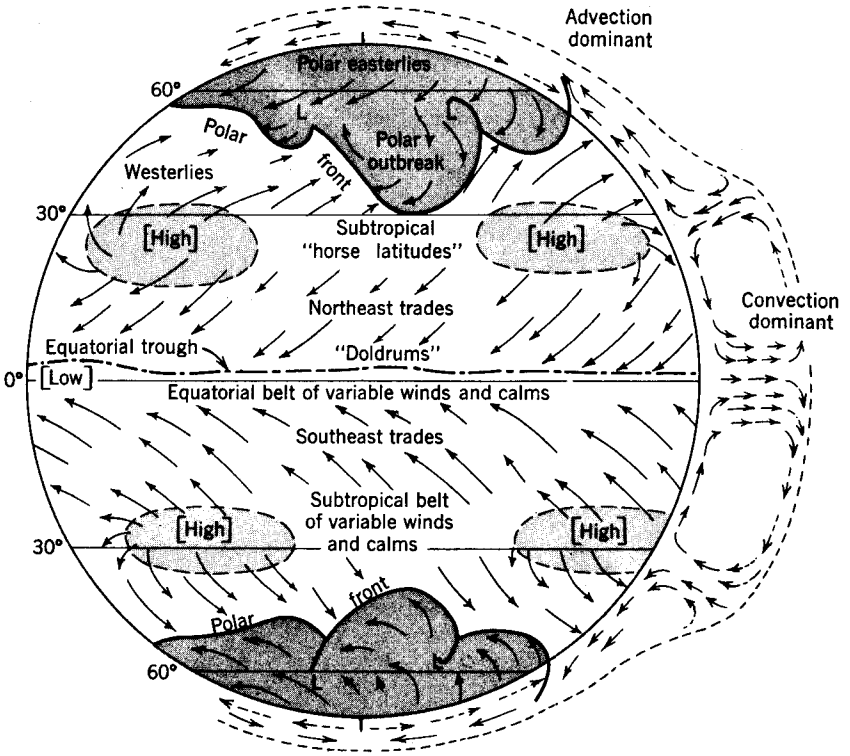
สำหรับหมายเลขที่แสดงไว้นั้นเป็นมาตราส่วนที่แสดงกำลังความเร็วของลมใน 1 ชั่วโมง ซึ่ง เซอร์ ฟรานซิสโบฟอร์ตแห่งราชนาวีอังกฤษได้จัดทำไว้เป็นตารางเพื่อแสดงกำลังลมขึ้นในปี ค.ศ. 1806 โดยเริ่มตั้งแต่ 0 ถึง 12 กำหนดอัตราความเร็วเป็นไมล์ต่อชั่วโมง ต่อมามีผู้นิยมใช้ไมล์ทะเล (Knot) แทน ดูตาราง

มาตราส่วนแสดงกำลังลมของโบฟอร์ต (Beaufart)

มาตราส่วนโบฟอร์ต	ชื่อลม	สิ่งที่สังเกตเห็น	อัตราความเร็วในระดับสูงจากพื้นดินขึ้นไป 20 ฟุต	
			ไมล์/ชม.	กม./ชม.
0	ลมสงบ	ควันไฟลอยตรง	น้อยกว่า 1	น้อยกว่า 1.6
1	ลมอ่อน	ควันลอยตามลม		
		ถุงลมไม่เคลื่อน	1—3	1.6—4.8
2	ลมเบา	รู้สึกมีลมปะทะหน้า		
		กิ่งไม้แกว่ง ถุงลมเคลื่อนไหว	4—7	6.4—11.3
3	ลมโชย	ใบไม้แกว่งสม่ำเสมอ		
		ธงโบกสะบัด	8—12	12.9—19.3
4	ลมปานกลาง	ฝุ่นฟุ้ง กระดาษปลิว		
		กิ่งไม้เล็ก ๆ แกว่ง	13—18	20.9—29.0
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—46	62.8—74.0
9	พายุแรง	บ้านเรือนเริ่มเสียหาย	47—54	75.6—86.9
10	พายุจัด	ต้นไม้หักโค่น สิ่งก่อสร้างเสียหาย	55—63	88.5—101.4
11	พายุร้าย	นาน ๆ เกิดขึ้นครั้งหนึ่ง มีความเสียหายมาก	64—75	103.0—120.7
12	เฮอร์ริเคน	เสียหายรุนแรงมาก	มากกว่า 75	มากกว่า 120.7

5.7 ระบบลมบนพื้นผิวโลก

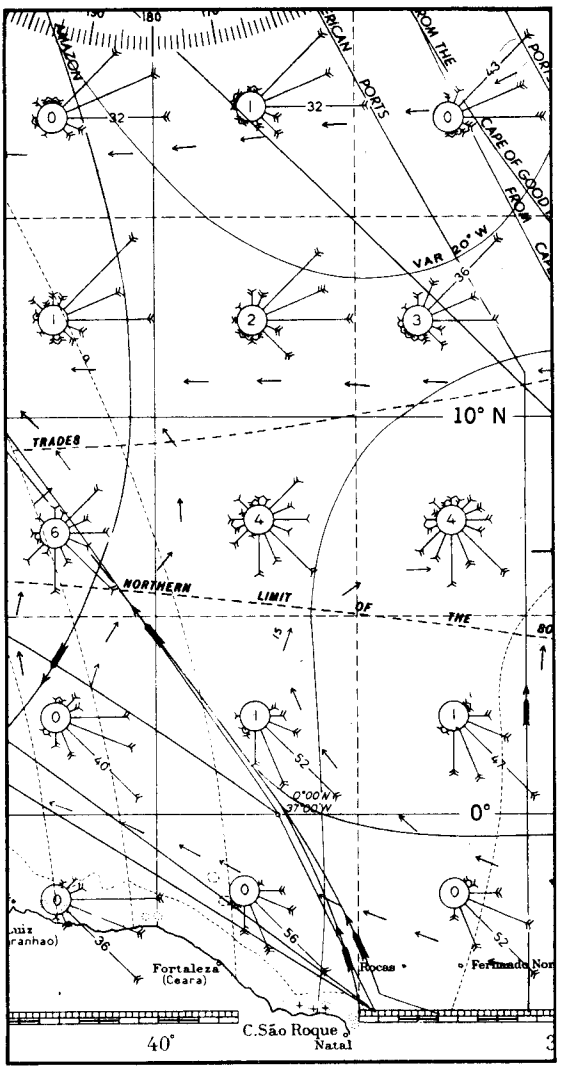
ระบบลมบนพื้นผิวโลกระหว่างเดือนมกราคม และกรกฎาคม ได้ทำลูกศรแสดงไว้ในแผนที่ความกดอากาศ ดังได้กล่าวมาแล้ว ต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงลักษณะของลมและแนวความกดอากาศในเขตต่าง ๆ



รูปที่ 5.14 การหมุนเวียนของบรรยากาศในลักษณะทั่วไป

1. เขตดอลดรัมส์ หรือเขตลมสงบและแปรปรวนบริเวณศูนย์สูตร (Doldrums of equatorial belt of variable winds and calms) ณ บริเวณร่องความกดอากาศต่ำที่ศูนย์สูตร ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มาก เป็นเหตุให้เกิดอากาศชื้นแผ่กระจาย และไหลขึ้นเบื้องบนตลอดเวลา บริเวณแถบนี้จะอยู่ระหว่างละติจูด 5 องศาเหนือกับละติจูด 5 องศาใต้ เรียกว่า เขตดอลดรัมส์ หรือเขตลมสงบและแปรปรวน บริเวณนี้จะมีเวลาลมสงบ 1 ใน 3 ของเวลาทั้งหมด และมักมีลมพายุเกิดขึ้นเสมอ ๆ รวมทั้งความลาดเทของความกดอากาศมีน้อย จึงไม่มีกำลังที่จะเหนี่ยวนำให้ลมพัดอยู่เรื่อย ๆ

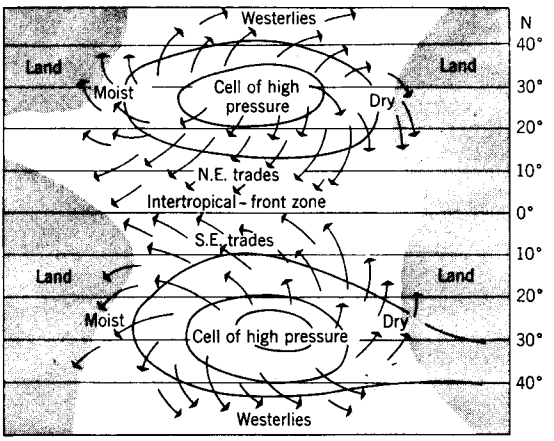
2. เขตลมสินค้า (Trade wind) บริเวณถัดจากเขตดอลดรัมส์ออกไปทั้งซีกโลกภาคเหนือและซีกโลกภาคใต้ ประมาณระหว่างละติจูด 5 องศาถึง 30 องศาทั้งเหนือและใต้ เป็นเขตลมสินค้าซึ่งพัดมาจากบริเวณความกดอากาศสูงถัดจากเขตศูนย์สูตร (Subtropical belt) มายังร่องความกดอากาศต่ำบริเวณศูนย์สูตร เนื่องจากโลกหมุนในซีกโลกภาคเหนือลมจะพัดเฉไปทางตะวันตกเฉียงใต้ เราเรียกลมที่พัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือมายังบริเวณศูนย์สูตรว่า ลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast trades) ในทำนองเดียวกัน ในซีกโลกภาคใต้ลมจะพัดเฉไปทางซ้ายเรียกว่า ลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast trades) ลมสินค้าเป็นลมที่พัดประจำและคงที่สม่ำเสมอ แสดงถึงทางเดินของลมสินค้าจงสังเกตว่า ลมส่วนมากจะพัดอยู่ในบริเวณหนึ่งในสี่ส่วนของโลกเสมอ



รูปที่ 5.15 เป็นส่วนหนึ่งของภาพแสดงทางตอนเหนือของมหาสมุทรแอตแลนติกในเดือนกรกฎาคม แสดงให้เห็นลักษณะของลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ พร้อมกับแนวของลมสงบที่อยู่ระหว่างกลางพื้นที่ แสดงให้เห็นตั้งแต่ละติจูด 5 องศาใต้ถึง 20 องศาเหนือ ลูกศรลมแสดงให้เห็น 5 องศาเป็นส่วนหนึ่งของสำนักงานสมุทรศาสตร์

บริเวณเขตดอลดรัมส์ และเขตลมสินค้าจะเปลี่ยนแปลงและเลื่อนขึ้นลงตามลักษณะความกดอากาศของฤดูกาลต่าง ๆ บริเวณพื้นดินอันกว้างใหญ่ของซีกโลกภาคเหนือ มีอิทธิพลทำให้บริเวณนี้เลื่อนขึ้นสูงไปทางเหนือในฤดูร้อนมากกว่าการเลื่อนต่ำลงมาทางใต้ในฤดูหนาว ลมสินค้าซึ่งพัดประจำและคงที่จะปรากฏชัดในมหาสมุทรแปซิฟิก และแอตแลนติก แต่บริเวณมหาสมุทรอินเดียจะถูก

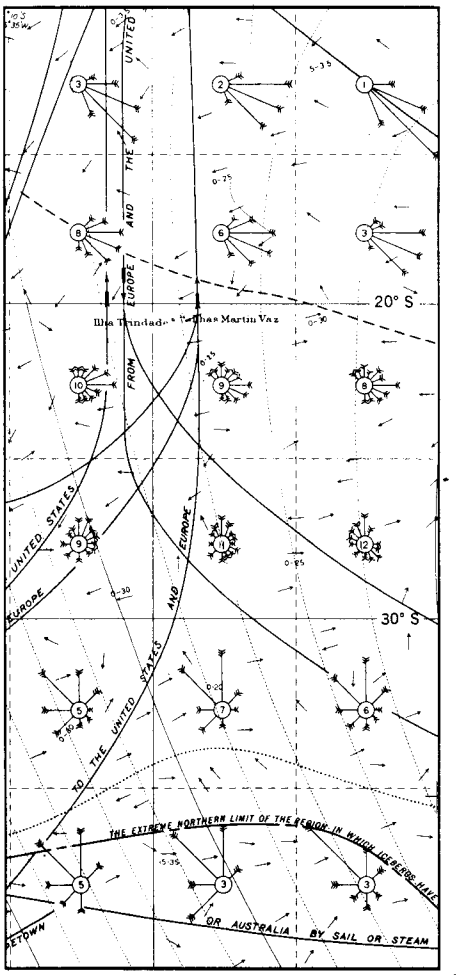
อิทธิพลของผืนแผ่นดินอันกว้างใหญ่บริเวณใกล้เคียงซึ่งทำให้เกิดลักษณะของลมมรสุม ทำให้ลมสินค้ามีลักษณะเห็นไม่ชัด



รูปที่ 5.16 หย่อมความกดอากาศสูงกึ่งถาวร และลมผิวพื้น

ลมสินค้าเป็นลมที่เหมาะแก่การเดินเรือมาก เนื่องจากเป็นลมที่พัดคงที่แน่นอน ลักษณะอากาศดี ท้องฟ้าแจ่มใส แต่ในเขตดอลดรัมส์เป็นอันตรายแก่การเดินเรือ เพราะเขตนี้ลมพัดไม่แน่นอน ทิศทางไม่คงที่ บางครั้งจะมีลมสงบเป็นเวลานานๆ บางทีเขตลมสินค้าก็ไม่อำนวยประโยชน์ในการเดินเรือและการบินเสมอไป เนื่องจากเกิดพายุ จัดเรียกว่า เฮอร์ริเคนหรือไต้ฝุ่น (Hurricanes or typhoons)

3. **เขตรุ้งม้าหรือเขตลมสงบและแปรปรวนบริเวณกึ่งโซนร้อน (Horse latitudes or subtropical belts of variable winds and calms)** อยู่ระหว่างละติจูด 30 องศา ถึง 40 องศาทั้งซีกโลกภาคเหนือและภาคใต้ เป็นบริเวณที่มีความกดอากาศสูงซึ่งมีศูนย์กลางอยู่เหนือภาคพื้นมหาสมุทร ในรูป 5.16 แสดงศูนย์กลางของความกดอากาศสูงซึ่งก่อตัวและเพิ่มขึ้นสูงสุดในฤดูร้อน (เดือนกรกฎาคมในซีกโลกภาคเหนือ และเดือนมกราคมในซีกโลกภาคใต้) แนวนี้จะเลื่อนขึ้นลงตามมุมตกของแสงอาทิตย์ที่ได้รับ สำหรับในซีกโลกภาคใต้ แนวนี้จะเลื่อนขึ้นลงน้อยกว่า 5 องศา แต่จะสูงถึง 8 องศาในบริเวณหมู่เกาะฮาวาย ทางตะวันออกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิกแสดงถึงลักษณะของลมในเขตรุ้งม้า ลมจะพัดจากเขตนี้ออกไป เวลาลมสงบจะเป็นหนึ่งในสี่ของเวลาทั้งหมด บริเวณนี้มักมีอากาศดีท้องฟ้าโปร่งแจ่มใส ค่อนข้างแห้งแล้ง ส่วนที่เป็นทะเลทรายทั้งหมดของโลกมักจะอยู่ในบริเวณเขตนี้ และอยู่ใกล้ๆ กับเขตลมสินค้า (Trade wind belt) ทั้งนี้เป็นเพราะว่า บริเวณความกดอากาศสูงเป็นศูนย์กลางของบรรยากาศที่ไหลจากเบื้องบนลงมาข้างล่าง และแผ่กระจายไปยังบริเวณพื้นโลก ซึ่งตรงตามกฎที่ว่า บรรยากาศที่ไหลจากเบื้องบนลงต่ำ อุณหภูมิและความแห้งแล้งจะเพิ่มขึ้นสูง



รูปที่ 5.17 แนวกึ่งร้อนซึ่งมีลมแปรปรวน และลมสงบ (ละติจูดม้า) อยู่ตอนกลางของบริเวณนี้ ซึ่งสำนักงานสมุทรศาสตร์ ได้จัดทำขึ้นในบริเวณตอนใต้ของมหาสมุทรแอตแลนติกในเดือนมิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม ตอนเหนือเป็นลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ประจำอยู่ ทางใต้เป็นลมแปรปรวนตะวันตกเฉียงเหนือ พื้นที่แสดงให้เห็นตั้งแต่ละติจูด 10 องศา ไปถึง 40 องศาใต้ ลูกศรลมแสดงไว้ 5 องศา

1. ลมตะวันตก (Westeslies or prevailing westerly wind) ระหว่างละติจูดที่ 35 องศา และ 60 องศา ทั้งซีกโลกภาคเหนือและซีกโลกภาคใต้เป็นเขตลมตะวันตก ซึ่งเป็นเขตที่มีลมพัดจากบริเวณศูนย์กลางความกดอากาศสูงถัดจากศูนย์สูตร ไปยังเขตความกดอากาศต่ำใกล้ขั้วโลก ลมนี้จะพัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ในซีกโลกภาคเหนือ และจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือในซีกโลกภาคใต้ แต่ลักษณะที่เกิดขึ้นนี้ไม่แน่เสมอไป เพราะมักจะมีลมพัดจากบริเวณขั้วโลกอย่างรุนแรงและบ่อย ๆ จึงสรุปได้ว่าในเขตลมตะวันตก จะมีลมพัดจากทุกทิศทุกทาง อากาศเปลี่ยนแปลงและแปรปรวน มักจะมีลม

พายุ มีเมฆแผ่เป็นบริเวณ และมีความชื้นมาก แต่ลมตะวันตกจะมีลักษณะเด่นชัดกว่าลมชนิดอื่น ๆ ทั้งหมด

ในซีกโลกภาคเหนือผืนแผ่นดินอันกว้างใหญ่ เป็นสาเหตุให้ลักษณะของเขตลมตะวันตกเปลี่ยนแปลงเป็นบริเวณ ๆ ไป ส่วนในซีกโลกภาคใต้ระหว่างละติจูดที่ 40 องศาและ 60 องศาใต้ จะมีลักษณะของลมไม่แตกต่างกันนัก คือลมจะพัดรุนแรงตลอดเวลา จนนักเดินเรือได้ตั้งฉายาลมตะวันตกในซีกโลกภาคใต้ว่า "เสียงคำรามที่ 40" (The roaring forties) "ความโกรธที่ 50" (The furious fifties) และ "เสียงโหยหวนที่ 60" (The screaming sixties) ตามลำดับ เขตนี้เป็นเขตที่ใช้เป็นเส้นทางเดินเรือจากตอนใต้ของมหาสมุทรแอตแลนติกไปทางตะวันออก (ตามทิศทางลมตะวันตก) ไปยังออสเตรเลีย แทสเมเนีย นิวซีแลนด์ และหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ และนิยมเดินทางรอบโลกต่อไปทางตะวันออก อ้อมแหลมฮอร์น (Cape Horn) ในอเมริกาใต้กลับมาที่เดิมในยุโรป แทนที่จะแล่นสวนทางลมตะวันตกกลับมาที่เก่า เพราะเนื่องจากลมพัดแรงมาก จะทำให้เกิดอันตรายหรือเรืออับปางลงได้

ถึงแม้ว่าลมตะวันตกจะไม่มีอิทธิพลต่อการเดินเรือในสมัยปัจจุบันก็ตาม แต่ก็ยังมีความสำคัญต่อการบิน โดยเฉพาะการบินข้ามทวีป เพราะการบินตามลมไปทางตะวันออก จะใช้เวลาและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยกว่าในการบินสวนทางลมไปทางตะวันตก คือ นอกจากจะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าแล้วยังบรรทุกน้ำหนักได้น้อยกว่า และเกิดอันตรายได้ง่ายกว่า

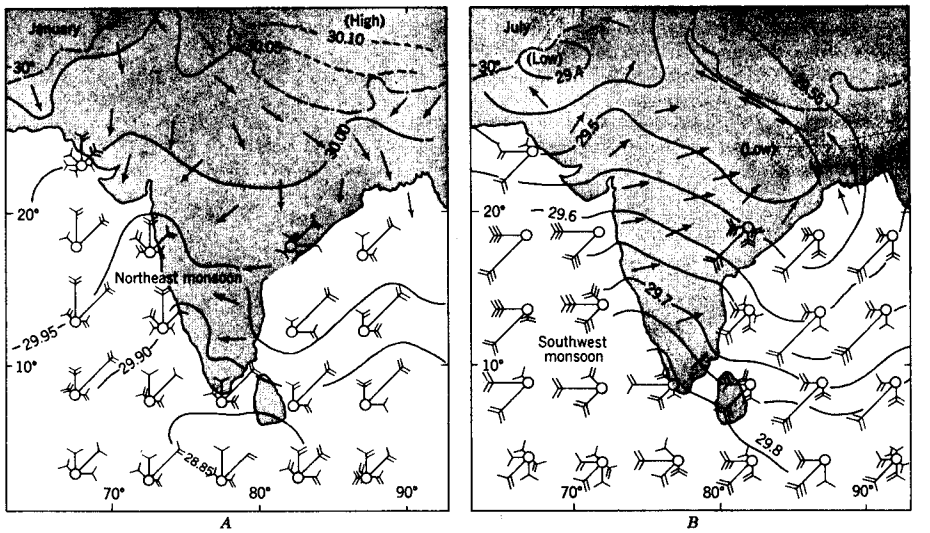
5. **ลมขั้วโลกฝ่ายตะวันออก (Polar easterlies)** คือ ลมที่พัดจากขั้วโลกมายังบริเวณอาร์กติกและแอนตาร์กติก บริเวณขั้วโลกใต้ลมจะพัดเฉียงไปทางซ้ายแต่เป็นการอธิบายได้ยาก ทั้งนี้เนื่องจากทิศทางของลมในบริเวณขั้วโลกมีแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ในบริเวณทวีปแอนตาร์กติกา จะมีพื้นน้ำอันกว้างใหญ่ล้อมรอบ เพราะฉะนั้นลมจะมีลักษณะการพัดมาจากทางทิศตะวันออก ในรูปทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกภาคใต้ ลักษณะของลมในบริเวณขั้วโลกนั้นเป็นเรื่องอธิบายได้ยาก เพราะว่าเป็นเรื่องที่ไม่ได้เป็นไปตามกฎเกณฑ์

5.8 ลมมรสุมในทวีปเอเชีย และอเมริกาเหนือ

เนื่องจากทวีปเอเชียและอเมริกาเหนืออยู่ส่วนบนของซีกโลกภาคเหนือภายใต้อิทธิพลของความแตกต่างระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำ เป็นผลทำให้อุณหภูมิและความกดของอากาศต่างไปด้วย ความกดอากาศจะมีผลทำให้เกิดลมในบริเวณนี้ ซึ่งจะขอยกตัวอย่างในบริเวณซีกโลกภาคใต้

ในฤดูร้อนบริเวณทางใต้ของเอเชียจะอยู่ในเขตศูนย์กลางของความกดอากาศสูง ทำให้อุณหภูมิต่ำ จึงเป็นผลทำให้เกิดลมพัดจากบริเวณมหาสมุทรอินเดีย และแปซิฟิกตอนใต้มายังบริเวณตอนในของเอเชีย เรียกว่า "มรสุมฤดูร้อน" จะนำฝนมาตกอย่างหนักในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ส่วนในฤดูหนาว ศูนย์กลางความกดอากาศสูงอยู่ตอนในของทวีปเอเชีย จึงเกิดลักษณะลม



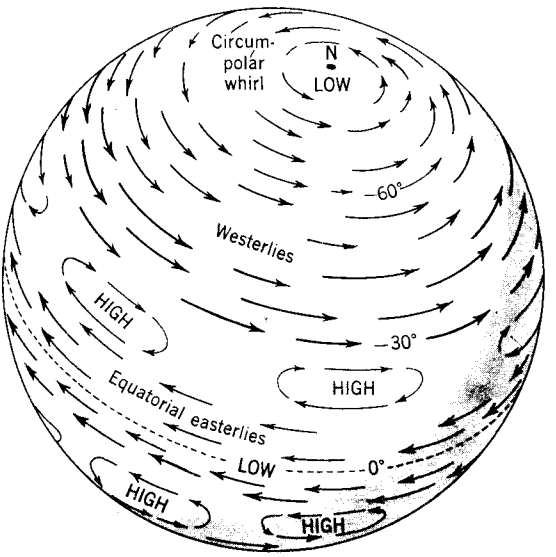
รูปที่ 5.18 ลมมรสุมในคาบสมุทรอินเดีย

มรสุมฤดูหนาว พัดไปยังบริเวณมหาสมุทรที่อยู่ในย่านศูนย์สูตร ลมนี้เรียกว่า "ลมมรสุมฤดูหนาว" ซึ่งจะนำความแห้งแล้งและหนาวเย็นมาสู่บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และบริเวณที่ลมนี้พัดผ่าน ลักษณะโดยทั่วไปจะมีอากาศแจ่มใสติดต่อกันเป็นระยะเวลาหลายเดือน

ในทวีปอเมริกาเหนือ บริเวณที่อยู่ใน มรสุมเอเชีย จะแคบกว่าในทวีปเอเชียและเห็นไม่เด่นชัด แต่พอที่จะมองเห็นถึงความแตกต่างของอากาศในเรื่องอุณหภูมิ และความกดอากาศระหว่างฤดูร้อน และฤดูหนาว ลมมรสุมฤดูร้อนในบริเวณนี้ เกิดจากลมพัดผ่านพื้นน้ำในบริเวณอ่าวเม็กซิโกขึ้นไปทางเหนือ เข้าสู่ตอนกลางและตะวันออกของสหรัฐฯ ทำให้มีอากาศอบอุ่นและชุ่มชื้น ในทำนองเดียวกัน ระยะฤดูหนาว ลมจะพัดจากแคนาดาซึ่งอยู่ตอนเหนือเข้าสู่สหรัฐอเมริกา ทำให้มีลักษณะอากาศแห้งแล้งและหนาวเย็น นอกจากนั้นในออสเตรเลียตอนเหนือก็อยู่ในอิทธิพลของลมมรสุม แต่เนื่องจากอยู่ทางตอนใต้ของเส้นศูนย์สูตร จึงมีลักษณะกลับกันกับสภาวะอากาศของเอเชีย

5.9 ระบบการหมุนเวียนของอากาศรอบโลก

ระบบลมผิวโลกที่กล่าวมาแล้วนั้น มีความสูงจากพื้นโลกขึ้นมาเพียง 2,000–3,000 ฟุต แต่บรรยากาศที่หุ้มห่อโลกมีความหนาประมาณ 5–12 ไมล์ (8–20 กิโลเมตร) ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 นั้น ได้มีการตั้งสถานีตรวจอากาศแบบที่เรียกว่า เรดิโอซอน (Radiosonde) สามารถตรวจอากาศได้สูงถึง 80,000 ฟุต (25,000 เมตร) หรือสูงกว่านั้นบ้างเล็กน้อย ได้มีการนำเครื่องมือสำหรับตรวจวัดความกดอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นติดไปกับบอลลูน แล้วเครื่องมือจะรายงานผลมายังสถานีภาคพื้นดินด้วยคลื่นวิทยุ เราก็สามารถนำผลที่ได้หลาย ๆ แห่งมาเป็นข้อมูลในการสร้าง



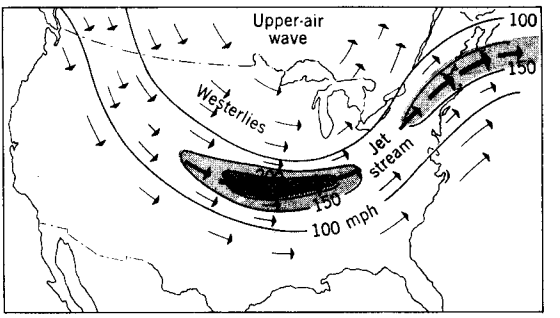
รูปที่ 5.19 แสดงลักษณะการหมุนเวียนของลมเบื้องบนเป็นส่วนของบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ มีความสูงระหว่าง 20,000—40,000 ฟุต (6—12 กิโลเมตร)

แผนที่อากาศที่แสดงลมเบื้องบน และจะพบว่า ระบบความกดอากาศสูง และความกดอากาศต่ำ บริเวณศูนย์กลางความกดอากาศต่ำในซีกโลกภาคเหนือจะทวนเข็มนาฬิกา ส่วนศูนย์กลางความกดอากาศสูงจะตามเข็มนาฬิกา

การหมุนเวียนของอากาศชั้นบนจะแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบแรกเรียกว่า "ระบบลมฝ่ายตะวันตก" เป็นลมหมุนวนรอบโลกประมาณละติจูดที่ 20 องศาขึ้นไปจนถึงขั้วโลก ลมฝ่ายตะวันตกจะทำให้เกิดลักษณะลมหมุนวนที่ขั้วโลก ซึ่งเป็นบริเวณศูนย์กลางความกดอากาศสูง ส่วนบริเวณระหว่างละติจูดที่ 15—20 องศาทั้งซีกโลกภาคเหนือและภาคใต้ จะเป็นศูนย์กลางของความกดอากาศต่ำ อัตราความเร็วของลมจะแตกต่างกัน ลมนี้มีอิทธิพลครอบคลุมบริเวณพื้นผิวโลกไปทางเหนือเส้นศูนย์สูตรและใต้เส้นศูนย์สูตร เช่นเดียวกับลมสินค้า

5.10 เจ็ตสตรีม

เกิดขึ้นเนื่องจากมวลอากาศเบื้องบนทางทิศตะวันตกเกิดการเคลื่อนที่และเฉไปเฉมา ก่อให้เกิดคลื่นของอากาศเบื้องบนหมุนมาทางศูนย์สูตร แล้ววกกลับไปทางขั้วโลก ลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นในระดับความสูง 30,000—40,000 ฟุต (10,000—12,000 เมตร) อัตราความเร็วของลมนี้จะค่อย ๆ เพิ่มสูงจากชั่วโมงละ 200 ไมล์ทะเล ถึง 250 ไมล์ทะเล (350—450 กิโลเมตร) การเคลื่อนที่จะมีลักษณะเป็นแนวโค้ง ในบริเวณศูนย์กลางของลมนี้จะมีอัตราความเร็วสูง ส่วนบริเวณรอบนอกออกไปจะค่อย ๆ ช้าลง



รูปที่ 5.20 ลักษณะของเจ็ตสตรีม แสดงโดยเสันและความเร็วลมเท่ากัน

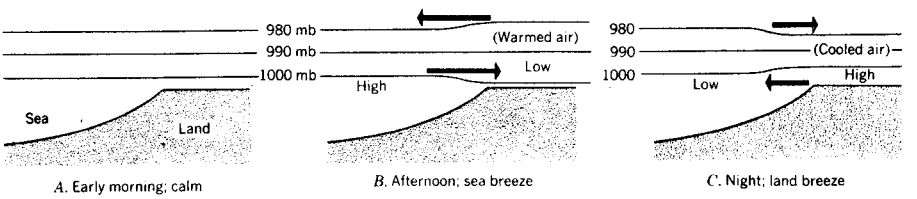
รูปที่ 5.21 เจ็ตสตรีม

ลักษณะของลมชนิดนี้ เกิดขึ้นโดยคลื่นอากาศอบอุ่นเบื้องบนบริเวณศูนย์สูตรลอยตัวขึ้นสูง ทำให้อากาศที่เย็นกว่าบริเวณขั้วโลกพัดเข้ามาแทนที่ แต่เนื่องจากอุณหภูมิแตกต่างกันมากเป็นผลทำให้ลมพัดแรงหรือเร็วขึ้นมาก

5.11 ลมประจำถิ่น

มักเป็นลมที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งเป็นบริเวณแคบ ๆ ได้แก่

1. **ลมบกลมทะเล (Land and sea breeze)** ซึ่งเป็นระบบลมประจำถิ่น หรือบางทีเรียกว่า "ลม



รูปที่ 5.22 ลมบกลมทะเล

ชายฝั่ง" คือ ลมพัดจากทะเลเข้าหาชายฝั่งในเวลากลางวัน และพัดจากชายฝั่งออกสู่ทะเลในเวลากลางคืน ลักษณะการเกิดก็เนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิของพื้นดินและพื้นน้ำ และเกิดขึ้นในบริเวณแคบและใช้ระยะเวลาสั้น

2. **ลมภูเขา และลมหุบเขา (Mountain and valley winds)** เป็นลมประจำที่เกิดขึ้นในท้องถิ่นและมีขบวนการและทิศทางการพัดเช่นเดียวกับลมบกลมทะเล คือ ลมจะพัดเคลื่อนจากบริเวณหุบเขาขึ้นไปตามแนวลาดชันของภูเขา ทั้งนี้เนื่องจากอากาศบริเวณสันเขาได้รับความร้อนสูงจากดวงอาทิตย์มากกว่าบริเวณหุบเขา แต่พอตกกลางคืนอากาศบริเวณสันเขาเย็นลง เนื่องจากกระจายความร้อนให้มวลอากาศ แต่บริเวณหุบเขาอุณหภูมิยังร้อนอยู่ จึงเกิดลมพัดตามไหล่เขาลงมาข้างล่างในเวลากลางคืน ลมภูเขาและลมหุบเขาจะเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิและความกดอากาศของบริเวณทั้งสอง

3. **ลมประจำถิ่นอื่น ๆ** ที่ควรกล่าวถึงคือระบบการไหลของลม (Drainage winds) หรือ (Katabatic winds) ซึ่งเป็นลักษณะของลมเย็น มักจะเป็นลมที่พัดขึ้นไปสู่บริเวณที่สูง สภาพของอากาศโดยทั่วไปจะหนาว โดยเฉพาะบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากลมที่มาจากที่ลุ่มจะมีความรุนแรงขึ้น ลมเหล่านี้มักเกิดขึ้นตามย่านภูเขาหลายแห่งของโลก และมีชื่อเรียกตามสภาพของท้องถิ่น เป็นต้นว่า

1. ลมโบรา (Bora) เกิดขึ้นทางชายฝั่งตอนเหนือของทะเลเอเดรียติก

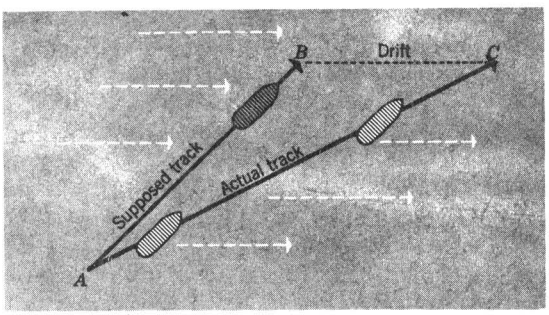
2. ลมมิสทราล (Mistral) เป็นลมที่อยู่ทางตอนใต้ของฝรั่งเศส นอกจากนี้ยังมีลมซานตาแอนา (Santa Ana) ซึ่งเป็นลมที่เกิดทางตอนใต้ของแคลิฟอร์เนีย เป็นลมที่มาจากทางด้านตะวัน

ออกที่แห้งแล้งและพัดรุนแรงมาก แต่ลมเกิดในบริเวณที่แห้งแล้งแบบทะเลทราย มักจะนำเอาฝุ่นและตะกอนปลิวตามลม และลมนี้ยังมีในกรีนแลนด์ และแอนตาร์กติก

นอกจากนั้นยังมีลมประจำท้องถิ่นพัดจากที่สูงลงมาบริเวณที่ต่ำ เป็นลมร้อนและแห้งแล้ง และพัดรุนแรง มีชื่อว่า ลมเฟิน และลมชีนุก (Foehn and Chinook)

5.12 อิทธิพลของกระแสน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อภูมิอากาศ

ความเข้าใจของนักภูมิศาสตร์ต่อกระแสน้ำว่ามีอิทธิพลต่อภูมิอากาศ เป็นต้นว่า กระแสน้ำอุ่นจะทำให้บริเวณชายฝั่งของมหาสมุทรอาร์กติกไม่เย็นจัด ส่วนกระแสน้ำเย็นจะช่วยลดความร้อนตามแนวชายฝั่งแคบ ๆ ของทะเลทรายในเขตร้อน



รูปที่ 5.23 การคำนวณสายน้ำ

ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำในมหาสมุทร ซึ่งแสดงไว้ในรูป 5.23 เป็นทิศทางตามเข็มทิศไปตามทิศทางน้ำที่ไหล ข้อมูลที่ได้เกี่ยวกับทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำอาจจะหาได้จากการทดลองปล่อยให้ขวดลอยกระเพื่อมบนกระแสน้ำตามยถากรรม โดยผนึกขวดให้ดี ภายในบรรจุกระดาษซึ่งบันทึกที่อยู่เพื่อให้ส่งขวดกลับ ให้ปล่อยขวดตามกระแสน้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีคนพบแล้วส่งขวดกลับตามตำแหน่งที่เขียนไว้ในขวด การวัดกระแสน้ำอาจจะทำได้โดยการปล่อยสายดิ่งลงไปซึ่งจะเป็นผลทำให้ทราบถึงทิศทางและอัตราความเร็วของกระแสน้ำ วิธีการเหล่านี้เกือบเหมือนวิธีวัดกระแสน้ำในแม่น้ำ ความรู้เกี่ยวกับกระแสน้ำที่ได้รับนั้นเกิดจากการสังเกตการณ์ของทหารเรือ เราสามารถคำนวณทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำได้ โดยการวัดตำแหน่งจริงของเรือตามหลักดาราศาสตร์เมื่อเรือแล่นไปแล้ว 1 วัน แล้วนำตำแหน่งจริงของเรือมาเปรียบเทียบกับตำแหน่งที่สมมติจากความเร็วและทิศทางที่ใช้วัดในวันก่อน ข้อแตกต่างระหว่างตำแหน่งทั้งสองนี้ก็คือ การทำให้เกิดการลอยตัวในแนวเอียง ซึ่งทำมุมแหลมกับทิศทางของกระแสน้ำ

ความสำคัญของกระแสน้ำบนพื้นมหาสมุทรนั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลของกระแสลม พลังงานจะถูกเปลี่ยนจากลมไปยังน้ำ แรงเสียดสีของกระแสลมที่พัดเหนือผิวน้ำนั้นอาจจะเป็นผลของแรงโคริโอลิส

(Coriolis force) ซึ่งน้ำจะถูกทำให้กระเพื่อมไปทางด้านขวาของทิศทางที่เคลื่อนที่ ดังนั้น กระแสน้ำที่ผิวน้ำจะอยู่ในทิศทางประมาณ 45 องศา ไปทางขวาของลมซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของลม กระแสน้ำมักจะพัดเข้าสู่ฝั่งเมื่อไหลอยู่ใกล้ฝั่ง ในกรณีเช่นนี้แรงดึงดูดของโลกมักจะทำให้ระดับน้ำสมดุลกัน

ความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำ อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำในมหาสมุทรไหลได้ พื้นน้ำอาจจะมีความร้อนขึ้นโดยการถูกแสงแดดเผาเป็นเวลานาน การระเหยของพื้นน้ำก็อาจจะทำให้พื้นน้ำเย็นได้ พื้นน้ำในแต่ละแห่งก็จะแตกต่างกันไป เช่น พื้นน้ำในเขตหนาวเย็นแถบมหาสมุทรอาร์กติกและแอตแลนติก ซึ่งจะจมลงไปในมหาสมุทร แล้วแผ่กระจายไปตามเส้นศูนย์สูตร จากนั้นก็ลอยขึ้นมาสู่เบื้องบนในบริเวณที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า ซึ่งลักษณะของน้ำอุ่นกว่า สิ่งที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ ก็อาจจะใช้วัดส่วนลึกของทะเลกับชายฝั่ง กระแสน้ำอาจจะเกิดจากการปะทะชายฝั่งแล้วถูกซัดกลับไปในทางอื่น หรือถูกจำกัดในเขตช่องแคบหรืออ่าว

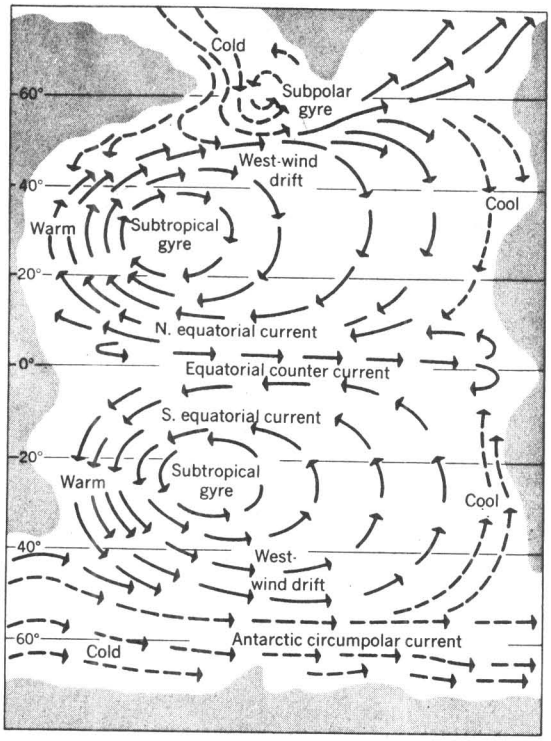
เมื่อมีการกระทำร่วมกันระหว่างกระแสลม และความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำ เป็นผลทำให้เกิดระบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรไม่เพียงแต่ในแนวราบเท่านั้น แต่จะหมุนเวียนในแนวขึ้นลงอีกด้วย ในการศึกษาเรื่องนี้เป็นเรื่องกระแสน้ำในเขตน้ำตื้น เพราะว่าการเคลื่อนที่อันนี้เป็นผลโดยตรงจากเรือเดินสมุทรและมีอิทธิพลอย่างมากต่อสภาพภูมิอากาศและต่อบรรยากาศเบื้องบน

สรุปกระแสน้ำในมหาสมุทร

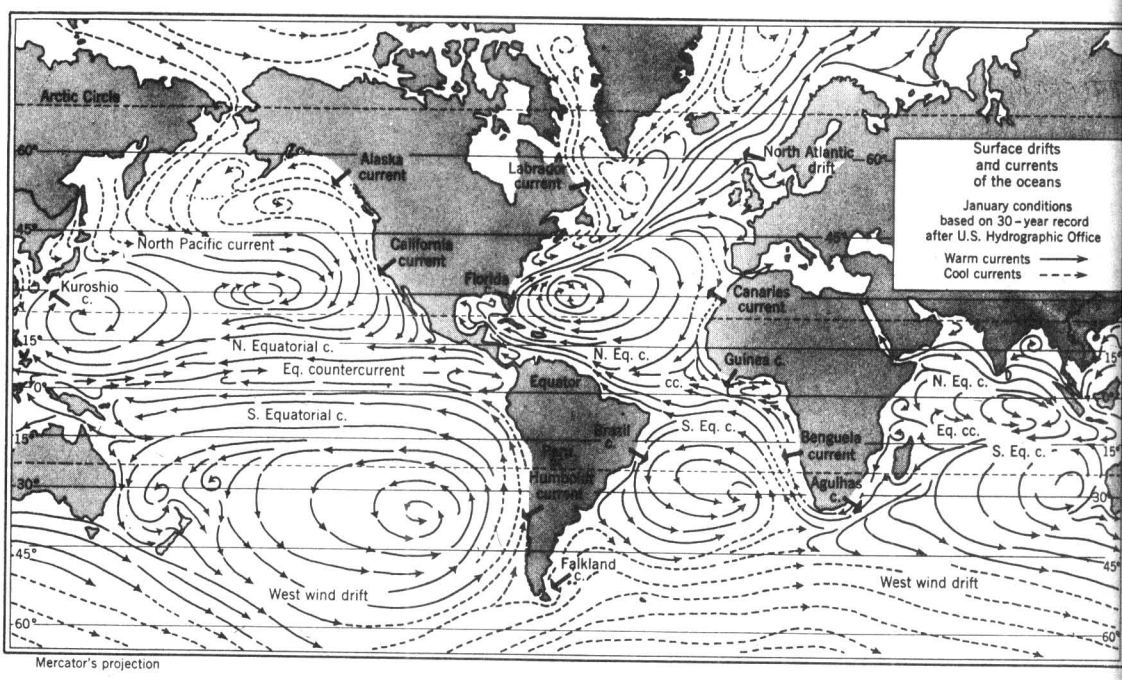
จากตัวอย่างที่จะอธิบายถึงการหมุนเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทรที่แผ่กว้างข้ามเส้นศูนย์สูตรไปยังละติจูด 60 องศา หรือ 70 องศา ซึ่งในแต่ละด้านอาจจะนำมาเป็นตัวอย่างได้ ลักษณะภายนอกที่เห็นส่วนใหญ่ เป็นการเคลื่อนที่ในวงกลมรอบเส้นความกดสูงกึ่งร้อน (Subtropical high) จุดศูนย์กลางจะอยู่บริเวณ 25–30 องศาเหนือและใต้ กระแสน้ำที่มาจากศูนย์สูตรจะเป็นแนวของลมสินค้าซึ่งพัดไปในทิศตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือ ลักษณะลมสินค้าซึ่งพัดไปในทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือมีลักษณะเป็นมุมกับละติจูด การไหลของกระแสน้ำตามเส้นขนานเป็นผลให้กระแสน้ำในมหาสมุทรทำมุม 45 องศากับกระแสลม เพราะผลของการสะท้อนกลับของการหมุนของโลก

การเคลื่อนที่ของกระแสน้ำไปทางด้านตะวันออกอย่างช้า ๆ ในบริเวณเขตลมตะวันตก ที่เรียกว่า เวสต์ วิน ดรีฟ (West wind drift) ซึ่งอยู่ในบริเวณละติจูด 35–45 องศา ทั้งในซีกโลกเหนือและใต้ ลมในบริเวณศูนย์สูตรจะทำให้กระแสน้ำในบริเวณศูนย์สูตรแยกจากกัน ซึ่งจะเกิดขึ้นในมหาสมุทรแปซิฟิก แอตแลนติก และอินเดีย

ตามเขตชายฝั่งทางด้านตะวันตกของบริเวณละติจูดต่ำ กระแสน้ำศูนย์สูตรจะหมุนกลับไปยังขั้วโลก เป็นผลให้กระแสน้ำอุ่นขนานขึ้นไปกับชายฝั่ง เป็นต้นว่า กระแสน้ำกัลฟ์สตรีม (Gulf stream) หรือกระแสน้ำฟลอริดา (Florida) หรือกระแสน้ำแคริบเบียน (Caribbean stream) กระแสน้ำคุโรชิโว (Kuroshio) และกระแสน้ำบราซิล (Brazil current) กระแสน้ำเหล่านี้จะเป็นผลให้บริเวณชายฝั่งมี



รูปที่ 5.24 แผนที่แสดงแบบของกระแสน้ำในมหาสมุทร



รูปที่ 5.25 สายน้ำและกระแสน้ำของมหาสมุทร (มกราคม)

อุณหภูมิสูงกว่าบริเวณที่อยู่ใกล้เคียง (รูปที่ 4.17) ทำให้เกิดการไหลเวียนของกระแสน้ำซึ่งมีอุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮต์ (21 องศาเซลเซียส) ในเดือนกรกฎาคมตามบริเวณเขตชายฝั่งทางด้านตะวันตกของมหาสมุทรแอตแลนติก

สายน้ำที่เกิดจากลมตะวันตก (West wind drift) เมื่อไปปะทะชายฝั่งทางตะวันออกของมหาสมุทร จะไหลกลับไปทางด้านใต้และทางด้านเหนือ กระแสน้ำเย็นที่อยู่ในบริเวณลึกจะขึ้นมาบริเวณผิวน้ำ เป็นต้นว่ากระแสน้ำเย็น Humboldt current ในบริเวณชายฝั่งของชิลีและเปรู กระแสน้ำเย็นเบนกูลา (Benguela) ในบริเวณชายฝั่งของสเปนและทวีปแอฟริกาทางตอนเหนือ กระแสน้ำเย็นจะมีแนวทิศทางไหลไปทางเส้นศูนย์สูตร ดูรูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นถึงการไหลของกระแสน้ำ จะโค้งไปทางทิศเหนือ ในเดือนมกราคมมีอุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮต์ และ 21 องศาเซลเซียส ไปทางด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกและแอตแลนติกตอนใต้

ในบริเวณทางตอนเหนือของมหาสมุทรแอตแลนติก สายน้ำที่เกิดจากลมตะวันตกจะไหลย้อนกลับไปทางขั้วโลกในรูปของกระแสน้ำอุ่น เป็นสายน้ำอุ่นแอตแลนติกเหนือ ซึ่งแผ่กระจายไปยังหมู่เกาะอังกฤษ บริเวณทะเลเหนือ แล้วไปตามชายฝั่งของประเทศนอรเว โดยเฉพาะท่าเรือมูร์มังสค์ (Mumansk) อยู่บนละติจูดสูง แต่ก็เป็นท่าเรือที่ไม่มีน้ำแข็งในบริเวณผ่านมหาสมุทรอาร์กติก และจะมีกองทัพเรือคอยตรวจตรา ดูรูปที่ 4.17 จะแสดงอิทธิพลให้เห็นอย่างเด่นชัดในช่วงฤดูหนาว

ในซีกโลกเหนือทะเลในบริเวณใกล้ขั้วโลก กระแสน้ำเย็นจะไหลไปตามชายฝั่งทางด้านตะวันตกสู่แถบเส้นศูนย์สูตร ช่องแคบในบริเวณทางตอนเหนือจะมีกระแสน้ำเย็นที่สำคัญ 3 สาย คือ กระแสน้ำเย็นคามชาตกา (Kamchatka current) ไหลไปตามแหลมคามชาตกา ผ่านเกาะคูริล กระแสน้ำเย็นกรีนแลนด์ (Greenland current) ไหลไปตามชายฝั่งของเกาะกรีนแลนด์ทางด้านตะวันออก กระแสน้ำเย็นแลบราดอร์ (Labrador current) ไหลมาจากอ่าวแบฟฟิน (Baffin) แล้วผ่านช่องแคบเดวิส (Davis) ไปจนถึงชายฝั่งของเกาะนิวฟันด์แลนด์ โนวาสโคเชีย และนิวอิงแลนด์

ทั้งบริเวณมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือและมหาสมุทรแปซิฟิก หน่วยศูนย์กลางของความกดต่ำไอซแลนด์ (Icelandic) และอาลิวเชียน (Aleutian) จะเกิดในบริเวณทิศทางเดียวกันกับกระแสน้ำเย็น จะทำให้เกิดการไหลทวนเข็มนาฬิกาของบริเวณกระแสน้ำเย็นที่มาจากขั้วโลก และสายน้ำจากลมตะวันตก (West wind drift)

บริเวณมหาสมุทรแอนตาร์กติก (Antarctic Ocean) ลักษณะของกระแสน้ำมองเห็นได้ง่าย ประกอบด้วย กระแสน้ำหมุนเวียนแอนตาร์ติก (Antarctic circumpolar current) เคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา รอบ ๆ ทวีปแอนตาร์กติกา ในระหว่างช่วงละติจูดประมาณ 50—65 องศาใต้

ในปัจจุบันนักสมุทรศาสตร์สังเกตว่า การหมุนเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทรเกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำที่มีอุณหภูมิต่างกัน และความเข้มข้นของสารละลายจำพวกเกลือที่ไม่เท่ากัน ในเรื่องของกระแสน้ำเฉพาะบริเวณผิวพื้น ไม่รวมถึงการเคลื่อนไหวของน้ำซึ่งมีความแตกต่างในระดับความลึก

คำถามท้ายบทที่ 5
ลมและการหมุนเวียนของลมบนโลก

1. ความแตกต่างของความกดอากาศ ณ ระดับน้ำทะเลโดยปกติ จากวันหนึ่งไปวันหนึ่ง จากฤดูหนึ่งไปอีกฤดูหนึ่ง ณ สถานที่ซึ่งกำหนดให้เป็นแบบไหน ?
2. เส้นอุณหภูมิเสมอภาคคืออะไร? จงอธิบายถึงวิธีทำแผนที่แสดงความกดเสมอภาคมาให้ทราบ
3. จงอธิบายถึงหลักแนวความกดของโลก โดยยกตัวอย่างละติจูดใช้ประมาณค่าแนวความกดในแต่ละเขตมาให้ทราบ
4. ทำไมแนวความกดจึงมีการเปลี่ยนแปลงตามละติจูดตลอดทั้งปี ? การเปลี่ยนแปลงจะมีมากกว่ามุมของแสงอาทิตย์กับตำแหน่งละติจูดหรือไม่?
5. ทำไมบริเวณพื้นทวีปอเมริกาเหนือและเอเชียจึงไม่อยู่ในแนวความกดของโลก? สภาพความกดที่อยู่บนพื้นทวีปเหล่านี้ในช่วงฤดูหนาวจะเป็นอย่างไร ? ในช่วงฤดูร้อนเป็นอย่างไร?
6. ลักษณะเด่นของหย่อมความกดบริเวณมหาสมุทรแอตแลนติกตอนเหนือ และมหาสมุทรแปซิฟิกทางตอนเหนือระหว่างช่วงฤดูร้อนเป็นอย่างไร? ระหว่างช่วงฤดูหนาวเป็นอย่างไร? จงบอกชื่อความกดสูงและต่ำมาให้ทราบ
7. จงอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างความลาดเทของความกดกับเส้นความกดเสมอภาค ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดลมอย่างไร? แรงโคริโอลิสคืออะไร? กฎของเฟอร์เรลเกี่ยวกับทิศทางลมใกล้ผิวโลกเป็นอย่างไร?
8. ไซโคลนคืออะไร ? แอนติไซโคลนคืออะไร ? จงอธิบายถึงสภาพลมผิวพื้นในแง่ไซโคลนและแอนติไซโคลนในบริเวณซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้
9. เครื่องมือที่ใช้วัดลมคืออะไร? ข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวกับลมคืออะไร? การสังเกตทิศทางของลมทำอย่างไร? หลักในการพิจารณาทิศทางและความเร็วของลมเบื้องบนเป็นอย่างไร?
10. จงอธิบายการลอยตัวของลมมาให้ทราบ สัญลักษณ์ของแผนที่อากาศที่แสดงลมผิวพื้นเป็นอย่างไร? จงแสดงระดับลมชั้นสูง
11. สภาพของลมและเขตลมสงบในแนวเขตศูนย์สูตรมีสภาพอย่างไร? ทำไมบริเวณนี้จึงไม่มีลมประจำ ?
12. จงอธิบายลมสินค้า ทิศทางการพัดบริเวณซีกโลกเหนือเป็นอย่างไร? บริเวณซีกโลกใต้เป็นอย่างไร? ลมสินค้าใช้ประโยชน์ทางด้านการเดินเรืออย่างไร ?

13. แนวกึ่งร้อนชื้นมีความแตกต่างจากลมสงบอย่างไร ? จงอธิบายหย่อมความกดอากาศสูงตามบริเวณแนวนี้ มีการยกตัวของอากาศในละติจูดแต่ละฤดูกาลอย่างไร ?
14. จงอธิบายแนวลมตะวันตก จงเปรียบเทียบลมตะวันตกกับลมสินค้าในเรื่อง ทิศทาง ความรุนแรงของลม ลมตะวันตกมีอิทธิพลต่อการเดินเรือและการบินอย่างไร ?
15. จงอธิบายระบบลมมรสุมในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สภาพโดยทั่วไปของมรสุมฤดูร้อนเป็นอย่างไร ? มรสุมฤดูหนาวเป็นอย่างไร ? ทำไมระบบลมมรสุมจึงไม่รุนแรงและเห็นอย่างเด่นชัดในทวีปอื่น เช่น ทวีปแอฟริกา
17. จงอธิบายถึงการหมุนโดยทั่วไปของลมในเขตเส้นรุ้งกลาง และบริเวณบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ ลมตะวันตกคืออะไร ? ลมตะวันออกของเส้นศูนย์สูตรคืออะไร ? ลมพายุหมุนที่ขั้วโลกคืออะไร ? ความกดของบาโรมิเตอร์มีความสัมพันธ์กับสิ่งเหล่านี้อย่างไร ?
18. จงอธิบายเรื่องลมกรด มีความสัมพันธ์ของคลื่นอากาศชั้นบนของลมตะวันตกอย่างไรบ้าง ?
19. ลมท้องถิ่นคืออะไร ? จงอธิบายเรื่องลมบกลมทะเล ลมภูเขา ลมหุบเขา ลมหมุนมักจะพบในบริเวณไหน ? จงยกตัวอย่าง
20. ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำบนพื้นผิวมหาสมุทรวัดได้อย่างไร ? จงอภิปรายถึงสาเหตุการเกิดของกระแสน้ำ จงแสดงให้เห็นว่าแรงโคริโอลิสสัมพันธ์กับทิศทางลมอย่างไร ?
21. จงเขียนสรุปกระแสน้ำในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกและแอตแลนติกตามที่เข้าใจ
22. จงบอกชื่อกระแสน้ำอุ่นและเย็นอย่างละ 3 ชนิด จงบอกที่ตั้งและทิศทางการไหลของแต่ละสาย อิทธิพลของกระแสน้ำเหล่านี้ต่อเส้นอุณหภูมิเสมอภาคอย่างไรบ้าง อธิบาย
23. กระแสน้ำเย็นที่อยู่ทางตอนเหนือมหาสมุทรแอตแลนติกคืออะไร ? ในบริเวณซีกโลกภาคใต้มีกระแสน้ำอะไรบ้าง ?

บทที่ 6
ความชื้น เมฆ และหยาดน้ำฟ้า
(Moisture, Clouds and Precipitation)

6.1 คำนำ

ตามที่ได้กล่าวถึงลักษณะทางธรรมชาติและความสำคัญของไอน้ำ ตลอดจนความสามารถของไอน้ำในการดูดซึมพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์มาแล้ว ต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงอัตราส่วนของไอน้ำในอากาศ และการกลั่นตัวของไอน้ำในรูปของเมฆ หมอก ฝน และหิมะ

ปริมาณไอน้ำในอากาศในระยะเวลาหนึ่ง ๆ ย่อมมีอัตราแตกต่างกันในแต่ละแห่ง คือ นับตั้งแต่ไม่มีไอน้ำเลยในเขตหนาว และเขตอาร์กติกในฤดูหนาวไปจนถึงบริเวณที่มีไอน้ำในอากาศตั้งแต่ 4—5 เปอร์เซ็นต์ ในเขตชื้นและเขตร้อนชื้น

ไอน้ำแทรกตัวอยู่ในอากาศได้โดยการระเหยของน้ำจากมหาสมุทร ทะเลสาบ แม่น้ำ และพื้นแผ่นดินที่ชื้นแฉะ บางส่วนของไอน้ำได้จากการคายน้ำ (Transpire) ของพืช เนื่องจากโลกมีพื้นน้ำอย่างกว้างขวาง และมีป่าไม้ปกคลุมหนาทึบในเขตชื้น จึงทำให้มีการระเหยของน้ำตลอดเวลา

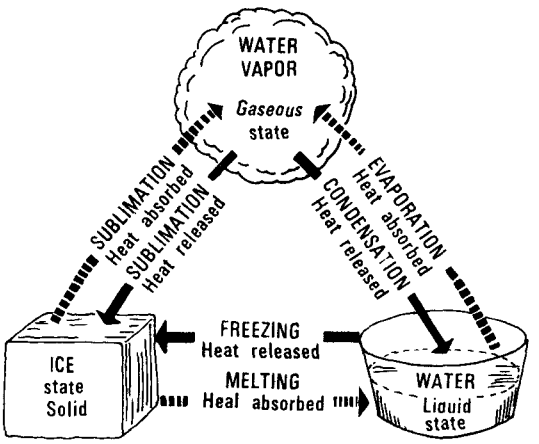
ลักษณะของน้ำ และความร้อน

น้ำตามบริเวณต่าง ๆ ทรงสภาพอยู่ 3 ลักษณะ คือ

1. เป็นของแข็ง โดยการตกผลึกเป็นน้ำแข็ง
2. เป็นของเหลว เช่น น้ำ
3. เป็นไอ เช่น ไอน้ำ

จากการที่น้ำมีสภาพเป็นไอน้ำ มันสามารถจะกลายเป็นน้ำได้โดยโมเลกุลของไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ แต่ถ้าอุณหภูมิของอากาศเย็นลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ไอน้ำในอากาศจะกลายเป็นน้ำแข็งได้โดยตรง ส่วนการระเหยของไอน้ำนั้น (Evaporation) เกิดจากโมเลกุลของน้ำตามผิวน้ำเปลี่ยนสภาพไปเป็นก๊าซ บางทีน้ำแข็งสามารถจะระเหยกลายเป็นไอได้เลย แต่ความเป็นจริงแล้ว น้ำจะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวไปเป็นของแข็งได้จะต้องเกิดจากการแข็งตัวของน้ำ และจากสภาวะที่เป็นของแข็งไปเป็นของเหลวได้โดยการละลายของน้ำ การเปลี่ยนสภาวะของน้ำตามนัยดังกล่าวนี้สามารถแสดงได้ตามรูป 6.1 ลูกศรที่ชี้ให้เห็นตามรูปคือสภาวะของน้ำที่จะเปลี่ยนแปลงไปได้

ในวิชาที่ว่าด้วยลมฟ้าอากาศ การเปลี่ยนแปลงสภาวะของน้ำในรูปแบบต่าง ๆ นับว่ามีความสำคัญมาก เพราะรูปแบบการเปลี่ยนแปลงสภาวะของน้ำมีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนในอากาศไปด้วย กล่าวคือ เมื่อน้ำเกิดการระเหย จะทำให้เกิดอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามความ



รูปที่ 6.1 ภาพแสดงภาวะของน้ำในรูปต่าง ๆ คือ เป็นของเหลว ของแข็ง และก๊าซ
(จากหนังสือ C.A.A., U.S. Dept. Commerce)

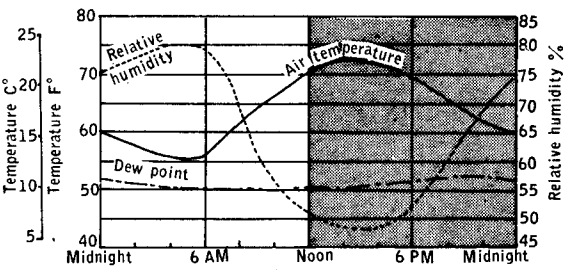
รู้สึก (Sensible heat) อุณหภูมิโดยทั่วไปนั้นเราสามารถวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ แต่บางครั้งวัดด้วยการสัมผัสหรือความรู้สึก ความรู้สึกบางอย่างเกิดจากอุณหภูมิที่แฝงอยู่ในไอน้ำ เราเรียกอุณหภูมินี้ว่า ความร้อนแฝงของการเป็นไอ (Latent heat of vaporization) ความร้อนแฝงของการเป็นไอมีส่วนทำให้ของเหลวเพิ่มอุณหภูมิได้ด้วย การที่เรารู้สึกเย็นที่ผิวหนังเมื่อเวลาเกิดการระเหยออกจากผิวหนังก็เพราะการระเหยช่วยลดอุณหภูมิบนผิวหนัง น้ำปริมาณ 1 กรัมที่ระเหยไปเป็นไอน้ำ จะต้องเพิ่มความร้อนแฝงถึง 600 คาลอรี ทำนองเดียวกันไอน้ำที่จะกลั่นตัวเป็นของเหลวได้จะต้องลดความร้อนแฝงในปริมาณที่เท่ากัน ถ้าน้ำ 1 กรัมจะเปลี่ยนสภาวะจากของเหลวไปเป็นของแข็ง น้ำจะต้องคายความร้อนแฝงออกถึง 80 คาลอรี และถ้าน้ำแข็งจะกลายเป็นของเหลวได้จะต้องเพิ่มความร้อนแฝงในจำนวนเท่ากัน ความร้อนแฝงที่ช่วยทำให้เกิดการละลายดังกล่าวนี้เรียกว่า ความร้อนแฝงของการละลาย (Latent heat of fusion) ถ้าไอน้ำจะเปลี่ยนสภาวะไปเป็นของแข็ง หรือของแข็งจะเปลี่ยนสภาวะไปเป็นไอน้ำ จะต้องเพิ่มความร้อนแฝงของการเป็นไอ หรือลดความร้อนแฝงของการกลั่นตัวเป็นปริมาณมากกว่าปกติ

6.2 ความชื้น

คำว่า ความชื้น หมายถึงปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ณ อุณหภูมิใด ๆ ไอน้ำสามารถแทรกตัวอยู่ในอากาศได้ในปริมาณจำกัด อุณหภูมิไอน้ำสามารถแทรกตัวอยู่ในอากาศได้จำกัดนี้เรียกว่า จุดอิ่มตัว (Saturation point) อัตราส่วนของไอน้ำที่จะมีอยู่จริงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไอน้ำที่อากาศจะรับไว้ได้เต็มที่ ณ อุณหภูมิเดียวกัน เรียกว่า ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) โดยมากมักจะกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ ณ จุดอิ่มตัวความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้ามีไอน้ำอยู่

เพียงครึ่งหนึ่งของปริมาณไอน้ำที่อากาศจะรับไว้ได้ ความชื้นสัมพัทธ์ดังกล่าวจะมีค่าเพียง 50 เปอร์เซ็นต์

การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศอาจเป็นไปได้อย่างใดอย่างหนึ่ง ถ้าพื้นผิวน้ำไม่มีสิ่งปกปิด ความชื้นของอากาศจะเพิ่มขึ้นโดยการระเหยของน้ำตามพื้นผิวนั้น การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ตามลักษณะนี้เป็นไปได้ช้าเพราะไอน้ำจะต้องระเหยเข้าไปแทรกตัวอยู่ตามอากาศทั่ว ๆ ไป การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์อีกทางหนึ่งก็คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แม้ว่าวิธีดังกล่าวจะไม่มีการเพิ่มไอน้ำถ้าอุณหภูมิลดลงก็จะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นได้ การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบนี้จะเป็นไปโดยอัตโนมัติ กล่าวคือ เมื่ออากาศเย็นลงความสามารถในการอุ้มไอน้ำก็จะน้อยลง เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก็ลดลง แม้ว่าปริมาณไอน้ำในอากาศไม่ได้หายไปไหนเลย การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์จึงขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ คือ ถ้าอุณหภูมิสูงความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำ ถ้าอุณหภูมิต่ำความชื้นสัมพัทธ์จะสูง ตามรูป 6.2



รูปที่ 6.2 ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิและจุดน้ำค้างของกรุงวอชิงตัน ดี.ซี. เดือนพฤษภาคม
(จากหนังสือ U.S. Weather Bureau และจากหนังสือ The Earth Science ของ Strahler)

ตัวอย่างง่าย ๆ ที่ยกให้เห็นได้ก็คือ ถ้าบริเวณหนึ่งอากาศมีอุณหภูมิ 60 องศาฟาเรนไฮต์ (16 องศาเซลเซียส) มีความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ ถ้าอากาศร้อนขึ้นเนื่องจากได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์และจากพื้นดินเป็น 90 องศาฟาเรนไฮต์ (32 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์จะเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นอากาศที่แห้งมาก พอตกกลางคืนอากาศเย็นลงถึงขีด 40 องศาฟาเรนไฮต์ (5 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะเพิ่มโดยอัตโนมัติเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ คือ ถึงจุดอิ่มตัวพอดี ถ้าอากาศเย็นลงไปอีก ความชื้นในอากาศก็จะเกิดการกลั่นตัวขึ้น เมื่ออากาศยังลดอุณหภูมิลงไปเรื่อย ๆ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก็ยังคงที่ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีการกลั่นตัวต่อไปอีก จะเป็นในรูปของหมอกหรือน้ำค้างก็ได้ ถ้าอุณหภูมิลดต่ำลงกว่าจุดเยือกแข็ง การกลั่นตัวที่เกิดขึ้นนี้จะกลายเป็นน้ำค้างแข็งเกาะอยู่ตามสิ่งต่าง ๆ บนพื้นดิน

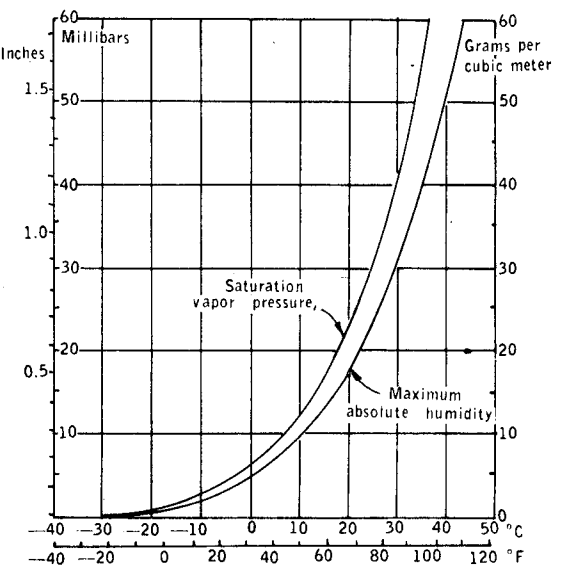
คำว่า **จุดน้ำค้าง (Dew point)** หมายถึง จุดที่อุณหภูมิของอากาศในขณะนั้นมีการอิ่มตัวเต็มที่

และต่ำลงจนทำให้เกิดการกลั่นตัวตามธรรมชาติขึ้น บางครั้งจะสังเกตเห็นการกลั่นตัวเกิดขึ้นตามผิวกระจกหรือแผ่นโลหะซึ่งมีน้ำแข็งใสอยู่หรือไม่ก็อุณหภูมิลดต่ำลง

ความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของบรรยากาศ และความชื้นของอากาศนับว่ามีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันมาก การเก็บความชื้นของอากาศมีลักษณะคล้ายกับการดูดซึมน้ำของฟองน้ำ กล่าวคือ ฟองน้ำที่แห้งหรือดูดซึมน้ำไว้ยังไม่เต็มที่ มันสามารถจะดูดซึมเอาน้ำไว้ได้อีกเช่นเดียวกันกับอากาศที่อุ้มไอน้ำไว้ยังไม่เต็มที่ ก็จะสามารถรับเอาไอน้ำไว้ได้อีกเช่นกัน ฟองน้ำที่ดูดเอาน้ำไว้เต็มที่ ถ้าเราบีบฟองน้ำนั้นก็จะมีน้ำไหลออกมา เช่นเดียวกันกับอากาศ เมื่อลดอุณหภูมิลงไอน้ำที่แทรกตัวอยู่ก็จะเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำออกมา

6.3 ความชื้นสัมบูรณ์

ความชื้นสัมพัทธ์แม้จะมีความสำคัญที่สามารถจะบอกให้ทราบถึงสภาวะของไอน้ำในบรรยากาศ แต่ก็เป็นสภาวะที่เปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นในอากาศเกี่ยวกับจุดอิ่มตัวเท่านั้น ส่วนความชื้นที่มีอยู่ในอากาศจริง ๆ ในขณะใดขณะหนึ่ง เราเรียกว่า ความชื้นสัมบูรณ์ ความชื้นนี้หมายถึงน้ำหนักของไอน้ำที่อยู่ในอากาศในปริมาณที่กำหนดให้ เช่น เป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ณ อุณหภูมิต่างกัน อากาศในปริมาตรหนึ่งลูกบาศก์เมตรสามารถจะดูดซึมเอาไอน้ำได้เต็มที่ไม่เท่ากัน จากรูป 6.3 เป็นกราฟแสดงปริมาณความชื้นสูงสุดที่อากาศสามารถรับเอาไอน้ำได้เต็มที่ในอุณหภูมิต่างกัน



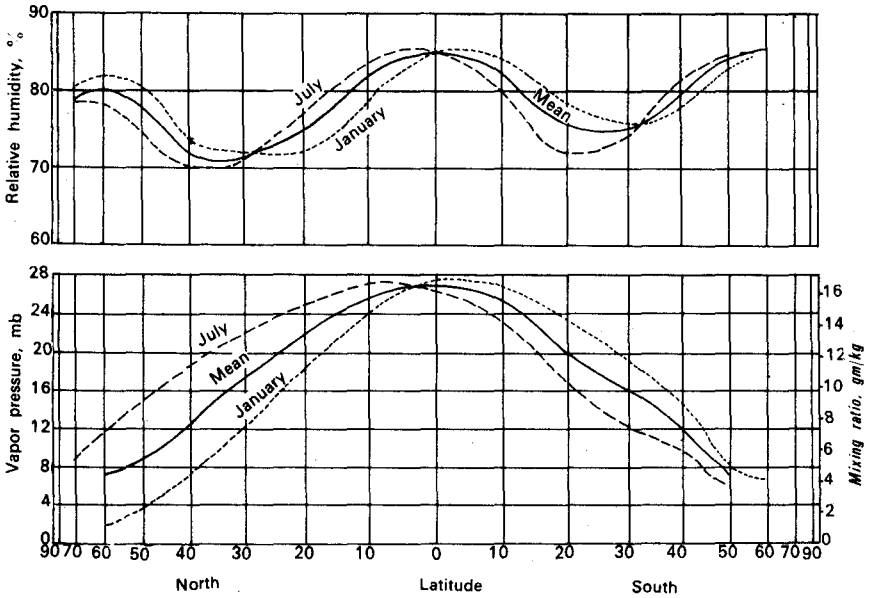
รูปที่ 6.3 กราฟแสดงความกดของไอน้ำสูงสุดและความชื้นสัมบูรณ์สูงสุดของอากาศ

นักภูมิศาสตร์ถือว่า ความชื้นสัมบูรณ์เป็นปัจจัยประการแรกที่จะนำมาพิจารณาลักษณะของอากาศตั้งแต่เขตศูนย์สูตรไปจนถึงเขตขั้วโลก เพราะความชื้นสัมบูรณ์มีส่วนสำคัญต่อสภาวะของบรรยากาศที่จะทำให้เกิดฝนตกได้ อากาศหนาวโดยปกติมักทำให้เกิดฝนตกหรือเกิดหิมะได้น้อย ส่วนอากาศร้อนชื้นมักจะทำให้เกิดฝนตกได้มาก

6.4 ความดันของไอน้ำ

ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว น้ำหนักของบรรยากาศจะเท่ากับน้ำหนักของลำปรอทในบาโรมิเตอร์ และการเปลี่ยนแปลงของลำปรอทในบาโรมิเตอร์จะเป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศ เมื่อไอน้ำในอากาศมีความบริสุทธิ์และแห้งมากขึ้น โมเลกุลของน้ำจะกระจายแทรกตัวอยู่กับโมเลกุลของก๊าซต่าง ๆ ความกดของบาโรมิเตอร์ส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับไอน้ำในอากาศโดยตรง ซึ่งเรียกว่าความดันของไอน้ำ เช่น ถ้าอากาศเย็นและแห้ง ความดันของไอน้ำอาจลดต่ำลงถึง 0.05 นิ้ว (0.013 เซนติเมตร) แต่ถ้าเป็นเขตอากาศร้อนและชื้นมาก เช่น ในเขตศูนย์สูตร ความดันของไอน้ำในอากาศอาจสูงขึ้นถึง 0.8 นิ้ว (2 เซนติเมตร)

ตามรูป 6.3 แสดงให้เห็นว่า ความดันของไอน้ำในอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของอากาศหนาวมากและร้อนมาก ความดันของไอน้ำและความชื้นสัมบูรณ์จะบอกให้เราทราบปริมาณของไอน้ำในอากาศได้ คือ ถ้าความชื้นสัมบูรณ์ในอากาศมีมาก จะทำให้ความดันของไอน้ำในอากาศมากขึ้นด้วย



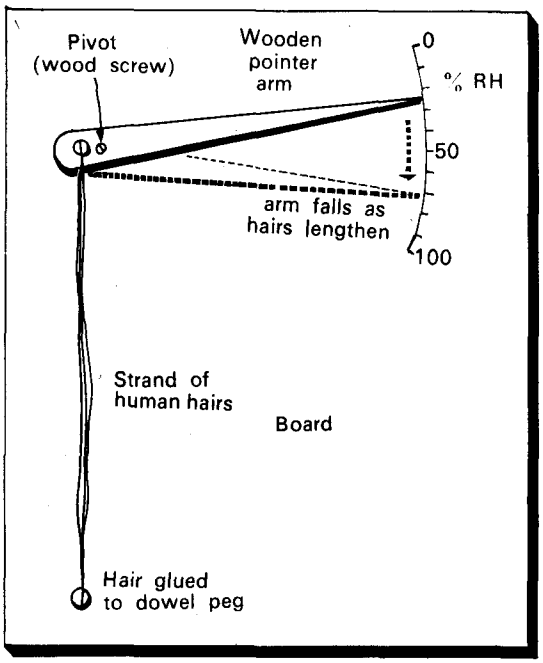
รูปที่ 6.4 กราฟแสดงความชื้นสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์ ต่อระดับความสูงตามละติจูด (บน) และอัตราเรโชส่วนผสม ตามระดับละติจูด (ล่าง) ค่าของอัตราเรโชส่วนผสมมีลักษณะคล้ายคลึงกับค่าของความชื้นจำเพาะมาก

ข้อเสียประการหนึ่งเกี่ยวกับการใช้ความชื้นสัมบูรณ์เพื่อการศึกษาความชื้นของบรรยากาศ คือ เมื่ออากาศลอยตัวขึ้นหรือจมตัวลงตามระดับความสูง ปริมาตรของอากาศจะแตกต่างออกไปตามการขยายตัวและการหดตัวของอากาศ ดังนั้นความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศก็ไม่อาจจะมีสภาพคงตัวได้ เพราะฉะนั้น ในวงการอุตุนิยมวิทยาปัจจุบันจึงวัดความชื้นของอากาศด้วยวิธีอื่นแทน คือ วัดเป็นความชื้นจำเพาะ (Specific humidity) ความชื้นจำเพาะหมายถึงอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของไอน้ำเป็นกรัมต่อน้ำหนักของอากาศชื้น (รวมไอน้ำด้วย) 1 กิโลกรัม ดังนั้น เมื่อกลุ่มอากาศลอยตัวสูงขึ้นแม้ไม่ได้รับไอน้ำเพิ่มหรือเสียไอน้ำไป ความชื้นจำเพาะของอากาศก็ยังคงที่ แม้ปริมาตรของอากาศจะเพิ่มขึ้นก็ตาม

ความชื้นจำเพาะบางครั้งยังใช้พิจารณาถึงลักษณะความชื้นของกลุ่มอากาศขนาดใหญ่ด้วย เช่น อากาศที่หนาวจัดและแห้งแล้งแถบขั้วโลก ในฤดูหนาว มีความชื้นจำเพาะต่ำมากถึง 0.2 กรัมต่อ 1 กิโลกรัม แต่ถ้าเป็นเขตที่ร้อนชื้นมาก ๆ อย่างในเขตร้อนชื้น ความชื้นจำเพาะของอากาศอาจถึง 18 กรัมต่อ 1 กิโลกรัมก็ได้ (รูป 6.4) โดยทั่วไปแล้วความแตกต่างของความชื้นจำเพาะในบริเวณต่าง ๆ ของโลกจะมีอย่างน้อยตั้งแต่ 100—200 เท่า

6.5 การวัดความชื้นของอากาศ

การวัดความชื้นของอากาศสามารถทำได้ 2 ทาง เครื่องมือที่ใช้วัดความชื้นของอากาศเรียกว่า ไฮโกรมิเตอร์ (Hygrometer) เครื่องมือชนิดนี้ใช้เส้นผมของคนเป็นส่วนประกอบ เส้นผมเหล่านี้จะยืดหรือหดตัวได้ตามความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ การหดตัวและยืดตัวของเส้นผมจะมีผลทำให้หน้าปัด



รูปที่ 6.5 ไฮโกรมิเตอร์ แบบธรรมดา

ของไฮโกรมิเตอร์หมุนไปมาได้ (รูป 6.5) ถ้าจะวัดความชื้นของอากาศต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ เป็นเวลานาน เราใช้ไฮโกรกราฟ (Hygrograph) เครื่องมือชนิดนี้สามารถบันทึกความชื้นของอากาศลงในกระดาษกราฟที่ใส่ไว้ ปากกาที่ติดไว้ในเครื่องมือจะบันทึกความชื้นของอากาศตามที่เครื่องมือเปลี่ยนแปลงตามสภาวะของอากาศนั้น

เครื่องมือวัดความชื้นของอากาศอีกชนิดหนึ่งได้แก่ สลิงไซโครมิเตอร์ (Sling psychrometer) เครื่องมือชนิดนี้ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ 2 อันติดอยู่ในแผงเดียวกัน อันหนึ่งเป็นเทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดา อีกอันหนึ่งมีผ้าผูกติดตุ้มแก้วเอาไว้ เวลาจะใช้จะต้องเอาผ้าที่ผูกติดไว้นั้นชุบน้ำให้เปียกเสียก่อน ถ้าอากาศเกิดอิ่มตัวเต็มที่ (มีความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์) ไอน้ำจะไม่มีการระเหยออกจากผ้าเปียกเลย เทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองนั้นจะอ่านได้ค่าเท่ากัน ถ้าอากาศไม่เกิดการอิ่มตัว น้ำจะระเหยออกจากผ้า การระเหยของน้ำจากผ้าเปียกจะทำให้ตุ้มแก้วที่หุ้มไว้เย็นลง ทำให้ปรอทในเทอร์โมมิเตอร์ลดอุณหภูมิลงด้วย จำนวนอุณหภูมิที่ลดลงเราสามารถอ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดา เนื่องจากอัตราการระเหยของน้ำจากผ้าเปียกขึ้นอยู่กับความแห้งของอากาศ ดังนั้นค่าจากความแตกต่างของเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองนี้จะมีมากขึ้นถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศลดลง เราสามารถจะอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้นี้โดยการเปรียบเทียบจากตารางที่ได้ทดลองมาแล้ว เพื่อจะทำให้แน่ใจว่าการระเหยของน้ำจากผ้าเปียกสามารถระเหยไปได้เต็มที่ บางครั้งจึงผูกแผงเทอร์โมมิเตอร์ไว้กับมือถือซึ่งสามารถจะหมุนได้ บางชนิดเครื่องมือชนิดนี้จะมีพัดลมติดไว้เพื่อพัดให้ลมปะทะกับเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มเปียก

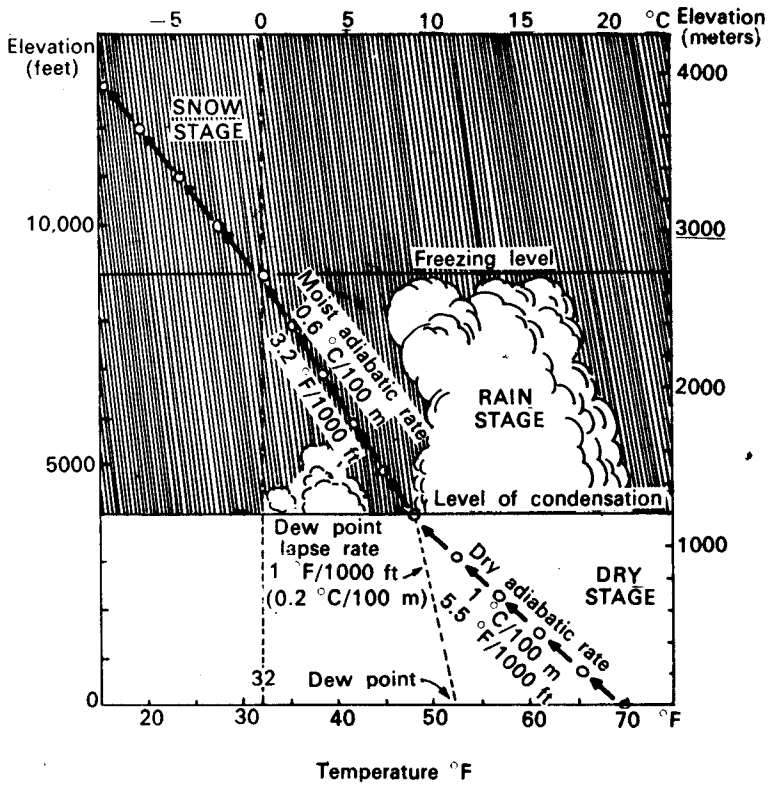
6.6 การกลั่นตัวของไอน้ำ

การเกิดฝน หิมะ ฝนแข็ง หรือลูกเห็บ เรียกชื่อรวม ๆ ว่าการเกิดหยาดน้ำฟ้า (Precipitation) การเกิดหยาดน้ำฟ้านี้เนื่องจากมวลอากาศขนาดใหญ่ได้ลดอุณหภูมิต่ำลงกว่าจุดน้ำค้าง สภาวะดังกล่าวนี้จะไม่เกิดขึ้นง่าย ๆ จากขบวนการลดอุณหภูมิของอากาศเนื่องจากการศูนย์เสียพลังงานความร้อนของแสงอาทิตย์ตอนกลางคืน ถ้ามวลอากาศดังกล่าวนี้ลอยตัวสูงขึ้นอาจจะทำให้เกิดการกลั่นตัวได้

หลักสำคัญประการหนึ่งของอุตุนิยมวิทยาก็คือ อากาศยิ่งลอยตัวสูงขึ้นอุณหภูมิยิ่งต่ำลง แม้ปริมาณความร้อนในอากาศไม่ได้สูญเสียไปไหนเลย (ดังรูป 6.6) การลดลงของอุณหภูมิดังกล่าวนี้มีผลมาจากการลดความกดของอากาศในระดับสูง เนื่องจากอากาศที่ลอยตัวสูงขึ้นนั้นจะทำให้ขยายตัวออกมากขึ้น โมเลกุลของอากาศข้างบนสามารถจะกระจายได้ง่ายขึ้น เพราะอากาศเบื้องบนเบาบางด้วยเหตุนี้อุณหภูมิของอากาศเบื้องบนจึงลดลง การลดอุณหภูมิของมวลอากาศที่ลอยสูงขึ้นไปโดยไม่มีการกลั่นตัวเกิดขึ้น เรียกว่า อัตราการลดแบบอะเดียแบติกแห้ง (Dry adiabatic rate) อัตราการลดอุณหภูมิแบบนี้จะมีค่าเท่ากับ $5\frac{1}{2}$ องศาฟาเรนไฮต์ต่อระดับความสูงในแนวยืน 1,000 ฟุต หรือเท่ากับ 1 องศาเซลเซียสต่อความสูง 100 เมตร จุดน้ำค้างของอากาศจะลดลงตามระดับความสูงด้วย คือ ลดลง 1 องศาฟาเรนไฮต์ต่อความสูง 1,000 ฟุต (0.2 องศาเซลเซียสต่อความสูง 100 เมตร)

ถ้าไอน้ำในอากาศเกิดการกลั่นตัวแล้ว อัตราการลดอุณหภูมิของมวลอากาศจะลดน้อยลง คือ

ประมาณ 3.2 องศาฟาเรนไฮต์ต่อความสูง 1,000 ฟุต (0.6 องศาเซลเซียสต่อ 100 เมตร) การลดอุณหภูมิของอากาศตามขบวนการดังกล่าวนี้ เรียกว่า อะเดียแบติกเปียก (Wet adiabatic rate) หรือ อะเดียแบติกอิ่มตัว (Saturation adiabatic rate) การลดอุณหภูมิทั้งสองแบบดังกล่าวนี้แตกต่างกับการลดอุณหภูมิแบบธรรมดา (Normal lapse rate) ซึ่งใช้กับอากาศที่ไม่เคลื่อนที่ในระดับความสูงต่าง ๆ กัน



รูปที่ 6.6 การเปลี่ยนแปลง อะเดียแบติกของอุณหภูมิในมวลอากาศที่ลอยตัว

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของมวลอากาศที่ลอยตัวขึ้น ในระดับที่บริเวณไหนจะมีการกลั่นตัวเกิดขึ้นในรูปของหิมะ อัตราการลดอะเดียแบติกจะมีค่าอยู่ระหว่างการลดอุณหภูมิแบบอะเดียแบติกแห้งกับการลดอุณหภูมิอะเดียแบติกเปียก บางครั้งการเกิดฝน หิมะ หรือรูปแบบของหยาดน้ำฟ้าชนิดต่าง ๆ จะนำมาด้วยการเกิดของเมฆชนิดต่าง ๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบชนิดและความสำคัญของเมฆ

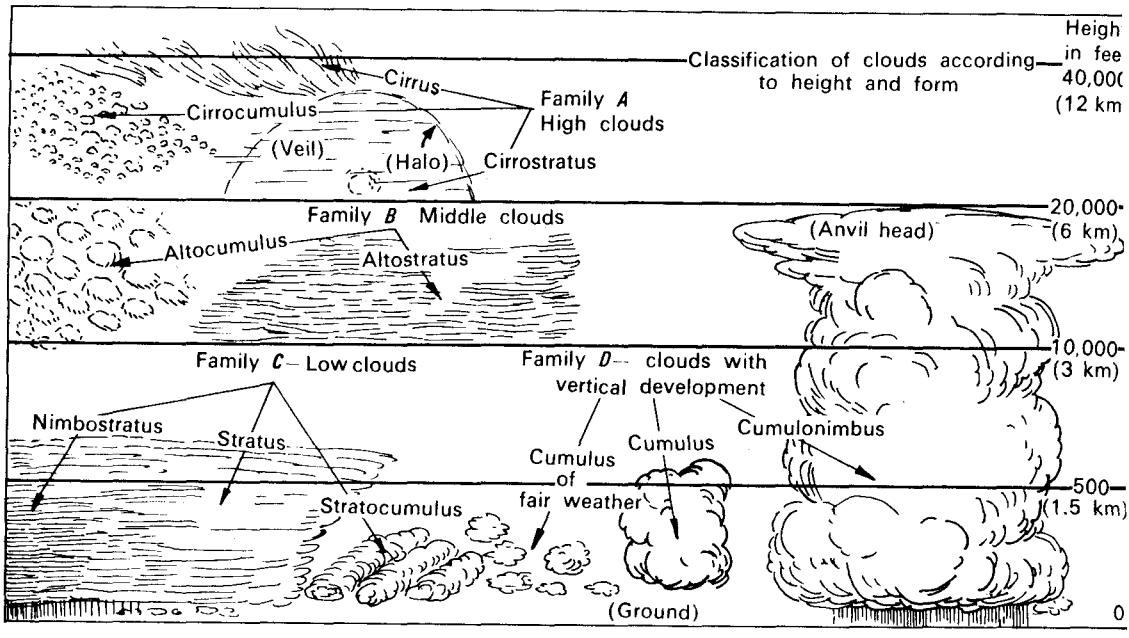
6.7 เมฆชนิดต่าง ๆ

เมฆประกอบด้วยหยดน้ำเล็ก ๆ ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.0008 นิ้ว ถึง 0.0024 นิ้ว (0.02–0.06 มิลลิเมตร) เป็นจำนวนมาก ๆ หยดน้ำดังกล่าวบางที่จะมีสภาพเป็นเกล็ดน้ำแข็ง เกล็ดน้ำแข็ง

เล็ก ๆ เหล่านี้เบามากจนอากาศสามารถพัดลอยขึ้นเบื้องบนได้ การก่อตัวของเมฆแบบต่าง ๆ ผุ้นละอองมีส่วนเกี่ยวข้องอยู่มาก เพราะผุ้นละอองนี้เองที่เป็นจุดศูนย์กลาง หรือจุดรวมตัวของการกลั่นตัวของหยดน้ำ

เมื่อใดอุณหภูมิของอากาศลดลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง จะทำให้หยดน้ำตกผลึกเป็นเกล็ดน้ำแข็งเล็ก ๆ ขึ้น ส่วนพวกน้ำที่เหลืออยู่ก็คงสภาพเป็นของเหลวต่อไป แม้อุณหภูมิจะลดต่ำลงกว่าจุดเยือกแข็ง ดังนั้น ละอองไอน้ำเบื้องบนจะกลายเป็นหยดน้ำได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิลดลงถึง 10 องศาฟาเรนไฮต์ (—12 องศาเซลเซียส) หยดน้ำจะกลายเป็นเกล็ดน้ำแข็งเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงตั้งแต่ 10 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง —20 องศาฟาเรนไฮต์ (—12 องศาเซลเซียส ถึง —30 องศาเซลเซียส) แต่ส่วนใหญ่แล้วน้ำจะกลายเป็นเกล็ดน้ำแข็งตั้งแต่อุณหภูมิลดต่ำลง ตั้งแต่ —20 องศาฟาเรนไฮต์ ถ้าอุณหภูมิลดต่ำตั้งแต่ —40 องศาฟาเรนไฮต์ (—40 องศาเซลเซียส) แล้ว เมฆทั้งหมดจะกลายเป็นน้ำแข็ง เมฆบนท้องฟ้าที่เรามองเห็นเป็นสีขาว ๆ ก็เพราะว่าเมฆนั้นบาง หรือแสงอาทิตย์ส่องกระทบด้านนอก แต่ถ้าเมฆนั้นหนาและทึบเมฆนั้นจะมองเห็นเป็นสีเทาหรือสีดำทางตอนล่าง ทั้งนี้เนื่องจากการสะท้อนเงาของเมฆนั้นเอง

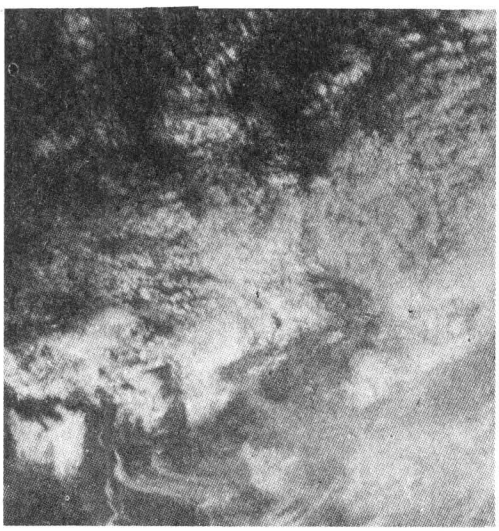
เมฆอาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ ตามรูปร่างและระดับความสูงของเมฆ ตามลักษณะรูปร่าง เมฆแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ เมฆแผ่น (Stratiform) และเมฆก้อน (Cumuliform) ดังรูป 6.7



รูปที่ 6.7 เมฆชนิดต่าง ๆ จัดจำแนกตามตระกูล ระดับความสูง และการเกิด

รูปที่ 6.8 แบบชนิดต่าง ๆ

ก. เมฆซีร์รัสลักษณะคล้ายขนนกแส้ม้า



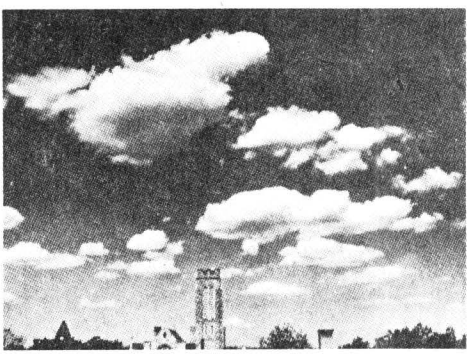
ข. เมฆซีร์โรคิวมูลัส (บน) และเมฆซีร์รัส (ล่าง)

ค. เมฆแอลโตสเตรตัสและแฟรกโตสเตรตัส

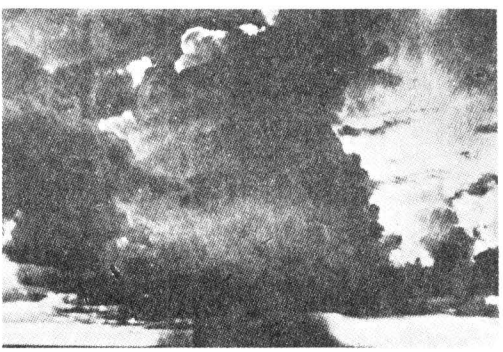
ง. เมฆแอลโตคิวมูลัส

จ. เมฆสเตรตัสและแฟรกโตสเตรตัส

ฉ. เมฆสเตรโตคิวมูลัสซึ่งลอยในแนวนอน



ช. เมฆคิวมูลัส ขณะท้องฟ้าแจ่มใส



ซ. เมฆคิวมูโลนิมบัส ซึ่งมีพายุฟ้าคะนองเกิดขึ้นและมีฝนตกบริเวณตอนล่างของเมฆ

เมฆแผ่น เป็นเมฆที่เป็นแผ่นขนาดใหญ่และปกคลุมเป็นบริเวณกว้าง บางครั้งถ้าลอยอยู่ในแนวราบ จะมีลักษณะบาง เมฆแผ่นยังแบ่งออกได้ตามระดับความสูงอีก พวกที่อยู่ในระดับสูงสุด ได้แก่ เมฆซีร์รัส (Cirrus) และเมฆตระกูลซีร์รัส ซึ่งได้แก่ เมฆซีร์โรสเตรตัส และซีร์โรคิวมูลัส (ตามรูป 6.7, 6.8) เมฆเหล่านี้ลอยอยู่ในระดับสูงตั้งแต่ 20,000 ฟุต ถึง 40,000 ฟุต (6,000 ถึง 12,000 เมตร) เมฆซีร์รัสมีลักษณะเป็นฝอย ๆ และเป็นเส้นบางๆ ลอยกระจายอยู่บนท้องฟ้าในระดับสูง สังเกตเห็นลอยได้ช้ามาก เมฆซีร์โรสเตรตัส (Cirrostratus) มีลักษณะเป็นแผ่นมากขึ้น บางครั้งทำให้เกิดวงแสงรอบดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ได้ ถ้าเมฆซีร์รัสจับกันเป็นแผ่นกลม ๆ หรือเป็นก้อน เรียกว่า ซีร์โรคิวมูลัส (Cirrocumulus)

เมฆที่ลอยอยู่ในระดับสูงปานกลาง คือ ตั้งแต่ 6,500 ฟุต ถึง 20,000 ฟุต (2,000 ถึง 6,000 เมตร) ได้แก่เมฆแอลโตสเตรตัส (Alto stratus) เมฆแอลโตสเตรตัสมีลักษณะเป็นแผ่น ๆ กระจายเรียบ ๆ อยู่ทั่วไปบนท้องฟ้า เมฆชนิดนี้มักจะมองเห็นเป็นสีเทา ชั้นล่างราบเรียบ และบางครั้งจะมองเห็นแสงอาทิตย์เป็นจุดชัดเจน ส่วนเมฆแอลโตคิวมูลัสมีลักษณะเป็นแผ่นกลม ๆ กระจายอยู่ทั่วไป ก้อนเมฆชนิดนี้บางที่มองเห็นเป็นสีขาว บางครั้งเห็นเป็นสีเทาในวันที่ท้องฟ้าเป็นสีน้ำเงิน เมฆแอลโตคิวมูลัส

จะมองเห็นเป็นก้อนกลม ๆ ลอยอยู่เป็นกลุ่ม ๆ หรือเป็นแถวยาว เมฆแอลโตสเตรตัสโดยปกติจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับลักษณะภาวะอากาศเลว ส่วนเมฆแอลโตคิวมูลัสมักแสดงถึงภาวะอากาศแจ่มใส

เมฆชั้นต่ำลอยอยู่ในระดับต่ำตั้งแต่เหนือพื้นดินขึ้นไปจนถึงระดับความสูง 6,500 ฟุต (2,000 เมตร) ได้แก่ เมฆสเตรตัส (Stratus) นิมโบสเตรตัส (Nimbostratus) และสเตรโตคิวมูลัส (Stratocumulus) เมฆสเตรตัสเป็นเมฆที่หนาทึบ ลอยอยู่ในระดับต่ำ สีเทาและทึบ (รูป 6.8 จ) เมฆที่ทำให้เกิดฝนและหิมะตกได้ ได้แก่ เมฆนิมโบสเตรตัส คำว่า นิมโบ (Nimbo) หมายถึงหยาดน้ำฟ้าที่เกิดจากเมฆ ส่วนเมฆสเตรโตคิวมูลัสเป็นเมฆที่ลอยอยู่ในระดับต่ำเช่นกัน มีลักษณะเป็นสีเทา และมักจะพบในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง เมฆดังกล่าวนี้มีรูปร่างยาวไปตามทิศทางการพัดของลมเบื้องบน เมฆสเตรโตคิวมูลัสนอกจากจะแสดงถึงท้องฟ้าโปร่งแล้ว อากาศมักจะแจ่มใสเสมอ แต่บางครั้งก็ทำให้เกิดฝนและหิมะตกได้เหมือนกัน

6.8 หมอก

หมอก คือ ลักษณะของเมฆสเตรตัสที่ลอยอยู่ใกล้พื้นดิน หมอกมีหลายชนิด หมอกที่เกิดจากการแผ่รังสี (Radiation fog) เป็นหมอกที่เกิดในเวลากลางคืนเมื่ออุณหภูมิของอากาศเบื้องล่างเย็นลงถึงจุดน้ำค้าง หมอกอีกชนิดหนึ่งคือ หมอกที่เกิดจากการเคลื่อนที่ตามแนวราบ (Advection fog) หมอกชนิดนี้เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนชื้นเข้าไปยังบริเวณพื้นดินที่ปกคลุมด้วยหิมะ เมื่ออากาศร้อนชื้นพัดเข้าไปจะทำให้เย็นลงและอุณหภูมิลดลงต่ำกว่าจุดน้ำค้าง ทำให้เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำ หมอกซึ่งเกิดคล้ายกับหมอกที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวราบ ได้แก่ หมอกที่เกิดอยู่เหนือบริเวณมหาสมุทร โดยมีลมพัดจากบริเวณกระแสน้ำอุ่นเข้าไปปะทะอากาศเย็นเหนือกระแสน้ำเย็น เช่น หมอกที่เกิดอยู่บริเวณชายฝั่งนิวฟันด์แลนด์และบริเวณใกล้เคียง กระแสน้ำเย็นและกระแสน้ำอุ่นที่พัดมาปะทะทำให้เกิดหมอกขึ้น แถบนี้คือกระแสน้ำเย็นแลบราดอร์กับกระแสน้ำอุ่นกัลฟ์สตรีม

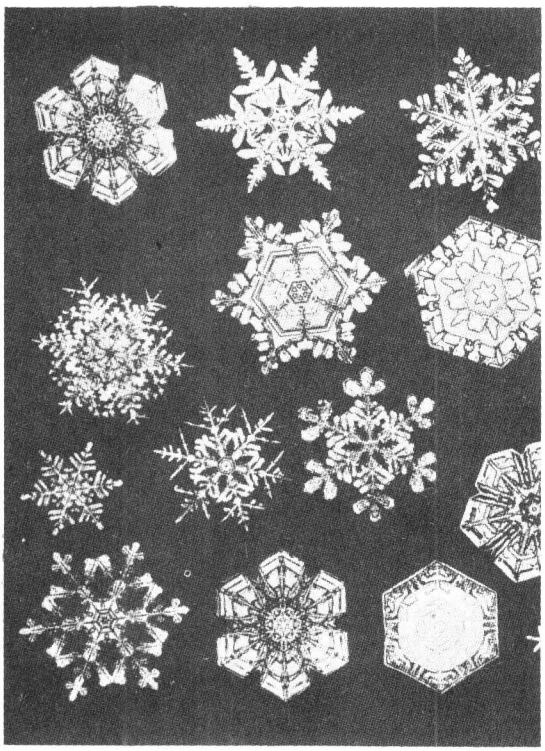
พวก**เมฆก้อน** เป็นเมฆที่ลอยอยู่ในระดับต่ำจนถึงระดับสูง คือ ฐานเมฆอาจจะอยู่เหนือพื้นดินเล็กน้อย แต่ยอดเมฆอาจอยู่ถึง 20,000 ฟุต พวกเมฆก้อนมีอยู่หลายชนิด เช่น เมฆคิวมูลัส เป็นเมฆสีขาวคล้ายขนแกะ ก้อนกลม เมฆชนิดนี้ด้านล่างมีลักษณะราบเรียบ ด้านบนมีผิวขรุขระ รูปร่างทั่วไปคล้ายดอกกะหล่ำปลี เมฆคิวมูลัสมักมีสีขาวใสโดยเฉพาะเวลาแสงอาทิตย์ส่อง แต่บางครั้งอาจจะเป็นสีเทาหรือสีดำตามด้านข้างหรือด้านล่าง เมฆคิวมูลัสที่เป็นก้อนเล็ก ๆ มักจะแสดงถึงอากาศดี ท้องฟ้าแจ่มใส แต่ถ้าเมื่อโตเกิดการรวมตัวเป็นก้อนขนาดใหญ่ขึ้นจนกลายเป็นเมฆคิวมูโลนิมบัส จะทำให้เกิดฟ้าคะนองขึ้นได้และอาจจะทำให้เกิดฝนตกหนักตามมา บางครั้งจะเกิดฟ้าผ่า ฟ้าร้อง และลมพัดจัดด้วย (รูป 6.8 ซ) เมฆคิวมูโลนิมบัสขนาดใหญ่อาจจะสูงตั้งแต่ระดับ 1,000 ถึง 2,000 ฟุตเหนือพื้นดินขึ้นไปจนถึงระดับความสูง 30,000 ถึง 40,000 ฟุต (9,000 ถึง 12,000 เมตร) ถ้ามองดูเมฆคิวมิวโลนิมบัสในระยะไกล ๆ ยอดของเมฆจะมีลักษณะขาวบริสุทธิ์ ถ้ามองดูข้างล่างขึ้นไปอาจเห็นเป็นสีดำ เมฆชนิดนี้เวลาเกิดขึ้นจะมีพายุฟ้าคะนองตามมาเสมอ

6.9 ลักษณะของหยาดน้ำฟ้า

หยาดน้ำฟ้าเกิดขึ้นเมื่อเกิดการกลั่นตัว เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายในก้อนเมฆ ฝน (Rain) เกิดขึ้นเมื่อละอองน้ำในก้อนเมฆจำนวนมากรวมตัวกันเป็นหยดน้ำจนมีขนาดใหญ่ ไม่อาจจะลอยตัวอยู่ในอากาศได้อีก หยดน้ำนี้อาจจะรวมตัวกับหยดน้ำก้อนอื่น ๆ เข้าอีก จนกระทั่งมีขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลางถึง 0.25 นิ้ว (7 มิลลิเมตร) ถ้าหยดน้ำมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่านี้มันจะแตกออกมาเป็นหยดเล็ก ๆ ฝนที่เกิดในลักษณะเช่นนี้เรียกว่า ฝนละออง (Drizzle)

ฝนน้ำแข็ง

ฝนน้ำแข็งเป็นคำที่เรียกกันในประเทศสหรัฐอเมริกา ฝนชนิดนี้ประกอบด้วยเกล็ดน้ำแข็งอันเกิดจากฝนที่เย็นจัดจนถึงจุดเยือกแข็ง หยดน้ำฝนที่ตกลงมาที่แรกจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศเบื้องล่าง แต่พอผ่านมาถึงบริเวณที่มีอากาศเย็นจัดตอนล่างจะทำให้ฝนนั้นเย็นจัดจนแข็งตัวขึ้น ฝนน้ำแข็งนี้ในหมู่คนที่พูดภาษาอังกฤษทั่วไปมักหมายถึงฝนที่ตกลงมาและมีหิมะปนด้วย



รูปที่ 6.9 เกล็ดหิมะชนิดต่าง ๆ

หิมะ

หิมะประกอบด้วยมวลผลึกน้ำแข็ง อันเกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ผลึกของหิมะแต่ละหยดอาจจะใช้วัตถุสีดำผิวเรียบรองรับแล้วเอาแว่นขยายส่องดูผลึกหิมะแต่ละหยดที่ได้มานั้นรูปร่างต่าง ๆ กัน ตั้งแต่เป็นรูปหกเหลี่ยม รูปผลึกแบนราบ หรือเป็นรูปปริซึมและรูปอื่น ๆ ที่สวยงามอีกมากมาย

ลูกเห็บ

ลูกเห็บประกอบด้วยน้ำแข็งก้อนกลม ๆ เล็ก ๆ โครงสร้างภายในของก้อนน้ำแข็งที่ประกอบเป็นลูกเห็บจะมีลักษณะเป็นรูปกลม ๆ คล้ายหัวหอม ปกติก้อนน้ำแข็งที่ตกลงมาเป็นลูกเห็บนั้นจะไม่ใส แต่จะเห็นเป็นสีขาวฝ้า บางครั้งลูกเห็บที่ตกลงมาเป็นก้อนขนาดใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 ถึง 2 นิ้วก็มี (0.5 ถึง 5 เซนติเมตร) เรียกลูกเห็บชนิดนี้ว่า เฮลสโตน (Hailstones) ลูกเห็บชนิดนี้เวลาตกลงมาอาจทำให้พืชพรรณและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ เสียหายได้ ลูกเห็บที่ตกลงมาสู่พื้นดินเกิดได้จากเมฆคิวมูโลนิมบัสเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากภายในก้อนเมฆคิวมูโลนิมบัสจะมีอากาศลอยตัวพุ่งขึ้นอย่างรุนแรง ทำให้หยดน้ำภายในก้อนเมฆถูกพัดขึ้นสู่เบื้องบนในระดับสูง จนหยดน้ำเย็นจัดและกลายเป็นน้ำแข็ง แล้วตกลงมาสู่ข้างล่างภายในก้อนเมฆ ต่อมาจะถูกพัดขึ้นสู่เบื้องบนอีกและเป็นเช่นนี้หลายเที่ยวจนกระทั่งหยดน้ำจับกันเป็นก้อนใหญ่ หยดน้ำดังกล่าวนี้เวลาเครื่องบินบินผ่านจะจับแน่นตามปีกของเครื่องบิน

รูปที่ 6.10 ความเสียหายของสายโทรเลขและกิ่งไม้ อันเกิดจากการตกและเกาะของฝนปนหิมะ ทางภาคตะวันออกของรัฐนิวยอร์ก ในเดือนมกราคม ปี 1943

เมื่อก้อนน้ำแข็งที่อยู่กับก้อนเมฆถูกลมพัดเลยออกมาจากกลุ่มอากาศที่พัดพุ่งขึ้น ก็จะตกสู่พื้นดินเป็นลูกเห็บ

บางครั้งเมื่อมีฝนตกลงมาในขณะที่พื้นดินปกคลุมด้วยอากาศที่เย็นจัด มีอุณหภูมิลดลงถึงจุดเยือกแข็ง ฝนนั้นเมื่อตกถึงพื้นดินหรือทับถมต้นไม้บ้านเรือนมักจะกลายเป็นน้ำแข็งสีใสเกาะอยู่ตามสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้น ฝนที่ตกลงมาเช่นนี้และเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าว เรียกว่า เคลือบน้ำแข็ง (Glaze) ถ้ามีพายุเกิดขึ้นในขณะที่มีฝนนี้ด้วย เรียกพายุนี้ว่า พายุน้ำแข็ง (Icing storm) การเกิดเคลือบน้ำแข็งมักจะไม่มีน้ำแข็งตกลงมา เพราะฉะนั้นเคลือบน้ำแข็งจึงไม่ใช่ลักษณะของหยาดน้ำฟ้า เวลาเกิดพายุน้ำแข็งแต่ละครั้งมักจะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะสายโทรเลข สายโทรศัพท์ สายไฟฟ้า และกิ่งไม้ต่าง ๆ ได้รับความเสียหายมากกว่าอย่างอื่น ตามบริเวณทางเท้าและถนนก็มักจะก่อให้เกิดอันตรายด้วย

6.10 การวัดหยาดน้ำฟ้า

หยาดน้ำฟ้าโดยทั่วไปกำหนดหน่วยเป็นนิ้วหรือเซนติเมตรต่อระยะเวลาฝนตก แต่บางแห่งกำหนดหน่วยเป็นนิ้วหรือเซนติเมตรต่อระยะเวลา 24 ชั่วโมง น้ำฝน 1 นิ้ว คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาปกคลุมพื้นดินหมด 1 นิ้ว โดยยังไม่มีการระเหยไปหรือซึมลงไปในดิน เครื่องวัดน้ำฝนอย่างง่าย ๆ ได้แก่ถังโลหะเป็นรูปทรงกลม ก้นเรียบ มีความลึกพอสำหรับเก็บน้ำฝนที่ตกมาในระยะหนึ่ง ๆ การอ่านค่าของปริมาณน้ำฝนที่ตกแต่ละครั้งอาจผิดพลาดได้ง่ายถ้าไม่ได้ตรวจดูโดยทันทีทันใด บางครั้งถ้ามีฝนตกน้อย เช่น ตกเพียง 0.1 นิ้ว (0.25 เซนติเมตร) อาจทำให้บอกปริมาณฝนตกได้ไม่แน่นอน ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการผิดพลาดที่วัดปริมาณน้ำฝนตกแต่ละครั้ง เครื่องมือที่วัดน้ำฝนชนิดดีจึงมีกรวยต่อจากก้นถังเข้าไปยังกระบอกวัด แม้จะมีฝนตกเพียงเล็กน้อยก็สามารถจะอ่านปริมาณน้ำฝนที่แน่นอนได้

สำหรับการวัดปริมาณของหิมะที่ตกแต่ละครั้ง สามารถวัดได้โดยการเปรียบเทียบจากการละลายของหิมะมาเป็นน้ำที่หิมะตกแต่ละครั้ง เพราะสถิติเกี่ยวกับน้ำฝนที่ตกแต่ละครั้งกับหิมะที่ตกแต่ละครั้งสามารถนำมาเปรียบเทียบหาข้อเท็จจริงบางอย่างด้วยกันได้ เช่น ถ้าหิมะตกวัดได้สูง 10 นิ้ว จะมีค่าเท่ากับฝนที่ตกวัดได้ 1 นิ้ว อัตราส่วนนี้อาจจะแตกต่างออกไป คือ ถ้าหิมะตกใหม่ ๆ อาจจะวัดได้สูงถึง 30 นิ้วต่อฝนที่ตกวัดได้ 1 นิ้ว ถ้าหิมะนั้นตกมานานแล้ว อาจจะวัดได้ 2 นิ้วต่อฝนตกวัดได้ 1 นิ้ว

6.11 ภาวะที่ก่อให้เกิดหยาดน้ำฟ้า

ตามที่กล่าวแล้วว่า หยาดน้ำฟ้าเกิดขึ้นเนื่องจากการลอยตัวของอากาศสู่เบื้องบนจนเย็นลงต่ำกว่าจุดน้ำค้างอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งทำให้ไอน้ำในอากาศเกิดการกลั่นตัวเป็นฝน หิมะ หรือลูกเห็บ การลอยตัวของมวลอากาศที่ทำให้ไอน้ำในอากาศเกิดการกลั่นตัวเป็นหยาดน้ำฟ้าขึ้นนี้มีได้ 3 ทาง คือ

1. เกิดการพาของอากาศ (Convectional)
2. เกิดจากอากาศพัดปะทะภูเขา (Orographic)

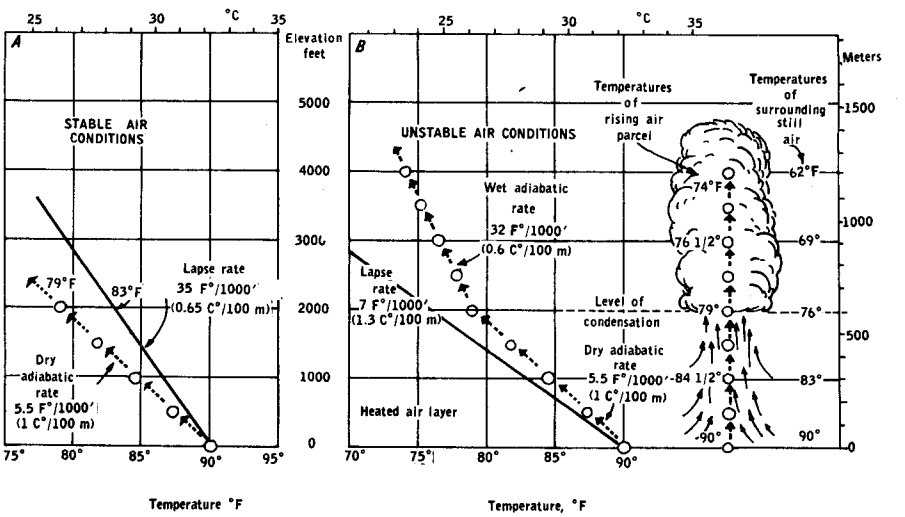
3. เกิดจากพายุหมุน (Cyclonic) หรือการปะทะของมวลอากาศ (Frontal)

หยาดน้ำฟ้าที่เกิดจากการพา เกิดจากบริเวณที่มีการพาซึ่งอากาศที่มีอุณหภูมิสูงลอยขึ้นสู่เบื้องบน อากาศร้อนมีน้ำหนักเบากว่าอากาศรอบ ๆ เมื่ออากาศเบาลอยขึ้นเบื้องบนเกิดมีช่องว่างซึ่งอากาศเย็นที่หนักกว่าถูกดันเข้ามาแทนที่ สมมติว่าเวลากลางวันเมื่อแสงอาทิตย์ส่องลงมาถึงพื้นดินซึ่งประกอบด้วยบริเวณที่โล่งเตียนปราศจากสิ่งปกคลุม อากาศบริเวณโล่งเตียนย่อมร้อนเร็วกว่าบริเวณที่มีหญ้าหรือป่าไม้ปกคลุม จึงทำให้เกิดการลอยตัวเป็นแนวสู่เบื้องบนคล้ายกับควันที่ออกจากปล่องไฟ นำกระแสอากาศลอยเป็นแนวตั้งสู่เบื้องบน เช่นนี้นักบินมักจะเรียกว่า เทอร์มัลส์ (Thermals)

เมื่อกลุ่มอากาศที่ลอยตัวขึ้นเบื้องบนผ่านระยะความสูงในระดับต่าง ๆ จะทำให้มันลดอุณหภูมิตามขบวนการอะเดียแบติกลงเรื่อย ๆ จนมีอุณหภูมิต่างกับอากาศบริเวณรอบ ๆ บางครั้งอากาศที่ลอยขึ้นเบื้องบนนี้อาจจะเย็นลงต่ำกว่าจุดน้ำค้าง ในที่สุดก็จะทำให้เกิดการกลั่นตัวและเกิดเป็นเมฆคิวมูลัสขึ้น เมฆดังกล่าวนี้บางครั้งมีรูปร่างและยอดกลมคล้ายกะหล่ำปลี (รูปที่ 6.11 ข) ถ้าเมฆดังกล่าวนี้ยังเกิดต่อเนื่องและสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในที่สุดก็จะกลายเป็นเมฆคิวมูโลนิมบัส ต่อมาจะเกิดพายุฟ้าคะนอง (Thunderstorm) และเกิดฝนตกหนัก

เวลาเกิดเมฆคิวมูโลนิมบัสขึ้น มักจะทำให้อุณหภูมิในเมฆสูงกว่าบริเวณภายนอก ทั้งนี้เนื่องจากอากาศที่ลอยตัวขึ้นไป เมื่อได้รับอุณหภูมิเย็นลงก็จะมีการกลั่นตัวขึ้น การกลั่นตัวของไอน้ำแต่ละครั้งจะต้องคลายความร้อนแฝงออกมาถึง 600 คาลอรีต่อหยดน้ำ 1 กรัม ความร้อนแฝงที่คายออกมาจากการกลั่นตัวของไอน้ำนี้ช่วยเพิ่มอุณหภูมิภายในก้อนเมฆให้สูงขึ้นเรื่อย ๆ

จากรูป 6.11 ก วงกลมเล็ก ๆ ในรูปแสดงถึงมวลอากาศที่ถูกดันตัวให้ลอยขึ้นเบื้องบนในระดับ



รูปที่ 6.11 ก. การลอยตัวของมวลอากาศในภาวะอากาศคงที่

รูปที่ 6.11 ข. การลอยตัวของมวลอากาศในภาวะอากาศไม่คงที่

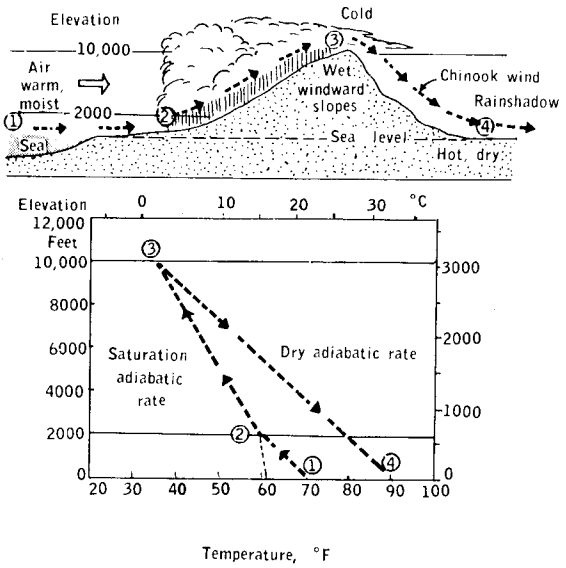
คงที่ ตามด้วยลูกศรที่แสดงอัตราการลดอุณหภูมิแบบอะเดียแบติกแห้ง (Dry adiabatic rate) ส่วนเส้นตรงด้านขวามือเป็นเส้นที่แสดงถึงอัตราการลดอุณหภูมิแบบปกติของอากาศบริเวณรอบ ๆ สมมติว่ามวลอากาศลอยตัวขึ้นไปจากบริเวณใกล้พื้นดิน และมวลอากาศก้อนนี้มีอุณหภูมิ 90 องศาฟาเรนไฮต์ (32 องศาเซลเซียส) เมื่อมวลอากาศก้อนนี้ลอยไปถึงระดับความสูง 2,000 ฟุต (600 เมตร) อากาศก้อนนี้จะมีอุณหภูมิเหลือเพียง 79 องศาฟาเรนไฮต์ (26 องศาเซลเซียส) แต่อุณหภูมิของอากาศบริเวณรอบ ๆ ในระดับเดียวกันจะเย็นกว่าอุณหภูมิของอากาศก้อนนี้ในระยะแรกเพียง 7 องศาฟาเรนไฮต์ (4 องศาเซลเซียส) คือ จะมีอุณหภูมิเท่ากับ 83 องศาฟาเรนไฮต์ (28 องศาเซลเซียส) ก้อนอากาศที่ลอยขึ้นไปจึงเย็นกว่าอากาศบริเวณรอบ ๆ ถ้าก้อนอากาศนี้ไม่ถูกดันตัวให้ลอยสูงขึ้นไปอีกมันก็จะตกกลับสู่พื้นดิน ภาวะที่เกิดขึ้นเช่นนี้เรียกว่า อากาศคงที่ (Stable air) เพราะการลอยตัวของก้อนอากาศไม่เหมือนกับการลอยตัวของกระแสอากาศ

ต่อมาเมื่อกลุ่มอากาศที่อยู่ใกล้พื้นผิวได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์มากขึ้นกว่าปกติ อัตราการลดอุณหภูมิจะเพิ่มมากขึ้น คือ เส้นตรงในรูป 6.11 ข จะลาดต่ำลง กลุ่มของอากาศใกล้พื้นผิวจะลอยตัวขึ้นเรื่อย ๆ เพราะว่ามีน้ำหนักเบาและมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศเบื้องบน เมื่อก้อนอากาศนี้ลอยขึ้นไป จะลดอุณหภูมิลงไปด้วย คือ ในระดับความสูง 1,000 ฟุต (300 เมตร) อุณหภูมิจะลดลงเหลือ 85 องศาฟาเรนไฮต์ (29 องศาเซลเซียส) แต่ยังสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศบริเวณรอบ ๆ และยังเบากว่าอีก กลุ่มอากาศก้อนนี้จึงลอยตัวขึ้นไปอีก พอถึงระดับความสูง 2,000 ฟุต (600 เมตร) อุณหภูมิของอากาศจะลดลงถึงจุดน้ำค้าง จนมีการกลั่นตัวเกิดขึ้น การลดอุณหภูมิของอากาศจะเป็นแบบอะเดียแบติกเบียก (Wet adiabatic rate) คือ อุณหภูมิจะลดลง 3.2 องศาฟาเรนไฮต์ต่อความสูง 1,000 ฟุต (0.6 องศาเซลเซียสต่อ 100 เมตร) การที่อุณหภูมิของอากาศที่กลั่นตัวแล้วลดลงน้อยกว่าเดิมก็เพราะว่า เมื่อเกิดการกลั่นตัวจะมีการคายความร้อนแฝงของไอน้ำออก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การลดอุณหภูมิมีอัตราต่ำลง เมื่อมวลอากาศลอยขึ้นไปถึงระดับความสูง 3,000 ฟุต (900 เมตร) อุณหภูมิของอากาศกลุ่มนี้ยังร้อนกว่าอากาศบริเวณรอบ ๆ เพราะฉะนั้นอากาศก้อนนี้จึงยังลอยตัวสูงขึ้นไปอีก

แม้อากาศดังกล่าวนี้ยังลอยตัวสูงขึ้นไป ทั้งที่เกิดการกลั่นตัวแล้วก็เพราะว่ามวลอากาศนี้ไม่คงที่ (Unstable) ยิ่งอากาศลอยตัวสูงมากขึ้นก็ยิ่งมีความหนาแน่นมากขึ้น จนในบางครั้งจะทำให้เกิดฟ้าแลบ เมื่อมวลอากาศนี้ลอยตัวสูงขึ้นจนกระทั่งไอน้ำในอากาศเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำมากขึ้นในที่สุดก็กลายเป็นฝนตกลงมา หลังจากนั้นการลอยตัวของอากาศก็อ่อนกำลังลง

อากาศไม่คงที่เมื่อเกิดการลอยตัวสูงขึ้นไปมักจะทำให้เกิดฝนซู่อย่างแรง และมีพายุฟ้าคะนองด้วย ฝนชนิดนี้ส่วนมากจะพบอยู่ในเขตร้อนชื้น เช่น บริเวณศูนย์สูตร และตามมหาสมุทรเขตร้อนตลอดทั้งปี ส่วนบริเวณละติจูดกลางมักจะพบเฉพาะในฤดูร้อน

ฝนอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า ฝนปะทะภูเขา (Orographic) หมายถึงฝนที่สัมพันธ์กับภูเขาหรือที่สูง



รูปที่ 6.12 การลอยตัวของมวลอากาศจากทะเลปะทะภูเขา ด้านหน้าภูเขามีฝนตก ด้านหลังกลายเป็นเขตเงาฝนจนกลายเป็นทะเลทราย

ฝนชนิดนี้เกิดขึ้นเนื่องจากลมประจำหรือมวลอากาศชนิดอื่น ๆ พัดพาเอาไอน้ำมาปะทะภูเขา (รูป 6.12) ทำให้มวลอากาศที่ปะทะภูเขาด้านต้นลม (Windward) ลอยตัวสูงขึ้น และลดอุณหภูมิลงตามขบวนการอะเดียแบติก การลดอุณหภูมิลงมาก ๆจะทำให้เกิดฝนตกได้เมื่ออากาศได้ลอยผ่านภูเขาไปแล้ว กลุ่มอากาศนั้นลอยต่ำลงทางด้านหลังของภูเขา หรือเรียกว่าด้านปลายลม (Leeward) มวลอากาศนี้จะเริ่มร้อนขึ้นตามขบวนการอะเดียแบติก แต่เนื่องจากมวลอากาศนี้มีความชื้นต่ำจึงทำให้กลายเป็นอากาศแห้งแล้ง บริเวณด้านหลังของภูเขาจึงได้ชื่อเรียกว่า พื้นที่อับฝน (Rain shadow) ทะเลทรายที่สำคัญหลายแห่งก็มักจะพบอยู่บริเวณพื้นที่อับฝนเช่นกัน

ลมร้อนและแห้งแล้งบางชนิด เช่น ลมเฟิน (Foehn winds) และลมชีนุก (Chinook winds) มักจะเกิดขึ้นอยู่ด้านหลังเขา มวลอากาศนี้มีส่วนช่วยให้เกิดการระเหยของหิมะและความชื้นจากดินได้เร็วมาก ลมที่พัดลงมาด้านหลังภูเขานี้จะมีการรวมตัวของลมเบื้องบนกับลมเบื้องล่างเข้าด้วยกัน ลมเบื้องบนซึ่งร้อนและมีความชื้นน้อยที่ไหลลงสู่พื้นล่างดังกล่าว จะเห็นได้ชัดในบริเวณภาคตะวันตกของสหรัฐอเมริกา เช่น ทางชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิก ลมประจำตะวันตกจะพัดพาเอาอากาศชื้นจากมหาสมุทรเข้ามาปะทะภูเขาตามชายฝั่งและตอนกลางของรัฐแคลิฟอร์เนีย รวมทั้งเทือกเขาเซร์ราเนวาดา เมื่ออากาศชื้นลอยตัวขึ้นถึงระดับ 14,000 ฟุต (4,000 เมตร) เหนือระดับน้ำทะเล ก็จะทำให้เกิดฝนตกหนักตามลาดเขาด้านรับลม ส่วนลมที่พัดเลยมาทางภาคตะวันออกของเทือกเขาก็จะพัดต่ำลงมาตามลาดเขาจนถึงระดับน้ำทะเล และต่ำกว่าระดับน้ำทะเล บริเวณหุบเขามรณะ (Death valley) อากาศ

จะร้อนมากขึ้นและเป็นอากาศที่แห้งแล้งจนเกิดเป็นทะเลทรายในบริเวณรัฐแคลิฟอร์เนีย รัฐเนวาดา และที่อื่น ๆ ด้วย

ฝนปะทะภูเขาแท้จริงก็คือฝนที่เกิดจากการพาความร้อนนั่นเอง เพราะเวลาเกิดขึ้นมักจะตกหนักและมีพายุฟ้าคะนองเกิดขึ้นด้วย

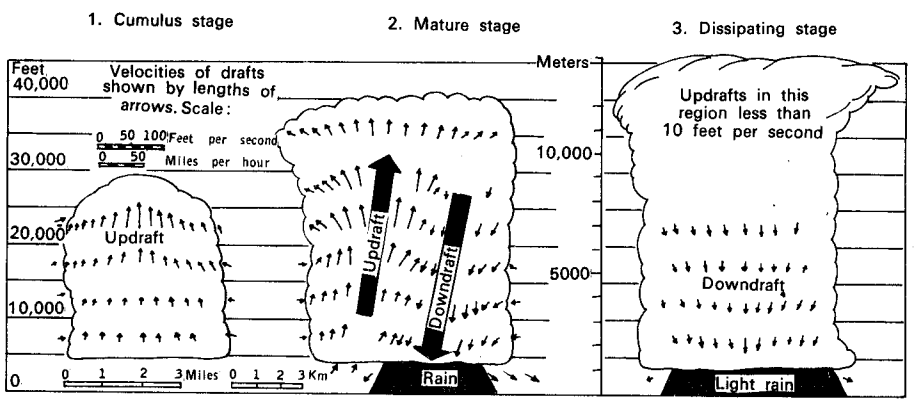
หยาดน้ำฟ้าอีกแบบหนึ่ง คือ ฝนพายุหมุน (Cyclonic rain) เป็นฝนที่เกิดจากพายุหมุนและแนวปะทะ (Front) ในเขตละติจูดกลางและละติจูดสูง ฝนที่ตกส่วนมากเป็นฝนที่เกิดจากพายุหมุนและแนวปะทะ

6.12 พายุฟ้าคะนอง

พายุฟ้าคะนองเป็นพายุที่เกิดขึ้นเฉพาะถิ่น การเกิดพายุนี้มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดเมฆคิวมูโลนิมบัสอยู่มาก เพราะเวลาเกิดเมฆคิวมูโลนิมบัสอากาศจะลอยตัวขึ้นเบื้องบนอย่างแรงและรวดเร็ว เวลาเกิดพายุฟ้าคะนองมักจะเกิดฟ้าแลบฟ้าร้องและฝนตกหนักด้วยในระยะเวลาสั้น พายุฟ้าคะนองไม่ใช่พายุหมุน เพราะว่าการพัดของลมเวลาเกิดพายุฟ้าคะนองไม่มีการหมุนตัวของอากาศ แต่อาจจะเรียกว่าพายุความร้อน (Convective storm) ก็ได้ เพราะว่าพายุชนิดนี้เกิดจากการที่อากาศลอยตัวสูงขึ้น

การเกิดพายุฟ้าคะนองศึกษาได้จากการร่วมมือหลายด้าน เช่น จากเครื่องบิน สถานีตรวจอากาศบนพื้นดิน สถานีวิทยุ และสถานีเรดาร์ พายุฟ้าคะนองส่วนมากประกอบด้วยมวลอากาศ (Cells) หลายมวล คือ มีทั้งมวลอากาศที่ลอยตัวขึ้น (Updraft) และมวลอากาศที่จมตัวลง (Down draft) มวลอากาศแต่ละมวลมีลักษณะการเกิดแต่ละขั้นแตกต่างกันด้วย (รูป 6.13)

ขั้นแรกคือการเกิดเมฆคิวมูลัส (Cumulus stage) ขั้นนี้มวลอากาศจะลอยตัวขึ้นตามธรรมดาในอัตราที่คงที่ ขั้นที่สองเป็นขั้นที่พายุฟ้าคะนองเกิดขึ้นโดยสมบูรณ์ (Mature stage) เป็นขั้นที่มี



รูปที่ 6.13 ขั้นของการเกิดพายุฟ้าคะนอง

มวลอากาศลอยตัวขึ้นและจมตัวลง มวลอากาศที่จมตัวลงเมื่อถึงพื้นดินก็จะแผ่กระจายออกไปและมักจะเย็น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดฝนตกหนักอย่างแรงด้วย

ขั้นสุดท้ายเป็นขั้นสลายตัวของพายุ (Dissipating stage) เป็นขั้นที่มวลอากาศจมตัวลงจนแผ่กระจายไปทั่วบริเวณตอนล่างของเมฆ ส่วนเมฆตอนบนนั้นก็จะแผ่กระจายออกไปคล้ายรูปทั่ง (Anvil form) จนกลายเป็นเมฆแอลโตสเตรตัส (Altostratus) หรือซีร์โรสเตรตัส (Cirrostratus) ขึ้น เนื่องจากพายุฟ้าคะนองประกอบด้วยมวลอากาศหลายมวล เพราะฉะนั้นเมื่อบางมวลสลายตัวไปแล้ว บางมวลก็ยังเกิดฟ้าคะนองอยู่ยังไม่หายไปเลยทีเดียว

เวลาเกิดพายุฟ้าคะนอง ถ้าสังเกตดูจะเห็นว่ามวลอากาศที่ลอยตัวขึ้นเบื้องบน จะลอยตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว บางครั้งอาจเร็วถึงชั่วโมงละ 70 ไมล์ (112 กิโลเมตร) ซึ่งเป็นความเร็วที่ค่อนข้างสูงทีเดียว การเกิดพายุฟ้าคะนองปกติจะพบอยู่ในเขตร้อน ทั้งนี้เนื่องจากอากาศร้อนเท่านั้นที่สามารถรับไอน้ำไว้ได้มาก พายุฟ้าคะนองจึงมักพบอยู่ในเขตละติจูดต่ำ และไม่พบพายุชนิดนี้ในเขตขั้วโลก เขตละติจูดกลางจะมีพายุฟ้าคะนองบ้างก็เฉพาะในฤดูร้อน

พายุฟ้าคะนองอาจแบ่งตามภาวะการเกิดของมันได้หลายชนิด ชนิดแรกได้แก่ ชนิดที่เกิดจากการลอยตัวของกระแสอากาศ (Thermal) หรือพายุฟ้าคะนองที่เกิดจากมวลอากาศเป็นตัวการ (Air mass thunderstorm) การลอยตัวของมวลอากาศดังกล่าวเกิดขึ้นจากอากาศเหนือบริเวณนั้นถูกเผาไหม้จากแสงอาทิตย์ พายุที่เกิดแบบนี้บางครั้งแผ่กระจายปกคลุมด้วยอากาศร้อนชื้นเป็นบริเวณกว้าง พายุดังกล่าวมักจะเกิดขึ้นตอนบ่าย ๆ เพราะเป็นช่วงที่อุณหภูมิใกล้ผิวดินร้อนขึ้นสูงสุด

พายุฟ้าคะนองประเภทที่สอง คือ พายุฟ้าคะนองภูเขา (Orographic thunderstorm) เป็นพายุที่อากาศถูกพัดไปปะทะภูเขาที่ขวางกั้นทิศทางลม (ดังรูป 6.12) ถ้าอากาศนี้เป็นอากาศร้อนชื้นและคุณสมบัติไม่คงที่ก็จะทำให้เกิดฝนตกหนักและพายุฟ้าคะนองได้ ฝนมรสุมที่ตกหนักในทวีปเอเชียบางแห่งและทางตะวันออกของอินเดีย ส่วนมากเกิดจากการปะทะภูเขาของลมร้อนชื้นจากทะเล เช่น ที่สถานีตรวจอากาศเชอร์ราปุนจิ (Cherrapunji) บนเทือกเขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย มีฝนตกเฉลี่ยถึงปีละ 426 นิ้ว (1,082 เซนติเมตร)

พายุฟ้าคะนองอีกชนิดหนึ่ง คือ พายุฟ้าคะนองที่เกิดจากกลุ่มอากาศร้อนถูกพัดพาไปปกคลุมบริเวณอากาศเย็น ก็จะทำให้เกิดพายุได้เช่นกัน พายุชนิดนี้เรียกว่า พายุฟ้าคะนองเกิดจากแนวปะทะ (Frontal thunderstorm)

การกระจายของฝนตามบริเวณต่าง ๆ ของโลก

แผนที่แสดงการกระจายของฝนที่ตกเฉลี่ยเท่ากันตามบริเวณต่าง ๆ เรียกว่า ไอโซไฮเอต (Isohyets) แผนที่แสดงการกระจายของฝนนี้จะบอกถึงลักษณะของพืชที่สัมพันธ์กับภูมิอากาศชนิดต่าง ๆ ไว้ด้วย

เขตศูนย์สูตรเป็นเขตที่มีฝนตกหนักอยู่เสมอ คือ ปีละมากกว่า 80 นิ้ว (200 เซนติเมตร) นอกจากนี้เขตศูนย์สูตรยังเป็นเขตที่มีอุณหภูมิสูงอยู่เสมอ ภาวะเช่นนี้มีส่วนช่วยให้เกิดการระเหยกลายเป็นไออย่างกว้างขวาง ฝนที่ตกในเขตศูนย์สูตรส่วนมากเกิดจากการลอยตัวของกระแสอากาศ รวมทั้งบริเวณที่มีฝนตกแบบฝนปะทะภูเขาด้วย

ส่วนบริเวณที่มีฝนตกน้อยได้แก่แนวความกดสูงในเขตกึ่งโซนร้อน อันเป็นเขตที่มีอากาศไหลลงจากเบื้องบนและเพิ่มอุณหภูมิขึ้นตามอัตราของอะเดียแบติก อากาศที่ไหลลงจากเบื้องบนจึงเป็นอากาศที่แห้งแล้ง เขตทะเลทรายต่าง ๆ เช่น ทะเลทรายในแอฟริกาเหนือ ทะเลทรายอาหรับ ทะเลทรายอิหร่าน ทะเลทรายในออสเตรเลีย ทะเลทรายในแอฟริกาใต้และทะเลทรายในอเมริกาใต้ ล้วนแต่อยู่ในเขตที่มีอากาศไหลลงจากข้างบน อากาศที่แห้งแล้งในเขตดังกล่าวนี้จะถูกลมสินค้าพัดพาไปจนถึงเขตศูนย์สูตร

6.13 ลมสินค้า

มิใช่เป็นลมที่แห้งแล้งเสมอไป บริเวณไหนที่ลมนี้พัดผ่านจากทะเลเข้ามา เช่น ตามชายฝั่งที่มีภูเขาขวางกั้นมักจะมีฝนตกหนักบริเวณนั้น ที่เห็นได้ชัด ได้แก่ บริเวณอเมริกากลาง และเกาะมาดากัสการ์ ทั้งสองบริเวณนี้มีฝนตกมากกว่า 80 นิ้วต่อปี

6.14 ลมมรสุม

เป็นลมที่ทำให้เกิดฝนตกหนักทางภาคตะวันออกเฉียงใต้ของเอเชีย ในฤดูร้อนจะมีลมชื้นและร้อนจากมหาสมุทรอินเดียและจากมหาสมุทรแปซิฟิกด้านตะวันตกพัดเข้าสู่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้เกิดฝนปะทะภูเขาโดยทั่วไปในแถบนี้ นับตั้งแต่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดียลงมาจนถึงพม่าและมาเลเซีย ในอินเดียทางภาคตะวันตกซึ่งมีภูเขาภาคตะวันตกขวางกั้น จึงทำให้มีฝนตกหนักตามชายฝั่งด้านนี้เป็นแนวยาวลงมา บริเวณภูเขาในหมู่เกาะอินเดียตะวันออกจะมีฝนปะทะภูเขาตกทั่วไป ทั้งที่เกิดจากลมมรสุมในเอเชียและลมมรสุมจากออสเตรเลีย

ในเขตละติจูดกลาง ฝนที่ตกส่วนมากเกิดจากอิทธิพลของลมประจำตะวันตก (Westerlies) ตามชายฝั่งตะวันตกของภาคพื้นทวีป ตั้งแต่ละติจูด 35–60 องศา จะมีฝนตกหนักเป็นบริเวณแคบ ๆ ยาวไปตามชายฝั่ง เช่น บริเวณชายฝั่งบริติชโคลัมเบีย ทางตะวันออกเฉียงใต้ของอะแลสกาและบริเวณชายฝั่งประเทศชิลี ฝนตกในบริเวณดังกล่าวนี้เกิดจากลมชื้นที่พัดมาจากมหาสมุทรแปซิฟิก ส่วนบริเวณลมชื้นจากมหาสมุทรแอตแลนติกที่พัดเข้าสู่ยุโรปและหมู่เกาะอังกฤษ จะทำให้ฝนตกน้อยกว่าสองแห่งแรกดังกล่าวแล้ว ทั้งนี้ เนื่องจากภูมิประเทศในยุโรปมีระดับสูงน้อยกว่าในหมู่เกาะนิวซีแลนด์ ฝนที่ตกส่วนมากก็ได้รับอิทธิพลจากลมตะวันตกพัดพาความชื้นจากมหาสมุทรแอตแลนติกเข้ามาเช่นเดียวกัน

ทะเลทรายในบริเวณพื้นที่เงาฝน (Rainshadow deserts) ได้แก่ ทะเลทรายที่เกิดอยู่ในเขตลม

ตะวันตกทางด้านหลังของภูเขา ตามชายฝั่ง เช่น บริเวณที่ราบใหญ่ในรัฐเนวาดาสหรัฐอเมริกา คาบสมุทรไอบีเรีย และยูเรเซียเป็นต้น บริเวณแห้งแล้งดังกล่าวนี้เกิดอยู่ในเขตลมตะวันตก ทางด้านหลังของภูเขาตามชายฝั่ง

ทางภาคตะวันออกของสหรัฐอเมริกาและเอเชีย เช่น จีน ญี่ปุ่น เกาหลี และแมนจูเรีย แม้จะอยู่ทางด้านตะวันออกหรือด้านหลังของภาคพื้นทวีป แต่อากาศชุ่มชื้นอยู่เสมอ เนื่องจากอิทธิพลของมวลอากาศชื้นที่พัดจากทะเลในเขตร้อนทางตอนใต้เข้าสู่เขตนี้ในฤดูร้อน และบางส่วนก็ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม

เขตอาร์กติกมีฝนตกแต่ละปีน้อยมาก เนื่องจากในเขตอาร์กติกอากาศมีอุณหภูมิต่ำอยู่เสมอจึงทำให้มีไอน้ำในอากาศน้อย ทำให้เกิดฝนตกน้อยตามไปด้วย การระเหยในเขตอาร์กติกก็มีน้อยเช่นกัน ดินจึงมีความชื้นสูงอยู่เสมอ แถบนี้ในหน้าร้อนพื้นดินปกคลุมไปด้วยน้ำ พอถึงหน้าหนาวก็ปกคลุมไปด้วยหิมะ

คำถามท้ายบทที่ 6

1. ไอน้ำในอากาศมีความสำคัญต่อลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศทางไหนบ้าง ความชื้นของบรรยากาศได้มาจากไหน ?
2. จงกล่าวถึงภาวะของน้ำมาทั้งสามอย่าง พร้อมบอกให้ทราบว่าปริมาณความร้อนที่คายออกหรือดูดซึมที่น้ำเปลี่ยนจากภาวะหนึ่งไปเป็นอีกภาวะหนึ่งเป็นจำนวนเท่าใด
3. จงให้ความหมายของความชื้นสัมพัทธ์ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอย่างไรบ้าง? จุดน้ำค้างคืออะไร? จงอธิบายปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศ
4. ความชื้นสัมบูรณ์คืออะไร? ความดันไอน้ำคืออะไร? ความชื้นจำเพาะคืออะไร? เครื่องมือที่ใช้วัดความชื้นของอากาศมีอะไรบ้าง ความชื้นจำเพาะในเขตขั้วโลกมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรบ้าง
5. เราวัดความชื้นของอากาศได้อย่างไร? จงอธิบายหลักการใช้ไซโกรมิเตอร์และไซโครมิเตอร์
6. จงอธิบายถึงขบวนการกลั่นตัวและการเกิดหยาดน้ำฟ้า เนื่องจากการลอยตัวของมวลอากาศ อัตราการลดอุณหภูมิและการเพิ่มอุณหภูมิตามขบวนการอะเดียแบติกคืออะไร ? อัตราการลดอุณหภูมิและการเพิ่มอุณหภูมิแบบอะเดียแบติก แตกต่างกับการลดอุณหภูมิและการเพิ่มอุณหภูมิแบบธรรมดาหรือไม่
7. เมฆประกอบด้วยอะไรบ้าง ? เมฆแยกออกได้เป็นประเภทต่าง ๆ ได้อย่างไร ? จงบอกชื่อเมฆชนิดต่าง ๆ พร้อมความสูงและรูปร่างของเมฆแต่ละชนิดด้วย เมฆแผ่นกับเมฆก้อนมีลักษณะเป็นอย่างไร

8. หน่วยที่ใช้วัดปริมาณน้ำฝนมีอะไรบ้าง? จงอธิบายลักษณะกระบอกวัดน้ำฝน หิมะที่ตก เรามีวิธีการวัดได้อย่างไร ? จงเปรียบเทียบระหว่างหิมะที่ตกวัดได้สูง 1 ฟุต กับฝนที่ตกวัดได้สูง 1 ฟุต ว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำทั้งหมดอย่างไรบ้าง?
9. จงบอกชื่อและอธิบายลักษณะของหยาดน้ำฟ้าชนิดต่าง ๆ ฝนน้ำแข็งเป็นลักษณะของหยาดน้ำฟ้าหรือไม่ ลูกเห็บเกิดขึ้นได้อย่างไร ?
10. หยาดน้ำฟ้าสามารถเกิดขึ้นได้อย่างกว้างขวาง 3 ทางด้วยกัน ได้แก่ทางไหนบ้าง? จงอธิบายการลอยตัวของกลุ่มอากาศว่าช่วยให้เกิดฝนตกได้อย่างไร ? มวลอากาศทรงตัวไม่ถาวรคืออะไร ?
11. จงอธิบายการเกิดฝนปะทะภูเขา เพราะเหตุใดบริเวณด้านหลังภูเขาหรือด้านปลายลมจึงมีอากาศแห้งแล้งหรือเป็นพื้นที่เงาฝนอยู่เสมอ มวลอากาศที่พัดจากทะเล เมื่อพัดข้ามภูเขามาถึงด้านพื้นที่เงาฝนแล้วในระดับความสูงเดียวกัน มวลอากาศนี้จะเย็นกว่าหรือร้อนกว่าเดิมจงอธิบาย
12. จงอธิบายการเกิดพายุฟ้าคะนอง พายุนี้เวลาเกิดขึ้นแต่ละครั้งจะมีความสูงและขนาดกว้างเท่าใด ลูกเห็บเกิดขึ้นได้อย่างไรในขณะที่มีฟ้าคะนอง สิ่งที่ช่วยทำให้พายุฟ้าคะนองเพิ่มความรุนแรงขึ้นกว่าปกติได้แก่อะไร? พลังงานที่ทำให้เกิดพายุฟ้าคะนองรุนแรงได้มาจากไหน
13. จงบอกชื่อพายุฟ้าคะนองมา 3 ชื่อ เวลาที่มักจะเกิดพายุฟ้าคะนองในแต่ละวันจะอยู่ระหว่างไหน แหล่งที่เกิดพายุฟ้าคะนองอยู่บริเวณไหนบ้าง
14. การกระจายของฝนสามารถแสดงลงในแผนที่ได้อย่างไร? จงสรุปการกระจายของฝนที่ตกประจำปีบนพื้นโลก โดยใช้ความกดอากาศและเขตของลมแต่ละเขตเป็นหลักในการอธิบาย บริเวณไหนควรจะมีฝนตกหนักที่สุด จงเปรียบเทียบให้เห็นว่าฝนตกประจำปีในเขตอาร์กติกกับฝนตกประจำปีในเขตศูนย์สูตรและเขตทรอปิกมีลักษณะเป็นอย่างไร

บทที่ 7
พายุไซโคลน มวลอากาศ และแนวปะทะ
(Cyclonic Storms, Air Masses, Weather Fronts)

การเกิดสภาวะอากาศไม่คงที่และมีเมฆมากบริเวณละติจูดกลางและละติจูดสูง ส่วนมากมักเกิดจากการพัดผ่านของลมไซโคลน เวลาเกิดลมไซโคลนมวลอากาศบริเวณศูนย์กลางจะถูกดันตัวให้ลอยขึ้นเบื้องบน เมื่อมวลอากาศที่ถูกดันลอยขึ้นเบื้องบนกระทบความเย็นเบื้องบนเข้าก็จะทำให้เย็นตัวลงตามขบวนการอะเดียแบติก และในที่สุดก็จะเกิดเมฆและฝนตกลงมา ตรงกันข้ามกับการเกิดสภาวะอากาศที่ท้องฟ้าแจ่มใสและอากาศปลอดโปร่งมักเกิดจากการพัดผ่านของลมแอนติไซโคลน ลมชนิดนี้เป็นลมซึ่งมีอากาศไหลลงมาจากเบื้องบนแล้วแผ่กระจายไปสู่บริเวณรอบ ๆ อากาศที่ไหลลงมาจากเบื้องบนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามขบวนการอะเดียแบติกเช่นกัน บริเวณที่เกิดลมแอนติไซโคลนมักจะมีเมฆและฝนตกน้อย

เวลาเกิดลมไซโคลนอาจจะมีลมพัดอ่อน ๆ เพียงแค่ทำให้มีเมฆปกคลุมและมีฝนหรือหิมะตกเล็กน้อยไปจนถึงมีลมพัดรุนแรงปานกลางจนถึงรุนแรงมาก จนทำให้เกิดพายุหมุนในที่สุดได้ เราเรียกพายุที่เกิดขึ้นดังกล่าวนี้ว่า พายุไซโคลน (Cyclonic storm) หรือ พายุหมุน

7.1 พายุไซโคลน

แบ่งตามการเกิดได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. พายุไซโคลนในเขตละติจูดกลาง (Middle latitude cyclone) บางทีเรียกชื่อพายุนี้ว่า พายุไซโคลนนอกเขตร้อน หรือ พายุหมุนนอกเขตร้อน (Extratropical cyclone) เป็นพายุหมุนที่เกิดอยู่บริเวณละติจูดกลางและละติจูดสูง พิสัยการพัดของพายุหมุนเขตนี้มีตั้งแต่ลมพัดอ่อน ๆ ไปจนถึงลมพัดเร็วมาก

2. พายุไซโคลนเขตร้อน (Tropical cyclone) พายุไซโคลนหรือพายุหมุนเขตร้อนจะเกิดอยู่บริเวณละติจูดต่ำเหนือพื้นน้ำในมหาสมุทร พิสัยการพัดของพายุหมุนเขตนี้มีตั้งแต่ลมพัดอ่อน ๆ ไปจนถึงลมพัดเร็วมากและมีกำลังการพัดรุนแรงขนาดทำลายสิ่งของต่างๆ ได้ เช่น การพัดของพายุเฮอร์ริเคนหรือพายุไต้ฝุ่น (Typhoon)

3. พายุทอร์เนโด (Tornado) แม้ว่าพายุนี้จะเป็นพายุที่มีขนาดเล็กมาก แต่เป็นพายุที่มีอัตราการพัดเร็ว และรุนแรงมาก พายุนี้เกิดขึ้นในบริเวณแคบ ๆ และมีระยะเวลาเกิดสั้น

ส่วนพายุฟ้าคะนองซึ่งกล่าวมาบ้างแล้วในบทที่ 6 เป็นพายุที่เกิดขึ้นเฉพาะถิ่น พายุนี้เกิดจากการรวมตัวของเมฆคิวมูโลนิมบัส ที่ลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบนอย่างรวดเร็ว เวลาเกิดพายุฟ้าคะนองลมจะ

ไม่หมุนตัวเหมือนพายุอื่น ๆ การเกิดพายุฟ้าคะนองส่วนมากมักจะเกิดเวลาที่เกิดพายุหมุน และบางครั้งเกิดขึ้นเวลาเกิดพายุทอร์เนโด

พายุหมุนในเขตละติจูดกลาง

ก่อนที่จะมีทฤษฎีเกี่ยวกับลมฟ้าอากาศอย่างเช่นปัจจุบันนี้ เป็นที่รู้จักกันดีว่า บริเวณภายในละติจูดกลาง ซึ่งอยู่ระหว่างเส้นที่ 35 องศา ถึง 65 องศาทั้งทางซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ การเปลี่ยนแปลงของหย่อมความกดอากาศต่ำและหย่อมความกดอากาศสูง ที่ปรากฏในแผนที่อากาศประจำวันของแต่ละวันต่อเนื่องกันมานั้น ทิศทางการเคลื่อนที่ของมันจะไปทางทิศตะวันออก

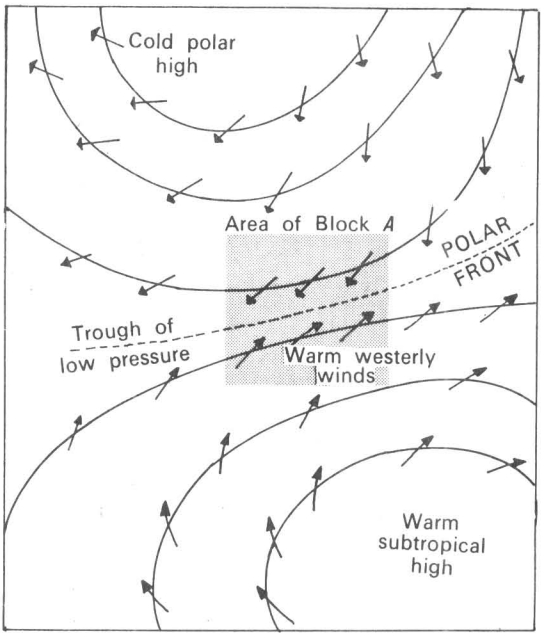
หย่อมความกดอากาศต่ำ (Lows) หรือบางที่เรียกว่า ไซโคลน (Cyclone) เป็นบริเวณที่ประกอบด้วยเส้นความกดเท่าแผ่กระจายกันอยู่มีรูปร่างคล้ายรูปไข่ (Oval-shaped) ตามปกติเวลาที่เกิดหย่อมความกดอากาศต่ำขึ้น เส้นแกนของมันมักจะอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือไปทางตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉลี่ยแล้วหย่อมความกดอากาศต่ำ ลมจะพัดในอัตราเร็ว 25—30 ไมล์ต่อชั่วโมง (40—50 กิโลเมตร) และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 500—1,000 ไมล์ (800—1,600 กิโลเมตร) โดยปกติแล้วซีกทางด้านตะวันออกหรือตะวันออกเฉียงใต้ของหย่อมความกดอากาศต่ำ มักจะมีเมฆมากและเกิดฝนตกอยู่เสมอ ส่วนซีกทางด้านตะวันตกเฉียงเหนืออากาศมักแจ่มใส

ระหว่างที่หย่อมความกดอากาศต่ำพัดผ่านไปแล้ว แอนติไซโคลนหรือหย่อมความกดอากาศสูงก็พัดเข้ามา เวลาที่หย่อมความกดอากาศสูงพัดเข้ามามักจะทำให้อากาศเย็น ท้องฟ้าแจ่มใส และอากาศแห้งมากกว่าเวลาที่หย่อมความกดอากาศต่ำพัดเข้ามา ในประเทศสหรัฐอเมริกา การเคลื่อนที่ของหย่อมความกดอากาศสูงจะพัดมาจากทิศเหนือไปสู่ทิศใต้ ส่วนหย่อมความกดอากาศต่ำ ซึ่งส่วนมากเกิดอยู่ทางใต้มักจะพัดจากทิศใต้ไปสู่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ก็มีบางครั้งที่ไม่เป็นไปตามที่กล่าวมานี้

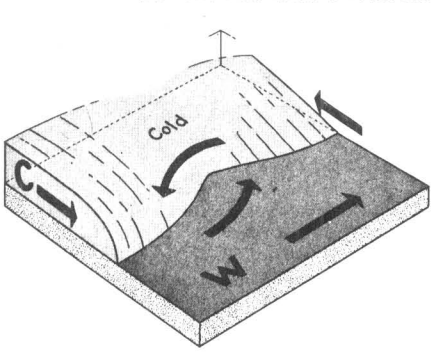
จากแผนที่อากาศประจำวัน ที่แสดงตำแหน่งการพัดของหย่อมความกดอากาศสูงและหย่อมความกดอากาศต่ำ ที่ช่วยให้การพยากรณ์อากาศได้รับความสำเร็จเป็นอย่างดีนั้น ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของบุคคลที่ได้เรียนรู้จากการสังเกตพฤติกรรมของหย่อมความกดต่ำมาเป็นเวลานาน จากการสังเกตดังกล่าวนี้ทำให้รู้เป็นที่แน่ชัดว่า ทิศทางการเคลื่อนที่ของหย่อมความกดอากาศต่ำจะมีแนวไปตามลุ่มแม่น้ำเซนต์ลอเรนซ์ (St. Lawrence Valley)

7.2 ทฤษฎีการพัดของลมไซโคลน

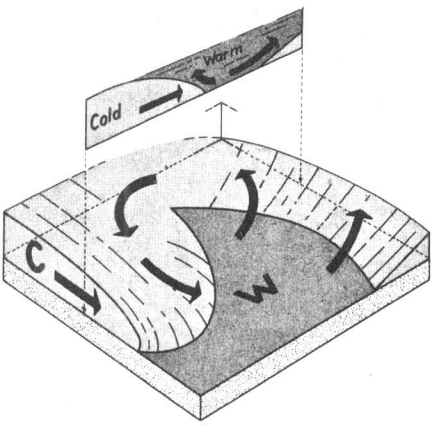
ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 1 นักอุตุนิยมวิทยาชาวนอรเวผู้หนึ่ง ชื่อ เจ. เจอร์กเนส (J. Bjerknes) ได้คิดทฤษฎีเกี่ยวกับการพัดของลมไซโคลนและลมแอนติไซโคลนขึ้นมาใหม่ โดยให้ความเห็นว่า แนวหรือเส้นปะทะของมวลอากาศเย็นหรือมวลอากาศที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในเขตขั้วโลก กับมวลอากาศร้อนที่พัดมาจากเขตกึ่งโซนร้อนว่า "แนวปะทะอากาศขั้วโลกหรือแนวปะทะอากาศเย็น" (รูปที่ 7.1)



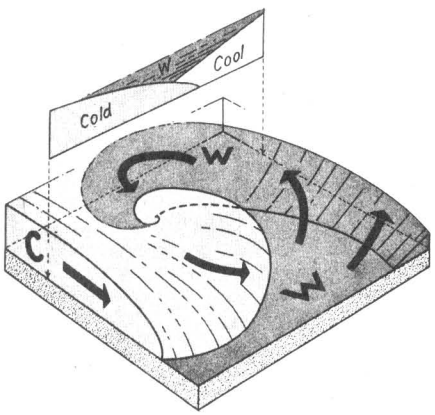
รูปที่ 7.1 หย่อมความกดต่ำที่อยู่ระหว่างหย่อมความกดสูงสองบริเวณ มีสภาพเช่นเดียวกันกับบริเวณที่ทำให้เกิดคลื่นความกดต่ำ



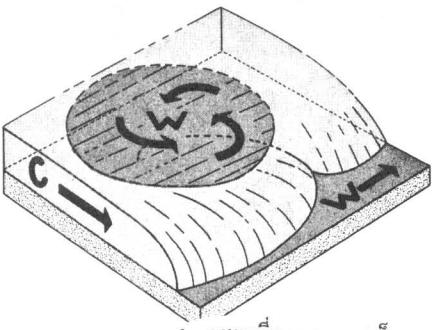
ก. ระยะเริ่มต้น



ข. ระยะมวลอากาศเย็น ดันมวลอากาศร้อนลอยตัวขึ้น



ค. ระยะที่เกิดแนวปะทะปิด



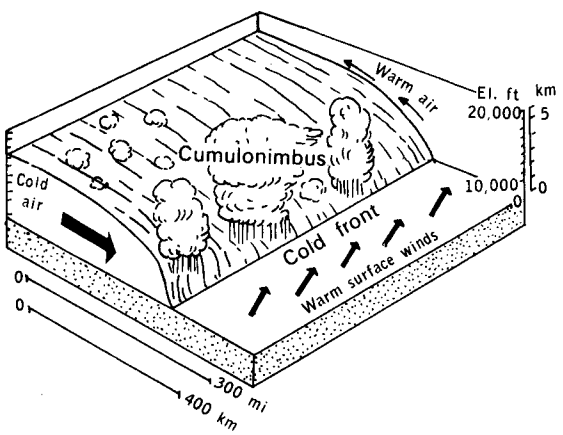
ง. ระยะที่มวลอากาศเย็นสองมวลรวมตัวเข้าด้วยกัน

รูปที่ 7.2 ภาวะการเกิดพายุไซโคลนแถบละติจูดกลาง

แนวปะทะดังกล่าวนี้ก็คือ เขตที่แบ่งบริเวณของมวลอากาศ 2 มวลที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน คำว่า มวลอากาศ (Air masses) เราหมายถึงกลุ่มของอากาศตามผิวพื้นที่มีลักษณะอุณหภูมิและความชื้นเหมือนกันทั้งหมด เมื่อมวลอากาศเย็นและมวลอากาศร้อนมาพบกัน แทนที่อากาศทั้งสองมวลนี้จะรวมตัวกันด้วยดี ก็เกิดปะทะกันขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องจากมวลอากาศทั้งสองมีอัตราการพัดและคุณสมบัติอย่างอื่นไม่เหมือนกัน มวลอากาศจากขั้วโลกเป็นมวลอากาศเย็นและแห้งแล้ง มีน้ำหนักมากกว่ามวลอากาศที่พัดจากทะเลหรือเขตร้อน เวลามวลอากาศจากขั้วโลกพัดมาปะทะมวลอากาศร้อนจากทะเล มวลอากาศร้อนจากทะเลจึงถูกดันตัวลอยสูงขึ้น ทำให้เกิดคลื่นการพัดของมวลอากาศทั้งสองขึ้น บางครั้งจะเกิดฝนตกอย่างกว้างขวาง (รูปที่ 7.2)

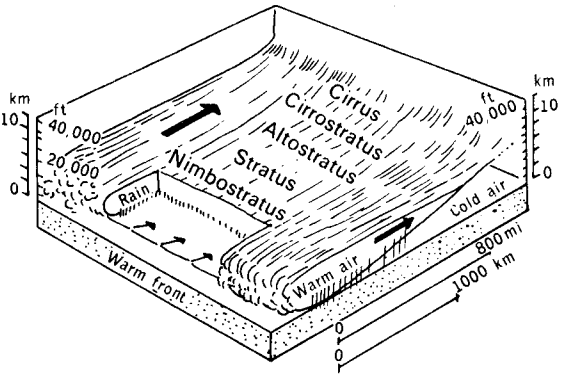
7.3 แนวปะทะอากาศเย็นและแนวปะทะอากาศร้อน

บริเวณที่มวลอากาศเย็นพัดมาปะทะมวลอากาศร้อนเรียกว่า แนวปะทะอากาศเย็น(Cold front) (รูปที่ 7.3) มวลอากาศเย็นเป็นมวลอากาศที่มีน้ำหนักมากกว่ามวลอากาศร้อน เวลาที่มวลอากาศทั้งสองพัดมาปะทะกัน มวลอากาศร้อนจึงถูกดันตัวลอยสูงขึ้น ความลาดเอียงของแนวปะทะอากาศเย็นจะมีระดับตั้งแต่ 1 ต่อ 40 จนถึง 1 ต่อ 80 ซึ่งหมายความว่า อัตราความลาดเอียงของแนวปะทะจะสูงขึ้น 1 ฟุตต่อระยะทางของแนวปะทะ 40 ฟุตหรือ 80 ฟุต แนวปะทะอากาศร้อนมักจะมีอัตราการพัดของลมแรง เวลาที่เกิดแนวปะทะอากาศร้อนบางครั้งจะก่อให้เกิดพายุฟ้าคะนองขึ้นอย่างรุนแรง และบางครั้งลมจะมีการหมุนตัวขึ้นไปเป็นบริเวณสูง



รูปที่ 7.3 ลักษณะการเกิดแนวปะทะมวลอากาศเย็น

แนวปะทะอากาศร้อน (Warm front) ดังแสดงไว้ใน รูปที่ 7.4 คือ บริเวณที่มวลอากาศร้อนพัดไปปะทะมวลอากาศเย็น มวลอากาศร้อนซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าก็จะถูกดันตัวขึ้นข้างบน แนวปะทะอากาศร้อนมักจะมีความลาดเอียงของแนวปะทะน้อยกว่าแนวปะทะของมวลอากาศเย็น คือมีแนวความ



รูปที่ 7.4 ลักษณะการเกิดแนวปะทะมวลอากาศร้อน

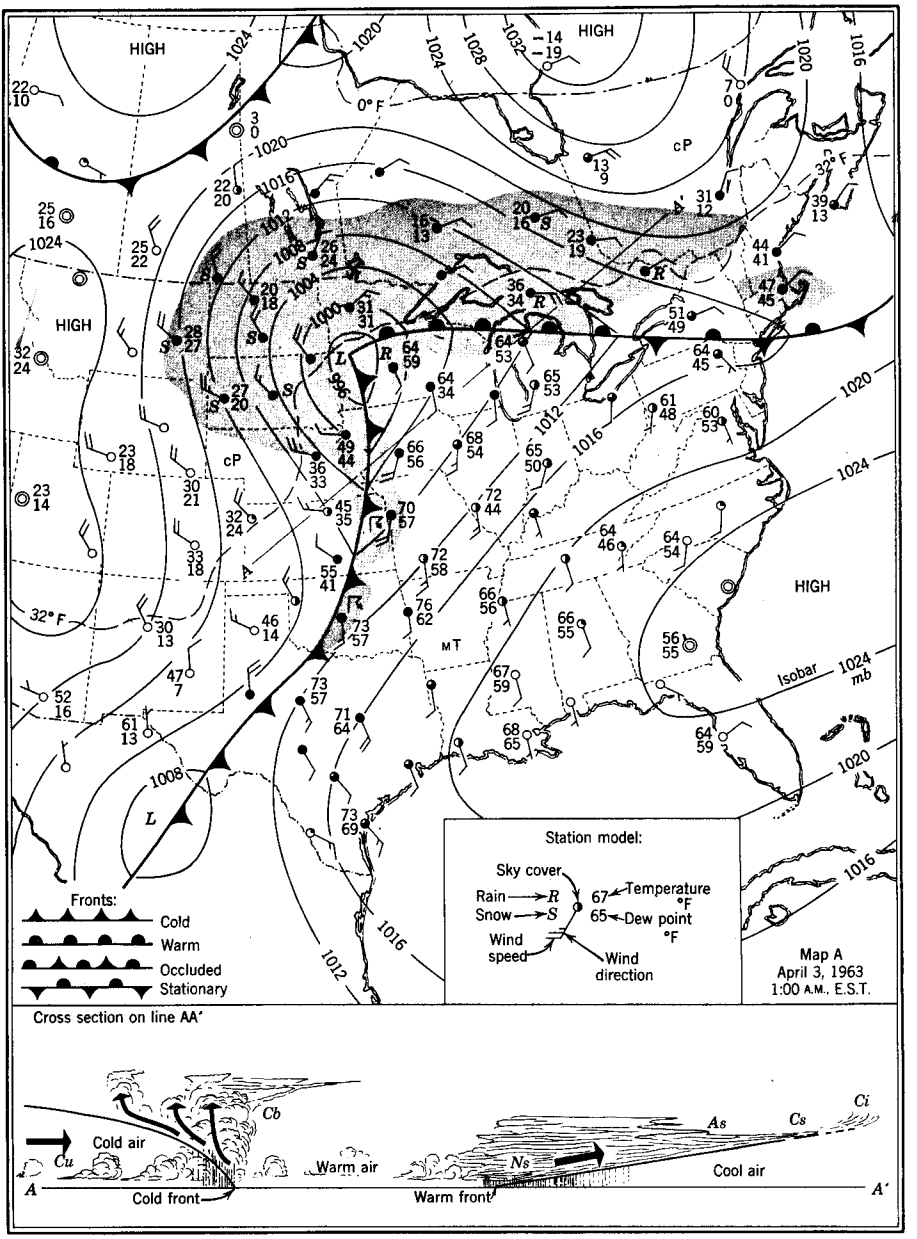
ลาดเอียงของแนวปะทะตั้งแต่ 1 ต่อ 80 จนถึง 1 ต่อ 200 อย่างไรก็ตามบริเวณที่เกิดแนวปะทะมวลอากาศร้อนมักจะมีลักษณะอากาศคงที่ (Stable) และไม่มีลมพัดกระโชกแรง แต่ถ้ามวลอากาศร้อนที่พัดเข้ามาปะทะนั้นยังคงที่ก็จะทำให้เกิดพายุฟ้าคะนอง และมีฝนตกหนักได้ พายุฟ้าคะนองที่เกิดในลักษณะนี้เป็นพายุฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นในเขตอากาศหนาว ซึ่งต่างไปจากพายุฟ้าคะนองในเขตร้อน

แนวปะทะอากาศเย็น (Cold front) โดยปกติลมจะมีอัตราการพัดตามพื้นผิวเร็วกว่าแนวปะทะอากาศร้อน ดังนั้นเมื่อแนวปะทะทั้งสองมาพบกันบริเวณเดียวกัน แนวปะทะอากาศร้อนจะถูกแนวปะทะอากาศเย็นดันให้ลอยสูงขึ้น เกิดแนวปะทะอากาศซ้อนกันขึ้น (Occluded front) แนวปะทะเช่นนี้มวลอากาศที่เย็นกว่าซึ่งพัดมากับแนวปะทะอากาศเย็นที่มีอัตราการพัดเร็วกว่ามวลอากาศร้อนซึ่งพัดมาพร้อมกับแนวปะทะอากาศร้อน จะดันให้แนวปะทะอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้นไป

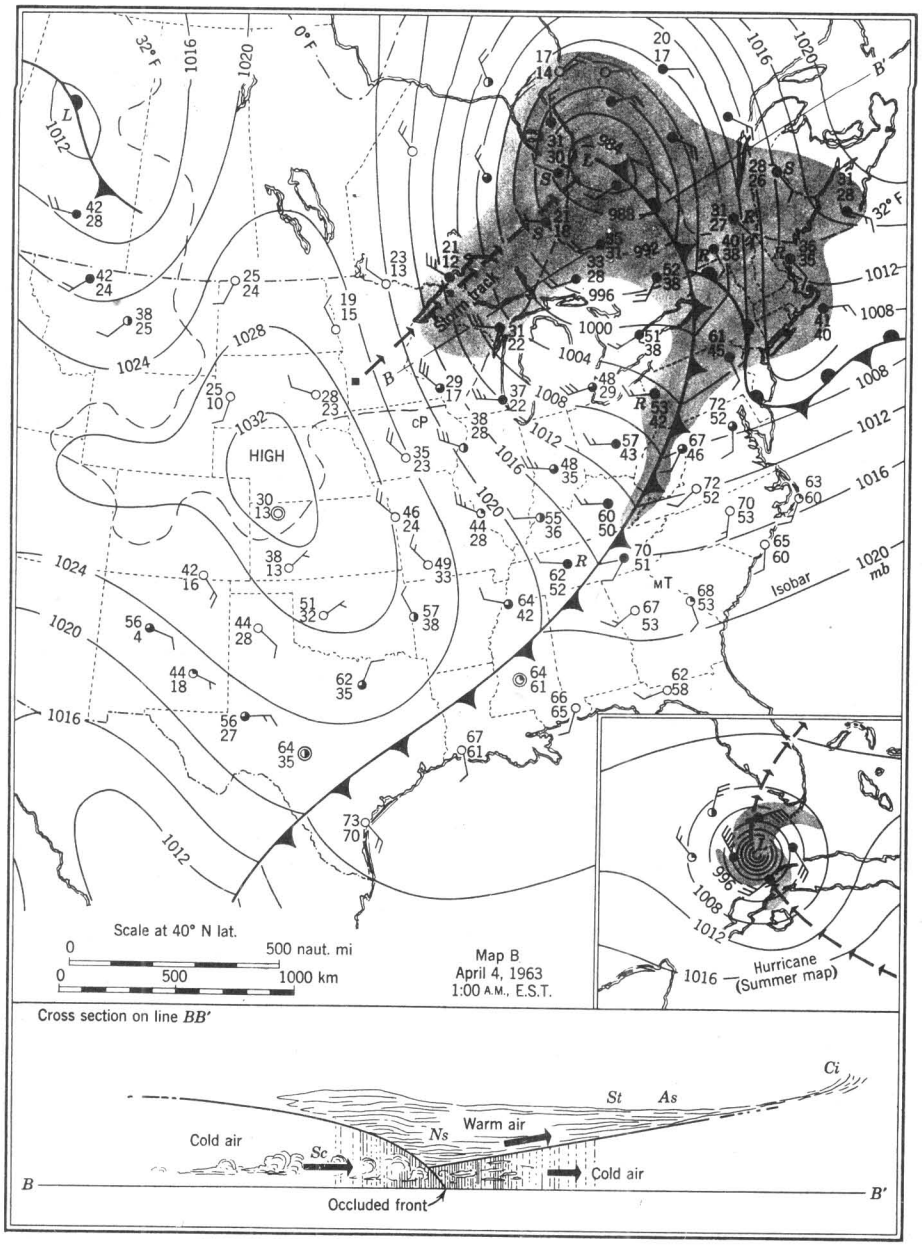
7.4 ลักษณะลมไซโคลนบนแผนที่อากาศประจำวัน

จากรูปที่แสดงลักษณะลมฟ้าอากาศประจำวัน (รูปที่ 7.5) แสดงให้เห็นถึงการเกิดลมไซโคลนในสหรัฐอเมริกา ซึ่งสถาบันทางลมฟ้าอากาศของสหรัฐอเมริกาทำไว้ในวันที่ 3 และ 4 เมษายน ปี 1963 พายุที่ปรากฏในแผนที่เกิดขึ้นทางภาคตะวันตกของรัฐมินนิโซตา แล้วเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จากแผนที่นี้แสดงให้เห็นว่า

1. ไอโซบาร์ที่แสดงลักษณะความกดต่ำมีรูปร่างคล้ายรูปไข่
2. ไอโซบาร์ที่ลากผ่านแนวปะทะอากาศเย็นกับแนวปะทะอากาศร้อนมีรูปร่างคล้ายตัววี (V)
3. ทิศทางการพัดของลมที่แสดงด้วยลูกศร จะทำมุมกับไอโซบาร์เกือบเป็นมุมฉาก
4. ส่วนของแนวปะทะที่อยู่ในเขตอากาศร้อน มวลอากาศร้อนและชื้นที่พัดขึ้นมา ทิศทางการพัดของลมจะมุ่งไปทางเหนือ
5. เมื่อลมร้อนพัดมาปะทะกับลมเย็นแล้ว ทิศทางการพัดของลมร้อนจะเปลี่ยนไป



รูปที่ 7.5 A ลักษณะการเกิดพายุหมุนเขตละติจูดกลาง ตามแผนที่อากาศบนพื้นผิวความกดอากาศเป็นมิลลิบาร์ อุณหภูมิเป็นองศาฟาเรนไฮต์ ด้านแนวปะทะมีฝนตกหนัก



รูปที่ 7.5 B ภาวะของอากาศที่เกิดต่อเนื่องจาก 7.5 A ขอให้ดูคำอธิบายสัญลักษณ์ของลม จากรูปที่ 5.12

6. มวลอากาศร้อนที่พัดปะทะมวลอากาศเย็นแล้ว อุณหภูมิจะเปลี่ยนไปจากเดิมอย่างรวดเร็ว

7. ในบริเวณของเขตแนวปะทะมวลอากาศร้อนและบริเวณศูนย์กลางของไซโคลน ปรากฏว่ามีฝนตกทั่วไป ส่วนที่อยู่ไกลออกไปจะมีฝนตกน้อยลงตามลำดับ

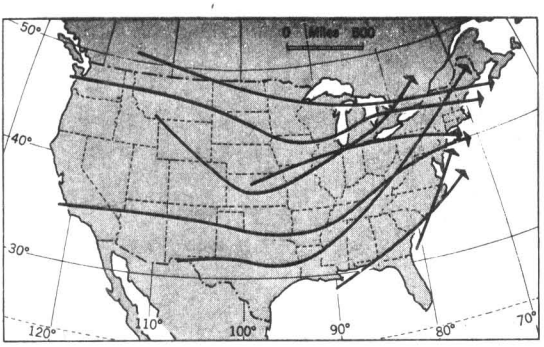
8. รอบ ๆ บริเวณที่เกิดไซโคลนจะมีเมฆปกคลุมอย่างกว้างขวาง

9. ไอโซเทอมที่แสดงอุณหภูมิ 32 องศาฟาเรนไฮต์ (0 องศาเซลเซียส) จะมีแนวลากจากตะวันออกเฉียงเหนือไปยังตะวันตกเฉียงใต้ แสดงว่าทางตะวันออกเฉียงใต้มีอากาศร้อนกว่าทางตะวันตกเฉียงเหนือ

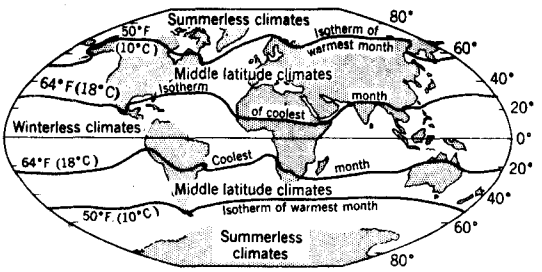
จากแผนที่ดังกล่าว เส้น AA′ เป็นเส้นที่ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างแนวปะทะกับเมฆตามแนวปะทะของอากาศร้อน จะเห็นว่ามีเมฆชนิดต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย ตั้งแต่เมฆชั้นต่ำจนถึงเมฆชั้นสูง ตามแนวปะทะของมวลอากาศเย็นก็ปรากฏว่ามีพายุฟ้าคะนองและฝนตกหนักทั่วไป

ส่วนอีกแผ่นหนึ่ง แสดงถึงลักษณะลมฟ้าอากาศต่อจากแผ่นแรกหลังจาก 24 ชั่วโมงไปแล้ว พายุไซโคลนได้พัดขึ้นไปทางตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่ประเทศแคนาดาอย่างรวดเร็ว คือ ศูนย์กลางของพายุจะพัดไปในเวลา 24 ชั่วโมง เป็นระยะทางถึง 800 ไมล์ (1,300 กิโลเมตร) หรือเท่ากับอัตราเร็วชั่วโมงละกว่า 40 ไมล์ (65 กิโลเมตร) เมื่อพายุไซโคลนนี้พัดถึงบริเวณชายฝั่งทางตะวันออก ก็จะพัดปะทะกับหย่อมความกดสูงในบริเวณนั้นอีก

จากที่ได้สังเกตการเคลื่อนที่ของพายุไซโคลนและพายุแอนติไซโคลนเป็นเวลานาน แสดงให้เห็นว่า ทิศทางการพัดของพายุทั้งสองนี้มักจะเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือเสมอ คือ มีทิศทางการพัดไปสู่หย่อมความกดต่ำบริเวณเกาะไอซแลนด์ แต่ทิศทางการพัดของพายุไซโคลนโดยทั่วไปแล้วมักจะมีทิศทางการพัดไปสู่บริเวณหย่อมความกดต่ำอาลิวเชียน (Aleutian low) และหย่อมความกดอากาศต่ำไอซแลนด์ (Icelandic low) ส่วนพายุไซโคลนที่เกิดนอกเขตทรอปิกแนวการพัดของพายุส่วนมากจะผ่านบริเวณมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ และมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ



รูปที่ 7.6 เส้นทางของพายุไซโคลนบริเวณเขตละติจูดกลางที่เคลื่อนที่ผ่านสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 7.7 เส้นลูกศรทึบ คือ เส้นทางที่สำคัญที่พายุไซโคลนเขตละติจูดกลางพัดผ่าน
ส่วนลูกศรเส้นไข่ปลา คือ เส้นทางที่พายุไซโคลนเขตร้อนพัดผ่าน

ทิศทางการพัดของพายุในโลกทางซีกใต้มักจะเป็นแนวเดียวกันกับเส้นละติจูด ทั้งนี้เนื่องจากซีกโลกใต้ส่วนมากเขตละติจูดกลางเป็นพื้นน้ำเกือบทั้งหมด ยกเว้นบริเวณตอนปลายสุดของทวีปอเมริกาใต้เท่านั้น พอเลยลงไปทางใต้บริเวณศูนย์กลางเขตน้ำแข็งปกคลุมในทวีปแอนตาร์กติกายังเป็นศูนย์กลางของมวลอากาศขั้วโลกด้วย

7.5 มวลอากาศและแหล่งกำเนิด

ตามทฤษฎีการพัดของลมไซโคลนนอกเขตร้อนได้ชี้ให้เห็นว่า ลมไซโคลนส่วนมากเกิดจากการปะทะของมวลอากาศชนิดต่าง ๆ มวลอากาศต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ต่างก็มีคุณสมบัติไม่เหมือนกัน และยากที่จะรวมตัวเข้าด้วยกัน โดยทั่วไปเราแบ่งมวลอากาศในเขตละติจูดกลางออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ มวลอากาศขั้วโลก (Polar) และมวลอากาศร้อน (Tropical) มวลอากาศต่าง ๆ เกิดขึ้นได้เนื่องจากกลุ่มของอากาศได้สัมผัสผิวพื้นของพื้นดินและพื้นน้ำบริเวณนั้นเป็นเวลานานพอสมควร บริเวณนั้นจึงถือได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดของมวลอากาศ (Source regions) เมื่อมวลอากาศพัดจากแหล่งกำเนิดออกไป และผ่านบริเวณต่าง ๆ ที่เป็นพื้นดินหรือพื้นน้ำ ก็จะทำให้มวลอากาศนั้นเย็นลงหรือร้อนขึ้นก็ได้ หรือจะได้รับความชื้นมากขึ้นหรือน้อยลงไป เพราะฉะนั้นมวลอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ย่อมขึ้นอยู่กับลักษณะทิศทางที่พัดผ่าน ซึ่งเป็นระยะทางพัน ๆ ไมล์

มวลอากาศขั้วโลก (Polar airmass) ยังแบ่งได้อีก 2 ชนิด คือ มวลอากาศภาคพื้นสมุทร (Maritime airmass) กับมวลอากาศภาคพื้นทวีป (Continental airmass) มวลอากาศภาคพื้นทวีปในอเมริกาเหนือ (สัญลักษณ์ cP) มีแหล่งกำเนิดอยู่บริเวณตอนกลางทางเหนือของแคนาดา เป็นมวลอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำและความชื้นต่ำ มวลอากาศเหล่านี้จึงเป็นมวลอากาศเย็น และพร้อมที่จะพัดไปทางใต้และทางตะวันออกจากแหล่งกำเนิดของมัน จนกลายสภาพเป็นลมแอนติไซโคลนขึ้น ในฤดูหนาวลมแอนติไซโคลนนี้พัดผ่านที่ใด ก็มักจะทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำและท้องฟ้าแจ่มใส ส่วนบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือและบริเวณช่องแคบเบริงเป็นแหล่งกำเนิดของมวลอากาศขั้วโลกอีกชนิดหนึ่ง (สัญลักษณ์ mP) มวลอากาศดังกล่าวนี้เมื่อพัดไปทางตะวันออกเฉียงใต้และตามชายฝั่งตะวันตกของอเมริกาเหนือ มันจะดูดเอาความชื้นจากแหล่งกำเนิดของมันและตามทางที่มันพัดผ่าน มวลอากาศ

นี้จึงเป็นมวลอากาศเย็นและชื้น ในฤดูหนาวจะมีฝนตกหนักบริเวณชายฝั่งที่มวลอากาศนี้พัดผ่านทั่วไป เป็นที่น่าสังเกตว่ามวลอากาศขั้วโลก (mP, cP) ดังกล่าวนี้มีแหล่งกำเนิดอยู่ในบริเวณละติจูดกึ่งอาร์กติก มิใช่แหล่งกำเนิดอยู่ที่ขั้วโลก แต่ที่นักอุตุนิยมวิทยาเรียกว่ามวลอากาศขั้วโลกนั้น ก็เพราะเป็นศัพท์ที่ใช้กันมานานและยอมรับเป็นสากล

มวลอากาศภาคพื้นสมุทรเขตขั้วโลกของอเมริกาเหนืออีกแห่งหนึ่ง มีแหล่งกำเนิดอยู่บริเวณมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ เป็นมวลอากาศเย็นและชื้นมาก เนื่องจากมีแหล่งกำเนิดอยู่ทางตะวันออกของอเมริกาเหนือ ดังนั้นเมื่อพัดเข้าสู่สหรัฐอเมริกาจะถึงบริเวณเขตนิวอิงแลนด์เท่านั้น การพัดเข้าสู่สหรัฐอเมริกาของลมไซโคลนดังกล่าวนี้เกิดจากลมไซโคลนอีกต่อหนึ่ง เมื่อลมไซโคลนนี้พัดเข้ามาถึงเขตนิวอิงแลนด์ อัตราการพัดของลมจะรุนแรงมากขึ้นจนกลายเป็นพายุในที่สุด

มวลอากาศในเขตร้อนได้แบ่งออกเป็นมวลอากาศภาคพื้นสมุทรและมวลอากาศภาคพื้นทวีปเช่นเดียวกัน มวลอากาศภาคพื้นสมุทรที่พัดเข้าภาคกลางและภาคตะวันออกของสหรัฐอเมริกา เป็นมวลอากาศพัดมาจากบริเวณอ่าวเม็กซิโก (สัญลักษณ์ mT) พอมวลอากาศนี้พัดขึ้นไปทางเหนือจะนำเอาความชื้นไปด้วย และมักทำให้เกิดอากาศแปรปรวนบริเวณภาคตะวันออกของสหรัฐฯ ในฤดูร้อน บริเวณดังกล่าวนี้มักจะมีอากาศร้อนชื้น และเกิดพายุฟ้าคะนองขึ้นทั่วไป

ระหว่างฤดูร้อน บริเวณตอนเหนือของอ่าวเม็กซิโกด้านตะวันออกของรัฐเทกซัส นิวเม็กซิโก และแอริโซนา เป็นแหล่งกำเนิดมวลอากาศร้อนภาคพื้นทวีปอีกแห่งหนึ่ง (สัญลักษณ์ cT) เป็นมวลอากาศร้อนและแห้งแล้ง มวลอากาศดังกล่าวนี้ไม่ได้พัดไปสู่บริเวณอื่นมากนัก ส่วนมากจะพัดอยู่ในบริเวณแหล่งกำเนิดของมัน

ในมหาสมุทรแปซิฟิก ปรากฏว่าหย่อมความกดสูงทางตะวันตกเฉียงใต้ของรัฐแคลิฟอร์เนียใต้เป็นแหล่งกำเนิดมวลอากาศร้อนภาคพื้นสมุทรอีกแห่งหนึ่ง มวลอากาศนี้จะพัดเข้าสู่สหรัฐอเมริกาเฉพาะในฤดูหนาว มีผลต่อภาวะอากาศและบริเวณชายฝั่งทางภาคใต้ของรัฐแคลิฟอร์เนียเท่านั้น

นอกจากมวลอากาศในเขตละติจูดกลาง ยังมีมวลอากาศที่เกิดอยู่ในเขตขั้วโลกและเขตศูนย์สูตร บริเวณมหาสมุทรอาร์กติกและบนพื้นทวีปเขตอาร์กติกยังเป็นแหล่งกำเนิดของมวลอากาศอาร์กติก (สัญลักษณ์ A) มวลอากาศนี้เป็นมวลอากาศที่หนาวจัดมีสภาพคงที่ (Stable) เมื่อมวลอากาศนี้พัดเข้าสู่สหรัฐอเมริกาจะทำให้มีอากาศหนาวจัดทั่วไป เขตแอนตาร์กติกยังเป็นแหล่งที่มีมวลอากาศหนาวจัดอีกแห่งหนึ่ง คือ มวลอากาศแอนตาร์กติก (สัญลักษณ์ AA) เป็นมวลอากาศที่หนาวจัดมาก

มหาสมุทรเขตศูนย์สูตร ตามแนวร่องความกดต่ำจะมีลมสินค้าพัดเข้ามา เป็นลมที่มีความชื้นมาก ร้อนและมีสภาพไม่คงที่ (Unstable) มวลอากาศนี้ได้ชื่อว่ามวลอากาศเขตศูนย์สูตร (สัญลักษณ์ mE) พื้นที่ส่วนใหญ่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของมวลอากาศนี้ โดยเฉพาะใน

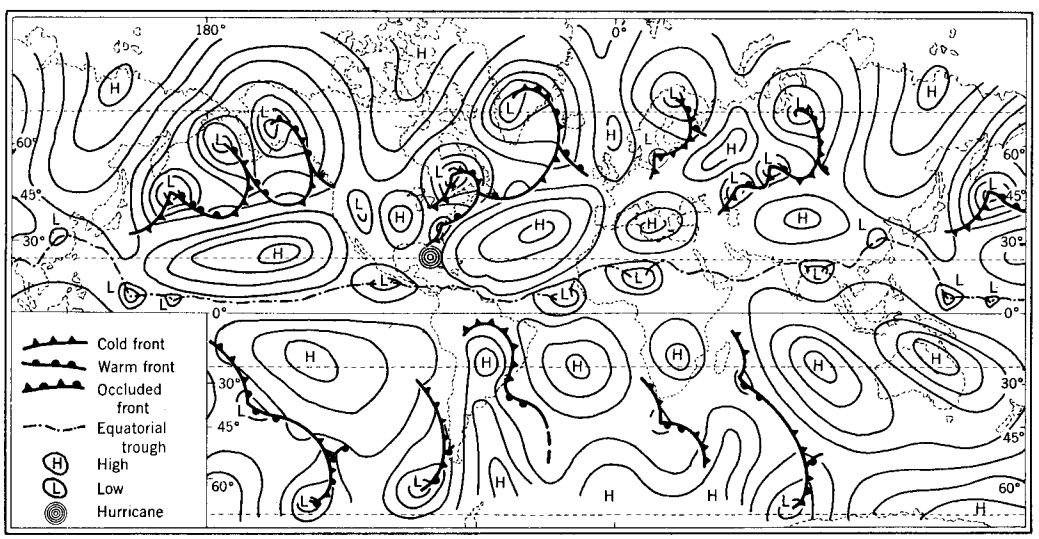
ฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มวลอากาศเขตศูนย์สูตรจะพาเอาความชื้นมาตกในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

7.6 ลมฟ้าอากาศเขตร้อนและเขตศูนย์สูตร

การศึกษาลักษณะลมฟ้าอากาศในเขตละติจูดต่ำโดยอาศัยเครื่องบินทำการบินสำรวจ ได้ทำกันในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 จากการศึกษาลักษณะลมฟ้าอากาศในเขตละติจูดต่ำโดยอาศัยเครื่องบินทำให้เข้าใจลักษณะของมวลอากาศและพายุในเขตนี้ดียิ่งขึ้น

แหล่งกำเนิดของหย่อมความกดสูงเขตร้อน มีอยู่ 2 แนวใหญ่ ๆ คือ ทางซีกโลกเหนือ หย่อมความกดสูงจะพบอยู่ตามแนวเส้นทรอปิก ออฟ แคนเซอร์ (Tropic of Cancer) ทางซีกโลกใต้หย่อมความกดสูงจะพบอยู่ตามแนวเส้นทรอปิก ออฟ แคปริคอน (Tropic of Capricorn) ระหว่างแนวความกดสูงทั้งสองบริเวณนี้ จะมีร่องความกดต่ำพัดผ่านอยู่เป็นประจำ ตามแนวร่องความกดต่ำนี้จะมีลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือและลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้พัดเข้ามา บริเวณร่องความกดต่ำนี้จึงได้ชื่อเรียกว่า เขตอากาศพัดเข้าหากัน (Intertropical convergence zone) คือร่องมรสุมนั่นเอง บรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนบน ทิศทางการพัดของลมเกือบเป็นแนวตะวันออกตะวันตก บางทีเรียกว่า ลมตะวันออกเขตร้อน (Tropical easterlies)

ลักษณะลมฟ้าอากาศที่ปรากฏขณะที่ลมตะวันออกพัดเข้ามา ลมจะพัดช้าๆ ตามแนวความกดต่ำ การพัดของลมตะวันออกที่อยู่บริเวณเหนือมหาสมุทรจะอยู่ระหว่างละติจูด 5 —30 องศา ทั้งใต้และเหนือศูนย์สูตร ลมนี้จะไม่พัดเลยเขตศูนย์สูตรออกไป ตามรูปที่ 7.8 ได้แสดงถึงการพัดของลมตะวันออกเส้น



รูปที่ 7.8 แผนที่แสดงภูมิอากาศของโลกระหว่างเดือนกรกฎาคม และ สิงหาคม

ไอโซบาร์ การพัดของลมและบริเวณที่มีฝนตก ลมที่พัดเข้ามาจะมีทิศทางการพัดอยู่ในเขตแนวตะวันออกตะวันตกด้วยอัตราความเร็วลม 200—300 ไมล์ (325—500 กิโลเมตร) ต่อวัน เวลาลมนี้พัดเข้ามาบางทีก็ทำให้เกิดฝนตกและมีพายุฟ้าคะนองด้วย

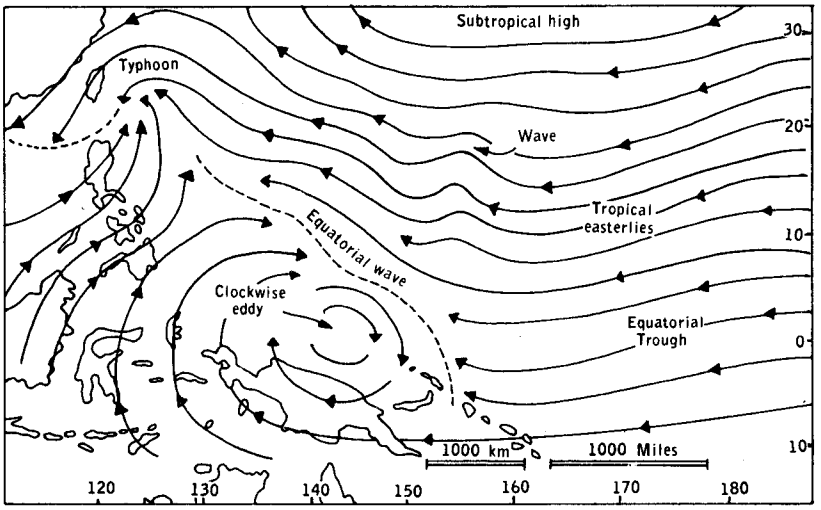
เขตศูนย์สูตรจะมีหย่อมความกดต่ำเกิดขึ้นตามร่องความกดต่ำเขตศูนย์สูตร และจะมีลมพัดจากบริเวณรอบ ๆ เข้าหาเขตศูนย์สูตรอีกต่อหนึ่ง ลมที่พัดเข้าหาเขตศูนย์สูตรตามแนวทางความกดต่ำนี้จะทำให้เกิดฝนตกเฉพาะถิ่นโดยทั่วไป ฝนที่ตกเป็นฝนที่เกิดจากการลอยตัวของอากาศ

ลักษณะลมฟ้าอากาศเขตศูนย์สูตรบางครั้งจะมีลิ่มความกดสูงจากขั้วโลกพัดเข้ามา ทำให้อากาศรู้สึกเย็น ลมแรงและท้องฟ้าแจ่มใส ในอเมริกาลิ่มความกดสูงจากเขตขั้วโลกมักเกิดขึ้นเสมอ ๆ เมื่อเวลาลิ่มความกดสูงสุดพัดผ่านลงมาทางใต้ ผ่านสหรัฐอเมริกาลงสู่ทะเลแคริบเบียน และเขตอเมริกากลาง เรียกลมนี้ว่า ลมเหนือ (Northers) หรือลมนอตร์ ถ้าเป็นลมที่มาจากบริเวณตอนใต้ของหมู่เกาะบีนเตลลาเรียไปสู่เขตทรอปิกในอเมริกาใต้ เรียกชื่อลมนั้นว่า ลมปามเปโร (Pamperos) หรือลม ไฟอาเจม (Friagems)

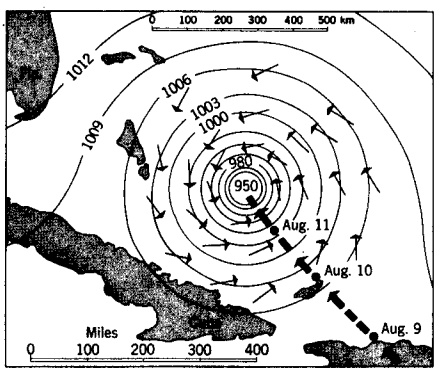
7.7 พายุหมุนเขตร้อน

พายุหมุนเขตร้อนเป็นพายุที่มีอัตราการพัดแรงและการทำลายสูง จนได้ชื่อเรียกว่า พายุหมุนเขตร้อน (Tropical cyclone) พายุหมุนเขตร้อนที่รู้จักกันดีได้แก่ พายุเฮอร์ริเคน (Hurricane) และพายุไต้ฝุ่น (Typhoon) พายุดังกล่าวนี้เกิดขึ้นเหนือบริเวณมหาสมุทร มีแนวเกิดอยู่ระหว่างละติจูด 8—15 องศาทั้งเหนือและใต้ศูนย์สูตร แต่ไม่เกิดอยู่ใกล้เขตศูนย์สูตร เพราะแรงเหวี่ยงที่เกิดจากการหมุนของโลก (Coriolis) เพราะเหตุว่าบริเวณเหนือผิวน้ำเขตละติจูดระหว่าง 8 — 15 องศาเหนือและใต้ศูนย์สูตร เป็นเขตที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาฟาเรนไฮต์ (27 องศาเซลเซียส) จึงเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งต่อผลการเกิดของพายุหมุนเขตร้อน นอกจากนี้อากาศร้อนบริเวณที่ต่ำซึ่งมีภาวะไม่คงที่ก็มีส่วนอยู่มากต่อการเกิดพายุหมุน พายุบริเวณเขตร้อนเมื่อเกิดขึ้นแล้ว การเคลื่อนที่ของพายุตอนแรกจะพัดไปทางตะวันตกในแนวของลมสินค้า การพัดของพายุเขตร้อนจะค่อย ๆ เปลี่ยนทิศทางไปทางตะวันตกเฉียงเหนือและทิศเหนือในที่สุด จนกระทั่งพัดเข้าสู่แนวลมตะวันตก พายุหมุนเขตร้อนเป็นพายุที่มีความกดบริเวณศูนย์กลางต่ำมาก ลมบริเวณรอบ ๆ ที่พัดเข้าสู่แนวความกดต่ำของพายุ ทิศทางการพัดของลมเกือบเป็นวงกลม การพัดของลมก็เร็วมาก มีฝนตกหนักทั่วไป (รูปที่ 7.9) ศูนย์กลางของพายุอาจจะกินระยะทางตั้งแต่ 100 ไมล์ถึง 300 ไมล์ (150—500 กิโลเมตร) และมีอัตราความเร็วของลมที่พัดตั้งแต่ 75 ไมล์ถึง 125 ไมล์ (120—200 กิโลเมตร) ต่อชั่วโมง และบางครั้งอาจมากกว่านี้ ความกดของปรอทในบาโรมิเตอร์บริเวณศูนย์กลางของพายุจะอยู่ราว ๆ 965 มิลลิบาร์ (28.5 นิ้ว หรือ 72.4 เซนติเมตร) หรืออาจต่ำกว่านี้

การเกิดพายุหมุนเขตร้อนในทะเล พอจะลำดับการเกิดเป็นขั้น ๆ ดังนี้ ระยะแรกก่อนที่จะมีพายุเกิดขึ้น ลมมักจะอ่อน ๆ จนถึงสงบ ซึ่งบางทีความกดอากาศอาจจะสูงกว่าปกติเสียอีก บนท้อง



รูปที่ 7.9 คลื่นลมที่พัดอยู่แถบศูนย์สูตร



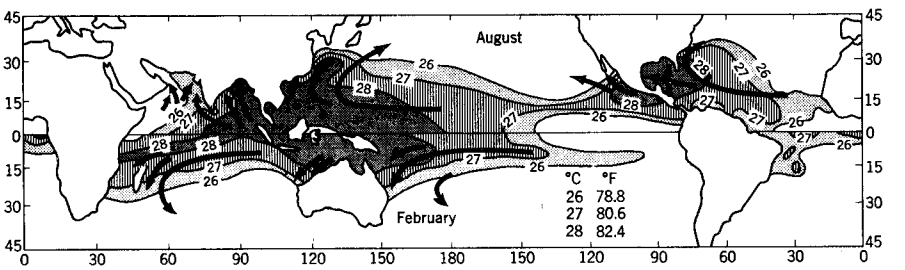
รูปที่ 7.10 ลมพายุเฮอร์ริเคน (พายุหมุนเขตร้อน) บริเวณหมู่เกาะอินดิสตะวันตก

ฟ้าจะมีเมฆซีร์รัสเกิดเป็นแนวยาวตามแนวทิศทางลมที่พัด ต่อมาเมฆซีร์รัสจะค่อยเปลี่ยนรูปเป็นวงกลมและมีลักษณะเป็นรูปวงแสง (Halo) เวลาพระอาทิตย์ตกดินท้องฟ้าจะมีสีแดงขึ้น ลมในทะเลเริ่มมีการพัดหมุนตัวและพัดเข้าสู่ศูนย์กลางเรื่อย ๆ เมื่อพายุได้ก่อตัวสมบูรณ์แล้วความกดของอากาศเริ่มลดลง ลมเริ่มมีการลอยตัวขึ้นบนท้องฟ้า จะมีเมฆหนาขึ้นเรื่อย ๆ จนมีฝนตกตามมา ลมยังมีอัตราการพัดเร็วขึ้นเรื่อย ๆ และรุนแรงมากขึ้น ในทะเลจะมีคลื่นขนาดใหญ่เกิดขึ้นทั่วไป ท้องฟ้ามืดครึ้มจนไม่อาจจะมองเห็นอะไรได้

เมื่อพายุได้พัดผ่านมาระยะหนึ่งลมจะสงบ ท้องฟ้าจะแจ่มใสขึ้น ขณะเดียวกันอุณหภูมิอาจจะ

สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และในช่วงนี้เองปรอทในบาโรมิเตอร์อาจจะลดลงในระดับต่ำสุด เรือบางลำอาจจะอยู่ตรงจุดศูนย์กลางของพายุพอดี ศูนย์กลางของพายุดังกล่าวนี้มีลักษณะเป็นวงกลม ๆ คล้ายท่อเหล็ก ระยะที่ลมสงบคลื่นและท้องฟ้ายังบึ้นป่วนอยู่ ลมจะสงบอยู่ประมาณครึ่งชั่วโมงก็จะเริ่มมีลมพัดแรงและคลื่นจัดอีกครั้งหนึ่ง การพัดของลมครั้งนี้ทิศทางการพัดของลมจะเปลี่ยนไปจากเดิม ลมจะพัดแรงและคลื่นจัดอยู่หลายชั่วโมงก็จะค่อย ๆ สงบลง ท้องฟ้าจะค่อย ๆ แจ่มใสขึ้น เมฆลดจำนวนน้อยลงทุกที

พายุหมุนเขตร้อนบริเวณใกล้ศูนย์สูตร มีแหล่งกำเนิดสำคัญอยู่ 6 แห่ง แต่ละแห่งล้วนแต่อยู่ในมหาสมุทรเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน (รูปที่ 7.11)



รูปที่ 7.11 เส้นทางการพัดผ่านของพายุหมุนเขตร้อนจะสัมพันธ์กับอุณหภูมิเหนือพื้นผิวทะเลในฤดูร้อนของซีกโลกทั้งสอง

บริเวณที่ 1 มีแหล่งกำเนิดบริเวณหมู่เกาะอินดิสตะวันตก อ่าวเม็กซิโกและแถบทะเลแคริบเบียน

บริเวณที่ 2 มีแหล่งกำเนิดอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ ได้แก่ แถวหมู่เกาะฟิลิปปินส์ ทะเลจีน และเกาะญี่ปุ่น

บริเวณที่ 3 แถวทะเลอาหรับ และอ่าวเบงกอล

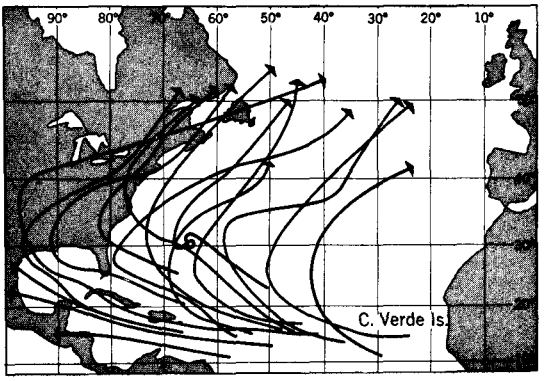
บริเวณที่ 4 บริเวณชายฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก แถวอเมริกาเหนือ

บริเวณที่ 5 ทางตอนใต้ของมหาสมุทรอินเดีย และแถวนอกฝั่งเกาะมาดากัสการ์

บริเวณที่ 6 ทางชายฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกใต้ ได้แก่ บริเวณหมู่เกาะซาร์มัว หมู่เกาะฟูจิ เกาะชายฝั่งตะวันออกของออสเตรเลีย พายุหมุนในเขตร้อนมักไม่ค่อยเกิดบนพื้นดิน ส่วนมากเกิดบนพื้นน้ำ

ทิศทางการพัดของพายุหมุนเขตร้อนในบริเวณมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ (รูปที่ 7.12)

ส่วนมากมีแหล่งกำเนิดอยู่ระหว่างละติจูด 10 องศาเหนือ ถึง 20 องศาเหนือ พายุหมุนที่เกิดในบริเวณนี้ทิศทางการพัดตอนแรกจะพัดไปทางตะวันตกแล้วค่อย ๆ เปลี่ยนไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ จนเข้าไปในเขตลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือ เมื่อลมพัดเข้าไปในเขตละติจูด 30 — 53 องศาเหนือ ทิศทางการพัดของลมจะเปลี่ยนไปเป็นทิศตะวันออกเฉียงเหนือจนเข้าสู่เขตลมตะวันตก และกลายเป็นพายุหมุนเขตละติจูดกลางในที่สุด ตอนที่พายุหมุนนี้พัดเข้าสู่เขตลมสินค้า พายุหมุนจะมีอัตราเร็วชั่วโมง



รูปที่ 7.12 ทิศทางการพัดของพายุเฮอร์ริเคนบางลูกที่เกิดระหว่างเดือนสิงหาคม

ละประมาณ 6—12 ไมล์ (10 — 20 กิโลเมตร) แต่พอเข้าสู่เขตลมตะวันตก ลมจะมีอัตราการพัดเร็วขึ้นเป็นชั่วโมงละ 20—40 ไมล์ (30 — 60 กิโลเมตร)

การเกิดพายุหมุนเขตร้อน มักจะมีเวลาการเกิดแน่นอน บริเวณที่เกิดก็แน่นอน เช่น พายุหมุนที่เกิดบริเวณหมู่เกาะอินดิสตะวันตก ส่วนมากจะเกิดอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน จะเกิดน้อยกว่าปกติมักจะอยู่ราวปลายฤดูร้อนหรือต้นฤดูใบไม้ร่วง ส่วนพายุหมุนเกิดบริเวณชายฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ แถวอ่าวเบงกอล และบริเวณทะเลอาหรับจะมีเกิดตลอดปี แต่ส่วนมากเกิดอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน พายุหมุนบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกใต้ และมหาสมุทรอินเดียใต้ จะเกิดอยู่ระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายน พายุหมุนส่วนมากมักจะเกิดในฤดูร้อนของแต่ละซีกโลก

ความสำคัญของพายุหมุนตามที่กล่าวมานี้ในแง่ของวิชาภูมิศาสตร์ คือ เป็นพายุที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่มนุษย์ตามหมู่เกาะและชายฝั่งมากมาย จากการบันทึกผลเสียหายที่เกิดจากการกระทำของพายุเฮอร์ริเคน เมื่อปี ค.ศ. 1780 กล่าวไว้ว่า พายุนี้ได้ก่อให้เกิดความเสียหายแก่สิ่งก่อสร้าง ท่าเรือ ทรัพย์สินมีมูลค่ามากมาย และมีผู้คนเสียชีวิตมากกว่า 6,000 คน

นอกจากพายุเขตร้อนจะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากมาย ชายฝั่งทะเลบางแห่งยังถูกทำลายจากพายุเขตร้อนอีกมาก เช่น เวลามีพายุจัดและมีระดับน้ำทะเลสูง การทำลายและการกัดเซาะของคลื่นตามชายฝั่งจะกว้างขวางออกไป ขณะที่น้ำทะเลมีระดับสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเพราะการกระทำของแรงพายุ ซึ่งเรียกว่า สตอม เซอร์จ (Storm surge) แรงพายุนี้มีกำลังแรงมากจนสามารถยกเรือให้เกยตื้นได้ บางแห่งทำให้ผู้คนตายครั้งละมาก ๆ เช่น ในปี 1737 มีพายุไซโคลนได้พัดเข้าไปบริเวณตอนบนของอ่าวเบงกอล ทำให้ผู้คนได้เสียชีวิตเพราะอันตรายจากพายุนี้ถึง 300,000 คน คลื่นที่เข้าไปปะทะชายฝั่งมียอดสูงถึง 40 ฟุต (12 เมตร) ข้อสำคัญอีกประการหนึ่งเวลาพายุหมุนหรือพายุไซโคลนเกิดขึ้น ฝนมักจะตกหนักติดต่อกันเป็นเวลาคราวละหลายวัน อาจเป็นอาทิตย์ ๆ ดังเคยปรากฏมาแล้วในเกาะ

ลูซอน และเกิดน้ำท่วมมากมายบนเกาะนั้น

7.8 พายุทอร์เนโด

ทอร์เนโดเป็นพายุหมุนที่มีอาณาบริเวณเกิดแคบที่สุด แต่เป็นพายุหมุนที่มีอัตราการพัดของลมเร็วที่สุด (รูปที่ 7.13) พายุชนิดนี้ส่วนมากเกิดอยู่ในอเมริกาเหนือ โดยเฉพาะตอนที่พัดผ่านสหรัฐอเมริกา อัตราการพัดของพายุจะมีอัตราความเร็วสูงสุด จากการรายงานอากาศปรากฏว่า พายุทอร์เนโดนอกจากจะเกิดในอเมริกาแล้ว ยังเกิดในออสเตรเลียและบริเวณละติจูดกลางบางแห่งด้วย เท่าที่ได้รายงานไว้ พายุทอร์เนโดเกิดขึ้นทั้งในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

แม้พายุทอร์เนโดจะเป็นพายุที่เกิดในบริเวณแคบ ๆ แต่การพัดและการหมุนของอากาศเวลาเกิดพายุแต่ละครั้งจะเร็วมาก เวลาเกิดพายุนี้แต่ละครั้งจะเกิดเมฆม้วนตัวสีดำลอยขึ้นไปเบื้องบน เป็นเมฆคิวมูโลนิมบัส บริเวณตอนล่างของเมฆที่มีลักษณะม้วนตัวจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 300—1,500 ฟุต (90 — 460 เมตร) การมองเห็นเมฆที่ม้วนตัวลอยขึ้นไปเป็นสีดำเพราะมีความชื้นที่กลั่นตัวแล้วลอยขึ้นไปด้วย และยังมีฝุ่นละอองลอยปะปนขึ้นไปอีก

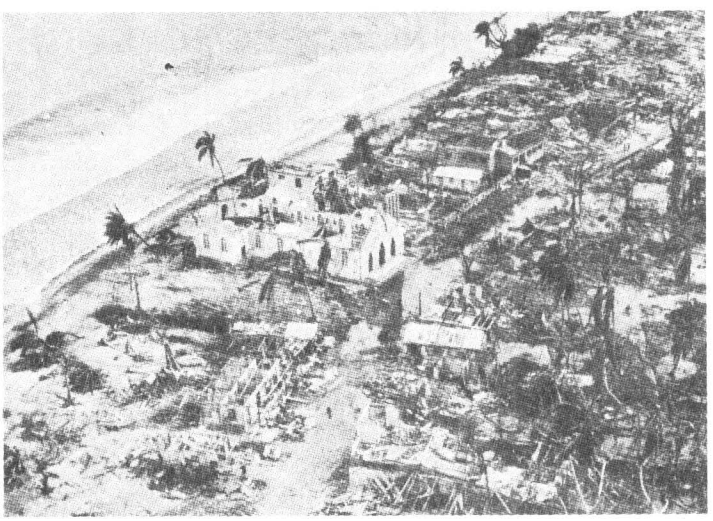
ประมาณว่าพายุทอร์เนโดมีอัตราการพัดของลมด้วยอัตราความเร็วชั่วโมงละ 500 ไมล์ (700กิโลเมตร) โดยเฉพาะการหมุนตัวของพายุเวลาที่พัดจะช่วยเพิ่มให้ลมมีความเร็วสูงขึ้น จนสามารถทำลาย

รูปที่ 7.13 การเกิดพายุทอร์เนโด การก่อตัวของเมฆเป็นลำพุ่งขึ้นข้างบน

สิ่งของต่าง ๆ ตามทิศทางที่ผ่านมากมาย การทำลายของพายุทอร์เนโดนอกจากจะเกิดจากความเร็วของลมแล้ว ยังเกิดจากการพัดของลมบริเวณรอบ ๆ เข้าสู่ศูนย์กลางความกดต่ำของพายุ จากการพัดของลมบริเวณรอบ ๆ เข้าสู่ศูนย์กลางความกดต่ำของพายุนั้น จากการรายงานบอกไว้ว่า แม้แต่จุกค็อกในขวดเปล่าก็สามารถหลุดออกจากขวด เพราะความกดของอากาศระหว่างภายในขวดต่างกับบริเวณศูนย์กลางของพายุมาก

พายุทอร์เนโดที่เกิดตามบริเวณต่าง ๆ บางครั้งเกิดจากการก่อตัวของเมฆคิวมูโลนิมบัส เพราะมีลมจากเยื้องล่างก่อตัวลอยขึ้นเบื้องบนอย่างรวดเร็ว พอปะทะกับอากาศเย็นก็จะทำให้อัตราการพัดของลมที่ลอยขึ้นไปยิ่งเร็วยิ่งขึ้นจนกลายเป็นพายุหมุนขึ้น พายุทอร์เนโดประเภทนี้มักจะเกิดขึ้นในฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน เท่าที่ปรากฏมาแล้วมักจะมีเกิดทุกเดือน เมื่อใดมวลอากาศเย็นบนพื้นมหาสมุทรเขตขั้วโลก (mP) พัดปะทะอากาศร้อนและชื้นจากพื้นมหาสมุทรเขตร้อน (mT) มวลอากาศเย็นจากภาคพื้นสมุทรนี้จะดันให้มวลอากาศร้อนและชื้นลอยสูงขึ้นไปเบื้องบน ทำให้เกิดพายุทอร์เนโดขึ้น ในสหรัฐอเมริกาบริเวณที่เกิดพายุทอร์เนโดบ่อยที่สุด ได้แก่ แถวลุ่มแม่น้ำมิสซิสซิปปี ส่วนแถวที่เป็นภูเขาและป่าไม้มีพายุทอร์เนโดเกิดขึ้นน้อย เช่น บริเวณเทือกเขารอกกีและภูเขาแถวชายฝั่ง ไม่เคยปรากฏมีพายุทอร์เนโดเลย

แม้พายุทอร์เนโดจะเป็นพายุขนาดเล็กและเกิดอยู่ในบริเวณแคบ ๆ แต่การสูญเสียจากการทำลายของพายุก็มาก ทั้งทรัพย์สินสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ การป้องกันจากอันตรายอันจะเกิดจากพายุทอร์เนโดอาจทำได้บ้าง ถ้าได้รับคำเตือนจากทางหน่วยตรวจลมฟ้าอากาศเกี่ยวกับพายุนี้แต่เนิ่น ๆ



รูปที่ 7.14 ภาพแสดงความเสียหายที่เกิดจากพายุเฮอร์ริเคน

7.9 พวยน้ำ

พวยน้ำหรือนาคเล่นน้ำ มีลักษณะการเกิดคล้ายพายุทอร์เนโด แต่มักจะเกิดขึ้นในทะเลเวลาที่มีการก่อตัวของเมฆคิวมูโลนิมบัส พายุชนิดนี้เกิดในบริเวณแคบ มีขนาดเล็ก และกำลังการพัดของพายุน้อยกว่าทอร์เนโด เวลาเกิดนาคเล่นน้ำน้ำในทะเลบริเวณนั้นอาจลอยเป็นรูปงวงช้างสูงขึ้นไปถึง 10 ฟุต (3 เมตร) การเกิดนาคเล่นน้ำส่วนมากมักจะเกิดขึ้นในทะเลกึ่งเขตร้อน เช่น บริเวณอ่าวเม็กซิโก และแถวนอกฝั่งด้านตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา การเกิดนาคเล่นน้ำเข้าใจว่าเกิดจากการหมุนตัวของอากาศ ขณะที่มวลอากาศจากภาคพื้นทวีปออกสู่ทะเล

คำถามท้ายบทที่ 7

1. พายุหมุนหรือพายุไซโคลนที่เกิดในบริเวณต่าง ๆ มีข้อแตกต่างกันอย่างไรบ้าง พายุฟ้าคะนองเป็นพายุหมุนหรือไม่
2. จงอธิบายภาวะอากาศบริเวณความกดอากาศต่ำเขตละติจูดกลางหรือละติจูดต่ำ บริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกของสหรัฐฯ พร้อมกับอธิบายเกี่ยวกับลักษณะความกด ลม เมฆ หยาดน้ำฟ้า อุณภูมิ ขนาดของพื้นที่ที่เกิดและอัตราการพัดของลม
3. จงอธิบายภาวะอากาศบริเวณลมแอนติไซโคลนหรือหย่อมความกดอากาศสูง
4. จงอธิบายทฤษฎีการพัดของลมฟ้าอากาศในเขตละติจูดกลางของเจอร์คเนส (Bjerknes) แนวปะทะเขตขั้วโลกคืออะไร ? มวลอากาศคืออะไร ?
5. พายุหมุนเขตขั้วโลกเกิดและเปลี่ยนแปลงได้อย่างไร ? จงอธิบายแนวปะทะอากาศเย็นพร้อมทั้งความสัมพันธ์ของมวลอากาศ และอธิบายลักษณะแนวปะทะอากาศร้อนและแนวปะทะอากาศซ้อนกัน พร้อมความสัมพันธ์ของมวลอากาศด้วย
6. จงอธิบายให้เห็นว่า เมื่อศูนย์กลางของพายุหมุนเขตละติจูดกลางผ่านทางเหนือของผู้สังเกต จะมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางลม ความเร็วลม ลักษณะของเมฆ และหยาดน้ำฟ้าอย่างไรบ้าง ? และทำนองเดียวกันจงอธิบายว่าเมื่อพายุไซโคลนพัดผ่านทางใต้ของผู้สังเกต การเปลี่ยนแปลงทิศทางลม ความเร็วลม ลักษณะเมฆ หยาดน้ำฟ้า และอุณหภูมิของอากาศอย่างไรบ้าง ?
7. ทิศทางการพัดประจำของพายุหมุนในสหรัฐอเมริกาเป็นอย่างไรบ้าง ? จงอธิบายลักษณะมวลอากาศในอเมริกาเหนือในเรื่องต่อไปนี้ แหล่งกำเนิด ทิศทางการพัด และลักษณะลมฟ้าอากาศโดยทั่วไป พร้อมอธิบายว่ามวลอากาศเขตขั้วโลกกับเขตศูนย์สูตรมีลักษณะอย่างไร ?
8. คลื่นการพัดของลมตะวันออกคืออะไร ? ลักษณะลมฟ้าอากาศที่พัดมากับลมนี้เป็นอย่างไร ? คลื่นการพัดของลมเขตศูนย์สูตรเป็นอย่างไร ? และลักษณะมวลอากาศที่มากับลมนี้เป็นอย่างไร ?
9. จงอธิบายลักษณะลิ่มของความกดอากาศขั้วโลก (Polar out breaks) ที่พัดเลยเข้าไปในเขตร้อน ลิ่มความกดอากาศสูงที่พัดเข้าสู่อเมริกากลางและอเมริกาตอนใต้ชื่ออะไรบ้าง ?

10. จงอธิบาย องค์ประกอบของลมฟ้าอากาศของพายุหมุนเขตร้อนหรือพายุเฮอร์ริเคน พายุนี้มีแหล่งกำเนิดบริเวณใดบ้าง และมีทิศทางการพัดไปแนวไหน พร้อมอธิบายศูนย์ลมสงบ (Calm central eye) ของพายุหมุนดังกล่าวนี้
11. จงบอกถึงแหล่งกำเนิดของพายุหมุนเขตร้อน พร้อมฤดูกาลที่เกิดของพายุแต่ละบริเวณ และบอกว่าฤดูกาลที่เกิดพายุหมุนแต่ละแห่ง มีความสัมพันธ์กับช่องความกดต่ำเขตศูนย์สูตรอย่างไรบ้าง ?
12. จงกล่าวถึงผลเสียหายอันเกิดจากพายุหมุนเขตร้อนเวลาพัดเข้าสู่ฝั่ง และอธิบายว่าเวลาเกิดพายุหมุนขึ้นในทางทะเลมีผลต่อระดับน้ำในมหาสมุทรอย่างไรบ้าง ?
13. พายุทอร์เนโดคืออะไร ? เกิดขึ้นในบริเวณไหน ? มีลักษณะการเกิดเป็นอย่างไร ? ความเร็วของลมที่พัดจากพายุชนิดนี้ประมาณเท่าใด ? เพราะเหตุใดพายุทอร์เนโดในสหรัฐอเมริกาจึงมักจะเกิดในฤดูใบไม้ผลิ ? นาคเล่นน้ำ (Water spout) คืออะไร ? จงอธิบาย

บทที่ 8
การจำแนกภูมิอากาศและแบบของภูมิอากาศชนิดต่าง ๆ
(Climate Classification and Climatic Regimes)

ภูมิอากาศนับเป็นปัจจัยที่สำคัญทางภูมิศาสตร์อย่างหนึ่ง ที่มีผลต่อชีวิตของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ นอกจากนี้ภูมิอากาศยังมีผลต่อด้านอื่นๆ อีกหลายอย่าง เช่น การเกิดดิน พืชพรรณธรรมชาติ การใช้ดิน การเพาะปลูก การทำป่าไม้ และการเลี้ยงสัตว์ การเพาะปลูกแม้จะพึ่งพาสภาพของภูมิประเทศอยู่มาก แต่ก็ต้องอาศัยภูมิอากาศเหมือนกัน ปัจจุบันแม้ความเจริญทางวิชาการมีส่วนช่วยความสะดวกสบายแก่มนุษย์มาก แต่ภูมิอากาศก็ยังมีความสำคัญต่อการกระจายของประชากรตามส่วนต่าง ๆ พอ ๆ กับสภาพทางภูมิประเทศ

ภูมิอากาศนอกจากจะมีความสำคัญดังได้กล่าวมาแล้ว ยังมีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ในเขตหนาวที่มีฤดูหนาวยาวนานอีกด้วย เพราะระยะเวลาที่หนาวยาวนานจะมีผลต่อการเกิด เมฆ ฝน หยาดน้ำฟ้า และลมของเขตนั้นมาก ปัจจัยเหล่านี้มีส่วนกระตุ้นความคิดและการกระทำในแง่ต่าง ๆ ของมนุษย์มาก

ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจในเขตละติจูดกลาง ก็คือ อุณหภูมิหนาวเย็นจนถึงจุดเยือกแข็ง ทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อโรคต่าง ๆ ลดน้อยลง บริเวณเขตร้อนชื้นและเขตศูนย์สูตรเป็นเขตที่มีการเจริญเติบโตของพวกจุลินทรีย์มากมาย เช่น มาลาเรีย ไข้เหลือง เป็นโรคที่เกิดจากการกัดของยุงชนิดหนึ่ง โรคนอนหลับก็อีกชนิดหนึ่งที่เกิดจากเหลือบเป็นพาหะ พวกเชื้อราต่าง ๆ ในเขตร้อนชื้นและเขตศูนย์สูตร มีผลต่อการผุพังของเสื้อผ้า เฟอร์นิเจอร์ และอื่น ๆ อีกมาก

8.1 การจำแนกประเภทภูมิอากาศ

การจำแนกภูมิอากาศออกเป็นประเภทต่าง ๆ พิจารณาได้จากปัจจัยหลายอย่าง คือ

1. อุณหภูมิของภูมิอากาศ

การจำแนกประเภทภูมิอากาศตามที่กล่าวในบทก่อน ๆ เป็นการจำแนกประเภทภูมิอากาศออกเป็นเขตกว้าง ๆ เช่น ภูมิอากาศเขตศูนย์สูตร ภูมิอากาศเขตทรอปิก ภูมิอากาศกึ่งเขตทรอปิก ภูมิอากาศเขตละติจูดกลาง ภูมิอากาศใกล้เขตขั้วโลก ภูมิอากาศเขตอาร์กติกและอื่น ๆ การจำแนกภูมิอากาศตามนัยที่กล่าวนี้ ถือเอาความแตกต่างของภูมิอากาศบริเวณพื้นดินกับพื้นน้ำมากกว่าอุณหภูมิของอากาศเป็นสำคัญ

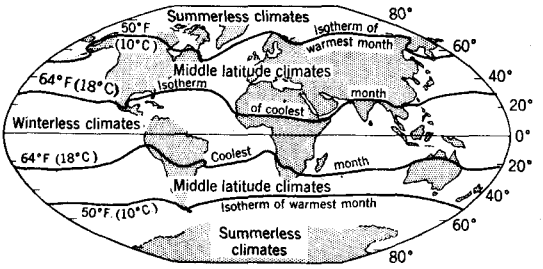
การจำแนกลักษณะภูมิอากาศโดยถือเอาอุณหภูมิของอากาศเป็นหลัก ภูมิอากาศจะจำแนกออกได้ 3 พวกใหญ่ ๆ

1. ภูมิอากาศที่ไม่มีฤดูหนาวในเขตละติจูดต่ำ
2. ภูมิอากาศที่มีทั้งฤดูหนาวและฤดูร้อน
3. ภูมิอากาศที่ไม่มีฤดูร้อน ที่พบอยู่ในบริเวณละติจูดสูง

ลักษณะภูมิอากาศที่ไม่มีฤดูหนาวเลยนั้น หมายถึง ภูมิอากาศที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละเดือนในแต่ละปีไม่ต่ำกว่า 64.4 องศาฟาเรนไฮต์ (18 องศาเซลเซียส)

ส่วนภูมิอากาศที่ไม่มีฤดูร้อนเลยนั้นจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนที่ร้อนที่สุดไม่เกิน 50 องศาฟาเรนไฮต์ (10 องศาเซลเซียส) ภูมิอากาศชนิดนี้เขตที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในฤดูร้อน คือ แนวที่มีต้นไม้เจริญเติบโตขึ้นได้ เมื่อเลยเส้นไอโซเทอม 50 องศานี้ขึ้นไปทางเหนือแล้ว จะไม่มีต้นไม้เจริญเติบโตได้เลย

สำหรับภูมิอากาศที่มีทั้งฤดูร้อนและฤดูหนาว จะอยู่ระหว่างบริเวณที่มีภูมิอากาศแบบไม่มีฤดูหนาวเลยกับภูมิอากาศที่ไม่มีฤดูร้อนเลย



รูปที่ 8.1 การจำแนกกลุ่มภูมิอากาศโดยยึดเอาอุณหภูมิเป็นหลัก

การจำแนกลักษณะภูมิอากาศ โดยใช้อุณหภูมิเป็นปัจจัยในการจำแนกเพียงอย่างเดียวไม่พอเพราะบางแห่ง เช่น เขตทะเลทรายและเขตร้อนชื้น อุณหภูมิมักจะสูงอยู่เสมอ ยังต้องอาศัยความชื้นเป็นปัจจัยในการจำแนกด้วย

2. หยาดน้ำฟ้า

การจำแนกภูมิอากาศนอกจากจะใช้อุณหภูมิเป็นปัจจัยพิจารณาแล้ว ยังอาศัยหยาดน้ำฟ้าสำหรับพิจารณาด้วย เพราะหยาดน้ำของภูมิอากาศจะมีผลต่อการกระจายของพืชพรรณธรรมชาติ การระบายน้ำ ความชื้นในดิน และน้ำใต้ดินด้วย สิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวนี้จะมีผลต่อการจำแนกภูมิอากาศชนิดต่าง ๆ มาก

ภูมิอากาศจำแนกตามปริมาณความชื้นได้ 5 ชนิด คือ

ประเภทของภูมิอากาศ	ลักษณะฝน	ฝนตกเฉลี่ย (นิ้ว)	เซนติเมตร
ภูมิอากาศแห้งแล้ง	ตกเบาบางมาก	0—10	0—25
ภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้ง	ฝนตกเบาบาง	10—20	25—50
ภูมิอากาศกึ่งชุ่มชื้น	ฝนตกปานกลาง	20—40	50—100
ภูมิอากาศชุ่มชื้น	ฝนตกหนัก	40—80	100—200
ภูมิอากาศชุ่มชื้นมาก	ฝนตกหนักมาก	มากกว่า 80	มากกว่า 200

การจำแนกภูมิอากาศตามแบบนี้ ภูมิอากาศหนาวเขตขั้วโลกเอามาพิจารณารวมกับภูมิอากาศทะเลทรายในเขตละติจูดต่ำด้วย

การจำแนกภูมิอากาศโดยอาศัยปัจจัยทั้งสองอย่างนี้ มีข้อแตกต่างกันอยู่ไม่น้อย เพื่อให้การจำแนกภูมิอากาศเกิดผลอย่างจริงจัง จึงได้มีผู้นำเอาอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

3. พืชพรรณธรรมชาติและดิน

พืชพรรณธรรมชาติและดิน เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการจำแนกภูมิอากาศ นักชีววิทยาและนักภูมิศาสตร์ต่างเชื่อว่า ความแตกต่างของพืชพรรณมีผลมาจากความแตกต่างของภูมิอากาศ เพราะการเจริญเติบโตของพืชพรรณชนิดต่าง ๆ เกี่ยวข้องอยู่กับลักษณะอากาศอยู่มาก การปรับตัวของพืชพรรณก็มักจะเป็นไปตามสภาพของภูมิอากาศแต่ละประเภท พฤติกรรมบางอย่างของพืชก็มีผลมาจากลักษณะของภูมิอากาศแต่ละชนิด

เนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชพรรณขึ้นอยู่กับชนิดของภูมิอากาศอยู่มาก การจำแนกประเภทของภูมิอากาศจึงพิจารณาประเภทของพืชพรรณแบบต่าง ๆ เป็นปัจจัยในการจำแนกของภูมิอากาศด้วย

ในราวตอนปลายศตวรรษที่ 19 นักปฐพีวิทยาเชื่อว่า ดินชนิดต่าง ๆ บนพื้นโลกที่มีลักษณะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการควบคุมของภูมิอากาศอย่างแน่นอน นอกจากนี้ความอุดมสมบูรณ์ของดินยังมีผลมาจากพืชพรรณธรรมชาติที่เจริญเติบโตในบริเวณนั้นด้วย

8.2 การจำแนกประเภทภูมิอากาศตามแนวเคิปเปน

การจำแนกประเภทภูมิอากาศ โดยยึดถืออุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของภูมิอากาศแต่ละแห่งเป็นเกณฑ์พิจารณา เพื่อจำแนกภูมิอากาศออกเป็นชนิดต่าง ๆ คนแรกได้แก่ ดร. วลาดีเมียร์ เคิปเปน (Wladimir Koppen) แห่งมหาวิทยาลัยเกรซ (Graz) ในประเทศออสเตรีย การจำแนกประเภทภูมิอากาศตามแนวที่เคิปเปนทำไว้ปรากฏว่าในระยะหลังต่อมาเป็นที่นิยมของนักภูมิศาสตร์อย่างกว้างขวาง

การจำแนกลักษณะภูมิอากาศตามระบบของเคิปเปน ภูมิอากาศแต่ละชนิดจะบอกให้ทราบถึงคุณสมบัติของภูมิอากาศในด้านของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนไว้ด้วย ภูมิอากาศที่จำแนกตามระบบนี้

นอกจากจะจำแนกออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ แล้วยังจำแนกออกเป็นกลุ่มย่อยอีก ทั้งนี้เพื่อเป็นสิ่งสำหรับบอกลักษณะอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนของภูมิอากาศแต่ละชนิด การจำแนกลักษณะของภูมิอากาศตามระบบนี้สามารถจะบอกให้ทราบลักษณะภูมิอากาศตามบริเวณต่าง ๆ ได้ทั่วโลก

การจำแนกลักษณะภูมิอากาศตามระบบของเคิปเปน ได้ใช้ตัวอักษรเป็นสัญลักษณ์ทั้งกลุ่มใหญ่และกลุ่มเล็ก กลุ่มเล็กแต่ละกลุ่มยังใช้สัญลักษณ์บอกลักษณะของภูมิอากาศแต่ละประเภทไว้ด้วย

อักษรสำคัญ 5 ตัวแรกที่ใช้เป็นสัญลักษณ์ของภูมิอากาศกลุ่มใหญ่ ได้แก่ A, B, C, D และ E สัญลักษณ์ A, C และ D เป็นสัญลักษณ์ของภูมิอากาศที่พิจารณาเอาอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนมาเกี่ยวข้องด้วย สัญลักษณ์แต่ละตัวมีความหมายดังนี้

A เป็นลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Tropical climates) ภูมิอากาศชนิดนี้มีอุณหภูมิเฉลี่ยทุกเดือนสูงกว่า 64.4 องศาฟาเรนไฮต์ (18 องศาเซลเซียส) ไม่มีฤดูหนาวเลย ฝนตกเฉลี่ยประจำปีค่อนข้างสูง

B เป็นลักษณะภูมิอากาศแห้งแล้ง (Dry climates) ภูมิอากาศชนิดนี้มีอัตราการระเหยของน้ำมากกว่าปริมาณความชื้นที่ได้รับแต่ละปี มีฝนตกน้อยตามบริเวณต่าง ๆ ที่เป็นภูมิอากาศชนิดนี้ ไม่มีร่องน้ำที่น้ำสามารถไหลได้ตลอดปี

C เป็นลักษณะภูมิอากาศอบอุ่น หรืออากาศอุณหภูมิปานกลาง (Warm temperate (Mesothermal) climates) ภูมิอากาศชนิดนี้ เดือนที่หนาวที่สุดมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 64.4 องศาฟาเรนไฮต์ (18 องศาเซลเซียส) แต่สูงกว่า 26.6 องศาฟาเรนไฮต์ (−3 องศาเซลเซียส) และอย่างน้อยเป็นเวลา 1 เดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 50 องศาฟาเรนไฮต์ (10 องศาเซลเซียส) ภูมิอากาศแบบ C จึงเป็นลักษณะของภูมิอากาศที่มีทั้งฤดูร้อนและฤดูหนาว

D ภูมิอากาศหนาวมีหิมะตก (Snow Microthermal climates) ภูมิอากาศชนิดนี้ในเดือนที่หนาวที่สุดมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 26.6 องศาฟาเรนไฮต์ (−3 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิของเดือนที่ร้อนที่สุดสูงกว่า 50 องศาฟาเรนไฮต์ (10 องศาเซลเซียส) ตามแนวของเส้นไอโซเทอมทางตอนเหนือสุดของเดือนที่ร้อนที่สุดของเขตภูมิอากาศแบบ D เป็นแนวที่ต้นไม้จะเจริญเติบโตได้

E เป็นลักษณะของภูมิอากาศที่มีน้ำแข็งปกคลุม (Ice climates) ภูมิอากาศชนิดนี้มีอุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนที่ร้อนที่สุดต่ำกว่า 50 องศาฟาเรนไฮต์ ภูมิอากาศชนิดนี้ไม่มีฤดูร้อนเลย

ภูมิอากาศทั้ง 5 ชนิดนี้ ภูมิอากาศแบบ A, C, D และ E จำแนกโดยถือเอาอุณหภูมิเฉลี่ยเป็นปัจจัยสำหรับพิจารณา ส่วนภูมิอากาศแบบ B ถือเอาเรื่องปริมาณน้ำฝนเป็นสำคัญ

นอกจากภูมิอากาศกลุ่มใหญ่ 5 ชนิดนี้แล้ว ยังแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยอีกหลายชนิด คือ

S ภูมิอากาศทุ่งหญ้าสเตปป์ (Steppe climate) หมายถึงภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้ง มีฝนตกเฉลี่ยเขตละติจูดต่ำประมาณปีละ 15—30 นิ้ว (38—76 เซนติเมตร)

W ภูมิอากาศทะเลทราย (Desert climate) เป็นภูมิอากาศแห้งแล้ง มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยประจำปีน้อยกว่า 10 นิ้ว (25 เซนติเมตร)

ภูมิอากาศแบบ S และ W ใช้กับภูมิอากาศแบบ B เท่านั้น เช่น ภูมิอากาศแบบ BS และ BW

f ภูมิอากาศชุ่มชื้น มีฝนตกทุกเดือน ไม่มีฤดูแล้ง ใช้กับภูมิอากาศแบบ A, C และ D

w ภูมิอากาศที่แห้งแล้งในฤดูหนาว หรือระยะที่ดวงอาทิตย์เดินอ้อมข้าว

s ภูมิอากาศที่แห้งแล้งในฤดูร้อน หรือระยะที่ดวงอาทิตย์เดินอยู่ในระดับสูง

m ภูมิอากาศที่มีระยะเวลาแห้งแล้งนั้น พบอยู่ในเขตมรสุม ใช้กับอากาศแบบ A

เมื่อเอาลักษณะภูมิอากาศทั้งสองประเภทตามที่กล่าวข้างต้นมารวมกันเข้า ก็จะกลายเป็นลักษณะภูมิอากาศต่อไปนี้

Af ภูมิอากาศแบบป่าร้อนชื้น (Am, Af)

Aw ภูมิอากาศร้อนชื้นแบบสะวันนา

BS ภูมิอากาศทุ่งหญ้าสเตปป์

BW ภูมิอากาศทะเลทราย

Cw ภูมิอากาศอบอุ่น ชื้น และฝนตกชุก แห้งแล้งในฤดูหนาว

Cf ภูมิอากาศชุ่มชื้น มีความชื้นตลอดปี

Cs ภูมิอากาศอบอุ่นชื้น มีฝนตก หน้าร้อนแห้งแล้ง

Df ภูมิอากาศหนาวมีหิมะตกชุ่มชื้นตลอดปี

Dw ภูมิอากาศหนาวมีหิมะตก ฤดูหนาวอากาศแห้งแล้ง

ET ภูมิอากาศแบบทุนดรา

EF ภูมิอากาศที่มีหิมะปกคลุมตลอดปี

นอกจากจะเอาอักษรมาใช้เป็นสัญลักษณ์ของภูมิอากาศถึงสองหลักแล้ว ยังนำมาใช้เป็นลักษณะภูมิอากาศตัวที่ 3 อีก คือ

a ภูมิอากาศซึ่งหน้าร้อนอากาศร้อนจัด เดือนที่ร้อนที่สุดอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 71.6 องศาฟาเรนไฮต์ (22 องศาเซลเซียส) ใช้กับภูมิอากาศแบบ C และแบบ D

b ภูมิอากาศซึ่งหน้าร้อนอากาศค่อนข้างร้อน เดือนที่ร้อนที่สุดอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 71.6 องศาฟาเรนไฮต์ (22 องศาเซลเซียส) ใช้กับภูมิอากาศแบบ C และ D

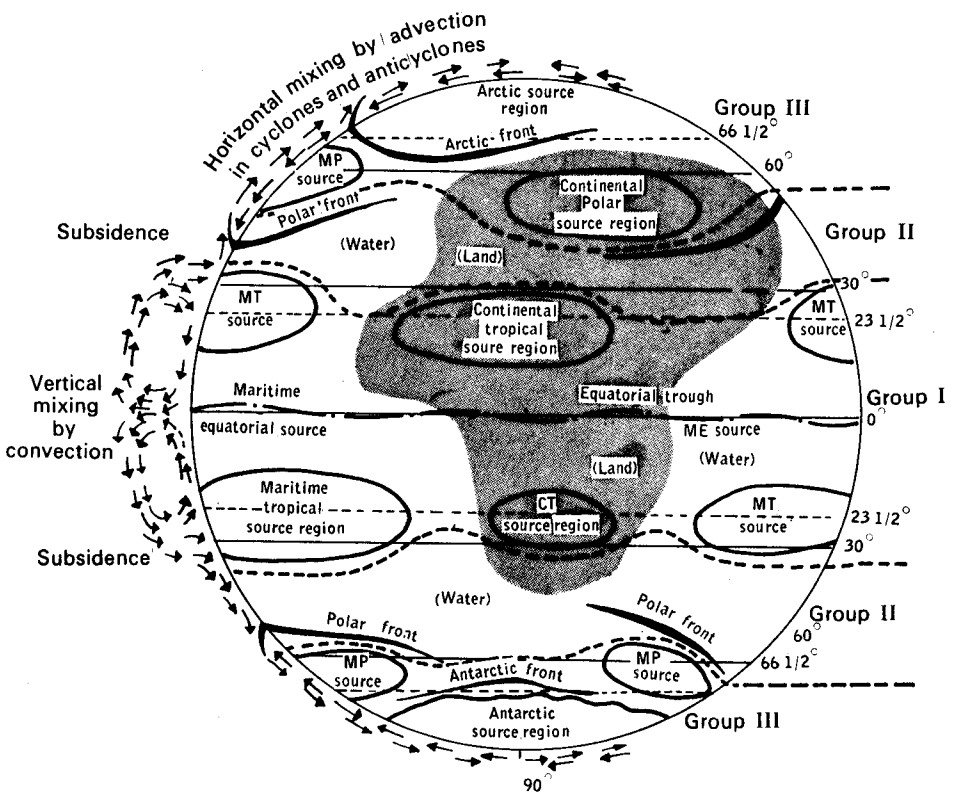
c ภูมิอากาศซึ่งหน้าร้อนมีระยะเวลาสั้น อากาศเย็นในหนึ่งปีมีน้อยกว่า 4 เดือน ที่อุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 50 องศาฟาเรนไฮต์ (10 องศาเซลเซียส) ใช้กับอุณหภูมิอากาศแบบ C และ D

d ภูมิอากาศซึ่งหน้าหนาวอากาศหนาวจัด เดือนที่หนาวที่สุดอุณหภูมิต่ำกว่า −36.4 องศาฟาเรนไฮต์ (−38 องศาเซลเซียส) ใช้กับภูมิอากาศแบบ D

h ภูมิอากาศร้อนและแห้งแล้ง อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีสูงกว่า 64.4 องศาฟาเรนไฮต์ (18 องศาเซลเซียส) ใช้กับภูมิอากาศแบบ B

k ภูมิอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้ง อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีน้อยกว่า 64.4 องศาฟาเรนไฮต์ (18 องศาเซลเซียส) ใช้กับภูมิอากาศแบบ B เช่นกัน

ตามตัวอย่างการจำแนกภูมิอากาศตามระบบของเคิปเปน ที่กล่าวนี้ แต่ละชนิดจะมีความหมายสมบูรณ์ของมันเองโดยเฉพาะ เช่น ภูมิอากาศ BWk หมายถึงลักษณะภูมิอากาศทะเลทรายในเขตละติจูดกลาง ภูมิอากาศชนิดนี้มีอุณหภูมิค่อนข้างเย็น Dfc หมายถึงลักษณะภูมิอากาศหนาวเย็นมีหิมะตกมีฤดูร้อนเป็นระยะเวลาสั้น



รูปที่ 8.2 ไดอะแกรมการจำแนกภูมิอากาศกลุ่มใหญ่ ๆ ของโลก

8.3 มวลอากาศและแนวปะทะ

มวลอากาศและแนวปะทะ เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งต่อการจำแนกภูมิอากาศประเภทต่าง ๆ การวิเคราะห์ลักษณะต่าง ๆ ของภูมิอากาศ ลักษณะธรรมชาติของมวลอากาศ การเคลื่อนที่ของมวลอากาศ แนวปะทะ พายุที่เกิดติดตามมา

จากรูปที่ 8.2 พิจารณาการจำแนกลักษณะภูมิอากาศออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ กลุ่มที่ 1 รวมเอามวลอากาศที่เกิดขึ้นอยู่ในเขตทรอปิกและเขตความกดต่ำแถบศูนย์สูตรด้วย เขตศูนย์สูตร (Equatorial) หมายถึงบริเวณที่อยู่ในเขตละติจูดต่ำทั้งเหนือและใต้ศูนย์สูตร เขตทรอปิก หมายถึงบริเวณที่อยู่ในเขตละติจูดสูงขึ้นไปกว่าเขตศูนย์สูตร แต่ไม่เลยเส้นทรอปิก ออฟ แคนเซอร์ (Tropic of Cancer) และเส้นทรอปิก ออฟ แคปริคอร์น (Tropic of Capricorn)

ภูมิอากาศกลุ่มที่ 1 ถูกควบคุมจากหย่อมความกดสูงเขตกึ่งโซนร้อน หรือลมแอนติไซโคลน (Anticyclones) เขตความกดดังกล่าวนี้ เป็นเขตที่มีอากาศจมตัวจากข้างบนและเป็นอากาศที่แห้งแล้ง และระหว่างบริเวณความสูงทั้งสองแนวนี้ จะมีลมพัดเข้าหาความกดต่ำเขตศูนย์สูตร ภูมิอากาศกลุ่มที่ 1 ส่วนใหญ่จึงตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของมวลอากาศเขตทรอปิกและเขตศูนย์สูตร

ภูมิอากาศกลุ่มที่ 2 เป็นภูมิอากาศที่อยู่ในโซนซึ่งมีมวลอากาศจากที่ต่าง ๆ พัดเข้ามาพบกันจนเกิดเป็นแนวปะทะขึ้น เรียกว่า เขตแนวปะทะขั้วโลก (Polar front zone) บริเวณดังกล่าวนี้จะมีมวลอากาศร้อนจากเขตทรอปิกขึ้นไปทางเขตขั้วโลก และมวลอากาศจากเขตขั้วโลกก็จะพัดลงไปทางเขตศูนย์สูตร จนทำให้มวลอากาศทั้งสองนี้ปะทะกัน และกลายเป็นโซนที่มีอากาศเกิดความแตกต่างกันมาก ในที่สุดก็กลายเป็นพายุหมุนขึ้น อิทธิพลของมวลอากาศจากเขตทรอปิกและเขตขั้วโลกจึงมีผลสำคัญต่อภาวะภูมิอากาศกลุ่มที่ 2

ภูมิอากาศกลุ่มที่ 3 ได้แก่ ภูมิอากาศซึ่งถูกควบคุมโดยมวลอากาศเขตขั้วโลกและเขตอาร์กติก (รวมเขตแอนอาร์กติกด้วย) มวลอากาศภาคพื้นทวีปเขตขั้วโลกทั้งสอง คือ บริเวณทางเหนือของแคนาดากับบริเวณไซบีเรีย ก็ขึ้นอยู่กับภูมิอากาศกลุ่มที่ 3 นี้ แต่ในเขตซีกโลกใต้ไม่มีที่กว้างพอที่จะทำให้เกิดมวลอากาศภาคพื้นทวีปได้ ในบริเวณเส้นขนานที่ 60 ถึงเส้นขนานที่ 70 มวลอากาศจากเขตอาร์กติก จะพัดมาปะทะมวลอากาศภาคพื้นทวีปเขตขั้วโลกตามแนวปะทะเขตอาร์กติก (Arctic front zone) และกลายเป็นพายุหมุนต่าง ๆ ที่พัดไปทางตะวันออก

ตามระบบการจำแนกประเภทภูมิอากาศของเคิปเปน เมื่อนำมารวมกันเข้าเป็นชนิดต่าง ๆ แล้วสามารถจะจำแนกภูมิอากาศแบบต่าง ๆ ออกได้ 14 ชนิดใหญ่ ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 ภูมิอากาศในเขตละติจูดต่ำ (ถูกควบคุมโดยมวลอากาศเขตศูนย์สูตร และมวลอากาศเขตทรอปิก)

ชื่อภูมิอากาศ	สัญลักษณ์ตามแบบเคิปเปน	แหล่งกำเนิดของมวลอากาศ แนวปะทะ ลักษณะอากาศทั่วไป
1. ภูมิอากาศชื้นเขตศูนย์สูตรอยู่ระหว่าง10 องศาเหนือ ถึง 10 องศาใต้ (เอเชีย 10 องศา—20 องศาเหนือ)	Af ภูมิอากาศป่าร้อนชื้นและ Am ภูมิอากาศร้อนชื้นเขตลมมรสุม	ภูมิอากาศเขตศูนย์สูตร อยู่ภายใต้อิทธิพลของมวลอากาศร้อนชื้นภาคพื้นสมุทร (mT) และมวลอากาศเขตศูนย์สูตร(mE) ฝนตกหนัก เขตนี้ส่วนมากเกิดจากพายุลอยตัวขึ้นเบื้องบน เขตนี้จะมีอุณหภูมิสม่ำเสมอตลอดปี
2. ภูมิอากาศเขตลมสินค้าอยู่ระหว่างละติจูด 10 องศา—25 องศา ทั้งเหนือและใต้ศูนย์สูตร	Af, Am ภูมิอากาศที่มีลักษณะรวมกัน	ภูมิอากาศเขตนี้ลมสินค้าจะพัดเอามวลอากาศร้อนภาคพื้นสมุทรจากเขตชื้นด้านตะวันตกของมหาสมุทรเข้าสู่ชายฝั่ง ทำให้เกิดฝนตกหนักเป็นแนวแคบ ๆ ตามชายฝั่งด้านตะวันออก เขตนี้มีอุณหภูมิสูงอยู่เสมอและมีฝนตกแต่ละฤดูแตกต่างกัน
3. ภูมิอากาศทะเลทรายและทุ่งหญ้าสเตปป์เขตร้อน	BWh ภูมิอากาศทะเลทรายร้อนและ BSh ภูมิอากาศทุ่งหญ้าสเตปป์เขตร้อน	บริเวณนี้เป็นแหล่งกำเนิดของมวลอากาศภาคพื้นทวีปเขตร้อน (cTs) เป็นแหล่งของความกดสูง เป็นเขตอากาศแห้งแล้งถึงกึ่งแห้งแล้ง ฤดูร้อนอากาศร้อนจัด มีพิสัยอุณหภูมิประจำปีปานกลาง
4. ภูมิอากาศทะเลทรายชายฝั่งด้านตะวันตกอยู่ระหว่างละติจูด15 องศา — 30 องศาทั้งเหนือและใต้ศูนย์สูตร	BWk ภูมิอากาศทะเลทราย อุณหภูมิค่อนข้างเย็น BWh ภูมิอากาศทะเลทราย อุณหภูมิค่อนข้างร้อน (ภูมิอากาศชนิดนี้เมื่อก่อนเป็น BWn, n หมายถึงมีหมอกเสมอ)	ทางชายฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรเป็นแหล่งกำเนิดของหย่อมความกดสูง มวลอากาศแถบนี้เป็นมวลอากาศที่แห้งมาก แต่ค่อนข้างเย็น ตามบริเวณชายฝั่งจะมีหมอกมาก พิสัยอุณหภูมิประจำปีต่างกันน้อย
5. ภูมิอากาศชื้นแห้งแล้งเขตทรอปีกอยู่ระหว่าง	AW ภูมิอากาศฝนตกชุกเขตทรอปีก หรือภูมิอากาศสะวันนา	เขตนี้มีมวลอากาศชื้น mT หรือ mE จะพัดเข้ามาเป็นฤดูกาลสลับกับมวล

ชื่อภูมิอากาศ	สัญลักษณ์ตามแบบเคิปเปน		แหล่งกำเนิดของมวลอากาศ แนวปะทะ ลักษณะอากาศทั่วไป
ละติจูด 5 องศา—25 องศาเหนือและใต้ศูนย์สูตร	Cwa	และ ภูมิอากาศฝนตกชุกเขตอบอุ่น ภูมิอากาศชื้น อุณหภูมิปานกลาง หน้าหนาวแห้งแล้ง หน้าร้อนชุ่มชื้น	อากาศชื้นขณะที่ดวงอาทิตย์เดินอยู่สูงและแห้งแล้ง ขณะที่ดวงอาทิตย์เดินต่ำ
กลุ่มที่ 2 ภูมิอากาศเขตละติจูดกลาง (ถูกควบคุมโดยมวลอากาศเขตทรอปิกและมวลอากาศเขตขั้วโลก)			
6. ภูมิอากาศชื้นกึ่งโซนร้อนอยู่ระหว่างละติจูด 20 องศา—35 องศาเหนือและใต้ศูนย์สูตร	Cfa	ภูมิอากาศอบอุ่น ฝนชุก (ภูมิอากาศชื้น อุณหภูมิปานกลาง) หน้าร้อนค่อนข้างร้อน	บริเวณกึ่งโซนร้อนแคบ ๆ ตามชายฝั่ง ความชื้นส่วนใหญ่จะได้รับอิทธิพลจากมวลอากาศชื้นภาคพื้นสมุทร (mT) ที่พัดจากบริเวณด้านตะวันตกของหย่อมความกดสูงในมหาสมุทรในระยะที่ดวงอาทิตย์เดินอยู่สูงเป็นระยะที่มีฝนตกชุก และอุณหภูมิสูงในหน้าหนาวอากาศจะเย็นลงและมีมวลอากาศภาคพื้นทวีปเขตขั้วโลก (cP) พัดเข้ามาแทนที่ มวลอากาศนี้มักทำให้เกิดพายุขึ้นด้วย
7. ภูมิอากาศแบบชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกอยู่ระหว่างละติจูด 40 องศา—60 องศาทั้งเหนือและใต้ศูนย์สูตร	Cfb Cfc	ภูมิอากาศอบอุ่น ฝนชุก (อากาศชื้น อุณหภูมิปานกลาง) หน้าร้อนค่อนข้างร้อน ภูมิอากาศอบอุ่น ฝนชุก (อากาศชื้น อุณหภูมิปานกลาง) แต่หน้าร้อนอากาศเย็น ฤดูร้อนสั้น	บริเวณนี้ด้านหน้าลมเขตละติจูดกลางชายฝั่งด้านตะวันตกมักจะมีพายุพัดเข้าหาเสมอ พร้อมมวลอากาศเย็นชื้น ภาคพื้นสมุทรเขตขั้วโลก (mP) เมื่อมวลอากาศดังกล่าวนี้พัดเข้ามามักจะเกิดเมฆมากและมีฝนตกทั่วไป แต่จะตกหนักในฤดูหนาว อุณหภูมิเฉลี่ยประจำปีสูงสุดและต่ำสุดต่างกันน้อย
8. ภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียน พบอยู่ระหว่างละติจูด 30	Csa	ภูมิอากาศแบบอบอุ่นมีฝนตก (อากาศชื้น อุณหภูมิปานกลาง) หน้าร้อนอากาศ	ภูมิอากาศชนิดนี้หน้าร้อนแห้งแล้ง หน้าหนาวชุ่มชื้น ทั้งนี้เนื่องจากภาวะการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ

ชื่อภูมิอากาศ	สัญลักษณ์ตามแบบเคิปเปน		แหล่งกำเนิดของมวลอากาศ แนวปะทะ ลักษณะอากาศทั่วไป
องศา–45 องศาเหนือและใต้		ร้อนและแห้งแล้ง	แบบชายฝั่งตะวันตก ในฤดูหนาว มวลอากาศ mP มีอิทธิพลกว้างขวางทำให้เกิดพายุหมุนขึ้นบริเวณภูมิอากาศแบบนี้ ส่วนฤดูร้อนมวลอากาศ mTs พัดเข้ามา แต่อากาศแห้งแล้งมาก อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย
	Csb	ภูมิอากาศแบบอบอุ่น มีฝนตกเช่นเดียวกัน หน้าร้อนค่อนข้างร้อนและแห้งแล้ง	
9. ภูมิอากาศแบบทะเลทราย และทุ่งหญ้าสเตปป์ เขตละติจูดกลาง อยู่ระหว่างละติจูด 35 องศา – 50 องศาเหนือและใต้	BWk	ภูมิอากาศแบบทะเลทรายเป็นอากาศเย็น (Cool)	บริเวณทะเลทราย และทุ่งหญ้าสเตปป์ บริเวณภายในทวีปถูกบีดกั้นจากภูเขาไม่ให้ลมทะเลพัดเข้าไปถึง มวลอากาศที่พัดเข้าสู่บริเวณนี้ ได้แก่มวลอากาศ cT ซึ่งพัดเข้ามาในหน้าร้อน ส่วนหน้าหนาวจะมีมวลอากาศเย็นจากขั้วโลก (cP) พัดเข้ามาบริเวณนี้ จึงมีอุณหภูมิประจำปีต่างกันมาก คือ หน้าร้อนอากาศร้อนจัด หน้าหนาวอากาศหนาวจัด
	BWk	ภูมิอากาศแบบทะเลทรายแต่เป็นอากาศหนาว	
	BSk	ภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสเตปป์ เป็นอากาศเย็น	
	BSk	ภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสเตปป์แต่เป็นอากาศหนาว	
10. ภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป พบอยู่ระหว่างละติจูด 35 องศา–60 องศาเหนือ	Dfa	ภูมิอากาศหนาวเย็นเขตป่าไม้ และมีหิมะตก (อากาศชื้น อุณหภูมิต่ำ) เป็นภูมิอากาศที่มีความชื้นตลอดปี หน้าร้อนอากาศร้อน	พบอยู่ในบริเวณตอนกลางและภาคตะวันออกของทวีปในเขตละติจูดกลาง ภูมิอากาศชนิดนี้พบอยู่ในเขตแนวปะทะทางขั้วโลก อุณหภูมิในฤดูหนาวกับฤดูร้อนต่างกันมาก มีฝนตกตลอดปี หน้าร้อนจะมีฝนตกมากขึ้น โดยเฉพาะในระยะที่มวลอากาศ mT พัดเข้าสู่บริเวณนี้ ขณะที่มีอากาศเย็นจัดนั้นเป็นเพราะอิทธิพลของมวลอากาศ cP พัดเข้ามา
	Dfb	ภูมิอากาศชื้น อุณหภูมิต่ำแต่หน้าร้อนค่อนข้างร้อน	
	Dwa	ภูมิอากาศหนาว มีหิมะตกเขตป่าไม้ แต่หน้าร้อนอากาศร้อน หน้าหนาวอากาศแห้งแล้ง	
	Dwb	ภูมิอากาศหนาว มีหิมะตก	

ชื่อภูมิอากาศ	สัญลักษณ์ตามแบบเคิปเปน		แหล่งกำเนิดของมวลอากาศ แนวปะทะ ลักษณะอากาศทั่วไป
		เขตป่าไม้ หน้าร้อนอากาศค่อนข้างร้อน หน้าหนาวอากาศหนาวจัด	
11. ภูมิอากาศแบบภาคพื้นทวีปเขตกึ่งอาร์กติก พบอยู่ระหว่างละติจูด 50 องศา–70 องศาเหนือ	Dfc	ภูมิอากาศหนาวเย็นเขตป่าไม้ มีหิมะตก อากาศชื้น อุณหภูมิต่ำ มีความชื้นตลอดปี หน้าร้อนอากาศเย็น	ภูมิอากาศชนิดนี้พบอยู่ในเขตอิทธิพลของมวลอากาศภาคพื้นทวีปเขตขั้วโลก (cP) ซึ่งหน้าหนาวมีสภาพทรงตัวถาวรและหนาวจัดมาก หน้าร้อนสั้นและเย็น อุณหภูมิประจำปีต่างกันมาก พายุไซโคลนจะพัดพาเอามวลอากาศชื้นขั้วโลกนำฝนมาตกด้วย แต่ก็มีปริมาณน้อยและมีการระเหยต่ำ อากาศจึงชื้นอยู่เสมอ
	Dfd	ภูมิอากาศชื้น อุณหภูมิต่ำ มีหิมะตก แต่หน้าหนาวอากาศเย็นจัด	
	Dwc	ภูมิอากาศหนาวเย็น มีหิมะตกเขตป่าไม้ อากาศชื้น อุณหภูมิต่ำ หน้าหนาวแห้งแล้ง หน้าร้อนอากาศเย็น	
	Dwd	ภูมิอากาศชื้น อุณหภูมิต่ำ หน้าหนาวอากาศหนาวจัด	
12. ภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรเขตกึ่งอาร์กติก อยู่ระหว่างละติจูด 50 องศา–60 องศาเหนือ และ 45 องศา–60 องศาใต้	ET	ภูมิอากาศแบบทุนดราเขตขั้วโลก	พบอยู่ในเขตอาร์กติกบริเวณแนวปะทะในฤดูหนาว เป็นเขตที่ลมชื้นจากทะเลเขตขั้วโลกพัดเข้ามาปะทะ จึงมีฝนตกค่อนข้างชุก อุณหภูมิประจำปีต่างกันน้อย
13. ภูมิอากาศแบบทุนดราทางเหนือเส้นละติจูด 55 องศาเหนือ และใต้ละติจูด 50 องศาใต้	ET	ภูมิอากาศทุนดราเขตขั้วโลก	บริเวณชายฝั่งทะเลเขตอาร์กติกเป็นแนวยาวไปตามชายฝั่ง เป็นบริเวณแนวปะทะของมวลอากาศ mP, cP กับมวลอากาศจากเขตอาร์กติก ภูมิอากาศเขตนี้จึงเป็นมวลอากาศชื้นและหนาวจัดมาก ภูมิอากาศชนิดนี้ไม่มีฤดูร้อนเลย
14. ภูมิอากาศที่มีหิมะปก	EF	ภูมิอากาศขั้วโลกซึ่งมีน้ำ	ภูมิอากาศชนิดนี้จะอยู่ในเขตมวล

ชื่อภูมิอากาศ	สัญลักษณ์ตามแบบเคิปเปน	แหล่งกำเนิดของมวลอากาศ แนวปะทะ ลักษณะอากาศทั่วไป
คลุมตลอดปี (พบอยู่ในเกาะกรันกาลนท์และเขตแอนตาร์กติก)	แข็งปกคลุมตลอดปี	อากาศเขตอาร์กติก (A) และมวลอากาศเขตแอนตาร์กติก (AA) ภูมิอากาศชนิดนี้จะไม่มีอากาศชนิดไหนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็ง บริเวณพื้นที่สูงมากกว่าภูมิอากาศจะเป็นแบบนี้ด้วย
ภูมิอากาศบริเวณที่สูง		ภูมิอากาศเย็นและหนาวชื้น พบอยู่บริเวณภูเขาสูง ๆ ของโลกทั่ว ๆ ไป มีแบ่งประเภทไว้

8.4 แบบของภูมิอากาศ

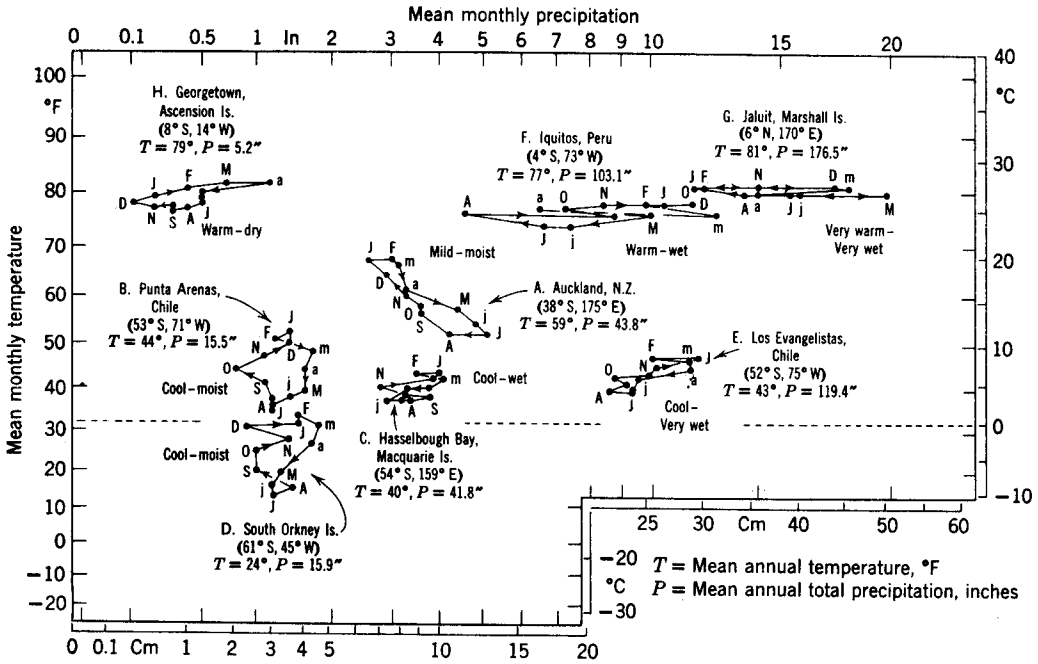
จากระบบการจำแนกประเภทของภูมิอากาศ ตามนัยที่นำเอาอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและปริมาณน้ำฝนตกเฉลี่ยรายเดือนมาเป็นองค์ประกอบ ทำให้การจำแนกภูมิอากาศออกได้เป็น 7 แบบใหญ่ ๆ การจำแนกภูมิอากาศออกเป็น 7 แบบใหญ่ ๆ เช่นนี้ ช่วยให้เราเข้าใจลักษณะของดินและพืชพรรณต่าง ๆ ดีขึ้น เพราะลักษณะภูมิอากาศแต่ละชนิดจะมีผลต่อลักษณะของดินและพืชพรรณบริเวณนั้นเป็นอย่างมาก

การจำแนกภูมิอากาศ โดยถือเอาลักษณะการกระจายของอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของบริเวณนั้นๆ ซึ่งแสดงได้โดยตารางเทอร์โมไฮต์ (Thermohyet diagram) หรือกราฟภูมิอากาศ (Climographs) ตารางดังกล่าวนี้เป็นตารางที่นำอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือนทั้งปีมาพลอตกับปริมาณฝนตกเฉลี่ยของแต่ละเดือนทุกเดือน จากตารางดังกล่าวจะทำให้เราเห็นสภาพการกระจายของตารางเทอร์โมไฮต์

1. ภูมิอากาศบริเวณละติจูดกลาง

ความเป็นจริงประการหนึ่งเกี่ยวกับภูมิอากาศ ได้แก่ลักษณะเท่ากัน (Equability) และลักษณะไม่เท่ากัน (Inequability) ของภูมิอากาศเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีลักษณะเท่ากัน (Equable climate) มักจะมีความแตกต่างในเรื่องอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน หรือปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนต่างกันน้อย คือ ภูมิอากาศที่ไดอะแกรมเทอร์โมไฮต์มีพื้นที่ผิวว่างน้อย เช่น เทอร์โมไฮต์ในรูปที่ 8.3

เนื่องจากอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนเป็นองค์ประกอบสำคัญของภูมิอากาศ ภูมิอากาศที่มีลักษณะเท่ากัน (Equability) อาจหมายถึงความเท่ากัน



รูปที่ 8.3 ตัวอย่างรูปแบบภูมิอากาศที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันตามที่ต่าง ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นได้ด้วยเส้นเทอร์โมไฮต์

(1) ทั้งอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน

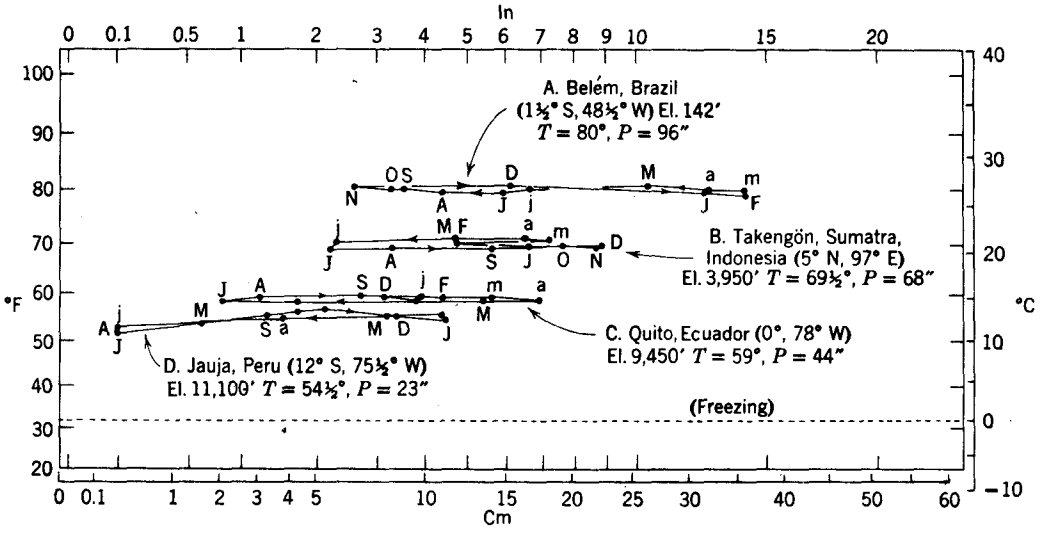
(2) เฉพาะแต่เรื่องของอุณหภูมิอย่างเดียว หรือ

(3) หมายถึงเฉพาะแต่ปริมาณน้ำฝนอย่างเดียว

ในกรณีแรกทั้งอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนต่างกันน้อย ซึ่งมักจะพบอยู่ในบริเวณชายฝั่งที่มีลมพัดปะทะเขตละติจูดกลาง เช่น บริเวณเมือง Auckland, Punta Arenas, Hasselbough Bay, South Orkneys และ Los Evangelistas ซึ่งอยู่ในเขตลมประจำตะวันตกและมีความชื้นอยู่เสมอ ได้ชื่อเรียกว่าเป็นภูมิอากาศแบบเท่ากันหรือคล้ายคลึงกันกับเขตละติจูดกลาง เป็นภูมิอากาศที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยแตกต่างกันน้อย อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละปีมีน้อย มีฝนตกเฉลี่ยหรือมีความชื้นตลอดปีใกล้เคียงกัน

2. ภูมิอากาศแบบศูนย์สูตร

ภูมิอากาศแบบศูนย์สูตร มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงอยู่เสมอ และมีฝนตกเป็นประจำทุกเดือน อุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละเดือนต่างกันน้อย ฝนตกเฉลี่ยแต่ละเดือนค่อนข้างสูง จนทำให้เส้นเทอร์โมไฮต์เกือบเป็นเส้นตรง ฝนตกเฉลี่ยทั้งปีก็สูงอยู่เสมอ บริเวณที่อยู่ในที่สูง ๆ อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน

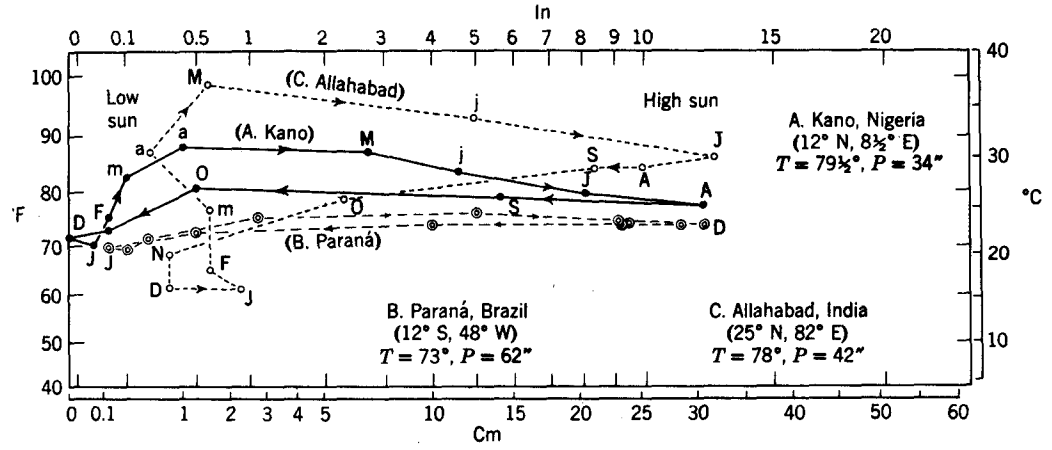


รูปที่ 8.4 ตัวอย่างรูปแบบภูมิอากาศชุ่มชื้น เขตศูนย์สูตรตามที่ต่าง ๆ

และเฉลี่ยทั้งปีอาจจะแตกต่างออกไปบ้าง ส่วนปริมาณน้ำฝนจะแตกต่างกันไปเป็นแห่ง ๆ

3. ภูมิอากาศแบบแห้งแล้ง–ชุ่มชื้นเขตทรอปิก

ภูมิอากาศแบบแห้งแล้ง–ชุ่มชื้นเขตทรอปิกมีลักษณะแตกต่างเฉพาะออกไป คือ จะมีฝนตกชุกในระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่ในระดับสูง และจะมีฝนตกน้อยลงเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในระดับต่ำลง เป็นระยะเวลาที่อุณหภูมิลดต่ำลงด้วย เส้นเทอร์โมไฮต์ของภูมิอากาศแบบนี้ที่เมืองปารานา (Parana) ในประเทศบราซิลมีแนวโน้มที่เท่ากัน แต่ถ้าเปรียบเทียบระหว่างระยะที่แห้งแล้งกับชุ่มชื้นแล้ว ต่างกัน



รูปที่ 8.5 แผนภูมิลักษณะอากาศแบบร้อนแห้งแล้ง–ชุ่มชื้น ตามสถานีตรวจอากาศ

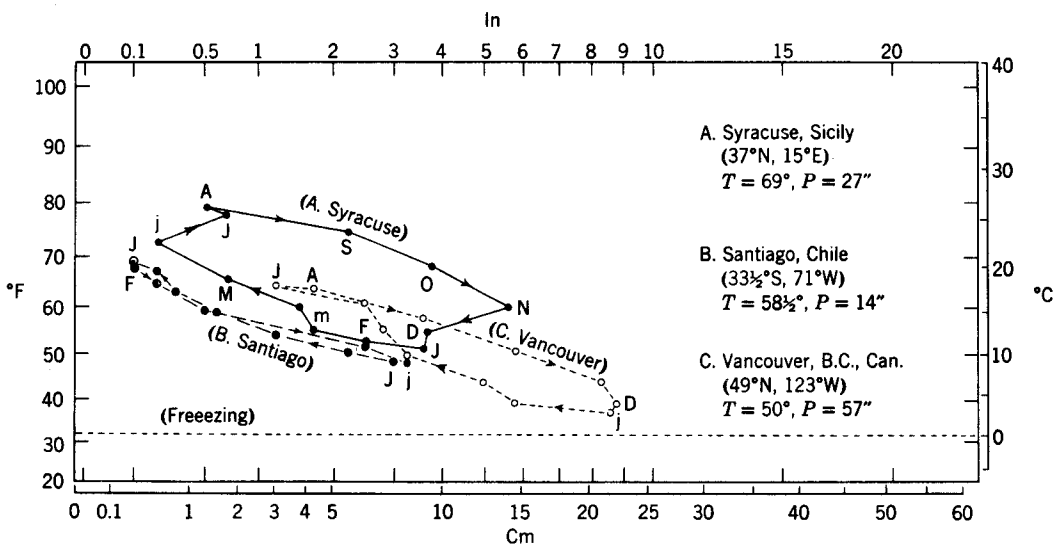
มากที่เมืองคาโน (Kano) ในประเทศไนจีเรีย ซึ่งอยู่ในบริเวณภูมิอากาศแห้งแล้ง–ชุ่มชื้นอีกแห่งหนึ่ง ก็ปรากฏว่าปริมาณฝนตกระหว่างดวงอาทิตย์อยู่สูงกับดวงอาทิตย์อยู่ต่ำแตกต่างกันมาก คือ จะมีฝนตกชุกในระหว่างที่ดวงอาทิตย์ส่องแสงตรงในหน้าร้อน

โดยทั่วไปแล้วภูมิอากาศบริเวณแห้งแล้งชุ่มชื้นเขตทรอปิก จะมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในราวเดือนเมษายน และพฤษภาคม (ซีกโลกเหนือ) หลังเดือนพฤษภาคมไปแล้วอุณหภูมิจะลดน้อยลง เพราะเริ่มมีเมฆปกคลุมท้องฟ้ามากขึ้น และเริ่มมีฝนตกชุกเรื่อย ๆ บริเวณเขตทรอปิกโดยทั่วไปจึงแบ่งออกได้ 3 ฤดู คือ ระยะที่มีอากาศเย็น–แห้งแล้ง ระยะที่ร้อน–แห้งแล้ง และระยะที่ร้อน–ชุ่มชื้น

4. ภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียน

ภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียน บางทีเรียกว่าภูมิอากาศแบบแห้งแล้งในฤดูร้อนเขตกึ่งทรอปิก (Dry–Summer subtropical regime) เป็นภูมิอากาศที่ค่อนข้างแห้งแล้งในฤดูร้อน ฤดูหนาวชุ่มชื้นและอบอุ่น ภูมิอากาศชนิดนี้แม้จะมีฝนตกแตกต่างกันระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาวก็ตาม แต่ไม่แตกต่างกันมากเหมือนภูมิอากาศแบบแห้งแล้ง–ชุ่มชื้นเขตทรอปิก ภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียนจะมีฝนตกมากขึ้นเมื่อดวงอาทิตย์เดินต่ำลง อุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือนของภูมิอากาศชนิดนี้ต่างกันน้อยมาก เพราะส่วนใหญ่อยู่ในเขตลมประจำตะวันตก

เส้นเทอร์โมไฮต์ของภูมิอากาศชนิดนี้ทั้งที่เมืองแซนติอาโก้ในประเทศชิลี ซึ่งเย็นกว่าและแห้งแล้งกว่าที่เมืองซีราคัส (Siracuse) ในเกาะซิซิลี ซึ่งร้อนกว่าและชุ่มชื้นกว่า ปรากฏว่า เส้นเทอร์โมไฮต์ทั้งสองมีลักษณะคล้ายคลึงกับวงรีทั้งสองแห่ง แม้แต่ที่เมืองแวนคูเวอร์ (Vancouver) ในแคนาดาก็มี



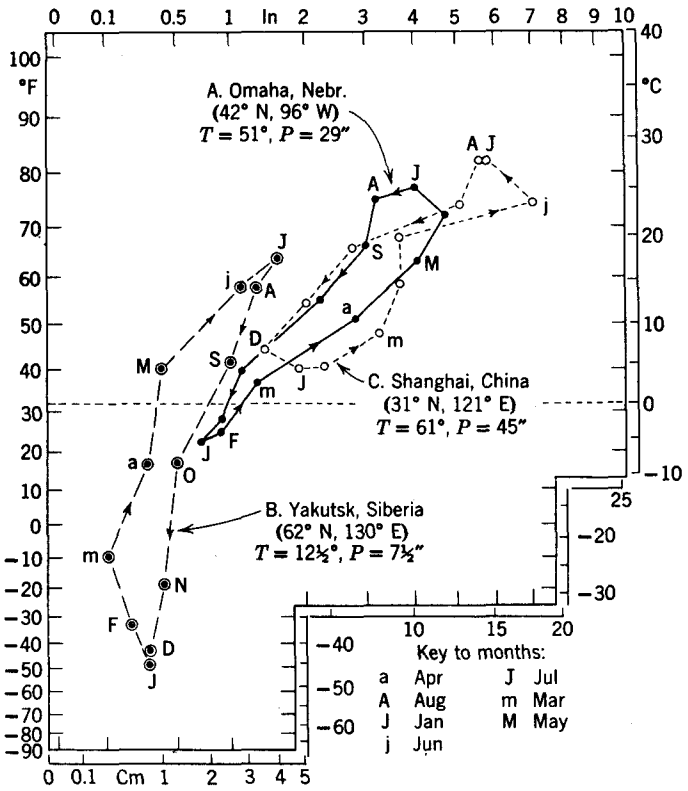
รูปที่ 8.6 แผนภูมิลักษณะอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียนตามสถานีตรวจอากาศในบริเวณต่าง ๆ

ลักษณะของเส้นเทอร์โมไฮต์คล้ายคลึงกัน ภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียนระหว่างฤดูร้อน และระยะที่ปลอดฝน นับเป็นอันตรายต่อพืชและสัตว์มาก แต่ฤดูหนาวเป็นระยะที่มีผลดีแก่พืชและสัตว์

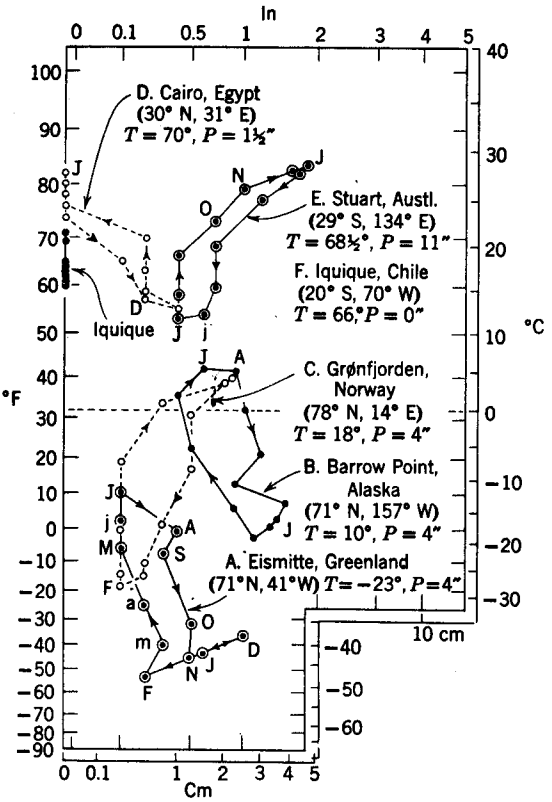
5. ภูมิอากาศแบบภาคพื้นทวีป

ภูมิอากาศแบบภาคพื้นทวีป เป็นภูมิอากาศที่มีอุณหภูมิประจำปีแตกต่างกันมาก และฤดูหนาวมักมีอากาศหนาวจัดและรุนแรง เส้นเทอร์โมไฮต์ของภูมิอากาศแบบนี้จะมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมเป็นแนวยาวทางด้านบนทางขวามือลงมาทางซ้ายมือ ภูมิอากาศแบบนี้จะมีฝนตกในฤดูร้อนมากกว่าในฤดูหนาว ฉะนั้นอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนของภูมิอากาศแบบนี้จึงต่างกันมากในฤดูร้อนกับฤดูหนาว

บริเวณที่อยู่ในเขตภูมิอากาศแบบนี้ และอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมตะวันออก มักจะมีฝนตกตลอดปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งอยู่ในระดับละติจูดสูง ๆ ขึ้นไป อุณหภูมิประจำปียิ่งต่างกันมากขึ้นเท่านั้น เช่น เส้นเทอร์โมไฮต์ที่เมืองยาคุตสก์ (Yakutsk) ในสหภาพโซเวียต เมืองโอมาฮา (Omaha) ในรัฐเนแบรสกา และเมืองเซี่ยงไฮ้ในประเทศจีน เมืองที่อยู่ในละติจูดสูง อุณหภูมิประจำปีจะแตกต่างกัน



รูปที่ 8.7 แผนภูมิแสดงลักษณะภูมิอากาศภาคพื้นทวีป



รูปที่ 8.8 แผนภูมิแสดงลักษณะภูมิอากาศแบบทะเลทราย
และภูมิอากาศขั้วโลกตามที่ต่าง ๆ

มากขึ้น ภูมิอากาศแบบนี้มีฝนตกคล้ายคลึงกับภูมิอากาศแบบชุ่มชื้น—แห้งแล้ง (Wet—day regime) คือ มีฝนตกมากที่สุดในระยะที่ดวงอาทิตย์อยู่สูง

6. ภูมิอากาศแบบขั้วโลก

ภูมิอากาศแบบขั้วโลก ได้แก่ ภูมิอากาศตั้งแต่บริเวณเส้นอาร์กติกและเส้นแอนตาร์กติกไปจนถึงขั้วโลกทั้งสอง ภูมิอากาศแบบนี้มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำตลอดปี ปีหนึ่ง ๆ จะมีอยู่ประมาณ 3—4 เดือน เท่านั้นที่อุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าจุดเยือกแข็ง ปริมาณฝนตกทั้งปีน้อย อุณหภูมิประจำปีต่างกันมาก คือ อยู่ระหว่าง 40 — 50 องศาฟาเรนไฮต์ (22 — 28 องศาเซลเซียส)

บริเวณที่อยู่ตอนใน ๆ ของเขตละติจูดสูง ๆ เช่น ตอนในของเกาะกรีนแลนด์และเขตแอนตาร์กติกาจะมีน้ำแข็งตลอดทั้งปี จากการบันทึกข้อมูลของภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศอีสมิทท์ (Eismitte) ซึ่งตั้งอยู่ในระดับความสูง 9,000 ฟุต (2,700 เมตร) ตอนในของเกาะกรีนแลนด์ ปรากฏว่า มีอยู่ 2 เดือน

เท่านั้นที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 0 องศาฟาเรนไฮต์ (–18 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิเฉลี่ย 4 เดือน เพียง – 40 องศาฟาเรนไฮต์ (– 40 องศาเซลเซียส) หรือต่ำกว่านี้ บริเวณดังกล่าวจึงไม่มีสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์อยู่เลย บริเวณที่มีน้ำแข็งปกคลุมอยู่ตลอดเวลาดังกล่าวจึงได้ชื่อว่า ทะเลทรายในเขตหนาว (Cold desert)

7. ภูมิอากาศแบบทะเลทราย

ภูมิอากาศแบบทะเลทราย รวมภูมิอากาศที่มีฝนตกน้อย และมีอุณหภูมิตั้งแต่อบอุ่นไปจนถึงร้อนจัด ภูมิอากาศแบบนี้ในบริเวณทะเลทรายต่าง ๆ ไม่เคยมีเมืองไหนเลยที่มีฝนตกเฉลี่ยมากกว่า 0.2 นิ้ว (0.5 เซนติเมตร) เดือนไหนที่มีฝนตกเฉลี่ยถึง 0.1 นิ้ว (0.25 เซนติเมตร) มักจะเป็นกรณีพิเศษ คือ มีพายุพัดพาเอาฝนเข้ามา ภูมิอากาศแบบทะเลทรายมักจะได้รับอิทธิพลของภูมิอากาศแบบอื่น ๆ ด้วย คือ ได้รับอิทธิพลจากภูมิอากาศแบบภาคพื้นทวีป อิทธิพลจากภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียน และภูมิอากาศแบบทะเลทรายเอง ภูมิอากาศแบบนี้มีผลกระทบกระเทือนต่อชีวิตสัตว์และพืชสำคัญเช่นเดียวกัน เพราะมีฝนตกแปรปรวนมาก นอกจากนี้ อากาศและดินแถบนี้ร้อนจัดอยู่เสมอ

8. ภูมิอากาศแบบประสม

ภูมิอากาศทั้ง 7 ชนิดดังกล่าวมาแล้วนั้น เป็นภูมิอากาศที่พบอยู่ตามบริเวณต่าง ๆ หรืออาจพูดได้ว่า เป็นภูมิอากาศของโลกที่จะจำแนกออกมาได้ 7 ชนิด ภูมิอากาศทั้ง 7 ชนิดนี้ แต่ละชนิดจะเกี่ยวข้องอยู่กับการส่องแสงของดวงอาทิตย์ ความแตกต่างระหว่างพื้นดินกับพื้นน้ำ อิทธิพลของลมประจำ อิทธิพลของมวลอากาศ อิทธิพลของแนวปะทะและพายุ บริเวณบางแห่งที่มีเนื้อที่กว้างขวางจะมีอากาศแบบต่าง ๆ ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป ด้วยเหตุนี้เราจึงจำแนกภูมิอากาศออกไปได้ถึง 14 ชนิด แทนที่จะเป็น 7 ชนิดดังกล่าวแล้ว

ในบริเวณไหนที่มีลักษณะภูมิอากาศตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป หรือมากกว่านั้น เวลาเรียกชื่อก็มักจะเรียกรวม ๆ กันไป เช่น ที่เมืองไคโร ประเทศอียิปต์ มีลักษณะภูมิอากาศแบบทะเลทรายคล้ายไปทางเมดิเตอร์เรเนียน หรือที่เมืองอัลลาฮาบัด ประเทศอินเดีย มีลักษณะภูมิอากาศแบบแล้ง–ชุ่มชื้น คล้ายไปทางภูมิอากาศแบบภาคพื้นทวีป หรือที่เมืองยาคุตสก์ (Yakutsk) ในไซบีเรีย มีลักษณะภูมิอากาศแบบภาคพื้นทวีป คล้ายไปทางภูมิอากาศแบบขั้วโลก

ภูมิอากาศแบบประสมดังกล่าวนี้ นับว่ามีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชพรรณและดินอยู่มาก ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในบทที่ 16 ต่อไป

คำถามท้ายบทที่ 8

1. จงอธิบายถึงความสำคัญของภูมิอากาศที่มีอิทธิพลต่อดิน พืชพรรณธรรมชาติ สภาพทางการเกษตร สุขภาพอนามัย ความนึกคิด และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีต่อชีวิตมนุษย์

2. ปัจจัยยุ่งยากในการจำแนกภูมิอากาศออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้แก่อะไร? และความผิดพลาดในการทำแผนที่ภูมิอากาศมีทางไหนบ้าง

3. จงอธิบายว่าอุณหภูมิสามารถใช้เป็นปัจจัยพื้นฐานในการจำแนกภูมิอากาศประเภทต่าง ๆ ได้อย่างไร เพราะเหตุไรเราจึงไม่สามารถใช้อุณหภูมิอย่างเดียวในการจำแนกประเภทของภูมิอากาศได้

4. เราสามารถใช้ปริมาณฝนตกเฉลี่ยประจำปีเป็นพื้นฐานในการจัดจำแนกภูมิอากาศประเภทต่างๆ ได้อย่างไร ? เพราะเหตุใดการระเหยของน้ำจึงใช้เป็นปัจจัยในการจำแนกประเภทของภูมิอากาศได้ในขีดจำกัด

5. เพราะเหตุใดการกระจายของพืชพรรณธรรมชาติชนิดต่าง ๆ จึงขึ้นอยู่กับภูมิอากาศแบบต่าง ๆ

6. จงอธิบายหลักการสำคัญเกี่ยวกับการจำแนกภูมิอากาศตามระบบของเคิปเปน ภูมิอากาศที่สำคัญ 5 ชนิดตามระบบของเคิปเปนมีอะไรบ้าง ตัวอักษรที่ใช้ในการจำแนกภูมิอากาศอีก 11 ตัวมีอะไรบ้าง จงบอกให้หมดพร้อมทั้งคำอธิบาย

7. ตามระบบการจำแนกภูมิอากาศของเคิปเปน ตัวอักษรต่อไปนี้มีความหมายอย่างไรบ้าง a, b, c, d, h, k

8. จงอธิบายว่าเพราะเหตุใดระบบการจำแนกภูมิอากาศประเภทต่าง ๆ จึงต้องอาศัยแหล่งกำเนิดของมวลอากาศ การพัดของมวลอากาศ และแนวปะทะ การจำแนกวิทยาศาสตร์ธรรมชาติออกเป็นประเภทต่าง ๆ มีประโยชน์ต่อการจำแนกสิ่งต่าง ๆ อย่างไรบ้าง

9. ภูมิอากาศบนพื้นโลก เราสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ตามพื้นของมวลอากาศได้อย่างไร ?

10. ภูมิอากาศแบบประสม 5 ชนิดที่ถูกควบคุมโดยมวลอากาศเขตศูนย์สูตรมีอะไรบ้าง และภูมิอากาศทั้ง 5 ชนิดดังกล่าวนี้ สัมพันธ์กับระบบการจำแนกเขตความกดดัน และลมประจำอย่างไรบ้าง ภูมิอากาศทั้ง 5 ชนิดนี้ตรงกับภูมิอากาศของเคิปเปนอย่างไร ?

11. ภูมิอากาศ 5 ชนิดที่ถูกควบคุมโดยมวลอากาศเขตทรอปิกและเขตขั้วโลกมีอะไรบ้าง จงอธิบายเพียงย่อ ๆ และตรงกับภูมิอากาศของเคิปเปนอย่างไร ?

12. ภูมิอากาศ 4 ชนิดที่ถูกควบคุมโดยมวลอากาศขั้วโลกและอาร์กติกมีอะไรบ้าง จงอธิบายว่า เพราะเหตุใดพื้นแผ่นดินทางซีกโลกเหนือและทุ่งน้ำแข็งจึงควบคุมภูมิอากาศเหล่านี้ แนวปะทะเขตขั้วโลกคืออะไร ? แนวปะทะดังกล่าวนี้ทางซีกโลกใต้มีหรือไม่ ภูมิอากาศทั้งสี่ชนิดนี้ตรงกับภูมิอากาศของเคิปเปนอย่างไร ?

13. จงอธิบายความหมายของคำว่า "Climatic regimes" เพราะเหตุใดการศึกษาลักษณะของภูมิอากาศแถบต่าง ๆ จึงมีความสำคัญในทางภูมิศาสตร์

14. จงบอกชื่อของภูมิอากาศแถบต่าง ๆ มา 6 ชนิด และบอกถึงลักษณะที่สำคัญตลอดทั้งแหล่งที่พบของแต่ละชนิดเหล่านี้

15. เส้นเทอร์โมไฮต์ (Thermohyet diagram) คืออะไร ? ข้อมูลที่ใช้ในการเขียนเส้นเทอร์โมไฮต์ได้แก่อะไรบ้าง

16. ภูมิอากาศแต่ละชนิดจะมีอิทธิพลต่อบริเวณต่าง ๆ มากกว่าหนึ่งได้หรือไม่ จงอธิบายพร้อมทั้งยกตัวอย่าง

บทที่ 9
น้ำในดินและความสมดุลของน้ำ
(Soil Water and The Water Balance)

ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับภูมิอากาศของนักภูมิศาสตร์ ที่ได้พิจารณากันอยู่ในปัจจุบันนี้ก็คือ การที่พืชและสัตว์สามารถนำเอาน้ำไปใช้เพื่อความเจริญเติบโต ซึ่งดูจะเป็นเรื่องสำคัญกว่าปัจจัยในอันที่จะจำแนกประเภทของภูมิอากาศโดยยึดถือเอาเรื่องน้ำและฝนที่ตกแต่ละปี น้ำส่วนมากที่ได้รับจากน้ำฝนมีการสูญเสียไปหลายทาง บางครั้งพืชและสัตว์ก็ไม่อาจจะนำเอาน้ำนั้นไปใช้ได้ เพราะเวลาที่มีฝนตกความชื้นที่ดินจะดูดซึมเอาไว้จะมีปริมาณน้อยกว่าความชื้นที่จะสูญเสียไป จนไม่มีความชื้นเหลืออยู่ในดินได้ จากการวิเคราะห์ความสมดุลของน้ำในดินในบริเวณแห่งหนึ่งพบว่า ความชื้นที่ดินดูดซึมเอาไว้นั้น ดินจะเก็บไว้ได้เพียงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น และยังพบอีกว่า การอุ้มน้ำของดินและการระเหยของน้ำจากดินก็มีผลสำคัญมาจากสภาพของดินด้วย

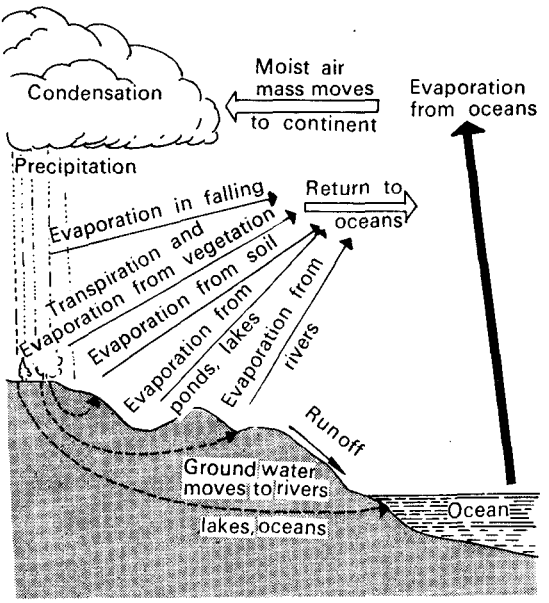
9.1 สภาพของน้ำผิวดินและน้ำใต้ผิวดิน

เราอาจจะจำแนกประเภทของน้ำออกได้ดังนี้ คือ น้ำที่พบอยู่บนผิวดิน (Surface water) และน้ำใต้ผิวดิน (Subsurface water) น้ำบนผิวดิน คือ น้ำที่พบอยู่ตามผิวดินทั่ว ๆ ไป ส่วนน้ำใต้ผิวดินนั้นคือน้ำที่เราพบเวลาที่เราขุดลงไปในดินจะพบอยู่ใต้ผิวดิน น้ำประเภทนี้ถ้าอยู่ลึกมาก ๆ ก็จะเป็นน้ำใต้ดินไปเลย น้ำใต้ผิวดินจะอยู่ลึกมากน้อยเพียงใดแล้วแต่สภาพของหินโครงสร้างชั้นล่าง

9.2 วัฏจักรของน้ำ

การหมุนเวียนและการเปลี่ยนสภาพของน้ำจากมหาสมุทร โดยการระเหยกลายเป็นไอไปสู่บรรยากาศ และกลายสภาพจากบรรยากาศกลับเป็นฝนตกลงมาสู่พื้นดิน จากนั้นน้ำไหลจากพื้นดินลงไปสู่มหาสมุทร การหมุนเวียนของน้ำเช่นนี้เรียกว่า วัฏจักรของน้ำ (Hydrologic cycle) (ดังรูป 9.1)

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า มหาสมุทรบนพื้นโลกมีเนื้อที่ถึง 3 ใน 4 ของพื้นที่ทั้งหมดของโลก ประมาณว่าปีหนึ่ง ๆ จะมีน้ำระเหยจากมหาสมุทรถึง 80,000 ลูกบาศก์ไมล์ (335,000ลูกบาศก์กิโลเมตร) ระเหยจากทะเลสาบและพื้นดินประมาณ 15,000 ลูกบาศก์ไมล์ (65,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร) รวมแล้วปีหนึ่งๆจะมีน้ำระเหยไปสู่บรรยากาศประมาณ 95,000 ลูกบาศก์ไมล์ (400,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร) ซึ่งปริมาณทั้งหมดนี้ควรจะมีปริมาณเท่ากันกับน้ำที่สะสมอยู่บนพื้นผิวโลก ซึ่งได้มาจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศ ปีหนึ่ง ๆ จะมีฝนตกลงมาสู่ดินประมาณ 24,000 ลูกบาศก์ไมล์ (100,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร) มีปริมาณมากพอที่จะปกคลุมพื้นที่เท่ากับรัฐเทกซัสหนาถึง 475 ฟุต (145 เมตร) เราจึง



รูปที่ 9.1 วัฏจักรของน้ำ

เห็นว่าปริมาณน้ำที่ตกลงมาสู่พื้นดินจะมีมากกว่าปริมาณที่ระเหยจากพื้นดินไปสู่บรรยากาศ ดังนั้น น้ำที่ตกลงมาสู่พื้นโลกจึงต้องไหลลงสู่มหาสมุทรต่อไป

ฝนที่ตกลงมาสู่พื้นดินก็คือ การกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศ บางครั้งขณะที่ฝนตกลงมาจะเกิดการระเหยกลายเป็นไอเลยก่อนจะตกลงถึงพื้นดินก็มี บางครั้งเวลาฝนตกลงมาถึงพื้นดิน พืชพรรณและพื้นดินจะดูดซึมน้ำเอาไว้ ต่อไปพืชและพื้นดินก็จะคายน้ำไปเป็นไอทันทีก็มี แต่ถ้ามีฝนตกหนัก ๆ และเป็นเวลานาน ทั้งพื้นดินและพืชก็จะดูดน้ำเอาไว้ เมื่อพืชดูดซึมน้ำมาใช้พืชนั้นจะระเหยน้ำนั้นออกสู่บรรยากาศอีกทีหนึ่ง น้ำในดินบางแห่งอาจจะระเหยปนอยู่ในอากาศซึ่งแทรกอยู่ในดินเลยก็ได้ บางครั้งถ้ามีฝนตกนาน ๆ ดินจะดูดซึมน้ำเอาไว้ แล้วไหลลงสู่ระดับน้ำใต้ดินจนกระทั่งถึงหินชั้นล่างหรือถึงระดับน้ำใต้ดินก็มี น้ำที่ดินดูดเอาไว้จะค่อย ๆ ไหลลงไปสู่ดินชั้นล่างอย่างช้า ๆ ในที่สุดก็จะไหลซึมลงสู่มหาสมุทรอีกต่อหนึ่ง

บางครั้งถ้ามีฝนตกหนักนาน ๆ จนดินไม่สามารถจะดูดซึมเอาน้ำไว้ได้ทั้งหมด ก็จะทำให้เกิดน้ำท่วมบ่าไหลลงสู่ทะเลหรือแม่น้ำลำคลอง ลักษณะดังกล่าวนี้น้ำอาจจะระเหยไปเป็นไอโดยตรงก็ได้ หรือจะไหลลงสู่มหาสมุทรก่อนแล้วจึงระเหยกลายเป็นไอทีหลังก็ได้

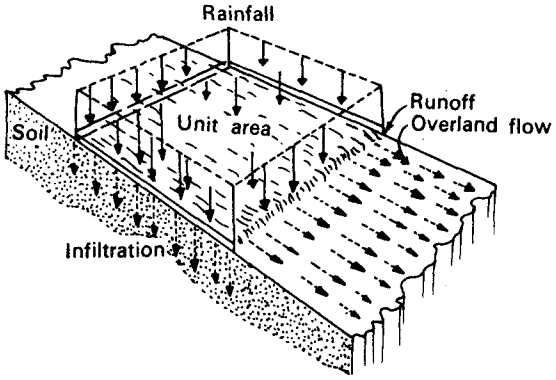
9.3 การระเหยของไอน้ำและการเก็บความร้อนของพื้นโลก

แต่ละปีโลกเราสามารถจะดูดซึมเอาพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ประมาณ 23 เปอร์-

เซ็นต์ของพลังงานความร้อนทั้งหมด ต่อมาพื้นผิวโลกจะสะท้อนพลังงานความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ออกไปในรูปของพลังงานคลื่นยาวถึง 14 เปอร์เซ็นต์ และเสียโดยการพาความร้อน 10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การระเหยของไอน้ำจะทำให้ความร้อนสูญเสียไปจากผิวโลกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการถ่ายเทความร้อนแฝงขณะที่มีการระเหยของไอน้ำ ซึ่งจะทำให้พลังงานความร้อนจากพื้นผิวโลกต้องสูญเสียไปเร็ว นับตั้งแต่เขตศูนย์สูตรขึ้นไปจนถึงบริเวณกึ่งโซนร้อน ในเขตดังกล่าวนี้เป็นบริเวณที่ได้รับแสงอาทิตย์มากและมีอัตราการระเหยของน้ำสูงกว่าอัตราเฉลี่ย แต่ก็ยังต่ำกว่าบริเวณมหาสมุทรในเขตทรอปิก ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณศูนย์สูตรได้รับไอน้ำมากและมีเมฆปกคลุมมาก ทำให้อัตราการระเหยลดลง ตรงกันข้ามในเขตทะเลทรายเขตร้อน ก็มักจะมีอัตราการระเหยน้อยเพราะดินแห้ง น้ำตามผิวดินเกือบไม่มีให้ระเหยไปได้เลย บริเวณตอนในของภาคพื้นทวีปเขตละติจูดกลางก็มีอัตราการระเหยน้อย เพราะมีระยะเวลายาวนานโดยเฉพาะในเขตอาร์กติกและแถบขั้วโลกยิ่งมีอัตราการระเหยต่ำเพราะอุณหภูมิของอากาศและบริเวณพื้นดินเย็นอยู่เสมอ

9.4 การดูดซึมน้ำและการไหลออกของน้ำ

บริเวณผิวดินส่วนมากที่ไม่มีสิ่งปกปิดเวลามีฝนตกเบา ๆ หรือตกหนักปานกลาง ดินสามารถจะดูดซึมซับเอาน้ำลงไปได้ ขบวนการดังกล่าวนี้เรียกว่า การดูดซึมน้ำ (Infiltration) ดินที่มีลักษณะในการดูดซึมน้ำได้มักจะมีรอยแตกระแหง อันเนื่องมาจากความแห้งแล้งของบริเวณนั้น หรือบางทีก็เกิดจากการชอนไชของแมลงในดิน หรือการผุพังทับถมของซากที่ผุพังต่าง ๆ ดินที่มีลักษณะดังกล่าวนี้ถ้ามีฝนตกลงมาหนัก ๆ จะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าพัดพาและชะเอาหน้าดินออกไป การดูดซึมน้ำของดินเราอาจวัดเป็นนิ้วหรือเซนติเมตรต่อชั่วโมงเหมือนกับการวัดปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาก็ได้ ทำนองเดียวกับการไหลบ่าของน้ำ เราก็สามารถจะวัดเป็นนิ้วหรือเป็นเซนติเมตรต่อชั่วโมงก็ได้

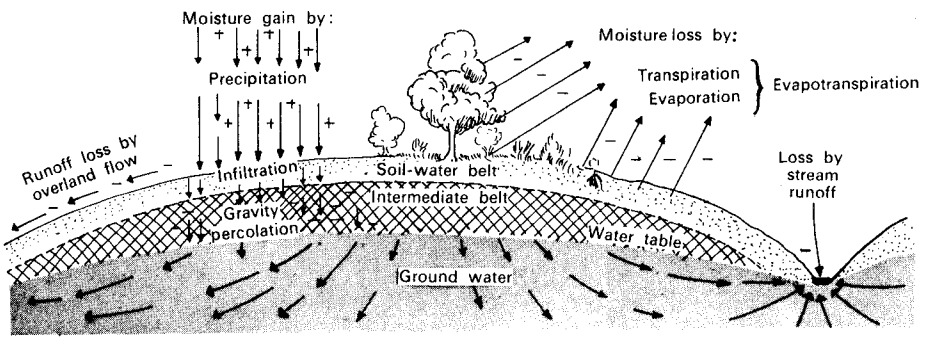


รูปที่ 9.2 สภาพฝนตก การไหลซึมของน้ำและการไหลบ่าของน้ำเหนือผิวดิน

การระเหยของน้ำจากพื้นดินและการระเหยของน้ำจากพืช

เวลามีฝนตกลงมาน้ำจะถูกดินดูดซึมเอาไว้ หลังจากนั้นน้ำก็ค่อย ๆ ระเหยออกไป การระเหยน้ำออกไปจากดินมีอยู่ 2 ทาง ทางที่หนึ่งน้ำจะระเหยออกไปสู่อากาศที่อยู่เหนือพื้นดิน หรือระเหยไปแทรกอยู่ตามช่องว่างของเม็ดดิน โดยปกตินำ้ในดินสามารถจะระเหยลงไปในดินได้ประมาณ 1 ฟุต แต่ถ้าเป็นบริเวณที่มีฤดูแล้งนาน ๆ น้ำอาจจะระเหยลงไปในดินได้ลึกกว่านี้ ทางที่สองน้ำจะถูกรากพืชดูดซึมเข้าไปในลำต้น จากลำต้นของพืชน้ำจะถูกถ่ายเทเข้าสู่กิ่งก้านและใบ จากนั้นน้ำก็จะถูกคายออกสู่บรรยากาศ ขบวนการคายน้ำของพืชทางใบดังกล่าวนี้เรียกว่า การระเหยน้ำของพืช (Transpiration)

ในทางวิชาภูมิอากาศและอุทกวิทยา เรียกขบวนการคายน้ำจากดินและพืชนี้ว่า การระเหยน้ำจากดินและพืช (Evapotranspiration) เป็นขบวนการที่พืชและดินต้องสูญเสียน้ำโดยการระเหยและการคายน้ำของใบไม้ อัตราการระเหยน้ำของต้นไม้จะลดอัตราช้าลงและมีปริมาณน้อยลง ถ้าอากาศมีความชื้นน้อยลง การระเหยน้ำดังกล่าวนี้มีอยู่ 2 แบบ คือ แบบแรกเป็นอัตราการระเหยในอัตราสูง เป็นการระเหยที่พืชสามารถใช้น้ำได้อย่างเต็มที่ และบริเวณช่องว่างในเม็ดดินสามารถให้น้ำแทรกตัวอยู่ได้มาก แบบที่สองเป็นการระเหยน้ำในอัตราที่ลดน้อยลง น้ำสามารถไปแทรกตัวอยู่ในดินได้น้อย



รูปที่ 9.3 แสดงถึงการได้รับน้ำของดินเวลามีฝนตก และการดูดซึมน้ำในดิน

จากรูปนี้แสดงให้เห็นถึงการระเหยน้ำจากต้นไม้ การระเหยน้ำจากพื้นดินและการดูดซึมน้ำของดินชั้นล่าง

9.5 ความชื้นในดิน

เมื่อมีการดูดซึมน้ำเกิดขึ้นระหว่างที่มีฝนตกหนัก น้ำที่ซึมลงไปจะแทรกอยู่ตามช่องว่างในเม็ดดิน เมื่อน้ำในเม็ดดินมีปริมาณมากขึ้น น้ำจะค่อย ๆ ไหลซึมลงไปข้างล่างจนถึงบริเวณที่มีหินรองรับอยู่ข้างล่าง ถ้าฝนไม่ตกเป็นเวลาหลายวันจนดินแห้ง น้ำจะสามารถไหลซึมลงไปในดินชั้นล่างได้อีก แต่น้ำบางส่วนจะเข้าไปแทรกติดอยู่ตามช่องว่างของเม็ดดินและกลายเป็นน้ำซับในเม็ดดินต่อไป ซึ่งเป็นน้ำที่รากพืชสามารถจะดูดซึมเอาไปใช้ได้ แต่ในกรณีที่ดินเปียกชุ่มไปด้วยน้ำและน้ำไม่สามารถจะไหล

ซึมลงในดินได้อีก เราเรียกระดับดินในบริเวณนั้นว่า ความสามารถอุ้มน้ำของดิน (Field capacity) ความสามารถอุ้มน้ำของดินจะคงสภาพอยู่ไม่นานนักถ้าสามารถให้น้ำไหลซึมลงไปได้อีก ความสามารถอุ้มน้ำของดินวัดเป็นหน่วยความลึก ปกติวัดเป็นนิ้วหรือเซนติเมตรเหมือนกับการวัดปริมาณน้ำฝน

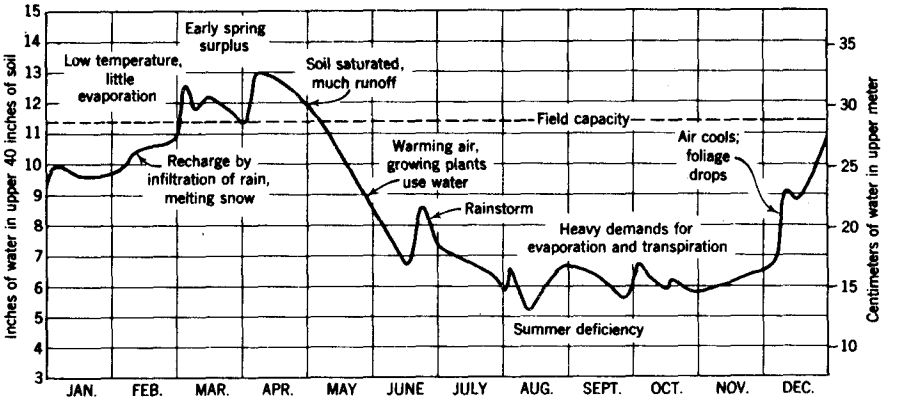
ความสามารถอุ้มน้ำของดินส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อดินของดินแต่ละชนิด เช่น ดินทรายมีความสามารถอุ้มน้ำต่ำ ส่วนดินเหนียวเป็นพวกที่มีความสามารถอุ้มน้ำค่อนข้างสูง ความสามารถอุ้มน้ำของดินจะแตกต่างไปตามสภาพของดิน ตั้งแต่ดินที่มีเม็ดทรายจนถึงดินที่มีเม็ดละเอียด ดินทรายจะมีการดูดซึมน้ำได้เร็วมาก ส่วนดินเหนียวจะมีการดูดซึมน้ำได้ช้า ดังนั้นเวลาฝนตกน้ำซึมลงไปในดินเหนียวได้ช้า

เกษตรกรที่ฉลาดจะมีการวัดความชื้นในดินด้วยเสมอ เพื่อเป็นการทดสอบดูความชื้นในดินว่ามีมากน้อยเพียงใด จุดที่ทำการทดสอบความชื้นในดินนี้เรียกว่า จุดพอดี (Wilting point) เป็นจุดที่พืชไม่สามารถจะดูดซึมเอาน้ำไปใช้ได้

9.6 วัฏจักรของน้ำในดิน

ปริมาณน้ำที่ดินได้รับแต่ละปี นอกจากจะมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชและการประกอบอาชีพของการเกษตรแล้ว ยังมีความสำคัญต่อสภาพของน้ำใต้ดิน น้ำท่า น้ำในแม่น้ำลำคลอง และน้ำในสภาพอื่น ๆ อีกมาก

จากการทดสอบเกี่ยวกับวัฏจักรของน้ำในดินของสถาบันโคโชคตัน (Coshocton) ในมลรัฐโอไฮโอ จากการทดลองนี้ (รูปที่ 9.4)



รูปที่ 9.4 วัฏจักรของความชื้นในดินประจำปี

ได้พิจารณาให้เห็นถึงสภาพของน้ำในดินตามบริเวณอากาศชื้นและอากาศในเขตละติจูดกลาง โดยเฉพาะบริเวณที่มีอุณหภูมิในหน้าร้อนกับหน้าหนาวแตกต่างกันมาก ๆ จากการทดสอบได้พิจารณา

ตั้งแต่ต้นฤดูใบไม้ผลิเดือนมีนาคมเป็นต้นไป ในระยะเวลาดังกล่าวนี้การระเหยของน้ำมีน้อย เพราะอุณหภูมิต่ำ ประกอบกับมีหิมะละลายและมีฝนตกจึงทำให้มีความชื้นและมีน้ำมากในระยะ 2 เดือนแรกของฤดูใบไม้ผลิ จะมีการไหลซึมของน้ำลงไปอยู่ในช่องว่างของเม็ดดินมาก และบริเวณบนผิวดินจะมีน้ำและโคลนเฉอะแฉะ บางแห่งก็มีน้ำท่วมไหลบ่าตามที่ต่าง ๆ เกิดเป็นน้ำหลากทั่วไป สภาพของน้ำเช่นนี้เรียกว่า น้ำบ่า (Water surplus)

พอถึงเดือนพฤษภาคมอากาศจะเริ่มมีอุณหภูมิสูงขึ้น การระเหยของน้ำเริ่มมีมากขึ้น พืชชนิดต่าง ๆ เริ่มมีการเจริญเติบโตมากขึ้น และมีการดูดซึมเอาน้ำไปใช้หล่อเลี้ยงลำต้นมากขึ้นด้วย สภาพดังกล่าวนี้ทำให้การระเหยของน้ำจากพืชมีมากขึ้น ทำนองเดียวกันความชื้นในดินก็ลดลงกว่าระดับโดยเฉพาะอย่างยิ่งตอนกลางฤดูร้อนปริมาณน้ำในดินจะลดต่ำลงมาก การระเหยน้ำจากดินและจากพืชก็มีมากขึ้น น้ำตามแม่น้ำลำธารต่าง ๆ ก็แห้งลงดินและดินแตกระแหงทั่วไป พอถึงเดือนพฤศจิกายนบางครั้งก็เป็นเดือนกันยายน ดินเริ่มชุ่มชื้นอีกครั้งหนึ่ง เพราะระยะนี้พืชจะอยู่ในสภาพพักตัว (Dormant state) จะมีการระเหยน้ำจากลำต้นของพืชน้อย อุณหภูมิของอากาศก็จะเย็นลงทำให้การระเหยน้ำลดน้อยลงด้วย พอถึงปลายฤดูหนาวคือราวเดือนกุมภาพันธ์ อุณหภูมิค่อยสูงขึ้น ระดับการดูดซึมของน้ำก็จะสูงขึ้นอีกระยะหนึ่ง สภาพการหมุนเวียนของน้ำในดินจึงดำเนินไปตามลักษณะดังกล่าวนี้เหมือนกันทุก ๆ ปี

ปริมาณน้ำที่ได้รับแต่ละปี

ปริมาณน้ำที่ได้รับแต่ละปีในบริเวณต่าง ๆ ส่วนมากได้จากน้ำฝนที่ตกลงมาแต่ละเดือน แต่ถ้าคิดปริมาณน้ำฝนของแต่ละเดือนแล้วมักจะคิดรายเฉลี่ยของแต่ละเดือนเป็นเวลาหลายเดือน โดยปกติปริมาณน้ำที่ได้รับแต่ละแห่งนอกจากจะพิจารณาถึงปริมาณน้ำฝนที่ได้รับแล้ว ต้องพิจารณาถึงปริมาณน้ำที่ต้องสูญเสียไปเพราะการระเหยด้วย ระยะที่ได้รับปริมาณน้ำมากมักจะอยู่ในช่วงที่มีฝนตกชุกและมีการระเหยน้อย ส่วนมากในบริเวณเขตร้อนระยะที่ได้รับปริมาณน้ำมากจะอยู่ในฤดูฝน อันเป็นระยะที่มีความชื้นมากและอัตราการระเหยของน้ำมีน้อย พอถึงฤดูแล้งหรือฤดูหนาวได้รับปริมาณน้ำจากฝนน้อยลง การระเหยของน้ำก็มีมากขึ้น การสูญเสียน้ำในช่วงนี้จึงมีมาก ส่วนบริเวณเขตอบอุ่นหรือค่อนข้างหนาว เช่น ที่เมืองซีแอตเติลในรัฐวอชิงตัน สหรัฐอเมริกา ช่วงที่ได้รับปริมาณน้ำมากจะเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม ช่วงระยะเวลาดังกล่าวนี้นอกจากจะได้รับน้ำฝนมากแล้ว การระเหยของน้ำก็มีน้อย พอย่างเข้าสู่เดือนเมษายนฝนตกน้อยลง ปริมาณน้ำที่ได้รับก็ลดน้อยลง พอถึงเดือนพฤษภาคมอากาศเริ่มร้อนขึ้น และฝนไม่ตก การระเหยของน้ำจึงมีมากขึ้น และมากขึ้นจนถึงเดือนมิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคมและกันยายน ระยะนี้การสูญเสียน้ำจะมีมาก ปริมาณน้ำที่มีอยู่ก็จะลดน้อยลง

โดยสรุปแล้ว การได้รับปริมาณน้ำแต่ละปีกับการสูญเสียน้ำของแต่ละปีของบริเวณต่าง ๆ ในแต่ละปีมีความสำคัญต่อการเกษตรมาก เพราะสามารถจะช่วยเหลือเกษตรกรในการประกอบอาชีพการเพาะปลูกพืชต่าง ๆ ได้ดีขึ้น

ลักษณะภูมิอากาศกับปริมาณน้ำที่ได้รับแต่ละปี

ปริมาณน้ำที่ได้รับตามบริเวณต่างๆเกี่ยวข้องกับลักษณะภูมิอากาศแต่ละอย่างเป็นอันมาก เช่น ภูมิอากาศในเขตศูนย์สูตรซึ่งมีฝนตกชุกอยู่เสมอและมีปริมาณฝนตกแต่ละปีมาก การสูญเสียน้ำจากการระเหยจึงมีน้อย ทำให้ปริมาณน้ำที่ได้รับแต่ละปีมีเหลืออยู่มาก เมื่อเป็นเช่นนี้พื้นดินเขตศูนย์สูตรจึงชุ่มชื้นอยู่เสมอ พืชพรรณธรรมชาติสามารถเจริญงอกงามได้ตลอดปี

ในบริเวณทะเลทรายเขตร้อนมักจะได้รับปริมาณน้ำฝนประจำปีน้อย แต่ปกติแล้วบริเวณทะเลทรายมักจะมีอัตราการระเหยน้ำสูงกว่าปริมาณความชื้นที่ได้รับจากน้ำฝน จึงทำให้อากาศเขตทะเลทรายแห้งแล้งอยู่เสมอ

ในเขตร้อนที่มีลักษณะอากาศชุ่มชื้นและแห้งแล้งสลับกัน การสูญเสียน้ำมีลักษณะแตกต่างกันไป เช่น ในระยะที่ดวงอาทิตย์เดินต่ำลงอากาศมักแห้งแล้งและมีฝนตกน้อย การระเหยและการสูญเสียน้ำจะมีมากขึ้น พอถึงฤดูที่ดวงอาทิตย์เดินสูงขึ้นจะมีฝนตกมากขึ้นด้วย การสูญเสียน้ำก็ลดปริมาณน้อยลง ความชื้นในดินจะมีมากขึ้น

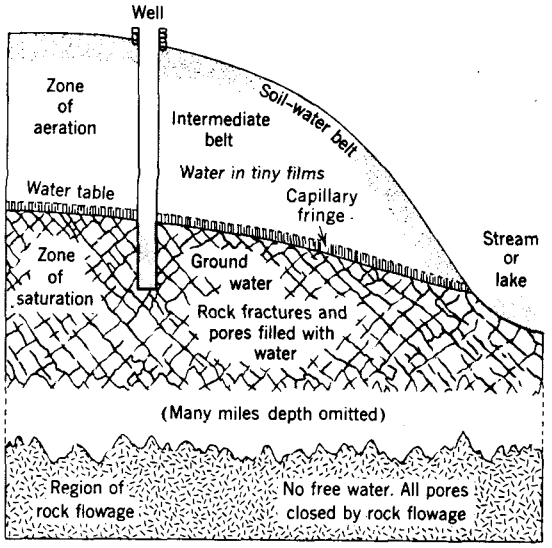
ในเขตภูมิอากาศเมดิเตอร์เรเนียนในฤดูร้อนอากาศมักแห้งแล้ง การระเหยของน้ำในฤดูนี้จะมีมาก ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่โดยทั่วไปจึงมีน้อย พอถึงฤดูหนาวฝนจะตกมากขึ้น อุณหภูมิของอากาศเย็นลง อัตราการระเหยของน้ำจึงมีน้อย ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่จึงมีมาก

ในเขตภูมิอากาศภาคพื้นทวีปตามบริเวณบางแห่งจะมีฝนตกชุกในฤดูร้อน ขณะเดียวกันก็มีอัตราการระเหยสูงในฤดูร้อนด้วย ดังนั้นในบริเวณภูมิอากาศภาคพื้นทวีปเกือบไม่มีการสูญเสียน้ำเลย แต่บริเวณนี้มักจะได้รับปริมาณน้ำในฤดูหนาวและฤดูใบไม้ผลิน้อย

ตามที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่า ภูมิอากาศแต่ละชนิดนั้นมักจะได้รับปริมาณน้ำเหลือไว้แตกต่างกันไป การที่ภูมิอากาศแต่ละชนิดมีการสูญเสียน้ำแตกต่างกันและได้รับปริมาณน้ำแตกต่างกัน จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและการประกอบกิจกรรมทางการเกษตรอยู่มาก และมีผลต่อการสร้างระบบชลประทาน การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากน้ำตกอีกด้วย

9.7 น้ำใต้ดิน

ส่วนหนึ่งของน้ำใต้ดินได้มาจากน้ำที่ไหลซึมลงไปอยู่ในดินชั้นล่าง น้ำใต้ดินจึงหมายถึงน้ำใต้พื้นดินซึ่งแทรกอยู่ตามช่องว่างของเม็ดดินที่อยู่ในสภาพอิ่มตัวแล้ว น้ำใต้ดินมักจะเกิดอยู่ในระดับที่น้ำมีการอิ่มตัวซึ่งเรียกว่า เขตน้ำใต้ดิน (Zone of Saturation) บริเวณเหนือเขตน้ำใต้ดินจะเป็นเขตที่ดินยังมีช่องว่างซึ่งน้ำจะเข้าไปแทรกตัวอยู่ได้อีก เรียกว่า เขตที่มีอากาศแทรกอยู่ในชั้นดิน (Zone of Aeration) (รูปที่ 9.5) ส่วนระดับน้ำใต้ดินนั้นจะอยู่เหนือเขตน้ำใต้ดินอีกทีหนึ่ง บริเวณเหนือระดับน้ำใต้ดินน้ำสามารถระเหยแทรกตัวขึ้นมาในดินชั้นบนโดยแรงดูดซับ (Capillary force) น้ำที่ซึมขึ้นมาและแทรกอยู่ตามช่องว่างของเม็ดดิน บริเวณที่อยู่เหนือเขตน้ำใต้ดิน แต่อยู่ลึกลงไปกว่าบริเวณผิวดินเรียกว่า เขตน้ำใต้ดินชั้นกลาง (Intermedite Zone)

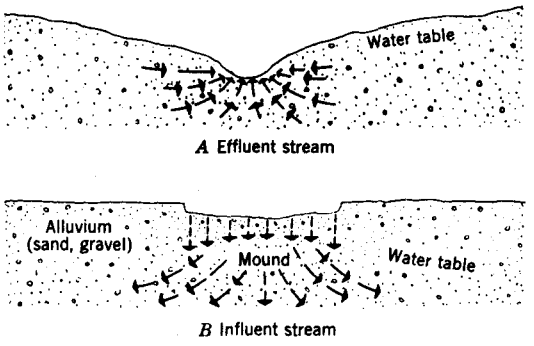


รูปที่ 9.5 ระดับน้ำใต้ดินและระดับน้ำในดินตามโซนต่าง ๆ

บริเวณที่อยู่ใต้เขตที่มีอากาศแทรกอยู่ในดิน จะมีช่องว่างแทรกตัวของน้ำใต้ดิน พอที่น้ำใต้ดินสามารถจะแทรกตัวขึ้นมาได้ น้ำใต้ดินในเขตที่มีจุดอิ่มตัว เมื่อน้ำไหลซึมลงไปข้างล่างเนื่องจากแรงดึงดูดภายในเปลือกโลก จะทำให้ระดับน้ำใต้ดินบริเวณนั้นลดต่ำลงไปด้วย แต่เนื่องจากการไหลซึมของน้ำช้ามาก จึงทำให้ระดับน้ำใต้ดินที่แท้จริงมีลักษณะเป็นแนวลาด

การไหลเข้าและไหลออกของกระแสน้ำ

ในบริเวณแห้งแล้งและบริเวณชุ่มชื้น จะมีลักษณะของการไหลของแม่น้ำแตกต่างกัน คือ ในเขตชุ่มชื้นจะมีระดับของน้ำใต้ดินอยู่สูงกว่าระดับท้องของแม่น้ำ จึงทำให้น้ำใต้ดินไหลลงสู่แม่น้ำ ทำให้เกิดทางน้ำไหลถาวร เรียกว่า Effluent แม่น้ำแบบนี้จะมีน้ำไหลตลอดทั้งปี



รูปที่ 9.6 การเกิดแม่น้ำแบบไหลเข้า (Effluent stream) และแม่น้ำแบบไหลออก (Influent stream)

ส่วนในเขตแห้งแล้ง แม่น้ำซึ่งไหลผ่านที่ราบที่มีกรวดทรายจะมีน้ำไหลซึมออกจากแม่น้ำไปสู่ระดับน้ำใต้ดินซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับท้องน้ำ แม่น้ำเช่นนี้เรียกว่า Influent น้ำที่ไหลในแม่น้ำจะค่อย ๆ ไหลซึมออกจากท้องน้ำไปแล้วค่อย ๆ ไหลไปสู่บริเวณที่ราบที่เป็นแอ่งน้ำต่ำสุดในบริเวณนั้น ๆ บริเวณดังกล่าวนี้เรียกว่า พลายา (Playas) อันเป็นบริเวณที่น้ำไหลไปรวมกัน ต่อมาเมื่อน้ำระเหยไปจะมีเกลือตกค้างอยู่ที่นั่น ทำให้ดินบริเวณนั้นมีรสเค็มขึ้น

ระดับน้ำใต้ดินของแอ่งน้ำ ที่ลุ่มภายใน

ในเขตภูมิอากาศชื้นซึ่งมีฝนตกประจำปีมีปริมาณมากปกติมักจะมีระดับน้ำใต้ดินอยู่สูง บริเวณบางแห่งที่เกิดจากการกัดเซาะของธารน้ำแข็งหรือเกิดการหักตัวของเปลือกโลกมักจะมีระดับความลึกอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน (Water table) ด้วยเหตุนี้จะมีระดับน้ำใต้ดินไหลลงสู่บริเวณดังกล่าวนี้เสมอ ในอเมริกาเหนือบริเวณแอ่งน้ำหรือบ่อที่เกิดจากระดับน้ำจืดใต้ดินจะพบอยู่กระจายทั่วไป เช่นเดียวกับในยุโรปซึ่งบริเวณที่ราบอันเกิดจากการกระทำของธารน้ำแข็ง จะมีแอ่งหรือบ่อขังน้ำที่เกิดจากการละลายของมวลน้ำแข็งอยู่ทั่วไป

บริเวณแหลมคอดบางแห่งในระยะ 1—2 ไมล์ ห่างจากชายฝั่งมหาสมุทรแอตแลนติกจะมีแอ่งหรือบ่อน้ำจืดขนาดเล็กอยู่มากมาย บ่อน้ำจืดเหล่านี้มีระดับความลึกราว 8 ฟุต (2.5 เมตร) น้ำจืดตามบ่อเหล่านี้จะค่อย ๆ ไหลลงสู่มหาสมุทร

มีบ่อน้ำจืดหลายแห่งที่เคยมีระดับน้ำใต้ดิน แต่ต่อมาตอนหลังถูกทับถมจากวัตถุต่าง ๆ จนกลายเป็นที่ลุ่มขึ้นมาเรียกว่า ที่ลุ่มสนุ่นหรือพรุ (Bog) ที่ลุ่มแบบนี้มีระดับผิวพื้นใกล้เคียงกับระดับน้ำใต้ดิน

ที่ลุ่มภายใน (Marshes) และที่ลุ่มชื้นแฉะ (Swamps) มักจะมีน้ำขังอยู่ใกล้กับระดับพื้นดินเป็นบริเวณกว้าง บริเวณที่ลุ่มดังกล่าวนี้มักจะมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ในระดับผิวพื้น และมักจะมีการระบายน้ำไม่ดี เช่น บริเวณที่ราบลุ่มนี้น้ำจืดภายในทั่วไปตามบริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแอตแลนติกและที่ราบชายฝั่งอ่าวเม็กซิโก นอกจากนี้บริเวณที่ลุ่มภายในและที่ลุ่มชื้นแฉะบางแห่งจะเกิดจากการทับถมของแม่น้ำที่เปลี่ยนทางเดินใหม่ตามบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง

คำถามท้ายบทที่ 9

1. เพราะเหตุใด ความเข้าใจเรื่องน้ำใต้ดินจึงมีความสำคัญต่อผู้ที่ศึกษาเรื่องของดิน สำคัญต่อนักภูมิศาสตร์พืชและสำคัญต่อนักภูมิศาสตร์เศรษฐกิจ
2. จงกล่าวถึงความแตกต่างระหว่างน้ำบนผิวดินกับน้ำใต้ผิวดิน ความแตกต่างระหว่างน้ำในดินและน้ำใต้ดิน
3. จงกล่าวถึงลักษณะทั่วไปของวัฏจักรของน้ำ ปีหนึ่งจะมีน้ำระเหยไปจากมหาสมุทรเป็นปริมาณเท่าใด? ระเหยจากพื้นดินเป็นปริมาณเท่าใด? ปริมาณน้ำที่ระเหยไปนี้มีความสมดุลโดยฝนที่ตกลง

มาและน้ำที่ไหลลงสู่มหาสมุทรเป็นอย่างไรกัน ?

4. การไหลซึมของน้ำคืออะไร ? การไหลของน้ำบนพื้นดินคืออะไร ? หน่วยที่ใช้วัดการไหลซึมของน้ำและการไหลของน้ำบนพื้นดินใช้หน่วยอะไร ? ความสามารถของการไหลซึมของน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อเวลาฝนตก จงอธิบาย และดินในบริเวณต่าง ๆ มีการไหลซึมของน้ำแตกต่างกันอย่างไร ? มนุษย์มักใช้การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลซึมของน้ำได้อย่างไร ?
5. ความชื้นในดินสามารถจะระเหยลงไปได้ลึกเท่าใด ? ความกดดันของบรรยากาศช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขบวนการระเหยของความชื้นได้อย่างไรบ้าง ?
6. จงอธิบายถึงขบวนการระเหยของน้ำจากพืช การระเหยของน้ำจากดินจะสูญเสียความชื้นไปเป็นปริมาณเท่าใด ? การระเหยของน้ำในดินจะระเหยลึกลงไปได้แค่ไหน ? จงให้คำจำกัดความของการระเหยของน้ำจากดินและพืช (Evapotranspiration) จงกล่าวถึงความแตกต่างระหว่างความสามารถสูงสุดที่น้ำจะระเหยไปจากดินและพืช กับปริมาณที่น้ำระเหยไปจากดินและพืชตามความเป็นจริง
7. น้ำในดินเกาะอยู่กับดินได้อย่างไร ? ความชื้นในดินได้มาจากไหน ระดับการดูดซึมของน้ำในดินคืออะไร ? ระดับการดูดซึมของน้ำในดินจะแตกต่างกันไปตามลักษณะเนื้อดินหรือไม่ ? จุดพอดี (Wilting point) คืออะไร?
8. จงอธิบายถึงวัฏจักรของน้ำที่รับแต่ละปีในเขตร้อนชื้น (Humid) เขตภูมิอากาศบริเวณละติจูดกลางเมื่อใดจะมีน้ำมาก เมื่อใดจะมีน้ำน้อย และทำไมจึงมีน้ำมากและทำไมจึงมีน้ำน้อย ?
9. จงวาดรูปแสดงวัฏจักรของน้ำที่ดินได้รับแต่ละเดือน พร้อมแสดงปริมาณน้ำฝนที่ได้รับ และความสามารถสูงสุดที่น้ำจะระเหยออกไปจากดินและน้ำได้
10. บริเวณภูมิอากาศทะเลทรายเขตร้อนกับบริเวณภูมิอากาศเขตร้อนชุ่มชื้นและแห้งแล้งได้รับปริมาณน้ำฝนประจำปีแตกต่างกันอย่างไร ? จงกล่าวถึงภูมิอากาศชนิดอื่น ๆ ที่ได้รับปริมาณน้ำประจำปีแตกต่างกัน
11. จงให้คำจำกัดความของคำว่า น้ำใต้ดิน (Ground-water) เขตน้ำอิ่มตัว (Zone of saturation) กับเขตที่มีอากาศแทรกอยู่ในดินมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร ? น้ำในช่องว่างของชนิดดิน (Soil water) กับบริเวณเขตน้ำใต้ดินชั้นกลาง (Intermediate water belts) แตกต่างกันอย่างไร? การไหลซึมของน้ำในดิน (Capillary fringe) คืออะไร? ดินที่มีเนื้อดินแตกต่างกันจะมีการไหลซับของน้ำในดินต่างกันอย่างไร ? ระดับน้ำใต้ดิน (Water table) คืออะไร ?
12. จงอธิบายการไหลเข้าและการไหลออกของสายน้ำพร้อมทั้งความสัมพันธ์ของการไหลเข้า และไหลออกของสายน้ำในบริเวณภูมิอากาศแต่ละชนิด ดินในบริเวณที่มีน้ำไหลออกและน้ำไหลเข้ามีกระบวนการเกิดเป็นอย่างไร ?
13. ระดับของน้ำใต้ดินบริเวณแอ่งน้ำจืดคืออะไร ? บริเวณแอ่งน้ำจืดทั้งหลายมีการเปลี่ยนระดับน้ำใต้ดินของแต่ละฤดูต่างกันมากหรือไม่ บริเวณที่ลุ่มภายในและที่ลุ่มสนุ่นคืออะไร ?

บทที่ 10

ภูมิอากาศเขตศูนย์สูตรและภูมิอากาศเขตทรอปิก
(Equatorial and Tropical Climates)

ภูมิอากาศในเขตศูนย์สูตรและภูมิอากาศในเขตทรอปิก ส่วนใหญ่จะถูกควบคุมโดยมวลอากาศเขตศูนย์สูตรและมวลอากาศในเขตทรอปิก ภูมิอากาศในเขตทั้งสองนี้มีหลายชนิดด้วยกัน คือ

10.1 ภูมิอากาศชุ่มชื้นเขตศูนย์สูตร (Af, Am)

ภูมิอากาศชุ่มชื้นเขตศูนย์สูตรจะพบอยู่บริเวณศูนย์สูตร คือ ระหว่างละติจูด 5 องศาเหนือถึง 5 องศาใต้ ภูมิอากาศชนิดนี้มีลักษณะสำคัญดังนี้

ก. อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนราว 80 องศาฟาเรนไฮต์ (27 องศาเซลเซียส) พิสัยอุณหภูมิประจำปีของภูมิอากาศชนิดนี้น้อยมาก

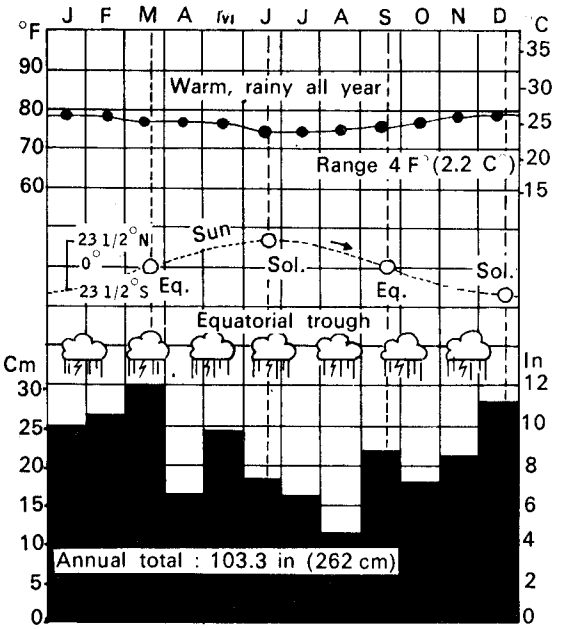
ข. ความกดของอากาศของภูมิอากาศร้อนชื้นเขตศูนย์สูตรอยู่ระหว่าง 1,009 — 1,012 มิลลิบาร์ หรือมีอัตราต่ำกว่าอัตราเฉลี่ยปกติเล็กน้อย

ค. ลมที่พัดอยู่ในบริเวณนี้มีทิศทางการพัดจากตะวันออกไปตะวันตกในระดับสูง แต่ในแนวพื้นโลกพัดเข้าหาศูนย์สูตรเป็นลมสินค้า และจะค่อยยกตัวขึ้นในแนวตั้งในบริเวณร่องความกดต่ำที่ศูนย์สูตร

ง. มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยประจำปีสูง คือ มากกว่า 80 นิ้ว (200 เซนติเมตร) ต่อปี ฝนที่ตกส่วนมากเกิดจากการลอยตัวของมวลอากาศ

การที่ภูมิอากาศชุ่มชื้นเขตศูนย์สูตรมีอุณหภูมิสูงตลอดปี และอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละฤดูแตกต่างกันน้อยเพราะว่าได้รับแสงอาทิตย์มากตลอดปี ระยะที่มีฝนตกหนักส่วนมากอยู่ตอนปลาย ๆ ปี ฝนตกแต่ละเดือนก็แตกต่างกันน้อย เช่น ที่เมืองอิเควตอเรียลในประเทศเปรู ซึ่งตั้งอยู่ที่ละติจูด 3 องศาใต้ ในบริเวณลุ่มแม่น้ำอะเมซอนมีอุณหภูมิเฉลี่ยประจำปีต่างกันเพียง 4 องศาฟาเรนไฮต์ (2.2 องศาเซลเซียส) มีฝนตกประจำปีมากกว่า 100 นิ้ว โดยเฉลี่ยแล้วมีฝนตกมากกว่า 6 นิ้วต่อเดือน ภูมิอากาศชนิดนี้ตรงกับลักษณะอากาศแบบ Af ของเคิปเปน ซึ่งมีฝนตกเฉลี่ยทุกเดือนไม่น้อยกว่า 2.4 นิ้ว

ปกติลักษณะภูมิอากาศชื้นเขตศูนย์สูตร จะมีอุณหภูมิรายวันต่างกันระหว่าง 15 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง 18 องศาฟาเรนไฮต์ (8 — 11 องศาเซลเซียส) ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิที่แตกต่างของแต่ละเดือน เนื่องจากภูมิอากาศแบบนี้มีฝนตกชุกและมีอุณหภูมิสูงอยู่เสมอ จึงทำให้พืชพรรณธรรมชาติขึ้นอย่างหนา



รูปที่ 10.1 กราฟภูมิอากาศที่เมืองอิเควตอเรียลประเทศเปรู ที่ละติจูด $3\frac{1}{2}$ องศาใต้ บริเวณลุ่มแม่น้ำอะเมซอนตอนบน (ข้อมูลจากหนังสือของแบลร์)

แน่น ซึ่งมักจะเรียกว่า ป่าฝนเมืองร้อน (Rain forest) หรือ (Selva) ป่าไม้เขตนี้มีต้นไม้ขึ้นหลายชนิด พวกต้นไม้ใบกว้างบางชนิดสูงตั้งแต่ 150 ฟุตถึง 250 ฟุต ตอนบนของต้นไม้จะมีใบเบียดเสียดกันอย่างหนาทึบ ทำให้แสงอาทิตย์ส่องแสงถึงพื้นดินเพียงเล็กน้อย จึงมีเถาวัลย์ต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย พืชพรรณในเขตศูนย์สูตรจะมีใบสีเขียวตลอดปี สัตว์ต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในเขตป่าร้อนชื้น ได้แก่ พวกลิง นก และสัตว์เลื้อยคลานต่าง ๆ มากมายหลายชนิด

เนื่องจากในเขตศูนย์สูตรมีฝนตกชุกและอุณหภูมิสูงอยู่เสมอ จึงทำให้ขบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดินดำเนินไปเรื่อย ๆ นอกจากนี้การที่มีฝนตกชุกทำให้ดินเกิดการชะล้างอยู่เสมอ ดินส่วนมากจึงมีสีจางและซีด ได้แก่ดินแลโตซอล (Latosol) นอกจากนี้ได้แก่ดินเหลืองปนแดง ซึ่งเป็นดินที่มีไฮดรอคไซด์ของเหล็ก ไฮดรอคไซด์ของอะลูมิเนียม และไฮดรอคไซด์ของแมงกานีสปนอยู่มาก นานเข้าแร่เหล็กแร่แมงกานีสหรือพวกอะลูมิเนียมเหล่านี้จะจับตัวกันเป็นก้อน กลายเป็นพวกศิลาแลง (Laterite) แร่เหล่านี้บางชนิดจะมีค่าทางเศรษฐกิจมากมาย เช่น แร่บอกไซด์ (Bauxite) ซึ่งเอามาสกัดเป็นอะลูมิเนียม

พืชพรรณธรรมชาติและภูมิอากาศมีส่วนสำคัญอยู่มากต่อการเกิดของดินลูกรัง (Lateritic soils) ขบวนการเกิดของดินชนิดนี้จะได้กล่าวถึงในบทที่ 13 ในเขตที่มีอุณหภูมิสูงอยู่เสมอ พวกอินทรีย์วัตถุบนผิวดินมักจะมีเหลืออยู่น้อยเพราะถูกพวกบัคเตรีทำลายหมดไปเร็ว ฮิวมัสและสารอื่นที่เป็นคุณค่า

ทางอาหารของพืชจึงมีเหลืออยู่ในดินน้อยสำหรับเขตร้อน แต่สารดังกล่าวจะมีมากในเขตละติจูดกลาง และเขตภูมิอากาศแห้งแล้ง นอกจากนี้ในเขตภูมิอากาศแถบศูนย์สูตรพวกดินชั้นล่างก็มักจะมีการผุพังไปได้ลึก โดยเฉพาะบริเวณที่ต่ำหรือที่ลุ่มจะมีการผุพังมากเป็นพิเศษ บางแห่งจะผุพังลงไปลึกถึง 300 ฟุต (90 เมตร)

แม่น้ำในเขตภูมิอากาศศูนย์สูตรจะมีน้ำมากและไหลตลอดปี ตามบริเวณชายฝั่งมีต้นไม้ขึ้นหนาแน่น บางแห่งจะเป็นที่ลุ่มมีน้ำขังเฉอะแฉะ แม้ว่าในเขตศูนย์สูตรจะมีน้ำมาก เช่นลุ่มแม่น้ำอะเมซอน แต่ก็มีองค์ประกอบที่ทำให้เกิดขบวนการผุพังทางเคมีน้อย ดินส่วนมากจึงเกิดการผุพังจากการชะล้าง

การสัญจรไปมาของผู้คนแถบศูนย์สูตรส่วนมากใช้เรือลำเล็กๆ แล่นไปตามแม่น้ำสายต่างๆ บ้านเรือนของผู้คนแถบนี้มักจะปลูกริมแม่น้ำ

ภูมิประเทศในเขตภูมิอากาศศูนย์สูตรมิได้เป็นเพียงที่ราบ บริเวณที่เป็นเนินเขาและภูเขาก็มีมากมาย บางแห่งภูเขาจะมีลักษณะสูงชัน ทำให้น้ำที่ไหลลงมาตามลาดเขาเกิดการชะล้างบริเวณบางแห่งจนเกิดหินโผล่ให้เห็นเด่นชัด

ในบริเวณภูมิอากาศแถบศูนย์สูตรยังมีผลผลิตจากป่าที่สำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิด ไม้เนื้อแข็งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจมีหลายอย่าง เช่น มะฮอกกานี (Mahogany) อีโบนี (E'bony) และโรสวูด (Rosewood) ส่วนพวกสมุนไพร ได้แก่ ต้นควินินและการบูร พวกเครื่องดื่มบางชนิด เช่น โกโก้ ก็ได้จากพืชเขตศูนย์สูตร คือ จากต้นกาเกา (Cacao) ยางพาราก็เป็นพืชที่เกิดอยู่ในเขตศูนย์สูตร แต่ปัจจุบันพืชชนิดนี้ปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ในมาเลเซีย อินโดนีเซีย และศรีลังกา

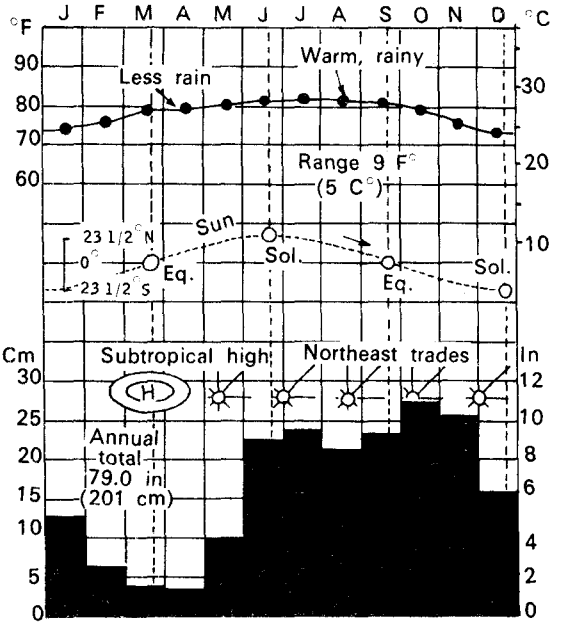
แม้ภูมิอากาศแถบศูนย์สูตรส่วนมากจะพบอยู่ในบริเวณละติจูด 10 องศาเหนือ และ 10 องศาใต้ แต่บริเวณบางแห่งภูมิอากาศแถบศูนย์สูตรจะพบอยู่สูงขึ้นไปจนถึงละติจูด 25 องศาเหนือ เช่น บริเวณชายฝั่งมาลาบาร์ในอินเดีย บริเวณชายฝั่งในพม่าและไทย บริเวณดังกล่าวนี้จะมีฝนตกชุก และป่าไม้ขึ้นหนาแน่นเหมือนกับบริเวณศูนย์สูตร ภูมิอากาศดังกล่าวนี้ในเอเชียเรียกว่า ภูมิอากาศแบบมรสุม ตรงตามการแบ่งลักษณะอากาศของเคิปเปนแบบ Am อันเป็นภูมิอากาศที่มีฝนตกชุก เดือนที่ตกน้อยที่สุดจะน้อยกว่า 2.4 นิ้ว (6 เซนติเมตร) ภูมิอากาศชนิดนี้มีฤดูแล้งสั้น ซึ่งเกิดขึ้นในขณะที่ดวงอาทิตย์เดินอ้อมข้าว เมื่อย่างเข้าสู่ฤดูมรสุมในหน้าหนาวจะมีมวลอากาศภาคพื้นทวีปพัดออกจากบริเวณภายในของทวีปเอเชียไปทางตะวันตกเฉียงใต้ ระยะลมมรสุมฤดูหนาวพัดมาเป็นระยะเวลาสั้น จึงมีผลต่อการลดปริมาณความชื้นลงได้น้อย พืชพรรณธรรมชาติในเขตศูนย์สูตรจึงเจริญงอกงามอยู่เสมอ เป็นที่สังเกตว่า ในฤดูร้อนเขตศูนย์สูตรมักจะมีฝนตกหนัก โดยเฉพาะในเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม ฝนในเขตนี้ส่วนใหญ่จะเกิดจากการลอยตัวของพายุหมุนพาเอาความชื้นจากทะเลเข้ามา ซึ่งมีส่วนทำให้เกิดฝนตกหนักทั่วไป

10.2 ภูมิอากาศที่เกิดจากอิทธิพลของลมสินค้าตามชายฝั่ง (Af and Am)

ภูมิอากาศที่เกิดจากลมสินค้าตามชายฝั่งจะมีลักษณะแตกต่างไปจากภูมิอากาศแบบ Af และ

Am ถ้าสังเกตดูจากแผนที่แสดงปริมาณน้ำฝนของโลกจะเห็นได้ว่า ตามชายฝั่งทะเลในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ รวมทั้งตามชายฝั่งทะเลของเกาะมาดากัสการ์แถบอินโดจีน ฟิลิปปินส์ และทางตอนเหนือของออสเตรเลีย ระหว่างละติจูด 10—25 องศา จะเป็นแนวแคบ ๆ ที่มีฝนตกชุก นอกจากนี้ยังมีอีกหลายแห่งที่ลมสินค้าพัดพาเอาความชื้นมาตกตามบริเวณชายฝั่ง มวลอากาศที่มากับลมสินค้าซึ่งมีความชื้นมากนั้น เมื่อพัดไปปะทะภูเขาหรือเชิงเขาก็มักจะทำให้เกิดฝนตกปะทะภูเขาขึ้น (Orographic Rain)

เนื่องจากภูมิอากาศชนิดนี้พบอยู่ในบริเวณชายฝั่งในเขตลมตะวันออก อากาศแบบนี้จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ภูมิอากาศแบบชายฝั่งเขตลมสินค้า (Trade-wind littoral climate) ได้แก่ ลักษณะภูมิอากาศแบบ Af และ Am ของเคิปเปนเช่นกัน ภูมิอากาศชนิดนี้จะมีลักษณะแตกต่างไปจากภูมิอากาศแถบศูนย์สูตรตรงที่มีปริมาณน้ำฝนแตกต่างกัน และอุณหภูมิประจำปีก็ต่างกันด้วย กล่าวคือ ภูมิอากาศชนิดนี้มีฝนตกเฉลี่ยราว 80 นิ้ว (200 เซนติเมตร) ฝนตกชุกเกือบทั้งปี ระยะที่มีฝนตกน้อยอยู่ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคมและเมษายน อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดถึงสูงสุดต่างกันทั้งปีราว 5 องศาเซลเซียส หรือ 9 องศาฟาเรนไฮต์ บริเวณภูมิอากาศชนิดนี้จะมีลมสินค้าพัดเข้าปะทะชายฝั่งอยู่เสมอ อากาศจึงชุ่มชื้นและมีพืชพรรณต่าง ๆ ขึ้นหนาแน่น



รูปที่ 10.2 กราฟภูมิอากาศที่เมืองเบลิส ประเทศบริติส ฮอนดูรัส ที่ละติจูด 17 องศาเหนือ
(ข้อมูลจากหนังสือของเทรวาธา)

10.3 ภูมิอากาศทะเลทรายเขตร้อนและทุ่งหญ้าสเตปป์เขตร้อน (BWh, BSh)

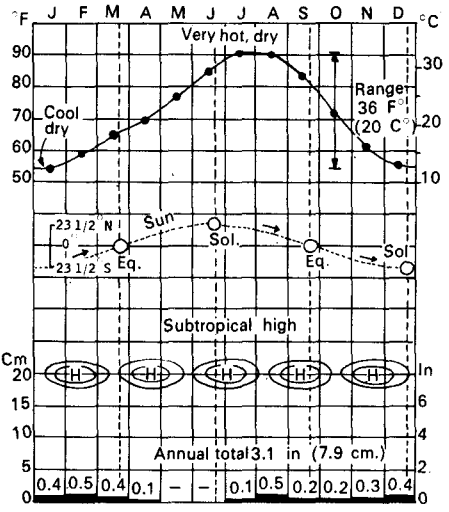
ตั้งแต่บริเวณเขตร้อนชื้นแถบศูนย์สูตรขึ้นไป ระหว่างละติจูด 15 – 35 องศา เป็นเขตที่มีความกดอากาศสูง เขตนี้ถ้าดูผิวเผินแล้วศูนย์กลางของมันจะอยู่ระหว่างเส้นทรอปิก ออฟ แคนเซอร์ กับเส้นทรอปิก ออฟ แคปริคอร์น อันเป็นแหล่งกำเนิดของมวลอากาศภาคพื้นทวีปเขตร้อน (cTs) ทะเลทรายที่สำคัญในเขตนี้ ได้แก่ ทะเลทรายทางเหนือของแอฟริกา ทะเลทรายอาหรับ ทะเลทรายอิหร่าน ทะเลทรายทางภาคตะวันตกของปากีสถาน ทะเลทรายเม็กซิโก ทะเลทรายคาลาฮารี และทะเลทรายออสเตรเลีย

ภูมิอากาศตามทะเลทรายในบริเวณดังกล่าวนี้จะมีฝนตกน้อยกว่า 10 นิ้วต่อปี แต่ถ้าเป็นเขตกึ่งแห้งแล้งหรือเขตทุ่งหญ้าสเตปป์จะมีฝนตกมากขึ้นคือราว 10—30 นิ้วต่อปี ภูมิอากาศภาคพื้นทวีปโดยทั่วไปแล้วมักมีฝนตกน้อย เพราะอยู่ไกลจากทะเล โดยเฉลี่ยปีหนึ่ง ๆ มีฝนตกน้อยกว่า 5 นิ้ว บางแห่งปีหนึ่ง ๆ มีฝนตกน้อยมากจนไม่อาจจะวัดปริมาณน้ำฝนได้ เช่น ที่เมืองซาลาห์ (Salah) ในประเทศแอลจีเรียมีฝนตกในระยะ 15 ปีวัดได้ราว 0.6 นิ้ว (1.5 เซนติเมตร) เท่านั้น ในทะเลทรายสะฮาราบางแห่งมีฝนตกน้อยและความชื้นก็น้อย กล่าวคือ มีความชื้นสัมพัทธ์ทั้งปีโดยเฉลี่ยตอน 13 นาฬิการาว ๆ 25—30 เปอร์เซ็นต์ แต่ในระยะที่ร้อนที่สุดจะมีความชื้นสัมพัทธ์ราว 15—20 เปอร์เซ็นต์ บริเวณนี้มีความกดอากาศสูงอยู่เสมอ

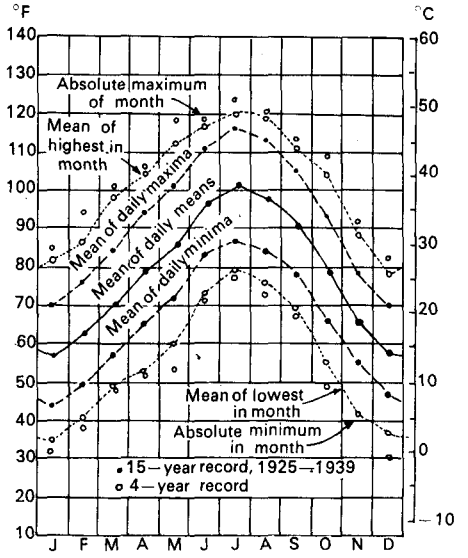
ภูมิอากาศทะเลทรายมีการสูญเสียความชื้นแต่ละปีไปมาก กล่าวคือ ปีหนึ่งจะมีการระเหยน้ำไปราว ๆ 90—100 นิ้ว หรือมากกว่าปริมาณน้ำฝนที่จะตกลงสู่ทะเลทรายประมาณ 20 เท่า เวลามีฝนตกในบริเวณทะเลทราย หลังจากฝนหยุดแล้วความชื้นตามพื้นดินจะมีการระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ยกเว้นบริเวณที่มีการระเหยของน้ำใต้ดินขึ้นมาจะช่วยให้การระเหยของน้ำฝนลดน้อยลง

แม้ว่าเขตภูมิอากาศภาคพื้นทวีปเขตร้อนจะมีอากาศแห้งแล้ง แต่บางครั้งจะมีพายุพัดพาเอาฝนมาตกด้วย ฝนที่ตกบางทีจะพัดเลยมาจากบริเวณอากาศแถบศูนย์สูตรซึ่งเป็นเขตที่มีฝนตกชุกตลอดทั้งปี และมีฝนตกเฉลี่ยต่างกันน้อย บางปีภูมิอากาศทะเลทรายไม่มีฝนตกเลย ภูมิอากาศทะเลทรายนอกจากจะมีฝนตกน้อยแล้วลักษณะการตกของฝนก็ไม่แน่นอน

ภูมิอากาศภาคพื้นทวีป นอกจากจะมีฝนตกน้อย อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดจึงแตกต่างกันมาก ลักษณะสำคัญเกี่ยวกับอุณหภูมิของภูมิอากาศแบบนี้ก็คือ อากาศจะร้อนจัดที่สุดในระยะที่ดวงอาทิตย์อยู่ระดับสูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยประจำปีก็แตกต่างกันมาก เช่น ที่เมืองยูมาในรัฐแอริโซนา อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างเดือนที่ร้อนที่สุดกับเดือนที่เย็นที่สุด จะต่างกันตั้งแต่ 30 –40 องศาฟาเรนไฮต์ ในทะเลทรายบางแห่ง เช่น ที่เมืองบูเบอร์โนส (Bou-Bernous) ในประเทศแอลจีเรีย มีอุณหภูมิเฉลี่ยประจำวันสูงกว่า 100 องศาฟาเรนไฮต์ (38 องศาเซลเซียส) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนกรกฎาคม อุณหภูมิจะสูงกว่าที่เมืองยูมา ถึง 10 องศาฟาเรนไฮต์ นอกจากนี้อุณหภูมิเฉลี่ยประจำวันของภูมิอากาศภาคพื้นทวีปยังแตกต่างกันมาก เช่น ที่เมืองพินิกซ์ (Phoenix) ในรัฐแอริโซนา อุณหภูมิเฉลี่ยประจำวันจะต่างกันราว 30 องศาฟาเรนไฮต์ (17 องศาเซลเซียส) ซึ่งไม่มีภูมิอากาศชนิดใดที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย



รูปที่ 10.3 กราฟภูมิอากาศที่เมืองยูมา มลรัฐแอริโซนา ที่ละติจูด 33 องศาเหนือ (ข้อมูลจากหนังสือของเทรวาธา)



รูปที่ 10.4 ข้อมูลอุณหภูมิอากาศที่เมืองบูเบอร์นัส ประเทศแอลจิเรีย ที่ละติจูด 27 องศา 17 ลิปดาเหนือ ลองจิจูด 2 องศา 53 ลิปดาตะวันตก สูงจากระดับน้ำทะเล 1509 ฟุต (490 ม.)

รายวันต่างกันมากเท่านี้ เหตุผลสำคัญดังกล่าวนี้ก็เนื่องจากในเวลากลางคืนจะมีการสูญเสียความร้อนไปจากพื้นดินอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ก็เพราะว่าในอากาศมีความชื้นต่ำ อีกประการหนึ่งในตอนกลางวันบริเวณทะเลทรายอากาศร้อนจัดมาก เช่น ในทะเลทรายสะฮาราทางใต้ของกรุงทริโปลี ตอนกลางวันวัดอุณหภูมิได้ 99 องศาฟาเรนไฮต์ แต่ตอนกลางคืนวัดอุณหภูมิได้ 31 องศาฟาเรนไฮต์ อุณหภูมิต่างกันถึง 68 องศาฟาเรนไฮต์ นอกจากนี้บริเวณที่มีอากาศร้อนที่สุดก็มักจะวัดได้ในเขตทะเลทราย เช่นที่เมืองทริโปลี เคยวัดอุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 136.4 องศาฟาเรนไฮต์ (58 องศาเซลเซียส) ทะเลทรายโซโนรัน (Sonoran) ในบริเวณลุ่มน้ำโคโลราโดตอนล่าง ก็เป็นอีกบริเวณหนึ่งที่มีอากาศร้อนจัด

บริเวณที่มีอากาศร้อนจริง ๆ ในเขตทะเลทรายจะไม่มีพืชพรรณธรรมชาติขึ้นได้เลย พื้นดินเต็มไปด้วยก้อนกรวด ก้อนหินและทราย พืชต่าง ๆ ที่ขึ้นอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบทะเลทรายจะพยายามปรับตัวของมันให้เข้ากับสภาพแวดล้อม คือ เปลือกและใบหนาเป็นมันเพื่อไว้ป้องกันการระเหยของน้ำ เช่น พวกต้นตะบองเพชร และไม้พุ่มที่มีหนามชนิดต่าง ๆ

ดินที่พบอยู่ในเขตทะเลทรายมักขาดฮิวมัส เป็นพวกดินสีเทาหรือสีแดง ทั้งนี้เนื่องจากการผสมของแร่เหล็ก ดินตามทะเลทรายมีพวกสารคัลเซียมคาร์บอเนตและเกลือต่าง ๆ ปนอยู่ อันเกิดจากอัตราการระเหยของน้ำในทะเลทราย

ส่วนลักษณะภูมิอากาศบริเวณทุ่งหญ้าสเตปป์เขตร้อนหรือเขตภูมิอากาศ BSh มักจะพบอยู่ตามขอบ ๆ ของภูมิอากาศทะเลทรายทั้งทางเหนือและทางใต้ และทางตะวันออกของภูมิอากาศ BWh บริเวณภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้ง หรือภูมิอากาศทุ่งหญ้าสเตปป์ พืชพรรณธรรมชาติที่ขึ้นเป็นพวกหญ้าสั้นและละเอียด และมีต้นไม้ขึ้นอยู่ประปรายทั่วไป โดยทั่วไปแถบทุ่งหญ้าสเตปป์มักใช้เป็นที่เลี้ยงสัตว์ ไม่ค่อยเหมาะแก่การเพาะปลูก ยกเว้นแต่จะมีการชลประทานช่วยสำหรับการส่งน้ำ ดินแถบนี้เป็นพวกดินสีน้ำตาลและดินเชสต์นัต (Chestnut soil) ซึ่งมีฮิวมัสมาก

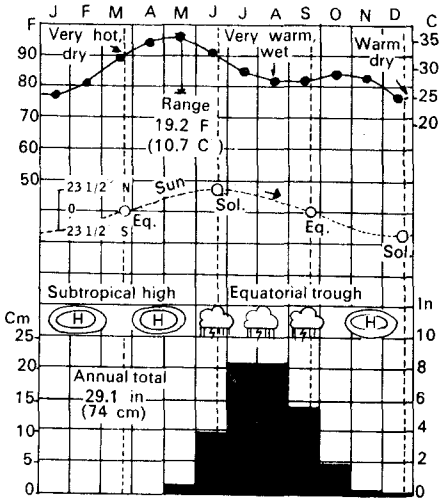
10.4 ภูมิอากาศทะเลทรายชายฝั่งด้านตะวันตก (BWk, BWh)

บริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกระหว่างละติจูด 15 — 30 องศา เป็นย่านที่มีฝนตกน้อยกว่า 10 นิ้วต่อปี บริเวณดังกล่าวนี้มีทะเลทรายต่างๆเกิดอยู่หลายแห่ง เช่น ทะเลอตาคามา (Atacama) ในประเทศชิลี และทะเลทรายนามีบ (Namib) ทางชายฝั่งตะวันตกเฉียงใต้ของแอฟริกา นอกจากนี้ได้แก่ทะเลทรายในที่อื่น ๆ อีก เช่น ทะเลทรายบริเวณชายฝั่งโมร็อกโก และทะเลทรายทางชายฝั่งตะวันตกของออสเตรเลีย บริเวณแห้งแล้งตามชายฝั่งทางภาคตะวันตกดังกล่าวนี้จะแผ่ขยายไปทางตะวันออกเข้าไปในทวีปด้วย

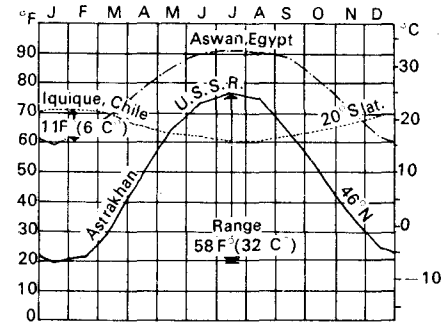
แม้บริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกจะอยู่ติดกับทะเล แต่มีลักษณะอากาศแห้งแล้งนั้นเนื่องจากมวลอากาศที่พัดเข้าสู่ชายฝั่งเป็นมวลอากาศที่พัดออกมาจากเขตความกดอากาศสูงภายในทวีป ลมที่พัดจากตอนในทวีปมักมีความชื้นต่ำ ลมยิ่งพัดผ่านบริเวณต่าง ๆ มาก่อนจะถึงชายฝั่งด้านตะวันตกก็ยิ่งทำให้มีความชื้นลดน้อยลง ภูมิอากาศแบบนี้ส่วนมากจะแตกต่างกันเกี่ยวกับอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิค่อนข้างเย็น เฉลี่ยทั้งปีราว 65 องศาฟาเรนไฮต์ พอลึกเข้าไปบริเวณภายในทวีปอุณหภูมิจะสูงขึ้นราว 10 องศาฟาเรนไฮต์ การที่ภูมิอากาศแบบนี้มีอุณหภูมิเย็นตามบริเวณชายฝั่งก็เพราะว่าได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำเย็น เช่น กระแสน้ำเย็นฮัมโบลท์ และกระแสน้ำเย็นเบนเกลลา นอกจากนี้อุณหภูมิบริเวณชายฝั่งแตกต่างกันน้อย เช่น ที่เมืองไอควิคิว (Iquique) ในประเทศชิลี ซึ่งตั้งอยู่บนชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกตรงของทะเลทรายอตาคามา มีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีต่างกันเพียง 11 องศาฟาเรนไฮต์ (6 องศาเซลเซียส) กันข้ามที่เมืองไคโร ประเทศอียิปต์ มีอุณหภูมิต่างกันมากกว่านี้มาก

การแบ่งลักษณะภูมิอากาศตามแบบของเคิปเปน ภูมิอากาศชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกในระยะแรกใช้อักษร BWn ตัว "n" ในที่นี้หมายถึงอากาศที่มีหมอกเกิดขึ้นบ่อย ๆ ต่อมาได้เปลี่ยนอักษรเป็น BWh และ BWk หมายถึงลักษณะภูมิอากาศบริเวณทะเลทรายทางชายฝั่งด้านตะวันตก ภูมิอากาศ BWk จะพบอยู่ในอเมริกาใต้และแอฟริกาตะวันตกเฉียงใต้ราวละติจูด 20 — 30 องศาใต้

ดินและพืชพรรณธรรมชาติในเขตภูมิอากาศทะเลทรายชายฝั่งด้านตะวันตก มีลักษณะคล้ายคลึงกับภูมิอากาศทะเลทรายบริเวณภายในทวีปเข้าไป แต่เนื่องจากได้รับความชื้นจากหมอกจึงทำให้สามารถเพาะปลูกพืชบางชนิดได้



รูปที่ 10.5 กราฟภูมิอากาศที่เมืองเคย์ส ประเทศมาลี ที่ละติจูด 14 $\frac{1}{2}$ องศาเหนือ (ข้อมูลจาก หนังสือของเทรวาธา)



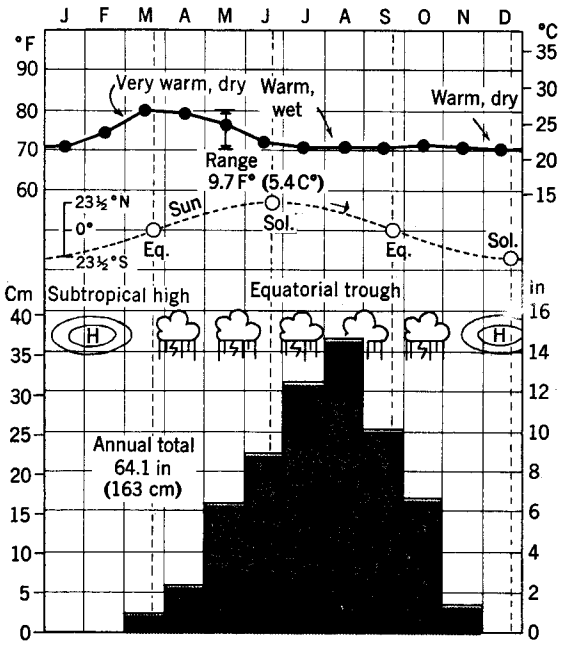
รูปที่ 10.6 อุณหภูมิเปรียบเทียบระหว่างบริเวณชายฝั่งทะเลกับบริเวณทะเลทรายเขตร้อนภายในทวีป (ข้อมูลจากหนังสือของเทรวาธา)

10.5 ภูมิอากาศร้อนชื้นและแห้งแล้ง (Aw, Cwa)

ภูมิอากาศสองแบบแรกที่กล่าวมาแล้ว คือ ภูมิอากาศศูนย์สูตรและภูมิอากาศทะเลทราย ส่วนมากจะอยู่ในเขตร้อน พอถัดจากบริเวณนี้ขึ้นไปจะเป็นเขตที่มีลมพัดผ่านไปมาเป็นฤดูกาล คือ ระหว่างเดือนมิถุนายนจะมีลมพัดจากทิศเหนือเข้ามา พอถึงเดือนธันวาคมจะมีลมพัดจากทางใต้ขึ้นมา ทำให้เกิดความชุ่มชื้นและแห้งแล้งสลับกันเรื่อย ๆ ภูมิอากาศแบบนี้จึงได้ชื่อเรียกว่าร้อนและชุ่มชื้น (Aw) ความชุ่มชื้นดังกล่าวนี้จะถูกควบคุมโดยมวลอากาศชื้น หรือมวลอากาศร้อนชื้นจากเขตศูนย์สูตรและจากลมทะเล พอถึงฤดูแล้งอากาศจะแห้งแล้ง โดยได้รับอิทธิพลจากมวลอากาศภายในทวีป

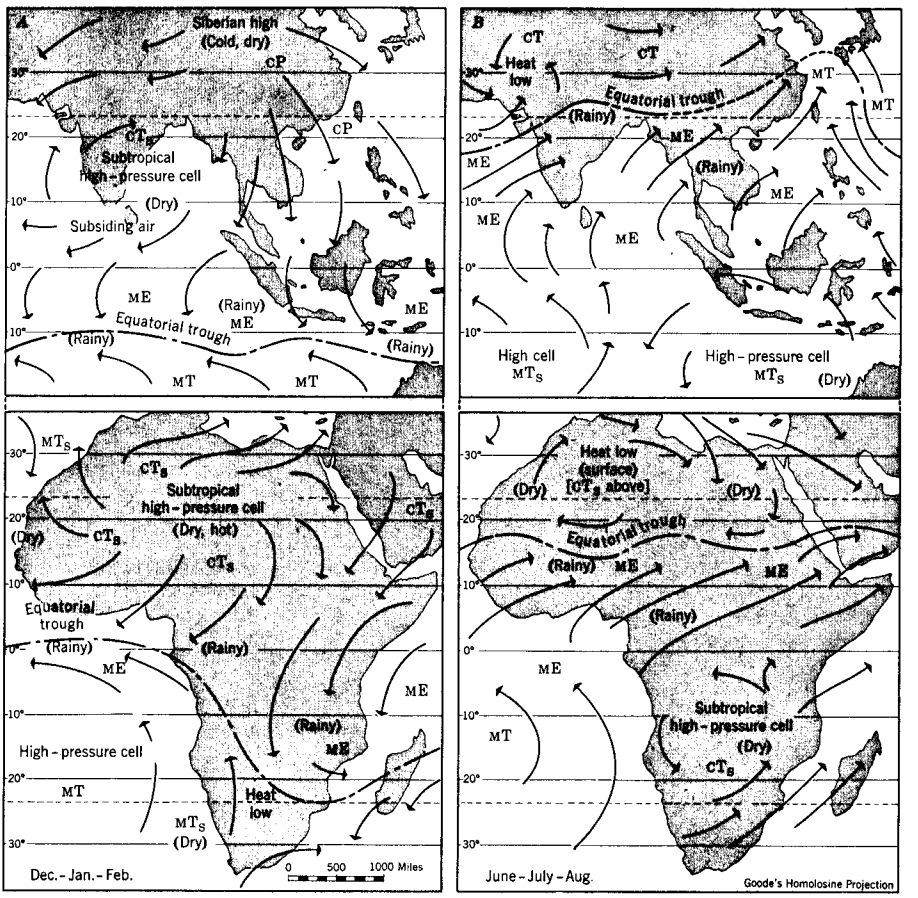
ภูมิอากาศแบบร้อนแห้งแล้งและชุ่มชื้นนี้จะพัดอยู่ราว ๆ ละติจูด 5—25 องศา บริเวณทั่วไปในอเมริกากลาง อเมริกาใต้ รวมทั้งบริเวณภาคกลางของแอฟริกาและทางเหนือของออสเตรเลีย แต่ในเอเชียแนวของภูมิอากาศชนิดนี้จะพบอยู่ในบริเวณที่สูงขึ้นไป คือ ราว ๆ ละติจูด 10 — 30 องศา ทั้งนี้เนื่องจากมวลอากาศร้อนภาคพื้นทวีปในฤดูร้อนในทวีปเอเชียจะมีแหล่งกำเนิดภายในทวีปเอเชียอยู่ในระดับสูงขึ้น

ลักษณะต่าง ๆ ของภูมิอากาศร้อนชื้นและแห้งแล้งนี้ พิจารณาได้จากรูปที่ 10.6 คือระยะที่มีอุณหภูมิสูงสุดจะอยู่ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเมษายน หรือพฤษภาคมมากกว่าเดือนมิถุนายน ส่วนระยะที่มีฝนตกชุกจะอยู่ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกันยายน หลังจากนั้นฝนจะค่อย ๆ ตกน้อยลง ตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์เกือบไม่มีฝนตกเลย



รูปที่ 10.7 กราฟภูมิอากาศเมืองทิมโบ ประเทศสาธารณรัฐกินี ที่ละติจูด 10.40 องศาเหนือ
(ข้อมูลจากหนังสือของเทรวาธา)

ในทวีปเอเชียภูมิอากาศร้อนชื้นและแห้งแล้งตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม ลักษณะอากาศจะแตกต่างไปจากที่กล่าวมาแล้วข้างบนนี้บ้าง เช่น ข้อมูลของอากาศที่เมืองอัลลาฮาบัด (Allahabad) ในประเทศอินเดีย ซึ่งตั้งอยู่ที่ละติจูด 25 องศาเหนือ (รูปที่ 10.7) ลักษณะทั่วไปของภูมิอากาศที่เมืองนี้คล้ายคลึงกับภูมิอากาศของเมืองทิมโบ (Timbo) ในแอฟริกา (รูปที่ 10.8) แต่เนื่องจากที่เมืองอัลลาฮาบัดตั้งอยู่ในเขตละติจูดสูง จึงทำให้อุณหภูมิในเดือนมกราคมเย็นลงเล็กน้อย และอุณหภูมิสูงสุดกับต่ำสุดประจำปีมีความแตกต่างกันมากขึ้นตามลักษณะการจำแนกภูมิอากาศของเคิปเปน ภูมิอากาศที่เมืองอัลลาฮาบัดเป็น Cwa คือ ภูมิอากาศอบอุ่นฝนชุกหน้าร้อน และอากาศร้อนจัด ส่วนหน้าหนาวอากาศแห้งแล้ง บริเวณที่พบอากาศ Cw มักจะพบอยู่ในเขตละติจูดสูงต่อจากภูมิอากาศ Aw ภูมิอากาศทั้งสองชนิดนี้อยู่ภายใต้อิทธิพลของมวลอากาศภาคพื้นทวีป มวลอากาศนี้ในหน้าร้อนอากาศชุ่มชื้น หน้าหนาวอากาศแห้งแล้ง ตามระบบการจำแนกภูมิอากาศของเคิปเปน ภูมิอากาศ Am และ Aw มีหลักการจำแนกทั่วไปเหมือนกัน คือ ภูมิอากาศทั้งสองนี้จะมีระยะเวลาหนึ่งซึ่งอากาศแห้งแล้งเหมือนกัน และมีฝนตกเฉลี่ยตั้งแต่ 40 นิ้ว (100 เซนติเมตร) ถึง 100 นิ้ว (250 เซนติเมตร) ภูมิอากาศ Am นั้นจะมีระยะฝนแล้งน้อยกว่าภูมิอากาศ Aw กล่าวคือ ภูมิอากาศ Am จะมีระยะเวลา 1 เดือนที่มีฝนตกเฉลี่ยไม่ถึง 2.4 นิ้ว นอกจากนี้ความแตกต่างของปริมาณน้ำฝนที่ตกในบริเวณภูมิอากาศทั้งสองนี้



รูปที่ 10.8 แผนที่แสดงแหล่งกำเนิดของมวลอากาศ และลักษณะการพัดพาของภูมิอากาศแบบศูนย์สูตรและแถบทรอปิก ในทวีปแอฟริกาและแถบภาคใต้ของเอเชีย (จากหนังสือ อุตุนิยมวิทยา เขตทรอปิกและเขตศูนย์สูตรของ เอ็ม. เอ. กาเบลล์)

ระยะที่มีฝนตกมากก็แตกต่างกันด้วย ความแน่นอนของฝนที่ตกในบริเวณภูมิอากาศ Aw และ Cwa ก็มักไม่ค่อยแน่นอนเหมือนกับภูมิอากาศ Af แต่ก็ตกแน่นอนกว่าภูมิอากาศร้อนในเขตทะเลทราย

พืชพรรณธรรมชาติที่พบอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นและแห้งแล้งนี้ส่วนมากเป็นพวกป่าสะวันนา (Tropical Savanna) คือ มีทั้งพวกหญ้าสูง พืชพรรณที่ทนต่อความแห้งแล้ง และพวกต้นไม้ต่าง ๆ บางแห่งจะพบพวกป่าไม้ที่มีหนาม ตลอดจนป่ามรสุมและไม้พุ่ม หญ้าที่พบในเขตภูมิอากาศ Aw หน้าแล้งมักจะตาย ส่วนพวกต้นไม้ก็มักจะทิ้งใบ ต้นไม้บางชนิดเป็นพวกไม้หนามมีใบเล็กเป็นมันและแข็งเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำจากลำต้นในฤดูแล้ง

ดินที่พบอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นและแห้งแล้ง (Aw) ส่วนมากเป็นดินลูกรังสีเหลืองหรือสีแดงและมีการชะล้างสูง ทั้งนี้เนื่องจากมีฝนตกชุกและอุณหภูมิสูง ดินตามบริเวณที่สูงมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและการเพาะปลูกมีน้อย ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ในเขตภูมิอากาศชนิดนี้ ได้แก่ ดินตะกอนตามบริเวณน้ำท่วม ซึ่งเป็นแหล่งที่มีการเพาะปลูกสำคัญของประชากรแถบนี้ แม่น้ำสายต่าง ๆ จะมีน้ำไหลแรงต่างกันตามฤดูกาล คือ ในฤดูแล้งแม่น้ำบางสายจะไม่มีน้ำไหลเลย

สัตว์ธรรมชาติในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นและแห้งแล้งมีหลายชนิด ทั้งประเภทกินเนื้อเป็นอาหารและกินพืชเป็นอาหาร เนื่องจากบริเวณแถบนี้มีทุ่งหญ้าและป่าไม้กว้างขวาง จึงมีการเลี้ยงสัตว์กันทั่วไป ทุ่งหญ้าในแอฟริกาเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ต่างๆ มากมายหลายชนิด ตั้งแต่สัตว์ขนาดเล็กไปจนถึงสัตว์ขนาดใหญ่ และตั้งแต่พวกที่กินหญ้าเป็นอาหารจนถึงพวกที่กินเนื้อเป็นอาหาร

ฤดูแล้งในเขตภูมิอากาศสะวันนา นับเป็นอุปสรรคสำคัญอย่างมากต่อการเลี้ยงสัตว์ และสัตว์ทั่ว ๆ ไปในเขตนี้ เพราะเขตนี้มักขาดแคลนน้ำให้สัตว์กินอยู่เสมอ นอกจากนี้เขตภูมิอากาศสะวันนายังมีแมลงและสัตว์ร้ายต่าง ๆ คอยรบกวนสัตว์เลี้ยงอีกมากมาย สิ่งเหล่านี้นับเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งต่อบรรดาสิ่งมีชีวิตทั้งหลายในเขตสะวันนา

คำถามท้ายบทที่ 10

1. สภาวะอุณหภูมิประจำวัน ความกดอากาศประจำวันและฝนเขตศูนย์สูตรเป็นอย่างไร ? มวลอากาศในเขตนี้เป็นอย่างไรบ้าง ฝนที่ตกหนักในเขตศูนย์สูตรอยู่ภายใต้ภาวะของอะไร ? ช่วงความกดต่ำเขตศูนย์สูตรจะเปลี่ยนตำแหน่งไปตลอดทั้งปีหรือไม่ ?
2. จงอธิบายลักษณะเส้นเคิฟของอุณหภูมิประจำปีในเขตภูมิอากาศชื้นเขตศูนย์สูตร (Af) มาเป็นตัวอย่างจากสถานีใดสถานีหนึ่ง จากเส้นเคิฟตัวอย่างดังกล่าวนี้พิจารณาดูว่าอุณหภูมิประจำปีระหว่างสูงสุดกับต่ำสุดต่างกันมากน้อยเพียงใด ? อุณหภูมิแตกต่างประจำวันกับอุณหภูมิแตกต่างประจำปีเป็นอย่างไรกัน ?
3. บริเวณภูมิอากาศร้อนชื้นแถบศูนย์สูตรมีฝนตกประจำปีประมาณเท่าใด ? การกระจายของฝนตลอดปีเป็นอย่างไร ? ฝนตกกระจายแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ?
4. ป่าฝนเมืองร้อน (Rainforest) คืออะไร ? พืชพรรณธรรมชาติในเขตป่าชนิดนี้มีอะไรบ้าง ? (ดูบทที่ 16)
5. ดินแดง (แลโตซอล) คืออะไร ? กระบวนการที่ทำให้เกิดดินชนิดนี้ได้แก่ขบวนการอะไร ? ดินชนิดนี้มีความสำคัญทางเศรษฐกิจด้านไหนบ้าง ? (ดูบทที่ 14)
6. ดินแดง (แลโตซอล) มีปุ๋ยอินทรีย์ (Humus) มากหรือไม่ ? จงอธิบายว่าอุณหภูมิและการกระทำของบัคเตรีมีผลต่อการสะสมตัวของพืชพรรณในดินในเขตร้อนแตกต่างกับดินในเขตหนาวอย่างไร?

7. การผุพังของหินทางเคมีมีความสัมพันธ์กับภูมิอากาศเขตร้อนชื้นแถบศูนย์สูตรมากหรือน้อยเพียงใด จงอธิบายโดยละเอียด

8. การไหลของน้ำในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นแถบศูนย์สูตรเป็นอย่างไร ? แม่น้ำในเขตนี้มีความสำคัญต่อชนพื้นเมืองแถบนี้อย่างไรบ้าง ?

9. ภูมิอากาศแบบมรสุม (Am) ซึ่งพบตามบริเวณชายฝั่งในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แตกต่างกับภูมิอากาศเขตศูนย์สูตร (Af) อย่างไรบ้าง ?

10. เพราะเหตุใดจึงมีฝนตกหนักทางชายฝั่งตะวันออกของเขตละติจูด 10—25 องศา ภูมิอากาศที่พบตามบริเวณนี้เป็นแบบไหน ? และภูมิอากาศที่อยู่ลึกเข้าไปภายในทวีปในเขตละติจูดเดียวกันนี้เป็นภูมิอากาศชนิดใด ?

11. มีอะไรเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดทะเลทรายเขตร้อนระหว่างละติจูด 15—35 องศา จงอธิบายในแง่ของการหมุนเวียนกระแสอากาศที่มีส่วนทำให้เกิดทะเลทรายเขตนี้พร้อมอธิบายว่ามวลอากาศที่เกิดอยู่ในบริเวณนี้เป็นมวลแบบไหน ?

12. จงอธิบายให้เห็นถึงข้อแตกต่างระหว่างภูมิอากาศแบบทะเลทรายกับภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสเตปป์ ภูมิอากาศทั้ง 2 ชนิดนี้มีสัญลักษณ์ตามลักษณะการจำแนกภูมิอากาศของเคิปเปนเป็นอะไร ?

13. จงอธิบายถึงการระเหยความชื้นในทะเลทรายเขตร้อน พื้นผิวน้ำที่ไม่มีอะไรปกปิด การระเหยของน้ำจะมีมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้การที่มีการระเหยมากในเขตทรอปิกจะมีผลต่อการระเหยของน้ำในแม่น้ำลำคลองและระดับน้ำใต้ดินอย่างไรบ้าง

14. ฝนที่ตกในทะเลทรายเขตร้อน เป็นฝนชนิดไหน ? ฝนที่ตกนี้จะกระจายโดยทั่วไปหรือตกเฉพาะถิ่น และฝนที่ตกตามบริเวณทะเลทรายต่าง ๆ ในเขตทรอปิกจะแตกต่างกันมากหรือน้อย

15. วัฏจักรของอุณหภูมิประจำปีในบริเวณทะเลทรายเขตทรอปิกมีลักษณะเป็นอย่างไร ? จงอธิบายมาโดยละเอียด พร้อมอธิบายว่าวัฏจักรของอุณหภูมิประจำวันเขตนี้เป็นอย่างไรบ้าง เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิประจำวันเขตทรอปิกกับอุณหภูมิประจำวันในเขตอากาศร้อนชื้นแถบศูนย์สูตร จะเป็นอย่างไร ?

16. พืชพรรณธรรมชาติในเขตทะเลทรายเขตร้อนเป็นพืชพรรณชนิดไหน ? พืชที่ปลูกคลุมพื้นผิวดินในเขตนี้ส่วนมากเป็นพืชอะไร ? ดินบริเวณทะเลทรายเขตร้อนเป็นดินชนิดไหน ?

17. จงอธิบายลักษณะของทะเลทรายทางชายฝั่งตะวันตกที่อยู่ระหว่างละติจูด 15—30 องศา ทะเลทรายตามแนวดังกล่าวนี้ มีความเกี่ยวพันกับหย่อมความกดอากาศสูงกึ่งโซนร้อนหรือไม่ ? เพราะเหตุใดภูมิอากาศบริเวณนี้จึงแห้งแล้ง ?

18. วัฏจักรของอุณหภูมิประจำปีในบริเวณทะเลทรายชายฝั่งด้านตะวันตกมีลักษณะสำคัญเป็นอย่างไร ?

เพราะเหตุใดอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในบริเวณทะเลทรายชายฝั่งตะวันตกจึงต่างกันน้อย แต่ทำนองเดียวกันทำไมจึงมีเมฆมาก ?

19. จงอธิบายลักษณะฤดูกาลต่าง ๆ ในเขตภูมิอากาศเขตชุ่มชื้นและแห้งแล้ง เกี่ยวกับสิ่งต่อไปนี้ คือ มวลอากาศ ความกดอากาศ และแนวการพัดของลมบนพื้นผิวโลก

20. ถ้าถือเอาจุดเริ่มต้นในเขตภูมิอากาศชื้นแถบศูนย์สูตรขึ้นไปทางเหนือจนถึงทะเลทรายสะฮารา จงพิจารณาดูว่าฝนตกประจำปีและลักษณะการกระจายของฝนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง พร้อมพิจารณาว่าสถิติการตกของฝนจากเขตศูนย์สูตรขึ้นไปจนถึงทะเลทรายสะฮาราจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร ?

21. จงกล่าวถึงวัฏจักรของอุณหภูมิประจำปีในเขตภูมิอากาศชุ่มชื้นและแห้งแล้งในเขตร้อน พร้อมทั้งบอกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของปีอยู่ในระยะไหน เพราะเหตุใดระยะที่มีอุณหภูมิสูงสุดจึงอยู่ในช่วงที่พระอาทิตย์อยู่สูงสุด ?

22. จงอธิบายภูมิอากาศแบบชุ่มชื้นและแห้งแล้งเขตศูนย์สูตรในเอเชียว่า มีข้อแตกต่างไปจากภูมิอากาศชุ่มชื้นและแห้งแล้งในแอฟริกาและอเมริกาใต้ด้านใดบ้าง ตามลักษณะการจำแนกภูมิอากาศของเคิปเปน ภูมิอากาศทางเหนือของอินเดียแตกต่างไปจากภูมิอากาศทั่วไปในคาบสมุทรอินเดียอย่างไร ?

23. พืชพรรณธรรมชาติเขตภูมิอากาศชุ่มชื้นและแห้งแล้งเขตร้อนเป็นพืชชนิดไหน ? ลักษณะของสิ่งมีชีวิตในเขตนี้เป็นอย่างไร ? ดินทั่วไปในเขตนี้เป็นดินชนิดไหน ความแตกต่างของแม่น้ำลำธารระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝนของเขตนี้มีผลต่อสิ่งอื่นอย่างไรบ้าง ?

บทที่ 11
ภูมิอากาศในเขตละติจูดกลาง
(Middle-Latitude Climates)

ภูมิอากาศเขตละติจูดกลาง คือ ภูมิอากาศที่พบอยู่ในบริเวณแนวปะทะมวลอากาศแถบขั้วโลกกับมวลอากาศจากเขตทรอปิก ภูมิอากาศจากเขตละติจูดกลางจึงมักมีพายุหมุนเกิดขึ้นอยู่เสมอ ๆ ฝนตกที่เกิดในเขตละติจูดกลางส่วนมากจึงเป็นฝนที่เกิดจากพายุหมุนด้วย

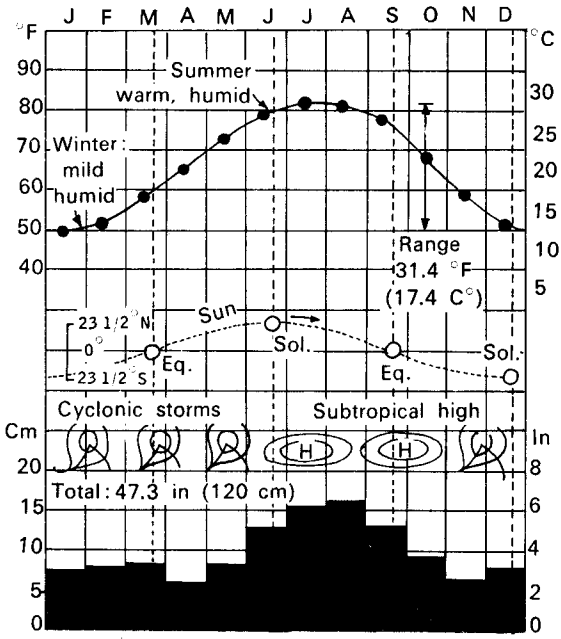
11.1 ภูมิอากาศชื้นกึ่งโซนร้อน (Cfa)

ในบริเวณความกดอากาศสูงถัดจากเขตทรอปิกจะมีลมพัดเข้าสู่บริเวณความกดอากาศต่ำที่อยู่ในระดับละติจูดสูงขึ้นไป เนื่องจากลมที่พัดขึ้นไปนี้เป็นลมที่พัดผ่านทะเลหรือมหาสมุทรจึงเป็นลมที่ชุ่มชื้นอยู่เสมอ บริเวณที่มวลอากาศจากทะเลดังกล่าวพัดผ่านจึงมีฝนตกทั่วไป มวลอากาศที่พัดผ่านเข้าสู่บริเวณความกดต่ำถัดจากเขตทรอปิกนี้มีทั้งมวลอากาศร้อนและมวลอากาศเย็น ภูมิอากาศในเขตดังกล่าวจึงได้ชื่อว่า "ภูมิอากาศชื้นกึ่งโซนร้อน" (Humid sub-tropical climate) พบอยู่ตามบริเวณต่าง ๆ หลายแห่ง เช่น ทางตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา ทางภาคใต้ของประเทศบราซิล อาร์เจนตินา และอุรุกวัย ทางภาคตะวันออกของสาธารณรัฐประชาชนจีน ทางภาคใต้ของประเทศญี่ปุ่น ตามชายฝั่งแคบ ๆ ทางภาคตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปแอฟริกา และตามชายฝั่งตะวันออกของออสเตรเลีย

ภูมิอากาศดังกล่าวนี้ ตามระบบการจำแนกภูมิอากาศของเคิปเปน ได้แก่ ภูมิอากาศแถบ Cfa เป็นภูมิอากาศเขตอบอุ่น ซึ่งมีฝนตกชุกหน้าร้อนและอากาศค่อนข้างร้อน เป็นภูมิอากาศที่ไม่มีระยะแห้งแล้ง ในฤดูร้อนมีฝนตกน้อยที่สุดจะมากกว่า 1.25 นิ้ว (3 เซนติเมตร) อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนที่ร้อนที่สุดสูงกว่า 71.6 องศาฟาเรนไฮต์ (22 องศาเซลเซียส)

จากการวิเคราะห์ลักษณะอุณหภูมิ ปริมาณฝนตก และความชื้นของภูมิอากาศชนิดนี้ มักจะอ้างเอาข้อมูลของภูมิอากาศจากเมืองชาร์ลสตัน (รูปที่ 11.1) ในรัฐแคลิฟอร์เนียภาคใต้ กล่าวคือ ภูมิอากาศชนิดนี้มีฝนตกตลอดปี ในฤดูร้อนจะมีฝนตกมากขึ้น เพราะระยะนี้ในมหาสมุทรมีความกดอากาศสูงเกิดขึ้น ลมจากทะเลจะพัดเข้าสู่ชายฝั่งมากขึ้น ในฤดูหนาวบริเวณดังกล่าวนี้จะมีฝนตกอยู่ในรูปของหิมะ ถ้าเวลาใดมีลมไซโคลนพัดเข้ามาด้วยจะทำให้ฝนตกมากขึ้น โดยเฉลี่ยแล้วภูมิอากาศกึ่งโซนร้อนจะมีฝนตกทั้งปีมากกว่า 40 นิ้ว (100 เซนติเมตร)

อุณหภูมิประจำปีของอากาศชนิดนี้แตกต่างกันน้อย แต่มีอยู่บางครั้งที่อุณหภูมิแตกต่างกันมากพอ ๆ กับอุณหภูมิของภูมิอากาศทะเลทรายเขตร้อน ในฤดูร้อนภูมิอากาศชนิดนี้มีอุณหภูมิไม่ร้อนนัก



รูปที่ 11.1 กราฟภูมิอากาศที่เมืองชาร์ลสตัน มลรัฐคาโรไลนาใต้ ที่ละติจูด 33 องศาเหนือ (ข้อมูลจากหนังสือเทรวาธา)

และมีความชื้นสูงอยู่เสมอ โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งตะวันออก ในฤดูร้อนลักษณะต่าง ๆ ของภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝนและความชื้น จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับอากาศแบบศูนย์สูตร ในฤดูหนาว ภูมิอากาศชนิดนี้จะตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของมวลอากาศจากขั้วโลก ทำให้บริเวณทั่วไปของภูมิอากาศชนิดนี้มีน้ำแข็งปกคลุม ดังนั้นภูมิอากาศชื้นกึ่งโซนร้อนจึงตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของมวลอากาศเย็นจากขั้วโลกในฤดูหนาว และอยู่ภายใต้อิทธิพลของมวลอากาศจากแถบศูนย์สูตรในฤดูร้อน

ในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ภูมิอากาศร้อนที่อยู่สูงขึ้นไปจากเขตทรอปิกจะตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม คือ ในฤดูหนาวจะมีมวลอากาศพัดมาจากบริเวณภายในเอเชีย เป็นมวลอากาศที่แห้งแล้งมาก บริเวณที่มีมวลอากาศดังกล่าวนี้พัดผ่านจึงแห้งแล้งไปด้วย พอถึงฤดูร้อนจะมีมวลอากาศชื้นจากทะเลเขตทรอปิกพัดเข้าสู่พื้นแผ่นดิน บางครั้งมวลอากาศชื้นนี้จะพัดเข้ามาอย่างรุนแรงจนกลายเป็นพายุไต้ฝุ่นก็มี และมักจะเกิดขึ้นในฤดูร้อน ทุกครั้งที่เกิดพายุไต้ฝุ่นมักจะมีฝนตกหนัก

ความชื้นของดินเขตภูมิอากาศชื้นกึ่งโซนร้อนนี้ ที่ใดมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูง ดินมักมีอัตราการพังทลายสูงกว่าปกติ ดินจึงกลายเป็นสภาพจากดินเหลือง – แดง (Red-yellow) ไปเป็นดินแลตโทซอลท์ เช่นเดียวกับดินในเขตอากาศร้อนแถบศูนย์สูตร ซึ่งเป็นดินที่มีเหล็กออกไซด์และอะลูมิเนียมออกไซด์อยู่มาก เป็นดินที่มีคุณค่าทางอาหารพืชต่ำและได้รับผลทางการเพาะปลูกต่ำ

พืชพรรณธรรมชาติโดยทั่วไปของภูมิอากาศชื้นกึ่งโซนร้อน ส่วนมากเป็นป่าไม้ ตามชายฝั่งบางแห่ง เช่น ทางตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา ดินส่วนมากเป็นพวกดินทราย ป่าไม้ที่ขึ้นอยู่ในปัจจุบันเป็นป่าไม้ใบกว้างที่ปลูกขึ้นภายหลัง นอกจากนี้ก็มีป่าสน บริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปภายในพื้นแผ่นดินจะมีป่าไม้ผลัดใบในฤดูร้อนอยู่ด้วย ถ้าบริเวณที่อยู่ในเขตละติจูดสูงขึ้นไปจะเป็นพวกหญ้าสูง เช่น ทุ่งหญ้าแปมปา ในอาร์เจนตินา อุรุกวัย และทุ่งหญ้าแพรรี ในสหรัฐอเมริกา ดินที่พบอยู่ในบริเวณทุ่งหญ้าดังกล่าวนี้ ส่วนมากเป็นพวกดินแพรรีและดินเชอร์โนเซม ลักษณะดินดังกล่าวนี้เป็นดินที่พบอยู่ในภูมิอากาศแห้งแล้งภายในทวีป ทุ่งหญ้าที่กล่าวนี้มักจะพบอยู่ในเขตกึ่งชื้นไปจนถึงเขตกึ่งแห้งแล้ง อันเป็นเขตที่มีฝนตกเฉลี่ยต่อปีน้อยกว่า 40 นิ้ว

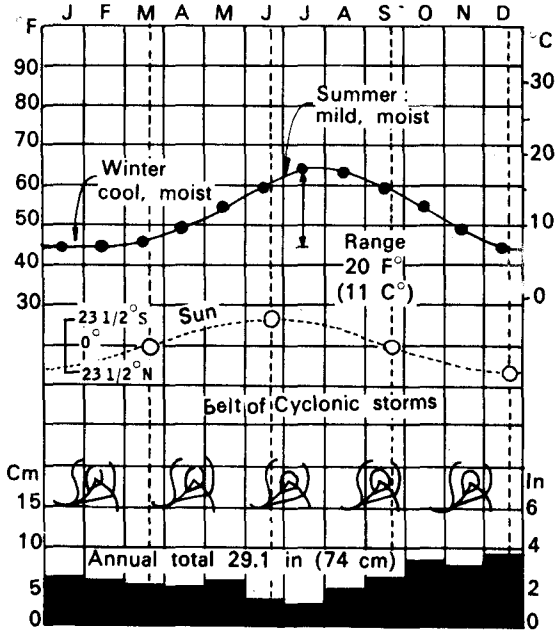
11.2 ภูมิอากาศภาคพื้นมหาสมุทรด้านตะวันตก (Cfb, Cfc)

ภูมิอากาศภาคพื้นมหาสมุทรด้านตะวันตก เป็นภูมิอากาศที่พบอยู่ในเขตละติจูดสูงขึ้นไป เป็นลักษณะของภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับมวลอากาศ แนวปะทะและพายุหมุนมากขึ้น เนื่องจากภูมิอากาศชนิดนี้พบอยู่ทางชายฝั่งตะวันตกตามแนวของพายุหมุน จึงทำให้ได้รับอิทธิพลของมวลอากาศเย็นจากทะเลแถบขั้วโลกพัดเข้ามาด้วย ภูมิอากาศชนิดนี้โดยทั่วไปมีอุณหภูมิปานกลาง เพราะมีลมทะเลพัดเข้ามาอยู่เสมอ ภูมิอากาศภาคพื้นมหาสมุทรด้านตะวันตกจะพบอยู่ระหว่างละติจูด 40 องศาหรือ 45 องศาจนถึง 60 องศา แต่เนื่องจากบริเวณดังกล่าวนี้อยู่ใกล้ไปทางขั้วโลก จึงอยู่เลยไปจากอิทธิพลของความแห้งแล้งเขตความกดอากาศสูง ภูมิอากาศชนิดนี้จึงไม่มีฤดูแห้งแล้ง

ตามระบบการจำแนกประเภทภูมิอากาศของเคิปเป่น ภูมิอากาศภาคพื้นมหาสมุทรด้านตะวันตกเป็นภูมิอากาศแบบ Cfb เป็นภูมิอากาศแบบอบอุ่น มีฝนตกชุกและอบอุ่นในหน้าร้อน เดือนที่ร้อนที่สุดมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 71.6 องศาฟาเรนไฮต์ (22 องศาเซลเซียส) และอย่างน้อยในเวลา 1 ปีมีถึง 4 เดือนที่อุณหภูมิเฉลี่ยถึง 50 องศาฟาเรนไฮต์ หรืออาจมากกว่านี้ถ้าบริเวณไหนมีอุณหภูมิเฉลี่ยเกิน 50 องศาฟาเรนไฮต์ (10 องศาเซลเซียส) ในปีหนึ่งน้อยกว่า 4 เดือน บริเวณนี้จะมีลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบ Cfc

ภูมิอากาศภาคพื้นมหาสมุทรด้านตะวันตกที่แสดงกราฟได้ดีที่สุด ได้แก่ ภูมิอากาศที่เมืองเบรสต์ (Brest) ในประเทศฝรั่งเศส ซึ่งตั้งอยู่ที่ละติจูด 40 องศาเหนือ บริเวณชายฝั่ง บริตานี (Brittany) (รูปที่ 11.2) เป็นบริเวณที่มีฝนตกตลอดปี แต่ฤดูร้อนจะตกน้อยลง เหตุที่บริเวณภูมิอากาศพื้นมหาสมุทรด้านตะวันตกมีฝนตกน้อยลงในฤดูร้อน เพราะว่าจะมีหย่อมความกดสูงเกิดขึ้นในมหาสมุทร หย่อมความสูงดังกล่าวนี้จะแผ่อิทธิพลขึ้นไปทางเหนือ ทำให้บริเวณภูมิอากาศภาคพื้นมหาสมุทรด้านตะวันตกได้รับผลกระทบกระเทือนด้วย จึงทำให้มีฝนตกน้อยลง และจากอิทธิพลของหย่อมความกดสูงนี้เองมีส่วนทำให้ชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกที่อยู่ในระดับละติจูดต่ำลงมากลายเป็นทะเลทรายไปด้วย

แม้บริเวณภูมิอากาศภาคพื้นมหาสมุทรด้านตะวันตก จะมีฝนตกไม่มากเหมือนกับบริเวณเขตศูนย์สูตร แต่เนื่องจากบริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกมีอุณหภูมิเย็นกว่า จึงทำให้บริเวณการระเหย



รูปที่ 11.2 กราฟภูมิอากาศที่เมืองเบรสต์ ประเทศฝรั่งเศส บนชายฝั่งทะเลบริตานี ที่ละติจูด 49 องศาเหนือ (ข้อมูลจากหนังสือของแบลร์)

ของน้ำลดน้อยลงและมีความชื้นเหลืออยู่มากบริเวณนี้จึงมีเมฆบนท้องฟ้ามากตลอดเวลา นอกจากนี้ บริเวณใกล้ ๆ ทะเลอากาศก็มีอุณหภูมิต่างกันน้อยและน้อยกว่าบริเวณที่อยู่ในระดับละติจูดต่ำกว่าลงมาด้วย บริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปทางตะวันออกของภาคพื้นทวีปของภูมิอากาศภาคพื้นมหาสมุทรตะวันตก มักจะมีอากาศหนาวจัดกว่าบริเวณที่อยู่ติดกับชายฝั่ง

ปริมาณน้ำฝนที่ตกในบริเวณภูมิอากาศภาคพื้นมหาสมุทรด้านตะวันตกจะแตกต่างกันมากกว่าฝนที่ตกอยู่ในเขตละติจูดกลาง คือ ตามบริเวณที่ราบชายฝั่ง เช่น ทางภาคเหนือของฝรั่งเศส หรือทางภาคใต้ของอังกฤษ ได้รับปริมาณน้ำฝน 30—40 นิ้วต่อปี (45—100 เซนติเมตร) แต่บริเวณที่สูงหรือตามภูเขาบริเวณชายฝั่งบริติสโคลัมเบีย อะแลสกา ในนอรเว และในชิลีมีฝนตกตั้งแต่ 60—80 นิ้วต่อปี (150—200 เซนติเมตร) หรือมากกว่านี้ ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดฟยอร์ดตามชายฝั่งทะเลโดยเฉพาะในสมัยยุคน้ำแข็งมีส่วนช่วยทำให้ฟยอร์ดเหล่านี้มีความลึกยิ่งขึ้น

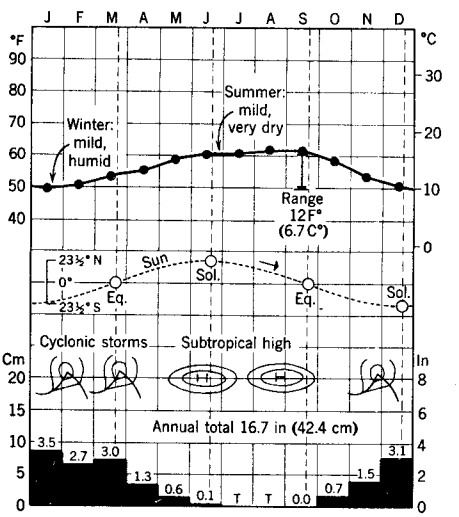
พืชพรรณธรรมชาติที่สำคัญในเขตภูมิอากาศภาคพื้นมหาสมุทรด้านตะวันตก ได้แก่ ป่าไม้ ป่าไม้ในเขตภูมิอากาศชนิดนี้จะมีลักษณะแตกต่างกันไปของแต่ละท้องถิ่น เช่น ในยุโรปตะวันตก หน้าร้อนจะมีป่าไม้ผลัดใบที่มีสีเขียวอยู่เสมอ แต่ทางชายฝั่งตะวันตกของอเมริกาตอนเหนือกลับเป็นพวกป่าไม้เนื้ออ่อนใบกลม ในชิลีและนิวซีแลนด์ป่าไม้เป็นพวกป่าไม้เขตอบอุ่น

ดินในเขตภูมิอากาศภาคพื้นมหาสมุทรด้านตะวันตก บริเวณไหนที่ปกคลุมด้วยป่าไม้เนื้ออ่อน ดินมักจะมีการชะล้างสูง ได้แก่ ดินพอดซอล (Podzols) เป็นต้น ดินชนิดนี้มีสภาพเป็นกรด เนื่องจากว่าบริเวณดังกล่าวมีอากาศเย็น พวกบัคเตรีเปลี่ยนแปลงสภาพของอินทรีย์วัตถุช้า ตรงข้ามกับเขตร้อนชื้น พวกบัคเตรีเปลี่ยนแปลงสภาพของอินทรีย์วัตถุเร็ว ดินในเขตภูมิอากาศภาคพื้นมหาสมุทรด้านตะวันตกจึงมีการทับถมจากพืชพรรณช้า การที่ดินมีสภาพเป็นกรดทำให้สารบางชนิดสลายตัวไปได้ง่าย เช่น คัลเซียม โซเดียมและโปตัสเซียม ดินที่พบอยู่ในยุโรปตะวันตกเป็นพวกดินเกรย์–บราวน์พอดซอลลิก อันเป็นดินที่พบทั่วไปในเขตป่าไม้ผลัดใบแถบละติจูดกลาง เป็นดินที่มีการชะล้างไม่มากนัก จึงทำให้เหมาะแก่การเพาะปลูกดีขึ้น

11.3 ภูมิอากาศเมดิเตอร์เรเนียน (Csa, Csb)

ภูมิอากาศเมดิเตอร์เรเนียน เป็นลักษณะอากาศอีกชนิดหนึ่งที่พบอยู่ในเขตละติจูดกลาง บางทีเรียกภูมิอากาศชนิดนี้ว่า ภูมิอากาศร้อนแห้งแล้งในฤดูร้อนเขตกึ่งโซนร้อน พบอยู่ตามชายฝั่งตะวันตกระหว่างละติจูด 30–45 องศา ภูมิอากาศชนิดนี้พบอยู่ระหว่างภูมิอากาศทะเลทรายแถบร้อนทางชายฝั่งตะวันตกกับภูมิอากาศชื้นชายฝั่งทะเลด้านตะวันตก ภูมิอากาศเมดิเตอร์เรเนียนจึงเป็นแบบผสมระหว่างภูมิอากาศเย็นชุ่มชื้นกับร้อนแห้งแล้ง

ตัวอย่างของภูมิอากาศที่จะพิจารณาได้คือ ลักษณะของภูมิอากาศที่เมืองมอนเตอรี (Monterey) ในรัฐแคลิฟอร์เนีย (รูป 11.3) ในฤดูร้อนเมื่อหย่อมความกดสูงในทะเลมีอัตราการพัดสูงสุด และแนวความกดสูงได้ขยายตัวขึ้นไปทางเหนือได้ไกลสุด บริเวณดังกล่าวจึงตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของความกด

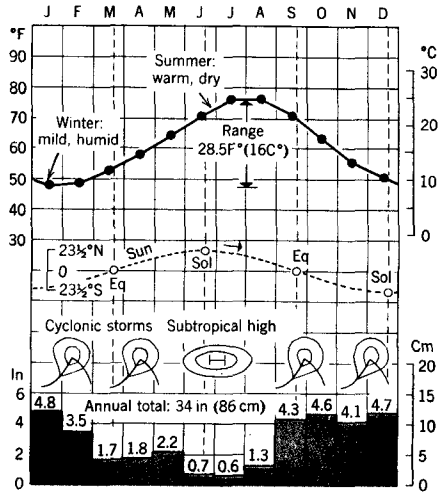


รูปที่ 11.3 กราฟภูมิอากาศที่เมืองมอนเตอรี มลรัฐแคลิ ฟอร์เนียที่ละติจูด $36\frac{1}{2}$ องศาเหนือ
(ข้อมูลจากหนังสือของแบลร์)

สูงและแห้งแล้งนี้โดยสิ้นเชิง เนื่องจากบริเวณดังกล่าวนี้มีกระแสน้ำเย็นไหลผ่าน อุณหภูมิในฤดูร้อนบริเวณพื้นดินไม่ร้อนจัดนัก คือ ราว ๆ 60 องศาฟาเรนไฮต์โดยเฉลี่ย แต่พอถึงฤดูหนาวบริเวณนี้จะตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของพายุหมุนและมวลอากาศชื้นจากทะเล จึงมีฝนตกโดยทั่วไป

ภูมิอากาศเมดิเตอร์เรเนียนส่วนมากจะพบอยู่บริเวณรอบ ๆ ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ด้วยเหตุนี้จึงเรียกชื่อว่า "ภูมิอากาศเมดิเตอร์เรเนียน" ตามระบบการจำแนกภูมิอากาศของเคิปเปน ภูมิอากาศชนิดนี้เป็นแบบ Csa เป็นลักษณะของอากาศแบบอบอุ่น มีฝนตก ร้อนและแห้งแล้งในฤดูร้อน นอกจากจะพบอยู่บริเวณรอบ ๆ ชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนแล้ว ยังพบอยู่ตามชายฝั่งแคบ ๆ ที่มีกระแสน้ำเย็นไหลผ่าน ในมหาสมุทรแอตแลนติก มหาสมุทรแปซิฟิกและมหาสมุทรอินเดีย บริเวณไหนที่อากาศมีอุณหภูมิเย็นมากขึ้นในฤดูร้อน การจำแนกภูมิอากาศของเคิปเปน จะให้สัญลักษณ์เป็นแบบ Csb เช่น ที่เมืองมอนเตอรี ภูมิอากาศจะเป็นแบบ Csb ส่วนตัวอย่างของภูมิอากาศแบบ Csa ได้แก่ ที่เมืองเนเปิลส์ (Naples) ในประเทศอิตาลี อุณหภูมิของภูมิอากาศเมดิเตอร์เรเนียนที่เมืองเนเปิลส์อุณหภูมิประจำปีจะต่างกันถึง 28.5 องศาฟาเรนไฮต์ (16 องศาเซลเซียส) มากเป็นสองเท่าของภูมิอากาศที่เมืองมอนเตอรี ที่เมืองเนเปิลส์ในฤดูร้อนจะมีฝนตกบ้างแต่มีปริมาณน้อย ฝนตกที่เมืองนี้จะมีปริมาณมากเป็นสองเท่าของฝนที่ตกที่เมืองมอนเตอรี ระยะที่มีอากาศแห้งแล้งระหว่างเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม เป็นระยะที่มวลอากาศแห้งแล้งจากบริเวณภายในทวีปพัดเข้ามาปกคลุมเขตภูมิอากาศชนิดนี้

เหตุที่ภูมิอากาศเมดิเตอร์เรเนียนชุ่มชื้นในฤดูหนาวและแห้งแล้งในฤดูร้อนนี้เอง จึงทำให้พืชพรรณธรรมชาติในเขตภูมิอากาศชนิดนี้มีลักษณะแตกต่างออกไปเป็นพิเศษ คือ เป็นพวกใบแข็งที่มีสีเขียวอยู่เสมอ ส่วนมากเป็นพวกป่าละเมาะและไม้พุ่ม บางทีก็เรียกว่าป่าสเคลอโรฟิลล์ (Sclerophyll forest) ต้นไม้ในป่าชนิดนี้บางแห่งเป็นพวกไม้มีหนาม และมีความทนทานต่ออากาศแห้งแล้งได้ดี



รูปที่ 11.4 กราฟภูมิอากาศเมืองเนเปิลส์ ประเทศอิตาลีที่ละติจูด 40½ องศาเหนือ

ดินในเขตภูมิอากาศเมดิเตอร์เรเนียนไม่อาจจะแยกประเภทออกได้แน่ชัด มีพวกดินเร็ดดิส–เชสต์นัต (Reddish–Chestnut) ดินเร็ดดิส–บราวน์ (Reddish–Brown) ในเขตทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและบริเวณรอบ ดินส่วนมากเป็นพวกเทอร์ราโรสซา (Terrarossa) เป็นดินสีแดงซึ่งเกิดจากการผุพังของหินปูน

11.4 ภูมิอากาศทะเลทรายและกึ่งทะเลทรายเขตละติจูดกลาง (BWk, BSk)

ในแถบละติจูด 35–50 องศาในอเมริกาเหนือและเอเชีย รวมทั้งทางภาคใต้ของอเมริกาใต้ จะมีภูมิอากาศทะเลทรายและทุ่งหญ้าสเตปป์หลายแห่ง ภูมิอากาศเขตดังกล่าวนี้จะถูกควบคุมจากมวลอากาศที่สำคัญ 3 มวล คือ

1. ในฤดูร้อน ถูกควบคุมจากมวลอากาศร้อนภาคพื้นทวีป ซึ่งเป็นมวลอากาศที่มีบริเวณที่เกิดกว้างขวางและอากาศแห้งแล้ง

2. ในฤดูหนาว ถูกควบคุมจากมวลอากาศเย็นภาคพื้นทวีป ซึ่งเป็นมวลอากาศที่เกิดจากหย่อมความกดสูงในไซบีเรีย และหย่อมความกดสูงในแคนาดา มวลอากาศทั้งสองบริเวณนี้เป็นมวลอากาศเย็นและแห้งแล้ง

3. แถบที่มีภูเขาสูงขวางกั้นทิศทางลมจากทะเล ซึ่งพาเอาความชุ่มชื้นมาด้วยทั้งในเขตละติจูดสูงและเขตละติจูดต่ำ เป็นแถบที่ได้รับความชุ่มชื้นจากภายนอกน้อย อากาศจึงแห้งแล้งอยู่เสมอ

ตามระบบการจำแนกภูมิอากาศของเคิปเปน ภูมิอากาศแถบละติจูดกลางได้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ บริเวณที่มีความแห้งแล้งน้อยหรือกึ่งแห้งแล้ง เป็นแบบ BSk บริเวณที่แห้งแล้งจริง ๆ เป็นแบบ BWk ตัวอักษร k หมายถึงคุณลักษณะของอากาศเย็น คือ อุณหภูมิเฉลี่ยประจำปีต่ำกว่า 64.4 องศาฟาเรนไฮต์ (18 องศาเซลเซียส) ถ้าเป็นตัว k เป็นลักษณะของอากาศที่หนาว คือ เดือนที่ร้อนที่สุดอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 64.4 องศาฟาเรนไฮต์ (18 องศาเซลเซียส)

โดยทั่วไปแถบที่มีอากาศแห้งแล้งเขตละติจูดกลาง บริเวณที่แห้งแล้งจริง ๆ มีน้อย อุณหภูมิประจำปีก็มักจะแตกต่างกันน้อยกว่าภูมิอากาศในเขตละติจูดสูง นอกจากนี้ในฤดูหนาวภูมิอากาศทะเลทรายแถบละติจูดสูงมักจะต่ำกว่าภูมิอากาศทะเลทรายแถบละติจูดต่ำ เช่น ที่ทะเลทรายแอสตราข่าน (Astrakhan) ในรุสเซีย อยู่ที่ละติจูด 46 องศาเหนือ มีอุณหภูมิประจำปีต่างกันถึง 58 องศาฟาเรนไฮต์ (32 องศาเซลเซียส) เกือบเป็นสองเท่าของที่เมืองอัสวัน (Aswan) ในอียิปต์ อุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนมกราคม ที่เมืองแอสตราข่านเท่ากับ 20 องศาฟาเรนไฮต์ (–7 องศาเซลเซียส) ที่เมืองอัสวันเท่ากับ 60 องศาฟาเรนไฮต์ (16 องศาเซลเซียส) ในเดือนกรกฎาคมอุณหภูมิสูงสุดจะต่างกับที่เมืองอัสวันเพียง 15 องศาฟาเรนไฮต์ (8 องศาเซลเซียส) เป็นต้น

ถ้าพิจารณาในแง่ของนักภูมิศาสตร์ ลักษณะภูมิอากาศแห้งแล้งเขตละติจูดกลางที่นับว่าสำคัญ

มาก ได้แก่ ภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้ง (Semi–arid) เพราะเป็นบริเวณที่มีฝนตกมากขึ้น คือ ตั้งแต่ 10–20 นิ้ว (25–50 เซนติเมตร) ต่อปี

พืชพรรณธรรมชาติแถบภูมิอากาศทุ่งหญ้าสเตปป์ ส่วนมากเป็นพวกทุ่งหญ้าสั้น เป็นแหล่งที่เหมาะแก่การเลี้ยงแกะและเลี้ยงวัว แต่ไม่ค่อยเหมาะสำหรับการเพาะปลูกถ้าหากขาดการช่วยเหลือทางด้านการชลประทาน การเพาะปลูกแถบนี้จึงนิยมใช้แบบดราย–ฟาร์มมิง (Dry–farming) การเพาะปลูกในเขตภูมิอากาศชนิดนี้บางปีก่อให้เกิดความเสียหายอย่างกว้างขวางเพราะแห้งแล้งมาก

พืชพรรณธรรมชาติในเขตทุ่งหญ้าสเตปป์บริเวณละติจูดกลาง เป็นพวกทุ่งหญ้าสั้น ไม้พุ่มและไม้มีหนาม ปัจจุบันบริเวณทุ่งหญ้าสเตปป์เขตละติจูดกลางกลายเป็นแหล่งเลี้ยงแกะและวัวที่สำคัญของโลก บริเวณที่ราบใหญ่ในอเมริกาเหนือปรากฏว่าเคยมีวัวป่าอาศัยอยู่มากมาย ในปัจจุบันเหลืออยู่จำนวนน้อย ทุ่งหญ้าสเตปป์บางแห่งมีการเลี้ยงสัตว์มากเกินไป ถ้าปีไหนอากาศแห้งแล้งมาก หญ้าเจริญงอกงามไม่ทันทำให้ขาดหญ้าปกคลุมดิน เมื่อเวลาฝนตกหนัก ๆ ทำให้ดินเกิดการพังทลายและเกิดเป็นร่องน้ำได้

ดินที่พบอยู่ในบริเวณทุ่งหญ้าสเตปป์เป็นดินที่มีฮิวมัสสูง บริเวณไหนที่มีความแห้งแล้งน้อยจะเป็นพวกดินสีน้ำตาล บางแห่งเป็นดินสีเหลืองหรือสีเทา ดินเหล่านี้มีพวกแร่คัลเซียมคาร์บอเนตสูง แร่คัลเซียมเหล่านี้อาจจะจับตัวรวมกันเป็นแผ่น การที่ดินชนิดนี้มีคัลเซียมสูงจึงทำให้เหมาะแก่การปลูกพืชเมล็ด เช่น พวกข้าวสาลี เป็นต้น แต่ต้องอาศัยการชลประทานช่วยด้วย เพราะเขตทุ่งหญ้าสเตปป์มีฝนน้อย บริเวณไหนที่ขาดชลประทานช่วยในการเพาะปลูก ทำให้การเพาะปลูกไม่ค่อยได้ผลนัก ดินที่สำคัญในเขตทุ่งหญ้าสเตปป์ ได้แก่ เชสต์นัต (Chestnut) และเชอร์โนเซม (Chernozem)

11.5 ภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป (Dfa, Dfb, Dwa, Dwb)

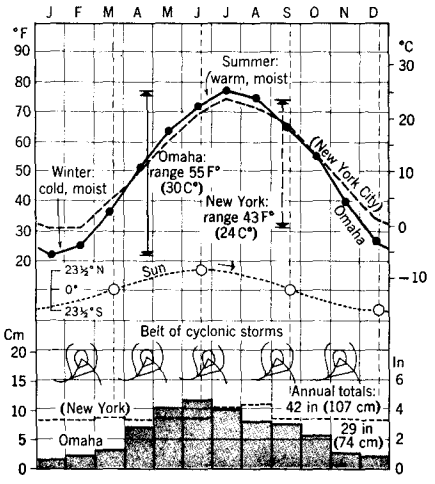
บริเวณละติจูดกลางซึ่งอยู่ระหว่าง 40–55 องศาเหนือ ตั้งแต่บริเวณตอนกลางทวีปไปจนจดชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกในทวีปอเมริกาเหนือและเอเชีย เป็นเขตที่อยู่กึ่งกลางระหว่างมวลอากาศเย็นจากขั้วโลกกับมวลอากาศร้อนจากทะเล หรือมวลอากาศร้อนจากภาคพื้นทวีปในเขตโซนร้อนทางตอนใต้และทางตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณดังกล่าวจึงเป็นแนวปะทะระหว่างมวลอากาศเย็นจากขั้วโลกกับมวลอากาศร้อนจากเขตโซนร้อน ในฤดูหนาวมวลอากาศเย็นภาคพื้นทวีปจากขั้วโลกได้แผ่อิทธิพลเข้ามาปกคลุมโดยทั่วไป บริเวณภาคพื้นทวีปจึงมีอากาศหนาวจัด พอถึงหน้าร้อนมวลอากาศร้อนภาคพื้นทวีปจากเขตโซนร้อนได้แผ่อิทธิพลเข้ามาปกคลุม จึงทำให้บริเวณภาคพื้นทวีปมีอากาศร้อนทั่วไป ดังนั้น บริเวณภาคพื้นทวีปจึงมีอุณหภูมิและฤดูกาลแตกต่างกันมาก เขตนี้มีฝนตกตลอดปีเพราะอยู่ในแนวของพายุหมุนหรือแนวปะทะ การที่บริเวณภาคพื้นทวีปมีมวลอากาศแต่ละฤดูแตกต่างกันมาก เนื่องจากผลของการเกิดแนวปะทะและการเปลี่ยนแปลงของอากาศอย่างรุนแรง ลักษณะภูมิอากาศดังกล่าวนี้จึงเป็นทั้งอากาศชื้นและอากาศภาคพื้นทวีป

ตามระบบจำแนกภูมิอากาศของเคิปเปน ภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีปจำแนกออกได้ 4 ชนิดด้วย

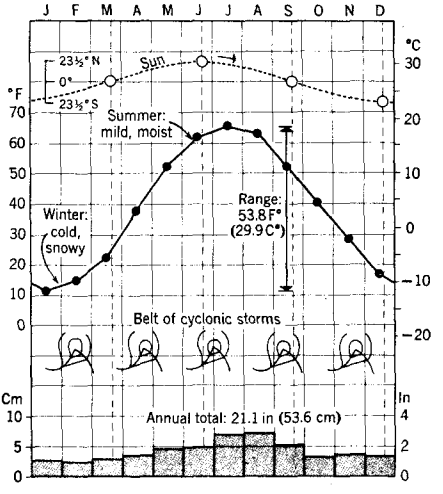
กัน 2 ชนิดแรกเป็นภูมิอากาศที่มีความชุ่มชื้นตลอดปี ได้แก่ ภูมิอากาศ Dfa และ Dfb เป็นภูมิอากาศที่หนาวเย็นและมีหิมะปกคลุมในฤดูหนาว ภูมิอากาศแบบ Dfa หน้าร้อนอากาศค่อนข้างร้อน ส่วนภูมิอากาศ Dfb หน้าร้อนอากาศอบอุ่น อีก 2 ชนิด คือ ภูมิอากาศ Dwa และ Dwb ทั้งสองชนิดนี้พบในบริเวณทางภาคตะวันออกของไซบีเรีย แมนจูเรีย และทางภาคเหนือของเกาหลี เป็นภูมิอากาศที่หนาวเย็น มีหิมะปกคลุม และแห้งแล้งในฤดูหนาว

ลักษณะบางอย่างของภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีปที่พอจะดูได้ก็คือ กราฟแสดงอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนประจำปีของแต่ละแห่ง เช่น กราฟแสดงอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนที่เมืองโอมาฮากับเมืองนิวยอร์ก (รูป 11.5) ที่เมืองมอสโก ในสหภาพโซเวียตรุสเซีย (รูป 11.6) ที่กรุงปักกิ่งในสาธารณรัฐประชาชนจีน (รูป 11.7) สถานีตรวจอากาศทั้ง 4 แห่งนี้ มีเส้นกราฟแสดงลักษณะอุณหภูมิคล้ายคลึงกันมาก อุณหภูมิแตกต่างประจำปีอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน คือ 55 องศาฟาเรนไฮต์ (30 องศาเซลเซียส) ที่นิวยอร์กจะต่างกับที่อื่นบ้างก็เพราะว่าอยู่ใกล้ทะเลมากกว่าที่อื่น

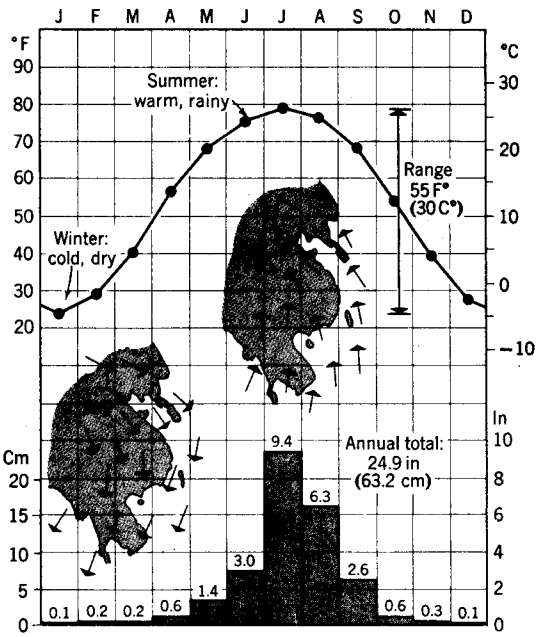
ส่วนปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่วัดได้จะแตกต่างกันทั้ง 4 แห่ง ในฤดูร้อนจะมีฝนตกมากที่สุดทั้ง 4 แห่ง แต่ที่นิวยอร์กจะแตกต่างออกไปเพราะบริเวณนี้จะมีลมทะเลพัดเข้าสู่ตลอดปี ฝนจึงตกสม่ำเสมอตลอดทั้งปี ส่วนที่มอสโกและโอมาฮาจะมีฝนตกมากที่สุดในฤดูร้อนและตกน้อยลงในฤดูหนาว แต่เนื่องจากมอสโกอยู่เหนือไปทางขั้วโลกมากกว่าที่อื่นจึงมีฝนตกเฉลี่ยทั้งปีน้อยลง ส่วนที่ปักกิ่งปรากฏว่าหน้าร้อนมีฝนตกเฉลี่ยมากกว่าที่อื่น ๆ แต่หน้าหนาวอากาศแห้งแล้ง ทั้งนี้เนื่องจากถูกควบคุมโดยอิทธิพลของลมมรสุม



รูปที่ 11.5 การเปรียบเทียบลักษณะภูมิอากาศ ที่เมืองนิวยอร์กกับเมืองโอมาฮา ทั้งสองเมืองนี้ต่างก็อยู่ในเขตภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป



รูปที่ 11.6 กราฟภูมิอากาศที่เมืองปักกิ่ง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนที่ละติจูด 40 องศาเหนือ



รูปที่ 11.7 กราฟภูมิอากาศที่เมืองปักกิ่ง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ที่ละติจูด 40 องศาเหนือ

บริเวณภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป มีพืชพรรณธรรมชาติและดินที่แตกต่างกันสำคัญอยู่ 3 ชนิด ทั้งนี้จะขอยกตัวอย่างในบริเวณอเมริกาเหนือให้เห็นดังนี้

บริเวณที่มีอากาศชื้นมากทางภาคตะวันออก คือ เขตอากาศ Dfa เขตนี้ในหน้าร้อนป่าไม้มีการผลัดใบและมีสีเขียวอยู่เสมอ ดินบริเวณนี้เป็นดินสีน้ำตาล (Brown forest) และดินพอดซอลสีน้ำตาลแก่ (Gray–Brown Podzolic) เป็นดินที่มีฮิวมัสอุดมสมบูรณ์ มีการชะล้างปานกลาง ปัจจุบันเป็นแหล่งเพาะปลูกและเลี้ยงวัวนมที่สำคัญแห่งหนึ่ง

บริเวณทางเหนือที่เป็นป่าสน ในเขตภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป ส่วนมากจะเป็นภูเขา เช่น แถบนิวอิงแลนด์ ดินบริเวณนี้เป็นพวกพอดซอล (Podzol) เป็นดินที่มีการชะล้างสูง แต่ดินชั้นบนมีฮิวมัสอยู่บ้าง ดินพอดซอลเป็นดินที่มีคัลเซียม โปตัสเซียม และมักเนเซียมสูง แต่ดินมีสภาพเป็นกรด โดยธรรมชาติจึงทำให้ดินชนิดนี้ไม่ค่อยเหมาะในการเพาะปลูกพืชทั่วไปแต่เหมาะสำหรับการปลูกป่าสน

บริเวณที่ราบที่มีอากาศแห้งแล้งกว่าปกติ พืชพรรณธรรมชาติจะเป็นพวกหญ้าสูง ถ้าบริเวณไหนแห้งแล้งมากขึ้น หญ้าจะมีขนาดสั้นลงซึ่งจะพบอยู่ทางด้านตะวันตกของเขตดังกล่าวนี้ ดินที่สำคัญในบริเวณนี้ ได้แก่ ดินแพรรี และดินเชอร์โนเซม เป็นดินสีดำ และมีหน้าดินลึก เป็นดินที่มีแร่คัลเซียม มักเนเซียม และโปตัสเซียมสูง เพราะบริเวณดังกล่าวนี้มีฝนตกน้อยกว่าทางภาคตะวันออก การชะล้างก็มีน้อย การเกิดของดินจึงดำเนินไปได้ดีตลอดเวลา

คำถามท้ายบทที่ 11

1. จงอธิบายถึงข้อเท็จจริงของภูมิอากาศชื้นกึ่งโซนร้อน ซึ่งอยู่ระหว่างละติจูด 25—35 องศา ชายฝั่งแคบ ๆ ทางภาคตะวันออกของภาคพื้นทวีป มวลอากาศที่พัดเข้ามาปกคลุมบริเวณกึ่งโซนร้อนเป็นมวลอากาศชนิดไหน และธรรมชาติของมวลอากาศที่พัดเข้ามาเป็นมวลอากาศประเภทใด
2. จงอธิบายวัฏจักรของอุณหภูมิและหยาดน้ำฟ้าประจำปี ณ สถานีตรวจอากาศจากที่ใดที่หนึ่ง ในเขตภูมิอากาศชื้นกึ่งโซนร้อน (Cfa) ซึ่งอยู่บนชายฝั่งมหาสมุทรแอตแลนติกด้านตะวันออกเฉียงใต้หรือตามชายฝั่งของอ่าวด้านตะวันออกของสหรัฐอเมริกา และชี้ให้เห็นว่าระยะเวลาไหนที่มีฝนตกหนักที่สุด เพราะเหตุใดจึงมีฝนตกในระยะนั้น ในระยะที่มีฝนตกหนักมีพายุฟ้าคะนองเกิดขึ้นบ่อยหรือไม่
3. ลักษณะภูมิอากาศตามชายฝั่งด้านตะวันออกเฉียงใต้ของเอเชีย ในเขตกึ่งโซนร้อนเป็นอย่างไร ? วัฏจักรของหยาดน้ำฟ้าในบริเวณเขตนี้แตกต่างกับบริเวณภาคตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกาอย่างไร ? เพราะเหตุใดทั้งสองบริเวณจึงมีวัฏจักรของหยาดน้ำฟ้าแตกต่างกัน
4. พืชพรรณธรรมชาติในเขตภูมิอากาศชื้นกึ่งโซนร้อนทางชายฝั่งตะวันออก ซึ่งอยู่ระหว่างละติจูด 25—35 องศา เป็นพืชพรรณชนิดไหน ลักษณะของดินในเขตภูมิอากาศดังกล่าวนี้มีคุณสมบัติอย่างไรและมีดินชนิดใดบ้าง
5. ภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรด้านตะวันตก เขตละติจูดกลาง 40—60 องศามีลักษณะสำคัญเป็นอย่างไร ? มวลอากาศในบริเวณนี้มีลักษณะสำคัญอย่างไรบ้าง มวลอากาศและพายุไซโคลนที่พัดเข้าสู่บริเวณภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรด้านตะวันตกมาจากทิศทางไหน พายุไซโคลนที่พัดเข้ามานั้นมีผลต่อวัฏจักรของอุณหภูมิประจำปีในเขตนี้อย่างไร ?
6. เพราะเหตุใดภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรด้านตะวันตกจึงมีฝนตกน้อยลงในฤดูร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่อยู่ระหว่างละติจูด 40—50 องศา
7. ป่าไม้ที่ขึ้นอยู่ในบริเวณลาดเขาด้านต้านลม (Wind ward) ในเขตภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรบนชายฝั่งด้านตะวันตกเป็นป่าชนิดไหน ฝนภูเขาที่ตกในแถบนี้มีความสัมพันธ์ต่อการพัฒนาของป่าไม้และดินอย่างไรบ้าง
8. จงอธิบายลักษณะของภูมิอากาศเมดิเตอร์เรเนียน (Csb) ที่พบอยู่ตามชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกระหว่างละติจูด 30 — 40 องศา เส้นกราฟที่แสดงลักษณะหยาดน้ำฟ้าประจำปีของภูมิอากาศชนิดนี้เป็นอย่างไร ? เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นกราฟที่แสดงลักษณะหยาดน้ำฟ้าของภูมิอากาศสะวันนาเขตร้อนแล้วจะแตกต่างกันอย่างไร ?
9. พืชพรรณธรรมชาติในเขตภูมิอากาศเมดิเตอร์เรเนียน (Csa, Csb) เป็นแบบไหน
10. เพราะเหตุใดบริเวณภายในเขตภาคพื้นทวีปแถบละติจูดกลางจึงมีอากาศแห้งแล้ง อากาศที่แห้งแล้งดังกล่าวนี้ขึ้นอยู่กับการขวางกั้นของภูเขาหรือไม่ จงยกตัวอย่างประกอบการตอบ และจง

อธิบายหลักการสำคัญที่ทำให้เกิดทะเลทรายด้านที่เกิดเงาฝน (Rain shadow)

11. ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างเขตแห้งแล้งกับเขตกึ่งแห้งแล้งหรือเขตทุ่งหญ้าสเตปป์ได้แก่อะไร? พืชพรรณธรรมชาติบริเวณทุ่งหญ้าสเตปป์ และบริเวณทะเลทรายที่แห้งแล้งมาก ๆ ในเขตละติจูดกลางได้แก่อะไรบ้าง

12. ระดับความสูง (Altitude) มีอิทธิพลต่อความแห้งแล้งในแถบแห้งแล้งเขตละติจูดกลางได้อย่างไร ?

13. ปัจจัยสำคัญที่ควรทราบเกี่ยวกับวัฏจักรของอุณหภูมิเฉลี่ยประจำปีในบริเวณภูมิอากาศแถบทุ่งหญ้าเขตละติจูดกลาง (BSk) กับภูมิอากาศทะเลทรายเขตละติจูดกลาง (BWk) ได้แก่อะไร ? วัฏจักรของอุณหภูมิประจำปีที่กล่าวมานี้แตกต่างไปจากวัฏจักรของอุณหภูมิประจำปีของภูมิอากาศทะเลทรายเขตร้อนหรือไม่

14. การจำแนกเขตภูมิอากาศแห้งแล้งกับภูมิอากาศชุ่มชื้นมีข้อพิจารณาอย่างไร ? เขตที่จำแนกดังกล่าวนี้เป็นแนวที่ตายตัวหรือไม่และมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจด้านไหนบ้าง

15. บริเวณทุ่งหญ้าสเตปป์เขตละติจูดกลางมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของโลกอย่างไรบ้าง ดินที่พบอยู่ในบริเวณนี้เป็นดินชนิดไหน เหมาะแก่การปลูกพวกธัญพืช (Grain crops) หรือไม่ ดินต่าง ๆ ในเขตนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร ?

16. จงอธิบายลักษณะภูมิประเทศเขตละติจูดกลางในบริเวณตอนกลางทวีปและทางภาคตะวันออกของภาคพื้นทวีป มวลอากาศที่มีอิทธิพลในบริเวณนี้เป็นมวลอากาศชนิดไหน เพราะเหตุใดฤดูต่าง ๆ มวลอากาศแต่ละชนิดจึงมีบทบาทสำคัญต่อภูมิอากาศเขตนี้มาก

17. จงอธิบายวัฏจักรของภูมิอากาศประจำปีที่สถานีตรวจอากาศแห่งใดแห่งหนึ่งที่อยู่ในเขตภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป (Dfa, Dfb) วัฏจักรของอุณหภูมิประจำปีเขตนี้สูงสุดกับต่ำสุดแตกต่างกันมากหรือน้อย จงอธิบายและยกตัวอย่างบริเวณภาคพื้นทวีปอุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนที่หนาวที่สุดต่ำกว่าจุดเยือกแข็งหรือไม่

18. เราสามารถจะกล่าวได้ว่า อุณหภูมิของวันต่อวันในเขตภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป เกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอได้อย่างไร ? การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้จะมีผลต่อมวลอากาศในเขตนี้อย่างไรบ้าง

19. จงอธิบายถึงลักษณะพืชพรรณธรรมชาติและดินในบริเวณภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป (Dfa, Dfb) แถบละติจูดกลาง ภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีปทางซีกโลกเหนือแตกต่างไปจากภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีปทางซีกโลกใต้ได้อย่างไร ? และภูมิอากาศดังกล่าวนี้จะมีลักษณะแตกต่างระหว่างซีกโลกตะวันออกกับซีกโลกตะวันตกได้อย่างไร ?

บทที่ 12

ภูมิอากาศเขตขั้วโลก เขตอาร์กติก และเขตที่สูง

(Polar, Arctic, and Highland Climates)

ภูมิอากาศกลุ่มที่ 3 คือ ภูมิอากาศที่อยู่ในบริเวณละติจูดสูง ส่วนใหญ่จะถูกควบคุมจากมวลอากาศขั้วโลกและมวลอากาศเขตอาร์กติก เป็นภูมิอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ ปริมาณน้ำฝนน้อยและการระเหยของน้ำน้อย

12.1 ภูมิอากาศภาคพื้นทวีปกึ่งอาร์กติก (Dfc, Dfd, Dwc, Dwd)

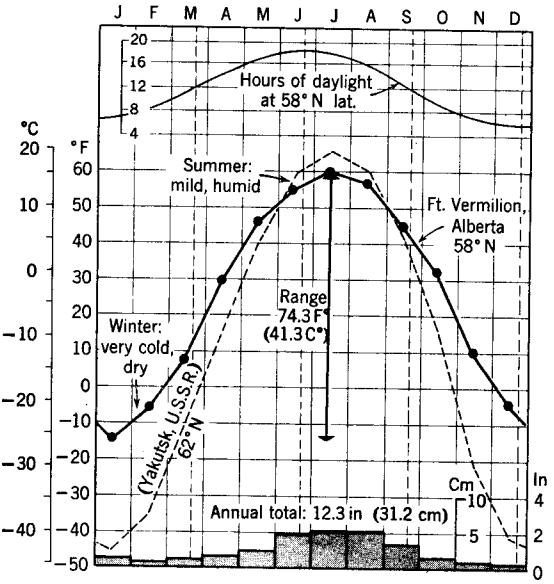
บริเวณภายในอันกว้างขวางของอเมริกาเหนือและยูเรเชีย ตั้งแต่แนวละติจูด 50—70 องศาเหนือ เป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้เกิดมวลอากาศภาคพื้นทวีปเขตขั้วโลก

ในฤดูหนาวบริเวณภายในทวีปทั้งสองนี้พื้นดินจะเย็นลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดหย่อมความกดอากาศสูงในไซบีเรียและแคนาดาขึ้น ภายในทวีปทั้งสองจึงถูกปกคลุมด้วยอากาศที่หนาวเย็นจัด มีหิมะปกคลุมทั่วไป บริเวณที่มีอากาศหนาวจัดนี้ปรากฏว่า ในระดับสูง 5,000 ฟุต (1,500 เมตร) อากาศจะมีอุณหภูมิสูงกว่าตามผิวดินราว 10 องศาฟาเรนไฮต์ (5 องศาเซลเซียส) นอกจากเขตนี้จะมีอากาศหนาวจัดแล้ว ความชื้นยังต่ำด้วย มวลอากาศโดยทั่วไปมีลักษณะคงที่และท้องฟ้าแจ่มใสอยู่เสมอ

พอย่างเข้าสู่ฤดูร้อนอุณหภูมิของอากาศจะค่อย ๆ สูงขึ้น ความชื้นจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ภูมิอากาศเขตขั้วโลกและเขตอาร์กติกนอกจากจะหนาวจัดแล้ว อุณหภูมิของแต่ละฤดูกาลยังแตกต่างกันมากด้วย จะมีฝนตกบ้างในเดือนที่อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น ภูมิอากาศชนิดนี้เรียกว่า ภูมิอากาศภาคพื้นทวีปกึ่งอาร์กติก (Continental subartic climate) ประกอบด้วยภูมิอากาศที่จำแนกตามระบบของเดิมเป็น 4 ชนิดด้วยกัน เป็นภูมิอากาศที่เกิดอยู่เป็นบริเวณกว้างขวางที่สุด มีอาณาเขตตั้งแต่อะแลสกาลงมาจนถึงชายฝั่งแลบราดอร์ และตั้งแต่บริเวณคาบสมุทรสแกนดิเนเวียไปจนถึงไซบีเรีย จำแนกดังนี้

ภูมิอากาศแบบ Dfc เป็นภูมิอากาศที่หนาวเย็น ปกคลุมไปด้วยป่าไม้และหิมะ มีความชื้นตลอดทั้งปี หน้าร้อนมีระยะสั้นและอากาศเย็น ในปีหนึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 50 องศาฟาเรนไฮต์น้อยกว่า 4 เดือน

ภูมิอากาศแบบ Dfd เป็นภูมิอากาศที่หนาวเย็นกว่าแบบ Dfc พบอยู่เฉพาะทางตอนเหนือของไซบีเรีย เป็นภูมิอากาศที่หนาวจัดมาก เดือนที่หนาวที่สุดมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า —36.4 องศาฟาเรนไฮต์ (—38 องศาเซลเซียส)



รูป 12.1 กราฟภูมิอากาศที่ เฟ้นท์ เวอร์มิลเลียน มลรัฐแอลเบอร์ตา และที่เมืองยาคุตสก์ สหภาพโซเวียตรุสเซีย

ภูมิอากาศแบบ Dwc และ Dwd เป็นอุณหภูมิที่หนาวเย็นจัดเหมือนกัน หน้าหนาวอากาศแห้งแล้ง พบอยู่เฉพาะในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของเอเชีย ภูมิอากาศชนิดนี้ในหน้าร้อนอากาศค่อนข้างเย็น หน้าหนาวอากาศหนาวจัด

ลักษณะภูมิอากาศภาคพื้นทวีปกึ่งอาร์กติก อาจแสดงได้ด้วยกราฟจากสถานีตรวจอากาศที่เมืองฟอร์ต เวอมิลเลียน (Ft. Vermilion) ในรัฐแอลเบอร์ตา แคนาดา ซึ่งตั้งอยู่ที่ละติจูด 58 องศาเหนือ (รูป 12.1) ที่สถานีตรวจอากาศแห่งหนึ่งมีอุณหภูมิประจำปีแตกต่างกันถึง 74 องศาฟาเรนไฮต์ (41 องศาเซลเซียส) แต่ที่เมืองยาคุตสก์ (Yakutsk) ในสหภาพโซเวียต ภูมิอากาศแบบนี้อุณหภูมิประจำปีจะแตกต่างกันมากกว่านี้ ภูมิอากาศแบบภาคพื้นทวีปแถบกึ่งอาร์กติกเป็นภูมิอากาศที่มีพิสัยอุณหภูมิประจำปีแตกต่างกันมากที่สุดในโลก คือ ในบริเวณไซบีเรียต่างกันถึง 110 องศาฟาเรนไฮต์ (61 องศาเซลเซียส) บริเวณตอนกลางของเขตอาร์กติกที่มีอุณหภูมิต่ำสุดปรากฏว่า มีอุณหภูมิต่างกันเพียง 65 องศาฟาเรนไฮต์เท่านั้น

อุณหภูมิต่ำสุดที่เคยตรวจได้ทางตะวันตกของแคนาดา อยู่ระหว่าง —70 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง —80 องศาฟาเรนไฮต์ (—57 องศาเซลเซียส ถึง—62 องศาเซลเซียส) และเคยตรวจได้ต่ำสุดถึง —81 องศาฟาเรนไฮต์ (—63 องศาเซลเซียส) ที่เมืองสะแนก (Snag) ในบริเวณที่ราบสูงยูคอน เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ. 1947 บริเวณที่มีอากาศหนาวจัดที่สุดในซีกโลกเหนือ ได้แก่ ที่เมืองเวอร์โคยันสก์ (Verkhoyansk) คือ มีอุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนมกราคม —59 องศาฟาเรนไฮต์ (—51 องศาเซลเซียส)

และอุณหภูมิต่ำสุดที่เคยตรวจได้ —93 องศาฟาเรนไฮต์ (—69 องศาเซลเซียส)

ฤดูร้อนในภูมิภาคภูมิอากาศกึ่งอาร์กติกมีระยะสั้นมาก เดือนที่ร้อนที่สุดมีอุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 50 องศาฟาเรนไฮต์ (10 องศาเซลเซียส) และมีน้ำค้างแข็งเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา บางวันในฤดูร้อนอุณหภูมิประจำวันสูงถึง 70 องศาฟาเรนไฮต์ (21 องศาเซลเซียส) ระหว่างเดือนพฤษภาคม—สิงหาคม วันหนึ่ง ๆ จะมองเห็นดวงอาทิตย์อยู่เหนือขอบฟ้า 16—18 ชั่วโมง แม้ฤดูร้อนในเขตนี้จะมีแสงแดดแต่ละวันส่องอยู่นาน แต่มีระยะเวลาทำการเพาะปลูกสั้น จึงทำการเพาะปลูกไม่ได้

ในฤดูหนาว บริเวณภูมิอากาศภาคพื้นทวีปกึ่งอาร์กติกจะมีน้ำแข็งปกคลุมบริเวณนานถึง 6—7 เดือน ความชื้นที่อยู่ในดินและดินชั้นล่างที่ลึกลงไปหลายฟุตจะเกิดการแข็งตัวด้วย ในฤดูร้อนน้ำแข็งที่ติดอยู่ในดินจะละลายบางส่วนเฉพาะที่อยู่ข้างบน ส่วนที่อยู่ลึกเกินไปจะมีน้ำค้างแข็งถาวร (Permafrost)

การกระจายของพื้นดินมีน้ำค้างแข็งอยู่ถาวรอยู่ในดินชั้นล่าง ในซีกโลกเหนือมีอยู่ 3 แบบใหญ่ ๆ ส่วนมากจะพบอยู่ในเขตอากาศแบบทุนดรา ในเขตภูมิอากาศแบบภาคพื้นทวีปกึ่งอาร์กติกนั้นจะพบอยู่หลายแห่งเหมือนกัน ส่วนใหญ่จะพบอยู่เฉพาะในไซบีเรีย บริเวณที่มีน้ำค้างแข็งถาวรดังกล่าวนี้ในดินชั้นล่างน้ำจะเกิดการแข็งตัวไปเรื่อย ๆ เพราะฉะนั้นจึงทำให้ดินขาดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ระดับความลึกของชั้นดินที่เป็นน้ำค้างแข็งถาวรนี้ บริเวณไหนที่มีการแข็งตัวเป็นประจำจะมีความลึกลงไป 1,000 ฟุต จนถึง 1,500 ฟุตก็มี (300—400 เมตร) ซึ่งส่วนมากจะพบอยู่ในเขตละติจูด 60 องศาเหนือ บริเวณนี้การแข็งตัวของชั้นดินมีมาตั้งแต่ยุคน้ำแข็งเกิดขึ้นครั้งสุดท้าย แต่บางแห่งเพิ่งเกิดขึ้นในระยะหลังมานี้ บริเวณที่มีน้ำค้างแข็งถาวรนับเป็นปัญหาต่อการสร้างสิ่งต่าง ๆ เป็นอย่างมาก และยังมีปัญหาเรื่องน้ำท่วมและการสลายตัวของน้ำแข็งในดินชั้นล่างด้วย

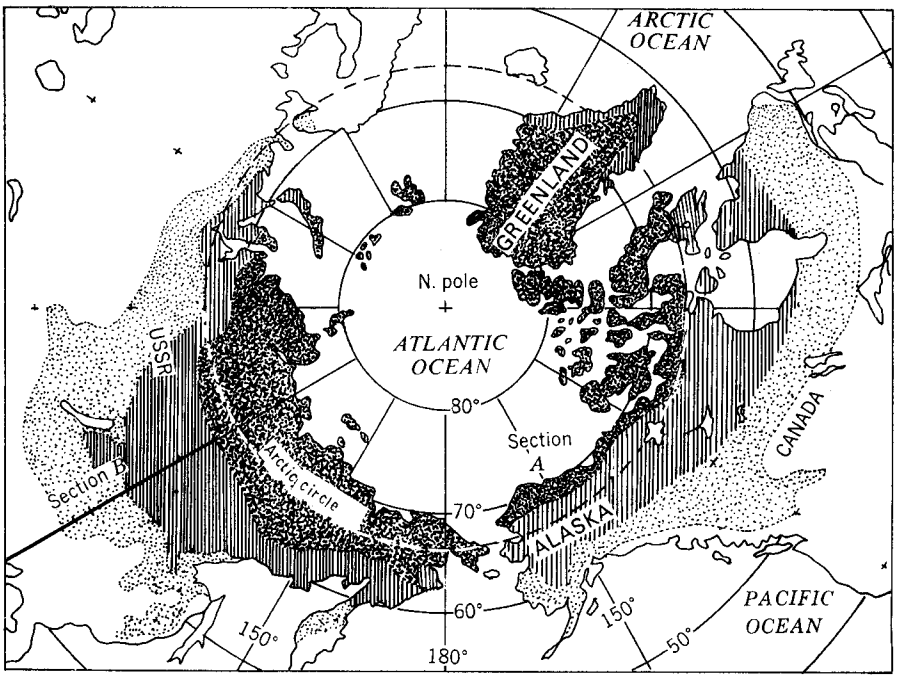
บริเวณที่เกิดของมวลอากาศเย็นภาคพื้นทวีปมักพบอยู่ในบริเวณที่มีฝนตกน้อยกว่า 10 นิ้วต่อปี (25 เซนติเมตร) ในบริเวณนี้แม้จะมีฝนตกน้อย แต่อุณหภูมิต่ำ มีการระเหยน้อย ดินจึงมีความชุ่มชื้นอยู่เสมอ ฝนส่วนมากเกิดจากอิทธิพลของพายุหมุน ฝนตกมากในฤดูร้อน ในฤดูหนาวจะมีหิมะตกแทน

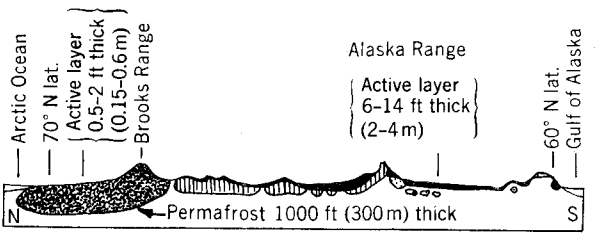
บริเวณภูมิอากาศกึ่งอาร์กติกส่วนมากพบอยู่ในเขตป่าสน บางที่หมายถึงป่าไม้เขตหนาวทางเหนือ (Boreal forest) เช่น ป่าไทกา ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่แถบนี้มีขนาดเล็ก เหมาะสำหรับทำเยื่อกระดาษมากกว่าป่าไม้ซุง

ดินที่พบในเขตภูมิอากาศแบบทุนดรา เป็นพวกดินพอดซอล ดินชนิดนี้มีการชะล้างสูง และมีสภาพเป็นกรด ไม่เหมาะสำหรับการเพาะปลูก (รูป 12.2)

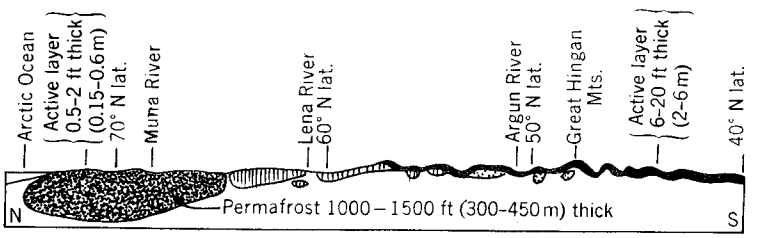
12.2 ภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรกึ่งอาร์กติก (EM)

ภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรกึ่งอาร์กติก จะพบอยู่ในละติจูด 45 — 65 องศาเหนือ บริเวณนี้มี





Section *A*: Alaska, on long. 150° W



Section *B*: Asia, on long. 120° E
(Modified from I. V. Poiré)

Diagrammatic cross sections of permafrost

Active layer

Discontinuous permafrost

Continuous parmafrost

Sporadic permafrost

รูปที่ 12.2 การกระจายของชั้นดินเย็นแข็งคงตัว (Permafrost) ในซีกโลกเหนือ ภาพตัดขวางที่เห็นได้แก่ บริเวณชั้นดินเย็นแข็งคงตัวในอะแลสกาและในเอเชีย

ปริมาณน้ำฝนประจำปีไม่แน่นอน พิสัยอุณหภูมิประจำปี (Range) ก็ไม่สามารถวัดได้แน่นอนด้วย ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลต่าง ๆ ไม่อาจทราบได้แน่นอน

ภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรกึ่งอาร์กติก ส่วนมากอยู่ภายใต้อิทธิพลของมวลอากาศชั้นเขตขั้วโลกตลอดเวลาทั้งในมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ มหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ และมหาสมุทรทางซีกโลกใต้

ลักษณะสำคัญของภูมิอากาศแถบนี้คือ มีเมฆมากตลอดเวลา ลมพัดแรง จะมีฝนตกอยู่เสมอ

ตามระบบการจำแนกภูมิอากาศของเคิปเปน ภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรกึ่งอาร์กติกจะรวมอยู่กับภูมิอากาศแบบทุนดรา แต่เมื่อเร็วๆ นี้นักภูมิศาสตร์ภาคพื้นสมุทรในเขตกึ่งอาร์กติกได้จำแนกภูมิอากาศแบบทุนดรา (ET) ตามบริเวณมหาสมุทรออกเป็น EM คือ M ได้แก่บริเวณภูมิอากาศที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับอุณหภูมิของน้ำในบริเวณนั้น ๆ ภูมิอากาศแบบนี้พบอยู่เฉพาะบริเวณชายฝั่งที่ลมทะเลพัดเข้ามาปะทะ และบริเวณเกาะที่มีอยู่ในระดับละติจูดระหว่าง 55 องศา—75 อาศา ในมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ เช่น ชายฝั่งทางด้านใต้ของเกาะกรีนแลนด์ ทางเหนือของไอซแลนด์ และบริเวณชายฝั่งทางเหนือของนอรเว ทางซีกโลกใต้ ภูมิอากาศแบบนี้จะพบอยู่ในบริเวณบางแห่งเช่นที่หมู่เกาะฟอล์คแลนด์ และเกาะจอร์เจียใต้

ภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรกึ่งอาร์กติก อุณหภูมิเฉลี่ยเดือนที่ร้อนที่สุดทุกเดือนต่ำกว่า 50 องศาฟาเรนไฮต์ ต่างกับภูมิอากาศแบบทุนดรา ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยทุกเดือนต่ำกว่านี้มาก นอกจากนี้บริเวณฝนตกในเขตภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรกึ่งอาร์กติกจะมากกว่าในเขตภูมิอากาศแบบทุนดราด้วย เดือนที่หนาวที่สุดของภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรกึ่งอาร์กติก เฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 20 องศาฟาเรนไฮต์ (—7 องศาเซลเซียส)

ดินและพืชพรรณธรรมชาติในเขตภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรกึ่งอาร์กติก มีลักษณะเหมือนกันกับดินและพืชพรรณธรรมชาติในเขตภูมิอากาศแบบทุนดรา คือ ไม่มีต้นไม้ใดขึ้นเลย แต่มีพืชอื่นมาปกคลุมพื้นดินบ้าง

12.3 ภูมิอากาศแบบทุนดรา (ET)

ดินแดนในซีกโลกเหนือทั้งในอเมริกาเหนือและยูเรเซีย ตั้งแต่เส้นอาร์กติกขึ้นไปจนถึงเส้นขนานที่ 75 องศา เป็นบริเวณที่อยู่นอกเขตการควบคุมของมวลอากาศเขตอาร์กติก แต่จะอยู่ในเขตควบคุมของแนวปะทะเขตอาร์กติก (Arctic front) แนวปะทะดังกล่าวนี้มีแนวเกิดอยู่ทางตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือและมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ เป็นแถบที่เกิดพายุหมุนอยู่เสมอ ลักษณะอากาศก็มักรุนแรง บริเวณดังกล่าวนี้เองคือบริเวณของภูมิอากาศแบบทุนดรา เป็นลักษณะของภูมิอากาศแถบขั้วโลกโดยแท้ ภูมิอากาศแถบนี้เดือนที่ร้อนที่สุดอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 50 องศาฟาเรนไฮต์ แต่สูงกว่า 32 องศาฟาเรนไฮต์

ภูมิอากาศทุนดรามีข้อสังเกตสำคัญดังนี้ ประการแรก พิสัยอุณหภูมิประจำปีมีมาก แต่ยังน้อย

กว่าภูมิอากาศภาคพื้นทวีปกึ่งอาร์กติก ประการที่สอง เดือนที่ร้อนที่สุดอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 40 องศาฟาเรนไฮต์ (4 องศาเซลเซียส) และเดือนที่หนาวที่สุดอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 0 องศาฟาเรนไฮต์ (—18 องศาเซลเซียส) ประการที่สาม ฝนตกเฉลี่ยน้อยกว่า 10 นิ้วต่อปี ในฤดูร้อนภูมิอากาศแบบนี้ตามชายฝั่งทะเลจะมีอากาศอบอุ่นมากกว่าบริเวณพื้นดินที่อยู่ลึกเข้าไป

พืชพรรณธรรมชาติในเขตภูมิอากาศแบบทุนดรา ไม่มีต้นไม้ขึ้นเลย มีแต่หญ้ามอส ไลเคน และไม้พุ่มเล็ก ๆ ทางตอนใต้ ๆ ลงมาของเขตนี้ พืชพรรณธรรมชาติจะเป็นพวกไม้เตี้ย ๆ จนถึงไม้สน บริเวณดังกล่าวนี้ตามแนวเส้นไอโซเทอม 50 องศาของเดือนที่ร้อนที่สุด เคิปเปนถือว่าเป็นแนวแบ่งระหว่างภูมิอากาศแบบ Df กับ ET

ดินในเขตภูมิอากาศแบบทุนดรา ส่วนมากเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางแมคแคนิคส์ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีมีน้อยมาก ดินส่วนมากเป็นดินเหนียวสีเทาจนถึงน้ำเงินเทาและเป็นดินที่แข็งตัวถาวร มีระดับลึกกว่า 1,000 ฟุต แต่ละฤดูน้ำแข็งใต้พื้นดินจะละลายได้ลึกลงไปราว 4—24 นิ้วเท่านั้น การละลายของน้ำแข็งในดินจะทำให้พื้นดินเฉอะแฉะและบางครั้งจะทำให้เกิดเป็นหลุมเป็นบ่อขึ้น

12.4 ภูมิอากาศบริเวณน้ำแข็ง (EF)

บริเวณที่มีน้ำแข็งปกคลุมอยู่อย่างกว้างขวางบนพื้นโลกมีอยู่ 3 บริเวณ คือ ในเกาะกรีนแลนด์ ทวีปแอนตาร์กติกา และเกาะน้ำแข็งในมหาสมุทรอาร์กติก สองบริเวณแรกน้ำแข็งจะปกคลุมอยู่บนพื้นดิน แต่บริเวณหลังน้ำแข็งจะปกคลุมอยู่บริเวณบนพื้นน้ำ

ภูมิอากาศบริเวณน้ำแข็ง เป็นภูมิอากาศที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอย่างอื่นทั้งหมด เคิปเปนได้กำหนดไว้ว่า ภูมิอากาศชนิดนี้มีสัญลักษณ์ EF หรือภูมิอากาศขั้วโลกที่มีน้ำแข็งปกคลุมตลอดปี ภูมิอากาศชนิดนี้ไม่มีเดือนไหนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 32 องศาฟาเรนไฮต์ (0 องศาเซลเซียส) จากการรวบรวมข้อมูลทำให้ทราบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีที่เกาะกรีนแลนด์ประมาณ —20 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง —30 องศาฟาเรนไฮต์ (—30 องศาเซลเซียส ถึง —35 องศาเซลเซียส) ส่วนบริเวณมหาสมุทรอาร์กติกอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ —9 องศาฟาเรนไฮต์ (—32 องศาเซลเซียส) ซึ่งเปรียบเทียบภูมิอากาศแบบทุนดรา ซึ่งมีเพียง 10 — 25 องศาฟาเรนไฮต์เท่านั้น บริเวณมหาสมุทรอาร์กติกที่หนาวน้อยกว่าเกาะกรีนแลนด์นั้นก็เพราะว่าอิทธิพลของลมทะเลทำให้ความหนาวเย็นในมหาสมุทรอาร์กติกลดน้อยลง

จากการบันทึกรายงานอากาศของชาวเยอรมันระหว่างปี 1929 — 1931 กล่าวไว้ว่า มีอยู่เพียง 3 เดือนเท่านั้นที่อุณหภูมิเฉลี่ยในเกาะกรีนแลนด์มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 0 องศาฟาเรนไฮต์ (—18 องศาเซลเซียส) เดือนที่ร้อนที่สุดคือเดือนกรกฎาคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 12 องศาฟาเรนไฮต์ (—11 องศาเซลเซียส) เดือนที่หนาวที่สุดคือเดือนกุมภาพันธ์อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ — 53 องศาฟาเรนไฮต์ (—47 องศาเซลเซียส) ซึ่งแตกต่างกันทั้งปีถึง 65 องศาฟาเรนไฮต์ (36 องศาเซลเซียส)

ลมที่พัดอยู่ตามผิวน้ำแข็งในบริเวณที่น้ำแข็งปกคลุมนี้หนาวเย็นจัดมาก เวลาพัดผ่านที่ใดจะทำ

ให้บริเวณนั้นหนาวเย็นจัดตามไปด้วย จนทำให้บริเวณที่ลมหนาวเย็นพัดผ่านกลายเป็นน้ำแข็งไปด้วย ก็มี บริเวณเกาะกรีนแลนด์บางครั้งจะมีพายุหมุนพัดผ่านและมีฝนตกซึ่งทำให้ฝนที่ตกลงมากลายเป็นน้ำแข็งไปด้วย

ภูมิอากาศบริเวณน้ำแข็งทางซีกโลกภาคใต้ ในสมัยก่อนมีความรู้เรื่องต่าง ๆ น้อยมาก จนกระทั่งถึงปี ค.ศ. 1957 — 1958 ได้มีการจัดตั้งสถานีตรวจอากาศขึ้น ทำให้รู้เรื่องเกี่ยวกับภูมิอากาศในซีกโลกใต้ดีขึ้น ที่สถานีตรวจอากาศของรุสเซีย ซึ่งตั้งอยู่ห่างจากขั้วโลกใต้ขึ้นมาราว 800 ไมล์ ในบริเวณที่มีความสูง 11,440 ฟุต (3,488 เมตร) ถือได้ว่าเป็นจุดที่หนาวเย็นที่สุดในโลก จากการบันทึกปรากฏว่าวัดอุณหภูมิได้ถึง —125.3 องศาฟาเรนไฮต์ (—87.4 องศาเซลเซียส) ซึ่งวัดได้ในวันที่ 25 สิงหาคม ค.ศ. 1958 จากการบันทึกของสถานีตรวจอากาศของสกอตแลนด์เมื่อปี ค.ศ. 1957 ในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายนได้ประมาณ —76 องศาฟาเรนไฮต์ (—60 องศาเซลเซียส)

12.5 น้ำแข็งทะเล

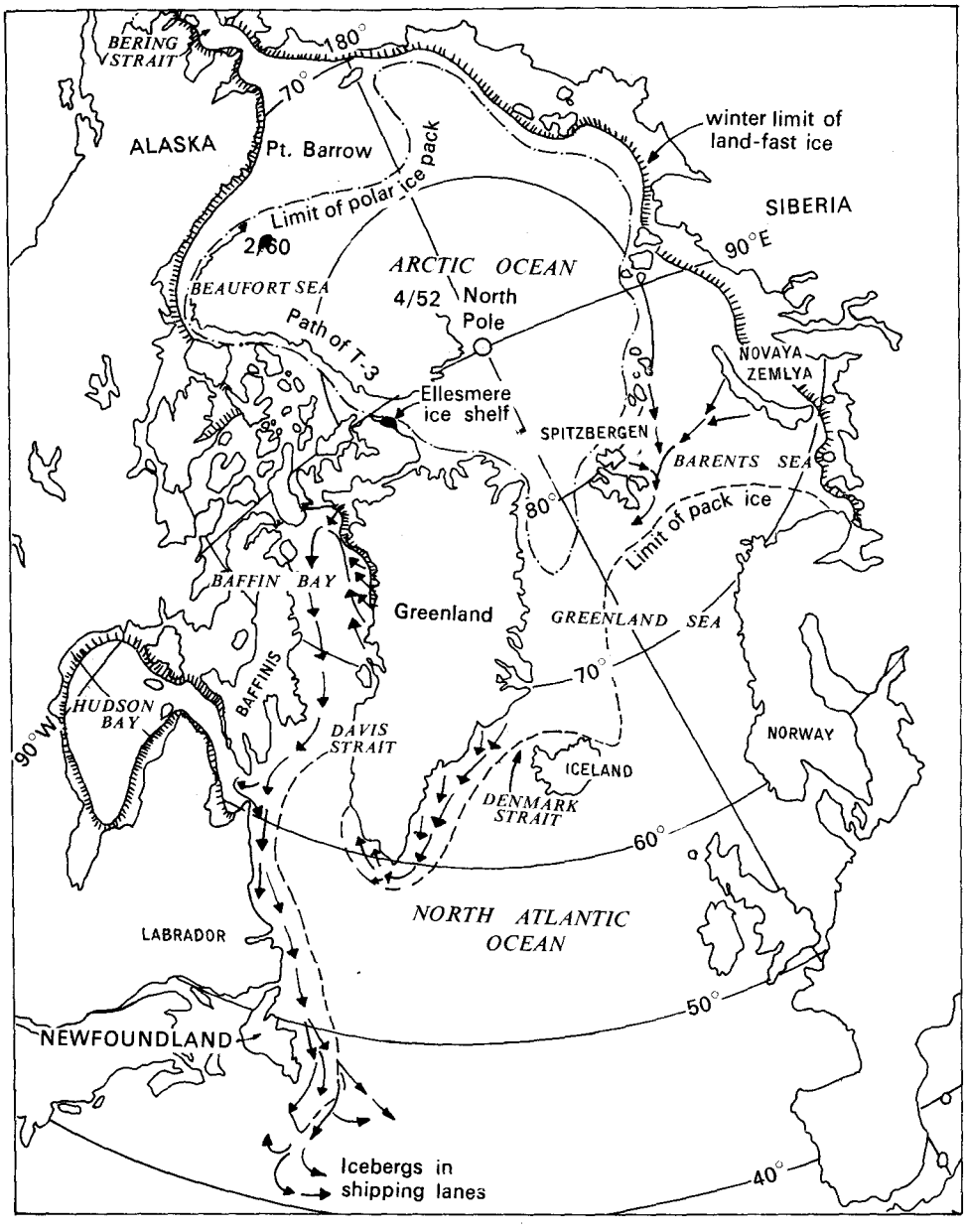
ปัจจุบันน้ำแข็งทะเลได้รับความสนใจจากกิจการทหารและพลเรือนมากขึ้น นักภูมิศาสตร์ชี้ให้เห็นว่าน้ำแข็งทะเลเกิดจากการแข็งตัวของน้ำทะเล ภูเขาน้ำแข็ง และเกาะน้ำแข็ง ซึ่งถูกกระแสน้ำพัดพาให้แตกออกเป็นก้อนเล็กก้อนน้อยและมารวมกันเป็นน้ำแข็งทะเล น้ำแข็งทะเลเกิดขึ้นได้เมื่อบริเวณผิวน้ำเย็นลงถึงอุณหภูมิ 28.5 องศาฟาเรนไฮต์ (—2 องศาเซลเซียส) ความหนาของน้ำแข็งจะประมาณ 15 ฟุต

บริเวณผิวน้ำบางแห่งจะมีกลุ่มก้อนน้ำแข็ง (Pack ice) ซึ่งเกิดจากแรงลมและกระแสน้ำพัดก้อนน้ำแข็งแตกเป็นก้อนเล็กก้อนน้อยลอยอยู่ทั่วไปเรียกว่า แพน้ำแข็ง (Ice floes) บริเวณผิวน้ำบางแห่งที่ไม่มีน้ำแข็งปกคลุมเป็นแนวแคบ ๆ เรียกว่า ลีดส์ (Leads) เมื่อแพน้ำแข็งที่ถูกพัดมารวมกันจะจับกันเป็นแผ่นน้ำแข็งอีกทีหนึ่ง แผ่นน้ำแข็งดังกล่าวนี้ลำบากต่อการเดินผ่านไปมามาก

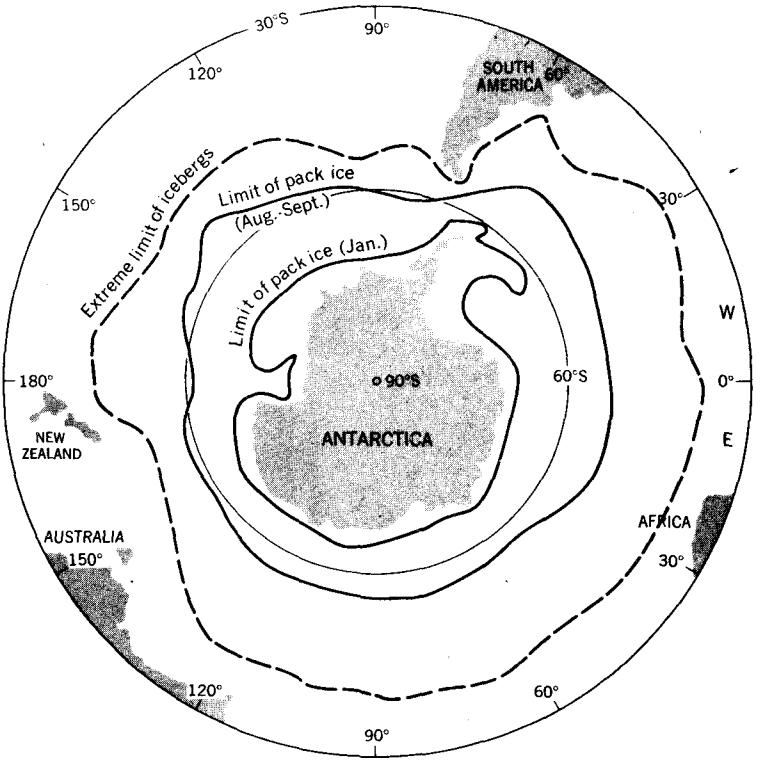
บริเวณมหาสมุทรแอนตาร์กติกที่เป็นพื้นดินที่ปกคลุมไปด้วยก้อนน้ำแข็งตลอดปี แต่บางแห่งพอถึงฤดูร้อนจะมีน้ำแข็งละลายไปบ้าง กระแสน้ำอุ่นแอตแลนติกเหนือช่วยทำให้น้ำแข็งบริเวณที่ไหลผ่านละลายลงไปมาก ส่วนบริเวณแอนตาร์กติกพวกแพน้ำแข็งจะไหลตามกระแสน้ำไปมาได้สะดวก บางครั้งกลุ่มก้อนน้ำแข็งจะไหลไปตามกระแสน้ำ ในฤดูหนาวบางครั้งปรากฏว่าก้อนน้ำแข็งจะไหลขึ้นมาจนถึงบริเวณละติจูด 60 องศาใต้

12.6 ภูเขาน้ำแข็งและเกาะน้ำแข็ง

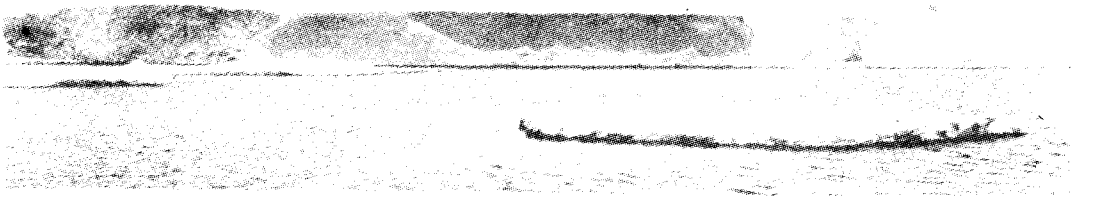
ภูเขาน้ำแข็ง เป็นก้อนน้ำแข็งขนาดมหึมาที่แตกออกมาจากธารน้ำแข็งแถบขั้วโลก มีขนาดหนาหลายร้อยฟุตแต่มีน้ำหนักเบากว่าน้ำทะเล ภูเขาน้ำแข็งที่ลอยอยู่ในทะเลส่วนหนึ่งจะจมลงไปในทะเลราว 5 ใน 6 ส่วน ภูเขาน้ำแข็งนี้จะมีรสจืดเพราะเป็นส่วนที่เกิดจากการทับถมของหิมะ



รูปที่ 12.3 น้ำแข็งทะเลที่อยู่บริเวณมหาสมุทรอาร์กติก ทิศ ทางของลูกศรที่ชี้ในแผนที่ คือ เส้นทางการเคลื่อนที่ของภูเขาน้ำแข็ง แผนที่นี้ใช้เส้นโครงแผนที่แบบโฮโมโลกราฟิก



รูปที่ 12.4 บริเวณที่เกิดน้ำแข็งทะเลในมหาสมุทรแอนตาร์กติก



รูปที่ 12.5 ลักษณะภูเขาน้ำแข็งผิวเรียบ เกิดอยู่บริเวณอ่าวเวลส์ ทวีปแอนตาร์กติกา

ทางซีกโลกเหนือ ภูเขาน้ำแข็งส่วนมากเกิดจากธารน้ำแข็งในเกาะกรีนแลนด์แล้วลอยลงมาทางใต้อย่างช้า ๆ ตามกระแสน้ำเย็นแลบราดอร์และกระแสน้ำเย็นกรีนแลนด์ ลงมาสู่มหาสมุทรแอตแลนติก บริเวณชายฝั่งนิวฟันด์แลนด์ ภูเขาน้ำแข็งในมหาสมุทรแอตแลนติกมักจะมีลักษณะแตกต่างกันไปจากภูเขาน้ำแข็งในมหาสมุทรแอนตาร์กติก คือ ภูเขาน้ำแข็งในมหาสมุทรแอตแลนติกมักมียอดแหลม แต่ภูเขาน้ำแข็งในมหาสมุทรแอนตาร์กติกมักจะมีผิวบนเป็นที่ราบเรียบ ก็เพราะว่าเป็นส่วนหนึ่งของทวีปน้ำแข็งในซีกโลกใต้ ภูเขาน้ำแข็งบางลูกในเขตแอนตาร์กติกมีขนาดกว้างหลายไมล์และหนาถึง 2,000 ฟุต (600 เมตร) ส่วนที่เป็นหน้าผาชันอยู่เหนือผิวน้ำขึ้นมาประมาณ 200—300 ฟุต

ลักษณะภูเขาน้ำแข็งในซีกโลกใต้ มีสภาพเช่นเดียวกันกับเกาะน้ำแข็งในซีกโลกเหนือ เกาะน้ำแข็งในซีกโลกเหนือมีขนาดกว้างถึง 20 ไมล์ (32 กิโลเมตร) และมีพื้นที่ถึง 300 ตารางไมล์ (800 ตารางกิโลเมตร) เกาะน้ำแข็งเข้าใจกันว่าเกิดจากการเคลื่อนตัวเองลงมาอย่างช้า ๆ ของธารน้ำแข็งบนพื้นดินแล้วลงสู่มหาสมุทรแอตแลนติกและลอยวนเวียนอยู่ในบริเวณนั้น เกาะน้ำแข็งบางลูกใช้เป็นที่พักอาศัยของนักสำรวจที่เดินทางไปสู่บริเวณนั้น

12.7 ภูมิอากาศเขตที่สูง

ตามที่ได้กล่าวมาแต่แรกแล้วว่า ยิ่งสูงขึ้นไปอุณหภูมิและความกดอากาศยิ่งลดลง ดังนั้น ภูมิอากาศจะเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วเมื่ออยู่สูงจากพื้นโลกขึ้นไปไม่กี่พันฟุต ตามปกติการเพิ่มความสูงมีลักษณะคล้ายคลึงกับการเพิ่มระดับละติจูด ดังนั้น ลักษณะภูมิอากาศในเขตทุนดราและแถบขั้วโลกจึงคล้ายคลึงกับภูมิอากาศที่พบอยู่ในบริเวณที่มีหิมะปกคลุมตามภูเขาสูง ๆ ลักษณะที่แตกต่างกันบ้างก็คือ แถบขั้วโลกได้รับแสงอาทิตย์น้อย ส่วนตามภูเขาแม้จะอยู่ในเขตละติจูดกลางหรือละติจูดต่ำก็ดี อากาศเย็นลงเพราะการลดอุณหภูมิตามระดับความสูงของพื้นที่

12.8 ความกดอากาศและอุณหภูมิของอากาศ

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 คือ ลำปรอทในบาร์โรมิเตอร์จะลดลง $\frac{1}{30}$ ของความสูงของลำปรอท ต่อความสูงทุก ๆ 900 ฟุต (275 เมตร) เท่าที่ทราบว่าความกดของอากาศจะลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นได้นั้น ได้จากประสบการณ์ของการบินและการไต่เขา การลดความกดของอากาศตามระดับความสูงนี้ มีผลต่อปริมาณของออกซิเจนในอากาศ การทำงานของปอดและความดันของโลหิตภายในร่างกายของมนุษย์ด้วย ในระดับความสูง 10,000—15,000 ฟุต (3,000—4,5000 เมตร) อาจทำให้คนเราเกิดการแพ้ความสูงได้ เช่น มีอาการอ่อนเพลีย ปวดศีรษะ เลือดออกตามจมูก หรือเกิดอาการอาเจียน บางคนถ้าขึ้นที่สูงจะมีอาการเช่นนี้อยู่ 2—3 วันก็หาย แต่การหายใจจะต้องหอบและถี่ เมื่อความกดลดลงจุดเดือดของน้ำจะลดลงด้วย การหุงต้มอาหารบางชนิดในที่สูง ๆ จึงต้องใช้เวลามากขึ้น

การที่ความกดของบรรยากาศลดลงในที่สูง ๆ เนื่องจากอากาศเบาบางลง พวกสารบางชนิด เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ ฝุ่นละออง จะลดปริมาณลงด้วย การลดสารดังกล่าวนี้มีผลต่อการดูดซึม

เอาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นดินด้วย

การเพิ่มความเข้มของแสงอาทิตย์ในบริเวณที่สูง ๆ จะมีผลต่ออุณหภูมิของอากาศเช่นเดียวกันตามพื้นดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุมมักจะทำให้ร้อนได้เร็ว ส่วนที่มีสิ่งปกคลุมหนาแน่นจะมีอุณหภูมิเย็นกว่าปกติ ภาวะเช่นนี้จะมีผลต่อการเพิ่มของอุณหภูมิในเวลากลางวัน และลดอุณหภูมิในเวลากลางคืน ตามภูเขาสูงมากมักมีอากาศบริสุทธิ์สะอาด ในเวลากลางวันอากาศจะร้อน ในตอนกลางคืนอากาศมักจะเย็น เป็นลักษณะอากาศที่เหมาะแก่สุขภาพของมนุษย์มาก

การเพิ่มความร้อนของแสงอาทิตย์บนที่สูง เนื่องจากความเข้มของรังสีไวโอเล็ตและรังสีอุลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) ในระดับความสูงตั้งแต่ 50,000 ฟุตขึ้นไป การเผาไหม้ของแสงอาทิตย์จะมีมากกว่าบริเวณของระดับน้ำทะเล รังสีบางชนิด เช่น รังสีสีแดงและรังสีอินฟราเรด (Red and Infrared) ในระดับความสูงจะมีน้อย เพราะรังสีพวกนี้สามารถส่องผ่านบรรยากาศลงมาข้างล่างได้

โดยปกติแล้วอุณหภูมิของบรรยากาศจะลดลงถ้าความสูงเพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ยอัตราการลดอุณหภูมิของบรรยากาศจะเท่ากับ $3\frac{1}{2}$ องศาฟาเรนไฮต์ต่อระดับความสูง 1,000 ฟุต (2 องศาเซลเซียสต่อ 300 เมตร) เราจึงคาดได้ว่าระดับความสูง 10,000 ฟุต (3,000 เมตร) อุณหภูมิของบรรยากาศจะลดลง 35 องศาฟาเรนไฮต์ (20 องศาเซลเซียส) เหนือจากระดับน้ำทะเลขึ้นไป แต่ตามความเป็นจริงอาจลดลงน้อยกว่านี้

บริเวณที่สูง ๆ ในเขตศูนย์สูตร อุณหภูมิเฉลี่ยประจำปีระหว่างสูงสุดกับต่ำสุด (Range) ต่างกันน้อยมาก พอ ๆ กับความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของภูมิอากาศเขตศูนย์สูตร เช่นที่เมืองคิโต (Quito) ประเทศเอกวาดอร์ อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดกับสูงสุดต่างกันเพียง 0.7 องศาฟาเรนไฮต์ (0.4 องศาเซลเซียส) แต่ในบริเวณละติจูดกลางและละติจูดสูงอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดกับต่ำสุดจะต่างกันมากกว่านี้ ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันของแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมาระหว่างฤดูหนาวและฤดูร้อน

12.9 หยาดน้ำฟ้า

โดยปกติความสูงเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้หยาดน้ำฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย โดยเฉพาะความสูงตั้งแต่ 20,000 --30,000 ฟุตขึ้นไป บริเวณที่สูงจึงมีส่วนทำให้ฝนตกมากขึ้น เช่น บริเวณที่มีความสูงตั้งแต่ 6,000 --10,000 ฟุต (1,800—3,000 เมตร) เป็นบริเวณที่มีฝนตกหนักที่สุด ในเขตละติจูดต่ำปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มมากขึ้นตามระดับความสูง จนถึงบริเวณอากาศเย็นจัดที่อากาศไม่สามารถจะอุ้มน้ำไว้ได้มาก บริเวณที่สูง ๆ จึงมักมีความชื้นจัด แต่บริเวณที่สูงหรือภูเขาบางแห่งในเขตแห้งแล้งหรือกึ่งแห้งแล้งอากาศหาได้มีความชื้นสูงเสมอขึ้นไปไม่ นอกจากนี้การลดอุณหภูมิมักมีผลมาจากการระเหยตัวของไอน้ำด้วย

บริเวณภูเขาสูง ๆ บางแห่งที่มีหิมะปกคลุมมาก ๆ มักเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำสายต่าง ๆ นอกจากนี้ภูเขาสูงยังมีส่วนช่วยทำให้เกิดฝนตกในบริเวณใกล้เคียงนั้นอีกด้วย บนยอดเขาสูงที่มีหิมะปกคลุม

ถ้าหิมะละลายจะช่วยทำให้เกิดแม่น้ำและทำให้มีน้ำไหลตลอดไป แม่น้ำบางสายเกิดขึ้นจากการละลายของหิมะดังกล่าวนี้

12.10 พืชพรรณธรรมชาติในเขตต่าง ๆ

ตามที่กล่าวว่า ความสูงเพิ่มขึ้นภาวะของอากาศก็ยังมีลักษณะคล้ายคลึงกับภูมิอากาศในเขตละติจูดที่สูงขึ้นไป ดังนั้นพืชพรรณธรรมชาติในบริเวณที่สูง ๆ ขึ้นไปจะมีลักษณะพืชพรรณธรรมชาติเหมือนกับในเขตละติจูดสูง ๆ ขึ้นไปเช่นกัน แม้ในบริเวณเขตศูนย์สูตรพืชพรรณธรรมชาติจะมีลักษณะแตกต่างกันตามระดับความสูงของสภาพภูมิประเทศด้วย เช่น ที่ภูเขาสองแห่ง แห่งหนึ่งได้แก่เทือกเขารูเวนโซรี (Ruwenzory) ในแอฟริกากลางและเทือกเขาในนิวกินี ภูเขาทั้งสองนี้อยู่ในแนวลมสินค้าและลมมรสุมพัดผ่าน เมื่อลมทั้งสองได้พัดผ่านในบริเวณดังกล่าวนี้จะนำเอาความชื้นจากทะเลมาตกเป็นฝนแถบนี้เสมอ ฝนจะตกมากขึ้นตามระดับความสูง ลักษณะของป่าไม้ที่ขึ้นอยู่ตามลาดเขาทั้งสองจะแตกต่างกันไปตามระดับความสูง ในระดับความสูง 4,000–6,000 ฟุต สภาพของป่าไม้ค่อย ๆ เปลี่ยนจากป่าธรรมดาไปเป็นป่าภูเขา (Montane forest) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับป่าไม้ในที่ราบเขตอบอุ่นที่มีระดับสูงขึ้นไป ในขั้วโลกเป็นป่าไม้ที่มีต้นไม้ขึ้นเบาบางและมีลำต้นเตี้ยกว่าป่าไม้ในเขตศูนย์สูตร ยิ่งระดับสูงขึ้นไป พืชพรรณต่าง ๆ ก็เปลี่ยนไปมากขึ้น จนถึงระดับความสูง 12,000 ฟุต (3,600 เมตร) พืชพรรณธรรมชาติจะมีลักษณะเหมือนกับที่ขึ้นอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบทุนดรา คือ เป็นไม้พุ่มเล็ก ๆ และมีหญ้าต่าง ๆ จนถึงระดับความสูง 16,000 ฟุต (5,000 เมตร) พืชจะถูกปกคลุมด้วยหิมะ ต้นไม้ต่าง ๆ ไม่มีอยู่เลย

นักนิเวศวิทยาได้จำแนกระดับความสูงเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตไว้เหมือนกัน โดยเฉพาะพวกพืชพรรณชนิดต่าง ๆ เรียกว่า ไลฟ์โซน (Life zone) แต่ละโซนที่แบ่งเอาไว้ลักษณะของพืชแต่ละอย่างก็จะแตกต่างกันออกไป

คำถามท้ายบทที่ 12

1. จงสรุปและอธิบายลักษณะของภูมิอากาศภาคพื้นทวีปกึ่งอาร์กติก ตามระบบการจำแนกภูมิอากาศของเคิปเปน สัญลักษณ์ของภูมิอากาศ Dfc, Dfd, Dwc และ Dwd มีข้อแตกต่างกันอย่างไร ? โดยปกติแล้ววัฏจักรของอุณหภูมิประจำปีของภูมิอากาศดังกล่าวนี้เป็นอย่างไร ? พร้อมทั้งอธิบายว่าเพราะเหตุใดในฤดูหนาวภูมิอากาศเหล่านี้จึงมีอุณหภูมิต่ำมาก
2. บริเวณที่ชั้นดินเย็นแข็งตัวคืออะไร ? สิ่งที่ทำให้เกิดชั้นดินเย็นแข็งตัวได้แก่อะไร ? ระหว่างหน้าร้อนบริเวณชั้นดินเย็นแข็งคงตัวเขตภูมิอากาศภาคพื้นทวีปกึ่งอาร์กติกสามารถละลายลึกลงไปได้มากที่สุดเท่าใด ? บริเวณชั้นดินเย็นแข็งคงตัวนี้จะมีปัญหาด้านวิศวกรรมหรือไม่ ?

3. บริเวณหยาดน้ำฟ้าประจำปีในบริเวณตอนกลางของภาคพื้นทวีปทางซีกโลกเหนือ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณหยาดน้ำฟ้าประจำปีบริเวณทะเลทรายเขตร้อนแล้วจะเป็นอย่างไรกัน ? การระเหยของน้ำในเขตทั้งสองนี้เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วจะเป็นอย่างไรบ้าง ?

4. จงกล่าวถึงลักษณะป่าไม้เขตหนาวทางเหนือ (Boreal forest) และ ป่าไทกา (Lichen forest) คืออะไร ? ดินที่พบอยู่แถบภูมิอากาศภาคพื้นทวีปกึ่งอาร์กติกเป็นดินชนิดไหน ? การกระทำของธารน้ำแข็งมีผลต่อสภาพพื้นผิวของเขตนี้อย่างไรบ้าง ?

5. ภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรกึ่งอาร์กติกมีลักษณะเป็นอย่างไร ? จงเปรียบเทียบลักษณะภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรกึ่งอาร์กติกกับภูมิอากาศแบบทุนดรา

6. จงอธิบายลักษณะภูมิอากาศแบบทุนดราในภาคพื้นทวีปที่อยู่ระหว่างละติจูด 65—75 องศาเหนือ มวลอากาศสำคัญในเขตทุนดราได้แก่มวลอากาศชนิดไหน ? เพราะเหตุใดเขตทุนดราจึงมีพายุหมุนรุนแรงพัดเข้ามาเสมอ ๆ

7. จงเปรียบเทียบวัฏจักรของอุณหภูมิประจำปีของภูมิอากาศแบบทุนดรา กับภูมิอากาศภาคพื้นทวีปกึ่งอาร์กติก พร้อมทั้งเปรียบเทียบในด้านความแตกต่างของอุณหภูมิ อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนที่แล้งที่สุดและหนาวที่สุด

8. ทุนดราคืออะไร ? พืชต่าง ๆ ที่พบอยู่ในเขตทุนดรามีอะไรบ้าง ? ดินที่เกิดอยู่ในเขตนี้ได้แก่ดินอะไรบ้าง ? จงกล่าวถึงการเกิดชั้นดินเย็นแข็งคงตัวในเขตทุนดรา การแข็งตัวของน้ำและดินในเขตทุนดราลึกประมาณเท่าใด ? หน้าร้อนการละลายของน้ำในดินในเขตทุนดราจะลึกลงไปเท่าใด ?

9. แนวของต้นไม้ในเขตอาร์กติกคืออะไร ? เส้นไอโซเทอมที่คั่นอยู่ในแนวต้นไม้ดังกล่าวนี้ ได้แก่เส้นไอโซเทอมเฉลี่ยของเดือนไหน ?

10. ขบวนการทางภูมิศาสตร์ที่ผิดปกติอยู่บ้างในเขตทุนดราได้แก่อะไร ? จงให้คำจำกัดความของคำต่อไปนี้

    Solifluction, Solifluction terraces, Polygonal ground, Stone ring, Stone stripes

11. ภูมิอากาศบริเวณพืดน้ำแข็ง (Icecap climate) มีลักษณะสำคัญเป็นอย่างไร ? จงอธิบายภาวะอุณหภูมิตลอดปีในบริเวณภูมิอากาศพืดน้ำแข็ง มวลอากาศที่พัดอยู่ในบริเวณพืดน้ำแข็งมีความสัมพันธ์อยู่กับอะไรบ้าง ?

12. จงอธิบายมาโดยย่อ เกี่ยวกับภูมิอากาศบริเวณพืดน้ำแข็งในเกาะกรีนแลนด์กับบริเวณแอนตาร์กติกพืดน้ำแข็งในเกาะกรีนแลนด์เกิดขึ้นได้อย่างไร ? และหิมะที่ตกลงในเกาะนี้ได้มาจากไหน ?

13. น้ำแข็งทะเล (Sea ice) แตกต่างกับภูเขาน้ำแข็ง (Ice berge) และเกาะน้ำแข็ง (Ice Island) อย่างไร ? น้ำแข็งทะเลหนาประมาณเท่าไร ? เพราะเหตุใดน้ำแข็งทะเลในแต่ละแห่งจึงหนาไม่เท่ากัน ? จงอธิบายข้อความต่อไปนี้

    Pack ice, Ice floes, Leads, Pessure ridges

14. จงอธิบายการกระจายของน้ำแข็งทะเลระหว่างบริเวณมหาสมุทรแอนตาร์กติก กับอาร์กติกต่างกันอย่างไร ?
15. ภูเขาน้ำแข็ง (Ice berge) เกิดขึ้นได้อย่างไร ? สัดส่วนของภูเขาน้ำแข็งส่วนเหนือกับส่วนใต้น้ำต่างกันเท่าไร ? จงเปรียบเทียบขนาดและแหล่งที่เกิดก้อนน้ำแข็งที่อยู่ในมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือและบริเวณอาร์กติก
16. เกาะน้ำแข็งคืออะไร ? ต้นกำเนิดของเกาะน้ำแข็งได้แก่อะไร ? เกาะน้ำแข็งได้ประโยชน์ทางด้านการวิจัยทางวิทยาศาสตร์อย่างใดบ้าง ?
17. จงอธิบายให้เห็นว่าระดับความสูงที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อความกดอากาศอย่างไร ? ระดับความสูงของพื้นที่มีผลต่อสุขภาพทางร่างกายของมนุษย์และจุดเดือดของน้ำอย่างใดบ้าง ?
18. การเพิ่มระดับความสูงของพื้นที่จะมีผลต่ออุณหภูมิของอากาศอย่างไร ? อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละวันคิดได้อย่างไร ? อุณหภูมิเฉลี่ยประจำปีคิดได้อย่างไร ? การเปลี่ยนแปลงพิสัยของอุณหภูมิประจำปีขึ้นอยู่กับการเพิ่มระดับความสูงหรือไม่ ?
19. ความสูงเพิ่มขึ้นมีผลต่อการเกิดหยาดน้ำฟ้าอย่างไรบ้าง ? จงอธิบายถึงผลที่เกิดขึ้นนี้พร้อมยกตัวอย่างข้อแตกต่างของหยาดน้ำฟ้าที่ตก ณ ที่ใดที่หนึ่งซึ่งอยู่ในระดับความสูงต่าง ๆ
20. จงอธิบายให้เห็นว่าหิมะที่ทับถมกันอยู่บนยอดเขาสูงมีผลต่อการไหลของแม่น้ำต่าง ๆ อย่างไร ? จงกล่าวถึงแม่น้ำบางสายในสหรัฐอเมริกาซึ่งเกิดจากการละลายของหิมะ
21. จงอธิบายถึงอิทธิพลจากการเพิ่มความสูงของพื้นที่ที่มีผลต่อลักษณะพืชพรรณธรรมชาติในเขตศูนย์สูตร เช่น บริเวณเทือกเขาแอนดิส ในประเทศเปรู ป่าไม้ระหว่างภูเขา (Montane forest) คืออะไร ? และป่ามอสซี (Mossy Forest) คืออะไร ?
22. จงอธิบายถึงอิทธิพลของการเพิ่มระดับความสูงที่มีผลต่อพืชพรรณธรรมชาติทางภาคตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกาโดยใช้สถานีตรวจอากาศที่เมืองแกรนด์แคนยอน ซานฟรานซิสโก เมาท์เทน เป็นตัวอย่าง และเปรียบเทียบให้เห็นว่า ระดับความสูงของทุ่งหญ้าที่เกิดอยู่บนภูเขาแกรนด์แคนยอน ซานฟรานซิสโก กับทุ่งหญ้าในภูเขาแอนดิสมีข้อแตกต่างกันอย่างไร ?
23. ระดับความสูงของเส้นขอบหิมะ (Snow line) ในบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร สูงประมาณเท่าใด ? และเส้นขอบหิมะในเขตละติจูดกลางและละติจูดสูงจะสูงประมาณเท่าใด ?

บทที่ 13

ดินและขบวนการเกิดดิน

(Soils and Soil-Forming Processes)

13.1 ดินและขบวนการเกิดดิน

ความเข้าใจในหลักพื้นฐานของวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับดินที่เรียกว่า พีโดโลยี (Pedology) เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับนักภูมิศาสตร์ ดินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่ง ลักษณะของดินจะบ่งถึงความหนาแน่นของประชากรและพืชผลที่เจริญอยู่บนดิน การศึกษาเรื่องดินจะต้องสัมพันธ์กับภูมิอากาศ เพราะว่าภูมิอากาศเป็นปัจจัยเบื้องแรกที่ทำให้เกิดดินขึ้นมา

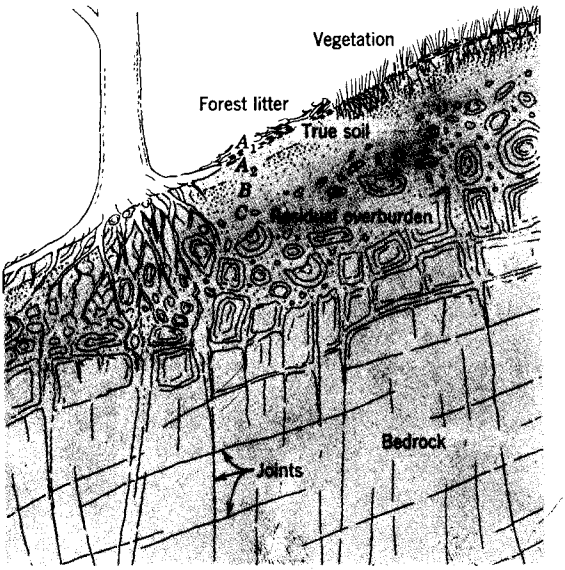
ดินเป็นวัตถุที่เปลี่ยนแปลง

หลายคนเข้าใจว่าดินเป็นวัตถุที่ไร้ชีวิตซึ่งประกอบด้วยวัตถุที่ผุพังทับถมกันเป็นชั้น ๆ ซึ่งสะสมกันเป็นระยะเวลานานและสามารถให้พืชเจริญงอกงามได้ แต่เมื่อวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับดินเจริญขึ้นทำให้ทราบว่าดินแต่ละชั้นเป็นวัตถุที่เปลี่ยนแปลง และมีคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพและทางชีววิทยาที่ดำเนินอยู่ตลอดเวลา เป็นเหตุให้ดินเปรียบเสมือนสิ่งที่มีชีวิต มีการเปลี่ยนแปลงตัวเองอยู่ตลอดเวลา และเป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่าดินจะปรับสภาพให้เข้ากับลักษณะอากาศ ภูมิประเทศ พืชผล และจะเกิดการเปลี่ยนแปลงถ้าหากวัตถุที่เป็นองค์ประกอบนั้นเปลี่ยนแปลง

คำว่า ดิน นักวิทยาศาสตร์หมายถึงวัตถุชั้นบนสุดของเปลือกโลก ซึ่งเป็นชั้นที่เกิดจากการทับถมของวัตถุต่าง ๆ เป็นเวลานาน และจะต้องมีคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางชีววิทยาที่แน่นอนซึ่งเป็นผลทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ มีความแตกต่างจากหิน ดินที่แท้จริงจะประกอบไปด้วยแร่และอินทรีย์วัตถุซึ่งมีลักษณะเป็นมวลขนาดเล็ก ๆ

ดินจะประกอบด้วยวัตถุที่มีสภาวะ 3 สภาวะ คือ ของแข็ง ของเหลวและก๊าซ และพืชจะใช้ประโยชน์จากดินได้มากที่สุดนั้น ดินจะต้องมีความสมดุลทั้ง 3 สภาวะอย่างสมบูรณ์

ส่วนที่เป็นของแข็งของดินจะเป็นทั้งอนินทรีย์และอินทรย์สาร หินที่ผุพังจะกลายเป็นอนินทรีย์สารในดินและเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของดินซึ่งมีทั้งปริมาตรและน้ำหนัก อนินทรีย์สารนั้นจะมีขนาดจากก้อนกรวดทรายไปจนถึงตะกอนเล็ก ๆ ที่เห็นลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งไม่อาจจะมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ ส่วนที่เป็นอินทรีย์สารนั้นจะประกอบไปด้วยสิ่งที่มีชีวิตซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของซากพืชและสัตว์ อาจจะประกอบไปด้วยรากพืช เชื้อรา (Fungi) บัคเตรี (Bacteria) หนอน แมลง และสัตว์ขนาดเล็ก



รูปที่ 13.1 ความชื้นของดิน

(Rodents) อินทรีย์วัตถุนั้นจะสลายตัวออกมาเป็นตะกอนเล็ก ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของดิน

ส่วนที่เป็นของเหลวของดินนั้น ได้แก่ ส่วนที่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นสารละลายที่ซับซ้อน ทั้งนี้เกิดจากปฏิกิริยาที่สำคัญหลายอย่างภายในดิน ถ้าดินปราศจากน้ำแล้วปฏิกิริยาเกี่ยวกับสารละลายจะไม่เกิดขึ้นและดินจะไม่มีสิ่งที่มีชีวิตเล็ก ๆ อาศัยอยู่เลย

ส่วนประกอบของดินที่เป็นก๊าซ ได้แก่ ส่วนที่เป็นช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ก๊าซเหล่านี้ คือ ก๊าซที่อยู่ในบรรยากาศรวมกับก๊าซที่คายออกมาโดยสิ่งที่มีชีวิต และมีปฏิกิริยาทางชีวะและเคมีในดิน

สำหรับการศึกษาเพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับดิน จำเป็นจะต้องทราบเกี่ยวกับ

1. อัตราส่วนทางกายภาพ—เคมีและวัตถุของดิน
2. ขบวนการที่ทำให้เกิดดิน

13.2 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของดิน

นอกจากส่วนประกอบภายในดินแล้วยังมีปัจจัยที่สำคัญ คือ

1. **สีของดิน (Soil colour)** แม้ว่าจะเป็นองค์ประกอบที่ไม่สำคัญนัก แต่สามารถที่จะสังเกตเห็นได้ก่อนอื่น สีของดินจะบอกได้ว่าดินเกิดขึ้นได้อย่างไร ประกอบด้วยอะไร ชั้นต่าง ๆ ของดินก็มี

ลักษณะของสีที่แตกต่างกัน สีของดินมีตั้งแต่สีขาวไปจนกระทั่งสีน้ำตาลและดำ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของฮิวมัส (Humus คือส่วนที่สลายตัวของอินทรีย์วัตถุ) ปริมาณของฮิวมัสมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของพืช และจำนวนของจุลินทรีย์ที่ดำเนินงานอยู่ในดิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะอากาศ จะเห็นได้ว่าในเขตละติจูดกลางดินจะมีสีดำไปจนถึงสีน้ำตาลแก่ในบริเวณที่มีอากาศเย็นชื้น ดินจะมีสีน้ำตาลอ่อนหรือสีเทาในบริเวณกึ่งแห้งแล้งและในทะเลทราย ดินในทะเลทรายมีฮิวมัสน้อยมาก

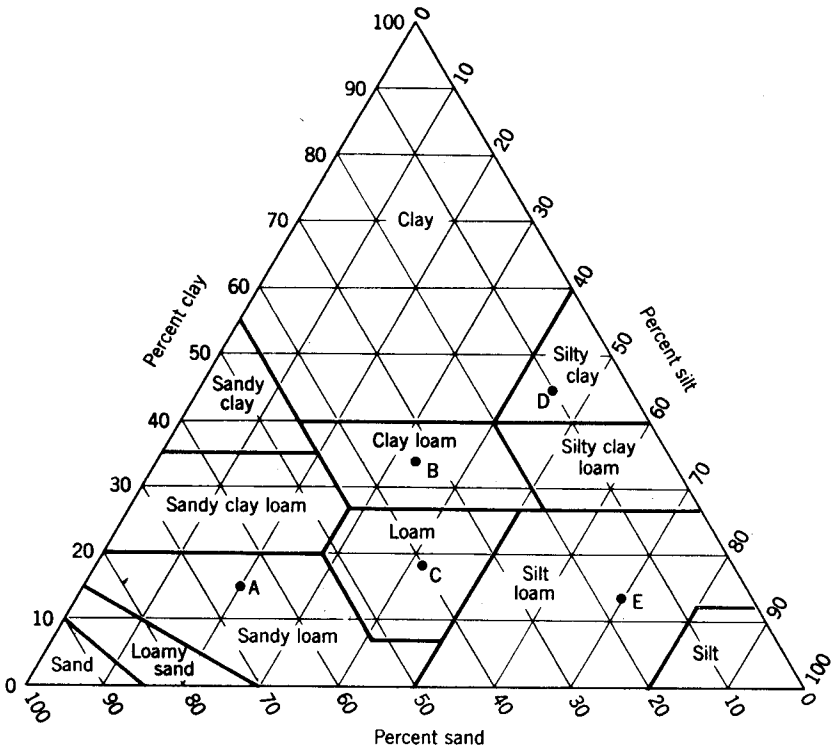
สีแดงและสีเหลืองจะเป็นสีปกติที่พบโดยทั่วไปในดิน ทั้งนี้เป็นผลมาจากปริมาณของสนิมเหล็ก (Fe_2O_3) ส่วนสีเหลืองจะเกิดจากขบวนการไฮดรอกไซด์ (Hydroxide) ส่วนสีแดงของดินแสดงว่าดินมีการถ่ายเทน้ำได้ดี แต่บางครั้งดินสีแดงอาจจะเกิดมาจากหินสีแดง เช่น หินดินดานสีแดง (Red shale) หรือหินทรายสีแดง (Red sandstone) สีเทาและสีน้ำเงินอ่อนของดินมักจะพบในเขตอากาศชื้น เนื่องมาจากปริมาณเหล็ก (FeO) ในดินมีน้อยและแสดงว่าการถ่ายเทน้ำในดินไม่ดี ดินสีเทาในเขตอากาศแห้งแล้งหมายถึงปริมาณฮิวมัสมีอยู่น้อย ดินสีขาวหมายถึงมีเกลือปนอยู่ในดิน โดยมากดินที่เกิดใหม่ ๆ จะคงที่เดิมของวัตถุที่ให้กำเนิด ส่วนดินที่เกิดมานานแล้วสีของดินจะไม่เหมือนวัตถุที่ให้กำเนิด

2. **เนื้อดิน (Soil texture)** เนื้อดินหมายถึงขนาดของเม็ดดินที่แตกต่างกัน เช่น พวกกรวดทราย ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดดิน ดังตารางต่อไปนี้

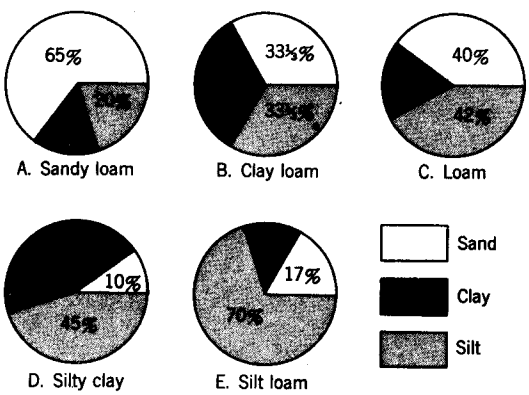
ชื่อของขนาดดิน	เส้นผ่าศูนย์กลางเป็นนิ้ว	เส้นผ่าศูนย์กลางเป็นมิลลิเมตร
กรวดหยาบ (Coarse gravel)	มากกว่า 0.08	มากกว่า 2
กรวดละเอียด (Fine gravel)	0.04—0.08	1—2
ทรายหยาบ (Coarse sand)	0.02—0.04	0.5—1
ทรายกลาง (Medium sand)	0.01—0.02	0.25—0.5
ทรายละเอียด (Fine sand)	0.004—0.01	0.1—0.25
ทรายละเอียดมาก (Very fine sand)	0.002—0.004	0.05—0.1
ทรายแป้ง (Silt)	0.000,08—0.002	0.002—0.05
ดินเหนียว (Clay)	ต่ำกว่า 0.000,08	ต่ำกว่า 0.002

กระทรวงเกษตรกรรมของสหรัฐอเมริกาได้จัดแบ่งประเภทของดินให้เป็นมาตรฐาน โดยอาศัยส่วนประกอบของทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังที่ปรากฏอยู่ในไดอะแกรมรูปสามเหลี่ยมซึ่งได้จัดแสดงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวไว้แต่ละด้าน ในมุมของสามเหลี่ยมแสดงจำนวนเปอร์เซ็นต์เต็มร้อยของแต่ละประเภท คือ ดินทราย ดินทรายแป้ง และดินเหนียว ส่วนดินร่วนเป็นส่วนผสมในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกับของดินทั้งสามประเภท

ส่วนประกอบอีกอย่างหนึ่งของดินก็คือ อากาศที่แทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน (Soil air)



รูปที่ 13.2 ชั้นเนื้อดินแสดงให้เห็นโดยเส้นหนักเป็นรูปสามเหลี่ยม



รูปที่ 13.3 ชนิดของเนื้อดิน 5 ประเภท ซึ่งแสดงต่อมาจากรูปที่ผ่านมา

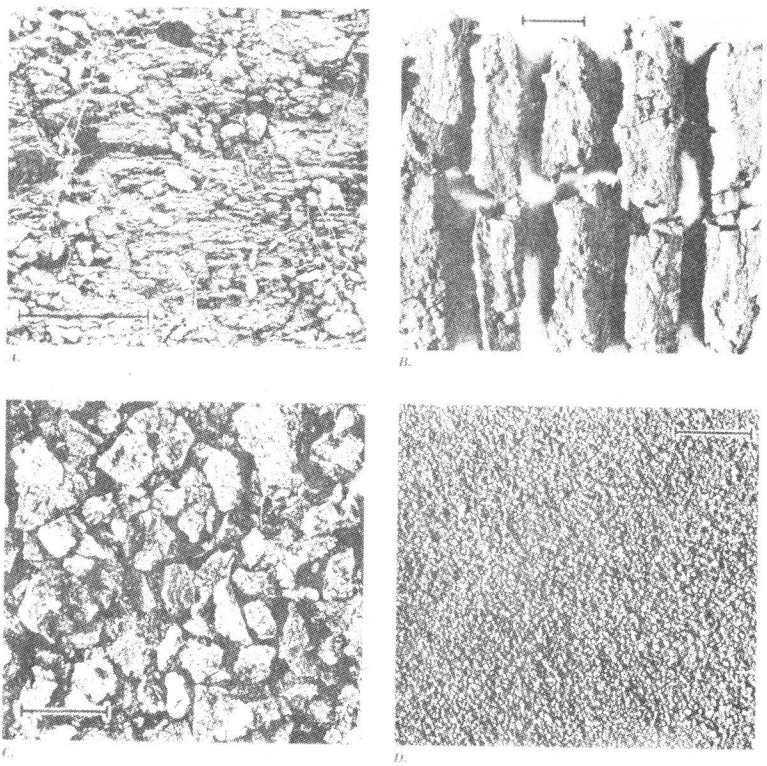
ปกติอากาศที่อยู่ในดินนี้ส่วนใหญ่ที่พบมักจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นจำนวนมาก ส่วนออกซิเจนและไนโตรเจนมีจำนวนน้อย

3. **น้ำในดิน (Soil water)** เป็นสารละลายที่มีคุณสมบัติซับซ้อนทางเคมี ส่วนใหญ่เป็นสารละลายอย่างเจือจางของไบคาร์บอเนต ซัลเฟต คลอไรด์ ไนเตรท ฟอสเฟต ซิลิเกต ของธาตุ คัลเซียม มักเนเซียม โปตัสเซียม และเหล็ก

ชั้นของดินจะมีลักษณะแตกต่างกันทางด้านเนื้อดิน สี และสารประกอบของดิน โดยปกติแล้วดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ดินแท้ (True soil) หรือโซลัม (Solum) เป็นส่วนของชั้น A และชั้น B ส่วนดินชั้นล่างจัดเป็นชั้น C อาจจะเป็นส่วนผุกร่อนของหินแม่ดิน ส่วนชั้น D นั้นก็เป็นหินฐาน นอกจากนั้นแล้ว ชั้น A และ B ยังแยกย่อยออกเป็นชั้นต่าง ๆ อีก ซึ่งขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของอินทรีย์วัตถุและแร่ธาตุของดินแต่ละชั้นนั้น

13.3 ส่วนประกอบและขบวนการเกิดดิน

A. เป็นแผ่น
B. เป็นก้อน
C. เป็นแท่ง
D. เป็นเม็ด



รูปที่ 13.4 โครงสร้างเบื้องต้นของดิน 4 แบบ เส้นดำในแต่ละอันแทนความหนา 1 นิ้ว

อิทธิพลและขบวนการที่ทำให้เกิดดินนั้นมีหลายอย่าง เป็นวิธีการอย่างรวดเร็วหรืออย่างช้า ๆ องค์ประกอบที่สำคัญมีอยู่ 5 ประการ คือ

1. วัตถุแม่ดิน (Parent materials)
2. ลักษณะภูมิประเทศ (Landform)
3. ระยะเวลา (Time)
4. ภูมิอากาศ (Climate)
5. ปฏิกิริยาทางชีวะ (Biological activity)

หินแม่ดิน (Parent material) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ อยู่ตลอดเวลา ในลักษณะการสึกกร่อนจนเป็นผง หินแม่ดินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของดิน ดินที่เกิดจากหินประเภทใดก็จะมีลักษณะคุณสมบัติของหินประเภทนั้นอยู่

ส่วนลักษณะภูมิประเทศนั้นมีลักษณะลาดชัน ความแรงของน้ำที่ไหลซะผ่าน ทำให้ดินเกิดการพังทลาย เป็นผลทำให้บริเวณที่ลาดชันมีดินบางส่วนบริเวณที่ราบมีดินหนา นอกจากนั้นบริเวณผิวดินจะมีการสะสมของอินทรีย์วัตถุ ทำให้มีแร่ธาตุต่าง ๆ ดีขึ้น

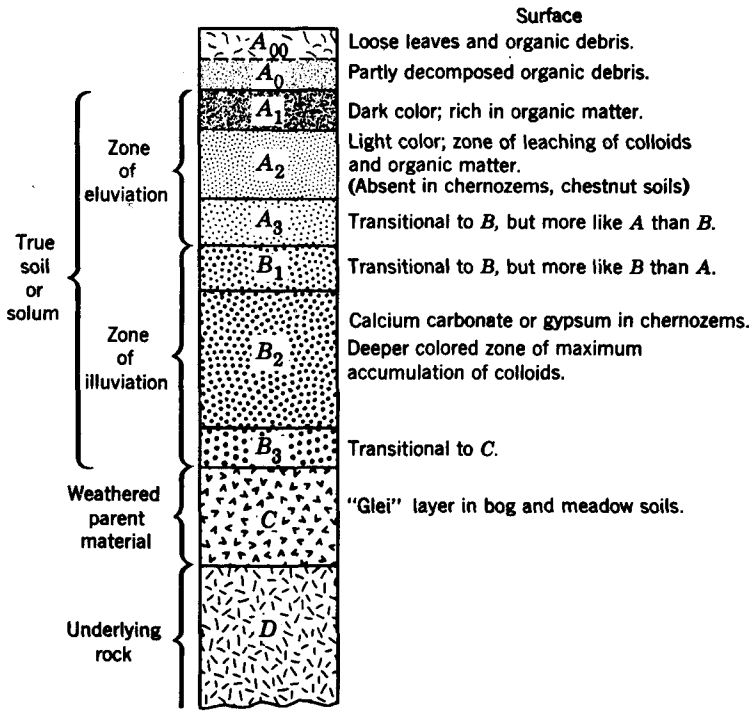
เวลาก็เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดดิน เนื่องจากว่าดินที่จะเกิดขึ้นได้นั้นต้องอาศัยระยะเวลานาน ยกเว้นดินตะกอนที่เกิดจากการพัดพาของน้ำ หรือธารน้ำแข็ง ก็อาจจะสังเกตความเป็นมาของมันได้ยาก ส่วนดินที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ดินทรายในเขตอากาศชื้น กว่าจะสมบูรณ์เต็มที่ก็จะใช้เวลาถึง 100—200 ปี แต่ถ้าเป็นดินที่อยู่ในเขตอากาศร้อนอาจจะมีอายุนับล้านปี

13.4 ภูมิอากาศและดิน

ภูมิอากาศเป็นส่วนประกอบสำคัญอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความเจริญพัฒนาของดิน ความสำคัญของภูมิอากาศที่มีต่อดิน ได้แก่

1. สภาวะความชื้น (Moisture condition) ได้แก่ หยาดน้ำฟ้า (Precipitation) การระเหย (Evaporation) และความชื้น (Humidity)
2. อุณหภูมิ (Temperature) และ
3. ลม (Wind)

ความชื้นทำให้เกิดน้ำในดินและเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดขบวนการทางเคมีและชีวะ ถ้าปราศจากความชื้นแล้วขบวนการทั้งสองจะไม่เกิดขึ้น เมื่อสารประกอบทางเคมีละลายน้ำจะทำให้เกิดอนุมูลของสารละลายขึ้น อนุมูลของสารละลายเหล่านี้ทำให้ดินเปลี่ยนแปลงไปและทำให้พืชเจริญเติบโตได้ การที่มีความชื้นหรือน้ำมากเกินต้องการ น้ำจะพัดพาอนุมูลของสารละลายต่าง ๆ ลงไปอยู่ในดินชั้นล่าง เรียกว่า การชะล้าง (Leach) การชะล้างจะเกิดขึ้นอย่างชัดเจนในชั้น A_2 สารละลายจากชั้นนี้จะลงไปอยู่ในชั้น B เป็นชั้นที่อนุมูลของสารต่าง ๆ ไปตกทับถม



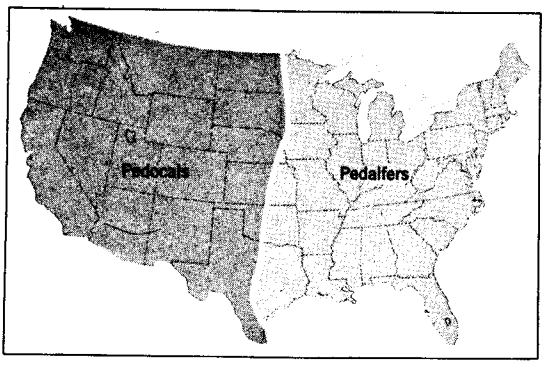
รูปที่ 13.5 ภาพตัดขวางของดิน

ที่ใดที่มีฝนตกหนักเกินไป ซิลิกา (SiO_2) จะถูกชะล้างออกจากดินลงไปอยู่ในลำธาร กระบวนการอันนี้เรียกว่า เดซิลิเคชั่น (Desilication) หรือการละลายของทราย ดังนั้น จะเห็นว่าเขตร้อนที่ฝนตกชุก เช่น เขตป่าชื้นแบบศูนย์สูตร (Equatorial rainforest) จะขาดแร่ซิลิกา คัลเซียม โซเดียม แมงกานีส โปตัสเซียม และโดยปกติดินจะมีความอุดมสมบูรณ์น้อย

ในเขตแห้งแล้งมีการระเหยมากกว่าความชื้นซึ่งพื้นดินได้รับ และดินจะแห้งเป็นระยะเวลานาน เป็นเหตุให้น้ำในดินค่อย ๆ เคลื่อนขึ้นมาสู่ผิวดิน (Capillary action) เป็นผลทำให้น้ำระเหยไปคงทิ้งเกลือซึ่งละลายอยู่ในน้ำไว้บนผิวดิน ที่พบเห็นมาก คือ คัลเซียมคาร์บอเนต ($CaCo_3$) มาตกตะกอนบนผิวดิน เป็นผลทำให้ดินมีลักษณะเป็นชั้นแข็งเรียกว่าดินดาน (Hard pan) ส่วนในบางแห่งมียิปซัม (Gypsum) หรือเกลือจืด (Hydrous calcium sulfate) มาตกตะกอนเป็นชั้นแข็งอยู่บดิน ในบริเวณที่มีฝนตกปานกลางโดยเฉพาะเขตทุ่งหญ้าสเตปป์ ในย่านละติจูดกลาง (Middle latitude steppes) ดินจะมีคัลเซียมคาร์บอเนตปนเป็นก้อนเล็ก ๆ ในดิน

ฝนและการระเหยจะทำให้แยกโครงสร้างของดินได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ดินเพดัลเฟอร์ (Pedalfer soils) เป็นดินที่มีการชะล้างสูงอยู่ในเขตอากาศชื้นที่มีฝนตกเฉลี่ย



รูปที่ 13.6 ดินกลุ่มใหญ่ของสหรัฐอเมริกา

ปีหนึ่งเกิน 25 นิ้ว (60 เซนติเมตร)

2. ดินเพโดคัล (Pedocal soils) เป็นดินที่มีคัลเซียมคาร์บอนเนต ($CaCO_3$) และมีฝนตกปีหนึ่งน้อยกว่า 25 นิ้ว (60 เซนติเมตร)

อุณหภูมิเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งและมีผลต่อดิน 2 ประการ คือ

1. ปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดมากในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงและลดน้อยลงเมื่ออุณหภูมิต่ำ ถ้าหากน้ำในดินแข็งตัว ปฏิกิริยาทางเคมีในดินจะหยุดดำเนินการ ดังนั้นในเขตร้อนดินจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีตลอดเวลา แต่ในบริเวณที่อากาศหนาวจัดจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเลยหรือมีน้อยมาก

2. การดำเนินการของบัคเตรีจะมีมากในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง โดยเฉพาะในเขตอากาศร้อนชื้น บัคเตรีจะทำลายซากอินทรีย์วัตถุให้เน่าเปื่อยได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงทำให้ไม่มีการทับถมของซากอินทรีย์วัตถุอยู่บนพื้นดินและในเขตอากาศร้อนชื้นจะมีฮิวมัสในดินน้อย ในเขตอากาศหนาวเย็นการดำเนินการของบัคเตรีเป็นไปได้น้อย เป็นผลทำให้ซากอินทรีย์วัตถุเหลือตกค้างอยู่บนผิวดินมาก

ลมมีความสำคัญส่วนน้อยที่จะทำให้ดินพัฒนา แต่ลมอาจจะช่วยให้การระเหยของน้ำในดินเป็นไปอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นแล้วลมอาจจะพัดพาเอาดินชั้นบนในบริเวณที่มีอากาศแห้งแล้งซึ่งขาดพืชปกคลุมให้ปลิว ฝุ่นเหล่านี้เป็นตัวการทำให้เกิดดิน

13.5 การเกิดดินในทางชีววิทยา

ทั้งพืชและสัตว์มีส่วนต่อความเจริญของดิน พืชประกอบไปด้วยพืชชั้นสูง (Macroflora ได้แก่ ต้นไม้ ไม้พุ่ม และหญ้า) และพืชชั้นต่ำ (Microflora ได้แก่ บัคเตรี และเชื้อรา) หญ้าและต้นไม้มีความต้องการสารประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันในการเจริญเติบโต ต้นสนต้องการแร่ธาตุจำพวกคัลเซียมและมักเนเซียมน้อย จึงสามารถขึ้นได้ดีในลักษณะของดินเพดัลเฟอร์ (Pedalfer soils) ส่วน

หญ้าและธัญพืชบางอย่าง เช่น ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวบาเลย์ มีความต้องการคัลเซียม และมักเนเซียม เป็นจำนวนมาก จึงเจริญงอกงามได้ดีในดินเพโดคัล (Pedocal soils)

การเน่าเปื่อยของพืชทำให้เกิดฮิวมัส อนุมูลของฮิวมัสมีลักษณะเช่นเดียวกับอนุมูลของแร่ธาตุอื่น ๆ ขบวนการเกิดฮิวมัสที่เราเรียกว่า ฮิวมิฟีเคชั่น (Humification) เป็นการออกซิเดชั่นหรือเผาไหม้ (Oxidation) อย่างช้า ๆ การเผาไหม้ซากพืชจะทำให้เกิดภาวะของกรดอินทรีย์ระหว่างที่มีขบวนการเกิดฮิวมัสนั้น กรดอินทรีย์จะช่วยละลายแร่ธาตุจากวัตถุกำเนิดดินให้รวมกับแร่ธาตุอื่น ๆ ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น

ส่วนพืชชั้นต่ำ (Microflora) มีบัคเตรีและเชื้อรา เรามักพบว่าบัคเตรีจะบริโภคฮิวมัส ในเขตอากาศเย็น บัคเตรีจะเจริญเติบโตช้า ดังนั้นจะมีซากอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่บนผิวดินมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตอากาศกึ่งขั้วโลกและแบบทุนดรา เป็นผลทำให้อินทรีย์วัตถุผุพังสะสมกันในลักษณะของพีท (Peat) แต่ในเขตอากาศร้อนชื้นนั้นจะมีการกระทำของบัคเตรีมาก บัคเตรีช่วยทำลายซากอินทรีย์วัตถุจนเหลือปรากฏน้อย ทำให้ไม่เกิดกรดอินทรีย์ในขบวนการเกิดฮิวมัสและเป็นผลทำให้มีแร่ธาตุบางอย่าง เช่น อะลูมิเนียม เหล็ก และแมงกานีส สะสมอยู่บนผิวดินเป็นจำนวนมากเกินไป เป็นผลให้ลักษณะของดินในเขตภูมิอากาศร้อนและภูมิอากาศเย็นมีคุณลักษณะแตกต่างกัน

หน้าที่อีกอย่างหนึ่งของบัคเตรี คือ การนำเอาก๊าซไนโตรเจนจากอากาศมาเป็นสารเคมีซึ่งละลายน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ ขบวนการนี้เราเรียกว่า ไนโตรเจนฟิกเซชั่น (Nitrogen fixation) และมีบัคเตรีประเภทหนึ่งมีชื่อว่า ไรโซเบียม (Rhizobium) ซึ่งอาศัยอยู่ในปมของรากพืชตระกูลถั่ว

สัตว์ก็มีอิทธิพลในการเปลี่ยนแปลงของดินทางด้านเมแคนิกส์ซึ่งมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตอากาศชื้นจะมีไส้เดือนขุดคุ้ยทำให้ดินโปร่ง และช่วยเปลี่ยนโครงสร้างและองค์ประกอบของดิน เมื่อดินผ่านระบบย่อยอาหารของไส้เดือนสภาพของดินก็จะเปลี่ยนไป

มด ปลวก ก็ช่วยนำดินที่อยู่ลึกให้ขึ้นมาอยู่บนผิวดิน นอกจากนั้นสัตว์ที่ขุดรูอยู่ก็นำเอาดินจากข้างล่างขึ้นมาอยู่บนผิวดินเช่นกัน

13.6 การแบ่งดินตามประเภทของภูมิอากาศ

ลมฟ้าอากาศมีอิทธิพลทำให้เกิดดินประเภทต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

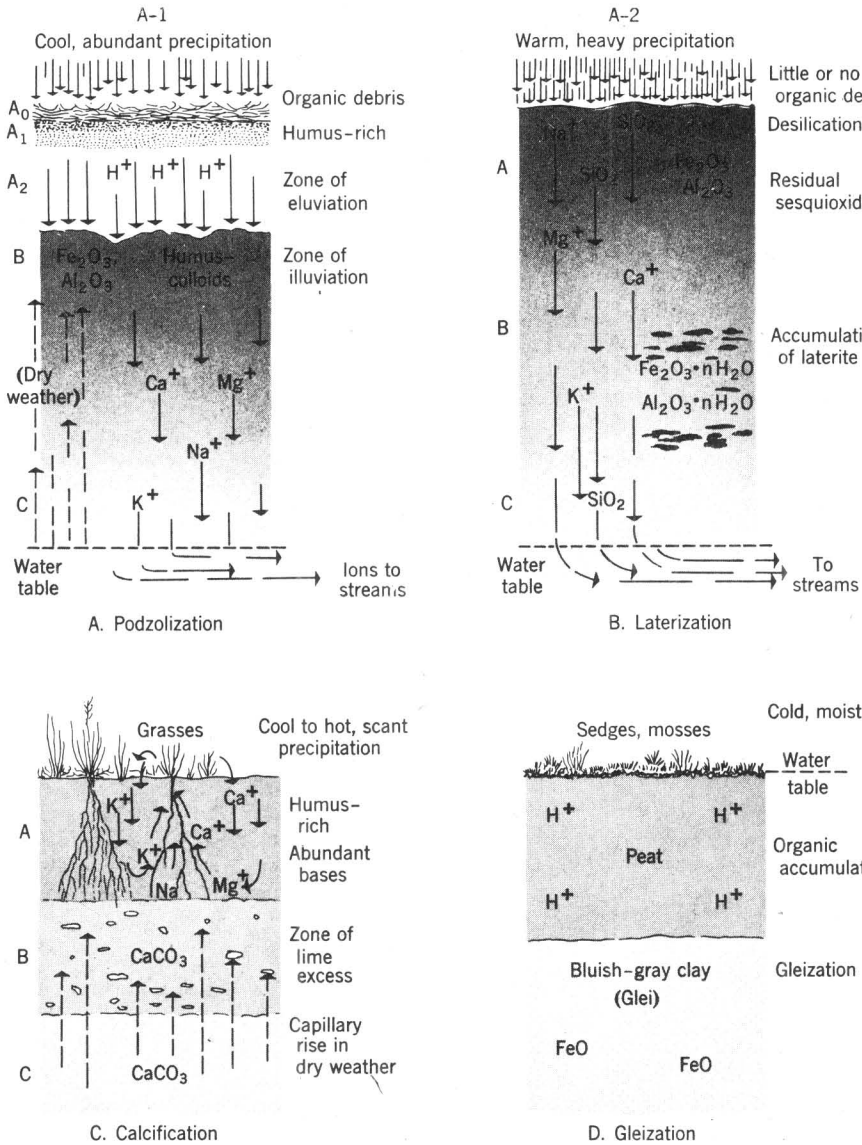
พอดโซไลเซชั่น

เป็นดินที่อยู่ระหว่างละติจูดกลางกับละติจูดสูง ซึ่งมีลักษณะอากาศชื้นภาคพื้นทวีปหรือลักษณะอากาศขั้วโลกแบบภาคพื้นทวีป พืชที่ขึ้นส่วนมากมักจะเป็นพืชตระกูลสน เช่น สปรูซ เฟอร์ เฮมล็อค ไพน์ (Spruce, fir, hemlock, pine) ซึ่งพืชดังกล่าวนี้ไม่ต้องการความอุดมสมบูรณ์ของดินมากนัก

และสามารถทนต่อสภาพของดินที่เป็นกรดได้ ดินชั้น A จะประกอบไปด้วยซิลิกาเป็นส่วนใหญ่ทำให้มีสีจาง ส่วนดินชั้น B นั้นจะมีสีเข้มและค่อนข้างละเอียด (รูปที่ 13.4)

แลทเทอร์ไลเซชั่น

เป็นดินที่อยู่ในเขตอากาศร้อนและมีฝนตกชุกตลอดทั้งปี ส่วนใหญ่จะมีลักษณะอากาศแบบป่า



รูปที่ 13.7 การพัฒนาของดิน 5 แบบ

ฝนแถบศูนย์สูตร หรือมีลักษณะอากาศแบบร้อนที่มีฤดูฝนและแล้งสลับกัน ฤดูฝนยาวกว่าฤดูแล้ง และลักษณะอากาศอบอุ่นชื้น อุณหภูมิเฉลี่ยประจำปีสูงเป็นผลให้บัคเตรีทำลายซากพืชซากสัตว์อย่างรวดเร็ว และฮิวมัสสลายตัวเร็ว ดินจะประกอบไปด้วยออกไซด์ของเหล็ก (Fe_2O_3) เป็นผลทำให้ดินมีสีแดง นอกจากนั้นยังมีส่วนผสมของซิลิกา (Silica) ดินประเภทนี้มีคุณภาพต่ำมากเนื่องจากขาดฮิวมัสในดิน

คัลซิฟิเคชั่น

เป็นลักษณะของดินที่อยู่ในบริเวณที่มีอัตราการระเหยมากกว่าปริมาณน้ำฝนที่ได้รับ ส่วนใหญ่มักจะอยู่ในบริเวณที่มีอากาศแห้งแล้งภายในทวีป เป็นต้นว่า ลักษณะอากาศทุ่งหญ้าสเตปบ์ในเขตละติจูดกลาง และลักษณะอากาศร้อนที่มีฤดูฝนและฤดูแล้งสลับกันแต่มีฤดูฝนระยะเวลาอันสั้น ปริมาณน้ำฝนมีน้อยจนไม่สามารถที่จะชะล้างแร่ธาตุจำพวกคัลเซียมและมักเนเซียมได้ ในช่วงระยะเวลาแห้งแล้งนั้นจะทำให้ผิวดินแห้งจัด ซึ่งส่วนมากแล้วดินประเภทนี้มักจะปรากฏอยู่แถบทุ่งหญ้าสเตปบ์และเขตกึ่งทะเลทรายทั่วไป

ไกรเซชั่น

เป็นลักษณะของดินที่อยู่ในบริเวณที่ระบบถ่ายเทน้ำไม่ดีซึ่งมีลักษณะอากาศชื้นและเย็น ดินประเภทนี้ส่วนมากมักจะอยู่ในบริเวณใกล้ขั้วโลก เช่น ลักษณะอากาศแบบทุนดรา สภาพทั่วไปดินมักจะเป็นหลุมและมีน้ำแช่ขัง ลักษณะอุณหภูมิต่ำเป็นผลทำให้เกิดการสะสมอินทรีย์วัตถุในรูปของพีท (Peat) ดินส่วนมากจะหนามีสีน้ำเงินแกมเทาและมักจะอยู่ในแนวที่มีน้ำใต้ดินสมบูรณ์

ซาลิไนเซชั่น

เป็นลักษณะของดินที่มีเกลือปนอยู่สูงมาก มักจะเป็นบริเวณที่มีอากาศแห้งแล้งและมีระบบการถ่ายเทน้ำไม่ดี อาจจะอยู่ตามแอ่งหรือหุบเขาในบริเวณพื้นดินตอนใน หรือบริเวณที่ราบชายฝั่งในเขตอากาศแห้งแล้ง ดินประเภทนี้จะมีสารประกอบพวกซัลเฟตและคัลเซียมคลอไรด์ปนอยู่มาก

คำถามท้ายบทที่ 13

1. ลักษณะอะไรซึ่งแสดงว่าดินเปลี่ยนแปลงมากกว่าเป็นสิ่งไม่มีชีวิตซึ่งคงรูปร่าง ดินเกิดการเปลี่ยนแปลงเพราะอิทธิพลอะไร ?
2. ดินในความหมายของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับดินเป็นอย่างไร ? ดินประกอบด้วย 3 สถานะ มีอะไรบ้าง ทั้ง 3 ประเภทนั้นมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่ ให้อธิบายประเภทของสสารที่ประกอบขึ้นเป็นดิน
3. ความสำคัญของสีดินได้แก่อะไร ? ดินธรรมดามักจะมีสีอะไรบ้าง แต่ละสีมีความหมายว่าอย่างไร ? โดยทั่วไปแล้วสีของดินที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับภูมิอากาศอย่างไร ?

4. เนื้อดินหมายถึงอะไร ? เนื้อดินประเภทต่าง ๆ ซึ่งแบ่งตามกรมเกษตรของสหรัฐอเมริกามีอะไรบ้าง ? อิทธิพลอะไรที่ทำให้เนื้อดินมีผลต่อการเกษตร
5. ลักษณะโครงสร้างธรรมดาของดินคืออะไร ? อธิบายโครงสร้าง 4 ประเภทและลักษณะโครงสร้างของดินที่มีอิทธิพลจะดูดซึมและยอมให้น้ำผ่านอย่างไร ?
6. ส่วนประกอบของดินคืออะไร ? อัตราส่วนประกอบของดินในกรณีนี้คืออะไร ? ส่วนประกอบของดินมีความสำคัญอย่างไร ?
7. ความเป็นประจุของดินคืออะไร ? ให้อธิบายสภาพหรือลักษณะของประจุ ลักษณะความเป็นด่างในดินคืออะไร ? สภาพของเบสมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง ความสัมพันธ์ของไฮโดรเจนไอออนที่เป็นศูนย์ของความเป็นกรดคืออะไร ? ให้ความหมายของความเป็นกรดของดิน
8. อากาศในดินหมายความว่าอย่างไร ? ความแตกต่างของอากาศปกติในบรรยากาศและอากาศในดิน สารสามัญธรรมดาที่พบอยู่ในน้ำของดินมีอะไรบ้าง
9. ให้อธิบายภาพตัดขวางของดินที่ประกอบไปด้วยชั้น A, B และ C ชั้นดินไหนในบริเวณเหล่านี้เป็นดินแท้
10. ให้บอกหลัก 5 ประการสำคัญที่ทำให้เกิดดิน รวมทั้งสภาพการณ์ทางที่นิ่งเฉยและดำเนินการ
11. วัตถุแม่ดินประเภทไหนที่ทำให้สลายตัวมาเป็นดินได้ ชนิดของวัตถุแม่ดินมีอำนาจควบคุมลักษณะการพัฒนาของชั้นดินอย่างสมบูรณ์แค่ไหน จงยกตัวอย่างมาให้ทราบ ดินหนุ่มที่เกิดใหม่จะมีผลสะท้อนต่อวัตถุแม่ดินอย่างไร ? ยกตัวอย่างให้ทราบ
12. ลักษณะภูมิประเทศมีอิทธิพลต่อการพัฒนาของชั้นดินอย่างไร ? อธิบายความแตกต่างของความลาดชันที่มีอิทธิพลต่อความหนาของชั้นดิน ความลาดชันแบบไหนดีที่สุดสำหรับการพัฒนาดินให้เหมาะสมกับการเกษตร
13. ดินเก่าหมายถึงดินอะไร? ชั้นของดินเก่ายังคงรักษาสภาพของการเปลี่ยนแปลงรูปหรือไม่
14. ฝนมีอิทธิพลเกี่ยวกับชั้นของดินอย่างไร ? eluviation คืออะไร ? illuviation คืออะไร ? ชั้นของดินมีอิทธิพลเกี่ยวกับกระบวนการนี้หรือไม่ desilication มีความหมายว่าอะไร? กระบวนการนี้จะพัฒนาได้มากในบริเวณใด
15. ดินในเขตอากาศแห้งแล้งมีความแตกต่างพื้นฐานจากดินในเขตอากาศชุ่มชื้นอย่างไร ? ลักษณะเดิม 2 ประการของดินที่ได้รับการยอมรับคืออะไร ?
16. อุณหภูมิมีผลต่อการเกิดดินอย่างไร ? จงอธิบายถึงการควบคุมของอุณหภูมิที่มีผลต่อชนิดของลมฟ้าอากาศของวัตถุแม่ดิน และขึ้นอยู่กับการสะสมของพวกอินทรีย์วัตถุ
17. ความต้องการของกลุ่มพืชที่แตกต่างกันนั้นเหมาะสมกับสภาพของดินปกติอย่างไร ? พืชมีความจำเป็นที่จะรักษาสภาพของชั้นดินเก่าหรือไม่
18. ให้อธิบายความสำคัญของฮิวมัสในดินที่พัฒนา กระบวนการที่ทำให้เกิดฮิวมัสคืออะไร? กระบวนการที่ทำให้เกิดฮิวมัสจะทำให้เกิดกรดอะไร ? และกรดนั้นมีปฏิกิริยาในดินอย่างไรบ้าง บัคเตรีมี

ปฏิกิริยากับฮิวมัสในดินอย่างไร ? ปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างดินในเขตศูนย์สูตรและเขตอาร์กติกเป็นอย่างไรบ้าง

19. ไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในดินคืออะไร ? มีการรวมตัวกันอย่างไร ?
20. ตัวหนอน มด แมลง แมงกระชอน มีอิทธิพลสำคัญมากต่อดินอย่างไร ?
21. จงบอกชื่อลักษณะการกระจายของดินแบบเบื้องต้น และการกระจายของลักษณะอากาศในแต่ละประเภท
22. ให้พรรณนาและอธิบายลักษณะชั้นของดินที่สัมพันธ์กับการกระจายของดินแต่ละประเภท

บทที่ 14
กลุ่มของดินสำคัญ
(The Great Soil Groups)

นักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับดินได้จัดประเภทของดินออกเป็น 3 หมวด คือ โซนัล (Zonal) อินทราโซนัล (Intrazonal) และเอโซนัล (Azonal)

ดินโซนัล (Zonal soils) คือดินที่เกิดภายใต้สภาพแวดล้อมที่สมบูรณ์ มีระบบการถ่ายเทน้ำได้ดี และเป็นดินที่ผ่านกระบวนการของภูมิอากาศและพืชพรรณธรรมชาติมาเป็นระยะเวลานาน นับว่าเป็นดินที่มีความสำคัญมากกว่าดินในหมวดอื่น

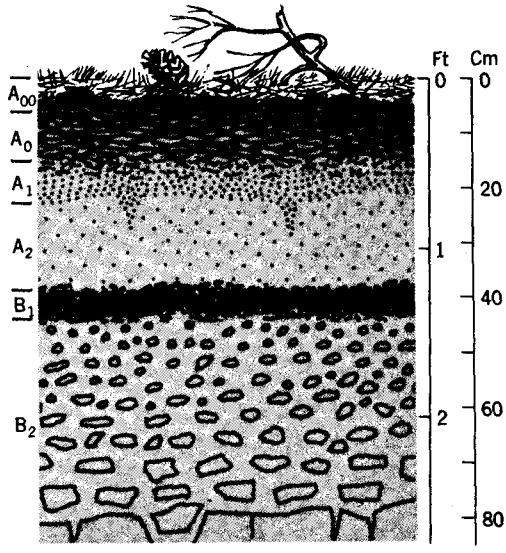
ดินอินทราโซนัล (Intrazonal soils) ได้แก่ดินที่อยู่ในบริเวณที่มีการถ่ายเทน้ำไม่ดี เช่น ดินที่อยู่ในหนอง บึง ซึ่งถูกน้ำท่วม ดินในทุ่งหญ้าที่มีน้ำแช่ขังหรือดินที่อยู่ในบริเวณที่ลุ่มของทะเลสาบในแถบทะเลทราย ลักษณะของดินมักจะประกอบด้วยหินปูนเป็นส่วนใหญ่

ดินเอโซนัล (Azonal soils) เป็นลักษณะของดินที่ยังมีการพัฒนาไม่เด่นชัดหรือไม่เต็มที่ อาจจะเป็นเพราะดินเกิดในระยะเวลาสั้นหรือไม่ก็เป็นดินที่อยู่ในบริเวณเขตที่ลาดชัน ซึ่งบริเวณดินชั้นบนมีโอกาสเจริญได้น้อยมาก ดินเอโซนัลนั้นรวมถึงชั้นของดินบาง ๆ ที่อยู่ในบริเวณเขตภูเขา (Lithosols) และรวมทั้งดินตะกอนใหม่ ๆ ที่เกิดจากแม่น้ำพัดพามาทับถมกันหรือพวกสันทราย (Regosols) ดินประเภทนี้มีลักษณะชั้นดินไม่ชัดเจนยากที่จะจำแนกประเภทได้ ส่วนดินโซนัลและอินทราโซนัลนั้นสามารถแบ่งชั้นดินได้เนื่องจากได้พัฒนามาเป็นระยะเวลานานแล้ว

14.1 กลุ่มดินสำคัญ

ในปี ค.ศ. 1938 กระทรวงเกษตรกรรมของสหรัฐอเมริกาได้จำแนกดินออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ หลายประเภท ซึ่งรวมทั้งดินหมวดโซนัล อินทราโซนัล และเอโซนัล ซึ่งมีอยู่กระจัดกระจายทั่วไปในส่วนต่าง ๆ ของโลกภายใต้ลักษณะภูมิอากาศและภูมิประเทศที่คล้ายคลึงกัน ชื่อดินประเภทต่าง ๆ โดยมากเป็นภาษารุสเซีย เพราะนักวิทยาศาสตร์รุสเซียได้เป็นผู้บุกเบิกในเรื่องนี้มาก

นักธรณีวิทยาชาวรุสเซีย ชื่อ V.V. Dokuchaiev ได้ค้นพบทฤษฎีเกี่ยวกับการกำเนิดดินและการจำแนกชนิดของดินขึ้นระหว่างปี ค.ศ. 1882–1900 จึงทำให้เราทราบว่าดินเป็นสิ่งที่มีตัวตนอย่างอิสระและมีความสัมพันธ์กับภูมิอากาศและพืชพรรณธรรมชาติ ชาวรุสเซียอีกผู้หนึ่งซึ่งศึกษาต่อจากเขาคือ K.D. Glinka ได้เพิ่มความรู้เกี่ยวกับการแบ่งชั้นดินตามขวางขึ้น ส่วนในสหรัฐอเมริกานั้นได้มีการศึกษาวิทยาศาสตร์แบบใหม่เกี่ยวกับดิน ระหว่างปี ค.ศ 1920–1930 โดย C.F. Marbut ซึ่งเป็น



รูปที่ 14.1 ภาพตัดขวางของดินพอดซอลภายใต้ป่าสน

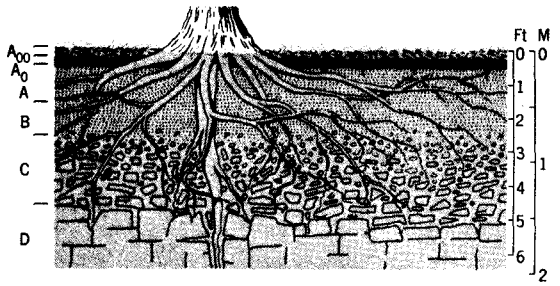
หัวหน้าหน่วยสำรวจดินของกระทรวงเกษตรกรรมสหรัฐอเมริกาอยู่หลายปี ได้จัดระบบการจำแนกดินในสหรัฐอเมริกาขึ้น ชื่อว่า ระบบมาร์บัท (Marbut's system) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ดินพอดซอล (Podzol soils) เป็นดินจำพวกโซนัลที่อยู่ในเขตอากาศชื้น ซึ่งพบเป็นบริเวณกว้าง ดินพอดซอลมีการกระจัดกระจายอยู่หลายแห่งด้วยกัน แต่ส่วนมากมักจะพบอยู่ในบริเวณเขตอากาศกึ่งขั้วโลก (Subarctic) และตอนเหนือของเขตอากาศชื้นภาคพื้นทวีป (Humid continental climate) และบริเวณส่วนที่มีภูมิอากาศเย็น ภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรชายฝั่งตะวันตก (Marine west coast climate) ดินประเภทนี้ต้องการอากาศเย็นและมีปริมาณฝนอย่างพอเพียงและมีน้ำฝนกระจายตลอดทั้งปี

ชั้นของดินพอดซอลมีหลายชั้น ชั้นบนสุดมีซากของพืชพรรณธรรมชาติทับถมเน่าเปื่อย เป็นชั้น A_0 ส่วนชั้นถัดไปเป็นชั้นดินแท้อยู่ในระดับ A_1 มีลักษณะเป็นดินบาง ๆ อยู่ในสภาพเป็นกรด อุดมด้วยฮิวมัสและมีสีต่าง ๆ จากสีเทาเป็นสีน้ำตาลแกมเหลืองจนถึงน้ำตาลแกมแดง ส่วนชั้น A_1 เป็นชั้นที่มีอนุมูลและมีปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบส (Bases) มาก

ถัดจากชั้น A_1 ลงไปเป็นสีจาง คือ ชั้น A_2 ชั้นนี้ถูกการชะล้างเอาอนุมูลของเบสลงไปชั้นล่าง ลักษณะของดินจะมีสีเทาจางเนื่องจากออกไซด์ของเหล็กถูกชะล้างไป

ถัดจากชั้น A_2 ลงไปถึงชั้น B ลักษณะของดินมีสีน้ำตาลและเต็มไปด้วยอนุมูลและเบสที่ชะซึมมาจากชั้น A_2 อนุมูลของสารต่าง ๆ นั้นรวมกันทำให้สภาพของดินเป็นดินเหนียว ถ้าหากว่าบริเวณใด



รูปที่ 14.2 ภาพตัดขวางของดินสีน้ำตาลในป่า

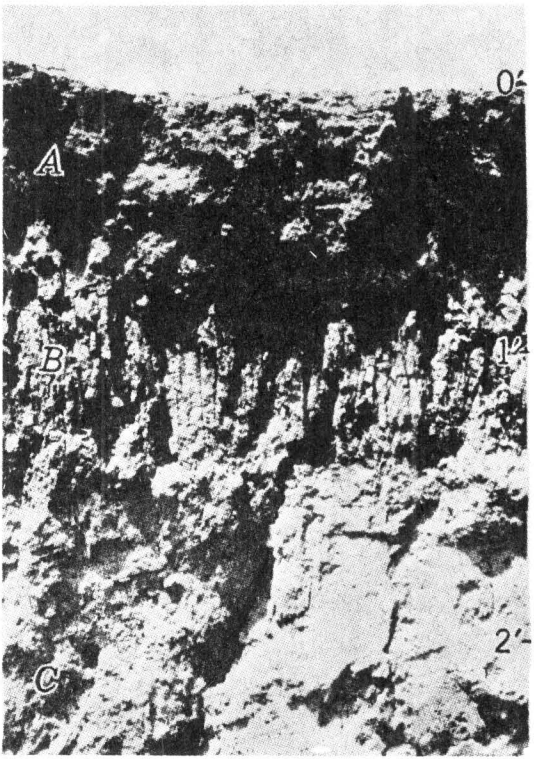
มีออกไซด์สะสมตัวอยู่มากจะทำให้ดินแข็งจนมีลักษณะคล้ายหินที่เรียกว่า ดินดาน (Hard pan) ซึ่งในยุโรปเรียกว่า ออทสเตน (Ortstein) ซึ่งประกอบด้วยดินเหนียวเชื่อมด้วยลิโมไนท์ (Limonite) ซึ่งเป็นสารประกอบของเหล็ก (Hydrous iron oxide) อย่างหนึ่ง ความหนาของชั้น A และ B ของดินประเภทนี้มีความหนาไม่เกิน 3 ฟุต (1 เมตร)

ดินพอดซอลเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและมีการชะซึมของดินโดยทั่วไป ดินประเภทนี้มักจะมีป่าสนขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากป่าสนต้องการแร่ธาตุพวกคัลเซียม มักเนเซียม โปตัสเซียม และฟอสฟอรัสน้อยกว่าพืชประเภทอื่น พืชบางชนิดที่อยู่ในดินประเภทนี้ต้องพยายามปรับตัวให้เข้ากับสภาพของดิน ดินพอดซอลไม่สามารถจะผลิตพืชพรรณธัญญาหารมาเลี้ยงประชากรได้มาก การใช้ปุ๋ยและเพิ่มปูนขาวในดินก็อาจจะแก้ไขให้สภาพของดินดีขึ้น แต่ทำได้ในบริเวณจำกัดและสภาพของดินประเภทนี้ไม่เหมาะสมทางด้านการเกษตร

ดินพอดซอลสีเทา–น้ำตาล

ดินชนิดนี้มีการชะล้างน้อยกว่าดินพอดซอล ส่วนใหญ่จะมีสีน้ำตาล ชั้นต่าง ๆ ของดินประเภทนี้คล้ายคลึงกับดินพอดซอล ชั้น A_1 จะมีลักษณะเป็นฮิวมัสและมีสภาพเป็นกรดปานกลาง ส่วนชั้น A_2 จะมีสีเทาปนน้ำตาล ส่วนชั้น B เนื้อดินจะหนามีสีน้ำตาลแกมเหลืองไปถึงน้ำตาลแกมแดง พืชพรรณที่ขึ้นอยู่ในดินประเภทนี้มักจะเป็นพวกป่าไม้ผลัดใบ เช่น ต้นเมเปิ้ล (Maple) ต้นบีช (Beech) ต้นโอ๊ก (Oak) ต้นไม้เหล่านี้จะนำเอาอนุมูลแร่จากชั้น B ขึ้นมาอยู่เหนือพื้นดิน โดยการทับถมเน่าเปื่อยของใบไม้ กิ่งไม้ ทำให้ดินประเภทนี้มีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น

เมื่อเติมปูนขาวหรือปุ๋ยลงในดินชนิดนี้อาจจะทำให้ผลผลิตทางด้านการเกษตรสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกพืชและการทำฟาร์มโคนม ดินประเภทนี้จะมีมากในบริเวณตอนกลางด้านตะวันออกของสหรัฐอเมริกาที่มีฝนระหว่าง 35–40 นิ้ว (90–100 เซนติเมตร) เป็นประจำทุกปี ส่วนใหญ่แล้ว



รูปที่ 14.3 ภาพตัดขวางของดินสีน้ำตาลในโคโลราโด ชั้น B เป็นแบบรูปก้อน ซึ่งลึกหลายฟุต

เป็นลักษณะภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป เช่น บริเวณทางใต้ของรัฐวิสคอนซิน ตอนใต้ของรัฐมิชิแกน อินเดียนา โอไฮโอ เคนทักกี นิวยอร์ก เพนซิลเวเนีย และแมรีแลนด์ รวมทั้งบริเวณตอนใต้ของนิวอิงก์แลนด์ นอกจากนั้นยังพบดินประเภทนี้ในยุโรปตะวันตกในบริเวณที่มีลักษณะภูมิอากาศภาคพื้นสมุทรชายฝั่งตะวันตกและภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป นอกนั้นมีพบบ้างเป็นบริเวณแคบในลักษณะภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีปที่อยู่ทางเหนือของจีนและญี่ปุ่น

ดินพอดซอลสีแดงเหลือง

ดินประเภทนี้จะอยู่ทางตอนใต้ของดินพอดซอลสีเทาน้ำตาลและมีลักษณะอากาศอบอุ่นชื้น ซึ่งพบมากทางตอนใต้ของสหรัฐอเมริกาที่มีลักษณะอากาศอบอุ่นชื้น (Humid sub–tropical climate) รวมทั้งทางตอนใต้ของญี่ปุ่น ตอนใต้ของบราซิลและปารากวัย และยังพบบ้างบริเวณชายฝั่งทะเลของแอฟริกาใต้ ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ ดินประเภทนี้มีการชะซึมในชั้น A_2 เช่นเดียวกับดินพอดซอล อากาศอบอุ่นในฤดูร้อนและฤดูหนาวอากาศไม่หนาวมาก เป็นผลทำให้บัคเตรีเจริญเติบโตได้ดี ดินมีส่วนประกอบของฮิวมัสน้อย สีแดงและสีเหลืองของดินนั้นก็เป็นสีของเหล็ก (Hydroxides of iron)

ดินสีเหลืองจะพบมากในบริเวณที่ราบชายฝั่งทะเลที่มีการชะล้างของน้ำสูง และมีส่วนประกอบของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์มาก (Altminium hydroxides) ปรากฏว่าเป็นเขตภูมิอากาศร้อนชื้น พืชผลที่ขึ้นอยู่ในเขตนี้ส่วนมากมักจะเป็นพวกป่าไม้ผลัดใบ และเมื่อเติมปุ๋ยลงไปบ้างก็จะสามารถใช้ปลูกพืชได้หลายชนิด เช่น ยาสูบ ฝ้าย ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ข้าวโพด มันเทศ และพืชผลอื่น ๆ อีก

ดินแลโตซอล

เป็นดินที่อยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นแถบศูนย์สูตร ซึ่งเราอาจจะเรียกว่า ดินลูกรัง (Lateritic soils) มีลักษณะที่สำคัญ คือ

1 การผุพังทางเคมีและทางเมแคนิกส์ได้สิ้นสุดลงแล้ว เนื่องมาจากสภาพที่เหมาะสมของความชื้นและความร้อน

2 ซิลิกา (Silica) จะถูกชะล้างไปจากดินเกือบหมด

3. ออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมจะเป็นสารที่สะสมกันอยู่ในดิน และกลายเป็นวัตถุประจำอยู่ในดินอย่างถาวรเป็นจำนวนมาก

4. ฮิวมัสเกือบไม่มีอยู่ในดินเลย เพราะถูกบัคเตรีทำลายไปอย่างรวดเร็วอยู่ตลอดเวลา

5. ดินจะมีสีแดงอย่างชัดเจน เนื่องมาจากออกไซด์ของเหล็ก

ขบวนการทั้ง 5 นี้เราเรียกว่า ขบวนการแลตเตอร์ไรเซชั่น (Laterization)

ดินแลโตซอลที่แท้นั้นจะพบในเขตอากาศร้อนชื้น เช่น อากาศชื้นแถบศูนย์สูตร และอากาศร้อนที่มีฤดูแล้งและมีฤดูฝนสลับกัน แม้ว่าดินพอดซอลสีแดงเหลือง (Red-yellow podzolic soils) จะมีลักษณะคล้ายคลึงกันก็หาใช่ดินแลโตซอลที่แท้จริงไม่

ดินประเภทนี้จะสูญเสียความอุดมสมบูรณ์อย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากการชะล้างของน้ำทำให้แร่ธาตุซึมลงสู่พื้นล่าง อย่างไรก็ตาม ดินประเภทนี้ก็เหมาะสำหรับปลูกต้นไม้ใบกว้างที่เป็นลักษณะไม้ยืนต้น และดินประเภทนี้มีการสะสมตัวของออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมเป็นชั้น ๆ ซึ่งเราสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุในการก่อสร้างได้ วัตถุนี้เราเรียกว่า ศิลาแลง (Laterite) ศิลาแลงนี้เมื่อนำมาผึ่งลมจะแห้งและแข็งมาก ในอินโดจีนนิยมใช้ศิลาแลงในการก่อสร้างมาก

แร่ที่มีค่าบางประเภทอาจจะอยู่ในรูปของศิลาแลง เป็นต้นว่า แร่บอกไซต์ Bauxite (Hydrous aluminium oxide) ลิโมไนต์ Limonite (Hydrous iron oxide) และแมงกาไนต์ Manganite (Manganese oxide) วัตถุเหล่านี้เป็นพวกกากแร่เนื่องจากเป็นสารไม่ละลายน้ำ และจะมีอยู่มากในบริเวณกายอานา ทางตอนเหนือของทวีปอเมริกาใต้ และทางตะวันตกของอินเดีย

ดินที่มีน้ำแช่ขัง

เป็นดินที่เกี่ยวข้องอยู่กับหนองบึงที่ลุ่มหรือบริเวณที่ราบที่มีระบบถ่ายเทน้ำไม่ดี ดินเหล่านี้เรา

จัดอยู่ในหมวดอินทราโซนัล ทั้งนี้เพราะมีระบบการถ่ายเทน้ำที่ไม่ดี

ดินบ๊อก

เป็นดินที่ก่อตัวขึ้นจากซากพืชที่อยู่ในบริเวณที่ลุ่มน้ำขังในเขตอากาศเย็นชื้น หรือลักษณะอากาศชื้นภาคพื้นทวีป เป็นต้นว่า ในบริเวณที่เคยอยู่ในอิทธิพลของธารน้ำแข็งในอเมริกาเหนือ และยุโรป บริเวณดังกล่าวนี้จะมีลักษณะเป็นแอ่งน้ำโดยทั่วไป ลักษณะของดินเป็นดินที่อิ่มน้ำ มีซากพืชเน่าเปื่อยปะปนสะสมอยู่หนาถึง 3—4 ฟุต (1 เมตร) ใต้ลงไปจะประกอบด้วยดินเหนียวหนาแต่ไม่มีลักษณะโครงสร้างของดินเหนียวเลย นักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับดินให้ชื่อว่า Glei หรือ Gley ดินชนิดนี้จะมีสีเทาแกมน้ำเงินและเป็นดินที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ เป็นขบวนการของดินที่เรียกว่า Gleization

ดินทุ่งหญ้า

เป็นดินที่เกิดในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง ซึ่งมีการระบายน้ำดีกว่าบริเวณที่เกิดดินบ๊อก (Bog soils) แต่ก็เป็นดินที่มีคุณภาพต่ำเช่นกัน บริเวณนี้จะอยู่ในเขตอากาศชื้นในละติจูดกลาง ซึ่งมักจะเป็นบริเวณทุ่งหญ้าเพราะหญ้าเจริญอย่างรวดเร็วและหนา แต่อย่างไรก็ตามก็มีระบบถ่ายเทน้ำไม่ดี เราอาจจะเรียกชื่อว่า Humic-glei soils ซึ่งเป็นลักษณะของดินชนิดนี้รวมกับดิน Bog soils ในบริเวณที่สูงซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบทุนดรา ดินที่พบจะเป็นดินแอลไพน์มีโดซอยล์ (Alpine meadow soils) ดินชนิดนี้สีดำและเหมาะแก่การเจริญเติบโตของหญ้าและพืชพรรณไม้ดอก

เพลโนซอล

เป็นดินที่เกิดอยู่บริเวณพื้นที่เอียงเล็กน้อยแต่อยู่ในเขตที่สูง ชั้นบนของดินจะหนาไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากขบวนการลมฟ้าอากาศทำให้ดินชั้นบนถูกกัดเซาะไปอย่างช้า ๆ ดินประเภทนี้จะมีชั้นดินหนาประกอบด้วยดินเหนียวและอยู่ในเขตอากาศชื้น แต่ถ้าอยู่ในเขตอากาศกึ่งแห้งแล้งจะมีชั้นดินหนาและแข็ง

ดินทุนดรา

ดินประเภทนี้อยู่ในเขตภูมิอากาศหนาวเย็นแบบ Arctic tundra ซึ่งกินบริเวณกว้างขวาง จัดอยู่ในหมวดดินโซนัล นอกจากนั้นยังมีลักษณะของดินพอดซอล (Podzols) ดินเกรย์—บราวน์ ฟอเรสต์ (Gray-brown forest soils) ดินเรด—เยลโลว์ (Red-yellow soils) และดินแลโตซอล (Latosols) แต่เนื่องจากดินประเภทนี้บางครั้งระบายถ่ายเทน้ำไม่ดีก็ถูกจัดเข้าประเภทดินอินทราโซนัล

เนื่องจากเขตนี้อุณหภูมิต่ำและมีความชื้นในดินมักจะอยู่ในรูปของน้ำแข็งหลายเดือน ภายใต้สภาวะอากาศเย็นเช่นนี้ทำให้แร่ธาตุในดินสลายตัวออกมาเป็นสารละลายได้ช้า ทำให้วัตถุดั้งเดิมยังคงรวมตัวกันอยู่ในรูปเดิมแทนที่จะเป็นสารละลาย การสลายตัวของสารอินทรีย์วัตถุเป็นไปอย่างช้า ๆ ทำให้ยังคงมีฮิวมัสอยู่บนผิวดิน ชั้นของดินจะไม่แตกต่างกันจนเห็นได้ชัด แต่ประกอบด้วยดินเหนียวปนทรายและฮิวมัส บริเวณผิวดินจะมีพวกตะไคร่น้ำ มอส และหญ้าบางชนิดขึ้นอยู่ ในเขตทุนดราของ

ไซบีเรียและอเมริกาเหนือ สภาพของดินจะเย็นและแข็งตัวอยู่ตลอดเวลา ซึ่งเราเรียกว่า น้ำค้างแข็งถาวร (Permafrost) ซึ่งเป็นแผ่นน้ำแข็งเกาะตัวอยู่ในชั้นล่างของดินตลอดเวลา

ในดินดานบางแห่งทางตอนกลางของอะแลสกาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในย่านหุบเขา ลักษณะของดินค่อนข้างสีดำเข้มซึ่งเราอาจจะเรียกว่าเป็นดินอาร์กติก บราวน์ ฟอเรสต์ (Arctic brown forest soils) ดินชั้น A_1 หนามีสีดำคล้ำเนื่องจากมีสารอินทรีย์ปนอยู่ ส่วนชั้นล่างดินมีสีจางค่อนไปทางสีน้ำตาลอ่อน ส่วนชั้น C ดินมีสีเทาเหมือนกับหินกำเนิดดิน

ดินเชอร์โนเซม

เป็นดินประเภทดินโซนัล (Zonal soils) ที่สำคัญอยู่ในเขตภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้ง ซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากดินประเภทอื่น ดินประเภทนี้เราเรียกว่า เชอร์โนเซม หรือแบล็กเอิร์ท (Chernozem or black earths) ลักษณะของดินประเภทนี้จะมีอยู่ 2 ชั้น ชั้นแรกคือ ถัดจากหญ้าที่ขึ้นปกคลุมลงไปจะมีสีดำเป็นชั้น A ที่มีความหนาประมาณ 2–3 ฟุต อุดมสมบูรณ์ไปด้วยฮิวมัส ลักษณะของดินร่วนซุย ลึกลงไปเป็นดินชั้น B มีสีน้ำตาลหรือเหลืองแกมน้ำตาล เมื่อลงไปถึงชั้น C มีสีจางอย่างเห็นเด่นชัด ลักษณะคล้ายคลึงกับดินพอดซอล แต่ต่างกันตรงที่ดินประเภทนี้ไม่มีการชะซึมในชั้น A_2

ดินประเภทนี้มีคัลเซียมปนอยู่มาก ถ้ามีมากเกินไปจะมีตะกอนคัลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ขึ้นตามผิวดิน จากการศึกษาปรากฏว่าดินประเภทนี้ส่วนใหญ่เกิดมาจากคัลเซียมคาร์บอเนต ทำให้นักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเรื่องดินในรุสเซียได้ศึกษาบริเวณรอบ ๆ ทะเลดำในแคว้นยูเครน ตั้งแต่แนวตะวันออกไปตามแนวเส้นขนานที่ 55 ถึงใจกลางของทวีปเอเชีย นอกจากนั้นดินประเภทนี้ยังมีความสำคัญในสหรัฐอเมริกา แคนาดา เริ่มจากรัฐแอลเบอร์ตา (Alberta) และรัฐซาสแกตวัน (Saskatchewan) ไปจนถึงที่ราบเกรตเพลน (Great plains) ของสหรัฐอเมริกา จนถึงตอนกลางของรัฐเทกซัส (Texas) และยังปรากฏดินประเภทนี้ในประเทศอาร์เจนตินา บริเวณบางแห่งในออสเตรเลียและแมนจูเรีย

เชื่อกันมานานว่าภูมิอากาศเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการพัฒนาดินประเภทนี้ ซึ่งพบว่าดินประเภทนี้ในเขตละติจูดกลางของทวีปอเมริกาเหนือและยุโรป ส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณเขตภูมิอากาศแห้งแล้ง ทางด้านตะวันตกของเขตภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป (Humid continental climate) ไปจนถึงเขตภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสเตปป์ ในเขตละติจูดกลาง (Middle latitude steppe climate) จึงอาจกล่าวได้ว่าความแห้งแล้งเป็นองค์ประกอบที่ช่วยพัฒนาดินประเภทนี้ บริเวณของดินประเภทนี้มักจะมีลักษณะอากาศหนาวจัดในฤดูหนาว ร้อนจัดในฤดูร้อน อัตราการระเหยของน้ำในดินสูง ทำให้พืชบางชนิดไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ นอกจากหญ้าซึ่งเป็นเขตทุ่งหญ้าในย่านละติจูดกลาง

องค์ประกอบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของดินประเภทนี้ในย่านละติจูดกลางก็คือ ดินเลิสส์ (Loess) ดินชนิดนี้เกิดจากลมหอบเอาฝุ่นผงจำนวนมากไปทับถมไว้ในระหว่างยุคน้ำแข็ง เป็นดินที่พบอยู่ในบริเวณจำกัด โดยสภาพทางภูมิศาสตร์แล้วดินประเภทนี้เหมาะแก่การเพาะปลูกธัญพืชอย่างยิ่ง เป็นต้นว่า ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวบาเลย์ และข้าวไรย์ ปริมาณธัญพืชจำนวนมากผลิตได้ในบริเวณดิน

ประเภทนี้ เช่นที่สหรัฐอเมริกา แคนาดา แคว้นยูเครน และอาร์เจนตินา กลายเป็นแหล่งผลิตที่สำคัญของโลก

ดินแพรรี่

จากการตรวจสอบแผนที่การใช้ดินพบว่า ดินประเภทนี้จะอยู่ระหว่างดินเชอร์โนเซม และดินเกรย์—บราวน์ พอดซอลิก (Grey-brown podzolic soils) บริเวณของดินแพรรีในสหรัฐอเมริกาจะอยู่ในเขตที่มีฝนตก 25—40 นิ้ว (60—100 เซนติเมตร) ลักษณะของดินคล้ายคลึงกับดินเชอร์โนเซม แตกต่างกันเฉพาะไม่มีคัลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) มากเหมือนดินเชอร์โนเซม และลักษณะของดินนั้นอยู่ระหว่างดินประเภทเพโดคัลและเพดัลเฟอร์ (Pedocal and pedalfer) ในสหรัฐอเมริกามีลักษณะของทุ่งหญ้าแพรรีเด่นซึ่งเป็นลักษณะของหญ้าต้นสูงตามธรรมชาติ คือ บริเวณย่านหุบเขาทางตอนเหนือของรัฐมิสซิสซิปปี และบริเวณที่ราบ ได้แก่ รัฐอิลลินอยส์ ไอโอวา เนแบรสกา ทางตะวันออกตอนใต้ของมินนิโซตา ตอนเหนือของมิสซูรี ทางตะวันออกของแคนซัส

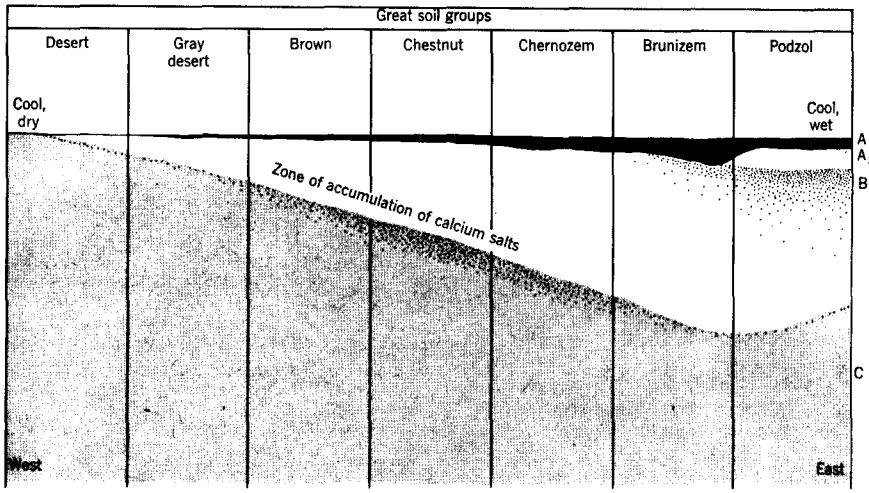
ดินแพรรีเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงเหมาะสำหรับใช้ในการเพาะปลูก เป็นเขตที่ใช้ในการปลูกข้าวโพด ซึ่งโดยปกติแล้วข้าวโพดมักจะปลูกคู่ไปกับดินแพรรีเสมอ ข้าวโพดนอกจากต้องการอุณหภูมิสูงในระยะการเจริญเติบโตแล้ว ก็ยังต้องการความชื้นสูงอีกด้วย ทางตอนใต้ของดินแพรรีในสหรัฐอเมริกา มีลักษณะของดินแพรรีสีแดง (Reddish prairie soils) ซึ่งอยู่บริเวณตอนใต้ของแม่น้ำอาร์แคนซัสในรัฐแคนซัส โอกลาโฮมา และเทกซัส ดินประเภทนี้มีลักษณะเหมือนดินแพรรี แต่มีสีน้ำตาลแกมแดงเหมาะสำหรับการปลูกพืชได้ดีเช่นกัน

ดินเชสต์นัตและดินสีน้ำตาล

ทางแถบแห้งแล้งของแนวดินเชอร์โนเซมนั้น เป็นแนวดินเชสต์นัต (Chestnut soils) หรือดินสีน้ำตาลเข้ม (dark brown soils) ซึ่งอยู่ในเขตทุ่งหญ้ากึ่งแห้งแล้งแถบละติจูดกลางของทวีปอเมริกาเหนือและเอเชีย ลักษณะโดยทั่วไปของดินเชสต์นัตคล้ายกับดินเชอร์โนเซม แต่มีฮิวมัสน้อยกว่าสีจึงไม่ค่อยเข้ม ดินเชสต์นัตจะมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้นถ้าหากมีฝนหรือระบบการชลประทานพอเพียง ดินเชสต์นัตเป็นดินที่เกิดอยู่ระหว่างบริเวณเขตแห้งแล้งด้านหนึ่งกับเขตชุ่มชื้นอีกด้านหนึ่ง ดังนั้น บริเวณนี้บางปีจึงมีอากาศแห้งแล้งและบางปีมีอากาศชุ่มชื้น แนวของดินประเภทนี้อาจจะใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าวสาลีได้ ถัดจากแนวของดินเชสต์นัตออกไปยังเขตแห้งแล้งจะเป็นลักษณะของดินสีน้ำตาล (Brown soils) มีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายคลึงกันแต่มีฮิวมัสน้อยกว่าและสีอ่อนกว่าเท่านั้น ในสหรัฐอเมริกาดินประเภทนี้จะอยู่ในตอนกลางบริเวณเทือกเขาร็อกกี และที่ราบสูงโคโลราโด ซึ่งอยู่ในมลรัฐไวโอมิง โคโลราโด ยูตาห์ อาริโซนา และนิวเม็กซิโก ดินสีน้ำตาลนี้มักจะเป็นดินในเขตทุ่งหญ้าย่านละติจูดกลาง ถ้าจะให้ได้ผลดีต้องใช้ระบบการชลประทานเข้าช่วย ถ้าหากไม่มีก็ไม่ได้ผล

ดินเชสต์นัตสีแดงและดินสีน้ำตาลแกมแดง

ดินประเภทนี้มีแพร่หลายในเขตภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้ง กึ่งร้อนชื้น และเขตกึ่งร้อนของโลก



รูปที่ 14.4 ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชั้นของดินกลุ่มใหญ่จากเขตอากาศแห้งแล้งไปถึงเขตอากาศชื้น

ลักษณะของดินจะมีสีน้ำตาลแกมแดงไปจนถึงสีแดงเข้ม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างดินประเภทนี้กับภูมิอากาศและพืชพรรณธรรมชาติแล้วจะพบว่า ดินประเภทนี้อยู่ในลักษณะอากาศร้อนชื้นและแห้งแล้งสลับกัน (Tropical wet-dry climate) ซึ่งมีระยะฤดูฝนสั้น รวมถึงลักษณะอากาศแบบมรสุมในทวีปเอเชีย (Asiatic monsoon) และลักษณะอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียนบางเขต ส่วนพืชพรรณธรรมชาตินั้นจะเป็นพวกหญ้าที่มีความแตกต่างกันมาก

เนื่องจากมีลักษณะอากาศแห้งแล้ง อาจจะทำให้เกิดคัลเซียมคาร์บอเนตของดินประเภทนี้ได้ต่ำ ลักษณะของดินเป็นแบบเพโดคัล ส่วนสีแดงนั้นหมายถึงออกไซด์ของเหล็กที่สะสมกันเป็นจำนวนมาก และอินทรีย์วัตถุมีไม่มากนัก

ดินในเขตทะเลทรายสีแดงและสีเทา

เป็นดินที่อยู่ในเขตทะเลทรายแถบละติจูดกลางและทะเลทรายในเขตอากาศร้อน แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามพื้นฐานของสี คือ

1. ดินทรายสีเทา (Gray desert soils or sierozem) ดินทะเลทรายสีเทาเป็นดินที่อยู่ในย่านละติจูดกลางซึ่งมีมากในรัฐไวโอมิง เนวาดา ทางตะวันตกของยูตาห์ ตอนใต้ของออริกอน และไอดาโฮ ดินประเภทนี้มีฮิวมัสน้อยเนื่องจากมีพืชขึ้นอยู่น้อยมาก ส่วนใหญ่ได้แก่ ไม้พุ่ม และต้นหญ้าบางชนิด ลักษณะของเนื้อดินมีสีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงสีน้ำตาลปนเทา แต่ความแตกต่างของชั้นดินปรากฏเห็นไม่ชัด ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยคัลเซียมคาร์บอเนตหรือไฮดรอคไซด์ของคัลเซียมซัลเฟต เนื่องจากอยู่

ในระยะเวลาที่แห้งแล้งนาน ทำให้ระดับน้ำใต้ดินซึมขึ้นมาบนผิวดินและเกิดการระเหยไปเป็นผลทำให้มีสารจำพวกเกลือเหลือตกค้างอยู่บนดิน

2. ดินทรายสีแดง (Red desert soils) ส่วนในทะเลทรายเขตร้อน อากาศร้อนและแห้งแล้งมากขึ้น ลักษณะของดินจะเป็นดินทะเลทรายสีแดงซึ่งมีเนื้อดินสีเทาแกมแดงไปจนกระทั่งถึงสีแดงเข้ม ในบริเวณนี้มีฮิวมัสในดินน้อยเนื่องจากมีไม้พุ่มขึ้นกระจัดกระจายอยู่ห่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงของดินอาจจะเนื่องมาจากการดำเนินงานของสัตว์มากกว่าพืช สีของดินประเภทนี้ก็อาจจะเกิดจากออกไซด์ของเหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เนื้อดินจะหยาบและหินต้นกำเนิดของดินยังปรากฏให้เห็น

ดินสีเทาและสีแดงในเขตทะเลทรายจะสามารถใช้เพาะปลูกได้เฉพาะบริเวณที่มีการปรับปรุงเนื้อดินแล้วเท่านั้น เป็นต้นว่า บริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงและบริเวณที่ราบเอียง ที่เป็นดินตะกอนรูปพัด ระบบการชลประทานก็เป็นสิ่งจำเป็นไม่ว่าจะได้น้ำจากแม่น้ำหรือบ่อ หรือน้ำใต้ดินก็อาจจะช่วยปรับปรุงให้ดินดีขึ้นได้

14.2 ระดับความสูงและสภาพของดิน

ดังที่ได้อธิบายมาแล้วว่า ยิ่งสูงขึ้นไปลักษณะอากาศมีแนวโน้มแตกต่างกันตามระดับความสูงนั้น ความสูงที่เพิ่มขึ้นมีลักษณะคล้ายคลึงกับละติจูดที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากภูมิอากาศเป็นองค์ประกอบในการพิจารณาเรื่องดิน ความสูงที่เพิ่มขึ้นอาจจะมีผลทำให้เกิดกลุ่มดินประเภทต่าง ๆ ขึ้น ยกตัวอย่างดินจากภูเขาบิก ฮอร์น (Big Horn Mountain) ในรัฐไวโอมิง เริ่มต้นจากดินทะเลทรายสีเทาที่อยู่ต่ำสุดแล้วค่อย ๆ เจริญเปลี่ยนแปลงไปเป็นดินชุดโซนัลของอากาศแห้งแล้ง จนถึงดินแพรรี และเป็นดินพอดซอลในบริเวณที่สูงสุด

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความสูง เป็นการสรุปเปลี่ยนชั้นของดินตามแนวเส้นสมมติจากทะเลทรายทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของอเมริกาตรงไปทางตะวันออกข้ามเขตที่ราบสูง แล้วเลยไปทางตอนเหนือของทะเลสาบสุพีเรีย

14.3 ดินฮาร์โลมอร์ฟิก

ในบริเวณกึ่งทะเลทรายและทะเลทราย อัตราการระเหยของน้ำคิดเฉลี่ยแล้วเป็นจำนวนมากกว่าปริมาณหยาดน้ำฟ้าที่ได้รับ ลักษณะภูมิประเทศเป็นหลุมเป็นบ่อโดยทั่วไปทำให้ระบบการถ่ายเทน้ำไม่ดี ในบริเวณเขตนี้มีเศษหินที่ถูกน้ำพัดพามาในขณะเกิดน้ำท่วมและทับถมกันในบริเวณพื้นที่ลุ่ม นอกจากนั้นยังมีดินเหนียว ฝุ่นและทราย รวมถึงแร่ธาตุจำพวกเกลือจับตัวกันแน่นเป็นผลึกเมื่อน้ำได้ระเหยหมดไปแล้ว บริเวณทะเลสาบตื้น ๆ หรือพลายา (Playas) ซึ่งมีรูปร่างแบนราบจะมีน้ำปกคลุมเป็นบริเวณตื้น ๆ และเมื่อน้ำระเหยขึ้นไปอย่างรวดเร็วแล้วจะทิ้งเกลือตกตะกอนอยู่บนผิวดิน คนส่วนมากรู้จัก

บริเวณที่ราบเกลือของทะเลสาบเกรตซอลต์ (Great Salt Lake) ในรัฐยูตาห์เป็นอย่างดี เกลือที่พบอยู่ในเขตทะเลสาบตื้น ๆ ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา คือ โซดา (Na_2CO_3) บอแรกซ์ ($Na_2B_4O_7$) คัลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และพวกซัลเฟตต่าง ๆ (Na_2SO_4, $MgSO_4$, K_2SO_4) คลอไรด์ต่าง ๆ (NaCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$) และสารจำพวกอื่น ๆ ส่วนที่ลึกจะมีเกลือที่หนาและบริสุทธิ์ ไม่ปรากฏว่ามีเนื้อดินอยู่เลย ดินฮาร์โลมอร์ฟิก หมายถึงบริเวณดั้งเดิมที่ประกอบด้วยผุ่นและดินเหนียวเป็นจำนวนมากรวมอยู่ในเนื้อดิน ขบวนการเปลี่ยนแปลงของดินประเภทนี้เราเรียกว่า ซาลิไนเซชั่น (Salinization) ดินประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ที่ยอมรับ คือ

1. ดินเกลือ "Saline soils" (Solonchak)

2. ดินด่าง "Alkali soils" (Solonetz)

ดินฮาร์โลมอร์ฟิก จัดอยู่ในจำพวกดินอินทราโซนัล เนื่องจากมีระบบการถ่ายเทน้ำไม่ดีและอยู่ในบริเวณจำกัด

ดินเกลือ "Saline soils" (Solonchak, or White alkali soils) ประกอบด้วยสารจำพวกคลอไรด์ ซัลเฟต คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตของโซเดียม คัลเซียม มักเนเซียม และโปตัสเซียม ดินเหล่านี้จะมีสีอ่อน ถึงแม้ว่าดินเกลือจะมีพืชขึ้นหลายชนิดก็จริงแต่ขึ้นกระจัดกระจายอยู่ห่าง ๆ ซึ่งเป็นพืชที่ทนต่อความแห้งแล้งและความเค็มได้ดี ได้แก่ พืชพรรณจำพวกฮาโลไฟติก (Halophytic plants) รวมทั้งหญ้า ไม้พุ่ม และต้นไม้บางประเภท ดินประเภทนี้ไม่สามารถทำการเกษตรได้ยกเว้นจะต้องมีการชะล้างเกลือออกให้หมดเสียก่อน ซึ่งผลปรากฏว่าทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกาให้ผลทางด้านการเกษตรดี

ดินด่าง "Alkali soils" (Solonetz or black alkali soils) ประกอบด้วยเกลือโซเดียมโดยเฉพาะอย่างยิ่งโซเดียมคาร์บอเนต ($NaCO_3$) ชั้นของดินจะมีสีเข้ม แข็ง แตกออกเป็นชั้น เกลือของดินด่างมีคุณสมบัติต่างจากเกลือของดินเกลือ คือ จะอยู่ในเขตที่มีระบบการถ่ายเทน้ำที่ดีกว่า

การปรับปรุงเกี่ยวกับระบบการถ่ายเทน้ำไม่ว่าจะเป็นการกระทำหรือเป็นไปตามธรรมชาติก็ตาม ดินด่างอาจจะเปลี่ยนแปลงโดยการชะล้างเกลือให้กลายเป็นดินโซลอท (Soloth) ซึ่งเป็นดินที่มีสีอ่อนและมีกรดเจือจาง ส่วนเนื้อดินจะหนักและมีสีน้ำตาล ในชั้น B ซึ่งจะมีแนวดินแตกให้เห็นอย่างชัดเจน

14.4 ดินคัลซิมอร์ฟิก

เป็นดินประเภทอินทราโซนัลอีกชนิดหนึ่ง ดินประเภทนี้จะมีลักษณะของหินปูนอย่างอุดมสมบูรณ์ เป็นขบวนการที่ทำให้เกิดหินปูน (Process of calcification) ดินประเภทนี้ที่สำคัญ คือ ดินเรนด์ซินา (Rendzina soils)

ผิวของดินประเภทนี้มีสีเทาเข้มหรือสีดำ และมีลักษณะอ่อนนุ่ม เนื้อดินมีสีเทาอ่อน หรือสีขาว ซึ่งมีปริมาณของหินปูนอยู่สูง แร่ธาตุที่เป็นต้นกำเนิดของดินประเภทนี้อาจจะเป็นโคลนของหินปูน A lime mud หินปูนชนิดอ่อน หรือ ชอล์ก วัตถุเหล่านี้มีผลทำให้เกิดคัลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ทั้งสิ้น บริเวณชั้นบนของดินจะมีสีเข้มและมีหญ้าปกคลุมโดยทั่วไปเหมือนกับดินเชอร์โนเซม

ในสหรัฐอเมริกาดินประเภทนี้แบ่งออกตามลักษณะธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่ มักจะพบมากในบริเวณที่เป็นทุ่งหญ้า เช่น ตอนกลางและตะวันออกเฉียงเหนือของรัฐเทกซัส ภาคใต้และตอนกลางของรัฐโอกลาโฮมา บริเวณที่สำคัญทางภูมิศาสตร์ที่สำคัญอีกแห่งหนึ่ง คือ ตามแนว Black Belt ของรัฐแอละแบมา และมิสซิสซิปปี เป็นที่ราบลุ่มและมีหินปูนชนิดอ่อนสะสมตัวอยู่ บริเวณเหล่านี้จะมีลักษณะอากาศอบอุ่นชื้น นอกจากนั้นแล้วดินประเภทนี้ยังปรากฏอยู่บริเวณที่ราบสูงหินปูน ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแอริโซนา และบริเวณภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียนทางใต้ของแคลิฟอร์เนีย

เนื่องจากดินประเภทนี้อยู่ในเขตภูมิอากาศแบบอบอุ่นชื้น เป็นแหล่งที่ให้ผลิตผลทางด้านการเกษตรในด้านการปลูกฝ้าย ข้าวโพด และหญ้าอัลฟัลฟา (Alfalfa) ส่วนบริเวณที่แห้งแล้งก็ใช้เป็นที่เลี้ยงสัตว์ หรือทำการเพาะปลูกพืชแห้งแล้ง

คำถามท้ายบทที่ 14

1. ดินแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มนั้นคืออะไร? การพัฒนาของดินแต่ละกลุ่มภายใต้สภาวะอะไรบ้าง ดินประเภทไหนบ้างที่อยู่ภายใต้ของกลุ่มเอโซนัล
2. ระบบในปัจจุบันแบ่งการพัฒนาของดินเป็นอย่างไรบ้าง แนวความคิดเบื้องต้นในการแบ่งคืออะไร? คนที่มีความสำคัญเกี่ยวกับการให้เรื่องนี้คือใคร
3. อธิบายประเภทของดินพอดซอล สภาพของภูมิอากาศที่ทำให้เกิดการพัฒนาดินกลุ่มนี้ ลักษณะพืชพรรณธรรมชาติของดินกลุ่มนี้คืออะไร? ดินประเภทนี้ให้ผลผลิตทางด้านการเกษตรดีอย่างไร? ดินประเภทนี้จะต้องมีการรักษาแบบไหน
4. ดินพอดซอลิกสีน้ำตาลปนเทามีลักษณะแตกต่างไปจากดินพอดซอลอย่างไร? ปัจจัยลักษณะของอากาศแตกต่างกันอย่างไร? สภาพทางด้านภูมิศาสตร์อะไรบ้างที่ทำให้เกิดลักษณะของดินพอดซอลิกสีเทาปนน้ำตาลที่มีผลกับดินพอดซอล ลักษณะของพืชพรรณธรรมชาติที่อยู่ในดิน 2 ประเภทนี้มีความแตกต่างกันอย่างไร? ดินกลุ่มไหนที่ให้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรดีกว่ากัน ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น
5. ลักษณะสำคัญของดินสีเหลืองแดงคืออะไร? มีความสัมพันธ์กับลักษณะอากาศอย่างไร? ให้อธิบายถึงลักษณะอุณหภูมิและหยาดน้ำว่ามีผลต่อดินเหล่านี้อย่างไรบ้าง ป่าประเภทใดบ้างที่พบในดินสีเหลืองแดง

6. ลักษณะของดินเทรา รอสสา (terra rossa) ได้แก่อะไร? และพบมากในบริเวณไหน ให้อธิบายลักษณะของต้นกำเนิดของเทรา รอสสา ว่ามีแนวทางเป็นมาอย่างไร?
7. แลโตซอลคืออะไร? (ดินลูกรัง) มีลักษณะที่สำคัญอย่างไร? กระบวนการที่ทำให้เกิดดินลูกรังคืออะไร? ลักษณะของดินแลโตซอลให้ผลผลิตทางด้านการเกษตรอย่างไร
8. ลักษณะของดินแลงให้ประโยชน์ทางด้านการก่อสร้างอย่างไร? มีสารที่เหลือจากดินแลงบางอย่างเป็นสารอะไร?
9. ให้อธิบายลักษณะของดินประเภทที่อยู่ในภูมิอากาศร้อนชื้นและแบบศูนย์สูตร
10. ลักษณะของดินชุ่มน้ำคืออะไร? ทำไมดินที่อยู่ในบริเวณน้ำแช่ขังจึงจัดให้เป็นกลุ่มดินแบบอินทราโซนัล ลักษณะภาพตัดขวางของดินประเภทนี้ที่ปรากฏเป็นอะไร? ลักษณะของดินกลีในแนวนอนคืออะไร? ทำไมลักษณะของดินแบบทุ่งหญ้าจึงแตกต่างจากดินบ๊อก
11. ดินเพลโนซอลคืออะไร? จัดอยู่ในกลุ่มดินประเภทไหน มีการพัฒนามากบริเวณใด ความแตกต่างในชั้นของดินเมื่อเปรียบเทียบให้สัมพันธ์กับดินโซนัลอย่างไร?
12. ลักษณะของดินแบบทุนดราต่างจากดินพอดซอลอย่างไร? ความเย็น (หนาวเย็น) จะมีผลต่อส่วนผสมของวัตถุแม่ดินนี้อย่างไร? ดินแบบอาร์กติก บราวน์ ฟอเรสต์ พบได้ที่ไหน
13. ดินเชอร์โนเซมคืออะไร? มีการศึกษาดินประเภทนี้ครั้งแรกที่ไหนบริเวณใด ดินประเภทนี้มีการพัฒนาดีที่สุด อธิบายลักษณะของภาพตัดขวางของดินเชอร์โนเซม
14. ลักษณะแตกต่างที่สำคัญระหว่างดินเชอร์โนเซมและดินพอดซอลิกคืออะไร? ดินเชอร์โนเซมมีความสัมพันธ์กับลักษณะของอากาศอย่างไร?
15. พืชพรรณธรรมชาติของดินเชอร์โนเซมมีอะไรบ้าง ลักษณะของดินเลิสส์มีความสำคัญกับเชอร์-โนเซมอย่างไร?
16. ดินแพรีมีความสัมพันธ์กับดินเชอร์โนเซม ดินเกรย์–บราวน์ พอดซอลิก ในทางใดบ้าง ลักษณะทางด้านธรรมชาติของสภาพภูมิศาสตร์และของดินแพรีคืออะไร?
17. หญ้าสูงแพรีคืออะไร? มีทฤษฎีอะไรที่กล่าวไว้ว่าเขตนี้ไม่มีป่าไม้ พืชที่ปลูกในเขตแพรีมีความสำคัญกับตอนกลางของสหรัฐอเมริกาอย่างไร? ดินเรดดิช แพรี พบบริเวณไหน
18. ให้อธิบายดินเรดดิช เชสต์นัต และดินเรดดิช บราวน์ มักจะพบในบริเวณไหน มีลักษณะอากาศและพืชพรรณธรรมชาติอะไรบ้างที่อยู่ในบริเวณเหล่านี้
19. ดินสีน้ำตาลแตกต่างจากดินเชสต์นัตอย่างไร? ในชั้นของดินสีน้ำตาลมีสิ่งใดหายไป
20. จงอธิบายดินเรดดิช เชสต์นัต และดินเรดดิช บราวน์ พบบริเวณไหน มีความสัมพันธ์กับลักษณะอากาศและพืชพรรณธรรมชาติอย่างไร?
21. จงอธิบายดินทะเลทรายสีเทาและดินทะเลทรายสีแดง ทั้ง 2 กลุ่มนี้มีความแตกต่างในสภาพที่ตั้งทางภูมิศาสตร์และสภาพของอากาศควบคุมอย่างไร? การพัฒนาของดินในแนวนอนเป็นอย่างไร? ดินประเภทนี้มีลักษณะของคัลเซียม คาร์บอเนต และไฮดรอส คัลเซียม ซัลเฟตในรูปใด

22. ความสูงมีอิทธิพลในการพัฒนาของดินอย่างไร? เขตแห้งแล้งในบริเวณละติจูดกลางทำให้ลักษณะของดินในเขตระหว่างที่สูงมีลักษณะแบบใด
23. ดินฮาโลมอร์ฟีกคืออะไร ? รูปแบบของดินด่างแบบ ซาลีน อยู่ที่ไหน ในเขตทะเลทรายที่แห้งแล้งเขตทะเลสาบพลายามักจะพบเกลืออะไร ? ดินด่างแตกต่างจากดินเค็มอย่างไร ?
24. ดินคัลซิมอร์ฟีกคืออะไร ? อธิบายดินเรนด์ซินา มักจะพบในบริเวณใดบ้าง ทำไมดินเรนด์ซินาจึงจัดอยู่ในกลุ่มอินทราโซนัล

บทที่ 15
โครงสร้างและสิ่งแวดล้อมของพืชพรรณ
(Structure and Environment of Vegetation)

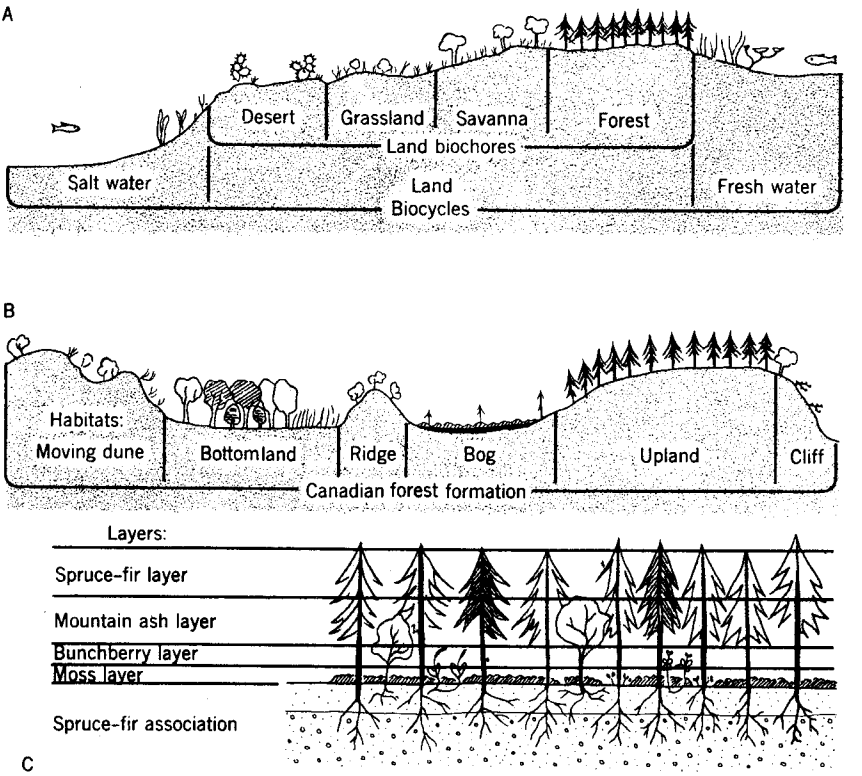
นักภูมิศาสตร์จะบอกให้ทราบถึงเรื่องพืชพรรณต่างๆ ที่อยู่บนพื้นโลกเป็นประการแรก พืชพรรณแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปตามสภาพของภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ซึ่งเป็นผลทำให้นักภูมิศาสตร์เกิดความสนใจและค้นคว้าถึงความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันระหว่างพืชพรรณ ดิน ลักษณะภูมิประเทศ และภูมิอากาศ พืชบางอย่างสามารถนำเอามาใช้บริโภคและอุปโภคได้ เช่น ใช้ทำเป็นอาหาร เชื้อเพลิง เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และสิ่งอื่น ๆ ที่จำเป็นแก่การดำรงชีพของมนุษย์ เป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญยิ่งและมนุษย์เราก็ใช้ทรัพยากรเหล่านี้ให้เกิดประโยชน์หลายวิธีตั้งแต่ในอดีต ปัจจุบันและอนาคต มนุษย์ได้พัฒนาการและใช้ทรัพยากรเกี่ยวกับพืชพรรณนี้เป็นส่วนหนึ่งในโครงการศึกษาภูมิศาสตร์เศรษฐกิจและการเมือง

ในที่นี้เราจะศึกษาเฉพาะพืชพรรณตามธรรมชาติ โดยกรรมวิธีที่มนุษย์จัดทำขึ้นอย่างกว้างขวาง เป็นต้นว่า การเกษตร การเลี้ยงสัตว์ การป่าไม้ หรือการอนุรักษ์พื้นที่ ซึ่งไม่ใช่เป็นเรื่องเกี่ยวกับพืชพรรณธรรมชาติโดยตรง แต่ถึงกระนั้นก็ตาม การศึกษาพืชพรรณที่หลงเหลืออยู่ในอดีตตามเกาะต่าง ๆ ทำให้นักภูมิศาสตร์ที่สนใจเกี่ยวกับพืชได้รับความสำเร็จขึ้นบ้างในการจัดทำแผนที่โลก ที่แสดงการกระจายของพืชพรรณอย่างกว้าง ๆ แผนที่ดังกล่าวแสดงให้เห็นพืชพรรณธรรมชาติที่มีอยู่เป็นส่วนรวม

15.1 การศึกษาพืชพรรณโดยอาศัยลักษณะโครงสร้าง

ในที่นี้เราจะเลือกศึกษาตามแนวขอบเขตของพฤกษศาสตร์ (Science of Botany) และภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวกับพืช (Plant Geography) โดยเน้นหนักถึงความสัมพันธ์ของพืชพรรณธรรมชาติโดยจัดแบ่งบริเวณที่มีพืชพรรณอยู่ด้วยกัน และอธิบายถึงรูปร่างลักษณะของพืชพรรณธรรมชาตินั้น ๆ ให้สัมพันธ์กับลักษณะทางธรรมชาติ

เป็นที่ยอมรับกันว่าต้นไม้ในป่าจะประกอบไปด้วยพันธุ์ที่เด่น 2–3 ชนิด และมีการตั้งชื่อของพันธุ์นั้น ๆ เพื่อใช้เรียกชื่อป่าไม้ด้วย เช่น บริเวณที่ราบสูงของรัฐแอริโซนาและยูตาห์ ซึ่งเราจะพบป่าที่มีพืชชนิดเดียวกันขึ้นอยู่ ได้แก่ ต้นสนพินยอน "Pinyon pine" (Pinus edulis) และต้นสนจูนิเปอร์ "Juniper pine" (Juniperus utahensis) ทำให้เรารู้จักลักษณะความสูง การแผ่กิ่งก้านสาขา และใบของพืชพรรณจำพวกนี้ ซึ่งเป็นผลทำให้เข้าใจข้อเท็จจริง สภาพธรรมชาติของป่าไม้ซึ่งมีลักษณะ



รูปที่ 15.1 มิติของสิ่งแวดล้อม
A. ชีววัฏจักรและพืชพรรณ
B. สิ่งแวดล้อมในแคนาดา
C. รายละเอียดของที่สูงกับป่าแบบสปรูซ–เฟอร์

แตกต่างจากป่าไม้ในเขตอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าแถบเส้นศูนย์สูตร แต่การกล่าวถึงโครงสร้างของพืชพรรณในป่าเป็นการแบ่งแยกลักษณะของพืชพรรณออกเป็นส่วน ๆ และเข้าใจถึงการกระจายของพืชพรรณที่อยู่ในป่า โดยปกติแล้วจะมีลักษณะโครงสร้างใกล้เคียงกัน และมีความสัมพันธ์มากขึ้น

15.2 ชีวภูมิอากาศวิทยาและนิเวศวิทยา

การศึกษาภูมิศาสตร์เกี่ยวกับพืชจะไม่เข้าไปเกี่ยวข้องในแง่ประวัติศาสตร์ แต่จะกล่าวถึงการวิวัฒนาการของพืช การขยายและการเสื่อมโทรมของพืชพรรณตลอดเวลาทางธรณีวิทยา และจะต้องศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางชีวภูมิอากาศ เป็นต้นว่า แสงสว่าง ความร้อน ความชื้น เป็นการศึกษาถึงองค์ประกอบของภูมิอากาศ การกระจายของธรรมชาติเหล่านี้จะเข้ามามีบทบาทในการเลือกศึกษา

เรื่องชีวภูมิอากาศวิทยาที่ใกล้เคียงกัน ก็อาจจะแคบเข้าเฉพาะพืชพรรณชนิดเดียวที่มีผลต่อลักษณะเดียวของอุตุนิยมวิทยา

อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมจะมีผลเกี่ยวกับพืชพรรณต่างๆ ที่จะต้องพิจารณาศึกษาร่วมกันพร้อมกับสิ่งที่มีชีวิต เช่น พืช สัตว์ที่อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกันในแง่สิ่งแวดล้อม จะต้องคำนึงถึงการปรับตัวและพิจารณาถึงระบบการเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิต (Ecosystem) ให้อยู่รอด การศึกษาเรื่องนี้เกี่ยวกับนิเวศวิทยาของพืช แสดงให้เห็นการใช้ประโยชน์ร่วมกันระหว่างพืชและสัตว์ โดยมีทรัพยากรที่อยู่ตามธรรมชาติในระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ประกอบไปด้วย อากาศ น้ำ การบำรุงรักษาความร้อน แสงสว่าง ที่เป็นประโยชน์นานัปการและการเปลี่ยนแปลงการสะสมสิ่งต่างๆ และหวนกลับไปสู่สภาพที่ไร้ที่อยู่อาศัย

15.3 ระบบชีวพิภพ และการแบ่งส่วนย่อย

เพื่อเป็นการแน่นอนว่า พืชพรรณธรรมชาติที่อยู่บนพื้นโลกย่อมมีพื้นที่ซึ่งจัดเป็นระบบทั้งหมดหรือระบบชีวพิภพในลักษณะหนึ่งลักษณะใดตามสภาพแวดล้อม 3 ประการ คือ

1. น้ำเค็ม (มหาสมุทร)
2. น้ำจืด (ลำธาร ทะเลสาบ บ่อ)
3. พื้นดิน ได้แก่ ดินและอากาศที่อยู่เหนือผิวดิน

สิ่งเหล่านี้เป็นระบบชีวจักรที่มีความสำคัญ ซึ่งนักภูมิศาสตร์พยายามที่จะค้นคว้าในเรื่องสิ่งมีชีวิตในน้ำจืดและน้ำเค็ม

ได้มีการแบ่งระบบชีวจักรภาคพื้นดินให้แคบเข้า เพื่อให้ได้รายละเอียดเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีพืชพรรณที่สำคัญ 4 ประเภท คือ

1. ป่าไม้
2. ทุ่งหญ้าสะวันนา
3. ทุ่งหญ้า
4. ทะเลทราย

พืชพรรณทั้ง 4 ประเภทนี้เป็นหลักสำคัญเกี่ยวกับโครงสร้างและเป็นมูลฐานในการศึกษา ตามสภาพภูมิอากาศของโลกที่สำคัญ คือ ความชื้น ความร้อน และอิทธิพลของลม ระบบพืชพรรณธรรมชาติ 4 ประการยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อพื้นที่และการกระจายของพืชพรรณธรรมชาติ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการทำแผนที่เกี่ยวกับพืชพรรณธรรมชาติ ซึ่งอาจจะจัดพืชพรรณได้รวมกันถึง 15–20 ชนิด หรือมากกว่านั้น นักภูมิศาสตร์เกี่ยวกับพืชได้พิจารณาจัดแบ่งประเภทต่างๆ ของพืชพรรณธรรมชาติ เป็นต้นว่า ป่าไม้ มีป่าฝน (Rain forest) ป่าไม้ผลัดใบ (Deciduous forest) และป่าสน

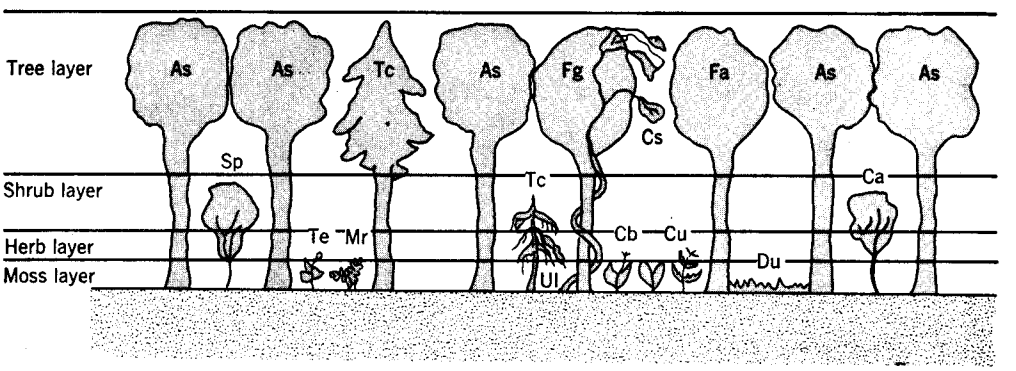
(Needleleaf forest) ป่าแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับสภาพของอากาศ ป่าไม้ในที่นี้หมายถึงพื้นที่ที่เป็นป่าและทุ่งหญ้า ในที่นี้จะให้เข้าใจถึงความแตกต่างของพืชพรรณโดยยึดหลักโครงสร้างมากกว่าชนิดของพืช

15.4 บริเวณที่อยู่ของพืชและสภาพโดยทั่วไป

เป็นที่ทราบกันแล้วจากประสบการณ์ว่า พืชพรรณจะได้รับอิทธิพลอย่างเต็มที่จากลักษณะภูมิประเทศและดิน พืชพรรณบนที่สูงจะแตกต่างจากพืชพรรณที่อยู่ในบริเวณหุบเขาซึ่งอยู่ใกล้ธารน้ำไหลและยังมีรูปร่างแตกต่างกัน พืชพรรณที่ขึ้นอยู่ตามขอบไหล่เขาและผาชันที่มีน้ำไหลแรง ดินจะบางและมีน้อยมาก

ดังนั้น พื้นที่แต่ละเขตเราสามารถจัดแบ่งประเภทของพืชพรรณธรรมชาติให้ย่อยลงไปได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพความลาดเอียง ความสูง และประเภทของดิน ลักษณะแบบนี้เรียกว่า ถิ่นกำเนิดของพืชพรรณ (Habitats) ยกตัวอย่างป่าสนในประเทศแคนาดามีลักษณะของพื้นที่แตกต่างกัน 6 ประเภทด้วยกัน คือ ที่ราบสูง (Upland) หนองน้ำ (Bog) ที่ต่ำ (Bottomland) สันเขา (Ridge) หน้าผา (Cliff) และเนินทรายที่เคลื่อนที่ (Active dune) ถิ่นกำเนิดของพืชพรรณธรรมชาติจะมีลักษณะอย่างไรขึ้นอยู่กับสภาพทางธรณีวิทยาของบริเวณนั้น การพิจารณาสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกันจะมีผลทำให้โครงสร้างของพืชพรรณธรรมชาติต่างกันด้วย

สภาพถิ่นกำเนิดของพืชพรรณธรรมชาติที่อยู่ใกล้ชิดกันจะเลือกประเภทกันเองไปในตัว โดยทั่วไปพืชพรรณที่อยู่บนพื้นที่สูงย่อมมีรากหยั่งลึกลงไปในดินจึงสามารถเจริญเติบโตได้ ถึงแม้ว่าจะมีพืชชนิดอื่นขึ้นมาแทรก แต่ก็มีรากไม่ลึกเท่า ทั้งนี้เนื่องมาจากสภาพพื้นที่มีส่วนบังคับให้พืชพรรณ



รูป 15.2 ไดอะแกรมแสดงลักษณะของป่าบีช เมเปิ้ล แฮมลอค ประกอบด้วยต้นไม้ชูกา เมเปิ้ล (As) แอช (Fa) บีช (Fg) และแฮมลอค (Tc) รวมทั้งเลียนา (Cs) ไม้พุ่มพวกเอลเดอร์ (Sp) ดอกวู๊ด (Ca) และแฮมคอคขนาดเล็ก (Tc) และพวกกาฝาก (Ul) และพืชขนาดเล็กจำพวก Te, Mr, Cb และ Cu จากพวกผักมอส (Du) อยู่ในบริเวณเขตต่ำสุด

ค่อย ๆ ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงไปที่ละเล็กละน้อยตามกาลเวลา เหมือนกับว่าเป็นการคัดเลือกตามธรรมชาติไปในตัว

15.5 ลักษณะโครงสร้างของพืชพรรณ

ถ้านักภูมิศาสตร์ที่สนใจเรื่องพืชได้พยายามหาวิธีการที่จะจัดแบ่งแยกประเภทของพืช โดยอาศัยสภาพโครงสร้างหรือรูปร่างภายนอกแล้ว เขาจะต้องมีวิธีบรรยายถึงลักษณะของพืชธรรมชาติ ดร. ปีแอร์ ดังเซลโล่ (Dr. Pierre Dansereau) นักชีวภูมิศาสตร์ได้แนะนำให้นักภูมิศาสตร์พิจารณาถึงพืชพรรณ ใน 6 รายการ ซึ่งเกี่ยวกับรูปร่างของการเจริญเติบโต ขนาดของพืช ระดับความสูง การแผ่ร่มเงาปกคลุมดิน ระยะเวลาเจริญเติบโต และลักษณะของใบ ทั้ง 6 รายการนี้ เราสามารถพิจารณาได้แยกดังนี้

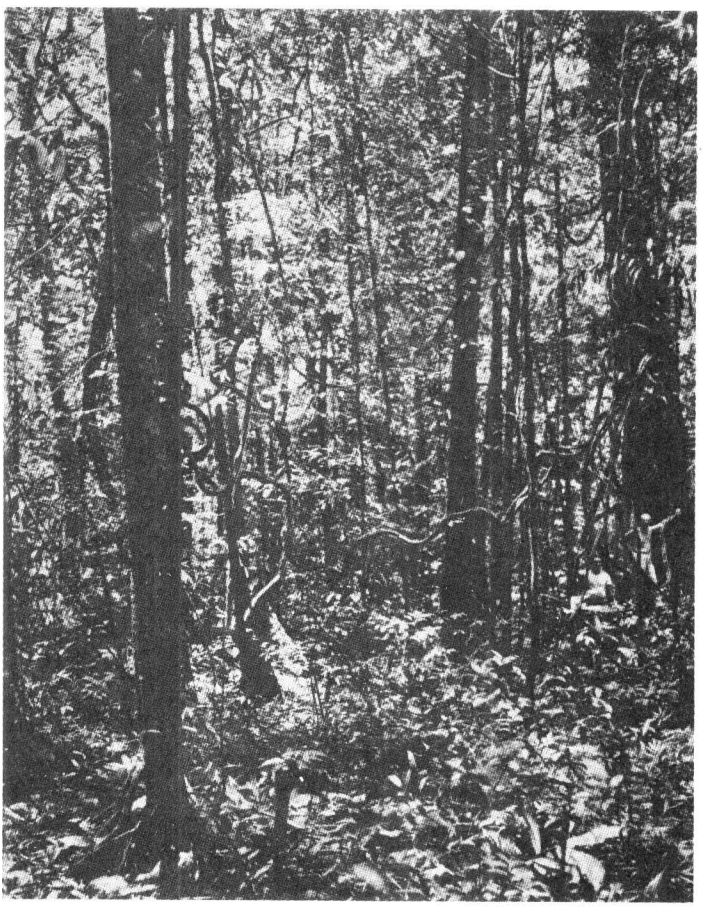
1. รูปร่างลำต้น (Life–form) พืชทุกชนิดอาจจะจำแนกได้ตามรูปร่างลำต้น รูปร่างที่สำคัญคือเป็น "ต้น" (Tree) และ "พุ่ม" (Shrub) ทั้ง 2 ประเภทจะเป็นพืชที่มีเนื้อไม้ พืชต้นหมายถึงพืชยืนต้น ไม่ตายในระยะรอบปี มักมีลำต้นเหยียดขึ้นสูงตรง มีกิ่งก้านซึ่งแผ่อยู่สูงจากพื้นดิน พืชพุ่มหมายถึงพืชที่เป็นไม้ลำต้นเตี้ย แผ่กิ่งก้านสาขาอยู่ใกล้ผิวดิน

อีกประเภทหนึ่ง มีเนื้อไม้แต่ไม่เป็นลำต้นเรียกว่าพืชเลื้อย (Lianas) ประเภทนี้มีลำต้นเป็นเถาแข็ง เป็นเนื้อไม้ แต่จะเลื้อยเกี่ยวพันไปกับต้นไม้อื่น เช่น เถาวัลย์ เฟื่องฟ้า เป็นต้น พืชประเภท

รูปที่ 15.3 ต้นซูกา เมเป้ล ขนาดใหญ่อายุ 160–200 ปี อยู่ในป่าของชาวแอลเลน์เฮนี เพนซิลเวเนียในปี 1939

นี้จะเกี่ยวพันไปกับต้นไม้อื่นและเจริญงอกงามตามความสูงของต้นไม้ที่เกี่ยวพัน ป่าที่จะมีพันธุ์ไม้เลื้อยนั้นจะต้องมีความชื้นและอุณหภูมิสูง เช่น ป่าเขตร้อน (Tropical forest)

พืชประเภทที่ 4 เป็นพวกพืชผัก (Herbs) ในที่นี้ไม่ได้หมายความถึงพืชที่ใช้บริโภค หากแต่เป็นพืชที่มีลำต้นอ่อน ไม่มีเนื้อไม้ บางชนิดอาจจะมีอายุยืนนาน บางชนิดอาจจะล้มลุกคือตายทุกปี พืชประเภทนี้มีหลายรูปหลายแบบ ถ้าเป็นประเภทใบใหญ่บางทีเรียกว่า วัชพืช (Forbs) ส่วนพวกใบคายแถบยาวเรียกว่า หญ้า (Grass) โดยมากพืชประเภทนี้เด่นกว่า 3 ประเภทที่กล่าวมาแล้ว อีกประเภทหนึ่งเป็นพืชที่ขึ้นอยู่ติดกับผิวดิน หรือติดอยู่กับพืชต้นเรียกว่า พืชตะไคร่น้ำ (Bryoids) อีกประเภทหนึ่งเป็นพืชที่เกาะอยู่กับพืชอื่น โดยอาศัยรากอากาศสำหรับแสวงหาอาหารเรียกว่า พืชเกาะไม้อื่น (Epiphytes) ส่วนใหญ่ได้แก่ กล้วยไม้ สีดา



รูปที่ 15.4 เถาวัลย์ในป่าศูนย์สูตร ใกล้เมืองเบลเล็ม บราซิล

รูปที่ 15.5 กาฝากหรือไม้อากาศ

สำหรับประเภทสุดท้าย คือ พืชที่อาศัยเกาะกินอาหารจากพืชอื่น เรียกว่า กาฝาก ที่กล่าวมานี้ไม่รวมพืชชั้นต่ำ เช่น บัคเตรี เชื้อรา สาหร่าย ซึ่งพืชเหล่านี้ไม่มีระบบรากและใบที่แท้จริง เรายกเว้นไม่นำมาพิจารณาในการแบ่งประเภท

2. ขนาดและความสูง (Size and stratification) พืชทุกรูปอาจจะจำแนกได้ตามขนาดและความสูง เช่น สูง กลาง และเตี้ย เช่น พืชที่สูงกว่า 25 เมตร (82 ฟุต) จัดว่าสูง ถ้าสูงระหว่าง 10–25 เมตร (33–82 ฟุต) เรียกว่าปานกลาง และตั้งแต่ขนาด 8–10 เมตร (26–33 ฟุต) จัดว่าเตี้ย สำหรับขนาดที่เล็กไปกว่านี้ก็มีการกำหนดขนาดมาตรฐานขึ้นให้นักภูมิศาสตร์เกี่ยวกับพืชสามารถกำหนดลักษณะของพืชได้

3. ร่มเงา (Coverage) พืชแต่ละชนิดมีกิ่งก้านสาขาปกคลุมพื้นดินมากน้อยแตกต่างกัน เรียกว่า "ร่มเงา" ร่มเงานี้อาจจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ห่าง (Barren หรือ sparse และ Discontinuous) และหนา (Continuous)

หรืออาจจะกล่าวได้ว่าร่มเงาของต้นไม้มักจะขึ้นห่าง ๆ ส่วนพืชผักขึ้นหนา

4. **วงจรชีวิต (Function or periodicity)** ลักษณะวงจรชีวิตของพืชพรรณที่มีต่อสภาพภูมิอากาศเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่นักภูมิศาสตร์สนใจ พืชผลัดใบหรือพืชสลัดใบ ในบางฤดูจะหยุดเจริญเติบโต ทั้งนี้อาจจะเป็นฤดูแล้งหรือฤดูหนาวตามสภาพท้องถิ่น พืชที่มีใบเขียวอยู่เสมอ (Evergreen) คงให้ใบเขียวชอุ่มอยู่ตลอดปีโดยทยอยกันผลัดเปลี่ยนใบ พืชชนิดเป็นพวก กึ่งผลัดใบ (Semideciduous) เป็นพืชที่ผลัดเปลี่ยนใบเป็นระยะเวลาไม่เกี่ยวข้องกับฤดูกาล อีกพวกหนึ่งเป็นพืชต้นสีเขียวเสมอแต่ไร้ใบ คือมีลำต้นเป็นสีเขียวแทนใบ เช่น ต้นตะบองเพชร เป็นต้น

ตารางช่วยให้สามารถจำแนกพืชได้ดังนี้

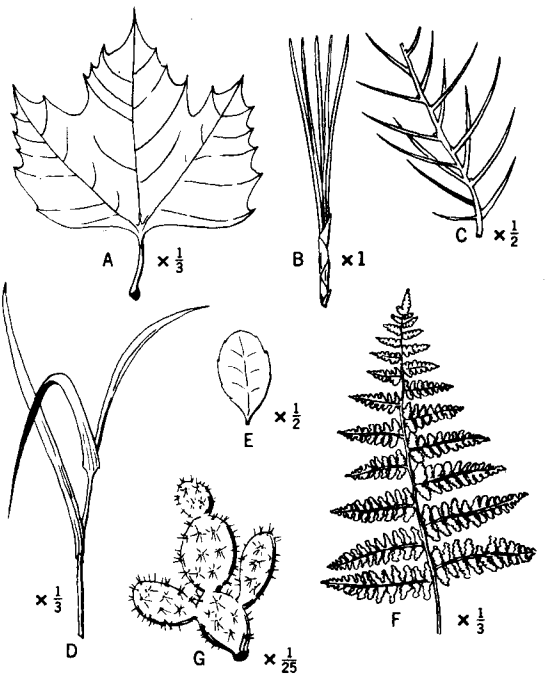
ตารางขนาดและความสูงของพืช

ประเภท		ความสูง	
สูง	ต้น	สูงเกิน 25 เมตร	(82 ฟุต)
	พุ่ม	2–8 เมตร	(6.6–26 ฟุต)
	ผัก	สูงเกิน 2 เมตร	(6.6 ฟุต)
กลาง	ต้น	10–25 เมตร	(33–82 ฟุต)
	พุ่ม	0.5–2 เมตร	(1.6–6.6 ฟุต)
	ผัก	0.5–2 เมตร	(1.6–6.6 ฟุต)
	ตะไคร่	เกิน 10 เซนติเมตร	(4 นิ้ว)
เตี้ย	ต้น	8–10 เมตร	(26–33 ฟุต)
	พุ่ม	ต่ำกว่า 0.5 เมตร	(1.6 ฟุต)
	ผัก	ต่ำกว่า 0.5 เมตร	(1.6 ฟุต)
	ตะไคร่	ต่ำกว่า 10 เซนติเมตร	(4 นิ้ว)

ตารางแบ่งชั้น

ลำดับชั้น	ความสูง	
7	สูงเกิน 25 เมตร	(82 ฟุต)
6	10–25 เมตร	(33–82 ฟุต)
5	8–10 เมตร	(26–33 ฟุต)
4	2–8 เมตร	(6.6–26 ฟุต)
3	0.5–2 เมตร	(1.6–6.6 ฟุต)
2	10–50 เซนติเมตร	(4 นิ้ว–1.6 ฟุต)
1	0–10 เซนติเมตร	(0–4 นิ้ว)

5. **รูปร่างและขนาดของใบ (Leaf shape and size)** พืชอาจจำแนกได้ตามรูปร่างและขนาดของใบ ชนิดของใบเป็นส่วนประกอบอย่างสำคัญของโครงสร้างพืช ลักษณะรูปร่างของใบอาจจะใหญ่หรือกว้าง เช่น ยาง สัก ตะแบก เมเปิ้ล บีช ในทางตรงกันข้ามอีกพวกหนึ่งมีใบกลมเล็กคล้ายเข็มเรียกว่า พืชใบเข็ม (Needleleaf) เช่น สน สปูซ เฟอร์ ต้นไม้ประเภทเดียวกันอีกชนิดหนึ่งมีใบเป็นหนาม เช่น เบิช (Birch) หรือฮอลลี่ (Holly) และพวกใบผสม เช่น ฮิคคอรี่ (Hickory) และแอช (Ash)



รูปที่ 15.6 รูปร่างของใบ A. ใบใหญ่บาง B. ใบเข็ม C. ใบหนาม D. ใบหญ้า E. ใบเล็ก F. ใบผสม G. ใบลำต้น

6. **โครงสร้างของใบ (Leaf texture)** ลักษณะโครงสร้างของใบจะแตกต่างกันตามลักษณะภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความชื้นเพราะเป็นที่ควบคุมการคายน้ำ บางชนิดมีใบหนา บางชนิดใบบาง บางชนิดใบเป็นมัน บางชนิดใบแข็ง ถ้าใบหนาก็จะเก็บน้ำไว้ได้มาก ถ้าใบบางและใหญ่ก็จะคายน้ำได้รวดเร็ว

15.6 สิ่งแวดล้อมที่เป็นองค์ประกอบในการเจริญของพืช

ที่ผ่านมาแล้วได้กล่าวถึงลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบของพืชพรรณโดยเฉพาะ คราวนี้ลองมาพิจารณาถึงสิ่งแวดล้อมที่อาจมีอิทธิพลต่อพืชบ้าง สิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อพืชมี 4 ประการ คือ

1. ภูมิอากาศ
2. ภูมิประเทศ
3. ดิน
4. สิ่งที่มีชีวิต

ซึ่งจะได้อธิบายถึงอิทธิพลขององค์ประกอบเหล่านี้เป็นเรื่อง ๆ ไปในตอนหลัง การอ้างถึงปัจจัยต่าง ๆ ของสภาพแวดล้อมธรรมชาติที่มีอิทธิพลต่อโครงสร้างและส่วนประกอบของพืชนั้น มีแนวในการพิจารณาอยู่ 2 ประการด้วยกัน

ประการที่ 1 โลกเราจะประกอบด้วยปัจจัยเกี่ยวกับลมฟ้าอากาศ เป็นต้นว่า ฤดูกาล ละติจูด การส่องแสงของดวงอาทิตย์ ความมืดและความสว่าง อุณหภูมิ หยาดน้ำฟ้า และลมประจำ

อีกประการหนึ่ง คือ การพิจารณาถึงความแตกต่างของสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติซึ่งสัมพันธ์กับบริเวณที่อยู่ของพืชพรรณ ถึงแม้ว่าลักษณะอากาศของโลกจะมีความแตกต่างกันมาก เป็นต้นว่า เขตอากาศแห้งแล้งและชุ่มชื้น เราอาจจะพบกลุ่มของลักษณะอากาศขนาดเล็ก 2–3 แห่ง (สันทรายและหน้าผา) ซึ่งเป็นบริเวณที่พืชสามารถขึ้นได้ และเราอาจจะพบว่าในทะเลทรายบางแห่งจะมีความชุ่มชื้นอยู่ตลอดเวลา เช่น น้ำซึมบ่อทราย หรือน้ำพุ

พืชต้องการน้ำ (Water needs of plants) พืชจะเจริญเติบโตได้ต้องอาศัยน้ำ เพราะน้ำสามารถละลายแร่ธาตุที่พืชต้องการได้ พืชนำเอาน้ำที่มีแร่ธาตุผ่านไปยังใบ ภายใต้ขบวนการสังเคราะห์แสง พืชจะเปลี่ยนแร่ธาตุในน้ำให้เป็นแป้ง และน้ำตาล จากนั้นใบจึงคายน้ำออก อัตราการคายน้ำของพืชต่าง ๆ จะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ถ้าอุณหภูมิสูงความชื้นในอากาศมีน้อยและลมพัดแรง การระเหยและการคายน้ำของพืชจะมีมาก สภาพของใบพืชจะควบคุมการสูญเสียน้ำ พืชมีใบกว้างใหญ่และบางจะคายน้ำได้รวดเร็วกว่าพืชใบเล็กและพืชใบหนา บริเวณที่มีการระเหยสูงจะมีการคายน้ำน้อย พืชจึงมีชีวิตอยู่ได้ โดยปกติพืชใบเล็กจะคายน้ำน้อย

การปรับตัวของพืชเพื่อให้เข้ากับสภาพของน้ำเป็นสิ่งหนึ่งที่นักภูมิศาสตร์สนใจ การคายน้ำของพืชมักจะผ่านทางปากใบ (Stomata) ซึ่งเปิดอยู่ที่ผิวชั้นนอกของใบ ซึ่งก๊าซและไอน้ำสามารถผ่านเข้าออกได้รอบ ๆ ปากใบ มีเซลล์คอยควบคุมการปิดเปิดปากใบเหมือนกับเป็นการควบคุมการไหลของไอน้ำและก๊าซต่าง ๆ การคายน้ำบางส่วนจะไม่ออกไปทางปากใบโดยตรง แต่ออกตามผิวใบ ที่เรียกว่าคิวติเคิล (Cuticle) ดังนั้นพืชบางชนิดซึ่งไม่ต้องการสูญเสียน้ำมากเกินไปจะมีขี้ผึ้งเคลือบอยู่ที่ผิวใบ เช่น พืชในเขตทะเลทรายจะมีผิวใบที่เคลือบด้วยสารคล้ายขี้ผึ้งอยู่หนา บางชนิดจะมีสารชนิดหนึ่งเคลือบอยู่ทั่วไปทุกส่วน เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ

การป้องกันการสูญเสียน้ำอีกแบบหนึ่งก็คือ การมีปากใบฝังลึกอยู่ในผิวใบ นอกจากนั้นก็ยังมีปากใบอยู่ใต้ใบซึ่งเป็นร่มเงาทำให้มีการระเหยช้า พืชในเขตทะเลทรายจะมีใบน้อยหรือไม่มีเลย ดังนั้น

การที่มีใบคล้ายเข็มหรือใบเป็นหนามเป็นการช่วยลดการสูญเสียน้ำ

นอกจากการป้องกันการสูญเสียน้ำแล้ว พืชอาจจะพัฒนาใบและลำต้นให้สามารถเก็บน้ำได้ การพัฒนารากให้แข็งแรงและหยั่งลึกลงไปสู่ที่ชุ่มชื้น พืชทะเลทรายบางชนิดรากไม่ลึก แต่มีรากแผ่เป็นบริเวณกว้าง สามารถดูดซึมน้ำได้รวดเร็ว เพราะฝนตกในทะเลทรายเป็นระยะเวลาสั้นและมีน้ำเป็นจำนวนมาก

ในทางตรงกันข้ามมีพืชเล็ก ๆ ที่ปรับตัวไปอีกลักษณะหนึ่งในเขตที่แห้งแล้งมาก ๆ พืชเหล่านี้จะมีชีวิตสั้น ๆ คือ เจริญเติบโตมีดอกมีผลชั่วระยะเวลาสั้นหลังจากที่ฝนตกในทะเลทราย พอน้ำในทะเลทรายหมด เมล็ดก็ต้องทนต่อความแห้งแล้งรอฝนที่ตกมาใหม่

15.7 การแบ่งประเภทของพืชตามความต้องการน้ำ

ปัจจัยที่สำคัญในการแบ่งประเภทของพืชตามความต้องการน้ำ โดยอาศัยภาษากรีก 3 คำ คือ Xero หมายถึง "แห้ง" Hygro หมายถึง "ชื้น" และ Meso หมายถึง "ปานกลาง" เมื่อเป็นเช่นนี้ เราเรียกพืชที่ต้องการน้ำน้อยกว่า Xerophytes พวกนี้เจริญในเขตแห้งแล้งและขาดแคลนน้ำ พืชที่เจริญเติบโตในน้ำหรือในที่ชื้นมากเรียกว่า Hygrophytes ส่วนพวกที่ขึ้นในบริเวณที่มีความชื้นและแห้งพอปานกลางเรียกว่า Mesophytes

พวกซีโรไฟตส์ (Xerophytes) ทนทานต่อความแห้งแล้งได้เป็นอย่างดี และสามารถดำรงชีวิตอยู่ในที่ซึ่งน้ำแห้งงวดได้อย่างรวดเร็วหลังจากฝนตกใหม่ ๆ ตัวอย่างเช่น เนินทราย

พวกไฮโกรไฟตส์ (Hygrophytes) สามารถทนต่อน้ำได้เมื่อมีน้ำมาก อาจพบในธารตื้น ทะเลสาบ หนอง ที่ลุ่ม แอ่งน้ำ ตัวอย่างเช่น บัว

พวกเมโซไฟตส์ (Mesophytes) พบอยู่ในที่ราบสูง ในเขตฝนตกชุกมีทางระบายน้ำดีมาก ดินไม่หยาบและละเอียดเกินไป

นอกจากนี้ยังมีพืชที่ปรับตัวให้เข้ากับฤดูกาลซึ่งมีระยะเวลาที่ฝนตกชุกและแห้งแล้งได้ มีชื่อว่า โทรโปไฟตส์ (Tropophytes)

15.8 องค์ประกอบอย่างอื่นของภูมิอากาศ

แสงเป็นสิ่งสำคัญในการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณของแสงที่พืชได้รับขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่พืชอยู่ หรือพืชอื่นที่ปกคลุมอยู่เบื้องบนจะได้รับแสงอย่างเต็มที่ จำนวนของพืชที่ปกคลุมอยู่เบื้องบนมีส่วนสำคัญต่อจำนวนของพืชที่อยู่ข้างล่าง เนื่องจากพืชที่อยู่ข้างล่างก็มีความจำเป็นที่ต้องการแสงแดด แต่จะมีปฏิภาคกลับกับพืชที่ปกคลุมอยู่ ในบางบริเวณพืชชั้นบนปกคลุมดินจนไม่มีแสงแดดลอดมาสู่ผิวดินทำให้พื้นที่บริเวณนั้นเกือบไม่มีพืชที่อยู่ข้างล่างขึ้นเลย ในเขตละติจูดกลางป่าไม้ผลัดใบจะเปิด

โอกาสให้พืชชั้นล่างเจริญเติบโตในระยะตอนต้นฤดูใบไม้ผลิ แต่พอถึงฤดูร้อนต้นไม้ชั้นบนแผ่กิ่งก้านปกปิดแสงแดดจนหมดทำให้พืชชั้นล่างเจริญเติบโตไม่ได้

องค์ประกอบของแสงที่ช่วยให้พืชเจริญเติบโตนั้นแตกต่างกันไป โดยปกติปริมาณแสงแดดจะเปลี่ยนแปลงไปตามละติจูด ช่วงระยะเวลากลางวันที่ได้รับแสงแดดในฤดูร้อนจะเพิ่มมากขึ้นในเขตละติจูดสูงและจะสูงขึ้นจนกระทั่งถึงขั้วโลก ในย่านอาร์กติกและแอนตาร์กติกเป็นบริเวณที่มีช่วงเวลารับแสงอาทิตย์ถึง 24 ชั่วโมง แต่ตรงกันข้ามระยะเวลาเพาะปลูกจะมีน้อยเข้า เมื่อขึ้นไปสู่ละติจูดสูงยิ่งใกล้ขั้วโลกเท่าไรช่วงระยะเวลาที่มีน้ำค้างแข็งจะยาวนานมากเท่านั้น จนเข้าไปในเขตขั้วโลกจะมีน้ำค้างแข็งเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งของภูมิอากาศซึ่งมีผลโดยตรงต่อพืชโดยทั่วไป พืชแต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิที่พอเหมาะซึ่งเป็นช่วงเวลาหนึ่งที่จะเจริญเติบโตในการผลิดอกออกผล นอกจากนั้นอุณหภูมิยังมีผลต่อการระเหยและการคายน้ำของพืชด้วย อากาศมีอุณหภูมิสูงจะเพิ่มปริมาณไอน้ำในอากาศมากเป็นผลทำให้ต้นไม้ลดการคายน้ำ ถ้าอุณหภูมิต่ำจะมีพืชอยู่ได้ไม่กี่ชนิด พืชในเขตอากาศร้อนโดยมากไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำจนกระทั่งถึงจุดเยือกแข็ง ในเขตอาร์กติกมีพืชเพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถทนอยู่ได้ พืชที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพของอากาศหนาวได้นั้น ต้องทนต่อการเปลี่ยน

รูปที่ 15.7 ต้นไม้ที่ได้รับอิทธิพลของลมเย็นและแห้งแล้ง เป็นแนวของต้นไม้ในป่าของชาวอราปาโฮ โคโลราโด ปี 1946

แปลงและมีกรรมวิธีที่จะกำจัดน้ำออกจากเซลล์ เพื่อป้องกันการแข็งตัวของน้ำในลำต้น โดยทั่วไปแล้วถ้าน้ำในเซลล์แข็งตัวก็จะทำลายพืชให้ตายด้วย

เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า เขตอากาศหนาวบริเวณของพืชที่จะมีชีวิตอยู่มีน้อยกว่าเขตอากาศร้อน ส่วนพืชในเขตอากาศร้อนเป็นจำนวนมากไม่อาจดำรงชีวิตอยู่ได้ในเขตอากาศหนาวจัด เขตอากาศหนาวแถบอาร์กติกและบริเวณเทือกเขาแอลป์ที่อยู่บนละติจูดสูง และมีความสูงมาก ๆ จะมีพืชบางประเภทเท่านั้นสามารถขึ้นอยู่ได้ ด้วยเหตุนี้อธิบายได้ว่าทำไมป่าไม้ในเขตศูนย์สูตรจึงมีต้นไม้หลายชนิดขึ้นคละปะปนกัน แต่ป่าทางแถบถัดจากขั้วโลก (Sub-arctic) จึงมีพืชขึ้นได้เพียง 2–3 ชนิดเท่านั้น การอดทนต่อความหนาวเย็นของอากาศจึงเป็นการยืนยันถึงสมรรถภาพของพืช ว่าสามารถที่จะทนต่อสภาพทางกายภาพซึ่งมีแต่ความหนาวเย็นของน้ำได้หรือไม่ ถ้าหากพืชไม่มีวิธีการป้องกันปริมาณน้ำให้ลดน้อยลงได้แล้ว การที่น้ำในเซลล์แข็งตัวนั่นเองจะเป็นเครื่องทำลายเซลล์ของมันเอง

ตามพื้นฐานที่เกี่ยวกับอุณหภูมิ นักภูมิศาสตร์ที่ศึกษาเรื่องพืชได้ค้นคว้าเกี่ยวกับสิ่งเหล่านี้ คือ อุณหภูมิสูง (Megatherms) ซึ่งหมายถึงพืชที่อยู่ในเขตอากาศร้อน อุณหภูมิต่ำ (Microtherms) คือพืชที่อยู่ในเขตอากาศหนาว อุณหภูมิปานกลาง (Mesotherms) คือพืชที่ขึ้นอยู่ในเขตอากาศอบอุ่น

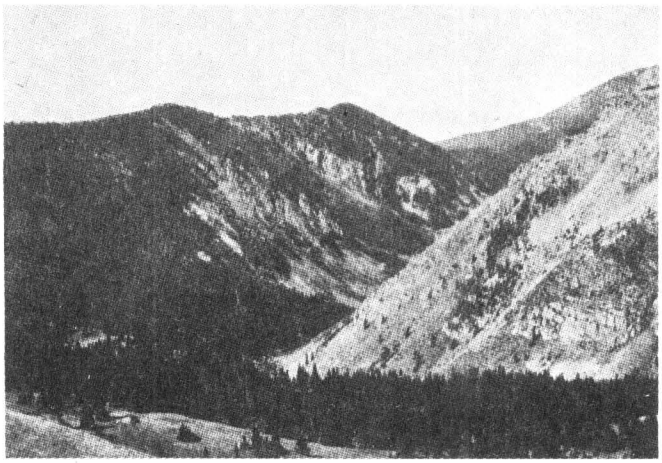
เป็นกฎของชีวอากาศวิทยา (Bioclimatology) ว่าอากาศมีผลต่อพืชแตกต่างกัน พืชบางอย่างทนต่อสภาพอากาศบางประเภทได้ บางอย่างทนไม่ได้ก็ไม่สามารถที่จะขึ้นได้ ขอบเขตทางภูมิศาสตร์จะเป็นเครื่องจำกัดการแบ่งแยกของพืชพรรณ โดยอาศัยภูมิอากาศเป็นหลัก ยกตัวอย่างเช่น พืชบางชนิดต้องการอุณหภูมิสูงจึงให้ผลดี ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปก็ไม่สามารถขึ้นได้

ลมเป็นปัจจัยที่สำคัญของสิ่งแวดล้อมอีกประการหนึ่งในโครงสร้างของพืชพรรณ บริเวณที่มีแนวพัดแรงเป็นประจำทำให้พืชมีรูปร่างผิดปกติ เช่น ใบและกิ่งก้านจะลู่ไปในทางใดทางหนึ่ง หรือมิฉะนั้นลำต้นจะทอดขนานไปกับพื้น

15.9 องค์ประกอบทางภูมิประเทศ

องค์ประกอบทางภูมิประเทศหรือลักษณะของพื้นดิน จะมีอิทธิพลต่อรูปลักษณะของต้นไม้รวมถึงประเภทของแร่ธาตุที่มีอยู่ในดิน เช่น ไหล่เขา ความสูงชันและลักษณะพื้นที่ นอกจากนั้นองค์ประกอบทางภูมิประเทศยังรวมถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิประเทศโดยการสึกกร่อน การเคลื่อนย้ายและทับถมโดย *กระแสน้ำ คลื่น ลม ธารน้ำแข็ง แรงภูเขาไฟระเบิด และการเกิดภูเขา* ล้วนแต่มีผลต่อพืชพรรณธรรมชาติทั้งสิ้น สภาพความเป็นอยู่ของพืชพรรณชนิดต่าง ๆ เป็นอย่างไรนั้นสามารถที่จะสันนิษฐานได้จากองค์ประกอบทางภูมิประเทศและลักษณะของพื้นดินในแต่ละชนิด

ความลาดชันของพื้นโลกมีอิทธิพลโดยตรงต่อการระบายถ่ายเทน้ำฝน ถ้าความลาดชันมีมาก การระบายถ่ายเทน้ำจะรวดเร็วทำให้ปริมาณน้ำและความชื้นมีเหลืออยู่ในดินน้อยมาก ตรงกันข้ามบริ-



รูปที่ 15.8 ข้อแตกต่างของพืชในบริเวณเขตไหล่เขา พืชจะหนาแน่นทางซ้ายของตะวันตกเฉียงเหนือ แสดงให้เห็นเงาในตอนบ่าย ทางขวามีพืชน้อย ในทางตะวันตกเฉียงใต้มีอยู่กระจายกัน เมื่ออุณหภูมิสูงสุดที่ลองแคนยอนในริโอฮอนโดบ่าของชาวคาร์ซัน นิวเม็กซิโก

เวณที่มีความลาดชันน้อย การตกตะกอนของดินจะมีมากและให้ผลประโยชน์แก่พืชพรรณอย่างเต็มที่ น้ำและความชื้นจะซึมเข้าไปอยู่ในดินได้มาก เป็นผลทำให้มีความชุ่มชื้นมากพอเป็นระยะเวลานานที่จะให้พืชเจริญงอกงาม ไหล่เขาที่หันรับแสงแดดจะมีความอบอุ่นและแห้งกว่าไหล่เขาที่ไม่หันเข้าหาแสงแดดโดยเฉพาะบริเวณละติจูดกลาง ความแตกต่างของความลาดชันมีผลทำให้ตำแหน่งที่ไหล่เขาหันไปหาดวงอาทิตย์หรือไม่ก็ตาม จะมีผลให้พืชมีความแตกต่างกันถึงแม้ว่าจะเป็นภูเขาลูกเดียวกันก็ตาม

องค์ประกอบทางภูมิประเทศยังมีผลต่อสภาพแห้งแล้งและชุ่มชื้นของอากาศ พืชแต่ละชนิดจะมีความต้องการอากาศลักษณะแตกต่างกัน เพราะฉะนั้นถ้าพื้นดินอยู่ในตำแหน่งที่แตกต่างกันจะมีผลต่อพืชพรรณมาก เป็นต้นว่า บริเวณที่เป็นยอดเขาหรือสันเขาได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ ลักษณะของดินจะแห้งแล้ง ลมอาจจะมีอิทธิพลช่วยเพิ่มความแห้งแล้งมากขึ้น

ตรงกันข้ามบริเวณหุบเขาอากาศชื้นเนื่องจากมีน้ำบริเวณไหล่เขาไหลลงไปสะสมอยู่มาก ยิ่งกว่านั้นระดับน้ำใต้ดินก็อยู่ใกล้ผิวดินมาก ในบริเวณหุบเขาอาจทำให้อากาศโดยทั่วไปชุ่มชื้นและมีน้ำแช่ขัง เป็นผลทำให้เกิดลักษณะหนอง บึง บ่อ ที่ชื้นแฉะ โดยทั่วไปสภาพของดินจะมีลักษณะเป็นกรดทำให้พืชพรรณบางชนิดเท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตได้ จึงเห็นว่าลักษณะของอากาศที่แตกต่างกันจะมีผลทำให้พืชพรรณธรรมชาติแตกต่างตามไปด้วย

15.10 องค์ประกอบเกี่ยวกับดิน

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินนั้นเราอาจจะพิจารณาอิทธิพลของดินที่เกี่ยวข้องกับพืชใน 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

ประการที่ 1 ในบริเวณที่กว้างขวางที่พืชขึ้นได้ในลักษณะของดินประเภทต่าง ๆ เป็นต้นว่า ดินแลงเทอร์ริก (Lateric soils) ดินพอดซอล (Podzol soils) ดินเชอร์โนเซม (Chernozem soils) อีกประการหนึ่งเราอาจจะพิจารณาจากส่วนย่อยของดิน ว่าเป็นลักษณะของดินเหนียว ดินทราย ดินร่วน ดินกรด หรือดินด่าง และดินเค็ม เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้ง 2 แบบนี้ล้วนแต่ชี้ให้เห็นว่าดินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้พืชแตกต่างกัน ซึ่งสภาพของดินนั้นอาจจะคำนึงถึงเนื้อดิน โครงสร้างของดิน ชั้นของดิน ความเป็นกรดของดิน ความเป็นด่างของดิน รวมถึงปฏิกิริยาของบัคเตรีและสัตว์ที่มีอยู่ในดินซึ่งล้วนแต่มีส่วนทำให้ดินมีความแตกต่างกัน

ถึงแม้ว่าในหนังสือเล่มนี้จะอธิบายศาสตร์เกี่ยวกับดินก่อนศาสตร์เกี่ยวกับพืชพรรณธรรมชาติก็ตาม จะพบความจริงว่า พืชพรรณธรรมชาติมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาดิน เหตุการณ์ทางธรณีวิทยาบางอย่าง เป็นต้นว่า การเปลี่ยนแปลงของหิน การทับถมบริเวณชายฝั่งทะเล ก็จะค่อย ๆ วิวัฒนาการทีละเล็กละน้อย อาจจะมีการทับถมของซากพืชพรรณต่าง ๆ เป็นผลทำให้เปลี่ยนสภาพเป็นกรดอินทรีย์ ปฏิกิริยาเหล่านี้จะสัมพันธ์ซึ่งกันและกันเป็นทั้งขบวนการฟิสิกส์และเคมี ทำให้การพัฒนาของดินดีขึ้น

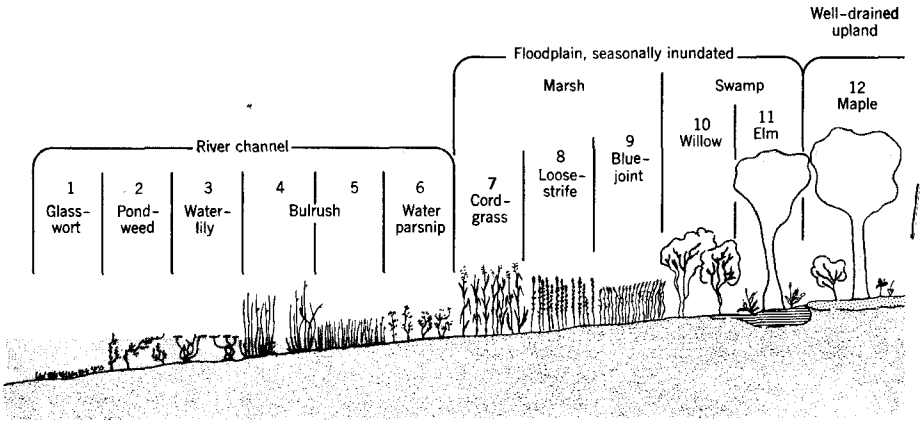
15.11 องค์ประกอบทางชีววิทยา

การเจริญเติบโตของพืชพรรณอาจจะอยู่เป็นกลุ่มเป็นพวกมีความเกี่ยวข้องกัน บางครั้งอาจจะมีสัตว์เข้ามาร่วมในการขยายพันธุ์ของพืชและช่วยเร่งความเจริญเติบโตด้วย นับว่าขบวนการทางชีววิทยานั้นเป็นขบวนการที่ซับซ้อน เช่น บัคเตรีทำลายส่วนต่าง ๆ ของพืชที่ตายแล้ว ไส้เดือนช่วยคลุกเคล้าดินให้ร่วนซุยและนำอากาศลงสู่ดิน แมลงและนกช่วยในแง่ของการแพร่พันธุ์ นอกจากนั้นอิทธิพลทางด้านชีววิทยาอาจจะทำให้พืชเป็นโรคได้และมีการติดต่อกันอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักภูมิศาสตร์มีความสนใจเกี่ยวกับสัตว์ที่แทะเล็มหญ้ามากเกินไปซึ่งอาจจะเป็นผลทำให้ดินเกิดการพังทลาย

แม้แต่มนุษย์ก็มีส่วนที่เป็นอิทธิพลต่อพืชพรรณบนโลก มนุษย์อาจจะมีการทำลายต้นไม้ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดความแตกต่างในเรื่องปัจจัยทางอากาศ ดินและธรณีสัณฐานวิทยาซึ่งเราอาจจะถือว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งทางชีววิทยา

15.12 การไดนามิกส์ของพืชพรรณธรรมชาติ

พืชพรรณธรรมชาติในบริเวณหนึ่ง ๆ นั้นจะมีการพัฒนาไปเรื่อย ๆ ตามระยะเวลา โดยปกติแล้วจะเริ่มด้วยกลุ่มของพืชพรรณที่ไม่ซับซ้อน แล้วค่อย ๆ ไปสู่กลุ่มของพืชพรรณที่ซับซ้อนขึ้น และในที่สุดก็ถึงจุดสุดยอดของกลุ่มพืชพรรณธรรมชาติ จากนั้นก็เริ่มด้วยพื้นดินเปลี่ยนแปลงเป็นที่ว่างเปล่าใหม่ไม่มีพืชขึ้นปกคลุม และพืชอื่น ๆ ก็ขึ้นแผ่เป็นบริเวณกว้างแล้วก็ค่อย ๆ วิวัฒนาการมาเรื่อย ๆ จนถึงจุดสุดยอดของพืชพรรณธรรมชาติเป็นวัฏจักรไป



รูปที่ 15.9 ลักษณะของพืชในบริเวณชายฝั่งแม่น้ำเซนต์ลอเรนซ์ มีพืชพรรณ 12 อย่าง แต่ละอย่างแสดงถึงความสัมพันธ์ เริ่มจากซ้ายไปขวาของชายฝั่งต่อเนื่องกัน

พืชพรรณนานาชนิดอาจจะเจริญงอกงามมาจากแหล่งกำเนิดหลายอย่างด้วยกัน เป็นต้นว่า สันทราย หาดทราย เปลือกโลกที่มีดินลาวา (Lava) ใหม่ หรือการตกตะกอนทับถมบริเวณชายฝั่งแม่น้ำ หรืออาจจะเป็นบริเวณที่มีน้ำท่วมถึง ทำให้สภาพของดินเปลี่ยนแปลงไป

การทดลองบุกเบิกของพืช 2–3 ชนิดที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแห้งแล้งหรือน้ำไหลแรง หรือมีแสงแดดจัด ลมแรง หรือมีอุณหภูมิสูงหรือต่ำอย่างมาก พืชเหล่านี้จะพยายามมีชีวิตอยู่โดยอาศัยรากที่แข็งแรงเจาะพื้นดิน บางครั้งอาจตายทำให้เป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน เมื่อมีการทับถมอินทรีย์วัตถุมากขึ้นก็จะทำให้มีบัคเตรีและสัตว์อื่น ๆ อาศัยอยู่มากขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยทำให้ดินร่วนซุย มีอากาศแทรกอยู่ในระหว่างเม็ดดิน ที่เราเรียกว่าอากาศใกล้พื้นดินหรือจุลอากาศ (Microclimate)

เมื่อพืชพรรณได้เจริญอยู่อย่างมั่นคงในบริเวณนั้น ๆ แล้ว เราก็สามารถที่จะแยกโครงสร้างของพืชพรรณธรรมชาติออกได้เป็นหลายชนิด แต่เราก็ยังถือว่าเป็นพืชพรรณธรรมชาติของท้องถิ่นซึ่งอาจจะหมุนเวียนเปลี่ยนไปตามสภาพของธรรมชาติ นอกจากนั้นแล้วยังมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศแบบใหม่ เป็นต้นว่าบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง ดินดอนสามเหลี่ยม หรือการยื่นของสันทราย ตัวอย่างเช่น การแบ่งสภาพของพืชพรรณตามโซนของแนวแม่น้ำเซนต์ลอเรนซ์ ซึ่งเราจะแบ่งออกได้เป็น 12 โซน เมื่อพิจารณาจากชายฝั่งของแม่น้ำขึ้นไปสู่พื้นดิน เราจะเห็นลักษณะของพืชน้ำไฮโกรไฟต์ (Hygrophytes) อาศัยอยู่ในน้ำ และสูงขึ้นไปก็เป็นฝั่งซึ่งเป็นแนวของป่าไม้ มีพืชพรรณหลายอย่าง ตั้งแต่ วิลโล่ (Willow) เอล์ม (Elm) และในที่สุดถึงเมเปิ้ล (Maple)

อีกลักษณะหนึ่งเป็นการพิจารณาวิวัฒนาการของพืชพรรณธรรมชาติจากบริเวณที่เป็นแอ่งน้ำหรือทะเลสาบ ซึ่งเดิมอาจจะเกิดจากธารน้ำแข็งที่อยู่ในบริเวณภาคพื้นทวีปที่มีอากาศหนาวเย็น เช่น แคนาดา และทางตอนเหนือของยุโรป เริ่มต้นจากบริเวณที่เป็นทะเลสาบที่เกิดจากการละลายของธาร

รูปที่ 15.10 ลักษณะที่ลุ่มในเอมเบทมิชิแกน อยู่ในบริเวณชายฝั่งของทะเลสาบ ด้านหลังเป็นสปรูซสีดำ

น้ำแข็ง ประมาณ 10,000–15,000 ปีที่ผ่านมา ลักษณะเด่นบริเวณหนอง บึง และทะเลสาบเหล่านี้มีการทับถมของพืชพรรณธรรมชาติ ทำให้เกิดการเน่าเปื่อยและเริ่มเปลี่ยนเป็นถ่านพีช (Peat) และบริเวณตอนในก็จะทับถมไปด้วยพวกตะไคร่น้ำแล้วก็เริ่มเปลี่ยนเป็นถ่านหินชนิดที่เรียกว่า พีช มอส (Peat moss)

ความกว้างขวางทางด้านศาสตร์ของภูมิศาสตร์เกี่ยวกับพืชพรรณนี้ เราถือว่าเป็นเรื่องของภูมิศาสตร์กายภาพ ภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวกับพืชสามารถที่จะทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยการศึกษาถึงหลักกว้าง ๆ ของพฤกษศาสตร์ รวมถึงการแบ่งประเภทของพืช (Taxonomy) การวิวัฒนาการ การกระจาย รูปร่างของพืช และลักษณะภายนอกในแง่เคมีและฟิสิกส์ของพืช ที่มีผลครอบคลุมถึงหลักการโดยตรงต่อการจำแนกพืชพรรณและความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

คำถามท้ายบทที่ 15

1. ปัจจัยทางภูมิศาสตร์มีความสำคัญกับพืชอย่างไร? สาขาของวิชาภูมิศาสตร์กายภาพสาขาไหนที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับภูมิศาสตร์เกี่ยวกับพืชมากที่สุด
2. พืชพรรณธรรมชาติคืออะไร? แผนที่ที่กระจายลักษณะของพืชพรรณธรรมชาติเป็นแผนที่แบบไหน
3. การเปรียบเทียบลักษณะของพืช เรื่องโครงสร้างของการศึกษาเรื่องพืชพรรณธรรมชาติ การศึกษาแบบไหนที่ให้ประโยชน์มากที่สุดในวิชาภูมิศาสตร์กายภาพ

4. ภูมิอากาศวิทยาเกี่ยวกับพืชคืออะไร ? ให้คำนิยามของระบบนิเวศวิทยา นิเวศวิทยาเกี่ยวกับพืชคืออะไร ?
5. การจัดกลุ่มของพืชคืออะไร ? โดยปกติแล้วการจัดกลุ่มพืชมีกี่ประเภท โดยใช้อะไรเป็นพื้นฐานทางด้านการจัดกลุ่ม
6. จงบอกชื่อลักษณะสิ่งแวดล้อมของพืช 3 ประเภทมาให้ทราบ ลักษณะของพืชพรรณบนพื้นดินแบ่งออกเป็น 4 ประเภทมีอะไรบ้าง ให้อธิบายถึงพื้นฐานของการแบ่งดังกล่าว
7. ถิ่นที่อยู่มีอิทธิพลต่อโครงสร้างของพืชอย่างไร ? บ่าสนของแคนาดามีสภาพของถิ่นที่อยู่ 6 ประการคืออะไร? สาเหตุของความแตกต่างของถิ่นที่อยู่ ลักษณะของถิ่นที่อยู่เป็นพื้นฐานการแบ่งประเภทของพืชพรรณอย่างไร ? ลักษณะของความคล้ายคลึงพืชพรรณธรรมชาติคืออะไร ?
8. หลักเกณฑ์ 6 ประการที่ใช้แบ่งโครงสร้างของพืชพรรณมีอะไรบ้าง ให้อธิบายมาให้ทราบในแต่ละประเภท และส่วนย่อยของแต่ละประเภท
9. ไม้ต้นแตกต่างจากไม้พุ่มอย่างไร? เถาวัลย์คืออะไร? พืชแบบไหนที่จัดว่าเป็นพืชจำพวกหญ้า ต้นเป็นหัว ตะไคร่ พืชที่เกาะต้นไม้ พืชประเภทไหนที่จัดว่าเป็นประเภทที่ไม่มีลำต้นให้เห็น
10. ต้นไม้ผลัดใบที่มีใบเขียวชอุ่ม ต้นไม้กึ่งผลัดใบคืออะไร? จงบอกชื่อลักษณะเด่นของใบ และยกตัวอย่างประเภทของต้นไม้มาให้ทราบ
11. ความแตกต่างของเนื้อใบคืออะไร ? ป่าตะบองเพชรคืออะไร ? ลักษณะใบเป็นลำต้นคืออะไร ?
12. ให้บอกรายชื่อปัจจัยของสิ่งแวดล้อมหลัก 4 แบบที่เป็นหลักนิเวศของพืช และมีปัจจัยเกี่ยวกับปรากฏการณ์หลัก 2 แบบที่เกี่ยวพันกับสิ่งแวดล้อมคืออะไร ?
13. พืชใช้น้ำอย่างไร ? มีปัจจัยอะไรที่มีผลต่อการคายน้ำ พืชปรับตัวเมื่อสูญเสียน้ำได้อย่างไร ? พืชบางชนิดพยายามที่จะเก็บน้ำและยังคงสภาพน้ำไว้ได้อย่างไร ? Phreatophytes คืออะไร ?
14. อธิบายว่าการแบ่งพืชให้สัมพันธ์กับความต้องการน้ำอย่างไร ให้บอกชื่อและนิยามของพืช 3 กลุ่มที่ได้จัดแบ่ง พืชในเขตร้อนได้แก่อะไร?
15. จงอภิปรายถึงปัจจัยของภูมิอากาศที่เกี่ยวกับแสง อุณหภูมิของอากาศ และลม ว่ามีปัจจัยเกี่ยวกับนิเวศของพืชหรือไม่ จำนวนชนิดของพืชที่อยู่ในเขตหนึ่ง ๆ นั้นเกี่ยวข้องกับสภาพของอุณหภูมิอย่างไร? อธิบายถึงลักษณะของอุณหภูมิสูง อุณหภูมิต่ำ และอุณหภูมิปานกลาง
16. กฎของภูมิอากาศวิทยาเกี่ยวกับพืชนั้นมีความสัมพันธ์กับประเภทของพืชที่เกี่ยวข้องกับระดับของอากาศอย่างไร ? จงให้ตัวอย่างของพืชที่ขึ้นอยู่ในแนวหน้า
17. จงอภิปรายถึงปัจจัยเกี่ยวกับภูมิประเทศในนิเวศวิทยาของพืช และแสดงให้เห็นปัจจัยแต่ละชนิดซึ่งมีอิทธิพลกับพืชอย่างไร?
18. ปัจจัยเกี่ยวกับดินคืออะไร? มีจุดสำคัญ 2 แบบที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมของดินคืออะไร ? พืชได้ปรับตัวกับดินเพื่อให้เกิดความเจริญเติบโตได้อย่างไร?
19. จงอภิปรายถึงปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งที่มีชีวิตในนิเวศวิทยาของพืช จงให้ตัวอย่างเฉพาะของสัตว์ที่มีอิทธิพลกับพืชพรรณ บทบาทของมนุษย์ในฐานะปัจจัยของสิ่งที่มีชีวิตในสภาพปัจจุบันคืออะไร?

20. กระบวนการสับเปลี่ยนในการพัฒนาของพืชพรรณคืออะไร? จงให้คำนิยามของจุดเริ่มต้นและจุดสุดยอด ที่ตั้งใหม่ของจุดที่ตั้งสับเปลี่ยนแทนที่ของพืชเป็นแบบชนิดไหน พืชที่เกิดขึ้นเป็นอันดับแรกคืออะไร? ความหมายการพัฒนาจากจุดสุดยอดที่ตามมาคืออะไร?
21. จงให้เหตุผลของการสับเปลี่ยนแทนจากการที่เกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ และให้ตัวอย่างในแต่ละชนิด

บทที่ 16
การกระจายของพืชพรรณธรรมชาติ
(Distribution of Natural Vegetation)

หลักของการกระจายของพืชพรรณในลักษณะโครงสร้างและความสัมพันธ์ เราจะพิจารณาได้จากประเภทของพืชพรรณ การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ในลักษณะการเจริญเติบโตของพืชพรรณนั้น เราควรที่จะกล่าวถึงลักษณะภูมิอากาศ สภาพของดิน ปริมาณน้ำ และนำมาพิจารณาเพื่อสะดวกในการวิเคราะห์การกระจายของพืชพรรณธรรมชาติ

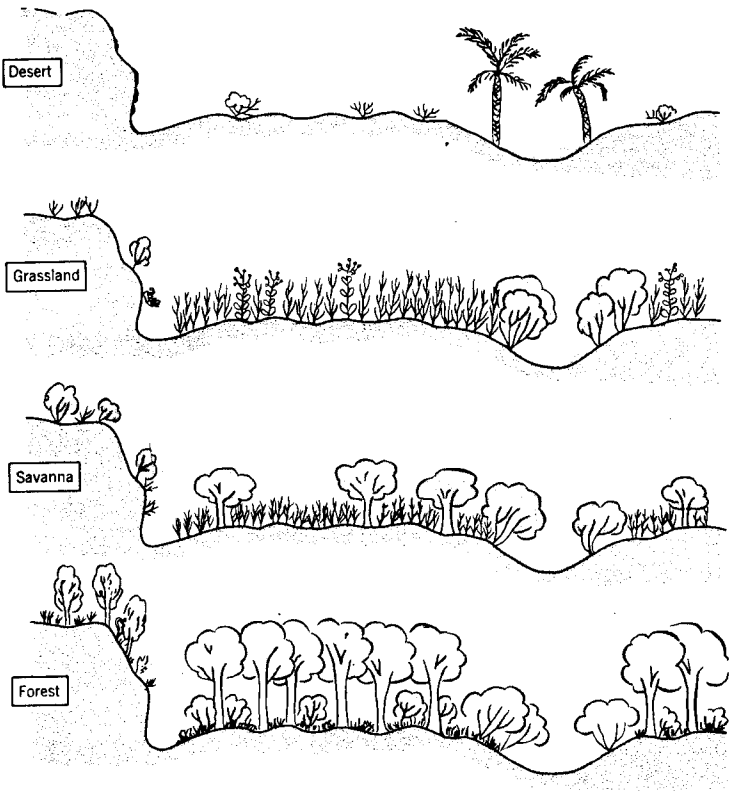
16.1 ชนิดของพืชพรรณธรรมชาติ

พืชพรรณธรรมชาติที่เราพบอยู่บนแผ่นดินทั้งหมด สามารถแบ่งตามโครงสร้างออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 4 กลุ่ม

1. **พืชผลป่าไม้ (Forest biochore)** มีลักษณะ คือ มีต้นไม้หลายชนิดขึ้นคละปะปนกัน ใบไม้กิ่งไม้จะบังแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดเงาเป็นบริเวณกว้าง เนื่องจากแสงแดดส่องถึงพื้นดินได้ไม่มากนัก ลักษณะของต้นไม้ที่อยู่ในป่าจะมีความสูงแตกต่างกันมากกว่าหนึ่งชั้นขึ้นไป ป่าชนิดนี้ต้องการปริมาณหยาดน้ำฟ้าต่อปีสูง แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องมีฝนตกกระจายเป็นแบบเดียวกันตลอดทั้งปี น้ำในดินไม่คงที่ เพราะมีการระเหยและการคายน้ำของพืช ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ เป็นที่น่าสังเกตว่ามีแหล่งกำเนิดตั้งแต่เขตชุ่มชื้นบริเวณศูนย์สูตรไปจนถึงเขตหนาวเย็นบริเวณกึ่งอาร์กติก

2. **พืชพรรณสะวันนา (Savanna biochore)** ประกอบด้วยต้นไม้สลับกับทุ่งหญ้า ลักษณะที่เห็นได้อย่างชัดเจนคล้ายกับสวนสาธารณะ (Parklike) ประกอบด้วยต้นไม้ขึ้นอยู่เป็นหย่อม ๆ และมีหญ้าขึ้นรอบต้นไม้ ต้นไม้ขึ้นกระจายอยู่ห่างกันและก็มีลักษณะของไม้พุ่ม หญ้าที่ขึ้นก็ปะปนกับเรียวหนาม ลักษณะของพืชพรรณแบบสะวันนาจะบ่งบอกถึงว่าลักษณะอากาศจะมีช่วงระยะเวลาแล้ง และการกระจายของปริมาณฝนประจำปีมีจำกัด

3. **พืชพรรณทุ่งหญ้า (Grassland biochore)** มักจะเป็นพืชพรรณที่ขึ้นอยู่บริเวณที่สูง และประกอบด้วยผัก (Herb) ซึ่งขึ้นปะปนกับต้นหญ้า พืชคล้ายหญ้าและหญ้าใบกว้าง พืชที่ปกคลุมดินอาจจะปกคลุมติดต่อกันหนาแน่น แต่บางตอนอาจจะปกคลุมเป็นหย่อม โดยปกติแล้วพืชพรรณแบบทุ่งหญ้ามักจะมีต้นไม้ขึ้นอยู่ในบริเวณที่มีความชื้นตามริมลำธารหรือบริเวณที่มีน้ำใต้ดิน พืชพรรณแบบทุ่งหญ้าจะอยู่ในเขตภูมิอากาศที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีน้อยและอุณหภูมิจะร้อนและหนาวจัด



รูปที่ 16.1 ไดอะแกรมแทนพืชพรรณ 4 ประเภท ที่สูงซึ่งระบายน้ำได้ดี แสดงให้เห็นในบริเวณตอนกลางของภาพตัดขวาง ผาชันแสดงทางซ้าย ที่ลุ่มแสดงทางขวา ในบริเวณไดอะแกรมของทุ่งหญ้าจะผิดพลาดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 3 ประเภท

4. **พืชผลแบบทะเลทราย (Desert biochore)** จะอยู่ในบริเวณที่มีอากาศแห้งแล้งมาก ต้นไม้จะขึ้นกระจายกันอยู่ห่าง ๆ พื้นดินส่วนมากไม่มีอะไรปกคลุมทำให้ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงอย่างเต็มที่ เป็นผลทำให้ได้รับอิทธิพลของลม การกัดกร่อนของน้ำรวมทั้งการกัดกร่อนของน้ำแข็ง ถึงแม้ว่าบางเขตจะไม่มีต้นไม้ขึ้นอยู่เลย แต่ก็จะมีพืชพรรณแบบทะเลทรายขึ้นกระจัดกระจายอยู่ห่าง ๆ ส่วนใหญ่มักจะเป็นพืชพรรณขนาดเล็ก เป็นต้นว่า ผัก (Herbs) ตะไคร่น้ำ (Bryoids) ไลเคน (Liehens) ในเขตนี้มีลักษณะอากาศตั้งแต่ทะเลทรายในเขตร้อนที่รุนแรง ไปถึงทะเลทรายในเขตอาร์กติกที่หนาวจัด ทำให้มีลักษณะพืชพรรณแตกต่างกัน

ในการพิจารณาถึงพืชพรรณ 4 กลุ่ม ดังที่กล่าวแล้ว โดยเน้นให้เห็นตำแหน่งที่แตกต่างกันตามลักษณะภูมิอากาศ พืชมีความจำเป็นที่จะต้องอาศัยความชื้น ถ้าเขตใดมีความอุดมสมบูรณ์ก็เป็นพืชผลแบบป่าไม้ แต่ถ้าที่ใดแห้งแล้งก็เป็นพืชพรรณแบบทะเลทราย นอกจากนั้นอุณหภูมิก็มีส่วนในการแบ่งพืชพรรณตามธรรมชาติ

16.2 การจัดแบ่งประเภทของพืชพรรณ

การพิจารณาพืชพรรณของโลกโดยจัดแบ่งออกเป็นกลุ่มนั้น ศาสตราจารย์ A.F.W. Schimper ได้เขียนไว้ในหนังสือ "Plant Geography on a Physiological Basis" ซึ่งจัดพิมพ์ขึ้นครั้งแรกในประเทศเยอรมัน ปี ค.ศ. 1903 ต่อมาศาสตราจารย์ F.C. Von Faber ได้จัดพิมพ์อีกในปี ค.ศ. 1935 ศาสตราจารย์ Eduard Rübel ได้จัดแบ่งกลุ่มโครงสร้างของพืชพรรณธรรมชาติของโลกที่คล้ายคลึงกันขึ้นอีกและได้ตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 1930 ต่อมาศาสตราจารย์ Pierre Dansereau ได้นำเอาหลักการใหญ่ ๆ ของศาสตราจารย์ Schimper และ Rübel ในการจัดแบ่งพืชพรรณธรรมชาติของโลก มีดังนี้

16.3 พืชพรรณป่าไม้

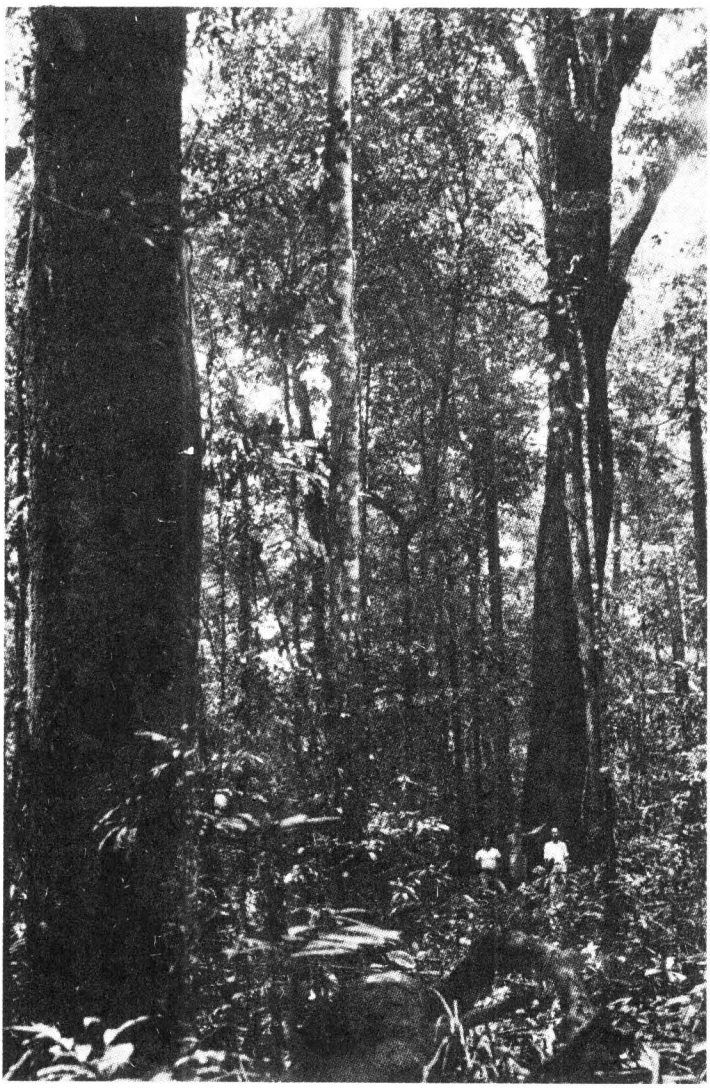
1. **ป่าไม้เขตศูนย์สูตร (Equatorial rainforest)** ประกอบด้วยต้นไม้สูง ๆ มียอดแผ่แน่นปกคลุมพื้นดิน ทำให้พื้นดินเบื้องล่างมืดทึบจนแสงแดดไม่สามารถส่องผ่านลงไปเบื้องล่างได้ ต้นไม้จะมีลักษณะเปลือกนอกเรียบ ไม่มีกิ่งก้านในบริเวณโคนต้น เนื่องจากบริเวณโคนของลำต้นมักมีรากแผ่และกระจายออกไปรอบต้น มีใบขนาดใหญ่และเขียวชอุ่มตลอดปี ลักษณะเช่นนี้ป่าไม้ในเขตศูนย์สูตรจึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ป่าไม้ใบกว้างสีเขียวตลอดปี (Broadleaf evergreen forest) ยอดต้นไม้มักจะมีความสูงต่างกันเป็นชั้น ๆ ตั้งแต่ 2 หรือ 3 ชั้น ชั้นสูงสุดจะมีความสูงของยอดต้นไม้จากระดับพื้นดิน 130 ฟุต (40 เมตร) และสูงกว่าชั้นที่ 2 อย่างเด่นชัด ต้นไม้ชั้นที่ 2 มีความสูงระหว่าง 50—100 ฟุต (15—30 เมตร) ส่วนชั้นที่ 3 ประกอบด้วยต้นไม้ขนาดเล็กมีความสูง 15—50 ฟุต (5—15 เมตร) ต้นไม้ในเขตนี้มีลำต้นสูงชะลูดแผ่กิ่งก้านสาขาไปได้ไม่มากนัก

ป่าไม้ในเขตศูนย์สูตรมักจะมีเถาวัลย์ (Lianas) ขึ้นพันลำต้นไม้และกิ่งก้านสาขาอย่างหนาแน่น บางชนิดมีลักษณะเรียวเล็กคล้ายกับเชือก แต่บางชนิดมีขนาดหนาโตซึ่งอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 8 นิ้ว (20 เซนติเมตร) เถาวัลย์เหล่านี้พยายามที่จะไต่ขึ้นไปสูงเหนือระดับยอดไม้เพื่อรับแสงแดด และมักแผ่สาขาออกไปมากมาย เถาวัลย์จำเป็นต้องอาศัยต้นไม้ขนาดใหญ่ เพื่อที่มันจะสามารถไต่ขึ้นสู่เบื้องบนได้ เพราะลำต้นไม่แข็งแรงพอที่จะยืนให้สูงได้ เถาวัลย์จึงพันเกี่ยวขึ้นไปกับลำต้นของต้นไม้ พืชที่เกาะไม้อื่น (Epiphytes) พบมากมายในป่าไม้เขตศูนย์สูตร พืชเหล่านี้จะเกาะติดอยู่กับกิ่ง ลำต้น และใบของต้นไม้อื่นโดยอาศัยต้นไม้อื่น (Host) เป็นที่อาศัย พืชในกลุ่มนี้มีหลายชนิด เช่น เฟิน (Ferns) กล้วยไม้ (Orchids) มอส (Mosses) และตะไคร่น้ำ (Licheus) พืชเกาะไม้อื่นบางประเภทมีลักษณะแปลกจะส่งรากไปถึงพื้นดินเพื่อหาอาหาร และบางครั้งจะล้อมรอบต้นไม้ที่มันเกาะ ตัวอย่าง เช่น ต้น "Strangling fig (Ficus)"

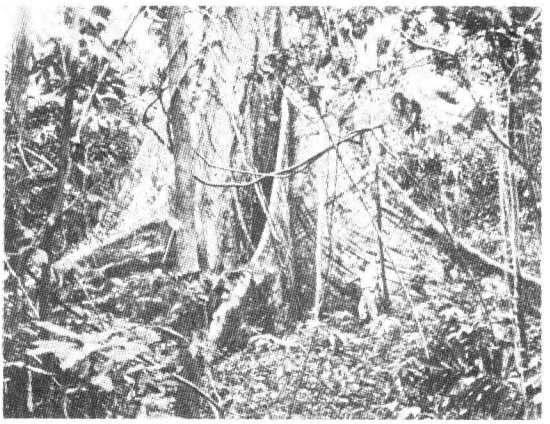
ป่าไม้ในเขตศูนย์สูตรมักจะมีพืชพรรณหลายชนิดขึ้นอย่างมากมาย กล่าวกันว่าในเนื้อที่ 1 ตารางไมล์อาจจะพบพืชต่าง ๆ ถึง 3,000 ชนิด เป็นเหตุให้พืชพรรณชนิดเดียวกันอยู่ห่างกันมาก จึงทำให้การที่จะตัดไม้ชนิดใดชนิดหนึ่งออกจากป่าจะต้องเสียแรงงานในการรวบรวมมาก ส่วนมากไม้ในป่าประเภทนี้เป็นไม้เนื้อแข็ง ตัวอย่างของป่าแบบนี้ ได้แก่ ป่าแถบลุ่มแม่น้ำอะเมซอน มีไม้ที่สำคัญ

คือ Brazilnut (Bertholletia excelsa) และ silk-cotton tree (Bombax)

บริเวณพื้นดินของป่าไม้ในเขตศูนย์สูตรมักจะมีพืชปกคลุมอยู่อย่างหนาทึบ และบริเวณใกล้กับพื้นดินจะมีพืชขึ้นห่าง ๆ และมีใบไม้ทับถมกันอยู่ในเขตนี้ มีบัคเตรีทำลายซากของใบไม้อย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่ค่อยมีฮิวมัสในดินดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

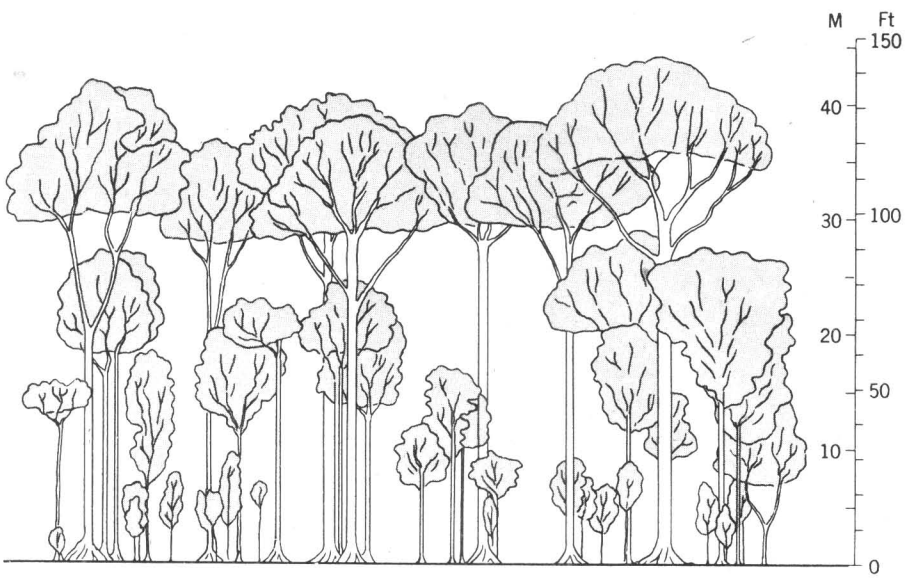


รูปที่ 16.2 ป่าฝนแถบศูนย์สูตรใกล้เบเล็ม บราซิล เป็นป่าสูงใบกว้าง เขียวตลอดทั้งปี และมีเถาวัลย์ขึ้นปกคลุม สูงจากพื้นดิน ของที่ลุ่มอะเมซอน



รูปที่ 16.3 รากของต้นมัททรีเป็นต้นไม้ใหญ่ของป่าฝน ที่เกาะบาร์โร โคโลราโด เขตคลอง

ป่าไม้ในเขตนี้มีลักษณะภูมิอากาศอบอุ่น ปราศจากน้ำค้างแข็งตลอดทั้งปีและมีฝนตกชุกทุก ๆ เดือน จึงทำให้มีปริมาณน้ำเกินความต้องการและมีความชื้นเพียงพออยู่ตลอดเวลา เป็นผลทำให้น้ำไหลชะผิวดินละลายเอาซิลิกาออกไปจากผิวดินในเขตนี้ การที่ไม่มีระยะเวลาแห้งแล้งและอากาศหนาวเย็นเป็นผลทำให้พืชเจริญเติบโตได้ตลอดเวลาทั้งปีไม่ขาดจังหวะ พืชแต่ละชนิดจะมีระยะเวลาที่เปลี่ยนใบของตัวเอง ซึ่งอาจจะเกิดเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาที่ได้รับแสงสว่าง ลักษณะโครง

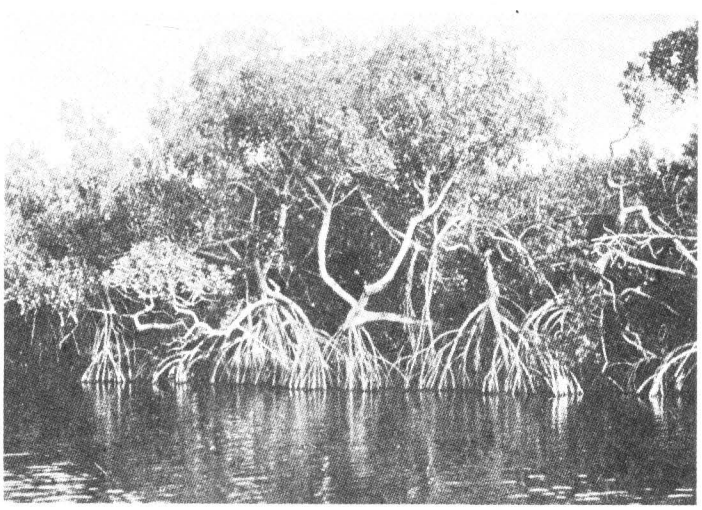


รูปที่ 16.4 ไดอะแกรมของโครงสร้างของป่าร้อนชื้นในตรินิแดด หมู่เกาะอินดิสตะวันตก ให้เห็นต้นไม้ขนาดสูง

สร้างของป่าประเภทนี้อาจจะแตกต่างกับที่กล่าวมาแล้ว ในกรณีที่มีคนเข้าไปอาศัยอยู่และดัดแปลงพืชพรรณธรรมชาติโดยการโค่นถางป่า เผาป่า เพื่อสร้างถนนหรือทำการเพาะปลูก เป็นผลทำให้พืชธรรมชาติลดน้อยลง สภาพของป่าที่มีต้นไม้ขึ้นหนาแน่นจะสูญหายไป ป่าชนิดนี้จะอยู่ในบริเวณย่านศูนย์สูตร แถบลุ่มแม่น้ำอะเมซอนในอเมริกาใต้ ลุ่มน้ำคองโกในแอฟริกา ชายฝั่งประเทศไนจีเรียและรอบ ๆ อ่าวกินี หมู่เกาะอินเดียตะวันออกจากเกาะสุมาตราที่อยู่ทางด้านตะวันตกไปจนถึงหมู่เกาะตอนกลางของมหาสมุทรแปซิฟิก นอกจากนั้นยังพบในบริเวณละติจูดที่สูงขึ้นไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณชายฝั่งของเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งอยู่ในบริเวณชายฝั่งของลักษณะอากาศแบบมรสุม

2. ป่าดงดิบ (Tropical rainforest) มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับป่าไม้เขตศูนย์สูตร จะแตกต่างกันเฉพาะบริเวณที่พบ ส่วนมากป่าประเภทนี้จะพบตามฝั่งด้านรับลม ตั้งแต่ละติจูดที่ 10 องศาทั้งเหนือและใต้ไปจนถึง 23 $\frac{1}{2}$ องศาทั้งเหนือและใต้ (เส้น Tropic) ในเขตนี้จะมีลักษณะฝนที่แตกต่างกัน คือ ระยะฤดูร้อนชื้นยาวมากกว่าฤดูแล้ง (ฝนตกน้อย) แต่ไม่มีระยะความแห้งแล้งที่แท้จริง มีอุณหภูมิแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากตำแหน่งความสูงของดวงอาทิตย์ช่วงระยะที่อากาศเย็นจะตรงกับฝนน้อย ลักษณะอากาศเช่นนี้จะมีผลต่อพืช คือ ทำให้พืชพรรณชนิดต่าง ๆ มีน้อย และจำพวกเถาวัลย์ก็มีน้อยกว่า แต่พืชที่เกาะไม้อื่นยังมีมากทั้งนี้เนื่องจากความชื้นของอากาศมีมาก เพราะได้รับอิทธิพลของมวลอากาศจากพื้นน้ำในเขตร้อน

ส่วนมากแล้วลักษณะของป่าดงดิบจะอยู่ระหว่างละติจูดที่ 10—25 องศา เช่น บริเวณหมู่เกาะคาริบเบียน ซึ่งเป็นบริเวณเขตป่าดงดิบที่สำคัญจะมีป่าเฉพาะด้านรับลม ในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ป่าดงดิบจะพบบริเวณชายฝั่งด้านรับลมและบริเวณที่สูง ซึ่งได้รับอิทธิพลของลมมรสุม บริเวณชายฝั่งทางด้านตะวันตกของอินเดียและชายฝั่งของพม่าก็มีป่าดงดิบ เพราะได้รับฝนซึ่งเกิดจาก



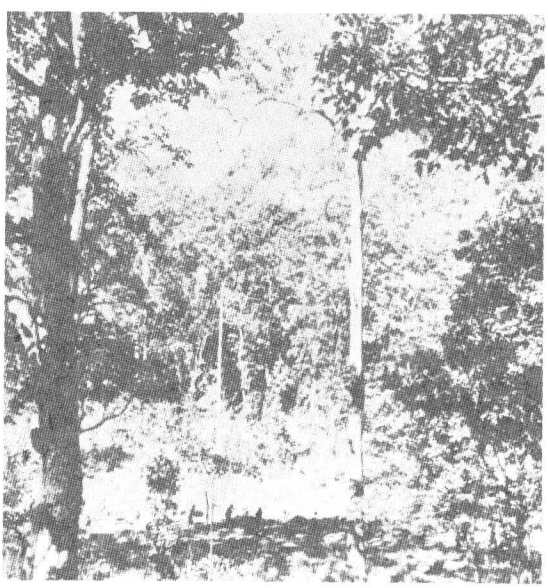
รูปที่ 16.5 ป่าชายเลนในเขตน้ำเค็ม แม่น้ำฮาร์เนย์ ฟลอริดา

มวลอากาศปะทะที่สูง นอกจากนั้นชายฝั่งของเวียดนาม ฟิลิปปินส์ก็เป็นลักษณะป่าดงดิบ ส่วนในเขตซีกโลกใต้จะพบป่าดงดิบทางด้านตะวันออกของบราซิล ชายฝั่งของเกาะมาดากัสการ์ (Madagascar) และชายฝั่งทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของออสเตรเลีย

โดยทั่วไปแล้วนักภูมิศาสตร์มักจะรวมป่าไม้เขตศูนย์สูตรและป่าดงดิบไว้ในเขตเดียวกัน เนื่องจากป่าไม้ทั้ง 2 เขตนี้มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมากกว่าสิ่งที่แตกต่างกัน

3. **ป่ามรสุมหรือป่าโปร่ง (Monsoon forest)** เป็นเขตที่มีต้นไม้ขึ้นห่าง ๆ กันมากกว่าป่าเขตศูนย์สูตรและป่าดงดิบ ดังนั้นการแย่งกันรับแสงแดดจึงมีน้อย ต้นไม้ในป่านี้จึงมีความสูงไม่มากนัก โดยเฉลี่ยสูง 40—100 ฟุต (12—35 เมตร) ซึ่งเตี้ยกว่าป่าศูนย์สูตร และมีพันธุ์ไม้ต่างชนิดกันประมาณ 30—40 ชนิด ลำต้นไม้ขนาดใหญ่มีเปลือกหนาและหยาบ กิ่งไม้จะเริ่มแตกออกตั้งแต่ระดับต่ำ ๆ ทำให้มีลักษณะเป็นพุ่มกลมใหญ่ ป่าไม้ชนิดนี้เป็นป่าโปร่ง ไม้จะผลัดใบส่วนมากมักจะผลัดใบในระยะฤดูแล้ง ซึ่งมีเวลายาวนานตรงกับฤดูหนาวเป็นช่วงเวลาที่ไม่ได้พักผ่อน ในบางครั้งอาจจะเรียกป่าไม้ชนิดนี้ว่า ป่าไม้ผลัดใบเขตร้อน (Tropical deciduous forest) เพราะป่าลักษณะนี้มีช่วงของความแห้งแล้งมากกว่าป่าศูนย์สูตรและป่าดงดิบ ไม้ที่สำคัญในเขตป่ามรสุมคือไม้สัก

เถาวัลย์และพืชเกาะไม้อื่น ๆ จะพบมากในบริเวณเขตป่าประเภทนี้ แต่มีขนาดและจำนวนน้อยกว่าเขตป่าศูนย์สูตร บริเวณใกล้พื้นดินจะมีต้นไม้เตี้ยขึ้นคลุมอยู่อย่างหนาแน่น ซึ่งเป็นป่าระดับรอง นอกจากนั้นยังมีกอไผ่กระจายอยู่โดยทั่วไป



รูปที่ 16.6 ป่ามรสุมในจังหวัดเชียงใหม่ ทางเหนือของไทย

ป่ามรสุมหรือป่าโปร่ง จะพบมากในเขตภูมิอากาศร้อนและมีฤดูแล้งกับฤดูฝนสลับ ซึ่งมีฤดูร้อนยาวนาน และมีความชุ่มชื้นมาก จำนวนปริมาณน้ำฝนชุกสลับด้วยช่วงของความแห้งแล้งซึ่งจะอยู่ในฤดูหนาว ส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะอากาศของมรสุมเอเชีย แต่ไม่สามารถที่จะกำหนดบริเวณอย่างแน่นอนได้ บางทีจะพบป่าแบบนี้มากในพม่า ไทย กัมพูชา นอกจากนั้นก็ยังพบในแอฟริกาตะวันตก อเมริกากลางและอเมริกาใต้ เกาะชวาและซีเลเบสของอินโดนีเซีย ตอนเหนือของออสเตรเลียและทางด้านตะวันตกของเกาะมาดากัสการ์

ในเขตนี้มีขบวนการ Laterization คือ การชะซึมจะมีมากทำให้ดินไม่อุดมสมบูรณ์ แต่ก็มีปริมาณน้ำมากตอนฤดูฝน ในเขตนี้มีการสะสมตัวของฮิวมัสน้อยบนพื้นดิน จะปรากฏซิลิกาอยู่โดยทั่วไป

1. **ป่าดงดิบในเขตอบอุ่น (Temperate rain forest)** แตกต่างจากป่าศูนย์สูตรและป่าดงดิบในเขตร้อนตรงที่ป่าประเภทนี้มีพันธุ์ไม้ไม่กี่ชนิด แต่ละชนิดจะมีเป็นจำนวนมาก ต้นไม้ในเขตนี้จะไม่สูงมากเหมือนป่าเขตศูนย์สูตร ลักษณะของใบจะเล็กและเป็นมัน ไม่แผ่ติดกันแน่น โดยทั่วไปจะพบป่าประเภทนี้ทางด้านใต้ของญี่ปุ่นและทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา ไม้ที่สำคัญได้แก่ ต้นโอ๊ก แมกโนเลีย ในนิวซีแลนด์จะมีลักษณะต่างไปบ้าง อาจจะมีต้นเฟินขนาดใหญ่ ต้นสนและต้นบีชนอกจากนั้นยังพบป่าประเภทนี้ในหมู่เกาะอะซอร์ส (Azores) และหมู่เกาะคานารี (Canary) ซึ่งจะมีความแตกต่างกันบ้างจากยุโรป ก็เพราะมีการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาในยุคไมโอซีน (Miocene)

ป่าดงดิบในเขตอากาศอบอุ่นจะมีความสูงของพืชไม่มากนัก เช่น เฟิน ต้นปาล์มขนาดเล็ก ต้นไผ่ ไม้พุ่ม พืชผักที่มีลำต้นอ่อน เถาวัลย์ พืชที่เกาะต้นไม้อื่น ซึ่งมีอยู่มากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตที่สูงจะมีหมอกและเมฆปกคลุมทำให้มีตะไคร่น้ำเกาะตามลำต้นและกิ่งก้านของพืช

ป่าชนิดนี้มีความแตกต่างของอุณหภูมิประจำเดือนน้อย มีฝนตกปานกลางหรือน้อยตลอดทั้งปี เป็นผลทำให้สภาพของป่าประเภทนี้อาจจะแตกต่างกันตามสภาพที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ คือ

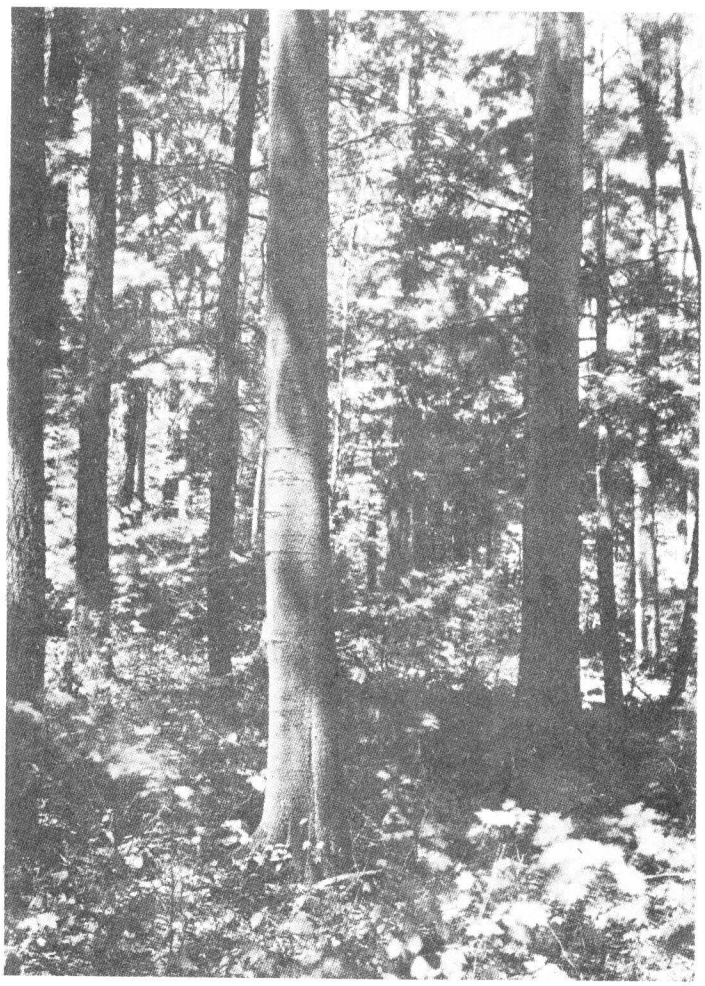
1. ในบริเวณที่สูงของเขตศูนย์สูตรและเขตร้อน
2. บริเวณชายฝั่งตะวันออกระหว่างละติจูด 25—35 หรือ 40 องศา
3. ชายฝั่งทางด้านตะวันตกระหว่างละติจูด 35—55 องศา

ในเขตแรกเป็นผลเนื่องมาจากอากาศลอยตัวสูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิลดลงและอัตราการระเหยน้อย ทำให้อากาศมีความชื้นชื้นมากพอที่จะเป็นประโยชน์แก่พืชได้ มักมีการเข้าใจผิดเกี่ยวกับป่าไม้ทางด้านชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา ในแผนที่ป่าไม้ของสหรัฐอเมริกาและแผนที่แสดงพืชพรรณธรรมชาติเป็นจำนวนมากมักแสดงว่าเขตนี้เป็นเขตป่าสนที่มีใบเขียวชอุ่มตลอดปี แต่ในที่นี้เราจัดไว้ในเขตป่าดงดิบอบอุ่น เพราะว่าเขตนี้เป็นที่สูงและมีพืชพรรณหลายชนิด เป็นต้นว่า Loblolly, Slashpine และ Bald—cypress ซึ่งพืชเหล่านี้บางชนิดต้องการน้ำมากบางชนิดต้องการน้ำน้อย และบางครั้งจะพบพืชที่มีความต้องการน้ำปานกลาง เช่น Evergreen oak และ Magnolia forest

ในเขตนี้จะอยู่ในอิทธิพลของขบวนการ Laterization และ Podzolization ในบริเวณละติจูดต่ำจะเป็นลักษณะของ Laterization แต่ในบางแห่งอยู่ในอิทธิพลของทั้ง 2 ขบวนการ เป็นผลทำให้เขตนี้มีดินสีแดงแกมเหลือง ส่วนในเขตละติจูดสูงที่มีอากาศเย็นจะอยู่ในขบวนการ Podzolization

5. ป่าไม้ผลัดใบที่มีใบเขียวชอุ่มในฤดูร้อน **(Summergreen deciduous forest)** หรืออาจจะเรียกว่าป่าไม้ผลัดใบในเขตอบอุ่น (Temperate deciduous forest)

ป่าไม้ชนิดนี้อยู่ในบริเวณทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของอเมริกา และทางด้านตะวันตกของยุโรป ลักษณะของพืชเป็นลำต้นสูงและมีใบใหญ่จึงทำให้เป็นป่าหนาทึบ มีใบเขียวชอุ่มในฤดูร้อน ส่วนฤดูหนาวใบจะร่วงหมด และมีต้นสนขึ้นกระจายกันอยู่ห่าง ๆ ส่วนต้นไม้ขนาดเล็กและเตี้ย ๆ จะ



รูปที่ 16.7 ต้นบีช และแฮมลอคในป่าของชาว แอลอีนี เพนซิลเวเนีย แสดงให้เห็นป่าผลัดใบและป่าใบเข็ม ในทางตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐฯ

เจริญเติบโตในฤดูใบไม้ผลิขณะที่ต้นไม้ใหญ่ยังไม่มีใบเจริญเต็มที่ เมื่อต้นไม้ใหญ่มีใบเต็มที่แล้วพื้นดินจะมีเงาบังเกือบหมด

ป่าไม้ประเภทนี้มีอยู่เฉพาะละติจูดกลางเท่านั้นและมีอยู่ในซีกโลกเหนือ พืชที่ขึ้นอยู่ในป่าไม้ผลัดใบทางด้านตะวันออกของอเมริกาเหนือ ทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของยุโรป และทางด้านตะวันออกของเอเชีย ส่วนใหญ่อยู่ในลักษณะอากาศชื้นภาคพื้นทวีป ได้แก่ ไม้โอ๊ก บีช เบิช ฮิกอรี่ วัลนัต เมเปิ้ล มาสวูด เอล์ม แอช ในทางด้านตะวันตกและตอนกลางของยุโรปที่มีลักษณะอากาศภาคพื้นสมุทรชายฝั่งตะวันตก พืชที่พบส่วนใหญ่ คือ โอ๊ก และแอช

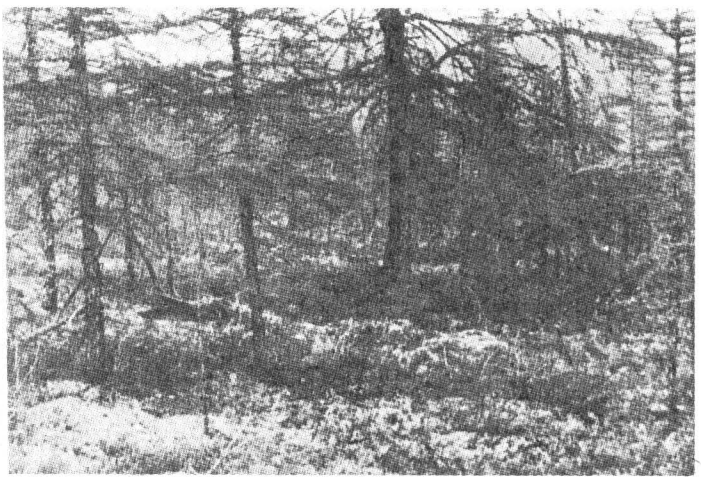
ในเขตป่าไม้ผลัดใบที่มีระบบการถ่ายเทน้ำไม่ดีจะประกอบไปด้วยพืช เช่น อัลเดอร์ วิลโล แอช เอล์ม และไม้พุ่มที่ต้องการน้ำเป็นจำนวนมากในเขตนี้เมื่อมีการทำป่าไม้ คือ ตัดไม้ขนาดใหญ่หมดแล้ว บางท้องถิ่นไม้จำพวกสนจะเจริญเติบโตมาเป็นป่าไม้แทน ป่าไม้ประเภทนี้อยู่ในเขตละติจูดกลางจะมีฝนตกชุกทุกเดือน อุณหภูมิประจำปีแตกต่างกันมาก ส่วนใหญ่จะมีฝนตกในฤดูร้อนเพื่อให้สมดุลกับอัตราการระเหยของน้ำ ในทางด้านตะวันออกของเอเชียฤดูหนาวอากาศค่อนข้างจะแห้งแล้งเพราะได้รับอิทธิพลของลมหนาว

การเปลี่ยนแปลงของดินจะมีปฏิกิริยาทางด้าน Podzolization ซึ่งเป็นผลให้ลักษณะของดินเป็นสีน้ำตาลแกมเทา บริเวณจะอยู่ค่อนไปทางขั้วโลก แต่บริเวณนี้ที่ใกล้มาทางศูนย์สูตรดินจะมีปฏิกิริยา Laterization ทำให้ดินมีสีแดงแกมเหลือง ส่วนบริเวณที่ถัดเข้าไปภายในทวีปมีฝนตกค่อนข้างน้อย ดินจะเกิดขบวนการกลายสภาพเป็นหินปูน (Calcification) ซึ่งมีสีค่อนข้างเข้ม และในเขตนี้จะมีใบไม้ทับถมกันเป็นจำนวนมากเป็นผลทำให้เกิดฮิวมัสบนผิวดินมาก เนื่องจากบริเวณป่าประเภทนี้เคยเป็นบริเวณที่มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่นมาหลายศตวรรษแล้ว โดยเหตุนี้จึงมีป่าดั้งเดิมเหลืออยู่น้อย ป่าที่เหลืออยู่ได้รับการเปลี่ยนแปลงโดยการปลูกเพิ่มเติมเรียกว่า สวนป่า (Tree farming) และป่าดั้งเดิมส่วนใหญ่ก็กลายมาเป็นบ้านเรือนที่อยู่อาศัยของมนุษย์

6. ป่าสน (Needleleaf forest) ป่าประเภทนี้ประกอบด้วยไม้ต้นสูง ลำต้นตรงมีรูปร่างคล้ายกรวย กิ่งก้านสั้นและมีใบเล็กแหลมคล้ายเข็ม ไม้ที่สำคัญได้แก่ สน ซึ่งเป็นพืชที่มีใบเขียวชอุ่มตลอดทั้งปี และมีร่มเงาปกคลุมดินอยู่ตลอดปี ทำให้มีต้นไม้เล็กๆ ชั้นล่างเบาบางหรือไม่มีเลยเนื่องจากไม่มีโอกาสเจริญเติบโต ยกเว้นพืชจำพวกมอส (Mosses) ขึ้นปกคลุมอยู่อย่างหนาแน่น ป่าไม้ประเภทนี้มีไม้ไม่กี่ชนิด ส่วนมากอาจจะมีเพียง 1 หรือ 2 ชนิดเท่านั้น

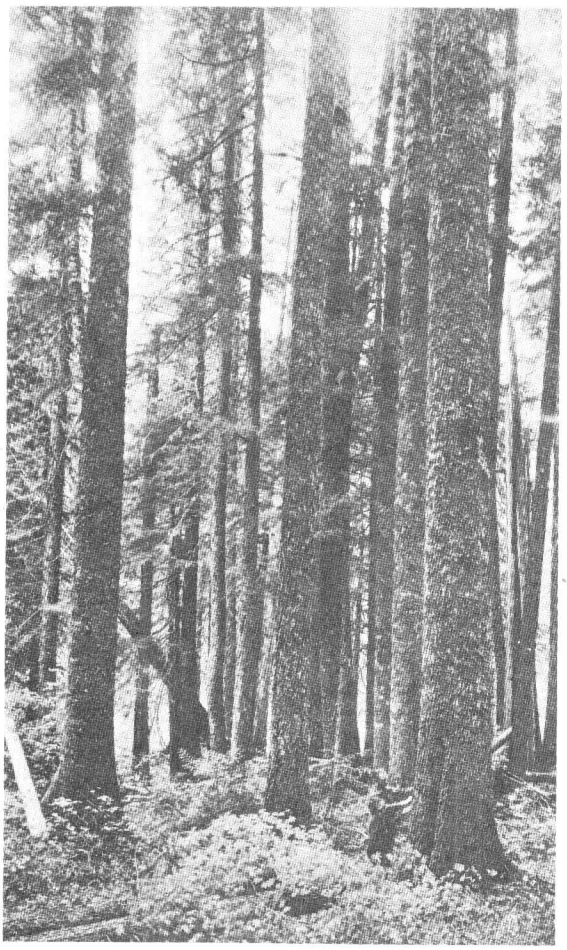
ถ้าพิจารณาจากแผนที่โลก ซึ่งแสดงพืชพรรณธรรมชาติแล้วจะเห็นว่าป่าสนแผ่เป็นบริเวณกว้างอยู่ทางตอนเหนือของอเมริกาเหนือและตอนเหนือของยูเรเชีย ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ระหว่างละติจูด 45—75 องศาเหนือ ยาวจากทิศตะวันตกไปจดทิศตะวันออก ป่าไม้สนในอเมริกาเหนือ ยุโรป และไซบีเรียตะวันตกประกอบด้วย สปรูซ เฟอร์ และไม้สน ด้วยเหตุที่ทางเหนือตอนกลางและตะวันออกของไซบีเรียจะมีไม้ลารัชซึ่งเป็นไม้ผลัดใบในฤดูหนาว นอกจากนั้นยังมีไม้สนอีกหลายชนิด เป็นต้นว่า

รูปที่ 16.8 ป่าสปรูซ ตอนบนแม่น้ำ เพริบอนกา ควิเบก แคนาดา



รูปที่ 16.9 ป่าไม้ในเขตทอมบีก ระหว่างละติจูด 64 องศาเหนือของเมืองยาคุตสก์

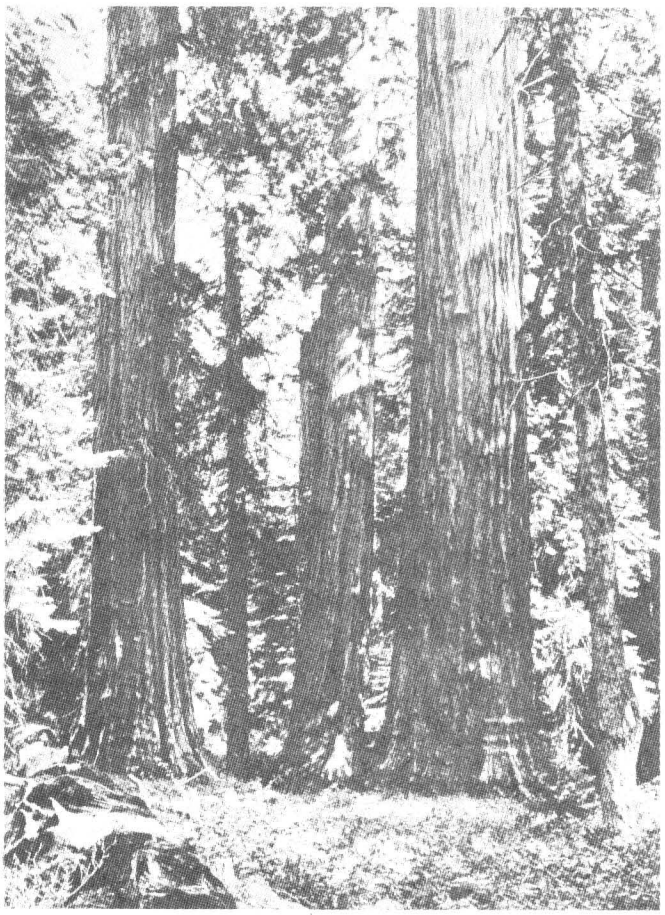
แอชภูเขา อัสเพน ปอปล่า วิลโล เบิช ซึ่งเป็นไม้สนที่อยู่ในป่าที่อาจจะมีการเผาไหม้และมองเห็นเป็นที่ว่าง ป่าสนอาจจะพบในบริเวณเขตเส้นละติจูดต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในย่านภูเขาและที่ราบสูง เช่น ทางด้านตะวันตกของทวีปอเมริกาเหนือไปจนถึงตอนใต้ของอเมริกาซึ่งมีเทือกเขาเซียรา เนวาดา (Sierra Nevada) แคสเคด (Cascade) และเทือกเขาร็อกกี (Rocky mountains) และบางแห่งในเขตที่ราบสูงของมลรัฐทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนในยุโรปป่าสนจะมีมากในบริเวณเขตภูเขาสูงย่านสแกนดิเนเวีย



รูปที่ 16.10 ป่าผสม มีสนขาว ดักลาสเฟอร์และแองเกิลเมน สปรูซ ในที่ลาดชายฝั่งตะวันตกของแนวแคสเคด ในวอชิงตัน

ป่าสนของบริติชโคลัมเบีย (British Columbia) และแคลิฟอร์เนียมีลักษณะที่น่าสนใจ เพราะว่าบริเวณเหล่านี้จะมีฝนซึ่งเกิดจากการปะทะภูเขาเป็นผลทำให้มีความชื้นสูง ต้นสนจึงขึ้นหนาแน่นมาก และมีต้นสนขนาดใหญ่ที่สุดของโลก เช่น เรดวูด (Red wood) บิกทรี (Big tree) ดักลาสเฟอร์ (Douglas fir) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เรดวูด บิกทรี เป็นต้นไม้ที่มีความสูงมากกว่า 325 ฟุต (100 เมตร) และมีเส้นรอบวงมากกว่า 65 ฟุต (20 เมตร)

ป่าสนในอเมริกาเหนือและยุโรปอาจจะมีผลมาจากธารน้ำแข็งสมัยวิสคอนซินของยุคไพล์โตซีน (Pleistocene epoch) ทำให้เกิดทะเลสาบและระบบการถ่ายเทน้ำที่ไม่ดี เป็นผลทำให้เกิดพีชน้ำเป็น



รูปที่ 16.11 ต้นไม้ยักษ์ ซีคอเอีย ในแคลิฟอร์เนีย ต้นใหญ่วัดเส้นรอบวงได้ 51 ฟุต (15 เมตร)

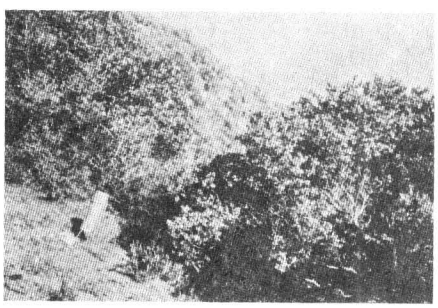
จำนวนมาก มีการทับถมตัวของพืชพรรณหนาและค่อย ๆ กลายมาเป็นถ่านหินสะสมตัวกันที่เราเรียกว่า Muskeg

ลักษณะดินของป่าประเภทนี้เป็นแบบ Podzolization ทั้งนี้เป็นผลมาจากลักษณะอากาศที่ได้รับอิทธิพลมาจากขั้วโลก ทำให้มีอุณหภูมิต่ำหนาวเย็นเป็นระยะเวลานาน ทำให้สภาพของดินโดยทั่วไปเป็นกรด

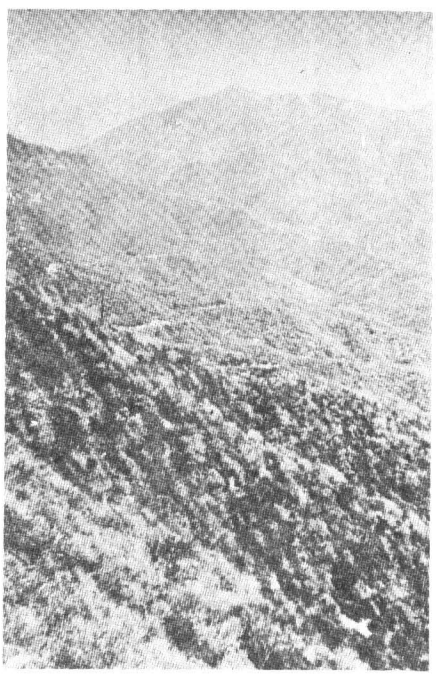
7. ป่าไม้เนื้อแข็งที่เขียวตลอดปี (Evergreen-hardwood forest) ประกอบด้วยต้นไม้เนื้อแข็งขนาดเล็ก มีใบเล็ก ต้นไม้แตกกิ่งก้านสาขาในระดับต่ำ มีเปลือกแข็งและหนา ส่วนใหญ่แล้วเป็นต้นไม้ที่มีใบอยู่ประมาณ 25—60 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยต้นไม้และไม้พุ่มที่มีใบมากถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และจะมีใบเขียวชอุ่มตลอดทั้งปี ใบหนาสามารถคงทนต่อความแห้งแล้งได้ดี ป่า

ประเภทนี้ไม่สามารถที่จะจัดระดับชั้นของต้นไม้ได้ แต่อาจจะมีพืชลำต้นอ่อน (Herb)

ป่าชนิดนี้มักจะอยู่ในเขตกึ่งร้อนที่มีฤดูร้อนแห้งแล้ง คือ ลักษณะอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียนนั่นเอง มักจะพบป่าไม้ประเภทนี้บริเวณชายฝั่งทางด้านตะวันตกระหว่างละติจูด 30—40 อาจจะถึง 45 ส่วนบริเวณรอบ ๆ ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ป่าไม้ประเภทนี้จะขึ้นเป็นบริเวณแคบ ๆ รอบชายฝั่ง เป็นไม้เนื้อแข็งประกอบด้วย Cork, Oak, Live oak, Aleppo pine, Stone pine และ Olive สันนิษฐานกันว่าในสมัยก่อนป่าไม้ในเขตนี้มีความอุดมสมบูรณ์ แต่ได้ถูกมนุษย์ทำลายเป็นเวลาหลายศตวรรษมาแล้ว ทำให้จำนวนพืชพรรณลดน้อยลง แทนที่เขตนี้จะมีพืชพรรณขึ้นอย่างหนาแน่นกลับมีแต่พืชที่มีหนามในบริเวณซีกโลกภาคเหนือ ป่าไม้ชนิดนี้มีอยู่ในชายฝั่งแคลิฟอร์เนีย และมีไม้จำพวก Live oak, White oak เป็นจำนวนมาก แต่ส่วนใหญ่มักจะเป็นไม้พุ่มที่เราเรียกว่า ดว้าป ฟอเรส (Dwarf forest) ไม้ที่สำคัญ คือ Chaparral และรวมถึง Wild lilac, Manzanita, Mountain mahogany, Poison oak, Live oak นอกจากนั้นยังพบป่าประเภทนี้ในประเทศชิลี ตอนใต้สุดของทวีปแอฟริกา ลักษณะพืชพรรณจะต่างจากบริเวณซีกโลกภาคเหนือ คือเป็นลักษณะป่า Sclerophyll ส่วนทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ ภาคกลางทางใต้ และตะวันตกเฉียงใต้ของออสเตรเลียมีพันธุ์ไม้หลายชนิด เช่น ยูคาลิปตัส (Eucalypts) และต้นอะคาเซีย (Acacias)



รูปที่ 16.12 ลักษณะพืชพรรณแบบป่าละเมาะ และที่พื้นดินมีเครื่องวัดน้ำฝน เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว (20 เซนติเมตร) ที่เหลือทางซ้ายเป็นที่ว่าง



รูปที่ 16.13 ป่าละเมาะบริเวณที่ลาดเชิงเขา ของป่าทดลองซานดิมาส ใกล้เกรนดอรา แคลิฟอร์เนีย ในปี 1953 พืชที่มองเห็นได้รับการป้องกันเป็นระยะเวลานาน

เขตอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียน ฤดูร้อนอากาศจะร้อนและแห้งแล้ง ทำให้ป่าไม้ในเขตดังกล่าวต้องทนต่อความแห้งแล้งและอุณหภูมิสูง จึงเป็นผลทำให้ขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูร้อน ส่วนฤดูหนาวมีความชุ่มชื้น เป็นผลทำให้พืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ลักษณะของดินในเขตนี้เป็นดินผสมระหว่างดินที่อยู่ในเขตกึ่งแห้งแล้งและดินที่เกิดจากขบวนการ Calcification เป็นผลทำให้ดินมีสารประกอบจำพวกคัลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ในชั้น B มาก แต่พื้นที่ส่วนใหญ่ก็ยังเป็นลักษณะป่าไม้เนื้อแข็งใบเขียวชอุ่มตลอดทั้งปี ที่ขึ้นอยู่ในดินประเภท Reddish–chestnut, Reddish prairie และ Reddish–browns soils ในเขตอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียน

16.4 พืชผลสะวันนา

1. **ป่าไม้สะวันนา (Savanna woodland)** ประกอบด้วยต้นไม้ที่ขึ้นกระจายอยู่ห่าง ๆ ซึ่งเปิดโอกาสให้พืชชั้นล่างเจริญเติบโตได้ เป็นต้นว่า หญ้า ไม้พุ่ม ลักษณะของพืชพรรณโดยทั่วไปคล้ายกับสวนสาธารณะ (Parkland) เนื่องจากมีบริเวณที่โล่งมากและพืชพรรณธรรมชาติก็คล้ายคลึงกัน และป่าไม้ในเขตสะวันนามีลักษณะภูมิอากาศค่อนข้างแห้งแล้ง ทำให้พืชไม่สามารถขึ้นได้อย่างหนาแน่น

นักภูมิศาสตร์หลายคนได้จัดให้ป่าสะวันนาอยู่ในเขตอากาศร้อนชื้นที่มีฤดูแล้งและฤดูฝนสลับกัน (Tropical wet–dry climate) ถ้าพิจารณาจากแผนที่พืชพรรณของโลกแล้ว โครงสร้างของป่าสะวันนานั้นจะกระจายไปถึงบริเวณละติจูดกลาง ได้แก่ไม้จำพวก Yellow pine, Pinyon Pine และ Juniper ซึ่งอยู่ทางด้านตะวันตกของสหรัฐอเมริกา ปรากฏว่าอยู่เหนือเขตไม้พุ่ม (Sagebrush scrub) และอยู่ตอนใต้ของป่าสน ส่วนบริเวณทางใต้ของออสเตรเลียจะมีต้นยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นไม้ประจำในป่าเขตนี้

เมื่อพิจารณาถึงป่าสะวันนาในเขตร้อนจะพบว่า ลักษณะพืชมีความสูงปานกลาง และยอดของต้นไม้แบนราบแผ่กว้างคล้ายร่ม ลำต้นหนา เปลือกหยาบ ต้นไม้เหล่านี้จัดเป็นพวก Xerophytic คือมีใบขนาดเล็กและมีหนาม โดยมากจะผลัดใบในฤดูแล้งจึงเป็นผลทำให้ป่าสะวันนามีลักษณะคล้ายคลึงกับป่ามรสุม เพราะป่าทั้งสองประเภทนี้ทนต่อความแห้งแล้งและทนทานไฟป่า ซึ่งมักจะมีไฟป่าไหม้ต้นไม้ขนาดเล็กที่อยู่บริเวณใกล้พื้นดินเสมอในฤดูแล้ง โดยมากป่าสะวันนาในเขตร้อนจะพบอย่างกว้างขวางในทวีปแอฟริกา อเมริกาใต้ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตอนเหนือของออสเตรเลีย อเมริกากลาง และหมู่เกาะแถบทะเลแคริบเบียน ดินในเขตนี้มักจะเป็นดินที่เกิดจากขบวนการ Laterization

2. **ไม้พุ่มมีหนามและไม้พุ่มในเขตร้อน (Thornbush and tropical scrub)** ประกอบไปด้วยพืชที่ขึ้นอยู่ในเขตแห้งแล้ง เนื่องจากมีฤดูแล้งอันยาวนานและฤดูฝนช่วงสั้นซึ่งเราสามารถกล่าวได้เป็น 2 ประเภท คือ ไม้พุ่มมีหนามและไม้พุ่มในเขตร้อน ไม้พุ่มมีหนามนั้นเราสามารถแบ่งได้ออกเป็น ป่าหนาม (Thorn forest) และไม้มีหนาม (Thornwoods) ประกอบด้วยต้นไม้ขนาดเตี้ย มีการผลัดใบ ในเขตนี้จะพบต้นตะบองเพชร (Cacti) และมีพวกผักหญ้าขึ้นปกคลุม ผักหญ้าเหล่านี้จะตายในฤดูแล้ง ถ้าบริเวณที่แห้งแล้งมาก ๆ ผักหญ้าเหล่านี้จะกระจายกันอยู่ห่าง ๆ เป็นกอ ๆ และพื้นดินที่อยู่ใกล้ ๆ จะ

ว่างเปล่า ลักษณะนี้จะพบมากทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของบราซิล ซึ่งเป็นบริเวณที่ราบสูงที่แห้งแล้ง ส่วนในเขตอื่น ๆ ก็มีอยู่ทางตอนใต้ของแอฟริกา

ไม้พุ่มเขตร้อน (Tropical scrub) มักจะขึ้นหนาแน่นในบริเวณตอนใต้ของป่าไม้ขนาดเล็กหรือมักปรากฏกระจัดกระจายอยู่ในบริเวณพื้นดินที่มีความแห้งแล้ง โดยปกติป่าประเภทนี้จะมีหนามและอยู่ในบริเวณพื้นหินทรายหรือกรวด ป่าทั้ง 2 ประเภทนี้มักจะอยู่ในเขตเดียวกันและพบอยู่ในหลายส่วนของโลกที่มีลักษณะอากาศร้อน ในเขตร้อนซึ่งมีฤดูฝนและฤดูแล้งสลับกัน ซึ่งเป็นเขตอากาศที่อาจจะเปลี่ยนแปลงเป็นเขตทะเลทราย ดินก็จะอยู่ในอิทธิพลของความแห้งแล้งเป็นขบวนการ Calcification และ Salinization ลักษณะของดินเป็นสีแดงแกมน้ำตาล และดินเชสต์นัตสีแดง

3. **สะวันนา (Savanna)** พืชพรรณสะวันนาเป็นทุ่งหญ้าในเขตร้อน โดยมากจะมีหญ้าขึ้นหนาแน่นและมีต้นไม้ขึ้นกระจายกันอยู่ห่าง ๆ คำว่า "สะวันนา" นั้นใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในลักษณะของพืชพรรณและลักษณะของอากาศ แต่ในที่นี้หมายถึงพืชผลที่เป็นทุ่งหญ้าซึ่งมีลักษณะเป็นหญ้าสูงใบเหนียวหยาบและคม โดยปกติก็จะอยู่สูงกว่าศีรษะโดยเฉลี่ยแล้วมีหญ้าสูงถึง 12 ฟุต (4 เมตร) ในฤดูแล้งหญ้าเหล่านี้จะเป็นสีเหลืองแห้งและติดไฟได้ง่าย และเป็นที่เข้าใจว่าพืชผลแบบนี้จะมีไฟไหม้ทุกปี จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ต้นไม้ไม่สามารถแผ่เข้ามาในบริเวณทุ่งหญ้าได้ เนื่องจากไฟมักจะทำลายต้นไม้เล็กๆ เป็นผลทำให้พืชพรรณในเขตนี้เป็นทุ่งหญ้า

ทุ่งหญ้าสะวันนาในแอฟริกาจะเป็นตัวอย่างที่ดีของทุ่งหญ้าในเขตร้อนซึ่งแผ่ยาวเป็นแนวตะวันตก—ตะวันออก ปรากฏอยู่เป็น 2 แนว คือ ประมาณละติจูดที่ 10 องศาเหนือและ 10 องศาใต้ของเส้นศูนย์สูตร ส่วนในบริเวณศูนย์สูตรของแอฟริกาจะมีลักษณะเป็นป่าดงดิบ ส่วนป่าสะวันนาที่สำคัญในแอฟริกาได้แก่ บริเวณที่สูงของซูดาน ประเทศคีนยาและประเทศแทนซาเนีย ลักษณะของพืชในเขตนี้มี Flat—topped acacia trees และ Grotes—que baobab ซึ่งเป็นพืชที่เก็บน้ำไว้ในลำต้น นอกจากนั้นยังมีหญ้าช้าง (Elephant grass) ซึ่งขึ้นอยู่หนาและอาจจะมีความสูงถึง 16 ฟุต (5 เมตร)

ทุ่งหญ้าสะวันนาในอเมริกาใต้ได้แก่ทุ่งหญ้า Campo cerrado อยู่ในเขตตอนในของที่ราบสูงบราซิล ในเขตนี้ต้นไม้จะมีใบเขียวชอุ่มตลอดทั้งปี เนื่องจากมีรากยาวซึ่งสามารถนำน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้ ส่วนหญ้าที่มีรากสั้นจะแห้งตายในฤดูแล้ง

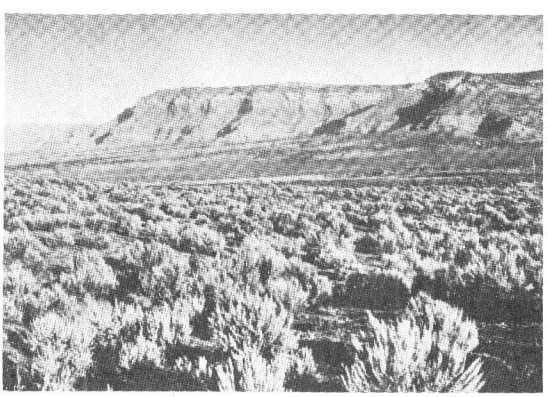
ส่วนทุ่งหญ้าสะวันนาในเขตอื่นก็พบทางตอนเหนือของออสเตรเลีย อินเดีย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ดินในเขตนี้ส่วนมากจะเกิดภายใต้ขบวนการ Laterization เนื่องมาจากได้รับอุณหภูมิสูงและมีฝนตกชุกในหน้าฝน แต่ถึงอย่างไรก็ตามอาจจะมีขบวนการ Calcification ในบริเวณเขตทุ่งหญ้าสะวันนาที่อยู่บนละติจูดสูง ที่มีพืชพรรณจำพวกไม้พุ่มมีหนามติดต่อกับทุ่งหญ้า Steppe

4. **พืชกึ่งทะเลทราย (Semidesert)** บางทีเรียกว่า Half desert ด้วย เป็นพืชที่ทนต่อความแห้งแล้ง (Xerophytic shrub) ซึ่งมีลำต้นอ่อนไม่ค่อยเจริญเติบโต โดยทั่ว ๆ ไปจะไม่พบพืชกึ่งทะเลทราย จะพบอยู่บริเวณใกล้เส้นทรอปิกและละติจูดกลางที่มีอากาศแห้งแล้ง มีปริมาณน้ำฝน

ตลอดทั้งปีน้อย ฤดูร้อนอุณหภูมิสูง ตัวอย่างพืชแบบนี้ได้แก่ Sagebrush ซึ่งมีมากในเขตตอนกลางและตอนใต้ของเทือกเขาร็อกกีและที่ราบสูงโคโลราโด นอกจากนั้นยังปรากฏว่าพืชกึ่งทะเลทรายนี้ได้แผ่ขยายออกไปอย่างกว้างขวางในบริเวณทางด้านตะวันตกของสหรัฐอเมริกา ซึ่งแต่ก่อนเคยมีทุ่งหญ้าสเตปป์และได้ถูกสัตว์แทะเล็มมากเกินไป จนเปลี่ยนสภาพมาเป็นพืชพรรณแบบกึ่งทะเลทราย

รูปที่ 16.14 ไม้พุ่มหนามในเขตแม่น้ำโมนา แอฟริกากลาง

ในแผนที่โลกซึ่งแสดงพืชพรรณแบบทะเลทรายจะอยู่รวมกับพืชในเขตทะเลทราย คือ เป็นพืชที่ทนต่อความแห้งแล้ง (Xerophytic) ซึ่งจะพบบริเวณรอบ ๆ เขตทะเลทราย หรือบริเวณที่สูงในเขตทะเลทราย ดินที่พบมักจะเป็นดินที่เกิดจากขบวนการ Calcification ที่มีสีน้ำตาลและดินทะเลทราย



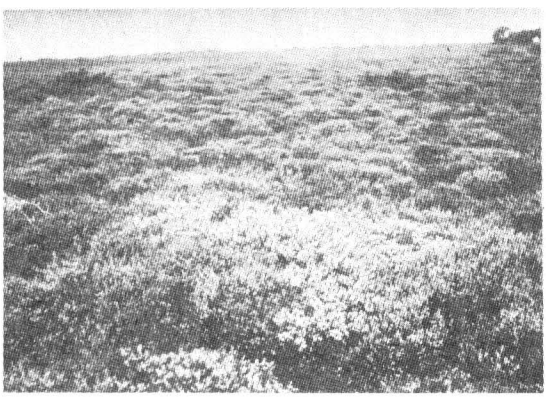
รูปที่ 16.15 ไม้พุ่มในบริเวณที่กึ่งแห้งแล้ง ที่ผาเวอร์มิเลียน

สีเทา อย่างไรก็ตาม ก็ยังพบดินที่อยู่ในบริเวณที่มีเขตการระบายน้ำไม่ดี เป็นขบวนการของดินประเภท Salinization

5. **ต้นไม้เตี้ย (Heath)** ต้นไม้เตี้ยมีลักษณะเป็นพุ่ม มีความสูงไม่เกิน 10 นิ้ว (20 เซนติเมตร) มักจะพบในบริเวณพื้นที่ที่มีลักษณะค่อนข้างราบ ลักษณะอากาศค่อนข้างจะเย็นสบายในย่านละติจูดกลางหรือละติจูดสูง ลักษณะเด่นของไม้พุ่มในเขตนี้ เป็นพวกตระกูลฮีท (Heath family) มอสเป็นพืชที่มีความสำคัญ และพืชที่พบโดยทั่วไปมักจะเป็นพวกฮีทเตอร์ (Heather) ในบริเวณที่มีอากาศหนาวจัดจะขึ้นปนกับพวก Shrubby birches และ Willows ขนาดเล็ก

การกระจายของพืชพรรณประเภทนี้ โดยปกติจะไม่แสดงในแผนที่เกี่ยวกับพืชพรรณของโลก แต่จะพบเป็นบริเวณแคบ ๆ ในเขตอากาศเย็นแบบภาคพื้นสมุทรชายฝั่งตะวันตกซึ่งมีการกระจายของฝนและความแตกต่างของอุณหภูมิประจำปีน้อย ดินมักจะอยู่ในขบวนการ Podzolization และมีสภาพเป็นกรด พืชประเภทนี้จะพบมากในไอร์แลนด์ (Ireland) ส่วนในเขตอื่นจะพบบริเวณชายฝั่งทางด้านตะวันตกของ British Isles (moors) เขตตะวันตกและตอนกลางทางเหนือของยุโรป

6. **ไม้เขตหนาว (Cold woodland)** เป็นพืชพรรณสะวันนาชนิดสุดท้าย จะพบในบริเวณที่มีอากาศหนาวเย็นมากใกล้เส้นอาร์กติกและภูมิอากาศแบบทุนดรา ต้นไม้มักไม่ค่อยสูงและอยู่ห่าง ๆ กัน ทำให้พืชขนาดเล็กที่อยู่ใกล้พื้นดินเจริญเติบโตได้ดี ผิวดินจะปกคลุมไปด้วยไลเคน (Lichens) และมอส (Mosses) ป่าไม้เขตหนาวจะกระจายอยู่ตามบริเวณละติจูดสูงและเขตป่าสน ซึ่งเป็นพืชที่ขึ้นอยู่ระหว่างบริเวณที่ไม่มีต้นไม้ของเขตทุนดรามาจนกระทั่งถึงเขตอาร์กติก



รูปที่ 16.16 ไม้พุ่มขนาดเล็ก ในเขตที่ต่ำในบริเวณทางเหนือนอร์ฟอล์ก

ในตอนเหนือของทวีปอเมริกาเหนือจะมีลักษณะของไม้ประเภทนี้ เป็นต้นว่า Black spruce and Tamarock ในตอนเหนือของสแกนดิเนเวียจะมีไม้ Scrubby birch นอกจากนั้นยังมีไลเคน (Lichens) ปกคลุมอยู่เบื้องล่าง เช่นเดียวกับมอส (Mosses) ซึ่งเป็นอาหารของพวกกวางเรนเดียร์

รูปที่ 16.17 บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำแฮมิลตัน แลบราดอร์ มีทั้งแบล็คสปรูซและเบิร์ช บริเวณพื้นดินจะปกคลุมด้วยพวกไลเคน

ในไซบีเรียมีพืชจำพวก Larch เขตกึ่งอาร์กติก บริเวณทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแคนาดาและอะแลสกาจะมีพืชจำพวก Birch-lichen

ป่าไม้ในเขตอากาศหนาวมักจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะอากาศแบบขั้วโลกซึ่งมีฤดูหนาวอันยาวนาน พื้นดินปกคลุมไปด้วยน้ำแข็งเป็นระยะเวลานานเกือบตลอดทั้งปี ส่วนในฤดูร้อนสั้นแต่ได้รับแสงอาทิตย์เฉียงตลอดทั้งวัน มีผลทำให้น้ำแข็งละลาย ลักษณะของดินจะเกิดขบวนการพัฒนาของดินที่ลุ่มของเขตอากาศหนาว (Gleization) และขบวนการ Podzolization ในบริเวณที่สูง

ป่าไม้ในเขตอากาศหนาว ไม่มีแสดงอยู่ในแผนที่โลกเกี่ยวกับพืชพรรณธรรมชาติ แต่เราจะดูได้ในบริเวณเขตอากาศแบบทุนดราตามแนวยาวตลอดของขอบบนย่านป่าสน

16.5 พืชผลทุ่งหญ้า

1. ทุ่งหญ้าแพรรี (Prairie) ประกอบด้วยหญ้าสูงและไม่มีต้นไม้ยืนต้นขึ้นอยู่เลย ถ้ามีต้นไม้ยืนต้นบ้างก็เฉพาะบริเวณหุบเขาหรือบริเวณที่ลุ่มซึ่งอยู่ในเขตเดียวกัน หญ้าจะมีรากยาวและขึ้นติดต่อกันเป็นบริเวณกว้าง หญ้าจะมีดอกในฤดูใบไม้ผลิหรือตอนต้นฤดูร้อน

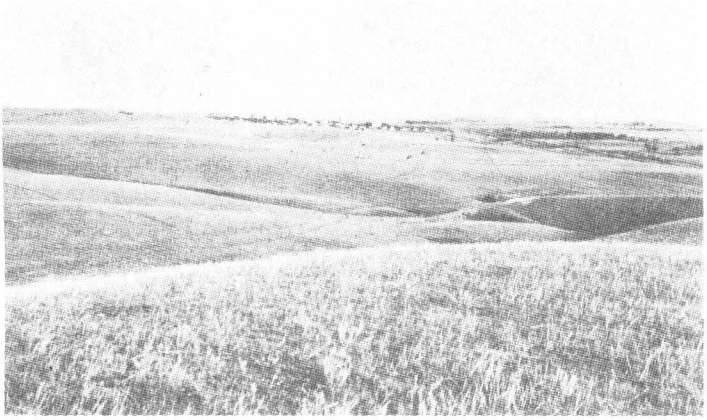
ทุ่งหญ้าแพรรี มักจะมีหญ้าสูงอยู่ระหว่างเขตอากาศชื้นภาคพื้นทวีปกับกึ่งชื้น อัตราการระเหยและการคายน้ำจะอยู่ในลักษณะสมดุลกัน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีระหว่าง 20—40 นิ้ว (50—100 เซนติเมตร) ในฤดูร้อนอุณหภูมิของดินและอากาศสูง ดังนั้นความชื้นในดินจึงมีไม่มากพอที่จะทำให้ต้นไม้

เจริญในที่สูงและน้ำใต้ดินก็อยู่ลึกเกินกว่ารากของพืชจะหยั่งถึง ทุ่งหญ้าแพรรีในอเมริกาเหนือจะพบเป็นบริเวณกว้าง ตั้งแต่มลรัฐอิลลินอยส์ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือ ไปถึงทางใต้ของรัฐแอลเบอร์ตา (Alberta) และซาสแกตเชวัน (Saskatchewan)

เนื่องจากหญ้ายาวจะค่อย ๆ หดสั้นไปตามปริมาณน้ำฝน จนในที่สุดก็จะกลายเป็นทุ่งหญ้า Steppe ทุ่งหญ้าแพรรีในยุโรปมีอยู่ในฮังการี ชื่อปุสตา (Puszta) ในอาร์เจนตินา ชื่อทุ่งหญ้าปามปา (Pampa) และมีอยู่ทางตอนเหนือของประเทศจีน

ดินในเขตทุ่งหญ้าแพรรีจะเป็นลักษณะของดินที่เกิดจากขบวนการ Calcification และผลของการพัฒนาของดินแพรรีและเชอร์โนเซมซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์

2. ทุ่งหญ้าสเตปป์ (Steppe) บางทีเราอาจจะเรียกว่าเป็นทุ่งหญ้าแพรรีแบบสั้น ๆ ก็ได้ ลักษณะของหญ้าจะกระจายกันอยู่อย่างเบาบาง และอาจจะมีไม้พุ่ม ต้นไม้ขนาดเตี้ย ในเขตทุ่งหญ้าสเตปป์

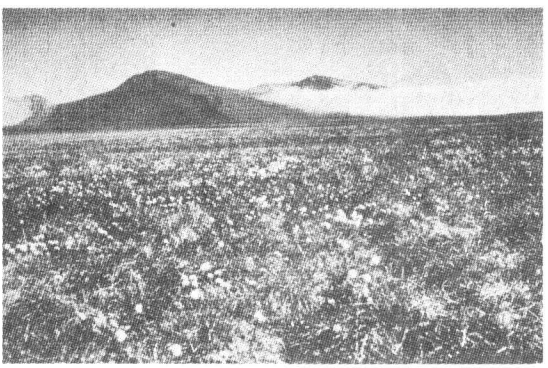


รูปที่ 16.19 พืชพรรณแบบหญ้าสั้น ของที่ราบใหญ่ในแคนซัส

ลักษณะของพืชพรรณคล้ายคลึงทะเลทราย พืชที่ปกคลุมมีน้อย โดยมากมีลักษณะดินว่าง ๆ ไม่มีอะไรปกปิด มีหญ้าและผักอื่น ๆ หลายชนิด เป็นต้นว่าในเขตทุ่งหญ้าสเตปป์มี Buffalo grass และพืชประเภทอื่น ๆ ในเขตนี้ คือ Sunflower และ Loco weed

ทุ่งหญ้าสเตปป์จะพบมากระหว่างละติจูด 0—55 องศาเหนือ หรือศูนย์สูตรไปจนถึงละติจูด 45 องศาใต้ ทุ่งหญ้าสเตปป์ในเขตละติจูดต่ำจะพบว่าอยู่ติดกับบริเวณพืชพรรณภูมิอากาศร้อนที่มีฤดูแล้ง

3. ทุ่งหญ้าในเขตทุนดรา (Grassy tundra) ลักษณะพืชพรรณแบบนี้จะอยู่ในเขตหนาวจัด เจริญเติบโตได้ในช่วงฤดูร้อนที่มีระยะเวลากลางวันยาวนานเป็นผลทำให้น้ำแข็งละลาย ซึ่งทำให้สภาพโดยทั่วไประยะนี้ชั้นแฉะเป็นระยะเวลาสั้นและมีการเจริญเติบโตของฮิวมัสดี และหนาวสลับไปจนถึงเขตแห้งแล้งแบบทะเลทราย ทุ่งหญ้าสเตปป์ทางตอนเหนือของทวีปแอฟริกาจะเปลี่ยนแปลงมาจากอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียนเป็นป่า Sclerophyll ไปถึงทะเลทรายในแอฟริกา ส่วนทุ่งหญ้าสเตปป์ ในเขตละติจูดกลางนั้นจะอยู่ติดกับอากาศกึ่งแห้งแล้งในทวีป ถึงแม้ว่าจะมีฝนตกในฤดูร้อนก็ตาม แต่มีอัตราการระเหยมากกว่าปริมาณความชื้นที่ได้รับ ส่วนฤดูหนาวทุ่งหญ้าสเตปป์ในเขตละติจูดกลางจะหนาวและแห้งแล้ง ส่วนฤดูร้อนอากาศจะอบอุ่นและแห้งแล้ง ในเขตนี้ขบวนการเกิดดินเป็นแบบ Calcification ส่วนบริเวณที่มีระบบการถ่ายเทน้ำไม่ดีจะมีขบวนการ Salinization ลักษณะของดินจะอุดมสมบูรณ์ไปด้วยคัลเซียมคาร์บอเนต ลักษณะของดินมีสีน้ำตาล ฮิวมัสในดินน้อยเนื่องจากมีพืชพรรณขึ้นกระจายอยู่ห่าง ๆ



รูปที่ 16.20 ลักษณะหญ้าฝ้าย ในที่ราบชายฝั่งอาร์กติกของอะแลสกา

พืชในเขตทุนดรามักจะมีน้อย ส่วนใหญ่ได้แก่ Herbaceous, Dwarf willow ส่วนพืชชั้นต่ำได้แก่ Sedges, Grasses, Mosses และ Lichens พืชที่มีอยู่เป็นปกติได้แก่ Ridges sedge, Arctic meadow grass, Cottongrasses และ Snow lichen นอกจากนั้นยังมี Forb อยู่หลายชนิด ซึ่งมีดอกในฤดูร้อน ในเขตนี้อาจจะพบไม้พุ่มของเขตอาร์กติกจำพวก Willows และ Birches

ทางใต้ของเขตอากาศกึ่งอาร์กติก มีระบบการถ่ายเทน้ำไม่ดี ลักษณะของดินจะเป็นแบบ

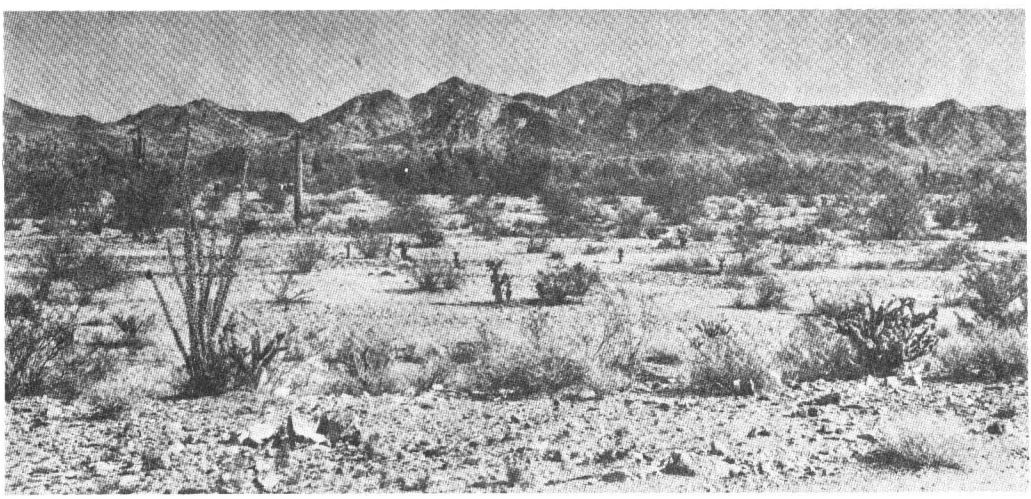
Gleization ขนาดของพืชมักจะถูกจำกัดเนื่องจากรากของพืชสั้น เพราะพื้นดินเป็นน้ำแข็ง ในฤดูหนาวจะมีลมที่แห้งแล้ง หิมะปกคลุมพืชเป็นผลทำให้จำนวนของพืชลดน้อยล

ไม่ว่าในละติจูดใดก็ตาม ถ้าหากมีความสูงพอก็มีลักษณะอากาศแบบ ทุนดราภูเขา (Alpine tundra) ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับพืชประเภทนี้ แม้ว่าจะได้รับแสงอาทิตย์แตกต่างกันในเขตละติจูดสูงและต่ำ แต่ในแผนที่มิได้แสดงพืชพรรณชนิดนี้ไว้ทั้ง ๆ ที่มีอยู่หลายแห่งในบริเวณเขตที่สูง

16.6 พืชผลแบบทะเลทราย

1. พืชผลแห้งแล้งแบบทะเลทราย (Dry desert) ลักษณะของพืชเป็นพืชที่ทนต่อความแห้งแล้งได้ดี (Xerophytic) ซึ่งมีกระจายอยู่โดยทั่วไปบนพื้นดิน ระยะเวลาที่มีอากาศแห้งแล้งจะพบพืชที่มีใบเล็กหนา หรือมีหนาม เช่น ตะบองเพชร ซึ่งสามารถเก็บน้ำไว้ได้ นอกจากนั้นก็ยังมีหญ้าชนิดแข็ง พืชพรรณหลายชนิดมักจะเจริญเติบโตหลังจากที่ฝนตกหนักขณะที่พื้นดินเปียก

พืชพรรณเขตทะเลทรายนี้อาจจะแตกต่างจากพืชพรรณในเขตอื่น ๆ ในทะเลทราย Mohave Sonoran ที่อยู่ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกาพืชพรรณมักมีขนาดใหญ่ มีลักษณะคล้ายกับเขตป่า พืชพรรณที่รู้จักกันได้แก่ Saguaro cactus, Prickly-pear cactus, Ocotillo, Creosote bush และ Smoke tree พืชส่วนใหญ่ในเขตทะเลทรายทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกาเป็นพืชไม้พุ่ม ไม้พุ่มมีหนาม พืชผลแบบสะวันนาหรือทุ่งหญ้าสเตปป์ ส่วนในทะเลทรายสะฮาราจะมีความแห้งแล้งมากกว่าทะเลทรายในอเมริกามาก พืชผลส่วนมากจะเป็นหญ้าแข็ง (Stipa) และอาจจะมีพืชอื่น ๆ ที่พบบริเวณแหล่งน้ำในเขตแห้งแล้ง เช่น Tamarisx ทะเลทรายชายฝั่งทางด้าน



รูปที่ 16.21 พืชพรรณแบบแห้งแล้งของทะเลทรายโซโนราน ตะวันตกเฉียงใต้ของแอริโซนา จะมีพวกตะบองเพชร

ตะวันตกเฉียงใต้ของแอฟริกา มีพืชแปลกชนิดหนึ่ง คือ Tumboa ซึ่งมีใบคล้ายหนังลับมีดโกน แผ่กระจายไปยังตอนกลางของรากและชอนไชลึกเข้าไปในดิน

พืชในเขตนี้เป็นพืชเขตทะเลทราย มักจะไม่พบต้นไม้เลยเนื่องมาจากลักษณะของสันทรายที่ยกตัวเองหรือลักษณะของดินเค็มจัด

ทะเลทรายในเขตอากาศร้อน มักจะไม่มีลักษณะอากาศแห้งแล้งอย่างรุนแรง แต่มีความรุนแรงในเรื่องอุณหภูมิของอากาศและดินสูงมาก ทะเลทรายในย่านละติจูดกลาง (ละติจูด 30—35 องศา) มักจะมีความแห้งแล้งและความแตกต่างของอุณหภูมิสูง ทะเลทรายในเขตร้อนที่อยู่ชายฝั่งทางด้านตะวันตกมักจะมีหมอกเกิดขึ้นอยู่เสมอ ส่วนดินในเขตทะเลทรายนั้นเป็นขบวนการ Salinization เป็นผลทำให้เกลือสะสมตัวอยู่ที่ผิวดินมาก แต่พืชก็สามารถขึ้นอยู่ได้ นอกจากนั้นก็ยังมีขบวนการ Calcification ในบริเวณที่สูงซึ่งมีการระบายน้ำได้ดีจะมีการสะสมตัวของคัลเซียม คาร์บอเนต เขตนี้จะขาดฮิวมัส ดินจะมีสีเทาหรือสีแดง เช่น Sierozems และ Red-desert soils

2. **พืชชั้นต่ำในเขตอาร์กติก (Arctic fell field)** มีลักษณะเช่นเดียวกับบริเวณแห้งแล้งในเขตทะเลทราย บริเวณนี้จะมีลักษณะอากาศหนาวจัดและมีน้ำแข็งปกคลุมอยู่ตลอดเวลา ผิวโลกประกอบไปด้วยหิน จากอิทธิพลของน้ำค้างแข็งทำให้หินแตกออกเป็นก้อนเล็กก้อนน้อย พืชพรรณที่มีอยู่จะกระจายกันห่าง ๆ ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยไลเคน (Lichens) มอส (Mosses) และไม้พุ่มขนาดเล็ก (Small shrubs) ตัวอย่างเช่น ทางตอนเหนือของเกาะแบฟฟิน (Baffin Island) พืชพรรณส่วนมากได้แก่ Polar willow, Purple saxifrage และ Wooly moss

พืชในเขตอาร์กติกจะมีไปจนกระทั่งถึงละติจูด 84 องศาเหนือ และทางใต้จะมีในแถบแอนตาร์กติกา การก่อตัวของดินเนื่องมาจากการกระทำของน้ำค้างแข็งทำให้หินแตกออกมาเป็นก้อนเล็กก้อนน้อย

การพิจารณาพืชพรรณธรรมชาติของโลกนั้นจะต้องศึกษาประกอบกันกับแผนที่แสดงพืชพรรณของโลกเพื่อทำให้เข้าใจดีขึ้น

คำถามท้ายบทที่ 16

1. พืชพรรณกลุ่มใหญ่ 4 ประเภทคืออะไร? จงอธิบายแต่ละประเภทอย่างย่อ ๆ และให้สัมพันธ์กับสภาพการณ์ของภูมิอากาศโดยทั่วไป
2. การพัฒนาของระบบพืชพรรณธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างปกติในปัจจุบัน ได้มีผู้คนพบว่าเป็นอย่างไรบ้าง?
3. จงอธิบายถึงป่าฝนศูนย์สูตรในแง่ของโครงสร้าง ความสำคัญของไม้เลื้อยในเขตป่าสนคืออะไร? กาฝากคืออะไร? จงแนะนำถึงจำนวนชนิดของต้นไม้ที่พบในป่าฝนแถบศูนย์สูตร จงบอกต้นไม้ซึ่งใช้แทนมา 2 ชนิด การกระทบของลักษณะภูมิอากาศและภูมิประเทศที่สำคัญกับป่าฝนแถบศูนย์สูตรคืออะไร?

4. พืชในเขตชายฝั่งมีรูปแบบที่หวังว่าจะเป็นพืชในเขตป่าฝนแถบศูนย์สูตรอย่างไร? จงอธิบายลักษณะเด่นของป่าชายเลนมาให้ทราบ
5. ป่าฝนในเขตร้อนมีความแตกต่างจากป่าฝนในเขตศูนย์สูตรอย่างไร? และมีส่วนคล้ายคลึงอะไรบ้าง? เขตภูมิศาสตร์ที่เป็นป่าฝนเมืองร้อนคืออะไร? จงอธิบาย
6. ลักษณะเฉพาะของป่ามรสุมเมื่อเปรียบเทียบกับป่าในย่านเส้นรุ้งต่ำอื่น ๆ คืออะไร? ต้นไม้ผลัดใบสามารถที่จะนับได้หรือไม่ ความสัมพันธ์ของป่ามรสุม เมื่อเปรียบเทียบกับการกระจายของภูมิอากาศ และให้อธิบายถึงกระสวนของการกระจายบนพื้นโลก
7. ป่าฝนเขตอบอุ่นมีความแตกต่างในเรื่องโครงสร้างและที่ตั้งทางภูมิศาสตร์จากเขตศูนย์สูตร และป่าฝนเขตร้อนอย่างไร? จงอธิบายถึงป่าฝนเขตอบอุ่นของอเมริกา เอเชีย และนิวซีแลนด์ ลักษณะเฉพาะการพัฒนาของกาฝากในเขตป่าฝนเขตอบอุ่นเป็นอย่างไรบ้าง?
8. ป่าฝนแถบอบอุ่นมีที่ตั้ง 3 ประเภทบนพื้นโลกคืออะไร? การกระจายของภูมิอากาศและภูมิประเทศมีความสัมพันธ์กับป่าฝนแถบอบอุ่นอย่างไร?
9. จงอธิบายถึงป่าผลัดใบที่มีใบเขียวในฤดูร้อน ในแง่ของโครงสร้างและการพัฒนาในแต่ละฤดูกาล จงบอกชื่อของต้นไม้ในป่าผลัดใบของทวีปอเมริกาเหนือและยุโรป ป่าผลัดใบที่มีสีเขียวในฤดูร้อนมีผลตอบสนองกับสภาพของการกระจายภูมิอากาศบริเวณภาคพื้นทวีปในทางอะไร กระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศคืออะไร?
10. จงอธิบายถึงลักษณะของป่าไม้ใบเข็มในเรื่องโครงสร้างของพืชพรรณ จงบอกบริเวณที่มีป่าไม้ใบเข็มและชื่อต้นไม้ที่ควรรู้ในเขตนี้
11. สภาพภูมิประเทศมีอิทธิพลต่อการขยายตัวของป่าไม้ใบเข็มในบริเวณละติจูดที่ต่ำกว่าอย่างไร? จงอธิบายถึงป่าไม้ใบเข็มของเขตชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกของทวีปอเมริกาเหนือ ลักษณะภูมิประเทศที่เด่นในบริเวณของป่าไม้ใบเข็มคืออะไร?
12. จงอธิบายถึงโครงสร้างของต้นไม้ในป่าไม้เนื้อแข็ง ซึ่งมีใบเขียวตลอดปี มีความสัมพันธ์กับการกระจายของสภาพภูมิอากาศอย่างไร? ป่าไม้ประเภทนี้กระจายอยู่บนพื้นโลกในสภาพแบบป่าไม้เนื้อแข็งสีเขียว ป่าไม้ที่มีไม้เนื้อแข็ง และไม้พุ่ม จงบอกชื่อป่าไม้ประเภทนี้ของเขตเมดิเตอร์เรเนียน แคลิฟอร์เนีย และออสเตรเลีย
13. ป่าไม้สะวันนาคืออะไร? มีความสัมพันธ์กับภูมิอากาศอย่างไร? ลักษณะของรูปแบบต้นไม้และไม้พุ่มของเขตป่าสะวันนาในเขตร้อนคืออะไร?
14. จงอธิบายถึงเรื่องไม้พุ่ม และไม้พุ่มในเขตร้อนในแง่ของการจัดกลุ่มของพืชพรรณคาอาตินกาของบราซิลคืออะไร? ป่าคอร์นเวล์ดของแอฟริกาใต้คืออะไร?
15. ป่าสะวันนามีความแตกต่างจากป่าไม้สะวันนาอย่างไร? จงอธิบายดิน ภูมิอากาศ และสภาพของสัตว์ตามธรรมชาติของป่าสะวันนาเขตร้อน ให้เน้นหนักเฉพาะในแอฟริกา ป่าแคมโปส เซอร์ราโดของบราซิลคืออะไร?
16. พืชพรรณแบบกึ่งทะเลทรายคืออะไร จงอธิบายสภาพของกึ่งทะเลทรายในตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา

17. ป่าละเมาะคืออะไร พืชที่ขึ้นมีอะไรบ้าง จงอธิบายถึงสภาพของอากาศและที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ที่ปรากฏในเขตป่าละเมาะ
18. จงอธิบายพืชพรรณไม้ในเขตหนาวเย็น ป่าสน จัดว่าเป็นป่าไม้ประเภทนี้หรือไม่ จงบอกชื่อพืชที่เป็นตัวแทนของป่าประเภทนี้ในทวีปอเมริกาเหนือ สแกนดิเนเวีย และไซบีเรีย
19. พืชที่จัดเป็นตัวแทนของทุ่งหญ้าแพรีคืออะไร? จงบอกชื่อตัวอย่างของพืชจากเขตแพรรีที่เป็นหญ้าสูงของมลรัฐไอโอวา พืชพรรณแบบแพรรีมีความสัมพันธ์กับการกระจายของภูมิอากาศและลักษณะภูมิประเทศอย่างไร? จงอธิบายให้ทราบว่า ทุ่งหญ้าปุสตาของอังการีคืออะไร? ปามปาของอาร์เจนตินาคืออะไร?
20. จงเปรียบเทียบทุ่งหญ้าสเตปป์ (หญ้าแพรรีสั้น)กับหญ้าแพรรียาวในแง่ของโครงสร้างพืช และการกระจายของภูมิอากาศ
21. จงอธิบายถึงหญ้าในเขตทุนดราที่มีภูมิอากาศหนาวเย็น จงบอกชื่อของพืชมาให้ทราบ หญ้าในเขตทุนดรามีความสัมพันธ์กับสภาพของอากาศ การระบายน้ำ และลักษณะภูมิประเทศอย่างไร? จงเปรียบเทียบทุนดราบนภูเขา กับหญ้าทุนดราในเขตที่ต่ำกว่า
22. จงอธิบายพืชพรรณที่เกิดขึ้นในเขตทะเลทรายที่แห้งแล้ง จงบอกประเภทของพืชในเขตทะเลทรายทางตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา ทะเลทรายสะฮารา และบริเวณทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของแอฟริกา กระบวนการของภูมิประเทศที่เด่นในเขตทะเลทรายที่แห้งเป็นแบบไหน
23. ความสัมพันธ์ของพืชในเขตอาร์กติกที่เกิดขึ้นกับเขตหนาวเย็นในบริเวณที่สูงเป็นแบบไหน จงอธิบายถึงลักษณะของน้ำในดินที่แข็งตัวที่เป็นลักษณะเด่น เพื่อเปรียบเทียบกับพืชพรรณในเขตอาร์กติก

บรรณานุกรม

Battan, L.J. (1962), **Cloud physics and cloud seeding,** Doubleday and Co., New York, 144 pp.

Battan, L.J. (1961), **The nature of violent storms,** Anchor Science Study series, Doubleday and Co., New York, 158 pp.

Bird, J.B. (1967), **The physiography of arctic Canada,** The Johns Hopkins Press, Baltimore, Md., 336 pp.

Cotter, C.H. (1965), **The physical geography of the oceans,** American Elsevier Publ. Co., New York, 317 pp.

Chamberlin, W. (1947), **The round earth on flat paper,** Nat. geog. soc., Washington, D.C., 126 pp.

Chang, Jen-Hu (1968), **Climate and agriculture;** an ecological survey, Aldine Publ. Co., Chicago, 304 pp.

Craig R.A. (1968), **The edge of space, exploring the upper atmosphere,** Doubleday and Co., New York, 150 pp.

Deetz, C.H. and O.S. Adam (1945), **Element of map projection,** special Publ. 68, U.S. Dept. Commerce, U.S. govt. Printing Office, Washington, D.C., 266 pp.

Eyre, S.R. (1968), **Vegetation and soils;** a world picture, second edition, Aldine Publishing Co., Chicago, 328 pp.

Geiger, R. (1965), **The climate near the ground,** fourth edition, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 611 pp.

Hosmer, G. L. and J.M. Robbins (1948), **Practical astronomy,** fourth edition, John Wiley and Sons, New York, 355 pp.

Helm, T. (1967), **Hurricanes: weather at its worst,** Dodd, Mead and Co., New York, 234 pp.

Johnson, J.C. (1954), **Physical meteorology,** Technology Press of M.I.T. and John Wiley and Sons, New York, 393 pp.

Kendrew, W.G. (1953), **The climates of the continents,** Oxford University Press, London, 607 pp.

Mehlein T.G. (1959), **Astronomy,** John Wiley and Sons, New York, 391 pp.

Money, D.C. (1965), **Climate, soils and vegetation,** University Tutorial Press, Ltd., London, 272 pp.

Pettersen, S. (1969), **Introduction to meteorology,** edition, McGraw-Hill Book Co., New York, 333 pp.

Raisz, E. (1948), **General cartography,** McGraw-Hill Book Co., New York, 354 pp.

Riehl H. (1965), **Introduction to the atmosphere,** McGraw-Hill Book Co., New York, 365 pp.

Robinson, A.H. and R.D. Sale (1969), **Element of cartography,** third edition, John Wiley and Sons, New York, 343 pp.

Robbins, W.W., T.E. Weier, and C.R. Stocking, (1964), **Botany: An introduction to plant science,** third edition, John Wiley and Sons, New York, 480 pp.

Sellers, W.D. (1965), **Physical climatology,** University of Chicago Press, 272 pp.

Strahler, A.N. (1969), **Physical geography,** third edition, John Wiley and Sons, New York, 733 pp.

Trewartha, G.T. (1961), **The earth's problem climates,** The Univ. of Wisconsin Press, Madison, Methuen. and Co., London, 334 pp.

———— (1968), **An introduction to climate,** fourth edition, McGraw-Hill Book Co., New York, 408 pp.

White, G.F. ed. (1956), **The future of arid lands,** Am. Assoc. Advancement of sci., Publ. 43, Washington, D.C., 453 pp.

หนังสือของมูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์
สำนักงานเลขที่ 413/38 ถนนอรุณอมรินทร์ บางกอกน้อย กรุงเทพฯ 7

1. หนังสือซึ่งมูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มอบหมายให้บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด จัดพิมพ์และจัดจำหน่าย

หนังสือชุด

1. ชุดวรรณไวทยากร

ก. วรรณไวทยากร (รวมเล่ม) เล่ม 1 ปกอ่อน	110.—
ปกแข็ง	150.—
ข. วรรณไวทยากร (รวมเล่ม) เล่ม 2 ปกอ่อน	75.—
ปกแข็ง	125.—
ค. วรรณไวทยากร (แยกเล่ม)	
การศึกษา	20.—
นิติศาสตร์และการต่างประเทศ	18.—
ประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม	18.—
ปรัชญา	18.—
พุทธธรรม	
ภาษาศาสตร์	25.—
รัฐศาสตร์	20.—
วรรณคดี (พิมพ์ครั้งที่ 2)	28.—
วารสารศาสตร์	25.—

2. ชุดรักเมืองไทย

ก. รักเมืองไทย (รวมเล่ม) เล่ม 1	110.—
ข. รักเมืองไทย (รวมเล่ม) เล่ม 2	60.—
(เฉพาะเล่ม 2 สั่งซื้อได้ที่มูลนิธิโครงการตำรา ฯ)	
ค. รักเมืองไทย (แยกเล่ม)	
ภาคการสาธารณสุขเพื่อมวลชน	24.—
ภาคครอบครัว การศึกษาและอุดมคติ	31.—
ภาคประวัติศาสตร์และการเมือง	47.—
ภาคปรัชญาและการเมืองในวรรณคดี	40.—

หนังสือเล่ม

1. สาขาวิชาภูมิศาสตร์

ภูมิศาสตร์ประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่ 3) สวาท เสนาณรงค์

2. สาขาวิชาประวัติศาสตร์

บทบาททางการเมืองของหนังสือพิมพ์ไทยตั้งแต่เปลี่ยน-
แปลงการปกครอง (2475—2488) พรภิรมณ์ เอี่ยมธรรม 42.—

ประวัติศาสตร์ยุโรป (ค.ศ. 1494—1789) (พิมพ์ครั้งที่ 2)
นิออน สนิทวงศ์ และ นันทา โชติกะพุกะนะ แปล 45.—

ประวัติศาสตร์พม่า เพ็ชรี สุมิตร แปล 38.—

เอเชียตะวันออกยุคใหม่ เล่ม 1 เพ็ชรี สุมิตร แปล 53.—
เล่ม 2 ศรีสุข ทวิชาประสิทธิ์ แปล 60.—
เล่ม 3 กุสุมา สนิทวงศ์ ชัยโชค จุลศิริวงศ์ แปล 57.—
เล่ม 4 กุสุมา สนิทวงศ์ วิสาขา เลห์แมน แปล 42.—

ชนชาติต่าง ๆ ในแหลมอินโดจีน ปัญญา บริสุทธิ์ แปล 42.—

Siam and World War II ดิเรก ชัยนาม แต่ง
เจน คายส์ แปลและบรรณาธิการ 250.—

ประวัติศาสตร์เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ของ ดี. จี. อี. ฮอลล์
ชาญวิทย์ เกษตรศิริ และ อานันท์ กาญจนพันธุ์ บรรณาธิการ เล่ม 1 100.—
เล่ม 2 110.—

ประวัติศาสตร์ไทยสมัย พ.ศ. 2352—2453 ด้านเศรษฐกิจ
ชัย เรืองศิลป์ แต่ง 100.—

3. สาขาวิชารัฐศาสตร์

จิตวิทยาองค์การ สร้อยตระกูล อรรถมานะ แปล 30.—

จักรวรรดินิยมญี่ปุ่นปัจจุบัน เสน่ห์ จามริก แปล 32.—

ทฤษฎีการเมืองตะวันตก เล่ม 1 สมบัติ จันทรวงศ์ แปล 57.—

ทฤษฎีสื่อสารมวลชน เกษม ศิริสัมพันธ์ แปล 20.—

ลักษณะการเมือง สุเทพ อัตถากร แปล 56.—

เอกสารการเมืองการปกครองไทย
ชัยอนันต์ สมุทวณิช และ ขัตติยา กรรณสูต รวบรวม ปกอ่อน 70.—
ปกแข็ง 100.—

4. สาขาวิชาจิตวิทยา

การวัดในการจัดงานบุคคล สวัสดิ์ สุคนธรังษี 40.—

5. สาขาวิชาปรัชญา

ปรัชญา (พิมพ์ครั้งที่ 3) วิทย์ วิศทเวทย์ แปล 15.—
ปรัชญาการเมือง ส.ศิวรักษ์ แปล 35.—
ปรัชญากรีก ปรีชา ช้างขวัญยืน แปล 25.—

6. สาขาวิชาภาษาและวรรณคดี

วิเคราะห์รสวรรณคดีไทย ม.ล.บุญเหลือ เทพยสุวรรณ
ปกอ่อน 40.—
ปกแข็ง 65.—

7. สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์

วิธีเชิงปริมาณสำหรับฝ่ายจัดการ เอกชัย ชัยประเสริฐสิทธิ์ แปล 45.—
เศรษฐศาสตร์มหภาค สุพันธุ์ โตสุนทร แปล เล่ม 1 35.—
เล่ม 2 20.—
เศรษฐศาสตร์ว่าด้วยประเทศด้อยพัฒนา วรวุฒิ หิรัญรักษ์ 39.—

8. สาขาวิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา

วิธีศึกษาสังคมมนุษย์กับตัวแบบสำหรับศึกษาสังคมไทย สนิท สมัครการ แต่ง 18.—
หนังสือข้างต้นสั่งซื้อได้ที่

บริษัทสำนักพิมพ์ ไทยวัฒนาพานิช จำกัด
599 ถนนไมตรีจิต
กรุงเทพมหานคร
และร้านจำหน่ายตำราเรียนทั่วไป

2. หนังสือที่มูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์จัดพิมพ์

หนังสือชุด

รักเมืองไทย (รวมเล่ม) เล่ม 2 60.—

หนังสือเล่ม

1. สาขาวิชาประวัติศาสตร์

การปกครองและการบริหารของไทยสมัยโบราณ
กาญจนี สมเกียรติกุล และ ยุพา ชุมจันทร์ แปล 20.—
ประวัติศาสตร์ญี่ปุ่นสมัยใหม่
ม.ร.ว.ประกายทอง สิริสุข และ พรรณี สรุงบุญมี แปล 30.—

ไทย พม่า ลาว และกัมพูชา
ภรณี กาญจนัษฐิติ และ ชื่นจิตต์ อำไพพรรณ แปล 18.—
(เฉพาะเล่มนี้สั่งซื้อได้จากสำนักพิมพ์ประพันธ์สาส์น สยามสแควซอย 2 กรุงเทพมหานคร)

ประวัติศาสตร์เอเชียตะวันออกเฉียงใต้สมัยใหม่ ภรณี กาญจนัษฐิติ ชื่นจิตต์ อำไพพรรณ แปล 25.—

2. สาขาวิชารัฐศาสตร์

ยูโทเปีย (พิมพ์ครั้งที่ 2) สมบัติ จันทร์วงศ์ แปล 15.—

3. สาขาวิชาภาษาและวรรณคดี

ประวัติการประพันธ์นวนิยายไทย สุวรรณี วราทร 18.—
ครูเทพ (ชุดชีวิตและงาน) ชลธิรา กลัดอยู่ บรรณาธิการ 15.—
นมส. (ชุดชีวิตและงาน) สุวรรณา เกรียงไกรเพ็ชร์ บรรณาธิการ 15.—

4. สาขาสังคมวิทยาและมนุษยวิทยา

สังคมไทยในสมัยต้นรัตนโกสินทร์ พ.ศ. 2325 — 2416
ม.ร.ว. ประกายทอง สิริสุข พรรณี สรุงบุญมี 40.—
(เล่มนี้สั่งซื้อได้จากสำนักพิมพ์ประพันธ์สาส์น)

BARRIERS AND BRIDGES FOR RURAL DEVELOPMENT
NICHOLAS BENNETT 120.—

5. สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์

การเงินและการธนาคารในประเทศไทย พร้อมภาคทฤษฎี
เริงชัย มะระกานนท์ แต่ง 60.—

หนังสือข้างต้นสั่งซื้อได้ที่

มูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์
เลขที่ 413/38 ถนนอรุณอมรินทร์
บางกอกน้อย
กรุงเทพ ฯ 7
และร้านจำหน่ายหนังสือทั่วไป

หนังสือสาขาวิชาต่าง ๆ ที่คาดว่าจะพิมพ์ออกจำหน่ายเร็ว ๆ นี้

สาขาวิชาประวัติศาสตร์

ประวัติศาสตร์การเมืองเวียดนาม
ประวัติศาสตร์อินโดนีเซีย

พิมพ์ที่บริษัทโรงพิมพ์ ไทยวัฒนาพานิช จำกัด 891 ถนนพระราม 1 กรุงเทพมหานคร
นางบุญพริ้ง ต. สุวรรณ ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา พ.ศ. 2523