



ตำรา  
อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น

อกนิษฐ์ ศรีภูธร

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
โครงการตำรามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม  
ประจำปีงบประมาณ 2562



ตำรา

อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น

อกนิษฐ์ ศรีภูธร

วท.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โครงการตำรามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

ประจำปีงบประมาณ 2562

## คำนำ

ตำราเล่มนี้ใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาอุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น (Introductory Meteorology) รหัสวิชา 4052102 ในหมวดวิชาเฉพาะกลุ่มวิชาเอกวิทยาศาสตร์พื้นฐาน หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (5 ปี) (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2558) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างองค์ความรู้ วิทยาศาสตร์พื้นฐานที่มีความเกี่ยวข้องกับลักษณะภูมิอากาศประจำวัน สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการคาดคะเนสภาพอากาศล่วงหน้าได้อย่างถูกต้อง ตระหนักถึงผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์ที่ส่งผลให้สภาพอากาศแปรปรวนรุนแรง ตลอดจนสามารถเตรียมความพร้อม เพื่อการป้องกัน รู้เท่าทันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงเช่นในปัจจุบัน

ตำราอุตุนิยมวิทยาเบื้องต้นเล่มนี้ มีเนื้อหาทั้งสิ้น 9 บท ได้แก่ บทที่ 1 พื้นฐานทางอุตุนิยมวิทยา บทที่ 2 บรรยากาศและเมฆ บทที่ 3 รังสีจากดวงอาทิตย์ บทที่ 4 อุณหภูมิของอากาศ บทที่ 5 ความกดอากาศและลม บทที่ 6 มวลอากาศ แนวปะทะอากาศ และพายุหมุน บทที่ 7 น้ำและความชื้นในบรรยากาศ บทที่ 8 ภูมิอากาศของประเทศไทย และบทที่ 9 การพยากรณ์อากาศ ขอขอบพระคุณบูรพาจารย์ทุกท่าน ผู้รวบรวมศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตุนิยมวิทยาไว้เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน ตลอดจนบุคลากรจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม กำแพงแสน ที่ให้ความอนุเคราะห์ คำปรึกษา อำนวยความสะดวกในการศึกษาดูงาน และแนะนำแหล่งข้อมูลอันเป็นประโยชน์จนก่อให้เกิดเป็นตำราอุตุนิยมวิทยาที่สมบูรณ์

ผู้เขียนหวังใจว่า ตำราอุตุนิยมวิทยาเบื้องต้นเล่มนี้ จะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อนักศึกษาและผู้สนใจทุกคน หากมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับด้วยความยินดี โดยส่งข้อมูลมาที่อีเมล sriputon@hotmail.com เพื่อจะได้นำมาปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศประจำวันให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นไป

อกนิษฐ์ ศรีภูธร

กันยายน 2559

## สารบัญ

	หน้า
คำนำ.....	ก
สารบัญ.....	ข
สารบัญภาพ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
<b>บทที่ 1 พื้นฐานทางอุตุนิยมวิทยา.....</b>	<b>1</b>
1.1 มนุษย์กับอุตุนิยมวิทยา.....	2
1.2 ความหมายอุตุนิยมวิทยา.....	8
1.3 ความเป็นมาของอุตุนิยมวิทยา.....	10
1.4 อุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย.....	14
1.5 ศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตุนิยมวิทยา.....	16
1.6 สารประกอบอุตุนิยมวิทยา.....	18
1.7 คำศัพท์ทางอุตุนิยมวิทยา.....	21
1.8 ประโยชน์ของอุตุนิยมวิทยา.....	37
1.9 บทสรุป.....	41
1.10 คำถามทบทวน.....	43
<b>บทที่ 2 บรรยากาศและเมฆ.....</b>	<b>45</b>
2.1 ความหมายและขอบเขตของบรรยากาศ.....	46
2.2 ส่วนประกอบของอากาศแห้ง.....	48
2.3 ชั้นบรรยากาศ.....	52
2.4 วิกฤตบรรยากาศ.....	63
2.5 เมฆ.....	68
2.6 บทสรุป.....	79
2.7 คำถามทบทวน.....	80
<b>บทที่ 3 รังสีจากดวงอาทิตย์.....</b>	<b>83</b>
3.1 ดวงอาทิตย์กับการหมุนของโลก.....	84

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การถ่ายเทพลังงานความร้อน.....	87
3.3 การแผ่รังสีในบรรยากาศ.....	89
3.4 การตรวจวัดแสงอาทิตย์.....	96
3.5 สมดุลของพลังงานความร้อนในบรรยากาศ.....	101
3.6 บทสรุป.....	104
3.7 คำถามทบทวน.....	105
<b>บทที่ 4 อุณหภูมิของอากาศ.....</b>	<b>109</b>
4.1 เครื่องมือวัดอุณหภูมิของอากาศ.....	110
4.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ.....	116
4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ.....	119
4.4 แผนที่ภูมิอากาศ.....	127
4.5 เกณฑ์อุณหภูมิของอากาศ.....	130
4.6 บทสรุป.....	130
4.7 คำถามทบทวน.....	131
<b>บทที่ 5 ความกดอากาศและลม.....</b>	<b>135</b>
5.1 หน่วยของความกดอากาศ.....	136
5.2 เครื่องมือวัดความกดอากาศ.....	138
5.3 การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศ.....	142
5.4 ระบบความกดอากาศ.....	145
5.5 เขตความกดอากาศของโลก.....	148
5.6 ลม.....	151
5.7 ลมประจำถิ่น.....	156
5.8 การตรวจวัดลมพื้นผิว.....	164
5.9 บทสรุป.....	168
5.10 คำถามทบทวน.....	169

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 6 มวลอากาศ แนวปะทะอากาศ และพายุหมุน.....</b>	<b>173</b>
6.1 มวลอากาศ.....	174
6.2 แนวปะทะอากาศ.....	177
6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวปะทะอากาศ ความกดอากาศ และลม.....	183
6.4 บริเวณแนวปะทะอากาศที่สำคัญ.....	184
6.5 มวลอากาศและแนวปะทะอากาศในประเทศไทย.....	185
6.6 พายุหมุน.....	186
6.7 การเตรียมตัวป้องกันอันตรายจากพายุ.....	195
6.8 บทสรุป.....	197
6.9 คำถามทบทวน.....	199
<b>บทที่ 7 น้ำและความชื้นในบรรยากาศ.....</b>	<b>201</b>
7.1 น้ำในบรรยากาศ.....	202
7.2 ความชื้นในบรรยากาศ.....	206
7.3 เครื่องมือวัดความชื้นในบรรยากาศ.....	210
7.4 ปรากฏการณ์ที่เกิดจากไอน้ำ.....	214
7.5 น้ำฝน.....	216
7.6 การตรวจวัดหยาดน้ำฟ้า.....	218
7.7 ปรากฏการณ์ที่เกิดจากแสง.....	221
7.8 บทสรุป.....	223
7.9 คำถามทบทวน.....	224
<b>บทที่ 8 ภูมิอากาศของประเทศไทย.....</b>	<b>227</b>
8.1 ภูมิประเทศ.....	228
8.2 มรสุม.....	230
8.3 ฤดูกาล.....	232
8.4 อุณหภูมิ.....	234
8.5 ความชื้น.....	235

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
8.6 ความกดอากาศ.....	235
8.7 ฝน.....	235
8.8 การพิจารณาฝนในประเทศไทย.....	237
8.9 พายุฝนฟ้าคะนอง.....	238
8.10 บทสรุป.....	251
8.11 คำถามทบทวน.....	252
<b>บทที่ 9 การพยากรณ์อากาศ.....</b>	<b>255</b>
9.1 แผนที่อากาศ.....	256
9.2 การพยากรณ์อากาศ.....	259
9.3 วิธีการพยากรณ์อากาศ.....	262
9.4 รหัสที่ใช้ในแผนที่อากาศ.....	263
9.5 การวางตำแหน่งของสารประกอบอตุณิยมวิทยา.....	264
9.6 รหัส สัญลักษณ์ และความหมายของสารประกอบอตุณิยมวิทยา สำหรับอากาศที่ผิวพื้น.....	265
9.7 บทสรุป.....	281
9.8 คำถามทบทวน.....	282
<b>บรรณานุกรม.....</b>	<b>285</b>

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1	พัฒนาการของมนุษย์..... 3
1.2	การดำรงชีพของมนุษย์ก่อนประวัติศาสตร์..... 4
1.3	จำนวนผู้อพยพทั่วโลกหนีภัยทางภูมิอากาศ พ.ศ. 2551-2557..... 7
1.4	นายพลเรือเอกพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์..... 14
2.1	ขอบเขตของบรรยากาศ..... 46
2.2	การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์..... 54
2.3	การแบ่งชั้นบรรยากาศตามสมบัติของก๊าซ..... 56
2.4	อิทธิพลของบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่มีต่อการส่งคลื่นวิทยุ..... 58
2.5	การแบ่งชั้นบรรยากาศตามระดับความสูง..... 60
2.6	การแบ่งชั้นบรรยากาศตามเกณฑ์อุณหภูมิตามนิยามวิทยา..... 62
2.7	รุโหว่ไอโซนที่ทวีปแอนตาร์กติกาบริเวณขั้วโลกใต้..... 67
2.8	เมฆคิวมูลัส..... 70
2.9	เมฆคิวโมโลนิมบัส..... 71
2.10	เมฆสเตรตัส..... 71
2.11	เมฆสเตรโตคิวมูลัส..... 72
2.12	เมฆนิมโบสเตรตัส..... 72
2.13	เมฆอัลโตคิวมูลัส..... 73
2.14	เมฆอัลโตสเตรตัส..... 73
2.15	เมฆซีร์โรคิวมูลัส..... 74
2.16	เมฆซีร์โรสเตรตัส..... 74
2.17	เมฆซีร์รัส..... 75
2.18	ตำแหน่งเมฆทั้ง 10 สกุล..... 75
2.19	การหาความสูงของฐานเมฆด้วยวิธีการทางเลขนคณิต..... 78
3.1	ลักษณะของแสงอาทิตย์ที่โลกได้รับ ณ ละติจูดต่าง ๆ..... 84
3.2	การหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์..... 86
3.3	การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน..... 87

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.4 เครื่องมือวัดแสงอาทิตย์แบบลูกแก้ว.....	96
3.5 กระจาดภาพแบบต่าง ๆ ที่ใช้กับเครื่องวัดแสงอาทิตย์แบบลูกแก้ว.....	97
3.6 ไพฮีลิโอมิเตอร์.....	98
3.7 โครงสร้างไพฮีลิโอมิเตอร์.....	98
3.8 ไพราโนมิเตอร์.....	99
3.9 โครงสร้างไพราโนมิเตอร์.....	99
3.10 ไพจีโอมิเตอร์.....	100
3.11 โครงสร้างไพจีโอมิเตอร์.....	100
3.12 ไพเรติโอมิเตอร์.....	101
3.13 โครงสร้างไพเรติโอมิเตอร์.....	101
3.14 ปริมาณการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ บรรยากาศ และพื้นโลก.....	102
3.15 เรือนกระจก.....	103
4.1 เรือนเทอร์โมมิเตอร์.....	110
4.2 เทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดา.....	111
4.3 การเปรียบเทียบระหว่างสเกลเคลวิน เซลเซียส และฟาเรนไฮต์.....	112
4.4 เทอร์โมมิเตอร์แบบสูงสุด-ต่ำสุด.....	113
4.5 เทอร์โมมิเตอร์แบบซิกซ์.....	114
4.6 เทอร์โมกราฟ.....	115
4.7 การปล่อยวิทยุห้วงอากาศ.....	116
4.8 การแบ่งเขตละติจูดของโลก.....	119
4.9 อิทธิพลของกระแสลมต่อกระแสน้ำในมหาสมุทร.....	123
4.10 กระแสน้ำพื้นผิวมหาสมุทร.....	124
4.11 การไหลเวียนของกระแสน้ำลึกในมหาสมุทร.....	125
4.12 เส้นอุณหภูมิต่ำ.....	128
4.13 แผนที่สถิติอุณหภูมิสูงสุดของประเทศไทย.....	129
5.1 ระดับของปรอทที่ความดัน 1 บรรยากาศ.....	136

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับความสูง.....	138
5.3 บารอมิเตอร์แบบฟอร์ดิน.....	139
5.4 บารอมิเตอร์แบบคิ.....	140
5.5 บารอมิเตอร์แบบตลับ.....	141
5.6 บอรรกราฟ.....	142
5.7 ทิศทางการหมุนของบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้.....	145
5.8 ทิศทางการหมุนของบริเวณความกดอากาศต่ำในซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้.....	146
5.9 ร่องความกดอากาศต่ำ.....	147
5.10 เขตความกดอากาศโลก.....	149
5.11 การเคลื่อนที่ของความกดอากาศในแนวราบ.....	151
5.12 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	157
5.13 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.....	158
5.14 ลมบก.....	159
5.15 ลมทะเล.....	160
5.16 ลมหุบเขา.....	160
5.17 ลมภูเขา.....	161
5.18 แอโรแวน.....	165
6.1 มวลอากาศในแต่ละภูมิภาคของโลก.....	175
6.2 สัญลักษณ์แนวปะทะอากาศเย็น.....	178
6.3 แนวปะทะอากาศเย็น.....	178
6.4 สัญลักษณ์แนวปะทะอากาศร้อน.....	179
6.5 แนวปะทะอากาศร้อน.....	179
6.6 สัญลักษณ์แนวปะทะอากาศคงที่.....	180
6.7 แนวปะทะอากาศคงที่.....	181
6.8 สัญลักษณ์แนวปะทะอากาศทับซ้อนกัน.....	181
6.9 แนวปะทะอากาศทับซ้อนกัน.....	182

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6.10 การหักเหของเส้นความกดอากาศเท่าที่แนวปะทะ.....	183
6.11 โครงสร้างพายุหมุนเขตร้อน.....	189
7.1 วัฏจักรของน้ำ.....	203
7.2 กระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ.....	204
7.3 ปริมาณความร้อนในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ.....	205
7.4 ไฮโกรมิเตอร์.....	211
7.5 ไฮโกรกราฟ.....	211
7.6 ไฮโครมิเตอร์.....	212
7.7 ไฮโครมิเตอร์แบบแกว่ง.....	214
7.8 เครื่องวัดฝนแบบธรรมดา.....	218
7.9 แผนที่ปริมาณน้ำฝนสะสมในฤดูฝน.....	220
8.1 การแบ่งภาคทางอุตุนิยมวิทยา.....	228
8.2 สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2561).....	240
8.3 การเคลื่อนที่ของพายุหมุนเขตร้อนช่วงเดือนธันวาคม (พ.ศ. 2494-2561).....	241
9.1 แผนที่อากาศชั้นบนระดับ 925 hPa.....	257
9.2 แผนที่อากาศพื้นผิว.....	258
9.3 สัญลักษณ์ของข้อมูลทางอากาศ.....	264
9.4 ตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของข้อมูลทางอากาศ.....	265
9.5 สัญลักษณ์แสดงจำนวนเมฆทั้งหมดบนท้องฟ้า.....	266
9.6 สัญลักษณ์ของลักษณะอากาศ.....	268
9.7 สัญลักษณ์ของเมฆประเภทต่าง ๆ .....	277

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของอากาศแห้ง.....	48
2.2 อุณหภูมิของบรรยากาศมาตรฐานที่ระดับความสูงต่าง ๆ.....	53
2.3 รายละเอียดและสัญลักษณ์ของเมฆชนิดต่าง ๆ.....	76
2.4 สัญลักษณ์จำนวนเมฆบนท้องฟ้า.....	77
3.1 ช่วงเวลากลางวันเฉพาะในซีกโลกเหนือ.....	85
3.2 ความยาวคลื่นต่าง ๆ ของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า.....	90
3.3 ความยาวคลื่นและความถี่ของแสงสีต่าง ๆ.....	91
3.4 ค่าอัลบีโดของพื้นผิวลักษณะต่าง ๆ.....	94
4.1 อุณหภูมิเฉลี่ยประจำปี ณ ละติจูดต่าง ๆ ในซีกโลกเหนือ.....	121
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูง อุณหภูมิ และความกดอากาศ.....	143
5.2 มาตรฐานแสดงกำลังลม สิ่งที่สังเกตเห็น และสัญลักษณ์ในแผนที่อากาศ.....	167
6.1 ลักษณะมวลอากาศจำแนกตามละติจูดกำเนิด ภาคพื้นกำเนิด และอุณหภูมิ.....	176
6.2 ระดับความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนมาตราของ Saffir-Simson.....	191
6.3 ชื่อพายุหมุนเขตร้อน.....	192
6.4 ชื่อพายุไซโคลน ค.ศ. 2010.....	194
7.1 กรรมวิธีการเปลี่ยนสถานะของน้ำ.....	203
7.2 ความสามารถในการรับปริมาณของไอน้ำของอากาศ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ระดับน้ำทะเล.....	207
7.3 ร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์.....	213
8.1 พายุหมุนเขตร้อนที่มีความรุนแรงพัดผ่านประเทศไทย.....	242

## บทที่ 1

### พื้นฐานทางอุตุนิยมวิทยา

เมื่อกล่าวถึง “อุตุนิยมวิทยา” หลายคนมีความเข้าใจว่า อุตุนิยมวิทยาเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับฤดูกาล และการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศประจำวัน ภาพทางความคิดที่ผุดขึ้นโดยทันทีคือ การรายงานข่าว การพยากรณ์อากาศประจำวันที่มีกพบเห็นทางสถานีโทรทัศน์ อีกทั้งเมื่อครั้งยังเด็กหลายคนมักเคยได้ยินประโยคบอกเล่าจากคนรุ่นเก่าได้กล่าวถึงสภาพอากาศในวันที่ย้อนอบอ้าวไว้ว่า “วันนี้อากาศร้อนอบอ้าว ฝนน่าจะตก” ซึ่งทำให้ทุกคนอุกคิดและเกิดความสนใจระคนสงสัย นำไปสู่การค้นหาคำตอบโดยเฝ้าสังเกตสภาพอากาศในวันนั้น เพื่อพิสูจน์ว่าเป็นความจริงดังที่มีผู้กล่าวไว้หรือไม่ ปรากฏว่าวันนั้นมีฝนตกลงมาจริง ๆ ทำให้ได้ข้อสรุปที่เป็นจริง จากเหตุการณ์ดังที่กล่าวเป็นการทำนายสภาพอากาศล่วงหน้าโดยอาศัยประสบการณ์ส่วนตัวของแต่ละบุคคล ในบางครั้งการทำนายสภาพอากาศประจำวันยังอ้างอิงจากการสังเกตพฤติกรรมของสัตว์ตัวเล็ก ๆ อาทิ การสังเกตเห็นมดกำลังขนไข่ขึ้นที่สูง นั้นเป็นสัญญาณบอกโดยธรรมชาติว่าในเวลาอีกไม่นานฝนจะตก และอาจจะเกิดน้ำท่วมขังในบริเวณดังกล่าวได้

การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศประจำวัน สิ่งสำคัญที่จำเป็นต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจเป็นลำดับแรกคือ ความรู้พื้นฐานทางอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วย ความเป็นมาของสภาพภูมิอากาศนับตั้งแต่กำเนิดโลก เพราะทุกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลกล้วนนับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ล้วนสืบเนื่องและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศประจำวัน ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ดังนั้น เนื้อหาที่จะกล่าวถึงในบทนี้จึงประกอบด้วย องค์ความรู้พื้นฐาน ได้แก่ ทฤษฎีการกำเนิดโลก วิวัฒนาการความสัมพันธ์ของมนุษย์ในแต่ละยุคกับภูมิอากาศหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติ ความหมายของอุตุนิยมวิทยา ความเป็นมาของอุตุนิยมวิทยาตั้งแต่เริ่มมีการจดบันทึกไว้ ประวัติอุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย ศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตุนิยมวิทยา สารประกอบทางอุตุนิยมวิทยา คำศัพท์ทางอุตุนิยมวิทยา และประโยชน์ของอุตุนิยมวิทยาต่อการดำรงชีวิตประจำวัน ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงเหตุผลสำคัญว่าทำไมมนุษย์ถึงต้องศึกษาเกี่ยวกับอุตุนิยมวิทยา

การศึกษาเนื้อหาในบทนี้ จะใช้เป็นพื้นฐานการทำความเข้าใจ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่เนื้อหาในบทอื่นต่อไป องค์ความรู้ที่เกิดจากความเข้าใจในภูมิหลังความเป็นมา จะทำให้เข้าถึงข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาได้ง่ายขึ้น และที่สำคัญจะช่วยให้การรับรู้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยามีความลุ่มลึกยิ่งขึ้น เนื่องจากปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศประจำวันเป็นเรื่องที่ใกล้ตัว ส่งผลกระทบต่อ การดำรงชีวิตทั้งในระดับบุคคล สังคม และประเทศชาติ ตลอดจนทุกพื้นที่ทั่วโลก ความรู้เกี่ยวกับอุตุนิยมวิทยาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการดำเนินชีวิตได้อย่างปลอดภัยและมั่นใจยิ่งขึ้น

## 1.1 มนุษย์กับอุตุนิยมวิทยา

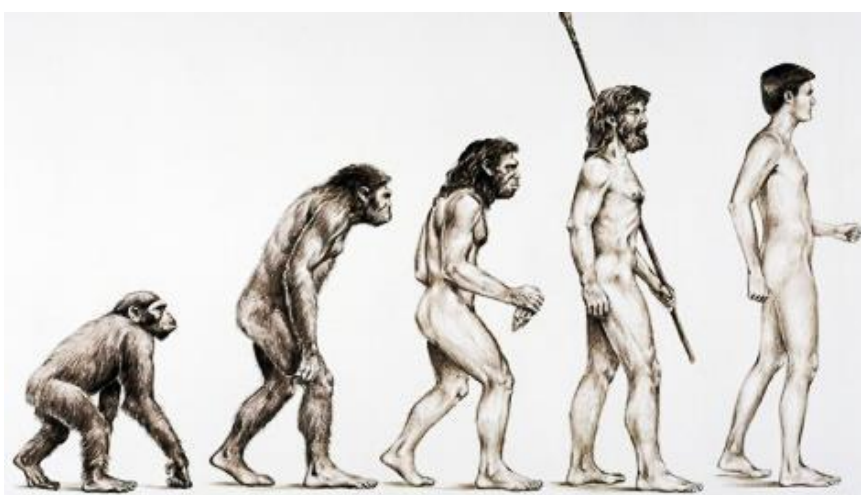
มนุษย์กับอุตุนิยมวิทยามีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันตลอดทั้งวัน นับตั้งแต่ตื่นนอนจนเข้านอน หากจะกล่าวว่ามีชีวิตสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันตลอดช่วงอายุขัยของมนุษย์ก็ไม่ผิด ด้วยภูมิอากาศหรือสภาพอากาศประจำวันมีความสำคัญและส่งผลต่อวิถีชีวิตของมนุษย์โดยไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เมื่อสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงมนุษย์ย่อมมีวิถีชีวิตเปลี่ยนไป ด้วยมนุษย์เป็นตัวการสำคัญทำให้สภาพอากาศเปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์ มนุษย์กับอุตุนิยมวิทยามีความสัมพันธ์กันในลักษณะทั้งเกื้อกูลและทำลายล้าง นับตั้งแต่ยุคแรกกำเนิดมนุษย์ ซึ่งเกิดขึ้นหลังการกำเนิดโลก การทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับอุตุนิยมวิทยาให้มีความละเอียดลึกซึ้งมากขึ้น สิ่งที่ต้องรู้เบื้องต้นคือทฤษฎีการกำเนิดโลก

โลกมีสัณฐานกลมและมีสีน้ำเงินเมื่อมองจากนอกโลก ซึ่งเป็นที่มาของชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ดาวเคราะห์สีน้ำเงิน มนุษย์ทุกคนเกิดมาพร้อมกับข้อสงสัยข้อหนึ่งที่ว่า “โลกกำเนิดขึ้นมาได้อย่างไร?” ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีนักปราชญ์หรือนักวิทยาศาสตร์คนใด สามารถอธิบายหรือไขปริศนาหาข้อเท็จจริงเพื่ออธิบายคำตอบข้อนี้ให้กระจ่างชัดเจนได้ มีเพียงสมมติฐานที่น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับเกี่ยวกับการกำเนิดของระบบสุริยะจักรวาล ซึ่งได้กล่าวไว้ภายใต้ทฤษฎีต้นแบบมาตรฐานที่รู้จักกันทั่วไปคือ “ทฤษฎีบิกแบง” ที่อธิบายถึงการระเบิดครั้งยิ่งใหญ่ในจักรวาล ซึ่งคาดการณ์ว่าเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 15,000 ล้านปีมาแล้ว ทำให้เกิดระบบสุริยะจักรวาลอันเป็นส่วนหนึ่งของดาราจักรที่มีชื่อเรียกว่าทางช้างเผือก ประกอบด้วย ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง ดาวนพเคราะห์ทั้ง 8 ดวง และเทหวัตถุอื่น ๆ หากเปรียบเทียบโดยใช้มวลเป็นเกณฑ์จะเห็นว่า ดวงอาทิตย์นั้นมีขนาดใหญ่ที่สุดและมีมวลถึงร้อยละ 99 ที่เหลือร้อยละ 1 คือ ดาวเคราะห์และเทหวัตถุอื่น ๆ ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างมวล โดยดวงอาทิตย์จะดึงดูดวัตถุทุกชนิดไว้ ทำให้ดาวเคราะห์และเทหวัตถุต่าง ๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์ จากข้อเท็จจริงนี้ทำให้ดวงอาทิตย์ถูกขนานนามว่าเป็นศูนย์กลางของจักรวาล

โลกเป็นดาวเคราะห์ที่มีระยะห่างจากดวงอาทิตย์เป็นลำดับที่สามถัดจากดาวพุธและดาวศุกร์ สันนิษฐานว่าถือกำเนิดขึ้นเมื่อประมาณ 4,500 ล้านปีมาแล้ว และคาดว่าจะมีอายุขัยเหลืออยู่ประมาณ 4,000 ล้านปี โลกเป็นดาวเคราะห์ที่มีความมหัศจรรย์กว่าดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ คือหมุนรอบตัวเองโดยทำมุม 23.5 องศากับระนาบวิถีวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ การหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้เกิดการสั่นที่สม่ำเสมอ และมีผู้อธิบายถึงการสั่นของโลกว่าเอื้อต่อการสร้างตัวของเปลือกโลกส่วนที่เป็นผืนแผ่นดิน ต่อมาเมื่อโลกเริ่มหมุนรอบตัวเองช้าลงและมีอุณหภูมิลดลง ก่อเกิดไอน้ำขึ้นและบรรยากาศห่อหุ้มโลก เมื่อทุกปัจจัยเอื้อสู่ภาวะสมดุลจึงได้ก่อเกิดสรรพชีวิตขึ้นมาตามลำดับ สิ่งมีชีวิตจะดำรงชีพอยู่บนโลกใบนี้ได้ต้องอาศัยปัจจัยที่ทำให้เกิดสภาวะสมดุล สภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ ภูมิอากาศที่ผันแปรตลอดเวลา ได้ส่งผลต่อการมีชีวิตรอดของสิ่งมีชีวิต ต้องมีการปรับตัวไม่ให้เกิดการสูญสิ้นเผ่าพันธุ์

การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในอดีตมีความเกี่ยวข้องกับอุตุนิยมวิทยาโดยเฉพาะสภาพภูมิอากาศอย่างไรนั้น มีหลักฐานยืนยันชัดเจนคือสิ่งมีชีวิตดึกดำบรรพ์ที่รู้จักกันในนามไดโนเสาร์สัตว์โลกล้านปีที่เคยครองโลกในยุคก่อนหน้าที่มวลมนุษยชาติจะเป็นผู้ยึดครอง จากการค้นพบข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาอ้างอิง และสนับสนุนข้อสรุปถึงสาเหตุของการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์ ทำให้มีความรู้และความเชื่อที่ว่า ไดโนเสาร์คือสิ่งมีชีวิตที่เคยอาศัยอยู่บนโลกมาก่อน และสูญพันธุ์ไปเมื่อประมาณ 65 ล้านปีที่ผ่านมา เมื่อครั้งที่มีอุกกาบาตขนาดใหญ่พุ่งชนโลก ทำให้เกิดฝุ่นผงมหาศาลฟุ้งกระจายปกคลุมไปทั่วชั้นบรรยากาศ บดบังโลกจากแสงอาทิตย์เป็นระยะเวลายาวนานกว่าสามปี ทำให้อุณหภูมิของโลกลดลง ส่งผลกระทบต่อพืชซึ่งไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ห่วงโซ่อาหารถูกตัดขาด พืชและสัตว์รวมถึงไดโนเสาร์ค่อย ๆ ล้มตายและสูญพันธุ์ไปในที่สุด ทำให้เกิดข้อสรุปตามมาว่าสาเหตุที่ทำให้สิ่งมีชีวิตสูญพันธุ์ส่วนหนึ่งนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก

จากการยืนยันทางประวัติศาสตร์ สิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่ถือกำเนิดขึ้นบนโลกนั้นสืบสายพันธุ์มาจากบรรพบุรุษเดียวกัน มนุษย์ได้ถือกำเนิดขึ้นเมื่อประมาณ 3 ล้านถึง 10,000 ปีก่อน วิวัฒนาการของมนุษย์มีความต่อเนื่องและยาวนาน เมื่อครั้งที่โลกมีอุณหภูมิลดลงอย่างฉับพลัน เกิดฝนตกน้อยลง สัตว์ที่มีลักษณะคล้ายลิงที่เชื่อว่าเป็นบรรพบุรุษของมนุษย์ที่อาศัยอยู่แถบทวีปแอฟริกาต้องเผชิญกับสภาพความแห้งแล้ง ต้นไม้ที่เคยเป็นที่อยู่อาศัยเริ่มแห้งเหี่ยวล้มตายทำให้ไร้ที่อยู่ เสี่ยงต่อการถูกไล่ล่าและสูญพันธุ์ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตเกิดการพัฒนากำเนิดขึ้นเพื่อการมีชีวิตรอด โดยเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางกายภาพ ลำตัวเหยียดตรงซึ่งมีผลต่อการทรงตัวและการเดิน เริ่มเปลี่ยนพฤติกรรมจากการเดินสี่ขาเป็นการเดินสองขา ซึ่งทำให้เดินได้ในระยะทางที่ไกลขึ้น ผลของการเดินสองขาทำให้มีมือเพิ่มขึ้นสองมือ ซึ่งใช้ในการหยิบหิวอาหาร การตะกอนอุ้งลูก อีกทั้งมีขนาดสมองที่ใหญ่ขึ้น นั่นหมายถึงมีความฉลาดมากขึ้น ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 วิวัฒนาการของมนุษย์  
ที่มา Ancient Knowledge, 2015

มนุษย์ในยุคแรกดำรงชีพด้วยการหาอาหารแบบวิธีการไล่ล่าและหาเก็บ เมื่ออาหารในแหล่งอาศัยเริ่มขาดแคลนก็จะอพยพย้ายถิ่นฐานไปเรื่อย ๆ ลักษณะการดำรงชีพแบบนี้ทำให้เกิดพัฒนาการทั้งทางด้านร่างกายและสติปัญญาควบคู่กัน เกิดการเรียนรู้วิธีการไล่ล่า การคิดประดิษฐ์เครื่องมือในการล่าสัตว์ มนุษย์เริ่มรู้จักการตั้งถิ่นฐานใกล้กับแหล่งน้ำ รู้จักสังเกตพฤติกรรมของสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหารทำให้รู้ว่าพืชชนิดใดที่กินได้หรือกินไม่ได้และเป็นพืชที่ขึ้นอยู่ในสถานที่ที่มีสภาพแวดล้อมอย่างไร เมื่อเวลาผ่านไป มนุษย์เริ่มรู้จักวิธีการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหาร และเรียนรู้การใช้ประโยชน์จากธรรมชาติมากขึ้น ดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 การดำรงชีพของมนุษย์ก่อนประวัติศาสตร์

ที่มา Kaitlyn Pham, n.d.

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อมนุษย์ ดังช่วงปลายของยุคน้ำแข็งมนุษย์ได้มีการอพยพย้ายถิ่นฐาน ขณะที่ระดับน้ำทะเลลดลงได้เดินทางข้ามทวีปจากทวีปเอเชียไปยังทวีปอเมริกาและเกาะต่าง ๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิก หลังจากนั้นก็มีการอพยพเคลื่อนย้ายถิ่นฐานกันอย่างต่อเนื่อง การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์เริ่มเป็นหลักแหล่งขยายลึกเข้าไปในผืนแผ่นดิน และอยู่ห่างจากแหล่งน้ำมากขึ้น จึงต้องอาศัยน้ำฝนในการอุปโภคบริโภคและใช้ในการเพาะปลูก การสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติทำให้รู้ว่าช่วงเวลาใดฝนจะตก เมื่อใดจะเกิดความแห้งแล้ง และอากาศจะร้อนขึ้นหรือหนาวเย็นลงช่วงไหน ทำให้มนุษย์รู้จักการเพาะปลูกให้เหมาะสมกับฤดูกาล และเตรียมอาหารไว้ในยามขาดแคลน

ในยุคแรกที่มนุษย์เริ่มสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติ มนุษย์มีความเชื่อว่าปรากฏการณ์ต่าง ๆ นั้นเกิดจากอำนาจของเทพเจ้า เชื่อว่าเทพเจ้าสถิตอยู่ในทุกแห่ง ได้แก่ ท้องฟ้า ภูเขา แม่น้ำ หรือสายลม เทพเจ้าจึงกลายเป็นศูนย์กลางทางความเชื่อที่ส่งผลต่อการกระทำและการดำรงชีวิต หากทำให้เทพเจ้า

พึงพอใจ เทพเจ้าก็จะบันดาลให้เกิดสิ่งดี ๆ แก่มนุษย์ ได้แก่ ฝนตกตามฤดูกาล พืชพันธุ์ธัญญาหารอุดมสมบูรณ์ แต่ในทางตรงกันข้ามหากทำให้เทพเจ้าพิโรธก็จะบันดาลให้เกิดภัยพิบัติ ภัยแล้ง มหาเวทภัย อุทกภัย ทุพภิกขภัย แผ่นดินไหว หรือการระบาดของโรคภัยไข้เจ็บ การเกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เลวร้าย ทำให้มนุษย์เกิดความหวาดกลัวในอำนาจเหนือธรรมชาติ จึงพยายามหาวิธีที่จะทำให้เทพเจ้าพึงพอใจ โดยการเซ่นไหว้ บวงสรวง หรือสังเวยด้วยสิ่งมีชีวิตทั้งมนุษย์และสัตว์ พร้อมการกราบไหว้บูชาด้วยดอกไม้ ธูปเทียน การเผาเครื่องหอมให้ควันไฟลอยขึ้นสู่ท้องฟ้าเป็นเสมือนสัญญาณแห่งความศรัทธา

ในยุคกรีกโบราณก่อนคริสต์ศตวรรษ นักปราชญ์ผู้มีชื่อว่า “อริสโตเติล” ได้ศึกษาระเบียบแห่งจักรวาล ทำการศึกษาปัญหาต่าง ๆ ในธรรมชาติอย่างมีระบบ มีแนวคิดว่าธรรมชาติมีกฎเกณฑ์ในตัวเอง ไม่มีสิ่งใดเปลี่ยนแปลงกฎของธรรมชาติได้ ซึ่งเป็นที่มาของแนวคิดปรัชญาธรรมชาตินิยม (naturalism) ซึ่งอยู่ระหว่างสสารนิยม (materialism) ที่เชื่อว่าสสารและปรากฏการณ์ของสสารเท่านั้นเป็นความจริง จิตเป็นเพียงปรากฏการณ์ของสสาร ดังนั้นสรรพสิ่งในโลกล้วนเป็นสสาร และจิตนิยม (idealism) ที่เชื่อว่าจิตเท่านั้นเป็นความจริงแท้ สสารเป็นเพียงปรากฏการณ์ของจิตเท่านั้น ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิชาการ นำไปสู่ความเชื่อในหลักของเหตุและผล ในยุคนี้ความเข้าใจกฎเกณฑ์ธรรมชาติเป็นเพียงการใช้เหตุผลทางตรรกวิทยาเป็นส่วนใหญ่ ยังไม่มีการทดลองเพื่อพิสูจน์ความจริงในเชิงวิทยาศาสตร์

ศตวรรษที่ 13-16 (พ.ศ. 1201-1600) ยุคฟื้นฟูศิลปวิทยา (renaissance) เป็นช่วงเวลาแห่งความก้าวหน้าทางสติปัญญาและศิลปะวิทยาการแบบใหม่ นักปราชญ์เริ่มรู้จักการสังเกตและพยายามอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ เริ่มมีการลงมือค้นคว้าทดลองด้วยตัวเอง ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ ในยุคนี้มีการประดิษฐ์เครื่องพิมพ์ซึ่งช่วยให้วิทยาการด้านต่าง ๆ ที่ค้นพบแพร่หลายได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งพิสูจน์ได้ว่าโลกกลมโดยการเดินเรือของ คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส และเฟอร์ดินานด์ มาเจลลัน ได้ออกเดินเรือรอบโลกเป็นผลสำเร็จ และในยุคนี้ได้ยกย่องให้ เลโอนาร์โด ดา วินชี เป็นอัจฉริยะแห่งจักรวาล และเป็นผู้นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแสวงหาความรู้

ศตวรรษที่ 17-18 (พ.ศ. 1601-1800) ยุคการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์ (scientific revolution) ความจริงในยุคนี้มีลักษณะเป็นแบบอุปนัย วิธีการให้เหตุผลโดยอาศัยข้อเท็จจริงหรือข้อมูลต่าง ๆ แล้วสรุปเป็นกฎ ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญเริ่มจากอธิบายว่า ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของจักรวาลโดย นิโคเลาส์ โคเปอร์นิคัส การค้นพบกฎการโคจรของดาวเคราะห์โดย โยฮันเนส เคปเลอร์ การค้นพบกฎการเคลื่อนที่ของเทวดลบนพื้นโลก และการค้นพบเทวดลใหม่ในจักรวาลโดย กาลิเลโอ กาลิเลอี การศึกษาความกดอากาศโดย เอวันเยลิสตา ตอร์ริเชลลี กฎแห่งความโน้มถ่วง กฎการเคลื่อนที่ และวิชาแคลคูลัส โดย เซอร์ไอแซก นิวตัน จะเห็นว่าในยุคนี้กฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ถูกค้นพบมากมายรวมถึงเครื่องมือตรวจสอบสภาพอากาศ และในยุคนี้ได้เกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรม (industrial revolution) ขึ้น ซึ่งถือว่าเป็นจุดเปลี่ยนครั้งสำคัญของประวัติศาสตร์โลก

ปลายศตวรรษที่ 19 (พ.ศ. 1801-1900) ด สิ่งประดิษฐ์และเครื่องจักรกลต่าง ๆ ถูกนำมาใช้ในเชิงอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การทำเหมืองแร่ การสื่อสาร และการคมนาคมขนส่ง สิ่งเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์ทำให้สะดวกสบายมากขึ้น ความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีสามารถย่อโลกที่กว้างใหญ่ให้เล็กลง ดังสภาพความเป็นอยู่ในยุคโลกาภิวัตน์ ซึ่งเป็นการปฏิวัติทางด้านข้อมูลสารสนเทศ (information revolution)

ปลายศตวรรษที่ 20 (พ.ศ. 1901-2000) มนุษย์สามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้รวดเร็วเพียงแค่ปลายนิ้วสัมผัส และทุกข้อสงสัยเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ถูกคลี่คลายและมีคำตอบ

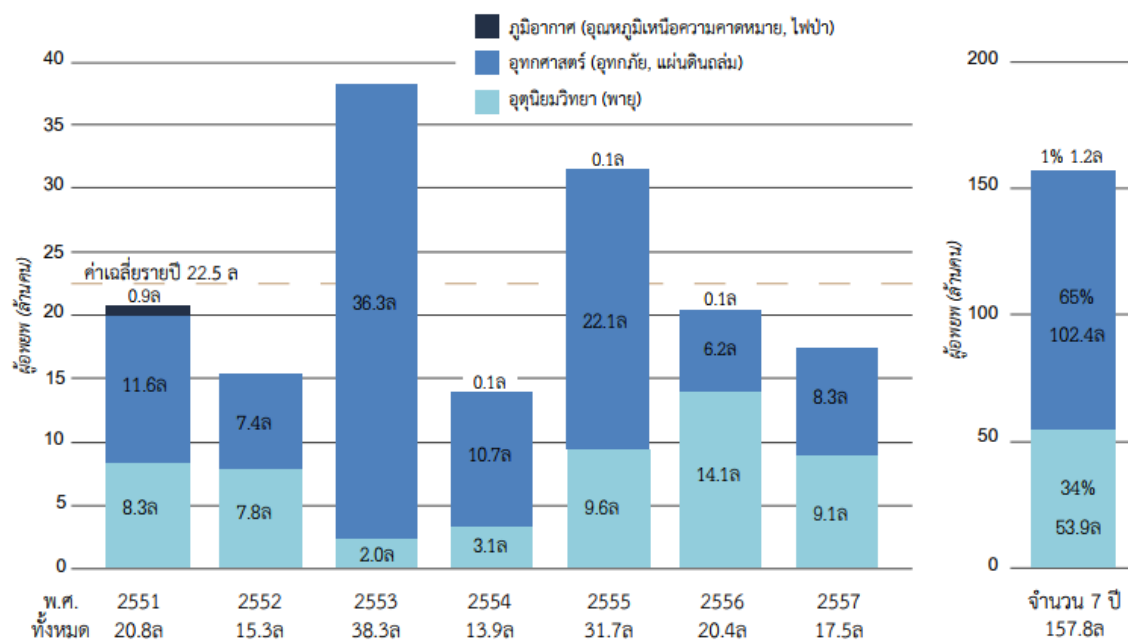
โลกในศตวรรษที่ 21 (พ.ศ. 2001-ปัจจุบัน) ยุคที่ปรากฏผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์ ปัญหาสิ่งแวดล้อมกำลังเข้าสู่ภาวะวิกฤต ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกโดยตรง สืบเนื่องจากการเกิดสภาวะอากาศรุนแรงผิดปกติ โดยเฉพาะอุณหภูมิของโลกที่กำลังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ซึ่งมีสาเหตุมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนับตั้งแต่มีการปฏิวัติอุตสาหกรรม เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นถึงสองเท่า ในเดือนตุลาคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2558 ที่ผ่านมาเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิของอากาศร้อนที่สุดในหลายพื้นที่ทั่วโลก จนมีการบันทึกไว้เป็นสถิติอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นมากกว่าค่าปกติ 0.74 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ส่งผลต่อการเกิดคลื่นความร้อน ภัยแล้ง รูปแบบของฝนในแต่ละฤดูกาล เกิดฝนตกหนักและน้ำท่วม

การประชุมระหว่างรัฐบาล ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 21 ณ กรุงปารีส ประเทศสาธารณรัฐฝรั่งเศส ในปี พ.ศ. 2558 ได้กำหนดข้อตกลงร่วมกันให้ทุกประเทศจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกไม่ให้เกิน 2 องศาเซลเซียส เทียบกับก่อนยุคอุตสาหกรรมและจำกัดการเพิ่มขึ้นให้ได้ที่ระดับ 1.5 องศาเซลเซียส ถ้าไม่มีการควบคุมดังกล่าว อาจมีความเป็นไปได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มขึ้น 3 เท่าในปี พ.ศ. 2643

ปัจจุบันมนุษย์กับอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันไม่ใช่เพียงแค่มีความรู้ ความเข้าใจ และอธิบายสภาพอากาศประจำวันได้เท่านั้น แต่ต้องมีมุมมองที่ยาวไกลไปถึงผลกระทบที่เกิดจากการกระทำในอดีตเกี่ยวเนื่องถึงปัจจุบันและนำไปสู่อนาคตทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ซึ่งเริ่มปรากฏให้เห็นชัดเจนขึ้น และส่งผลกระทบต่อวิถีการดำรงชีวิตประจำวันอย่างคาดไม่ถึง ดังการอพยพย้ายถิ่นในปัจจุบันที่มีความแตกต่างจากสมัยก่อนซึ่งเป็นการอพยพเนื่องจากภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง การอพยพหนีภัยธรรมชาติเกิดขึ้นบนพื้นที่อาศัยของมนุษย์ทั่วโลก ประชากรโลกหลายล้านคนได้รับผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศรุนแรงจนต้องย้ายถิ่นฐานเป็นประจำทุกปี

ศูนย์วิเคราะห์และติดตามการอพยพหนีภัย (Internal Displacement Monitoring Centre: IDMC) ได้ประมาณการไว้ว่าระหว่างปี พ.ศ. 2551-2557 ที่ผ่านมามีประชากรเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 22.5 ล้านคน

ต่อปี อพยพย้ายถิ่นเนื่องจากผลกระทบโดยตรงจากภัยธรรมชาติ เช่น อุทกภัย ดินถล่ม พายุ ไฟป่า รวมทั้ง อุณหภูมิสูงขึ้นหรือลดต่ำลงเหนือความคาดหมาย ดังภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.3 จำนวนผู้อพยพทั่วโลกหนีภัยทางภูมิอากาศ พ.ศ. 2551-2557

ที่มา อัจฉางค์เดช โพธิ์คำ, 2559, หน้า 27

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า การอพยพย้ายถิ่นฐานของประชากรโลกตลอดเวลา 7 ปี เกิดจาก 3 สาเหตุ คือ อุตุนิยมวิทยา (พายุ) จำนวนผู้อพยพ 53.9 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 34 อุทกวิทยา (อุทกภัย และแผ่นดินถล่ม) จำนวนผู้อพยพกว่า 102.4 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 65 และภูมิอากาศ (อุณหภูมิเหนือความคาดหมายและไฟป่า) จำนวนผู้อพยพ 1.2 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 1

องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization: WHO) ได้แถลงการณ์ ภูมิอากาศโลกในช่วงปี พ.ศ. 2554-2558 มีอุณหภูมิสูงขึ้นในหลายพื้นที่ทั่วโลก ภัยแล้งยืดเยื้อเป็นเวลานาน ส่งผลร้ายแรงเกิดวิกฤตในหลายประเทศ ในปี 2554 ประเทศไทยเกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่ ประเทศโซมาเลียที่ตั้งอยู่ในคาบสมุทรโซมาลีเกิดภาวะขาดแคลนอาหารอย่างรุนแรง ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2554 ถึงต้นปี พ.ศ. 2555 มีผู้คนประมาณ 250,000 คนที่ต้องจบชีวิตเพราะความหิวโหย ในปี พ.ศ.2556 ช่วงเดือนมิถุนายนเกิดอุทกภัยและดินถล่มทางตอนล่างของเทือกเขาหิมาลัยหรือทางตอนเหนือของอินเดียทำให้มีผู้เสียชีวิตและสูญหายกว่า 5,800 คน เดือนพฤศจิกายนปีเดียวกัน ซูบเปอร์ไต้ฝุ่นโยลันดาที่มีความรุนแรงมากที่สุดได้พัดถล่มประเทศฟิลิปปินส์ทำให้มีผู้เสียชีวิตถึง 7,800 คน อีกทั้งยังเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ในปี พ.ศ. 2558 ได้นำพายุแล้งมาสู่ประเทศอินโดนีเซียทำให้เกิดไฟป่าขึ้นบ่อยครั้ง ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถนำมาเป็นข้อมูลสนับสนุนได้ว่า อุตุนิยมวิทยามีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มากเพียงใด การทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะสภาพภูมิอากาศประจำวันซึ่งเป็นเรื่องที่ใกล้ตัว จะทำให้ทราบข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับแนวโน้มสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงได้ในอนาคตทั้งในระยะเวลายันสั้นและยาว ทำให้มีความพร้อมรับมือกับปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ และที่สำคัญสามารถใช้ชีวิตอยู่ท่ามกลางการผันแปรและการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศได้อย่างปกติสุข

## 1.2 ความหมายอุตุนิยมวิทยา

อุตุนิยมวิทยา ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า “meteorology” ซึ่งประกอบด้วยคำสองคำได้แก่ “meteoron” มีความหมายว่า “อากาศหรือบรรยากาศ” กับคำว่า “logia” มีความหมายว่า “กล่าวถึงหรือพูดถึง” ซึ่งทั้งสองคำมีรากศัพท์มาจากภาษากรีก

อุตุนิยมวิทยาในภาษาไทยแบ่งออกเป็นสามคำได้แก่ “อุต” มีรากศัพท์มาจากภาษาสันสกฤตมีความหมายว่า “ฤดู” คำที่สองคือ “นิม” มีรากศัพท์มาจากภาษาบาลี มีความหมายว่า “จำกัดความหรือกำหนด” และคำที่สามคือ “วิทยา” เป็นคำไทยมีความหมายว่า “ความรู้หรือวิชาการ” เมื่อนำทั้งสามคำมารวมเข้าด้วยกัน แปลความหมายได้ว่า “วิชาที่กำหนดฤดูกาล” นอกจากนี้ ยังมีองค์กรและนักวิชาการหลายท่านได้กำหนดความหมายของอุตุนิยมวิทยาไว้ดังต่อไปนี้

สารานุกรม บริตานิกา ให้ความหมายไว้ว่า วิชาวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์บรรยากาศ โดยเฉพาะบรรยากาศที่ต่ำกว่าชั้นโทรโพสเฟียร์และสตราโตสเฟียร์ อุตุนิยมวิทยานำมาซึ่งการศึกษาสาเหตุของสภาพอากาศอย่างเป็นระบบ และเป็นพื้นฐานสำหรับการพยากรณ์อากาศ (Encyclopedia Britannica, 2018)

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2559) ให้ความหมายไว้ว่า การศึกษาวิทยาศาสตร์ว่าด้วยบรรยากาศของโลก โดยเน้นการพยากรณ์อากาศและกระบวนการของสภาพอากาศ ปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยาเป็นเหตุการณ์เกี่ยวกับสภาพอากาศที่สังเกตได้ ให้ความกระจ่าง และอธิบายด้วยศาสตร์แห่งอุตุนิยมวิทยาที่เกิดจากความแปรผันที่มีอยู่ในบรรยากาศของโลก ได้แก่ อุณหภูมิ ความกดอากาศ ไอน้ำ และองค์ประกอบต่าง ๆ และปฏิกิริยาของตัวแปรต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน ประเด็นหลักของการศึกษาและการสังเกตเกี่ยวกับสภาพอากาศของโลกอยู่ที่ชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์

กรมอุตุนิยมวิทยา (ม.ป.ป.) ให้ความหมายไว้ว่า วิชาที่กล่าวถึงเรื่องราวของบรรยากาศ ความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศกับพื้นโลก มหาสมุทร และสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป เกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ จุดมุ่งหมายของวิชานี้อยู่ที่การศึกษาให้เข้าใจในเรื่องราวของบรรยากาศ การพยากรณ์อากาศให้เป็นไปโดยสมบูรณ์ถูกต้องและแม่นยำ

ประสาธ ขนสุต (2535, หน้า 2) ให้ความหมายไว้ว่า การศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศที่เรียกว่าลมฟ้าอากาศ มีผลกระทบต่อชีวิตประจำวันและความเป็นอยู่ของมนุษย์ ลมฟ้าอากาศในที่นี้หมายถึง อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ เมฆ ลม หยาดน้ำฟ้า และทัศนวิสัย

สมพงษ์ มนะสุทธิ (2535, หน้า 1) ให้ความหมายไว้ว่า วิทยาศาสตร์หรือฟิสิกส์ของบรรยากาศและปรากฏการณ์ซึ่งเราเรียกว่า “weather” หรือ “กาลอากาศ”

สมรดี พิภพผลงามและคณะ (2538, หน้า 393) ให้ความหมายไว้ว่า วิทยาศาสตร์แห่งธรรมชาติแขนงหนึ่งที่ว่าด้วยเรื่องราวของบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก

บุปผชาติ เรื่องสุวรรณ (2542, หน้า 1) ให้ความหมายไว้ว่า เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ของอากาศ เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการดำรงชีวิต ตลอดจนความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลก

สุวพันธุ์ นิลาชน (2543, หน้า 1) ให้ความหมายไว้ว่า วิทยาศาสตร์ของบรรยากาศและปรากฏการณ์ธรรมชาติ เรียกว่าลมฟ้าอากาศ มีหลายแบบและเกี่ยวข้องกับกิจการต่าง ๆ ของมนุษย์

รุจิราพรรณ รุ่งรอด (2543, หน้า 7) ให้ความหมายไว้ว่า วิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเรื่องราวของบรรยากาศโลกที่เกี่ยวกับสถานะทางกายภาพ ทางไดนามิก ทางเคมี ตลอดจนปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นของอากาศ โดยอาศัยความรู้ทางวิชาฟิสิกส์ การคำนวณ และข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในระดับต่าง ๆ ทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อากาศผิวพื้น อากาศชั้นบน ภาพถ่ายเรดาร์ ภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น

รังสรรค์ อาภาศพะกุล (2547, หน้า 6) ให้ความหมายวิทยาไว้ว่า “อุตุนิยมวิทยา” เป็นภาษาสันสกฤต แปลว่าฤดู รวมกับ “นิยม” เป็นภาษาบาลี แปลว่ากำหนด และ “วิทยา” แปลว่าวิชาการหรือความรู้ ดังนั้น คำว่า “อุตุนิยมวิทยา” แปลรวมความหมายว่า วิชาการหรือความรู้ของการกำหนดฤดูกาล

ครรภพัชร ว่องอนุกุล (2548, หน้า 2) ให้ความหมายไว้ว่า วิทยาศาสตร์กายภาพที่มีทั้งเคมีและพลวัตของอากาศ เป็นการรวมวิชาฟิสิกส์และวิชาภูมิศาสตร์เข้าด้วยกัน วิทยาศาสตร์ของบรรยากาศและปรากฏการณ์ของอากาศที่เรียกว่าลมฟ้าอากาศ เช่น ฝน ลม พายุ ฯลฯ ซึ่งแปรปรวนเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาทั้งช้าและเร็ว เกี่ยวข้องกับมนุษย์ สิ่งมีชีวิต พืช และต้นไม้ มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับกิจกรรมทั้งหมดของเราทั้งในด้านการคมนาคม ขนส่ง เกษตร และสภาวะแวดล้อมอื่น ๆ

จากความหมายของอุตุนิยมวิทยาข้างต้นสรุปได้ว่า อุตุนิยมวิทยา หมายถึง วิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติที่ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องราวของบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศประจำวัน โดยอาศัยความรู้ทางวิชาฟิสิกส์ การคำนวณ และข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ เมฆ ลม หยาดน้ำฟ้า และทัศนวิสัย เพื่อการพยากรณ์อากาศให้เป็นไปโดยสมบูรณ์ถูกต้องและแม่นยำ อันส่งผลกระทบต่อชีวิตและกิจการต่าง ๆ ของมนุษย์

### 1.3 ความเป็นมาของอุตุนิยมวิทยา

การศึกษาสภาพอากาศเกิดขึ้นเป็นเวลานานมาแล้ว จากการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติแต่ยังไม่มียุคที่ชัดเจนว่าวิชาอุตุนิยมวิทยาเริ่มต้นขึ้นเมื่อใด ในยุคกรีกโบราณก่อนคริสต์ศักราช อริสโตเติลได้เขียนตำราชื่อ “meteorologica” เนื้อหาหนึ่งในสามส่วนได้กล่าวถึงเรื่องราวเกี่ยวกับกาลอากาศและภูมิอากาศ โดยเชื่อว่าปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมาจากอันตรกิริยาซึ่งกันและกันของธาตุดิน น้ำ ลม และไฟ ได้แก่ ปรากฏการณ์ความร้อนตรงข้ามกับความหนาวเย็น ความแห้งแล้งตรงข้ามกับความชื้น และได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุทั้งสี่ที่มีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร นอกจากนี้ ยังมีความเชื่อว่าลมเกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศ ลมที่พัดมาจากทิศตะวันออกเป็นลมร้อน เพราะเป็นทิศที่ดวงอาทิตย์ขึ้น ส่วนลมที่พัดมาจากทางทิศตะวันตกจะเป็นลมเย็น เป็นต้น ทีโอพราตัส ศิษย์ของอริสโตเติล ได้เขียนหนังสือที่ชื่อ “Book of Signs” เนื้อหาประกอบด้วย วิธีการพยากรณ์อากาศโดยการสังเกตปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์อากาศ เช่น ท้องฟ้าสีแดงในตอนเช้าวันนั้นมักจะเกิดฝนตก ซึ่งหนังสือทั้งสองเล่มนี้มีอิทธิพลต่อการพยากรณ์อากาศตลอดระยะเวลากว่า 2,000 ปี

มนุษย์ในยุคโบราณรู้จักทำนายลักษณะลมฟ้าอากาศโดยอาศัยประสบการณ์จากการสังเกตท้องฟ้าหรือเมฆชนิดต่าง ๆ ทิศทางของลมที่พัดผ่าน และปริมาณฝนที่เคยตกมาแล้วในอดีต มีการบันทึกไว้ว่า ในยุคนั้นเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนและครลมได้ถูกประดิษฐ์คิดค้นขึ้นแล้วในอินเดีย หลังจากศตวรรษที่ 15 (พ.ศ. 1400-1500) มนุษย์เริ่มเข้าใจและให้ความสำคัญเกี่ยวกับอุตุนิยมวิทยา แต่ความก้าวหน้าของอุตุนิยมวิทยายังไม่ก้าวไกลเท่าใดนัก ในช่วงกลางยุคฟื้นฟูศิลปวิทยายังคงยึดหลักการของ อริสโตเติลเป็นส่วนใหญ่ อีกทั้งได้สร้างเครื่องมือชนิดต่าง ๆ ขึ้น เพื่อตรวจวัดลักษณะลมฟ้าอากาศ ดังการค้นพบและการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องมือต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามลำดับช่วงเวลาดังต่อไปนี้

พ.ศ. 2035 คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส นักเดินเรือชาวสาธารณรัฐเจนัว ได้ทำการบันทึกความเร็วของลมประจำถิ่นของซีกโลกเหนือขณะเดินเรือเพื่อแสวงหาโลกใหม่ ซึ่งในช่วงเวลานั้นอริสโตเติลก็ได้บันทึกลมประจำถิ่นนี้ไว้ว่าเป็นลมสินค้า

พ.ศ. 2133 กาลิเลโอ กาลิเลอี นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี ได้ประดิษฐ์เครื่องมือวัดระดับความร้อนหนาวของอากาศขึ้นเป็นครั้งแรก เรียกเครื่องมือชิ้นนี้ว่า เทอร์โมมิเตอร์

พ.ศ. 2186 เอวันเยลิสตา ตอร์รีเซลลี นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี ได้ประดิษฐ์บารอมิเตอร์ขึ้นเพื่อวัดความกดของบรรยากาศ จากข้อสันนิษฐานว่า มีแนวความกดอากาศอยู่ด้านบนกดลงมาตลอดเวลา แต่ตอร์รีเซลลีเสียชีวิตก่อนที่จะได้ทดสอบสมมติฐานดังกล่าวว่าถูกต้องหรือไม่

พ.ศ. 2187 โรเบิร์ต บอยล์ นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ผู้คิดค้นกฎของบอยล์ ซึ่งถือว่าเป็นการค้นพบกฎความสัมพันธ์ของความกดอากาศ

พ.ศ. 2210 โรเบิร์ต ฮุก นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ประดิษฐ์เครื่องวัดความเร็วลม

พ.ศ. 2229 เอ็ดมันด์ แฮลลีย์ นายแพทย์ชาวอังกฤษ นักดาราศาสตร์ นักคณิตศาสตร์ และ นักวิชาการฝนดาวตก ได้เสนอทฤษฎีการเคลื่อนตัวของลมค้า

พ.ศ. 2252 แดเนี่ยล ฟาเรนไฮท์ นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ผู้ประดิษฐ์เทอร์โมมิเตอร์แบบ แอลกอฮอล์และแบบปรอท ได้เสนอหน่วยวัดอุณหภูมิเป็น “ฟาเรนไฮต์” ซึ่งมีจุดเยือกแข็งอยู่ที่ 32 องศาฟาเรนไฮต์ และมีจุดเดือดอยู่ที่ 212 องศาฟาเรนไฮต์

พ.ศ. 2252 อันเดอร์ส เซลเซียส นักดาราศาสตร์ชาวสวีเดน ได้พัฒนาหน่วยวัดอุณหภูมิโดยใช้ชื่อว่า “เซลเซียส” ซึ่งมีจุดเยือกแข็งที่ 0 องศาเซลเซียส และจุดเดือดอยู่ที่ 100 องศาเซลเซียส

พ.ศ. 2278 จอร์จ แฮดเลย์ ชาววิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ เสนอแบบจำลองการหมุนเวียนทั่วไปของบรรยากาศ ที่เกิดจากการยกตัวขึ้นของมวลอากาศร้อนบริเวณศูนย์สูตร และการไหลเข้าแทนที่ของมวลอากาศเย็นที่มาจากบริเวณขั้วโลก ทำให้อากาศร้อนที่มีอยู่เดิมลอยตัวสูงขึ้น และเคลื่อนที่จากบริเวณเส้นศูนย์สูตรไปยังบริเวณขั้วโลก ส่งผลให้มีการหมุนเวียนของกระแสลมเกิดขึ้น การหมุนเวียนดังกล่าวนี้ เรียกว่า แฮดลีย์เซลล์

พ.ศ. 2295 เบนจามิน แฟรงคลิน รัฐบุรุษ นักวิทยาศาสตร์ และนักประดิษฐ์ชาวอเมริกาได้สาธิตให้เห็นธรรมชาติของฟ้าผ่าขณะเกิดฟ้าแลบ พบว่ามีประจุไฟฟ้าในบรรยากาศที่ทำให้เกิดฟ้าแลบ และฟ้าผ่าของพายุฟ้าคะนอง

พ.ศ. 2323 เซอร์ วิลเลียม เฮอร์เชล ค้นพบรังสีอินฟราเรดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นได้ ในปีเดียวกันนี้ โฆเซฟ แบลค ได้ค้นพบความร้อนแฝงซึ่งเป็นพลังงานสำคัญที่ส่งผลต่อความก้าวหน้าทางอุณหพลศาสตร์ และฮอเรซ เดอ ซอซัง นักธรณีวิทยาและนักอุณหพลศาสตร์ชาวสวิสเซอร์แลนด์ ได้ประดิษฐ์ไฮโกรมิเตอร์แบบเส้นผม เพื่อวัดความชื้นของอากาศขึ้น

พ.ศ. 2342 เบนจามิน ทอมป์สัน นักวิทยาศาสตร์ชาวสหรัฐอเมริกา ได้ค้นพบการพาความร้อน และเซอร์ ฮัมฟรีย์ เดวี นักเคมีชาวอังกฤษ ได้อธิบายการทดลองพฤติกรรมของความร้อนแฝงและการแยกองค์ประกอบของน้ำ

จากการค้นพบองค์ความรู้และการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือวัดทางอุณหพลศาสตร์ ในช่วงเวลาที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าเครื่องมือพื้นฐานสำหรับการตรวจวัดลักษณะลมฟ้าอากาศ ได้แก่ เครื่องวัดปริมาณฝน เทอร์โมมิเตอร์ บารอมิเตอร์ ไฮโกรมิเตอร์ แอนนิโมมิเตอร์ และครลม ได้ถูกคิดค้นและสร้างขึ้นมาก่อนแล้ว

ศตวรรษที่ 19 (พ.ศ. 1801-1900) องค์ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการหมุนเวียนของอากาศกว้างขวางขึ้น การบันทึกผลการตรวจอากาศ และวิธีการตรวจอากาศเป็นไปในลักษณะต่างคนต่างทำ สถาบันบริการข่าวสารและข้อมูลลมฟ้าอากาศแห่งชาติ ซึ่งทำหน้าที่จัดตั้งระบบต่าง ๆ เกี่ยวกับการตรวจวัดและพยากรณ์อากาศประจำวันได้ถูกจัดตั้งขึ้นในประเทศออสเตรเลีย เบลเยียม ฝรั่งเศส กรีซ เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น อินเดีย และบราซิล จนกระทั่งปี ค.ศ. 1880 (พ.ศ.

2423) ได้รวมเป็นองค์การอุตุนิยมวิทยาระหว่างชาติ (International Meteorological Organization: IMO) จากข้อมูลภูมิอากาศรายวันที่มีการจดบันทึกไว้ระหว่างศตวรรษที่ 18 และ 19 นับว่าเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญ และระบบการจัดเก็บข้อมูลภูมิอากาศได้ค่อย ๆ พัฒนาขึ้น

พ.ศ. 2345 ลุก โฮเวิร์ด นักอุตุนิยมวิทยาสมัครเล่นชาวอังกฤษ ได้รับการยกย่องให้เป็น "บิดาแห่งอุตุนิยมวิทยา" โฮเวิร์ด ได้เสนอเกี่ยวกับการตั้งชื่อเมฆต่อสมาคมเอสกีเซียน (Askesian Society) และได้พิมพ์เป็นหนังสือชื่อ "Essay on the Modifications of Clouds" ในปีต่อมา

พ.ศ. 2363 แองริช วิลเฮล์ม แบรนเดส ได้สร้างแผนที่อากาศแผ่นแรกขึ้น โดยรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศของทวีปยุโรปที่ได้จากการตรวจวัดลักษณะอากาศของวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2326

พ.ศ. 2387 แซมมวล ฟินเลย์ บรีส มอร์ส ได้ประดิษฐ์โทรเลขขึ้นเป็นผลสำเร็จ

พ.ศ. 2392 โจเซฟ เฮนรี เลขาธิการของสถาบันสมิธโซเนียน ได้วิเคราะห์รายงานลมฟ้าอากาศขึ้นเป็นครั้งแรก

พ.ศ. 2393 กัสปาร์ กุสตาฟว์ เดอ กอริยอลิส ค้นพบแรงเหวี่ยงที่ทำให้วัตถุที่เคลื่อนที่เกิดการเบี่ยงเบนเนื่องจากการหมุนของโลก

พ.ศ. 2397 เออบาเอง ซองโซแซฟ เลอแวร์รีเอ นำเครื่องโทรเลขมาใช้ในการเชิงปฏิบัติการสำหรับการพยากรณ์สภาวะต่าง ๆ ของลมฟ้าอากาศ และในปีเดียวกันนี้ รูโทวิช เป็นบุคคลแรกที่พิมพ์เรื่องราวเกี่ยวกับการพยากรณ์อากาศที่ถูกนำมาใช้ในการเกษตรมีชื่อว่า "The Climate of Russia"

พ.ศ. 2400 บายส์ แบลลอท ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางลมที่เกี่ยวข้องกับบริเวณอากาศสูงและต่ำ

พ.ศ. 2403 วิลเลียม เฟอร์เรียม ได้ศึกษาและทำการค้นคว้าเกี่ยวกับสภาพอากาศที่ห่อหุ้มโลก โดยจัดแบ่งบรรยากาศของโลกออกเป็นชั้น ๆ ตามคุณสมบัติของกายภาพที่แตกต่างกัน และนำมาใช้อธิบายทฤษฎีการหมุนเวียนทั่วไปของบรรยากาศ

พ.ศ. 2404 ฟิตซรอย นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ริเริ่มเอาแผนที่โลกมาใช้ในการพยากรณ์อากาศ โดยบันทึกข้อมูลลงในแผนที่ ซึ่งเป็นวิธีการเขียนแผนที่อากาศในปัจจุบัน

พ.ศ. 2406 เลอ แวร์รีเย นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส เป็นผู้ริเริ่มให้มีการตั้งสถานีตรวจวัดสารประกอบทางอุตุนิยมวิทยาขึ้นตามเมืองท่าต่าง ๆ โดยนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการพยากรณ์อากาศ

พ.ศ. 2449 ลีออน ฟิลลิปป์ ดีสเซอร์ริงค์ เดอ บอร์ท ได้ค้นพบบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์จากการตรวจวัดลักษณะลมฟ้าอากาศด้วยบอลลูน

พ.ศ. 2461 วิลเฮล์ม บีเยอกเนส พบแนวปะทะอากาศที่เป็นสาเหตุให้เกิดพายุหมุนนอกเขตร้อน

พ.ศ. 2465 เลอวิส ฟราย ริชาร์ดสัน ได้เสนอการใช้คณิตศาสตร์เชิงตัวเลขเพื่อการพยากรณ์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ

พ.ศ. 2473 จาคอบ บเจอร์คเนส ได้กล่าวถึงแนวปะทะอากาศ พร้อมทั้งอธิบายเกี่ยวกับการเกิดแนวปะทะอากาศร้อนและแนวปะทะอากาศเย็น และในปีเดียวกันนี้ได้เริ่มใช้วิทยุห้วงอากาศติดขึ้นไปกับบอลูน เพื่อตรวจวัดสภาพอากาศชั้นบน ช่วยให้เรียนรู้โครงสร้างสภาพอากาศทั้งสามมิติ

พ.ศ. 2476 ทอร์ เบอร์เจอร์รอน ได้เสนอทฤษฎีการเกิดฝน

พ.ศ. 2484 คาร์ล กุสตาฟ โรสปี พบลมกรดที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในระดับสูงของบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ มีการเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นลำแคบ ๆ แบนและยาวคล้ายกับลำธารของกระแสลม

พ.ศ. 2493 เครื่องคอมพิวเตอร์เริ่มเข้ามามีบทบาทในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าใจได้ ช่วยให้ค้นพบความถี่ของบรรยากาศและอธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับบรรยากาศได้มากยิ่งขึ้น

เดือนธันวาคม พ.ศ. 2494 จัดตั้งองค์การอุตุนิยมวิทยาโลกที่กรุงเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ เป็นองค์กรชำนาญพิเศษของสหประชาชาติ เพื่อให้ความร่วมมือ กำหนดมาตรฐาน และปรับปรุงกิจกรรมอุตุนิยมวิทยาของโลก และหน่วยงานอุตุนิยมวิทยาของประเทศต่าง ๆ

1 เมษายน พ.ศ. 2503 ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ส่งดาวเทียมโทรส-1 (Television and Infrared Observational Satellite: Tiros-1) ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศที่ระดับความสูง 725 กิโลเมตร โดยติดกล้องโทรทัศน์เพื่อถ่ายภาพปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศจากนอกโลก ส่งมายังภาคพื้นดิน ทำให้มองเห็นลักษณะของบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา นับจากนั้นหลายประเทศทั่วโลกได้ส่งดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาขึ้นไปโคจรบนชั้นบรรยากาศหลายร้อยดวง

ความเป็นมาของอุตุนิยมวิทยามีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง จนเข้าสู่ยุคปัจจุบัน เมื่อสิ้นสุดสงครามโลกครั้งที่ 2 ระหว่าง พ.ศ. 2482-2488 อาวุธยุทโธปกรณ์ทางทหารที่สร้างขึ้นเพื่อการทำลายล้างและประหัตประหาร ถูกเปลี่ยนเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ การใช้จรวดและเครื่องบินเฝ้าติดตาม และเตือนภัยความรุนแรงจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ การใช้วิทยุห้วงอากาศเพื่อตรวจวัดลักษณะอากาศชั้นบน อีกทั้งใช้การสังเกตกลุ่มฝนหรือหยาดน้ำฟ้า การตรวจนับชนิดและปริมาณเมฆด้วยเรดาร์ การใช้บอลูนสำรวจชั้นบรรยากาศ และการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่าง ๆ ของลมฟ้าอากาศ ตลอดจนดาวเทียมและเครื่องคอมพิวเตอร์ความเร็วสูงได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยแก้ปัญหาที่ซับซ้อนเกี่ยวกับบรรยากาศ การอธิบายทางด้านคณิตศาสตร์ เคมี และฟิสิกส์ต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศ รวมทั้งใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อการคาดการณ์สภาพอากาศล่วงหน้าหรือการพยากรณ์อากาศ ซึ่งล้วนมีอิทธิพลต่อทุกสรรพชีวิตบนพื้นผิวโลก

## 1.4 อุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย

อุตุนิยมวิทยาในประเทศไทยยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าเริ่มต้นขึ้นเมื่อใด เพราะไม่มีการบันทึกไว้เป็นหลักฐานที่แน่นอน จากวารสารอากาศวิทยา ปีที่ 12 เล่ม 2 ประจำเดือนเมษายน-มิถุนายน พ.ศ. 2513 หน้า 64 ได้กล่าวไว้บางตอนว่า “...การจัดบันทึกลักษณะอากาศมีมาแต่รัชกาลที่ 3 โดยสมเด็จพระมหาสมณเจ้า กรมพระยาปวเรศวริยาลงกรณ์ สมเด็จพระสังฆราชลำดับที่ 8 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ ทรงจดบันทึกปริมาณน้ำฝนไว้โดยเฉพาะ ทรงเริ่มจัดบันทึกเป็นรายวันนับตั้งแต่ พ.ศ. 2389-2433 ในสมัยรัชกาลที่ 4 เป็นที่ น่าเสียดายที่สถิติดังกล่าวนั้นสูญหายไปนานแล้ว และพระองค์ทรงได้อธิบายคำว่าฝนท่า และในสมัยรัชกาลที่ 4 สมเด็จพระนางเจ้าควีนวิกตอเรีย พระมหากษัตริย์สหราชอาณาจักร ได้ถวายเครื่องร่อนน้ำฝนแบบยุโรป...”<sup>1</sup>

พ.ศ. 2448 อุตุนิยมวิทยาได้ถือกำเนิดขึ้นในกองทัพเรือ โดยนายพลเรือเอกพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ พระบิดาแห่งกองทัพเรือไทย ทรงนำวิชาอุตุนิยมวิทยาเข้ามาสอนในโรงเรียนนายเรือ ทรงตระหนักถึงความปลอดภัยในการเดินเรือว่าจำเป็นต้องรู้เรื่องลมฟ้าอากาศ ทรงให้แทรกวิชาอุตุนิยมวิทยาเข้าไปในวิชาการเดินเรือ และทรงบรรยายวิชานี้ด้วยพระองค์เอง ดังภาพที่ 1.4



ภาพที่ 1.4 นายพลเรือเอกพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์  
ที่มา ธรรมนูญ พิภพกาญจน์, 2556

<sup>1</sup>ประสาธ ชนสุต. อุตุนิยมวิทยา. (นครปฐม: วิทยาลัยครูนครปฐม, 2535) หน้า 7.

พ.ศ. 2455 นายพลเรือโทพระยาราชาวงษ์สัน (ศรี กมลนาวิณ) ได้เรียบเรียงตำราอุตุนิยมวิทยาเป็นภาษาไทยขึ้น โดยมุ่งประโยชน์ด้านการเดินเรือ

พ.ศ. 2466 กิจการอุตุนิยมวิทยาได้เริ่มที่กรมทมน้ำ กระทรวงเกษตรราธิการ ซึ่งในปัจจุบันคือกรมชลประทาน ได้จัดตั้งเป็นแผนกอุตุนิยมวิทยาและสถิติ สังกัดกองรักษาน้ำ กรมทมน้ำ และตั้งสถานีตรวจอากาศในต่างจังหวัดหลายสถานี ทำการตรวจฝนและอุณหภูมิอากาศ เพื่อทราบปริมาณของฝนที่ตกตามบริเวณลุ่มน้ำสายต่าง ๆ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาก่อสร้างประตูน้ำในการระบายน้ำและกักเก็บน้ำ

พ.ศ. 2472 ยกฐานะกิจการอุตุนิยมวิทยาขึ้นเป็นกองอุตุนิยมวิทยาและสถิติ

พ.ศ. 2474 โอนงานอุตุนิยมวิทยาจากกองอุตุนิยมวิทยาและสถิติ กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรราธิการมารวมเข้ากับกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ กระทรวงกลาโหม จากนั้นงานอุตุนิยมวิทยาได้ขยายปรับปรุงก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับ ได้ตั้งสถานีตรวจอากาศตามท้องถิ่นต่าง ๆ โดยทำงานเป็นเครือข่าย และได้ขยายบริการออกไปอย่างกว้างขวาง

วันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2479 ได้โอนกิจการเข้าร่วมกับกองทัพเรือ ตั้งเป็นกองอุตุนิยมวิทยา สังกัดกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ งานด้านอุตุนิยมวิทยาได้แพร่หลายกว้างขวางมากขึ้น ได้ดำเนินการตรวจวัดสารประกอบทางอุตุนิยมวิทยาหลายประการ รวมถึงการพยากรณ์อากาศเพื่อการชลประทาน การเดินเรือ การบิน และการพาณิชย์ ซึ่งนั่นแสดงถึงความก้าวหน้าขึ้น

วันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2485 กองอุตุนิยมวิทยา ภายใต้กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ กระทรวงกลาโหม ได้ยกฐานะขึ้นเป็นกรมอุตุนิยมวิทยาขึ้นตรงต่อกองทัพเรือ ซึ่งถือเป็นวันคล้ายวันสถาปนาของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยมีสถานที่ทำการตั้งอยู่ที่อาคารเลขที่ 612 ถนนสุขุมวิท ตำบลคลองตัน อำเภอพระโขนง กรุงเทพมหานคร (ปัจจุบันเป็นสวนสาธารณะชื่อ "อุทยานเบญจสิริ" ที่สร้างขึ้นเพื่อน้อมเกล้าฯ ถวายสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ในรัชกาลที่ 9 เนื่องในวโรกาสทรงเจริญพระชนมพรรษา 60 พรรษา เมื่อวันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2535) และมีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ แต่งตั้ง นาวาเอกจรรุญ วิชยาภัย บุนนาค ดำรงตำแหน่งเจ้ากรมอุตุนิยมวิทยาเป็นคนแรก

พ.ศ. 2492 กรมอุตุนิยมวิทยาได้สมัครเข้าเป็นสมาชิกองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก เป็นสมาชิกในลำดับที่ 19 ซึ่งปัจจุบันมีสมาชิกทั้งหมด 189 ประเทศ

พ.ศ. 2505 กองทัพเรือได้แบ่งที่ดินที่บางนาให้กับกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อตั้งเป็นส่วนราชการใช้สำหรับขยายกิจการการค้นคว้าให้กว้างขวางยิ่งขึ้น ซึ่งในสมัยที่จอมพลสฤษดิ์ ธนะรัชต์ ดำรงตำแหน่งนายกรัฐมนตรี ได้เล็งเห็นว่าอุตุนิยมวิทยาเป็นกิจการที่สำคัญสมควรยกกิจการอุตุนิยมวิทยาให้เป็นการดำเนินงานในระดับชาติ ได้โอนกิจการอุตุนิยมวิทยาจากกองทัพเรือ กระทรวงกลาโหม ไปสังกัดสำนักนายกรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ. 2505 โดยมีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ แต่งตั้งพลเรือโทจรรุญ วิชยาภัย บุนนาค เจ้ากรมอุตุนิยมวิทยาให้ดำรงตำแหน่งอธิบดีกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นคนแรก

วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2515 จอมพลถนอม กิตติขจร ซึ่งดำรงตำแหน่งนายกรัฐมนตรีขณะนั้น เล็งเห็นว่างานของกรมอุตุนิยมวิทยาเกี่ยวข้องกับการคมนาคมมากกว่าจึงย้ายมาสังกัดกระทรวงคมนาคม

วันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2535 กรมอุตุนิยมวิทยาย้ายมาตั้งอยู่ที่เขตบางนา และได้เปิดอาคาร ที่ทำการตึก 50 ปี อุตุนิยมวิทยา เลขที่ 4353 ถนนสุขุมวิท แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพมหานคร โดยได้รับพระมหากรุณาธิคุณจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงเสด็จ ฯ เป็นประธาน เปิดงาน

วันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2546 โอนมาสังกัดกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารตาม การปฏิรูประบบราชการ พ.ศ. 2546

เมื่อวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2559 ได้มีการตราพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม (ฉบับที่ 17) พ.ศ. 2559 ส่งผลให้กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต้องสิ้นสุดลง และจัดตั้ง กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมขึ้นแทน โดยกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นหน่วยงานในสังกัดระดับกรม

นอกจากการตรวจวัดอากาศและพยากรณ์อากาศแล้ว กรมอุตุนิยมวิทยายังได้ติดตั้งสถานี ตรวจแผ่นดินไหวขึ้นในประเทศไทย เป็นสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวแบบมาตรฐานของโลก โดยได้จัดตั้ง ขึ้นเป็นแห่งแรกในประเทศไทย เมื่อ พ.ศ. 2506 ณ เชียงดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่

## 1.5 ศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตุนิยมวิทยา

อุตุนิยมวิทยาเป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ การศึกษาอุตุนิยมวิทยาจึงจำเป็นต้องมีพื้นฐานความรู้ ในหลายสาขาวิชา เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์ ภูมิศาสตร์ และดาราศาสตร์ ความเกี่ยวข้องกับ สาขาวิชาต่าง ๆ ที่กล่าวมา ได้แก่ วิชาฟิสิกส์ต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหลักฟิสิกส์เบื้องต้น ได้แก่ แรง การส่งผ่านความร้อน การแผ่รังสี สมบัติของแก๊ส การควบแน่น การกลายเป็นไอ หลักการเทอร์โมไดนามิก เป็นต้น วิชาภูมิศาสตร์ ต้องมีความรู้เกี่ยวกับแผนที่ เส้นละติจูดเส้นลองจิจูด ที่ตั้งของประเทศต่าง ๆ ลักษณะภูมิประเทศ พื้นดิน และพื้นน้ำ เป็นต้น และวิชาดาราศาสตร์ ต้องมีความรู้เกี่ยวกับการโคจรของ โลกรอบดวงอาทิตย์ที่ทำให้เกิดฤดูกาล ระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์ และตำแหน่งของดวงอาทิตย์บน ละติจูดต่าง ๆ เป็นต้น เพื่อให้เข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศ พื้นดิน มหาสมุทร และสิ่งมีชีวิตบนพื้นผิวโลก ตลอดจนค้นหาสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศ และการเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ

ในปัจจุบันอุตุนิยมวิทยามีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น และถูกนำมาใช้กับกิจการต่าง ๆ ซึ่งสามารถ จำแนกออกเป็นหลายสาขาวิชาตามการนำไปใช้ประโยชน์ ประกอบด้วย 17 วิชา ดังต่อไปนี้

1. อุตุนิยมวิทยาภาคทฤษฎี (theoretical meteorology) เป็นศาสตร์ที่ศึกษาปรากฏการณ์ ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ โดยใช้ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน

2. กายภาพอุตุนิยมวิทยา (physical meteorology) เป็นศาสตร์ที่ศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของบรรยากาศ
3. อุตุนิยมวิทยาพลวัต (dynamic meteorology) เป็นศาสตร์ที่ศึกษาความเคลื่อนไหวของบรรยากาศ และพิจารณาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศในแง่ของวิชาพลศาสตร์
4. อุตุนิยมวิทยาภาคทดลอง (experimental meteorology) เป็นศาสตร์ที่ศึกษากรรมวิธีและปรากฏการณ์ในบรรยากาศ โดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ และทดลองปฏิบัติจริง
5. อุตุนิยมวิทยาประยุกต์ (applied meteorology) เป็นศาสตร์ที่ศึกษาการนำความรู้ทางด้านอุตุนิยมวิทยามาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์
6. อุตุนิยมวิทยาทางแผนที่และการพยากรณ์อากาศ (synoptic meteorology) เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ของบรรยากาศในบริเวณกว้างตามระยะเวลาที่กำหนดให้ โดยใช้การวิเคราะห์แผนภูมิซึ่งได้ลงค่าของธาตุประกอบอุตุนิยมวิทยาที่ตรวจได้ในเวลาเดียวกันเป็นรากฐานและมีวัตถุประสงค์เพื่อการวิเคราะห์ลมฟ้าอากาศหรือการพยากรณ์อากาศ
7. อุตุนิยมวิทยาการบิน (aeronautical meteorology) เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการตรวจวัดหรือการวิจัยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เพื่อนำมาใช้ทางการบินทั้งที่เป็นของเอกชนคือการบินพาณิชย์และการบินของทางราชการทหาร
8. อุทกอุตุนิยมวิทยา (hydrometeorology) เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำ ทำการศึกษาวิจัยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาเพื่อการชลประทาน มีการศึกษาเกี่ยวกับวัฏจักรของน้ำ การเกิด การเก็บรักษาหรือการสูญเสียน้ำ
9. อุตุนิยมวิทยาการเกษตร (agricultural meteorology) เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการตรวจวัดหรือการวิจัยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาเพื่อนำมาใช้ในทางเกษตร
10. อุตุนิยมวิทยาการเดินเรือ (marine meteorology) เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการตรวจวัดหรือการวิจัยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาเพื่อการเดินเรือ โดยเฉพาะการเดินเรือทางทะเลที่ต้องวัดให้ถูกต้องและแม่นยำ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่การเดินเรือที่ต้องอยู่ท่ามกลางผืนน้ำและผืนฟ้าที่อยู่ห่างไกลจากชายฝั่ง และต้องอยู่ในสภาพนี้เป็นระยะเวลานานหลายวันติดต่อกัน ซึ่งถ้าหากเกิดพายุหรือคลื่นใหญ่ในขณะที่การเดินทางเรืออาจทำให้เรืออับปางได้ การจะหลบหนีอาจทำได้ยากหากไม่รู้จักล่วงหน้า
11. อุตุนิยมวิทยาการแพทย์ (medical meteorology) เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างอุตุนิยมวิทยากับสุขภาพพลานามัยของมนุษย์
12. อุตุนิยมวิทยาจุลภาค (micrometeorology) เป็นศาสตร์เกี่ยวกับสภาวะทางอุตุนิยมวิทยาในบริเวณเล็กเฉพาะที่ใดที่หนึ่ง และการศึกษาโดยทั่วไปเกี่ยวกับการตรวจวัดใกล้ ๆ ผิวน้ำผิวดินในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ อย่างละเอียด

13. อุตุนิยมวิทยามัชฌิมภาค (mesometeorology) เป็นศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสภาวะทางอุตุนิยมวิทยาในบริเวณขนาดกลาง ครอบคลุมบริเวณเนื้อที่ประมาณ 2-3 ตารางกิโลเมตร ไปจนถึงจำนวนหลายสิบล้านตารางกิโลเมตร

14. อุตุนิยมวิทยามหภาค (macrometeorology) เป็นศาสตร์เกี่ยวกับสภาวะทางอุตุนิยมวิทยาในบริเวณกว้างที่ครอบคลุมบริเวณภูมิภาคกว้าง ๆ ของทวีป หรือรวมหมดทั่วโลก

15. สาขาอุตุนิยมวิทยาเกี่ยวกับดาราศาสตร์ (astrometeorology) เป็นศาสตร์ที่ว่าการศึกษาอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้องกับจักรวาลและดวงดาว

16. สาขาอุตุนิยมวิทยาชีววิทยา (biometeorology) เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการศึกษาเกี่ยวกับอุตุนิยมวิทยากับสิ่งมีชีวิตทั่ว ๆ ไป

17. อุตุนิยมวิทยาสาขาดาวเทียม (satellite meteorology) เป็นสาขาที่เกิดขึ้นสืบเนื่องจากวิวัฒนาการทางวิทยาศาสตร์เจริญมากขึ้น ในปัจจุบันได้สร้างดาวเทียมและปล่อยให้โคจรบนท้องฟ้า เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทางอุตุนิยมวิทยาของโลก เช่น การศึกษาการเกิดฝน การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง การเปลี่ยนแปลงอากาศและอุณหภูมิ

## 1.6 สารประกอบอุตุนิยมวิทยา

วิวัฒนาการของอุตุนิยมวิทยาเริ่มต้นจากการสังเกต การเฝ้าติดตาม การตรวจวัด และการจัดบันทึกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ในยุคแรก ๆ ที่ยังไม่มีข้อสงสัย และให้ความสนใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของลมฟ้าอากาศ จนเวลาล่วงเลยผ่านไปนับพันปี มนุษย์จึงเริ่มมีการตรวจวัดจากการสังเกต ด้วยการสัมผัสหรือความบังเอิญ ผลที่ได้นั้นเป็นเพียงความภาคภูมิใจและลบลิ้มไปในที่สุด และเมื่อประมาณ 300 ปีที่ผ่านมามนุษย์ได้เริ่มจัดบันทึกปริมาณน้ำฝน การตรวจวัดสภาพอากาศ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือช่วยในการเก็บข้อมูล และหลังจากมีการประดิษฐ์เครื่องมือประเภทต่าง ๆ ขึ้น ระบบการตรวจวัดสภาพอากาศก็เริ่มต้นขึ้น แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย ไม่มีความต่อเนื่อง และไม่ได้นำมาเปรียบเทียบ

ปัจจุบันการตรวจสภาพอากาศมีการพัฒนาอย่างจริงจังมากขึ้น โดยการใช้เครื่องมือช่วยให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ เพื่อหาค่าและบันทึกความจริงทางกายภาพหรือทางฟิสิกส์ของสภาพอากาศ รวมถึงมีการตรวจวัดที่มีความต่อเนื่อง อีกทั้งนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ทั่วโลก สิ่งที่ผันแปรในบรรยากาศหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น แสดงถึงสภาวะของกาลอากาศ ณ ที่แห่งหนึ่งตามเวลาที่กำหนดคือ สารประกอบอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีผลกระทบต่อสภาพอากาศเกือบทั้งหมดและส่งผลกระทบต่อภูมิอากาศด้วย จึงเรียกสารประกอบทางอุตุนิยมวิทยานี้ว่า สารประกอบของกาลอากาศหรือภูมิอากาศ เพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจลองพิจารณาความหมายของคำดังต่อไปนี้

กาลอากาศ คือ สภาพของบรรยากาศที่เป็นอยู่และเปลี่ยนแปลงในระยะเวลาสั้น ๆ เป็นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ ชนิดของเมฆบนท้องฟ้า ปริมาณน้ำฝนที่ตก การเกิดหมอก ความเร็วและทิศทางการ ทิศนวิสัย และอื่น ๆ กาลอากาศจึงเป็นสภาพของบรรยากาศในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามวัน เวลา และสถานที่

ภูมิอากาศ คือ สภาพของบรรยากาศที่เกิดขึ้นเป็นประจำติดต่อกันเป็นระยะเวลานานจนสามารถกล่าวถึงลักษณะโดยรวมของลักษณะอากาศในเขตนั้น การหาค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น เมฆ ฝน หมอก ลม และทัศนวิสัย เป็นค่าเฉลี่ยประจำวัน ประจำเดือน และประจำปีได้

สารประกอบทางอุตุนิยมวิทยา (meteorological elements) คือ สิ่งที่ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางอุตุนิยมวิทยาจากสภาวะของบรรยากาศในบริเวณหนึ่ง เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับลักษณะอากาศที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน จึงต้องมีการตรวจวัด เพื่อการวิเคราะห์ ศึกษา และติดตามความเปลี่ยนแปลง การเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งรู้ได้จากการตรวจอากาศจากการดูด้วยตาและการใช้เครื่องมือทางอุตุนิยมวิทยาทำการวัดสารประกอบอุตุนิยมวิทยา แบ่งออกตามลักษณะการตรวจได้ 2 ประเภทคือ

### 1.6.1 ตรวจวัดด้วยตาเปล่า

สารประกอบอุตุนิยมวิทยาประเภทตรวจวัดด้วยตาเปล่า ต้องอาศัยความชำนาญของผู้ตรวจที่เกิดจากประสบการณ์ในการตรวจมาเป็นเวลานาน และคุ้นเคยกับสารประกอบต่าง ๆ เป็นอย่างดี มีความรู้ความเข้าใจสารประกอบอุตุนิยมวิทยาเหล่านั้นอย่างลึกซึ้ง สารประกอบอุตุนิยมวิทยาที่สามารถตรวจวัดด้วยตาเปล่าประกอบด้วย

ก) เมฆ คือ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศอย่างหนึ่ง ที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำในขณะที่ยลอยตัวขึ้นและเย็นตัวลง โดยปกติจะไม่สามารถมองเห็นไอน้ำในบรรยากาศได้ แต่ที่มองเห็นเมฆได้เนื่องจากไอน้ำมีการกลั่นตัวและรวมตัวกันเป็นก้อนเมฆ โดยมีฝุ่นละอองและเกลือในบรรยากาศ ซึ่งมีคุณสมบัติดูดน้ำในบรรยากาศได้ดี ทำให้เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำในบรรยากาศ การแบ่งชนิดของเมฆจะใช้ความสูงของฐานเมฆเป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อสะดวกในการวิเคราะห์สภาพลมฟ้าอากาศสำหรับการพยากรณ์อากาศแบ่งเมฆออกเป็น 4 ประเภท คือ เมฆชั้นสูง เมฆชั้นกลาง เมฆชั้นต่ำ และเมฆที่ก่อตัวในแนวตั้งซึ่งจะกล่าวถึงโดยละเอียดในเนื้อหาบทต่อไป ลักษณะของเมฆแต่ละประเภทสามารถบอกแนวโน้มสภาพอากาศที่จะเกิดล่วงหน้าได้ เช่น หากมองเห็นเมฆแผ่ตามแนวนอนเป็นชั้น ๆ บนท้องฟ้าสามารถคาดการณ์ได้ว่าสภาวะอากาศสงบและมีกระแสลมในแนวตั้งเล็กน้อย หากเมฆก่อตัวในแนวตั้งแสดงว่าอากาศกำลังลอยขึ้นนั้นเป็นสภาพอากาศที่เกิดขึ้นก่อนจะเกิดพายุ และหากเมฆก่อตัวแนวตั้งสูงใหญ่เป็นรูปทั่ง นั้นแสดงว่าอีกไม่นานจะเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง ฟ้าร้อง ฟ้าแลบหรือฟ้าผ่าลงมายังพื้นดิน เป็นต้น

ข) สถานะของลมฟ้าอากาศ คือ ปรากฏการณ์ของลมฟ้าอากาศที่ตรวจได้ด้วยตา รวมถึงปรากฏการณ์ที่จะเกิดพายุ ลม ฝน หมอก หิมะ ลูกเห็บ เป็นต้น

ค) ทักษะการมองเห็นด้วยตาในระยะที่ไกลสุด ซึ่งทักษะการมองเห็นจะทำการตรวจในเวลากลางวัน หากต้องการตรวจในเวลากลางคืนแสงสว่างต้องอยู่ในระดับเดียวกับเวลากลางวัน ความมืดไม่ใช่อุปสรรคที่ทำให้ทักษะการมองเห็นเสีย อาจใช้แว่นตา กล้องส่องทางไกล หรือกล้องอิโวลท์ช่วยตรวจที่หมายถึงสำหรับการตรวจควรเป็นสีดำหรือสีเข้ม อยู่ในระดับเดียวกับผู้ตรวจ ขนาดของมุมกว้างและมุมสูงของวัตถุต้องเป็น 0.5 องศาจากผู้ตรวจ ความกว้างไม่ควรเกิน 5 องศา สำหรับที่หมายใกล้ ๆ มุมอาจเกินกว่านี้ได้ ถ้าที่หมายมัวหรือจางลงจากที่เคยเห็นได้ในเวลาอากาศแจ่มใส หากมองไม่เห็นนั้นหมายความว่า ทักษะการมองเห็นหรือทักษะการมองเห็นเสีย

### 1.6.2 ตรวจวัดด้วยเครื่องมือ

สารประกอบอนุกรมวิธานที่ตรวจวัดด้วยเครื่องมือประกอบด้วย

ก) อุณหภูมิของอากาศ การวัดอุณหภูมิของอากาศนั้นจะวัดอุณหภูมิในที่เปิดเผยโดยไม่ให้เทอร์โมมิเตอร์ถูกแสงอาทิตย์โดยตรง การวัดในตู้สกรีนที่มีลักษณะเป็นบานเกล็ดสองชั้น สูงจากพื้นดินระหว่าง 1.25-2.00 เมตร กรณีที่จะวัดอุณหภูมิในสถานที่ต่าง ๆ จะใช้ไฮโครมิเตอร์แบบแก้วหรือแบบถ่ายเทอากาศ การวัดอุณหภูมิเพื่อความมุ่งหมาย 3 ลักษณะคือ

(ก) การวัดอุณหภูมิของอากาศ เป็นการวัดอุณหภูมิทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดต่ำสุดประจำวัน ถ้าต้องการวัดอุณหภูมิได้ค่าที่ต่อเนื่องกันจะใช้เทอร์โมกราฟ

(ข) การวัดอุณหภูมิของพื้นดิน ใช้เทอร์โมมิเตอร์ได้ดินมีความมุ่งหมายในการเกษตรระดับมาตรฐานในการวัดเริ่มที่ 5, 10, 20, 50 และ 100 เซนติเมตร ลึกลงไปได้ดิน

(ค) การวัดอุณหภูมิของน้ำทะเล วัดบริเวณผิวหน้าของน้ำทะเลโดยใช้ถุงผ้าใบตักน้ำทะเลขึ้นมาทำการวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท

ข) ความกดอากาศหรือความดันอากาศ เป็นการวัดแรงกดอากาศที่กดลงบนพื้นผิวโลกอย่างต่อเนื่อง ณ บริเวณใดบริเวณหนึ่ง เป็นค่าของบรรยากาศตั้งแต่พื้นผิวโลกขึ้นไปจนถึงเขตสูงสุดของบรรยากาศ หรือแรงที่กระทำต่อ 1 หน่วยพื้นที่ เครื่องมือที่ใช้คือ บารอมิเตอร์หรือแอนิโรยบารอมิเตอร์ หน่วยที่ใช้ในการวัดเป็นนิ้ว มิลลิเมตร หรือมิลลิบาร์ การเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศประจำวันมีค่าสูงสุดประจำวันเวลาประมาณ 09.00-10.00 น. และค่าต่ำสุดประจำวันเวลาประมาณ 15.00-16.00 น. สูงสุดครั้งที่สองเวลาประมาณ 22.00 น. ต่ำสุดครั้งที่สองเวลาประมาณ 04.00 น. อัตราความแตกต่างระหว่างความกดอากาศสูงสุดและต่ำสุดไม่เกิน 4 มิลลิเมตรปรอท

ค) ทิศทางลมและความเร็วลม เครื่องมือที่ใช้วัดทิศทางลมคือครลม โดยวัดทิศทางลมพัดเข้าหาสถานี วัดเป็นองศา 0-360 องศา เป็นลมที่พัดมาจากทางทิศเหนือ 90 องศา เป็นลมที่พัดมาจากทางทิศตะวันออก ครลมต้องตั้งอยู่ในแนวตั้ง หมุนได้คล่อง และหันหรือชี้ไปทางที่ลมพัดมา ส่วนเครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วลมคือ อะนิโมมิเตอร์ หน่วยที่ใช้ในการวัดความเร็วลมใช้หน่วยเป็นเมตรต่อ

วินาที พุตต่อวินาที กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไมล์ต่อชั่วโมง หรือใช้หน่วยนอต (knots) ทั้งศรลมและเครื่องมือวัดความเร็วลมจะตั้งอยู่บนยอดเสาสูงจากพื้นดิน 33 ฟุต หรือ 11 เมตร

ง) ความชื้น เป็นการวัดปริมาณไอน้ำในอากาศ น้ำที่มีอยู่ในอากาศแบ่งออกเป็น 3 สถานะคือ ของแข็ง ของเหลวและก๊าซ น้ำที่อยู่ในสถานะก๊าซเป็นตัวการที่ทำให้เกิดความชื้นในบรรยากาศ เป็นไอน้ำที่มองไม่เห็น ล่องลอยอยู่ในอากาศในอุณหภูมิจำกัด ถ้าไอน้ำอิ่มตัวเมื่ออุณหภูมิลดลงจากเดิมเล็กน้อยจะกลั่นตัวเป็นเมฆ หมอก หรือน้ำค้างปรากฏให้เห็น เครื่องมือที่ใช้วัดความชื้นคือไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก-กระเปาะแห้ง หรือไฮโครมิเตอร์แบบแกว่ง ถ้าต้องการวัด ความชื้นอย่างต่อเนื่องจะใช้ไฮโกรกราฟ หน่วยของความชื้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

จ) ความสูงของฐานเมฆ เป็นการวัดเพื่อต้องการทราบว่าเมฆที่เกิดขึ้นนั้นมีความสูงจากฐานเมฆที่พุดหรือกี่เมตร เครื่องมือที่ใช้วัดมีหลายแบบ เช่น การปล่อยบอลลู่นขนาดเล็กอัดด้วยก๊าซไฮโดรเจนลอยขึ้นไปในอัตรา 120-150 เมตรต่อนาที ให้เข้าไปยังฐานของเมฆ แล้วใช้นาฬิกาจับเวลาก็จะได้ความสูงของฐานเมฆหรืออาจจะใช้วัดด้วยไฟฉาย หากไม่มีเครื่องมือวัดอาจใช้การคาดการณืทางสายตา ซึ่งผู้ต้องทำการวัดต้องมีความชำนาญเป็นพิเศษ

ฉ) หยาดน้ำฟ้า คือน้ำที่อยู่ในสถานะต่าง ๆ ในบรรยากาศที่สามารถตกลงมาสู่พื้นดินได้ เช่น ฝน หิมะ ลูกเห็บ และอื่น ๆ ซึ่งในประเทศไทยจะวัดแค่ปริมาณน้ำฝนและความแรงของฝน โดยวัดเป็นความลึกซึ่งสูงขึ้นมาจากพื้นดิน หน่วยที่ใช้วัดคือนิ้วหรือมิลลิเมตร

## 1.7 คำศัพท์ทางอุตุนิยมวิทยา

กรมอุตุนิยมวิทยา ได้กำหนดความหมายคำศัพท์ทางอุตุนิยมวิทยา และคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศ เพื่อใช้ประโยชน์ด้านการพยากรณ์อากาศไว้ดังต่อไปนี้

### 1.7.1 เมฆ

เมฆ (clouds) คือ ไอน้ำที่กลั่นตัวรวมกันเป็นกลุ่มก้อน มีสภาพเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ของน้ำหรือน้ำแข็งหรือทั้งสองอย่างปนกัน ลอยอยู่ในอากาศ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เมื่ออนุภาคของน้ำหรือน้ำแข็งเกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มจะมองเห็นเป็นก้อนเมฆ ซึ่งจะสะท้อนคลื่นแสงช่วงที่ตาสามารถมองเห็นได้ในแต่ละความยาวคลื่นในระดับที่เท่ากัน ทำให้มองเห็นก้อนเมฆเป็นสีขาว แต่ถ้าหากก้อนเมฆมีความหนาแน่นสูงมากจนแสงผ่านไม่ได้จะมองเห็นเป็นก้อนเมฆสีเทาหรือสีดำ

### 1.7.2 ลม

ลม (wind) คือ อากาศที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางของแนวนราบ เกิดขึ้นเมื่อมีการเคลื่อนไหวของอากาศจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงเคลื่อนไปสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำในบริเวณใกล้เคียงกัน

การเคลื่อนที่ของลมจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับระดับความแตกต่างกันของความกดอากาศทั้งสองบริเวณ การเคลื่อนที่ของอากาศมี 2 ลักษณะคือ ถ้าเคลื่อนที่ขนานกับผิวโลกเราเรียกว่าลม แต่ถ้าเคลื่อนที่ในแนวตั้งเรียกว่ากระแสอากาศ

### 1.7.3 มรสุม

มรสุม (monsoon) คือ การหมุนเวียนส่วนหนึ่งของลมที่พัดตามฤดูกาล เกิดจากสาเหตุใหญ่ ๆ คือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นดินและพื้นน้ำ สำหรับประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุม 2 ชนิดคือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดปกคลุมประเทศไทยกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม โดยมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้ บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้และเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร มรสุมนี้จะนำมวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้มีเมฆมากและฝนตกชุกทั่วไป และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ มีแหล่งกำเนิดจากซีกโลกเหนือแถบประเทศมองโกเลียและจีน ซึ่งเป็นบริเวณความกดอากาศสูงจะพัดพามวลอากาศเย็นและแห้งลงมาปกคลุมประเทศไทย ทำให้ท้องฟ้าเปิด ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนืออากาศจะหนาวเย็นและแห้งแล้ง ส่วนภาคใต้ฝั่งตะวันออกจะมีฝนตกชุก เนื่องจากมรสุมจะนำความชุ่มชื้นจากอ่าวไทยเข้ามาปกคลุม

### 1.7.4 พายุหมุนเขตร้อน

พายุหมุนเขตร้อน (tropical cyclone) คือ พายุหมุนที่เกิดเหนือมหาสมุทรในเขตร้อนที่มีอุณหภูมิ น้ำทะเลเหมาะสมตั้งแต่ 27 องศาเซลเซียสขึ้นไป การก่อตัวของพายุหมุนจะเกิดจากหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงเหนือผิวน้ำทะเลในเขตร้อน บริเวณดังกล่าวจะปรากฏกลุ่มเมฆจำนวนมากรวมตัวกันแต่ไม่มีการหมุนเวียนของกระแสลม หย่อมความกดอากาศนี้จะพัฒนาตัวเองจนเกิดการหมุนเวียนของลมมีทิศทางเข้มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ พายุหมุนเขตร้อนจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามบริเวณที่พายุก่อตัว ดังนี้ อ่าวเบงกอลและมหาสมุทรอินเดียเรียกว่าไซโคลน ในมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือทะเลแคริบเบียน อ่าวนเม็กซิโก และทางด้านทะเลฝั่งตะวันตกของเม็กซิโกเรียกว่าเฮอริเคน ในมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือทางด้านตะวันตกกับมหาสมุทรแปซิฟิกใต้ และทะเลจีนเรียกว่าไต้ฝุ่น และในออสเตรเลียเรียกว่าวิลลี วิลลี

### 1.7.5 ตาพายุ

ตาพายุ (eye of the storm) คือ ส่วนในสุดของพายุซึ่งเป็นพื้นที่ลมสงบ ท้องฟ้ามักจะโปร่ง ถึงแม้ว่าจะมีลมและเมฆหมุนวนอยู่รอบขอบของตาพายุก็ตาม ตาพายุไม่ต้องอยู่ตรงกลางของพายุเสมอไป ส่วนบริเวณผนังของพายุจะเป็นบริเวณที่ฝนหนักที่สุด ลมแรงและปั่นป่วนที่สุด ตาพายุเป็นศูนย์กลางของพายุหมุนเขตร้อนมีเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยประมาณ 20 กิโลเมตร พายุหมุนขนาดใหญ่

อาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 40 กิโลเมตร ความกดอากาศที่ศูนย์กลางอาจลดต่ำกว่า 960 มิลลิบาร์ จะสามารถสังเกตเห็นตาพายุได้ชัดเจนเมื่อพายุหมุนเขตร้อนมีความรุนแรงในระดับพายุไต้ฝุ่น

### 1.7.6 พายุฟ้าคะนอง

พายุฟ้าคะนอง (thunderstorm) คือ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกวันเหนือพื้นผิวโลก บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรและเขตร้อนมีโอกาสที่จะเกิดพายุฝนฟ้าคะนองได้ตลอดปี เนื่องจากมีอากาศร้อนอบอ้าว ความชื้นมาก และมีอุณหภูมิสูง ทำให้อากาศไม่มีเสถียรภาพหรือบรรยากาศมีการไม่ทรงตัวทำให้เกิดการยกตัวหรือการไหลขึ้นของกระแสอากาศอย่างรุนแรง เกิดเป็นเมฆที่ก่อตัวขึ้นในแนวตั้งหรือแนวตั้ง ขนาดใหญ่ที่เรียกว่าเมฆคิวมูโลนิมบัสหรือเมฆฝนฟ้าคะนอง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดลักษณะอากาศร้ายชนิดต่าง ๆ เช่น ลมกระโชกแรง ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ฝนตกหนักอากาศปั่นป่วนรุนแรง ทำให้มีลูกเห็บตกและอาจเกิดน้ำแข็งเกาะจับเครื่องบิน พายุฝนฟ้าคะนองนี้เป็นพายุที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น มีน้อยครั้งที่เกิดนานกว่า 2 ชั่วโมง สำหรับประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน พายุฝนฟ้าคะนองจึงสามารถก่อตัวได้ตลอดเวลาในทุกพื้นที่

### 1.7.7 พายุฤดูร้อน

พายุฤดูร้อน (summer thunderstorm) คือ พายุฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นในฤดูร้อน ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคมหรือในช่วงก่อนต้นฤดูฝน เนื่องจากแกนของโลกเริ่มเอียงหาดวงอาทิตย์ และแนวตั้งฉากของดวงอาทิตย์จะเคลื่อนมาอยู่ตรงเส้นศูนย์สูตร ส่งผลให้อุณหภูมิในภาคต่าง ๆ เริ่มสูงขึ้น ประกอบกับมีลมใต้และลมตะวันออกเฉียงใต้จากอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ที่พัดเข้าสู่ประเทศไทย ทำให้อากาศร้อนอบอ้าวและมีความชื้นสูง โดยเฉพาะในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และตอนบนของภาคกลาง เมื่อมีการแผ่ลิ้มของความกดอากาศสูงหรือมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนลงมาบริเวณภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือครั้งใด จะทำให้อากาศสองกระแสกระทบกัน ทำให้อากาศมีความแปรปรวนและยกตัวของมวลอากาศขึ้นอย่างรวดเร็วและฉับพลัน เป็นเหตุให้เกิดเมฆคิวมูโลนิมบัสหรือเมฆฝน เกิดพายุรุนแรง ฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าผ่ารวมอยู่ด้วย มักจะมีลมกระโชกแรงและฝนตกหนักบางครั้งมีลูกเห็บตกลงมาด้วย พายุฟ้าคะนองนี้จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาอันสั้น น้อยครั้งที่เกิดขึ้น 2 ชั่วโมง

### 1.7.8 พายุฝุ่น

พายุฝุ่น (dust storm) คือ ฝุ่นหรือทรายที่ถูกลมที่ปั่นป่วนยกตัวขึ้นสู่ระดับสูงพอสมควร พายุฝุ่นมักเกิดในบริเวณที่พื้นดินปกคลุมไปด้วยฝุ่นหรือทราย แต่ในบางโอกาสจะสังเกตเห็นปรากฏการณ์ชนิดนี้ในบริเวณที่ไม่มีฝุ่นหรือทรายก็ได้ ถ้าหากพายุฝุ่นได้เคลื่อนที่ออกไปจากแหล่งกำเนิด

### 1.7.9 ลมวง

ลมวง (tornado) คือพายุหมุนที่รุนแรงเกิดจากการหมุนเวียนของอากาศภายใต้เมฆคิวมูโลนิมบัส โดยจะเห็นเมฆมีลักษณะเป็นลำพุ่งขึ้นสู่บรรยากาศหรือย้อยลงมาจากฐานเมฆคิวมูโลนิมบัส ดูคล้ายกับว่ามีวงหรือท่อ หรือปล่องยื่นลงมา พายุหมุนชนิดนี้มีอำนาจทำลายได้ร้ายแรงประเภทหนึ่งในจำพวกปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอื่น ลมวงเกิดขึ้นจากลมร้อนและลมเย็นมาเจอกันก่อตัวให้เกิดลมหมุน และเมื่อลมหมุนในระดับที่ไม่คงที่ ทำให้ปลายข้างหนึ่งลงมาสัมผัสที่พื้นก่อให้เกิดลมวงได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศที่สามารถก่อให้เกิดลมร้อนและไอเย็นปะทะกัน บริเวณช่วงล่าง ลมวงสามารถก่อพลังทำลายได้สูงโดยความเร็วลมสามารถสูงมากถึง 500 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 300 ไมล์ต่อชั่วโมง ซึ่งก่อให้เกิดการพังทลายของสิ่งก่อสร้างได้

### 1.7.10 ลมพัดสอบ

ลมพัดสอบ (convergence of winds) คือ การเบียดตัวเข้าหากันของลมตั้งแต่ 2 ฝ่าย บริเวณใกล้พื้นโลก ทำให้อากาศบริเวณนั้นเบียดตัวลอยขึ้นเบื้องบนตามแนวนี้นี้มักจะมีเมฆฝนเกิดขึ้น และในที่สุดจะตกลงมาเป็นเมฆฝน ลมพัดสอบมักจะเกิดจากลมพัดพากระแสอากาศที่มีสมบัติทางกายภาพต่างกัน และความเร็วในการเคลื่อนที่ต่างกันมาปะทะกัน ทำให้ไม่สามารถรวมกันได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะอากาศในบริเวณนั้น เช่น ลมใต้จากอ่าวไทยพัดสอบกับลมตะวันออกเฉียงใต้จากทะเลจีนใต้ บริเวณที่มีลมพัดสอบเข้าหากันมักจะมีฝนตกมาก ดังนั้น หากมีคำพยากรณ์อากาศหรือคำเตือนจากกรมอุตุนิยมวิทยาว่าบริเวณใดจะมีลมพัดสอบ ควรเตรียมอุปกรณ์กันฝนให้พร้อมเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับข้าวของและร่างกายของคน

### 1.7.11 ลมกระโชก

ลมกระโชก (gust) คือ ลมแรงที่เกิดขึ้นในทันทีทันใดชั่วขณะ ผิดไปจากความเร็วลมเฉลี่ยเวลานั้น ระยะเวลาที่เกิดลมกระโชกปกติมักจะต่ำกว่า 20 วินาที เมื่อลมกระโชกหมดไปความเร็วลมจะลดลงกลายเป็นลมอ่อน ลมกระโชกจะมีความเร็วอย่างน้อย 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือ 16 นอต และการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมระหว่างสูงสุดกับต่ำสุดจะต้องเกินกว่า 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือ 9 นอต โดยทั่วไปลมกระโชกมักเกิดขึ้นบ่อยในแถบที่มีพื้นที่ขรุขระมีสิ่งกีดขวาง เช่น ใกล้เคียงหรือสิ่งก่อสร้างสูง ๆ แต่อาจเกิดในบริเวณพื้นน้ำอันกว้างใหญ่ได้บ้างแต่ไม่บ่อยนัก ลมกระโชกอาจหมายถึงความเร็วลมที่มีทิศทางแน่ชัดแต่กำลังลมอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากค่าปานกลางในช่วงเวลาจำกัดที่กำหนดให้ ในขณะที่เกิดลมกระโชกแรงควรหลีกเลี่ยงการอยู่ที่โล่งแจ้งหรือใต้ต้นไม้สูงเด่น ใกล้ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่หรือสิ่งปลูกสร้างที่ไม่แข็งแรง เพราะอาจเกิดอันตรายได้

### 1.7.12 ลมเฉือน

ลมเฉือน (windshear) คือ ลมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทิศทางลมหรือความเร็วลมอย่างรวดเร็วในระยะเวลานั้น ๆ หรือฉับพลัน ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในทั้งแนวตั้งและแนวนอน หรือเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันทั้ง 2 แนว ลมเฉือนเกิดขึ้นได้ทุกระดับความสูง ทำให้เกิดความปั่นป่วนอย่างรุนแรงตามความรุนแรงของลมเฉือนมีผลกระทบและอันตรายมากต่อการบิน ได้แก่ ลมเฉือนที่เกิดขึ้นในระดับต่ำ ๆ ใกล้กับทางลงของสนามบิน โดยเฉพาะในระยะการนำเครื่องขึ้นหรือร่อนลงของเครื่องบิน ลมเฉือนอาจเกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทางใดทางหนึ่ง เช่น พายุฝนฟ้าคะนอง แนวปะทะอากาศ ลมทะเล เป็นต้น หรืออาจร่วมกัน ซึ่งลมเฉือนที่เป็นอันตรายต่อการบินส่วนใหญ่มักจะเกิดจากพายุฝนฟ้าคะนอง ดังนั้น การตรวจลมเฉือนจึงเป็นการเตือนภัยไม่ให้นักบินทำการบินเข้าไปในบริเวณที่มีการเตือน ซึ่งอาจทำให้เครื่องบินถูกโยนตัวขึ้นและลงจนนักบินไม่สามารถควบคุมเครื่องบินเป็นผลทำให้เกิดได้

### 1.7.13 กระแสลมกรด

กระแสลมกรด (jet stream) คือ แถบกระแสลมแรงที่มีลักษณะเป็นลำคล้ายท่อรูปรีเคลื่อนที่ในเขตโทรพอสเฟียร์ซึ่งเป็นแนวแบ่งเขตระหว่างชั้นโทรโพสเฟียร์กับชั้นสตราโตสเฟียร์ โดยพัดจากตะวันตกไปตะวันออกตามแนวการหมุนของโลก และโค้งไปมาคล้ายแม่น้ำ จากละติจูดสูงไปละติจูดต่ำ จากละติจูดต่ำไปละติจูดสูง กระแสลมกรดจะเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วและมีความยาวหลายพันกิโลเมตร โดยทั่วไปกระแสลมกรดจะพบระดับความสูง 10-15 กิโลเมตรเหนือพื้นโลก กระแสลมกรดแบ่งได้เป็น 2 ระยะเวลาใหญ่ ๆ คือ กระแสลมกรดบริเวณขั้วโลกและกระแสลมกรดกึ่งโซนร้อน กระแสลมกรดเป็นกระแสที่ไหลอยู่ขอบบริเวณมวลอากาศร้อนและมวลอากาศเย็น จะมีความแตกต่างกันในฤดูหนาว ซึ่งเกิดได้จากซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้โดยตรง แกนกลางของกระแสลมกรดจะเป็นบริเวณที่มีลมพัดแรงที่สุด ซึ่งโดยทั่วไปความเร็วและตำแหน่งของกระแสลมกรดจะเปลี่ยนไปวันต่อวัน

### 1.7.14 การปั่นป่วนของอากาศ

การปั่นป่วนของอากาศ (turbulence) คือ การเคลื่อนที่ของอากาศอย่างรวดเร็ว และไม่แน่นอน ซึ่งอาจทำให้เครื่องบินเกิดการกระเทือนหรือกระแทกอย่างรวดเร็ว หรือที่เรียกว่าตกหลุมอากาศ เมฆที่เกิดขึ้นในท้องฟ้าสามารถใช้เป็นสัญญาณเตือนให้ทราบถึงความปั่นป่วนของอากาศได้ว่ารุนแรงมากเพียงใด สามารถแบ่งระดับความรุนแรงของความปั่นป่วนอากาศได้ดังนี้

- ก) เล็กน้อย สภาพความปั่นป่วนที่ทำให้ผู้โดยสารต้องรัดเข็มขัด สิ่งของในเครื่องบินยังคงอยู่นิ่งกับที่
- ข) ปานกลาง สภาพความปั่นป่วนที่ทำให้ผู้โดยสารต้องรัดเข็มขัด ผู้โดยสารอาจถูกโยนตัวขึ้นเป็นครั้งคราว แม้ขณะที่รัดเข็มขัดอยู่ สิ่งของต่าง ๆ ในเครื่องบินเคลื่อนที่ได้

ค) รุนแรง สภาพความปั่นป่วนที่ทำให้นักบินไม่สามารถควบคุมเครื่องบินได้ชั่วขณะหนึ่ง ผู้โดยสารถูกโยนตัวขึ้นลงอย่างรุนแรงขณะรัดเข็มขัด และสิ่งของต่าง ๆ ในเครื่องบินถูกโยนลอยขึ้นในอากาศได้

ง) รุนแรงมากที่สุด สภาพความปั่นป่วนในลักษณะนี้พบน้อยมาก เครื่องบินถูกโยนขึ้นลงอย่างรุนแรงมาก นักบินไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งอาจก่อความเสียหายให้แก่เครื่องบินได้

### 1.7.15 อุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศ (air temperature) คือ ระดับความร้อนหนาวของอากาศ สามารถวัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์ซึ่งติดตั้งอยู่ในที่มีอากาศถ่ายเทตามธรรมชาติ และอยู่เหนือเงาไม่ถูกรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง อุณหภูมิอากาศแปรเปลี่ยนในแต่ละช่วงเวลาเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดในการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในรอบวัน การหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้มุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบพื้นผิวโลกเปลี่ยนไปในช่วงเวลาเพียงวันดวงอาทิตย์อยู่สูงเหนือขอบฟ้ามากที่สุด แสงอาทิตย์กระทบพื้นโลกเป็นมุมฉาก ลำแสงมีความเข้มข้นสูง ในช่วงเวลาเช้าและเย็นดวงอาทิตย์อยู่ด้านข้างแสงตกกระทบพื้นโลกเป็นมุมเฉียงลำแสงครอบคลุมพื้นที่กว้างกว่าความเข้มข้นของแสงจึงมีน้อยกว่า อีกประการหนึ่งในช่วงเวลาเพียงลำแสงส่องผ่านบรรยากาศเป็นระยะทางไม่มาก แต่ในช่วงเวลาเช้าและเย็นลำแสงอาทิตย์ทำมุมลาดต้องเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศเป็นระยะทางไกล ความเข้มข้นของแสงจึงถูกบรรยากาศกรองให้ลดน้อยลง ทำให้อุณหภูมิต่ำลงอีก

### 1.7.16 อุณหภูมิต่ำสุดยอดหญ้า

อุณหภูมิต่ำสุดยอดหญ้า (gross minimum temperature) คือ อุณหภูมิต่ำสุดภายในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงที่ยอดหญ้า สามารถตรวจวัดอุณหภูมิต่ำสุดยอดหญ้าได้โดยอ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุดยอดหญ้า ซึ่งวางเป็นแนวนอนอยู่เหนือยอดหญ้าที่ตัดสั้นสูงจากพื้นดินประมาณ 2 นิ้ว ตอนกลางคืนพื้นดิน ต้นไม้ และใบหญ้าจะคลายความร้อนได้เร็ว โดยเฉพาะบางช่วงในหน้าหนาว บนดอยสูงบางแห่งอาจมีอุณหภูมิต่ำสุดยอดหญ้าลดถึงจุดเยือกแข็ง มีโอกาสที่จะได้เห็นแม่คะนึ่งหรือภาคเหนือเรียกว่าเหมยขาบที่เป็นเกร็ดน้ำแข็งแผ่นบาง ๆ ตามใบไม้ใบหญ้า

### 1.7.17 อุณหภูมิน้ำทะเล

อุณหภูมิน้ำทะเล (sea temperature) คือ อุณหภูมิที่ตรวจวัดในแต่ละระดับความลึกของน้ำทะเล อุณหภูมิน้ำทะเลขึ้นอยู่กับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์และความร้อนจากแกนโลก อุณหภูมิของน้ำทะเลจะต่างกันทั้งในแนวราบคือจากเส้นศูนย์สูตรไปขั้วโลก และในแนวตั้งคือจากระดับน้ำทะเลลงไปถึงท้องมหาสมุทร ในแนวราบที่ระดับน้ำทะเลจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 26 องศาเซลเซียส และบริเวณขั้วโลกประมาณ -2 องศาเซลเซียส ส่วนในแนวตั้งอุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็ว จากระดับน้ำทะเลถึงระดับความลึกประมาณ 1,080 เมตร จะมีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส ลึกลงไปจนถึงระดับความลึก

1,800 เมตร อุณหภูมิจะลดลง พันระดับนี้ลงไปจนถึงพื้นมหาสมุทร อุณหภูมิอาจเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยหรือแทบไม่เปลี่ยนแปลง และที่ขั้วโลกอุณหภูมิที่พื้นมหาสมุทรมีค่าประมาณ 2 องศาเซลเซียส

### 1.7.18 อุณหภูมิผิวน้ำทะเล

อุณหภูมิบริเวณผิวน้ำทะเล (sea surface) คือ อุณหภูมิสูงในบริเวณเส้นศูนย์สูตร เพราะอยู่ในเขตร้อนของโลก และอุณหภูมิจะค่อย ๆ เย็นลงเมื่อขยับเข้าใกล้ขั้วโลก อุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงในปริมาณของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมา ซึ่งน้ำทะเลเป็นวัตถุโปร่งแสง แสงแดดจะส่องลงไปใต้ลึกหลายเมตร ทำให้อุณหภูมิที่มีความลึกต่าง ๆ ของมหาสมุทรไม่เท่ากัน ยิ่งลึกลงไปจนแสงแดดส่องไม่ถึงก็จะยิ่งเย็นจัด ในพื้นที่แถบเส้นศูนย์สูตรน้ำและอุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำมีน้อยมากในมหาสมุทรแถบขั้วโลก เป็นเพราะมีน้ำแข็งอยู่ตลอดเวลาตลอดปี ความแตกต่างในอุณหภูมิพื้นผิวมหาสมุทรระหว่างเดือนกุมภาพันธ์และสิงหาคมจะมีมากที่สุดในละติจูดสูงขึ้นไป อาทิ ในยุโรป เป็นต้น

### 1.7.19 คลื่นอากาศร้อน

คลื่นอากาศร้อน (heat wave) คือ ช่วงเวลาที่อุณหภูมิขึ้นสูงผิดปกติ ช่วงเวลาเช่นนี้จะคงอยู่อย่างน้อยที่สุด 1 วัน แต่ตามธรรมชาติเมื่อมีคลื่นอากาศร้อนผ่านเข้ามา อากาศมักมีอุณหภูมิสูงผิดปกติเป็นเวลาหลายวันหรืออาจเป็นสัปดาห์ ในสหรัฐอเมริกาจะถือช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงถึง 32.2 องศาเซลเซียสหรือ 90 ฟาเรนไฮต์หรือมากกว่านั้น และมีช่วงเวลาตั้งแต่ 3 วันขึ้นไป ส่วนประเทศอื่น ๆ และประเทศไทย การกำหนดอุณหภูมิและช่วงเวลาขึ้นอยู่กับมาตรการของแต่ละประเทศ คลื่นอากาศร้อนมักจะเกิดในบริเวณที่มีการพัดผ่านของลมร้อนจากบริเวณทะเลทราย เช่น ทวีปอเมริกาเหนือ ทวีปยุโรป บริเวณเขตเมดิเตอร์เรเนียน และอินเดีย การเกิดคลื่นความร้อนจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นกว่าปกติ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมกับร่างกายของผู้ที่เคยชินกับสภาพอากาศหนาว

### 1.7.20 คลื่นอากาศหนาว

คลื่นอากาศหนาว (cold wave) คือ การเคลื่อนที่ของมวลอากาศหนาวกำลังแรงในบริเวณเขตละติจูดกลาง ทำให้อากาศแปรปรวนลมแรงอุณหภูมิลดลงอย่างทันทีทันใดเป็นบริเวณกว้าง บางครั้งเกิดพายุหิมะได้ ในสหรัฐอเมริกาคำนี้หมายถึงการลดต่ำของอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 11 องศาเซลเซียสภายใน 24 ชั่วโมง ในบางประเทศคลื่นอากาศหนาวนี้สร้างความเสียหายต่อทรัพย์สินเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะพืชผลทางการเกษตรและสัตว์ป่า เนื่องจากสภาวะอากาศหนาวจัดมีหิมะและน้ำแข็งปกคลุมพืชจึงไม่มีผลผลิตทางการเกษตรและสัตว์ต้องเสียชีวิต บางครั้งเมื่อมีคลื่นอากาศหนาวแผ่ปกคลุมทั้งบริเวณ จะทำให้เที่ยวบินหลายเที่ยวบินล่าช้าเพราะมีหิมะเกิดขึ้น เครื่องบินไม่สามารถลงสู่พื้นดินได้

### 1.7.21 ร่องมรสุม

ร่องมรสุม (monsoon trough) คือ อิทธิพลของลมค้าในเขตร้อนของทั้ง 2 ซีกโลก มาบรรจบกัน เกิดแนวปะทะกันของลมทั้ง 2 ชนิด ทำให้เกิดฝนตกตามแนวที่ปะทะกัน ซึ่งร่องมรสุมนี้จะเป็นแนวจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก จะมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ เช่น เมื่อดวงอาทิตย์โคจรอ้อมไปทางทิศเหนือ ร่องมรสุมก็จะเคลื่อนที่ตามไปด้วย ร่องมรสุมมีผลกับการเกิดฝนตก ทำให้อากาศบริเวณดังกล่าวยกตัวลอยสูงขึ้น ขยายตัวกลายเป็นเมฆฝน บริเวณร่องมรสุมจึงมักมีเมฆมากและมีฝนตก ในประเทศไทยร่องมรสุมเกิดจากการปะทะกันของลมตะวันออกเฉียงใต้และลมตะวันออกเฉียงเหนือ มีผลทำให้ฝนตกชุกหนาแน่น ถ้าร่องมรสุมชนกันยิ่งแคบจะเกิดเป็นพายุฝนฟ้าคะนองได้มาก และถ้าเกิดร่องมรสุมนานจะส่งผลให้เกิดฝนตกนานทำให้เกิดน้ำท่วมได้

### 1.7.22 ร่องความกดอากาศต่ำ

ร่องความกดอากาศต่ำ (low pressure trough) คือ แถบหรือแนวของอากาศซึ่งมีความกดอากาศต่ำเมื่อเทียบกับบริเวณรอบ ๆ ในระดับเดียวกัน ปรากฏบนแผนที่ความกดเท่าหรือแผนที่ไอโซบาร์เป็นเส้นเกือบขนานพาดผ่านบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำหรือห่อมความกดอากาศต่ำ บริเวณที่ร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านจะมีลักษณะอากาศแปรปรวน โดยมีมวลอากาศอุ่นลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน มีกระแสลมใกล้เคียงพัดเข้าหาบริเวณความกดอากาศต่ำ เกิดเมฆก่อตัวในแนวตั้ง มีผลให้เกิดฝนตกชุกหนาแน่น ร่องความกดอากาศต่ำมีความยาวหลายร้อยกิโลเมตรทอดยาวจากตะวันตกไปตะวันออกในเดือนพฤษภาคม ร่องความกดอากาศต่ำจะพาดผ่านภาคใต้ของประเทศไทยและเลื่อนขึ้นไปทางเหนือเป็นลำดับ ประมาณกลางเดือนมิถุนายนถึงกลางเดือนกรกฎาคม จะเคลื่อนพาดผ่านประเทศจีนทางใต้และจะเลื่อนพาดผ่านประเทศไทยอีกครั้งประมาณเดือนสิงหาคมหรือกันยายน ต่อจากนั้นก็เลื่อนไปทางใต้ตามลำดับ ประมาณเดือนตุลาคมจะพาดผ่านภาคใต้ตอนบนและเลื่อนลงภาคใต้เรื่อย ๆ

### 1.7.23 ความกดอากาศต่ำ

ความกดอากาศต่ำ (low pressure) คือ บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่าบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงที่อยู่รอบ ๆ ในแผนที่อากาศผิวพื้นแสดงด้วยเส้นความกดอากาศเท่าเป็นวงกลมหรือวงรีรูปไข่ ล้อมรอบบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ จะมีกระแสลมเข้าหาสู่ศูนย์กลาง โดยมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือทิศทางตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ ตามปกติบริเวณห่อมความกดอากาศต่ำจะมีเมฆมากและมีฝนตก ห่อมความกดอากาศต่ำแบ่งออกได้ 2 ชนิด

n) cold core เกิดในแถบละติจูดสูง ๆ ที่มีอากาศเย็น บริเวณแกนกลางอุณหภูมิจะต่ำกว่าภายนอกและกระแสลมจะแรงขึ้นตามความสูงที่เพิ่มมากขึ้น

ข) warm core เกิดขึ้นเฉพาะเขตร้อนเท่านั้น แกนกลางอุณหภูมิจะร้อนกว่าภายนอก ทำให้อากาศตรงกลางลอยตัวขึ้นและอากาศที่เย็นกว่าจะพัดเข้าแทนที่ กระแสลมจะรุนแรงที่สุดที่ผิวพื้น แต่เมื่อสูงขึ้นไปลมจะมีกำลังอ่อนลง

ความกดอากาศทั้ง 2 ชนิด เกิดฝนตกหนักเท่า ๆ กัน แต่ความเร็วลมต่างกัน

#### 1.7.24 ความกดอากาศสูง

ความกดอากาศสูง (high pressure) คือ บริเวณที่มีความกดอากาศสูงกว่าบริเวณโดยรอบ ในแผนที่อากาศผิวพื้นแสดงด้วยเส้นความกดอากาศเท่า เป็นวงกลมหรือวงรีรูปไข่ล้อมรอบบริเวณที่มีความกดอากาศสูง บริเวณความกดอากาศสูงจะมีกระแสลมพัดออกจากศูนย์กลาง โดยมีทิศทางตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ โดยทั่วไปบริเวณความกดอากาศสูงจะครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างบริเวณความกดอากาศสูงแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

ก) cold high เกิดขึ้นเหนือพื้นดินในแถบละติจูดสูง ๆ ที่มีอากาศเย็นบริเวณแกนกลาง อุณหภูมิเย็นที่สุด บริเวณความกดอากาศสูงชนิดนี้ทำให้มีอากาศหนาวเย็น

ข) warm high บริเวณความกดอากาศสูงที่สามารถมองเห็นได้หลายระดับความสูง แต่ที่บริเวณผิวพื้นอากาศจะร้อนกว่าระดับความสูงอื่น ๆ ที่แกนกลางมีอุณหภูมิร้อนกว่าภายนอกบริเวณความกดอากาศสูงชนิดนี้มีความชื้นสูง

#### 1.7.25 แนวปะทะอากาศ

แนวปะทะอากาศ (front) คือ แนวหรือบริเวณที่เกิดจากการปะทะกันของมวลอากาศต่างชนิดกัน ที่มีสมบัติแตกต่างกันอย่างชัดเจน ได้แก่ ความหนาแน่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และทิศทางลม อากาศอุ่นบริเวณแนวปะทะจะถูกดันให้ลอยสูงขึ้น ขณะที่อากาศเย็นจะจมตัวลง การลอยขึ้นของอากาศอุ่น ซึ่งมีความชื้นทำให้เกิดควบแน่นของไอน้ำ และรวมตัวกันเป็นเมฆฝน แนวปะทะอากาศแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

ก) แนวปะทะอากาศเย็น (cold front) คือ แนวที่มวลอากาศเย็นผลักดันมวลอากาศร้อนให้เคลื่อนที่ออกไป มวลอากาศเย็นที่มีน้ำหนักมากกว่าจะเคลื่อนที่ไปซัดมวลอากาศร้อนให้ลอยตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

ข) แนวปะทะอากาศร้อน (warm front) คือ แนวที่มวลอากาศร้อนผลักดันมวลอากาศเย็นให้เคลื่อนที่ออกไป มวลอากาศร้อนจะพัดทับไปบนมวลอากาศเย็น

ค) แนวปะทะอากาศปิด (occluded front) คือ แนวหรือเขตที่เกิดขึ้นเมื่อแนวปะทะของมวลอากาศเย็นตามทันแนวปะทะมวลอากาศร้อน และยกมวลอากาศร้อนขึ้น

ง) แนวปะทะอากาศคงที่ (stationary front) คือ แนวที่มวลอากาศร้อนและมวลอากาศเย็นเคลื่อนที่มาพบกันโดยที่ไม่มีมวลอากาศใดเคลื่อนที่ไปแทนกัน

### 1.7.26 คลื่นกระแสลมตะวันตก

คลื่นกระแสลมตะวันตก (westerly trough) คือ ลมที่พัดประจำบริเวณละติจูดกลาง ประมาณ 30 องศาขึ้นไปในแต่ละซีกโลก กระแสลมในบริเวณนี้ส่วนใหญ่จะพัดจากทิศตะวันตกไปยังทิศ ตะวันออก ถ้ามีความแรงมากพอก็ทำให้เกิดคลื่นกระแสลมตะวันออกแพร่ลงมาบริเวณละติจูดต่ำ อากาศ หน้าคลื่นกระแสลมตะวันตกจะยกตัว ทำให้มีอากาศแปรปรวน เกิดฝนฟ้าคะนอง ลมกระโชกแรง และ ลูกเห็บตกได้ ส่วนด้านหลังคลื่นอากาศจะจมตัวลงทำให้มีอากาศเย็นลง ท้องฟ้าแจ่มใส ประเทศไทย ตอนบนจะได้รับผลกระทบจากคลื่นกระแสลมตะวันตกจากประเทศพม่า โดยเฉพาะช่วงปลายมิถุนายน

### 1.7.27 คลื่นกระแสลมตะวันออก

คลื่นกระแสลมตะวันออก (easterly wave) คือ ร่องที่เกิดในกระแสลมตะวันออกใน ระดับชั้นบรรยากาศใกล้พื้นโลกในระดับความสูงไม่มากที่พัดปกคลุมในเขตร้อน มักปรากฏในเดือนเมษายน ถึงตุลาคมหรือพฤศจิกายน จะเกิดขึ้นระหว่างละติจูด 5-15 องศาเหนือ มีความยาวคลื่นประมาณ 2,000-2,500 กิโลเมตร เป็นระยะเวลา 3-4 วัน และจะเคลื่อนตัวจากตะวันออกไปตะวันตก บริเวณด้านหลังคลื่น จะมีลักษณะอากาศแปรปรวน ทำให้เกิดเมฆคิวมูลัสและฝนชุกตหนักบริเวณด้านหลังของคลื่น ในบางครั้ง คลื่นกระแสลมตะวันออกทำให้เกิดพายุหมุนเขตร้อนได้

### 1.7.28 ทักษนวิสัย

ทัศนวิสัย (visibility) คือ เกณฑ์การมองเห็นซึ่งมีระยะไกลที่สุดที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ผู้ตรวจต้องเป็นผู้ที่มีสายตาสปกติ โดยทั่วไปจะทำการตรวจในเวลากลางวัน แต่ในกรณีที่จะ ทำการตรวจในเวลากลางคืนแสงสว่างโดยทั่วไปจะต้องอยู่ในระดับเดียวกับแสงสว่างในเวลากลางวัน ผู้ตรวจต้องทราบได้ชัดเจนว่าวัตถุที่มองเห็นนั้นเป็นอะไร เช่น ทิวเขา ต้นไม้ บ้านเรือน เป็นต้น ทัศนวิสัย จะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น ฟ้าหลัว หมอก ฝน หรือ คิว้นไฟ โดยวัดค่าทัศนวิสัย ออกมาเป็นระยะทางหน่วยเป็นเมตรหรือกิโลเมตร ทัศนวิสัยมีความสำคัญมากในกิจการด้านคมนาคม รถ เรือ เครื่องบิน โดยเฉพาะเครื่องบินถ้าทัศนวิสัยไม่ดีพอก็จะไม่สามารถนำเครื่องลงที่สนามบินได้

### 1.7.29 ฟ้าหลัว

ฟ้าหลัว (haze) คือ ลักษณะของอากาศที่ประกอบด้วยอนุภาคของเกลือจากทะเลหรือ มหาสมุทร หรือของคิว้นไฟและละอองฝุ่นจำนวนมากมาลอยอยู่ทั่วไป และมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ทำให้มองเห็นอากาศเป็นฝ้าขาว ในบรรยากาศที่มีฟ้าหลัวเกิดขึ้นจะทำให้ทัศนวิสัยลดลงแม้ในอากาศดี ฟ้าหลัวธรรมดาจะทำให้ทัศนวิสัยลดลงไปถึง 2 ใน 3 ของทัศนวิสัยปกติ ฟ้าหลัวแตกต่างจากสภาพอากาศที่มี หมอก เพราะหมอกเกิดจากการที่มีความชื้นสูงในอากาศ เช่น ตอนเช้า หรือหลังฝนตกมีทัศนวิสัยต่ำกว่า 1 กิโลเมตร ฟ้าหลัวออกออกเป็น 2 ลักษณะคือ

ก) ฟ้าห้วแห้ง (dry haze) คือ ลักษณะท้องฟ้าเป็นฝุ่นหรือเป็นผงเกลือ เป็นฟางขาว แต่ไม่หนาพอจะรู้สึกว่าเป็นฝุ่น อากาศแห้งทำให้เห็นที่หมายในระยะไกล เช่น ทิวเขามัวลง ทัศนวิสัยต่ำกว่า 10 กิโลเมตร ความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า 65 เปอร์เซ็นต์

ข) ฟ้าห้วชื้น (mist) คือ ในอากาศมีลักษณะละอองน้ำปลิว แต่ไม่เหมือนหมอกหรือฝุ่นละออง คล้ายกับหมอกขาว แต่ในประเทศไทยเป็นโดยมากหลังจากฝนตกนาน ๆ ท้องฟ้าเปียกแต่ไม่เป็นเมฆหรือหมอก เห็นดวงอาทิตย์พร่ามัวไปแต่ไม่อยู่สูงอย่างเมฆแอลโตสเตรตัส ทัศนวิสัยต่ำกว่า 10 กิโลเมตรแต่ไม่น้อยกว่า 1 กิโลเมตร ความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 65 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

### 1.7.30 เอลนีโญ

เอลนีโญ (EL Nino) คือ ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดเหนือน่านน้ำมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อน จะมีลมตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุมเป็นประจำ ลมนี้จะพัดพาผิวน้ำน้ำทะเลเล็ญุ่นจากทางตะวันออกบริเวณชายฝั่งประเทศเอกวาดอร์ เปรู และชิลีตอนเหนือไปสะสมอยู่ทางตะวันออกชายฝั่งอินโดนีเซียและออสเตรเลีย ทำให้บรรยากาศเหนือบริเวณแปซิฟิกตะวันออกมีความชื้นจากกระบวนการระเหยและมีการก่อตัวของเมฆและฝนบริเวณตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ของเอเชีย รวมทั้งประเทศต่าง ๆ ที่เป็นเกาะเหนือแปซิฟิกตะวันออก ขณะที่ทางตะวันออกของแปซิฟิกเขตศูนย์สูตรมีการไหลขึ้นของน้ำเย็นระดับล่างขึ้นไปยังบนผิวน้ำ ซึ่งทำให้เกิดความแห้งแล้งบริเวณชายฝั่งอเมริกาใต้ เมื่อลมตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุมบริเวณด้านตะวันออกของปาปัวนิวกินีจะเปลี่ยนทิศทางการพัดจากตะวันออกเป็นตะวันตก ทำให้เกิดคลื่นใต้ผิวน้ำพัดพาเอามวลน้ำอุ่นที่สะสมอยู่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกไปแทนที่น้ำทางแปซิฟิกตะวันออกจะรวมเข้ากับผิวน้ำทำให้ผิวน้ำน้ำทะเลบริเวณนี้อุ่นขึ้นกว่าปกติ และจะค่อย ๆ แพร่ขยายไปพื้นที่ทางตะวันตกถึงตอนกลางของมหาสมุทร ส่งผลให้บริเวณนี้มีการก่อตัวของเมฆและฝนซึ่งปกติจะอยู่ทางตะวันตกของมหาสมุทรเปลี่ยนไปอยู่ที่บริเวณตอนกลางฝั่งประเทศเปรูและเอกวาดอร์ จึงมีฝนตกมากกว่าปกติ ในขณะที่ออสเตรเลีย อินโดนีเซีย ซึ่งเคยมีฝนมากจะมีฝนน้อยลงทำให้เกิดความแห้งแล้ง

### 1.7.31 ลานีญา

ลานีญา (La Nina) คือ ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ตรงข้ามกับเอลนีโญ ปกติแล้วลมตะวันออกเฉียงใต้ในมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อน จะพัดพาน้ำอุ่นจากทางตะวันออกจากมหาสมุทรมาสะสมอยู่ทางตะวันตก ซึ่งทำให้มีการก่อตัวของเมฆและฝนบริเวณด้านตะวันตกของแปซิฟิกเขตร้อน ส่วนแปซิฟิกเขตตะวันออกบริเวณชายฝั่งประเทศเอกวาดอร์และประเทศเปรูมีการไหลขึ้นของน้ำเย็นในระดับล่างขึ้นไปยังผิวน้ำ ซึ่งทำให้บริเวณดังกล่าวแห้งแล้ง สถานการณ์เช่นนี้เป็นลักษณะปกติปรากฏการณ์ลานีญามีความแตกต่างจากสภาวะปกติคือ ลมตะวันออกเฉียงใต้ที่พัดปกคลุมเหนือมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อนมีกำลังแรงมากกว่าที่เคยเป็น และพัดพาผิวน้ำทะเลที่อุ่นจากทางตะวันออกไปสะสมอยู่ทางตะวันตก

มากขึ้น ทำให้บริเวณแปซิฟิกตะวันตกรวมทั้งบริเวณตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ของเอเชีย ซึ่งเดิมมี อุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงกว่าทางตะวันออกอยู่แล้วยังมีอุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงขึ้นไปอีก ส่งผลให้อากาศเหนือ บริเวณนั้นลอยตัวขึ้นและกลั่นตัวเป็นเมฆและฝน ส่วนแปซิฟิกตะวันออกขบวนการไหลขึ้นของน้ำเย็น ระดับล่างไปสู่ผิวน้ำเป็นไปอย่างต่อเนื่องและรุนแรง อุณหภูมิที่ผิวน้ำทะเลจึงลดต่ำกว่าปกติ ผลกระทบ ตรงข้ามกับเอลนีโญ จะทำให้ออสเตรเลีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์มีฝนมาก ในขณะที่ฝั่งประเทศเอกวาดอร์ มีฝนตกน้อยและอากาศแห้งแล้ง

### 1.7.32 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) คือ การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศ โดยเฉลี่ยในพื้นที่หนึ่งในช่วงเวลายาวนานเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ เช่น การเปลี่ยนแปลงแนวโคจรของโลก รอบดวงอาทิตย์ การเอียงของแกนโลกจากเส้นตั้งฉากกับแนวระนาบของโลกรอบดวงอาทิตย์ หรือ เกิดจากการแกว่งไปมาของแกนโลกขณะหมุนรอบตัวเอง เป็นต้น สาเหตุดังกล่าวต้องใช้เวลาอันนับหมื่น นับแสนปีถึงจะส่งผลให้ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง แต่สาเหตุใหญ่ที่นักวิทยาศาสตร์เห็นพ้องกันคือ กิจกรรมของมนุษย์ จะส่งผลให้ภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้นคือ การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจก เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง โรงงานอุตสาหกรรม และการตัดไม้ ทำลายป่า ก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตในพื้นที่มีน้ำขัง ก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ย ไนโตรเจนในการเกษตร

### 1.7.33 วัฏจักรของน้ำ

วัฏจักรของน้ำ (water cycle) คือ การเกิดและการหมุนเวียนของน้ำที่อยู่บนพื้นผิวโลก โดยไอน้ำในบรรยากาศอาจมองเห็นได้รูปของเมฆหมอก และในรูปที่มองไม่เห็นในรูปของไอน้ำที่เกิดจากการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก ถ้าหากมีมากขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัวจะทำให้ไอน้ำกลั่นตัว เป็นละอองน้ำ และรวมตัวกันเป็นหยดน้ำตกลงสู่ผิวโลกในหลายรูปแบบเรียกว่าน้ำฟ้าหรือน้ำจากอากาศ ซึ่งถ้าเป็นของเหลวก็คือฝน ถ้าเป็นรูปของผลึกคือหิมะ ถ้าเป็นรูปของแข็งก็คือลูกเห็บ น้ำฝนที่ตกสู่พื้นดิน จะเริ่มซึมลงดินและจะกลายเป็นน้ำใต้ดิน น้ำใต้ดินนี้มีหลายระดับจะค่อย ๆ ไหลตามความลาดเทของ ชั้นดินไปสู่ที่ต่ำ อาจเป็นแหล่งกักน้ำใต้ดินหรืออาจไหลออกสู่แม่น้ำลำธารที่อยู่ระดับต่ำกว่า หรือออกสู่ ทะเลโดยตรง ตลอดที่น้ำอยู่ในชั้นตื้นต่าง ๆ เหล่านี้จะเกิดการระเหยของน้ำโดยความร้อนและการคายน้ำ ของพืช เปลี่ยนสภาพน้ำเป็นไอน้ำขึ้นสู่บรรยากาศตลอดเวลา เมื่อเป็นไอน้ำก็จะลอยขึ้นไปและเมื่ออุณหภูมิลดลงก็จะกลั่นตัวเป็นละอองน้ำหรือหยดน้ำและกลายเป็นฝนตกลงมาไม่มีที่สิ้นสุดหมุนเวียนอย่างนี้ ตลอดเวลา

### 1.7.34 ฝนชุก

ฝนชุก (shower) คือ ฝนที่ตกในระยะเวลาสั้น ๆ และเป็นบริเวณแคบ มักเกิดจากเมฆคิวมูลัสก้อนใหญ่หรือเมฆคิวมูโลนิมบัสที่ลอยโดดเดี่ยว ความแรงของฝนระหว่างระยะเวลาเริ่มตกและหยุดตกเป็นไปเพียงชั่วขณะเดียว ส่วนมากไม่เกิน 15 นาที แต่บางครั้งอาจตกนานกว่า 30 นาทีหรือมากกว่านั้นก็ได้ ท้องฟ้าจะมีดคลุ้มเฉพาะบริเวณที่มีฝนตก ส่วนบริเวณอื่น ๆ อากาศจะดี มองเห็นท้องฟ้าแจ่มใสทัศนวิสัยดี

### 1.7.35 พวยน้ำ

พวยน้ำ (water spout) คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดจากเมฆของพายุฟ้าคะนองหรือเมฆคิวมูโลนิมบัส เมื่อมีกระแสอากาศไหลขึ้นในการพาความร้อนโดยกระแสอย่างแรงที่ก้อนเมฆแล้วดูอากาศเบื้องล่างให้ไหลขึ้นตาม จนเป็นที่ว่างขึ้นอย่างรวดเร็วในเบื้องล่าง อากาศโดยรอบจะเวียนเข้ามาหมุนบิดเป็นเกลียวตามกัน แล้วปลุกอากาศออกจากศูนย์กลางด้วยกำลังหมุนเหวี่ยง ไอน้ำในอากาศที่ศูนย์กลางของวงหมุนกลั่นตัวเป็นเมฆในระยะต่ำมากลงมาทุกที จึงเห็นเป็นลำของเมฆจรดฐานก้อนเมฆอากาศเช่นนี้เกิดขึ้นบนพื้นหน้าน้ำ ซึ่งมักจะเกิดในวันที่สงบเงียบ อากาศอบอุ่น และพื้นน้ำเรียบเป็นมันเงาหรือขณะที่เกิดพายุฟ้าคะนองอย่างแรง เกิดได้ทั้งในทะเลและบนบกที่มีน้ำขังมาก ๆ

### 1.7.36 น้ำฟ้าหรือหยาดน้ำฟ้า

น้ำฟ้าหรือหยาดน้ำฟ้า (precipitation) คือ คำที่ใช้เรียกรวมน้ำในบรรยากาศที่ตกลงมาสู่พื้นผิวโลก หยาดน้ำฟ้าเกิดจากการที่ไอน้ำในบรรยากาศได้รับความเย็น และกลั่นตัวรวมกันมีขนาดใหญ่ขึ้นและน้ำหนักมากขึ้น จนไม่สามารถลอยอยู่ได้ในบรรยากาศ จึงตกลงสู่พื้นดินในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ ฝน ลูกเห็บ และหิมะ ฝนเป็นหยดน้ำซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.5 มิลลิเมตร หรือ 0.02 นิ้วขึ้นไป ลูกเห็บมีลักษณะเป็นก้อนหรือชิ้นน้ำแข็งมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป หิมะมีลักษณะเป็นผลึกน้ำแข็งส่วนมากมีลักษณะเป็นแฉก ๆ บางครั้งมีรูปร่างคล้ายดาว

### 1.7.37 น้ำท่า

น้ำท่า (runoff) คือ ปริมาณน้ำในลำธารที่เกิดจากน้ำฝนผ่านกระบวนการเก็บกัก ณ จุดต่าง ๆ ในระบบและระบายลงสู่พื้นที่ตอนล่าง ปรากฏในลำน้ำหรือแม่น้ำหรืออาจจะถูกกักชั่วคราวตามบึงหรือทะเลสาบก่อนไหลลงสู่มหาสมุทร ศัพท์ที่ควรรู้เกี่ยวกับน้ำท่ามีหลายคำ เช่น น้ำท่า คือ น้ำที่ไหลลงสู่แม่น้ำลำธารทันทีหลังฝนตก ลักษณะการไหลของน้ำท่าจัดแบ่งได้ 3 ลักษณะคือ

- ก) น้ำที่ไหลบ่าบนผิวดิน คือ น้ำที่ไหลไปตามผิวดินสู่ลำน้ำ
- ข) น้ำที่ไหลใต้ผิวดิน คือ น้ำที่ซึมลงไปใต้ดินและเคลื่อนตัวไปตามชั้นดินจนไหลออกสู่ด้านข้างของลำน้ำ

ค) น้ำใต้ดิน คือน้ำที่ถูกกักเก็บหรือไหลใต้ดิน บางครั้งน้ำใต้ดินนี้อาจเรียกว่า base flow

การวัดน้ำทำที่นิยมวัดระดับน้ำและการวัดปริมาณน้ำ ซึ่งมีเครื่องมือที่ใช้วัดโดยเฉพาะ เช่น เครื่องมือวัดระดับน้ำคือเสาวัดระดับน้ำ

### 1.7.38 น้ำท่วมฉับพลัน

น้ำท่วมฉับพลัน (flash flood) คือ สภาวะน้ำท่วมที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลัน เนื่องจากการเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็วของมวลน้ำจำนวนมากที่เคลื่อนที่จากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ทำให้น้ำในลุ่มน้ำเอ่อล้นตลิ่งเข้ามาท่วมในพื้นที่ ซึ่งมักเกิดขึ้นหลังฝนตกหนักไม่เกิน 6 ชั่วโมง และมักเกิดบริเวณที่ราบหุบเขาซึ่งอาจ จะไม่มีฝนตกหนักบริเวณนั้น แต่มีฝนตกหนักมากบริเวณต้นน้ำที่อยู่ห่างออกไป หรืออาจเกิดจากเขื่อนพัง น้ำท่วมฉับพลันมีความรุนแรงและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วมาก โอกาสที่จะป้องกันหรือหลบหนีจึงมีน้อย ดังนั้น ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากน้ำท่วมฉับพลันจึงมีมากทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ในชุมชนที่เป็นพื้นที่เสี่ยงเกิดน้ำท่วมฉับพลันประชาชนต้องคอยสังเกตสภาวะอากาศอยู่เสมอ และคอยติดตามการประกาศเตือนจากกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อรีบอพยพไปที่ปลอดภัยได้ทันเวลา

### 1.7.39 น้ำล้นตลิ่ง

น้ำล้นตลิ่ง (overbank flow) คือ ปริมาณน้ำจำนวนมากที่เกิดจากฝนตกหนักอย่างต่อเนื่องในพื้นที่ลุ่มน้ำ แล้วไหลลงสู่ลำน้ำหรือมีน้ำทะเลหนุน ทำให้ระดับน้ำในแม่น้ำเอ่อสูงขึ้นเข้าท่วมพื้นที่ราบลุ่มสองฝั่งแม่น้ำ ทำให้พื้นที่การเกษตร เรือกสวนไร่นา และบ้านเรือนได้รับความเสียหาย ถนนหรือสะพานชำรุด ทางคมนาคมถูกตัดขาดได้ การเกิดสภาวะฝนตกหนักอย่างต่อเนื่อง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ น้ำท่วมและล้นตลิ่งได้ ซึ่งกรมอุตุนิยมวิทยาได้ทำการเฝ้าระวังอยู่เสมอ ทั้งนี้จะประกาศแจ้งเตือนพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายจากสภาวะฝนตกหนักและน้ำล้นตลิ่ง เพื่อให้ประชาชนเฝ้าระวังและป้องกันอุทกภัยที่อาจจะเกิดขึ้นได้

### 1.7.40 น้ำค้างแข็ง

น้ำค้างแข็ง (frozen dew) คือ หยดน้ำแข็งที่เกาะตามใบไม้ใบหญ้าเกิดเมื่ออุณหภูมิจากอากาศลดต่ำลง โดยมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์บริเวณใกล้พื้นดินสูง ทำให้อิอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเกาะอยู่ตามใบไม้ใบหญ้า และเมื่ออุณหภูมิจากอากาศลดต่ำถึงจุดเยือกแข็ง น้ำค้างที่เกาะตามใบไม้ใบหญ้าก็จะแข็งตัวเป็นก้อนน้ำแข็ง

### 1.7.41 ลูกเห็บ

ลูกเห็บ (hail) คือ เม็ดน้ำแข็งกลมขนาดย่อม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5-55 มิลลิเมตรหรือใหญ่กว่า ลูกเห็บมักจะเกิดขึ้นขณะที่เกิดฝนฟ้าคะนองอย่างหนัก และอุณหภูมิจาก

อากาศต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ส่วนมากเกิดในฤดูร้อนของตำบลนั้น ลูกเห็บจะเกิดเฉพาะก่อนฝนตก และก่อนเกิดพายุจัดเสมอ

#### 1.7.42 หมอก

หมอก (fog) คือ ลักษณะกลุ่มละอองน้ำขนาดเล็กมาก สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ลอยอยู่ในอากาศใกล้พื้นดิน หมอกเกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำเมื่ออุณหภูมิในอากาศมีค่าเท่ากับหรือเกือบเท่ากับอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นละอองน้ำ หมอกกับเมฆต่างกัน หมอกมีฐานอยู่ติดกับพื้นดินส่วนฐานเมฆอยู่เหนือพื้นดินขึ้นไป หมอกจะไม่เกิดเมื่ออุณหภูมิจุดน้ำค้างต่างจากอุณหภูมิอากาศเกิน 4 องศาฟาเรนไฮต์หรือประมาณ 2.2 องศาเซลเซียส โดยปกติจะทำให้ทัศนวิสัยทางแนวนอนลดลงเหลือน้อยกว่า 1 กิโลเมตร และบางครั้งอาจเกิดหมอกหนาทึบ ทำให้ทัศนวิสัยต่ำกว่า 100 เมตร แบ่งออกตามเกณฑ์ทัศนวิสัยได้ 3 อย่างคือ

ก) หมอกบาง (light fog) ทัศนวิสัยเห็นได้ตั้งแต่ 800 เมตรถึงน้อยกว่า 1,000 เมตร

ข) หมอกปานกลาง (moderate fog) ทัศนวิสัยเห็นได้ตั้งแต่ 400 เมตรถึงน้อยกว่า 800 เมตร

ค) หมอกหนา (heavy fog) ทัศนวิสัยเห็นได้ตั้งแต่ 0 ถึงน้อยกว่า 400 เมตร

#### 1.7.43 ภัยแล้ง

ภัยแล้ง (drought) คือ ภัยธรรมชาติที่เกิดจากสภาพอากาศแห้งแล้งผิดปกติ ทำให้ขาดแคลนน้ำเป็นระยะเวลานานจนก่อให้เกิดการเสียสมดุลด้านอุทกวิทยา เกิดความแห้งแล้งอย่างรุนแรงต่อพื้นที่ซึ่งมีผลทำให้ขาดแคลนน้ำดื่ม น้ำใช้ และเกิดความเสียหายทางการเกษตร นอกจากนี้ ภัยแล้งยังมีความหมายแตกต่างกันในแต่ละด้านดังนี้

ก) ด้านอุตุนิยวิทยา หมายถึง สภาวะขาดฝนอย่างผิดปกติหรือปริมาณฝนที่ตกมีค่าต่ำกว่าปกติมากในช่วงเวลาหนึ่ง

ข) ด้านอุทกวิทยา หมายถึง สภาวะน้ำผิวดินและใต้ดินต่ำกว่าปกติ

ค) ด้านการเกษตร หมายถึง สภาวะที่ความชื้นในดินไม่เพียงพอสำหรับพืช

ง) ด้านเศรษฐกิจสังคม หมายถึง สถานการณ์ที่สภาวะการขาดแคลนน้ำในการอุปโภคบริโภค

ความรุนแรงของภัยแล้งขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและขนาดของพื้นที่ที่มีผลกระทบ แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ความแห้งแล้งไม่ว่าจะเป็นความหมายในด้านใดก็มีสาเหตุมาจากขาดแคลนนํ้านั่นเอง

#### 1.7.44 แผ่นดินไหว

แผ่นดินไหว (earthquake) คือ การสั่นสะเทือนของแผ่นดินที่รู้สึกได้ในจุดใดจุดหนึ่งบนผิวโลก แผ่นดินไหวเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือ เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจาก

การกระทำของมนุษย์ แผ่นดินไหวส่วนใหญ่เกิดจากการคลายตัวอย่างรวดเร็วของความเครียดภายในเปลือกโลก ที่มีการกักตัวของความเครียดอย่างช้า ๆ อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากกลไกความร้อนภายในโลก ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกในทิศต่าง ๆ กัน การชนกัน เบียดกัน หรือแยกจากกันของเปลือกโลกต่างชั้นกันเป็นสาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหว แต่บางครั้งแผ่นดินไหวเกิดจากสาเหตุอื่น ๆ เช่น การระเบิดของภูเขาไฟ การพุ่งชนของอุกกาบาต การทำเหมืองแร่ หรือการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนมีพลัง เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า ในวันหนึ่ง ๆ มีแผ่นดินไหวอยู่หลายครั้ง แต่เป็นการสั่นสะเทือนที่เบามากจนเราไม่รู้สึก ผลกระทบจากการเกิดแผ่นดินไหวอย่างรุนแรง คือทำให้เกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง สิ่งก่อสร้างที่ไม่แข็งแรงจะเสียหายพังทลาย บ่อยครั้งที่เกิดไฟไหม้เป็นบริเวณกว้าง หรือเกิดแผ่นดินถล่ม ถ้าจุดที่เกิดแผ่นดินไหวอยู่ในท้องทะเล อาจจะทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่ในทะเลหรือเกิดสึนามิ

#### 1.7.45 สึนามิ

สึนามิ (TSUNAMI) คือ คลื่นทะเลที่ก่อให้เกิดภัยพิบัติต่อชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์ เป็นอันมาก สึนามิเป็นภาษาญี่ปุ่นแปลว่า คลื่นท่าเรือ (harbour wave) “สี” แปลว่า อ่าวหรือท่าเรือ ส่วน “นามิ” แปลว่าคลื่น ปัจจุบันใช้เป็นคำเรียกกลุ่มคลื่นที่มีความยาวคลื่นมาก ๆ ขนาดหลายร้อยกิโลเมตร นับจากยอดคลื่นที่ไล่ตามกันไป สึนามิเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำทะเลจากมวลสารขนาดใหญ่ เช่น เปลือกโลกใต้พื้นมหาสมุทรเคลื่อนที่โดยฉับพลันด้วยทางดิ่ง ภูเขาไฟใต้น้ำระเบิด แผ่นดินถล่มใต้น้ำ อุกกาบาตตกในทะเล น้ำทะเลในมหาสมุทรถูกแทนที่อย่างรวดเร็ว พลังงานมหาศาลของน้ำจะถ่ายเทมาทางราบ เกิดการเคลื่อนที่เป็นคลื่นสึนามิเข้าซัดทำลายชายฝั่ง คลื่นสึนามิในทะเลลึกจะไม่ต่างจากคลื่นทั่วไป จึงไม่สามารถสังเกตได้ด้วยวิधिปกติ แม้แต่คนบนเรือเหนือทะเลลึกที่คลื่นสึนามิเคลื่อนผ่านใต้ท้องเรือไปก็ จะไม่รู้สึกรึ เพราะเหนือทะเลลึกคลื่นนี้สูงจากระดับน้ำทะเลปกติเพียงไม่กี่เซนติเมตรเท่านั้น

### 1.8 ประโยชน์ของอุตุนิยมวิทยา

อุตุนิยมวิทยามีความเกี่ยวข้องกับทุกกิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์ นับตั้งแต่ตื่นนอนจนเข้านอน หรือตลอดช่วงอายุขัยของมนุษย์ อุตุนิยมวิทยามีความเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศโดยตรง ด้วยบรรยากาศมีความสำคัญเปรียบเสมือนผ้าห่อที่ห่อหุ้มโลก ปรับสภาพให้อ้อและเหมาะสมต่อการดำรงอยู่ของสรรพชีวิต อีกทั้งป้องกันอันตรายจากนอกโลก ซึ่งจะกล่าวถึงโดยละเอียดในเนื้อหาบทต่อไป แต่เนื่องด้วยสภาพอากาศที่มีการผันแปรเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในแต่ละพื้นที่ทั่วโลก การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม การเรียนรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเพื่อการดำรงชีวิต นอกจากประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นต่อตัวเองแล้วยังเกี่ยวข้องกับกิจกรรมด้านต่าง ๆ ที่สำคัญของมวลมนุษย์ในระดับมหภาค ซึ่งสามารถแบ่งประโยชน์ของอุตุนิยมวิทยาออกเป็นแต่ละด้านได้ ดังต่อไปนี้

### 1.8.1 ด้านการทำฝนเทียม

การทราบข้อมูลเกี่ยวกับสารประกอบอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ทิศทางและความเร็วลม หรือลักษณะเมฆ สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างประโยชน์แก่ประชาชนในหลายอาชีพ การทำฝนเทียมเป็นการเร่งให้เกิดการก่อตัวของเมฆฝนให้ตกในพื้นที่แห้งแล้ง ซึ่งต้องมีการตรวจสอบสภาพอากาศในระดับสูง พิจารณาความเร็วและทิศทางของลม และความชื้นในบรรยากาศเป็นหลัก โดยอาศัยหลักอุณหพลศาสตร์ เพราะหากสภาพอากาศไม่เหมาะสม การขึ้นบินเพื่อปฏิบัติการทำฝนเทียมก็จะไม่ประสบความสำเร็จ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับสภาพอากาศประจำวัน การทำฝนเทียมนอกจากจะทำให้พื้นที่แห้งแล้งกลับมาชุ่มชื้นอีกครั้ง การทำฝนเทียมยังช่วยลดปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากปริมาณฝุ่นละอองปะปนในอากาศมากเกินไปเกินค่ามาตรฐาน ซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์

### 1.8.2 ด้านเกษตรกรรม

ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศเป็นเกษตรกรประกอบอาชีพเกษตรกรรม ปลูกข้าวเป็นลำดับต้น ๆ นอกจากนี้ยังมีอาชีพหลักคือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการประมง แม้ปัจจุบันเกษตรกรยุค 4.0 จะมีความรู้ความสามารถด้านวิชาการและการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร ถึงอย่างไรข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยายังมีความสำคัญและจำเป็น ต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ สามารถพยากรณ์หรือคาดคะเนสภาพอากาศล่วงหน้าได้ถูกต้องตามฤดูกาล เพราะเกษตรกรต้องพึ่งพาอาศัยน้ำฝนในการเพาะปลูก การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านภูมิอากาศและสภาพอากาศที่ถูกต้องแม่นยำ ช่วยให้ออกกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมกับการเพาะปลูก การหว่าน การเก็บเกี่ยว การเลี้ยงสัตว์น้ำ ตลอดจนการคัดเลือกพันธุ์พืชและสัตว์ให้เหมาะสมกับฤดูกาลและท้องถิ่น การมีความรู้ทางอุตุนิยมวิทยายังช่วยป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากสภาพอากาศในอนาคต ได้แก่ การป้องกันความเสียหายจากการน้ำท่วม ภัยแล้ง สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงกะทันหันทำให้ผลผลิตทางการเกษตรเสียหาย การพยากรณ์อากาศเกี่ยวกับพายุจะเป็นประโยชน์ต่อชาวประมงที่จะนำเรือออกหาปลา หรือนำเรือเข้าฝั่ง เพื่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน

### 1.8.3 ด้านการคมนาคมขนส่ง

การคมนาคมขนส่งขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสภาวะลมฟ้าอากาศเป็นสำคัญ ข้อมูลข่าวสารอุตุนิยมวิทยามีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการวางแผนการเดินทางให้ราบรื่นปลอดภัย การคมนาคมทางบก แม้ปัญหาอุปสรรคทางอุตุนิยมวิทยาจะมีอิทธิพลหรือผลกระทบค่อนข้างน้อย ยกเว้นกรณีที่หมอกกลางจัด ฝนตกหนัก น้ำท่วม ดินถล่มซึ่งเป็นภัยธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องศึกษาสภาพอากาศก่อนการเดินทาง และเพิ่มความระมัดระวังในการใช้รถใช้ถนน ความพร้อมของร่างกายเป็นสำคัญอันเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ นำความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน การเดินทางทางน้ำโดยใช้เส้นทางเดินเรือจะถูกกำหนดให้

เหมาะสมกับสภาพลมฟ้าอากาศ ชาวเรือต้องมีความรอบรู้ด้านอุตุนิยมวิทยาพอสมควร สามารถรับฟังพยากรณ์อากาศอย่างเข้าใจ และทราบถึงสภาพและชนิดของคลื่นลมในทะเล ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้ สำหรับการคมนาคมทางอากาศ ข้อมูลความกดอากาศ ความเร็วลม ทิศทางลม ลักษณะของเมฆ ความชื้น ล้วนมีอิทธิพลต่อการบิน นักบินต้องรู้เรื่องการบินจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง จากรายงานอากาศทำให้นักบินตัดสินใจก่อนขึ้นบิน การบินโดยที่ไม่รู้สภาพลมฟ้าอากาศ เมื่อเกิดอากาศแปรปรวนทำให้นักบินต้องบินลงอีกจุดหนึ่ง ซึ่งทำให้เสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายไปโดยไม่จำเป็น

#### 1.8.4 ด้านอุตสาหกรรมและการก่อสร้าง

ในการวางแผนสร้างโรงงานอุตสาหกรรม การดำเนินการผลิต และการจำหน่ายสินค้า จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลและผลการวิเคราะห์ลักษณะอากาศ อุตสาหกรรมบางประเภทผู้ประกอบการต้องใช้ข้อมูลและความรู้ทางอุตุนิยมวิทยาประกอบการพิจารณา เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่จะเกิดขึ้น อาทิ โรงงานอุตสาหกรรม การก่อสร้างโรงงานมีความจำเป็นต้องรู้ถึงสภาพภูมิอากาศ ที่ตั้งของโรงงานว่าอยู่ในภูมิอากาศแบบใด สภาพลม ฝนเป็นอย่างไร ซึ่งข้อมูลดังกล่าวควรนำมาประกอบ การพิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นกิจการ เพื่อลดความเสียหายทางเศรษฐกิจซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ ส่วนการก่อสร้างไม่ว่าจะเป็นโครงการเล็ก อาทิ การปลูกสร้างบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ก็มีความจำเป็นต้องออกแบบให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของแต่ละท้องถิ่น มีความแข็งแรงต่อทุกสภาพอากาศ หรือโครงการก่อสร้างระดับชาติ ได้แก่ การสร้างทางด่วน ถนน สนามบิน ท่าเรือ สะพาน หรือเขื่อนกั้นน้ำ ก็มีความจำเป็นต้องอาศัยองค์ประกอบทางอุตุนิยมวิทยา และอุตุนิยมวิทยาอุทกเข้ามาช่วยในการดำเนินการ

#### 1.8.5 ด้านการแพทย์และสาธารณสุข

สภาพภูมิอากาศมีความสำคัญอย่างยิ่งกับสุขภาพของมนุษย์ทุกคน รวมถึงการพักผ่อนหย่อนใจในสภาพอากาศที่ชื่นชอบ สามารถทำให้จิตใจเบิกบาน ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพอนามัย จากสถิติทางการแพทย์พบว่า การเกิดโรคมัยไข้เจ็บต่าง ๆ จะมีระยะเวลาในการแพร่เชื้อหรือการระบาดในช่วงเวลา ช่วงฤดูกาลแตกต่างกันออกไป เช่น ในฤดูร้อนผู้ป่วยส่วนมากมักจะเป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร อหิวาตกโรค โรคพิษสุนัขบ้า ในฤดูหนาวจะเป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจหรือหลอดลม ส่วนในฤดูฝนมักเกิดการแพร่ระบาดของโรคหวัด โรคปอดบวม โรคไข้เลือดออก ดังนั้น การทราบสภาพอากาศล่วงหน้าเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ทำให้รู้เท่าทันโรคที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาหรือสภาพอากาศนั้น ๆ ย่อมเป็นผลดีในการดูแลสุขภาพให้ปลอดภัยจากโรคระบาดเหล่านั้น แพทย์และสาธารณสุขจะได้เตรียมความพร้อมทั้งกำลังคน ยารักษาโรคต่าง ๆ ตลอดจนการประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนรับทราบได้ทันทั่วถึง

### 1.8.6 ด้านชลประทาน

เนื่องจากน้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่า ทุกกิจการของมนุษย์จำเป็นต้องใช้น้ำ การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำจึงเป็นศาสตร์ที่สำคัญ เพื่อป้องกันการขาดแคลนน้ำบริเวณอุปโภค น้ำที่ใช้ในด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรมต่าง ๆ หากการจัดการน้ำไม่ดีจะทำให้เกิดความเสียหายในการพัฒนาประเทศแทบทุกด้าน ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละพื้นที่ ทำให้ทราบว่าบริเวณใดมีฝนตกชุกมากน้อยเพียงใดในแต่ละปี บริเวณใดอยู่ในเขตพื้นที่เงาฝน ที่มีฝนตกน้อยซึ่งทำให้เกิดความแห้งแล้งสามารถนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการสร้างอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อน เนื่องจากสภาพความแปรปรวนของอากาศในปัจจุบัน สิ่งที่เป็นผลกระทบในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาคือ การเกิดภาวะน้ำท่วมสลับกับภัยแล้ง บางพื้นที่มีน้ำท่วมหนักแต่ในบางพื้นที่กลับขาดแคลนน้ำ การสร้างเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำจะใช้บรรเทาความเดือดร้อนการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง และบรรเทาปัญหาน้ำท่วมในฤดูฝนได้

### 1.8.7 ด้านบรรเทาสาธารณภัย

จากสภาพอากาศที่แปรปรวนในปัจจุบัน ทำให้เกิดภัยพิบัติต่าง ๆ ตามมา ได้แก่ พายุภัยแล้ง น้ำท่วม แผ่นดินไหว ดินถล่ม ไฟป่า หรือสึนามิ ล้วนนำมาซึ่งความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินตามระดับความรุนแรง การใช้ความรู้ทางอุตุนิยมวิทยาเพื่อหาสาเหตุของการเกิดความแปรปรวนของสภาพอากาศ เพื่อใช้ในการคาดคะเนเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการประกาศเตือนภัยในแต่ละพื้นที่ ทำให้ประชาชนได้รับข้อมูลข่าวสารล่วงหน้า มีเวลาในการเตรียมพร้อมรับมือเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น อีกทั้งในการช่วยเหลือหรือบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชนในพื้นที่ที่เกิดภัยพิบัติจำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับสภาพอากาศ เพื่อป้องกันการสูญเสียซ้ำโดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ที่มีหน้าที่ลงพื้นที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมา

### 1.8.8 ด้านสิ่งแวดล้อม

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลมาจากความเจริญก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม ตลอดจนการใช้ชีวิตของมนุษย์ที่เป็นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งดิน น้ำ และอากาศ ล้วนส่งผลกระทบต่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ชั้นโอโซนถูกทำลาย ส่งผลให้น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ถ้าไม่มีการหับยั้งปัญหาสภาพแวดล้อมของโลกยอมเข้าสู่ภาวะวิกฤติ ที่จะตามมาคือการทำลายล้างมนุษยชาติ ดังนั้นการแก้ปัญหาสภาพแวดล้อมซึ่งมีบรรยากาศเป็นส่วนสำคัญ ถือว่าเป็นปัญหาที่ทุกประเทศ ทุกฝ่าย และทุกคนบนโลกใบนี้ต้องร่วมมือกัน การใช้เครื่องมือและองค์ความรู้ทางอุตุนิยมวิทยา เพื่อการตรวจวัดมลพิษทางอากาศอย่างจริงจังสามารถใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดนโยบายหรือข้อตกลงความร่วมมือร่วมกันในการวางแผนการป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อมก่อนที่โลกจะเข้าสู่ภาวะวิกฤตมากไปกว่านี้

### 1.8.9 ด้านการจัดงานพิธี

วัฒนธรรมประเพณีที่สำคัญของไทย มีความเกี่ยวข้องกับฤดูกาลและปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ปรากฏในช่วงเวลานั้น การกำหนดช่วงเวลาในการจัดงานพิธีสำคัญต่าง ๆ มีความจำเป็นต้องอาศัยสภาพอากาศ ได้แก่ การจัดงานกลางแจ้งระหว่างที่พิธีการกำลังดำเนินไปนั้นกลับมีฝนตกลงมา อาจจะทำให้งานชะงักหรือเลิกกลางคัน การจัดงานพิธีการอาจมีอุปสรรคเรื่องของลมฟ้าอากาศ เพื่อให้การดำเนินงานลุล่วงไป หลายงานได้จัดในพื้นที่ที่สภาพอากาศไม่สามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อ การดำเนินงาน ซึ่งแนวคิดดังกล่าวล้วนมีเหตุผลจากสภาพอากาศเป็นหลัก การจัดงานพิธีการย่อมไม่พ้น การนำข้อมูลข่าวสารการพยากรณ์อากาศมาพิจารณา เพื่อหลีกเลี่ยงความไม่สะดวกต่าง ๆ หรือเลื่อน เวลาออกไปจัดในช่วงเวลาที่ไม่มีความเสี่ยงต่อลมฟ้าอากาศ ซึ่งผู้จัดงานจะคำนึงถึงสภาพลมฟ้าอากาศ เสมอ

### 1.8.10 ด้านการท่องเที่ยว

ปัจจุบันการท่องเที่ยวไทยเข้าสู่ยุคเฟื่องฟูสูงสุด ด้วยศิลปวัฒนธรรม ขนบธรรมเนียม ประเพณี ธรรมชาติที่สวยงามอุดมสมบูรณ์ และวิถีการดำเนินชีวิตที่หลากหลายมีความเป็นอัตลักษณ์ใน แต่ละพื้นที่ ดึงดูดให้นักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติหันมาท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจกันมากขึ้น นำรายได้เข้าสู่ประเทศมากมายในแต่ละปี เนื่องจากประเทศไทยเป็นเมืองร้อน ได้รับอิทธิพลจากลม มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งส่งผลต่อลักษณะภูมิอากาศของประเทศที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน การพยากรณ์อากาศในระยะปานกลางและระยะยาวจะทำให้สามารถ คาดคะเนการเริ่มต้นและสิ้นสุดของฤดูกาลต่าง ๆ ได้ กิจกรรมการท่องเที่ยวจึงมีความสัมพันธ์สอดคล้อง กับฤดูกาล เช่น ฤดูหนาวจะนิยมเที่ยวทางภาคเหนือและภาคอีสาน ฤดูร้อนจะนิยมท่องเที่ยวในภูมิภาค ชายทะเล เป็นต้น

## 1.9 บทสรุป

มนุษย์กับอตุณิยวิทยามีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันนับตั้งแต่ตื่นนอนจนเข้านอน กล่าวได้ว่ามีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันตลอดช่วงอายุขัยของมนุษย์ ด้วยภูมิอากาศหรือสภาพอากาศประจำวันนั้นมีความสำคัญและส่งผลต่อวิถีการดำเนินชีวิตของมนุษย์โดยไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้

การศึกษาอตุณิยวิทยาต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโลก โลกเป็นดาวเคราะห์ที่สันนิษฐานว่าถือกำเนิดขึ้นเมื่อประมาณ 4,500 ล้านปีมาแล้ว และคาดว่าจะมีอายุขัยเหลืออยู่ประมาณ 4,000 ล้านปี เป็นดาวเคราะห์ที่หมุนรอบตัวเองโดยทำมุม 23.5 องศากับระนาบวิถีวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ การหมุนรอบตัวเองทำให้เกิดการสั่นที่สม่ำเสมอ เอื้อต่อการสร้างตัวของเปลือกโลกส่วนที่เป็นพื้นแผ่นดิน ต่อมา

เมื่อโลกเริ่มหมุนรอบตัวเองช้าลงและมีอุณหภูมิลดลง ทำให้เกิดไอน้ำขึ้นที่พื้นผิว เกิดบรรยากาศห่อหุ้ม เมื่อทุกปัจจัยเอื้อสู่ภาวะสมดุลจึงได้ก่อเกิดสรรพชีวิตขึ้นมาตามลำดับ

จากการยืนยันทางประวัติศาสตร์ที่ว่า สิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่ถือกำเนิดขึ้นบนโลกนั้นสืบสายพันธุ์มาจากบรรพบุรุษเดียวกัน และมนุษย์ได้ถือกำเนิดขึ้นเมื่อประมาณ 3 ล้านถึง 10,000 ปีก่อน มนุษย์ในยุคแรกดำรงชีพด้วยการหาอาหารแบบวิธีการไล่ล่าและหาเก็บ เมื่ออาหารในแหล่งอาศัยเริ่มขาดแคลนก็จะอพยพย้ายถิ่นฐานไปเรื่อย ๆ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อมนุษย์ ช่วงปลายของยุคน้ำแข็งได้มีการอพยพย้ายถิ่นฐาน ขณะที่ระดับน้ำทะเลลดลงได้เดินทางข้ามทวีปจากทวีปเอเชียไปยังทวีปอเมริกา และเกาะต่าง ๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิก หลังจากนั้นก็มีการอพยพเคลื่อนย้ายถิ่นฐานกันอย่างต่อเนื่อง

โลกในปัจจุบันเป็นยุคที่ปรากฏผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์ ปัญหาสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ภาวะวิกฤต ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกโดยตรง เกิดสภาวะอากาศรุนแรงผิดปกติ โดยเฉพาะอุณหภูมิของโลกที่กำลังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ซึ่งมีสาเหตุมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พ.ศ. 2558 ที่ผ่านมา เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิของอากาศร้อนที่สุดในหลายพื้นที่ทั่วโลก จนมีการบันทึกไว้เป็นสถิติอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นมากกว่าค่าปกติถึง 0.74 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ส่งผลกระทบต่อเกิดคลื่นความร้อน ภัยแล้ง รูปแบบของฝนในแต่ละฤดูกาล เกิดฝนตกหนักและน้ำท่วม

การประชุมว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 21 ณ กรุงปารีส ประเทศสาธารณรัฐฝรั่งเศส ในปี พ.ศ. 2558 ได้กำหนดข้อตกลงร่วมกันให้ทุกประเทศจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกไม่ให้เกิน 2 องศาเซลเซียส เทียบกับก่อนยุคอุตสาหกรรมและจำกัดให้ได้ที่ระดับ 1.5 องศาเซลเซียส ถ้าไม่มีการควบคุมอาจมีความเป็นไปได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มขึ้น 3 เท่าในปี พ.ศ. 2643

ในยุคกรีกโบราณก่อนคริสต์ศักราช อริสโตเติลได้เขียนตำราชื่อว่า “meteorologica” เนื้อหาหนึ่งในสามส่วนที่กล่าวถึงเรื่องราวเกี่ยวกับกาลอากาศและภูมิอากาศ โดยเชื่อว่าปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมาจากอันตรกิริยา คือ ชนิดของการกระทำที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุสองหรือมากกว่ามีผลซึ่งกันและกัน

ก่อนศตวรรษที่ 19 องค์ความรู้และสิ่งประดิษฐ์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือวัดทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ เครื่องวัดปริมาณฝน เทอร์โมมิเตอร์ บารอมิเตอร์ ไฮโกรมิเตอร์ แอนนิโมมิเตอร์ และครลม ได้ถูกคิดค้นและสร้างขึ้นมาก่อนแล้ว

เมื่อ พ.ศ. 2448 อุตุนิยมวิทยาได้ถือกำเนิดขึ้นในกองทัพเรือ โดยนายพลเรือเอก กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ พระบิดาแห่งกองทัพเรือไทย ทรงนำวิชาอุตุนิยมวิทยาเข้ามาสอนในโรงเรียนนายเรือ ทรงตระหนักถึงความปลอดภัยในการเดินเรือว่าจำเป็นต้องรู้เรื่องลมฟ้าอากาศ ทรงให้แทกรวิชาอุตุนิยมวิทยาเข้าไว้ในวิชาการเดินเรือ และทรงบรรยายวิชานี้ด้วยพระองค์เอง

วันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2559 ได้มีการตราพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม (ฉบับที่ 17) พ.ศ. 2559 ส่งผลให้กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต้องสิ้นสุดลง และจัดตั้งกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมโดยมีกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นหน่วยงานในสังกัดระดับกรม ที่อยู่ปัจจุบัน เลขที่ 4353 ถนนสุขุมวิท แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพมหานคร

ความหมายอุตุนิยมวิทยา เป็นวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติที่ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องราวของบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศประจำวันโดยอาศัยความรู้ทางวิชาฟิสิกส์ การคำนวณและข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ เมฆ ลม หยาดน้ำฟ้า และทัศนวิสัย ที่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตและกิจการต่าง ๆ ของมนุษย์ อุตุนิยมวิทยาจำแนกออกเป็นสาขาวิชาเฉพาะด้าน 17 สาขา เช่น อุตุนิยมวิทยาภาคทฤษฎี อุตุนิยมวิทยาพลวัต อุตุนิยมวิทยาการบิน อุทกอุตุนิยมวิทยา อุตุนิยมวิทยาการเกษตร เป็นต้น

สารประกอบอุตุนิยมวิทยา แบ่งการตรวจได้ 2 ลักษณะ คือ ตรวจวัดด้วยตา ได้แก่ เมฆ สถานะของลมฟ้าอากาศ และทัศนวิสัย ทำการตรวจเกณฑ์การเห็นในแนวราบ และทิศทางของทัศนวิสัย และตรวจวัดด้วยเครื่องมือ ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ ความกดอากาศ ทิศทางลมและความเร็วลม ความชื้น ความสูงของฐานเมฆ หยาดน้ำฟ้า และรังสีจากดวงอาทิตย์

กรมอุตุนิยมวิทยา ได้กำหนดความหมายคำศัพท์ทางอุตุนิยมวิทยา เพื่อใช้ประโยชน์ด้านการพยากรณ์อากาศ นอกจากนี้ยังกำหนดความหมายคำศัพท์ที่มีความเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ลม ลมพัดสอบ เมฆ หมอก ฟ้าหลัว ความกดอากาศสูง ความกดอากาศต่ำ ร่องมรสุม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ วัฏจักรน้ำ เอลนีโญ เป็นต้น

ประโยชน์ของอุตุนิยมวิทยามีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตและกิจการต่าง ๆ ของมนุษย์หลายด้าน ได้แก่ การทำฝนเทียม การเกษตร อุตสาหกรรม การก่อสร้าง การคมนาคมขนส่ง การแพทย์และสาธารณสุข การพัฒนาแหล่งน้ำ การบรรเทาสาธารณภัย สภาพแวดล้อม งานพีอี และการท่องเที่ยว

## 1.10 คำถามทบทวน

ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ตัวเลือกใดถูกต้องเกี่ยวกับอายุขัยของโลก

- ก. น้อยกว่า 4,000 ล้านปี
- ข. มากกว่า 4,000 ล้านปี
- ค. น้อยกว่า 4,500 ล้านปี
- ง. มากกว่า 4,500 ล้านปี

ใช้ตัวเลือกดังต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 2-5

- ก. naturalism

ข. Renaissance

ค. scientific revolution

ง. information revolution

2. “ลัทธิสภาวะนิยม” ตรงกับตัวเลือกใด
  3. “ยุคฟื้นฟูศิลปวิทยา” ตรงกับตัวเลือกใด
  4. “ยุคปฏิวัติวิทยาศาสตร์” ตรงกับตัวเลือกใด
  5. “ศตวรรษที่ 21” ตรงกับตัวเลือกใด
  6. บุคคลในตัวเลือกใดที่ได้รับการยกย่องว่าเป็น “ยอดอัจฉริยะแห่งจักรวาล”
    - ก. คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส
    - ข. เลโอนาร์โด ดา วินชี
    - ค. นิโคเลาส์ โคเปอร์นิคัส
    - ง. กาลิเลโอ กาลิเลอี
  7. ตัวเลือกใดสอดคล้องกับแผนที่อากาศแผ่นแรก
    - ก. ค.ศ. 1820
    - ข. ค.ศ. 1920
    - ค. แซมมวล ฟินเลย์ บรีส มอร์ส
    - ง. เอดมันด์ แฮลลีย์
  8. “เอดมันด์ แฮลลีย์” มีความสัมพันธ์กับตัวเลือกใด
    - ก. ทฤษฎีว่าด้วยกระบวนการเกิดฝน
    - ข. ทฤษฎีว่าด้วยการเคลื่อนตัวของลมค้า
    - ค. ค้นพบบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์
    - ง. พบแนวปะทะของอากาศที่ทำให้เกิดพายุหมุนนอกเขตร้อน
- ใช้ตัวเลือกดังต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 9-12
- ก. อุตุนิยมวิทยาการบิน
  - ข. อุทกอุตุนิยมวิทยา
  - ค. อุตุนิยมวิทยามัชฌิมภาค
  - ง. อุตุนิยมวิทยาดาราศาสตร์
9. “astrometeorology” ตรงกับตัวเลือกใด
  10. “mesometeorology” ตรงกับตัวเลือกใด
  11. “hydrometeorology” ตรงกับตัวเลือกใด
  12. “aeronautical meteorology” ตรงกับตัวเลือกใด

13. มนุษย์กับอุตุนิยมวิทยามีความสัมพันธ์กันอย่างไร ให้อธิบายมาพอสังเขป
14. จงอธิบายความหมายและความแตกต่างของคำว่า “ความกดอากาศสูง” และ “ความกดอากาศต่ำ”
15. จงบอกประโยชน์ของอุตุนิยมวิทยา 3 ด้าน พร้อมกับขยายความแต่ละด้านพอสังเขป

## บทที่ 2

### บรรยากาศและเมฆ

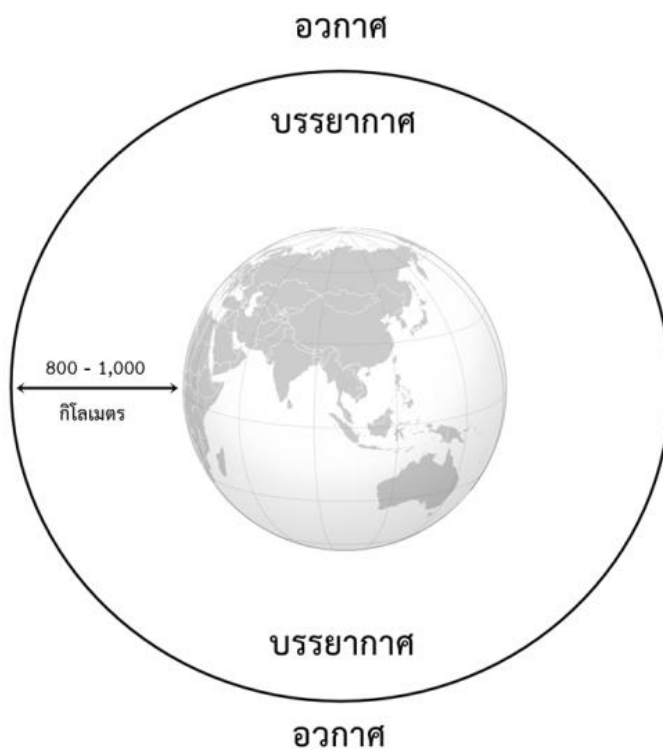
บรรยากาศเป็นเสมือนผ้าห่มผืนใหญ่ที่ห่อหุ้มโลก เกิดขึ้นหลังจากที่โลกถือกำเนิดเมื่อใดนั้น ยังคงเป็นปริศนาให้มวลมนุษยชาติต้องศึกษาหาคำตอบกันไป โลกในยุคแรก ๆ ยังไม่มีบรรยากาศห่อหุ้ม จึงมีข้อสันนิษฐานว่าก๊าซในอากาศและน้ำในมหาสมุทรในยุคแรกนั้นเกิดจากความร้อนภายในใจกลางโลกปะทุขึ้นมาหรือการระเบิดของภูเขาไฟนั่นเอง โดยมีแนวคิดสนับสนุนความร้อนภายในใจกลางโลกปะทุเนื่องจากธาตุกัมมันตรังสีที่จมลงสู่ใจกลางโลกได้ปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา เป็นสาเหตุให้ธาตุต่าง ๆ หลอมเหลวและเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ จากการศึกษาพบว่า การระเบิดของภูเขาไฟมีไอน้ำอยู่ถึงร้อยละ 70 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 30 เป็นก๊าซกำมะถัน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคลอรีน

ในยุคแรกบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกไม่มีก๊าซออกซิเจนอิสระอยู่เลย เมื่อโลกเย็นตัวลงไอน้ำในอากาศก็เริ่มกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและตกลงมาเป็นฝน ในช่วงนี้บรรยากาศของโลกส่วนใหญ่จะเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะหมดไปอย่างรวดเร็วจากการทำปฏิกิริยากับซิลิเกต ทำให้เกิดก๊าซมีเทน สารประกอบคาร์บอนที่ถูกลดออกซิเจนส่วนใหญ่จะละลายรวมกับน้ำทะเลกลายเป็นหินตะกอน บางส่วนที่มีอยู่ในบรรยากาศจะเป็นฉนวนกันรังสีจากดวงอาทิตย์ ทำให้พื้นผิวโลกอุณหภูมิลดลงจนพอเหมาะต่อการกำเนิดสิ่งมีชีวิตจำพวกพืช และบางส่วนจะถูกพืชนำมาใช้ในการสังเคราะห์แสงกลายเป็นออกซิเจนอิสระในอากาศ นอกจากนี้ รังสีจากดวงอาทิตย์ได้ทำให้ไอน้ำในอากาศแตกตัวกลายเป็นออกซิเจน ต่อมา ก๊าซมีเทนค่อย ๆ หมดไปเนื่องจากเกิดกระบวนการออกซิเดชันทำให้เกิดไนโตรเจนขึ้น กอปรกับออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดก๊าซโอโซนกันรังสีจากดวงอาทิตย์ ทำให้พืชเพิ่มจำนวนขึ้นโดยออกซิเจนก็เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่เอื้อต่อการกำเนิดสิ่งมีชีวิต

ส่วนประกอบของอากาศที่พอเหมาะทำให้สิ่งที่มีชีวิตสามารถดำรงชีพอยู่ได้ นอกจากนี้อากาศยังเป็นตัวกลางของคลื่นเสียง ช่วยรักษาระดับอุณหภูมิของโลกระหว่างกลางวันและกลางคืน อีกทั้งเป็นเกราะป้องกันอันตรายจากนอกโลก นอกจากความเป็นมาและความสำคัญของบรรยากาศดังที่กล่าวมาแล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบของอากาศแห่ง การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้เกณฑ์อุณหภูมิ ความสูง สมบัติของก๊าซ และสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ วิกฤติบรรยากาศ ได้แก่ ภาวะโลกร้อน ปรากฏการณ์เรือนกระจก และรูโอโซน อีกทั้งลักษณะของเมฆทั้ง 10 สกุล เพื่อทำความเข้าใจให้ลึกซึ้ง ตระหนักรู้ถึงคุณค่า และช่วยกันรักษาสมดุลเพื่อลดวิกฤติบรรยากาศ เพราะแท้จริงแล้วบรรยากาศมีความสำคัญตราบเท่าที่มนุษย์ยังคงต้องใช้อากาศในการหายใจ

## 2.1 ความหมายและขอบเขตของบรรยากาศ

บรรยากาศ (atmosphere) คือ อากาศทั้งหมดที่ห่อหุ้มโลกอยู่โดยรอบ หรือกล่าวได้ว่าบรรยากาศคือก๊าซต่าง ๆ ที่ปกคลุมพื้นผิวโลก แผล่สูงขึ้นไปในแนวตั้งจากพื้นผิวโลกเป็นระยะทางประมาณ 1,000 กิโลเมตร ในตำราบางเล่มได้กล่าวถึงขอบเขตบรรยากาศไว้ว่าอยู่สูงขึ้นไปจากพื้นผิวโลก หรือบริเวณระดับน้ำทะเลประมาณ 10,000 กิโลเมตร การกำหนดขอบเขตของบรรยากาศขึ้นอยู่กับการใช้เกณฑ์ในการแบ่งชั้นบรรยากาศซึ่งจะกล่าวถึงในเนื้อหาลำดับต่อไป การกำหนดขอบเขตทั้งสองระดับถือว่าเป็นส่วนบนสุดของบรรยากาศที่เชื่อมต่อกับก๊าซระหว่างดาว ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ขอบเขตของบรรยากาศ

บรรยากาศและอากาศ มีขอบเขตความหมายแตกต่างกัน บรรยากาศมีความหมายที่กว้างกว่า หมายถึง อากาศทั้งหมดที่ห่อหุ้มโลก ส่วนอากาศมีความหมายคืออากาศที่ปกคลุมเหนือบริเวณใดบริเวณหนึ่ง

แม้ข้อมูลเกี่ยวกับขอบเขตของชั้นบรรยากาศจะไม่สามารถหาข้อสรุปได้แน่นอนชัดเจนว่ามีขอบเขตสิ้นสุดที่ระดับความสูงใด สรุปได้เพียงว่าบรรยากาศจะเจือจางลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น จนถึงช่วงที่ไม่มีบรรยากาศซึ่งเป็นก๊าซระหว่างดาว จากที่กล่าวมาข้างต้น สุวพันธ์ นิลาชน (2543, หน้า 3-4) ได้กล่าวถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศ ซึ่งทำให้ทราบว่าไม่มีโมเลกุลของก๊าซในระดับความสูงต่าง ๆ ได้แก่

1. ปรากฏการณ์การเกิดแสงเงินแสงทอง (twilight) เกิดขึ้นเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในแนวใต้ขอบฟ้าจากผิวโลก แสงจากดวงอาทิตย์จะถูกสะท้อนจากบรรยากาศมายังผู้มอง ทำให้เห็นเป็นแสงเงินแสงทอง ประมาณระดับความสูงที่สุดที่สะท้อนแสงนี้อยู่ที่ความสูงประมาณ 60 กิโลเมตรจากผิวโลก

2. ปรากฏการณ์ผีพุ่งไต้ (meteors) โดยการถ่ายภาพจากสถานีตรวจอากาศชั้นบนสองแห่งพร้อม ๆ กัน ความสูงที่สุดที่ตรวจได้ประมาณ 300 กิโลเมตร แสดงให้เห็นว่าในระดับความสูงนี้ยังมีความหนาแน่นของอากาศพอเพียงที่ทำให้เกิดการเสียดสีจนมีความร้อนสูงเกิดแสงสว่างออกมา

3. ปรากฏการณ์ม่านแสง วังแสง (aurora borolis) เป็นม่านหรือแผ่นแสงสีเขียวซีด ๆ บางทีก็มีสีเหลือง สีเขียวหรือสีแดงเรื่อ ๆ เหมือนม่าน เป็นปรากฏการณ์แผลงไฟฟ้าซึ่งจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีก๊าซที่มีความแน่นมาก จากการตรวจพบว่าเกิดที่ระดับสูงเฉลี่ยปานกลางอยู่ประมาณ 700 กิโลเมตร

ทั้งสามปรากฏการณ์ สามารถใช้เป็นหลักฐานหรือประจักษ์พยานอ้างอิง เพื่อสนับสนุนข้อสรุปได้ว่า บรรยากาศมีขอบเขตจำกัด มีระดับความสูงจากพื้นโลกขึ้นไปในแนวตั้งประมาณ 1,000 กิโลเมตร

จากข้อมูลดังกล่าวไว้ว่าชั้นบรรยากาศมีขอบเขตถึง 10,000 กิโลเมตรเหนือระดับน้ำทะเลนั้น อาเธอร์ เอ็น สตราห์เลอร์ อ้างถึงใน เสวก ใจสะอาด (2543, หน้า 8) ได้แบ่งบรรยากาศออกเป็น 2 ชั้น ได้แก่ บรรยากาศชั้นในกับบรรยากาศชั้นนอก บรรยากาศชั้นในหรือชั้นโฮโมสเฟียร์ เริ่มตั้งแต่พื้นผิวโลกขึ้นไปจนถึงระดับความสูง 90 กิโลเมตร ส่วนบรรยากาศชั้นนอกหรือชั้นเฮเทอโรสเฟียร์เป็นชั้นที่อยู่สูงจากบรรยากาศชั้นในขึ้นไปจนถึงชั้นสูงสุดชั้นบรรยากาศ ประกอบด้วยชั้นโมเลกุลของไนโตรเจนอยู่ระดับความสูง 90-200 กิโลเมตร ถัดขึ้นไปเป็นชั้นอะตอมของออกซิเจน เป็นชั้นบรรยากาศ ที่อยู่บริเวณระดับความสูง 200-1,100 กิโลเมตรเหนือพื้นโลก สูงขึ้นไปเป็นชั้นของก๊าซฮีเลียมซึ่งเป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่ระดับความสูง 1,100-3,500 กิโลเมตร และชั้นสุดท้ายคือชั้นของก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งจะอยู่บริเวณเหนือระดับความสูง 3,500 กิโลเมตรขึ้นไปจนถึงระดับความสูง 10,000 กิโลเมตร เหนือบรรยากาศชั้นของไฮโดรเจนจะเป็นก๊าซระหว่างดาว

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การกำหนดขอบเขตของบรรยากาศทั้งสองระดับ เป็นเพียงค่าโดยประมาณที่มีประจักษ์พยานสนับสนุนอ้างอิง กรณีในการแบ่งชั้นบรรยากาศในแต่ละชั้นนั้น จำแนกตามคุณสมบัติต่าง ๆ ในการศึกษาอุตุนิยมวิทยาจะทำการศึกษาระดับบรรยากาศบริเวณพื้นผิวโลก ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของทุกสรรพชีวิต อากาศจะมีความหนาแน่นมากที่สุดที่พื้นผิวโลกบริเวณระดับน้ำทะเล โดยอากาศจะมีความหนาแน่นประมาณ 1.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มวลอากาศประมาณร้อยละ 50 จะอยู่ใกล้ผิวโลกที่ระดับความสูงไม่เกิน 5.5 กิโลเมตร ที่ระดับความสูงไม่เกิน 30 กิโลเมตรจะมีมวลของอากาศร้อยละ 99 และอีกร้อยละ 1 จะอยู่เหนือขึ้นไป ซึ่งในช่วงระยะความสูงดังกล่าวความหนาแน่นของบรรยากาศจะเริ่มลดลงจนเจือจาง ผสมกลมกลืนไปกับก๊าซและฝุ่นละอองระหว่างดวงดาว

## 2.2 ส่วนประกอบของอากาศแห้ง

อากาศจัดเป็นสสารชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่สามารถสัมผัสได้ อากาศเป็นสิ่งจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต ถ้าปราศจากอากาศสิ่งมีชีวิตเกือบทั้งหมดก็ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ประกอบด้วยก๊าซต่าง ๆ ในปริมาณคงที่ ก๊าซต่าง ๆ เหล่านี้เรียกว่าอากาศแห้ง รวมกับสารอื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละพื้นที่ ได้แก่ ไอน้ำ ฝุ่นควัน สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ที่ปะปนในอากาศ

Weisberg (1981) อ้างถึงใน รังสรรค์ อาภาคัพทะกุล (2547, หน้า 18) ได้กำหนดส่วนประกอบของอากาศแห้งคิดเป็นร้อยละโดยปริมาตรของก๊าซต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของอากาศแห้ง

ชนิดของก๊าซ	สัญลักษณ์และสูตรเคมี	ร้อยละโดยปริมาตร
ไนโตรเจน	N <sub>2</sub>	78.084
ออกซิเจน	O <sub>2</sub>	20.946
อาร์กอน	Ar	0.934
คาร์บอนไดออกไซด์	CO <sub>2</sub>	0.032
นีออน	Ne	0.0018
ฮีเลียม	He	0.000524
มีเทน	CH <sub>4</sub>	0.0002
คริปทอน	Kr	0.000114
ไฮโดรเจน	H <sub>2</sub>	0.00005
ไนตรัสออกไซด์	N <sub>2</sub> O	0.00005
xenon	Xe	0.0000087
โอโซน	O <sub>3</sub>	0.000005

ที่มา ปรับปรุงจาก Weisberg, 1981

เนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวถึงก๊าซที่เป็นส่วนประกอบของอากาศแห้งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของทุกสรรพชีวิต ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซออกซิเจน ก๊าซอาร์กอน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซโอโซน และสารอื่น ๆ ที่ปะปนในอากาศ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ ได้แก่ ไอน้ำและฝุ่นละออง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 2.2.1 ไนโตรเจน

ไนโตรเจน ค้นพบโดย แดเนียล รัทเธอร์ฟอร์ด (Daniel Rutherford) แพทย์ นักเคมี และนักพฤกษศาสตร์ชาวสกอตแลนด์ ในปี พ.ศ. 2315 ก๊าซไนโตรเจนมีอยู่ในบรรยากาศประมาณร้อยละ 78.084 โดยปริมาตร โดยทำการวัดที่ระดับความสูงระหว่าง 90 ถึง 200 กิโลเมตรเหนือพื้นโลก ไนโตรเจนเป็นก๊าซเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับธาตุอื่น ไนโตรเจนจะช่วยเจือจางความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนให้มีความเข้มข้นพอเหมาะกับการหายใจของสิ่งมีชีวิต ถ้าหากก๊าซออกซิเจนมีความเข้มข้นสูงจะทำให้การสันดาปภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเป็นไปอย่างรุนแรง ก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้ ส่วนก๊าซไนโตรเจนในดินจะช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดี แบคทีเรียไรโซเบียมในพืชตระกูลถั่วจะช่วยตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศไว้ในดิน ทำให้ดินมีความสมบูรณ์เหมาะแก่การเพาะปลูกพืช

### 2.2.2 ออกซิเจน

ออกซิเจน ค้นพบโดย โจเซฟ พริสต์ลีย์ (Joseph Priestley) นักวิทยาศาสตร์ ชาวอังกฤษ เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2317 ออกซิเจนมีอยู่ในบรรยากาศประมาณร้อยละ 20.946 โดยปริมาตร ที่ระดับความสูงต่าง ๆ ความกดของออกซิเจนจะมีประมาณหนึ่งในห้าส่วนของความกดอากาศทั้งหมด ออกซิเจนมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก สิ่งมีชีวิตจะหายใจเอาออกซิเจนเข้าไปเพื่อสันดาปกับอาหารในร่างกาย แล้วปล่อยพลังงานและคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา อัตราที่ปอดของมนุษย์จะดูดรับออกซิเจนได้อยู่ที่ความกดอากาศประมาณ 200 มิลลิบาร์ ถ้าความกดของก๊าซออกซิเจนน้อยลงมนุษย์จะรู้สึกอ่อนเพลีย มีอาการง่วงนอน ตาลาย และจะหมดสติในที่สุด นอกจากนี้ ก๊าซออกซิเจนยังใช้สันดาปกับเชื้อเพลิงเพื่อให้พลังงานความร้อนและแสงสว่าง พลังงานที่ได้สามารถนำไปใช้ในการปรุงอาหาร ให้แสงสว่างในเวลากลางคืน เป็นต้น

### 2.2.3 อาร์กอน

อาร์กอน ค้นพบโดย วิลเลียม แรมเซย์ (William Ramsay) นักเคมีชาวอังกฤษ ในปี พ.ศ. 2437 อาร์กอนมีอยู่ในบรรยากาศร้อยละ 0.934 โดยปริมาตร อาร์กอนสามารถทำละลายกับน้ำได้ เช่นเดียวกับออกซิเจน และทำละลายกับน้ำมากกว่าไนโตรเจน 2.5 เท่า คุณสมบัติของอาร์กอนจะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ และปลอดภัย เป็นได้ทั้งสามสถานะคือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซอาร์กอนส่วนใหญ่จะใช้เป็นก๊าซเฉื่อยในการเชื่อมและกระบวนการทางอุตสาหกรรมที่อุณหภูมิสูงมีสารอื่น ๆ ปกติจะไม่ทำปฏิกิริยากลายเป็นทำปฏิกิริยา เช่น ชั้นบรรยากาศอาร์กอน นอกจากนี้ ยังมีการปลดปล่อยก๊าซหลอดอาร์กอนทำให้ก๊าซสีเขียวยว-สีฟ้า โดดเด่นด้วยแสงเลเซอร์ นอกจากนั้น อาร์กอนยังใช้เป็นสารเรืองแสง

### 2.2.4 คาร์บอนไดออกไซด์

คาร์บอนไดออกไซด์ ค้นพบโดย โจเซฟ แบลค (Joseph Black) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส เมื่อปี พ.ศ. 2295 คุณสมบัติคือ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ มีความเป็นกรดอ่อน ๆ หนักกว่าอากาศ

และละลายน้ำได้ ก๊าซชนิดนี้มีอยู่ในบรรยากาศประมาณร้อยละ 0.0325 โดยปริมาตร ถึงแม้จะมีปริมาณน้อยแต่มีความสำคัญต่อบรรยากาศมาก เพราะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะช่วยดูดกลืนความร้อนจากดวงอาทิตย์และความร้อนที่พื้นผิวโลกคายออก ทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศไม่สูงและต่ำเกินไป ก๊าซนี้มีความสำคัญต่อพืชมากเพราะพืชสีเขียวจะดูดไปใช้ในการสังเคราะห์แสง เพื่อการเจริญเติบโตและสร้างเนื้อเยื่อต่าง ๆ นอกจากนั้น ก๊าซนี้ยังสามารถกลับเข้าสู่บรรยากาศได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง การระเบิดของภูเขาไฟ การเน่าเปื่อยผุพังของสิ่งมีชีวิตในดิน เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำได้ดี จึงละลายอยู่ในมหาสมุทร ทำให้มีปริมาณเหลือเป็นอิสระในอากาศเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

### 2.2.5 โอโซน

โอโซน ค้นพบโดย คริสเตียน ฟรีดริช เซินไบน์ (Christian Friedrich Schönbein) นักเคมีชาวเยอรมัน ในปี พ.ศ. 2383 ก๊าซโอโซนมีไม่เกิน 10 โมเลกุลต่อ 1,000,000 โมเลกุลของอากาศ ส่วนมากจะมีความหนาแน่นที่ระดับความสูงประมาณ 13-32 กิโลเมตรเหนือพื้นโลก เรียกบรรยากาศชั้นนี้ว่าชั้นโอโซน ปริมาณของโอโซนจะเปลี่ยนแปลงตามความสูง ละติจูด และเวลา ถึงแม้โอโซนจะมีจำนวนน้อยแต่ก็มีความสำคัญต่อสิ่งที่มีชีวิตบนโลกมาก โอโซนจะทำหน้าที่ป้องกันรังสีเหนือม่วงให้ส่งผ่านมาถึงพื้นโลกในปริมาณที่พอเหมาะ โดยสิ่งมีชีวิตบนโลกสามารถนำไปใช้ในการสร้างวิตามินดีและการเจริญเติบโตของกระดูก

### 2.2.6 ไอน้ำ

ไอน้ำ เป็นส่วนประกอบในอากาศที่อยู่ในสถานะก๊าซ เกิดขึ้นจากการระเหยของน้ำบริเวณผิวหน้า จากสิ่งมีชีวิต และการระเบิดของภูเขาไฟ ปกติในบรรยากาศจะมีไอน้ำปะปนอยู่ไม่เกินร้อยละ 4 มีมากใกล้พื้นผิวโลกปริมาณของไอน้ำเปลี่ยนแปลงได้ตามสถานที่ ความสูง และฤดูกาล ไอน้ำจะมีปริมาณน้อยโดยประมาณร้อยละ 3 ของมวลอากาศ บริเวณชายทะเลแถบโซนร้อนที่มีอากาศร้อนจะมีปริมาณไอน้ำมากประมาณร้อยละ 3 ส่วนในเขตทะเลทรายที่แห้งแล้งและอากาศร้อนจะมีไอน้ำอยู่เพียงร้อยละ 0.05 หรือน้อยกว่า บริเวณบรรยากาศชั้นล่างที่ระดับความสูงจากพื้นผิวโลกไม่เกิน 6 กิโลเมตรจะมีปริมาณไอน้ำมากกว่าร้อยละ 90 ที่เกิดจากการระเหยของน้ำบนพื้นผิวโลกและทะเลสู่อากาศ ไอน้ำจึงมีการจับตัวกันอยู่ในระดับความสูงไม่เกิน 6 กิโลเมตรจากพื้นดิน

โดยปกติจะไม่สามารถมองเห็นไอน้ำในบรรยากาศได้ด้วยตาเปล่า แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงไอน้ำจะเกิดการอึดตัวกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ไอน้ำมีคุณสมบัติเหมือนก๊าซอื่น ๆ ในบรรยากาศจึงมีความดันเรียกว่าความดันไอน้ำ

ไอน้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญที่สุดทางอุตุนิยมวิทยา เพราะไอน้ำเป็นตัวการที่ทำให้เกิดเมฆ ฝน ลูกเห็บ น้ำค้าง และหิมะ ไอน้ำช่วยกำจัดสิ่งสกปรกในอากาศและควบคุมอุณหภูมิของโลกให้พอเหมาะสรุปความสำคัญของไอน้ำได้ดังต่อไปนี้

- ก) ไอน้ำเป็นแหล่งน้ำที่ทำให้เกิดกระบวนการกลั่นตัว การควบแน่น ทำให้เกิดการก่อตัวของเมฆ และเกิดหยาดน้ำฟ้าในรูปแบบต่าง ๆ ที่ตกลงมายังพื้นโลก เช่น น้ำค้าง หมอก หิมะ
- ข) ไอน้ำเป็นตัวดูดกลืนรังสีคลื่นสั้นและรังสีคลื่นยาวที่ส่องผ่านมายังโลก เป็นการสะท้อนรังสีกลับขึ้นไปในบรรยากาศ นอกจากนี้ไอน้ำยังเป็นตัวกำหนดอุณหภูมิของอากาศ
- ค) ความร้อนแฝงที่มีอยู่ในไอน้ำ เป็นแหล่งพลังงานสำคัญที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ อีกทั้งมีผลต่อการหมุนเวียนของบรรยากาศ และการผันแปรของบรรยากาศบนพื้นผิวโลก
- ง) ไอน้ำหรือความชื้นในบรรยากาศเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการระเหยของน้ำที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก
- จ) ไอน้ำสามารถเปลี่ยนสถานะได้ 3 สถานะ จากก๊าซเป็นของเหลว และจากของเหลวเป็นของแข็งได้ดี

### 2.2.7 ฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองเป็นสิ่งสกปรกที่ปะปนอยู่ในบรรยากาศ มีลักษณะเป็นอนุภาคเล็ก ๆ มีทั้งขนาดที่มองเห็นและมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ถือว่ามีความสำคัญต่อสิ่งที่มีชีวิตบนโลก เพราะจะช่วยให้ไอน้ำในอากาศก่อรูปเป็นเมฆ หมอก และฝน ฝุ่นละอองมี 2 ประเภทคือ

- ก) อินทรีย์สาร ได้แก่ แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อโรค ละอองเกสรดอกไม้ และสปอร์ของพืช
- ข) อนินทรีย์สาร ได้แก่ เขม่า ผง ฝุ่นละอองที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ ผีเสื้อเกลือ และเกิดจากหินที่เปลี่ยนเป็นฝุ่น เนื่องจากการกัดเซาะตามธรรมชาติของกาลอากาศ

## 2.3 ชั้นบรรยากาศ

การแบ่งชั้นบรรยากาศ แบ่งตามเกณฑ์ต่าง ๆ ได้ 4 แบบ ดังต่อไปนี้

### 2.3.1 การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์

การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์ เกิดจากการสำรวจโครงสร้างอุณหภูมิของบรรยากาศในแนวตั้ง โดยผู้ที่ทำการตรวจวัดจะขึ้นไปพร้อมกับลูกบอลลูนที่ลอยสูงขึ้นไป จากการสำรวจได้ข้อสรุปว่า ภายในระยะความสูง 10 กิโลเมตรเหนือระดับพื้นผิวโลก อุณหภูมิอากาศจะลดลงตามความสูงเฉลี่ยประมาณ 6.5 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามความสูงนี้จะแปรเปลี่ยนจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งในอัตราที่ไม่เกิน 10 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร แต่อาจยกเว้นในบริเวณเหนือพื้นผิวโลกเท่านั้น

ในปี พ.ศ. 2445 ไทเซอร์เรนซ์ ดี บอร์ต (Tiesserenc de Bort) นักอุตุนิยมวิทยาชาวฝรั่งเศส และริชาร์ด แอสมัน (Richard Assmon) นักอุตุนิยมวิทยาชาวเยอรมัน ได้ค้นพบบรรยากาศชั้นที่อยู่เหนือระดับ 10 กิโลเมตรขึ้นไป เป็นชั้นบรรยากาศที่อุณหภูมิคงที่ หรือมีฉนวนอุณหภูมิก็จะ

เพิ่มขึ้นตามความสูง ไทเซอร์เรนซ์ ดี บอร์ด ให้ชื่อชั้นบรรยากาศที่อยู่ต่ำสุดว่าโทรโพสเฟียร์ ซึ่งหมายถึงขอบเขตของอากาศที่มีเสถียรภาพค่อนข้างต่ำ เรียกชั้นบรรยากาศที่อยู่สูงขึ้นไปว่าสตราโตสเฟียร์ หมายถึงชั้นอากาศซึ่งมีเสถียรภาพสูง

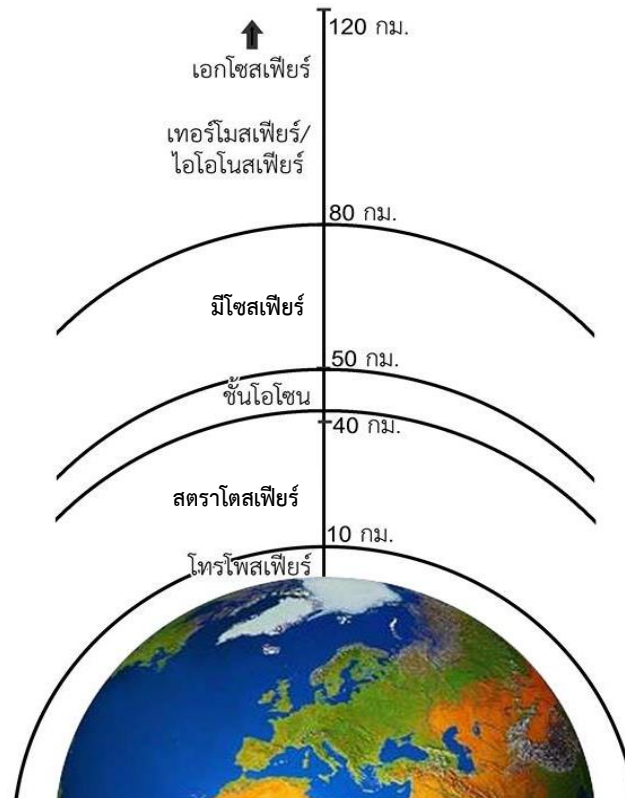
การสำรวจอุณหภูมิในบรรยากาศที่สูงขึ้นไป เป็นการทำงานที่เสี่ยงและมีค่าใช้จ่ายสูง การสำรวจจึงกระทำได้เป็นครั้งคราวเท่านั้น ทำให้เกิดการคิดค้นวิธีการหยั่งอากาศโดยนักอุตุนิยมวิทยาชาวโซเวียตชื่อ พาเวล เอ มอลชานอฟ (Pavel A. Molchanov) ในปี พ.ศ. 2470 เข้าสู่ยุคใหม่ของการสำรวจบรรยากาศ การหยั่งอากาศสามารถทำได้เป็นประจำ เครื่องข่ายสถานีตรวจอากาศผิวพื้นทั้งหมดสามารถทำการตรวจอากาศได้พร้อม ๆ กันในเวลาเดียวกัน โดยใช้วิธีปล่อยลูกบอลลู่นขึ้นไปโดยไม่ต้องมีมนุษย์ติดตามขึ้นไปด้วย ในบอลลู่นจะติดตั้งเครื่องมือตรวจอากาศที่มีราคาไม่แพงมากนัก โดยจะส่งผลการตรวจกลับมายังโลกในรูปของคลื่นวิทยุ ระบบการหยั่งอากาศสมัยใหม่สามารถตรวจวัดได้ถึงระดับความสูงประมาณ 40 กิโลเมตร เครื่องมือตรวจอากาศชนิดเดียวกันนี้เมื่อนำไปติดตั้งไว้ในจรวด กอปรกับการใช้หลักวิชาการด้านป้องกันการสะท้อนของเสียง ทำให้มนุษย์สามารถทำการสำรวจชั้นบรรยากาศที่อยู่สูงขึ้นไประหว่าง 40-80 กิโลเมตรจากพื้นโลกได้ สำหรับข้อมูลต่าง ๆ ของชั้นบรรยากาศที่สูงกว่านี้สามารถพิจารณาได้จากการตรวจวัดของดาวเทียม องค์การการบินพลเรือนระหว่างชาติ (International Civil Aeronauticle Organization: ICAO) ได้กำหนดการกระจายของอุณหภูมิตามแนวตั้งของบรรยากาศมาตรฐานในบริเวณละติจูดกลาง ณ บริเวณ 45 องศาเหนือไว้ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิของบรรยากาศมาตรฐานที่ระดับความสูงต่าง ๆ

ความสูง (km)	อุณหภูมิ ( $^{\circ}$ K)	อุณหภูมิ ( $^{\circ}$ C)
0.000	288.15	15.15
11.000	216.65	-56.35
20.000	216.65	-56.35
32.000	228.65	-44.35
47.000	270.65	-2.35
52.000	270.65	-2.35
61.000	252.65	-20.35
79.000	180.65	-92.35
88.743	180.65	-92.35
90	180.65	-92.35
100	210.02	-62.98
110	257.00	-16
120	359.49	86.49
150	892.79	619.79
160	1,022.20	749.2
170	1,103.40	830.4
190	1,205.40	932.4
230	1,322.30	1049.3

ที่มา อรุณช ไพศาลอัชพงษ์, 2556, หน้า 17

โครงสร้างของบรรยากาศในแนวตั้งที่แบ่งตามเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ชั้น ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์

**2.3.1.1 โทรโพสเฟียร์** เป็นชั้นของบรรยากาศที่อยู่ล่างสุดใกล้กับพื้นผิวโลก นอกจากจะประกอบด้วยบรรยากาศร้อยละ 75 แล้วยังมีความชื้นและผงฝุ่นที่มีอยู่ในบรรยากาศทั้งหมด เป็นชั้นบรรยากาศที่มีการผสมกันในแนวดิ่ง ลักษณะเด่นของบรรยากาศชั้นนี้คือ อุณหภูมิจะลดลงตามระดับความสูง อัตราการเปลี่ยนของอุณหภูมิตามความสูงในบรรยากาศลดลงโดยเฉลี่ยประมาณ 6.5 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร และอุณหภูมิจะลดลงตามความสูงอย่างรวดเร็วในบริเวณเหนือภาคพื้นทวีปในฤดูร้อน และเหนือภาคพื้นมหาสมุทรในฤดูหนาว ในชั้นสูงสุดของโทรโพสเฟียร์พบว่าพิสัยอุณหภูมิ -45-(-50) องศาเซลเซียส ในบางกรณีอาจเกิดชั้นแคบ ๆ ที่อุณหภูมิจะเพิ่มตามความสูงซึ่งเราเรียกว่าเกิดการหวนกลับของอุณหภูมิ (temperature Inversion) ที่เกิดจากการเย็นลงของผิวพื้นดิน โดยการแผ่รังสีหรือจากการที่อากาศอุ่นสัมผัสกับพื้นผิวที่เย็นกว่า การหวนกลับของอุณหภูมิจะเกิดเหนือบริเวณภาคพื้นทวีปในฤดูหนาว และเกิดเหนือบริเวณมหาสมุทรในฤดูร้อน ส่วนที่สูงที่สุดของโทรโพสเฟียร์เรียกว่าโทรโปพอส ความสูงของระดับโทรโปพอสไม่คงที่แต่จะแปรเปลี่ยนไปตามบริเวณ และไม่มีการต่อเนื่อง โทรโปพอสจะอยู่สูงที่สุดเหนือบริเวณเส้นศูนย์สูตรประมาณ 12-18 กิโลเมตร และอยู่ต่ำที่สุดเหนือบริเวณขั้วโลกคือสูงประมาณ 8-10 กิโลเมตร นั่นคืออุณหภูมิของอากาศชั้นล่าง ๆ ยิ่งสูงเท่าไรระดับของโทรโปพอสจะสูงขึ้นเท่านั้น

จากอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามความสูงของบรรยากาศในชั้นนี้มีค่าเฉลี่ยประมาณ 6.5 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร ดังนั้น อุณหภูมิของโทรโพพอสจะมีค่าต่ำในบริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตร หมายความว่าอุณหภูมิต่ำสุดของบรรยากาศในชั้นโทรโพสเฟียร์จะอยู่เหนือบริเวณเส้นศูนย์สูตรและมีค่าประมาณ -85 องศาเซลเซียส ที่ระดับความสูง 12-18 กิโลเมตร ในทางตรงข้าม อุณหภูมิต่ำสุดของโทรโพพอสเหนือบริเวณขั้วโลกจะมีค่าประมาณ -60 องศาเซลเซียส ที่ระดับความสูง 8-10 กิโลเมตร จะเห็นว่าจากการหวนกลับของอุณหภูมิเหนือระดับนี้ขึ้นไปอุณหภูมิลบเพิ่มขึ้นตามความสูงแทนที่จะลดลงตามความสูง โทรโพพอสเป็นเขตของบรรยากาศที่แบ่งชั้นที่มีไอน้ำ กับชั้นที่ไม่มีไอน้ำ จึงเป็นระดับสูงสุดที่จำกัดการเกิดเมฆและพายุ

การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศประจำวัน นักอุตุนิยมวิทยา จะให้ความสนใจกับบรรยากาศชั้นนี้ เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของอากาศทั้งในแนวราบและแนวตั้ง จึงทำให้เกิดความแปรปรวนของอากาศ ตลอดจนปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของอากาศเกือบทั้งหมดจะเกิดขึ้นในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์

**2.3.1.2 สตราโตสเฟียร์** เป็นส่วนของบรรยากาศที่อยู่เหนือชั้นโทรโพพอสขึ้นไปจนถึงระดับความสูง 50-55 กิโลเมตร โดยปกติอุณหภูมิในระดับล่างของชั้นสตราโตสเฟียร์จะคงที่จนถึงระดับความสูง 20 กิโลเมตร เรียกว่าชั้นอุณหภูมิเท่า (isothermal layer) เนื่องจากชั้นนี้อุณหภูมิลดลงช้า ๆ สูงขึ้นไปจนถึงระดับ 30-35 กิโลเมตร ต่อจากนั้นอุณหภูมิก็จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร จนถึงระดับสูงสุดของชั้นสตราโตสเฟียร์ที่ระดับ 50-60 กิโลเมตร อุณหภูมิจะคงที่เรียกบริเวณที่มีอุณหภูมิตั้งนี้ว่าสตราโตพอส อุณหภูมิสูงสุดจะมีค่าอยู่ระหว่าง 27-77 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่พื้นผิวโลก ในบรรยากาศชั้นนี้มีความชื้นและผงฝุ่นเพียงเล็กน้อย ยกเว้นในกรณีที่มีการระเบิดของภูเขาไฟ นอกจากนี้ ปริมาณความเข้มข้นของโอโซนจะมีอยู่สูงในบรรยากาศชั้นนี้ โอโซนจะช่วยดูดกลืนรังสีเหนือม่วงจากดวงอาทิตย์ และเนื่องจากมวลอากาศในชั้นนี้มีความหนาแน่นต่ำ ดังนั้นรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับจะถูกถ่ายเทให้โมเลกุลต่าง ๆ ที่มีอยู่ค่อนข้างน้อย ทำให้โมเลกุลเหล่านี้มีพลังงานจลน์สูงและยังส่งผลให้อุณหภูมิของบรรยากาศชั้นนี้สูงขึ้น พลังงานความร้อนที่ได้รับจะถูกถ่ายเทไปสู่ระดับต่ำ ๆ โดยการจมลงและการแผ่รังสี ดังนั้น บรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์จึงมีแหล่งความร้อนในระดับสูง ๆ

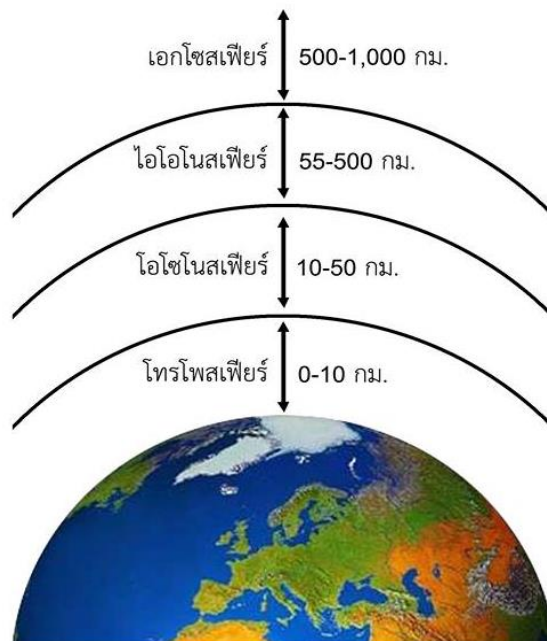
**2.3.1.3 มีโซสเฟียร์** เป็นชั้นบรรยากาศเหนือระดับสตราโตพอสขึ้นไปจนถึงระดับความสูง 80 กิโลเมตรโดยประมาณ อุณหภูมิของอากาศในชั้นนี้จะลดลงตามระดับความสูงจนถึง -95 องศาเซลเซียสจึงจะคงที่ เรียกบริเวณที่มีอุณหภูมิตั้งนี้ว่ามีโซพอส ดังนั้นชั้นมีโซพอสจึงเป็นชั้นบรรยากาศที่มีความหนาวเย็นมากที่สุด จากผิวพื้นโลกขึ้นไปจนถึงระดับมีโซพอส ถือว่าเป็นระดับที่อากาศรวมเป็นเนื้อเดียวกัน กล่าวคือส่วนผสมของก๊าซต่าง ๆ ในบรรยากาศชั้นนี้เกือบคงที่ยกเว้นไอน้ำและโอโซน ซึ่งมีปริมาณที่แปรเปลี่ยนได้ จึงอาจรวมเรียกบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ สตราโตสเฟียร์ และมีโซสเฟียร์ว่า

เป็นชั้นโฮโมสเฟียร์ เนื้อบรรยากาศชั้นมีโซพอสขึ้นไปอากาศจะแบ่งออกเป็นชั้น ๆ ตามสมบัติของก๊าซ แต่ละชนิดที่เป็นส่วนประกอบของบรรยากาศจึงเรียกก๊าซชั้นนี้ว่าเฮเทอโรสเฟียร์

**2.3.1.4 เทอร์โมสเฟียร์** เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่เหนือชั้นมีโซพอสขึ้นไปถึงระดับความสูง 400-500 กิโลเมตร บรรยากาศชั้นนี้อุณหภูมิจะสูงขึ้นตามความสูงอย่างรวดเร็วในตอนแรกจนถึงระดับความสูง 110 กิโลเมตร จากนั้นอัตราการสูงขึ้นของอุณหภูมิจะลดลง บรรยากาศชั้นนี้จะร้อนมาก และมีพิสัยของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 227-1,727 องศาเซลเซียส ความร้อนเป็นผลเนื่องมาจากอะตอมของออกซิเจนและไนโตรเจนดูดกลืนรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ ความหนาแน่นของอนุภาคต่าง ๆ มีน้อยมาก อนุภาคต่าง ๆ จะมีโอกาสเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง และบางอนุภาคก็สามารถหนีรอดจากแรงดึงดูดของโลกได้ ถือว่าเป็นบรรยากาศชั้นที่มีการเปลี่ยนจากบรรยากาศของโลกเป็นก๊าซระหว่างดาวที่บางเบาที่เรียกว่าเอกโซสเฟียร์

### 2.3.2 การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้สมบัติของก๊าซ

การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้สมบัติของก๊าซ แบ่งออกเป็น 4 ชั้น ดังภาพที่ 2.3

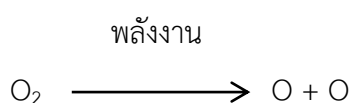


ภาพที่ 2.3 การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้สมบัติของก๊าซ

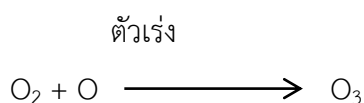
**2.3.2.1 โทรโพสเฟียร์** เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่ติดพื้นผิวโลกและอยู่สูงขึ้นไปจนถึงระดับความสูงเฉลี่ยประมาณ 10 กิโลเมตร ส่วนผสมของบรรยากาศที่มีความสำคัญในบรรยากาศชั้นนี้คือไอน้ำ ซึ่งมีอยู่ถึงร้อยละ 90 อยู่ระหว่างพื้นผิวโลกขึ้นไปจนถึงระดับความสูงไม่เกิน 6 กิโลเมตรเหนือระดับความสูง 10 กิโลเมตรขึ้นไป อากาศจะมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 1 ของความชื้นทั้งหมด

**2.3.2.2 โอโซนสเฟียร์** เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่เหนือชั้นโทรโพสเฟียร์ขึ้นไปจนถึงระดับความสูง 50-55 กิโลเมตร เป็นชั้นที่มีก๊าซโอโซน (O<sub>3</sub>) รวมตัวกันหนาแน่นมากกว่าบรรยากาศในชั้นอื่น ๆ โดยที่บริเวณความสูงประมาณ 25 กิโลเมตร จะมีปริมาณความเข้มข้นของโอโซนมากที่สุดประมาณ 0.2 ppm (part per million) หรือ 0.2 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน จึงเรียกก๊าซชั้นนี้ว่า โอโซนสเฟียร์

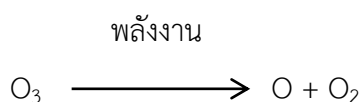
การเกิดและการสลายตัวของโอโซนในชั้นบรรยากาศมี 4 ขั้นตอน ดังนี้  
 ขั้นตอนที่ 1 เมื่อโมเลกุลของออกซิเจนดูดพลังงานที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 0.24 ไมครอน ( 1 ไมครอนเท่ากับ 10<sup>-3</sup> มิลลิเมตร) จะแตกตัวออกเป็นอะตอมของออกซิเจน



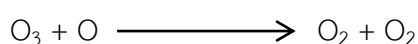
ขั้นตอนที่ 2 อะตอมของออกซิเจนไปชนกับโมเลกุลของออกซิเจน และด้วยอนุภาคที่มีไนโตรเจนเป็นตัวเร่ง อะตอมของออกซิเจนจะรวมกับโมเลกุลของออกซิเจนกลายเป็นโอโซน



ขั้นตอนที่ 3 โอโซนจะไม่มีเสถียรภาพเมื่ออยู่ในที่มีแสงอาทิตย์ ดังนั้น เมื่อได้ดูดพลังงานที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 1.1 ไมครอนจะกลับไปอยู่ในสภาพอะตอมของออกซิเจนและโมเลกุลของออกซิเจนตามเดิม

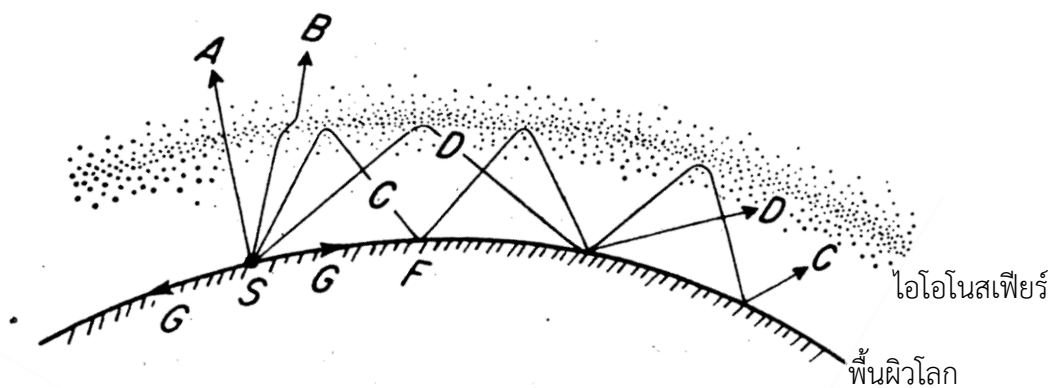


ขั้นตอนที่ 4 อะตอมของออกซิเจนจะรวมตัวกับโอโซนใหม่กลายเป็นโมเลกุลของออกซิเจน



ปริมาณของโอโซนที่อยู่ในบรรยากาศชั้นที่ต่ำกว่าโอโซนสเฟียร์ จะมีอยู่น้อยมากในบริเวณที่ต่ำกว่าระดับ 10 กิโลเมตร โอโซนที่อยู่ในระดับสูงกว่าจะดูดเอารังสีเหนือม่วงไว้เกือบหมด ดังนั้น จึงไม่มีตัวการที่ทำให้โมเลกุลออกซิเจนแตกตัวเป็นอะตอม ส่วนบริเวณเหนือระดับ 50-55 กิโลเมตรนี้ มีออกซิเจนอยู่ในปริมาณที่เบาบางมากเกินกว่าที่จะเกิดการชนกันระหว่างโมเลกุลออกซิเจนกับออกซิเจน ดังนั้น ในระดับสูง ๆ จึงไม่ค่อยมีโอโซน

**2.3.2.3 ไอโอโนสเฟียร์** เป็นชั้นบรรยากาศที่เกิดการแตกตัวเมื่อมีอิเล็กตรอนอิสระอยู่เป็นจำนวนมาก และมากพอที่จะมีผลต่อการเคลื่อนตัวผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ณ ความสูงจากพื้นดินประมาณ 60 กิโลเมตร จะมีความกดอากาศประมาณ 0.35 มิลลิบาร์ เป็นบริเวณความกดอากาศต่ำซึ่งมีอุณหภูมิสูง อากาศจะเกิดการแตกตัวเป็นอิเล็กตรอนอิสระได้จึงถือว่าเป็นไอโอโนสเฟียร์หรือเรียกว่าชั้นของเฮฟวิไซด์ (heaviside layer) บรรยากาศชั้นนี้มีปริมาณมากพอที่จะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ผ่านของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ผลจากการแตกตัวนี้สามารถตรวจพบได้จากระดับความสูงประมาณ 60 กิโลเมตร ขึ้นไปจนถึงระดับความสูงประมาณ 1,000 กิโลเมตร ระหว่างชั้นของไอโอโนสเฟียร์และพื้นผิวโลก คลื่นวิทยุจะถูกสะท้อนไปมาซ้ำแล้วซ้ำอีก ทำให้สามารถส่งสัญญาณวิทยุได้ไกลเป็นระยะทางหลายพันกิโลเมตร ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 อิทธิพลของบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่มีต่อการส่งคลื่นวิทยุ  
ที่มา อรุณช ไพศาลอักษรพงษ์, 2556, หน้า 23

จากภาพที่ 2.4 คลื่น A ผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์โดยไม่มีการเลี้ยวเบน คลื่น B ลอดผ่านชั้นบรรยากาศหลังจากเลี้ยวเบน 2 ครั้ง คลื่น C และคลื่นอื่น ๆ ที่มีมุมเงยเล็กน้อยจะสะท้อนกลับไประหว่างบรรยากาศกับพื้นผิวโลกเรียกว่าคลื่นท้องฟ้า ส่วนคลื่นที่ระดับพื้นดินจะอ่อนลงอย่างรวดเร็วบริเวณ G และ F จะไม่ได้รับทั้งคลื่นผิวดินและคลื่นท้องฟ้า เรียกบริเวณนี้ว่าเขตแห่งความสงบเงียบ

ความเข้มข้นของอิเล็กตรอนอิสระจะค่อย ๆ เพิ่มจากระดับ 60 กิโลเมตรจนถึงระดับประมาณ 350 กิโลเมตร ซึ่งจะมีปริมาณของอิเล็กตรอนอิสระมากที่สุด ไอโอโนสเฟียร์สามารถแบ่งเป็นชั้นย่อย ๆ ดังนี้ คือ

1) ชั้น D (D-layer) จะปรากฏที่ระดับความสูงประมาณ 60-100 กิโลเมตร โดยเฉลี่ยประมาณ 90 กิโลเมตร อากาศชั้นนี้อาจเกิดจากรังสีเหนือม่วงทำให้โมเลกุลของออกซิเจนเกิดการแตกตัวหรือแยกตัวออกจากกัน คุณสมบัติของบรรยากาศชั้นนี้จะสะท้อนคลื่นวิทยุที่มีความถี่ต่ำ และดูดคลื่นวิทยุที่มีความถี่กลางและความถี่สูง ชั้น D มีความสัมพันธ์กับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ กล่าวคือ

จะปรากฏเมื่อมีแสงอาทิตย์และจะหายไปในพื้นที่ที่ดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้า ในตอนกลางวันเป็นช่วงเวลาที่ มีแสงอาทิตย์โชติช่วงชั้น D จะก่อตัวได้ดีและดูดคลื่นวิทยุที่มีความถี่ปานกลางและความถี่สูงไว้ทั้งหมด และสะท้อนกลับเฉพาะคลื่นความถี่ต่ำเท่านั้น เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเกิดการรบกวนอย่างฉับพลันใน บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Sudden Ionospheric Disturbances: SID)

2) ชั้น E (E-layer) เกิดขึ้นที่ระดับความสูงจาก 90-130 กิโลเมตร มีสมบัติในการสะท้อนคลื่นวิทยุที่มีความถี่ปานกลางและความถี่สูงได้ดี บรรยากาศชั้นนี้อาจเกิดจากการกระทำของ เม็ดแสงเหนือม่วง (ultraviolet photon) ของดวงอาทิตย์ที่มีต่อโมเลกุลของออกซิเจนและไนโตรเจน ชั้น E จะอ่อนกำลังในพื้นที่ที่ดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้า สารต่าง ๆ จะเริ่มรวมตัวกันใหม่อีกแต่จะกระทำได้เร็วมาก ในเฉพาะบริเวณล่าง ๆ ของชั้น E เท่านั้น ชั้น E จะค่อย ๆ บางลงในเวลากลางคืน แต่ไม่ได้หมายความว่า อากาศจะสลายหายไป ยกเว้นกรณีที่มีกลางคืนยาวนานชั้น E จะหายไปเลย แบ่งออกเป็น 2 ชั้นย่อย ดังนี้

2.1) E<sub>1</sub> (Sporadic E<sub>1</sub>-layer) อากาศชั้นนี้จะเกิดนาน ๆ ครั้ง และจะเกิด ในกรณีพิเศษเท่านั้น ซึ่งเกิดเนื่องจากดาวตกต่าง ๆ และบางทีก็เกิดจากกลไกเดียวกันกับที่ทำให้เกิดผล กระทบที่มีต่อการส่งคลื่นวิทยุโดยเฉพาะคลื่นวิทยุที่มีความถี่สูงมาก ๆ

2.2) E<sub>2</sub> (E2 Region) บริเวณนี้ส่วนมากจะเกิดในเวลากลางวัน ที่มีระดับ ความสูงประมาณ 150 กิโลเมตร ย่าน E<sub>2</sub> อาจเกิดจากการแตกตัวของอะตอมออกซิเจนอันเนื่องจากรังสี จากดวงอาทิตย์

3) ชั้น F (F Region) หรือแถบ F เป็นย่านกว้างที่มีการสะท้อนของคลื่นวิทยุ เกิดขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ชั้นย่อย ดังนี้

3.1) F<sub>1</sub> (F<sub>1</sub> Region) เป็นบริเวณที่เกิดในเวลากลางวัน ส่วนเวลากลางคืน จะรวมกับชั้น F<sub>2</sub> ที่อยู่ชั้นสูงขึ้นไปอีก แถบ F<sub>1</sub> อาจจะตรวจพบในเวลากลางคืนได้เป็นครั้งคราว ระหว่าง การเกิดการรบกวนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ อากาศในบริเวณนี้มีความสำคัญต่อการเคลื่อนตัว ของคลื่นวิทยุความถี่ปานกลางและความถี่สูง และเป็นชั้นอากาศที่อาจจะเกิดจากการดูดแสงเหนือม่วง ของอะตอมออกซิเจนและโมเลกุลของไนโตรเจน

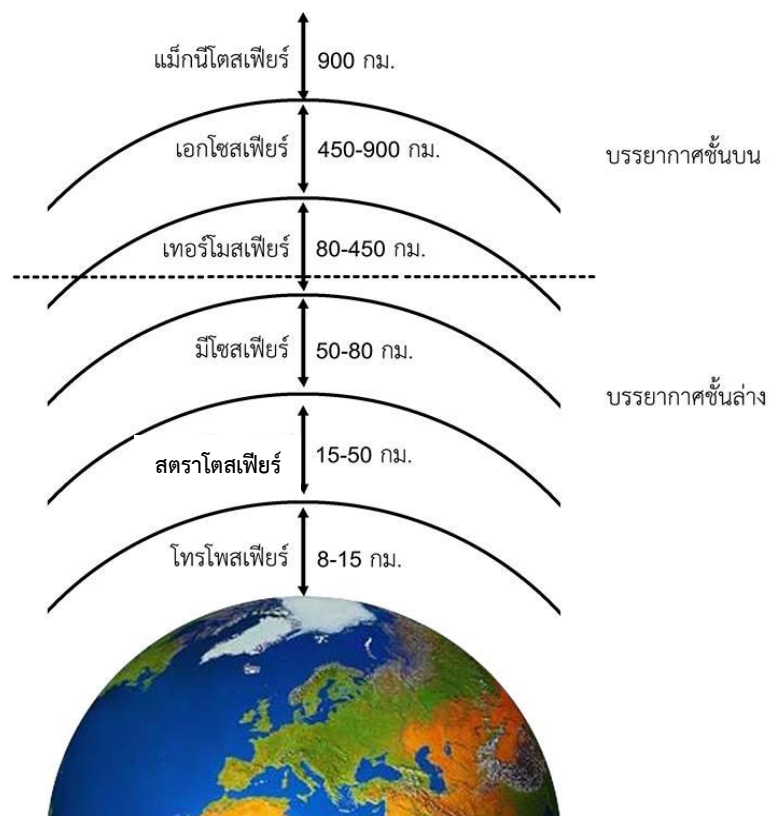
3.2) F<sub>2</sub> (F<sub>2</sub> Region) เป็นบริเวณที่อยู่ที่อยู่ระดับความสูงระหว่าง 220-380 กิโลเมตร หรือโดยเฉลี่ยที่ระดับ 300 กิโลเมตร เป็นชั้นที่อาจจะเกิดจากปฏิกิริยาของเม็ดแสงเหนือม่วงที่ มีต่อโมเลกุลไนโตรเจนและต่ออะตอมออกซิเจน แต่ในปริมาณที่น้อยกว่าแถบ F<sub>2</sub> เป็นชั้นบรรยากาศที่มี ความสำคัญมากต่อวิทยุโทรคมนาคมระยะไกล

4) ชั้น G (G Region) ชั้นนี้จะปรากฏให้เห็นเป็นครั้งคราวที่ระดับความสูง ประมาณ 400 กิโลเมตร เมื่อบริเวณ F<sub>2</sub> มีกำลังอ่อนผิดปกติ ชั้น G อาจจะปรากฏอยู่เป็นประจำแต่ไม่ สามารถตรวจพบได้เนื่องจากชั้น F<sub>2</sub> สามารถสะท้อนคลื่นวิทยุทุกชนิดได้เหมือนกับชั้น G อิเล็กตรอน อิสระในอากาศชั้นนี้เกิดจากปฏิกิริยาของเม็ดแสงเหนือม่วงที่มีต่ออะตอมไนโตรเจน

**2.3.2.4 เอกโซสเฟียร์** เป็นชั้นที่อยู่เหนือชั้นไอโอโนสเฟียร์ขึ้นไป ความหนาแน่นของอะตอมต่าง ๆ ในบรรยากาศจะน้อยลง การชนกันระหว่างอนุภาคต่าง ๆ เกิดได้ยากมาก เหนือระดับนี้ขึ้นไปจะเรียกว่าระดับวิกฤต (critical level) คือชั้นบรรยากาศที่อยู่ชั้นนอกสุดของบรรยากาศโลกที่มีการชนกันระหว่างอนุภาคต่าง ๆ น้อยมาก ระดับความสูงของฐานชั้นเอกโซสเฟียร์นั้นไม่แน่นอนอยู่เหนือระดับ 300 กิโลเมตร ซึ่งอาจจะเป็นบริเวณ 500-1,000 กิโลเมตร เนื่องจากในบรรยากาศมีความหนาแน่นของอากาศน้อยมาก บริเวณฐานของบรรยากาศชั้นนี้จะอุดมภูมิประมาณ 1,500 องศาเซลเซียส และส่วนบนสุดของบรรยากาศมีอุณหภูมิประมาณ 9,727 องศาเซลเซียส ซึ่งมีไฮโดรเจนและฮีเลียมอยู่เป็นจำนวนมาก

### 2.3.3 การแบ่งชั้นบรรยากาศตามระดับความสูง

การแบ่งชั้นบรรยากาศตามระดับความสูง แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ บรรยากาศชั้นล่างและบรรยากาศชั้นบน ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การแบ่งชั้นบรรยากาศตามระดับความสูง

**2.3.3.1 ชั้นบรรยากาศส่วนล่าง** เป็นส่วนที่อยู่ใกล้ผิวโลกอุณหภูมิลดลงตามระดับความสูง ทุกระยะที่สูงขึ้น 100 เมตรอุณหภูมิลดลง 0.64 องศาเซลเซียสจนกว่าจะถึงบรรยากาศส่วนบน แบ่งเป็น 3 ชั้น ดังนี้

1) โทรโพสเฟียร์ คือบรรยากาศชั้นล่างสุด มีความสูงจากพื้นผิวโลกขึ้นไป 8-15 กิโลเมตร มีอิทธิพลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมากที่สุด อาทิ การหายใจของมนุษย์ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้แก่ เมฆ พายุ ลม และลักษณะอากาศต่าง ๆ จะเกิดขึ้นในบรรยากาศชั้นนี้ ซึ่งอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วและรวดเร็วกว่าบรรยากาศชั้นอื่น ๆ

2) สตราโตสเฟียร์ อยู่ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 15-50 กิโลเมตร บรรยากาศชั้นนี้มีก๊าซโอโซนเป็นส่วนประกอบ ซึ่งทำหน้าที่ดูดซับรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นรังสีที่มีอันตรายต่อผิวหนังของมนุษย์และพืชไม่ให้ส่องลงมากระทบถึงพื้นโลก ก๊าซชนิดนี้เกิดจากการที่โมเลกุลของก๊าซออกซิเจนแตกตัวและจัดรูปแบบขึ้นใหม่ เมื่อถูกรังสีจากดวงอาทิตย์ช่วยดูดซับรังสีเหนือม่วงของแสงอาทิตย์ทำให้บรรยากาศอุ่นขึ้น เครื่องบินไอพ่นจะบินในชั้นนี้เนื่องจากมีทัศนวิสัยดี

3) มีโซสเฟียร์ สูงจากพื้นดินระหว่าง 50-80 กิโลเมตรอยู่เหนือชั้นโอโซน บรรยากาศชั้นนี้อุณหภูมิลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น โดยอาจต่ำได้ถึง -83 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหรือชั้นส่วนหिनจากอวกาศที่ตกลงมามักถูกเผาไหม้ในชั้นนี้ การส่งคลื่นวิทยุทั่ว ๆ ไปจะเกิดการสะท้อนคลื่นต่าง ๆ ในชั้นนี้เช่นกัน

**2.3.3.2 บรรยากาศส่วนบน** มีคุณสมบัติตรงข้ามกับบรรยากาศส่วนล่าง อุณหภูมิลดลงสูงขึ้นและยิ่งสูงยิ่งร้อนมาก บรรยากาศส่วนนี้จำแนกเป็น 3 ชั้นคือ

1) เทอร์โมสเฟียร์ มีความสูงระหว่าง 80-450 กิโลเมตร ความหนาแน่นของอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ระดับอุณหภูมิลดลงสูงขึ้นมาก อาจสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส สามารถส่งวิทยุคลื่นยาวกว่า 17 เมตรไปได้ทั่วโลก โดยส่งสัญญาณจากพื้นโลกให้คลื่นสะท้อนกับชั้นไอออนของก๊าซไนโตรเจนและออกซิเจน ซึ่งถูกรังสีเหนือม่วงและรังสีเอกซ์ทำให้แตกตัว

2) เอกโซสเฟียร์ มีความสูงจากพื้นโลกประมาณ 450-900 กิโลเมตร มีก๊าซอยู่น้อยมาก มนุษย์อวกาศจะต้องควบคุมบรรยากาศให้มีความดันเท่ากับความดันภายในร่างกาย จึงต้องสวมใส่ชุดที่มีก๊าซออกซิเจนเพื่อช่วยในการหายใจ ดาวเทียมพยากรณ์อากาศจะโคจรรอบโลกในชั้นนี้

3) แมกนีโตสเฟียร์ มีความสูงมากกว่า 900 กิโลเมตร บรรยากาศชั้นนี้จะไม่มีการเกิด ก๊าซใด ๆ อยู่เลย



เหนือพื้นดินในฤดูหนาวและเหนือพื้นน้ำในฤดูร้อน โครงสร้างของอุณหภูมិเหนือภาคพื้นทวีปจะมีการเปลี่ยนแปลงทุกวัน

**2.3.4.2 โทรโพสเฟียร์ชั้นกลางและชั้นบน** บรรยากาศชั้นนี้่อธิพลจากความผิดปกติจะมีผลต่อการไหลเวียนของมวลอากาศน้อยลง โทรโพสเฟียร์ชั้นกลางและชั้นบน อุณหภูมิจะลดลงอย่างสม่ำเสมอตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในแต่ละวันปริมาณความร้อนที่โลกได้รับในเวลากลางวันไม่เพียงพอที่จะมีผลต่ออุณหภูมิที่ระดับมากสูงตั้งแต่ 2 กิโลเมตรขึ้นไป แต่ในเกณฑ์ระยะยาวหลายวันหรือหลายสัปดาห์ ความร้อนที่เกิดเหนือระดับนี้ส่วนมากจะเกิดจากการแผ่รังสีจากโลกหรือการพาความร้อนที่สะสมไว้ซึ่งมากพอที่จะทำให้อากาศอุ่นขึ้นในฤดูใบไม้ผลิ ซึ่งจะตรงข้ามกับฤดูใบไม้ร่วงซึ่งเวลากลางวันสั้นกว่า และมีการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสี ทำให้อุณหภูมิของอากาศในชั้นนี้ลดลง

**2.3.4.3 โทรโพพอส** เป็นชั้นบรรยากาศที่มีการแบ่งเขตระหว่างมีไอน้ำและไม่มีไอน้ำ อยู่ระหว่างชั้นโทรโพสเฟียร์และชั้นสตราโตสเฟียร์ โทรโพพอสในแต่ละพื้นที่จะอยู่ในระดับที่ไม่เท่ากัน ความพยายามในการหาตำแหน่งของโทรโพพอสเป็นบริเวณกว้างจากสถานีเครือข่ายตรวจอากาศต่าง ๆ โทรโพพอสของแต่ละสถานีอาจไม่มีความสอดคล้องกัน นักอุตุนิยมวิทยาจึงยอมรับหลักการการมีหลายโทรโพพอสช้อยเกยกันแบบขั้นบันไดจากที่ระดับสูงที่มีอุณหภูมิต่ำเหนือเขตศูนย์สูตรลาดเอียงไปยังระดับต่ำที่มีอุณหภูมิต่ำใกล้แถบขั้วโลก

**2.3.4.4 สตราโตสเฟียร์** เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่เหนือชั้นโทรโพพอสขึ้นไปจนถึงระดับความสูงประมาณ 50-55 กิโลเมตร เป็นชั้นที่มีก๊าซโอโซนอยู่ในปริมาณมาก ถือว่าเป็นบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์เหมือนการแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์

**2.3.4.5 บรรยากาศชั้นสูง** ชั้นบรรยากาศที่มีลักษณะคล้ายกับชั้นเอกโซสเฟียร์อยู่เหนือสตราโตสเฟียร์จนถึงขอบนอกสุดของบรรยากาศ แบ่งย่อยเป็นชั้นต่าง ๆ ได้เหมือนกับบรรยากาศในชั้นไอโอโนสเฟียร์

## 2.4 วิกฤตบรรยากาศ

### 2.4.1 ภาวะโลกร้อน

ภาวะโลกร้อน (global warming) คือ ภาวะที่อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง นำไปสู่การผันแปรของปริมาณน้ำฝน ระดับน้ำทะเล และมีผลกระทบต่อพืช สัตว์ และมนุษย์

นักวิทยาศาสตร์หลายท่านเชื่อว่า สาเหตุใหญ่ที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนคือมนุษย์ กิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนคือกิจกรรมที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ การเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง และจากการเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมคือการตัดไม้ทำลายป่า

จากการเฝ้าติดตามการผันแปรของอุณหภูมิโลก และการคาดคะเนภูมิอากาศในปี พ.ศ. 2544–2643 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนโลกจะเพิ่มขึ้นถึง 1.1 ถึง 6.4 องศาเซลเซียส ซึ่งเกิดจากก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว อีกทั้งต้นไม้ที่เป็นเสมือนปอดของโลกถูกตัดทำลาย ป่าไม้มีจำนวนลดลงทำให้ไม่มีตัวพอกอากาศที่มากพอ ก๊าซเรือนกระจก ทั้งหลายจึงรวมตัวกันอยู่บนชั้นบรรยากาศของโลกหนาแน่นมากขึ้น ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่เคยถูกสะท้อนกลับออกไปนอกโลกก็ถูกสะสมไว้ในโลกมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้น ผลกระทบจากภาวะโลกร้อนทำให้สภาพลมฟ้าอากาศแปรปรวนผิดแปลกไปจากเดิม เกิดภัยธรรมชาติที่รุนแรงมากขึ้น น้ำท่วม แผ่นดินไหว พายุรุนแรง อากาศที่ร้อนผิดปกติถึงขั้นมีผู้คนเสียชีวิต รวมไปถึงโรคระบาดชนิดใหม่ ๆ หรือโรคระบาดที่เคยหายไปจากโลกก็กลับมาแพร่ระบาดใหม่ และเกิดพาหะนำโรคที่เพิ่มจำนวนมากขึ้น

ในอนาคตคาดว่าผลกระทบของภาวะโลกร้อนจะรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ มนุษย์สามารถช่วยกันลดภาวะโลกร้อนได้หลายวิธี โดยการใช้พลังงานอย่างประหยัดและคุ้มค่า เพราะพลังงานที่ใช้ในทุกวันนี้ต้องผ่านกระบวนการและขั้นตอนในการผลิตมากมาย ในแต่ละขั้นตอนล้วนทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ดังนั้น การลดการใช้พลังงานจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดภาวะโลกร้อนได้ เช่น การปิดไฟเมื่อไม่ได้ใช้ การใช้น้ำอย่างประหยัด การใช้จักรยานแทนรถยนต์ในการเดินทางระยะใกล้ การปลูกต้นไม้ เป็นต้น

หากยังไม่มีมาตรการแก้ไขปัญหาลอกร้อนนับตั้งแต่วินาทีนี้ ในอนาคตข้างหน้าประเทศไทยจะได้รับผลกระทบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (ศูนย์ภูมิอากาศแห่งชาติ, ม.ป.ป.)

ก) ทำให้ฤดูฝนเปลี่ยนแปลงไป กระบวนการระเหยและการกลั่นตัวของน้ำจะเกิดเร็วขึ้น หมายความว่า อาจจะมีฝนตกบ่อยแต่น้ำกลับระเหยเร็วขึ้น ทำให้สภาพของดินแห้งเร็วกว่าปกติในช่วงฤดู เพราะปลูก

ข) ผลผลิตทางการเกษตรจะลดลง เนื่องจากเกิดผลกระทบโดยตรงจากอุณหภูมิ ฝนช่วงเวลาหรือฤดูกาลในการเพาะปลูก นอกจากนี้ยังเกิดผลกระทบทางอ้อมคือ การระบาดของโรคพืชศัตรูพืชและวัชพืช

ค) สัตว์น้ำจะอพยพไปตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำทะเล แหล่งประมงที่สำคัญของโลกจะเปลี่ยนแปลงไป

ง) มนุษย์จะเสียชีวิตเนื่องจากความร้อนมากขึ้น ตัวนำเชื้อโรคในเขตร้อนเพิ่มมากขึ้น ปัญหาภาวะมลพิษทางอากาศในตัวเมืองจะรุนแรงมากขึ้น

จ) ผลกระทบด้านอื่น ๆ เช่น ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ทำให้พื้นที่ชายฝั่งลดลง โลกจะสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ เป็นต้น

เพื่อเป็นการลดผลกระทบจากความรุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ สังคมโลกจึงควรให้ความร่วมมือและช่วยกันรักษาสมดุลทางธรรมชาติให้คงอยู่ตามมาตรการต่อไปนี้

ก) ช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยหันมาใช้ก๊าซธรรมชาติแทนถ่านหินและน้ำมันในกระบวนการผลิตและการขนส่งต่าง ๆ

ข) การใช้พลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ลม หรือชีวมวล

ค) ช่วยกันอนุรักษ์ป่าไม้ที่มีให้คงอยู่ ฟื้นฟูสภาพป่าที่เสื่อมโทรม และปลูกป่าเพิ่มเติม

ง) ศึกษาและปรับปรุงวิธีการใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมกับชนิดของพืช

จ) ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพทั้งในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม และครัวเรือน

ฉ) เพิ่มประสิทธิภาพด้านการคมนาคม โดยการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ทดแทนเชื้อเพลิงหรือปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

## 2.4.2 ปรากฏการณ์เรือนกระจก

ปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) คือ ภาวะที่ชั้นบรรยากาศของโลกเป็นเสมือนกระจก ยอมให้รังสีคลื่นสั้นผ่านลงมายังผิวโลกได้ แต่จะดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดที่แผ่ออกจากพื้นผิวโลกเอาไว้ จากนั้นก็จะคายพลังงานความร้อนให้กระจายอยู่ในชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลก เปรียบเสมือนกระจกที่ปกคลุมผิวโลกให้มีภาวะสมดุลทางอุณหภูมิและเหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตบนผิวโลก

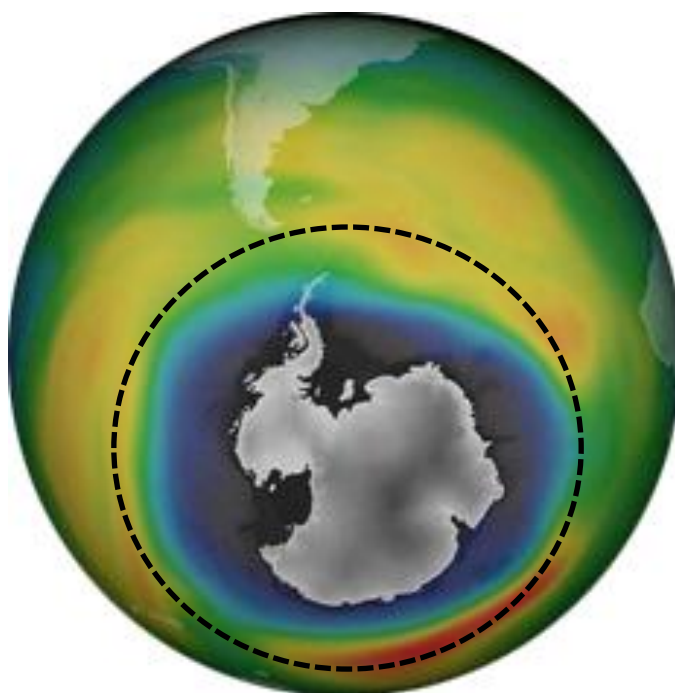
เป็นที่ทราบดีว่าปรากฏการณ์เรือนกระจกมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับภาวะโลกร้อนโดยตรง ซึ่งเกิดจากการเพิ่มปริมาณของก๊าซเรือนกระจก และในปัจจุบันมีก๊าซบางชนิดสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศมากเกินไปจนเกินสมดุล ซึ่งก๊าซเหล่านี้ สามารถดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรด และคายพลังงานความร้อนได้ดี พื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของโลกและสิ่งมีชีวิตบนผิวโลกเป็นอย่างมาก

ปริมาณก๊าซบางชนิดที่มีมากเกินไปจนสมดุลของธรรมชาติอันเป็นผลมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน ( $\text{CFC}_8$ ) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}$ ) เป็นต้น ก๊าซเหล่านี้มีคุณสมบัติดูดกลืนและคายรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดได้ดีมาก ดังนั้น เมื่อพื้นผิวโลกคายรังสีอินฟราเรดขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ก๊าซเหล่านี้จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดเอาไว้ ต่อจากนั้นก็คายความร้อนสะสมอยู่บริเวณพื้นผิวโลก และชั้นบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น พื้นผิวโลกจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้น เรียกก๊าซที่ทำให้เกิดภาวะแบบนี้ว่า "ก๊าซเรือนกระจก" นอกจากนี้จะส่งผลกระทบต่อ การเพิ่มอุณหภูมิของพื้นผิวโลกโดยตรงแล้ว ยังส่งผลกระทบโดยทางอ้อม กล่าวคือ จะไปทำปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซอื่น ๆ และเกิดเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดใหม่ขึ้นมา หรือก๊าซเรือนกระจกบางชนิดอาจรวมตัวกับโอโซนทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดน้อยลง ส่งผลให้รังสีคลื่นสั้นที่ส่องผ่านชั้นโอโซนลงมายังพื้นผิวโลกได้มากขึ้น รวมทั้งปล่อยให้รังสีที่ทำอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตส่องผ่านลงมาทำอันตรายกับสิ่งมีชีวิตบนโลกได้

ด้วยก๊าซเรือนกระจกที่อยู่ในชั้นบรรยากาศของโลกประกอบด้วยก๊าซต่าง ๆ หลายชนิด แต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงตามคุณสมบัติทางเคมีของก๊าซ ก๊าซบางชนิดใช้เวลาสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศนานนับร้อยปี บางชนิดก็สะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศไม่กี่ปีก็จะสลายไป สามารถแบ่งก๊าซเรือนกระจกได้เป็นสองพวกตามอายุการสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศ ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่มีอายุการสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศได้ไม่นาน เนื่องจากก๊าซเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับไอน้ำหรือก๊าซอื่น ๆ จึงทำให้มีอายุสะสมเฉลี่ยสั้น และก๊าซเรือนกระจกที่มีอายุสะสมเฉลี่ยนานหลายปี ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ และก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน ซึ่งเป็นตัวการหลักของการเกิดภาวะเรือนกระจก เนื่องจากสามารถดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้ดีกว่าก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อพื้นผิวโลกสูงขึ้นโดยทางอ้อม ถึงแม้จะมีการรณรงค์เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกันอย่างกว้างขวาง แต่อัตราการเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจกก็ยังมีมากขึ้นในทุกปี

### 2.4.3 รูโหว่อโอโซน

รูโหว่อโอโซน (ozone hole) คือ ปรากฏการณ์ที่ชั้นโอโซนเบาบางลงจนเกิดเป็นรูโหว่เกิดขึ้นในช่วงเดือนกันยายน-พฤศจิกายนของทุกปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521-ปัจจุบัน หรือฤดูใบไม้ผลิของทวีปแอนตาร์กติกาบริเวณขั้วโลกใต้ นอกจากนี้ ยังเกิดการลดลงของโอโซนเหนือบริเวณขั้วโลกเหนือรวมทั้งประเทศที่อยู่ใกล้ขั้วโลก เช่น ทวีปยุโรปและอเมริกา นักวิจัยจากศูนย์อวกาศเยอรมันได้รับข้อมูลที่น่าตกใจจากดาวเทียมที่เฝ้าดูชั้นบรรยากาศโลกถึงรูโหว่ของชั้นโอโซนที่บริเวณขั้วโลกใต้ ที่ได้ขยายขนาดจนใหญ่กว่าทวีปอเมริกาเหนือ ขนาดของรูโหว่นี้มีลักษณะค่อนข้างวงกลม มีขนาดของพื้นที่วัดได้ถึง 26 ล้านตารางกิโลเมตร ขนาดของความกว้างนี้วัดไว้เมื่อต้นเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 รูโหว่ของชั้นโอโซนนี้เคยขยายขนาดจนใหญ่สุดจนเป็นสถิติที่ 27 ล้านตารางกิโลเมตร เมื่อปี 2549 จนเป็นข่าวไปทั่วโลก จากนั้นก็เริ่มลดขนาดลงเรื่อย ๆ ตลอดระยะเวลา 9 ปีต่อมา แต่เมื่อเดือนสิงหาคม 2558 รูโหว่กลับขยายขนาดขึ้นอีกอย่างรวดเร็ว ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 รูโหว่อโอโซนที่ทวีปแอนตาร์กติกาบริเวณขั้วโลกใต้

ที่มา ปรับปรุงจาก Elizabeth Newbern, 2015

#### 2.4.4 ความแตกต่างของภาวะโลกร้อน ปรากฏการณ์เรือนกระจก และรูโหว่อโอโซน

จากวิกฤตบรรยากาศทั้งหมดที่กล่าวมา ได้แก่ ภาวะโลกร้อน ปรากฏการณ์เรือนกระจก และรูโหว่อโอโซน เป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกันจนทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ คลาดเคลื่อน เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องชัดเจน สามารถสรุปความแตกต่างของวิกฤตบรรยากาศทั้ง 3 ได้ดังนี้ (Luecha Ladachat, 2014)

ภาวะโลกร้อนกับปรากฏการณ์เรือนกระจก หลายคนมีความเข้าใจว่าเหมือนกัน แต่โดยความหมายแล้ว สภาวะโลกร้อน หมายถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก ตั้งแต่ช่วงครึ่งหลังของ ศตวรรษที่ 20 และจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต ในขณะที่ปรากฏการณ์เรือนกระจกเป็น กระบวนการที่แก๊สเรือนกระจกในบรรยากาศโลกดูดซับความร้อนซึ่งอยู่ในรูปของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นโลกแผ่ออกมา อันเนื่องมาจากการที่พื้นโลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ การดูดซับรังสีอัลตราไวโอเล็ตนี้ส่งผลให้บรรยากาศของโลกสะสมความร้อนและมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น ปรากฏการณ์เรือนกระจกและสภาวะโลกร้อน จึงไม่ใช่เรื่องเดียวกัน หากแต่ปรากฏการณ์เรือนกระจกเป็นสาเหตุของสภาวะโลกร้อน

รูโหว่อโอโซนกับสภาวะโลกร้อน ปรากฏการณ์ทั้งสองเกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศที่แตกต่างกัน ปรากฏการณ์เรือนกระจกก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนเกิดขึ้นในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ ซึ่งใกล้พื้นโลก ที่สุด ในขณะที่รูโหว่อโอโซนเกิดขึ้นในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ซึ่งสูงถัดขึ้นมาจากชั้นโทรโพสเฟียร์

ความแตกต่างอีกประเด็นคือ ปฏิกิริยาการเรือนกระจกเกี่ยวข้องกับการดูดซับความร้อนในรูปของรังสีอินฟราเรดที่พื้นโลกรวมถึงสิ่งต่าง ๆ บนพื้นโลกปลดปล่อยกลับขึ้นไปยังบรรยากาศ ในขณะที่โอโซนป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากอวกาศที่เดินทางลงมาสู่โลก ปฏิกิริยาทั้งสองจึงเป็นกระบวนการที่ต่างกันอย่างสิ้นเชิง ทั้งนี้ เพราะปฏิกิริยาการเรือนกระจกเป็นเรื่องของการดูดซับรังสีชนิดหนึ่งที่แผ่ขึ้นจากโลก ในขณะที่ปฏิกิริยาการป้องกันรังสีอีกชนิดหนึ่งที่เดินทางมายังโลก แต่ที่ยังเป็นข้อสงสัยคือ หากรูโหว่อโอโซนทำให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตเดินทางมายังโลกมากขึ้น แล้วเหตุใดรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ตกกระทบพื้นโลกมากขึ้นจึงไม่ทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้น เพราะอย่างไรเสียรังสีอัลตราไวโอเล็ตก็เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนได้ คำตอบที่เป็นไปได้ก็คือ แม้รังสีอัลตราไวโอเล็ตสามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนได้ แต่ก็ไม่ใช่สาเหตุหลักที่ทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศโลกเพิ่มสูงขึ้น

รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ตกกระทบพื้นผิวโลก มีค่าสูงสุดในแต่ละวันอยู่ที่เวลาประมาณ 13.00 น. แต่อุณหภูมิของบรรยากาศโลกจะมีค่าสูงสุดช่วงบ่าย ๆ เย็น ๆ ซึ่งหมายความว่า ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ต และอุณหภูมิของบรรยากาศโลกไม่ได้สัมพันธ์กันโดยตรง จึงไม่สามารถสรุปได้ว่า ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ตกกระทบพื้นโลกเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากรูโหว่อโอโซน ทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศโลกเพิ่มขึ้น นั่นคือ ปฏิกิริยาทั้งสองเป็นคนละเรื่องกัน ความเกี่ยวข้องระหว่างรูโหว่อโอโซนกับสภาวะโลกร้อนที่ชัดเจน ณ ตอนนี้เป็น สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) มีสมบัติเป็นทั้งแก๊สเรือนกระจกที่สามารถดูดซับรังสีอินฟราเรดได้ และเป็นสารที่ทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศได้ 1 อะตอมของสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอนสามารถทำลายโอโซนได้ถึง 100,000 อะตอม เป็นสาเหตุของทั้งสภาวะโลกร้อนและรูโหว่อโอโซน

## 2.5 เมฆ

เมฆเป็นสารประกอบอุตุนิยมิวิทยาที่สามารถตรวจวัดได้ด้วยตาเปล่า เป็นละอองน้ำเล็ก ๆ ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.02-0.06 มิลลิเมตร ดังความหมายที่กล่าวไว้ในเนื้อหาบทที่ 1 เมฆเกิดขึ้นจากการกลั่นตัวของไอน้ำในขณะที่ยลอยตัวขึ้นและเย็นลง ซึ่งโดยปกติจะไม่สามารถมองเห็นน้ำในบรรยากาศหากไม่เกิดการกลั่นตัวและรวมตัวเป็นก้อนเมฆขึ้น สิ่งที่ช่วยให้เมฆเกิดการกลั่นตัวก็คือฝุ่นละอองหรือเกลือในบรรยากาศ ถึงแม้ว่าไอน้ำในบรรยากาศจะอิ่มตัวแต่การกลั่นตัวของไอน้ำในบรรยากาศจะไม่เกิดขึ้นหากปราศจากฝุ่นละออง สามารถสรุปกระบวนการเกิดเมฆได้ดังนี้

1. การเกิดเมฆตามกระบวนการอะเดียเบติก (adiabatic cooling process) โดยปกติมวลอากาศชั้นเมื่อได้รับความร้อนจะลอยตัวขึ้นสู่เบื้องสูง ในระดับสูงความกดอากาศจะลดลงทำให้มวลอากาศขยายตัวมีปริมาตรเพิ่มขึ้น การเพิ่มปริมาตรของมวลอากาศทำให้อุณหภูมิลดลงตามกฎของแก๊ส โดยทุกความสูง 1 กิโลเมตรอุณหภูมิจะลดลงประมาณ 6.5 องศาเซลเซียส トラบไคที่อากาศยังลอยตัว

การลดอุณหภูมิแบบนี้จะเกิดขึ้นตลอดเวลา เมื่ออุณหภูมิของอากาศลดลงถึงจุดน้ำค้าง ไอน้ำในอากาศก็จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ การเกิดเมฆตามกระบวนการอะเดียเบติก แบ่งเป็น 4 รูปแบบได้แก่

1.1) เมฆก่อตัวในแนวตั้ง (vertical cloud) เป็นเมฆที่เกิดจากการพาความร้อนของกระแสอากาศ เกิดเมื่ออากาศไม่เสถียร เมื่อมวลอากาศกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่ามวลอากาศแวดล้อม มวลอากาศกลุ่มนั้นจะลอยตัวสูงขึ้น โดยเฉพาะในช่วงบ่าการลอยตัวของอากาศชนิดนี้ก็จะก่อให้เกิดเมฆคิวมูลัสและคิวมูโลนิมบัส ซึ่งจะมองเห็นฐานเมฆเป็นแนวระดับได้ชัดเจน อาจเกิดเป็นกลุ่มก้อนหนาที่บีบียอดสูงหลายกิโลเมตรจากพื้นดิน ฐานเมฆต่ำถ้าหากมีการลอยตัวเป็นกลุ่มก้อนอย่างรวดเร็วเป็นบริเวณกว้าง หรืออาจเกิดเมฆเป็นกลุ่มก้อนลอยเป็นรูปร่างต่าง ๆ

1.2) เมฆที่เกิดจากแนวปะทะ (frontal cloud) เมื่อมวลอากาศร้อนกับมวลของอากาศเย็นมาปะทะกัน อากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นไปตามความลาดชันของมวลอากาศเย็น เมื่อลอยสูงขึ้นเกิดกระบวนการอะเดียเบติก ทำให้อุณหภูมิลดลงถึงจุดน้ำค้าง ไอน้ำจะเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ ถ้าอากาศเสถียรเมฆที่เกิดจากแนวปะทะจะเป็นเมฆแผ่น เช่น เมฆซีร์รัส เมฆซีร์โรสเตรตัส เมฆอัลโตสเตรตัส หรือเมฆนิมโบสเตรตัส แต่ถ้าอากาศไม่เสถียร อาจเกิดเป็นเมฆคิวมูลัส เมฆคิวมูโลนิมบัส หรืออาจเกิดได้ทั้งสองกรณีหากในช่วงแรกอากาศเสถียรแต่เวลาต่อมาอากาศไม่เสถียร

1.3) เมฆที่เกิดจากมวลอากาศเคลื่อนที่ขึ้นไปตามลาดเขา (orographic cloud) เมื่อมวลอากาศเคลื่อนที่ตามแนวราบปะทะภูเขาสูง มวลอากาศจะเคลื่อนที่ขึ้นไปตามลาดเขา ถ้าภูเขาสูงมากพอทำให้มวลอากาศมีอุณหภูมิลดลงถึงจุดน้ำค้าง ไอน้ำในอากาศก็จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ ถ้าอากาศเสถียรก็จะเกิดเป็นเมฆแผ่น เช่น เมฆสเตรตัส ถ้าอากาศไม่เสถียรก็จะเกิดเป็นเมฆก้อนหรือเมฆที่ก่อตัวในแนวตั้ง เช่น เมฆคิวมูโลนิมบัส หรือเมฆคิวมูลัส

1.4) เมฆที่เกิดจากกระแสอากาศปั่นป่วน (turbulence cloud) เมื่อมีอากาศปั่นป่วนหรือลมพัดปะทะสิ่งกีดขวาง อาจทำให้มวลของอากาศลอยตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิลดลงถึงจุดน้ำค้าง ไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นเมฆได้เช่นเดียวกัน ในกรณีดังกล่าวมานี้ส่วนมากจะเกิดเป็นเมฆสเตรตัส หรือเมฆสเตรโตคิวมูลัส

2. เมฆที่เกิดจากการแผ่รังสีสะท้อนกลับ (outgoing radiation) การแผ่รังสีสะท้อนกลับของผิวโลกทำให้อุณหภูมิของอากาศเย็นลงจนถึงจุดน้ำค้าง ทำให้ไอน้ำในอากาศกลั่นตัวเป็นเมฆได้

3. การเกิดเมฆโดยการเพิ่มความชื้นให้กับมวลของอากาศ ในขณะที่ฝนกำลังตกในบางครั้ง อาจจะมีเมฆชั้นต่ำเกิดขึ้นบริเวณเบื้องล่างของเมฆก้อนใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจาก ฝนที่กำลังโปรยลงมาสู่พื้นดิน บางส่วนจะระเหยกลายเป็นไอกลับขึ้นไปสู่เบื้องบน ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณไอน้ำบริเวณฐานเมฆก้อนใหญ่ที่เกือบอิมตัว จนทำให้อากาศอิมตัวขึ้นเกิดเป็นเมฆ ถ้าขณะนั้นอากาศปั่นป่วนก็จะช่วยให้เกิดเมฆก่อตัวเป็นเมฆก้อนใหญ่ได้

ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ ได้กำหนดความหมายและรูปร่างของเมฆว่าเป็นกลุ่มของละอองน้ำขนาดเล็ก ซึ่งเกิดจากการควบแน่นของหยดน้ำในอากาศ เมฆชั้นสูงซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง จะเป็นกลุ่มของผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก โดยปกติน้ำบริสุทธิ์และไอน้ำโปร่งแสงจนไม่สามารถมองเห็นได้ แต่หยดน้ำและผลึกน้ำแข็งมีพื้นผิวสะท้อนแสง ทำให้สามารถมองเห็นเป็นก้อนสีขาว และในบางครั้งมุมตกกระทบของแสงและเงาจากเมฆชั้นบนหรือเมฆที่อยู่ข้างเคียง ความหนาแน่นของหยดน้ำในก้อนเมฆอาจทำให้มองเห็นเมฆเป็นสีเทา รูปร่างของเมฆสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ เมฆก้อนและเมฆแผ่น เมฆก้อนเรียกว่าเมฆคิวมูลัส และเมฆแผ่นเรียกว่าเมฆสตราตัส หากเมฆก้อนลอยชิดติดกันจะนำชื่อทั้งสองมาต่อกันเรียกว่าเมฆสตราโตคิวมูลัส ในกรณีที่เมฆแผ่นจะเพิ่มคำว่า “นิมโบ” หรือ “นิมบัส” ซึ่งแปลว่า “ฝน” เข้าไปโดยเรียกเมฆก้อนที่ทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองว่า เมฆคิวมูโลนิมบัส และเรียกเมฆแผ่นที่มีฝนตกปรอย ๆ อย่างสงบว่าเมฆนิมโบสตราตัส

การแบ่งชนิดของเมฆในทางอุตุนิยมวิทยาได้แบ่งเป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์สภาพลมฟ้าอากาศในการพยากรณ์อากาศ โดยใช้ความสูงของฐานเมฆเป็นเกณฑ์ ลักษณะของเมฆแต่ละชนิดสามารถบอกแนวโน้มของสภาพอากาศที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าได้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 2.5.1 เมฆที่ก่อตัวในแนวตั้ง

เมฆที่ก่อตัวในแนวตั้ง คือ เมฆที่มีความสูงของฐานเมฆเฉลี่ย 500 เมตรหรือ 1,600 ฟุต ส่วนความสูงของยอดเมฆเฉลี่ยถึงความสูงของเมฆซีร์รัส นักอุตุนิยมวิทยาถือว่าเป็นเมฆที่ก่อตัวในแนวตั้งซึ่งมีฐานเมฆอยู่ในระดับเมฆชั้นต่ำ แต่ยอดเมฆอาจอยู่ในระดับของเมฆชั้นกลางและชั้นสูง ได้แก่

**2.5.1.1 เมฆคิวมูลัส (cumulus: Cu)** มีลักษณะเป็นเมฆก้อนหนา มียอดมนกลม ก่อตัวในแนวตั้งกระจุกกระจายเหมือนสำลี ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 เมฆคิวมูลัส

ที่มา Science Struck, 2018

2.5.1.2 เมฆคิวมูโลนิมบัส (cumulonimbus: Cb) มีลักษณะเป็นเมฆก้อนใหญ่และสูง มียอดเมฆแผ่ออกเป็นรูปร่างคล้ายทั่ง เป็นเมฆหนา มีฟ้าแลบ ฟ้าร้อง มีดทับ ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 เมฆคิวมูโลนิมบัส  
ที่มา Aviation, 2015

## 2.5.2 เมฆชั้นต่ำ

เมฆชั้นต่ำ คือเมฆที่มีความสูงของฐานเมฆขนาดปานกลาง ความสูงของยอดเมฆปานกลาง อยู่ที่ระดับความสูงประมาณ 2,000 เมตรหรือ 6,500 ฟุต ได้แก่

2.5.2.1 เมฆสเตรตัส (status: St) มีลักษณะเป็นเมฆแผ่นบางลอยสูงเหนือพื้นไม่มากนัก มักเกิดขึ้นตอนเช้าหรือหลังฝนตก บางครั้งลอยต่ำปกคลุมพื้นดินเรียกว่าหมอก ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 เมฆสเตรตัส  
ที่มา Chris Deziel, 2018

**2.5.2.2 เมฆสเตรโตคิวมูลัส (stratocumulus: Sc)** มีลักษณะเป็นเมฆก้อนไม่มีรูปทรงที่ชัดเจนลอยติดกันเป็นแพ มีช่องว่างระหว่างก้อนเล็กน้อย มักเกิดขึ้นเวลาที่อากาศไม่ดี มีสีเทาเนื่องจากลอยอยู่ในเงาของเมฆชั้นบน ดังภาพที่ 2.11



**ภาพที่ 2.11** เมฆสเตรโตคิวมูลัส

ที่มา Wikimedia, 2018

**2.5.2.3 เมฆนิมโบสเตรตัส (nimbostratus: Ns)** มีลักษณะเป็นเมฆแผ่นสีเทา เกิดขึ้นเวลาที่อากาศเสถียร ทำให้เกิดฝนพรำหรือฝนตกแดดออก ไม่มีพายุฝนฟ้าคะนอง ฟ้าร้อง หรือฟ้าผ่า มักปรากฏให้เห็นสายฝนตกลงมาจากฐานเมฆ ดังภาพที่ 2.12



**ภาพที่ 2.12** เมฆนิมโบสเตรตัส

ที่มา Doug Bennett, 2017

### 2.5.3 เมฆชั้นกลาง

เมฆชั้นกลาง คือ เมฆที่เกิดขึ้นที่ระดับสูง 2,000-6,000 เมตรหรือ 6,500-20,000 ฟุต การเรียกชื่อจะเติมคำว่า “อัลโต” ซึ่งแปลว่า “ชั้นกลาง” ไว้ข้างหน้า เมฆชั้นกลางมีความหนาแน่นพอที่จะบังดวงอาทิตย์ทำให้เกิดเงามองเห็นเป็นสีเทา ได้แก่

**2.5.3.1 เมฆอัลโตคิวมูลัส (altocumulus: Ac)** มีลักษณะเป็นเมฆก้อนสีขาวคล้ายฝูงแกะลอยเป็นแพ และมีช่องว่างระหว่างก้อนเล็กน้อย ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 เมฆอัลโตคิวมูลัส

ที่มา Wikipedia, 2018

**2.5.3.2 เมฆอัลโตสเตรตัส (altostratus: As)** มีลักษณะเป็นเมฆแผ่นหนาสีเทาเนื่องจากบังแสงดวงอาทิตย์ไม่ให้ส่องผ่าน และปกคลุมท้องฟ้าเป็นบริเวณกว้างหรือทั้งหมด ดังภาพที่ 2.14



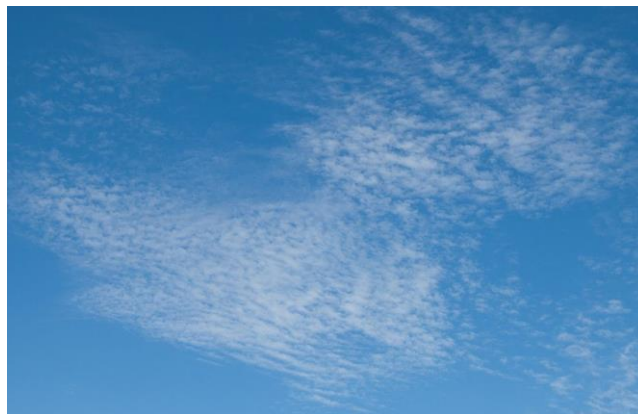
ภาพที่ 2.14 เมฆอัลโตสเตรตัส

ที่มา Wikipedia, 2018

### 2.5.4 เมฆชั้นสูง

เมฆชั้นสูง คือ เมฆที่เกิดที่ระดับความสูงมากกว่า 6,000 เมตร หรือ 20,000 ฟุต การเรียกชื่อจะเติมคำว่า “ซีโร” แปลว่า “ชั้นสูง” ไว้ข้างหน้า ด้วยอากาศข้างบนเบาบางมาก เมฆชั้นสูงไม่มีความหนาแน่นมากพอที่จะบดบังดวงอาทิตย์ จึงมองเห็นเป็นสีขาว ได้แก่

**2.5.4.1 เมฆซีโรคิวมูลัส (cirrocumulus: Cc)** เป็นเมฆสีขาว เป็นผลึกน้ำแข็งมีลักษณะเป็นริ้วคลื่นเล็ก ๆ มักเกิดขึ้นปกคลุมท้องฟ้าเป็นบริเวณกว้าง ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 เมฆซีโรคิวมูลัส

ที่มา Wikipedia, 2018

**2.5.4.2 เมฆซีโรสเตรตัส (cirrostratus: Cs)** เป็นเมฆแผ่นบางสีขาวปกคลุมท้องฟ้าเป็นบริเวณกว้าง โปร่งแสง หักเหแสงทำให้เกิดดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์ทรงกลด ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 เมฆซีโรสเตรตัส

ที่มา Wikipedia, 2018

2.5.4.3 เมฆซีร์รัส (cirrus: Ci) เป็นเมฆริ้วสีขาวรูปร่างคล้ายขนนก เป็นผลึกน้ำแข็ง มักเกิดขึ้นในวันที่มีอากาศดี ท้องฟ้าเป็นสีฟ้าเข้ม ดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 เมฆซีร์รัส  
ที่มา Wikipedia, 2018

จากรายละเอียดของความสูงของเมฆ สามารถแสดงตำแหน่งเมฆทั้ง 10 สกุลได้ ดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 ตำแหน่งเมฆทั้ง 10 สกุล  
ที่มา ปรับปรุงจาก Sarah Smith, n.d.

จากข้อมูลของเมฆและตำแหน่งของเมฆแต่ละสกุล สามารถสรุปรายละเอียดอันประกอบด้วย ความสูง องค์ประกอบ สิ่งที่อาจตกลงมาจากท้องฟ้า และสัญลักษณ์ในแผนที่อากาศของเมฆสกุลต่าง ๆ ได้ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดและสัญลักษณ์ของเมฆชนิดต่าง ๆ

ชนิดเมฆ	ความสูง (เมตร)	องค์ประกอบ ของเมฆ	สิ่งที่อาจตกลงมา จากท้องฟ้า	สัญลักษณ์ ในแผนที่อากาศ
คิวมูลัส	ก่อดำในแนวตั้ง	เม็ดน้ำ	ส่วนมากไม่มี	
คิวมูโลนิมบัส	500-20,000	เม็ดน้ำและ ผลึกน้ำแข็ง	ฝนหนัก หิมะและ ลูกเห็บ (ฟ้าแลบ ฟ้าร้อง)	
สเตรตัส	ต่ำกว่า 2,000	เม็ดน้ำ	ฝนละอองหรือ หิมะผง	
สเตรโตคิวมูลัส	ต่ำกว่า 2,000	เม็ดน้ำ	ฝนละอองหรือ หิมะผง	
นิมโบสเตรตัส	ต่ำกว่า 2,000	เม็ดน้ำและผลึก น้ำแข็ง	ฝนหรือหิมะ ฝนสม่าเสมอ	
อัลโตคิวมูลัส	2,000-6,000	เม็ดน้ำส่วนมาก	ฝนเบาหรือหิมะ	
อัลโตสเตรตัส	2,000-6,000	เม็ดน้ำและผลึก น้ำแข็ง	ฝนหรือหิมะตก สม่าเสมอ	
ซีร์โรคิวมูลัส	6,000 ขึ้นไป	ผลึกน้ำแข็ง	ไม่มี	
ซีร์โรสเตรตัส	6,000 ขึ้นไป	ผลึกน้ำแข็ง	ไม่มี	
ซีร์รัส	6,000 ขึ้นไป	ผลึกน้ำแข็ง	ไม่มี	

### 2.5.5 การตรวจชนิดและปริมาณเมฆ

การตรวจเมฆสามารถแบ่งการตรวจออกเป็น 2 ลักษณะคือ

ก) การตรวจชนิดของเมฆ มีจุดประสงค์เพื่อต้องการทราบว่าเป็นเมฆสกุลใด วิธีการตรวจจะใช้วิธีง่ายด้วยการใช้สายตาสังเกตดูว่าเป็นเมฆชั้นสูง เมฆชั้นกลาง เมฆชั้นต่ำ หรือเมฆที่ก่อตัวในแนวตั้ง รวมถึงการตรวจวัดฐานเมฆ เพื่อต้องการทราบความสูงของฐานเมฆ

ข) การตรวจปริมาณเมฆในท้องฟ้า เป็นการตรวจเมฆแต่ละสกุลว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใด วิธีการตรวจจะใช้สายตามองดูเมฆบนท้องฟ้าเพื่อคาดคะเนปริมาณของเมฆ โดยมีระดับการกำหนดปริมาณเมฆ ดังตารางที่ 2.4

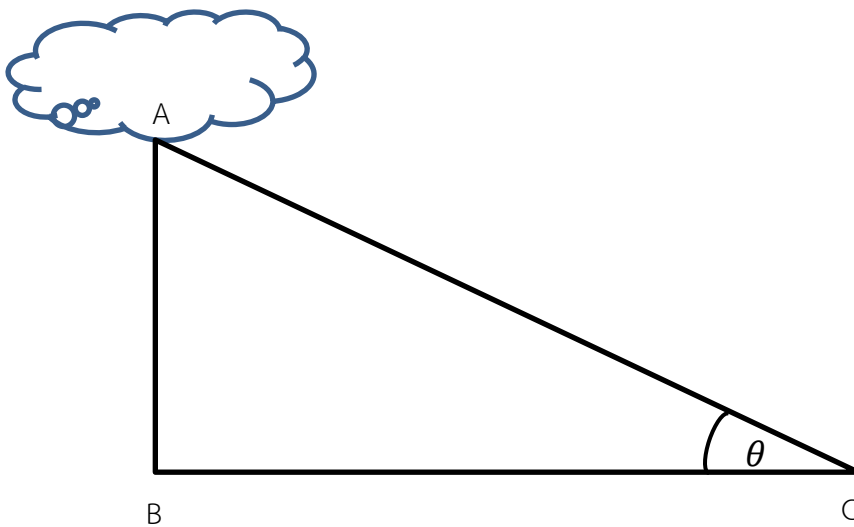
ตารางที่ 2.4 สัญลักษณ์จำนวนเมฆบนท้องฟ้า

เลขรหัส	หน่วย	จำนวนเมฆท้องฟ้า	สัญลักษณ์
0	-	ท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆ	
1	1 อีอกต่ำหรือน้อยกว่า แต่ไม่เป็น 0	1/10 หรือน้อยกว่า แต่ไม่เป็น 0	
2	2 อีอกต่ำ	2/10 ถึง 3/10	
3	3 อีอกต่ำ	4/10	
4	4 อีอกต่ำ	5/10	
5	5 อีอกต่ำ	6/10	
6	6 อีอกต่ำ	7/10 ถึง 8/10	
7	7 อีอกต่ำหรือมากกว่า แต่ไม่ถึง 8 อีอกต่ำ	9/10 หรือมากกว่า แต่ไม่ถึง 10/10	
8	8 อีอกต่ำ	10/10	
9	9	ท้องฟ้ามีมิติหรือไม่สามารถ กะประมาณจำนวนเมฆได้	
/	ไม่ได้ทำการตรวจ		

### 2.5.6 การตรวจความสูงของฐานเมฆ

ก) การตรวจโดยใช้บอลลูนขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาด 10 กรัมอัดด้วยก๊าซไฮโดรเจนให้มีอัตราการลอยตัว 120-150 เมตร/วินาที แล้วปล่อยให้ลอยขึ้นไปยังฐานเมฆ จับเวลาตั้งแต่เริ่มปล่อยจนบอลลูนลอยเข้าสู่ฐานเมฆ อาจใช้กล้องธีโอโดไลต์หรือกล้องส่องทางไกลช่วยตรวจ เมื่อทราบอัตราการลอยตัว และเวลาที่บอลลูนลอยตัวก็สามารถคำนวณหาความสูงของฐานเมฆได้

ข) การตรวจโดยใช้ไฟฉาย เป็นวิธีการที่ถูกต้องแน่นอน วิธีนี้จะใช้ไฟฉายส่องพุ่งตรงไปยังฐานเมฆ แล้วทำการวัดมุมเงยจากสถานที่ทราบระยะห่างจากตำแหน่งไฟฉาย ดังภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 การหาความสูงของฐานเมฆด้วยวิธีการทางเลขาคณิต

- A เป็นฐานเมฆ
  - B เป็นไฟฉาย
  - C เป็นตำแหน่งสถานีวัด
  - $\theta$  เป็นมุมเงย
  - AB เป็นความสูงของฐานเมฆ
- หาได้จากสูตร  $AB = BC \tan \theta$

ค) การตรวจโดยการคาดคะเนด้วยสายตา การตรวจโดยวิธีนี้ผู้ตรวจต้องมีประสบการณ์ หรืออาจเปรียบเทียบกับความสูงของภูเขา เมื่อเมฆนั้นปกคลุมอยู่ หรือการคาดคะเนตามชนิดของเมฆที่อยู่ในระดับความสูงต่าง ๆ

## 2.6 บทสรุป

บรรยากาศ คืออากาศที่ปกคลุมพื้นผิวโลกอยู่โดยรอบและแผ่สูงขึ้นไปจากผิวโลก มีขอบเขตส่วนบนสุดของบรรยากาศอยู่สูงประมาณ 1,000 กิโลเมตรเหนือระดับน้ำทะเล ส่วนอากาศมีความหมายแคบกว่าซึ่งหมายถึงอากาศที่ปกคลุมเหนือบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ส่วนประกอบของอากาศแห้งจะประกอบไปด้วยก๊าซต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสรรพชีวิต ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 78.084 ก๊าซออกซิเจนร้อยละ 20.946 ก๊าซอาร์กอนร้อยละ 0.934 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.0325 และก๊าซโอโซนร้อยละ 0.000005 นอกจากนี้ ยังมีสารที่ปะปนอยู่ในอากาศที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ไอน้ำและฝุ่นละออง

การแบ่งชั้นบรรยากาศสามารถใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์ จะแบ่งชั้นบรรยากาศออกเป็น 4 ชั้น ได้แก่ โทรโพสเฟียร์ สตราโตสเฟียร์ มีโซสเฟียร์ และเทอร์โมสเฟียร์ การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้สมบัติก๊าซ จะแบ่งชั้นบรรยากาศออกเป็น 4 ชั้น ได้แก่ โทรโพสเฟียร์ ไอโอโนสเฟียร์ ไอโอโนสเฟียร์ และเอกโซสเฟียร์ การแบ่งชั้นบรรยากาศตามระดับความสูง จะแบ่งชั้นบรรยากาศออกเป็น 2 ส่วนคือ บรรยากาศชั้นล่างและบรรยากาศชั้นบน บรรยากาศชั้นล่าง ได้แก่ โทรโพสเฟียร์ สตราโตสเฟียร์ และมีโซสเฟียร์ ส่วนบรรยากาศชั้นบน ได้แก่ เทอร์โมสเฟียร์ เอกโซสเฟียร์ และแมกนีโตสเฟียร์ และการแบ่งชั้นบรรยากาศตามเกณฑ์อุณหภูมิจากอุตุนิยมวิทยา จะแบ่งชั้นบรรยากาศออกเป็น 5 ชั้น ได้แก่ บริเวณที่มีอิทธิพลของความมืด โทรโพสเฟียร์ชั้นกลางและบน โทรโพพอส สตราโตสเฟียร์ และบรรยากาศชั้นสูง

วิกฤตบรรยากาศในปัจจุบันได้แก่ ภาวะโลกร้อน ปรากฏการณ์เรือนกระจกและรูโหว่อโอโซน แต่ละวิกฤตมีความแตกต่างกันคือ ภาวะโลกร้อนเป็นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนโลกสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ปรากฏการณ์เรือนกระจกเป็นภาวะที่ชั้นบรรยากาศของโลกกระทำตัวเสมือนกระจกที่ยอมให้รังสีคลื่นสั้นผ่านลงมายังผิวโลกได้ แต่จะดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดที่แผ่ออกจากพื้นผิวโลกเอาไว้ จากนั้นก็จะคายพลังงานความร้อนให้กระจายอยู่ภายในชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลก ส่วนรูโหว่อโอโซนเป็นปรากฏการณ์ที่ชั้นโอโซนเบาบางลงมากจนเกิดเป็นรูโหว่

เมฆ คือ ปรากฏการณ์ลมฟ้าอากาศที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศ ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพทางฟิสิกส์ของบรรยากาศอย่างชัดเจน เมฆเกิดขึ้นจากการกลั่นตัวของไอน้ำในขณะที่ลอยตัวขึ้นและเย็นลง ซึ่งโดยปกติเราจะไม่สามารถมองเห็นน้ำในบรรยากาศหากไม่เกิดการกลั่นตัวและรวมตัวเป็นก้อนเมฆขึ้น สิ่งที่จะช่วยให้เกิดการกลั่นตัวคือ ฝุ่นละอองหรือเกลือในบรรยากาศ ถึงแม้ว่าไอน้ำในบรรยากาศจะอิ่มตัวแต่การกลั่นตัวของไอน้ำในบรรยากาศจะไม่เกิดขึ้นหากปราศจากฝุ่นละออง แบ่งเมฆออกเป็น 4 ประเภท ประกอบด้วยเมฆ 10 สกุล ได้แก่ เมฆที่ก่อตัวในแนวตั้ง มีความสูงของฐานเมฆเฉลี่ย 500 เมตร ได้แก่ เมฆคิวมูลัส และเมฆคิวมูโลนิมบัส เมฆชั้นต่ำความสูงของฐานเมฆจะมีขนาดปานกลาง ความสูงยอดเมฆปานกลางประมาณ 2,000 เมตร ได้แก่ เมฆสเตรตัส เมฆสเตรโตคิวมูลัส และเมฆนิมโบสเตรตัส

เมฆชั้นกลาง จะเกิดขึ้นที่ระดับสูง 2-6 กิโลเมตร ได้แก่ เมฆอัลโตคิวมูลัส เมฆอัลโตสเตรตัส และเมฆชั้นสูง ความสูงของฐานเมฆจะมีขนาดปานกลาง เกิดขึ้นที่ระดับความสูงมากกว่า 6 กิโลเมตร ได้แก่ เมฆซีร์โรคิวมูลัส เมฆซีร์โรสเตรตัส และเมฆซีร์รัส

## 2.7 คำถามทบทวน

ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

- ข้อใดต่อไปนี้เรียงลำดับชั้นบรรยากาศตามปริมาณของอากาศได้ถูกต้อง
  - ชั้นออกซิเจน-ชั้นฮีเลียม-ชั้นไฮโดรเจน-ก๊าซระหว่างดาว
  - ชั้นออกซิเจน-ชั้นไฮโดรเจน-ชั้นฮีเลียม-ก๊าซระหว่างดาว
  - ชั้นไนโตรเจน-ชั้นออกซิเจน-ชั้นฮีเลียม-ก๊าซระหว่างดาว
  - ชั้นไนโตรเจน-ชั้นฮีเลียม-ชั้นไฮโดรเจน-ก๊าซระหว่างดาว
- ตัวเลือกใดไม่ใช่สารประกอบทางอุตุนิยมวิทยาที่ตรวจได้ด้วยตาเปล่า
  - เมฆ
  - สถานะของลมฟ้าอากาศ
  - ทัศนวิสัย
  - ความชื้น
- “ก๊าซไนโตรเจน” ถูกค้นพบโดยบุคคลในตัวเลือกใด
  - แดเนียล รัชเชอร์ฟอร์ด
  - เลโอนาร์โด ดา วินชี
  - นิโคเลาส์ โคเพอร์นิคัส
  - กาลิเลโอ กาลิเลอี
- ตัวเลือกใดกล่าวผิดเกี่ยวกับการแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้อุณหภูมิตามเกณฑ์
  - การสำรวจโครงสร้างอุณหภูมิของบรรยากาศในแนวตั้ง
  - อุณหภูมิจะลดลงตามความสูงด้วยอัตราเฉลี่ย 6.5 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร
  - ชั้นบรรยากาศเหนือ 10 กิโลเมตรขึ้นไปจะมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วตามความสูง
  - ไม่มีข้อใดกล่าวผิด
- ตัวเลือกใดเรียงลำดับการแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้อุณหภูมิตามเกณฑ์ได้ถูกต้อง
  - troposphere-stratosphere-mesosphere-thermosphere
  - thermosphere-troposphere-stratosphere-mesosphere
  - thermosphere-mesosphere-troposphere-stratosphere
  - troposphere-mesosphere-stratosphere-thermosphere

6. ตัวเลือกใดเรียงลำดับการแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้คุณสมบัติของก๊าซได้ถูกต้อง
- troposphere–ozonosphere–ionosphere–exosphere
  - troposphere–ionosphere–ozonosphere–exosphere
  - thermosphere–ozonosphere–ionosphere–exosphere
  - thermosphere–ionosphere–ozonosphere–exosphere
7. ตัวเลือกใดเรียงลำดับการแบ่งชั้นบรรยากาศตามลักษณะและระดับความสูงได้ถูกต้อง
- troposphere–stratosphere–mesosphere–thermosphere–exosphere–magnetosphere
  - troposphere–mesosphere–stratosphere–thermosphere–exosphere–magnetosphere
  - thermosphere–ozonosphere–ionosphere–exosphere–exosphere–magnetosphere
  - thermosphere–ionosphere–ozonosphere–exosphere–exosphere–magnetosphere
8. ตัวเลือกใดกล่าวผิดเกี่ยวกับชั้น D-layer
- เกิดในระดับความสูง 60-100 กิโลเมตร
  - โดยเฉลี่ยเกิดในระดับความสูง 90 กิโลเมตร
  - สะท้อนคลื่นวิทยุความถี่สูง
  - รังสีเหนือม่วงทำให้ออกซิเจนแตกตัว
9. ตัวเลือกใดกล่าวผิดเกี่ยวกับชั้น E-layer
- เกิดในระดับความสูง 90-130 กิโลเมตร
  - สะท้อนคลื่นวิทยุความถี่ต่ำได้ดี
  - แบ่งออกเป็น 2 ชั้นย่อย
  - วันที่มีกลางวันยาวนานชั้น E จะหายไป
10. การแบ่งชั้นบรรยากาศออกเป็น 2 ส่วน คือ ชั้นบรรยากาศส่วนล่างกับชั้นบรรยากาศส่วนบนมีความเกี่ยวข้องกับตัวเลือกใด
- การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์
  - การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้สมบัติของก๊าซ
  - การแบ่งชั้นบรรยากาศตามลักษณะและระดับความสูง
  - การแบ่งชั้นบรรยากาศทางอุตุนิยมวิทยา
11. จากสมการ  $O_2 + O \longrightarrow O_3$  เขียนเป็นประโยคข้อความได้อย่างไร
- โมเลกุลของออกซิเจนชนกัน
  - อะตอมของออกซิเจนดูดโมเลกุลของออกซิเจนเข้ามา
  - โมเลกุลออกซิเจนกับอะตอมของออกซิเจนเป็นไอโซน
  - อะตอมของออกซิเจนรวมกับโมเลกุลของออกซิเจนเป็นไอโซน

12. การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้สมบัติของก๊าซเป็นเกณฑ์ ชั้นบรรยากาศในตัวเลือกใดมีความสำคัญในด้านการสื่อสาร เพราะเหตุใด

ก. troposphere เพราะความหนาแน่นของอากาศมากกว่าชั้นอื่น ๆ

ข. ozonosphere เพราะเป็นชั้นที่มีก๊าซโอโซนอยู่อย่างหนาแน่น

ค. ionosphere เพราะอากาศมีการแตกตัวเป็นไอออน

ง. exosphere เพราะความหนาแน่นของอะตอมต่าง ๆ มีค่าน้อยลง

13. จงอธิบายความหมายและบอกความแตกต่างของคำว่า “บรรยากาศ” และ “อากาศ”

14. จงอธิบายความหมายแตกต่างของเมฆทั้ง 4 ประเภท พร้อมทั้งบอกสกุลของเมฆในแต่ละประเภท

15. จงอธิบายความแตกต่างระหว่าง “ภาวะโลกร้อน” และ “ปรากฏการณ์เรือนกระจก”

## บทที่ 3

### รังสีจากดวงอาทิตย์

พลังงานความร้อนที่โลกได้รับเกือบทั้งหมดมาจากดวงอาทิตย์ แหล่งพลังงานที่ใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะจักรวาล โดยการแผ่รังสีมายังโลกในรูปของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ดวงอาทิตย์ถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของอากาศ พลังงานความร้อนที่โลกได้รับมาจากดวงอาทิตย์แม้จะเป็นแค่เพียงส่วนน้อยเมื่อเทียบกับพลังงานที่มีอยู่มากมายมหาศาลในดวงอาทิตย์ แต่ก็ทำให้ทุกสรรพชีวิตบนโลกสามารถดำรงชีพอยู่ได้ เพราะประมาณร้อยละ 99.97 ของพลังงานที่โลกมีอยู่ได้มาจากดวงอาทิตย์ โดยประมาณร้อยละ 9 ของรังสีจากดวงอาทิตย์เกิดในอุลตราไวโอเล็ต ร้อยละ 45 ในส่วนที่มองเห็นได้ และร้อยละ 46 ในอินฟราเรด ส่วนพลังงานร้อยละ 1 คือพลังงานความร้อนจากใต้พิภพ จากดาวฤกษ์ดวงอื่น ๆ และจากแรงโน้มถ่วงระหว่างโลกกับดวงจันทร์

การแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนหรือการถ่ายเทพลังงานในบรรยากาศนั้นมี 3 ลักษณะคือการดูด การสะท้อน และการกระเจิง จากเนื้อหาของบรรยากาศที่กล่าวมาในบทที่แล้ว ทำให้ทราบว่า รังสีอุลตราไวโอเล็ตจะถูกดูดซับโดยก๊าซโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์เป็นส่วนใหญ่ เมฆและฝุ่นจะดูดซับในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพที่เป็นอยู่ในแต่ละพื้นที่ ในสภาพที่มีเมฆมากรังสีจากดวงอาทิตย์จะถูกสะท้อนออกไปสู่อวกาศ บางส่วนของรังสีที่ตกลงมายังพื้นผิวโลกจะถูกสะท้อนออกไปเช่นเดียวกัน รังสีจากดวงอาทิตย์จะกระจายออกไปในทุกทิศทาง โดยก๊าซและอนุภาคในบรรยากาศบางส่วนจะสูญหายไปสู่อวกาศ บางส่วนก็ตกลงมาถึงผิวโลก รังสีทั้งหมดที่ตกลงมาถึงผิวโลกประกอบด้วยรังสีโดยตรงและรังสีท้องฟ้าเรียกรวมกันคือรังสีดวงอาทิตย์ทั่วโลก

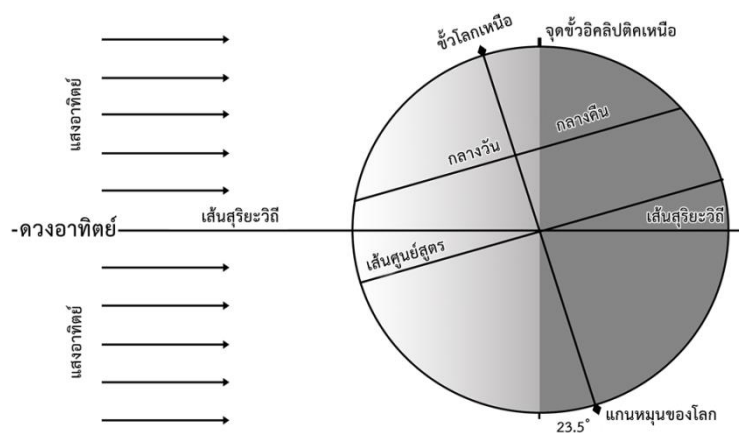
ด้วยดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่ยิ่งใหญ่ที่สุดในจักรวาล จึงมีความสำคัญกับทุกสรรพชีวิต โดยเฉพาะมนุษย์ชาติอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยง การศึกษาเกี่ยวกับรังสีจากดวงอาทิตย์จึงเป็นสิ่งหนึ่งที่จะนำไปสู่ความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติที่จะเกิดขึ้น และสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับอุตุนิยมวิทยาได้ดียิ่งขึ้น นอกจากการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับรังสีจากดวงอาทิตย์ สิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจคือการเกิดกลางวัน กลางคืน และฤดูกาลต่าง ๆ เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ที่ใกล้ตัวที่สุด เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงพลังงานความร้อนในบรรยากาศ การแผ่รังสีในบรรยากาศ ซึ่งเป็นรังสีความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์ และรังสีจากโลก การทำความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกสะท้อนโดยพื้นผิวต่อปริมาณรังสีทั้งหมดที่ตกลงมากระทบในแต่ละพื้นผิว การนำและการพาความร้อน ซึ่งเป็นพื้นฐานของการถ่ายเทพลังงาน และการตรวจวัดแสงอาทิตย์ ตลอดจนคุณสมบัติของพลังงานความร้อนในบรรยากาศ

### 3.1 ดวงอาทิตย์กับการหมุนของโลก

ดาวเคราะห์ที่สิ้นน้ำเงินที่ถูกลูกขวานนามว่าโลกจัดเป็น 1 ใน 8 ของดาวเคราะห์ที่มีขนาดใหญ่ในระบบสุริยะจักรวาล มีระยะห่างจากดวงอาทิตย์ที่เป็นศูนย์กลางของจักรวาลเป็นอันดับ 3 หรือประมาณ  $150 \times 10^6$  กิโลเมตร ระยะห่างระหว่างดวงอาทิตย์กับโลกคิดเป็น 1 หน่วยดาราศาสตร์ (Astronomic Unit: A.U.) โลกมีรูปร่างเกือบกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางช่วงเส้นศูนย์สูตรยาว 12,757 กิโลเมตรและเส้นผ่านศูนย์กลางในแนวขั้วโลกยาว 12,714 กิโลเมตร จากเส้นผ่าศูนย์กลางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า โลกมีรูปร่างป่องตรงกลางหรือรูปร่างแบบจีโออยด์ (geoid)<sup>1</sup> การเคลื่อนที่ของโลกมี 2 ลักษณะดังต่อไปนี้

#### 3.1.1 การหมุนรอบตัวเองของโลก

การหมุนรอบตัวเองของโลก (rotation) เป็นการหมุนรอบแกนของโลกในแนวเหนือใต้ ในลักษณะทวนเข็มนาฬิกาจากทิศตะวันตกไปตะวันออก โดยโลกหมุนรอบตัวเองหนึ่งรอบจะใช้เวลา 23 ชั่วโมง 56 นาที 4.09 วินาที ซึ่งนับเป็นเวลา 1 วัน ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรความเร็วในการหมุนจะสูงสุดคือ 1,689 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วนี้จะลดลงเมื่อเข้าสู่ขั้วโลกซึ่งมีอัตราการหมุนเป็นศูนย์และการหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้เกิดกลางวันและกลางคืน ความยาวนานของแต่ละช่วงจะแตกต่างกันไปตามตำแหน่งละติจูด ในบริเวณเส้นศูนย์สูตรจะมีช่วงกลางวันและกลางคืนเท่ากันเกือบตลอดทั้งปี ส่วนบริเวณขั้วโลกในบางเดือนจะไม่มีเวลากลางวันเลย ดังภาพที่ 3.1 และตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ลักษณะของแสงอาทิตย์ที่โลกได้รับ ณ ละติจูดต่าง ๆ

<sup>1</sup>จีโออยด์ คือ ผิวสมคักซ์ซึ่งโดยประมาณแล้วเป็นผิวที่ทับกันสนิทกับผิวเฉลี่ยของมหาสมุทร และมักจะใช้ในการแทนฐานฐานของโลก เกาส์ ได้กล่าวว่า จีโออยด์นี้คือ "รูปทรงทางคณิตศาสตร์ของโลก" ซึ่งจริง ๆ แล้วก็คือรูปทรงของสนามแรงดึงดูดของโลกนั่นเอง ผิวสมคักซ์นี้โดยเฉลี่ยแล้วจะทับกันสนิทได้กับระดับน้ำทะเลปานกลาง (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2560)

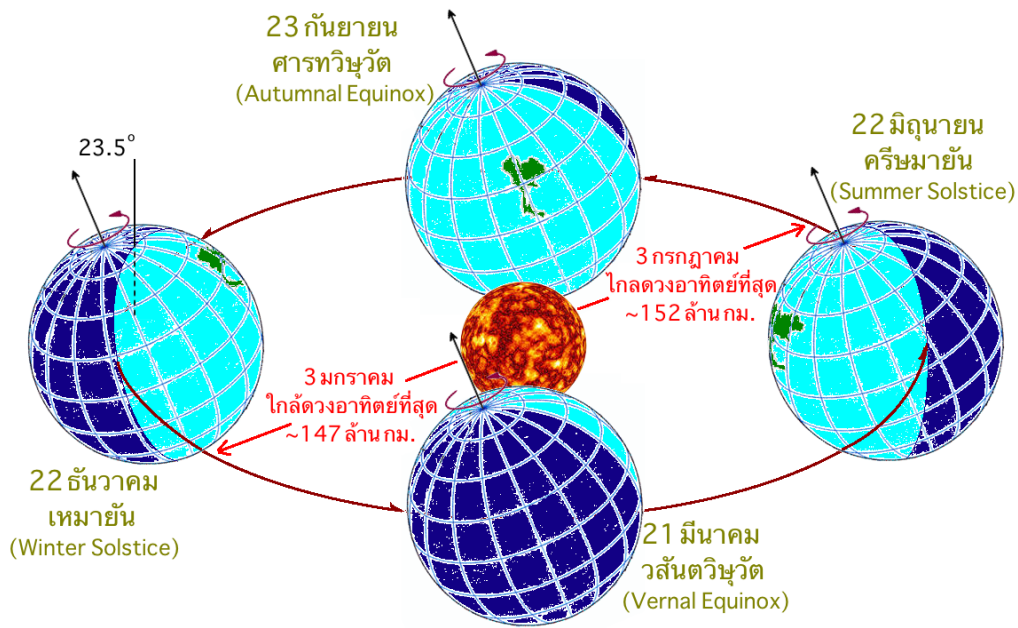
### ตารางที่ 3.1 ช่วงเวลากลางวันเฉพาะในซีกโลกเหนือ

ละติจูด	ฤดูใบไม้ผลิ 20-22 มีนาคม	ฤดูร้อน 21-22 พฤษภาคม	ฤดูใบไม้ร่วง 22-23 กันยายน	ฤดูหนาว 22-23 ธันวาคม
0	12 ช.ม.	12 ช.ม.	12 ช.ม.	12 ช.ม.
10	12 ช.ม.	12 ช.ม. 35 น.		11 ช.ม. 25 น.
20	12 ช.ม.	12 ช.ม.		12 ช.ม. 48 น.
30	12 ช.ม.	12 ช.ม. 35 น.		10 ช.ม. 25 น.
40	12 ช.ม.	12 ช.ม.		10 ช.ม. 4 น.
50	12 ช.ม.	12 ช.ม. 35 น.		9 ช.ม. 8 น.
60	12 ช.ม.	12 ช.ม.		7 ช.ม. 42 น.
70	12 ช.ม.	12 ช.ม. 35 น.		5 ช.ม. 33 น.
80	12 ช.ม.	12 ช.ม.		
90	12 ช.ม.	12 ช.ม. 35 น.		

ที่มา Lutgens and Tarbuck, 1982 อ้างถึงโดย บุปผชาติ เรื่องสุวรรณ, 2542, หน้า 21

#### 3.1.2 การหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์

การหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์ (revolution) โลกมีวิถีการโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรีด้วยความเร็วไม่คงที่ประมาณ 107,000 เมตรต่อชั่วโมง ใช้เวลาโคจรครบรอบ 365.25 วัน ระยะห่างจากโลกถึงดวงอาทิตย์ในแต่ละวันจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังวันที่ 3 กรกฎาคม จะอยู่ห่างกันมากที่สุด เรียกว่า แอพิเลียน คือ มีระยะห่างประมาณ 152 ล้านกิโลเมตร และวันที่ 3 มกราคม วิถีการโคจรโลกจะอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดเรียกว่า เพริฮีเลียน คือ มีระยะห่างประมาณ 147 ล้านกิโลเมตร การหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์ทำให้เกิดฤดูกาล เป็นผลจากพลังงานของดวงอาทิตย์ ที่ส่งมายังพื้นผิวของโลก 2 ลักษณะคือ รังสีดวงอาทิตย์ทำมุมสูง 90 องศา โลกจะได้รับพลังงานเต็มที่มากกว่ารังสีที่ทำมุมน้อยกว่า และรังสีที่ทำมุมสูงจะเดินทางผ่านบรรยากาศของโลกน้อยกว่ารังสีที่ทำมุมน้อยกว่า กรณีที่ดวงอาทิตย์อยู่ตรงศีรษะ รังสีของดวงอาทิตย์จะผ่านเป็นระยะทางเพียง 1 บรรยากาศ ถ้ารังสีดวงอาทิตย์ทำมุม 30 องศา จะเดินทางผ่านเป็นระยะทางถึงสองเท่าของบรรยากาศ และถ้าทำมุม 5 องศา จะต้องเดินทางเป็นระยะทางถึง 11 เท่าของบรรยากาศ ระยะทางของบรรยากาศยิ่งมากการดูดกลืน สะท้อน และกระจายของรังสีจากดวงอาทิตย์จะยิ่งมากขึ้น ทำให้ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิวโลกน้อยลงไปด้วย และการหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์ทำให้เกิดฤดูกาลต่าง ๆ ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์

ที่มา วฤทธิ มิตรธรรมศิริ, 2557

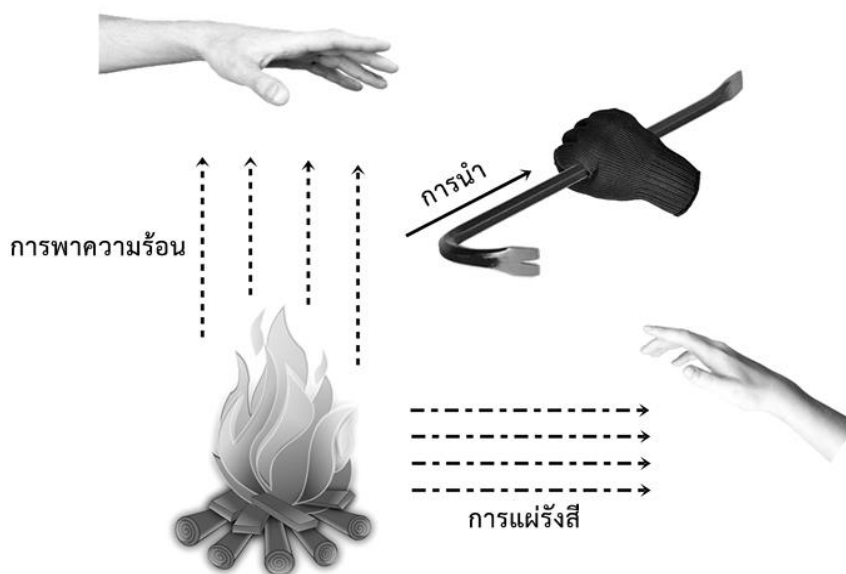
จากภาพที่ 3.2 ในช่วงวันที่ 22 มิถุนายน คือวันครีษมายัน (summer solstice) จะเป็นวันที่แกนหมุนของโลกชี้เข้าหาดวงอาทิตย์ ทำให้ประเทศที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรรวมทั้งประเทศไทยได้รับแสงอาทิตย์มาตกกระทบมากและมีกลางวันยาวนานที่สุด บางประเทศที่อยู่ใกล้ขั้วโลกเหนือมากจะไม่มีเวลากลางคืนเลย จึงเกิดเป็นฤดูร้อนในซีกโลกเหนือ ในขณะที่ซีกโลกใต้ได้รับแสงอาทิตย์น้อยกว่าและมีกลางวันยาวนานที่สุด พื้นที่ที่อยู่ใกล้ขั้วโลกใต้มากจะไม่มีเวลากลางวันเลย จึงเป็นฤดูหนาวในซีกโลกใต้

ในช่วงวันที่ 22 ธันวาคม คือวันเหมายัน (winter solstice) ซึ่งตรงข้ามกับกับวันครีษมายัน แกนหมุนของโลกจะชี้ออกจากดวงอาทิตย์ ทำให้ประเทศทางซีกโลกเหนือได้รับแสงจากดวงอาทิตย์น้อย จึงกลายเป็นฤดูหนาว ในขณะที่ซีกโลกใต้จะเป็นฤดูร้อน ส่วนประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่  $6^{\circ}$  -  $19^{\circ}$  เหนือเส้นศูนย์สูตร ในช่วงฤดูร้อนแดดจะส่องเข้ามาจากทางทิศเหนือเล็กน้อย ส่วนในช่วงฤดูหนาวแดดจะส่องเข้ามาจากทางทิศใต้มากขึ้น

ช่วงเวลาที่กึ่งกลางระหว่างวันครีษมายันและวันเหมายัน จะเกิดวันที่เรียกว่าวิษุวัต (equinox) คือ ในช่วงวันที่ 21 มีนาคม ที่เรียกว่าวสันตวิษุวัต (vernal equinox) ซีกโลกเหนือจะเป็นฤดูใบไม้ผลิ ซีกโลกใต้จะเป็นฤดูใบไม้ร่วง และในช่วงวันที่ 23 กันยายน ที่เรียกว่าศารทวิษุวัต (autumnal equinox) ซีกโลกเหนือจะเป็นฤดูใบไม้ร่วง ซีกโลกใต้จะเป็นฤดูใบไม้ผลิ เนื่องจากเป็นวันที่มีเวลากลางวันกับเวลากลางคืนของทุกที่ทั่วโลกมีระยะเวลาเท่ากันพอดี วันนี้จะเกิดขึ้นเมื่อแกนหมุนของโลกตั้งฉากกับเส้นที่เชื่อมระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ หรือเป็นวันที่แกนโลกไม่ได้ชี้เข้าหาหรือชี้ออกจากดวงอาทิตย์นั่นเอง ในหนึ่งปีเหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นสองครั้ง

## 3.2 การถ่ายเทพลังงานความร้อน

การถ่ายเทพลังงานความร้อนหรือการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งเป็นกรรมวิธีแลกเปลี่ยนความร้อนในแต่ละลักษณะแสดงได้ ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน

### 3.2.1 การนำความร้อน

การนำความร้อน (heat conduction) คือ การส่งผ่านพลังงานความร้อนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยมีวัตถุเป็นตัวกลาง ซึ่งวัตถุนั้นจะอยู่กับที่แต่ความร้อนจะค่อย ๆ แผ่กระจายไปตามเนื้อวัตถุนั้น เช่น เมื่อจับที่อนเหล็กที่ปลายด้านหนึ่งอยู่ใกล้กองไฟ ในตอนแรกจะรู้สึกพอสักรักจะรู้สึกอุ่นและจะค่อย ๆ ร้อนขึ้น หรือเมื่อจับแก้วน้ำร้อน ในตอนแรกจะรู้สึกร้อน แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะเกิดความรู้สึกว่าแก้วน้ำค่อย ๆ ร้อนขึ้นจนจับไม่ได้

วัสดุที่มีคุณสมบัติในการนำความร้อนได้เรียกว่าตัวนำความร้อน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุประเภทโลหะที่ยอมให้พลังงานความร้อนผ่านไปได้ดี ได้แก่ เงิน ทองแดง เหล็ก เป็นต้น ส่วนวัสดุที่ไม่มีคุณสมบัตินำความร้อนเรียกว่าฉนวนความร้อน วัสดุที่เป็นฉนวนความร้อนจะเป็นตัวกลางที่ไม่ยอมให้พลังงานความร้อนผ่านหรือผ่านได้น้อยมาก ได้แก่ กระเบื้อง แก้ว ไม้ ผ้า พลาสติก เป็นต้น

การถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการนำความร้อน เกิดขึ้นตรงจุดสัมผัสของโมเลกุลต่าง ๆ วัตถุที่มีสถานะเป็นของแข็งโดยเฉพาะโลหะจะเป็นตัวนำความร้อนที่ดี แต่ของไหล เช่น อากาศหรือน้ำจะเป็นตัวนำความร้อนที่เลว ในทางอุณหภูมิมิทยาการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนมีความสำคัญน้อย เพราะการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยวิธีนี้เป็นไปได้ช้าและมีปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับการถ่ายเท

ความร้อนโดยวิธีอื่น อย่างไรก็ตาม การนำความร้อนก็มีความสำคัญต่อการถ่ายเทความร้อนในชั้นบาง ๆ ของอากาศ ซึ่งสัมผัสกับพื้นโลกโดยตรง ปกติแล้วชั้นบาง ๆ นี้จะมีความหนาเพียงไม่กี่เซนติเมตรเท่านั้น เหนือชั้นนี้ขึ้นไปจะไม่มีการถ่ายเทความร้อนชนิดนี้เลย

### 3.2.2 การพาความร้อน

การพาความร้อน (heat convection) คือ การถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนตัวของมวล ในสื่อกลางที่ความร้อนถูกถ่ายเท การพาความร้อนจะเกิดในสารซึ่งโมเลกุลต่าง ๆ เคลื่อนตัวได้อิสระ ได้แก่ ของไหล การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนมวลที่เคลื่อนที่จะพาความร้อนติดตัวไปด้วยอัตราเร็วของการถ่ายเทความร้อนวัดได้จากการเคลื่อนตัวของมวล เนื่องจากบรรยากาศเป็นสื่อกลางที่การเคลื่อนตัวของมวลเป็นไปได้โดยง่าย

การพาความร้อนเป็นวิธีการถ่ายเทความร้อนในบรรยากาศที่สำคัญ โดยปกติการพาความร้อนจะเกิดขึ้นได้เร็วเมื่อมีการเคลื่อนตัวของมวลในแนวตั้ง การพาความร้อนในแนวตั้งนั้นเป็นกลไกของการปั่นป่วนของอากาศ มีความสำคัญต่อการแลกเปลี่ยนความร้อนในชั้นบรรยากาศที่สูงถัดจากพื้นดินขึ้นไป เช่น ในการถ่ายเทความร้อนลงมาพื้นผิวจะชดเชยกับความร้อนที่สูญหายไปจากการแผ่รังสีในคืนที่มีลมแรง ส่วนการพาความร้อนในแนวนอนจะก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนอย่างช้า ๆ ในระยะทางไกล ๆ เช่น จากบริเวณศูนย์สูตรไปยังบริเวณขั้วโลก การพาความร้อนในแนวนอนถือว่าเป็นวิธีที่สำคัญในการถ่ายเทความร้อนในบรรยากาศ

### 3.2.3 การแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อน (radiation) คือ การถ่ายเทความร้อนจากแหล่งกำเนิดออกไปทุกทิศทุกทางโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงานเหมือนการนำความร้อนและการพาความร้อน การแผ่รังสีสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอวกาศได้ วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า  $-270^{\circ}\text{C}$  หรือ  $0^{\circ}\text{K}$  ย่อมมีการแผ่รังสี ในวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงจะแผ่รังสีคลื่นสั้น ส่วนวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำจะแผ่รังสีคลื่นยาว การถ่ายโอนความร้อนโดยไม่ต้องผ่านตัวกลาง เช่น ความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์

วัตถุแต่ละชนิดสามารถดูดกลืนความร้อนจากการแผ่รังสีได้ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับสีและผิวของวัตถุ วัตถุที่มีสีเข้มหรือสีดำจะดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัตถุสีอ่อนหรือสีขาว ส่วนวัตถุที่มีผิวขรุขระจะดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัตถุที่มีผิวเรียบและขัดมัน

การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ได้แก่ การเลือกใช้สีและลักษณะของพื้นผิวของวัสดุให้เหมาะสม เช่น คนที่อาศัยในประเทศเขตร้อน ควรใช้เครื่องนุ่งห่มที่มีสีเข้ม เพราะดูดกลืนความร้อนและให้ความอบอุ่นมากกว่าสีอ่อน ๆ สำหรับคนที่อาศัยในประเทศเขตร้อน ควรใช้เครื่องนุ่งห่มสีอ่อน ๆ เพราะให้ความรู้สึกเย็นสบายกว่า สังกะสีหรือวัสดุที่ใช้มุงหลังคาบ้านเรือนในประเทศที่มีอากาศร้อนไม่

ควรทาสีเข้ม จะได้สะท้อนแสงแดดและทำให้บ้านเรือนมีอุณหภูมิไม่สูงมากในเวลากลางวัน การเลือกสีของอาคารก็ใช้หลักการเช่นเดียวกัน

### 3.3 การแผ่รังสีในบรรยากาศ

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานเริ่มแรกในบรรยากาศ การใช้พลังงานในรูปแบบอื่น ๆ ล้วนมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับพลังงานจากดวงอาทิตย์ ได้แก่ การใช้พลังงานจากถ่านหิน เท่ากับเป็นการใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่กักเก็บไว้ เพราะถ่านหินคือซากพืชที่ถูกทับถมมาเป็นเวลานาน และพืชเองก็ใช้แสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสงเพื่อการเจริญเติบโต การใช้น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ สารประกอบทางเคมีต่าง ๆ ก็ได้มาจากปฏิกิริยาของรังสีจากดวงอาทิตย์ต่อสิ่งที่เคยมีชีวิตมาก่อน สิ่งเหล่านี้ได้รับพลังงานมาจากดวงอาทิตย์โดยทางอ้อม แม้แต่การมีชีวิตอยู่ของสิ่งมีชีวิตยังต้องอาศัยดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ให้พลังงานในรูปของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานที่เกิดขึ้นในดวงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชัน โดยอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอมมาเป็น 1 อะตอมของฮีเลียม มวลของไฮโดรเจนที่หายไปจะถูกเปลี่ยนรูปออกมาเป็นพลังงาน พลังงานอันมากมายมหาศาลของดวงอาทิตย์ใช้มาแล้วเป็นเวลานานกว่า 14 ล้านล้านปี เกิดขึ้นก่อนระบบสุริยะจักรวาลที่มีอายุ 4,600 ล้านปี ถ้าอัตราการเปล่งพลังงานของดวงอาทิตย์ยังคงที่ สามารถคาดการณ์ได้ว่าดวงอาทิตย์จะมีอายุขัยอีกนานกว่า 3,000 เท่าของช่วงเวลาที่ผ่านมา รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนพื้นโลกหรือพื้นราบแบ่งเป็น 3 ประเภท

1. รังสีตรง (direct radiation) คือ รังสีที่ได้จากดวงอาทิตย์โดยตรง ทำให้มีทิศทางที่แน่นอนสามารถนำไปใช้งานได้โดยตรง เครื่องมือที่ใช้วัดรังสีตรงจากดวงอาทิตย์คือไพธิลิโอมิเตอร์

2. รังสีกระจาย (diffuse radiation) คือ รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ได้รับหลังจากที่มีการกระจายหักเหหรือสะท้อนในชั้นบรรยากาศหรือสิ่งแวดล้อม ทำให้มีทิศทางที่ไม่แน่นอน ไม่เป็นระเบียบ เครื่องมือที่ใช้วัดรังสีกระจายคือไพราโนมิเตอร์

3. รังสีรวม (total or global radiation) คือ ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจาย หาได้จากการอินทิเกรตความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ตลอดทุก ๆ ช่วงความยาวคลื่น การหาราคารังสีรวมบนพื้นราบสามารถหาได้จากเครื่องมือที่ใช้วัดรังสีรวมคือไพราโนมิเตอร์

พลังงานจากดวงอาทิตย์จะแผ่กระจายออกทุกทิศทางโดยรอบในปริมาณที่เท่ากัน พลังงานที่โลกได้รับเพียง 17,000 กิโลวัตต์ถือว่าเป็นพลังงานเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณพลังงานทั้งหมดของดวงอาทิตย์ที่เปล่งออกมา ซึ่งมีค่ามากกว่า 2,000 เท่าที่โลกได้รับ อย่างไรก็ตามพลังงานที่โลกได้รับเพียงน้อยนิดนี้จัดว่าเป็นพลังงานมหาศาลที่ทำให้โลกอบอุ่น สิ่งมีชีวิตเจริญเติบโต และดำรงชีวิตอยู่นอกจากนี้ พลังงานจากดวงอาทิตย์ยังก่อให้เกิดการหมุนเวียนในบรรยากาศ

ดวงอาทิตย์แผ่รังสีความร้อนมายังโลกในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความถี่ต่างกันเรียกว่า รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic radiation) เมื่อดวงอาทิตย์เปล่งรังสีออกมา จะถูกถ่ายเทผ่าน

อวกาศที่ว่างเปล่ามายังโลกโดยไม่ต้องอาศัยสื่อกลาง เรียกการถ่ายเทพลังงานด้วยวิธีนี้ว่า การแผ่รังสี แม้ว่าโลกจะได้รับพลังงานความร้อนจากดวงดาวต่าง ๆ และจากความร้อนภายในของโลกเอง แต่เป็นปริมาณเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์ เมื่อรังสีดวงอาทิตย์เข้ามาในบรรยากาศ จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนขึ้นในระบบบรรยากาศ การแผ่รังสีในบรรยากาศประกอบด้วย

### 3.3.1 การแผ่รังสีดวงอาทิตย์

รังสีจากดวงอาทิตย์ คือ รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า เคลื่อนเข้ามาถึงขอบนอกของบรรยากาศโลก ค่าพลังงานทั้งหมดของดวงอาทิตย์ในทุกช่วงคลื่นที่บริเวณผิวของบรรยากาศมีค่าระหว่าง 1.94-2.00 แคลอรีต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที ( $\text{Cal/cm}^2/\text{min}$ ) หรือ 1,353 วัตต์ต่อตารางเมตร ( $\text{W/m}^2$ ) หรือ 2 แลงเลย์ต่อนาที ( $2 \text{ ly/min}$ ) ซึ่งเรียกค่าคงที่สุริยะ (solar constant)

ค่าคงที่สุริยะ คือ พลังงานที่ได้รับจากรังสีของดวงอาทิตย์ตกลงตั้งฉากกับบรรยากาศชั้นนอกสุดของโลกบนพื้นที่ 1 หน่วยใน 1 หน่วยเวลา ค่าคงที่สุริยะนี้จะพิจารณาจากระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ที่มีระยะทางประมาณ 150 ล้านกิโลเมตรหรือ 97 ล้านไมล์ รังสีแม่เหล็กไฟฟ้ามีพิสัยความยาวคลื่นกว้างมาก โดยแยกตามส่วนได้ดังนี้ ประมาณร้อยละ 9 ของรังสีทั้งหมดเป็นรังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา ร้อยละ 41 เป็นรังสีเหนือม่วง และแสงที่ตามองเห็น และอีกร้อยละ 50 เป็นรังสีที่ตามองไม่เห็น และรังสีความร้อน ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ความยาวคลื่นต่าง ๆ ของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า

ประเภทของรังสี	ความยาวคลื่น (cm)
คลื่นไฟฟ้า	$\alpha - 3 \times 10^6$
คลื่นวิทยุ	$3 \times 10^6 - 0.3$
รังสีใต้แดง	$0.3 - 7.6 \times 10^{-5}$
แสงที่ตามองเห็น	$7.6 \times 10^{-5} - 4.0 \times 10^{-5}$
รังสีเหนือม่วง	$4 \times 10^{-5} - 10^{-8}$
รังสีเอกซ์	$10^{-6} - 10^{-12}$
แกมมา	$10^{-8} - 10^{-11}$

ที่มา ปรับปรุงจาก อรุณช ไผศาลอชพงษ์, 2556, หน้า 17

สายตาของมนุษย์มีความไวต่อแสง โดยมนุษย์สามารถมองเห็นแสงในช่วงคลื่นที่มีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดตั้งแต่ 0.4-0.7 ไมครอน แสงที่มองเห็นได้นี้สามารถแยกออกได้เป็นหลายสี ซึ่งแต่ละสีมีความยาวคลื่นต่างกัน ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ความยาวคลื่นและความถี่ของแสงสีต่าง ๆ

แสง	ความยาวคลื่น ( $\mu\text{m}$ )	ความถี่ ( $10^{14}$ Hz)
สีม่วง	0.4000 – 0.4240	7.495 – 7.116
สีน้ำเงิน	0.4240 – 0.4918	7.116 – 6.104
สีเขียว	0.4912 – 0.5750	6.104 – 5.215
สีเหลือง	0.5750 – 0.5850	5.215 – 5.125
สีส้ม	0.5850 – 0.6470	5.125 – 4.634
สีแดง	0.6470 – 0.7000	4.634 – 4.284

ที่มา ปรับปรุงจาก บุปผชาติ เรื่องสุวรรณ, 2542, หน้า 21

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์เคลื่อนเข้ามาในบรรยากาศโลก อนุภาคต่าง ๆ ในบรรยากาศและในเมฆจะทำให้รังสีดวงอาทิตย์เกิดการกระเจิงและถูกดูดกลืน ดังนั้น กว่ารังสีดวงอาทิตย์จะตกถึงพื้นผิวโลก จะเหลือเป็นบางส่วนเท่านั้น พื้นผิวโลกและบรรยากาศจะดูดกลืนไว้ร้อยละ 65 ของปริมาณทั้งหมด ส่วนที่เหลือร้อยละ 35 จะถูกสะท้อนกลับไปสู่อวกาศโดยเมฆและพื้นผิวโลก หรือไม่ก็ถูกทำให้กระเจิงโดยอนุภาคต่าง ๆ ในอวกาศ

ในขณะที่รังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาในบรรยากาศโลก จะเกิดกลไกในบรรยากาศ 3 ประเภท ได้แก่

**3.3.1.1 การกระเจิง** ในบรรยากาศประกอบด้วยอนุภาคต่าง ๆ เช่น โมเลกุลของก๊าซ ผงฝุ่น และหยดน้ำ อนุภาคเหล่านี้จะเป็นตัวการสำคัญในการกีดขวางทางเดินของรังสีดวงอาทิตย์ ดังนั้น รังสีที่แผ่เข้ามาสู่บรรยากาศในทิศทางเดียวกันนี้จะกระเจิงออกรอบทิศทางในขณะที่ปะทะกับอนุภาคที่อยู่ในวิถีของรังสี การกระเจิงสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะคือ

1) การกระเจิงแบบเรย์เลย์ (rayleigh scatter) คือ การกระเจิงที่เกิดขึ้นเมื่ออัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวทำกระเจิงหรือโมเลกุลและอนุภาคเล็ก ๆ ในบรรยากาศที่รังสีนี้ไปกระทบเท่ากับความยาวคลื่นของรังสีมีค่าน้อยกว่า 0.1 ผลจากการกระเจิงจะมีค่าแปรผกผันกับกำลัง 4 ของความยาวคลื่นนั้น ดังนั้น ปริมาณการกระเจิงของรังสีคลื่นสั้นจะมีมากกว่ารังสีคลื่นยาว การกระเจิงแบบนี้ทำให้เห็นท้องฟ้าเป็นสีน้ำเงิน ท้องฟ้าจะปรากฏเป็นสีดำในกรณีที่ไม่มีการกระเจิง ทั้งนี้เพราะเมื่อ

แสงอาทิตย์กระทบกับบรรยากาศของโลก แสงคลื่นสั้นหรือแสงสีน้ำเงินจะกระเจิงได้มากกว่าแสงคลื่นยาวสีอื่น ๆ ที่อยู่ในช่วงที่มองเห็นได้ จึงทำให้มองเห็นท้องฟ้าจึงเป็นสีน้ำเงิน แต่ในขณะที่ดวงอาทิตย์ขึ้นและตก ท้องฟ้าจะเปลี่ยนเป็นสีส้มและแดงเพราะวิถีทางเดินของแสงที่เข้ามาบรรยากาศในช่วงนั้นมีระยะยาวที่สุด และแสงสีน้ำเงินถูกอนุภาคในบรรยากาศทำให้กระเจิงไปหมดแล้ว จึงเหลือเพียงแสงสีส้มและแดงเท่านั้น

2) การกระเจิงแบบมี (mie scatter) คือ การกระเจิงที่เกิดขึ้นเมื่อรังสีมากระทบอนุภาคต่าง ๆ ในบรรยากาศที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพอ ๆ กับความยาวคลื่นของรังสีที่มากระทบอนุภาคสำคัญที่ทำให้เกิดการกระเจิงแบบนี้ ได้แก่ ไอน้ำและผงฝุ่น

3) การกระเจิงแบบไม่เลือก (non-selective Scatter) คือ การกระเจิงที่เกิดขึ้นเมื่อมีรังสีมากระทบอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าความยาวคลื่นของรังสีที่มากระทบอนุภาคสำคัญที่ทำให้เกิดการกระเจิงลักษณะนี้คือ หยดน้ำ โดยทั่วไปหยดน้ำจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในพิสัย 5-100 ไมครอน และจะกระเจิงแสงที่เห็นได้ทั้งหมดได้พอ ๆ กับที่มันสะท้อนรังสีได้แดง สีทุกสีในช่วงความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็นได้นั้นจะถูกกระเจิงในปริมาณที่เท่า ๆ กัน ดังนั้น หมอกและเมฆจึงปรากฏให้เห็นเป็นสีขาว

**3.3.1.2 การดูดกลืน** โมเลกุลต่าง ๆ ของผงฝุ่น หมอก คิวบิกไฟ และอนุภาคต่าง ๆ ของเมฆ จะดูดกลืนพลังงานของรังสีที่แผ่เข้ามาในบรรยากาศ ก๊าซต่าง ๆ จะดูดกลืนเฉพาะความยาวคลื่นที่แน่นอน เช่น ออกซิเจนและโอโซนสามารถดูดกลืนรังสีเหนือม่วงได้ดีมาก แสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจะดูดกลืนได้เพียงเล็กน้อย ยกเว้นในตอนปลาย ๆ ของสีแดง ไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะดูดกลืนรังสีได้แดง

การดูดกลืนรังสีของก๊าซต่าง ๆ ในบรรยากาศ ณ ความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้แก่ โอโซนจะดูดกลืนรังสีเหนือม่วงจนถึงความยาวคลื่น 0.3 ไมครอน โอโซนและออกซิเจนมีการดูดกลืนที่เห็นได้ชัดที่ความยาวคลื่น 9.6 ไมครอน คาร์บอนไดออกไซด์จะดูดกลืนในช่วง 2.7 และ 4.2 ไมครอน และจะดูดกลืนได้ดีในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 14 ไมครอนขึ้นไป ไอน้ำจะดูดกลืนได้ดีในหลายช่วงคลื่นระหว่าง 1-6.5 ไมครอน แต่จะไม่ดูดกลืนรังสีในช่วงคลื่น 8-13 ไมครอน จึงเรียกคลื่นช่วงนี้ว่าหน้าต่างบรรยากาศ เนื่องจากเมื่อท้องฟ้าโปร่งพลังงานที่มีความยาวคลื่นในช่วง 8-13 ไมครอนจะผ่านเข้ามาในบรรยากาศได้โดยไม่ถูกดูดกลืนหรือขัดขวาง ยกเว้นรังสีที่มีความยาวคลื่น 9.6 ไมครอน จะถูกโอโซนดูดกลืนเล็กน้อย การที่รังสีในคลื่นช่วงหน้าต่างบรรยากาศไม่มีการดูดกลืน เครื่องมือต่าง ๆ ในเครื่องบิน บอลลูน หรือดาวเทียมที่ออกแบบมาสำหรับวัดรังสีที่แผ่จากพื้นผิวโลก หรือจากยอดเมฆส่วนมากจึงปฏิบัติการในความยาวคลื่นช่วงนี้

นอกจากนี้ เมฆยังเป็นตัวการสำคัญที่สุดในการดูดกลืนรังสีทุกความยาวคลื่น และจะสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกลงมายังพื้นผิวของเมฆกลับออกไปปริมาณมากในเวลากลางวันให้เห็นชัดที่สุดคือ เมฆจะดูดกลืนรังสีจากโลกและแผ่รังสีกลับลงมาใหม่

**3.3.1.3 การสะท้อน** เกิดเมื่อการแผ่รังสีทั้งหมดของดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่น 0.3-4.0 ไมครอน แผ่มาถึงบรรยากาศและโลก จะมีส่วนหนึ่งที่สะท้อนกลับไปยังอากาศ การสะท้อนนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นในพิสัยนี้ การสะท้อนรังสีคลื่นสั้นโดยทั่วไปเรียกว่า อัลบีโด (albedo) อัลบีโดของพื้นผิว หมายถึงอัตราส่วนของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ถูกสะท้อนโดยพื้นผิวต่อปริมาณรังสีทั้งหมดที่ตกลงมากระทบ สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{อัลบีโด} = \frac{\text{ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ถูกสะท้อนโดยพื้นผิว}}{\text{ปริมาณรังสีทั้งหมดที่ตกลงมากระทบพื้นผิว}}$$

ค่าของอัลบีโดบนพื้นโลกจะเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

- 1) สถานที่
- 2) เวลา
- 3) ปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า
- 4) ปริมาณของฝุ่นละอองในอากาศ
- 5) มุมของรังสีที่กระทำกับพื้นโลก
- 6) ลักษณะของผิวโลก

โดยทั่วไปในช่วงความยาวคลื่น 0.4-0.7 ไมครอน อัลบีโดจะมีค่าประมาณร้อยละ 5-10 ในย่านรังสีใต้แดง -1.5 ไมครอน อัลบีโดมีค่าร้อยละ 30-50 และจะมีค่าลดลงเมื่อรังสีมีความยาวคลื่น 1.5-4.0 ไมครอน ค่าอัลบีโดในแต่ละพื้นผิวมีค่าแตกต่างกัน ดังตารางที่ 3.4

### ตารางที่ 3.4 ค่าอัลบีโดของพื้นผิวต่าง ๆ

ชนิดของพื้นผิว	อัลบีโด (ร้อยละ)
หิมะที่ตกใหม่	80-95
หิมะที่ตกนานแล้ว	50-60
ดินทรายแห้ง	25-45
ดินเหนียวแห้ง	20-35
ดินแห้ง	15-25
ดินเปียก	10
ป่าสน	10-15
ป่าผลัดใบ	15-20
ป่าผลัดใบที่ปกคลุมด้วยหิมะ	20
พื้นทราย	20-30
พื้นหญ้า	20-25
พื้นแห้ง	15-25
พื้นห้องเปียกชื้น	10
พืช	20-30
น้ำ (เมื่อดวงอาทิตย์ใกล้ขอบฟ้า)	50-80
น้ำ (เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ตรงศีรษะ)	3-50
เมฆหนา	70-80
เมฆบาง	25-50
แก้ว	20-35
โลกและบรรยากาศ	35

ที่มา ปรับปรุงจาก Lutgens and Tarbuck, 1982, p 38

จากตารางที่ 3.4 จะเห็นว่า เมฆเป็นตัวสะท้อนที่ดีมากถึงร้อยละ 70-80 ดังนั้นในวันที่มีเมฆครึ้มจะมีรังสีดวงอาทิตย์ตกมายังพื้นโลกในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น หิมะเป็นตัวสะท้อนที่ดีโดยเฉพาะหิมะที่ตกลงมาใหม่ ๆ จะสะท้อนได้ดีมากถึงร้อยละ 80-95 แต่ในทางตรงกันข้ามน้ำแข็งใสจะสะท้อนได้ไม่ดีนัก และมักจะดูดกลืนรังสีเป็นปริมาณมาก พื้นผิวน้ำและพื้นผิวน้ำทะเลเป็นตัวสะท้อนที่เลวจึงเป็นแหล่งสะสมพลังงานดวงอาทิตย์ พลังงานดวงอาทิตย์ร้อยละ 10-30 จะถูกสะท้อนโดยหินทราย และพืชต่าง ๆ

### 3.3.2 การแผ่รังสีจากโลก

เมื่อพื้นผิวโลกดูดกลืนรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยที่บริเวณใกล้กับพื้นผิวโลกมีค่าประมาณ 14 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกนี้มีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่พื้นผิวของดวงอาทิตย์ที่มีค่าประมาณ 6,000 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความสอดคล้องกับกฎต่าง ๆ ดังนี้

กฎของสเตเฟน (Stefan Law) คือ “ความเข้มของการแผ่รังสีของวัตถุดำจะแปรตามค่ากำลัง 4 ของอุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุนั้น”

$$I = \sigma T^4$$

เมื่อ	I	คือ ความเข้ม
	$\sigma$	คือ ค่าคงที่ $5.6705 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$
	T	คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์เคลวิน

กฎของเวียน (Wien's Displacement Law) คือ “ความยาวคลื่นที่ความเข้มสูงสุดจะแปรผกผันกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุนั้น”

$$\lambda_{\text{max}} = \text{ค่าคงที่/อุณหภูมิ (เคลวิน)}$$

เมื่อ	$\lambda_{\text{max}}$	คือ ความยาวคลื่นที่ความเข้มสูงสุด
	ค่าคงที่	คือ $2.898 \times 10^{-3}$ ชั่วโมง-เคลวิน

จะเห็นว่าโลกแผ่รังสีที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 4-70 ไมครอน และมีความเข้มขั้นสูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ 10 ไมครอน รังสีที่โลกแผ่ออกมานี้เรียกว่ารังสีจากโลก และรังสีจากดวงอาทิตย์มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 4 ไมครอน ส่วนรังสีจากโลกจะมีความคลื่นประมาณตั้งแต่ 4 ไมครอนขึ้นไป ความยาวคลื่นของรังสีทั้งสองชนิดจึงไม่มีการซ้อนทับกัน ดังนั้น จึงเรียกรังสีดวงอาทิตย์ว่ารังสีคลื่นสั้น และเรียกรังสีจากโลกว่ารังสีคลื่นยาว

รังสีความร้อนที่โลกแผ่ออกไปจะมีค่าน้อยขึ้นอยู่กัปริมาณรังสีที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ อัตราของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนพื้นที่ที่ขนานกับพื้นผิวโลกเรียกว่า รังสีดวงอาทิตย์บนพื้นโลก ซึ่งจะมีค่าเดียวกับค่าคงที่สุริยะ เมื่อพื้นผิวนั้นอยู่ที่ขอบของผิวของบรรยากาศ และตั้งฉากกับลำแสงของดวงอาทิตย์ที่ระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ปริมาณของรังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นโลกได้รับแต่ละแห่งนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัย 4 ประการ ดังนี้

ก) ค่าคงที่สุริยะมีค่า 1.94 แคลอรีต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที หรือ 1,353 วัตต์ต่อตารางเมตร หรือ 2 แลงเล่ย์ต่อนาที ซึ่งค่าคงที่สุริยะนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยคือ พลังงานดวงอาทิตย์ที่ส่งออกมา และระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์

ข) การเอียงของรังสีดวงอาทิตย์ สังกัดได้จากในเวลาเที่ยงวันดวงอาทิตย์จะส่องลงมาตรงศีรษะ ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์จะมีมากที่สุด ส่วนในตอนเช้าและตอนเย็นรังสีดวงอาทิตย์ส่องทำมุมเอียง ทำให้ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ลดน้อยลง หลักการเดียวกันนี้นำไปใช้กับระดับละติจูดและฤดูกาล ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อการหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์ สรุปได้ว่า ความเข้มของรังสีจะมากถ้ารังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบกับผิวโลกในแนวตั้งฉาก และความเข้มจะลดลงหากได้รับรังสีดวงอาทิตย์ในแนวเอียงซึ่งจะแผ่ปกคลุมในบริเวณกว้าง

ค) ความยาวนานของกลางวัน ความยาวนานของวันจะแตกต่างกันไปตามละติจูดและฤดูกาล ในวันที่มีระยะเวลากลางวันยาวนานกว่าพื้นโลกจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากกว่า

ง) ความโปร่งใสของบรรยากาศ ในขณะที่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาในบรรยากาศของโลก บางครั้งจะผ่านมาโดยไม่ถูกรบกวน และบางครั้งก็จะถูกดูดกลืนไปบ้าง พลังงานที่สูญหายไปขณะผ่านเข้ามาในบรรยากาศ ส่วนมากเกิดขึ้นเนื่องจากมีเมฆปกคลุมในบริเวณนั้น และพลังงานส่วนที่เหลือจะถูกส่งกลับคืนไปในอวกาศ

### 3.4 การตรวจวัดแสงอาทิตย์

การตรวจวัดแสงอาทิตย์ มี 2 วิธี คือ (ปานทิพย์ อัฒนาวิช, 2532, หน้า 30)

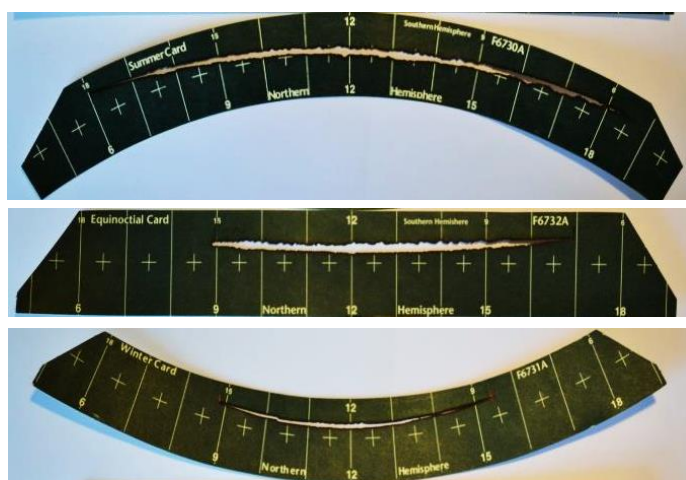
#### 3.4.1 การวัดระยะยาวนานของดวงอาทิตย์

การวัดระยะยาวนานของดวงอาทิตย์ ทำการวัดเพื่อให้ทราบว่าเป็นวันหนึ่ง ๆ มีแสงแดดนานเท่าใด โดยใช้เครื่องวัดแสงอาทิตย์แบบลูกแก้ว (glass ball sunshine recorder) ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 เครื่องวัดแสงอาทิตย์แบบลูกแก้ว

จากภาพที่ 3.4 จะเห็นว่า ส่วนประกอบที่สำคัญคือลูกแก้วใสกลมติดตั้งไว้บนฐานของเครื่อง ด้านล่างของลูกแก้วจะมีลักษณะเป็นกรวยโค้ง และมีกระดาศกราฟสีน้ำเงินซึ่งอาบน้ำยาเคมีสอดไว้ภายใน กระดาศกราฟดังกล่าวจะแบ่งออกเป็น 3 แบบ แบบแรกเป็นกระดาศโค้งยาว ใช้สอดเข้าในช่องด้านล่าง และใช้ตั้งแต่วันที่ 12 เมษายน ถึงวันที่ 2 กันยายน แบบที่สองเป็นกระดาศตรง ใช้สอดเข้าในช่องกลาง และใช้ตั้งแต่วันที่ 3 กันยายน ถึงวันที่ 14 ตุลาคม และจากวันที่ 1 มีนาคม ถึงวันที่ 11 เมษายน และแบบที่สามเป็นกระดาศโค้งสั้น ใช้สอดเข้าในช่องบน ใช้ตั้งแต่วันที่ 15 ตุลาคม ถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ หรือวันที่ 29 กุมภาพันธ์ สำหรับปีอธิกสุรทิน (leap year) ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 กระดาศกราฟแบบต่าง ๆ ที่ใช้กับเครื่องวัดแสงอาทิตย์แบบลูกแก้ว

เครื่องวัดแสงอาทิตย์แบบลูกแก้วจะถูกติดตั้งไว้ในที่โล่งแจ้ง ซึ่งแสงอาทิตย์ส่องถึงได้ตลอดวัน เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านลูกแก้วที่ทำหน้าที่คล้ายเลนส์รวมแสง แสงจะรวมกันเป็นจุดสว่างเกิดความร้อนมากขึ้น ทำให้เกิดเป็นรอยไหม้บนกระดาศกราฟ ซึ่งจะแบ่งสเกลระยะเวลาไว้ และมีเส้นแบ่งเครื่องหมายบอกเป็นชั่วโมง รอยไหม้บนกระดาศจะเกิดขึ้นเป็นทางยาว เมื่อดวงอาทิตย์เคลื่อนข้ามท้องฟ้าไป เวลาไม่มีแสงอาทิตย์ เช่น ท้องฟ้ามีเมฆ กระดาศจะไม่มีรอยไหม้ จากการวัดรอยไหม้บนกระดาศกราฟตามระยะเวลาต่าง ๆ นำมารวมกันจะได้ระยะยาวนานของแสงอาทิตย์

ข้อควรระวัง การเปลี่ยนกระดาศกราฟต้องสอดให้ถูกช่องตามที่กำหนด การสอดกระดาศต้องระวังในเรื่องเส้นเที่ยงวัน ต้องให้อยู่ตรงกันพอดีกับเส้นที่กลางโครงเครื่อง การเปลี่ยนกระดาศกราฟควรทำหลังจากที่ดวงอาทิตย์ตกดินแล้ว เพื่อเตรียมไว้สำหรับวันต่อไป ต้องหมั่นทำความสะอาดตัวลูกแก้วอยู่เสมอ เพื่อไม่ให้ฝุ่นผงหรือสิ่งสกปรกเกาะจับ ควรเช็ดด้วยผ้าซาร์มีวเพื่อป้องกันไม่ให้ผิวของลูกแก้วเป็นรอยขีดข่วน

### 3.4.2 การวัดการแผ่รังสี

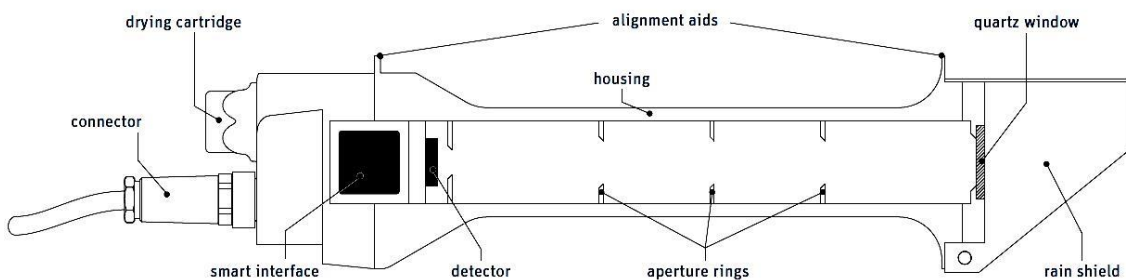
การวัดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่พื้นโลกได้รับ เป็นการวัดการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์รวมกับรังสีที่มาจากโลกหลังจากการกระเจิงและการสะท้อนออกโดยอนุภาคต่าง ๆ ในบรรยากาศ เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มีลักษณะดังต่อไปนี้

**3.4.2.1 ไพเฮลิโอมิเตอร์ (pyrheliometer)** เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงตั้งฉากกับพื้นโลกโดยตรง เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าแอกติโนมิเตอร์ (actinometer) อุปกรณ์ประเภทนี้จะมีระบบติดตามดวงอาทิตย์ เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านช่องแสง thermopile จะทำหน้าที่เปลี่ยนความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า สัญญาณที่ได้จะถูกเปลี่ยนจากสูตรให้เป็นค่าการวัดในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร ( $\text{w/m}^2$ ) ดังภาพที่ 3.6 และภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.6 ไพเฮลิโอมิเตอร์

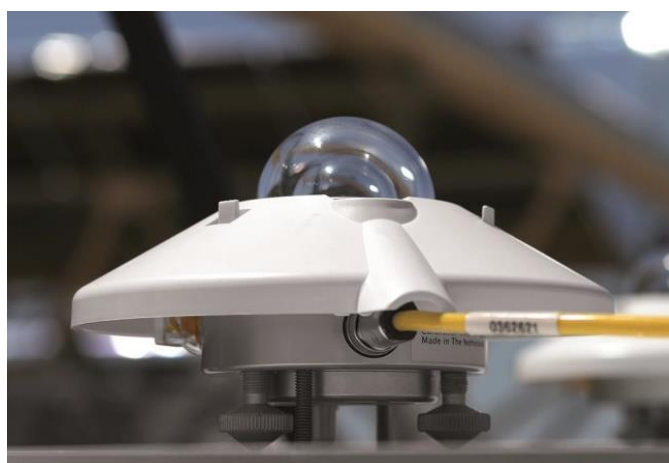
ที่มา Huksefluxusa, 2017



ภาพที่ 3.7 โครงสร้างไพเฮลิโอมิเตอร์

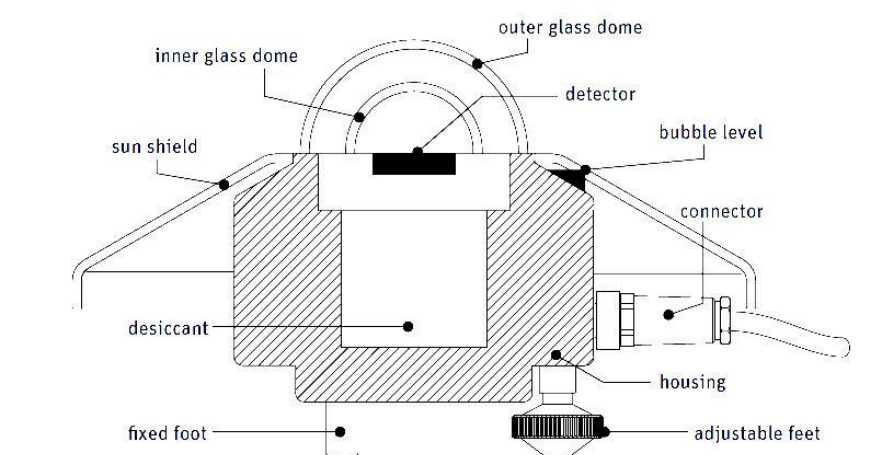
ที่มา Omniinstruments. 2017

**3.4.2.2 ไพราโนมิเตอร์ (pyranometer)** เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกลงมาบนพื้นราบและรังสีที่ท้องฟ้ารวมกัน การวัดค่าความเข้มของแสงอาทิตย์วัดได้โดยใช้ไพราโนมิเตอร์ ซึ่งมีหน่วยการวัดเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $W/m^2$ ) รังสีที่ส่องมาจากดวงอาทิตย์จะมาตกกระทบและกระจัดกระจายอยู่บนเซนเซอร์ในกรอบแก้วของไพราโนมิเตอร์นี้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา การวัดนี้เมื่อได้ค่ารังสีมาแล้วจะนำมาคำนวณตามหลักคณิตศาสตร์ขั้นสูง อย่างไรก็ตาม หากขณะที่ทำการวัดนั้นเกิดมีเงามาบังเครื่องก็สามารถที่จะคำนวณอัตรารังสีจริงได้โดยไม่มีความคลาดเคลื่อนหรือความคลาดเคลื่อนน้อยมากนักเอง ดังภาพที่ 3.8 และภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.8 ไพราโนมิเตอร์

ที่มา Rachel Poling, 2015



ภาพที่ 3.9 โครงสร้างไพราโนมิเตอร์

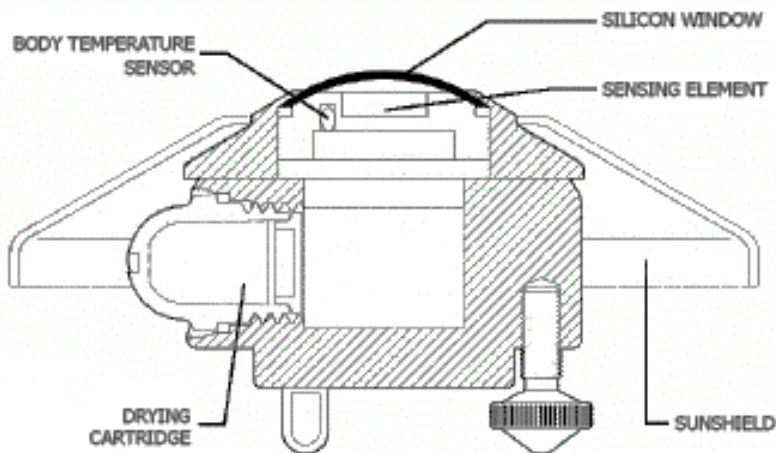
ที่มา Omniinstruments, 2017

**3.4.2.3 ไพจิโอมิเตอร์ (pyrgeometer)** เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณรังสีท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว หรือรังสีรวมทั้งหมดของโลกบนพื้นสีดำในแนวระนาบที่อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ดังภาพที่ 3.10 และภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.10 ไพจิโอมิเตอร์

ที่มา Wikimedia commons, 2007

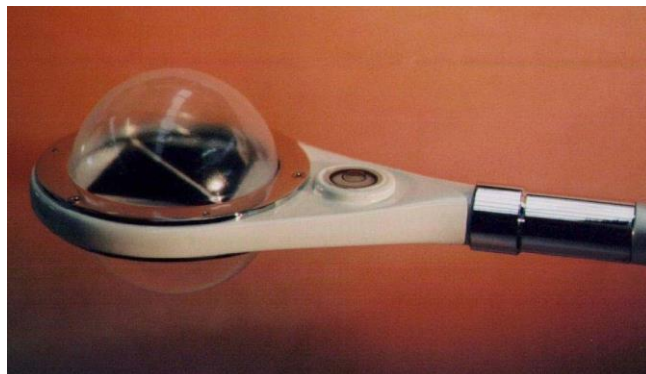


ภาพที่ 3.11 โครงสร้างไพจิโอมิเตอร์

ที่มา Wikipedia, 2017

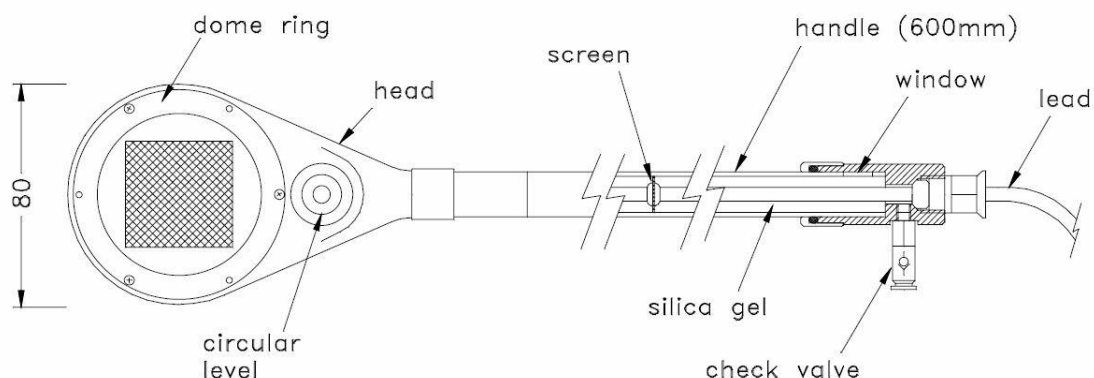
**3.4.2.4 ไพเรดิโอมิเตอร์ (pyr radiometer)** เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดรังสีดวงอาทิตย์และรังสีท้องฟ้าที่ตกลงมาบนพื้นราบ ทั้งด้านเงยขึ้นและคว่ำลง ภายในเรดิโอมิเตอร์จะมีไบพัดขนาดเล็ก อยู่สี่ไบพัด ไบพัดแต่ละไบจะมีสีแตกต่างกันในแต่ละหน้าเมื่อโดนแสง เช่น แสงอาทิตย์ แสงอินฟราเรด หรือแม้กระทั่งความร้อนจากมือคนถ้ามากพอ จะสามารถทำให้ไบพัดหมุนได้ เครื่องมือตรวจวัดการแผ่รังสี

นิยมวัดออกมาในหน่วยของพลังงาน มีหน่วยเป็นคาลอรีต่อตารางเซนติเมตรต่ออนาที หรือวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ดังภาพที่ 3.12 และภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.12 ไพเรติโอมิเตอร์

ที่มา Globalwatermonitoring, 2013



ภาพที่ 3.13 โครงสร้างไพเรติโอมิเตอร์

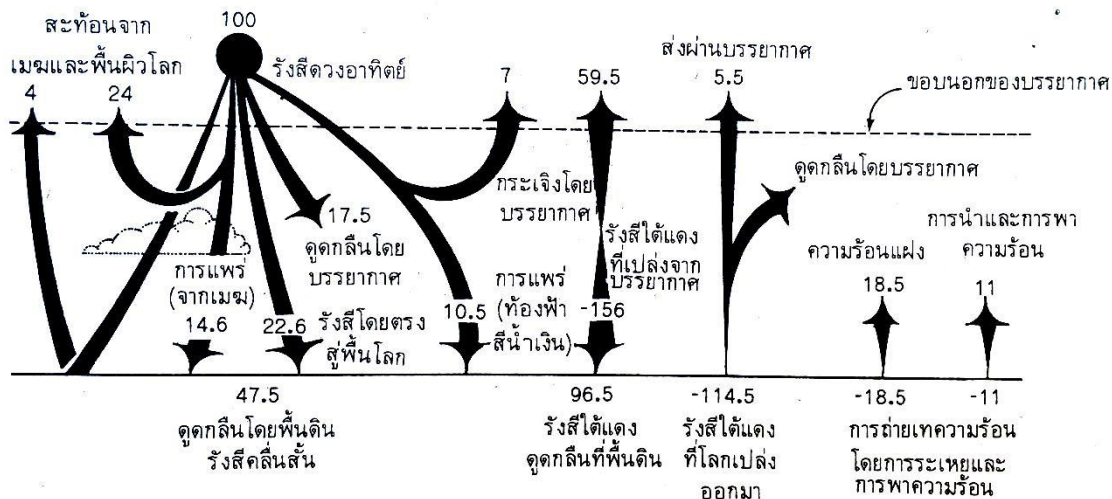
ที่มา Globalwatermonitoring, 2013

### 3.5 สมดุลของพลังงานความร้อนในบรรยากาศ

พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 14 องศาเซลเซียสเป็นเวลานานมาแล้วนับพันปี ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสมดุลของปริมาณพลังงานความร้อนที่โลกได้รับ โดยโลกแผ่รังสีออกไปในปริมาณเดียวกันกับที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ นักวิจัยมากมายใช้เวลานานนับปีในการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับอุณหภูมิแมฆ การกระจายของก๊าซและอนุภาคที่ดูดกลืนพลังงานและการสะท้อนแสงคลื่นสั้นของพื้นผิวต่าง ๆ และนำข้อมูลเหล่านั้นมาหาความสัมพันธ์กัน เพื่อประกอบการพิจารณาว่าในบริเวณพื้นที่ละติจูดต่างกันจะมีความสมดุลของพลังงานระหว่างรังสีดวงอาทิตย์ส่งมายังโลกและรังสีจากโลกอย่างไร โดยอาศัยรายละเอียด

เกี่ยวกับการดูดกลืนและผลจากการตรวจวัด ซึ่งทำให้ทราบว่า เหตุใดบรรยากาศจึงไม่อยู่นิ่ง ถ้าปราศจากการหมุนเวียนของบรรยากาศและมหาสมุทร เพื่อเป็นการถ่ายเทพลังงาน แล้วบริเวณละติจูดต่ำ ๆ ที่มีการสะสมพลังงานอากาศจะร้อนขึ้น ในขณะที่ละติจูดสูง ๆ อากาศจะเย็นลงเนื่องจากการสูญเสียพลังงานไป การไหลเวียนของบรรยากาศทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานความร้อนจากละติจูดต่ำไปสู่ละติจูดสูง

ปริมาณความร้อนในระบบโลกและบรรยากาศ สามารถคำนวณได้จากการเฉลี่ยค่าต่าง ๆ ในบริเวณซีกโลกเหนือ รังสีดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับโดยเฉลี่ยตลอดปีมีค่าแทนด้วย 100 หน่วย แต่ถูกสะท้อนกระเจิงกลับไปสู่อวกาศใหม่ 35 หน่วย ถูกพื้นผิวดูดไว้ 47.5 หน่วย และเนื่องจากปรากฏการณ์เรือนกระจกทำให้พื้นโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น พื้นผิวโลกจะแผ่รังสีคลื่นยาวออกไป 114.5 หน่วย ส่วนมากจะถูกบรรยากาศดูดกลืนเอาไว้ บรรยากาศจะแผ่รังสีกลับพื้นผิวโลก 96.5 หน่วย ซึ่งมากกว่า 2 เท่าของที่พื้นผิวโลกได้รับจากดวงอาทิตย์ พลังงานมากมายเหล่านี้จะย้อนจากพื้นดินกลับเข้าสู่บรรยากาศอีกครั้ง ทำให้บรรยากาศอุ่นขึ้นในรูปการนำความร้อน การพาความร้อน และการถ่ายเทความร้อนแฝง อุณหภูมิในอากาศจะค่อย ๆ ลดลงตามลำดับความสูงในชั้นโทรโพสเฟียร์ ดังภาพที่ 3.14



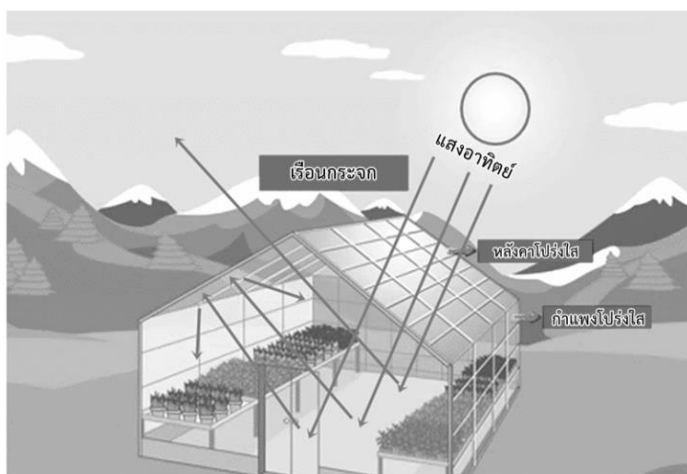
ภาพที่ 3.14 ปริมาณการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ บรรยากาศ และพื้นโลก

ทีมา อรุณช ไผศาลอชพงษ์, 2556, หน้า 43

บรรยากาศที่ระดับความสูงประมาณ 100 กิโลเมตร บรรยากาศจะอุ่นขึ้นและแยกออกจากกัน และถูกทำให้แตกตัว โดยรังสีเหนือม่วงที่อะตอมและโมเลกุลของออกซิเจนดูดกลืนเอาไว้ ชั้นบรรยากาศที่อยู่เหนือระดับ 80 กิโลเมตร จะเป็นเกราะกำบังให้ชั้นบรรยากาศที่อยู่ต่ำกว่า โดยการดูดรังสีเหนือม่วงไว้ สำหรับชั้นบรรยากาศระดับต่ำลงมา อากาศมีความหนาแน่นพอที่ไอโซนจะเกิดขึ้นได้ ดังนั้น อากาศในชั้นนี้จะอุ่นขึ้น เนื่องจากไอโซนดูดรังสีเหนือม่วงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 0.3 ไมครอนไว้หมด ส่วนรังสีคลื่นยาวขณะที่ผ่านเข้าสู่พื้นผิวโลกจะถูกบรรยากาศในบริเวณชั้นล่าง ๆ ของสตราโตสเฟียร์ดูดกลืนเพียง

เล็กน้อยเท่านั้น อากาศของโทรโพสเฟียร์อุ่นขึ้นจากเบื้องล่าง โดยการแลกเปลี่ยนรังสีคลื่นยาว การถ่ายเทความร้อนแฝง การพาความร้อนทำให้เกิดความสมดุลของพลังงานความร้อนในบรรยากาศ

บรรยากาศยอมให้รังสีคลื่นสั้นผ่านเข้าสู่บรรยากาศของโลกได้ เป็นรังสีหรือแสงที่มองเห็นได้ ในขณะที่เดียวกันบรรยากาศจะดูดกลืนรังสีคลื่นยาวไว้เกือบทั้งหมด ยกเว้นที่ความยาวคลื่น 8-13 ไมครอน บรรยากาศจะดูดกลืนไว้เพียงเล็กน้อย แถบของการดูดกลืนบรรยากาศที่ความยาวคลื่น 9.6 ไมครอน จะเกิดเนื่องจากโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ดังนั้น บรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์จะไม่มี การดูดกลืนรังสีในบริเวณความยาวคลื่นดังกล่าว การที่บรรยากาศยอมให้รังสีดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาได้ แต่กลับดูดกลืนรังสีจากโลกไว้มีผลทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น เมื่อบรรยากาศดูดกลืนรังสี บางส่วนจะถูกแผ่กลับไปสู่พื้นผิวโลกอีกเป็นการเพิ่มพลังงานให้แก่พื้นผิวนั้น ๆ การที่อุณหภูมิที่พื้นผิวโลกสูงขึ้น เนื่องจากการแผ่รังสีกลับลงมาของบรรยากาศ เรียกว่าผลกระทบของเรือนกระจก ทั้งนี้เพราะหลังคาของเรือนกระจกยอมให้รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านเข้าไปได้ แต่ไม่ยอมให้รังสีคลื่นยาวออกไป หลังคาเรือนกระจกมีบทบาทคล้ายบรรยากาศในการที่รักษาอุณหภูมิภายในเรือนกระจกให้สูงพอที่จะทำการปลูกพืชต่าง ๆ ในเรือนกระจกให้เติบโตในฤดูหนาว จากข้อมูลข้างต้นแสดงเป็นภาพได้ ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 เรือนกระจก

ไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวดูดกลืนรังสีคลื่นยาวที่สำคัญ ซึ่งไอน้ำมีความสามารถในการดูดกลืนรังสีได้ดีหลายช่วงคลื่นตั้งแต่ 1-6.5 ไมครอน รวมทั้งบริเวณที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 14 ไมครอน ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์จะดูดกลืนได้ดีที่ความยาวคลื่น 2.7 และ 4.2 ไมครอน และเห็นเด่นชัดที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 13 ไมครอนขึ้นไป บริเวณหน้าต่างบรรยากาศหรือที่ช่วงคลื่น 8-13 ไมครอนนั้น บรรยากาศจะยอมให้รังสีคลื่นยาวผ่านได้ ยกเว้นการดูดกลืนของโอโซนที่มีความยาวคลื่นขนาดนี้จะสามารถทะลุผ่านบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ไปสู่อวกาศได้โดยตรง ยกเว้นบางส่วนที่จะถูกดูดกลืนในช่วง 9.6 ไมครอนในชั้นสตราโตสเฟียร์ ความยาวคลื่นช่วงอื่น ๆ ของรังสีจากโลกจะถูกดูดกลืนที่ระดับต่าง ๆ

ในบรรยากาศ และบรรยากาศในระดับนั้น ๆ จะแผ่รังสีกลับไปกลับมา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและจำนวนไอน้ำในบรรยากาศ การดูดกลืนรังสีจากโลกจะทำให้ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และเมฆในบรรยากาศอุ่นขึ้นมีผลทำให้ก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้สามารถเปล่งรังสีคลื่นยาวออกจากตัวได้บางส่วนจะกลับไปสู่พื้นผิวโลก ดังนั้น ที่พื้นผิวโลกจะได้รับทั้งรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์และรังสีคลื่นยาวจากบรรยากาศ ในเวลากลางคืนรังสีดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับจะหมดลง แต่กระบวนการอื่นก็ยังคงดำเนินต่อไป ดังนั้น เวลากลางคืนจึงมักจะมีการสูญเสียพลังงานไปในอากาศ ซึ่งตรงข้ามกับในเวลากลางวันที่จะได้รับพลังงานเพิ่มขึ้น

### 3.6 บทสรุป

โลกเป็นดาวเคราะห์ที่เป็นบริวารของดวงอาทิตย์ มีการเคลื่อนที่ 2 ลักษณะ คือ การหมุนรอบตัวเองใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง เทียบเท่ากับ 1 วัน ทำให้เกิดกลางวันและกลางคืน และการหมุนรอบดวงอาทิตย์ที่ใช้เวลาประมาณ 365 วันหรือ 1 ปี ทำให้เกิดฤดูกาล พลังงานที่โลกได้รับจากรังสีของดวงอาทิตย์ตกลงตั้งฉากกับบรรยากาศชั้นนอกสุดของโลกบนพื้นที่ 1 หน่วย ในเวลา 1 หน่วยพิจารณาจากระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ 93 ล้านไมล์หรือ 150 ล้านกิโลเมตร มีค่า 1.940 แคลอรีต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที ( $\text{cal/cm}^2/\text{min}$ ) หรือ 1,353 วัตต์ต่อตารางเมตร ( $\text{w/m}^2$ ) หรือ 2 แลงเลย์ต่อนาที ( $\text{ly/min}$ ) เรียกว่าค่าคงที่สุริยะ

การถ่ายเทพลังงานความร้อนมี 3 ลักษณะ คือ การนำความร้อน เป็นการส่งผ่านความร้อนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า มีวัตถุเป็นตัวกลางโดยวัตถุจะอยู่กับที่แต่ความร้อนจะค่อย ๆ แผ่กระจายไปตามเนื้อวัตถุนั้น ลักษณะที่สองคือ การพาความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนตัวของมวลในสื่อกลางที่ความร้อนถูกถ่ายเท จะเกิดความในสารซึ่งโมเลกุลมีการเคลื่อนตัวได้อิสระ และลักษณะที่สามคือ การแผ่รังสีความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวในทุกทิศทุกทาง โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน

การแผ่รังสีในบรรยากาศ โดยรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนพื้นผิวโลกหรือตกลงบนพื้นราบมี 3 ลักษณะคือ รังสีตรง คือรังสีที่ได้จากดวงอาทิตย์โดยตรง ทำให้มีทิศทางที่แน่นอนสามารถนำไปใช้งานได้โดยตรง รังสีกระจาย คือรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ได้รับหลังจากที่มีการกระจาย หักเหหรือสะท้อนในชั้นบรรยากาศหรือสิ่งแวดล้อม ทำให้มีทิศทางที่ไม่แน่นอน ไม่เป็นระเบียบ และลักษณะสุดท้ายคือ รังสีรวม คือ ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจาย หาได้จากการอินทิเกรตความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทุก ๆ ช่วงความยาวคลื่น การหาค่ารังสีรวมบนพื้นราบสามารถหาได้จากเครื่องมือที่ใช้วัดรังสีรวม คือ ไพราโนมิเตอร์

การแผ่รังสีในบรรยากาศมาจากรังสีจากดวงอาทิตย์และรังสีจากโลก รังสีจากดวงอาทิตย์จะเป็นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า มีพิสัยความยาวคลื่นที่กว้างมาก ประมาณร้อยละ 9 ของรังสีทั้งหมดเป็นรังสีเอกซ์และรังสีแกมมา ร้อยละ 41 เป็นรังสีเหนือม่วงและแสงที่ตามองเห็น ที่เหลืออีกร้อยละ 50 เป็นรังสี

ที่ตามองไม่เห็นและรังสีความร้อน ส่วนรังสีจากโลกจะแผ่ออกไปมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ในพื้นที่แต่ละแห่งจะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับค่าคงที่สุริยะ การเอียงของรังสี ความยาวนานของกลางวัน และความโปร่งใสของบรรยากาศ

ในขณะที่รังสีจากดวงอาทิตย์ส่งผ่านมาในบรรยากาศ จะเกิดกลไกในบรรยากาศ 3 ประเภท คือ การกระเจิงที่เกิดจากอนุภาคต่าง ๆ เช่น โมเลกุลของก๊าซ ฝุ่น และหยดน้ำ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการกีดขวางทางเดินของรังสีจากดวงอาทิตย์ กลไกอีกประเภทคือ การดูดกลืนโดยโมเลกุลของฝุ่นผง หมอก คิวโนไฟ หรือก๊าซต่าง ๆ ซึ่งแต่ละอนุภาคจะเกิดการดูดกลืนได้แตกต่างกัน ฅ ความยาวคลื่นต่าง ๆ และกลไกในบรรยากาศประเภทสุดท้ายคือ การสะท้อนจะเกิดขึ้นเมื่อการแผ่รังสีทั้งหมดของดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่น 0.3-0.4 ไมครอน แผ่มารังบรรยากาศของโลก ซึ่งจะมีรังสีส่วนหนึ่งที่สะท้อนกลับออกไปยังบรรยากาศมากน้อยขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น การสะท้อนรังสีทั่วไปเรียกว่า อัลบีโด หมายถึง อัตราส่วนของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ถูกสะท้อนโดยพื้นผิวต่อปริมาณรังสีทั้งหมดที่ตกลงมากระทบ

การตรวจวัดแสงอาทิตย์มี 2 วิธี คือ การวัดระยะยาวนานของดวงอาทิตย์ และการวัดการแผ่รังสีที่พื้นโลกได้รับ เป็นการวัดการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์รวมกับรังสีที่มาจากโลกภายหลังจากการกระเจิงและการสะท้อนออกโดยอนุภาคต่าง ๆ ในบรรยากาศ

### 3.7 คำถามทบทวน

ให้เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ตัวเลือกใดกล่าวถูกต้อง
  - ก. โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ 1,700 กิโลวัตต์
  - ข. พลังงานที่เกิดจากดวงอาทิตย์เป็นปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิชชัน
  - ค. ดวงอาทิตย์เปล่งพลังงานออกมามีค่ามากกว่า 2,000 เท่าของโลกที่ได้รับ
  - ง. ดวงอาทิตย์ส่งพลังงานมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ต่างกันเรียกว่ารังสีแม่เหล็กไฟฟ้า
2. “สายตาของมนุษย์จะไวต่อแสงในช่วงคลื่นที่มีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด” ตัวเลือกใดมีความสอดคล้องกับข้อความข้างต้น
  - ก. 0.1-0.4 ไมครอน
  - ข. 0.2-0.5 ไมครอน
  - ค. 0.3-0.6 ไมครอน
  - ง. 0.4-0.7 ไมครอน
3. “pyrhelimeter” มีความสัมพันธ์กับตัวเลือกใด
  - ก. เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณรังสีท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว
  - ข. เครื่องมือที่ใช้ตรวจรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงมาบนพื้นราบ

- ค. เครื่องมือที่ใช้ตรวจรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงมาตั้งฉากกับพื้นโลก  
 ง. เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดรังสีจากดวงอาทิตย์และรังสีท้องฟ้าที่ตกลงมาบนพื้นราบ
4. วันที่โลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์มากที่สุดตรงกับตัวเลือกใด  
 ก. 4 มกราคม  
 ข. 4 กรกฎาคม  
 ค. 3 มกราคม  
 ง. 3 กรกฎาคม
5. “1 หน่วยดาราศาสตร์” แปลความหมายในรูปของข้อความใดดังตัวเลือกใด  
 ก. หน่วยวัดระยะห่างระหว่างดวงดาว  
 ข. ระยะทางระหว่างดวงอาทิตย์กับโลก  
 ค. ระยะทางระหว่างดวงอาทิตย์กับดาวเคราะห์  
 ง. ถูกทุกตัวเลือก
6. ตัวเลือกใดเรียงลำดับพื้นผิวที่มีค่า “อัลบีโด” จากมากไปน้อยได้ถูกต้อง  
 ก. พื้นหิ้งน้ำ-ดินเปียก-ดินแห้ง-ทราย-หิมะ  
 ข. ดินเปียก-ดินแห้ง-พื้นหิ้งน้ำ-หิมะ-ทราย  
 ค. หิมะ-ทราย-ดินแห้ง-ดินเปียก-พื้นหิ้งน้ำ  
 ง. ดินแห้ง-ดินเปียก-ทราย-พื้นหิ้งน้ำ-หิมะ
7. ความสัมพันธ์ที่ถูกต้องระหว่าง “ความยาวคลื่น” กับ “ความถี่” ของแสงสีต่าง ๆ ตรงกับตัวเลือกใด

ตัวเลือก	แสงสีต่าง ๆ	ความยาวคลื่น ( $\mu\text{m}$ )	ความถี่ ( $10^{14}$ Hz)
ก	ม่วง	0.4000 – 0.4240	7.495 – 7.116
ข	น้ำเงิน	0.4240 – 0.4918	6.104 – 5.215
ค	เขียว	0.4912 – 0.5750	5.125 – 4.634
ง	เหลือง	0.5750 – 0.5850	4.634 – 4.284

8. “solar constant” เขียนเป็นข้อความใดดังตัวเลือกใด  
 ก. รังสีสุทธิของรังสีดวงอาทิตย์  
 ข. ผลรวมของรังสีตรงและกระจาย  
 ค. รังสีที่ระจัดกระจายบนท้องฟ้า  
 ง. ค่าเฉลี่ยของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศ

9. ตัวเลือกใดคือตัวกลางที่สำคัญที่สุดในการดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์
- พื้นดิน
  - พื้นน้ำ
  - พื้นป่า
  - เมฆ
10. ตัวเลือกใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับรังสีเหนือม่วง และแสงที่ตามองเห็น
- คิดเป็นร้อยละ 9 ของรังสีทั้งหมด
  - คิดเป็นร้อยละ 41 ของรังสีทั้งหมด
  - ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า
  - มีความยาวคลื่น  $3 \times 10^6 - 0.3 \text{ cm}$
11. ตัวเลือกใดถูกต้องเมื่อน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ ต้องการความร้อนแฝงในการเปลี่ยนสถานะ
- 200 แคลอรี/น้ำ 1 กรัม
  - 400 แคลอรี/น้ำ 1 กรัม
  - 600 แคลอรี/น้ำ 1 กรัม
  - 800 แคลอรี/น้ำ 1 กรัม
12. ตัวเลือกใดไม่ใช่ปัจจัยที่ทำให้ค่าของอัลบีโดบนพื้นโลกเปลี่ยนแปลง
- สถานที่
  - เวลา
  - เมฆ
  - ไอน้ำ
13. จงอธิบายการหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งทำให้เกิดฤดูกาลมาโดยสังเขป
14. จงอธิบาย ยกตัวอย่าง และบอกความแตกต่างของการถ่ายเทพลังงานความร้อนในลักษณะต่าง ๆ
15. ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับในแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง จงอธิบายมาพอสังเขป



## บทที่ 4

### อุณหภูมิของอากาศ

ระดับอุณหภูมิของอากาศรอบตัวทำให้มนุษย์เกิดความรู้สึกร้อนหนาว ซึ่งรับรู้ได้โดยประสาทสัมผัสทั้งห้าของแต่ละบุคคลซึ่งมีความแตกต่างกัน ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้เป็นมาตรฐานในการบอกระดับอุณหภูมิของอากาศได้ จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับในระดับสากล และเครื่องมือที่เป็นที่รู้จักคือเทอร์โมมิเตอร์ มีลักษณะเป็นกระเปาะแก้วภายในบรรจุของเหลว อาศัยหลักการขยายตัว การหดตัวของของเหลว อุณหภูมิของอากาศในสถานที่ที่ต่างกันอย่างหนึ่งหรือแม้แต่ในตำแหน่งเดียวกัน อาจไม่เท่ากัน การที่อุณหภูมิของอากาศในที่ต่าง ๆ ต่างกัน เพราะสภาพแวดล้อมไม่เหมือนกัน เป็นผลให้การรับความร้อนและการถ่ายโอนความร้อนไม่เท่ากัน ส่วนในช่วงเวลาต่าง ๆ สถานที่แห่งเดียวกัน อุณหภูมิอาจไม่เท่ากันได้เช่นกัน เนื่องจากอิทธิพลของแสงอาทิตย์ตลอดจนสภาพแวดล้อมอื่น ๆ

อุณหภูมิ (temperature) คือ ระดับความร้อนเย็น ทำการวัดเพื่อหาระดับอุณหภูมิ ปัจจุบันใช้สเกลของอุณหภูมิอยู่หลายชนิด แต่ที่ใช้เป็นมาตรฐานคือ องศาเคลวิน ( $^{\circ}\text{K}$ ) หน่วยที่อนุโลมใช้คือ องศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ ) และองศาฟาเรนไฮต์ ( $^{\circ}\text{F}$ ) ส่วนความหมายอุณหภูมิอากาศ (air temperature) คือ ระดับความร้อนหนาวของอากาศ เป็นปัจจัยพื้นฐานในการศึกษาสภาพอากาศ เนื่องจากอุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา เช่น แต่ละชั่วโมง วัน เดือน ปี และฤดูกาล นักอุตุนิยมวิทยาจึงศึกษาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวัน ใช้ค่าอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดรวมกันหารสอง อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนใช้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของแต่ละวันรวมกันหารด้วยจำนวนวัน และอุณหภูมิเฉลี่ยของปีใช้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของแต่ละเดือนรวมกันหารด้วยสิบสอง ทั้งนี้เนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมินั้นส่งผลกระทบต่อมวลมนุษยชาติ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงปัจจัยในการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ อาทิ การหมุนรอบตัวเองของโลก ซึ่งทำให้มุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบพื้นผิวโลกเปลี่ยนแปลงไป ในเวลาเที่ยงวันดวงอาทิตย์อยู่สูงเหนือขอบฟ้ามากที่สุด แสงอาทิตย์ตกกระทบพื้นโลกเป็นมุมฉากจึงมีความเข้มสูง ส่วนในเวลาเช้าและเย็นดวงอาทิตย์อยู่ใกล้ขอบฟ้า แสงตกกระทบพื้นโลกเป็นมุมเฉียง ลำแสงครอบคลุมพื้นที่กว้างทำให้ความเข้มของแสงน้อยกว่าเวลาเที่ยง และในช่วงเวลาเที่ยงแสงอาทิตย์ส่องผ่านบรรยากาศเป็นระยะทางไม่มาก แต่ในเวลาเช้าและเย็นแสงอาทิตย์ทำมุมลาดและเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศเป็นระยะทางไกล ความเข้มของแสงจึงถูกบรรยากาศกรองให้ลดน้อยลงทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง นอกจากนี้ ยังมีระดับละติจูด ความแตกต่างระหว่างพื้นดินกับพื้นน้ำ กระแสน้ำในมหาสมุทร ความสูงของพื้นที่ และเนื้อหาในส่วนท้ายจะกล่าวถึงแผนที่อยู่ของอุณหภูมิของอากาศ

#### 4.1 เครื่องมือวัดอุณหภูมิของอากาศ

เครื่องมือวัดอุณหภูมิของอากาศ คือ เทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งจะติดตั้งไว้ภายในเรือนเทอร์โมมิเตอร์ เป็นตู้แบบบานเกล็ด ทาสีขาวทั้งด้านในและด้านนอก ออกแบบมาให้มีการถ่ายเทอากาศโดยธรรมชาติ โดยไม่ให้ความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าไปภายในตู้ได้ เพื่อให้ค่าของอุณหภูมิภายในและภายนอกตู้เท่ากัน ฝาตู้เป็นบานเกล็ดสองชั้น พื้นทำด้วยแผ่นไม้สลักกันไปมา หลังคามีสองชั้นเช่นกัน เพื่อให้มีที่วางไว้สำหรับการถ่ายเทอากาศ การติดตั้งต้องไม่ให้แสงแดดส่องผ่านเข้าไปถูกตัวเทอร์โมมิเตอร์ โดยหันด้านหน้าประตูไปทางทิศเหนือหรือใต้ เรือนเทอร์โมมิเตอร์จะตั้งอยู่ในสนามอศุขนิยมหาวิทยาลัย มีความสูงจากพื้นดิน 1.25-2.00 เมตร ซึ่งพอดีกับระดับสายตาของผู้ตรวจ และเพื่อความสะดวกในการอ่านค่าอุณหภูมิ ดังภาพที่ 4.1

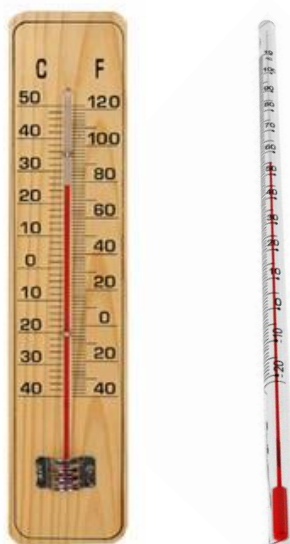


ภาพที่ 4.1 เรือนเทอร์โมมิเตอร์

เทอร์โมมิเตอร์ คือ เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิโดยอาศัยคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของสาร จากหลักการที่ว่า เมื่อสารได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัว ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้า เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ของเหลวที่นิยมใช้ทำเป็นตัวชี้หรือตัวบอกระดับความสูงต่ำของอุณหภูมิในเทอร์โมมิเตอร์คือปรอทและแอลกอฮอล์ เนื่องจากคุณสมบัติของปรอทมีจุดเยือกแข็งประมาณ  $-38.87$  องศาเซลเซียส ส่วนแอลกอฮอล์มีจุดเยือกแข็ง  $-114$  องศาเซลเซียส ดังนั้น เทอร์โมมิเตอร์ที่ทำด้วยแอลกอฮอล์จึงสามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าเทอร์โมมิเตอร์ที่ทำด้วยปรอท ในประเทศเขตนานจะนิยมใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่ทำด้วยแอลกอฮอล์ แต่เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของแอลกอฮอล์เป็นของเหลวใสไม่มีสี เมื่อนำมาเป็นตัวชี้ในเทอร์โมมิเตอร์จึงต้องย้อมด้วยสีแดงหรือสีน้ำเงิน เทอร์โมมิเตอร์สามารถแบ่งตามหลักการทำงานได้ดังนี้

#### 4.1.1 เทอร์โมมิเตอร์ที่ทำด้วยแก้ว

4.1.1.1 เทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดา ประดิษฐ์ขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2133 โดย กาลิเลโอ แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้ และเทอร์โมมิเตอร์ได้มีวิวัฒนาการมาจนถึงปัจจุบัน ลักษณะของเทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดาทำด้วยหลอดแก้วลากวง ปลายข้างหนึ่งเป็นตุ้มแก้วกลมหรือรี ภายในบรรจุปรอทเต็มล้นขึ้นไปพอสมควร เหตุผลที่ใช้ปรอทเพราะคุณสมบัติของปรอทจะยึดออกหรือหดตัวได้มากกว่าแก้ว 7 เท่า อีกปลายหนึ่งทำเป็นที่ว่างสูญญากาศ ตัวหลอดแก้วยึดอยู่กับไม้หรือโลหะ มีแผ่นแก้วฝ้าติดอยู่ด้านหลังเพื่อฉายแสงให้เห็นปรอทได้ชัด ด้านหน้าของปรอทแก้วจะนูนโค้ง เพื่อเป็นเลนส์ขยายลำปรอทให้มองเห็นชัดเจนขึ้น ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 เทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดา

เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทจะมีการกำหนดสเกลจากจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของเหลวที่อยู่ภายในหลอดแก้ว สเกลที่นิยมใช้มีอยู่ 3 สเกล ได้แก่

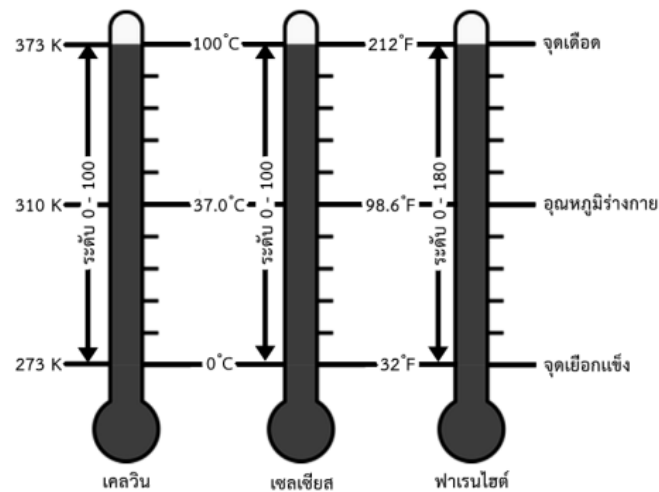
1) สเกลเซลเซียส (celsius) ชื่อเรียกเพื่อเป็นเกียรติแก่ แอนเดอร์ส เซลเซียส (Anders Celsius) นักดาราศาสตร์ชาวสวีเดน ผู้ประดิษฐ์เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้ขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2285 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้จะกำหนดจุดเดือดของน้ำเป็น  $100^{\circ}\text{C}$  และจุดเยือกแข็งเป็น  $0^{\circ}\text{C}$  ระหว่างจุดเดือดและจุดเยือกแข็งแบ่งออกเป็น 100 ซิตเท่า ๆ กัน แต่ละซิตเรียกว่าหนึ่งองศาเซลเซียส ( $1^{\circ}\text{C}$ )

2) สเกลฟาเรนไฮต์ (fahrenheit) ชื่อเรียกเพื่อเป็นเกียรติแก่แดเนียล ฟาเรนไฮต์ (Deniel Fahrenheit) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ผู้ประดิษฐ์เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้ขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2253 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้กำหนดจุดเดือดของน้ำเป็น  $212^{\circ}\text{F}$  และจุดเยือกแข็งเป็น  $32^{\circ}\text{F}$  ระหว่างจุดเดือดและจุดเยือกแข็งแบ่งออกเป็น 180 ซิตเท่า ๆ กัน แต่ละซิตเรียกว่าหนึ่งองศาฟาเรนไฮต์ ( $1^{\circ}\text{F}$ )

3) สเกลเคลวิน (Kelvin) เป็นสเกลที่นิยมใช้ในทางอุตุนิยมวิทยา มาตราส่วนของอุณหภูมิจะคล้ายกับสเกลเซลเซียส แต่มีจุดเยือกแข็งที่ 0 องศาสัมบูรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $-273^{\circ}\text{C}$  ดังนั้น จุดเยือกแข็ง  $0^{\circ}\text{C}$  มีค่าเท่ากับ  $273^{\circ}\text{K}$  ระหว่างจุดเยือกแข็งและจุดเดือดแบ่งเป็น 100 ซีดเท่า ๆ กัน แต่ละซิดเรียกว่าหนึ่งอาศาเคลวิน ( $1^{\circ}\text{K}$ )

กล่าวได้ว่า สเกลของเคลวินตัวเลขที่กำหนดอุณหภูมิเป็นช่วงจำนวน (interval number) จึงไม่มีศูนย์แท้ เช่น ที่ตำบล ก มีอุณหภูมิ  $15^{\circ}\text{C}$  และที่ตำบล ข มีอุณหภูมิ  $30^{\circ}\text{C}$  ซึ่งไม่สามารถบอกได้ว่าที่ตำบล ข มีอุณหภูมิสูงเป็น 2 เท่าของตำบล ก เพียงแต่บอกได้ว่าตำบล ข มีอุณหภูมิสูงกว่าตำบล ก  $15^{\circ}\text{C}$

จากรายละเอียดของการกำหนดสเกลเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 3 สเกล เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันจะเห็นความแตกต่างของแต่ละสเกล ดังภาพที่ 4.3



$$^{\circ}\text{K} = 273 + ^{\circ}\text{C}$$

$$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$^{\circ}\text{F} = 9/5 (^{\circ}\text{C} + 32)$$

**ภาพที่ 4.3** การเปรียบเทียบระหว่างสเกลเคลวิน เซลเซียส และฟาเรนไฮต์

**4.1.1.2 เทอร์โมมิเตอร์แบบสูงสุด-ต่ำสุด** ใช้วัดอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของอากาศในแต่ละวัน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) เทอร์โมมิเตอร์แบบสูงสุด ใช้วัดอุณหภูมิสูงสุดของอากาศในวันหนึ่ง ๆ ทำด้วยหลอดแก้วภายในบรรจุปรอท เหนือระดับปรอทในหลอดแก้วเป็นสุญญากาศ ตอนเหนือปรอทในหลอดแก้วทำเป็นคอคอดไว้ เมื่อได้รับความร้อนปรอทจะขยายตัวผ่านคอคอด เมื่ออุณหภูมิของอากาศลดลง ปรอทส่วนที่ขยายตัวผ่านคอคอดขึ้นไปไม่สามารถเลื่อนกลับเข้ากระเปาะปรอทตามเดิมได้ ยังคงค้าง

อยู่บนคอคอดปลายของปรอทจะเป็นตัวชี้ให้ทราบว่าอุณหภูมิขึ้นไปกึ่งศา หากปลายสุดของปรอทเลื่อนไปข้างอยู่ที่ใด แสดงว่าอุณหภูมิของอากาศเคยสูงสุดที่อุณหภูมินั้น หลักการอ่านเทอร์โมมิเตอร์สูงสุดจะอ่านเฉพาะเวลา 19.00 น. เทอร์โมมิเตอร์สูงสุดบางแบบต้องปลดออกจากเครื่องยึดแล้วตั้งให้ได้ฉาก 90° ก่อนจึงจะอ่านได้ เมื่อต้องการนำเทอร์โมมิเตอร์มาใช้วัดอุณหภูมิใหม่ ก็ใช้มือจับก้านเทอร์โมมิเตอร์ให้แน่น โดยให้กระเปาะปรอทอยู่ด้านนอกแล้วสะบัดแรง ๆ แรงสะบัดจะทำให้ปรอทผ่านคอคอดเข้าสู่กระเปาะได้

2) เทอร์โมมิเตอร์แบบต่ำสุด ใช้วัดอุณหภูมิต่ำสุดของอากาศในวันหนึ่ง ๆ ทำด้วยหลอดแก้วภายในบรรจุแอลกอฮอล์มีตัวชี้ทำด้วยหลอดแก้วซึ่งลอยอยู่ในแอลกอฮอล์และเลื่อนไปมาได้ ตัวชี้จะเป็นเครื่องหมายสำหรับอ่านอุณหภูมิต่ำสุดของอากาศ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแอลกอฮอล์จะขยายตัวผ่านตัวชี้ขึ้นไปข้างบน เพราะผิวแอลกอฮอล์ด้านที่สัมผัสกับสุญญากาศมีลักษณะเว้าเข้า จึงไม่มีแรงดันให้ตัวชี้ไหลตามไปด้วย ถ้าอุณหภูมิของอากาศลดลงแอลกอฮอล์จะหดกลับผิวหน้าของแอลกอฮอล์จะดึงปลายบนของตัวชี้ให้ถอยตามลงมาด้วย โดยอาศัยหลักการดึงผิวของแอลกอฮอล์ การอ่านอุณหภูมิต่ำสุดจะอ่านเฉพาะเวลา 07.00 น. อ่านจากปลายยอดของตัวชี้ด้านบน ถ้าตัวชี้เลื่อนมาหยุดอยู่ที่ใดก็หมายถึงอุณหภูมิต่ำสุดของอากาศเป็นเท่านั้น เมื่อต้องการนำเทอร์โมมิเตอร์มาใช้วัดอุณหภูมิใหม่ เพียงแค่ใช้มือจับก้านเทอร์โมมิเตอร์เอียงโดยให้กระเปาะสูงขึ้น ตัวชี้ก็จะเลื่อนลงมาและหยุดอยู่ที่ผิวหน้าของแอลกอฮอล์

เทอร์โมมิเตอร์สูงสุดและเทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุด เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิของอากาศที่จะติดตั้งไว้คู่กันในเรือนเทอร์โมมิเตอร์ ดังภาพที่ 4.4



เทอร์โมมิเตอร์

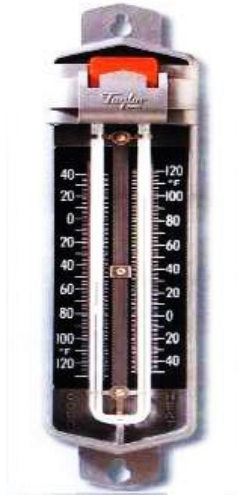
แบบสูงสุด

เทอร์โมมิเตอร์

แบบต่ำสุด

ภาพที่ 4.4 เทอร์โมมิเตอร์แบบสูงสุด-ต่ำสุด

**4.1.1.3 เทอร์โมมิเตอร์แบบซิกซ์** ลักษณะเป็นหลอดแก้วรูปตัวยู ภายในบรรจุปรอท และแอลกอฮอล์ มีก้านโลหะรูปดัมเบลล์ข้างละ 1 อัน หลอดทางซ้ายบอกอุณหภูมิต่ำสุด หลอดทางขวาบอกอุณหภูมิสูงสุด อ่านอุณหภูมิจากขอบล่าง ดังภาพที่ 4.5



**ภาพที่ 4.5** เทอร์โมมิเตอร์แบบซิกซ์

การอ่านเทอร์โมมิเตอร์ชนิดต่าง ๆ มีวิธีอ่านดังนี้

1. สายตาต้องพอดีกับระดับยอดปรอท อย่าอยู่สูงหรือต่ำ เพราะจะทำให้การอ่านเหลื่อมได้
2. ระวังอย่าหายใจรดหรืออยู่ใกล้นานเกินควร เพราะความร้อนจากร่างกายจะทำให้เกิดคลาดเคลื่อนได้
3. การอ่านเทอร์โมมิเตอร์ตอนกลางคืนควรใช้ไฟฉาย ห้ามใช้ตะเกียงเด็ดขาด
4. ถ้าเพิ่งเอาออกมาวัดใหม่ ๆ หรือเอาไปวัดอุณหภูมิของน้ำเย็น ควรทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง ถึงจะนำมาใช้งานได้
5. สเกลแบ่งไว้ทุกครึ่งองศา ต้องอ่านค่าให้ได้เศษ 10 ระวังอย่าอ่านผิด
6. เทอร์โมมิเตอร์ที่อยู่ในเรือนเทอร์โมมิเตอร์ เมื่อเปิดฝาตู้แล้วให้ทำการอ่านทันที ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกเข้าไปรบกวน ซึ่งจะทำให้ค่าอุณหภูมิในตัวคลาดเคลื่อนได้

#### 4.1.2 เทอร์โมกราฟ

เทอร์โมกราฟ (thermograph) เป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาเป็นอัตโนมัติมีอยู่ 2 แบบคือ

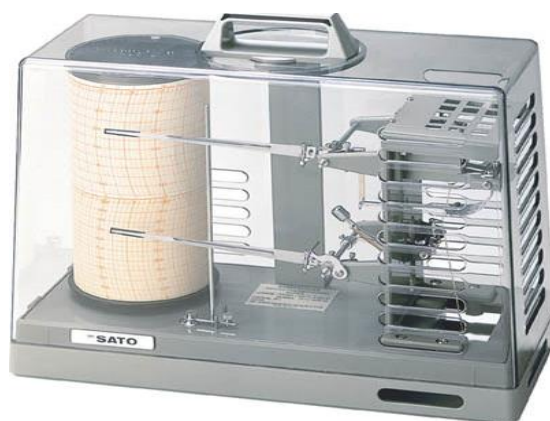
ก) แบบบุร์ดอน อากาศของเครื่อง เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแอลกอฮอล์ซึ่งอัดบรรจุอยู่ในหลอดโลหะกลมแบบยาวโค้งจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย มากน้อยตามค่าของอุณหภูมิ ซึ่งจะส่งอากาศต่อไปยังแขนปากกา ทำให้ปากกาเลื่อนขึ้นลงอยู่บนกระดาษกราฟ

ข) แบบโลหะประกบ ทำด้วยแร่อินวาและบรอนซ์ประกบกัน อาการของเครื่อง เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนโลหะประกบนี้จะยืดหรือหดแอ่นเข้าออก ส่งอาการไปจนถึงแขนปากกา ทำให้ปากกาเลื่อนขึ้นลงอยู่บนกระดาษกราฟ

เทอร์โมกราฟจะมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ

ก) กระจกกานนาฬิกาที่มีกระดาษกราฟหุ้มอยู่โดยรอบ บนกระดาษกราฟจะมีสเกลบอกระดับอุณหภูมิและเวลากำกับ อัตราการหมุนของกระจกกานนาฬิกาจะตั้งให้มีค่าเท่ากับ 1 สัปดาห์ หรือ 24 ชั่วโมงต่อหนึ่งรอบได้ตามความต้องการ

ข) เทอร์โมมิเตอร์ที่ประกอบด้วยโลหะสองชนิด โดยอาศัยหลักการทำงานของโลหะสองชนิดที่มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวไม่เท่ากันเชื่อมติดกัน เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปแผ่นโลหะที่เชื่อมติดกัน จะโค้งเนื่องจากการขยายตัวไม่เท่ากัน ซึ่งจะมีกลไกติดต่อไปยังปลายปากกาจดบันทึกบนกระดาษกราฟ ใช้เป็นเครื่องมือบันทึกอุณหภูมิของอากาศติดต่อกันตลอด 24 ชั่วโมง โดยอ่านค่าอุณหภูมิได้จากเส้นกราฟ ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 เทอร์โมกราฟ

ที่มา สำนักเครื่องมืออุตุนิยมหาวิทยาลัย, 2555

#### 4.1.3 อิเล็กทรอนิกส์เทอร์โมมิเตอร์

ก) เทอร์โมคัปเปิลหรือเทอร์โมไพล์ (thermocouple or thermopile) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิของอากาศ อาศัยหลักการเกี่ยวกับการไหลของกระแสไฟฟ้าระหว่างจุดเชื่อมสองจุดของโลหะสองชนิด เมื่อจุดเชื่อมหนึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอีกจุดเชื่อมหนึ่ง จุดเชื่อมนี้ทำด้วยทองแดงและเหล็กที่ทำเป็นเส้นขนาดเล็กมากเพื่อให้มีความไวสูง จุดเชื่อมที่มีอุณหภูมิต่ำจะแช่ในน้ำแข็งแห้งหรืออซิโตน

ข) เทอร์มิสเตอร์ (thermistor) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิของอากาศที่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้า เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงโดยอุณหภูมิจะลดลงเมื่อความต้านทานไฟฟ้า

เพิ่มขึ้น เครื่องมือชนิดนี้มักจะใช้เป็น radiosonde thermometer ที่บอลลูนนำขึ้นไป ใช้วัดอุณหภูมิของอากาศเบื้องบน การเปลี่ยนแปลงความต้านทานในวงจรไฟฟ้าเกิดขึ้น เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามความสูง การเปลี่ยนแปลงนี้จะแปรเป็นสัญญาณวิทยุส่งกลับมายังเครื่องรับที่พื้นโลก ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 การปล่อยวิทยุหยั่งอากาศ

ที่มา Nwclimate, 2015

## 4.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ

ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อน สภาพภูมิอากาศทั่วไปจะร้อนอบอ้าวตลอดทั้งปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ  $27^{\circ}\text{C}$  ภูมิอุณหภูมิจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล ภูมิภาคที่อยู่ลึกเข้าไปในพื้นแผ่นดิน อุณหภูมิช่วงกลางวันกับกลางคืนและฤดูร้อนกับฤดูหนาวจะแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะในเดือนเมษายนจะมีอุณหภูมิสูงสุดถึง  $40^{\circ}\text{C}$  หรืออาจมากกว่าในบางปี ส่วนในฤดูหนาวอุณหภูมิจะต่ำสุดในตอนเช้ามีแดดอยู่ในเกณฑ์หนาวถึงหนาวจัด อาจลดลงต่ำสุดถึงจุดเยือกแข็งในบริเวณเทือกเขาหรือบนยอดเขาสูง สำหรับพื้นที่ที่อยู่ติดทะเลอุณหภูมิในช่วงวันและฤดูกาลจะผันแปรน้อย ฤดูร้อนอากาศจะไม่ร้อนจัด ฤดูหนาวอากาศก็จะไม่หนาวจัดเท่าภูมิภาคต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 4 แบบ ดังนี้

### 4.2.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวัน

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวัน คือ การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิในชั่วโมงต่าง ๆ ในรอบ 24 ชั่วโมง นับตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้นจนถึงเวลา 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ความร้อนจากดวงอาทิตย์มีค่ามากกว่าความร้อนที่โลกแผ่รังสีกลับออกไป จะเห็นได้ว่าช่วงเวลาดังกล่าวอุณหภูมิจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ส่วนช่วงเวลานับตั้งแต่ 15.00 น. จนถึงดวงอาทิตย์ขึ้นของอีกวัน พื้นโลกจะคายความร้อนออกไปมากกว่าความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ ช่วงเวลานี้ค่าอุณหภูมิประจำวันจะลดต่ำลง ในวันหนึ่งถ้าไม่คำนึงถึงปัจจัยอื่นนอกจากแสงอาทิตย์ที่โลกได้รับ เมื่อดวงอาทิตย์โผล่พ้นขอบฟ้า อุณหภูมิของอากาศจะ

เริ่มสูงขึ้นและจะสูงสุดเมื่อเวลา 13.00–14.00 น. ทั้งนี้เพราะ โลกได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มากที่สุด ในตอนเที่ยงวัน ในเวลานั้นโลกจะได้รับพลังงานความร้อนมากกว่าการแผ่รังสีความร้อน อากาศได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีของโลกอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งปริมาณของแสงอาทิตย์ที่โลกได้รับ กับปริมาณการสูญเสียความร้อนเท่ากัน ต่อจากนั้นอุณหภูมิของอากาศก็จะลดต่ำลง และจะลดต่ำสุดเมื่อเวลา 04.00–05.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่โลกแผ่รังสีความร้อนน้อยที่สุด

#### 4.2.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศในแนวนอน

อุณหภูมิของอากาศในแนวนอน คือ ค่าอุณหภูมิของมวลอากาศที่อยู่เหนือผิวโลก ประมาณ 1.50–2.00 เมตร อุณหภูมิของอากาศที่พื้นผิวจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 24 ชั่วโมง อุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นน้ำจะเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าอุณหภูมิของมวลอากาศที่อยู่เหนือพื้นดิน โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศใน 1 วันนั้น อุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นน้ำจะเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นทะเลทรายอาจเปลี่ยนแปลงถึง 20 องศาเซลเซียส

#### 4.2.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามแนวตั้ง

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศตามแนวตั้ง คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามแนวตั้ง (lapse rate) มีส่วนสำคัญในการพิจารณาความคงที่ของมวลอากาศ โดยทั่วไปในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์อุณหภูมิจะลดลงตามระดับความสูง อัตราการเปลี่ยนแปลงโดยเฉลี่ยประมาณ 6.5 องศาเซลเซียสต่อความสูง 1 กิโลเมตร ซึ่งค่าดังกล่าวนี้อาจเปลี่ยนแปลงตามเวลา สถานที่ และในคืนที่มีท้องฟ้าโปร่งปราศจากเมฆ สาเหตุการลดลงของอุณหภูมิของอากาศมีดังนี้ (สมพงษ์ มะนะสุทธิ์, 2528, หน้า 41)

ก) อากาศที่อยู่ติดกับผิวโลกได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีของโลก จึงทำให้ระดับที่สูงขึ้นไปอุณหภูมิของอากาศจะลดลง

ข) ปริมาณของไอน้ำลดลงในระดับที่สูงขึ้น ไอน้ำเป็นตัวการสำคัญอย่างหนึ่งในการช่วยดูดกลืนความร้อนเอาไว้ ดังนั้น เมื่อปริมาณไอน้ำลดลงอุณหภูมิของอากาศก็จะลดลงด้วย

ค) เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแบบอะเดียเบติก

ในระดับที่สูงขึ้นอุณหภูมิอากาศอาจจะเพิ่มขึ้นตามความสูง ชั้นของบรรยากาศที่มีค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในแนวตั้งนี้เรียกว่า ชั้นหวนกลับของอุณหภูมิ (temperature inversion) สาเหตุของการหวนกลับของอุณหภูมิใกล้ผิวโลกมีดังนี้

ก) ในคืนท้องฟ้าปราศจากเมฆ หรือในละติจูดสูงในฤดูหนาว เมื่อพื้นโลกแผ่รังสีออกมากกว่าการได้รับรังสี อุณหภูมิของอากาศที่ผิวโลกจะลดต่ำลง ลักษณะเช่นนี้จะพบบ่อยในบริเวณที่ปกคลุมด้วยหิมะแต่จะไม่เกิดเหนือพื้นน้ำ เพราะพื้นน้ำเย็นตัวช้า เว้นแต่พื้นน้ำนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศที่อยู่เหนือพื้นน้ำ



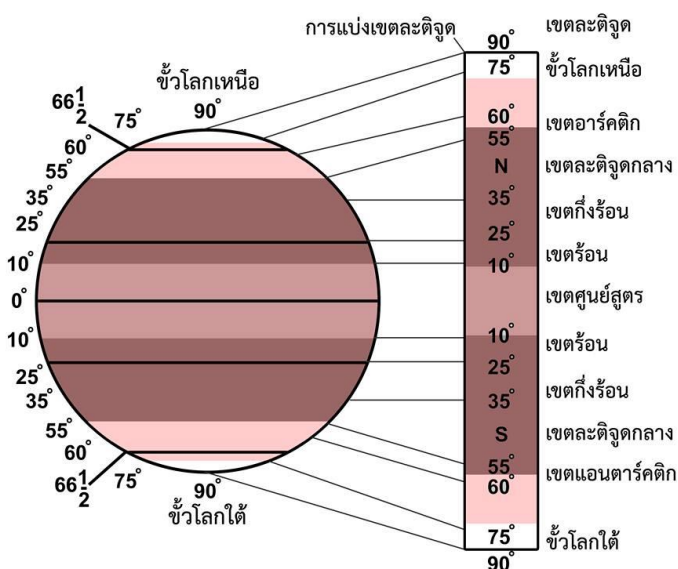
ความสูง 1,000 ฟุต ในระหว่างที่มวลอากาศลอยตัวสูงขึ้น เรียกอัตราการลดอุณหภูมิที่น้อยกว่าอัตราอะเดียเบติกแห่งนี้ว่าอัตราอะเดียเบติกอิ่มตัว (saturated adiabetic lapse rate)

### 4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

อุณหภูมิของอากาศจะเปลี่ยนแปลงจากเวลาหนึ่งถึงเวลาหนึ่ง และสถานที่หนึ่งถึงสถานที่หนึ่ง มีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ดังต่อไปนี้

#### 4.3.1 ระดับละติจูด

โลกหมุนรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี จึงทำให้โลกมีระยะห่างจากดวงอาทิตย์ในแต่ละวันแตกต่างกัน ดังที่กล่าวมาแล้วในเนื้อหาบทที่ 2 ระดับละติจูดมีผลต่อปริมาณรังสีที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ในแต่ละฤดู และรังสีที่โลกได้รับนั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลง ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 การแบ่งเขตละติจูดของโลก

ที่มา ปรับปรุงจาก Arthur N. Strahler, 1969, p. 130

จากภาพที่ 4.8 จะเห็นว่ารังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวโลกในบริเวณต่าง ๆ ทำให้อุณหภูมิของโลกแตกต่างกัน แบ่งเขตอุณหภูมิตามแนวละติจูดของโลกได้ดังนี้

ก) เขตศูนย์สูตร (equatorial zone) อยู่ระหว่างละติจูด  $10^{\circ}$  เหนือ ถึง  $10^{\circ}$  ใต้ เป็นบริเวณที่ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มากที่สุดตลอดทั้งปี ระยะเวลากลางวันและกลางคืนมีความแตกต่างกันน้อย เขตนี้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 17.36

ข) เขตร้อน (tropical zone) อยู่ถัดจากเขตศูนย์สูตรออกไปทางเหนือและใต้ อยู่ระหว่างละติจูด  $10^{\circ}$  ถึง  $25^{\circ}$  เหนือ และละติจูด  $10^{\circ}$  ถึง  $25^{\circ}$  ใต้ บางครั้งเรียกเขตศูนย์สูตรหรือเขตร้อนเป็น

บริเวณที่แสงจากดวงอาทิตย์ตกกระทบตั้งฉากกับผิวโลก ทำให้บริเวณนี้มีอากาศร้อน เขตนี้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 24.92

ค) เขตกึ่งร้อน (subtropical zone) อยู่ถัดจากเขตร้อนออกไปทางเหนือและใต้ อยู่ระหว่างละติจูด  $25^{\circ}$  ถึง  $35^{\circ}$  เหนือ และละติจูด  $25^{\circ}$  ถึง  $35^{\circ}$  ใต้ เป็นบริเวณที่มีอากาศร้อนเหมือนเขตร้อนในบางช่วงและอบอุ่นบางช่วง เขตนี้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 15.10

ง) เขตละติจูดกลาง (middle latitude zone) อยู่ถัดจากเขตกึ่งร้อนออกไปทางเหนือและใต้ อยู่ระหว่างละติจูด  $35^{\circ}$  ถึง  $50^{\circ}$  เหนือ และละติจูด  $35^{\circ}$  ถึง  $50^{\circ}$  ใต้ ในเขตนี้แนวโคจรของดวงอาทิตย์จะมีความแตกต่างกันมากระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาว ความยาวนานของกลางวันและกลางคืนก็แตกต่างกันมากเช่นกัน ในฤดูร้อนช่วงเวลากลางวันจะยาวนานกว่ากลางคืน ส่วนฤดูหนาวช่วงเวลากลางคืนจะยาวนานกว่ากลางวัน ความเข้มของแสงอาทิตย์ในรอบปีจะแตกต่างกันไปตามฤดูกาล เขตนี้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 24.56

จ) เขตกึ่งขั้วโลก (subarctic zone and subantarctic zone) อยู่ถัดจากเขตละติจูดกลางออกไปทางเหนือและใต้ อยู่ระหว่างละติจูด  $55^{\circ}$  ถึง  $60^{\circ}$  เหนือ และละติจูด  $55^{\circ}$  ถึง  $60^{\circ}$  ใต้ ในฤดูร้อนอากาศจะอบอุ่น ฤดูหนาวอากาศจะหนาวเย็น เขตนี้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 4.68

ฉ) เขตอาร์คติกและแอนตาร์คติก (arctic zone and antarctic zone) เขตอาร์คติกอยู่ระหว่างละติจูด  $60^{\circ}$  ถึง  $75^{\circ}$  เหนือ ส่วนเขตแอนตาร์คติกอยู่ระหว่างละติจูด  $60^{\circ}$  ถึง  $75^{\circ}$  ใต้ สองเขตนี้ จะมีความแตกต่างระหว่างกลางวันและกลางคืนมาก พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่เขตนี้ได้รับจะมีความแตกต่างกันมากในแต่ละช่วงของปี เขตนี้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 10

ช) เขตขั้วโลก (polar zone) ประกอบด้วยบริเวณขั้วโลกเหนือ อยู่ระหว่างละติจูด  $75^{\circ}$  ถึง  $90^{\circ}$  เหนือ และบริเวณขั้วโลกใต้ อยู่ระหว่างละติจูด  $75^{\circ}$  ถึง  $90^{\circ}$  ใต้ เขตนี้จะมีฤดูร้อนจะเป็นกลางวันยาวนานถึง 6 เดือน ฤดูหนาวจะเป็นกลางคืน 6 เดือน สลับกันไปความเข้มของแสงอาทิตย์จะมีความแตกต่างกันน้อยมาก เขตนี้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 3.4

ดังนั้น อุณหภูมิของอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปตามระดับละติจูด เช่นเดียวกับรังสีของดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับ ดังตารางที่ 4.1

#### ตารางที่ 4.1 อุณหภูมิเฉลี่ยประจำปี ณ ละติจูดต่าง ๆ ในซีกโลกเหนือ

ละติจูด (องศาเหนือ)	อุณหภูมิเฉลี่ยประจำปี (องศาเซลเซียส)
0° 23'	26.3
8° 19'	27.8
18° 583'	26.7
24° 26'	21.9
35° 50'	18.6
44° 50'	12.8
53° 19'	-0.5
64° 45'	-9.4

ที่มา ปานทิพย์ อัครนวนิช, 2532, หน้า 60

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าอุณหภูมิเฉลี่ยประจำปี ณ ละติจูดต่าง ๆ ในซีกโลกเหนือนั้นจะลดต่ำลงเมื่อละติจูดสูงขึ้น ยกเว้นบริเวณศูนย์สูตรซึ่งมีเมฆปกคลุมหนาแน่นอุณหภูมิจึงมีแนวโน้มที่จะต่ำกว่าบริเวณที่อยู่เหนือและใต้เส้นศูนย์สูตรที่มีท้องฟ้าแจ่มใส

#### 4.3.2 ความแตกต่างระหว่างพื้นดินกับพื้นน้ำ

พื้นดินและพื้นน้ำมีสมบัติในการดูดและคายความร้อนแตกต่างกัน เมื่อพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ส่องลงมายังพื้นโลกมีค่าเท่ากัน พื้นดินจะรับความร้อนได้เร็วและร้อนเร็วกว่าพื้นน้ำ และเมื่อทำให้เย็นลงพื้นดินก็จะคายความร้อนและเย็นเร็วกว่าพื้นน้ำ กล่าวได้ว่าพื้นดินมีคุณสมบัติในการดูดกลืนและคายความร้อนได้ดีกว่าพื้นน้ำ เมื่อดวงอาทิตย์ขึ้นพื้นดินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำ และหลังจากที่ดวงอาทิตย์ตกพื้นดินจะเย็นตัวได้รวดเร็วกว่าพื้นน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุดังนี้

ก) ความร้อนที่พื้นน้ำได้รับส่วนหนึ่งจะใช้ในการระเหย การระเหยจะทำให้อุณหภูมิจนของผิวน้ำลดลง ส่วนพื้นดินมีการสูญเสียความร้อนด้วยวิธีนี้น้อยมาก จึงทำให้อุณหภูมิของพื้นดินและพื้นน้ำแตกต่างกัน

ข) ความโปร่งแสง ด้วยแสงจากดวงอาทิตย์สามารถส่องผ่านน้ำได้ลึกหลายเมตร ทำให้ความร้อนกระจายในน้ำได้ลึกกว่าพื้นดิน ซึ่งพื้นดินนั้นจะรับความร้อนเฉพาะผิวน้ำเท่านั้น

ค) สถานะของเหลว มีการเคลื่อนไหวในรูปของกระแสและน้ำขึ้นน้ำลง การเคลื่อนไหวของน้ำทำให้มีการถ่ายเทความร้อนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ จึงทำให้อุณหภูมิที่น้ำได้รับกระจายไป

แต่พื้นดินไม่มีการเคลื่อนไหวยความร้อนที่พื้นดินได้รับจะสะสมอยู่เฉพาะส่วนบริเวณผิวหน้าดินเท่านั้น ดังนั้น เมื่อได้รับความร้อนจากแสงดวงอาทิตย์เท่ากัน พื้นดินจะร้อนเร็วกว่าพื้นน้ำเป็นผลให้อากาศเหนือพื้นดินร้อนเร็วกว่าอากาศเหนือพื้นน้ำ

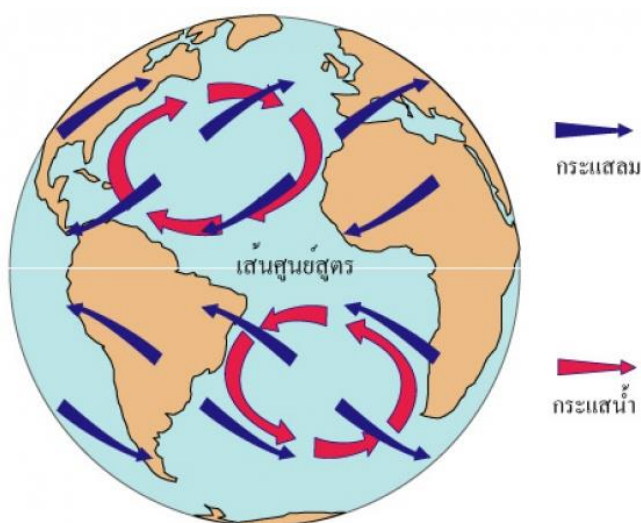
ง) ความร้อนจำเพาะ น้ำมีความร้อนจำเพาะสูงกว่าพื้นดินถึง 3 เท่า เมื่อได้รับความร้อนเท่ากันวัตถุที่มีความร้อนจำเพาะต่ำกว่าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าวัตถุที่มีความร้อนจำเพาะมาก ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้พื้นดินร้อนเร็วกว่าพื้นน้ำ เมื่อได้รับปริมาณความร้อนเท่ากัน

### 4.3.3 กระแสน้ำในมหาสมุทร

อุณหภูมิของกระแสน้ำมีอิทธิพลต่ออากาศที่อยู่เหนือกระแสน้ำ หรืออากาศที่พัดผ่านกระแสน้ำนั้น อากาศที่พัดผ่านกระแสน้ำอุ่นในมหาสมุทรขึ้นไปบนพื้นดินจะทำให้อุณหภูมิจึงของอากาศเหนือพื้นดินสูงขึ้น อาทิ กระแสน้ำอุ่นคุโรชิโว ซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของประเทศญี่ปุ่น มีส่วนช่วยให้อากาศของประเทศญี่ปุ่นไม่หนาวเท่าที่ควรจะเป็น ในทำนองเดียวกันอากาศที่พัดผ่านกระแสน้ำเย็นในมหาสมุทรขึ้นไปบนพื้นดิน ก็จะทำให้อุณหภูมิจึงของอากาศเหนือพื้นดินต่ำลง อาทิ กระแสน้ำเย็นลาบราดอร์ ซึ่งอยู่ทางฝั่งตะวันออกของประเทศแคนาดา มีส่วนช่วยให้อากาศบริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำลง

การไหลเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทร มีลักษณะคล้ายกับการไหลเวียนของกระแสลมในบรรยากาศ แต่การไหลเวียนของกระแสน้ำมีพื้นผิวโลกหรือแผ่นดินเป็นอุปสรรคการไหลเวียนของน้ำในมหาสมุทรจึงไม่ปรากฏรูปแบบที่ชัดเจนเหมือนกระแสลม ข้อแตกต่างอีกประการหนึ่งคือ น้ำทะเลในมหาสมุทรมีความเค็มไม่เท่ากัน น้ำทะเลที่เค็มมากกว่ามีความหนาแน่นสูงจะเคลื่อนไปแทนที่น้ำทะเลที่มีความหนาแน่นต่ำ จากปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถแบ่งการไหลเวียนของน้ำในมหาสมุทรเป็น 2 ประเภท คือ

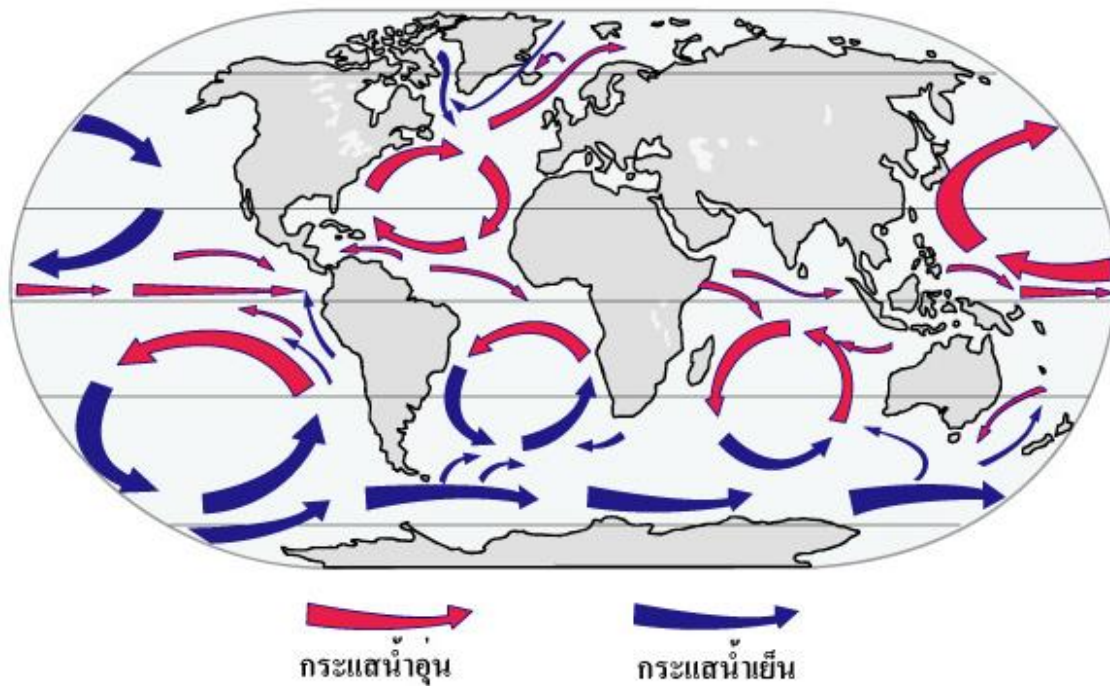
**4.3.3.1 การไหลเวียนของกระแสน้ำพื้นผิวมหาสมุทร** กระแสน้ำพื้นผิวมหาสมุทรเกิดขึ้นเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างอากาศกับผิวน้ำ อากาศเคลื่อนที่ด้วยการพาความร้อนที่สะสมพลังงานมาจากแสงอาทิตย์ พลังงานจากอากาศถ่ายเทตกลงสู่ผิวน้ำอีกทีหนึ่ง โดยกระแสลมพัดพาให้กระแสน้ำเคลื่อนที่ไปในทางเดียวกัน ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 อิทธิพลของกระแสลมต่อกระแสน้ำในมหาสมุทร  
ที่มา ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, ม.ป.ป.

จากภาพที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่า ลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ออกบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรแทนด้วยลูกศรสีน้ำเงิน มีอิทธิพลพัดพาให้น้ำในมหาสมุทรเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันตกแทนด้วยลูกศรสีแดง และลมตะวันตกในบริเวณใกล้ขั้วโลกพิจารณาลูกศรสีน้ำเงิน จะมีอิทธิพลพัดพาให้น้ำในมหาสมุทรเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันออก พิจารณาลูกศรสีแดง การไหลของน้ำในมหาสมุทรเคลื่อนที่เป็นรูปวงเวียนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้

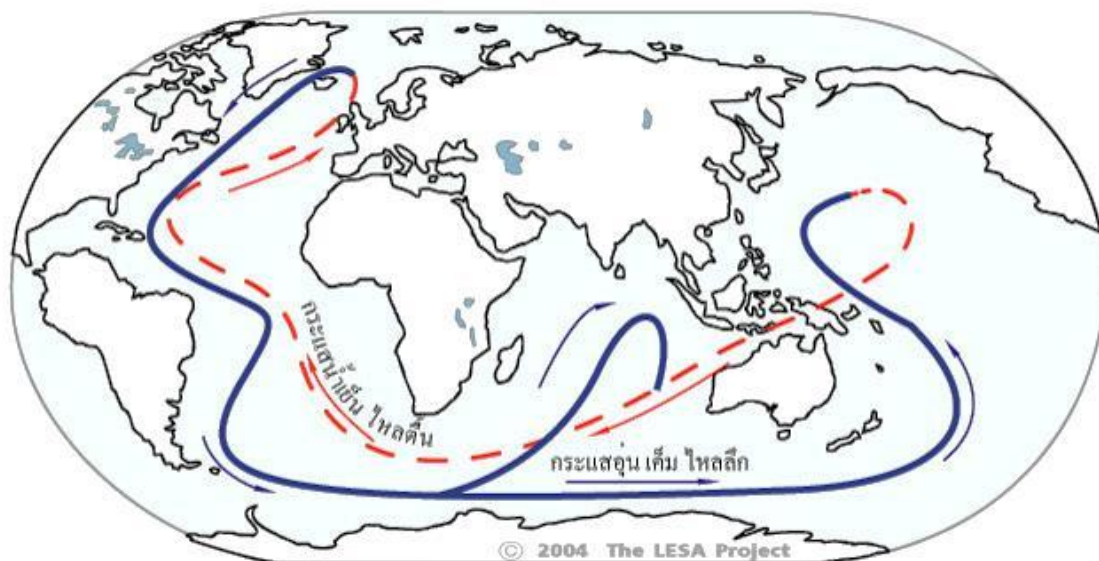
ด้วยเหตุที่โลกมีสัณฐานเป็นทรงกลม ทำให้น้ำในมหาสมุทรมีอุณหภูมิแตกต่างกัน พลังงานจากดวงอาทิตย์ตกกระทบบริเวณศูนย์สูตรมากกว่าขั้วโลก น้ำทะเลบริเวณเส้นศูนย์สูตรมีอุณหภูมิสูงจึงไหลไปทางขั้วโลก ในขณะที่น้ำทะเลบริเวณขั้วโลกที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติในการเก็บความร้อนได้ดีกว่าพื้นดิน ใช้เวลาในการสะสมความร้อนและเย็นตัวลงนานกว่าพื้นดิน ดังนั้น กระแสน้ำพื้นผิวมหาสมุทรจึงนำพาพลังงานความร้อนไปด้วยเป็นระยะทางไกล ทำให้เกิดผลกระทบต่อภูมิอากาศและระบบนิเวศบนพื้นที่ชายฝั่ง กระแสน้ำอุ่นทำให้น้ำระเหยเป็นไอน้ำแล้วควบแน่นตกลงมาเป็นฝน อากาศชื้นพืชพรรณอุดมสมบูรณ์ กระแสน้ำเย็นทำให้อากาศแห้งจมตัวลงเกิดภูมิอากาศแบบทะเลทราย อิทธิพลของกระแสลมส่งผลกระทบต่อกระแสน้ำในมหาสมุทรเพียงความลึก 1 กิโลเมตรเท่านั้น หมายถึงการไหลเวียนของกระแสน้ำผิวพื้นมีอิทธิพลต่อน้ำในมหาสมุทรเพียงประมาณร้อยละ 10 ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 กระแสน้ำพื้นผิวมหาสมุทร

ที่มา ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, ม.ป.ป.

**4.3.3.2 การไหลเวียนของกระแสน้ำลึกในมหาสมุทร** เนื่องจากน้ำทะเลในแต่ละส่วนของโลกมีความเค็มไม่เท่ากันและมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน น้ำทะเลที่มีความหนาแน่นสูงจะไหลไปแทนที่น้ำทะเลที่มีความหนาแน่นต่ำ การหมุนเวียนของกระแสน้ำลึกมีปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการคือ ความร้อนและเกลือ เรียกการไหลเวียนในลักษณะนี้ว่า เทอร์โมแฮลิन วงจรการไหลเวียนของกระแสน้ำลึกในมหาสมุทรมีชื่อเรียกว่า แถบสายพานยักษ์ (great conveyor belt) น้ำทะเลความหนาแน่นสูงอุณหภูมิต่ำจมตัวลงสู่ท้องมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือไหลลึกกลงทางใต้ แล้วเลี้ยวไปทางตะวันออก ขณะที่ไหลผ่านมหาสมุทรอินเดียอุณหภูมิจะสูงขึ้น และลอยตัวขึ้นทางตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิกพิจารณาเส้นสีน้ำเงิน ดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 การไหลเวียนของกระแสน้ำลึกในมหาสมุทร

ที่มา ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, ม.ป.ป.

จากภาพที่ 4.11 น้ำทะเลความหนาแน่นต่ำอุณหภูมิสูงจากมหาสมุทรแปซิฟิกไหลวกกลับผ่านมหาสมุทรอินเดียลงมาทางมหาสมุทรแอตแลนติกใต้ แล้วไหลย้อนมาทางมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ ดั่งเส้นประสีแดง กระแสน้ำมีความเค็มมากขึ้น เนื่องจากการระเหยของน้ำประกอบกับการเดินทางเข้าใกล้ขั้วโลกทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงและจมตัวลงอีกครั้งเป็นการครบวงจร โดยจะใช้เวลาประมาณ 500–2,000 ปี การไหลเวียนเช่นนี้ส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศในระยะยาว

#### 4.3.4 ความสูงของพื้นที่

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในเนื้อหาบทที่ 2 เกี่ยวกับอุณหภูมิของบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ ซึ่งจะลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ดังนั้น บนยอดเขาหรือที่ราบสูงจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณหุบเขาหรือที่ระดับน้ำทะเล ระดับสูงของพื้นที่อากาศเป็นตัวนำความร้อนที่เลว เนื่องจากอากาศมีความโปร่งใสและมีความหนาแน่นต่ำ พื้นดินจึงดูดกลืนพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ดีกว่า อากาศถ่ายเทความร้อนจากพื้นดินด้วยการพาความร้อนไปตามการเคลื่อนที่ของอากาศในสภาพทั่วไป จะพบว่ายิ่งสูงขึ้นไปอุณหภูมิของอากาศจะลดต่ำลงด้วยอัตรา  $6.5^{\circ}\text{C}$  ต่อกิโลเมตร ดังนั้น อุณหภูมิบนยอดเขาสูง 2,000 เมตรจะต่ำกว่าอุณหภูมิต่ำที่ระดับน้ำทะเลประมาณ  $13^{\circ}\text{C}$

#### 4.3.5 สภาพภูมิศาสตร์

พื้นผิวของโลกมีสภาพภูมิประเทศแตกต่างกันทั้งพื้นที่ราบสูง ที่ราบลุ่ม ทิวเขา หุบเขา มหาสมุทร ทะเลสาบ และทะเลทราย สภาพภูมิประเทศมีอิทธิพลส่งผลกระทบต่อสภาพลมฟ้าอากาศโดยตรง เช่น พื้นที่ทะเลทรายมีอุณหภูมิมกลางวันกลางคืนแตกต่างกันมากกว่า พื้นที่ชายทะเลพื้นที่รับลม

จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นที่อับลม เนื่องจากไม่มีการถ่ายเทความร้อน ลักษณะภูมิประเทศ โดยเฉพาะภูเขาสูงจะเป็นเครื่องกีดขวางการเคลื่อนที่ของอากาศจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง และมีผลต่อลักษณะอากาศของบริเวณนั้น เช่น ภูเขาหิมาลัยขวางกั้นไม่ให้ลมหนาวเย็นจากตอนในของทวีปเอเชียเคลื่อนเข้าสู่ประเทศอินเดีย ทำให้คาบสมุทรอินเดียมีอากาศร้อนตลอดปี

#### 4.3.6 เมฆและอัลบีโดของพื้นผิว

เมฆเป็นตัวกั้นแสงอาทิตย์ไม่ให้ส่องลงมายังผิวโลกมากเกินไปในตอนกลางวัน ในวันที่มีเมฆมากอุณหภูมิของอากาศจะไม่สูงเหมือนวันที่ไม่มีเมฆ ส่วนในตอนกลางคืนเมฆจะช่วยกั้นไม่ให้ความร้อนจากพื้นดินและอากาศกระจายไปหรือสูญหายไปเร็วนัก อุณหภูมิของอากาศในคืนที่มีเมฆมากจึงลดลงอย่างช้า ๆ เมฆสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์บางส่วนกลับคืนสู่อวกาศ ขณะเดียวกันเมฆก็ดูดกลืนรังสีคลื่นสั้นเอาไว้และแผ่พลังงานออกมาในรูปของรังสีอินฟราเรด ในเวลากลางวันเมฆบังแสงแดดทำให้อุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นผิวดำต่ำลง แต่ในเวลากลางคืนรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกจากเมฆทำให้อุณหภูมิของอากาศอบอุ่น เมฆจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิของอากาศในเวลากลางวันและกลางคืนไม่แตกต่างกันมากนัก พื้นผิวของโลกก็เช่นกัน พื้นโลกที่มีอัลบีโดต่ำ เช่น พื้นหญ้า ดูดกลืนพลังงานจากดวงอาทิตย์ พื้นโลกที่มีอัลบีโดสูง เช่น พื้นที่มีหิมะที่ตกใหม่ช่วยสะท้อนพลังงานจากดวงอาทิตย์

#### 4.3.7 การระเบิดของภูเขาไฟ

การระเบิดของภูเขาไฟ ขณะที่ภูเขาไฟปะทุจะพ่นก๊าซและเศษวัสดุที่ละเอียดมาก ๆ จำนวนมหาศาลเข้าสู่บรรยากาศ การระเบิดที่รุนแรงจะมีกำลังมากพอที่จะพ่นเศษวัสดุต่าง ๆ เหล่านี้ขึ้นไปได้สูงมากถึงบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ซึ่งจะกระจายแผ่ออกไปทั่วโลก และล่องลอยอยู่ในบรรยากาศเป็นเวลานานหลายเดือนหรืออาจจะนานเป็นปี อิทธิพลที่สำคัญประการแรกที่เกิดจากเถ้าถ่านภูเขาไฟคือ เป็นตัวการขวางกั้นพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ที่แผ่ลงมายังผิวพื้นโลกให้ลดน้อยลง มีผลทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ลดต่ำลง

#### 4.3.8 มนุษย์

การกระทำของมนุษย์เป็นผลให้อุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงได้ ตัวอย่างกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก เช่น

ก) การตัดไม้ทำลายป่า เป็นการทำลายแหล่งต้นน้ำลำธาร ส่งผลให้ความชื้นในอากาศลดลง เกิดความแห้งแล้งฝนไม่ตกตามฤดูกาล การเพาะปลูกไม่ได้ผลเท่าที่ควร ครั้งเมื่อฝนตกหนักกลับไม่มีป่าไว้ดูดซับน้ำ จึงทำให้เกิดน้ำท่วมอย่างฉับพลัน ดังที่เกิดมาแล้วในภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งเป็นผลให้หน้าดินถูกทำลายเนื่องจากการกัดเซาะของน้ำ

ข) การปล่อยควันพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงหลายชนิดจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้

(ก) คริวเรือนใช้เชื้อเพลิงถ่านไม้และแก๊สหุงต้ม จะทำให้เกิดควันที่มีฝุ่นละออง มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และอื่น ๆ

(ข) อุตสาหกรรมใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง ทำให้เกิดแก๊สพิษสูงคือก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ฝุ่นละออง ไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น

(ค) การคมนาคมขนส่งที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิง เช่น เครื่องบิน รถยนต์ เรือยนต์ เชื้อเพลิงคือน้ำมันจากแหล่งปิโตรเลียมซึ่งทำให้เกิดก๊าซพิษคือ คาร์บอนมอนอกไซด์มากที่สุด รองลงมา เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังมีฝุ่นละอองไฮโดรคาร์บอน และอื่น ๆ

(ง) โรงไฟฟ้าระบบพลังน้ำและระบบพลังงานความร้อน เป็นระบบที่ทำให้เกิดก๊าซพิษ เพราะใช้เชื้อเพลิงคือระบบพลังความร้อน ก๊าซพิษที่เกิดขึ้นคือก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งเกิดมากที่สุด นอกจากนี้ ยังมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ฝุ่นละออง และอื่น ๆ

(จ) เกษตรกรรมใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลงโดยการพ่น จะทำให้มีสารพิษในอากาศ สิ่งที่เกิดขึ้นคือ ละอองจากองค์ประกอบของยาฆ่าแมลง ฝุ่นละอองจากองค์ประกอบของก๊าซไฮโดรคาร์บอน และสารพิษอื่น ๆ

การตรวจสอบปริมาณสารพิษในอากาศ สรุปได้ว่า ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนเกิดจากการคมนาคมขนส่งมากที่สุด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดจากโรงไฟฟ้ามากที่สุด ส่วนฝุ่นละอองเกิดจากควันเสียมากที่สุด ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นก๊าซพิษเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์เนื่องจากเครื่องยนต์เก่า เครื่องยนต์ที่เผาไหม้สมบูรณ์จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งไม่ใช่ก๊าซพิษแต่เป็นก๊าซที่มีผลต่อการกักความร้อนจากพื้นโลกสะท้อนคืนสู่บรรยากาศ ดังที่กล่าวมาในวิกฤตบรรยากาศบทที่ 2

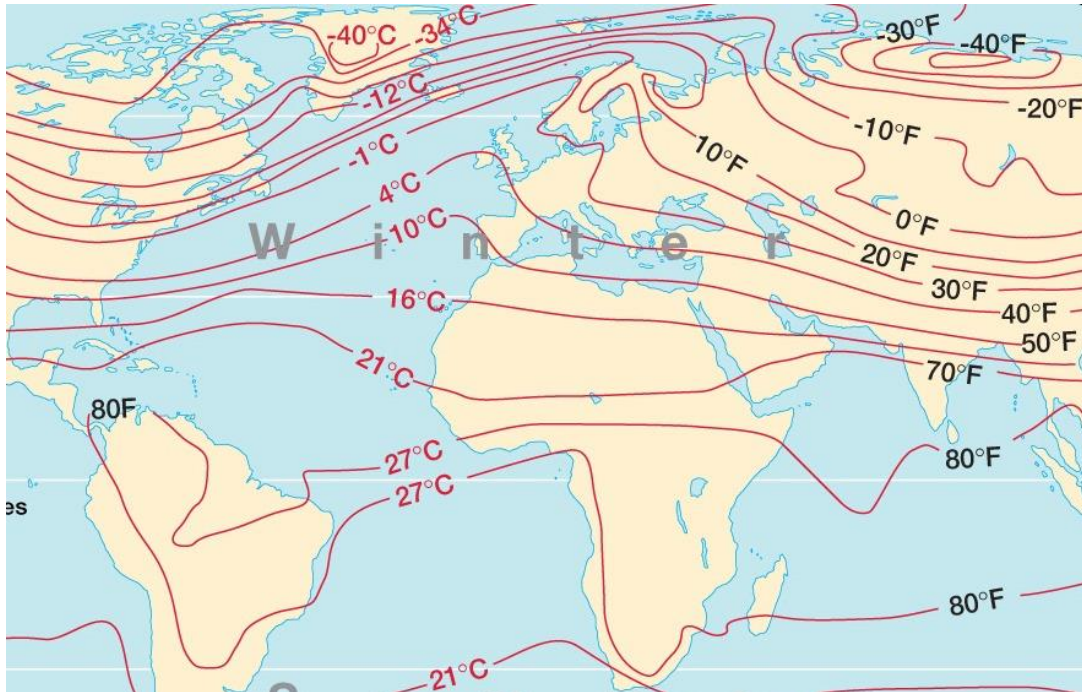
ค) การทิ้งของเสียลงในแหล่งน้ำทำให้น้ำเน่าเสีย เกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็นกระจายสู่อากาศ

#### 4.4 แผนที่ภูมิอากาศ

แผนที่ภูมิอากาศ (climatic map) คือ แผนที่สำหรับแสดงข้อมูลด้านภูมิอากาศโดยเฉพาะ เช่น แผนที่เขตภูมิอากาศของโลก แผนที่ปริมาณฝนเฉลี่ยของโลก แผนที่ปริมาณฝนเฉลี่ยของประเทศไทย หรือแผนที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลก

องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก ได้กำหนดการวัดอุณหภูมิของอากาศโดยการกำหนดให้วัดพร้อมกันตามเวลาท้องถิ่นของสถานีตรวจอากาศแต่ละแห่ง ณ ตำบลที่มีอุณหภูมิเท่ากันในเวลาเดียวกัน เมื่อลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างตำบลที่มีอุณหภูมิเท่ากันนั้นจะได้เส้นอุณหภูมิเท่า (isotherm) ซึ่งส่วนใหญ่จะลดอุณหภูมิให้มาอยู่ที่ระดับน้ำทะเล เพื่อจะได้ยึดถือเป็นเกณฑ์เดียวกัน เป็นการขจัดปัญหาเรื่องความสูง

ต่ำของพื้นที่ ลักษณะของเส้นอุณหภูมิเท่าจะอยู่ในแนวตะวันตกไปตะวันออก เช่นเดียวกับเส้นละติจูด ซึ่งแสดงให้เห็นความแตกต่างของอุณหภูมিবนผิวโลก ดังภาพที่ 4.12



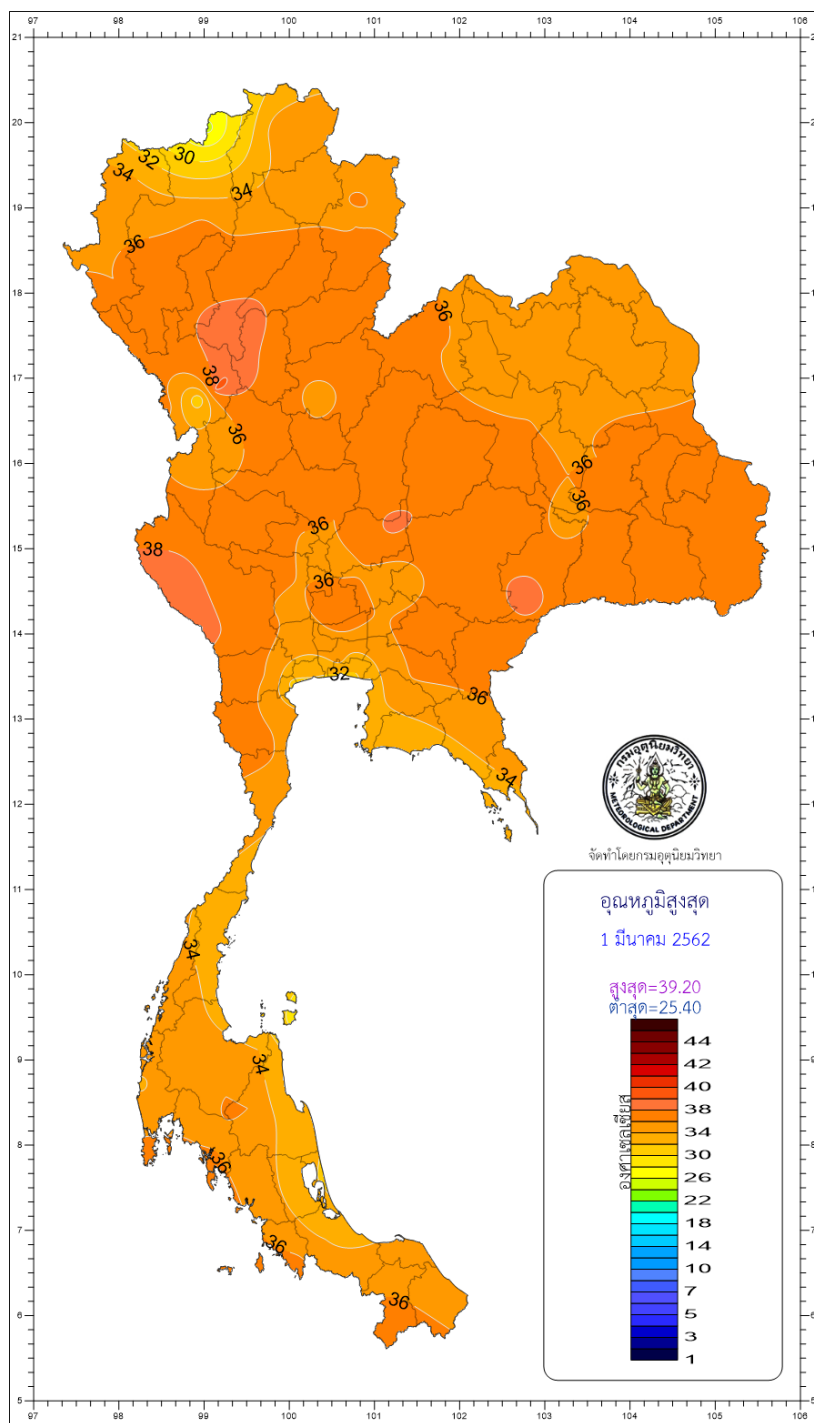
ภาพที่ 4.12 เส้นอุณหภูมิเท่า

ที่มา The topo is changing, 2014

ลักษณะทั่วไปของเส้นอุณหภูมิเท่า

1. เส้นอุณหภูมิเท่าที่แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีสูงสุดจะอยู่ในบริเวณละติจูดต่ำ เป็นบริเวณที่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์มากที่สุด ส่วนเส้นอุณหภูมิเท่าที่แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีต่ำสุด จะอยู่ในบริเวณละติจูดสูง ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับแสงอาทิตย์น้อย
2. เส้นอุณหภูมิเท่าที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณซีกโลกใต้ เนื่องจากบริเวณซีกโลกใต้ส่วนใหญ่เป็นผืนน้ำ
3. เส้นอุณหภูมิเท่าส่วนใหญ่จะเฉออกจากแนวตะวันตกไปตะวันออกมากที่สุด ในจุดที่เส้นอุณหภูมิเท่าผ่านทวีปลงสู่มหาสมุทร เส้นจะคดโค้งเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิเหนือพื้นดินและพื้นน้ำ

เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับอุณหภูมิของอากาศในแต่ละพื้นที่มากขึ้น กรมอุตุนิยมวิทยา ได้จัดทำแผนที่อุณหภูมิของประเทศไทยขึ้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพยากรณ์อากาศ อีกทั้งทำให้เห็นภาพรวมของระดับอุณหภูมิในแต่ละพื้นที่ทั่วประเทศ โดยการใช้สีบอกระดับอุณหภูมิ ดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 แผนที่อุณหภูมิสูงสุดของประเทศไทย  
ที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2562

## 4.5 เกณฑ์อุณหภูมิของอากาศ

การกำหนดเกณฑ์อุณหภูมิของอากาศ หรือระดับอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการพยากรณ์อากาศ เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน และเป็นมาตรฐานเดียวกัน กรมอุตุนิยมวิทยาได้แบ่งเกณฑ์อุณหภูมิของอากาศไว้ดังนี้

- |                             |                        |                |
|-----------------------------|------------------------|----------------|
| 1. อากาศร้อน (hot)          | มีอุณหภูมิตั้งแต่ 35°C | แต่ไม่ถึง 40°C |
| 2. อากาศร้อนจัด (very hot)  | มีอุณหภูมิตั้งแต่ 40°C | ขึ้นไป         |
| 3. อากาศเย็น (cool)         | มีอุณหภูมิตั้งแต่ 23°C | ลงไปถึง 16°C   |
| 4. อากาศหนาว (cold)         | มีอุณหภูมิต่ำกว่า 16°C | ลงไปถึง 8°C    |
| 5. อากาศหนาวจัด (very cold) | มีอุณหภูมิต่ำกว่า 8°C  | ลงไป           |

เกณฑ์อากาศร้อนและอากาศร้อนจัด จะถือเกณฑ์อุณหภูมิสูงสุดประจำวันในฤดูร้อน ซึ่งจะใช้เฉพาะฤดูร้อน ส่วนเกณฑ์อากาศหนาวและอากาศหนาวจัด จะถือเกณฑ์อุณหภูมิต่ำสุดประจำวันในฤดูหนาว ซึ่งจะใช้เฉพาะฤดูหนาว

## 4.6 บทสรุป

อุณหภูมิ คือ ระดับความร้อนเย็น ซึ่งมีสเกลของอุณหภูมิอยู่หลายชนิด แต่ที่ใช้เป็นมาตรฐานคือ องศาเคลวิน ( $^{\circ}\text{K}$ ) หน่วยที่อนุโลมใช้ คือ องศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ ) และองศาฟาเรนไฮต์ ( $^{\circ}\text{F}$ ) เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิจะติดตั้งไว้ภายในเรือนเทอร์โมมิเตอร์ซึ่งตั้งอยู่ในสนามอุตุนิยมวิทยา เป็นตู้แบบบานเกล็ด ทาด้วยสีขาวทั้งด้านในและด้านนอก ออกแบบมาให้มีการถ่ายเทอากาศโดยธรรมชาติ การตั้งตู้ต้องไม่ให้แสงแดดส่องผ่านเข้าไปถูกเครื่องมือวัดที่อยู่ข้างใน โดยหันด้านหน้าประตูไปทางทิศเหนือหรือใต้ แบ่งเทอร์โมมิเตอร์ตามหลักการทำงานออกเป็น 3 ประเภท คือ เทอร์โมมิเตอร์ที่ทำด้วยแก้ว เทอร์โมกราฟ และอิเล็กทรอนิกส์ เทอร์โมมิเตอร์

ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อน สภาพภูมิอากาศทั่วไปจึงร้อนอบอ้าวตลอดทั้งปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 27°C ภูมิอุณหภูมิจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล ภูมิภาคที่อยู่ลึกเข้าไปในผืนแผ่นดิน อุณหภูมิช่วงกลางวันกับกลางคืนและฤดูร้อนกับฤดูหนาวจะแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะในเดือนเมษายนจะมีอุณหภูมิสูงสุดถึง 40°C หรืออาจมากกว่าในบางปี ส่วนในฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำสุดในตอนเช้ามีอยู่ในเกณฑ์หนาวถึงหนาวจัด อาจลดลงต่ำสุดถึงจุดเยือกแข็งในบริเวณเทือกเขาหรือบนยอดเขาสูง สำหรับพื้นที่ที่อยู่ติดทะเลอุณหภูมิในช่วงวันและฤดูกาลจะผันแปรน้อย ฤดูร้อนอากาศจะไม่ร้อนจัด ฤดูหนาวอากาศจะไม่หนาวจัดเท่าภูมิภาคต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศแบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวัน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศในแนวนอน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศในแนวตั้ง และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบอะเดียเบติก

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ ประกอบด้วย ระดับละติจูด ความแตกต่างระหว่างพื้นดินกับพื้นน้ำ กระแสน้ำในมหาสมุทร ความสูงของพื้นที่ สภาพภูมิศาสตร์ เมฆ และอัลบีโดของพื้นผิว การระเหยของภูเขาไฟ และมนุษย์

แผนที่ภูมิอากาศ เป็นแผนที่สำหรับแสดงข้อมูลด้านภูมิอากาศโดยเฉพาะ อาทิ แผนที่เขตภูมิอากาศของโลก องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกได้กำหนดการวัดอุณหภูมิของอากาศ โดยกำหนดให้วัดพร้อมกันตามเวลาที่ท้องถิ่นของสถานีตรวจอากาศแต่ละแห่ง ณ ตำบลที่มีอุณหภูมิเท่ากันในเวลาเดียวกัน เมื่อลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างตำบลที่อุณหภูมิเท่ากันจะได้เส้นอุณหภูมิเท่า กล่าวได้ว่าเส้นอุณหภูมิเท่าลากผ่านพื้นที่ใด ๆ แสดงว่าพื้นที่นั้น ๆ มีระดับอุณหภูมิเท่ากัน กรมอุตุนิยมวิทยาได้จัดทำแผนที่ภูมิอากาศของประเทศไทยขึ้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพยากรณ์อากาศ อีกทั้งทำให้เห็นภาพรวมของระดับอุณหภูมิในแต่ละพื้นที่ทั่วประเทศ การใช้สีบอกระดับอุณหภูมิ

#### 4.7 คำถามทบทวน

ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. หลักการทำงานของโลหะสองชนิดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวไม่เท่ากัน ใช้ประดิษฐ์เทอร์โมมิเตอร์ตามตัวเลือกใด
  - ก. เทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดา
  - ข. เทอร์โมมิเตอร์แบบสูงสุดต่ำสุด
  - ค. เทอร์โมมิเตอร์ฟอร์มเมชัน
  - ง. อิเล็กทรอนิกส์เทอร์โมมิเตอร์
2. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศในแนวนอน แปลความหมายได้ตรงกับตัวเลือกใด
  - ก. อุณหภูมิของอากาศที่ระดับพื้นผิว
  - ข. อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในแนวนอน
  - ค. อุณหภูมิสูงต้นมวลของอากาศให้ลอยสูงขึ้นในระดับเดียวกัน
  - ง. ไม่มีตัวเลือกใดถูกต้อง
3. เครื่องมือวัดอุณหภูมิของร่างกาย ตัวเลือกใดเหมาะสมที่สุด
  - ก. เทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดา
  - ข. เทอร์โมมิเตอร์แบบสูงสุดต่ำสุด
  - ค. เทอร์โมมิเตอร์ฟอร์มเมชัน
  - ง. อิเล็กทรอนิกส์เทอร์โมมิเตอร์

## 4. ตัวเลือกใดเป็นความสัมพันธ์ของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอากาศแต่ละประเภท

ตัวเลือก	kelvin scale	celsius scale	fahrenheit scale
ก	273	0	32
ข	273	100	210
ค	0	0	0
ง	0	-273	100

## 5. ตัวเลือกใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

- ก. ระดับละติจูดไม่มีผลต่อปริมาณอุณหภูมิอากาศ
  - ข. บนพื้นที่สูงจะมีอุณหภูมิอากาศจะสูงขึ้นตามลำดับ
  - ค. อุณหภูมิอากาศจะเปลี่ยนแปลงตามละติจูด
  - ง. อากาศเหนือผิวน้ำไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
6. ปัจจัยในตัวเลือกใดมีความสำคัญมากที่สุดต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

- ก. ระดับละติจูด
  - ข. ลักษณะภูมิประเทศ
  - ค. กระแสน้ำในมหาสมุทร
  - ง. ความแตกต่างของพื้นดินและพื้นน้ำ
7. ช่วงเวลาตามตัวเลือกใดที่โลกมีอุณหภูมิสูงสุด

- ก. 11.00-12.00 น.
  - ข. 12.00-13.00 น.
  - ค. 13.00-14.00 น.
  - ง. 14.00-15.00 น.
8. บารอมิเตอร์แบบปรอทตรงกับตัวเลือกใด

- ก. mercurial barometer
- ข. aneroid barometer
- ค. thermister barometer
- ง. deformation barometer

## 9. ตัวเลือกใดกล่าวถูกต้อง

- ก. การเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศมี 3 ลักษณะ
- ข. ค่าความกดอากาศที่ระดับความสูงขึ้นไปจะมีค่าน้อยลง
- ค. ค่าความกดอากาศ 1 mb จะมีค่าเท่าแรง 98 นิวตัน/ตารางเมตร

- ง. ไม่มีข้อใดกล่าวถูก
10. ตัวเลือกใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศประจำวัน
- ก. ค่าความกดอากาศสูงสุดเวลา 10.00 น. และ 16.00 น.
  - ข. ค่าความกดอากาศสูงสุดเวลา 10.00 น. และ 18.00 น.
  - ช. ค่าความกดอากาศสูงสุดเวลา 12.00 น. และ 18.00 น.
  - ง. ค่าความกดอากาศสูงสุดเวลา 12.00 น. และ 0.00 น.
11. เทอร์โมมิเตอร์สเกลฟาเรนไฮต์ มีความสัมพันธ์กับตัวเลือกใด
- ก. ผลิตขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2253
  - ข. ผู้ประดิษฐ์คือนักฟิสิกส์ชาวสวีเดน
  - ค. กำหนดจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ 100 °C
  - ง. ตัวเลขกำหนดอุณหภูมิเป็น interval number
12. ตัวเลือกใดต่อไปนี้ ไม่เกี่ยวข้องกับการหวนกลับของอุณหภูมิ
- ก. เกิดจากมวลของอากาศจมตัว
  - ข. เกิดจากโลกแผ่รังสีความร้อนน้อยที่สุด
  - ค. มวลของอากาศสองชนิดเคลื่อนที่มาพบกัน
  - ง. อากาศจากยอดเขาเคลื่อนที่มาทับถมบริเวณหุบเขา
13. จากภาพที่ 4.3 การเปรียบเทียบระหว่างสเกลเคลวิน เซลเซียส และฟาเรนไฮต์ จงอธิบายความสัมพันธ์ของเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอททั้ง 3 สเกลมาโดยสังเขป
14. จงอธิบายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศในแนวตั้งมาโดยสังเขป
15. ยกตัวอย่างปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศมา 3 ปัจจัย พร้อมอธิบายโดยสังเขป

## บทที่ 5

### ความกดอากาศและลม

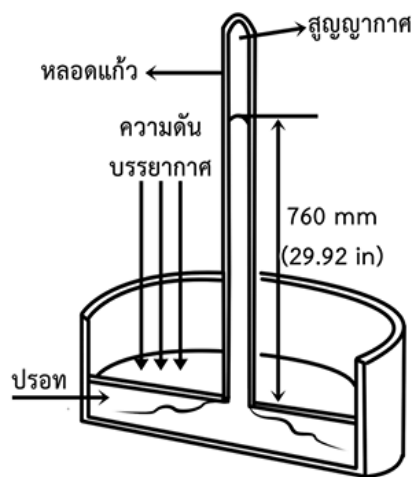
ความกดอากาศหรือความดันอากาศ คือ แรงที่กระทำต่อพื้นโลกอันเนื่องมาจากน้ำหนักของอากาศ ณ จุดใดจุดหนึ่ง เป็นค่าของบรรยากาศตั้งแต่พื้นโลกขึ้นไปจนถึงเขตสูงสุดของบรรยากาศ มีความแตกต่างจากแรงที่เกิดจากน้ำหนักกดทับจากของแข็งและของเหลว การศึกษาเพื่ออธิบายเกี่ยวกับความกดอากาศจะใช้หลอดแก้วคว่ำลงในอ่างบรรจุปรอท แรงดันของอากาศจะทำให้ระดับปรอทสูงขึ้นในหลอดแก้ว 29.92 นิ้ว หรือ 76 เซนติเมตร นอกจากนี้ ความกดอากาศยังมีแรงดันออกในทุกทิศทุกทาง ค่าความกดอากาศจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และระดับความสูง โดยค่าความกดอากาศจะลดน้อยลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น เพราะน้ำหนักของอากาศเหนือระดับนั้นลดลง หรือแม้ในระดับความสูงเดียวกัน ค่าความกดอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา และค่าการกระจายในแนวนอนของความกดอากาศระดับเดียวกันก็แตกต่างกันไป ความแตกต่างของความกดอากาศเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดลม

ความกดอากาศเป็นองค์ประกอบของลมฟ้าอากาศที่มีความสำคัญ ด้วยอิทธิพลของความกดอากาศนั้นส่งผลกระทบต่อมนุษย์โดยตรง สามารถรู้ได้โดยทันทีว่าความกดอากาศในแต่ละระดับความสูงนั้นมีความแตกต่างกัน อาทิ ขณะนั่งรถขึ้นภูเขาจะเกิดอาการหูอื้อ เนื่องจากความดันภายในและความดันอากาศภายนอกร่างกายไม่เท่ากัน ส่วนเรื่องใกล้ตัวที่เกิดขึ้นในทุกวันจากข่าวพยากรณ์อากาศประจำวัน จะมีค่าที่มักได้ยินบ่อยครั้งไป ได้แก่ค่าว่า ความกดอากาศสูง ความกดอากาศต่ำ ร่องความกดอากาศหรือร่องมรสุม และนี่คือเหตุผลหนึ่งที่ต้องทำความเข้าใจนิยาม และลักษณะสำคัญของค่าเหล่านี้ เพื่อให้เข้าใจสภาพอากาศที่เป็นอยู่ และสภาพอากาศที่จะเกิดขึ้นตามมาจากการพยากรณ์อากาศ

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึง เครื่องมือที่ใช้วัดความกดอากาศ การเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศประจำวัน ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูง อุณหภูมิ และความกดอากาศ ระบบความกดอากาศ ได้แก่ ความกดอากาศสูง ความกดอากาศต่ำ การแบ่งเขตความกดอากาศโลก เส้นความกดอากาศเท่า ความสัมพันธ์ระหว่างความกดอากาศและลม การเกิดลม และประเภทของลม เนื้อหาในบทนี้ถือได้ว่าเป็นการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยพื้นฐานสำคัญ เพื่อความเข้าใจในรายละเอียดของการพยากรณ์อากาศได้อย่างถูกต้องลึกซึ้ง สามารถทำความเข้าใจแผนที่อากาศทั่วไปได้ แม้จะยังไม่ละเอียดนักแต่ก็ทำให้ทราบถึงการเคลื่อนตัวของกระแสอากาศ ซึ่งเป็นที่มาของการเกิดลม และพายุฝนฟ้าคะนอง ซึ่งจะกล่าวถึงในเนื้อหาบทต่อไป อีกทั้งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยในการเตรียมความพร้อมในการใช้ชีวิตท่ามกลางสภาพอากาศที่แปรปรวนเปลี่ยนแปลงอย่างเช่นในปัจจุบัน

## 5.1 หน่วยของความกดอากาศ

ในปี พ.ศ. 2186 เอวันเยลิสตา ตอร์รีเซลลี (Evangelista Torricelli) ได้ทำการทดลองการวัดค่าความกดอากาศโดยนำเอาหลอดแก้วยาว 33 นิ้วที่บรรจุปรอทจนเต็มคว่ำลงไปในอ่างปรอท ปรากฏว่าระดับปรอทในหลอดแก้วนั้นลดลง ความกดอากาศที่กระทำต่อปรอทในอ่างจะทำให้ความสูงของปรอทในหลอดแก้วเปลี่ยนระดับได้ และจะคงที่อยู่ระดับหนึ่งซึ่งเป็นความกดอากาศปกติ ความสูงของปรอทในหลอดแก้วจะอ่านค่าได้ 29.92 นิ้ว หรือ 76 เซนติเมตร ซึ่งน้ำหนักของปรอทในหลอดแก้วจะมีน้ำหนักเท่ากับความกดอากาศหนึ่งบรรยากาศ ดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 ระดับของปรอทที่ความดัน 1 บรรยากาศ

ความกดอากาศ	=	แรงที่เกิดจากมวลอากาศที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่
P	=	$F/A$ dyne.cm <sup>-2</sup>
แรง	=	มวล × ความเร่ง
F	=	$Mg$ g.s <sup>-2</sup>
จะได้	P	= $Mg/A$
ปริมาตร (V)	=	พื้นที่หน้าตัด (A) × ความสูง (h)
	=	$Mgh/Ah$
ความหนาแน่นของปรอท	=	$M/V$
ดังนั้น	P	= $pgh$
P (Rho) ความหนาแน่นของปรอท	=	13.5951 g.cm <sup>-3</sup>
g แรงโน้มถ่วงของโลก	=	980.66 cm.s <sup>-2</sup>
h ความสูงของปรอท	=	76 cm

แทนค่าในสูตรจะได้

$$\begin{aligned} P &= 13.5951 \times 980.66 \times 76 \text{ (g.cm.s}^{-2}\text{) cm}^{-2} \\ P &= 1.0132 \times 10^6 \text{ (g.cm.s}^{-2}\text{) cm}^{-2} \\ P &= 1.0132 \times 10^6 \text{ dyne.cm}^{-2} \end{aligned}$$

เนื่องจากหน่วยวัดความกดอากาศเป็น  $\text{dyne.cm}^{-2}$  ซึ่งเป็นหน่วยเล็กมาก ในทางอุตุนิยมวิทยา จึงนิยมใช้เป็นมิลลิบาร์ (millibar: mb)

$$\begin{aligned} \text{โดยกำหนดให้ } 1 \text{ mb} &= 1,000 \text{ dyne.cm}^{-2} \\ 1 \text{ b} &= 1,000,000 \text{ dyne.cm}^{-2} \\ 1 \text{ b} &= 1,000 \text{ mb} \end{aligned}$$

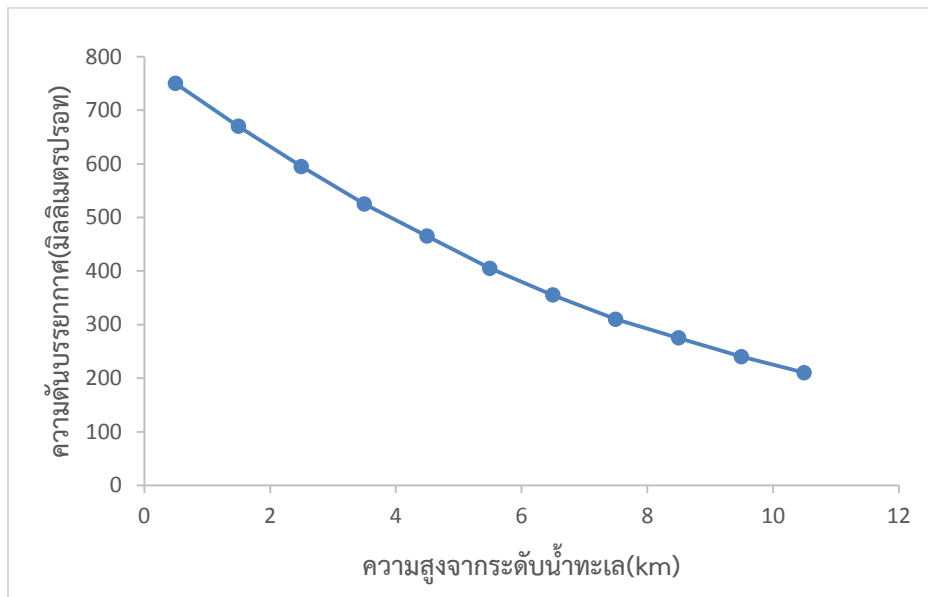
หน่วยความกดอากาศ เป็นหน่วยเซนติเมตรของปรอท เปลี่ยนเป็นหน่วยมิลลิบาร์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} 76 \text{ cm.Hg} &= 1,013.2 \text{ mb} \\ 1 \text{ cm.Hg} &= 1,013/76 \\ &= 13.33 \text{ mb} \end{aligned}$$

ดังนั้น จึงถือได้ว่า ณ บริเวณพื้นผิวความกดอากาศมีค่าประมาณ 104 นิวตันต่อ 1 ตารางเมตรของพื้นผิว ค่าความกดอากาศนี้โดยเฉลี่ยวัดที่อุณหภูมิต่ำ 0 องศาเซลเซียส ความสูงระดับน้ำทะเลปานกลางมีค่าประมาณ 1,013.2 ไนน์ (dyne) ต่อ 1 หน่วยพื้นที่ตารางเซนติเมตรหรือ 1,013.2 มิลลิบาร์ (millibar, mb) ปัจจุบันได้มีการกำหนดหน่วยของความกดอากาศนิวตันต่อตารางเมตรเป็นปาสคาล (pascal: Pa) ดังนั้น ค่าความกดอากาศ 1 mb เท่ากับแรง 100 นิวตันต่อ 1 ตารางเมตร

ความดันอากาศ 1 บรรยากาศ คือ ความดันอากาศที่ระดับน้ำทะเลมีค่า 1 บรรยากาศ ซึ่งสามารถดันน้ำให้ขึ้นไปในสายยางที่ปิดปลายไว้ข้างหนึ่งได้สูงประมาณ 10 เมตร ปรอทมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ โดยมีความหนาแน่น 13.6 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งความดัน 1 บรรยากาศสามารถดันปรอทให้ขึ้นไปในหลอดแก้วปลายปิดได้สูงถึง 76 เซนติเมตร หรือ 760 มิลลิเมตร ดังนั้น หน่วยของความดันอากาศจึงมีหน่วยเป็นมิลลิเมตรของปรอท พร้อมทั้งเรียกความดันของอากาศที่สามารถดันปรอทให้สูงขึ้นไป 760 มิลลิเมตร ว่าเป็นความดัน 1 บรรยากาศ

ที่ระดับความสูงเดียวกัน ความดันของอากาศจะเท่ากัน ดังนั้น ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลเป็นระยะทางต่าง ๆ กัน ความดันอากาศมีค่าไม่เท่ากัน กล่าวคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศและความสูงจากระดับน้ำทะเลสรุปได้ว่า เมื่อความสูงจากระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้นความดันอากาศมีค่าลดลง และเมื่อความสูงจากระดับน้ำทะเลลดลง ความดันอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นนั้น คือ ความดันอากาศจะแปรผกผันกับความสูงจากระดับน้ำทะเล ดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับความสูง

ที่มา Physics world, 2009

สรุปการวัดความดันอากาศวัดได้ 2 แบบ คือ

1. วัดเป็นความสูงของน้ำ ความดัน 1 บรรยากาศ คือ ความดันอากาศที่สามารถดันน้ำให้ขึ้นไปในสายยางปลายปิดได้สูงประมาณ 10 เมตร ที่ระดับน้ำทะเล
2. วัดเป็นความสูงของปรอท ความดัน 1 บรรยากาศ คือ ความดันอากาศที่สามารถดันปรอทให้ขึ้นไปในกระบอกปลายปิดได้สูง 76 เซนติเมตร หรือ 760 มิลลิเมตร ที่ระดับน้ำทะเล ดังนั้น หน่วยวัดของความดันอากาศจึงมีหน่วยเป็น มิลลิเมตรของปรอท

## 5.2 เครื่องมือวัดความกดอากาศ

เครื่องมือที่ใช้วัดความกดอากาศเรียกว่า บารอมิเตอร์ (barometer) ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมี 3 ชนิด ได้แก่

### 5.2.1 บารอมิเตอร์แบบปรอท

บารอมิเตอร์แบบปรอท (mercurial barometer) คือ เครื่องมือที่ใช้วัดความดันอากาศที่ประกอบด้วยหลอดแก้วกลางยาวประมาณ 90 เซนติเมตร มีปลายปิดด้านหนึ่งแล้วบรรจุปรอทให้เต็มหลอดแก้ว คว่ำปากหลอดแก้วลงในภาชนะที่มีปรอทอยู่ โดยให้ปลายเปิดของหลอดแก้วจุ่มอยู่ในปรอทปรากฏว่าปรอทในหลอดแก้วลดลงเพียงบางส่วนเท่านั้น ยังคงเหลือปรอทในหลอดแก้วที่มีความสูงเหนือระดับปรอทในภาชนะประมาณ 76 เซนติเมตร หรือ 760 มิลลิเมตร ส่วนที่ว่างเหนือระดับปรอทในหลอดแก้วเป็นบริเวณสุญญากาศ เมื่อความกดของอากาศลดลงระดับปรอทในหลอดแก้วจะลดลงนั้น

หมายถึงระดับปรอทในหลอดแก้วจะสั้นเข้า เพื่อให้ความกดของลำปรอทสมดุลกับความกดของบรรยากาศ และเมื่อความกดอากาศมากขึ้นระดับปรอทในหลอดแก้วจะสูงขึ้น เพื่อให้ความกดของลำปรอทสมดุลกับความกดของบรรยากาศด้วยเหตุนี้จึงใช้ความสูงของลำปรอทในหลอดแก้วนับจากผิวหน้าของปรอทในอ่างปรอทขึ้นไป ช่องว่างเหนือลำปรอทในหลอดแก้วเป็นสุญญากาศ ดังนั้นเมื่อนำเอาบารอมิเตอร์ขึ้นไปสูง ๆ ปรอทในหลอดแก้วจะหดสั้นลงตามลำดับเมื่อขึ้นไปที่สูง แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

**5.2.1.1 บารอมิเตอร์แบบฟอร์ติน (fortin barometer)** เป็นหลอดแก้วบรรจุปรอท สอดอยู่ในท่อทองเหลือง ปลายท่อทองเหลืองตอนบนมีห่วงสำหรับแขวน ปลายท่อตอนล่างติดกับ กระบอกปรอท ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลายชิ้น ตอนล่างมีถุงหนังซึ่งทับอยู่บนแท่งโลหะที่มีเกลียวสำหรับหมุน ให้เลื่อนขึ้นลงได้ เมื่อหมุนแท่งโลหะจนทำให้กันถุงหนังเลื่อนขึ้นลงได้จึงสามารถแต่งระดับปรอทในกระบอกไป และเข็มงาได้ กระบอกปรอทตอนบนเป็นกระบอกแก้วเพื่อให้มองเห็นผิวของปรอทในกระบอกท่อทองเหลือง ตอนบนเจาะเป็นช่องให้มองเห็นลำปรอทตอนบนได้ ที่ข้างช่องมีขีดบอกระดับใช้วัดความสูงของยอดปรอทและใช้เวอร์เนียสำหรับอ่านความสูงให้ละเอียด ที่ข้างท่อทองเหลืองตรงกลางเจาะเป็นรูสำหรับติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ไว้ใกล้หลอดแก้ว ดังนั้น อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์จึงเท่ากับอุณหภูมิปรอทในหลอดแก้ว ในการอ่านบารอมิเตอร์แบบนี้จะต้องอ่านเทอร์โมมิเตอร์ก่อนแล้วแต่งแท่งเกลียวให้ระดับปรอทขึ้นไปและ เข็มงาพอดี แล้วเลื่อนเวอร์เนียให้อยู่เสมอยอดปรอท แล้วอ่านส่วนสูงของยอดปรอท โดยปลายเข็มงาจะเป็นขีดศูนย์ของลำปรอท ดังภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 บารอมิเตอร์แบบฟอร์ติน

ที่มา Russell scientific, n.d.

**5.2.1.2 บารอมิเตอร์แบบคิ้ว (kew barometer)** บารอมิเตอร์แบบนี้ไม่ต้องเลื่อนระดับปรอทในกระปุก แต่อาศัยหลักที่ว่า เมื่อความกดของบรรยากาศสูงขึ้นระดับปรอทในกระปุกจะลดลง ปรอทในกระปุกที่หายก็จะหลักเข้าไปในหลอดแก้ว ทำให้ระดับลำปรอทในหลอดแก้วสูงขึ้น ปรอทในกระปุกที่หายก็จะหลักเข้าไปในหลอดแก้ว ทำให้ระดับลำปรอทในหลอดแก้วสูงขึ้น ปริมาตรของปรอทที่หายไปจากกระปุกย่อมเท่ากับปริมาตรของปรอทที่เพิ่มขึ้นในหลอดแก้ว ในทำนองเดียวกันถ้าความกดของบรรยากาศลดลงระดับของลำปรอทในหลอดแก้วจะลดลง และระดับปรอทในกระปุกจะสูงขึ้น ปริมาตรของปรอทในหลอดแก้วที่หายไปย่อมเท่ากับปริมาตรของปรอทในกระปุกที่เพิ่มขึ้น

บารอมิเตอร์แบบคิ้ว มีส่วนประกอบคล้ายกับบารอมิเตอร์แบบฟอร์ติน ต่างกันตรงที่กระปุกปรอทของบารอมิเตอร์แบบคิ้วไม่มีที่แตงระดับปรอท และที่บมองไม่เห็นปรอทในกระปุกเลย แสดงให้เห็นรูปตัดส่วนล่างของบารอมิเตอร์แบบคิ้ว บารอมิเตอร์แบบนี้นิยมใช้ในหลายประเทศ นอกจากนี้ใช้ตามสถานีบกแล้วยังใช้ตรวจอากาศในเรือได้ แบบที่ใช้ในเรือนี้รูหลอดแก้วตอนกลางตีบและตอนบนโต ทั้งนี้เพื่อกันไม่ให้ปรอทในหลอดแก้วกระเพื่อมง่ายเมื่อเรือโคลง บารอมิเตอร์แบบคิ้วที่ใช้ในเรือต้องมีห่วงแขวนพิเศษ ซึ่งทำให้บารอมิเตอร์ตั้งในแนวตั้งได้เสมอแม้ว่าเรือจะโคลงก็ตาม บารอมิเตอร์แบบคิ้วมีข้อเสียอยู่ตรงที่ถ้าหากปรอทหกไปในขณะทำการขนส่งแล้วค่าความกดที่อ่านได้ย่อมผิดไปจากความจริง ส่วนบารอมิเตอร์แบบฟอร์ตินยังอ่านได้ถูกต้องถึงแม้ปรอทจะหกไปบ้างเล็กน้อย แต่บารอมิเตอร์แบบฟอร์ตินต้องตั้งระดับปรอทในกระปุกทุกครั้งแล้วจึงแตงเวอร์เนียให้ตรงยอดลำปรอทในหลอดแก้ว จึงมีโอกาสคลาดเคลื่อนน้อยกว่าบารอมิเตอร์แบบคิ้ว ดังภาพที่ 5.4

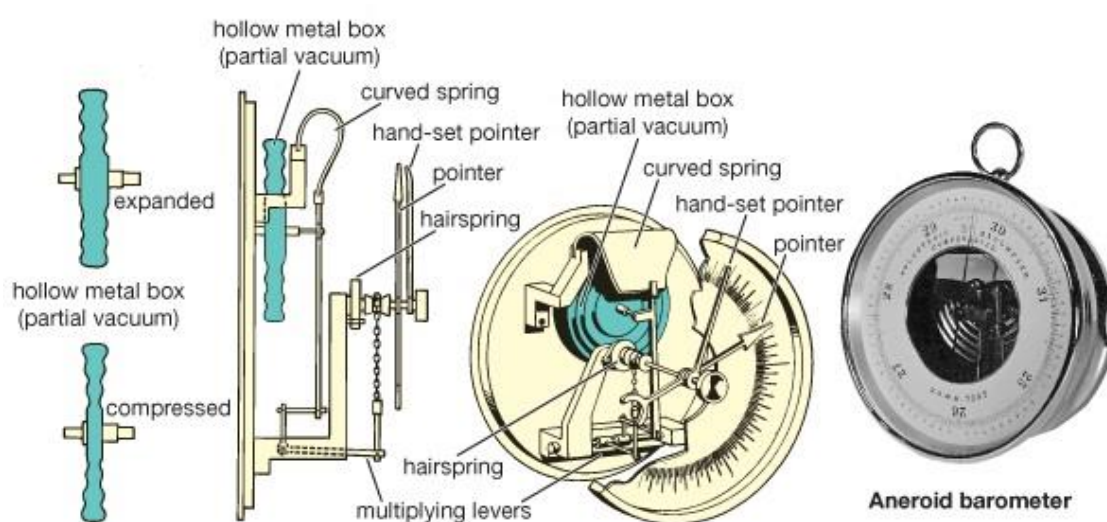


ภาพที่ 5.4 บารอมิเตอร์แบบคิ้ว

ที่มา Russell scientific, n.d.

### 5.2.2 บารอมิเตอร์แบบตลับ

บารอมิเตอร์แบบตลับ (aneroid barometer) ประกอบด้วยตลับโลหะที่มีแผ่นฝาโลหะยืดหยุ่นและปิดสนิท ภายในตลับเป็นสุญญากาศ หรือเกือบสุญญากาศ และระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของฝาทั้งสองชนิดของตลับจะเปลี่ยนไปเมื่อความกดดันของอากาศเปลี่ยนแปลง เช่น ถ้าหากความกดอากาศเพิ่มขึ้น ฝาทั้งสองก็เคลื่อนที่เข้าหากัน กลไกการเปลี่ยนแปลงนี้จะเชื่อมโยงเข้ากับเข็มชี้บอกค่าความกดอากาศ โดยปกติแล้วค่าที่อ่านจากบารอมิเตอร์แบบตลับ มักจะให้ค่าผิดพลาดกว่าบารอมิเตอร์แบบปรอท เนื่องจากค่าอุณหภูมิไม่ได้มาตรฐาน ดังภาพที่ 5.5

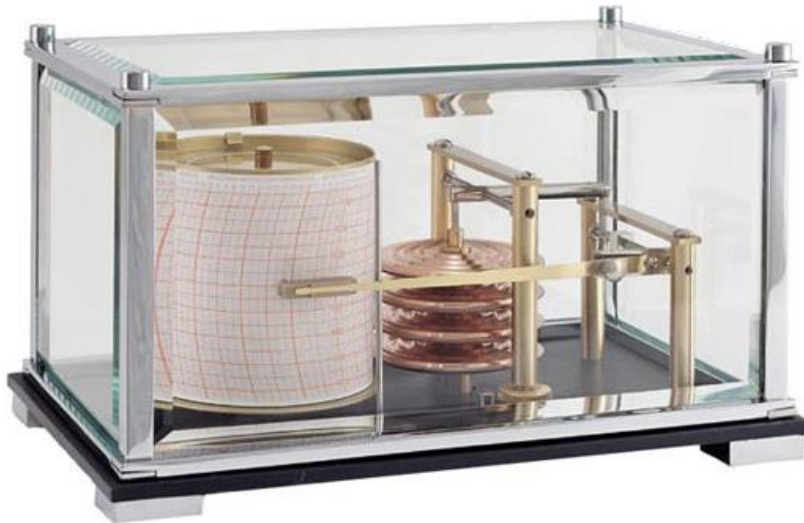


ภาพที่ 5.5 บารอมิเตอร์แบบตลับ

ที่มา Nwclimate, 2017

### 5.2.3 บอรรอกกราฟ

บอรรอกกราฟ (barograph) คือ บารอมิเตอร์ชนิดที่ทันสมัยที่สุด ตามสถานีตรวจอากาศทั่วไปนิยมใช้บารอมิเตอร์แบบนี้ เพราะเป็นเครื่องมือวัดที่ทำงานแบบอัตโนมัติสามารถบันทึกค่าความกดอากาศได้ตลอดระยะเวลาต่อเนื่องกัน โดยเครื่องจะทำหน้าที่บันทึกข้อมูลลงบนกระดาษกราฟที่มีวนอยู่รอบนอกกระบอกทรงกลม และหมุนได้ตลอดเวลาด้วยไฟฟ้า ดังภาพที่ 5.6



ภาพที่ 5.6 บอรรอกกราฟ  
ที่มา Nwclimate, 2015

### 5.3 การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศ

#### 5.3.1 การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศในแนวตั้ง

การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศในแนวตั้ง เนื่องจากค่าความกดอากาศวัดได้จากน้ำหนักของมวลอากาศทั้งหมดที่อยู่เหนือระดับพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ค่าความกดอากาศ ณ ระดับสูงขึ้นไปจึงมีค่าน้อยลงตามลำดับ และเนื่องจากอากาศมีสมบัติหดหรือขยายตัวได้ ค่าความกดอากาศจึงลดลงอย่างรวดเร็วตามความสูงที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์จะลดลงประมาณ 1 มิลลิบาร์ต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นทุก 10 เมตร ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูง อุณหภูมิ และความกดอากาศ

ความสูง (km)	อุณหภูมิ (K)	ความกดอากาศ (mb)
0	288	1013.2
1	282	898.8
2	275	795.0
3	269	701.2
4	262	616.6
5	256	540.4
6	249	472.2
7	243	411.1
8	236	356.5
9	230	308.0
10	223	265.0
12	216	194.0
14	216	141.7
16	216	103.5
20	216	55.29
30	226	11.97
4	250	2.87
50	270	0.78

ที่มา Lutgens and Tarbuck, 1982

### 5.3.2 การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศในแนวนอน

การเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศในแนวนอน จะมีค่าน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศในแนวตั้ง ความต่างเล็กน้อยนี้มีความสำคัญอย่างมากต่อทิศทางและความเร็วของลม ณ ระดับน้ำทะเล ค่าความกดอากาศจะอยู่ประมาณระหว่าง 950 ถึง 1,050 มิลลิบาร์เสมอ โดยค่าสูงสุดวัดได้ 1,084 มิลลิบาร์ ที่บริเวณไซบีเรีย ประเทศรัสเซีย และค่าต่ำสุดวัดได้ 976 มิลลิบาร์ จากพายุไต้ฝุ่นในมหาสมุทรแปซิฟิก การเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศในแนวนอนเกิดขึ้นในระดับสูงขึ้นไปอีกด้วยในบางโอกาสรูปแบบของการกระจายของความกดอากาศชั้นบนอาจคล้ายคลึงกับรูปแบบของความกดอากาศ ณ ระดับน้ำทะเล สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศในแนวนอนมี 2 ประการ ดังนี้

ก) เมื่ออุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงไป อากาศจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นความกดอากาศจะลดลง ในทางตรงกันข้ามเมื่ออากาศมีอุณหภูมิต่ำลงความกดอากาศจะสูงขึ้น

ข) เมื่อมีการเคลื่อนที่เข้าออกของมวลอากาศ ความกดอากาศจะเปลี่ยนแปลงตามลักษณะของมวลอากาศที่ไหลเข้ามา เช่น เมื่อมีมวลอากาศร้อนเคลื่อนที่เข้ามาจะทำให้ความกดอากาศลดลง และถ้ามีมวลอากาศเย็นเคลื่อนที่เข้ามาจะทำให้ความกดอากาศสูงขึ้น

### 5.3.3 การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศประจำวัน

การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศประจำวันในรอบ 24 ชั่วโมง ความกดอากาศ ณ บริเวณหนึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศ 2 ครั้ง คือ ในเวลากลางวันจะมีค่าความกดอากาศสูงสุดเวลา 10.00 น. และต่ำสุดเวลา 16.00 น. และในเวลากลางคืนจะมีค่าความกดอากาศสูงสุดเวลา 22.00 น. และต่ำสุดเวลา 0.00 น. ตามเวลาท้องถิ่น นอกจากนี้ยังมีข้อค้นพบที่น่าสนใจคือ

ก) ค่าระหว่างความกดอากาศสูงสุดและต่ำสุดนี้จะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ในฤดูร้อนจะมีค่าแตกต่างมากกว่าฤดูหนาว

ข) ค่าความกดอากาศเปลี่ยนแปลงตามละติจูดของตำบล สถานีอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งอยู่ใกล้บริเวณเส้นศูนย์สูตรจะมีค่าเปลี่ยนแปลงมาก และค่าเปลี่ยนแปลงจะน้อยลงเมื่อละติจูดสูงขึ้น

ค) ในวันที่มีอากาศโปร่ง ความกดอากาศจะเปลี่ยนแปลงมากกว่าวันที่มีอากาศไม่ดี หรือมีเมฆมาก

ง) ค่าความกดอากาศที่วัดได้จากสถานีตรวจอากาศบนบกที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดินจะเปลี่ยนแปลงมากกว่าค่าความกดอากาศที่วัดได้จากสถานีตรวจอากาศตามชายฝั่งหรือบนเกาะ นอกจากนี้สถานีอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งอยู่บนบกลึกเข้าไปในทวีปมาก ๆ ค่าความกดอากาศสูงสุดและต่ำสุดครั้งที่ 2 จะน้อยกว่าครั้งที่ 1 พอประมาณ ส่วนสถานีตามชายฝั่งหรือบนเกาะค่าสูงสุดและต่ำสุดทั้งสองครั้งเกือบเท่ากัน

### 5.3.4 การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศประจำปี

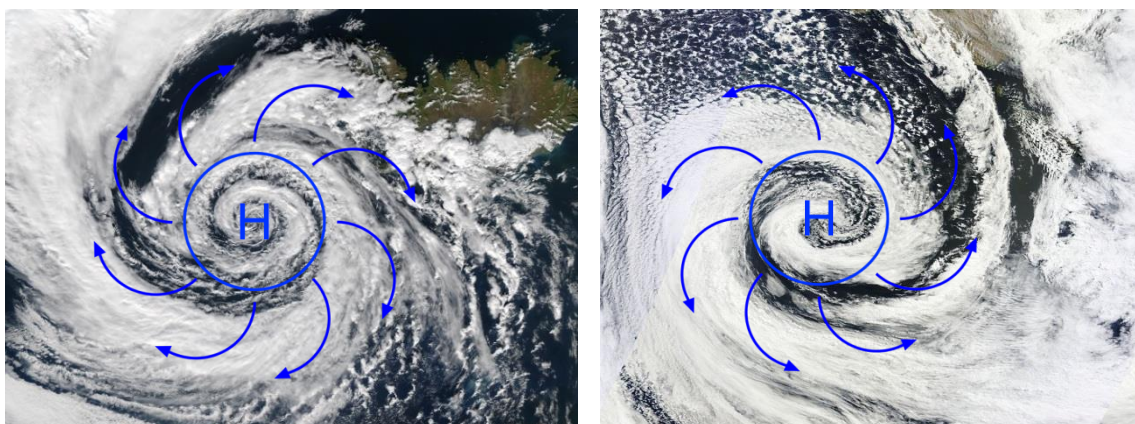
การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศประจำปี จะนำเอาค่าความกดอากาศประจำเดือนที่ได้โดยเฉลี่ยมาเขียนลงบนกราฟ จะได้เส้นโค้งของการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศประจำปี จากเส้นโค้งจะสังเกตเห็นว่า สถานีที่อยู่บนบกห่างจากฝั่งทะเลจะมีความกดอากาศสูงกว่าปกติในฤดูหนาวและต่ำกว่าปกติในฤดูร้อน ส่วนสถานีบนเกาะหรือกลางมหาสมุทรกลับตรงกันข้าม คือ ในฤดูหนาวความกดอากาศต่ำกว่าปกติ และในฤดูร้อนความกดอากาศสูงกว่าปกติ ลักษณะเช่นนี้อธิบายได้ว่า ในฤดูร้อนแผ่นดินในทวีปร้อนกว่าในมหาสมุทร อากาศเหนือทวีปจึงขยายตัวออก ทำให้มีความกดอากาศต่ำกว่าเหนือมหาสมุทร ซึ่งปรากฏการณ์จะตรงกันข้ามในฤดูหนาว

## 5.4 ระบบความกดอากาศ

เมื่อสถานีตรวจอากาศทำการตรวจวัดความกดอากาศที่ระดับผิวพื้นของแต่ละสถานีแล้วก็จะนำค่าความกดอากาศที่ตรวจวัดได้มาปรับเป็นความกดอากาศ ณ ระดับน้ำทะเลเพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน จากนั้น ก็จะนำค่าความกดอากาศของแต่ละสถานีมาเขียนลงบนแผนที่อากาศแล้วลากเส้นผ่านตำแหน่งต่าง ๆ ที่มีค่าความกดอากาศเท่ากันจะได้เส้น ความกดอากาศเท่าหรือเส้นไอโซบาร์ ซึ่งโดยปกติจะลากเส้นไอโซบาร์ห่างกันทุก ๆ 2 มิลลิบาร์ จากเส้นไอโซบาร์นี้จะนำไปพิจารณาถึงระบบความกดอากาศตามลักษณะของความกดอากาศ 2 ลักษณะ ดังนี้

### 5.4.1 บริเวณความกดอากาศสูง

บริเวณความกดอากาศสูงหรือแอนติไซโคลน (anti cyclone) เป็นบริเวณที่มีค่าของความกดอากาศสูงกว่าบริเวณใกล้เคียง ณ ระดับความสูงเดียวกัน ถ้าหากเขียนจุดศูนย์กลางของความกดอากาศสูงลงในแผนที่อากาศเรียกว่า บริเวณความกดอากาศสูง แสดงบริเวณความกดอากาศสูงด้วยสัญลักษณ์ที่เป็นพยัญชนะภาษาอังกฤษคือ H สีที่ใช้คือสีน้ำเงิน ลมที่หมุนรอบศูนย์กลางจะหมุนตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และจะทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ ดังภาพที่ 5.7



หมุนตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ

หมุนทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้

ภาพที่ 5.7 ทิศทางการหมุนของบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้

ที่มา ปรับปรุงจาก วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2560

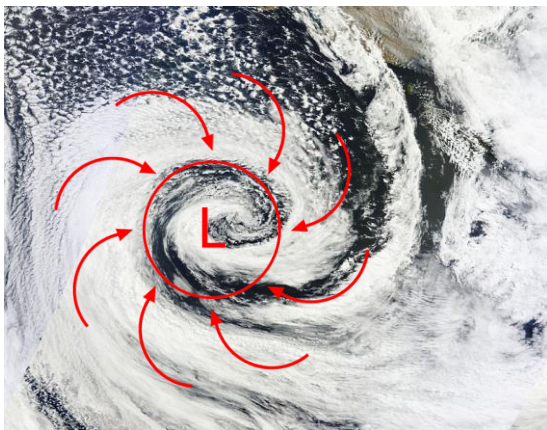
ถ้าเส้นไอโซบาร์มีลักษณะเป็นรูปตัว V ยื่นออกมาจากบริเวณความกดอากาศสูงด้านใดด้านหนึ่ง โดยศูนย์กลางความกดอากาศสูงอยู่ทางด้านหัวของตัว V เรียกบริเวณนั้นว่า ล้อมความกดอากาศสูง (ridge of high pressure) แทนด้วยสัญลักษณ์ R

บริเวณความกดอากาศสูงจะเป็นบริเวณที่มีลมอ่อน และลมมักสงบในบริเวณใกล้ศูนย์กลาง มีสภาพอากาศที่ค่อนข้างสงบ ท้องฟ้าปลอดโปร่ง อาจมีเมฆเพียงเล็กน้อย แต่ถ้ามีเมฆมากกับ

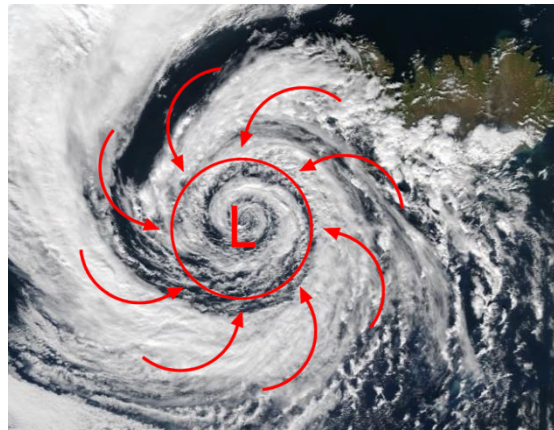
มีฝนจะเกิดได้ตามขอบของบริเวณความกดอากาศสูงที่อยู่ใกล้กับแนวปะทะอากาศ ในซีกโลกเหนือทาง ตะวันออกของบริเวณความกดอากาศสูง อากาศจะเย็นที่ผิวพื้นและเป็นลมฝ่ายเหนือพัดผ่านเรียกบริเวณ ความกดอากาศสูงชนิดนี้ว่า cold high ส่วนทางด้านตะวันตก อากาศจะค่อนข้างร้อนและเป็นลมฝ่ายใต้ พัดผ่าน เรียกบริเวณความกดอากาศสูงชนิดนี้ว่า warm high บริเวณ cold high แผ่ลงมาเมื่อใดอากาศ จะหนาวเย็น ส่วนบริเวณ warm high อากาศจะร้อน เนื่องจากลมพัดมาจากทางใต้ แม้จะมีความชื้นสูง แต่จะไม่มีฝนตก ทำให้อากาศร้อนอบอ้าว บางครั้งเรียกว่า คลื่นความร้อน (heat wave)

#### 5.4.2 บริเวณความกดอากาศต่ำ

บริเวณความกดอากาศต่ำหรือไซโคลน (cyclone) เป็นบริเวณที่มีค่าความกดอากาศต่ำ กว่าบริเวณใกล้เคียง ณ ระดับความสูงเดียวกัน ถ้าหากเขียนจุดศูนย์กลางของความกดอากาศต่ำในแผนที่ อากาศเรียกว่า บริเวณความกดอากาศต่ำ แสดงบริเวณความกดอากาศต่ำด้วยสัญลักษณ์ที่เป็นพยัญชนะ ภาษาอังกฤษคือ L สีที่ใช้คือสีแดง ลมที่หมุนรอบศูนย์กลางนี้จะหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และจะหมุนตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ ดังภาพที่ 5.8



หมุนทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ



หมุนตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้

**ภาพที่ 5.8** ทิศทางการหมุนบริเวณความกดอากาศต่ำในซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้

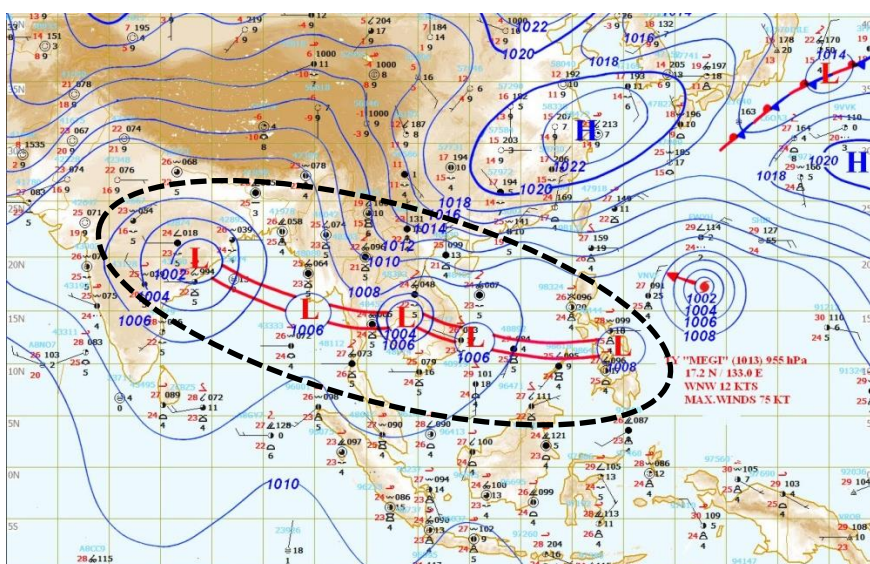
ที่มา ปรับปรุงจาก วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2560

ถ้าเส้นไอโซบาร์มีลักษณะเป็นรูปตัว V ยื่นออกมาจากบริเวณความกดอากาศต่ำด้านใด ด้านหนึ่ง โดยมีศูนย์กลางความกดอากาศต่ำอยู่ทางด้านหัวของตัว V เรียกบริเวณนั้นว่า ลิ่มความกดอากาศต่ำ (trough) แทนด้วยสัญลักษณ์ T

บริเวณความกดอากาศต่ำจะเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ มีเมฆมาก หรืออาจมีฝนตก บริเวณความกดอากาศต่ำมี 2 ชนิด ได้แก่ cold core จะมีลมพัดแรงขึ้นตามความสูง

และมักมีแนวปะทะอากาศเกิดขึ้นร่วมด้วยเสมอ ที่แกนกลางของความกดอากาศต่ำชนิดนี้ อุณหภูมิจะต่ำกว่าภายนอก และเกิดในแถบละติจูดสูง ๆ ที่อากาศเย็น เมื่อเกิดขึ้นแล้วการหมุนเวียนจะต่อเนื่องกัน ความชันของความกดจะเพิ่มมากขึ้นตามความสูงซึ่งสัมพันธ์กับกระแสลม บริเวณความกดอากาศต่ำอีกชนิดคือ warm core เป็นลมที่พัดเวียนเข้าหาศูนย์กลางรอบบริเวณความกดอากาศต่ำ ความเร็วลมจะลดลงตามความสูง พายุจะรุนแรงที่สุดที่ผิวพื้นเท่านั้น เมื่อสูงขึ้นไปลมจะอ่อนกำลังลง บริเวณแกนกลางของความกดอากาศต่ำชนิดนี้ อุณหภูมิจะร้อนกว่าภายนอก การหมุนเวียนจะเหมือนกับชนิด cold core และมีเฉพาะในเขตร้อนเท่านั้น เนื่องจากแกนกลางร้อน ฉะนั้นอากาศที่เย็นกว่าจะพัดเข้าแทนที่จมเข้าหาศูนย์กลาง ทำให้เกิดกระแสลมพัดเวียนเป็นก้นหอยเข้าหาศูนย์กลาง ขณะเดียวกันอากาศตรงกลางจะลอยตัวขึ้น ความชันของความกดตามระดับความสูงจะลดลง

สิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับความกดอากาศต่ำและมักพบเห็นบ่อยครั้งในแผนที่อากาศ คือ ร่องมรสุมหรือร่องความกดอากาศต่ำ ความหมายดั้งเนื้อหาในบทที่ 1 ร่องมรสุมจะเป็นโซนหรือแนวแคบ ๆ ที่ลมค้าในเขตร้อนของทั้ง 2 ซีกโลกมาบรรจบกัน คือ ลมค้าตะวันออกเฉียงเหนือของซีกโลกเหนือกับลมค้าตะวันออกเฉียงใต้ของซีกโลกใต้ ร่องความกดอากาศต่ำนี้มีลักษณะเป็นแนวพาดขวางในทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก เป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ มีกระแสอากาศไหลขึ้นลงสลับกัน จะเกิดขึ้นในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร เลื่อนขึ้นลงตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์ โดยจะล่าหลังประมาณ 1-2 เดือน ความกว้างของร่องความกดอากาศต่ำประมาณ 6-8 องศาละติจูด เป็นบริเวณที่มีเมฆมากและฝนตกอย่างหนาแน่น ฉะนั้น เมื่อร่องมรสุมนี้ประจำอยู่ที่ใดหรือผ่านที่ใดก็จะทำให้พื้นที่นั้นฝนตกอย่างหนาแน่นได้ ดังภาพที่ 5.9



ภาพที่ 5.9 ร่องมรสุม  
ที่มา Thaiweather, 2010

จากภาพที่ 5.9 แผนที่อากาศจะเห็นเส้นสีน้ำเงินยาวคดเคี้ยวลากผ่านพื้นที่ต่าง ๆ เส้นดังกล่าวเรียกว่าเส้นความกดอากาศเท่าหรือเส้นไอโซบาร์ บริเวณที่ลากผ่านจะมีความกดอากาศเท่ากัน ในแผนที่อากาศจะเขียนเส้นความกดอากาศเท่าทุก 2 มิลลิบาร์ ดังที่เคยกล่าวมาแล้ว เช่น 1002, 1004, 1006 เป็นต้น ใช้ในการพยากรณ์อากาศว่าบริเวณใดมีความกดอากาศสูงหรือต่ำกว่าบริเวณใด เพื่อหาการไหลของกระแสอากาศหรือการเคลื่อนตัวของลักษณะลมฟ้าอากาศ และติดตามการต่อเนื่องของจุดกระทำของบริเวณอากาศดีอากาศเลวอย่างกว้างได้ นอกจากบริเวณความกดอากาศเท่าที่กล่าวมาสิ่งที่จะต้องรู้คือความชันความกดอากาศ ซึ่งเป็นความแตกต่างของความกดอากาศในแต่ละจุด

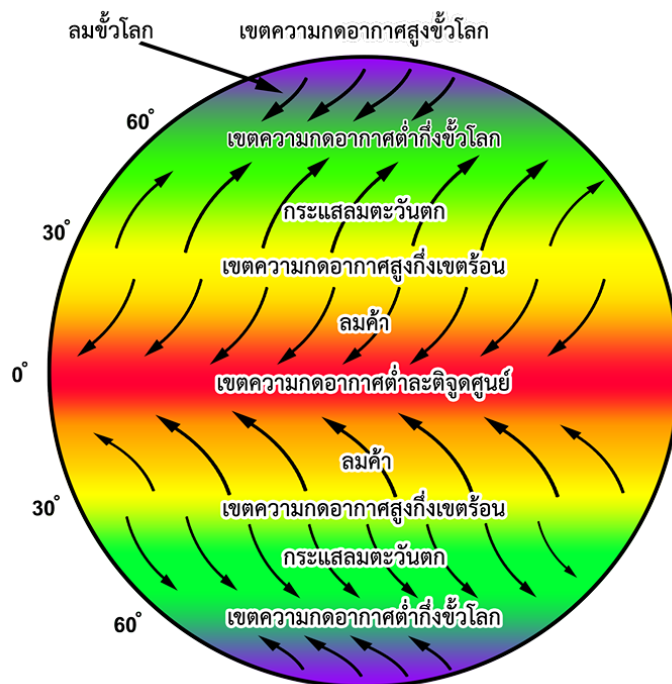
ความชันความกดอากาศ (pressure gradient) คือ ความแตกต่างระหว่างความกดอากาศระหว่างจุดสองจุด ถ้ามีความกดอากาศแตกต่างกันมากคือ มีความชันของอากาศสูง การเคลื่อนตัวของมวลอากาศจากบริเวณความกดอากาศสูงไปยังบริเวณความกดอากาศต่ำจะเร็วและรุนแรงมาก แต่ถ้าจุดสองจุดมีความกดอากาศแตกต่างกันน้อยคือความชันของอากาศต่ำ การเคลื่อนตัวของอากาศจากบริเวณความกดอากาศสูงเข้าสู่บริเวณความกดอากาศต่ำจะช้าและไม่รุนแรง ความชันของความกดอากาศคิดจากอัตราค่าความกดอากาศ ซึ่งคิดจากความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างเส้นแสดงความกดอากาศเท่าสองเส้นในหนึ่งหน่วยระยะทาง

$$\text{ความชันความกดอากาศ} = \frac{\text{ผลต่างของความกดอากาศระหว่างเส้นแสดงความกดอากาศเท่า}}{\text{ระยะทางที่ลากตั้งฉากระหว่างเส้นแสดงความกดอากาศเท่าสองเส้น}}$$

ส่วนการแสดงการกระจายของความกดอากาศในระดับอื่น ๆ ที่มีความสูงกว่าระดับน้ำทะเลมักแสดงด้วยเส้นชั้นความสูง (contour) ซึ่งเป็นเส้นที่เชื่อมจุดต่าง ๆ บนระนาบของความกดอากาศเท่าที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลเท่ากัน บริเวณใดมีค่าความสูงของระนาบความกดอากาศเท่าสูงบริเวณนั้นก็จะเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศสูงเกิดขึ้น

## 5.5 เขตความกดอากาศของโลก

เนื่องจากความกดอากาศแปรผกผันกับอุณหภูมิของอากาศ ถ้าอุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นความกดอากาศจะลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิของอากาศลดลงความกดอากาศจะเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิของอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปตามละติจูด ดังนั้น ณ ละติจูดที่ต่างกันของโลกจะมีเขตความกดอากาศเกิดขึ้น ดังภาพที่ 5.10



ภาพที่ 5.10 เขตความกดอากาศของโลก

ที่มา ปรับปรุงจาก Michael C. LoPresto, 2015

### 5.5.1 เขตความกดอากาศต่ำละติจูดศูนย์

เขตความกดอากาศต่ำละติจูดศูนย์ (equatorial low) ร่องความกดอากาศต่ำศูนย์สูตร (equatorial trough) หรือเรียกว่าเขตดอลดรัม (doldrum) จะอยู่บริเวณศูนย์สูตรมีความกว้างประมาณ 200-300 ไมล์ และจะแผ่กว้างออกจากแนวศูนย์สูตรออกไปถึงแนวละติจูดที่ 10 องศาหรือมากกว่าทั้งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ จะมีแนวความกดอากาศต่ำสุดคือ ระหว่าง 1,011 ถึง 1,008 มิลลิบาร์ ลักษณะทั่วไปจะเป็นเขตที่ลมสงบไม่พัดรุนแรง เนื่องจากได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี ความลาดชันของอากาศมีน้อย แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเนื่องจากลมสินค้าและลมมรสุมพัดผ่าน การเคลื่อนของอากาศในเขตนี้จะมีความเด่นชัดคือ การเคลื่อนที่ของกระแสอากาศในแนวตั้งจะมีมากกว่ากระแสอากาศในแนวนอน ทำให้เกิดเมฆคิวมูลัส พายุฝนฟ้าคะนอง และเกิดฝนพาความร้อน (convective rain) การเปลี่ยนแปลงของอากาศทำให้ลมเปลี่ยนทิศตลอดเวลา บางครั้งลมก็สงบบางครั้งก็เกิดพายุเป็นระยะ โดยประมาณจะมีลมสงบร้อยละ 15-30 ของเวลาทั้งหมด ซึ่งเป็นสาเหตุให้นักเดินเรือสมัยโบราณหลีกเลี่ยงเส้นทางในเขตนี้

### 5.5.2 เขตความกดอากาศสูงกึ่งเขตร้อน

เขตความกดอากาศสูงกึ่งเขตร้อน (subtropical high) เป็นศูนย์กลางความกดอากาศสูงอยู่ประมาณละติจูด 30 องศาเหนือและใต้ ความกดอากาศบริเวณนี้โดยเฉลี่ยจะสูงประมาณ 1,020 มิลลิบาร์ ในซีกโลกใต้เขตความกดอากาศสูงนี้จะเป็นศูนย์กลางความกดอากาศสูงอย่างเห็นได้เด่นชัดที่บริเวณละติจูดที่ 30 องศาเป็นเขตแห้งแล้ง เนื่องจากเป็นบริเวณที่อากาศแห้งจากแอตลันติกเซลล์และเฟอร์เรลเซลล์ปะทะกันแล้วจมตัวลง ทำให้พื้นดินแห้งแล้งเป็นเขตทะเลทราย และพื้นน้ำมีกระแสลมอ่อนมาก เรียกเส้นละติจูดที่ 30 องศาว่าเส้นรุ้งม้า (horse latitudes) เนื่องจากเป็นบริเวณที่กระแสลมสงบ จนบางครั้งเรือใบไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ลูกเรือต้องโยนสินค้า ข้าวของ รวมทั้งม้าที่บรรทุกมาทิ้งทะเล อากาศเหนือผิวพื้นบริเวณเส้นรุ้งม้าเคลื่อนตัวไปยังแถบความกดอากาศต่ำบริเวณเส้นศูนย์สูตร ทำให้เกิดลมค้า (trade winds) แรคคอร์ริออริสซึ่งเกิดจากการหมุนรอบตัวของโลกเข้ามาเสริม ทำให้ลมค้าทางซีกโลกเหนือเคลื่อนที่มาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และลมค้าทางซีกโลกใต้เคลื่อนที่มาจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ ลมค้าทั้งสองปะทะชนกันและยกตัวขึ้นบริเวณเส้นศูนย์สูตร แถบความกดอากาศต่ำนี้จึงมีอีกชื่อหนึ่งว่าแนวปะทะอากาศยกตัวเขตร้อน (Intertropic Convection Zone: ITCZ)

### 5.5.3 เขตความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก

เขตความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก (subpolar low) เป็นบริเวณแถบละติจูดที่ 65 องศาเหนือและใต้ บางครั้งก็เรียกเขตนี้ว่า ร่องความกดอากาศสูงกึ่งขั้วโลก (subpolar trough) เป็นเขตที่มีขอบกว้างตั้งแต่บริเวณละติจูดกลางขึ้นไปจนถึงเขตขั้วโลก แต่บริเวณนี้ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำจะปรากฏตามแนวละติจูดที่ 60 องศาเหนือหรือใต้ ในบริเวณความกดอากาศต่ำจะมีความกดอากาศประมาณ 984 มิลลิบาร์ สาเหตุที่บริเวณนี้มีความกดอากาศต่ำเนื่องจากเป็นแนวปะทะของมวลอากาศเย็นที่มาจากขั้วโลกเหนือกับมวลอากาศร้อนที่เคลื่อนมาจากทางใต้ เมื่อมวลอากาศทั้งสองมาปะทะกันอากาศร้อนจะถูกยกตัวขึ้นสูง ท้องฟ้าจะปกคลุมด้วยเมฆและเกิดพายุซึ่งจะปรากฏเด่นชัดในฤดูหนาว

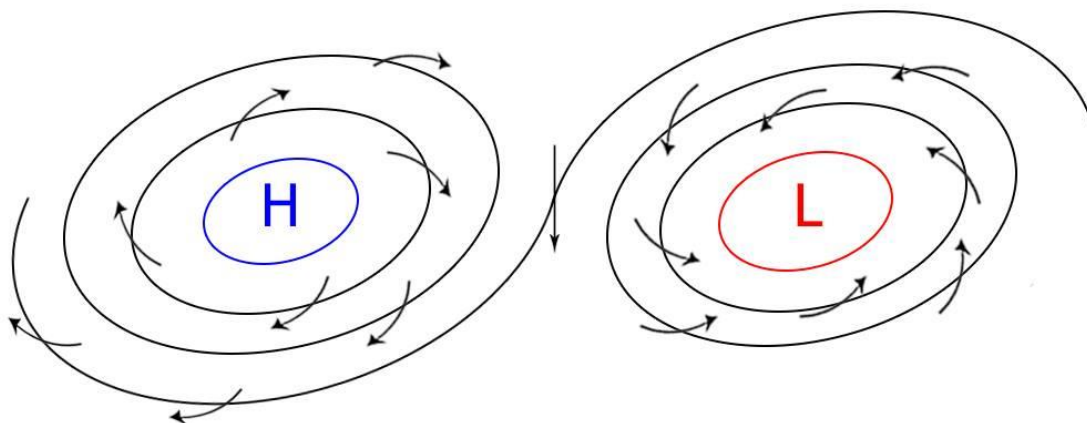
### 5.5.4 เขตความกดอากาศสูงขั้วโลก

เขตความกดอากาศสูงขั้วโลก (polar high) ศูนย์กลางความกดอากาศสูงอยู่บริเวณมหาสมุทรอาร์กติกและมหาสมุทรแอนตาร์กติก ความกดอากาศบริเวณนี้แตกต่างจากบริเวณความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลกอย่างชัดเจน ในซีกโลกเหนือศูนย์กลางความกดอากาศสูงไม่ได้อยู่ที่ขั้วโลก แต่จะอยู่ที่บริเวณหมู่เกาะทางตอนเหนือของประเทศแคนาดา ความกดอากาศโดยเฉลี่ยในบริเวณนี้จะสูงประมาณ 1,010 มิลลิบาร์ ในซีกโลกใต้เขตความกดอากาศสูงนี้มีอยู่ที่ทวีปแอนตาร์กติก เขตความกดอากาศจะเลื่อนขึ้นลงระหว่างละติจูดตามฤดูกาล การเลื่อนขึ้นลงนี้มีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศในฤดูกาลต่าง ๆ

## 5.6 ลม

ลม (wind) คือ การเคลื่อนที่ของอากาศอันเนื่องมาจากความแตกต่างของความกดอากาศของสองบริเวณ โดยจะเคลื่อนที่จากบริเวณซึ่งมีความกดอากาศสูงไปสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ โดยมีอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดความกดอากาศต่ำ ตามทฤษฎีการพาความร้อน กล่าวคือ ในสภาพที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 27 องศาเซลเซียส มวลอากาศร้อนจะขยายตัว ทำให้มีน้ำหนักเบาและลอยตัวขึ้น ทำให้มวลอากาศบริเวณนั้นเบาบางลง เมื่อเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องก็จะเกิดเป็นความกดอากาศต่ำ ทำให้อากาศที่อยู่บริเวณข้างเคียงซึ่งมีความหนาแน่นกว่าเคลื่อนที่เข้ามาสู่บริเวณนั้นเกิดเป็นลมขึ้น

ลมเป็นอากาศที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางในแนวราบ เกิดจากการแทนที่ของอากาศ เนื่องจากอากาศในบริเวณที่ร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น ในขณะที่อากาศบริเวณใกล้เคียงที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ เมื่อมีการเคลื่อนไหวของอากาศที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันของความกดอากาศ อากาศบริเวณที่มีความกดอากาศสูงจะเคลื่อนที่เข้ามายังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ มวลอากาศที่เคลื่อนที่เรียกว่าลม จึงกล่าวได้ว่า ลมเกิดจากการเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำนั่นเอง ดังภาพที่ 5.11



ภาพที่ 5.11 การเคลื่อนที่ของความกดอากาศในแนวราบ

อัตราการเคลื่อนที่ของลมจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความกดอากาศสูงและความกดอากาศต่ำ ถ้ามีความแตกต่างกันน้อยลมที่เกิดขึ้นจะเป็นลมเอื่อย และถ้ามีความแตกต่างกันมากจะกลายเป็นพายุได้ ดังนั้นการเกิดลม เป็นปรากฏการณ์ที่อากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น และอากาศเย็นเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่

นอกจากนั้น การหมุนเวียนของลมบนโลกเป็นกลไกในการช่วยกระจายพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ให้เฉลี่ยทั่วถึงโลก และช่วยพัดพาเอาความชุ่มชื้นจากพื้นน้ำมาสู่พื้นดินด้วย ข้อสังเกตพบว่าการเคลื่อนที่ของอากาศมี 2 ชนิด คือ ถ้าเคลื่อนที่ขนานไปกับผิวโลกเราเรียกว่า "ลม" แต่ถ้าเคลื่อนที่ใน

แนวตั้งเรียกว่า "กระแสอากาศ" สำหรับระบบการพัดของลมบนพื้นโลกส่วนหนึ่งเกิดเนื่องมาจากการหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้เกิดแรงที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศเราเรียกแรงดังกล่าวว่า "แรงคอริโอลิส" เป็นแรงที่มีการเคลื่อนที่ไปในแนวขนาน มีลักษณะที่สำคัญคือแรงนี้จะหมุนทำมุมตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศในซีกโลกเหนือ แรงเฉจะทำให้อากาศเคลื่อนที่ในแนวขนานเฉไปจากเดิมไปทางขวา และทางซีกโลกใต้เฉไปจากเดิมทางซ้าย แรงนี้จะมีค่าสูงสุดที่ขั้วโลกทั้งสอง และมีค่าเป็นศูนย์ที่ศูนย์สูตร และค่าของแรงนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อละติจูดสูงขึ้น จนกระทั่งมีค่าสูงสุดเท่ากับหนึ่งหรือ 100 เปอร์เซนต์ที่ขั้วโลกทั้งสอง

### 5.6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความกดอากาศกับลม

เมื่อเกิดมีบริเวณที่มีความกดอากาศแตกต่างกัน กล่าวคือ บริเวณหนึ่งมีความกดอากาศสูงกว่า และอีกบริเวณหนึ่งมีความกดอากาศต่ำกว่า อากาศก็จะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ เช่นเดียวกับการไหลของน้ำที่ไหลจากที่สูงไปยังที่ต่ำกว่า อากาศที่ปกคลุมเหนือพื้นโลกมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิความชื้นและความสูงของพื้นที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญที่ทำให้อากาศเคลื่อนไหว เมื่ออากาศได้รับความร้อนจะขยายตัวออก ความหนาแน่นของอากาศจะลดลง เมื่ออากาศเย็นตัวลงความหนาแน่นของอากาศก็จะเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้ จะเห็นว่าอากาศที่มีปริมาตรเท่ากัน อากาศร้อนจะมีน้ำหนักน้อยกว่าอากาศเย็น อากาศร้อนจึงทำให้เกิดความกดอากาศต่ำ อากาศเย็นจะมีความกดอากาศสูง ดังนั้น อากาศที่มีอุณหภูมิต่างกัน จึงทำให้เกิดความกดอากาศต่างกัน บริเวณที่เกิดความกดอากาศแตกต่างกันนี้ จะเกิดแรงผลักดันให้อากาศเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า เพื่อให้สภาวะของอากาศมีความดันเท่ากัน

ความชื้นในอากาศทำให้อากาศเบาลง เพราะไอน้ำมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 18 หน่วยมวลส่วนอากาศแห้งมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 29 หน่วยมวล เมื่อโมเลกุลของไอน้ำเข้าไปอยู่ในปริมาตรของอากาศจำนวนหนึ่งโมเลกุลของบางส่วนของอากาศจะดันให้โมเลกุลของไอน้ำหนีออกจากปริมาตรของอากาศนั้นเพื่อที่จะทำให้จำนวนโมเลกุลในอากาศปริมาตรนั้นได้มีจำนวนเท่าเดิมตามสมมติฐานของอโวกาโด ดังนั้น อากาศที่มีไอน้ำปนจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศแห้งอากาศที่มีไอน้ำปนหรือที่เรียกว่า อากาศชื้นจะถูกอากาศไม่มีไอน้ำหรือที่เรียกว่าอากาศแห้งผลักให้ลอยตัวสูงขึ้นในแนวตั้งและที่อยู่ระดับความสูงต่างกัน อากาศจะได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนจากโลกแตกต่างกัน อากาศที่ระดับสูงจะมีอุณหภูมิต่ำลงและมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และด้วยแรงดึงดูดของโลก อากาศจะไหลไปตามพื้นผิวที่ระดับต่ำกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะมีความหนาแน่นน้อยและลอยสูงขึ้นไปในระดับสูง

### 5.6.2 แรงที่เกี่ยวข้องกับการเกิดลม

การเคลื่อนที่ของอากาศเหนือภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปอากาศที่เคลื่อนที่ไปในแนวนอนจะมีความเร็วมากกว่าอากาศที่เคลื่อนตัวในแนวตั้งตั้งแต่ 100 เท่าถึง 1,000 เท่า ลมและกระแสอากาศมีความสำคัญต่อลักษณะลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ เนื่องจากลมเป็นตัวการที่ทำให้อากาศในเขตต่าง ๆ ของโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งหมายถึง การแลกเปลี่ยนถ่ายเทพลังงานระหว่างมวลอากาศที่มีสมบัติแตกต่างกัน อากาศที่เคลื่อนที่ในแนวตั้งนั้นถึงแม้จะมีความเร็วต่ำแต่ก็มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับลักษณะอากาศประจำวัน อากาศเคลื่อนที่ไปทั้งตามแนวนอนและแนวตั้งพร้อม ๆ กัน แต่อากาศที่เคลื่อนที่ตามแนวนอนหรือลมนั้น สังเกตได้ง่ายกว่าอากาศที่เคลื่อนที่ตามแนวตั้งหรือกระแสอากาศ

เมื่ออากาศที่ปกคลุมเหนือพื้นโลกเกิดความกดอากาศแตกต่างกัน ลักษณะเช่นนี้จะทำให้เกิดแรงผลักดันให้อากาศเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า แต่จากการสังเกตลักษณะการเคลื่อนไหวของลมในสภาพที่เป็นจริงพบว่า อากาศไม่ได้เคลื่อนที่จากบริเวณความกดอากาศสูงไปยังบริเวณความกดอากาศต่ำเสมอไป ทั้งนี้เพราะการเคลื่อนที่ของลมอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงต่าง ๆ ดังนี้ (ปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2532, หน้า 130)

#### 5.6.2.1 แรงที่เกิดจากความชันของความกดอากาศ (pressure gradient force)

ถ้าโลกหยุดนิ่ง ที่ระดับความสูงเท่ากันความกดอากาศจะเท่ากัน เส้นความกดอากาศเท่าจะขนานกัน แต่ถ้าระดับความสูงเท่ากันนั้น อัตราการลดลงของความกดอากาศมากกว่า อัตราการลดลงของความกดอากาศที่ระดับความสูงเดียวกันนี้เรียกว่า ความชันของความกดอากาศ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่า ความชันของความกดอากาศ คือ อัตราการแลกเปลี่ยนของความกดอากาศในแนวนอนซึ่งตั้งฉากกับเส้นความกดอากาศเท่าในทิศทางจากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ ลักษณะของเส้นความกดอากาศเท่าในแผนที่อากาศ สามารถบอกความชันของความกดอากาศได้ โดยความชันของความกดอากาศจะมีค่าสูงถ้าหากเส้นความกดอากาศเท่าอยู่ใกล้ชิดกันมากและมีค่าน้อยลงเมื่อเส้นความกดอากาศเท่าอยู่ห่างกัน

แรงเนื่องจากความชันของความกดอากาศนี้เรียกว่า แรงความชันของความกดอากาศ ซึ่งแรงนี้มีความสัมพันธ์กับความเร็วของลม และเป็นแรงอย่างหนึ่งที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของอากาศ ถ้าหากไม่มีแรงอื่นมาเกี่ยวข้อง อากาศก็จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางความชันของความกดอากาศ ในลักษณะอากาศประจำถิ่นนั้น

#### 5.6.2.2 แรงเฉหรือแรงคอริโอลิส (deflective force or coriolis force) ในการ

เคลื่อนที่ของอากาศในบรรยากาศของโลกจะเคลื่อนที่ไปพร้อม ๆ กับการหมุนของโลก ดังนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงแรงที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลกด้วย จี จี คอริโอลิส (G.G. Coriolis) ได้เสนอแนวคิดว่าการหมุนรอบตัวเองของโลกมีส่วนทำให้วัตถุทุกชนิดรวมทั้งลมเคลื่อนที่เฉไป เนื่องจากมีแรงใดแรงหนึ่งมากระทำ ต่อมา วิลเลียม เฟอร์เรล (William Ferrel) ได้ศึกษาและตั้งกฎเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของ

วัตถุนั้นโลกว่า เมื่อโลกหมุนรอบตัวเราเอง วัตถุหรือของเหลว หรือแม้แต่อากาศบนโลกที่เคลื่อนที่ไปตามแนวอนจะถูกลักให้เคลื่อนที่เฉไปจากแนวเดิม ถ้าอยู่ในซีกโลกเหนือจะเฉไปทางขวามือหรือทวนเข็มนาฬิกา และเมื่ออยู่ในซีกโลกใต้จะเฉไปทางซ้ายมือหรือตามเข็มนาฬิกา ดังนั้น จึงเรียกแรงที่มีผลต่อทิศทางของลมนี้ว่า แรงคอริออลิส หรือเรียกว่าแรงเฉ ซึ่งเป็นแรงที่ทำให้ลมเปลี่ยนทิศทางไป แรงคอริออลิสที่กระทำต่อมวลอากาศนี้มีค่าเป็นศูนย์ ณ เส้นศูนย์สูตรและมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามละติจูด จนมีค่ามากที่สุดที่ขั้วโลกทั้งสอง ขนาดของแรงนี้จะเพิ่มขึ้นถ้าหากลมมีอัตราเร็วสูงขึ้น ในซีกโลกเหนือแรงนี้จะกระทำด้านขวา ส่วนในซีกโลกใต้แรงนี้จะกระทำทางด้านซ้ายของทิศทาง การเคลื่อนที่ของลม

**5.6.2.3 แรงที่เกิดเนื่องจากความฝืดของผิวโลก (friction force)** แรงนี้เกิดขึ้นเมื่ออากาศเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวโลก มีทิศตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของลม แรงนี้มีค่ามากที่สุดที่บริเวณใกล้พื้นผิวขึ้นไปถึงความสูงประมาณ 600–900 เมตรจากพื้นผิวโลก เรียกชั้นบรรยากาศที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงฝืดนี้ว่า ชั้นบรรยากาศที่มีความฝืดเหนือชั้นบรรยากาศนี้ความฝืดจะมีค่าน้อยมาก เรียกชั้นบรรยากาศที่ไม่มีความฝืดนี้ว่าบรรยากาศอิสระ

**5.6.2.4 แรงเหวี่ยงหรือแรงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force)** ถ้าโลกหยุดหมุนแรงที่กระทำต่อโลกคือแรงโน้มถ่วง (gravity force) เมื่อโลกหมุนรอบตัวเองจะเกิดแรงขึ้นแรงหนึ่งเรียกว่าแรงหนีศูนย์กลางเป็นแรงที่เบนอนุภาคต่าง ๆ ให้ออกจากแกนหมุนหรือจุดศูนย์กลางการหมุน แรงนี้จะมีค่ามากที่สุดที่ศูนย์สูตร และจะมีค่าน้อยที่สุดที่ขั้วโลก

### 5.6.3 ระบบลมผิวพื้น

บริเวณพื้นผิวโลกเป็นบริเวณที่มีความฝืด ลมที่พัดผ่านในบริเวณใกล้พื้นผิวโลก เรียกว่าลมผิวพื้น โดยทั่วไปลมผิวพื้นจะมีลักษณะการไหลที่ไม่ค่อยราบเรียบ โดยลมผิวพื้นมักมีลักษณะการไหลที่ปั่นป่วน และไหลวนในหลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอิทธิพลจากลักษณะของพื้นผิวและความฝืด ผลของความปั่นป่วนของลมทำให้ลมผิวพื้นเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในทิศทางและความเร็ว การเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดในระยะเวลาสั้น ๆ และในบางโอกาสทำให้ลมผิวพื้นมีความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในระยะเวลาอันสั้นมากเมื่อเทียบกับความเร็วเฉลี่ยของลม ซึ่งเป็นลักษณะของลมกรรโชก

**5.6.3.1 การหมุนเวียนของบรรยากาศส่วนใหญ่** เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของบรรยากาศ ดังนั้น จึงทำให้เกิดการหมุนเวียนของลมทั่ว ๆ ไป ตลอดบนผิวโลกเรียกว่าการหมุนเวียนของบรรยากาศส่วนใหญ่ (general circular of the atmosphere) เพื่อให้เข้าใจการหมุนเวียนของบรรยากาศส่วนใหญ่ ได้มีผู้สร้างแบบจำลองของลักษณะการหมุนเวียนของบรรยากาศหรือลมประจำโลกขึ้น โดยกำหนดข้อตกลงเบื้องต้น ดังนี้

1) พื้นผิวโลกมีความสม่ำเสมออย่างเดียวกันตลอด อาจจะประกอบด้วยพื้นดินหรือพื้นน้ำทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นดินและพื้นน้ำ

2) บริเวณศูนย์สูตรได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ในแนวตั้งฉากเสมอ

จากข้อตกลงเบื้องต้นทำให้เกิดลมประจำปีที่พัดผ่านส่วนต่าง ๆ ของผิวโลก ดังนี้

1) ลมสินค้า (trade wind) เป็นลมที่พัดจากบริเวณความกดอากาศสูงเขตร้อนเข้าหาบริเวณความกดอากาศต่ำศูนย์สูตร แต่ด้วยอิทธิพลของแรงคอริโอลิส ทำให้ทิศทางของลมเฉไปทางขวามือ เป็นลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือในซีกโลกเหนือ และทิศทางลมเฉไปทางซ้ายมือเป็นลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ในซีกโลกใต้ บริเวณที่ลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือพัดมาพบกับลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้เรียกว่าร่องความกดอากาศต่ำ (Intertropical Convergence Zone: ITC) เนื่องจากบริเวณนี้มีความกดอากาศต่ำมาก ลมพัดอ่อน อุณหภูมิสูง ความชื้นสูง เป็นเขตลมสงบที่เรียกว่า เขตดอลดรัม

2) ลมประจำตะวันตก (westerlies) เป็นลมที่พัดจากบริเวณความกดอากาศสูงเขตร้อนเข้าหาบริเวณความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลกเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ในซีกโลกเหนือ และเป็นลมตะวันตกเฉียงเหนือในซีกโลกใต้

3) ลมตะวันออกประจำขั้วโลก (polar easterlies) เป็นลมที่พัดจากบริเวณความกดอากาศสูงขั้วโลกทั้งสองเข้าหาบริเวณความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก เนื่องจากค่าของแรงคอริโอลิสมีค่ามากที่สุดที่ขั้วโลก จึงทำให้ลมพัดขนานไปกับเส้นความกดอากาศเท่า เป็นลมตะวันออกทั้งในซีกโลกเหนือและในซีกโลกใต้

**5.6.3.2 การหมุนเวียนของบรรยากาศส่วนย่อย** จากสภาพความเป็นจริงของพื้นผิวโลก ทำให้การหมุนเวียนของบรรยากาศส่วนใหญ่ไม่เป็นจริงเสมอไป แต่มีการหมุนเวียนของบรรยากาศที่ซับซ้อนมากขึ้นเป็นการหมุนเวียนของบรรยากาศส่วนย่อย ทั้งนี้มีสาเหตุมาจาก 3 ประการ ดังนี้ (ปานทิพย์ อัมมวานิช, 2532, หน้า 146)

1) พื้นผิวโลกบริเวณศูนย์สูตรได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ในแนวตั้งฉากเสมอไป ทั้งนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล เมื่อดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ขึ้นไปทางเหนือหรือลงทางใต้ เขตดอลดรัมก็จะเคลื่อนขึ้นลงตามไปด้วย

2) พื้นผิวโลกประกอบไปด้วยพื้นดินและพื้นน้ำ ซึ่งมีสมบัติในการดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์ การคายความร้อนแตกต่างกัน โดยเฉพาะในซีกโลกเหนือมีพื้นดินมากกว่าซีกโลกใต้ ทำให้ระบบความกดอากาศสูงไม่เกิดขึ้นเป็นแถบขนานไปกับเส้นศูนย์สูตร แต่จะเกิดขึ้นเป็นหย่อม ๆ เรียกว่าหย่อมความกดอากาศสูงและหย่อมความกดอากาศต่ำ

3) ลักษณะของภูมิประเทศของพื้นผิวโลกมีความสูงต่ำต่างกัน ทำให้ความเร็วและทิศทางของลมเปลี่ยนไป

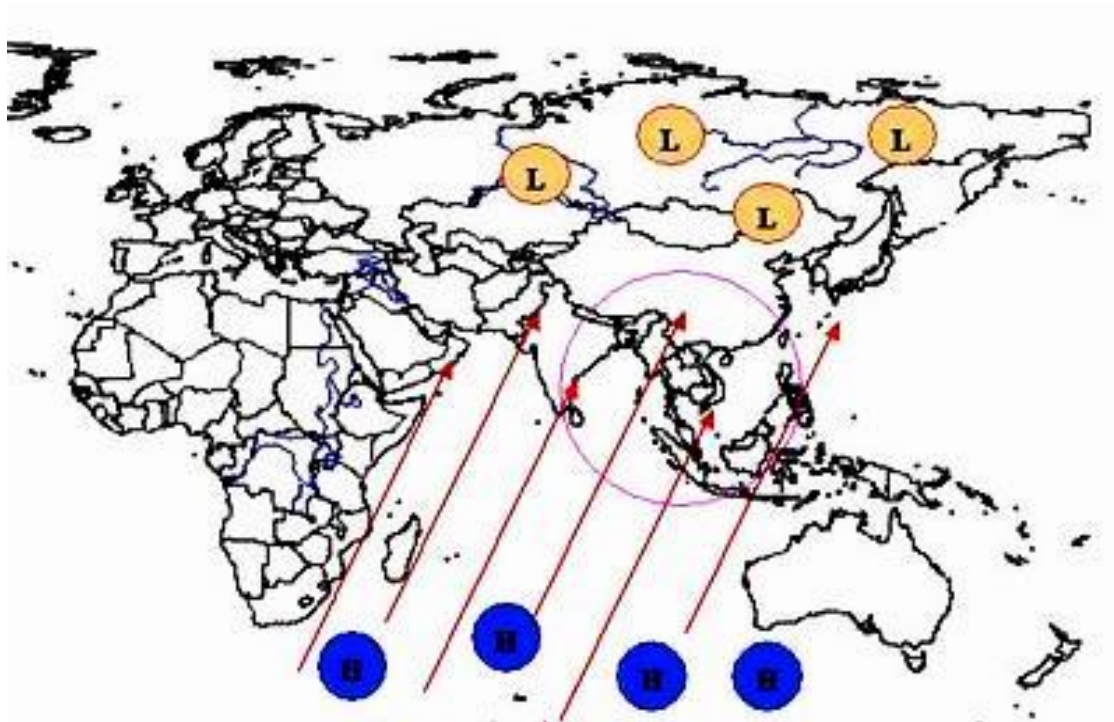
## 5.7 ลมประจำถิ่น

ลมประจำถิ่นเป็นลมที่พัดอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่งโดยเฉพาะ เกิดขึ้นในบริเวณแคบ ๆ ลมประจำถิ่นมีหลายชนิด เช่น

### 5.7.1 มรสุม

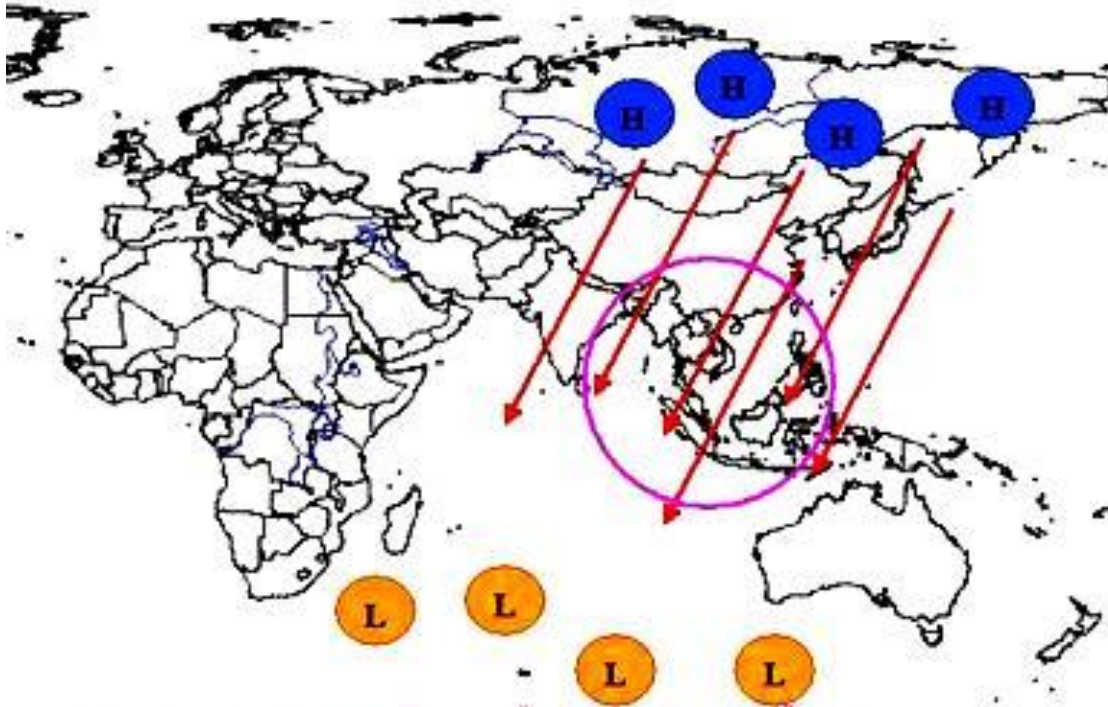
ดังความหมายที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 มรสุมเป็นชื่อของระบบของลมที่เปลี่ยนทิศทางเกือบตรงกันข้ามกันเมื่อฤดูกาลเปลี่ยนไป เช่น ลมที่พัดเป็นระบบจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูร้อนเข้าสู่ทวีปเอเชียและพัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาวจากทวีปเอเชีย เป็นต้น ระบบลมมรสุมอาจเกิดได้ในหลายภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลก ซึ่งมีความแตกต่างของพื้นน้ำและพื้นทวีป เช่น บริเวณทวีปแอฟริกาและอเมริกา แต่ระบบลมมรสุมที่เด่นชัด คือ ลมมรสุมที่เกิดขึ้นในทวีปเอเชีย ทั้งนี้เพราะในช่วงฤดูร้อนพื้นทวีปจะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำ ทำให้ความกดอากาศในระดับใกล้พื้นผิวเหนือบริเวณทั้งสองมีความแตกต่างกัน ลมก็จะพัดจากมหาสมุทรเข้าสู่ฝั่งทวีป ซึ่งจะทำให้เกิดฝนตกหนักในบริเวณพื้นทวีป โดยเฉพาะในแถบประเทศอินเดีย ทั้งนี้เพราะบริเวณประเทศอินเดีย ลมมรสุมได้ปะทะกับระบบลมอื่น ๆ ก่อให้เกิดแนวของความกดอากาศต่ำขึ้น ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดฝน นอกจากนี้ แนวภูเขาบริเวณชายฝั่งยังช่วยเสริมให้เกิดฝนตกหนักขึ้นได้ แต่พอในช่วงฤดูหนาว อากาศเหนือทวีปมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศเหนือมหาสมุทร ทำให้มวลอากาศแห้งและเย็นเคลื่อนที่เข้าบริเวณมหาสมุทร มวลอากาศนี้มีสมบัติค่อนข้างมีเสถียรภาพ ในตอนแรกเริ่มจึงไม่ก่อให้เกิดฝนจนกว่าจะเคลื่อนที่เข้าสู่ทะเลแล้ว ความร้อนขึ้นของอากาศเหนือทะเลจะทำให้สมบัติของมวลอากาศเปลี่ยนไปและเริ่มไม่มีเสถียรภาพ เมื่อเคลื่อนที่ผ่านชายฝั่งประเทศญี่ปุ่นก็จะก่อให้เกิดฝนมากพอสมควร นอกจากนี้ ระบบลมมรสุมนี้ยังนำฝนสู่ภาคใต้ของไทย มาเลเซีย และเกาะบอร์เนียวในอินโดนีเซีย

**5.7.1.1 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้** ในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม โดยมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ และเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร มรสุมนี้จะพัดพาเอามวลอากาศชื้นจากบริเวณความกดอากาศในมหาสมุทรอินเดียเข้าสู่ประเทศไทย ซึ่งจะทำให้เกิดเมฆมากและมีฝนชุกทั่วไป โดยเฉพาะด้านที่รับลมคือบริเวณชายฝั่งทะเลและเทือกเขาจะมีฝนมากกว่าบริเวณอื่น ดังภาพที่ 5.12



ภาพที่ 5.12 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้  
ที่มา Physical Geography, ม.ป.ป.

**5.7.1.2 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ** ในช่วงกลางเดือนตุลาคมหลังจากที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านพ้นไป จะเกิดมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดมาปกคลุมประเทศไทยจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือ บริเวณประเทศมองโกเลียและจีน จะพัดพาเอามวลอากาศเย็นและแห้งลงมาปกคลุมประเทศไทย ส่งผลให้ท้องฟ้าโปร่ง อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้ง โดยเฉพาะในพื้นที่แถบภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มรสุมนี้ นำความชุ่มชื้นจากอ่าวไทยเข้ามาปกคลุมภาคใต้ฝั่งตะวันออกซึ่งจะทำให้ฝนตกชุก การเริ่มต้นและสิ้นสุดของมรสุมอาจผันแปรไปจากปกติได้ในแต่ละปี ดังภาพที่ 5.13



ภาพที่ 5.13 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ที่มา Physical Geography, ม.ป.ป.

### 5.7.2 ลมบกและลมทะเล

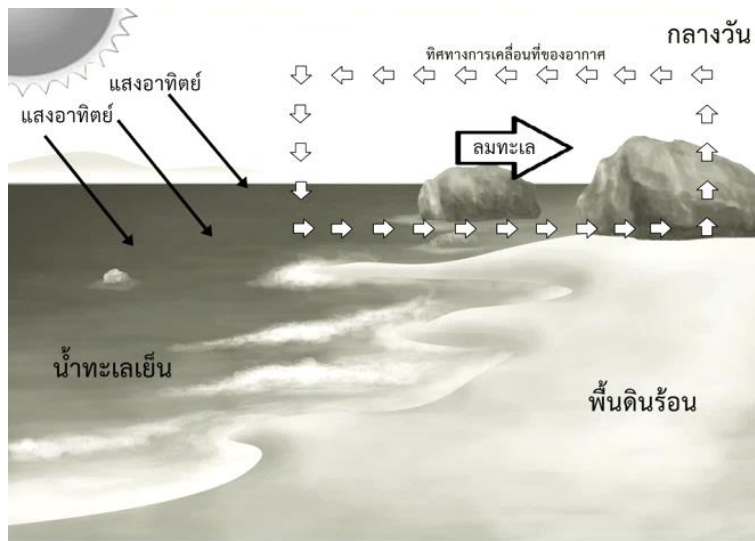
ลมบกและลมทะเลเป็นปรากฏการณ์ที่มีสาเหตุพื้นฐานเช่นเดียวกับลมมรสุม แต่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่เล็กกว่า ลมบกและลมทะเลมักมีอิทธิพลต่อภูมิประเทศที่อยู่ใกล้พื้นน้ำใหญ่ ๆ ซึ่งอาจจะเป็นทะเลเปิดหรือทะเลสาบก็ได้ ลมทะเลพัดจากทะเลเข้าหาฝั่งในเวลากลางวัน ทำให้อุณหภูมิชายฝั่งต่ำกว่าปกติ ส่วนลมบกนั้นพัดจากพื้นดินเข้าสู่ทะเลในเวลากลางคืน โดยทั่วไปแล้วลมบกและลมทะเลจะมีอิทธิพลอยู่ในระยะประมาณ 40 กิโลเมตรจากชายฝั่ง และมีอิทธิพลในแนวตั้งไม่เกิน 1 กิโลเมตรจากพื้นดิน ส่วนในบริเวณอ่าวไทยอิทธิพลของลมบกและลมทะเลอาจจะกินบริเวณกว้างกว่าเนื่องจากความแตกต่างที่เห็นได้ชัดของพื้นน้ำและพื้นดิน

**5.7.2.1 ลมบก (land breeze)** ลมบกจะเกิดขึ้นในเวลากลางคืน โดยพื้นดินคายความร้อนได้เร็วกว่า พื้นน้ำทำให้อุณหภูมิของพื้นดินต่ำกว่าพื้นน้ำ ดังนั้น อากาศใกล้พื้นดินที่อยู่สูงขึ้นไปมีค่าต่ำกว่าความกดอากาศเหนือพื้นน้ำ ณ ระดับเดียวกัน ทำให้อากาศในระดับสูงเคลื่อนที่จากทะเลเข้าหาฝั่ง ส่วนในระดับน้ำทะเลซึ่งยังอุ่นลอยตัวขึ้นไปทำให้กระแสลมในระดับต่ำเคลื่อนที่จากพื้นดินสู่พื้นน้ำ ชาวประมงได้อาศัยลมบกพัดเรือออกจากฝั่งในตอนเช้ามีลมมาเป็นเวลานานแล้ว และอาศัยลมทะเลพัดพาเรือกลับเข้าฝั่งในตอนบ่าย ดังภาพที่ 5.14



ภาพที่ 5.14 ลมบก

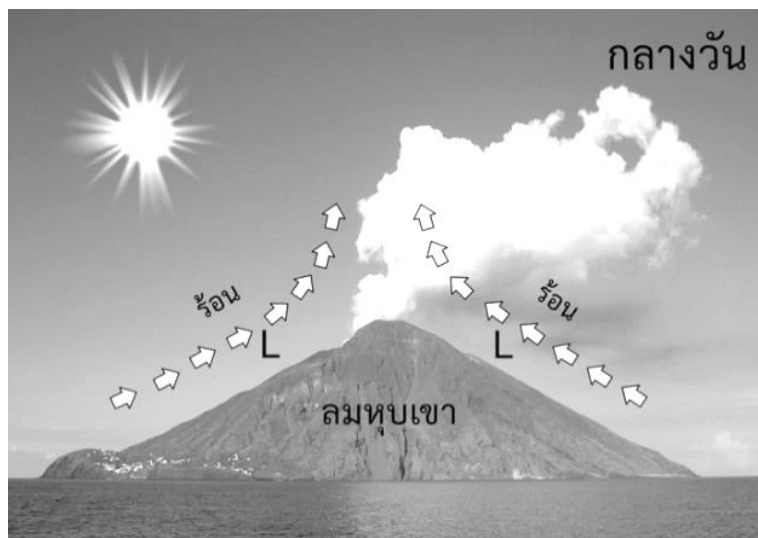
**5.7.2.2 ลมทะเล (sea breeze)** สาเหตุมูลฐานของลมทะเล คือ ความแตกต่างของการรับความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์และพื้นน้ำ โดยในตอนกลางวันอุณหภูมิของพื้นน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นช้ากว่าพื้นดินส่งผลให้อากาศที่อยู่เหนือพื้นน้ำอุ่นกว่าเหนือพื้นดินจะขยายตัวและลอยตัวสูงขึ้น ทำให้อากาศที่อยู่สูงขึ้นไปมีความกดดันสูงกว่าอากาศที่อยู่เหนือพื้นน้ำ ณ ระดับเดียวกัน ส่วนในระดับล่างหรือระดับน้ำทะเล ค่าความกดอากาศเหนือพื้นดินก็จะน้อยกว่าความกดอากาศเหนือพื้นน้ำ ทำให้ลมพัดเข้าหาฝั่งในระดับล่างและพัดออกจากฝั่งในระดับสูงขึ้นไป ลมทะเลจะเริ่มพัดเวลาประมาณ 11.00 น. หรือ 12.00 น. ไปจนถึงเวลาประมาณ 16.00 น. ลมทะเลจะช่วยให้อุณหภูมิของอากาศบริเวณใกล้ชายฝั่งลดลงประมาณ 7-8 องศาเซลเซียส ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้คนนิยมไปพักผ่อนชายทะเลในเวลากลางวันในฤดูร้อน ดังภาพที่ 5.15



ภาพที่ 5.15 ลมทะเล

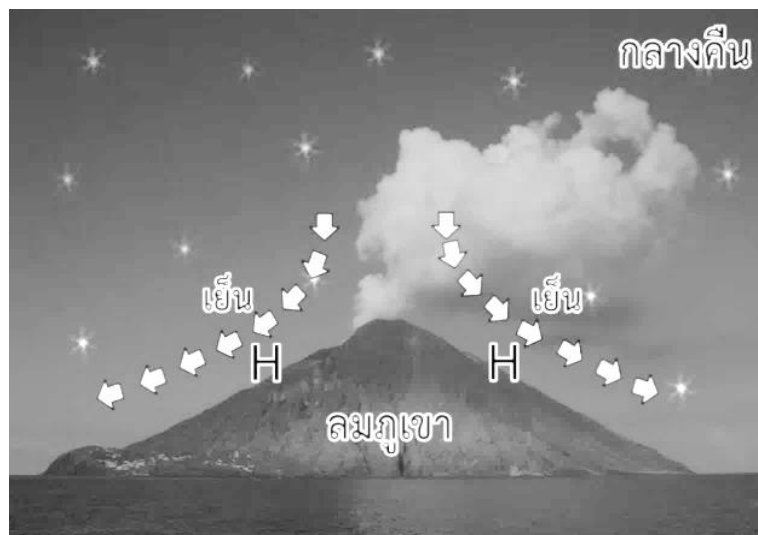
### 5.7.3 ลมหุบเขาและลมภูเขา

บริเวณภูเขาในเวลากลางวันที่อากาศโปร่งปราศจากเมฆ แนวลาดของภูเขาจะได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศที่อยู่เหนือขึ้นไป อากาศที่อยู่ใกล้แนวลาดของภูเขาจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศที่อยู่ในระดับเดียวกัน ในบริเวณใกล้เคียงอากาศอุ่นก็ลอยตัวขึ้นไป ในขณะที่อากาศที่เย็นกว่าและมีความหนาแน่นมากกว่าก็จะพัดเข้ามาแทนที่เกิดเป็นกระแสลมพัดสู่อยอดเขาเรียกว่า ลมหุบเขา ดังภาพที่ 5.16



ภาพที่ 5.16 ลมหุบเขา

ส่วนในเวลากลางคืน อากาศเหนือยอดเขาที่อยู่สูงกว่าแนวลาดของภูเขาจะมีอุณหภูมิต่ำกว่า จะเคลื่อนที่ลงมาตามแนวลาดของภูเขาทำให้เกิดลมที่เรียกว่า ลมภูเขา ดังภาพที่ 5.17



ภาพที่ 5.17 ลมภูเขา

#### 5.7.4 ลมซีกหรือลมเฟิร์น

ลมซีกหรือลมเฟิร์น (chinook or foehn wind) คือ ลมที่เกิดขึ้นทางด้านหลังเขามีลักษณะเป็นลมร้อนและแห้ง มีความแรงลมปานกลางถึงแรงจัด การเคลื่อนที่ของลมเป็นผลจากความกดอากาศแตกต่างกันทางด้านตรงข้ามของภูเขา ภูเขาด้านที่ได้รับลมจะมีความกดอากาศมากและอากาศจะถูกบังคับให้ลอยสูงขึ้นสู่ยอดเขา ซึ่งจะขยายตัวและพัดลงสู่เบื้องล่างทางด้านหลังเขา ขณะที่อากาศลอยต่ำลงอุณหภูมิจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามอัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิตามแบบอะเดียแบติกจึงเป็นลมร้อนและแห้ง ลมร้อนและแห้งที่พัดลงทางด้านหลังเขาทางตะวันออกของเทือกเขารอกกีเรียกว่า ลมซีก บริเวณที่เกิดลมเป็นบริเวณแคบ ๆ มีความกว้างเพียง 200-300 กิโลเมตร และแผ่ขยายจากทางตะวันออกเฉียงเหนือของมลรัฐนิวเม็กซิโก สหรัฐอเมริกา ไปทางเหนือเข้าสู่แคนาดา ลมซีกเกิดขึ้นเมื่อลมตะวันตกชั้นบนที่มีกำลังแรงพัดข้ามแนวเทือกเขาเหนือได้คือ เทือกเขารอกกี และเทือกเขาแคสเกต อากาศทางด้านหลังเขาที่ได้รับลมถูกบังคับให้ลอยขึ้นอุณหภูมิลดต่ำลงแต่เมื่อลอยต่ำลงไปยังอีกด้านของเขากลับมาถูกบีบทำให้มีอุณหภูมิตั้งขึ้น ถ้าลมที่มีลักษณะอย่างเดียวกับลมซีก แต่พัดไปตามลาดเขาของภูเขาแอลป์ในยุโรปเรียกว่า ลมเฟิร์น และถ้าเกิดในประเทศอาร์เจนตินาเรียกว่า ลมซอนดา

### 5.7.5 ลมซานตา แอนา

ลมซานตา แอนา (santa anna) เป็นลมร้อนและแห้งพัดจากทางทิศตะวันออกหรือ ตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่ภาคใต้ของมลรัฐ แคลิฟอร์เนีย จะพัดผ่านบริเวณทะเลทรายและภูเขาจึง กลายเป็นลมร้อนและแห้ง ลมนี้เกิดขึ้นในเขตความกดอากาศสูงบริเวณแกรตเบซิน และเมื่อพัดผ่าน บริเวณใดจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่พืชผลบริเวณนั้น โดยเฉพาะในฤดูใบไม้ผลิ เมื่อต้นไม้ติดผลอ่อน และบริเวณที่มีลมพัดผ่านจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เช่น เมื่อลมนี้พัดเข้าสู่ภาคใต้มลรัฐแคลิฟอร์เนีย ทำให้ อุณหภูมิสูงกว่าบริเวณที่ไม่มีลมนี้พัดผ่านลมที่มีลักษณะอย่างเดียวกับลมซานตาแอนา คือ ลมนอร์เทอร์ แคลิฟอร์เนีย เป็นลมที่ทำให้บริเวณหุบเขาภาคกลางตอนเหนือในเขตมลรัฐแคลิฟอร์เนีย มีอุณหภูมิร้อนจัด ตัวอย่างเช่น ลมนี้ได้เกิดในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2521 เมื่อความกดอากาศสูงก่อตัวบริเวณเทือกเขาด้าน เหนือ เนื่องจากเป็นลมฝ่ายเหนือฤดูร้อน ลมฝ่ายเหนือจะช่วยทำให้อากาศเย็นลง แต่ไม่กรณีของเมือง เรดบลัฟฟ์ ในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย เมื่อลมนี้พัดลงมายังภูเขา อากาศจะถูกบีบทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 48 องศาเซลเซียส อยู่ถึง 2 วัน ซึ่งแทบไม่น่าเชื่อเลยว่าเมืองเรดบลัฟฟ์ ที่ตั้งอยู่ประมาณละติจูดเดียวกับกับ เมืองฟิลาเดลเฟียทางภาคตะวันออกของสหรัฐอเมริกาแต่มีอุณหภูมิสูงกว่ามาก

### 5.7.6 ลมฮาร์มมัตตาน

ลมฮาร์มมัตตาน (harmatan) เป็นลมร้อนและแห้งแล้งพัดจากทะเลทรายสะฮารา ลง ไปทางใต้เข้าสู่แอฟริกาตะวันตกจนถึงชายฝั่งของอ่าวกินี

### 5.7.7 ลมซิรอกโค

ลมซิรอกโค (sirocco) เป็นลมร้อนและแห้งแล้ง พัดจากทะเลทรายสะฮาราผ่านตอน เหนือของทวีปแอฟริกา เกาะซีลี และภาคใต้ของอิตาลี เมื่อลมนี้พัดผ่านทะเลเมดิเตอร์เรเนียนถึงตอนใต้ ของอิตาลีจะมีกำลังอ่อนลงแต่มีความชื้นมากขึ้น

### 5.7.8 ลมกัมซิม

ลมกัมซิม (khamsim) เป็นลมร้อนและแห้งแล้งพัดจากทะเลทรายลิเบียลงสู่ทะเล เมดิเตอร์เรเนียน

### 5.7.9 ลมโบรา

ลมโบรา (bora) เป็นลมเย็นที่พบบ่อยบริเวณชายฝั่งทะเลอาเดรียติก เป็นลมพัดจาก ศูนย์กลางความกดอากาศสูงในบริเวณเทือกเขาในช่วงฤดูหนาว ลงสู่ที่ราบแคบ ๆ ชายฝั่งทะเล ในขณะที่ ลมจมตัวลงสู่ที่ราบชายฝั่ง อุณหภูมิจะสูงขึ้น แต่ยังคงมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศชายฝั่ง

### 5.7.10 ลมในประเทศไทย

ลมที่คนไทยรู้จักดี มีชื่อเรียกกันตามท้องถิ่น มีดังนี้ (สุวพันธ์ นิลาชน, 2543, หน้า 83)

ก) ลมพัทธยา เป็นลมที่พัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปสู่ออกเฉียงเหนือในตอนต้นฤดูฝนประมาณเดือนพฤษภาคม

ข) ลมตะโก้ เป็นลมที่พัดจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปทิศตะวันออกเฉียงใต้ ในตอนปลายฤดูฝนราว ๆ เดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงที่กำลังเปลี่ยนฤดูจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เป็นมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ลมตะโก้จึงเป็นมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตอนต้นฤดูซึ่งยังพัดไม่ค่อยจะแน่ทิศ

ค) ลมว่าว เป็นลมเย็นที่พัดจากทางเหนือมาตามลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา หรือจากทิศเหนือไปสู่ออกเฉียงใต้ในฤดูหนาว ระหว่างเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน ซึ่งเป็นระยะมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า ลมข้าวเบา เนื่องจากเกิดในระยะเก็บเกี่ยวข้าวเบา (ข้าวที่ให้ผลผลิตเร็วซึ่งจะเก็บเกี่ยวในเดือนสิบสองทางจันทร์คติ)

ง) ลมตะเภาหรือลมสำเภา เป็นลมที่พัดจากอ่าวไทยขึ้นมาตามที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา หรือจากทิศใต้ไปทิศเหนือในช่วงฤดูร้อน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งเป็นระยะที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย

จ) ลมอุตรา เป็นลมที่พัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือไปทิศตะวันตกเฉียงใต้ตอนต้นฤดูร้อน ระหว่างเดือนมีนาคมและเมษายน

ฉ) ลมสลาตัน เป็นลมในทะเลที่พัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงปลายฤดูฝน (ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) หรือหมายถึงพายุใหญ่

ช) ลมบ้าหมู เป็นลักษณะลมหมุนที่มีฝนและเศษสิ่งของต่าง ๆ ปลิวหมุนเป็นวงขึ้นไปในอากาศ ลมนี้พัดเป็นบริเวณแคบ ๆ ไม่แน่ทิศ มักจะเกิดได้บ่อยในฤดูร้อนแต่ไม่มีความรุนแรงมากนัก

### 5.7.11 ลมที่พัดในระดับสูง

ก) ลมกรด (jet stream) เป็นลมที่พัดในระดับสูงจากพื้นผิวโลกประมาณ 10-15 กิโลเมตร หรือใกล้กับระดับโทรโพพอส ลมนี้จะมีกำลังลมสูงสุดมักเกิดที่ระดับความสูงประมาณ 10-12 กิโลเมตรเหนือพื้นดินในละติจูดกลาง ลมกรดเกิดขึ้นเป็นแถบแคบ ๆ ตามแนวมวลอากาศร้อนจากเขตร้อน เคลื่อนที่มาพบกับมวลอากาศเย็นจากขั้วโลก ลมนี้พัดด้วยความเร็วมากน้อยขึ้นอยู่กับฤดูกาล ในฤดูหนาวมีความเร็วกว่าฤดูร้อน ลมกรดแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

(ก) ลมกรดบริเวณแนวปะทะอากาศขั้วโลก จะพัดจากทิศตะวันตกไปยังทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ เกิดในระดับโทรโพพอสในละติจูดประมาณ 60 องศาเหนือและใต้ ลมนี้มีกำลังแรงมากและมีความสำคัญในการควบคุมสภาพของอากาศบริเวณใกล้พื้นโลกในละติจูดกลาง

(ข) ลมกรดบริเวณโซนร้อน พัดจากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก เกิดในระดับโทรโพพอส ในละติจูดประมาณ 30 องศาเหนือและใต้ ความเร็วลมอาจสูงถึง 345–385 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

(ค) ลมกรดฝ่ายตะวันออก เกิดในระดับโทรโพพอสในละติจูดต่ำกว่าและมีทิศทางตรงกันข้ามกับลมกรด 2 ประเภทแรก โดยจะพัดจากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก และมีเฉพาะในซีกโลกเหนือบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อินเดีย และแอฟริกาเท่านั้น ลมนี้เกิดที่ระดับความสูงประมาณ 15 กิโลเมตรจากพื้นดิน พัดด้วยความเร็วลมมากกว่า 180 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ลมนี้มีความสำคัญในการเกิดฝนในช่วงมรสุมฤดูร้อนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเป็นอันตรายต่อเครื่องบินในระดับสูง ถ้าบินสวนกับทิศทางลมกรด แต่ถ้าเครื่องบินบินตามทิศทางลมจะได้รับลมจะได้รับประโยชน์เพราะเครื่องบินจะบินได้เร็วขึ้น สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและเวลาในการเดินทางน้อยลง

ข) ลมตะวันตกและคลื่นรอสบี (upper-air westerlies and rossby waves) ณ ระดับความสูงจากพื้นดิน 6-12 กิโลเมตร เป็นลมตะวันตกเบื้องสูงที่พัดออกจากบริเวณความกดอากาศสูงกึ่งเขตร้อนไปสู่ขั้วโลก จะเคลื่อนที่ขนานไปกับศูนย์สูตรจากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก

## 5.8 การตรวจวัดลมพื้นผิว

การตรวจวัดลมพื้นผิวเป็นปริมาณเวกเตอร์ (vector) ที่มีทั้งขนาดและทิศทาง เครื่องมือวัดความเร็วและทิศทางลมเรียกว่า แอร์วาน (anemometer) ประกอบด้วย ใบพัดสามใบใช้วัดความเร็วลม ใบพัดจะหมุนเป็นอัตราส่วนต่อความเร็วลม ลักษณะตัวเครื่องคล้ายเครื่องบินขนาดเล็ก ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสกริมป์กอยู่ปลายยอดเสา ใช้อาการหมุนของเรื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อสายไฟมายังหน้าปัดบอกความเร็ว ซึ่งแบ่งสเกลไว้เป็นนอตหรือไมล์ทะเลต่อชั่วโมง เมื่อสกริมหันไปตามทิศทางของลมในทิศต่าง ๆ และส่งอาการของไฟฟ้ามายังหน้าปัดบอกทิศทางลมด้วย และเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องมือทำการบันทึก ซึ่งจะบอกทิศทางหรือความเร็วลมในตำแหน่งคงที่ สิ่งกีดขวางต่าง ๆ จะมีอิทธิพลต่อลม ดังนั้นเครื่องมือจึงควรตั้งอยู่ในที่โล่งที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่มีอาคารหรือสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่บังคม และอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 10 เมตร ดังภาพที่ 5.18



ภาพที่ 5.18 แอโรแวน

ที่มา Belfortinstrument, 2019

### 5.8.1 ความเร็วของลม

ความเร็วของลม (speed of winds) จะใช้เครื่องมือวัดความเร็วของลมผิวพื้นเรียกว่า อนิโมมิเตอร์ (anemometer) มีหลายชนิดแต่ชนิดที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ ชนิดถ้วย ประกอบด้วยถ้วยกลมรับลมตั้งแต่ 3 หรือ 4 ถ้วยขึ้นไป ถ้วยวางอยู่อย่างสมดุลบนแกนตั้ง เมื่อมีลมพัดมาถ้วยจะหมุน ความเร็วของลมที่คำนวณได้จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วของถ้วยไม่ว่าลมจะพัดมาทางทิศใด การวัดความเร็วของลมในระดับสูงจะใช้ไพลอตบอลลูนหรือไพบอล เป็นบอลลูนขนาดน้ำหนักประมาณ 10–100 กรัม บรรจุด้วยก๊าซไฮโดรเจน ปล่อยให้ลอยไปตามลม แล้วใช้กล้องธีโอโดไลต์ส่องติดตามการเคลื่อนที่ของบอลลูนเพื่อบันทึกตำแหน่ง รวมทั้งวัดมุมลาดเทของบอลลูนที่ลอยขึ้นในแต่ละช่วงเวลา เพื่อนำมาคำนวณหาความเร็วของลมในแนวนอน ความเร็วของลมวัดออกมาเป็นไมล์ทะเลต่อชั่วโมงเรียกว่า นอต ความเร็ว 1 นอต มีค่าเท่ากับความเร็ว 0.15 เมตรต่อวินาที อนิโมมิเตอร์มีหลายแบบ ได้แก่

- ก) rotation anemometer
- ข) แบบแผ่นรับลม (pressure-plate anemometer)
- ค) bridled anemometer
- ง) pressure-tube anemometer
- จ) เครื่องมือวัดลมชนิดความร้อน

### 5.8.2 ทิศทางของลม

ทิศทางของลม (direction of winds) ถือเอาทิศทางที่ลมพัดมา เครื่องมือที่ใช้วัดคือ ทรลม (wind vane) มีลักษณะคล้ายลูกศรมีหางเป็นแผ่นตั้งใช้บังคับให้หัวลูกศรหันไปตามทิศทางที่ลม

พัดเข้าหาเสมอ เมื่อมีลมพัดเข้ามาทิศใดหัวลูกศรจะชี้ไปทางนั้น เครื่องมือที่ใช้วัดลมที่ทันสมัยจะวัดได้ทั้งความเร็วและทิศทางลมแม้ในวันที่ท้องฟ้ามีดครึ้มเครื่องมือนี้ใช้การสะท้อนของเรดาร์ (radar waves) ติดตามการเคลื่อนที่ของบอลลูก เครื่องมือตรวจวัดทิศทางลมมีหลายแบบ ได้แก่

- ก) ถูกลม
- ข) ศรลม
- ค) ศรลมระบบไฟฟ้าแบบ synchronous
- ง) ศรลมระบบความต้านทาน
- จ) ศรลมแบบแถบรหัส

ศรลมที่ใช้วัดทิศทางลมผิวพื้นทุกแบบจะต้องมีคุณสมบัติคือ หมุนรอบแกนได้คล่องโดยมีความฝืดน้อยที่สุด มีแรงหมุนรอบในอัตราสูงที่สุด ต้องติดตั้งกับแกนแนวตั้งที่มีความสมดุล ต้องชี้ไปยังทิศทางให้ถูกต้องโดยถือทิศเหนือจริงทางภูมิศาสตร์ไม่ใช่ทิศเหนือตามแม่เหล็ก และไม่สั่นเมื่อลมเปลี่ยนทิศทางไปตามธรรมชาติ

ความเร็วลมที่ระดับสูงมาตรฐาน 10 เมตรหรือเหนือพื้นดินในบริเวณที่โล่งแจ้ง สามารถสรุปมาตราส่วนแสดงกำลังลม สิ่งที่สังเกตเห็น และสัญลักษณ์ในแผนที่อากาศได้ ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 มาตรฐานแสดงกำลังลม สิ่งที่สังเกตเห็น และสัญลักษณ์ในแผนที่อากาศ

ขนาดของลม		สิ่งที่สังเกตเห็น	ความเร็วในระดับสูง 10 เมตรเหนือพื้นดิน		สัญลักษณ์
			กม./ชม.	นอต	
0	ลมสงบ	ลมเงียบ คว้นไฟลอยตรง ๆ	< 1	< 1	○
1	ลมเบา	คว้นลอยตามลม แต่ศรลมไม่เห็น ไปตามทิศลม	1-5	1-3	
2	ลมอ่อน	รู้สึกมีลมพัดที่ใบหน้า ใบไม้แกว่ง ไกว ศรลมเห็นไปตามทิศลม	6-11	4-6	
3	ลมโชย	ใบไม้และกิ่งไม้เล็ก ๆ กระดิก ธงปลิว	12-19	7-10	
4	ลมปานกลาง	มีฝุ่นฟุ้ง กระจาดขปลิว กิ่งไม้เล็ก ขยับเขยื้อน	20-28	11-16	
5	ลมแรง	ต้นไม้เล็ก ๆ เริ่มเคลื่อนไหว น้ำในสระมีคลื่น	29-38	17-21	
6	ลมจัด	กิ่งไม้ใหญ่เคลื่อนไหว ได้ยินเสียง หวีดหวิว กางร่มลำบาก	40-59	22-27	
7	พายุเกลอ่อน	ต้นไม้ใหญ่แกว่งไกว เดินทวนลม ไม่สะดวก	50-61	28-33	
8	พายุเกล	กิ่งไม้หัก ลมต้านทางเดิน	62-74	34-40	
9	พายุเกลแรง	อาคารไม่มั่นคงหักพัง หลังคาปลิว	75-88	41-47	
10	พายุ	ต้นไม้หักโค่น สิ่งก่อสร้างเสียหาย	88-102	48-55	
11	พายุใหญ่	เสียหายรุนแรงมาก	103-117	56-63	
12	พายุไต้ฝุ่น หรือเฮอริเคน		> 117	> 63	

ที่มา ปรับปรุงจาก พัทธา เพชรวิโรจน์ชัย, 2556

## 5.9 บทสรุป

ความกดอากาศ คือ แรงที่กระทำต่อพื้นโลกอันเนื่องมาจากน้ำหนักของอากาศ ณ จุดหนึ่งจุดใด ค่าความกดตันของอากาศจะแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่และแต่ละระดับความสูง ค่าความกดอากาศจะลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น เพราะน้ำหนักของอากาศเหนือระดับนั้นลดลง และในระดับความสูงเดียวกัน ค่าความกดอากาศก็เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

เครื่องมือที่ใช้วัดความกดอากาศ คือ มี 3 ชนิด ได้แก่ บารอมิเตอร์แบบปรอท บารอมิเตอร์แบบตลับ และบารอกราฟ บารอมิเตอร์แบบปรอทประดิษฐ์โดย เอวันเยลิสตา ตอร์รีเซลลี โดยนำหลอดแก้วบรรจุปรอทจนเต็มแล้วนำไปคว่ำลงในอ่างปรอท ปรากฏว่าระดับปรอทลดลง ความดันที่กระทำต่อปรอทในอ่างทำให้ระดับปรอทในหลอดแก้วลดลง ความดันปกติหรือความดัน 1 บรรยากาศ สามารถดันปรอทให้สูงขึ้นไปในหลอดแก้ว 760 มิลลิเมตร เครื่องมือวัดความกดอากาศชนิดที่ 2 คือ บารอมิเตอร์แบบตลับ ประกอบด้วยตลับโลหะที่มีแผ่นฝาโลหะยึดหยุ่นหรือปิดสนิท ภายในเป็นสุญญากาศหรือเกือบสุญญากาศ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของฝาตลับทั้งสองจะเปลี่ยนไปเมื่อความกดอากาศเปลี่ยนแปลง และชนิดสุดท้าย คือ บารอกราฟ เป็นบารอมิเตอร์ที่ทันสมัยที่สุดด้วยหลักการทำงานอัตโนมัติสามารถบันทึกค่าความกดอากาศได้ตลอดเวลา

การเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศมี 4 ลักษณะ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศในแนวตั้งจะลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 1 มิลลิบาร์ต่อความสูงที่เพิ่มขึ้น 10 เมตร การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศในแนวนอน จะมีค่าน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศในแนวตั้งเล็กน้อยซึ่งมีความสำคัญต่อทิศทางและความเร็วลม การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศประจำวันจะเปลี่ยนแปลงวันละ 2 ครั้ง ในเวลากลางวันจะมีค่าความกดอากาศสูงสุดเวลา 10.00 น. และต่ำสุดเวลา 16.00 น. และในเวลากลางคืนจะมีค่าความกดอากาศสูงสุดเวลา 22.00 น. และต่ำสุดเวลา 0.00 น. ตามเวลาที่ท้องถื่นและการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศประจำปี ซึ่งจะนำเอาค่าความกดอากาศประจำเดือนมาเฉลี่ยเขียนลงบนกราฟจะได้เส้นโค้งของการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศประจำปี

ระบบความกดอากาศแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ บริเวณความกดอากาศสูง เป็นบริเวณที่มีค่าของความกดอากาศสูงกว่าบริเวณใกล้เคียง ณ ระดับความสูงเดียวกัน ถ้าหากเขียนจุดศูนย์กลางของความกดอากาศสูงลงในแผนที่อากาศเรียกว่า บริเวณความกดอากาศสูง แสดงบริเวณความกดอากาศสูงด้วยสัญลักษณ์ที่เป็นพยัญชนะภาษาอังกฤษคือ “H” สีที่ใช้คือสีน้ำเงิน ลมที่หมุนรอบจุดศูนย์กลางจะหมุนตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และจะทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ และบริเวณความกดอากาศต่ำ เป็นบริเวณที่มีค่าความกดอากาศต่ำกว่าบริเวณใกล้เคียง ณ ระดับความสูงเดียวกัน ถ้าหากเขียนจุดศูนย์กลางของความกดอากาศต่ำในแผนที่อากาศเรียกว่า บริเวณความกดอากาศต่ำ แสดงบริเวณความกดอากาศต่ำด้วยสัญลักษณ์ที่เป็นพยัญชนะภาษาอังกฤษคือ “L” สีที่ใช้คือสีแดง ลมที่หมุนรอบจุดศูนย์กลางนี้จะหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และจะหมุนตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้

การเคลื่อนที่ของอากาศเหนือภูมิภาคประเทศที่แตกต่างกันและในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน การเคลื่อนที่ของมวลอากาศตามแนวอนันชันไปกับพื้นโลกเรียกว่าลม ถ้าเป็นการเคลื่อนที่ของมวลอากาศขึ้นลงในแนวดิ่งเรียกว่ากระแสอากาศ การเคลื่อนที่ของลมอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงต่าง ๆ ได้แก่ แรงที่เกิดจากความชันของความกดอากาศ แรงเฉื่อยหรือแรงคอริออลิส แรงที่เกิดเนื่องจากความฝืดของผิวโลก และแรงเหวี่ยงหรือแรงหนีศูนย์กลาง

ลมที่พัดผ่านในบริเวณใกล้กับพื้นผิวโลกเรียกว่า ลมผิวพื้น มีลักษณะการไหลที่ไม่ค่อยราบเรียบ ลมผิวพื้นมักมีลักษณะการไหลที่ปั่นป่วน และไหลวนในหลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอิทธิพลจากลักษณะของพื้นผิวและความฝืด

ลมประจำถิ่นเป็นลมที่พัดอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่งโดยเฉพาะ มักจะเกิดขึ้นในบริเวณแคบ ๆ ลมประจำถิ่นมีหลายชนิด ได้แก่ ลมมรสุม ลมบก ลมทะเล ลมหุบเขา ลมภูเขา เป็นต้น

ลมที่พัดในระดับสูง ได้แก่ ลมกรด และลมตะวันตกและเคลื่อนรอสปี

การตรวจวัดลมเป็นปริมาณเวกเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยขนาดและทิศทาง ในตรวจการวัดลมจึงต้องวัดทั้งความเร็วและทิศทางลมพร้อมกัน เครื่องมือวัดความเร็วของลมผิวพื้นเรียกว่า อนิโมมิเตอร์ ส่วนเครื่องมือวัดทิศทางของลมคือ ศรลม

## 5.10 คำถามทบทวน

ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ความกดอากาศ มีความหมายตรงกับตัวเลือกใด
  - ก. น้ำหนักของอากาศในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง
  - ข. ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับปริมาตรของอากาศ
  - ค. มวลของอากาศในแต่ละบริเวณซึ่งมีค่าแตกต่างกัน
  - ง. แรงที่เกิดจากมวลของอากาศกระทำต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร
2. ความกดอากาศ ณ บริเวณใดบริเวณหนึ่งจะเปลี่ยนแปลงเสมอข้อความในตัวเลือกใดถูกต้อง
  - ก. อากาศมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา
  - ข. ความกดอากาศเคลื่อนที่จากบนลงล่าง
  - ค. ความกดอากาศเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ
  - ง. อากาศมีการเคลื่อนที่ที่กลับไปกลับมาในแต่ละบริเวณ
3. ตัวเลือกใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศประจำวัน
  - ก. วันที่ท้องฟ้าโปร่งความกดอากาศจะเปลี่ยนแปลงมากกว่าวันที่ท้องฟ้ามีเมฆมาก
  - ข. ความกดอากาศเปลี่ยนแปลงตามละติจูดค่าการเปลี่ยนแปลงจะมากขึ้นเมื่อละติจูดสูงขึ้น

ค. ความกดอากาศมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ฤดูร้อนจะมีความแตกต่างของความกดอากาศน้อยกว่าฤดูหนาว

ง. ในรอบ 24 ชั่วโมงจะมีการเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศ 2 ครั้ง คือ ความกดอากาศสูงสุดในเวลา 10.00 น. และต่ำสุดในเวลา 16.00 น.

4. ความสัมพันธ์ในตัวเลือกใดถูกต้อง

ก. ความกดอากาศสูง อุณหภูมิสูง ความหนาแน่นมาก

ข. ความกดอากาศสูง อุณหภูมิต่ำ ความหนาแน่นน้อย

ค. ความกดอากาศต่ำ อุณหภูมิสูง ความหนาแน่นน้อย

ง. ความกดอากาศต่ำ อุณหภูมิต่ำ ความหนาแน่นมาก

5. ตัวเลือกใดกล่าวถึง “แรงเฉ” ได้ถูกต้อง

ก. แรงความชื้นของความกดอากาศ

ข. แรงที่เกิดจากความฝืดของผิวโลก

ค. แรงเหวี่ยงหรือแรงหนีศูนย์กลาง

ง. แรงที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก

6. ลมในตัวเลือกใดมีความรุนแรงน้อยที่สุด

ก. ลมอ่อน

ข. ลมเบา

ค. ลมโชย

ง. ลมจัด

7. ลมร้อนและแห้งแล้ง พัดจากทะเลทรายสะฮารา ไปทางใต้เข้าสู่แอฟริกาตะวันตกจนถึงชายฝั่งของอ่าวกินี คือลมชนิดใด

ก. ลมฮาร์มมัตตาน

ข. ลมชิรอกโค

ค. ลมกัมซิม

ง. ลมโบรา

8. ลมมรสุมเกิดจากสาเหตุตามตัวเลือกใด

ก. กระแสลมจากขั้วโลก

ข. การเปลี่ยนแปลงของดวงอาทิตย์

ค. ความแตกต่างของอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นดินและพื้นน้ำ

ง. แสงจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงมาตามตำแหน่งต่าง ๆ ปริมาณต่างกัน ซึ่งทำให้อุณหภูมิในบริเวณต่าง ๆ เปลี่ยนไป

ใช้ตัวเลือกต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 9-10

- ก. equatorial low
- ข. subtropical high
- ค. subpolar low
- ง. polar high

9. เขตความกดอากาศต่ำละติจูดศูนย์ ตรงกับตัวเลือกใด

10. เขตความกดอากาศสูงกึ่งเขตร้อน ตรงกับตัวเลือกใด

11. ตัวเลือกใดมีความสัมพันธ์กับแรงเฉหรือแรงคอริโอลิส

- ก. แรงความชันของความกดอากาศ
- ข. แรงที่เกิดจากความฝืดของผิวโลก
- ค. แรงเหวี่ยงหรือแรงหนีศูนย์กลาง
- ง. แรงที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก

12. ตัวเลือกใดไม่มีความเกี่ยวข้องกับ “ลมประจำปี”

- ก. ลมสินค้า
- ข. ลมประจำตะวันตก
- ค. ลมตะวันออกประจำขั้วโลก
- ง. ลมตะวันตกประจำขั้วโลก

13. จงอธิบายความแตกต่างของ “บริเวณความกดอากาศสูง” และ “บริเวณความกดอากาศต่ำ” มาโดยสังเขป

14. จงอธิบายความหมายของลมและการเกิดลมมาโดยสังเขป

15. จงอธิบายความหมายและความแตกต่างระหว่าง “ลมบก” และ “ลมทะเล”

## บทที่ 6

### มวลอากาศ แนวปะทะอากาศ และพายุหมุน

ในปัจจุบันสภาพอากาศแปรปรวนตลอดเวลา ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตทั้งด้านบวกและลบ ผลกระทบด้านบวกจะมีสภาพอากาศที่ดี ส่วนผลกระทบด้านลบจะนำมาซึ่งความเสียหาย ดังหาหนะจากพายุไต้ฝุ่นเกย์ที่พัดถล่มพื้นที่ภาคใต้ของไทยในอดีต แม้ความรุนแรงของพายุจะมีหลายระดับ แต่การเกิดพายุส่วนใหญ่ล้วนนำมาซึ่งความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน การศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพายุ จึงควรเริ่มจากพื้นฐานการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศหรือการเกิดลม ซึ่งได้กล่าวไว้ในเนื้อหาบทที่ 5 เพราะการเกิดพายุนั้นเป็นการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศเช่นกัน แต่เมื่อเกิดขึ้นแล้วจะมีความรุนแรงมากกว่า แม้พายุจะไม่เกิดขึ้นบ่อยครั้งและจะเกิดขึ้นตามฤดูกาลก็ตาม การทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดพายุจึงเป็นสิ่งจำเป็น ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนการเกิดพายุที่จะส่งผลต่อสภาพอากาศ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาเกี่ยวกับมวลของอากาศและแนวปะทะอากาศ

เนื้อหาในบทนี้ จะกล่าวถึงนิยามความหมายของมวลของอากาศ แหล่งกำเนิดของมวลอากาศ ในแต่ละแห่ง เพราะในการพยากรณ์อากาศต้องคำนึงถึงคุณลักษณะสำคัญของมวลอากาศ ซึ่งเป็นกลุ่มของอากาศขนาดใหญ่ที่ปกคลุมพื้นที่ในบริเวณกว้าง ประเภทของมวลอากาศที่มีแหล่งกำเนิดมาจากละติจูดที่แตกต่างกัน สัญลักษณ์ของมวลอากาศที่ใช้ในทางพยากรณ์อากาศ แนวปะทะของมวลอากาศแบบต่าง ๆ ซึ่งเป็นบริเวณของมวลอากาศทั้ง 2 มวลที่มีสมบัติแตกต่างกัน และความเร็วในการเคลื่อนที่แตกต่างกัน ทำให้ไม่สามารถรวมกันได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดปรากฏการณ์ของลมฟ้าอากาศที่พบเห็นบ่อยในชีวิตประจำวัน แนวปะทะอากาศที่สำคัญในพื้นที่ต่าง ๆ ของโลก และแนวปะทะอากาศที่มีผลต่อประเทศไทย นอกจากการเกิดพายุที่กล่าวมาข้างต้น ยังมีเรื่องราวของพายุหมุนเขตร้อน ระยะในการเกิด การกำหนดความเร็วของพายุ ซึ่งใช้แบ่งระดับความรุนแรง และการเรียกชื่อพายุ ตลอดจนการเตรียมตัวเพื่อป้องกันอันตรายจากพายุ และแนวทางปฏิบัติหลังจากพายุผ่านพ้นไป

การศึกษาเนื้อหาในบทนี้ถือว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะการดำรงชีวิตตลอดอายุขัยของมนุษย์ทุกคนต้องประสบพบเจอกับปรากฏการณ์ดังกล่าวเสมอ ไม่ว่าจะเป็นมวลอากาศ แนวปะทะอากาศ และการเกิดพายุ เพื่อเตรียมความพร้อมในการรับมือ ป้องกันความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สินที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างทันท่วงที นอกจากการมีความรู้ เข้าใจ และเท่าทันสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากสภาพอากาศได้แล้ว ผู้ศึกษาต้องสามารถนำไปสู่การปฏิบัติได้จริง ที่สำคัญมนุษย์ควรรู้จักปรับเปลี่ยนวิถีการดำรงชีวิตให้สอดคล้องกับการเกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติ เพื่อการดำรงชีวิตอยู่กับธรรมชาติได้อย่างมีความสุข

## 6.1 มวลอากาศ

มวลอากาศ (air mass) คือ กลุ่มอากาศขนาดใหญ่ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นคล้ายคลึงกัน มวลอากาศเกิดขึ้นได้เมื่ออากาศนั้นอยู่กับที่และสัมผัสกับพื้นผิวโลกอยู่เป็นระยะเวลาสั้น ๆ มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับพื้นผิวโลกส่วนนั้น บริเวณนี้เรียกว่าแหล่งกำเนิด เมื่อเกิดมวลอากาศขึ้นมวลอากาศนั้นจะเคลื่อนที่ไปยังบริเวณอื่น ทำให้ลมฟ้าอากาศในบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากมวลอากาศไปพบกับสภาพแวดล้อมใหม่ มวลอากาศจะเคลื่อนที่ไปได้เป็นระยะทางไกล และรักษาคูณสมบัติส่วนใหญ่ไว้ได้

แหล่งกำเนิดมวลอากาศ บริเวณของโลกที่มีความเหมาะสมต่อการเป็นแหล่งกำเนิดมวลอากาศคือบริเวณความกดอากาศสูงหรือแอนติไซโคลน และบริเวณพื้นดินที่มีหิมะปกคลุมอยู่เสมอตลอดฤดูหนาว เช่น ตอนเหนือของแคนาดา ไซบีเรีย บริเวณมหาสมุทรในเขตร้อน และบริเวณที่แห้งแล้งในทะเลทรายสะฮารา ระหว่างฤดูร้อนมวลอากาศจะไม่หยุดนิ่งแต่จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าสู่บริเวณต่าง ๆ อย่างช้า ๆ ทำให้ลมฟ้าอากาศในบริเวณที่มวลอากาศเคลื่อนผ่าน มวลอากาศที่เคลื่อนที่ไปนี้จะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงไปเพราะอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมใหม่ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น มวลอากาศที่เริ่มจากแหล่งกำเนิดในตอนกลางของไซบีเรียแล้วเคลื่อนที่มาทางใต้จะไม่คงความแห้งแล้งและความหนาวเย็นอยู่อย่างเดิม แต่จะค่อย ๆ อุ่นขึ้นเมื่อเคลื่อนลงมาทางใต้ ในที่สุดก็จะมีสภาพเปลี่ยนไปจากเดิม ทำนองเดียวกันมวลอากาศร้อนขึ้นจากทางใต้เมื่อเลื่อนขึ้นไปทางเหนือก็จะค่อย ๆ เย็นลง

ในการพยากรณ์อากาศจะต้องคำนึงถึงธรรมชาติของมวลอากาศได้แก่ แหล่งกำเนิดของมวลอากาศ เส้นทางที่มวลอากาศเคลื่อนที่ผ่านไป ลักษณะพื้นผิวโลกที่มวลอากาศนั้นผ่านไป และความนานในการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ จะทำให้ทราบข้อมูลของลักษณะอากาศในปัจจุบันเป็นอย่างไร และสามารถพยากรณ์อากาศในวันรุ่งขึ้นหรือในระยะเวลา 2-3 วันข้างหน้าได้อีกด้วย แต่เนื่องจากพื้นผิวของโลกแต่ละแห่งมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน บางแห่งร้อน บางแห่งก็หนาว บางแห่งชุ่มชื้น หรือบางแห่งแห้งแล้ง ดังนั้น เมื่ออากาศปกคลุมพื้นผิวโลกบริเวณใดเป็นเวลานาน อากาศก็จะมีสมบัติเหมือนกับสมบัติของพื้นผิวโลกบริเวณนั้น อาจกล่าวได้ว่าบริเวณพื้นผิวโลกเป็นแหล่งกำเนิดของมวลอากาศ

### 6.1.1 ประเภทของมวลอากาศ

การจำแนกประเภทของมวลอากาศ โดยถือละติจูดที่เป็นแหล่งกำเนิดของมวลอากาศเป็นเกณฑ์สามารถจำแนกออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้ (สุวพันธ์ นิลาณ, 2543, หน้า 90)

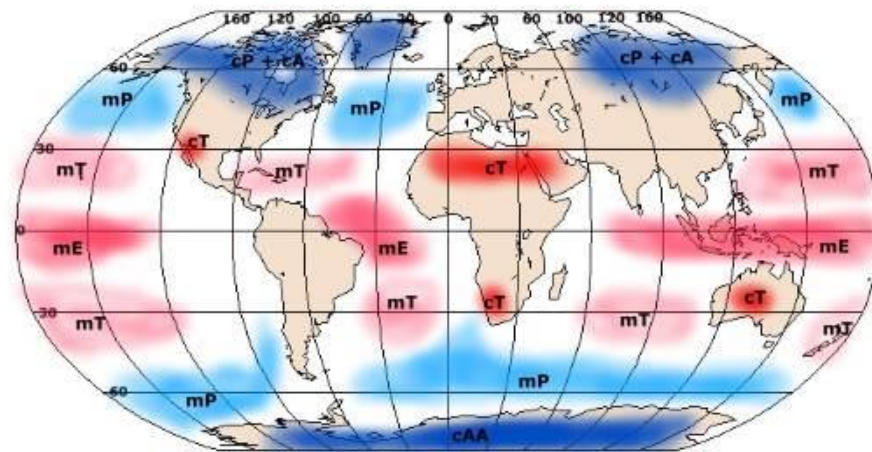
- ก) มวลอากาศแถบศูนย์สูตร (equatorial air mass) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร E
- ข) มวลอากาศเขตร้อน (tropical air mass) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร T
- ค) มวลอากาศแถบขั้วโลก (polar air mass) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร P
- ง) มวลอากาศแถบอาร์กติกหรือมวลอากาศแถบแอนตาร์กติก (arctic air mass)

ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร A

การจำแนกประเภทของมวลอากาศ จะพิจารณาความชื้นที่มีอยู่ในมวลอากาศ มวลอากาศที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ที่มหาสมุทรจะมีความชื้นสูงเรียกว่ามวลอากาศแบบน่านน้ำ (maritime air mass) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร m ส่วนมวลอากาศที่ปกคลุมเหนือภาคพื้นทวีปจะมีสภาพอากาศที่ค่อนข้างแห้งเรียกว่ามวลอากาศแบบภาคพื้นทวีป (continental air mass) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร c

### 6.1.2 สัญลักษณ์ของมวลอากาศ

การจำแนกประเภทของมวลอากาศตามแหล่งกำเนิด เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับอุณหภูมิและความชื้นพบว่า มวลอากาศเขตร้อนมีอุณหภูมิสูง และมวลอากาศขั้วโลกมีอุณหภูมิต่ำ มวลอากาศแบบน่านน้ำจะมีความชื้นค่อนข้างสูง ส่วนมวลอากาศแบบภาคพื้นทวีปจะมีความชื้นค่อนข้างต่ำ สามารถจำแนกประเภทของมวลอากาศได้ 4 ประเภท ดังภาพที่ 6.1



ภาพที่ 6.1 มวลอากาศในแต่ละภูมิภาคของโลก

ที่มา Earthonlinemedia, 2010

- ก) มวลอากาศเขตร้อนแบบน่านน้ำ (maritime equatorial air mass)  
ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร mT ลักษณะของอากาศชื้นและร้อน
- ข) มวลอากาศเขตร้อนแบบภาคพื้นทวีป (continental equatorial air mass)  
ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร cT ลักษณะของอากาศแห้งและร้อน
- ค) มวลอากาศขั้วโลกแบบน่านน้ำ (maritime polar air mass)  
ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร mP ลักษณะของอากาศชื้นและเย็น
- ง) มวลอากาศขั้วโลกแบบภาคพื้นทวีป (continental polar air mass)  
ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร cP ลักษณะอากาศแห้งและเย็น

เมื่อมีมวลอากาศเกิดขึ้น มวลอากาศจะไม่อยู่ที่แหล่งกำเนิดเสมอไป แต่จะมีการเคลื่อนที่เนื่องจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม เมื่อมวลอากาศเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดก็จะ

เปลี่ยนแปลงสมบัติไป เมื่อมีมวลอากาศเคลื่อนที่ไปบนพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของมวลอากาศ จะเรียกมวลอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณนั้นว่ามวลอากาศเย็น (cold air mass) กำหนดประเภทของมวลอากาศได้โดยเพิ่มเติมอักษรย่อว่า k (มาจากภาษาเยอรมัน kalt ซึ่งมีความหมายว่าเย็น) และเมื่อมีมวลอากาศเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ที่มีอุณหภูมิของมวลอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิของมวลอากาศจะเรียกมวลอากาศนั้นว่ามวลอากาศร้อน (warm air mass) กำหนดประเภทของมวลอากาศได้โดยเพิ่มเติมอักษรย่อว่า w (มาจากภาษาเยอรมัน warm ซึ่งมีความหมายว่าอบอุ่น) และจากลักษณะของมวลอากาศข้างต้นสามารถกำหนดประเภทของมวลอากาศโดยเขียนเป็นสัญลักษณ์ ดังตารางที่ 6.1

**ตารางที่ 6.1 ลักษณะมวลอากาศจำแนกตามละติจูดกำเนิด ภาคพื้นกำเนิด และอุณหภูมิ**

แหล่งกำเนิด	ภาคพื้นกำเนิด	อุณหภูมิมวลอากาศ	ภาคพื้นกำเนิด	อุณหภูมิมวลอากาศ
A	mA	mAk	cA	cAk
		mAw		cAw
P	mP	mPk	cP	cPk
		mPw		cPw
T	mT	mTk	cT	cTk
		mTw		cTw
E	mE	mEk	cE	cEk
		mEw		cEw

**ที่มา** วุฒิพงษ์ แสงมณี, 2556

มวลอากาศ mTk คือ มวลอากาศเขตร้อนแบบน่านน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณที่มวลอากาศเคลื่อนที่ผ่านไป การเคลื่อนเช่นนี้อาจเคลื่อนไปทางศูนย์สูตรหรือเคลื่อนไปบนพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงกว่าก็ได้ แต่ในทางตรงกันข้ามถ้ามวลอากาศจากแหล่งเดียวกันนี้เคลื่อนที่ไปทางขั้วโลก ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของมวลอากาศ ผู้ที่อยู่บริเวณที่มวลอากาศนี้เคลื่อนที่เข้ามาจะเรียกมวลอากาศนี้ว่า มวลอากาศร้อน mTw สังเกตว่าสัญลักษณ์ k และ w ไม่ได้หมายถึงอุณหภูมิที่แท้จริงของมวลอากาศแต่หมายถึงอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิของมวลอากาศกับอุณหภูมิของพื้นผิวบริเวณที่มวลอากาศเคลื่อนที่ผ่านเท่านั้น มวลอากาศเย็นอาจใช้ w ก็ได้ถ้าอุณหภูมิของมวลอากาศยังสูงกว่าอุณหภูมิของบริเวณมวลอากาศเคลื่อนที่ผ่านไป

นอกจากนี้ ยังมีการแสดงสภาวะการมีเสถียรภาพของมวลอากาศจากการยกตัวสูงขึ้นหรือการจมตัวลงของมวลอากาศ กล่าวคือ เมื่อมวลอากาศเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดที่ต่างกันมาพบ

กันและยกตัวสูงขึ้น มวลอากาศที่ยกตัวสูงขึ้นในแนวตั้งนั้นจะทำให้อุณหภูมิของมวลอากาศลดลงจนถึงจุดน้ำค้างก่อตัวเป็นเมฆและหยาดน้ำฟ้าในที่สุด จัดว่าเป็นมวลอากาศไม่มีเสถียรภาพใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร u เช่น cPwu แต่ในทางตรงกันข้าม มวลอากาศที่แยกตัวออกจากกันมวลอากาศจะจมตัวลงสู่เบื้องล่าง อุณหภูมิของมวลอากาศจะสูงขึ้น จัดเป็นมวลอากาศที่มีเสถียรภาพใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร s เช่น cPws

เมื่อมวลอากาศเคลื่อนที่ไปบนพื้นที่อุ่นกว่า มวลอากาศเย็นนั้นถูกทำให้ร้อนขึ้นจากข้างล่างความไม่มีเสถียรภาพของอุณหภูมิจึงก่อตัวขึ้นในระดับต่าง ๆ แล้วแผ่ขยายขึ้นข้างบน ถ้าอากาศมีการหวนกลับของอุณหภูมียู่ก็จะถูกทำให้สลายไป และถ้าอัตราการลดอุณหภูมิที่เป็นระเบียบและชันก็จะเกิดรูปใหม่ในบรรยากาศชั้นล่าง ถ้ามวลอากาศเย็นเคลื่อนที่ไปบนน้ำ ความชื้นของมวลอากาศจะเพิ่มมากขึ้น กระบวนการพาความร้อนจะนำเอาไอน้ำลอยขึ้นในระดับสูง ๆ ที่ไอน้ำกลั่นตัวเป็นเมฆ และเมฆจะก่อตัวในแนวตั้งเป็นเมฆก่อตัวตามแนวตั้งขยายตัวใหญ่ขึ้นเรียกว่าเมฆคิวมูโลสใหญ่ ในที่สุดจะแผ่ขยายยอดเมฆเป็นรูปทรงแเคลื่อนที่ไปบนภาคพื้นดิน ความชื้นของมวลอากาศมีอยู่น้อยการก่อตัวของเมฆที่เกิดจากการพาความร้อนอาจช้าลงจนกว่าการทำให้ร้อนจากข้างล่างไม่มีเสถียรภาพจนถึงระดับสูง ๆ เสียก่อน

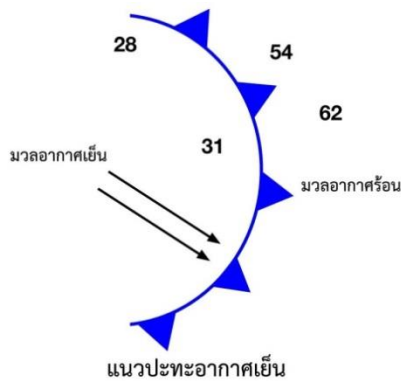
ในทางตรงกันข้าม ถ้ามวลอากาศร้อนเคลื่อนที่ไปบนพื้นที่เย็นกว่า อากาศก็จะสูญเสียความร้อนให้แก่พื้นที่ที่อยู่ต่ำกว่าและอากาศจะมีเสถียรภาพเพิ่มมากขึ้น ลักษณะเช่นนี้เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดลักษณะการพาความร้อนโดยสิ้นเชิง การทำให้เย็นลงจากข้างล่างมีผลให้ชั้นของอากาศที่อยู่ติดพื้นผิวเย็นลง อากาศที่อยู่เหนือเส้นอุณหภูมิจึงหวนกลับจะไม่มีผลกระทบในส่วนใหญ่เพียงแต่จะเย็นอย่างช้า ๆ ด้วยการแผ่รังสีออกมาเท่านั้น ในที่สุดอากาศที่อยู่ใกล้พื้นผิวโลกอาจเย็นลงต่ำกว่าจุดน้ำค้าง ในกรณีเช่นนี้ก็จะเกิดเป็นหมอกหรือเกิดเมฆแผ่นชั้นต่ำทำให้ทัศนวิสัยเลวและบางทีจะเกิดเป็นฝนละอองได้

## 6.2 แนวปะทะอากาศ

แนวปะทะอากาศ คือ บริเวณที่มวลอากาศ 2 มวลที่มีสมบัติและความเร็วในการเคลื่อนที่ต่างกันมาปะทะกัน เมื่อมวลอากาศทั้งสองมีสมบัติต่างกันทำให้ไม่สามารถรวมกันได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของอากาศในบริเวณนั้น แนวปะทะอากาศนี้มีความสำคัญมากต่อการเกิดพายุ จึงใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพยากรณ์อากาศประจำวัน โดยการวิเคราะห์แนวปะทะอากาศในแผนที่อากาศ จำแนกตามอากาศเคลื่อนที่ของมวลอากาศร้อนและมวลอากาศเย็นที่มีความสัมพันธ์ต่อกันได้ 4 ประเภท ดังนี้

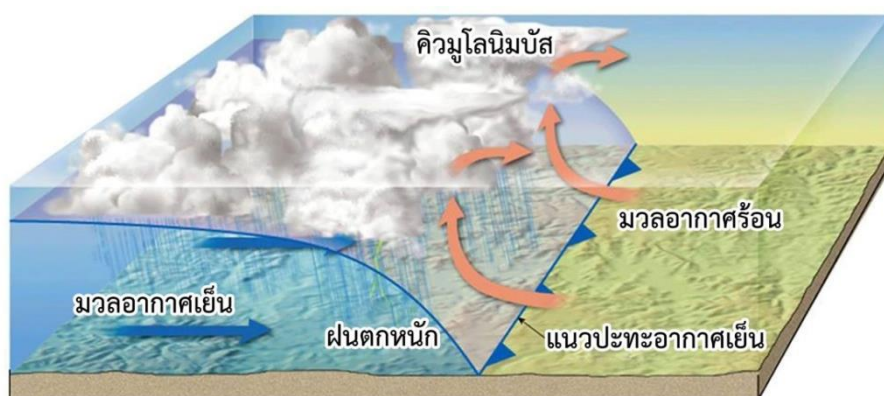
### 6.2.1 แนวปะทะอากาศเย็น

แนวปะทะอากาศเย็น (cold front) เป็นแนวปะทะที่อากาศเย็นเคลื่อนไปแทนที่อากาศร้อน ทั้งนี้เพราะมวลอากาศเย็นมีน้ำหนักมากกว่ามวลอากาศร้อน เมื่อมวลอากาศทั้งสองเคลื่อนที่มาพบกัน มวลอากาศเย็นเคลื่อนไปซ้อนมวลอากาศร้อนทำให้อากาศลอยตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นเมฆและหยดน้ำฟ้าตกลงมา แนวปะทะอากาศเย็นอาจเห็นได้ชัดเจนจากลักษณะของเมฆคิวมูโลนิมบัสที่ก่อตัว มีลมกระโชกแรง มีฝนตกหนัก และบางครั้งก็เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง เมื่อแนวปะทะอากาศเย็นซึ่งจะมีฝนตกฉับพลัน อาจมีลมพัดแรง และพัดเปลี่ยนทิศทันทีได้ แนวปะทะอากาศเย็นที่ชันมาก ๆ จะมีอยู่ระยะทางสั้น ๆ เฉพาะที่มีการยกตัวขึ้นของมวลอากาศเท่านั้น ดังนั้น ฝนที่ตกในแนวปะทะอากาศเย็นจึงเป็นช่วงสั้น ๆ และรุนแรงมาก พิจารณาจากสัญลักษณ์ของแนวปะทะอากาศเย็นและบริเวณแนวปะทะอากาศเย็น ดังภาพที่ 6.2 และ ภาพที่ 6.3



ภาพที่ 6.2 สัญลักษณ์แนวปะทะอากาศเย็น

ที่มา ปรับปรุงจาก Nwclimate, 2017

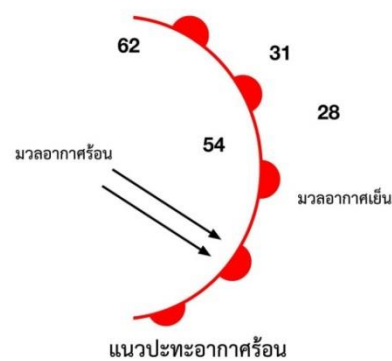


ภาพที่ 6.3 แนวปะทะอากาศเย็น

ที่มา ปรับปรุงจาก Lutgens and Tarbuck, 2001

## 6.2.2 แนวปะทะอากาศร้อน

แนวปะทะอากาศร้อน (warm front) เป็นแนวปะทะอากาศที่มวลอากาศร้อนเคลื่อนที่ไปพบกับมวลอากาศเย็น มวลอากาศร้อนจะพัดทับไปบนมวลอากาศเย็น เกิดมวลอากาศร้อนและขึ้น ณ บริเวณแนวปะทะอากาศร้อน ในระยะแรกจะเกิดเป็นเมฆซีร์รัส ซึ่งลักษณะเป็นฝอยคล้ายหางม้าก่อนแล้วจะเปลี่ยนเป็นเมฆชั้นสูงประเภทเมฆซีร์โรสเตรตัสที่มีลักษณะเป็นแผ่นตามมา ถ้าอากาศในระดับนั้นไม่มีเสถียรภาพและมีอาการปั่นป่วนเมฆก็จะมีลักษณะเป็นก้อนมองดูคล้ายฝูงปลาที่กำลังว่ายในทะเล เรียกว่าเมฆซีร์โรคิวมูลัส และบริเวณแนวปะทะอากาศร้อนที่ระดับต่ำลงจะเกิดเมฆอัลโตสเตรตัส ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่น และเมฆอัลโตคิวมูลัสซึ่งมีลักษณะเป็นก้อน ๆ มองดูคล้ายกับฝูงแกะนอนอยู่ในทุ่งหญ้า ฝนหรือหิมะอาจตกลงมาเป็นครั้งแรก ในขณะที่เมฆอัลโตสเตรตัสถึงจุดอิมตัว บางครั้งหยาดน้ำฟ้าเหล่านี้ อาจจะระเหยไปเสียก่อนที่จะตกลงมาถึงพื้นดิน มองเห็นเป็นสาย ๆ ข้างล่างตามแนวฐานเมฆ พิจารณาจากสัญลักษณ์ของแนวปะทะอากาศร้อน และบริเวณแนวปะทะอากาศร้อน ดังภาพที่ 6.4 และภาพที่ 6.5



ภาพที่ 6.4 สัญลักษณ์แนวปะทะอากาศร้อน

ที่มา ปรับปรุงจาก Nwclimate, 2017



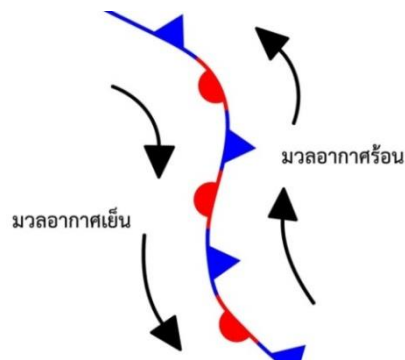
ภาพที่ 6.5 แนวปะทะอากาศร้อน

ที่มา ปรับปรุงจาก Lutgens and Tarbuck, 2001

หยาดน้ำฟ้าจะเพิ่มปริมาณมากขึ้นในขณะที่เมฆนิมโบสเตรตัสก่อตัวและเมฆชั้นต่ำก็จะรวมตัวกัน ทั้งนี้เกิดจากการระเหยของหยาดน้ำฟ้าและจากผิวหน้าของฝน ร่วมกันกับอาการปั่นป่วนที่มีอยู่ข้างหน้าของการก่อตัวของเมฆชั้นต่ำ สภาพอากาศที่มีอยู่จริง ๆ ตามแนวปะทะอากาศร่อนนั้น ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับลักษณะของมวลอากาศนั้น ๆ ก่อนที่จะถูกยกให้ลอยขึ้นไป ยิ่งไปกว่านั้นมวลอากาศร่อนที่ค่อย ๆ ลอยสูงขึ้นไปตามความลาดเอียงของมวลอากาศเย็นเป็นไปอย่างช้า ๆ อาจทำให้ฝนตกหนัก ส่วนมากฝนจะตกหนักได้ในกรณีที่มีมวลอากาศร่อนไม่มีเสถียรภาพที่มีการพาของกระแสอากาศอย่างรุนแรงเท่านั้น

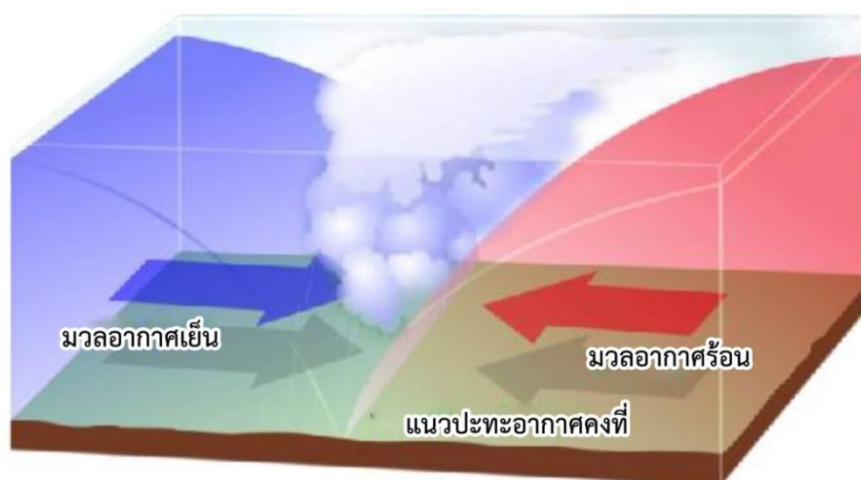
### 6.2.3 แนวปะทะอากาศคงที่

แนวปะทะอากาศคงที่ (stationary front) เป็นแนวปะทะอากาศที่มวลอากาศร่อนและมวลอากาศเย็นเคลื่อนที่มาพบกันแล้ว ไม่มีมวลอากาศใดเคลื่อนไปแทนที่กัน จึงเรียกว่าแนวปะทะอากาศคงที่ ในกรณีเช่นนี้ ลมผิวพื้นในมวลอากาศทั้งสองจะพัดขนานกันหรือเกือบขนานกันหรือพัดออกจากแนวปะทะอากาศ ทำให้ไม่มีการเปิดหรือแทนที่ซึ่งกันและกัน ลักษณะอากาศบริเวณนี้ จะคล้ายกับบริเวณแนวปะทะอากาศร่อน แต่มีความรุนแรงน้อยกว่า พิจารณาสัญลักษณ์ของแนวปะทะอากาศคงที่และบริเวณแนวปะทะอากาศคงที่ ดังภาพที่ 6.6 และภาพที่ 6.7



ภาพที่ 6.6 สัญลักษณ์แนวปะทะอากาศคงที่

ที่มา ปรับปรุงจาก Nwclimate, 2017

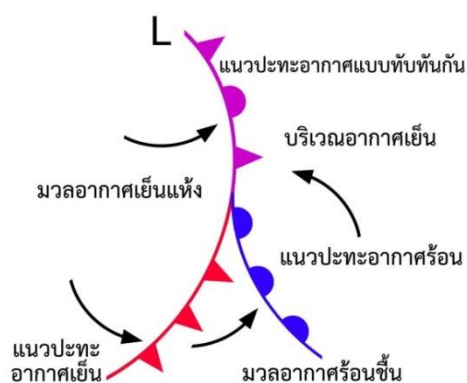


ภาพที่ 6.7 แนวปะทะอากาศคงที่

ที่มา ปรับปรุงจาก Differentfronts.weebly, n.d.

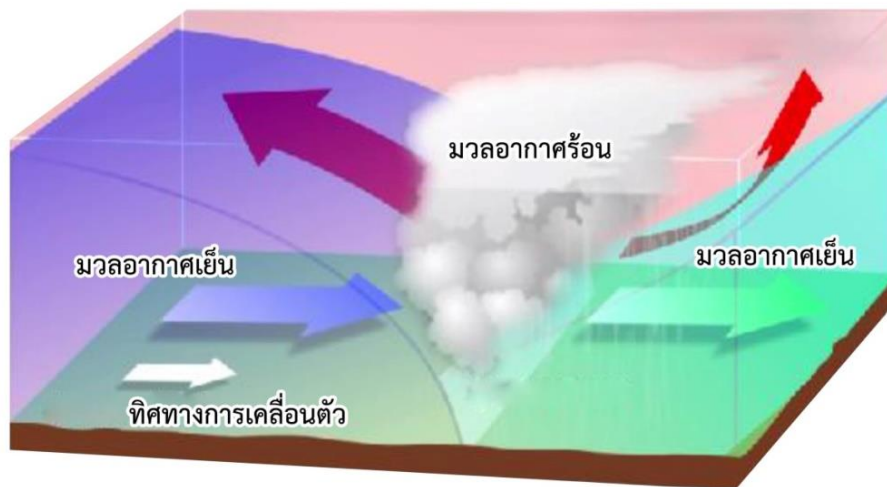
#### 6.2.4 แนวปะทะอากาศทับกัน

แนวปะทะอากาศทับกัน (occluded front) เป็นแนวปะทะอากาศที่ในบางครั้งแนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่เร็วกว่าที่จะไปทับแล้วซ้อนทับกับแนวปะทะอากาศร้อน ทำให้มวลอากาศร้อนที่อยู่ระหว่างมวลอากาศเย็นทั้งสองจะถูกบีบให้ลอยสูงขึ้น พิจารณาสัญลักษณ์ของแนวปะทะอากาศทับกัน และบริเวณแนวปะทะอากาศทับกัน ดังภาพที่ 6.8 และภาพที่ 6.9



ภาพที่ 6.8 สัญลักษณ์แนวปะทะอากาศทับกัน

ที่มา ปรับปรุงจาก Nwclimate, 2017



ภาพที่ 6.9 แนวปะทะอากาศทับกัน

ที่มา ปรับปรุงจาก Differentfronts.weebly, n.d.

แนวปะทะอากาศทับกันแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ

#### 6.2.4.1 แนวปะทะอากาศร้อนแบบทับกัน (occluded warm front type)

เกิดขึ้นเมื่อมวลอากาศเย็นหน้าแนวปะทะอากาศร้อนมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศหน้าแนวปะทะอากาศเย็น เมื่อแนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่มาทันแนวปะทะอากาศร้อน ทั้งมวลอากาศร้อนหน้าแนวปะทะอากาศเย็นและมวลอากาศเย็นหลังแนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนตัวขึ้นมาตามแนวลาดของมวลอากาศเย็นอยู่หน้าแนวปะทะอากาศร้อน ลักษณะอากาศทั่วไปในบริเวณนี้จะมีฝนฟ้าคะนองตามแนวปะทะอากาศเย็นที่ถูกยกตัวสูงขึ้น

#### 6.2.4.2 แนวปะทะอากาศเย็นแบบทับกัน (occluded cold front type) ถ้า

มวลอากาศที่อยู่ข้างหลังแนวปะทะอากาศเย็นมีอุณหภูมิต่ำกว่าอีกสองมวลอากาศแล้ว แนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนตัวเข้าหาแนวปะทะอากาศร้อน มวลอากาศที่ตามมากับแนวปะทะอากาศเย็นจะซ้อนตัวลงไปอยู่ข้างล่างและผลักให้อากาศอุ่นที่อยู่หน้าแนวปะทะอากาศร้อนและอากาศเย็นที่อยู่หน้าแนวปะทะอากาศร้อนยกขึ้นข้างบน แนวปะทะอากาศร้อนก็จะลอยสูงขึ้นจากพื้นดินกลายเป็นแนวปะทะอากาศร้อนชั้นบน

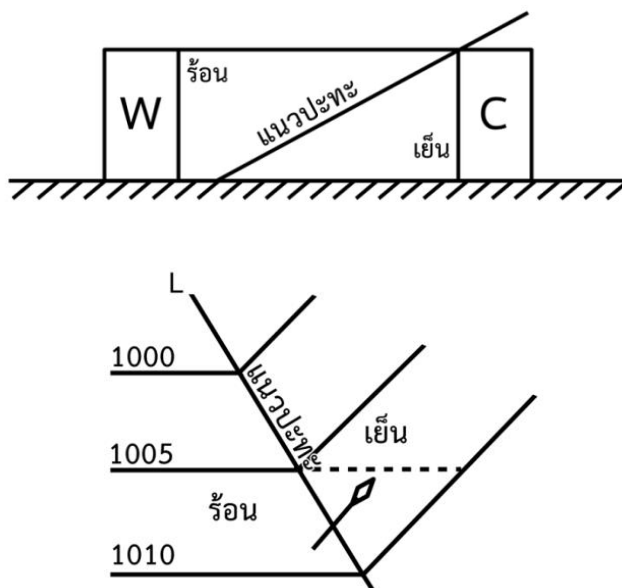
ลมฟ้าอากาศที่เกิดในแนวปะทะอากาศทับกันทั้งสองชนิด อากาศร้อนจะถูกยกขึ้นเมฆและหยาดน้ำฟ้าอาจเกิดจากส่วนที่เป็นมวลอากาศร้อน ในขณะที่ถูกมวลอากาศเย็นบีบบังคับให้ลอยขึ้นข้างบนมีในหลาย ๆ กรณีที่มวลอากาศเย็นสองมวลที่พื้นผิวมาปะทะกันแล้วทำให้เกิดเป็นเมฆและหยาดน้ำฟ้าเกิดขึ้นในชั้นล่าง ๆ ด้วย ถ้ามีความชื้นพอและมีลมพัดเปลี่ยนทิศ อย่างไรก็ตามลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกิดขึ้นในแนวปะทะอากาศทับกันนี้จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างและลักษณะอากาศของแนวปะทะอากาศ บางประเภทก็อาจขึ้นอยู่กับมวลอากาศเย็น และแนวปะทะอากาศร้อนของแนวปะทะ

อากาศนั่นเอง แต่เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมาเป็นลำดับนั้นยุ่งยากและซับซ้อนกว่าก่อนที่จะเกิดเป็นแนวปะทะ อากาศทับกันเสียอีก ในขณะที่แนวปะทะอากาศทับกันเคลื่อนที่ไปเรื่อย ๆ ส่วนที่เป็นอากาศร้อน ก็จะถูกยกให้สูงขึ้นไปทุกครั้ง ทำให้เกิดเป็นพายุหมุนนอกเขตร้อน โดยจะมีมวลอากาศเย็นเวียนรอบ ๆ ศูนย์กลางในระดับต่ำทั้งหมด เมื่อเป็นเช่นนี้สมบัติของมวลอากาศก็จะถูกเปลี่ยนแปลงหรือผสมกัน และ พายุหมุนนั้นก็เลยลดกำลังลงจนกระทั่งสลายไปในที่สุด

### 6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวปะทะอากาศ ความกดอากาศและลม

บริเวณที่เกิดแนวปะทะอากาศจะมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ความกดอากาศ และลมบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามไปด้วย ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 เรื่องความกดอากาศ ซึ่งหมายถึงน้ำหนักของอากาศที่กดลงมาในแนวตั้งบนพื้นที่ 1 ตารางหน่วย เมื่ออากาศเย็นมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศร้อน น้ำหนักของอากาศที่กดลงมาที่ C จึงมากกว่าที่ W น้ำหนักของลิ้มอากาศเย็นที่กดลงมาข้างล่างใต้พื้นผิวแนวปะทะอากาศซึ่งมีอยู่มากกว่า จึงทำให้ความกดอากาศเท่ากันหักเห สามารถตั้งกฎได้ดังนี้

“ถ้าผู้ตรวจยืนอยู่ในเขตอากาศร้อนและมีความกดอากาศต่ำอยู่ทางซ้ายมือแล้ว การหักเหของเส้นความกดอากาศเท่าในอากาศเย็นจะหักเหไปทางซ้ายมือ” ดังภาพที่ 6.10



ภาพที่ 6.10 การหักเหของเส้นความกดอากาศเท่าที่แนวปะทะ

ปกติลมจะพัดไปตามเส้นความกดอากาศเท่า โดยจะสังเกตเห็นลมเปลี่ยนทิศทาง มีลักษณะคล้าย ๆ กัน ถ้ากำหนดให้ลูกศรแสดงทิศทางเคลื่อนที่ของแนวปะทะอากาศก็จะได้เป็นกฎดังนี้

“ถ้าผู้ตรวจยืนยันหันหลังให้ลมของแนวปะทะอากาศที่เคลื่อนไปข้างหน้า ลมจะเหไปทางซ้ายมือเมื่อแนวปะทะอากาศเคลื่อนผ่านไปแล้ว”

ตามปกติความเร็วลมจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อแนวปะทะอากาศเคลื่อนผ่านแต่จะเพิ่มหรือลดความเร็วลงนั้นขึ้นอยู่กับช่วงความถี่-ห่างของเส้นความกดอากาศเท่า

โครงสร้างเกี่ยวกับอุณหภูมิของแนวปะทะอากาศ ถ้ามีการตรวจผ่านบริเวณแนวปะทะอากาศขึ้นไปในแนวตั้ง จะพบว่าการกระจายของอุณหภูมิเป็นไปได้หลายอย่าง ถ้าแนวปะทะอากาศก่อตัวขึ้นอย่างแรง อุณหภูมิจะสูงขึ้นเมื่อผ่านชั้นของแนวปะทะอากาศ ในกรณีที่แนวปะทะอากาศมีความเข้มปานกลาง อุณหภูมิก็เกือบจะคงที่ และถ้าเป็นแนวปะทะอากาศที่กำลังอ่อนอุณหภูมิจึงจะลดลง เมื่อผ่านชั้นแนวปะทะอากาศจุดที่สำคัญที่สุดคือ อัตราการลดอุณหภูมิในชั้นของแนวปะทะอากาศน้อยกว่า อากาศภายนอกที่อยู่ทั้งสองข้าง ทำให้อากาศมีการเคลื่อนไหวในแนวตั้ง เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อน และความชื้นขึ้นอย่างรวดเร็วตามอัตราของการลดอุณหภูมิตามความสูง นอกจากนั้น ยังพบว่าชั้นที่เป็นพื้นผิวแนวปะทะอากาศเป็นกำแพงกั้นการเปลี่ยนแปลงดังที่ได้กล่าวแล้วอย่างแท้จริง ด้วยเหตุผลดังกล่าวว่า ความร้อนและความชื้นตามมวลอากาศเย็นได้รับการถ่ายเทที่อยู่ข้างล่าง พื้นผิวแนวปะทะอากาศจะแผ่กระจายลงมาโดยตลอดเท่าที่เป็นลิมิตอากาศเย็นจะมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ผ่านชั้นแนวปะทะอากาศขึ้นไปข้างบน ดังนั้น บริเวณแนวปะทะอากาศจึงมีแนวโน้มที่จะขวางกั้นการแลกเปลี่ยนความร้อนและความชื้นระหว่างมวลอากาศ ยิ่งแนวปะทะอากาศก่อตัวแรงมากขึ้นเท่าไร การขวางกั้นการแลกเปลี่ยนความร้อนและความชื้นก็จะยิ่งมากขึ้นเท่านั้น

#### 6.4 บริเวณแนวปะทะอากาศที่สำคัญ

เมื่อแนวปะทะอากาศเกิดขึ้นแล้วจะเกิดการเคลื่อนที่ไป บนพื้นผิวโลกที่พบว่ามีแนวปะทะอากาศเกิดขึ้นบ่อย ในบริเวณเหล่านั้นจะเป็นย่านที่แนวปะทะอากาศเปลี่ยนแปลงที่อยู่จากแหล่งกำเนิดของมวลอากาศ บริเวณที่เกิดเป็นแนวปะทะอากาศที่เด่นชัดและเกิดมากที่สุด ได้แก่

1. แนวปะทะอากาศขั้วโลกแอตแลนติก เกิดจากมวลอากาศสองมวลที่มีอุณหภูมิและความชื้นแตกต่างกัน เนื่องจากแหล่งกำเนิดของมวลอากาศขั้วโลกเหนือภาคพื้นทวีปและมวลอากาศร้อนเหนือหน้าน้ำ แนวปะทะอากาศนี้จะแผ่ไปทางทิศตะวันออกจนถึงทวีปยุโรป และเคลื่อนที่ไปมาในขอบเขตที่จำกัด ระหว่างทิศใต้จากหมู่เกาะอินเดียตะวันตกจนถึงประเทศโปรตุเกส ส่วนทางทิศเหนือเริ่มจากเกรตเลคจนถึงเกาะไอซ์แลนด์ แนวปะทะอากาศอาจมีกำลังแรงขึ้นตามย่านที่มีกระแสลมวนหรือพายุหมุนซึ่งเกิดในแนวปะทะอากาศนี้มีมาก และมีหยาดน้ำฟ้าเกิดเป็นแถบกว้างไกลจากด้านตะวันออกของทวีปอเมริกาเหนือ ผ่านมหาสมุทรแอตแลนติกตอนเหนือไปจนถึงด้านตะวันตกเฉียงเหนือของยุโรป ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างแหล่งกำเนิดอาร์กติกกับแหล่งกำเนิดน้ำอุ่นของบริเวณอากาศขั้วโลกเหนือหน้าน้ำ

2. แนวปะทะอากาศเมดิเตอร์เรเนียน เป็นแนวปะทะอากาศที่มีแหล่งกำเนิดหรือก่อตัวขึ้นที่บริเวณรอยต่อระหว่างมวลอากาศเย็นของทวีปยุโรปกับมวลอากาศร้อนของทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและแอฟริกาเหนือ พายุหมุนบางลูกที่ก่อตัวขึ้น ณ ที่นี้จะเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือไปจนถึงประเทศรัสเซียตอนใต้ ในขณะที่พายุหมุนนี้เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือจะทำให้มีฝนตก

3. แนวปะทะอากาศแปซิฟิกอาร์กติก เป็นแนวปะทะอากาศที่มักจะแผ่ไปถึงบริเวณที่เป็นทะเลสาบใหญ่ ในแนวปะทะอากาศนี้เป็นแหล่งกำเนิดของพายุหมุนฤดูหนาวในระหว่างเทือกเขารอกกีกับทะเลสาบเกรตเลต แนวปะทะอากาศนี้จะเคลื่อนไปจนถึงตอนใต้ของมลรัฐเท็กซัสต่อเนื่องไปถึงตอนเหนือของประเทศแมกซิโกได้

4. แนวปะทะอากาศขั้วโลกแปซิฟิก เป็นแนวปะทะอากาศที่เกิดขึ้นบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ มักจะมีหย่อมความกดอากาศสูงอยู่ 2 แห่ง และทำให้เกิดเป็นแนวปะทะขั้วโลกแปซิฟิกอยู่ 2 แนว ดังนี้

4.1 แนวปะทะอากาศที่ทำให้เกิดพายุหมุนขนาดใหญ่ แล้วเคลื่อนตัวไปจนถึงบริเวณอ่าวอลาสกา ชายฝั่งแคลิฟอร์เนียตอนใต้ในสหรัฐอเมริกา และทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือบางส่วนของประเทศแมกซิโก พายุหมุนเหล่านี้จะทำให้ฝนตกในฤดูหนาวตามชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกทางด้านทวีปอเมริกาเหนือ

4.2 แนวปะทะจากมหาสมุทรแปซิฟิกที่ทำให้เกิดพายุหมุนแล้วเคลื่อนเข้าไปอเมริกาเหนือในฤดูหนาวผ่านเทือกเขารอกกี

## 6.5 มวลอากาศและแนวปะทะอากาศในประเทศไทย

มวลอากาศเย็นและแนวปะทะอากาศมีแหล่งกำเนิดอยู่ที่ละติจูดสูง ดังนั้น ทฤษฎีที่เป็นรูปแบบของมวลอากาศและแนวปะทะอากาศจึงเป็นประโยชน์และนำไปประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดีในเขตอบอุ่นและเขตหนาวเท่านั้น ถ้าจะนำมาใช้ในเขตร้อนก็จะต้องดัดแปลงเสียก่อน กล่าวได้ว่ามวลอากาศและแนวปะทะอากาศส่งผลต่อสภาพลมฟ้าอากาศของประเทศไทยเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะเทือกเขาหิมาลัยซึ่งเป็นเทือกเขาที่สูงที่สุดในโลกขวางชั้นอยู่ ยอดเขาเอฟเวอร์เรสต์เป็นยอดที่สูงที่สุดมีความสูงถึง 8,708 เมตร มีการเรียงตัวค่อนข้างอยู่ในแนวตะวันออกถึงตะวันตก จึงขวางกั้นมวลอากาศเย็นที่แผ่ออกมาจากไซบีเรียในฤดูหนาวไม่ให้แผ่ลงมาทางใต้ได้ตรง ๆ จะต้องไหลอ้อมไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศจีนเสียก่อน แล้วจึงพัดเข้าสู่ประเทศไทยได้ตรง ๆ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีสมบัติเย็นแห้งและแล้ง แต่เมื่อเคลื่อนลงมาที่ละติจูดต่ำ ๆ อุณหภูมิและความชื้นก็จะเพิ่มขึ้นขณะที่เคลื่อนผ่านน่านน้ำ แนวปะทะอากาศที่แผ่เข้ามาถึงประเทศไทยจึงไม่มีความเข้มมากพอที่จะทำให้เกิดลมฟ้าอากาศตามรูปแบบทางทฤษฎี อย่างไรก็ตามนักอุตุนิยมวิทยาก็ได้ใช้เป็นแนวทางในการพยากรณ์เกี่ยวกับการเกิดเมฆและฝน การเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง อีกประการหนึ่ง เทือกเขาหิมาลัยกั้นมวลอากาศเย็นมิให้อากาศที่เย็นจัดพัดเข้าสู่ประเทศไทย

ตรง ๆ อากาศจึงไม่หนาวจัดในฤดูหนาวเพียงแต่น้ำค้างแข็งเกิดขึ้นทางตอนบนสุดของประเทศไทยในฤดูหนาวเป็นครั้งคราวเท่านั้น

มวลอากาศร้อนจากเขตร้อนและจากศูนย์สูตร มีอิทธิพลต่อลมฟ้าอากาศของประเทศไทยโดยตรง โดยพัดเข้าปกคลุมในรูปของลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งแต่เดิมเป็นกระแสลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ของซีกโลกใต้ แต่เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตรทิศทางของลมได้เบี่ยงเบนมากกลายเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ ลมสินค้าที่พัดมาจากมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือนี้มีความชื้นและอุณหภูมิสูง มีการหมุนเวียนเป็นแบบห่อความกดอากาศต่ำ การจัดระบบอุณหภูมิตามความสูงจึงเป็นแบบที่มีเสถียรภาพ ดังนั้น เมื่อมีลมสินค้าเข้ามาปกคลุม ท้องฟ้าไม่ค่อยมีเมฆอากาศจึงค่อนข้างร้อน แต่มีบางครั้งปรากฏเป็นคลื่นในกระแสลมฝ่ายตะวันออกเฉียงใต้ ก็อาจทำให้เกิดมีเมฆและฝนตกได้

ในช่วงที่ซีกโลกเหนือเป็นฤดูร้อน ภาคพื้นทวีปจะรับความร้อนได้ดีกว่ามหาสมุทร ทำให้ทวีปร้อนกว่ากลายเป็นห่อความกดอากาศต่ำ ดึงให้อากาศเย็นที่อยู่เหนือบนน้ำพัดจากซีกโลกใต้เข้ามาหาความกดอากาศต่ำอยู่บนทวีป ซึ่งก็คล้าย ๆ กับการเกิดลมบกลมทะเลนั่นเอง แต่เป็นเพียงการหมุนเวียนใหญ่กว่ากันเท่านั้น กระแสลมที่กล่าวมานี้ เมื่อพัดผ่านมหาสมุทรอินเดียและประเทศไทยเรียกว่าลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มวลอากาศนี้จะร้อนขึ้นมีการจัดอุณหภูมิตามความสูงเป็นแบบมีเสถียรภาพ แต่มีข้อแม้ว่ามวลอากาศนี้จะมีเสถียรภาพโดยทั่ว ๆ ไป แต่ถ้าถูกยกให้ลอยสูงขึ้นจนถึงระดับที่เกิดเมฆแล้วก็จะไม่มีเสถียรภาพทันที ดังนั้น เมื่อลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ปกคลุม ฝนจึงตกทางด้านต้นลม หรือด้านที่กระแสลมปะทะภูเขาเสมอ ดังได้กล่าวแล้วว่าในฤดูหนาวมีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดเข้ามาปกคลุม ดังนั้น เมื่อมีกระแสลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดเข้าแทนที่ บริเวณที่มวลอากาศทั้งสองมาประชิดติดกันเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ และเป็นบริเวณที่มวลอากาศที่มาจากแหล่งต่างกันมาปะทะกัน เรียกบริเวณนี้ว่า ร่องมรสุม (monsoon trough) แนวปะทะอากาศเขตร้อน (Intertropical front: ITF) หรือร่องความกดอากาศต่ำเขตร้อน

## 6.6 พายุหมุน

พายุหมุน (cyclone) คือ การหมุนของกระแสลมที่พัดเวียนเข้าหาศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ โดยบริเวณศูนย์กลางมีความกดอากาศต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ ลมจะพัดเข้าสู่ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ โดยมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ของห่อความกดอากาศสูง ซึ่งหมายถึงระบบการหมุนเวียนของกระแสลมที่พัดเวียนออกมาจากศูนย์กลางความกดอากาศสูง แบ่งพายุหมุนออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

### 6.6.1 พายุหมุนนอกเขตร้อน

พายุหมุนนอกเขตร้อน (extratropical cyclone) คือ พายุที่เกิดในละติจูดกลางและละติจูดสูงในซีกโลกใต้ จะอยู่ที่ละติจูดประมาณ 60 องศาใต้ พายุหมุนที่เกิดมีความถี่สูงที่สุดแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาว ในซีกโลกเหนือในฤดูหนาวและจะเกิดเป็นประจำที่ละติจูดประมาณ 60 องศาเหนือและเลื่อนลงมาอยู่ที่ 50 องศาเหนือในฤดูหนาว และจะเกิดเป็นประจำที่ละติจูดประมาณ 10 องศาเหนือ การก่อตัวของพายุหมุนในบริเวณนี้มีหลายวิธี เช่น พายุหมุนที่เกิดจากแนวปะทะอากาศเคลื่อนที่ไป พายุหมุนที่เกิดจากมวลอากาศขั้วโลก แต่ที่พบบ่อยที่เป็นพายุหมุนที่เกิดจากแนวปะทะอากาศเคลื่อนที่ไป ซึ่งเกิดตามแนวปะทะอากาศขั้วโลก ซึ่งเป็นแนวที่มวลอากาศเย็นปะทะกับมวลอากาศร้อน ลักษณะการไหลวนของอากาศจะคล้ายกับคลื่น หมุนเวียนเข้าสู่หย่อมความกดอากาศต่ำที่ยอดคลื่น ดังนั้นพายุหมุนชนิดนี้จึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าคลื่นพายุหมุน พายุหมุนนี้จะเคลื่อนที่จากทิศตะวันตกไปตะวันออกตามอิทธิพลของลมตะวันตก

จาคอบ เจริคเนส (Jakob Bjerknes) นักอุตุนิยมวิทยาชาวนอร์เวย์ ได้อธิบายการเกิดพายุหมุนชนิดนี้ในทฤษฎีที่ชื่อว่า ทฤษฎีคลื่น (wave theory) ดังนี้

ระยะที่ 1 มีมวลอากาศร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณความกดอากาศสูงถึงโซนร้อนไปทางเหนือเข้าไปในบริเวณที่มีมวลอากาศเย็นปกคลุมอยู่ และมวลอากาศเย็นและแห้งแล้งจากขั้วโลกเคลื่อนที่ลงมาทางใต้ มวลอากาศทั้งสองเคลื่อนที่มาพบกับตามแนวปะทะอากาศขั้วโลก ระยะนี้แนวปะทะอากาศขั้วโลกจะคงที่

ระยะที่ 2 แนวปะทะอากาศคงที่ในสภาวะที่ไม่มีเสถียรภาพ มวลอากาศเย็นจะดันให้มวลอากาศร้อนซึ่งเบาว่าลอยตัวสูงขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงเป็นจุดเริ่มต้นของการก่อตัวเป็นคลื่นและพัฒนาไปสู่การก่อตัวเป็นพายุหมุนต่อไป การปั่นป่วนของคลื่นตามแนวปะทะอากาศขั้วโลกมีมากขึ้นและเกิดลักษณะโค้งงอมากขึ้น มวลอากาศเย็นเคลื่อนที่ลงมาทางใต้ตามแนวปะทะอากาศเย็นอย่างรวดเร็วในขณะที่มวลอากาศร้อนถูกผลักดันให้เคลื่อนที่ไปทางเหนือตามแนวปะทะอากาศร้อน

ระยะที่ 3 มวลอากาศเย็นที่เคลื่อนที่ลงมาทางใต้เข้าแทนที่บริเวณที่มีอากาศร้อนปกคลุมอยู่ มวลอากาศเย็นจะอยู่ด้านหลังมวลอากาศร้อน แต่มีแนวปะทะอากาศเย็นที่มีความเร็วในการเคลื่อนที่เร็วกว่าแนวปะทะอากาศร้อน ดังนั้น บริเวณที่อากาศร้อนปกคลุมอยู่จะค่อย ๆ แคบลงและถูกขนาบข้างโดยมวลอากาศเย็นทั้งสองด้าน สังเกตได้จากการไหลวนของอากาศจะมีลักษณะหมุนเวียนเข้าสู่หย่อมความกดอากาศต่ำที่ยอดคลื่น

ระยะที่ 4 เป็นระยะที่พายุหมุนเจริญเติบโตเต็มที่ภายใน 4-5 วัน หลังจากยอดคลื่นปรากฏตามแนวปะทะอากาศคงที่เป็นครั้งแรก ระยะนี้แนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่ไปทับแนวปะทะอากาศร้อนทำให้เกิดแนวปะทะอากาศทับกัน โดยจะเกิดซ้อนกันบริเวณยอดคลื่นก่อน และบริเวณที่อากาศร้อนปกคลุมอยู่จะค่อย ๆ แคบลง

ระยะที่ 5 ระยะสลายตัว ต่อมามวลอากาศร้อนจะถูกซัดขึ้นให้ยกตัวสูงขึ้นจากพื้นดิน แยกตัวออกจากมวลอากาศร้อนทางตอนใต้ แหล่งความชื้นและพลังงานความร้อนจะถูกตัดขาดออกไป พายุหมุนจะค่อย ๆ สลายตัว

### 6.6.2 พายุหมุนเขตร้อน

พายุหมุนเขตร้อน (tropical cyclone) คือ พายุที่มีแหล่งกำเนิดเฉพาะแห่งในเขตร้อน เหนือหน้าน้ำในทกมหาสมุทรยกเว้นมหาสมุทรแอตแลนติกใต้ ไม่ค่อยพบในบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรเกิน 5–7 ละติจูดเหนือและใต้ จะพบมากที่สุดระหว่างละติจูด 8–15 องศาเหนือและใต้เหนือผิวน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 26 องศาเซลเซียส ในเขตตอลดรัม อากาศร้อนและชื้นของลมสินค้าเมื่อพัดเข้าสู่เขตตอลดรัมจะถูกบังคับให้ยกตัวสูงขึ้นเป็นพายุหมุนเนื่องจากอิทธิพลของการหมุนของโลก พายุหมุนนั้นนับว่าเป็นพายุหมุนที่มีความรุนแรงมากชนิดหนึ่ง เมื่อเกิดขึ้นแล้วจะเคลื่อนตัวไป ทำให้เกิดคลื่นและลมแรงจัดกับมีลักษณะอากาศรุนแรงมากกว่าพายุหมุนนอกเขตร้อน การก่อตัวของพายุหมุนเขตร้อนแบ่งออกได้ 2 กรณี ดังนี้

ก) เกิดจากคลื่นตะวันออกที่มีกำลังแรงขึ้น ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำจะเกิดขึ้นที่ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำเป็นแหล่งกำเนิดของพายุหมุน

ข) เกิดจากร่องความกดอากาศต่ำเขตร้อน เมื่อมีมรสุมกำลังแรง คลื่นตะวันออกมีกำลังแรงพัดเข้าสู่เขตร้อนร่องความกดอากาศต่ำจะตัดให้แนวนี้ขาดออกจากกัน ทำให้เกิดการหมุนเวียนของกระแสลมพัดทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และพัดตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ ปกติการหมุนเวียนจะปรากฏในอากาศเบื้องบนก่อนแล้วจึงลดต่ำลงมาที่ผิวพื้น เมื่อทวีกำลังแรงขึ้นก็จะก่อตัวเป็นหย่อมความกดอากาศต่ำ พายุดีเปรสชัน และพายุหมุนเขตร้อนตามลำดับ

พายุหมุนเขตร้อนที่เกิดจากคลื่นตะวันออกจะก่อตัวและมีกำลังแรง เคลื่อนตัวเร็วกว่าพายุหมุนเขตร้อนที่เกิดจากร่องความกดอากาศต่ำ ลำดับการก่อตัวของพายุหมุนเขตร้อน ตั้งแต่เริ่มก่อตัวจนถึงสลายตัวแบ่งออกได้ 4 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 ระยะก่อตัว (early stage) พายุหมุนเขตร้อนจะก่อตัวในบริเวณทะเลที่น้ำทะเลมีอุณหภูมิต่ำกว่า 26 องศาเซลเซียส และอยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรพอสมควร จะเกิดในบริเวณที่มีลักษณะอากาศไม่ดี ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลใกล้ศูนย์กลางลดลงใกล้เคียงกับ 1,000 มิลลิบาร์ ความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางยังไม่ถึงเกณฑ์เป็นไต้ฝุ่น แต่มีเมฆ และฝนเกือบทั่วไป

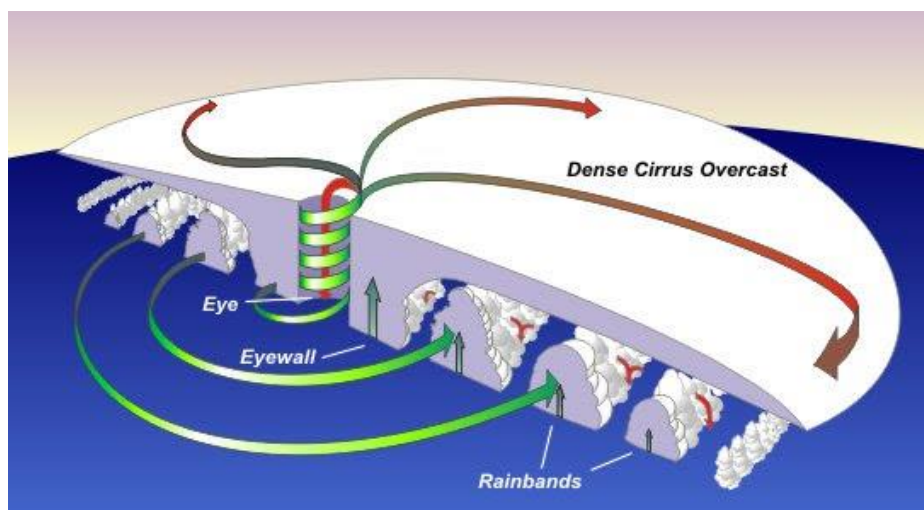
ระยะที่ 2 ระยะที่กำลังทวีความรุนแรง (open stage) พายุที่ก่อตัวแล้ว บางลูกก็จะทวีกำลังแรงขึ้นเป็นลำดับ จนมีความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางเข้าเกณฑ์เป็นพายุไต้ฝุ่นและความกดอากาศใกล้ศูนย์กลางลดลงต่ำกว่า 1,000 มิลลิบาร์ มีเมฆและฝนตกหนักแผ่เป็นบริเวณกว้าง ปกคลุมประมาณไม่เกิน 200 กิโลเมตร

ระยะที่ 3 ระยะที่รุนแรงเต็มที่ (occluded stage) ระยะนี้ลมสูงสุดและความกดอากาศใกล้ศูนย์กลางเกือบไม่เปลี่ยนแปลงจากระยะที่ 2 แต่บริเวณลมแรงและบริเวณฝนตกหนักแผ่กว้างมากขึ้นกว่าระยะที่ 2 ประมาณ 500 กิโลเมตร หรือบางลูกอาจกว้างถึง 1,000 กิโลเมตร

ระยะที่ 4 ระยะสลายตัว (decaying stage) พายุได้ฝุ่นที่เคลื่อนตัวขึ้นฝั่งจะลดกำลังลงเนื่องจากความไม่ราบรื่นของแผ่นดิน เทือกเขา ทำให้การหมุนเวียนไม่สะดวก และความชื้นน้อย หรือได้รับกระแสอากาศเย็นและแห้งของมวลอากาศภาคพื้นทวีป ทำให้พายุอ่อนกำลังลงและสลายตัวในที่สุด

การหมุนเวียนของกระแสอากาศในพายุหมุนเขตร้อนในระดับความสูงประมาณ 600 เมตรลงมา จะมีกระแสอากาศที่มีความชื้นสูงพัดเข้ามาบริเวณพายุในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ แล้วพัดเวียนขึ้นสูงเป็นเกลียวจนได้ความสูงประมาณ 12-15 กิโลเมตร จะพัดเวียนออกในทิศทางตามเข็มนาฬิกา จะเห็นได้ว่า พายุจะปรากฏอยู่ตรงบ่าที่ที่มีกระแสอากาศพัดเข้าพายุในระดับต่ำ และถ่ายเทออกในระดับสูง ในขณะที่กระแสอากาศพัดเวียนสูงขึ้นไปนั้นอุณหภูมิของอากาศจะลดลงจนเกิดการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศเป็นเมฆและกลายเป็นฝนอย่างรวดเร็ว โดยกระแสอากาศที่พัดเวียนสูงขึ้นไปนี้ จะมีความเร็วสูง บริเวณศูนย์กลางของพายุเป็นบริเวณที่มีลมสงบหรือลมอ่อนแปรปรวนเรียกว่าตาพายุ มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-6 กิโลเมตร บริเวณรอบนอกของตาพายุจะเป็นบริเวณที่มีลมแรงที่สุด

ดั่งภาพที่ 6.11



ภาพที่ 6.11 โครงสร้างของพายุหมุนเขตร้อน

ที่มา ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, ม.ป.ป.

การกำหนดความเร็วของพายุหมุน องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกได้กำหนดดังนี้

ก) พายุดีเปรสชัน (depression) เป็นพายุที่มีกำลังอ่อน มีความเร็วลมสูงสุดใกล้บริเวณศูนย์กลางไม่เกิน 61 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือ 33 นอต

ข) พายุโซนร้อน (tropical storm) เป็นพายุที่มีกำลังปานกลางมีความเร็วลมสูงสุดใกล้บริเวณศูนย์กลางตั้งแต่ 62–117 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 34–63 นอต

ค) พายุไต้ฝุ่น (typhoon) เป็นพายุที่มีความรุนแรงมากที่สุดในบรรดาพายุในเขตร้อนด้วยกัน มีความเร็วลมสูงสุดใกล้บริเวณศูนย์กลางตั้งแต่ 118 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 64 นอตขึ้นไปพายุไต้ฝุ่นนี้เกิดในมหาสมุทรแปซิฟิกแล้วเคลื่อนเข้าสู่ประเทศจีน เกาหลี และญี่ปุ่น ถ้าเกิดในมหาสมุทรแปซิฟิกระหว่างหมู่เกาะมาร์แชลและประเทศฟิลิปปินส์เรียกว่าบาเกียว ถ้าพายุหมุนเกิดขึ้นทางเหนือของทวีปออสเตรเลียเรียกว่าวิลลีวิลลี ถ้าเกิดในมหาสมุทรอินเดียเรียกว่าไซโคลน และถ้าเกิดทางซีกโลกตะวันตกบริเวณอ่าวเม็กซิโก หมู่เกาะอินเดียนตะวันตกแถบอเมริกากลางเรียกว่าเฮอริเคน

ขนาดของพายุหมุนเขตร้อนที่ใหญ่ที่สุดมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 800–1,000 กิโลเมตร พายุหมุนแต่ละลูกจะมีขนาดเปลี่ยนแปลงไปตามสถานะของพายุหมุนนั้น ๆ ปกติเมื่อก่อตัวจะมีขนาดเล็กและจะมีขนาดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อพายุนั้นเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางเดิน ดังนั้น พายุหมุนจะมีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่อปกคลุมพื้นที่ในตอนท้ายก่อนจะสลายตัว การเคลื่อนที่ของพายุหมุนเขตร้อน เริ่มเกิดพายุหมุนในต้นฤดูระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม ศูนย์กลางพายุหมุนนี้จะเคลื่อนตัวช้า ๆ ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้อันขึ้นทางเหนือแล้วโค้งไปทางทิศตะวันออก สำหรับตอนกลางฤดูระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน พายุหมุนนี้จะเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และปลายฤดูระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือน พฤศจิกายน พายุหมุนนี้จะเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันตก

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของพายุหมุน ที่ศูนย์กลางพายุหมุนน้อยกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในตอนแรก และหลังจากเลี้ยวโค้งขึ้นทางเหนือและตะวันออกแล้วความเร็วในการเคลื่อนที่จะทวีขึ้นอาจถึง 30–50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือมากกว่า เมื่อพายุหมุนนี้เคลื่อนตัวขึ้นสู่ละติจูดสูงจะสลายตัวหรือบางครั้งจะกลายเป็นพายุหมุนนอกเขตร้อน บริเวณที่เกิดพายุหมุนเขตร้อน มี 8 บริเวณ ได้แก่ ตอนเหนือของมหาสมุทรแอตแลนติก 1 บริเวณ ตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก 2 บริเวณ บริเวณอาณาเขตประเทศอินเดีย 2 บริเวณ ตอนใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก 1 บริเวณ และบริเวณตอนใต้ของมหาสมุทรอินเดีย 2 บริเวณ โดยใช้ระดับความรุนแรงของพายุ ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ระดับความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนมาตราของ Saffir-Simson

ชื่อ	ขนาด	ความกดอากาศ	ความเร็วลม			คลื่นสูง	สีของเส้น
			นอต	ไมล์/ชม.	กม./ชม.		
ดีเปรสชัน	TD		< 34	< 39	< 61		Green
โซนร้อน	TS		34-63	39-73	62-117		Yellow
ไต้ฝุ่น	1	> 980	64-82	74-95	119-153	4-5	Red
ไต้ฝุ่น	2	965-980	83-95	96-110	154-177	6-8	Light Red
ไต้ฝุ่น	3	945-965	96-113	111-130	178-209	9-12	Magenta
ซูเปอร์ไต้ฝุ่น	4	920-945	114-135	131-155	210-249	13-18	Light Magenta
ซูเปอร์ไต้ฝุ่น	5	< 920	> 135	> 155	> 249	> 18	White

ที่มา วุฒิพงษ์ แสงมณี, 2556

การเรียกชื่อพายุหมุนเขตร้อน เพื่อความสะดวกในการแจ้งข่าวหรือการออกประกาศ คำเตือนเรื่องพายุไม่ให้เกิดการสับสน จึงมีการกำหนดว่าพายุลูกใดเกิดก่อนหลังเพื่อจัดบันทึกเป็นสถิติ นักอุตุนิยมวิทยาได้จัดตั้งชื่อพายุเรียงไว้ตามลำดับตัวอักษรโรมันตั้งแต่ A ถึง Z ปัจจุบันชื่อพายุถูกตั้งใหม่ โดยเริ่มใช้ตั้งแต่ 1 กุมภาพันธ์ 2556 จากการประชุมคณะกรรมการพายุไต้ฝุ่น ครั้งที่ 45 วันที่ 29 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2556 ณ YMCA Salisbury เขตบริหารพิเศษฮ่องกง สาธารณรัฐประชาชนจีน ส่วนชื่อพายุที่เป็นภาษาไทยปรับปรุงใหม่ตามราชบัณฑิตยสถาน การตั้งชื่อใช้หมุนเวียนกันไปตามลำดับตัวอักษรและลำดับคอลัมน์เมื่อถึงชื่อสุดท้ายคือ SAOLA จะเริ่มต้นที่คอลัมน์ที่ 1 ใหม่คือ DAMREY ข้อสังเกตตัวอักษร Q ไม่ใช่ในการตั้งชื่อ ดังรายชื่อพายุหมุนเขตร้อน และรายชื่อพายุไซโคลน ค.ศ. 2010 ดังตารางที่ 6.3 และตารางที่ 6.4

### ตารางที่ 6.3 รายชื่อพายุหมุนเขตร้อน

รายชื่อพายุหมุนเขตร้อนที่ใช้ในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตกและทะเลจีนใต้					
Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	ประเทศที่มาของชื่อ
DAMREY (ด้อมเรียม)	KONG-REY (กองเรียม)	NAKRI (นากรี)	KROVANH (กรอวานญ)	TRASES (ทรอแซซ)	กัมพูชา
HAIKUI (ไห่ขุย)	YUTU (ยู่ตู้)	FENGSHEN (เฟิงเฉิน)	DUJUJUAN (ตู้เจวียน)	MULAN (มู่หลาน)	จีน
KIROGI (คีโรกิ)	TORAJI (โทราจิ)	KALMAEGI (คัลแมกิ)	MUJIGAE (มูจีแก)	MEARI (เมอริ)	เกาหลี
KAI-TAK (ไคตัก)	MAN-YI (หม่านหยี่)	FUNG-WONG (ฟงวอง)	CHOI-WAN (ชอยหวัน)	MA-ON (หมาออน)	ฮ่องกง
TEMBIN (เท็มบิน)	USAGI (อุซางิ)	KAMMURI (คัมมูริ)	KOPPU (คอปปู)	TOKAGE (โทกาเงะ)	ญี่ปุ่น
BOLAVEN (บอลาเวน)	PABUK (ปาบึก)	PHANFONE (พันฝน)	CHAMPI (จ่าปี้)	HINNAMNOR (หินนามหน่อ)	ลาว
SANBA (ซันปา)	WUTIP (หวู่ตีบ)	VONGFONG (หว่องฟง)	IN-FA (อินฟ้า)	MUIFA (หมุยฟ้า)	มาเก๊า
JELAWAT (เจอลาวัต)	SEPAT (เซอปัต)	NURI (นูรี)	MELOR (เมอโลร์)	MERBOK (เมอร์บอก)	มาเลเซีย
EWINIAR (เอวินีแยร์)	FITOW (ฟีโรว์)	SINLAKU (ซินลากู)	NEPARTAK (เนพาร์ทัก)	NANMADOL (นันมาดอล)	ไมโครนีเชีย
MALIKSI (มาลิกซี)	DANAS (ดานัส)	HAGUPIT (ฮาคุปีต)	LUPIT (ลูปีต)	TALAS (ตาลัส)	ฟิลิปปินส์
GAEMI (แกมี)	NARI (นารี)	JANGMI (จังมี)	MIRINAE (มีรีแน)	NORU (โนรู)	เกาหลีใต้
PRAPIROON (พระพิรุณ)	WIPHA (วิภา)	MEKKHALA (เมขลา)	NIDA (นิดา)	KULAP (คุหลาบ)	ไทย
MARIA (มาเรีย)	FRANCISCO (ฟรานซิสโก)	HIGOS (ฮิโกส)	OMAS (โอไมส์)	ROKE (โรคี)	สหรัฐอเมริกา
SON –TINH (เซินติญ)	LEKIMA (เลกึมา)	BAVI (บาหวิ)	CONSON (โกนเซิน)	SONCA (เซินกา)	เวียดนาม

### ตารางที่ 6.3 รายชื่อพายุหมุนเขตร้อน (ต่อ)

รายชื่อพายุหมุนเขตร้อนที่ใช้ในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตกและทะเลจีนใต้					
Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	ประเทศที่มาของชื่อ
BOPHA (บบพา)	KROSA (กรอซา)	MAYSAK (ไมสັก)	CHANTHU (จันทุ)	NESAT (เนสาท)	กัมพูชา
WUKONG (อู่คอง)	HAIYAN (ไห่เยี่ยน)	HAISHEN (ไห่เชิน)	DIANMU (เตี้ยนหมู่)	HAITANG (ไห่ถาง)	จีน
SONAMU (โซนาม)	PODUL (โพดุล)	NOUL (โนอูล)	MINDULLE (มินดูลเล)	NALGAE (นัลแก)	เกาหลี
SHANSHAN (ซานซาน)	LINGLING (เหล่เหลง)	DOLPHIN (ดอลฟิน)	LIONROCK (ไลออนร็อก)	BANYAN (บันยัน)	ฮ่องกง
YAGI (ยาจิ)	KAJIKI (คาจิกิ)	KUJIRA (คูจิระ)	KOMPASU (คมปาซุ)	HATO (ฮาโตะ)	ญี่ปุ่น
LEEPI (หลี่ผี)	FAXAI (ฟ้าไซ)	CHAN-HOM (จันหอม)	NAMTHEUN (น้ำเทิน)	PAKHAR (ปาซ่า)	ลาว
BEBINCA (เบบินคา)	PEIPAH (เพย์ผ่า)	LINFA (หลินฟา)	MALOU (หมาเหล่า)	SANVU (ซ่านหู่)	มาเก๊า
RUMBIA (รุเบีย)	TAPAH (ตาปะฮ์)	NANGKA (นังกา)	NYATOH (ญาโตะฮ์)	MAWAR (มาวาร์)	มาเลเซีย
SOULIK (ซูลิก)	MITAG (มิแทก)	SOUDELOR (เซาเดโลร์)	RAI (ราอี)	GUCHOL (กูโชล)	ไมโครนีเชีย
CIMARON (ซีมารอน)	HAGIBIS (ฮาเกีบิส)	MOLAVE (โมลาเบ)	MALAKAS (มาลากัส)	TALIM (ตาลิม)	ฟิลิปปินส์
JEBI (เจบี)	NEOGURI (นอกูรี)	GONI (โกนี่)	MEGI (เมกี)	DOKSURI (ทกซูรี)	เกาหลีใต้
MANGKHUT (มังคุด)	RAMMASUN (รามสูร)	ATSANI (อัสนี)	CHABA (ชบา)	KHANUN (ขนน)	ไทย
UTOR (อูตอร์)	MATMO (แมตโม)	ETAU (เอตา)	AERE (แอรี่)	VICENTE (วีเซนเต)	สหรัฐอเมริกา
TRAMI (จ่ามี)	HALONG (หะลอง)	VAMCO (หว่ามก้อ)	SONGDA (ซงด่า)	SAOLA (เซาลา)	เวียดนาม

ที่มา ศูนย์ภูมิภาค กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2561

### ตารางที่ 6.4 รายชื่อพายุไซโคลน ค.ศ. 2010

รายชื่อพายุไซโคลนที่ใช้ในบริเวณอ่าวเบงกอลและทะเลอาหรับ								
Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	ประเทศ ที่มาของชื่อ
Onil (โอนิล)	Ogni (อ็อกนี)	Nisha (นิชา)	Giri (คีรี)	Helen (เฮเลน)	Chapala (จาปาลา)	Ockhi (ออกคี)	Fani (ฟานี)	บังคลาเทศ
Agni (อักนี)	Akash (อาภาส)	Bijli (บิจลี)	Jal (จัล)	Lehar (เลฮาร์)	Megh (เมฆ)	Sagar (สาคร)	Vayu (วายุ)	อินเดีย
Hibaru (ฮีบารู)	Gonu (โกนู)	Aila (ไอลา)	Keila (เกอีลา)	Madi (มาดี)	Roanu (โรอานู)	Mekunu (เมกนู)	Hikaa (ฮีกาอา)	มัลดีฟส์
Pyarr (ปยา)	Yemyin (เยมยีน)	Phyan (พยาน)	Thane (ทเน)	Nanauk (นะเนาะ)	Kyant (จัน)	Daye (ดะแย)	Kyarr (จ้ำ)	เมียนมา
Aaz (บาอัซ)	Sidr (ซิดร์)	Ward (วาร์ด)	Murjan (มูร์จัน)	Hudhud (ฮุดฮุด)	Nada (นาดา)	Luban (ลูบัน)	Maha (มาฮา)	โอมาน
Fanoos (ฟาโนส)	Nargis (นาร์จิส)	Laila (ไลลา)	Nilam (นีลัม)	Nilofar (นิโลฟาร์)	Vardah (วาร์ดะห์)	Titli (ติตลี)	Bulbul (บุลบูล)	ปากีสถาน
Mala (มาลา)	Rashmi (รัศมี)	Bandu (พันทุ)	Mahasen (มหาเสน)	Priya (ปรียา)	Asiri (อสิรี)	Gigum (คีคุม)	Soba (โสภา)	ศรีลังกา
Mukda (มุกดา)	Khai Muk (ไخمุก)	Phet (เพชร)	Phailin (ไฟลิน)	Komen (โกเมน)	Mora (โมรา)	Phethai (เพทาย)	Amphan (อำพัน)	ไทย

**ที่มา** ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2561

ความแตกต่างระหว่างพายุหมุนเขตร้อนกับพายุหมุนนอกเขตร้อน มีดังนี้

1. เส้นความกดอากาศเท่าในพายุหมุนเขตร้อน จะมีลักษณะเป็นวงกลมมากกว่าพายุหมุนนอกเขตร้อน และความชันของความกดอากาศมีมากกว่า ดังนั้น พายุหมุนเขตร้อนจึงมีลมพัดแรงกว่า
2. เส้นผ่านศูนย์กลางของพายุหมุนเขตร้อนประมาณ 200–600 กิโลเมตร หรือประมาณ 1/3 ของพายุหมุนนอกเขตร้อน
3. พายุหมุนเขตร้อนจะเกิดฝนตกหนักมากกว่า และแผ่กระจายตามบริเวณต่าง ๆ อย่างทั่วถึงมากกว่า
4. อุณหภูมิรอบ ๆ หย่อมความกดอากาศต่ำจะใกล้เคียงกันทุกทิศทาง พายุหมุนนอกเขตร้อน จะไม่มีการเกิดแนวปะทะอากาศอย่างพายุหมุนนอกเขตร้อน

5. พายุหมุนเขตร้อนเกิดมากในฤดูร้อนมากกว่าฤดูหนาว

6. การเกิดพายุหมุนเขตร้อนกับแอนติไซโคลน ไม่จำเป็นต้องเกิดต่อเนื่องกันทั้งนี้ เพราะพายุหมุนเขตร้อนเกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำ ไม่ใช่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ

### 6.6.3 พายุทอร์นาโด

พายุทอร์นาโด (tornado) คือ พายุขนาดเล็กที่สุดแต่มีความรุนแรงมากที่สุด เกิดมากในสหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย อาจพบบ้างเป็นครั้งคราวในบริเวณอื่นในเขตละติจูดกลาง พายุทอร์นาโดเป็นพายุที่ศูนย์กลางมีความกดอากาศต่ำมาก ทำให้มีลมพัดเข้าสู่ศูนย์กลางอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เกิดพายุทอร์นาโดจะมองเห็นเป็นวงเมฆสีดำบิดเป็นเกลียวจากเมฆคิวมูโลนิมบัส ที่ปลายวงจะอยู่ที่พื้นดินซึ่งจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100–500 เมตร เมื่อพายุนี้มีความเร็วลมรอบศูนย์กลางประมาณ 320–640 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เคลื่อนที่ผ่านบริเวณใดจะทำลายทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่ในทางเดิน นอกจากนั้น เมื่อลำตัวพายุลดลงถึงพื้นดินการหมุนของอากาศรอบลำตัวที่รุนแรงจะทำให้ศูนย์กลางกลายเป็นสุญญากาศ การที่ความกดอากาศลดลงอย่างกะทันหันรอบนอก สิ่งก่อสร้างที่พายุนี้เคลื่อนที่ผ่านจะทำให้เกิดแรงดันภายในตัวอาคารมีมากกว่าภายนอกอย่างมาก จึงทำให้เกิดการระเบิดได้

## 6.7 การเตรียมตัวป้องกันอันตรายจากพายุ

เมื่อทราบข่าวการพยากรณ์อากาศว่าจะมีพายุที่มีความรุนแรงตั้งแต่พายุโซนร้อนขึ้นไปพัดเข้ามายังบริเวณที่อยู่อาศัย เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงความเสียหายและอันตรายที่จะเกิดขึ้นต่อชีวิตและทรัพย์สิน จึงควรปฏิบัติ ดังนี้

1. เปิดโทรทัศน์หรือวิทยุฟังเพื่อข่าวสารและการแนะนำของทางราชการ ให้ความร่วมมือกับทางราชการ โดยปฏิบัติตามคำแนะนำทุกประการ คอยติดตามฟังรายงานอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา
2. ไม่ควรเชื่อข่าวลือหรือคำแนะนำของผู้อื่นที่ไม่ใช่เจ้าหน้าที่ของทางราชการ
3. ก่อนพายุมาถึงถ้ายังมีเวลาพอให้ตัดทรานกิ่งไม้ที่อาจจะหักได้จากพายุ โดยเฉพาะกิ่งที่อาจหักทับบ้านเรือนหรือสายไฟฟ้า ควรจัดการโค่นต้นไม้ที่ยืนต้นตายลงเสีย ช่วยต้นไม้ที่มีไม้ให้โค่นล้มโดยการใส่เสาดอกกับพื้นในทิศทางต่าง ๆ แล้วเอาเชือกโยงรัดติดกับเสา
4. ตรวจสอบสายไฟฟ้าและเสาไฟฟ้าทั้งภายในและภายนอกบริเวณบ้านให้เรียบร้อย ที่ใดจะโค่นล้มได้ หรือที่ยึดเหนี่ยวไม่มั่นคงให้จัดการให้มั่นคงแข็งแรง สับสายอากาศ โทรทัศน์ และวิทยุให้ลงดินให้เรียบร้อย
5. อย่านอนในที่ลุ่มที่มีระดับต่ำหรืออยู่ใกล้ทะเลหรือแหลม อาจถูกน้ำท่วมหรือถูกกระแสน้ำพัดพาลงทะเลได้ ถ้าบ้านพักหรือที่พักอยู่ในที่มีลักษณะดังกล่าวก็ให้รีบอพยพไปที่ไกล

6. ป้องกันอันตรายและความเสียหายของพัสดุสิ่งของ อย่าอยู่ในที่โล่งแจ้ง เพราะกิ่งไม้อาจโค่นหักล้มทับได้ สังกะสี กระจกใส กระเบื้อง หรือสิ่งที่พัดมากับลมจะทำให้ได้รับบาดเจ็บได้
7. เข้ามาอยู่ในอาคารที่มั่นคงตลอดเวลาที่มีพายุ อย่าอยู่ในที่โล่งแจ้ง
8. ปิดหน้าต่างและประตูทุกบานอย่างมั่นคงแข็งแรง ถ้าบานประตูไม่แข็งแรงให้ใช้ไม้ทาบแล้วตีตะปูตรึงปิดประตูหน้าต่าง ซ่อมแซมตอกยึดหรือผูกมัดส่วนของอาคารบ้านเรือนที่หลุดลุ่ยให้มั่นคง
9. ปิดกั้นช่องทางลม ทางน้ำ และช่องทางต่าง ๆ ที่น้ำจะไหลเข้าหรือลงไปทำให้เกิดความเสียหายได้ เช่น ห้องเก็บของนอกบ้าน ห้องใต้ดิน เป็นต้น
10. เตรียมตะเกียงแสงสว่าง ไฟฉาย ไว้ให้พร้อมหรืออยู่ใกล้มือเมื่อเกิดไฟฟ้าดับจะได้ใช้ทันที
11. เตรียมอาหารสำรอง และอาหารกระป๋องไว้พอที่จะมีอาหารรับประทาน จนกว่าพายุจะผ่านไป เพราะตั้งแต่เริ่มมีพายุจนพายุพัดผ่านไปกินเวลาประมาณ 2-3 วัน และเมื่อพายุพัดผ่านไปแล้ว การขาดแคลนอาหารโดยทั่วไปจะมีอยู่ระยะหนึ่ง
12. ดับไฟในเตาไฟให้เรียบร้อย เพื่อป้องกันมิให้เกิดเพลิงไหม้ในขณะมีพายุ ส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคารที่พ้ออาจถูกพายุพัดพังทลายลง ถ้ามีเชื้อเพลิงอยู่อาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ควรเตรียมอุปกรณ์สำหรับดับเพลิงไว้ด้วย
13. เตรียมสำรองน้ำไว้สำหรับดื่ม ภาชนะที่เก็บน้ำควรเติมน้ำให้เต็ม เพราะอาจเกิดการขาดแคลนน้ำดื่มน้ำใช้ภายหลังที่พายุพัดผ่านไปแล้ว
14. สิ่งของที่อาจตกหล่น แตกหักเสียหายได้ เมื่อได้รับความกระทบกระเทือนจากพายุควรจัดวางไว้ในที่ต่ำและปลอดภัย
15. เตรียมเครื่องหุงต้มไว้ให้พร้อมที่จะใช้ได้ทันที เตรียมเครื่องมือเวชภัณฑ์ในกรณีที่มีผู้บาดเจ็บจะได้ทำการปฐมพยาบาลได้ทันที
16. สัตว์และพาหนะต่าง ๆ ให้นำไปไว้ในที่ปลอดภัยพ้นจากพายุและจากน้ำท่วม
17. บรรดาเรือ แพ ให้ลงสมอผูกยึดไว้ให้มั่นคง
18. ควรเตรียมรถยนต์ หรือพาหนะขับขีไว้ให้พร้อม เพื่อได้ใช้ทันทีที่พายุพัดผ่านไปแล้ว เช่น นำคนเจ็บส่งโรงพยาบาล ควรเติมน้ำมันพาหนะให้เต็มถัง
19. เมื่อปรากฏว่าลมเงียบสงบลง อย่าเข้าใจว่าพายุพัดผ่านไปแล้ว เพราะพายุรุนแรงได้ฟุ้งหรือพายุโซนร้อนมีศูนย์กลางพายุเป็นบริเวณลมเงียบสงบและไม่มีฝน ท้องฟ้ากระจ่างเมื่อศูนย์กลางพายุผ่านบริเวณใดจะทำให้เกิดความเข้าใจผิดว่าพายุพัดผ่านไปแล้ว แต่ความจริงในระยะอีก 2 ชั่วโมงต่อมาจะกลับมีพายุลมแรงและฝนตกหนักอีก ลมจะเปลี่ยนทิศในทางตรงกันข้ามกับครั้งแรก และมีอันตรายรุนแรงพอ ๆ กัน ดังนั้นเมื่อลมเงียบสงบควรรอดต่อไปอีกไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง และเมื่อพ้นระยะนั้นถ้าไม่มีลมแรงเกิดขึ้นอีกจึงวางใจว่าพายุพัดผ่านไปแล้ว

20. เตรียมทางขึ้นสู่เพดานหรือหลังคา เมื่อเกิดน้ำท่วม มีเครื่องมือช่างไว้สำหรับตัดไม้ทำแพ ในกรณีที่มีน้ำท่วมรุนแรง

21. ในขณะที่เกิดพายุจะเกิดเหตุการณ์อื่นในบริเวณใกล้เคียง ต้นไม้ล้ม บ้านเรือนที่อยู่ใกล้เคียงทานแรงลมไม่ไหวก็จะพังทลายลง ลมมีกำลังแรงจนบ้านเรือนสั่นสะเทือน ฝนตกหนักมีฟ้าคะนอง ฟ้าผ่า สิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดความตระหนกตกใจจนทำอะไรไม่ถูก จึงตั้งสติเพื่อเตรียมสู้กับภัยอันตรายต่าง ๆ คิดหาทางช่วยชีวิตตนเองและครอบครัว ตลอดจนช่วยบุคคลอื่นที่ประสบอันตรายด้วยการปฏิบัติตนเมื่อพายุผ่านพ้นไปแล้ว

1. เมื่อมีผู้บาดเจ็บให้รีบช่วยเหลือ ถ้าจำเป็นให้รีบนำส่งโรงพยาบาลที่อยู่ใกล้เคียง
2. ถ้ามีสิ่งหักพัง ต้นไม้ล้มหรือกำลังจะโค่นล้มหักพัง ให้รีบจัดการโค่นล้มเสีย มิฉะนั้นจะหักพังโค่นล้มในภายหลังจะเป็นอันตราย

3. เมื่อมีเสาไฟฟ้าล้ม สายไฟขาด ต้องระวังอย่าให้ใครเข้าใกล้ หรือแตะต้องเป็นอันขาด ให้ทำเครื่องหมายแจ้งเตือนอันตรายให้ชัดเจน แล้วแจ้งเจ้าหน้าที่รับผิดชอบมาจัดทำโดยด่วน อย่าแตะต้องสิ่งที่เป็นโลหะ สีสื่อไฟฟ้า รางน้ำ และราวลาดในบริเวณใกล้เคียงกับสายไฟฟ้าขาดหรือเสาล้มเป็นอันขาด

4. เมื่อปรากฏท่อประปาแตกที่ใด ให้รีบแจ้งเจ้าหน้าที่ทราบโดยด่วน

5. อย่าเพิ่งใช้น้ำประปาจากท่อประปา เพราะอาจจะได้น้ำที่ไม่บริสุทธิ์ เนื่องจากน้ำท่วมถ้าดื่มเข้าไปอาจเป็นโรคร้ายได้ จะใช้น้ำก็ต่อเมื่อแน่ใจว่าไม่มีเชื้อโรคแล้ว ให้ใช้น้ำที่กักตุนไว้ก่อนเกิดพายุ

## 6.8 บทสรุป

มวลอากาศ คือ กลุ่มอากาศขนาดใหญ่ซึ่งมีคุณสมบัติประกอบด้วยอุณหภูมิและความชื้นคล้ายคลึงกัน ในการพยากรณ์อากาศจะคำนึงถึงคุณสมบัติของมวลอากาศ ได้แก่ แหล่งกำเนิดของมวลอากาศ เส้นทางที่มวลอากาศเคลื่อนที่ผ่านไป และความหนาแน่นในการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ ประเภทของมวลอากาศจำแนกออกเป็นมวลอากาศแถบศูนย์สูตรใช้อักษรย่อคือ E มวลอากาศเขตร้อนใช้อักษรย่อคือ T มวลอากาศแถบขั้วโลกใช้อักษรย่อคือ P และมวลอากาศแถบอาร์กติกหรือแถบแอนตาร์กติกใช้อักษรย่อคือ A

สัญลักษณ์ของมวลอากาศจำแนกตามแหล่งกำเนิด มวลอากาศเขตร้อนจะมีอุณหภูมิสูง มวลอากาศขั้วโลกจะมีอุณหภูมิต่ำ มวลอากาศแบบน่านน้ำจะมีความชื้นค่อนข้างสูง ส่วนมวลอากาศภาคพื้นทวีปจะมีความชื้นค่อนข้างต่ำ จำแนกได้คือ มวลอากาศเขตร้อนแบบน่านน้ำใช้อักษรย่อคือ mT ลักษณะอากาศชื้นและร้อน มวลอากาศเขตร้อนภาคพื้นทวีปใช้อักษรย่อคือ cT ลักษณะอากาศแห้งและร้อน มวลอากาศขั้วโลกแบบน่านน้ำใช้สัญลักษณ์ mP ลักษณะอากาศชื้นและเย็นและมวลอากาศขั้วโลกภาคพื้นทวีปใช้อักษรย่อคือ cP ลักษณะอากาศแห้งและเย็น

แนวปะทะอากาศ คือ บริเวณที่มวลอากาศ 2 มวลที่มีคุณสมบัติต่างกันและความเร็วในการเคลื่อนที่ต่างกันมาปะทะกัน คุณสมบัติที่ต่างกันจึงไม่สามารถรวมตัวกันได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศบริเวณนั้น จำแนกตามอากาศเคลื่อนที่ของมวลอากาศร้อนและมวลอากาศเย็นที่มีความสัมพันธ์ต่อกันได้แก่ แนวปะทะอากาศเย็น แนวปะทะอากาศร้อน แนวปะทะอากาศคงที่ และแนวปะทะอากาศทับกันกัน บริเวณที่เกิดเป็นแนวปะทะอากาศมากที่สุด ได้แก่ แนวปะทะอากาศขั้วโลกแอดแลนติก แนวปะทะอากาศเมดิเตอร์เรเนียน แนวปะทะอากาศแปซิฟิกอาร์กติก และแนวปะทะอากาศขั้วโลกแปซิฟิก

มวลอากาศและแนวปะทะอากาศส่งผลต่อสภาพอากาศของประเทศไทยเพียงเล็กน้อย เนื่องจากที่ตั้งของประเทศไทยมีเทือกเขาหิมาลัยขวางกั้นมวลอากาศเย็นที่แผ่มาจากไซบีเรียในฤดูหนาว ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีสมบัติเย็นแห้งและแล้ง แต่เมื่อเคลื่อนลงมาละติจูดต่ำ อุณหภูมิและความชื้นจะเพิ่มมากขึ้น แนวปะทะอากาศที่เคลื่อนเข้ามาสู่ประเทศไทยจึงไม่มีความชื้นมากพอที่จะทำให้เกิดลมฟ้าอากาศตามทฤษฎี

พายุหมุน คือ การหมุนของกระแสลมที่พัดเวียนเข้าหาศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ โดยบริเวณศูนย์กลางมีความกดอากาศต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ ลมพัดเข้าสู่ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ โดยมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้หย่อมความกดอากาศสูงแบ่งออกเป็น พายุหมุนนอกเขตร้อน พายุหมุนนอกเขตร้อน และพายุทอร์นาโด

พายุหมุนนอกเขตร้อน คือ พายุที่เกิดในละติจูดกลางและละติจูดสูงในซีกโลกใต้ จะอยู่ที่ละติจูดประมาณ 60 องศาใต้ พายุหมุนที่เกิดมีความถี่สูงที่สุดแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาว ในซีกโลกเหนือในฤดูหนาวและจะเกิดเป็นประจำที่ละติจูดประมาณ 60 องศาเหนือและเลื่อนลงมาอยู่ที่ 50 องศาเหนือในฤดูหนาว และจะเกิดเป็นประจำที่ละติจูดประมาณ 10 องศาเหนือ

พายุหมุนเขตร้อน คือ พายุที่มีแหล่งกำเนิดเฉพาะแห่งในเขตร้อนเหนือร้อนน้ำในทุกมหาสมุทร ยกเว้นมหาสมุทรแอดแลนติกใต้ ไม่ค่อยพบในบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรเกิน 5-7 ละติจูดเหนือและใต้ จะพบมากที่สุดระหว่างละติจูด 8-15 องศาเหนือและใต้เหนือผิวน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 26 องศาเซลเซียส ในเขตดอลดรัม อากาศร้อนและชื้นของลมสินค้าเมื่อพัดเข้าสู่เขตดอลดรัมจะถูกบังคับให้ยกตัวสูงขึ้นเป็นพายุหมุนเนื่องจากอิทธิพลของการหมุนของโลก

พายุทอร์นาโด คือ พายุขนาดเล็กที่สุดแต่มีความรุนแรงมากที่สุด เกิดมากในสหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย อาจพบบ้างเป็นครั้งคราวในบริเวณอื่นในเขตละติจูดกลาง ศูนย์กลางพายุมีความกดอากาศต่ำมาก ทำให้มีลมพัดเข้าสู่ศูนย์กลางอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เกิดพายุทอร์นาโดจะมองเห็นเป็นวงเมฆสีดำบิดเป็นเกลียวจากเมฆคิวมูโลนิมบัส ที่ปลายวงจะอยู่ที่พื้นดินซึ่งจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100-500 เมตร เมื่อพายุนี้มีความเร็วลมรอบศูนย์กลางประมาณ 320-640 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เคลื่อนที่ผ่านบริเวณใดจะทำลายทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่ในทางเดิน

## 6.9 คำถามบททวน

ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ตัวเลือกใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับ “มวลอากาศ”
  - ก. อากาศที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันในระดับความสูงเดียวกัน
  - ข. กลุ่มอากาศขนาดใหญ่ที่ปกคลุมบริเวณกว้างที่ระดับเดียวกัน
  - ค. อากาศที่มีความกดอากาศแตกต่างกันในระดับความสูงเดียวกัน
  - ง. ผิดทุกตัวเลือก
2. “อากาศจำนวนหนึ่งได้รับความร้อน” เป็นการขยายความของตัวเลือกใด
  - ก. น้ำหนักอากาศเพิ่มขึ้น
  - ข. ปริมาตรอากาศเพิ่มขึ้น
  - ค. ความดันอากาศเพิ่มขึ้น
  - ง. ความหนาแน่นอากาศเพิ่มขึ้น
3. วันที่ท้องฟ้ามีเมฆมากและมีฝนตกลงมา มีความเกี่ยวข้องกับตัวเลือกใด
  - ก. แนวปะทะอากาศเย็น
  - ข. แนวปะทะอากาศร้อน
  - ค. แนวปะทะอากาศคงที่
  - ง. แนวปะทะอากาศทับพันกัน
4. การเกิดมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีความสัมพันธ์กับช่วงเดือนในตัวเลือกใด
  - ก. ตุลาคม–กุมภาพันธ์
  - ข. พฤษภาคม–กันยายน
  - ค. พฤศจิกายน–กุมภาพันธ์
  - ง. เมษายน–กรกฎาคม
5. สถานการณ์ในตัวเลือกใดสอดคล้องกับ “พายุดีเปรสชัน”
  - ก. ความสูญเสีย
  - ข. ความชุ่มชื้นเย็นฉ่ำ
  - ค. ความหวาดระแวง
  - ง. ไม่มีตัวเลือกใดสอดคล้อง
6. พายุในตัวเลือกใดมีความรุนแรงมากที่สุด
  - ก. พายุไต้ฝุ่น
  - ข. พายุโซนร้อน
  - ค. พายุดีเปรสชัน

ง. พายุหมุนเขตร้อน

7. อุตุนิยมวิทยาได้ใช้อัตราเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางพายุ เพื่อแบ่งประเภทพายุหมุนเขตร้อน ซึ่งเกิดเหนือทะเลหรือมหาสมุทรในเขตร้อน ได้ดังนี้ประเภทความเร็วลม ต้องการทราบว่า พายุไต้ฝุ่นมีความเร็วลมใกล้ศูนย์กลางตั้งแต่กี่กิโลเมตรต่อชั่วโมงขึ้นไป

ก. 118 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข. 113 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ค. 110 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ง. 89 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ใช้ตัวเลือกต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 8-11

ก. มวลอากาศเขตร้อนแบบน่านน้ำ

ข. มวลอากาศเขตร้อนแบบภาคพื้นทวีป

ค. มวลอากาศขั้วโลกแบบน่านน้ำ

ง. มวลอากาศขั้วโลกแบบภาคพื้นทวีป

8. mT ตรงกับตัวเลือกใด

9. cT ตรงกับตัวเลือกใด

10. mP ตรงกับตัวเลือกใด

11. cP ตรงกับตัวเลือกใด

12. ตัวเลือกใดไม่ใช่การก่อตัวของพายุฝนฟ้าคะนอง

ก. ระยะเวลาก่อตัว

ข. ระยะเวลารวมตัว

ค. ระยะเวลาพัฒนาเต็มที่

ง. ระยะเวลาสลายตัว

13. จงอธิบายความแตกต่างระหว่าง “แนวปะทะอากาศ” และ “แนวปะทะอากาศร้อน”

มาโดยสังเขป

14. จงอธิบายการเกิดพายุหมุนตามทฤษฎีคลื่นของ จากอบ เจริญคเนส มีทั้งหมด 5 ระยะมาโดยสังเขป

15. จงอธิบายความแตกต่างของพายุแต่ละประเภทโดยใช้ความเร็วลมเป็นเกณฑ์ประกอบการอธิบาย

## บทที่ 7

### น้ำและความชื้นในบรรยากาศ

สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์มีการถ่ายเทไอน้ำให้กับอากาศอยู่เสมอ ในบริเวณที่มีความชื้นต่ำ ร่างกายจะมีการถ่ายเทน้ำให้กับอากาศมากขึ้น เช่น ในห้องปรับอากาศจะรู้สึกเย็นสบาย เพราะปริมาณไอน้ำในอากาศภายในห้องมีน้อย เหงื่อในร่างกายระเหยออกทางผิวหนังได้ดี หรือในฤดูหนาวเวลาตากผ้า จะแห้งเร็วกว่าในฤดูร้อน เนื่องจากในฤดูหนาวอากาศจะแห้งกว่าฤดูร้อน ระบบนิเวศที่มีความชื้นมาก มักจะมีพืชและสัตว์อาศัยอย่างหนาแน่นหลากหลาย ทำให้มีโอกาสประสานสัมพันธ์ในการถ่ายเทธาตุ ธาตุและพลังงานให้แก่กันได้มากขึ้น ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศมีสัดส่วนที่แตกต่างกันในแต่ละห้องที่ โดยมีปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 0-4 ของส่วนผสมในบรรยากาศ ค่าที่เปลี่ยนแปลงของสัดส่วนของไอน้ำนี้มีผลสืบเนื่องมาจากสมบัติของน้ำที่สามารถคงตัวอยู่ได้ทั้ง 3 สถานะคือ ของแข็ง ของเหลวและก๊าซในอุณหภูมิปกติของชั้นบรรยากาศ

ถึงแม้ไอน้ำในอากาศจะมีอยู่ในปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่ก็มีความสำคัญต่อสิ่งที่มีชีวิตบนโลก พืชบางชนิดสามารถขึ้นอยู่ได้ในสถานที่ที่มีความชื้นที่พอเหมาะเท่านั้น หากเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่อื่น อาจทำให้พืชชนิดนั้นแห้งตาย อาทิ กล้วยไม้ป่าบางชนิด ความสำคัญของความชื้นและน้ำในบรรยากาศมีอยู่หลายประการ ได้แก่ การกลั่นตัวของไอน้ำก่อให้เกิดฝน เมฆ หมอก หิมะ หรือหยาดน้ำฟ้า ฝนที่ตกลงจะนำพาสิ่งสกปรกในอากาศลงมาด้วย เป็นการทำความสะอาดให้กับบรรยากาศ การคายความร้อนแฝง ในขณะที่ไอน้ำเกิดการควบแน่นหรือการแข็งตัวของน้ำเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญอย่างหนึ่งของบรรยากาศ นอกจากนี้ไอน้ำยังเป็นส่วนประกอบสำคัญในการดูดซับ และการคายความร้อนในการแผ่รังสีในบรรยากาศ ทำให้เกิดสมดุลความร้อนในบรรยากาศ

เนื้อหาบทนี้จะกล่าวถึงการหมุนเวียนของน้ำในบรรยากาศ การถ่ายเทแลกเปลี่ยนน้ำระหว่าง มหาสมุทร พื้นทวีป และบรรยากาศ หรือวัฏจักรของน้ำนั่นเอง การเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำแต่ละสถานะที่ต้องใช้ความร้อนแฝง การคำนวณค่าความชื้นสัมบูรณ์ ความชื้นจำเพาะ ความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องมือวัดความชื้น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำในบรรยากาศ การทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยเหล่านี้ จะทำให้รู้ถึงสาเหตุความเป็นมาและความเป็นไปของสภาพอากาศที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ถึงความเหมาะสมของการทำกิจกรรมหรือกิจกรรมในชีวิตโดยคำนึงถึงสภาพอากาศ เพื่อไม่ให้สภาพอากาศเป็นอุปสรรคในการดำเนินการ หรือถ้ามีความจำเป็นต้องดำเนินการจะได้เตรียมพร้อมรับมือหรือคิดหาวิธีการให้สภาพอากาศเป็นอุปสรรคน้อยที่สุด

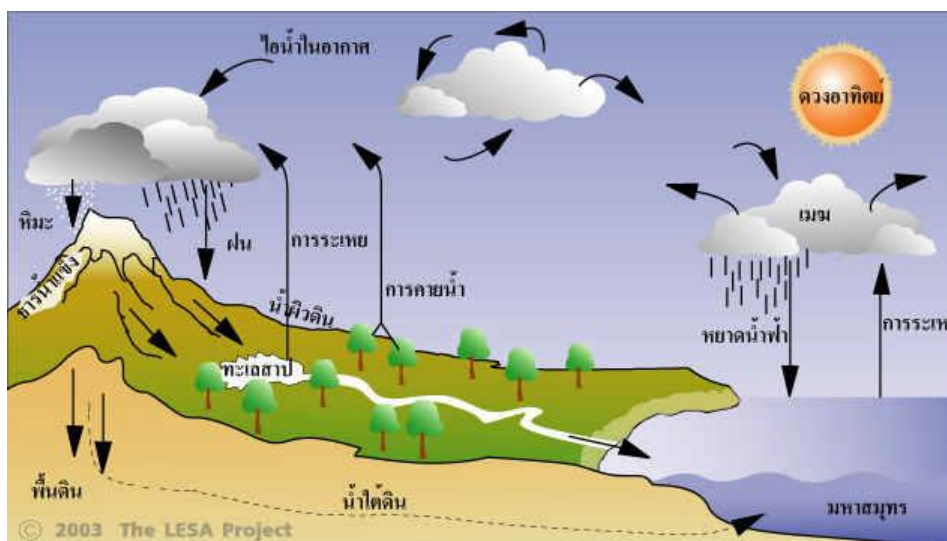
## 7.1 น้ำในบรรยากาศ

รูปแบบของน้ำในอากาศมักจะเกิดในสถานะของไอน้ำที่ไม่สามารถมองเห็นในรูปของไอน้ำ แม้ว่าจะมีน้ำปรากฏอยู่ในบางระดับทั่วไปในบรรยากาศ บางครั้งก็จะเกาะตัวรวมกันเป็นเมฆ ซึ่งแสดงถึงลมฟ้าอากาศทั่วไปที่จะเกิดขึ้น น้ำเข้าไปอยู่ในบรรยากาศโดยกรรมวิธีของการระเหยและการกลายเป็นไอจะกลับมายังโลกโดยการเป็นน้ำฟ้าซึ่งทำให้วัฏจักรของน้ำครบสมบูรณ์ ซึ่งจะเกิดที่ระดับความสูงไม่เกิน 6,500 ฟุตจากพื้นผิวโลก ส่วนระดับที่สูงขึ้นไปกว่านี้จะมีปริมาณไอน้ำอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น แหล่งสำคัญของไอน้ำคือมหาสมุทร ซึ่งมีอยู่ประมาณ 3 ใน 4 ของพื้นผิวโลก แหล่งไอน้ำที่สำคัญอีกแห่งหนึ่งคือพื้นดินที่มีความชื้นหรือบริเวณที่มีพืชพันธุ์ขึ้นหนาแน่นรวมถึงน้ำที่อยู่บนพื้นดิน

ปริมาณน้ำหรือไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศนั้นจะไม่คงที่ จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา บริเวณที่มีความแห้งแล้งมากที่สุดจะปริมาณไอน้ำอยู่เพียง 0.97 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบริเวณที่มีปริมาณไอน้ำมากที่สุดจะมีไอน้ำประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ความเปลี่ยนแปลงของไอน้ำมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากปริมาณความชื้นในอากาศมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงต่อการเกิดฝน ไอน้ำจะดูดพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์และเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของอากาศให้เป็นปกติ ถ้าปริมาณไอน้ำในอากาศมีอยู่มาก จำนวนพลังงานที่ถูกเก็บไว้ในไอน้ำก็จะยังมีมาก เป็นผลให้เกิดพายุและอากาศแปรปรวน ปริมาณไอน้ำในอากาศมีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวของมนุษย์

### 7.1.1 การหมุนเวียนของน้ำ

การระเหยของน้ำจากพื้นน้ำในมหาสมุทรและพื้นดินในพื้นที่เปียก การกลั่นตัวของไอน้ำในบรรยากาศ และการตกกลับมาสู่โลกในรูปของฝนและหิมะเรียกว่าวัฏจักรของน้ำ (hydrologic cycle) ซึ่งเป็นการถ่ายเทแลกเปลี่ยนน้ำระหว่างมหาสมุทร พื้นทวีป และบรรยากาศ เนื่องจากพื้นทวีปมีปริมาณหยาดน้ำฟ้า เช่น ฝน หิมะ มากกว่าปริมาณของไอน้ำที่ระเหยออกไป และพื้นน้ำในมหาสมุทรมีปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปมากกว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา ดังนั้น น้ำจะต้องถ่ายเทไปมาระหว่างพื้นทวีปและมหาสมุทร ไอน้ำบางส่วนจากพื้นน้ำในมหาสมุทรจะระเหยเข้าสู่บรรยากาศและถูกพัดเข้าหาฝั่งทวีป ไอน้ำนี้เมื่อรวมกับไอน้ำที่ระเหยมาจากพื้นทวีปก็จะกลั่นตัวมาเป็นฝนหรือหยาดน้ำฟ้าอื่น น้ำฝนนี้จะไหลลงสู่พื้นดินเป็นน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล และไหลสู่แม่น้ำลงสู่ทะเลอีกทอดหนึ่ง น้ำฝนอีกส่วนหนึ่งจะถูกลมพัดกลับไปยังมหาสมุทร นอกจากนั้น ไอน้ำจากมหาสมุทรมายังกลั่นตัวเป็นฝนตกลงสู่มหาสมุทรโดยตรงด้วย น้ำฝนบางส่วนถูกพืชดูดซึมเอาไว้แล้วปล่อยน้ำออกสู่บรรยากาศโดยกระบวนการคายน้ำของพืช ดังภาพที่ 7.1



ภาพที่ 7.1 วัฏจักรน้ำ

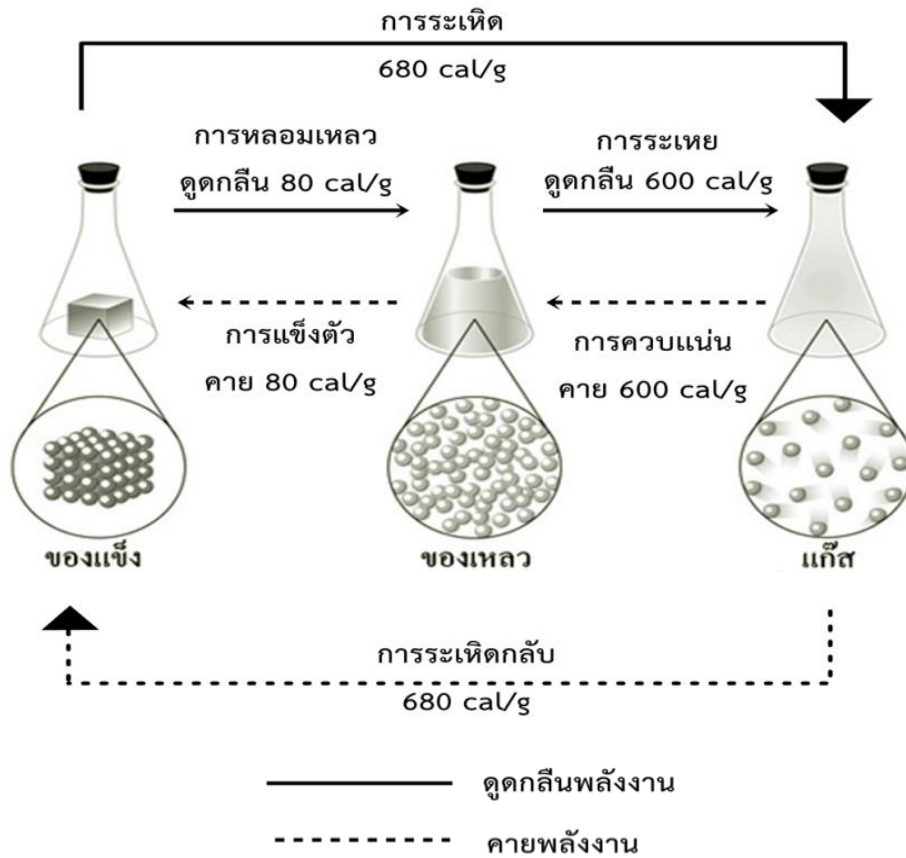
ที่มา ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, ม.ป.ป.

### 7.1.2 การเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ

การเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำจะคงตัวอยู่ได้ 3 สถานะคือ ของแข็ง ของเหลว และ ก๊าซ ไอน้ำในอากาศจะอยู่ในสถานะก๊าซ ไอน้ำจึงเป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเช่นเดียวกับ อากาศ และ ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ อากาศจะสามารถรับไอน้ำไว้ในปริมาณจำกัด และปริมาณไอน้ำนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอุณหภูมิในอากาศ บริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะสามารถรับไอน้ำไว้ในปริมาณที่มากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า น้ำอาจเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม กรรมวิธีการเปลี่ยนสถานะของน้ำมีหลายวิธี ดังตารางที่ 7.1 และกระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ ดังภาพที่ 7.2

ตารางที่ 7.1 กรรมวิธีการเปลี่ยนสถานะของน้ำ

กรรมวิธี	สถานะแรก	สถานะสุดท้าย
การหลอมเหลว (melting)	น้ำแข็ง	น้ำ
การระเหิด (sublimation)	น้ำแข็ง	ไอน้ำ
การระเหย (evaporation)	น้ำ	ไอน้ำ
การกลั่นตัว (condensation)	ไอน้ำ	น้ำแข็ง
การระเหิดกลับ (deposition)	ไอน้ำ	น้ำแข็ง
การแข็งตัว (freezing)	น้ำ	น้ำแข็ง

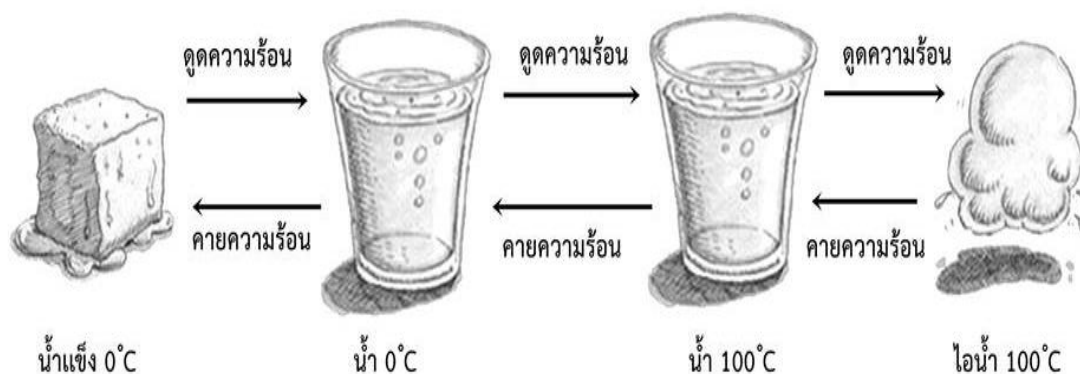


ภาพที่ 7.2 กระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ

ไอน้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญของวัฏจักรของน้ำ โดยที่ไอน้ำมีสภาพเป็นก๊าซและมีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ ปริมาณของไอน้ำในอากาศมาจากระเหยaporationของน้ำจากแหล่งน้ำบนพื้นโลก ซึ่งการระเหยเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพจากของเหลวเป็นก๊าซ การระเหยของน้ำจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 5 ประการ ดังนี้

1. อุณหภูมิ น้ำที่มีอุณหภูมิสูงหรือน้ำร้อนจะระเหยได้มากกว่าน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำหรือน้ำเย็น
  2. ความชื้นของอากาศ ในบริเวณที่อากาศมีความชื้นต่ำ น้ำจะระเหยได้มากกว่าบริเวณที่อากาศมีความชื้นสูง
  3. ความเร็วลม บริเวณที่มีลมพัดแรงน้ำจะระเหยได้มากกว่าบริเวณที่มีลมพัดเบา ๆ หรือลมสงบ ทั้งนี้เพราะเมื่อลมพัดแรงจะทำให้โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้นจนสามารถหลุดออกมาได้
  4. พื้นที่ผิวในการระเหย พื้นน้ำที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศมากกว่า จะระเหยได้มากกว่า เพราะในอุณหภูมิของอากาศปกติ น้ำจะระเหยเฉพาะผิวหน้า
  5. ส่วนประกอบของน้ำ น้ำจืดที่บริสุทธิ์จะระเหยได้ดีกว่าน้ำทะเลที่มีสารอื่นประกอบอยู่
- สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำคือ การแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนเมื่อน้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำต้องการความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเรียกว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

ซึ่งมีค่าประมาณ 600 แคลอรีต่อกรัม เช่นเดียวกันเมื่อไอน้ำจะควบแน่นเป็นน้ำก็จะคายความร้อนออกมาเรียกว่าความร้อนแฝงของการควบแน่นซึ่งมีค่าประมาณ 600 แคลอรีต่อกรัม และในทำนองเดียวกัน เมื่อน้ำจะกลายเป็นน้ำแข็งต้องคายความร้อนออกเรียกว่าความร้อนแฝงของการเยือกแข็งซึ่งมีค่าประมาณ 80 แคลอรีต่อกรัม และเมื่อน้ำแข็งละลายเป็นน้ำต้องการความร้อนในการหลอมเหลวเรียกว่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว ซึ่งมีค่าประมาณ 80 แคลอรีต่อกรัม ดังภาพที่ 7.3



ภาพที่ 7.3 ปริมาณความร้อนในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ

สำหรับการระเหยจะเกิดขึ้นเมื่อน้ำแข็งเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำโดยไม่ผ่านการเป็นน้ำจะใช้ความร้อนแฝงปริมาณมาก และเมื่อไอน้ำควบแน่นจนเป็นน้ำแข็งจะคายความร้อนแฝงออกมาเป็นปริมาณมาก โดยความร้อน 1 แคลอรี คือ ความร้อนที่ทำให้ น้ำปริมาตร 1 กรัมมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ความร้อนที่เปลี่ยนน้ำแข็ง 1 กรัม ให้เป็นน้ำโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงจะต้องใช้ความร้อน 80 แคลอรี และจะต้องใช้ความร้อนถึง 600 แคลอรีที่จะให้น้ำ 1 กรัม ระเหยเป็นไอน้ำ

กล่าวเพิ่มเติมได้ว่า ไอน้ำในอากาศ เป็นส่วนประกอบอย่างหนึ่งของบรรยากาศ แม้ว่าจะมีอยู่เป็นจำนวนน้อยและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจาก 0-4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร แต่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะลมฟ้าอากาศและเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น เมฆ ฝน หิมะ ลูกเห็บ น้ำค้าง เป็นต้น จะเห็นได้ว่าไอน้ำจะมีพลังงานศักย์มากกว่าน้ำธรรมดา พลังงานที่ไอน้ำเก็บไว้เรียกว่าความร้อนแฝง ส่วนใหญ่ได้มาจากพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ช่วยให้เกิดการระเหย เมื่อไอน้ำกลั่นตัว ความร้อนแฝงเหล่านี้จะปรากฏออกมาและทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น เมื่อน้ำในอากาศมีการกลั่นตัวเป็นฝน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าก่อนฝนจะตกอากาศจะร้อนอบอ้าว

## 7.2 ความชื้นในบรรยากาศ

ความชื้น (humidity) คือ ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในบรรยากาศ ไอน้ำ ได้จากน้ำที่เปลือกโลกได้รับความร้อน จะเป็นสถานะจากของเหลวเป็นแก๊ส การที่จะระเหยเป็นไอน้ำนั้นต้องใช้ความร้อนจำนวนหนึ่งคือ ความร้อนแฝง และจะเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ จำนวนมาก ถ้าเกิดในระดับสูงเราจะเรียกว่า เมฆ ถ้าหากเกิดในระดับต่ำเรียกว่า หมอก โดยปกติแล้วน้ำบนผิวโลกจะมีอยู่ 3 สถานะคือสถานะที่เป็นของแข็ง เช่น น้ำแข็งจะสามารถเปลี่ยนเป็นของเหลวได้ก็คือ น้ำ การเปลี่ยนสถานะหนึ่งเป็นอีกสถานะหนึ่งของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของบรรยากาศ

ความชื้นในบรรยากาศ หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าไอน้ำในอากาศนั้นได้มาจากการระเหยของน้ำจากพื้นโลกปริมาณไอน้ำ ในแต่ละแห่งบนพื้นโลกแตกต่างกัน ในความหมายทางอุตุนิยมวิทยา อากาศแห้งหมายถึงส่วนผสมของก๊าซต่าง ๆ ที่มีอยู่ประจำในบรรยากาศ ส่วนอากาศชื้นนั้นหมายถึงส่วนผสมของอากาศแห้งและไอน้ำ

อากาศชื้น หมายถึง อากาศแห้งรวมกับไอน้ำ น้ำเข้าสู่บรรยากาศโดยการระเหยกลายเป็นไอน้ำ ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศจะเปลี่ยนแปลงตามสถานที่และเวลา

### 7.2.1 การวัดความชื้น

การวัดความชื้น (measures of humidity) เป็นการหาปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ ความชื้นบรรยากาศในช่วงขณะใด ๆ มีวิธีการแสดงค่าหลายอย่างด้วยกัน เมื่อกล่าวถึงวิธีการวัดความชื้นในบรรยากาศสิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจก่อนเบื้องต้นคือ อากาศอิ่มตัว โดยจินตนาการถึงภาชนะปิดที่มีปริมาณน้ำอยู่ครึ่งหนึ่งของภาชนะ และอากาศเหนือผิวน้ำคืออากาศแห้งที่มีอุณหภูมิเดียวกันกับอุณหภูมิ น้ำในเวลานั้น ขณะที่น้ำในภาชนะเริ่มเกิดการระเหยเป็นไอ ความดันไอในอากาศเหนือผิวน้ำจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งความดันไอนี้เป็นผลจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลไอน้ำที่ได้จากการระเหย เมื่อโมเลกุลของไอน้ำหลุดหนีออกจากผิวน้ำเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ความดันไอน้ำเหนือผิวน้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้โมเลกุลของไอน้ำเหล่านี้กลายเป็นน้ำอยู่ในสภาพของเหลวในที่สุด เมื่อโมเลกุลของไอน้ำที่ลงสู่ผิวน้ำน้ำสมดุลกับกับโมเลกุลของไอน้ำที่ออกจากผิวน้ำที่จุด ๆ นี้ อากาศจะมีสภาพอิ่มตัวด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิขณะนั้นและความดันไอนี้เรียกว่าความดันไอน้ำอิ่มตัว (saturated water vapor pressure) การวัดความชื้นในบรรยากาศมีหลายวิธีและวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปได้แก่

**7.2.1.1 ความดันไอน้ำ (water vapor pressure)** ในขณะที่น้ำระเหยเข้าไปในอากาศแห้งไอน้ำจะมีความกดดันเช่นเดียวกับก๊าซอื่น ๆ เรียกความกดดันของไอน้ำนี้ว่าความดันไอน้ำ ความดันไอน้ำจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคของน้ำต่อปริมาตร 1 หน่วย ค่าของความดันไอน้ำจะใช้เป็นมิลลิบาร์ (mb) เช่นเดียวกับความกดอากาศ เนื่องจากความดันไอน้ำจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคของน้ำในอากาศ ถ้าความชื้นในอากาศลดลงความดันไอน้ำจะลดลง อากาศ ณ อุณหภูมิหนึ่งจะ

สามารถรับไอน้ำได้เต็มที่ปริมาณหนึ่งเรียกว่า ความดันไออิ่มตัว ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งในอากาศที่มี อุณหภูมิแตกต่างกันจะสามารถรับไอน้ำได้ต่างกัน ดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 ความสามารถในการรับปริมาณของไอน้ำของอากาศ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ  
ที่ระดับน้ำทะเล

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณของไอน้ำ (g/kg)
-40	0.1
-30	0.3
-20	0.75
-10	2
0	3.5
5	5
10	7
15	10
20	14
25	20
30	26.5
35	35
40	47

ที่มา วิไลลักษณ์ ตั้งเจริญ, 2540, หน้า 47

จากตารางที่ 7.2 หากพิจารณาจากระดับอุณหภูมิจะเห็นว่า ณ อุณหภูมิสูง จะสามารถรับไอน้ำได้มากกว่าอุณหภูมิต่ำ

ขณะที่อุณหภูมิกอากาศคงที่ ความอิ่มตัวของไอน้ำจะขึ้นอยู่กับความกดอากาศ จากกระบวนการระเหยจะมีไอน้ำเข้าสู่บรรยากาศ ทำให้เกิดความดันไอน้ำ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความกดอากาศ การเปลี่ยนแปลงของความกดไอน้ำในอากาศจึงมีผลโดยตรงต่อปริมาณไอน้ำในอากาศด้วย

**7.2.1.2 ความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity)** คือ มวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศขณะใดขณะหนึ่ง หรืออาจกล่าวได้ว่า ความชื้นสัมบูรณ์ คือ ความหนาแน่นของไอน้ำในอากาศ โดยคิดจากมวลของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศแห้ง 1 หน่วยปริมาตร สามารถเขียนเป็นสูตรเพื่อใช้คำนวณหาค่าความชื้นสัมบูรณ์ได้ดังนี้

$$\text{ความชื้นสัมบูรณ์} = \frac{\text{มวลของไอน้ำ}}{\text{ปริมาตรของอากาศแห้ง}}$$

เช่น ในอากาศแห้ง 1 ลูกบาศก์เมตร มีไอน้ำอยู่ 8 กรัม ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศนั้นมีค่าเท่ากับ 8 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความชื้นสัมบูรณ์เป็นค่าที่นิยมใช้กันในงานวิศวกรรม แต่ไม่นิยมใช้ในทางอุตุนิยมวิทยา

**ตัวอย่างที่ 7.1** อากาศในที่แห่งหนึ่งมีปริมาตร 8 ลูกบาศก์เมตร ณ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีไอน้ำอยู่ 32 กรัม ความชื้นสัมบูรณ์มีค่าเท่าไร

$$\begin{aligned} \text{ความชื้นสัมบูรณ์} &= \frac{32 \text{ กรัม}}{8 \text{ ลูกบาศก์เมตร}} \\ &= 4 \text{ กรัมต่อลูกบาศก์เมตร} \end{aligned}$$

โดยทั่วไปปริมาณไอน้ำจะมีมากในบริเวณศูนย์สูตร และจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อห่างออกไปทางขั้วโลกเหนือและใต้ และอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ปริมาณไอน้ำลดลงคือระยะที่ห่างไกลจากน่านน้ำ เช่น ไกลจากทะเลมหาสมุทร

อากาศแต่ละมวลจะมีความชื้นสัมบูรณ์แตกต่างกันมาก เช่น อากาศที่พัดจากมหาสมุทรอินเดียในฤดูฝนจะมีความชื้นสัมบูรณ์สูง ส่วนมวลอากาศที่พัดมาจากทางเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาวจะมีความชื้นสัมบูรณ์ต่ำมาก

**7.2.1.3 ความชื้นจำเพาะ (specific humidity)** คือ อัตราส่วนของมวลไอน้ำต่อมวลทั้งหมดของอากาศชื้น (ไอน้ำ + อากาศแห้ง) โดยทั่วไปมวลไอน้ำ คิดเป็นกรัมต่อมวลของอากาศคิดเป็น กิโลกรัม

$$\text{ความชื้นจำเพาะ} = \frac{\text{มวลของไอน้ำ}}{\text{มวลทั้งหมดของอากาศชื้น}}$$

เช่น ในอากาศ 1 กิโลกรัมมีไอน้ำอยู่ 8 กรัม ความชื้นจำเพาะมีค่าเท่ากับ 8 กรัมต่อกิโลกรัม ค่าความชื้นจำเพาะจะเปลี่ยนไปเมื่อมีการเพิ่มหรือลดปริมาณของไอน้ำในบรรยากาศ

ถ้าหากทราบความชื้นจำเพาะจะสามารถหาความชื้นสัมพัทธ์ได้ดังตัวอย่าง

**ตัวอย่างที่ 7.2** อากาศที่ระดับน้ำทะเลอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีไอน้ำ 7.5 กรัม กำหนดให้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส อากาศอิ่มตัว 1 กิโลกรัม จะจุไอน้ำได้เต็มที่ 15 กรัม

$$\begin{aligned} \text{ความชื้นสัมพัทธ์} &= \frac{\text{ความชื้นจำเพาะ}}{\text{ความจุไอน้ำ}} \times 100 \\ &= \frac{7.5 \times 100}{15} \\ &= 50 \% \end{aligned}$$

**7.2.1.4 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity)** เป็นค่าบอกความชื้นที่ใช้กันมากที่สุด ความชื้นสัมพัทธ์เป็นค่าที่ใช้วัดความใกล้ถึงจุดอิ่มตัวของไอน้ำในบรรยากาศ ณ อุณหภูมิที่คงที่ ค่าความชื้นสัมพัทธ์คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณไอน้ำในอากาศและปริมาณไอน้ำสูงสุดที่จะมีได้ในบรรยากาศ ณ อุณหภูมิคงที่

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ}}{\text{ปริมาณไอน้ำที่มีได้เต็มที่ในอากาศขณะนั้น}} \times 100$$

เช่น ที่อุณหภูมิ 25°C ในอากาศ 1 กิโลกรัม สามารถมีไอน้ำได้เต็มที่ 20 กรัม แต่ขณะนั้นวัดปริมาณไอน้ำได้ 5 กรัม 10 กรัม และ 20 กรัม

**ตัวอย่างที่ 7.3** เมื่ออุณหภูมิ 25°C ปรากฏว่าอากาศซึ่งไอน้ำอยู่ลูกบาศก์เมตรละ 17.1 กรัม แต่ความจริงแล้ว เมื่อ 25°C นั้น อากาศอิ่มตัวมีไอน้ำอยู่ได้ลูกบาศก์เมตรละ 22.8 กรัม

$$\begin{aligned} \text{ความชื้นสัมพัทธ์} &= \frac{17.1 \times 100}{22.8} \\ &= 75 \% \end{aligned}$$

นั่นคือ อากาศมีเพียง 75 % ของไอน้ำซึ่งอากาศจะสามารถอุ้มไว้ได้เต็มที่

ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะบอกเป็นร้อยละ เนื่องจากปริมาณสูงสุดของไอน้ำที่อากาศ สามารถรับไว้ได้นั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ ค่าความชื้นสัมพัทธ์จึงเป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิได้ เช่น ในตอนเช้าตรู่ อุณหภูมิของอากาศจะเย็นเกือบเท่าอุณหภูมิอากาศต่ำสุดประจำวัน ค่าความชื้นสัมพัทธ์ อาจจะมีค่าเกือบร้อยละ 100 แต่ในขณะกลางวันเมื่ออุณหภูมิขึ้นสูงกว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์อาจจะลดลง เป็นร้อยละ 40-50 ก็ได้ ถึงแม้ว่าปริมาณไอน้ำในบรรยากาศไม่เปลี่ยนแปลงเลยในวันนั้น

**7.1.2.5 อัตราส่วนผสม (mixed ratio)** คือ อัตราส่วนของมวลไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศขณะนั้นต่อมวลอากาศแห้ง 1 หน่วย อัตราส่วนนี้คิดเป็นกรัม มวลของอากาศแห้งคิดเป็นกิโลกรัม เช่น อัตราส่วนผสม 8 กรัมต่อกิโลกรัม หมายความว่าในอากาศแห้ง 1 กิโลกรัม มีไอน้ำอยู่ 8 กรัม ดังนั้น อัตราส่วนผสมจะมีค่าเท่ากับความสัมพันธ์จำเพาะ แต่เมื่อรวมมวลของไอน้ำในอากาศจะเท่ากับ 1,008 กรัม

**7.1.2.6 จุดน้ำค้าง (dew-point)** เป็นอุณหภูมิที่อากาศเย็นลง โดยค่าความกดอากาศคงที่และด้วยปริมาณไอน้ำคงที่ เพื่อที่จะได้รับสภาวะอิ่มตัวของไอน้ำในอากาศ หรือกล่าวได้ว่าจุดน้ำค้างเป็นอุณหภูมิที่ความดันไอน้ำอิ่มตัว จุดน้ำค้างเป็นค่าที่นิยมใช้กันมาก โดยทั่วไปจุดน้ำค้างจะมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิของอากาศ ยกเว้นในกรณีที่อากาศอยู่ในสภาวะอิ่มตัวของไอน้ำ ซึ่งค่าจุดน้ำค้างจะมีค่าเท่ากับค่าอุณหภูมิของอากาศ จุดน้ำค้างจะลดลงตามความสูงประมาณ 2 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร จุดน้ำค้างเป็นตัวชี้ที่ดีเกี่ยวกับความสบายของมนุษย์ต่ออากาศที่ร้อนและชื้น มนุษย์จะรู้สึกอึดอัดเมื่ออากาศเต็มไปด้วยความชื้น เมื่อจุดน้ำค้างสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส อาจจะทำให้คนที่อยู่ในเขตร้อนที่มีความเคยชินต่อสภาพอากาศ แต่อย่างไรก็ตาม ความรู้สึกไม่สบายหรืออึดอัดต่อสภาพอากาศขึ้นอยู่กับ ความรู้สึกของแต่ละคน บางคนรู้สึกอึดอัดเมื่อจุดน้ำค้างสูงกว่า 17 องศาเซลเซียส แต่บางคนยังรู้สึกพอทนได้ ณ จุดน้ำค้าง 22 องศาเซลเซียส

### 7.3 เครื่องมือวัดความชื้นในบรรยากาศ

เครื่องมือที่ใช้วัดความชื้นหรือปริมาณไอน้ำในอากาศนั้นมีอยู่หลายประเภท ดังนี้

#### 7.3.1 ไฮโกรมิเตอร์

ไฮโกรมิเตอร์ (hygrometer) เป็นเครื่องมือวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ที่ประกอบด้วยเส้นผมเส้นเดียวหรือหลายเส้น จึงเรียกเครื่องมือชนิดนี้ว่า hair-hygrometer อาศัยหลักการทำงานที่ว่า ถ้าหากค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นเส้นผมก็จะขยายตัวยาวขึ้น ในขณะที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ลดน้อยลง เส้นผมก็จะหดตัวสั้นลง เส้นผมดังกล่าวจะเชื่อมต่อกับกลไกทำให้เข็มชี้บอกความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้ ดังภาพที่

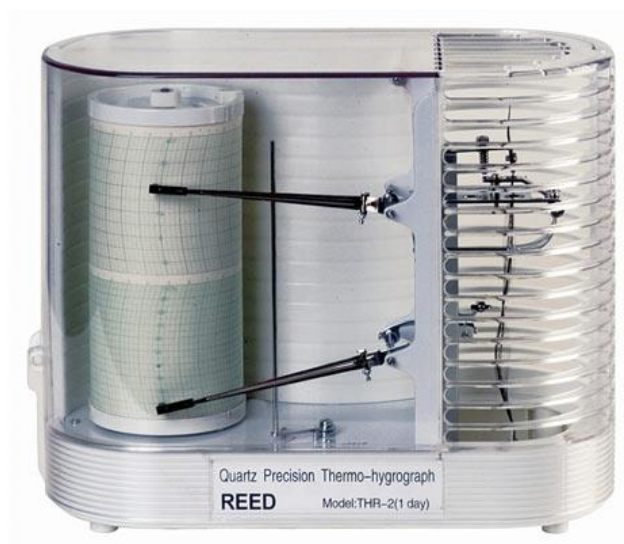


ภาพที่ 7.4 ไฮโกรมิเตอร์

ที่มา Aliexpress, n.d

### 7.3.2 ไฮโกรกราฟ

ไฮโกรกราฟ (hygroph) เป็นเครื่องมือวัดความชื้นของอากาศที่ทำงานแบบอัตโนมัติ โดยการบันทึกค่าของความชื้นติดต่อกันตลอดเวลา ดังภาพที่ 7.5



ภาพที่ 7.5 ไฮโกรกราฟ

ที่มา Nwclimate, 2015

### 7.3.3 ไฮโครมิเตอร์

ไฮโครมิเตอร์ (psychrometer) เครื่องมือที่ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ 2 อันคู่กันโดยเทอร์โมมิเตอร์อันหนึ่งใช้วัดอุณหภูมิของอากาศเรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง และเทอร์โมมิเตอร์อีกอันหนึ่งห่อหุ้มด้วยผ้าฝ้าย (ผ้าฝ้าย) มีด้ายดิบผูกโยงไปยังแก้วน้ำ (3-6 นิ้ว) ให้น้ำซึมมาตามด้ายดิบจนถึงผ้าฝ้าย เรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก หลักในการวัดความชื้นด้วยไฮโครมิเตอร์แบบนี้อาศัยความจริงที่ว่า ทรายใดที่อากาศยังไม่อิ่มตัวคือความชื้นต่ำกว่า 100 % น้ำที่ผ้าฝ้ายจะระเหยออกในการระเหยนี้ต้องใช้ความร้อนจำนวนหนึ่ง ซึ่งได้มาจากตัวเทอร์โมมิเตอร์นั่นเอง ดังนั้น เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกจึงอ่านได้ค่าต่ำกว่ากระเปาะแห้งเสมอ ค่าที่เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกต่ำกว่ากระเปาะแห้งขึ้นอยู่กับอัตราการระเหย ดังภาพที่ 7.6



ภาพที่ 7.6 ไฮโครมิเตอร์

ที่มา ศูนย์อุตุฯ นิยมวิทยาภาคเหนือ, ม.ป.ป.

น้ำที่เกาะอยู่ในผ้าชื้นจะระเหยโดยการแกว่งหรือใช้พัดลมเป่าให้ระเหยออกจากผ้าชื้นจนกระทั่งอุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกเย็นลงถึงจุดต่ำสุด ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งและ เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าความชื้นจำเพาะได้

ถ้าอ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งได้ 34 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของอากาศจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกได้ 28 องศาเซลเซียส แสดงว่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์

กระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกต่างกัน 6 องศาเซลเซียส ดังนั้น ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในขณะนั้น มีค่าเท่ากับ 62 % พิจารณาจากตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 ร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์

อุณหภูมิที่แตกต่าง (°C)	อุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง (°C)						
	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44
0.5	94	95	96	96	97	97	97
1.0	89	90	92	93	93	94	94
1.5	83	86	88	89	90	91	91
2.0	77	81	83	85	86	88	89
2.5	72	76	80	82	83	85	86
3.0	67	72	75	78	80	82	83
3.5	61	67	72	75	77	79	81
4.0	56	63	68	71	74	76	78
4.5	51	58	64	68	71	73	76
5.0	46	54	60	62	68	71	73
6.0	36	46	53	57	62	65	68
7.0	26	38	46	51	57	60	63
8.0	15	26	39	46	51	55	59
9.0	5	21	32	41	46	51	54
10.0		13	25	36	41	46	50
11.0		5	19	31	36	42	46
12.0			13	28	31	37	43
13.0				25	28	33	38
14.0				19	25	29	34

การอ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ทั้งกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก เพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอนจำเป็นต้องให้เทอร์โมมิเตอร์ได้สัมผัสกับอากาศโดยเฉลี่ยที่อยู่รอบ ๆ จึงต้องประกอบเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกเข้ากับที่จับสำหรับแกว่งไปรอบ ๆ จึงเรียกเครื่องมือชนิดนี้ว่าไฮโครมิเตอร์ชนิดแกว่ง

### 7.3.4 ไฮโครมิเตอร์แบบแกว่ง

ไฮโครมิเตอร์แบบแกว่ง (sling psychrometer ) เมื่อนำเครื่องมือไปใช้งานต้องทำให้ผ้ามีสลินที่หุ้มเทอร์โมมิเตอร์ชุ่มน้ำเสียก่อน หลังจากกวัดแกว่งเครื่องมือให้สัมผัสกับอากาศขณะนั้นเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้วจึงบันทึกค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ความแตกต่างของค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองสามารถนำไปคำนวณหรือเปิดตารางหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศขณะนั้นได้ ดังภาพที่ 7.7



ภาพที่ 7.7 ไฮโครมิเตอร์แบบแกว่ง

ที่มา Zoro, 2011

## 7.4 ปรากฏการณ์ที่เกิดจากไอน้ำ

ปรากฏการณ์ที่เกิดจากไอน้ำหรือความชื้นในบรรยากาศ เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มนุษย์คุ้นเคยและพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันปรากฏการณ์เหล่านี้ได้แก่ หยาดน้ำฟ้า หมอก หมอกน้ำค้าง และน้ำค้าง เป็นต้น

### 7.4.1 หยาดน้ำฟ้า

หยาดน้ำฟ้า (precipitation) ทุกชนิดเกิดจากเมฆ แต่เมฆอาจไม่ได้ทำให้เกิดหยาดน้ำฟ้าเสมอไป เพราะการกลั่นตัวรอบ ๆ อนุภาคความชื้นมีน้อยเกินไป หรือหยาดน้ำฟ้าอาจลอยตัวอยู่ได้โดยไม่ตกลงมาเป็นฝน เพราะกระบวนการเกิดฝนจะมีองค์ประกอบหลายอย่าง จึงทำให้เกิดหยาดน้ำฟ้าที่โตและหนักพอที่จะทำให้ตกลงมายังพื้นโลกได้ เม็ดฝนที่โตขนาดนั้นจะประกอบด้วยละอองเมฆถึง 8 ล้านละอองแล้วจึงตกลงมาด้วยความเร็วที่มากกว่าละอองธรรมดาถึง 200 เท่า เชื่อกันว่าการรวมตัวของละอองเมฆทำให้เกิดหยดน้ำฝนจากกระบวนการธรรมชาติคือ การที่เมฆลอยสูงขึ้นไปจนเลยขีดน้ำแข็ง อันเป็นระดับที่น้ำฝนจะตกลงมาในรูปของผลึกน้ำแข็ง ผลึกน้ำแข็งจะกลายเป็นอนุภาคความชื้นที่มีความไวมากที่จะทำให้ละอองน้ำรวมตัวกันเข้าเป็นหยดน้ำ และหยดน้ำฝนที่เกิดจากละอองเมฆวิ่งชนกันแล้วเกาะติดกันให้ใหญ่ขึ้นจนกลายเป็นหยดน้ำฝนตกลงมา ชนิดของหยาดน้ำฟ้าประกอบด้วย

ก) ฝน เป็นหยาดน้ำฟ้าที่รู้จักกันมากที่สุด เกิดจากไอน้ำในอากาศที่คายน้ำ ณ อุณหภูมิที่สูงกว่าซีดน้ำแข็ง

ข) หิมะ เป็นหยาดน้ำฟ้าที่มีสภาวะเป็นของแข็งจากผลึกน้ำแข็งรูปต่าง ๆ รวมตัวกันเป็นเกล็ดหิมะแล้วตกลงมา โดยเฉลี่ยน้ำฝน 1 เมตรจะทำให้เกิดหิมะได้ประมาณ 2 ฟุต

ค) ลูกปลายหิมะ เป็นหยาดน้ำฟ้าในรูปของเกล็ดน้ำแข็งซึ่งมีลักษณะทึบขาว อาจมีรูปร่างลักษณะเป็นทรงกลมหรือกรวยก็ได้ โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 มิลลิเมตร มักเกิดในบริเวณที่มีหยาดน้ำฟ้าอย่างอื่นตกหนักอยู่ เช่น อาจตกพร้อมกับฝนหรือหิมะที่เหลว บริเวณที่ลูกปลายหิมะตก มักจะมีอุณหภูมิพื้นผิวต่ำเกือบถึงจุดเยือกแข็ง

ง) ลูกปลายน้ำแข็ง เกิดขึ้นเมื่อหิมะตกลงมาผ่านชั้นอากาศที่อุ่นกว่า แล้วหลอมเหลวกลายเป็นหยดน้ำฝน เมื่อหยดน้ำฝนตกลงมาผ่านชั้นอากาศที่อยู่ใกล้พื้นผิวซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ก็จะแข็งตัวกลายเป็นเกล็ดน้ำแข็งที่มีลักษณะค่อนข้างโปร่งใส มีรูปร่างทั่วไปเป็นทรงกลมหรือรูปทรงที่ไม่แน่ชัดก็ได้ มีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

จ) ฝนแข็ง เป็นหยาดน้ำฟ้าที่เกิดขึ้นน้อยมากและมีอยู่จำกัด ฝนแข็งเป็นน้ำฝนที่แข็ง ณ จุดเยือกแข็ง

ฉ) ลูกเห็บ เป็นหยาดน้ำฟ้าที่เกิดขึ้นน้อยเช่นเดียวกับฝนแข็ง เป็นก้อนน้ำแข็งที่พอกตัวโตขึ้นกว่าฝนแข็ง เกิดขึ้นเมื่อมีพายุฝนฟ้าคะนอง หรือเกิดขึ้นในเขตหนาวที่มีอากาศชื้นและเย็นจัดมาก ๆ ลูกเห็บเป็นหยาดน้ำฟ้าที่อยู่ในสถานะของแข็ง มีรูปร่างลักษณะกลมหรือรูปทรงที่ไม่แน่ชัดมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 5 ถึง 50 มิลลิเมตร หรือมากกว่านั้น เกิดจากเมฆฝนฟ้าคะนองที่ก่อตัวในแนวตั้ง เรียกว่าเมฆคิวมูโลนิมบัส ลูกเห็บจะมีลักษณะเป็นชั้น ๆ อาจเกิดจากการที่ลูกเห็บถูกกระแสลมพัดขึ้นลงไปมาหลาย ๆ เทียวภายในเมฆคิวมูโลนิมบัสนี้ ในช่วงที่ลูกเห็บตกลงมาในเมฆจะรวบรวมเอาหยดน้ำที่ขวางทางเอาไว้ ซึ่งหยดน้ำที่เกาะกับลูกเห็บนี้จะแข็งตัวเมื่อถูกพัดขึ้นสู่ยอดเมฆ หลังจากที่ถูกเห็บถูกกระแสลมพัดขึ้นลงหลายเทียวจะทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักมากขึ้น จนหล่นลงสู่พื้นในที่สุด

#### 7.4.2 หมอก

หมอก (fog) เป็นการกลั่นตัวของไอน้ำที่เกิดขึ้นในอากาศใกล้พื้นผิวดิน ดังความหมายที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 บริเวณที่ต่ำอากาศที่เย็นกว่าและหนักกว่าจะไหลมารวมกันจนเกิดการกลั่นตัวเป็นหมอกเรียกว่า “หมอกในที่ต่ำ” มักจะเกิดตามภูเขาในตอนเช้า หรือกลางคืนในบริเวณหุบเขา แต่พอแสงแดดจัดขึ้นหมอกจะสลายไปอย่างรวดเร็ว ส่วน “หมอกควัน” เกิดจากอากาศเย็นรวมกันในบริเวณลุ่มแม่น้ำ ฟ้ามีดอันเนื่องมาจากเขม่าและควันบดบังแสงแดด ทำให้มีหมอกอยู่ยาวนาน เพราะความเย็นถูกกักไว้นานทำให้การระเหยเป็นไปอย่างช้า ๆ แต่ถ้าอากาศขึ้นเคลื่อนที่มายังบริเวณพื้นดินที่เย็น ลักษณะเช่นนี้จะทำให้เกิดหมอกที่เรียกว่า “หมอกแนวราบ” มักเกิดในบริเวณที่กว้าง หมอกชนิดนี้เป็นอุปสรรคในการ

คมนาคมมาก โดยเฉพาะการคมนาคมทางอากาศ และหมอกอีกชนิดเกิดจากการเย็นตัวของพื้นผิวดิน เช่น การเกิดหมอกในตอนเช้าตรู่ของฤดูร้อนในเขตที่มีความชื้นมาก ๆ อาทิ ในเขตร้อนชื้น เป็นต้น

### 7.4.3 หมอกน้ำค้าง

หมอกน้ำค้าง (mist) เป็นหยดน้ำหรือสารที่หยดน้ำเกาะตัวอยู่ที่มีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น หยดน้ำเหล่านี้จะลอยตัวอยู่ในอากาศใกล้พื้นผิวและทำให้ทัศนวิสัยเลวลง โดยทั่วไปหมอกน้ำค้างเกิดขึ้นในภาวะอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 100 %

### 7.4.4 น้ำค้าง

น้ำค้าง (dew) เกิดขึ้นเมื่อไอน้ำกลั่นตัว จะเกิดมากตามบริเวณที่เป็นลานหญ้า เนื่องจากการคายน้ำของใบหญ้า จะช่วยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ให้อากาศบริเวณนั้น เนื่องจากใบหญ้าจำนวนมากมีลักษณะวาวเป็นมันจะช่วยให้การกระจายความร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็ว อันเป็นเหตุให้อุณหภูมิลดต่ำกว่าจุดน้ำค้างได้ง่าย เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำค้างแล้ว น้ำค้างจะแข็งเป็นเกล็ดผลึกบาง ๆ ทั้งนี้เกิดขึ้นจากไอน้ำในอากาศกลั่นตัวเป็นน้ำแข็ง ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่าน้ำค้างแข็งและปรากฏการณ์ที่คล้ายกันนี้ถ้าหากเกิดในที่สูงจะรวมตัวกันกลายเป็นผลึกรูปทรงต่าง ๆ เรียกว่าหิมะ

## 7.5 น้ำฝน

น้ำฝนทุกชนิดเกิดจากอากาศลอยขึ้นสูง จึงทำให้อากาศเย็นลงแบบอะเดียเบติก การลอยตัวขึ้นของอากาศแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

### 7.5.1 ฝนที่เกิดจากการยกตัวของอากาศโดยการพาความร้อน

ฝนที่เกิดจากการยกตัวของอากาศโดยการพาความร้อน (convection rain) ผิวโลกที่ได้รับความร้อนจากอากาศจึงลอยตัวขึ้น ระดับอากาศด้านบนเบาบางกว่าและเย็นกว่า เมื่ออากาศลอยขึ้นถึงระดับที่มีอุณหภูมิลดและความหนาแน่นของอากาศเท่ากัน การลอยตัวสูงขึ้นไปจะหยุดลง แต่ถ้ามีการกลั่นตัวเกิดขึ้นก่อนถึงระดับนี้ ความร้อนจากการกลั่นตัวก็ปล่อยออกมาทำให้อากาศร้อนอีก และจะลอยตัวสูงขึ้นไปกว่าระดับที่หยุดอยู่จนกว่าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอีก ในฤดูร้อนที่มีอากาศร้อนมากเนื่องจากการยกตัวของอากาศโดยการพาความร้อนนี้เอง ในตอนบ่ายหรือค่ำจึงมีเมฆก่อตัวในแนวตั้งมากมาย การเกิดสูงขึ้นไปหลายไมล์ในแนวตั้ง และมักจะมีฝนตกด้วย การเกิดฝนแบบนี้จะเกิดเป็นแห่ง ๆ ไม่กระจายแผ่เป็นบริเวณกว้าง ฝนชนิดนี้จะก่อตัวอย่างเต็มที่ในเขตร้อนชื้น เพราะมีทั้งความชื้นและความร้อนอยู่มาก อันเป็นลักษณะที่เหมาะสมที่สุดในการที่จะก่อตัวทางตั้งของอากาศ ฝนที่เกิดจากการยกตัวของอากาศเป็นฝนที่ตกหนักชั่วคราวแล้วก็หมดไป

### 7.5.2 ฝนปะทะภูเขา

ฝนปะทะภูเขา (orographic rain) เมื่อมวลอากาศจำนวนมากถูกผลักดันให้ลอยสูงขึ้น แต่เมื่อเจอสิ่งกีดขวาง โดยที่อากาศชั้นล่างตากปกติจะมีไอน้ำจำนวนมากและลดน้อยลงเมื่อสูงขึ้นไป ดังนั้นเมื่อมวลอากาศด้านล่างมีความชื้นสูงถูกพัดให้ลอยขึ้นไปเนื่องจากมีภูเขาขวางกั้น จึงทำให้เกิดฝนตกลงได้ ฝนประเภทนี้เรียกว่า “ฝนปะทะภูเขา” ลักษณะธรรมชาติที่ทำให้เกิดฝนปะทะภูเขามากที่สุดต้องเป็นบริเวณที่มีภูเขาสูงและตั้งอยู่ริมฝั่งทะเลที่ได้รับลมจากทะเล ฝนที่ตกตามภูเขาส่วนใหญ่เกิดจาก

- ก) การยกตัวลอยขึ้นของอากาศ
- ข) การขวางขึ้นของแนวภูเขาทำให้เกิดการขวางทางลม
- ค) แนวปะทะอากาศทำให้เกิดการยกตัวของอากาศในแนวนอน

ง) การที่อากาศดันขึ้นมานั้นทำให้อากาศอยู่ในสภาวะไม่คงที่ ในบางครั้งอากาศจะลอยสูงขึ้นไปเพียงเล็กน้อยก็มีการกลั่นตัว ดังนั้นภูเขาที่ต่ำกว่า 3,000 ฟุต จะทำให้มีฝนปะทะภูเขาน้อยมาก จึงทำให้เขตภูเขามีฝนตกมากกว่าบริเวณใกล้เคียงอื่น ๆ

### 7.5.3 ฝนที่เกิดจากแนวปะทะอากาศ

ฝนที่เกิดจากแนวปะทะอากาศ (cyclonic rain) เป็นบริเวณที่มวลอากาศสองชนิดมาปะทะกันมักจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศขึ้นสู่เบื้องบน อันเป็นผลมาจากมวลอากาศเย็นที่หนักกว่าจะหมุนซ้อนอากาศร้อนที่เบากว่าให้ลอยสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ ดังนั้นหาแนวปะทะอากาศในบทที่ 6 ในเขตร้อนอุณหภูมิและความหนาแน่นของมวลอากาศที่มาปะทะกันอาจไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ในบริเวณที่อยู่นอกเขตร้อน อากาศที่มาปะทะกันมักจะมี ความแตกต่างกันมาก บริเวณที่อากาศมาปะทะกันแล้วยกตัวขึ้นสูงเป็นประจำได้แก่ บริเวณที่อากาศเคลื่อนเข้าสู่บริเวณความกดอากาศต่ำ และลักษณะของอากาศที่เป็นร่องเช่น ร่องมรสุม ลักษณะที่เป็นศูนย์กลางของความกดอากาศต่ำจะทำให้เกิดพายุไซโคลน อากาศแบบไซโคลนนี้มีลักษณะเด่นมากในระหว่างฤดูหนาว ซึ่งมีลักษณะอากาศส่วนใหญ่ทำให้เกิดฝนตกลงมา

### 7.5.4 ฝนที่เกิดจากดีเปรสชัน

ฝนที่เกิดจากดีเปรสชัน (depression) เมื่อมีดีเปรสชันเกิดขึ้นฝนจะตกกระจายแผ่เป็นบริเวณกว้างและจะมีฝนตกมากในบริเวณศูนย์กลางของดีเปรสชัน ฝนจากดีเปรสชันนี้อาจทำให้เกิดน้ำท่วมเป็นแห่ง ๆ ได้ และฝนอาจตกหนักติดต่อกันเป็นเวลานาน

## 7.6 การตรวจวัดหยาดน้ำฟ้า

ฝน คือ หยาดน้ำฟ้าที่มีขนาดแตกต่างกันไป มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.1-3.5 มิลลิเมตร ถ้าเม็ดฝนมีขนาดใหญ่จะมีอัตราเร็วในการตกลงมายังพื้นดิน 8 เมตรต่อวินาที ถ้ามีขนาดเล็กอัตราเร็วก็จะลดลงตามไปด้วย ซึ่งขึ้นอยู่กับความแรงของกระแสอากาศที่ไหลขึ้นลงในขณะนั้น และถ้าหากเม็ดฝนตกผ่านชั้นบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 100% เม็ดฝนจะระเหยกลายเป็นไอน้ำไม่ตกถึงพื้นดิน แต่จะเป็นกลุ่มเมฆที่มองเห็นมีดึกครึ้มเป็นริ้วบนท้องฟ้า

การตรวจวัดหยาดน้ำฟ้าหรือปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาหลักการวัดเป็นความสูง(ลึก) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรหรือนิ้ว

### 7.6.1 เครื่องมือตรวจวัดน้ำฝน

เครื่องมือตรวจวัดน้ำฝนมีหลายชนิดได้แก่

ก) เครื่องมือวัดฝนแบบธรรมดา จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางของปากกระบอกขนาดต่างกัน เช่น ปากกระบอกรับน้ำขนาด 3.7 นิ้ว ขนาด 5 นิ้ว และ 8 นิ้ว หรือ 20 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่นิยมใช้มากที่สุด เช่น แบบแก้วตวง หรือแบบไม้บรรทัดวัด ดังภาพที่ 7.8



ภาพที่ 7.8 เครื่องวัดฝนแบบธรรมดา

ที่มา Predee Yuenyong, 2560

ข) เครื่องวัดฝนแบบบันทึก เป็นชนิดที่มีปากกาเขียนด้วยหมึกสำหรับบันทึกปริมาณน้ำฝนอย่างต่อเนื่องไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือตลอดสัปดาห์หรือนานกว่านั้น แบ่งออกเป็น 5 แบบ ได้แก่

(ก) แบบใช้ลูกกลอยไม่มีไซฟอน

(ข) แบบใช้ลูกกลอยมีไซฟอนอัตโนมัติ (แบบกาลักน้ำ) ถ่ายน้ำในกระบอกลูกกลอยทิ้ง

เมื่อถึงระดับที่กำหนด เช่น 10 มิลลิเมตร เป็นต้น

(ค) แบบชั่งน้ำหนัก

(ง) แบบกระดก

(จ) แบบผสม

ค) เครื่องวัดฝนแบบรวม ใช้กับสถานที่ที่ไม่สามารถไปเก็บข้อมูลได้สะดวกหรือบ่อยครั้ง เครื่องมือเป็นถังเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่ใส่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งมีจุดเยือกต่ำมาก และผิวบนเป็นชั้นน้ำมันบาง ๆ เพื่อป้องกันการระเหย ปริมาณฝนสามารถวัดได้จากส่วนต่าง ๆ ของของเหลวทั้งหมดกับแคลเซียมคลอไรด์

ง) เครื่องบันทึกความแรงฝน

จ) เครื่องเรดาร์วัดฝน ความแรงคลื่นเรดาร์ที่สะท้อนกลับจะแปรตามความแรงของฝนที่ตกลงมา

การติดตั้งให้ห่างสิ่งกีดขวางประมาณ 3 เท่าของความสูงของสิ่งกีดขวาง ไม่ติดตั้งบนหลังคา หน้าผาสูงชัน หรือบริเวณที่มีลมพัดสอบแรง ปากถังอยู่ในแนวระดับ ควรมีต้นไม้เตี้ย ๆ หรือวัสดุอื่นเป็นกีดบังใต้ปากถังรอบเครื่องวัดฝนเพื่อป้องกันลมพัดสอบ

### 7.6.2 จำนวนน้ำฝน

การรายงานจำนวนน้ำฝนที่ตกรวมภายใน 24 ชั่วโมง พิจารณาตามลักษณะของเขตฝนตกที่ตกในประเทศที่อยู่ในโซนร้อนในย่านมรสุมมีดังนี้

ก) ฝนวัดจำนวนไม่ได้ (trace) คือ ฝนตกมีปริมาณไม่ถึง 0.1 มิลลิเมตร

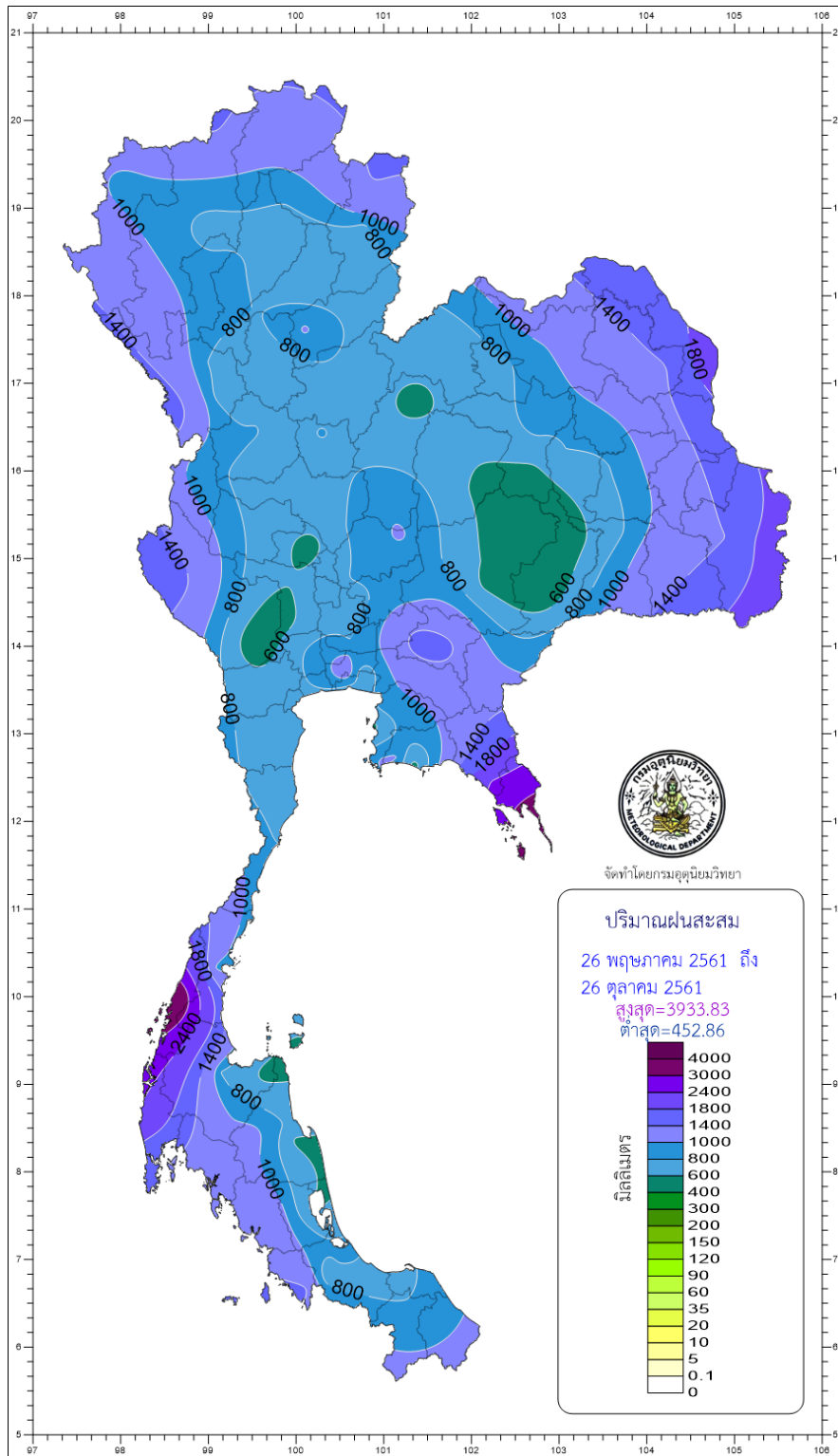
ข) ฝนเล็กน้อย (slight rain) คือ ฝนตกที่มีปริมาณตั้งแต่ 0.1 มิลลิเมตรขึ้นไปแต่ไม่เกิน 10.0 มิลลิเมตร

ค) ฝนปานกลาง (moderate rain) คือ ฝนตกมีปริมาณตั้งแต่ 10.1 มิลลิเมตร ถึง 35.0 มิลลิเมตร

ง) ฝนหนัก (heavy rain) คือ ฝนตกปริมาณตั้งแต่ 35.1 มิลลิเมตร ถึง 90.0 มิลลิเมตร

จ) ฝนหนักมาก (very heavy rain) คือ ฝนตกมีปริมาณตั้งแต่ 90.1 มิลลิเมตร ขึ้นไป

จากข้อมูลจำนวนน้ำฝนข้างต้น เพื่อความเข้าใจง่ายขึ้น กรมอุตุนิยมวิทยาได้ทำแผนที่ปริมาณน้ำฝนโดยใช้สีบอกปริมาณ ดังแผนที่ปริมาณน้ำฝนสะสมในฤดูฝน ดังภาพที่ 7.9



ภาพที่ 7.9 แผนที่ปริมาณฝนสะสมในฤดูฝน  
 ที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2562

### 7.6.3 คำอธิบายลักษณะของฝน

คำอธิบายลักษณะของฝน ฝนธรรมดา ฝนชู่ และฝนฟ้าคะนอง แบ่งออกเป็น 3 อย่างคือ  
 ก) ฝนเบา (light) เม็ดน้ำฝนที่ตกลงมายังพื้นซีเมนต์หรือหลังคา จะไม่มีฝอยน้ำ สะท้อนหรือจะมีก็เห็นได้น้อยเต็มที พื้นดินและกลางแจ้งจะเปียกทั่ว ๆ ไป น้ำที่ไหลจากรางน้ำจะมีสายน้ำ ไหลเพียงริน ๆ อัตราการวัดฝนใน 6 นาที จะวัดได้ตั้งแต่เล็กน้อยถึง 0.25 มิลลิเมตร หรือใน 1 ชั่วโมงจะ วัดได้ไม่เกิน 5.0 มิลลิเมตร

ข) ฝนปานกลาง (moderate) เม็ดน้ำฝนที่ตกลงมายังพื้นซีเมนต์หรือหลังคาเป็นฝอยน้ำ สะท้อนขึ้น น้ำไหลจากรางจะมีสายน้ำขนาด 1/5 ถึง 1/2 ของรางน้ำ และเสียงฝนที่ตกลงมาบนหลังคา จะมีเสียงดังพอสมควร อัตราการวัดฝนใน 6 นาที จะวัดได้ตั้งแต่เล็กน้อยถึง 0.25 ถึง 0.76 มิลลิเมตร หรือใน 1 ชั่วโมงจะวัดได้ตั้งแต่ 5.1 ขึ้นไปจนถึง 25.0 มิลลิเมตร

ค) ฝนหนัก (heavy) เม็ดน้ำฝนที่ตกลงมายังพื้นซีเมนต์หรือหลังคาจะกลายเป็นสภาพ แผ่นแบน ฝอยน้ำจะสะท้อนสูงชันจากพื้นทั้งหลาย ๆ นี้ว แต่ น้ำที่ไหลจากรางน้ำจะมีสายน้ำมากกว่าครึ่ง หรือเต็มรางน้ำ เสียงฝนที่ตกลงมาบนหลังคาจะต้องรัวหนัก อัตราการวัดฝนใน 6 นาที จะวัดได้ตั้งแต่ เล็กน้อยถึง 0.76 มิลลิเมตร หรือใน 1 ชั่วโมงจะวัดได้ตั้งแต่ 25.1 มิลลิเมตร ขึ้นไป

### 7.6.4 การแบ่งลักษณะของฝน

การแบ่งลักษณะของฝน ฝนเบา ฝนปานกลาง และฝนหนัก แบ่งเป็น 2 ลักษณะด้วยกัน

ก) ฝนตกเป็นระยะ (intermittent) คือ ฝนที่ตกเป็นระยะ ตกแล้วหยุด หยุดแล้วตกอีก ไม่ต่อเนื่อง เมื่อรวมเวลาที่หยุดตกแล้วเกิน 10 นาที ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง จนถึงเวลาทำการตรวจแต่ ช่วงระยะเวลาที่ฝนตกเป็นระยะเวลานานพอประมาณ ท้องฟ้าครึ้มฝนเป็นส่วนมาก

ข) ฝนตกตกต่อเนื่องกัน (continuous) คือฝนที่ตกต่อเนื่องกันตลอดเวลาเป็นเวลานาน และตกไม่ขาดเม็ดเลยในระยะเวลา 1 ชั่วโมงจนถึงเวลาทำการตรวจ หรือในช่วง 1 ชั่วโมง ระยะเวลาที่ ฝนหยุดตกหลายครั้งเมื่อรวมกันแล้วไม่เกิน 10 นาที จนถึงเวลาทำการตรวจ ก็ยังถือว่าเป็นฝนตกต่อเนื่อง บางที่อาจต่อเนื่องกันตลอดวัน ตลอดคืน ฝนหนักบ้างบางบ้าง

## 7.7 ปรากฏการณ์ที่เกิดจากแสง

ปรากฏการณ์ที่เกิดจากแสงในท้องฟ้าเกิดจากการเปลี่ยนทิศทางเดินของแสงจากดวงอาทิตย์ เมื่อผ่านตัวกลาง คือ การหักเห การสะท้อนกลับหรือการกระจาย เนื่องจากบรรยากาศประกอบด้วยเมฆ และอนุภาคเล็ก ๆ จำนวนมากมาย ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจึงน่าสนใจและค่อนข้างสวยงาม ได้แก่

### 7.7.1 วงแสง

วงแสง (halo) มีลักษณะเป็นวงแหวนสว่าง ๆ และค่อนข้างแคบรอบดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์ โดยทำมุมกับจุดศูนย์กลาง  $22^{\circ}$  และในบางโอกาส  $46^{\circ}$  แต่ไม่เห็นบ่อยเท่ากับ  $22^{\circ}$  วงแสงจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางกว้างมากและท้องฟ้าภายในวงแสงก็มีความเข้มของแสงสว่างมากกว่าท้องฟ้านอกวงแสง วงแสงเกิดจากแสงดวงอาทิตย์ หรือดวงจันทร์หักเห เมื่อเคลื่อนที่ผ่านน้ำแข็งรูปปริซึมหกเหลี่ยม น้ำแข็งพวกนี้มักปรากฏอยู่ในเมฆบาง ๆ เช่น เมฆเซอร์โรสเตรตัส ในบางโอกาสจุดสว่างมาก อาจจะมีปรากฏที่ขอบวงแสง  $22^{\circ}$  ทั้งสองด้านของดวงอาทิตย์จุดสว่างทั้งสองนี้เป็นผลมาจากการหักเหของแสง แต่ไม่เป็นไปในรูปของจุดสว่างแทนที่จะเป็นวงแหวนสมบูรณ์

### 7.7.2 ทรงกลด

ทรงกลด (corona) เมื่อแสงอาทิตย์หรือดวงจันทร์เคลื่อนที่ผ่านเมฆบาง ๆ ที่ประกอบด้วยหยดน้ำ เช่น เมฆอัลโตสเตรตัส หรือในบางกรณีที่แสงเคลื่อนผ่านหมอกหรือฝนละออง แสงจะหักเหทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า พระอาทิตย์ทรงกลดหรือพระจันทร์ทรงกลด มีลักษณะเป็นวงสว่าง อาจจะมีหลายวงและมีสีต่าง ๆ มากมาย ล้อมรอบดวงอาทิตย์หรือดวงจันทร์ และมักจะมึร์คมีมุมกับจุดศูนย์กลางต่ำกว่าวงแสงเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลดจะแคบกว่าวงแสงทรงกลด เกิดจากการเบี่ยงเบนของรัศมีของแสงเมื่อผ่านหยดน้ำรูปทรงกลมในเมฆจะสังเกตเห็นปรากฏการณ์ทรงกลด ควรระมัดระวังที่จะไม่มองพระอาทิตย์ทรงกลดโดยตรงด้วยตาเปล่า เพราะความเข้มของแสงจะทำอันตรายต่อดวงตาได้

### 7.7.3 รุ้งกินน้ำ

รุ้งกินน้ำ (rainbow) เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่งที่คุ้นเคยมากที่สุด รุ้งกินน้ำมีลักษณะเป็นเส้นโค้งที่ประกอบด้วยสีต่าง ๆ 7 สี คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง สีเหล่านี้เกิดขึ้นเมื่อแสงหักเหและสะท้อนกลับเมื่อผ่านละอองน้ำหรือหยดน้ำเล็ก ๆ ที่ลอยตัวอยู่ในอากาศ รุ้งกินน้ำที่เกิดจากแสงอาทิตย์จะสว่างกว่ารุ้งกินน้ำที่เกิดจากแสงจันทร์ รุ้งกินน้ำจะเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ผู้สังเกตหันหลังให้ดวงอาทิตย์ และละอองน้ำในอากาศอยู่ในตำแหน่งมุมที่พอเหมาะที่จะทำให้เกิดการสะท้อนของแสงในละอองน้ำได้พอดี ปกติรุ้งกินน้ำจะเกิดขึ้นพร้อมกัน 2 ตัวเสมอ มีสีกลับกันและทำมุมเงยประมาณ  $42^{\circ}$  และ  $50^{\circ}$  รุ้งกินน้ำตัวที่ 1 อยู่ระดับที่ต่ำกว่ามีสีแดงอยู่ข้างบนสีน้ำเงินอยู่ข้างล่าง มีความสว่างและสีเข้มกว่าเพราะเกิดการสะท้อน 3 ครั้ง ส่วนรุ้งกินน้ำตัวที่ 2 อยู่ระดับที่สูงกว่ามีสีน้ำเงินอยู่ข้างบน สีแดงอยู่ข้างล่าง มีความสว่างและสีจางกว่าเพราะเกิดการสะท้อน 4 ครั้ง ทำให้สูญเสียความเข้มไปมากกว่า

## 7.8 บทสรุป

น้ำในอากาศมักจะเกิดในสถานะไอน้ำที่มองไม่เห็น เข้ามาอยู่ในบรรยากาศด้วยกรรมวิธีการระเหยและการกลายเป็นไอ จะกลับมายังโลกโดยการเป็นน้ำฟ้าหรือฝน ซึ่งทำให้วัฏจักรของน้ำครบสมบูรณ์ จะเกิดในระดับความสูงไม่เกิน 6,500 ฟุตจากพื้นโลก ปริมาณไอน้ำที่อยู่ในบรรยากาศนั้นจะไม่คงที่ จะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา บริเวณที่มีความแห้งแล้งมากที่สุดปริมาณไอน้ำจะมีอยู่เพียง 0.97 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบริเวณที่มีไอน้ำมากที่สุดจะมีไอน้ำอยู่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงของไอน้ำมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเกิดฝน ไอน้ำจะดูดความร้อนจากดวงอาทิตย์และเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำจะคงอยู่ได้ 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ กรรมวิธีในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ ได้แก่ การหลอมเหลว การระเหย การระเหย การกลั่นตัว การระเหิดกลับ และการแข็งตัว ในการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนเมื่อน้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำต้องการความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเรียกว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ซึ่งมีค่าประมาณ 600 แคลอรีต่อกรัม เช่นเดียวกันเมื่อน้ำจะควบแน่นเป็นน้ำก็จะคายความร้อนออกมาเรียกว่าความร้อนแฝงของการควบแน่น ซึ่งมีค่าประมาณ 600 แคลอรีต่อกรัม และในทำนองเดียวกัน เมื่อน้ำจะกลายเป็นน้ำแข็งต้องคายความร้อนออกเรียกว่าความร้อนแฝงของการเยือกแข็งซึ่งค่าประมาณ 80 แคลอรีต่อกรัม และเมื่อน้ำแข็งละลายเป็นน้ำต้องการความร้อนในการหลอมเหลวเรียกว่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว ซึ่งมีค่าประมาณ 80 แคลอรีต่อกรัม

ความชื้นในบรรยากาศ หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง การระเหยของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ ความเร็วลม พื้นที่ผิวในการระเหย และส่วนประกอบของน้ำ วิธีวัดความชื้นประกอบด้วย ความดันไอน้ำ ความชื้นสัมบูรณ์ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นจำเพาะ อัตราส่วนผสม และจุดน้ำค้าง เครื่องมือที่ใช้วัดความชื้น ได้แก่ ไฮโกรมิเตอร์ ไฮโกรกราฟ และไซโครมิเตอร์

ปรากฏการณ์ที่เกิดจากไอน้ำหรือความชื้นในบรรยากาศ เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มนุษย์คุ้นเคยและพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันปรากฏการณ์เหล่านี้ได้แก่ หยาดน้ำฟ้า หมอก หมอกน้ำค้าง และน้ำค้าง

น้ำฝนทุกชนิดเกิดจากอากาศลอยขึ้น จึงทำให้อากาศเย็นลงแบบอะเดียเบติก การลอยตัวขึ้นของอากาศแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ ฝนที่เกิดจากการยกตัวของอากาศโดยการพาความร้อน ฝนปะทะภูเขา ฝนที่เกิดจากแนวปะทะอากาศ และฝนที่เกิดจากดีเปรสชัน ฝนเป็นหยาดน้ำฟ้าที่มีขนาดแตกต่างกันไป มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.1-3.5 มิลลิเมตร ถ้าเม็ดฝนมีขนาดใหญ่จะมีอัตราเร็วในการตกลงมายังพื้นดิน 8 เมตรต่อวินาที ถ้ามีขนาดเล็กลงอัตราเร็วก็จะลดลงตามไปด้วย ซึ่งขึ้นอยู่กับความแรงของกระแสอากาศที่ไหลขึ้นลงในขณะนั้น และถ้าหากเม็ดฝนตกผ่านชั้นบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า

100% เม็ดฝนจะระเหยกลายเป็นไอน้ำไม่ตกถึงพื้นดิน แต่จะเป็นกลุ่มเมฆที่มองเห็นมีดริ้มเป็นริ้วบนท้องฟ้า

ปรากฏการณ์ที่เกิดจากแสงในท้องฟ้าเกิดจากการเปลี่ยนทิศทางการเดินทางของแสงจากดวงอาทิตย์เมื่อผ่านตัวกลางคือ การหักเห การสะท้อนกลับหรือการกระจาย เป็นต้น เนื่องจากบรรยากาศประกอบด้วยเมฆและอนุภาคเล็ก ๆ จำนวนมากมาย ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจึงน่าสนใจและค่อนข้างสวยงาม

## 7.9 คำถามทบทวน

ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ตัวเลือกใดไม่ใช่เครื่องมือวัดความชื้นในอากาศ
  - ก. altimeter
  - ข. hygrometer
  - ค. hygrograph
  - ง. phychrometer
2. การระเหิด หมายถึงข้อความในตัวเลือกใด
  - ก. น้ำแข็งควบแน่นจนกลายเป็นไอน้ำ
  - ข. ของแข็งเปลี่ยนเป็นไอโดยผ่านการเป็นน้ำ
  - ค. ของแข็งเปลี่ยนเป็นไอโดยไม่ผ่านการเป็นน้ำ
  - ง. ไอน้ำควบแน่นเป็นน้ำแข็งและคายความร้อนออกมา
3. การตากผ้าในสภาพอากาศในตัวเลือกใด ผ้าจะแห้งเร็วที่สุด
  - ก. อากาศชื้น อุณหภูมิสูง
  - ข. อากาศเย็น อุณหภูมิต่ำ
  - ค. อากาศร้อน อุณหภูมิสูง
  - ง. อากาศแห้ง อุณหภูมิต่ำ
4. ตัวเลือกใดคือความแตกต่างระหว่าง “ความชื้นสัมบูรณ์” กับ “ความชื้นสัมพัทธ์”
  - ก. หน่วยปริมาตรที่ใช้วัด
  - ข. อุณหภูมิและความดันอากาศ
  - ค. ปริมาณไอน้ำสูงสุดในอากาศ
  - ง. การระเหยของน้ำในบรรยากาศ
5. ความชื้นสัมบูรณ์ หมายถึงข้อความในตัวเลือกใด
  - ก. อัตราส่วนระหว่างไอน้ำจริงกับไอน้ำอิ่มตัว
  - ข. อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำกับมวลอากาศชื้น

- ค. อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำกับมวลอากาศแห้ง  
 ง. อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำกับปริมาตรของอากาศแห้ง
6. ค่าความชื้นสัมบูรณ์ ใช้กับอาชีพในตัวเลือกใดมากที่สุด
- ก. ประมง  
 ข. วิศวกร  
 ค. เกษตรกร  
 ง. พยากรณ์อากาศ
7. ตัวเลือกใดถูกต้องเมื่อน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ ต้องการความร้อนแฝงในการเปลี่ยนสถานะ
- ก. 200 แคลอรี/น้ำ 1 กรัม  
 ข. 400 แคลอรี/น้ำ 1 กรัม  
 ค. 600 แคลอรี/น้ำ 1 กรัม  
 ง. 800 แคลอรี/น้ำ 1 กรัม
8. ผลต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัวและความดันไอน้ำอิ่มตัวจริงที่อุณหภูมิและความกดอากาศเดียวกัน มีความสัมพันธ์กับตัวเลือกใด
- ก. ความชื้นจำเพาะ  
 ข. ความชื้นสัมพัทธ์  
 ค. อากาศอิ่มตัว  
 ง. เรโซส่วนผสม
9. ตัวเลือกใดมีความสัมพันธ์กับคำว่า “อากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ”
- ก. อากาศสามารถรับไอน้ำได้ในปริมาณน้อย  
 ข. อากาศอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถรับไอน้ำได้อีก  
 ค. อากาศอยู่ในสภาพที่สามารถรับไอน้ำได้ตลอดเวลา  
 ง. อากาศอยู่ในสภาพที่สามารถรับไอน้ำได้ในบางช่วงเวลา
10. ตัวเลือกใดคือ ความหมายของความชื้นจำเพาะ
- ก. อัตราส่วนระหว่างไอน้ำจริงกับไอน้ำอิ่มตัว  
 ข. อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำกับมวลของอากาศชื้น  
 ค. อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำกับมวลของอากาศแห้ง  
 ง. อัตราส่วนระหว่างปริมาณไอน้ำและมวลของอากาศชื้น

11. ที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส อากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ 200 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขณะนั้นมีไอน้ำอยู่จริง 160 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร อยากทราบว่ามีความชื้นสัมพัทธ์เท่าใด

- ก. 80 %
- ข. 76 %
- ค. 74 %
- ง. 72 %

ใช้ตารางต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 12

อุณหภูมิที่แตกต่าง (°C)	อุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง (°C)						
	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44
0.5	94	95	96	96	97	97	97
1.0	89	90	92	93	93	94	94
1.5	83	86	88	89	90	91	91
2.0	77	81	83	85	86	88	89
2.5	72	76	80	82	83	85	86
3.0	67	72	75	78	80	82	83
3.5	61	67	72	75	77	79	81
4.0	56	63	68	71	74	76	78
4.5	51	58	64	68	71	73	76
5.0	46	54	60	62	68	71	73

12. อุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง 32 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกได้ 28 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในขณะนั้นมีค่าเท่าใด

- ก. 80 %
- ข. 76 %
- ค. 74 %
- ง. 72 %

13. จงอธิบายความสำคัญของความชื้นในอากาศต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์มาโดยสังเขป

14. จงอธิบายกรรมวิธีการเปลี่ยนสถานะของน้ำมาโดยสังเขป

15. ชนิดของหยาดน้ำฟ้าประกอบด้วยอะไรบ้างจงอธิบายมาโดยสังเขป

## บทที่ 8

### ภูมิอากาศของประเทศไทย

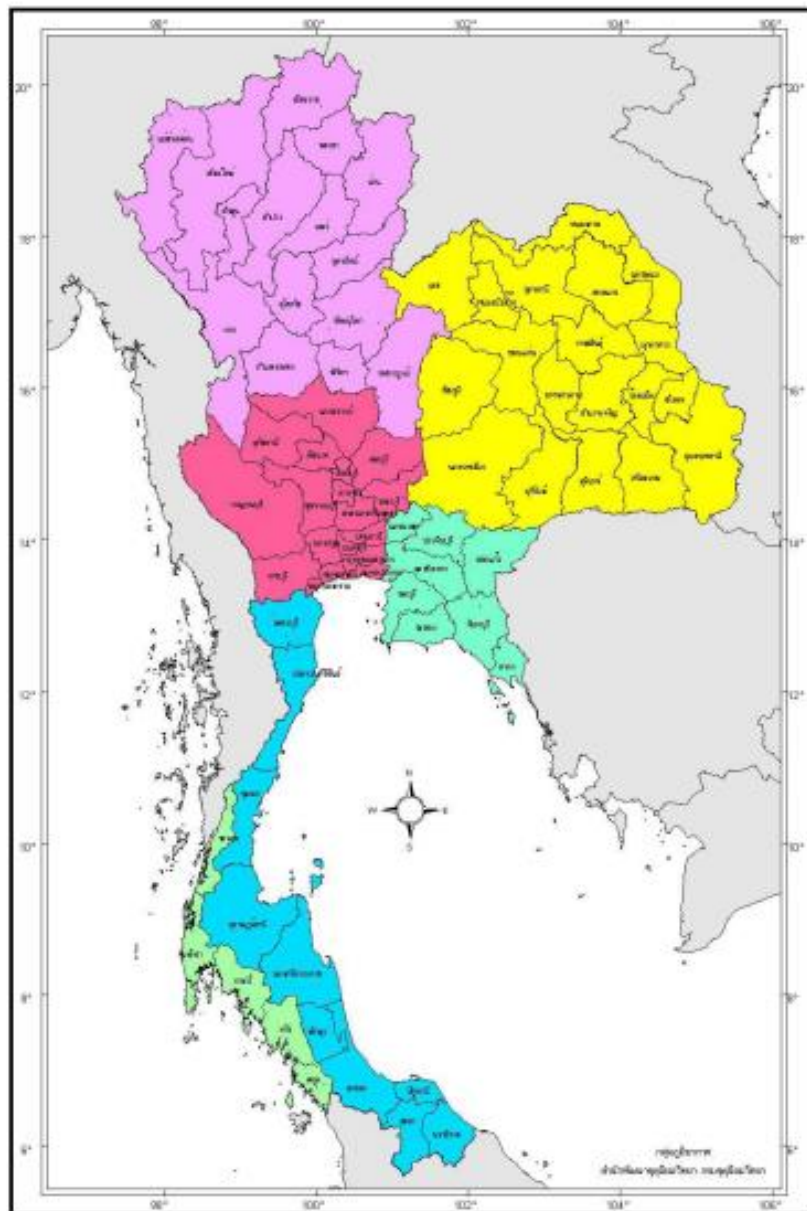
ที่ตั้งของประเทศไทยอยู่ในซีกโลกเหนือทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของภาคพื้นทวีปยูเรเชีย หรือเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร ภูมิอากาศเป็นแบบร้อนชื้นหรือแบบทุ่งหญ้าสะวันนา ทางเหนือของประเทศ ประกอบด้วยภาคพื้นดินกว้างใหญ่ ส่วนทางตอนใต้และทางตะวันออกจะเป็นภาคพื้นน้ำที่กว้างใหญ่เช่นกัน การที่ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำที่กว้างใหญ่นี้เอง ทำให้ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมฤดูร้อนที่พัดจากภาคพื้นทะเลเข้าสู่ภาคพื้นทวีป และลมมรสุมฤดูหนาวที่พัดจากภาคพื้นทวีปลงสู่ภาคพื้นทะเล ทำให้ในช่วงฤดูร้อนมีสภาพอากาศชุ่มชื้นและมีฝนตกชุกติดต่อกันโดยเฉลี่ยประมาณ 6 เดือน ในช่วงฤดูหนาวจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมฤดูหนาว จึงทำให้มีสภาพอากาศที่แห้งแล้งและหนาวเย็น ประมาณ 3 เดือน ส่วนระยะเวลาที่เหลืออีกประมาณ 3 เดือนจะเป็นช่วงที่อากาศร้อนและแห้งแล้งมาก มีอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 19-38 องศาเซลเซียส อากาศจะร้อนที่สุดช่วงกลางเดือนเมษายน

กรมอุตุนิยมวิทยาได้แบ่งประเทศไทยออกเป็น 5 ภูมิภาค ประกอบด้วย ภาคเหนือ 15 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน อุตรดิตถ์ พิษณุโลก สุโขทัย ตาก พิจิตร กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ น่าน และแพร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 19 จังหวัด ได้แก่ หนองคาย เลย อุดรธานี นครพนม มุกดาหาร สกลนคร กาฬสินธุ์ ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ชัยภูมิ ยโสธร ศรีสะเกษ อุบลราชธานี บุรีรัมย์ นครราชสีมา สุรินทร์ หนองบัวลำภู และอำนาจเจริญ ภาคกลาง 19 จังหวัด ได้แก่ นครสวรรค์ อุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง สระบุรี สุพรรณบุรี อยุธยา นครนายก ปทุมธานี กาจนบุรี นนทบุรี นครปฐม กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และราชบุรี ภาคตะวันออก 6 จังหวัด ได้แก่ ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด ส่วนภาคใต้ แบ่งออกเป็น 2 ภาคย่อย คือ ภาคใต้ฝั่งตะวันออก 10 จังหวัด ได้แก่ เพชรบุรี ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส และภาคใต้ฝั่งตะวันตก 6 จังหวัด ได้แก่ ระนอง พังงา ตรัง กระบี่ ภูเก็ต และสตูล

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาสภาพภูมิอากาศของโลกแปรปรวนมากขึ้น โดยมีลักษณะอากาศที่รุนแรง มีแนวโน้มถี่มากขึ้น เช่น เหตุการณ์ฝนตกหนักและอุณหภูมิตกลงอย่างรวดเร็วจนฉับพลันในช่วงฤดูร้อนเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 ได้สร้างความสูญเสียต่อชีวิต ทรัพย์สิน เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้น การทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยซึ่งมีผลต่อภูมิอากาศของประเทศไทยจะทำให้สามารถปฏิบัติตนได้ถูกต้องเมื่อต้องเผชิญกับภัยธรรมชาติในสถานการณ์จริง เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะภูมิประเทศที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมสำคัญ ฤดูกาลของไทย อุณหภูมิของอากาศ ความชื้น ความกดอากาศ ลักษณะของฝน และพายุฝนฟ้าคะนอง พายุหมุนเขตร้อนที่พัดเข้ามาสู่ประเทศไทย

## 8.1. ภูมิประเทศ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนละติจูดต่ำ ซึ่งอยู่ระหว่างเส้นศูนย์สูตรกับเส้นทรอปิกออฟแคนเซอร์ คือ อยู่ระหว่าง 5 องศาเหนือ 37 ลิปดา ถึง 20 องศาเหนือ 27 ลิปดา จึงทำให้ภูมิอากาศของประเทศไทยเป็นแบบโซนร้อน อากาศร้อนเกือบตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีอยู่ระหว่าง 33-38 องศาเซลเซียส ลักษณะภูมิประเทศของไทยสามารถจำแนกออกโดยใช้ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาได้เป็น 5 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ ดังภาพที่ 8.1



ภาพที่ 8.1 การแบ่งภาคทางอุตุนิยมวิทยา  
ที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.

จากลักษณะภูมิประเทศของไทยทำให้ในฤดูหนาวความกดอากาศสูงจากประเทศจีนแผ่เข้ามาได้เป็นครั้งคราว แต่โดยทั่วไปอุณหภูมิจะสูงกว่าจุดเยือกแข็งยกเว้นตามยอดเขาสูง ๆ อาจเกิดเกล็ดน้ำแข็งได้แต่ไม่บ่อยนัก ปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงไปได้มากจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง และจากฤดูหนึ่งไปยังอีกฤดูหนึ่ง แต่ละภาคมีฤดูฝนและฤดูแล้งที่แน่นอน โดยขึ้นอยู่กับกระแสลมที่พัดพาเอาความชุ่มชื้นเข้าไปบริเวณนั้น ๆ ฝนส่วนใหญ่จะเกิดในรูปของฝนฟ้าคะนองหรือฝนชุก ปริมาณเมฆก็เปลี่ยนแปลงมาจากฤดูหนึ่งไปยังฤดูหนึ่ง ปริมาณเมฆจะมากที่สุดตั้งแต่เดือนมิถุนายนไปจนถึงเดือนกันยายน ส่วนมากจะเกิดตามบริเวณด้านหน้าของภูเขาซึ่งเป็นด้านรับลม ส่วนด้านหลังเขาซึ่งเป็นด้านอับลมมักปราศจากเมฆ ทัศนวิสัยโดยทั่ว ๆ ไปดี แต่ทัศนวิสัยเลวอาจเกิดขึ้นได้บ้างในระยะเวลาน้ำสั้น ส่วนใหญ่มักไม่เกิด 2-3 ชั่วโมง พายุโซนร้อนเคลื่อนที่เข้าใกล้ประเทศไทยจากทางทิศตะวันออกได้บ้างบางครั้ง แต่ก่อนที่จะพัดมาถึงประเทศไทยพายุเหล่านี้จะพัดผ่านภูเขาสูงที่ขนานกับชายฝั่งของประเทศเวียดนามและลาวทำให้พายุอ่อนกำลังลงไปได้มาก แบ่งลักษณะภูมิประเทศดังที่กล่าวมาข้างต้นได้ดังต่อไปนี้

### 8.1.1 ภาคเหนือ

ภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเทือกเขา มีภูเขาติดกันเป็นพืดในแนวเหนือ-ใต้ สลับกับหุบเขา ทั้งแคบและกว้างมากมาย ทิวเขาที่สำคัญได้แก่ ทิวเขาแดนลาว ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือ กั้นเขตแดนระหว่างไทยกับพม่า และเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำปิง ทางตะวันตกมีทิวเขาถนนธงชัย และทิวเขาตะนาวศรี บางส่วน ตอนกลางของภาคมีทิวเขาผีปันน้ำ ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำวังและแม่น้ำยม ด้านตะวันออกมีทิวเขาหลวงพระบางซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำน่าน และมีทิวเขาเพชรบูรณ์บางส่วนเป็นแนวกั้นระหว่างภาคนี้กับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ยอดเขาที่สูงที่สุดในประเทศไทย คือ ดอยอินทนนท์อยู่ในเทือกเขาจอมทอง เขตจังหวัดเชียงใหม่ สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 2,565 เมตร ลักษณะอากาศทั่วไปจะหนาวเย็นในฤดูหนาว ร้อนจัดในฤดูร้อน และมีฝนตกในเกณฑ์ปานกลาง

### 8.1.2 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภูมิประเทศเป็นที่ราบสูงและลาดต่ำไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทางตะวันตกมีทิวเขาเพชรบูรณ์ และทิวเขาตงพญาเย็นเป็นแนวกั้นระหว่างภาคนี้กับภาคเหนือและภาคกลาง ส่วนทางใต้มีทิวเขาสันกำแพงกั้นระหว่างภาคนี้กับภาคตะวันออก และทิวเขาพนมดงรักกั้นพรมแดนภาคนี้กับประเทศกัมพูชา ทิวเขาเพชรบูรณ์และทิวเขาตงพญาเย็นซึ่งสูงประมาณ 800 ถึง 1,300 เมตร ทิวเขาพนมดงรักซึ่งสูงประมาณ 400 เมตร เป็นแนวกั้นกระแสลมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้บริเวณด้านหลังเขาซึ่งได้แก่พื้นที่ทางด้านตะวันตกของภาคมีฝนน้อยกว่าทางตะวันออก ลักษณะอากาศในฤดูหนาวจะหนาวเย็น ฤดูร้อนอากาศจะร้อนจัดและแห้งแล้ง

### 8.1.3 ภาคกลาง

ภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม ระดับพื้นที่ลาดลงมาทางใต้ตามลำดับจนถึงอ่าวไทย ในภาคนี้มีภูเขาบ้างแต่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาที่ไม่สูงมาก เว้นแต่ทางด้านตะวันตกใกล้ชายแดนประเทศพม่า มีเทือกเขาตะนาวศรีวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ต่อเนื่องมาจากภาคเหนือเป็นแนวกันพรมแดนกับประเทศพม่า และมีความสูงเกินกว่า 1,600 เมตร ทางตะวันออกมีทิวเขาตงพญาเย็น เป็นแนวแบ่งเขตภาคนี้กับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะภูมิประเทศทำให้เกิดน้ำท่วมได้ง่ายในฤดูฝน ฤดูหนาวอากาศไม่หนาวมากนัก และฤดูร้อนอากาศไม่ร้อนจัด

### 8.1.4 ภาคตะวันออก

ลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาและที่ราบ ทางตะวันออกเฉียงใต้ของภาค มีทิวเขาบรรทัดเป็นแนวกันพรมแดนกับประเทศกัมพูชา ถัดเข้ามามีทิวเขาจันทบุรี ทางเหนือมีทิวเขาสันกำแพง และพนมดงรักวางตัวในแนวตะวันตก-ตะวันออกเป็นแนวแบ่งเขตภาคนี้ กับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทางตะวันตกและทางใต้เป็นฝั่งทะเลติดกับอ่าวไทย มีเกาะใหญ่น้อยมากมาย ลักษณะอากาศโดยทั่วไปมีฝนตกชุกในฤดูฝน ส่วนฤดูหนาวอากาศไม่หนาวมากนัก และฤดูร้อนอากาศไม่ร้อนจัด

### 8.1.5 ภาคใต้

ลักษณะภูมิประเทศเป็นคาบสมุทรขนานไปด้วยทะเลสองด้าน ด้านตะวันตกคือทะเลอันดามัน ด้านตะวันออกคืออ่าวไทย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทะเลจีนใต้ ทางตอนบนของภาคมีทิวเขาตะนาวศรีวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ต่อเนื่องมาจากภาคเหนือและภาคกลาง เป็นแนวกันพรมแดนกับประเทศพม่า ทางตอนล่างของภาคมีทิวเขาภูเก็ตและทิวเขานครศรีธรรมราชวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ แบ่งภาคนี้ออกเป็นสองส่วนคือที่ราบชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกติดกับอ่าวไทย และที่ราบด้านตะวันตกขนานกับชายฝั่งทะเลอันดามัน และช่องแคบมะละกาซึ่งเป็นบริเวณแคบกว่าที่ราบด้านตะวันออก ทางทิศใต้ของภาคมีทิวเขาสันกาลาศีร์กันเป็นแนวพรมแดนกับประเทศมาเลเซีย ลักษณะภูมิอากาศทั่วไปของภาคใต้ทั้ง 2 ฝั่งไม่มีลักษณะของอากาศหนาว

## 8.2 มรสุม

ภูมิอากาศของประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของระบบลมสำคัญ ซึ่งพัดตามฤดูกาลคือลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ดังที่กล่าวมาแล้วในเนื้อหาบทที่ 5 ซึ่งลมมรสุมเป็นลมที่เกิดเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศที่มีอยู่เหนือทวีปกับที่อยู่เหนือมหาสมุทร จึงทำให้มีลมพัดจากบริเวณความกดอากาศสูงไปยังบริเวณความกดอากาศต่ำเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลดังนี้

### 8.2.1 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะเริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมไปจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ แต่บางปีอาจเลยไปถึงกลางเดือนมีนาคม ในช่วงระยะนี้ทางตอนเหนือของทวีปเอเชียแถบประเทศจีนกลายเป็นบริเวณความกดอากาศสูง จึงเกิดมีลมหนาวเย็นและค่อนข้างแห้งพัดเข้าสู่ประเทศไทย ซึ่งเป็นเขตความกดอากาศต่ำกว่า มีผลทำให้อุณหภูมิตั้งแต่ภาคกลางขึ้นไปลดลงเกือบทั่วไป ประเทศไทยจึงเป็นช่วงฤดูหนาวที่มีอากาศแห้งแล้ง ยกเว้นทางภาคใต้ฝั่งตะวันออก เมื่อลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีกำลังแรงที่พัดผ่านอ่าวไทยมาก่อน ทำให้ฟ้ามีเมฆมากและมีฝนตกชุกตามชายฝั่งทะเลด้านนี้

### 8.2.2 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยปกติจะเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมไปจนถึงปลายเดือนกันยายน ส่วนทางภาคใต้ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะเริ่มประมาณต้นพฤษภาคมและไปสิ้นสุดราวกลางเดือนตุลาคม ลมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงจากซีกโลกใต้ เหนือมหาสมุทรอินเดียและทวีปออสเตรเลีย เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตรก็จะเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ตั้งนั้น กำลังแรงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จึงมีความสัมพันธ์กับความแรงของความกดอากาศสูง จากซีกโลกใต้ในบริเวณดังกล่าว ลมนี้มีสมบัติชุ่มชื้น เมื่อพัดเข้าสู่ประเทศไทยจะทำให้มีฝนและเมฆมาก จัดเป็นช่วงฤดูฝนของประเทศไทย บริเวณที่มีฝนตกมากจะเป็นบริเวณชายฝั่งทะเล และตามเทือกเขาด้านรับลม

ช่วงระหว่างลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือกับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เรียกว่าช่วงเปลี่ยนฤดู ลมมีทิศทางไม่แน่นอน ช่วงระหว่างกลางเดือนมีนาคมไปจนถึงกลางเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่แห้ง เริ่มเปลี่ยนเป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่ชุ่มชื้นกว่า ช่วงระยะเวลานี้เป็นช่วงที่ฝนในประเทศไทยเริ่มเพิ่มขึ้น พื้นดินได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อนในบรรยากาศระดับต่ำ ๆ เหนือพื้นดินส่วนใหญ่สูงไม่เกิน 1 กิโลเมตร และจะปรากฏอยู่ไม่นาน อากาศในประเทศไทยระยะนี้ร้อนอบอ้าว อุณหภูมิสูงสุดที่เคยวัดได้ในเดือนเมษายนสูงถึง 45 องศาเซลเซียส แต่เนื่องจากมวลอากาศเย็นจากประเทศจีน ยังสามารถแผ่ลงมาถึงประเทศไทยตอนบนได้บ้างเป็นบางโอกาสทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองอย่างรุนแรงได้ เดือนตุลาคมเป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเริ่มพัดเข้าแทนที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฝนจะลดลงโดยทั่วไป ยกเว้นภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศยังคงมีฝนตกชุกอยู่ เดือนตุลาคมเป็นช่วงระยะเวลาที่พายุดีเปรสชันจากทะเลจีนใต้ เคลื่อนตัวผ่านภาคใต้ของประเทศไทยไปยังอ่าวเบงกอล ทำให้เกิดฝนตกหนักและน้ำท่วมฉับพลันได้ทางภาคใต้ของประเทศไทย

## 8.3 ฤดูกาล

ภูมิอากาศของประเทศไทย แบ่งได้ 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว

### 8.3.1 ฤดูร้อน

ฤดูร้อนเริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ ไปจนถึงประมาณกลางเดือนพฤษภาคม รวมเวลาประมาณ 3 เดือน เมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนืออ่อนกำลังลงในเดือนกุมภาพันธ์ กระแสลมอาทิตย์เคลื่อนผ่านเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางซีกโลกเหนือ จึงเป็นระยะที่อากาศร้อนอบอ้าวโดยจะต่อนมาก ระหว่างปลายเดือนเมษายนและต้นเดือนพฤษภาคมและอาจจะมีพายุฤดูร้อนปรากฏขึ้นบ้างทางประเทศไทยตอนบน ส่วนภาคใต้ซึ่งมีทะเลล้อมรอบ อิทธิพลจากทะเลช่วยบรรเทาความร้อนในฤดูร้อนจึงทำให้อากาศไม่ร้อนนัก ตลอดฤดูนี้ภาคใต้จะมีฝนตกน้อยกว่าระยะอื่น ๆ ของปี ช่วงระยะเวลาการเปลี่ยนจากฤดูหนึ่งเป็นอีกฤดูหนึ่ง มีประมาณ 7-15 วัน เรียกว่าระยะเปลี่ยนฤดู ช่วงนี้ลักษณะภูมิอากาศจะแปรปรวน อาจมีลมฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดพัดเข้าปกคลุมประเทศไทยด้วย ดังนั้น จะสังเกตเห็นว่าฤดูหนาวในประเทศไทยจะไม่หนาวอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา และจะมีบางช่วงที่มีอากาศหนาวเย็นมากเป็นเวลาหลายวันติดต่อกัน หลังจากนั้นสภาพของอากาศจะอุ่นขึ้น เหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องมาจากอิทธิพลของลมความกดอากาศสูงในไซบีเรียนั่นเอง

### 8.3.2 ฤดูฝน

ฤดูฝนเริ่มเมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ปกคลุมประเทศไทยประมาณกลางเดือนพฤษภาคม แต่อาจจะเร็วหรือช้ากว่านี้ได้ถึง 2 สัปดาห์ และจะสิ้นสุดประมาณกลางเดือนตุลาคม รวมเวลาประมาณ 5 เดือน ตอนเหนือของประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก ฝนจะตกชุกในเดือนสิงหาคมและกันยายน ส่วนตอนใต้ของประเทศไทย คือ ใต้กั้นอ่าวไทยลงไป ฝนจะตกชุกในเดือนตุลาคม นับแต่กลางเดือนตุลาคมเป็นระยะที่ลมเริ่มจะเปลี่ยนจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ฝนจะน้อยลงและเริ่มขาดหายไปทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือก่อน ในตอนปลายเดือนตุลาคมฝนทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะหมดลง และจะตกประปรายในภาคกลาง แต่ฝนส่วนใหญ่จะไปตกในอ่าวไทยและภาคใต้ในเดือนพฤศจิกายน

ฤดูฝนทางตอนเหนือเกิดจากอิทธิพลของร่องมรสุมหรือร่องความกดอากาศต่ำ เคลื่อนเข้ามาผ่าน การพัดปกคลุมโดยสม่ำเสมอของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และจากการเคลื่อนตัวผ่านเข้ามาของพายุไซร่อน ร่องมรสุมหรือร่องความกดอากาศต่ำ จะเคลื่อนจากทางใต้ขึ้นมาพาดผ่านตอนล่างของภาคกลางประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งอาจจะช้าหรือเร็วกว่านี้ได้ประมาณ 2 สัปดาห์ ทำให้อากาศกลางเริ่มมีฝนตกสม่ำเสมอ และร่องมรสุมนี้ก็เคลื่อนขึ้นไปทางเหนือเรื่อย ๆ ผ่านภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งจะทำให้ภาคดังกล่าวเริ่มมีฝนสม่ำเสมอ ส่วนภาคกลางและภาคตะวันออกมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดเข้าปกคลุมโดยสม่ำเสมอแทน ร่องมรสุมนี้จะเคลื่อนขึ้นไปทางเหนือเรื่อย ๆ

จนถึงทางตอนใต้สุดของประเทศจีนซึ่งในช่วงนี้ประเทศไทยจะมีมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมโดยตลอดร่องมรสุมนี้จะเริ่มเลื่อนจากทางตอนใต้ของประเทศจีนลงมาทางใต้ประมาณต้นเดือนกันยายน และผ่านภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันออกลงมาตามลำดับจะผ่านลงไปทางภาคใต้ประมาณกลางเดือนตุลาคม ในช่วงตั้งแต่ประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ตอนเหนือของประเทศจะตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของร่องมรสุมและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนี้ในช่วงนี้ยังมีพายุเขตร้อนเคลื่อนตัวผ่านเข้ามาเป็นครั้งคราว เฉลี่ยแล้วประมาณปีละ 3 ลูก ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวนี้จะมีฝนตกในบริเวณตอนเหนือของประเทศ

ในภาคต่าง ๆ ของประเทศในช่วงฤดูฝนจะมีฝนตกมาก ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าล้นตลิ่งท่วมบริเวณที่ราบต่ำ ซึ่งเป็นแหล่งเพาะปลูกใกล้แม่น้ำลำธารได้ บริเวณที่ค่อนข้างแห้งแล้งในช่วงฤดูฝนเป็นแถบที่อยู่ทางด้านตะวันออกของภูเขาตะนาวศรี ซึ่งเป็นบริเวณหลังเทือกเขาตะนาวศรี จึงเป็นด้านปลายลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนภาคใต้มีฤดูฝนแตกต่างจากภาคอื่น ๆ เพราะจะมีฝนเป็นสองช่วง ช่วงหนึ่งจะอยู่ในระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นระยะลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ชายฝั่งตะวันตกของภาคจะได้รับฝนจากลมมรสุมนี้เต็มที่ ส่วนอีกช่วงหนึ่งอยู่ระหว่างพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นระยะมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ชายฝั่งตะวันออกของภาคจะได้รับฝนจากลมมรสุมนี้ โดยเฉพาะตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไปทางใต้

### 8.3.3 ฤดูหนาว

ฤดูหนาวเริ่มเมื่อลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดเข้าสู่ประเทศไทย คือประมาณกลางเดือนพฤศจิกายน จนถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์รวมเวลาประมาณ 3 เดือนในตอนปลายเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนพฤศจิกายน เป็นระยะของการสับเปลี่ยนฤดูในช่วงนี้จะมีฝนตกบ้างและมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเริ่มพัด แต่ยังมีคามเข้มข้นไม่มากนัก หลังจากช่วงนี้ไปแล้วความเข้มข้นของลมมรสุมฤดูหนาวจะมากขึ้นและพัดแรงขึ้น ประกอบกับในช่วงนี้หย่อมความกดอากาศสูงจากไซบีเรีย หรือที่เรียกว่า ลิ่มความกดอากาศสูงไซบีเรีย มีกำลังแรงเป็นครั้งคราว ได้แผ่อิทธิพลลงมาทางใต้

สำหรับฤดูหนาวในประเทศไทยมีลักษณะแตกต่างกันในภาคต่าง ๆ ตามละติจูดที่ตั้งของภาคนั้น ๆ อากาศเย็นและแห้งแล้งจากประเทศจีน ซึ่งพัดมาจากทางทิศเหนือหรือทิศตะวันออกเฉียงเหนือจะมาถึงภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือก่อน และยิ่งรักษาความหนาวไว้ได้มาก จึงทำให้ภาคทั้งสองมีอากาศหนาวในฤดูหนาว ส่วนภาคกลางซึ่งตั้งอยู่ในละติจูดต่ำลงมา อากาศเย็นซึ่งพัดลงมาได้คลายความหนาวเย็นลงไป อุณหภูมิอากาศเริ่มสูงขึ้น เนื่องจากมีทะเลทั้งสองด้าน กระแสลมฝ่ายเหนือต้องพัดผ่านทะเล จึงทำให้ความเย็นคลี่คลายจนหมดไป และยิ่งรับเอาความร้อนและความชุ่มชื้นของอากาศเหนือทะเลเข้าไว้อีก ดังนั้น ในภาคใต้จึงมีลักษณะของอากาศหนาวเย็นของลมฝ่ายเหนืออยู่น้อยที่สุด

## 8.4 อุณหภูมิ

ประเทศไทยแบ่งเขตอุณหภูมิออกได้เป็น 2 เขต คือ

### 8.4.1 ประเทศไทยตอนบน

ประเทศไทยตอนบน ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันออก ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ในผืนแผ่นดินใหญ่ของทวีปและอยู่ในโซนร้อน อุณหภูมิของอากาศอยู่ในเกณฑ์สูงตลอดปี เว้นแต่บริเวณใกล้ทะเลอุณหภูมิในตอนปลายจะลดลงบ้าง อุณหภูมิสูงสุดโดยทั่วไปเฉลี่ยในตอนบ่ายอยู่ระหว่าง 33.0–38.0 องศาเซลเซียส เดือนเมษายนเป็นเดือนที่ร้อนที่สุด อุณหภูมิในประเทศไทยโดยทั่วไประหว่างฤดูร้อนมีพิสัยรายวัน หรือมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดมีค่าประมาณ 8–12 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเคยวัดได้ 44.5 องศาเซลเซียสที่จังหวัดอุดรธานี เมื่อวันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2503 และที่กรุงเทพมหานครอุณหภูมิที่สูงสุดวัดได้ 39.9 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2484

ส่วนในฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำสุดจะอยู่ในเดือนธันวาคมและมกราคม อุณหภูมิภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะลดลงมากกว่าทางภาคอื่น ๆ โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 16 องศาเซลเซียส พิสัยประมาณ 14–15 องศาเซลเซียส ภาคกลางจะมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 20 องศาเซลเซียส ฤดูหนาวในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีอากาศหนาวเย็นกว่าภาคกลางมาก สำหรับสถิติอุณหภูมิต่ำสุดของประเทศไทยนั้นเคยวัดได้ที่จังหวัดเลย 0.1 องศาเซลเซียสเมื่อวันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2498 และวันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2517 และที่กรุงเทพมหานครอุณหภูมิต่ำสุดวัดได้ 9.9 องศาเซลเซียสเมื่อวันที่ 12 มกราคม พ.ศ. 2498

### 8.4.2 ประเทศไทยตอนล่างหรือภาคใต้ทั้งหมด

ประเทศไทยตอนล่างหรือภาคใต้ทั้งหมด อุณหภูมิตลอดทั้งปีไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากอยู่ใกล้ทะเล อุณหภูมิฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้จึงแตกต่างกันไม่มาก ในฤดูหนาวเฉลี่ยประมาณ 26 องศาเซลเซียส ในฤดูร้อนประมาณ 27 องศาเซลเซียส พิสัยประมาณ 1 องศาเซลเซียส จึงกล่าวได้ว่าภาคใต้มีอากาศอบอุ่นตลอดปี สำหรับอุณหภูมิสูงที่สุดเคยวัดได้ถึง 39.0 องศาเซลเซียสที่อำเภอบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี เมื่อวันที่ 10 เมษายน 2492 และอุณหภูมิต่ำที่สุดเคยวัดได้ 13.0 องศาเซลเซียสที่จังหวัดชุมพร เมื่อวันที่ 10 ธันวาคม 2486

## 8.5 ความชื้น

ความชื้นสัมพัทธ์ตอนเช้ามีค่าสูงและมีบ่อยครั้งที่สูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ที่บริเวณใกล้พื้นดิน ถึงแม้ว่าจะมีการผันแปรของความชื้นสัมพัทธ์ตามฤดูอย่างชัดเจน ความชื้นสัมพัทธ์ก็ยังคงสูงตลอดปี ตลอดฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ คือ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อลมฝ่ายเหนือจากผืนแผ่นดินใหญ่ของประเทศจีนพัดลงมาสู่ประเทศไทย มีผลทำให้อากาศในประเทศไทยหนาวเย็นและแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ในระยะนี้จึงต่ำมาก เดือนธันวาคมและเดือนมกราคมเป็นเดือนที่อากาศแห้งที่สุดของปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือในเวลาบ่าย ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงอยู่ระหว่าง 40–50 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ที่จังหวัดตากในเดือนกุมภาพันธ์เคยตรวจพบความชื้นสัมพัทธ์ลดลงถึง 11 เปอร์เซ็นต์ สำหรับภาคอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้ทะเลได้รับอิทธิพลจากทะเล มีลมทะเลที่ชุ่มชื้นมีไอน้ำพัดเข้าถึงได้ เช่น ตอนใต้ของภาคกลาง ผังตะวันออกเฉียงของอ่าวไทย และภาคใต้ทั้งสองฝั่ง ในเดือนธันวาคมและเดือนมกราคม ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 60–70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อย่างเข้าสู่ฤดูร้อนในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน ลมเริ่มเปลี่ยนพัดจากอ่าวไทยเข้าสู่ประเทศทางทิศใต้ และตะวันออกเฉียงใต้ ความชื้นในเวลาบ่ายอาจลดลงได้ต่ำสุดถึง 18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดเข้าสู่ประเทศไทย ความชื้นสัมพัทธ์เริ่มสูงขึ้นเป็นลำดับและในระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยอาจสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์

## 8.6 ความกดอากาศ

ความแตกต่างของความกดอากาศ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นเป็นองค์ประกอบสำคัญ ในฤดูร้อนความกดอากาศส่วนใหญ่ต่ำกว่าปกติและความกดอากาศจะสูงขึ้นในฤดูหนาว สังเกตได้จากแผนที่อากาศพื้นผิวของกรมอุตุนิยมวิทยา ความกดอากาศเฉลี่ยของประเทศไทยระหว่าง 1,010.1–1,010.5 มิลลิบาร์ อยู่ในบริเวณภาคเหนือ ภาคกลางตอนบน ภาคตะวันออกเฉียงใต้ บางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ตอนกลาง โดยปกติพื้นดินจะรับและคายความร้อนได้เร็วกว่าพื้นน้ำ ทำให้ทั้งสองบริเวณมีความกดอากาศแตกต่างกันมาก ก่อให้เกิดลมพัดรุนแรง จนเป็นอันตรายต่อทรัพย์สินและชีวิต

## 8.7 ฝน

ฝนทุกชนิดเกิดจากอากาศลอยตัว ดังที่กล่าวมาแล้วในเนื้อหาบทที่ 7 และที่จะกล่าวถึงในลำดับต่อไป คือ ฝนที่มีอิทธิพลต่อภูมิอากาศของประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศมีฝนตกค่อนข้างมาก มีปริมาณฝนเฉลี่ยของประเทศประมาณ 1,500 มิลลิเมตร หรือประมาณ 60 นิ้วต่อปี ฝนส่วนใหญ่มักเกิดในรูปของฝนชุกหรือฝนตกหนักในระยะเวลาสั้น ๆ และมักจะเกิดบ่อย ๆ ในเวลาเย็นหรือเวลาเช้ามืด ฝนที่เกิดในประเทศไทยแบ่งตามสาเหตุการเกิดได้ 5 ประเภท ดังนี้

### 8.7.1 ฝนปะทะภูเขาหรือฝนภูเขา

ฝนปะทะภูเขาหรือฝนภูเขา ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมมรสุมพัดเอาไอน้ำมาจากทะเลอันดามันและอ่าวเบงกอล และเมื่อกระแสลมพัดปะทะภูเขาที่ทอดตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ เช่น ภูเขาถนนธงชัย ภูเขาตะนาวศรี และภูเขาเพชรบูรณ์ อากาศที่อุ้มน้ำไอน้ำไว้มากเมื่อถูกยกตัวขึ้นไปตามลาดเนินของภูเขาจะเย็นลง ในที่สุดไอน้ำเกิดการกลั่นตัวเป็นเมฆและฝนตกทางด้านรับลม ระหว่างฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณภาคตะวันออกและภาคใต้ด้านตะวันตกจะได้รับฝนจากลมปะทะภูเขาเป็นส่วนใหญ่ สำหรับภาคใต้ด้านตะวันออกจะได้รับฝนประเภทนี้ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

### 8.7.2 ฝนพาคความร้อน

ฝนพาคความร้อน เป็นฝนที่เกิดจากกระแสอากาศไหลขึ้นเบื้องบน เนื่องจากในฤดูร้อนเวลากลางวันพื้นน้ำได้รับความร้อนจากแสงแดดจัด มีการระเหยของน้ำ และการไหลลอยของอากาศและไอน้ำขึ้นสู่เบื้องบน ทำให้เมฆก่อตัวและทวีจำนวนขึ้นตั้งแต่ตอนสายไปจนบ่ายและเย็น เมฆที่ก่อตัวสูงขึ้นขึ้นไปนั้นจะกลั่นตัวเป็นฝนในตอนเย็นและตอนกลางคืน ฝนประเภทนี้อาจตกเป็นแห่ง ๆ ได้ทุกวัน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นเวลาที่ประเทศไทยได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

### 8.7.3 ฝนพายุหมุน

ฝนพายุหมุน เป็นฝนที่เกิดขึ้น เนื่องจากในฤดูฝนเมื่อกระแสอากาศ จากทิศทางต่าง ๆ พัดเข้าสู่ศูนย์กลางในลักษณะทวนเข็มนาฬิกาหรือเกิดการปะทะกันของมวลอากาศสองมวลที่มีสมบัติแตกต่างกัน แล้วเกิดการไหลของอากาศขึ้นสู่เบื้องบนเกิดเมฆและการกลั่นตัวของไอน้ำเป็นเมฆและฝนฝนชนิดนี้มักเกิดระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ แต่ในภาคใต้จะได้รับฝนประเภทนี้ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ในภาคใต้จะได้รับฝนประเภทนี้ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม

### 8.7.4 ฝนแนวปะทะอากาศ

ฝนแนวปะทะอากาศ เป็นฝนที่เกิดขึ้นเนื่องจากมวลอากาศเย็นจากทางเหนือและมวลอากาศร้อนจากทางใต้เคลื่อนที่มาพบกับมวลอากาศเย็นซึ่งหนักกว่าจะซ้อนให้มวลอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้นสู่เบื้องบน เกิดเมฆและการกลั่นตัวของไอน้ำเป็นฝนในบริเวณแนวปะทะอากาศและมักมีพายุฝนฟ้าคะนองรุนแรง ฝนชนิดนี้มักเกิดระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน และระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งเป็นเวลาที่มวลอากาศเย็นจากไซบีเรียหรือจากตอนเหนือของประเทศจีนเคลื่อนลงมาถึงประเทศไทย

### 8.7.5 ฝนร่องความกดอากาศต่ำเขตร้อน

ฝนร่องความกดอากาศต่ำเขตร้อน เป็นฝนที่เกิดเนื่องจากลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือจากซีกโลกเหนือพัดมาพบกับลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ในซีกโลกใต้ ทำให้อากาศพุ่งขึ้นสูงเบื้องบนเกิดเป็นร่องความกดอากาศต่ำเขตร้อน ฝนชนิดนี้มักตกเป็นบริเวณกว้าง และอาจมีพายุฝนฟ้าคะนองอย่างรุนแรง และถ้ามีแนวปะทะอากาศพัดผ่านประจำอยู่กับที่หลายวัน จะมีฝนตกทำให้เกิดน้ำท่วมได้ ฝนนี้เกิดบริเวณตอนกลางของประเทศไทยในระหว่างเดือนกันยายนมากกว่าเดือนอื่น ๆ

สำหรับเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม จะมีฝนตกบ้างในตอนเช้าเรียกว่าฝนชะช่อมะม่วง เป็นคำเรียกชื่อ ฝนที่ตกนอกฤดู ซึ่งในระยะนั้นต้นไม้ต่าง ๆ กำลังออกช่อโดยเฉพาะช่อมะม่วง เมื่อฝนตกลงมาในระยะที่มะม่วงออกช่อ จะทำให้มะม่วงติดผลหรือมีผลตก ชาวนาเรียกฝนนี้ว่าฝนชะลาน เพราะตกในระยะที่ชาวนากำลังนวดข้าวบนลาน ฝนชะช่อมะม่วงเป็นฝนขนาดใหญ่เกิดจากคลื่นกระแสลมตะวันออกเฉียงใต้เข้าสู่พื้นแผ่นดิน

## 8.8 การพิจารณาฝนในประเทศไทย

การพิจารณาฝนในประเทศไทย แบ่งได้เป็น 2 เขต คือ

### 8.8.1 ฝนในประเทศไทยตอนบน

ฝนในประเทศไทยตอนบน ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในเขตนี้ปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งปีตามภาคต่าง ๆ มีมากกว่า 1,000 มิลลิเมตร เว้นแต่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้านหลังของทิวเขาตะนาวศรีซึ่งเป็นพื้นที่อับฝน คือ ตั้งแต่จังหวัดตากลงมา จนถึงจังหวัดกาญจนบุรีจะมีปริมาณต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตร ตลอดฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นระยะเวลาที่มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้ฝนตกหาตอนบนของประเทศน้อย ในฤดูคือระหว่างเดือนมีนาคมและเมษายนฝนเริ่มตกบ้างแต่ยังคงปริมาณไม่มากนัก และส่วนมากจะเป็นฝนที่เกิดจากเมฆคิวมูโลนิมบัส ซึ่งมักจะเกิดพายุฝนฟ้าคะนองและบางทีอาจมีลูกเห็บตกได้ ในฤดูฝนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทำให้เกิดฝนตกหนักตามบริเวณภูเขา และตามบริเวณชายฝั่งทะเลทางด้านรับลมส่วนบริเวณหลังภูเขาด้านอับลมฝนจะน้อย ฝนจะเริ่มตกตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไปจนถึงกลางเดือนตุลาคม ในระหว่างนี้จะมีช่วงฝนน้อยเกิดขึ้นในระหว่างเดือนมิถุนายน หรือเดือนกรกฎาคม และฝนจะกลับมามากหนาแน่นขึ้นอีกในเดือนสิงหาคมและกันยายน เดือนกันยายนเป็นเดือนที่พายุดีเปรสชันจากทะเลจีนใต้เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยตอนบน จึงทำให้ฝนตกมีปริมาณมากที่สุดและบ่อยครั้งทำให้เกิดน้ำท่วมได้ตามบริเวณที่ราบลุ่มทั้งสองฝั่งของแม่น้ำสายต่าง ๆ ตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมไปฝนจะลดลง จำนวนวันที่ฝนตกจะแตกต่างกันไปได้มากคือ จาก 20 ถึง 25 วัน ตามสถานที่อยู่ใกล้ภูเขาด้านรับลมจนถึง 3-4 วัน ตามสถานที่อยู่หลังภูเขาด้านอับลมและปริมาณฝนที่ตกรายเดือนจะผันแปรไปได้มากจาก

ที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งและจากปีหนึ่งไปยังอีกปีหนึ่ง ปริมาณฝนที่ตกหนักใน 24 ชั่วโมง ระหว่างฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อาจจะน้อยกว่า เท่ากับหรือมากกว่าฝนเฉลี่ยรายเดือนได้

### 8.8.2 ฝนในประเทศไทยตอนล่าง

ฝนในประเทศไทยตอนล่าง ได้แก่ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของอ่าวไทย ในเขตนี้ ปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปีมากกว่า 2,000 มิลลิเมตร ได้รับฝนทั้งในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะมีฝนตกชุกโดยเฉพาะทางชายฝั่งด้านตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไปทางใต้จนถึงราวีวาส โดยเฉพาะเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคมจะมีฝนตกมากกว่าเดือนอื่น ๆ ส่วนในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมไปจนถึงเดือนตุลาคมจะมีฝนตกมากทางชายฝั่งด้านตะวันตก ปริมาณฝนรวมทั้งปีมากที่สุดจะพบตามชายฝั่งทะเลทางตะวันตกนี้ที่สถานีจังหวัดระยองมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในประเทศไทย มากกว่า 5,000 มิลลิเมตร อีกบริเวณที่มีฝนตกมากคือ ชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของอ่าวไทย ที่สถานีตรวจอากาศอำเภอคลองใหญ่ในจังหวัดตราด มีฝนรวมทั้งปีเฉลี่ยในรอบ 25 ปี (พ.ศ. 2494–2518) จำนวนถึง 4,766.8 มิลลิเมตร (187.7 นิ้ว)

## 8.9 พายุฝนฟ้าคะนอง

โดยทั่วไปพายุฝนฟ้าคะนองมักจะเกิดในช่วงบ่ายและค่ำ สภาวะที่เอื้ออำนวยให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองจะเป็นระหว่างฤดูร้อน คือ เดือนมีนาคมและเมษายน โดยที่พื้นดินเมื่อได้รับความร้อนอากาศที่อยู่เหนือพื้นดินไปจะไม่มีเสถียรภาพ เนื่องจากการพาความร้อนในแนวตั้งในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อากาศก็ยังไม่เสถียรภาพ ดังนั้น จึงมีพายุฝนฟ้าคะนองเกิดขึ้นในตอนบ่ายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนกันยายน พายุฝนฟ้าคะนองมักจะไม่ได้เกิดบ่อยตามบริเวณชายฝั่งทะเลที่มีลมประจำพัดเข้ามาฝั่งตามปกติ ความถี่ของพายุฝนฟ้าคะนองอาจจะน้อยทางด้านตะวันออกหรือด้านหลังของภูเขาในบริเวณใกล้ ๆ พื้นดินจากนั้นจะค่อย ๆ สูงขึ้นในระดับบนและจะแรงขึ้นในตอนกลางวัน เมื่อเมฆคิวมูลัส ปรากฏในท้องฟ้า และบ่อยครั้งที่การพาความร้อนในแนวตั้งจะแรงที่สุด โดยก่อตัวเป็นเมฆคิวมูโลนิมบัสสูงถึง 12 กิโลเมตร ถึงแม้ว่าพายุฝนฟ้าคะนองจะเกิดเฉพาะแห่ง แต่ค่อนข้างจะรุนแรงและบางครั้งเกิดลูกเห็บตกลงมาได้ ซึ่งเกิดบ่อยที่สุดตามบริเวณตามบริเวณภูเขาทางตอนเหนือของประเทศไทย

### 8.9.1 พายุหมุนที่พัดเข้าสู่ประเทศไทย

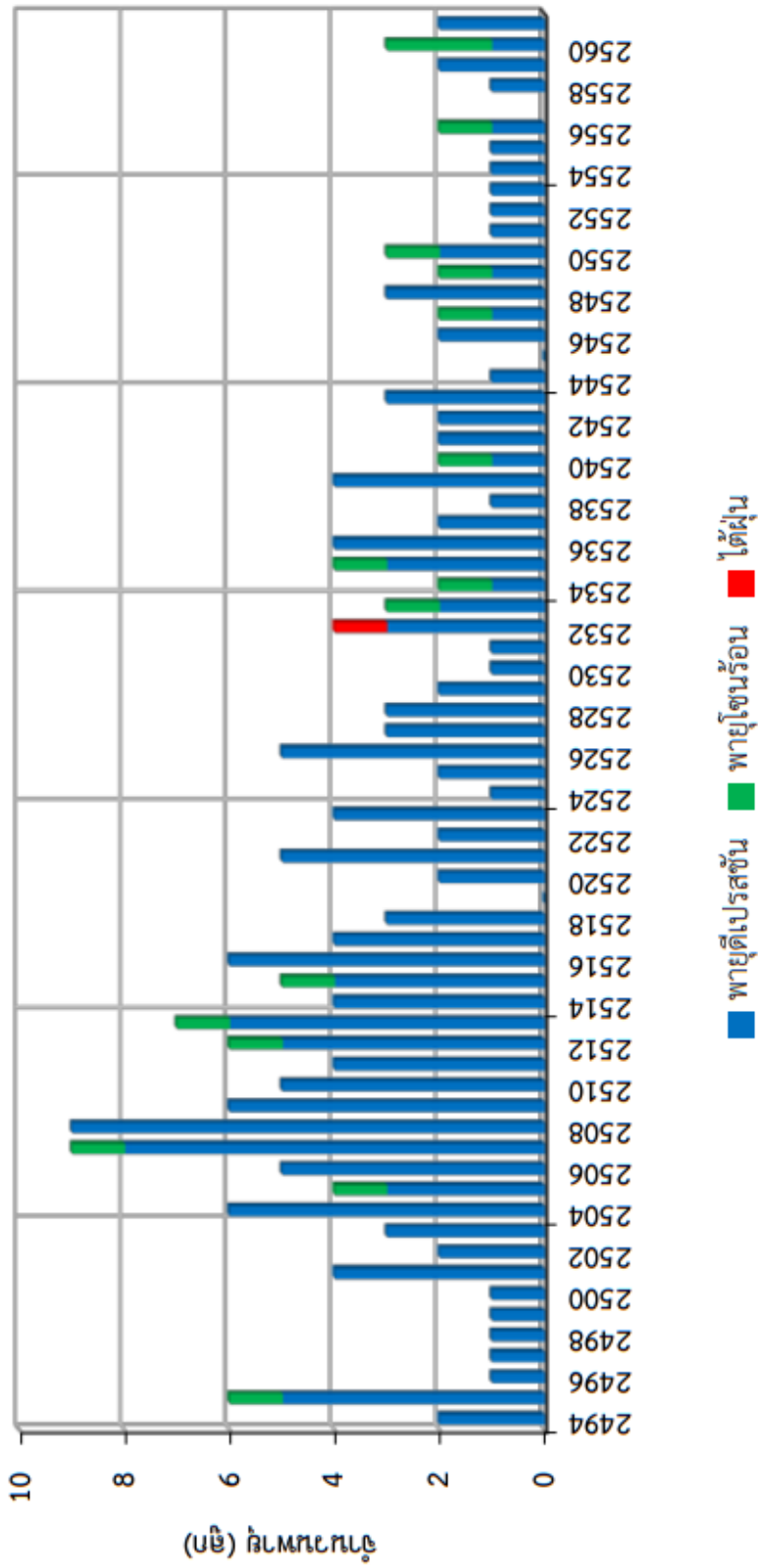
ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างย่านที่มีพายุหมุนเขตร้อนเกิดขึ้น 2 บริเวณ คือบริเวณตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก และอ่าวเบงกอล พายุหมุนเขตร้อน ที่เกิดขึ้นในมหาสมุทรแปซิฟิกตอนเหนือ เมื่อกำลังแรงเต็มที่เรียก “ไต้ฝุ่น” พายุดังกล่าวเมื่อเกิดขึ้นแล้วจะเคลื่อนที่มาทางตะวันตกแล้ววกขึ้นมาจากเหนือ ในบางโอกาสจะเคลื่อนต่อมาทางตะวันตกขึ้นฝั่งเวียดนามและลาวเข้ามาในแผ่นดิน บาง

ลูกสลายตัวไปก่อนเข้าสู่ประเทศไทย และบางลูกก็เคลื่อนเข้าสู่ประเทศทางตะวันออก และในบางครั้งก็เคลื่อนตัวเข้าไปยังประเทศพม่า จนในที่สุดเคลื่อนลงสู่อ่าวเบงกอล กลายเป็นพายุไซโคลน ในขณะที่พายุเคลื่อนเข้ามาใกล้หรือเคลื่อนที่ผ่านประเทศไทย จะมีอิทธิพลทำให้มีฝนตกเป็นบริเวณกว้าง และลมขนาดปานกลาง อาจมีลักษณะลมกระโชกเป็นครั้งคราวได้ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน ส่วนใหญ่แล้วจะเกิดบ่อย ๆ ในเดือนสิงหาคมและเดือนกันยายนแต่ในปลายฤดูคือในเดือนกันยายนและเดือนตุลาคมบริเวณที่เกิดของพายุในมหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้เลื่อนไปอยู่ในละติจูดต่ำ ๆ ใกล้เส้นศูนย์สูตรมาก ถ้าพายุเหล่านี้มีทางเดินจากตะวันออกมาทางตะวันตกเรื่อยมาปะทะกับปลายแหลมญวน และถ้าพายุนั้นมีกำลังแรงขนาดได้ผ่านอาจจะผ่านเหนือแผ่นดินตอนปลายแหลมญวน เข้ามาถึงภาคตะวันออกและชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย ในลักษณะที่ยังมีกำลังขนาดของพายุโซนร้อนหรือพายุไต้ฝุ่นได้

ส่วนพายุไซโคลนที่เกิดในอ่าวเบงกอลจะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ทางเหนือขึ้นสู่ปากีสถาน พม่า พังคลาเทศ อินเดีย และจะเข้าประเทศไทยทางบริเวณระหว่างอำเภอแม่สอด จังหวัดตากและจังหวัดแม่ฮ่องสอน พายุที่เข้ามาทางอ่าวเบงกอลนี้มีน้อยมาก โดยมากมักจะเกิดขึ้นในเดือนเมษายนถึงเดือนเมษายน และอีกครั้งหนึ่งในระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พายุเหล่านี้จะอ่อนกำลังลงมากเมื่อเข้าสู่ประเทศไทย เพราะจะสูญเสียกำลังเนื่องจากผ่านภูเขาชายแดนระหว่างประเทศไทยกับพม่า สรุปลแล้วพายุหมุนที่เข้าสู่ประเทศไทยในปีหนึ่ง ๆ โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 3-4 ลูกและในเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคมไม่ปรากฏว่ามีพายุหมุนชนิดใดผ่านเข้ามาในประเทศไทย

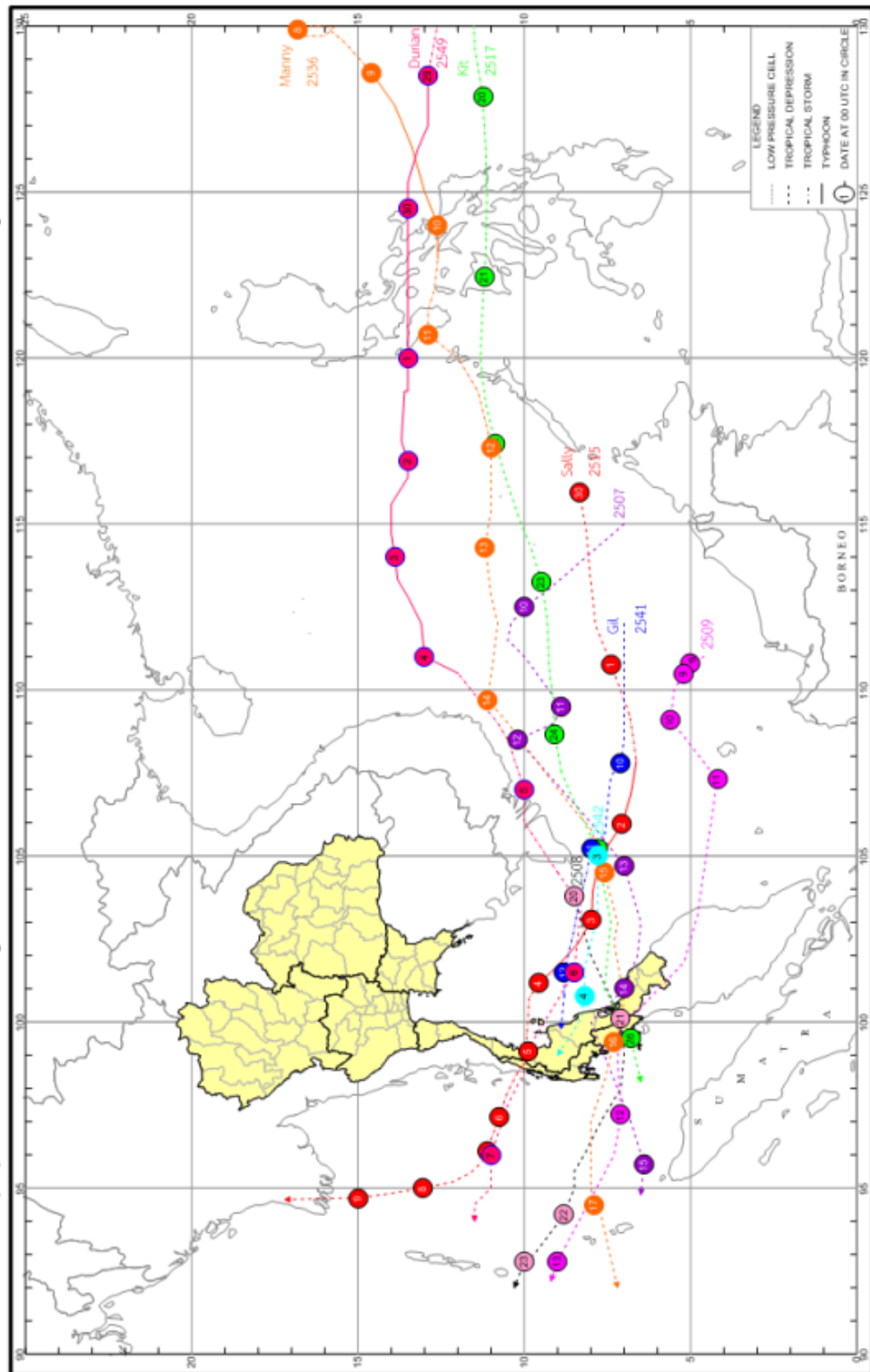
รายชื่อพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในรอบ 68 ปี (พ.ศ.2594-2561) ทั้งสิ้น 197 ลูก ตามสถิติพายุหมุนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย ดังภาพที่ 8.2 โดยมีเส้นทางเดินของพายุุด ดังภาพที่ 8.3 ซึ่งสามารถรวบรวมข้อมูลพายุหมุนที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยได้ ดังตารางที่ 8.1

สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ.2494-2561)



ภาพที่ 8.2 สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย (พ.ศ. 2494-2561)  
ที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2562

พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย คาบ 68 ปี (พ.ศ.2494-2561) ในช่วงเดือนธันวาคม จำนวน 9 ลูก



ภาพที่ 8.3 การเคลื่อนที่ของพายุหมุนเขตร้อนช่วงเดือนธันวาคม (พ.ศ. 2494-2561)

ที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2562

ตารางที่ 8.1 พายุหมุนเขตร้อนที่มีความรุนแรงพัดผ่านประเทศไทย

พ.ศ.	ชื่อพายุ	บริเวณพัดผ่าน	ความเสียหาย
2495	พายุโซนร้อนเว้	จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือไปทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	พายุและน้ำท่วมฉับพลัน ความเร็วลมสูงสุด 90-98 กม/ชม.
2505	พายุโซนร้อนแฮร์เรียต	ขึ้นฝั่งบริเวณพื้นที่แหลมตะลุมพุก อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช	พายุและคลื่นทะเล มีผู้เสียชีวิตประมาณ 870 คน สูญหาย 160 คน บาดเจ็บ 422 คน ไร้ที่อยู่ 16,170 คน ทรัพย์สินสูญเสียชีวิต 960 ล้านบาท
2507	พายุโซนร้อนทิลดา	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ	น้ำท่วมฉับพลัน ความเร็วสูงสุด 30-40 กม/ชม.
2513	พายุโซนร้อนรุส	เกาะสมุย บริเวณจังหวัดชุมพร	พายุและอุทกภัย ความเร็วสูงสุดประมาณ 100 กม/ชม.
2518	อากาศแปรปรวน	เกิดในตอนล่างของภาคใต้ ตั้งแต่ชุมแพลงไป	เกิดอุทกภัย มีผู้เสียชีวิตประมาณ 250 คน
2522	พายุโซนร้อนแนนซี	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก	ทำให้เกิดฝนตกหนักและน้ำท่วม
2523	พายุดีเปรสชันในทะเลจีนใต้	จังหวัดนครพนม อุดรธานี เลย แพร่ และแม่ฮ่องสอน	ทำให้เกิดฝนตกหนักถึงหนักมาก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีผู้เสียชีวิต 2 คน บ้านเรือนเสียหาย 3,605 หลัง ไร่นาเสียหาย 509,527 ไร่ ค่าเสียหายทั้งสิ้นประมาณ 174 ล้านบาท
2523	พายุโซนร้อนรุส	ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	บ้านเรือนเสียหาย 122 หลัง ไร่นาเสียหาย 425,370 ไร่ รวมค่าเสียหายประมาณ 2 ล้านบาท

ตารางที่ 8.1 พายุหมุนเขตร้อนที่มีความรุนแรงพัดผ่านประเทศไทย (ต่อ)

พ.ศ.	ชื่อพายุ	บริเวณพัดผ่าน	ความเสียหาย
2525	พายุโซนร้อนโฮฟ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณจังหวัดมุกดาหาร กาฬสินธุ์ ขอนแก่น เพชรบูรณ์ พิษณุโลก อุตรดิตถ์ และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ทำให้เกิดฝนตกหนัก ถึงหนักมาก และน้ำท่วมภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก มีผู้เสียชีวิต 6 คน ไร่นาเสียหาย ทำให้เกิดฝนตกหนักถึงหนักมาก เกิดน้ำท่วมฉับพลันที่จังหวัด อุบลราชธานีและเกิดน้ำท่วม ในหลายจังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
2526	พายุโซนร้อนคิม	ภาคตะวันออกเฉียงและ ภาคกลางตอนบน	ทำให้เกิดฝนตกหนัก ถึงหนักมาก เกิดน้ำท่วมในภาคกลางและ ภาคตะวันออก รวมทั้งกรุงเทพมหานคร
2527	พายุโซนร้อนเวอร์นิน	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบน	เกิดฝนตกหนักและน้ำท่วม ฉับพลันที่จังหวัดเพชรบูรณ์
2527	พายุไต้ฝุ่นไอดี	ประเทศจีนตอนล่าง	ทำให้เกิดฝนตกหนักและน้ำท่วม ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและ ภาคตะวันออกทำให้ไร่นาเสียหาย และมีผู้เสียชีวิตหลายคน
2528	พายุดีเปรสชันในทะเลจีนใต้ ตอนบน	ประเทศจีนตอนใต้	ทำให้มีฝนตกหนักและหนักมา จนเกิดน้ำท่วมอย่างฉับพลัน ในภาคเหนือตอนบนโดยเฉพาะ ในท้องที่จังหวัดเชียงรายและน่าน เป็นผลให้ราษฎรเสียชีวิต 3 คน และบ้านเรือนราษฎรเสียหาย หลายหลัง

ตารางที่ 8.1 พายุหมุนเขตร้อนที่มีความรุนแรงพัดผ่านประเทศไทย (ต่อ)

พ.ศ.	ชื่อพายุ	บริเวณพัดผ่าน	ความเสียหาย
2528	พายุดีเปรสชันในทะเลจีนใต้ตอนล่าง	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือไทย และภาคใต้ตอนบน	ทำให้มีฝนตกหนัก เกิดสภาวะน้ำท่วมฉับพลัน ทำความเสียหายอย่างมากให้กับ ภาคใต้ตอนบนและภาคกลาง ตอนล่างโดยเฉพาะจังหวัดราชบุรี มีผู้เสียชีวิตกว่า 10 คน บ้านเรือนราษฎรถูกน้ำพัดพังหลาย สิบหลัง ไร่นาและถนนถูกน้ำท่วมเสียหายอย่างมาก
2528	พายุไต้ฝุ่นเซซิล	จังหวัดนครพนม สกลนคร อุดรธานี เลย เพชรบูรณ์ พิษณุโลก อุตรดิตถ์ และแพร่	ทำให้เกิดสภาวะน้ำท่วมอย่างฉับพลัน ในจังหวัดกำแพงเพชร เพชรบูรณ์ สุพรรณบุรี และระยอง
2529	พายุฤดูร้อน	ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง รุนแรงและมีลูกเห็บตก หลายแห่งในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้ง กรุงเทพฯ ทำความเสียหายแก่ ยุ้งฉาง อาคาร บ้านเรือนมากกว่า 700 หลัง มีผู้เสียชีวิตจากการถูก ฟ้าผ่า ไม่น้อยกว่า 3 ราย

ตารางที่ 8.1 พายุหมุนเขตร้อนที่มีความรุนแรงพัดผ่านประเทศไทย (ต่อ)

พ.ศ.	ชื่อพายุ	บริเวณพัดผ่าน	ความเสียหาย
2529	พายุดีเปรสชัน ในอ่าวเบงกอลตอนล่าง	จังหวัดตาก สุโขทัย และอุตรดิตถ์	ฝนตกหนักและหนักมากเป็น บริเวณกว้างในทุกภาคของ ประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ภาคกลางและภาคตะวันออก มีฝนตกหนักติดต่อกันจนเกิด สภาวะน้ำท่วมอย่างฉับพลัน เป็นบริเวณกว้าง เกือบทุกเขตของกรุงเทพฯ ได้มีฝนตกหนักมากทำลาย สถิติประมาณฝนในรอบ 36 ปี จังหวัดอุทัยธานีมี บ้านเรือนพังเสียหายหลาย สิบหลังราษฎรถูกกระแสน้ำ พัดพาไปประมาณ 24 คน จังหวัดซึ่งประสบความ เสียหายเนื่องจากสภาวะ น้ำท่วมฉับพลันได้แก่ จังหวัด นครสวรรค์ กาญจนบุรี ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม สมุทรปราการ และเพชรบุรี
2529	พายุไต้ฝุ่นเวน	ภาคเหนือและภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ	ทำให้มีฝนตกหนักถึงมาก จนเกิดสภาวะน้ำท่วมฉับพลัน ในหลายจังหวัดในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บ้านเรือนเสียหายกว่า 100 หลัง ถนนและสะพานถูกน้ำ ท่วมเสียหายใช้สัญจรไม่ได้

ตารางที่ 8.1 พายุหมุนเขตร้อนที่มีความรุนแรงพัดผ่านประเทศไทย (ต่อ)

พ.ศ.	ชื่อพายุ	บริเวณพัดผ่าน	ความเสียหาย
2529	พายุโซนร้อนจอร์เจีย	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ทำให้มีฝนตกหนักและหนักมากเป็นบริเวณกว้างในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
2531	พายุฝนฟ้าคะนอง	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก	มีลูกเห็บตกที่ จ.บุรีรัมย์ ทำให้บ้านเรือนพังเสียหายประมาณ 6 หลังคาเรือน มีผู้ได้รับบาดเจ็บ 1 คน ที่จังหวัดนครราชสีมา บ้านเรือนราษฎรพังเสียหายรวม 491 หลังคา และมีเรืออับปางที่อ่าวอุตุม จังหวัดชลบุรีมีผู้เสียชีวิต 4 คน
2531	พายุโซนร้อนซูซาน	ภาคเหนือภาคตะวันออกเฉียงเหนือภาคกลาง และตะวันออก	ทำให้เกิดฝนตกหนักและน้ำท่วมฉับพลันที่จังหวัดเชียงราย ตาก เชียงใหม่ และสุรินทร์
2531	พายุโซนร้อนวานเนสซา	ประเทศลาว เวียดนามและอ่าวตังเกี๋ย	ทำให้เกิดฝนตกหนักถึงหนักมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ฝั่งตะวันออก
2532	พายุดีเปรสชันในทะเลจีนใต้ตอนบน	ประเทศเวียดนาม ลาว และไทยทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง	ทำให้มีฝนตกหนักถึงหนักมากทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันเป็นบริเวณกว้างในภาคเหนือภาคตะวันออกเฉียงเหนือจังหวัดอุบลราชธานี ภาคกลางและภาคตะวันออกรวม 35 จังหวัด
2532	พายุไต้ฝุ่นรูปี	ภาคกลางและภาคตะวันออก	ทำให้มีฝนตกหนักมากโดยเฉพาะบริเวณกรุงเทพฯ

ตารางที่ 8.1 พายุหมุนเขตร้อนที่มีความรุนแรงพัดผ่านประเทศไทย (ต่อ)

พ.ศ.	ชื่อพายุ	บริเวณพัดผ่าน	ความเสียหาย
2532	พายุไซโคลน	ภาคใต้และทะเลอันดามัน	เกิดฝนตกหนักมาก ทำลายสถิติปริมาณฝนสูงสุดในคาบ 37 ปี เกิดภาวน้ำท่วมฉับพลันใน 14 จังหวัดภาคใต้ โดยเฉพาะที่ตำบลกะทูน อำเภอฟิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้รับความเสียหายมากที่สุด ดินจากภูเขาถล่มและกระแสน้ำพัดพาที่อนซุงและต้นไม้ลงทับบ้านเรือนราษฎร ทั้หมู่บ้านเสียหาย ผลความเสียหายทั้ 14 จังหวัด อำเภอกันน้ำท่วม 116 อำเภอ ราษฎรเสียชีวิต 334 คน สูญหาย 330 คน บาดเจ็บ 1,878 คน ได้รับความเดือดร้อน 173,009 ครอบครัว ประมาณ 976,232 คน บ้านเรือนเสียหาย 51,520 หลัง ถนนเสียหาย 4,767 สาย ฝาย ทำนบ 219 แห่ง โรงเรียน 798 แห่ง วัด 346 แห่ง พื้นที่การเกษตรถูกน้ำท่วม 5 ล้านไร่
2532	พายุไซร่อนเซซิล	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณจังหวัดนครพนม สกลนคร อุดรธานี เลย หนองคาย และภาคเหนือ บริเวณจังหวัดน่าน พะเยา และเชียงราย	ทำให้เกิดฝนตกหนักในหลายพื้นที่
2532	พายุไต้ฝุ่นแอนเจลา	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดมุกดาหาร และยโสธร	ทำให้เกิดฝนตกหนักในหลายพื้นที่

ตารางที่ 8.1 พายุหมุนเขตร้อนที่มีความรุนแรงพัดผ่านประเทศไทย (ต่อ)

พ.ศ.	ชื่อพายุ	บริเวณพัดผ่าน	ความเสียหาย
2532	พายุไต้ฝุ่นแดน	ภาคเหนือบริเวณจังหวัดน่าน พะเยา เชียงราย และเชียงใหม่	ทำให้เกิดฝนตกหนักและเกิด น้ำท่วมในจังหวัดเพชรบูรณ์ และขอนแก่น
2532	พายุไต้ฝุ่นเกย์	ก่อนตัวในอ่าวไทย ผ่านบริเวณ ภาคใต้ฝั่งตะวันออก ตั้งแต่ จังหวัดเพชรบุรี ลงไปถึง นราธิวาส เข้าสู่ภาคใต้บริเวณ อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร	ทำให้เกิดวาตภัย ฝนตกหนักทั้ง ในทะเลและบนบก น้ำท่วม คลื่น แรงจัดในทะเลทำความเสียหาย ในจังหวัดชุมพร เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ปัตตานี ระนอง ระยอง และตราด คิดเป็นมูลค่า ประมาณ 11,658,695,265 บาท และมีราษฎรเสียชีวิต 602 คน
2533	พายุฝนฟ้าคะนอง	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ	ทำให้เกิดพายุลูกเห็บและลม กระโชกแรง ทำให้อาคาร บ้านเรือน พื้นที่การเกษตร เสียหายหลายจังหวัด และมีผู้เสียชีวิต 3 คน
2533	พายุโซนร้อนทาช่า	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือตอนบน	ทำให้น้ำท่วมฉับพลันในจังหวัด เชียงใหม่และน่าน พื้นที่ การเกษตรเสียหาย 49,200 ไร่
2533	พายุโซนร้อนเบกกี	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบนและภาคเหนือ	ทำให้เกิดฝนตกหนัก น้ำท่วม ที่จังหวัดอุดรธานี นครพนม หนองคาย มุกดาหาร ร้อยเอ็ด และสกลนคร มีฝนฟ้าคะนอง และมีฟ้าผ่า พื้นที่การเกษตร เสียหายรวม 1,230,000 ไร่ บ้านเรือนราษฎรได้รับความ เสียหาย

ตารางที่ 8.1 พายุหมุนเขตร้อนที่มีความรุนแรงพัดผ่านประเทศไทย (ต่อ)

พ.ศ.	ชื่อพายุ	บริเวณพัดผ่าน	ความเสียหาย
2533	พายุโซนร้อนเอ็ด	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ	ทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง เกิดน้ำท่วมฉับพลันในจังหวัด เชียงราย ชัยภูมิ นครพนม และอุบลราชธานี
2533	พายุโซนร้อนอีรา	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณจังหวัดอุบลราชธานี ภาคกลางตอนบนและภาคเหนือ ตอนล่าง	ทำให้เกิดฝนตกหนักถึงหนัก มากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง มีน้ำท่วมทำความ เสียหายให้แก่พื้นที่การเกษตร อาคาร บ้านเรือน และมี ผู้เสียชีวิตหลายคน จังหวัดที่ ได้รับความเสียหายมากที่สุดคือ ปราจีนบุรี นครนายก สระบุรี ปทุมธานี และกรุงเทพฯ
2533	พายุโซนร้อนโลลา	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปราจีนบุรี	ทำให้เกิดฝนตกชุกหนาแน่น ในทุกภาคและเกิดฝนตกหนักมี น้ำท่วมพื้นที่หลายจังหวัดใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง
2534	พายุไต้ฝุ่นเฟรด	จังหวัดนครพนม สกลนคร อุดรธานี อ่อนกำลังลงที่จังหวัด ขอนแก่น ผ่านจังหวัดเลย และ เป็นหย่อมความกดอากาศต่ำ ที่จังหวัดเพชรบูรณ์	ฝนตกหนักมากจนเกิดน้ำท่วม เป็นบริเวณกว้างในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ก่อเกิดความ เสียหายอย่างมาก
2535	พายุเขตร้อนฟอร์เรสต์	ขึ้นฝั่งบริเวณจังหวัด นครศรีธรรมราช เคลื่อนที่ผ่าน จังหวัดสุราษฎร์ธานี พังงา ลงสู่ ทะเลอันดามัน	ทำความเสียหายอย่างมาก แก่บ้านเรือนและไร่นาใน จังหวัดนครศรีธรรมราช และสุราษฎร์ธานี ปะเมิน ความเสียหาย 3,000 ล้านบาท

ตารางที่ 8.1 พายุหมุนเขตร้อนที่มีความรุนแรงพัดผ่านประเทศไทย (ต่อ)

พ.ศ.	ชื่อพายุ	บริเวณพัดผ่าน	ความเสียหาย
2540	พายุไต้ฝุ่นลินดา	ขึ้นฝั่งบริเวณอำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	เรือประมงอับปางหลายสิบลำ เกิดฝนตกหนักในจังหวัดชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ราชบุรี กาญจนบุรี และระนอง เกิดน้ำท่วมและน้ำป่าไหล หลากในบริเวณดังกล่าว มูลค่าความเสียหายมากกว่า 200 ล้านบาท
2547	พายุไต้ฝุ่นจันทู	จังหวัดอุบลราชธานี อ่อนกำลังลงเป็นพายุดีเปรสชัน ผ่านจังหวัดยโสธร ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ อุตรธานี และ หนองคาย	ฝนตกชุกหนาแน่น เกิดน้ำท่วม ในหลายพื้นที่ทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำความเสียหายให้แก่ บ้านเรือนและไร่นาเป็นอันมาก ประมาณความเสียหาย 70 ล้านบาท
2554	พายุโซนร้อนไทม่า	เคลื่อนเข้าภาคเหนือของ ประเทศไทยบริเวณจังหวัด น่าน และสลายตัวไปในพื้นที่ ของภาคเหนือ	ทำให้มีฝนตกหนาแน่นเป็น บริเวณกว้างในภาคเหนือ โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณจังหวัด เชียงราย พะเยา น่าน และ ตากมีรายงานฝนตกหนักถึง หนักมาก ก่อให้เกิดน้ำท่วม ฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก และดินถล่ม สร้างความ เสียหายเป็นบริเวณกว้าง

ที่มา ปรับปรุงจาก สัมฤทธิ์ มีวงศ์อุโฆษ, 2532, หน้า 965-971.

ปี พ.ศ. 2562 พายุที่พัดเข้าสู่ประเทศไทยในช่วงเดือนมกราคมคือ พายุโซนร้อนปาบึก เคลื่อนที่  
เข้าฝั่งบริเวณอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ปกคลุมภาคใต้หลายจังหวัด ฝนตกหนักมากใน

หลายพื้นที่ ลมกระโชกแรง สร้างความเสียหายให้สถานที่ราชการ บ้านเรือนประชาชน สิ่งก่อสร้าง เสาไฟฟ้า โคนล้ม น้ำท่วมบริเวณกว้าง ประชาชนได้รับผลกระทบจำนวน 242,966 ครัวเรือน จำนวน 879,838 ราย บ้านเรือนเสียหาย 13,963 หลัง เสียชีวิต 4 ราย และบาดเจ็บ 2 ราย

## 8.10 บทสรุป

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนอยู่ระหว่างเส้นศูนย์สูตรกับเส้นทรอปิกออฟแคนเซอร์ ลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทยแบ่งออกเป็น 5 ภูมิภาค ภูมิอากาศของประเทศไทยจะเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภูมิอากาศ ได้แก่ ภูมิประเทศ มรสุม ฤดูกาล อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ และฝน

ลมมรสุมมีความสำคัญต่อสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะเริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมไปจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ แต่บางปีอาจจะเลยไปถึงกลางเดือนมีนาคม และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยปกติจะเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม ไปจนถึงปลายเดือนกันยายน ส่วนทางภาคใต้ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะเริ่มประมาณต้นพฤษภาคมไปสิ้นสุดราวกลางเดือนตุลาคม

ประเทศไทยแบ่งออกเป็น 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน เริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ ไปจนถึงประมาณกลางเดือนพฤษภาคมรวมเวลาประมาณ 3 เดือน ฤดูฝน เริ่มเมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ปกคลุมประเทศไทย คือ ประมาณกลางเดือนพฤษภาคมแต่อาจจะเร็วหรือช้ากว่านี้ได้ถึง 2 สัปดาห์ และจะสิ้นสุดประมาณกลางเดือนตุลาคม รวมเวลาประมาณ 5 เดือน และฤดูหนาวเริ่มเมื่อลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดเข้าสู่ประเทศไทย คือ ประมาณกลางเดือนพฤศจิกายน จนถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์รวมเวลาประมาณ 3 เดือน

ประเทศไทยมีฝนค่อนข้างมากแบ่งตามสาเหตุได้ 5 ประเภทคือ ฝนปะทะภูเขาหรือฝนภูเขา ฝนพาความร้อน ฝนพายุหมุน ฝนแนวปะทะอากาศ และฝนร่องความกดอากาศต่ำเขตร้อน ส่วนการพิจารณาฝนในประเทศไทยจะแบ่งเป็น 2 เขต คือ ฝนในประเทศไทยตอนบน ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และฝนในประเทศไทยตอนล่าง ได้แก่ ภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงใต้

พายุหมุนที่พัดเข้าสู่ประเทศไทยในรอบ 68 ปี (พ.ศ.2594-2561) ทั้งสิ้น 197 ลูก ได้แก่ พายุไต้ฝุ่นเกย์ ก่อตัวในอ่าวไทยเมื่อปี พ.ศ. 2532 ผ่านบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออก ตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรีลงไปถึงนราธิวาส เข้าสู่ภาคใต้บริเวณอำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร เป็นมหาวาตภัยที่ทำให้ฝนตกหนักทั้งในทะเลและบนบก น้ำท่วม คลื่นแรงจัดในทะเลทำความเสียหายในจังหวัดชุมพร เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ปัตตานี ระนอง ระยอง และตราด คิดเป็นมูลค่าประมาณ 11,658,695,265 บาท และมีราษฎรเสียชีวิต 602 คน พายุอีกลูกในปี พ.ศ. 2547 พายุไต้ฝุ่นจันทู พัดเข้าสู่จังหวัดอุบลราชธานี ก่อนจะอ่อนกำลังลงเป็นพายุดีเปรสชันผ่านจังหวัดยโสธร ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ อุตรดิตถ์ และหนองคาย ทำให้ฝนตกชุกหนาแน่น เกิดน้ำท่วมในหลายพื้นที่ทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำความเสียหายให้แก่บ้านเรือน

และไร่นาเป็นอันมาก ประมาณความเสียหาย 70 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2547 พายุโซนร้อนไหหม่าเคลื่อนเข้าภาคเหนือของประเทศไทยบริเวณจังหวัดน่าน และสลายตัวไปในพื้นที่ของภาคเหนือ ทำให้มีฝนตกหนาแน่นเป็นบริเวณกว้างในพื้นที่ภาคเหนือ โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณจังหวัดเชียงราย พะเยา น่าน และตาก มีรายงานฝนตกหนักถึงหนักมาก เกิดน้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก และดินถล่ม สร้างความเสียหายเป็นบริเวณกว้าง

ปี พ.ศ. 2562 พายุที่พัดเข้าสู่ประเทศไทยในช่วงเดือนมกราคมคือ พายุโซนร้อนปาบึก เคลื่อนที่เข้าฝั่งบริเวณอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พัดปกคลุมพื้นที่ภาคใต้หลายจังหวัด ฝนตกหนักมากในหลายพื้นที่ ลมกระโชกแรง สร้างความเสียหายให้สถานที่ราชการ บ้านเรือนประชาชน สิ่งก่อสร้างเสาไฟฟ้าโค่นล้ม น้ำท่วมบริเวณกว้าง ประชาชนได้รับผลกระทบ 242,966 ครัวเรือน จำนวน 879,838 ราย บ้านเรือนเสียหาย 13,963 หลัง เสียชีวิต 4 ราย และบาดเจ็บ 2 ราย

### 8.11 คำถามทบทวน

ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. ประเทศแบ่งเขตอุณหภูมิก่อนออกเป็นกี่เขต
  - ก. 5 เขต
  - ข. 4 เขต
  - ค. 3 เขต
  - ง. 2 เขต
2. “กระแสลมเคลื่อนที่ผ่านเส้นศูนย์สูตรไปทางซีกโลกเหนือ” ปรากฏการณ์ข้างต้นเกิดขึ้นในช่วงฤดูกลางตามตัวเลือกใด
  - ก. ฤดูฝน
  - ข. ฤดูหนาว
  - ค. ฤดูร้อน
  - ง. เกิดขึ้นได้ทุกฤดู
3. ตัวเลือกใดกล่าวผิดเกี่ยวกับฤดูกาลในประเทศไทย
  - ก. ฤดูกาลเริ่มเมื่อลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้พัดเข้าสู่ประเทศไทย
  - ข. ฤดูร้อนเริ่มกลางเดือนกุมภาพันธ์จนถึงกลางเดือนพฤษภาคมรวมระยะเวลาประมาณ 3 เดือน
  - ค. ฤดูหนาวเริ่มกลางเดือนพฤศจิกายนจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์รวมระยะเวลา ประมาณ 3 เดือน
  - ง. ฤดูร้อนภาคใต้อากาศจะไม่ร้อนมากเนื่องจากอิทธิพลจากทะเลช่วยบรรเทาความร้อนในฤดูร้อน

4. ตัวเลือกใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
  - ก. พื้นที่สูงจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามลำดับ
  - ข. อุณหภูมิของอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปตามละติจูด
  - ค. อุณหภูมิของกระแสน้ำไม่มีผลต่ออากาศเหนือผิวน้ำ
  - ง. ระดับละติจูดไม่มีผลต่อปริมาณรังสีที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์
5. ตัวเลือกใดอธิบายคำว่า “ฝนชู” ได้ถูกต้อง
  - ก. ฝนที่เกิดจากกระแสของไอน้ำไหลขึ้นเบื้องบน
  - ข. ฝนที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ
  - ค. ฝนที่เกิดจากการปะทะกับภูเขาเกิดเป็นฝนภูเขา
  - ง. ฝนที่ตกหนักในระยะเวลานั้น ๆ
6. ฤดูกาลใดของไทยที่มีช่วงเวลายาวนานที่สุด
  - ก. ฤดูร้อน
  - ข. ฤดูฝน
  - ค. ฤดูหนาว
  - ง. ฤดูใบไม้ผลิ
7. การเกิดลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือสัมพันธ์กับตัวเลือกใด
  - ก. ตุลาคม-กุมภาพันธ์
  - ข. พฤษภาคม-กันยายน
  - ค. พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์
  - ง. ไม่มีข้อใดถูก
8. ตัวเลือกใดไม่จัดว่าเป็นจังหวัดในภาคใต้ฝั่งตะวันออก
  - ก. ระนอง
  - ข. เพชรบุรี
  - ค. สุราษฎร์ธานี
  - ง. สงขลา
9. ตัวเลือกใดคือสัญญาณเตือนภัยฟ้าผ่าที่กำลังจะเกิดกับตัวคุณ
  - ก. ขนและเส้นผมลุกตั้งขึ้น
  - ข. มีฝนตกเกิดขึ้น
  - ค. มีการเกิดฟ้าร้อง
  - ง. มีการเกิดฟ้าแลบ

10. ตัวเลือกใดคือความหมายของ “ฝนพาคความร้อน”

- ก. ฝนที่เกิดขึ้นในฤดูมรสุมพัดเอาไอน้ำมาจากทะเลอันดามัน
- ข. ฝนที่เกิดขึ้นเนื่องจากลมสินค้าจากซีกโลกเหนือพัดมาพบกับลมสินค้าในซีกโลกใต้
- ค. ฝนที่เกิดจากกระแสอากาศไหลขึ้นเบื้องบนเนื่องจากพื้นน้ำได้รับความร้อนจากแสงแดดจัด
- ง. ฝนที่เกิดจากมวลอากาศเย็นจากทางเหนือและมวลอากาศร้อนจากทางใต้เคลื่อนที่มาพบกับมวลอากาศเย็น

11. frontal rain มีความหมายตรงกับตัวเลือกใด

- ก. ฝนแนวปะทะอากาศ
- ข. ฝนพายุหมุน
- ค. ฝนพาคความร้อน
- ง. ฝนร่องความกดอากาศต่ำ

12. ในปี พ.ศ. 2532 พายุที่ทำความเสียหายให้กับภาคใต้ของไทยมากที่สุดในประวัติศาสตร์คือตัวเลือกใด

- ก. พายุไซนร้อนเซซิล
- ข. พายุไต้ฝุ่นแอนเจลา
- ค. พายุไต้ฝุ่นแดน
- ง. พายุไต้ฝุ่นเกย์

13. จงอธิบายความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศของแต่ละภาคมาโดยสังเขป

14. ลักษณะสำคัญของแต่ละฤดูกาลในประเทศไทยในแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกันอย่างไร

15. จากความเสียหายที่เกิดขึ้นจากพายุหมุนเขตร้อนที่พัดเข้าสู่ประเทศไทย จงอธิบายการเตรียมตัวหรือเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือเมื่อต้องเผชิญกับพายุหมุนเขตร้อน

## บทที่ 9

### การพยากรณ์อากาศ

การพยากรณ์ (prediction) หมายถึง การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นมาช่วยในการสรุป ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเป็นผู้มีทักษะด้านการพยากรณ์ คือ การนำผลที่เกิดจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ และสามารถคาดคะเนจากข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้ และนี่คือความหมายและตัวชี้วัดความสามารถในการพยากรณ์โดยใช้หลักของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ อันประกอบด้วยประจักษ์พยาน การให้เหตุผล และข้อสรุป ในความเป็นวิทยาศาสตร์ต้องสามารถทดลองพิสูจน์ได้จริง และที่สำคัญมีความน่าเชื่อถือ หากจะกล่าวถึงความหมายของการพยากรณ์อากาศ อาจกล่าวได้ว่าเป็นการคาดคะเนเกี่ยวกับสภาพอากาศดั่งนิยามข้างต้น หรือการพยากรณ์อากาศ หมายถึง การคาดหมายสภาวะของลมฟ้าอากาศ รวมทั้งปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาข้างหน้า

นอกจากองค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอุตุนิยมวิทยาที่ได้กล่าวมาแล้วในเนื้อหาในแต่ละบท เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการพยากรณ์อากาศ ซึ่งจำเป็นต้องมีความรู้และต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับแผนที่อากาศแต่ละประเภท ซึ่งถือเป็นความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการพยากรณ์อากาศ ในการอ่านแผนที่อากาศจะช่วยในการอธิบายการเกิดปรากฏการณ์หรือสภาพอากาศล่วงหน้า นอกจากประเภทของแผนที่แล้ว ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบของการพยากรณ์อากาศ ประกอบด้วย ระบบการตรวจอากาศ กระบวนการตรวจอากาศ ระบบการสื่อสาร และศูนย์การพยากรณ์อากาศก็เป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะทำให้ทราบถึงวิธีการพยากรณ์อากาศเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วยรหัสและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการพยากรณ์อากาศ

การมีความรู้และความเข้าใจอย่างถูกต้อง เมื่อได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการพยากรณ์อากาศมีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตเป็นอย่างมาก สิ่งที่สำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับอุตุนิยมเบื้องต้นทั้งหมดคือการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ โดยการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้อย่างถูกต้อง สมเหตุสมผล เพราะจะทำให้เกิดการรู้คิดที่เท่าทันต่อสถานการณ์ของสภาพอากาศประจำวัน หากสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับเกี่ยวกับการพยากรณ์อากาศไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ จะยิ่งทำให้มีความเข้าใจเรื่องราวของสภาพอากาศอย่างลึกซึ้งจริงมากขึ้น สามารถนำผลการวิเคราะห์มาพยากรณ์อากาศล่วงหน้าได้เป็นการเบื้องต้น ซึ่งนั่นหมายถึง การรู้เท่าทันต่อความแปรปรวนของธรรมชาติ รู้จักการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ ที่สำคัญทำให้การดำเนินชีวิตสอดคล้องกลมกลืน กลายเป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติได้อย่างเหมาะสม และมีความสุขในการดำเนินชีวิต

## 9.1 แผนที่อากาศ

ในการพยากรณ์อากาศจำเป็นต้องนำองค์ประกอบหลายอย่างมาประกอบ การพิจารณา เช่น แผนที่อากาศผิวพื้น แผนที่อากาศชั้นบน แผนภูมิเทอร์โมไดนามิกส์ และแผนที่ความกดอากาศเปลี่ยนแปลง เป็นต้น ทั้งนี้ แผนที่อากาศถือว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพยากรณ์อากาศ

แผนที่อากาศ คือ แผนที่ที่แสดงลักษณะลมฟ้าอากาศชนิดต่าง ๆ เป็นเครื่องหมาย หรืออิกนัย หนึ่งเป็นแผนที่ที่ใช้อธิบายแสดงข้อมูลต่าง ๆ ทางอุตุนิยมวิทยาตามกำหนดเวลาตรวจ เพื่อแสดงให้เห็นสภาวะอากาศในเวลาเดียวกันเป็นบริเวณกว้าง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์วิจัยลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกิดขึ้นต่อไปในระยะเวลาข้างหน้า แผนที่สำหรับการพยากรณ์อากาศ จำแนกออกเป็น 5 ประเภทคือ

1. แผนที่หลัก (main chart) เป็นแผนที่ขนาดใหญ่ครอบคลุมพื้นที่เกือบทั้งหมดของภูมิภาคที่ใช้แสดงข้อมูลต่าง ๆ ของลักษณะลมฟ้าอากาศจากผลการตรวจวัดของเวลาหลักที่กำหนดขึ้นตามข้อตกลงขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก โดยใช้เวลาตามกรีนิช คือ 00:00, 06:00, 12:00 และ 18:00 นาฬิกา ผลการวิเคราะห์ลักษณะลมฟ้าอากาศตามแต่ละช่วงเวลา จะแสดงรายละเอียดที่สำคัญ ประกอบด้วย เส้นความกดอากาศเท่า ตำแหน่งศูนย์กลางความกดอากาศสูง ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ แนวปะทะอากาศชนิดต่าง ๆ ศูนย์กลางพายุ และทิศทางการเคลื่อนตัว

2. แผนที่เสริม (supplementary chart) เป็นแผนที่ขนาดเล็กกว่าแผนที่หลัก แต่ได้ขยายส่วนหนึ่งส่วนใดหรือประเทศหนึ่งประเทศใด และบริเวณใกล้เคียงออกไปโดยเฉพาะ เพื่อใช้ลงผลการตรวจลักษณะลมฟ้าอากาศย่อยทุก 3 ชั่วโมง ตามเวลากรีนิช คือ เวลา 00:00, 00:30, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 และ 21:00 นาฬิกา แผนที่ชนิดนี้มีรายละเอียดต่าง ๆ ของลักษณะลมฟ้าอากาศที่ปรากฏในแผนที่ที่เป็นแบบเดียวกับแผนที่หลักเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาให้การพยากรณ์อากาศแม่นยำยิ่งขึ้น

3. แผนที่ช่วย (auxiliary chart) เป็นแผนที่ขนาดเล็กกว่าแผนที่หลัก อาจเป็นแผนที่ขยายส่วนใดส่วนหนึ่งหรือย่อยส่วนบริเวณใดบริเวณหนึ่ง เพื่อนำมาลงองค์ประกอบปลีกย่อยจากผลการตรวจลักษณะลมฟ้าอากาศขณะปัจจุบันกับช่วงเวลาที่ผ่านมาในส่วนสำคัญของการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศ อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์แผนที่หลักอีกชั้นหนึ่ง

4. แผนที่อากาศชั้นบน (upper chart) เป็นแผนที่แสดงทิศทางและความเร็วลม ลักษณะอาการไหลของมวลอากาศ คุณลักษณะและความหนาแน่นของมวลอากาศที่เกิดขึ้นในระดับความสูงชั้นต่าง ๆ เหนือพื้นดิน แผนที่อากาศชั้นบนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 2 ชนิดคือ

- 4.1) แผนที่ทิศทางและความเร็วลมชั้นบน (pilot chart) โดยมีเส้นทางลม (streamline) บอกขนาดความเร็วและทิศทางการพัดของลม ดังภาพที่ 9.1



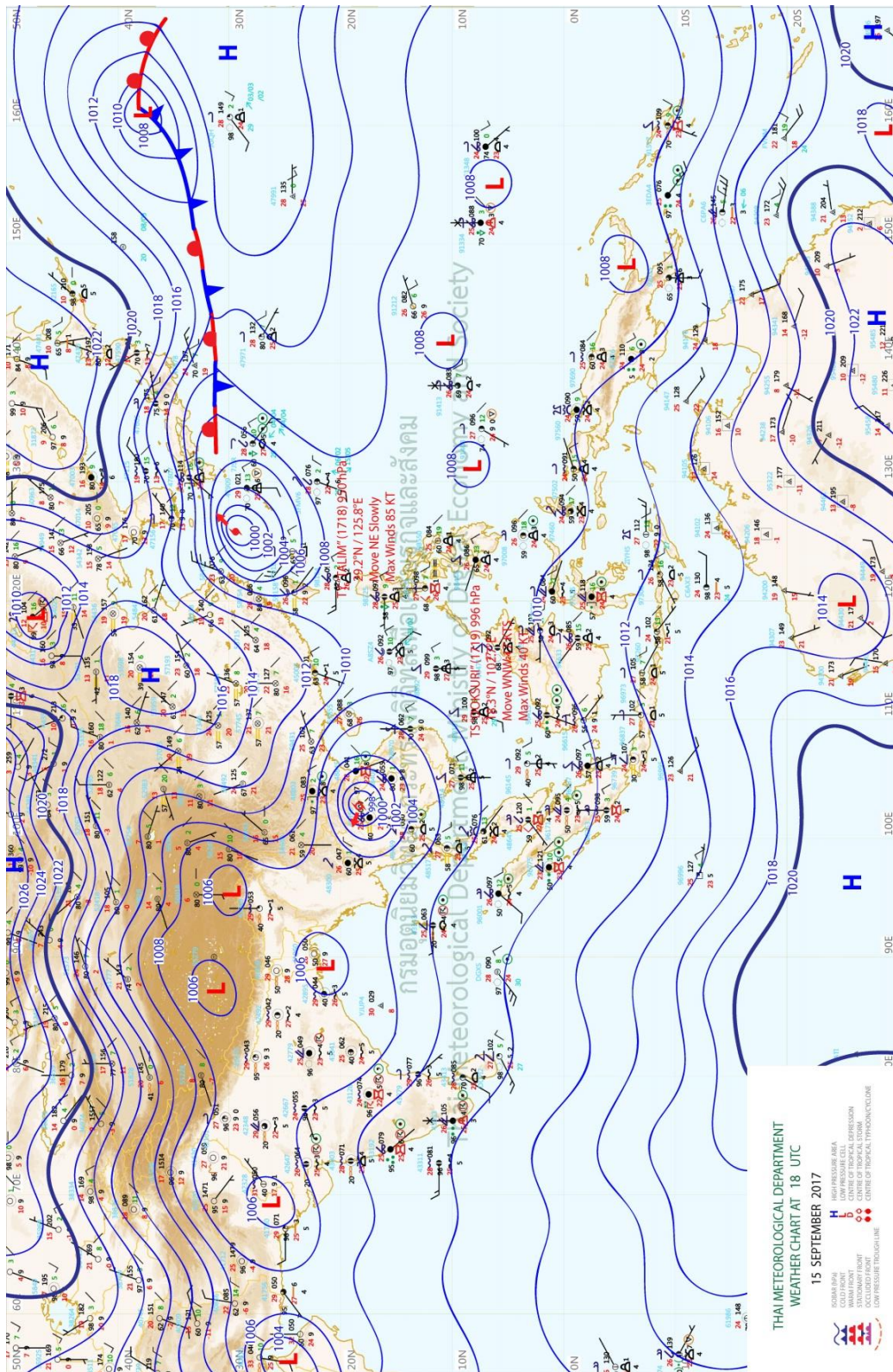
ภาพที่ 9.1 แผนที่อากาศชั้นบนระดับ 925 hPa

ที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560

4.2) แผนที่ความกดอากาศคงที่ (constant pressure chart) ใช้แสดงว่าความสูงของระดับความกดอากาศที่เท่ากันของค่าความกดอากาศ 800, 700, 500, 300, 200 และ 100 เฮกโตพาสคัล พร้อมทั้งแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นบรรยากาศที่ตรวจวัดได้ในแต่ละระดับความกดอากาศ

5. แผนที่อากาศ (synoptic chart) เป็นแผนที่ย่อส่วนมาจากแผนที่หลักที่มีรายละเอียดต่าง ๆ ของข้อมูลลมฟ้าอากาศอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ และได้ทำการวิเคราะห์มาแล้วเช่นเดียวกับแผนที่หลัก พร้อมกับมีคำพยากรณ์อากาศที่จัดพิมพ์ขึ้นเพื่อแจกจ่ายไปยังหน่วยงานต่าง ๆ และผู้ที่สนใจในข่าวสารลมฟ้าอากาศ

แผนที่อากาศที่ผ่านการวิเคราะห์จะทำให้ทราบลักษณะอากาศที่เกิดขึ้น ณ เวลาที่ทำการตรวจ พร้อมกับคำพยากรณ์อากาศ เรียกว่าแผนที่อากาศพื้นผิว ดังภาพที่ 9.2



ภาพที่ 9.2 แผนที่อากาศพื้นผิว  
ที่ท่า กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560

## 9.2 การพยากรณ์อากาศ

การพยากรณ์อากาศ หมายถึง การคาดหมายสภาวะของลมฟ้าอากาศ รวมทั้งปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาข้างหน้า เช่น การคาดหมายว่าในวันพรุ่งนี้หรืออีกสามวันข้างหน้า ลมฟ้าอากาศจะมีลักษณะอย่างไร ท้องฟ้าจะมีลักษณะอย่างไร มีเมฆมากน้อยก็ส่วน จะมีฝนหรือฝนฟ้าคะนองได้หรือไม่ ลมจะพัดทิศอะไร ด้วยความเร็วขนาดเท่าไร

### 9.2.1 องค์ประกอบของการพยากรณ์อากาศ

เมื่อต้องการพยากรณ์อากาศบริเวณใดบริเวณหนึ่ง จำเป็นต้องทราบสภาวะของอากาศที่ปกคลุมบริเวณนั้น ประกอบด้วย ระบบของลมฟ้าอากาศ การเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนแปลงความรุนแรงไปอย่างไร ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นจะก่อให้เกิดลักษณะอากาศประเภทใด ซึ่งสภาวะเหล่านี้จะรู้ได้ด้วยการใช้เครื่องมือทางอุตุนิยมตรวจวัด การตรวจวัดบรรยากาศต้องทำการตรวจบรรยากาศ ทั้งที่ผิวพื้นโลกและในระดับสูงจากพื้นโลกขึ้นไป เพื่อใช้เป็นข้อมูล การพยากรณ์อากาศมีองค์ประกอบสำคัญอยู่ 3 ประการ ดังนี้

**9.2.1.1 ระบบการตรวจอากาศ** การตรวจอากาศเป็นหน้าที่ของสถานีตรวจอากาศ ซึ่งถ้าแบ่งสถานีตรวจอากาศออกตามหน้าที่จะแบ่งได้ 5 ประเภทคือ

1) สถานีตรวจอากาศเพื่อการพยากรณ์อากาศ (synoptic station) คือ สถานีตรวจอากาศทั้งบนบกและในทะเล แบ่งย่อยออกเป็นสถานีตรวจอากาศผิวพื้น และสถานีตรวจอากาศชั้นบน องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกกำหนดให้แต่ละสถานีตรวจอากาศผิวพื้นมีหน้าที่ตรวจสอบอุตุนิยมวิทยาทุกชนิด ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ ความกดอากาศ ทิศทางลมและความเร็วลม ความชื้น จำนวน ชนิด และความสูงของฐานเมฆ ทิศนวิสัย ลักษณะอากาศปัจจุบันและที่ผ่านมาตามมิติที่ประชุมของสมาคมอุตุนิยมวิทยาภาคกำหนดให้สถานีตรวจอากาศผิวพื้นที่ตั้งอยู่บนบกต้องตั้งห่างกันไม่เกิน 150 กิโลเมตร สถานีตรวจอากาศบนบกมีอยู่ทั่วโลกประมาณ 8,000 แห่ง ประเทศไทยมีสถานีตรวจอากาศบนบกอยู่ 50 แห่ง สถานีตรวจอากาศบนบกทำหน้าที่ตรวจสอบอุตุนิยมวิทยาเพิ่มเติม ดังนี้ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของอากาศ การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศ ทิศทางของเมฆ จำนวนหยาดน้ำฟ้า ลักษณะของพื้นดิน ปรากฏการณ์ธรรมชาติพิเศษ และกำหนดให้สถานีตรวจอากาศผิวพื้นที่ตั้งอยู่ในทะเล ทั่วโลกมีสถานีตรวจอากาศในทะเลจากเรืออยู่ประมาณ 4,000 ลำ ซึ่งทำการตรวจสอบอุตุนิยมวิทยาเพิ่มเติม ดังนี้ อุณหภูมิของน้ำทะเล ทิศทางเดินเรือและความเร็วของเรือทิศทาง ช่วงระยะและความสูงของคลื่น น้ำแข็ง และปรากฏการณ์ธรรมชาติพิเศษ ส่วนสถานีตรวจอากาศชั้นบน องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก กำหนดให้แต่ละสถานีตั้งห่างกันไม่เกิน 300 กิโลเมตร มีหน้าที่ตรวจลม ความชื้น และอุณหภูมิ

2) สถานีตรวจอากาศประจำถิ่น (climatological station) ได้แก่ สถานีหลัก และสถานีธรรมดา สถานีฝนและสถานีตรวจอากาศ เพื่อจุดมุ่งหมายโดยเฉพาะ

3) สถานีตรวจอากาศเพื่อการเกษตร (agricultural meteorological station) ได้แก่ สถานีหลัก สถานีธรรมดาหรือสถานีช่วย และสถานีตรวจอากาศ เพื่อจุดมุ่งหมายโดยเฉพาะ

4) สถานีตรวจอากาศเพื่อการบิน (aeronautical meteorological station) ได้แก่ สถานีหลัก สถานีธรรมดาหรือสถานีช่วย และสถานีตรวจอากาศ เพื่อจุดมุ่งหมายโดยเฉพาะ

5) สถานีพิเศษ (special station) ได้แก่ สถานีตรวจอากาศที่ตั้งขึ้นเป็นพิเศษ รวมทั้งสถานีที่ทำการตรวจบรรยากาศ เรดาร์ตรวจเมฆ และหยาดน้ำฟ้า อุทกวิทยา การตรวจการแผ่รังสี และโอโซน การตรวจสารประกอบอตุณิยมิวิทยาใกล้พื้นดิน การตรวจสารเคมีในบรรยากาศ

การตรวจอากาศจากสถานีตรวจอากาศ ต้องกระทำพร้อมกันตามเวลาที่องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกกำหนด โดยใช้ชั่วโมงมาตรฐานกรีนิชที่กำหนดแน่นอนเป็น GMT ไม่ใช่เวลาท้องถิ่น ซึ่งกำหนดให้สถานีตรวจอากาศผิวพื้นนั้น ทำการตรวจทุก 3 ชั่วโมง คือตั้งแต่เที่ยงคืนของกรีนิชเป็นต้นไป คือเวลา 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 และ 21:00 GMT ตามลำดับ ซึ่งตรงกับเวลาในประเทศไทยตามลำดับดังนี้คือ 07:00, 10:00, 13:00, 16:00, 19:00, 22:00, 01:00 และ 04:00 น. สำหรับสถานีตรวจอากาศเบื้องต้น ให้ทำการตรวจทุก 6 ชั่วโมง คือ 00:00, 06:00, 12:00 และ 18:00 GMT แต่บางสถานีอาจจะตรวจทุก 3 ชั่วโมงหรือทุก ๆ ชั่วโมงขึ้นอยู่กับความจำเป็นในการใช้ข้อมูลทางอากาศ

#### 9.2.1.2 กระบวนการตรวจอากาศ มีหลายวิธีได้แก่

1) การตรวจอากาศในระดับสูง โดยใช้วิทยุหยั่งอากาศ ผูกติดกับลูกโป่งขนาดใหญ่ เครื่องจะส่งคลื่นวิทยุมายังเครื่องรับที่พื้นดิน ซึ่งจะแปลความหมายออกมาเป็นความกดอากาศ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระดับต่าง และถ้าใช้เครื่องมือจับทิศทางเคลื่อนที่ของลูกโป่งในทุก ๆ นาทีก็สามารถคำนวณหาความเร็วลมในระดับต่าง ๆ ได้ด้วย

2) การตรวจอากาศโดยใช้เรดาร์ เรดาร์อุตุนิยมวิทยา มีประโยชน์อย่างมากต่อการตรวจการเคลื่อนที่ของพายุฝนฟ้าคะนอง พายุดีเปรสชันหรือพายุไต้ฝุ่น นอกจากนี้จากการวัดความแรงของภาพที่สะท้อนบนจอเรดาร์ จะช่วยให้สามารถคำนวณหาอัตราของปริมาณฝนที่ตกลงมาได้

3) การตรวจอากาศโดยใช้ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งระบบดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานั้นเริ่มใช้กันมาอย่างจริงจังเมื่อปี พ.ศ. 2509 ในดาวเทียมนี้จะมีกล้องสำหรับถ่ายภาพ และส่งภาพกลับมายังสถานีรับที่พื้นดินได้ ยิ่งกว่านั้นยังมีเครื่องมือเฝ้าติดตามการเกิดของพายุ อีกทั้งสามารถวัดรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกไปจากโลก และช่วยในการตรวจฟ้าแลบ การเคลื่อนที่ของเมฆ และการวัดอุณหภูมิที่ระดับต่าง ๆ ได้ด้วย ขณะนี้กรมอุตุนิยมวิทยาของไทย รับสัญญาณภาพถ่ายจากดาวเทียม NOAA-7 และ NOAA-87 ของสหรัฐอเมริกา โดยรับ 2 ช่วงคือ ช่วงเช้า ระหว่างเวลา 6.00-10.00 น. และช่วงบ่าย

ระหว่างเวลา 18.00–22.00 น. นอกจากนี้ยังรับสัญญาณจากดาวเทียม GMS ของญี่ปุ่นโดยรับสัญญาณทุก 3 ชั่วโมง

**9.2.1.3 ระบบการสื่อสาร** เมื่อสถานีตรวจอากาศในท้องถิ่นต่าง ๆ ทำการตรวจวัดองค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาตามเวลาที่กำหนดแล้ว จะต้องรับส่งผลการตรวจ นำมาใส่รหัสบันทึกลงบนแบบฟอร์ม สำหรับส่งข้อมูลอากาศ (symbolic form of message) เพื่อส่งไปยังศูนย์พยากรณ์อากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร การส่งข้อมูลอากาศไปยังศูนย์พยากรณ์อากาศโดยเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ หากผลการตรวจอากาศมาถึงศูนย์พยากรณ์อากาศล่าช้าย่อมมีคุณค่าต่อการพยากรณ์อากาศน้อยลง หรือถ้ามาช้าเกินไปก็ย่อมไม่มีประโยชน์ต่อการพยากรณ์อากาศเลย ดังนั้น การรายงานผลการตรวจอากาศจึงต้องมีระบบการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพดี สามารถทำให้ศูนย์พยากรณ์อากาศรับรายงานผลการตรวจอากาศโดยเร็วที่สุด การสื่อสารจึงมีความสำคัญต่อการพยากรณ์อากาศมาก ถ้าปราศจากการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพแล้วย่อมทำให้การพยากรณ์อากาศไม่ได้ผลในปัจจุบันนี้ การติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีตรวจอากาศและศูนย์พยากรณ์อากาศใช้วิทยุโทรพิมพ์ และโทรสาร ซึ่งสามารถส่งรายงานได้รวดเร็วมาก สำหรับประเทศไทยเครื่องมือสื่อสารระหว่างสถานีตรวจอากาศและศูนย์พยากรณ์อากาศใช้เครื่องวิทยุโทรทัศน์

**9.2.1.4 ศูนย์พยากรณ์อากาศ** ศูนย์พยากรณ์อากาศมีหน้าที่รับข้อมูลอากาศจากสถานีตรวจอากาศท้องถิ่นในประเทศแล้วยังมีหน้าที่รับข้อมูลอากาศที่ส่งมาจากต่างประเทศด้วย และในขณะเดียวกันก็จะจัดส่งข้อมูลอากาศจากสถานีตรวจอากาศต่าง ๆ ภายในประเทศให้แก่ต่างประเทศด้วย ทั้งนี้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างประเทศสมาชิกขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก ศูนย์พยากรณ์อากาศยังมีหน้าที่แปลรหัสที่สถานีตรวจอากาศต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ส่งมา เพื่อจัดทำแผนที่อากาศในการเขียนแผนที่อากาศนั้น พนักงานเขียนแผนที่ของศูนย์พยากรณ์อากาศจะเขียนแผนที่อากาศตามแบบที่องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกได้กำหนดขึ้น โดยการเขียนเป็นตัวเลขและสัญลักษณ์ตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ ตัวเลขและสัญลักษณ์เหล่านี้จะถูกนำไปเขียนลงบนแผนที่อากาศ เพื่อแสดงสภาวะของลมฟ้าอากาศในจังหวัดที่สถานีตรวจอากาศตั้งอยู่บนแผนที่ แผนที่อากาศแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ

1) แผนที่อากาศระดับน้ำทะเลหรือเรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า แผนที่อากาศพื้นผิว จะแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับ ความกดอากาศ แนวปะทะอากาศ ปริมาณหยาดน้ำฟ้า ชนิด จำนวนและความสูงของเมฆ อุณหภูมิ และความชื้น

2) แผนที่อากาศเบื้องบน จะแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับลม อุณหภูมิ และความชื้นที่บอกเป็น จุดน้ำค้าง

ศูนย์พยากรณ์อากาศ ทำหน้าที่การวิเคราะห์แผนที่อากาศตามหลักวิชาการและวิธีการของแผนที่อากาศประเภทนั้น ๆ เมื่อวิเคราะห์เสร็จแล้วก็จะทราบระบบอากาศต่าง ๆ เช่น บริเวณความกดอากาศสูง บริเวณความกดอากาศต่ำ แนวปะทะอากาศชนิดต่าง ๆ ร่องความกดอากาศต่ำ และมี

ลุ่มความกดอากาศสูง อีกทั้งทำหน้าที่วิธีพยากรณ์อากาศ แผนที่อากาศระดับต่าง ๆ ที่ได้รับการวิเคราะห์แล้วจะเป็นเครื่องมือสำหรับผู้พยากรณ์อากาศใช้พิจารณาเพื่อการพยากรณ์อากาศ การพยากรณ์อากาศโดยถือช่วงเวลาที่ยากอร์ณ แบ่งออกได้เป็น 3 อย่างได้แก่

1) การพยากรณ์อากาศระยะสั้น (short range) เป็นการพยากรณ์อากาศล่วงหน้าในระยะเวลา 24 ถึง 48 ชั่วโมง เป็นการพยากรณ์อากาศแบบที่คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศที่จะเกิดขึ้นในระยะใกล้ ๆ เช่น ในอีกไม่กี่ชั่วโมงข้างหน้าหรือในวันพรุ่งนี้ ทั้งนี้เพื่อจุดมุ่งหมายบางประการ เช่น พยากรณ์อากาศเพื่อการบินและการเดินเรือ ความถูกต้องแม่นยำขึ้นอยู่กับช่วงเวลา ถ้าช่วงเวลาสั้น ความถูกต้องก็ยิ่งมากขึ้นในการพยากรณ์อากาศ

2) การพยากรณ์อากาศระยะปานกลาง (extended range) เป็นการพยากรณ์อากาศล่วงหน้านานประมาณ 1 สัปดาห์ (ตั้งแต่ 5-10 วัน) ได้แก่ การพยากรณ์ค่าเฉลี่ยหรือแนวโน้มของลมฟ้าอากาศในระยะเวลาประมาณ 1 สัปดาห์

3) การพยากรณ์อากาศระยะยาว (long range) เป็นการพยากรณ์อากาศตลอดทั้งเดือน หรือทั้งฤดูกาล โดยเฉพาะการพยากรณ์ค่าเฉลี่ยหรือแนวโน้มของลมฟ้าอากาศ โดยปกติเป็นการพยากรณ์สารประกอบอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ที่แตกต่างจากค่าปกติรายเดือนหรือฤดู

### 9.3 วิธีการพยากรณ์อากาศ

การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (qualitative empirical) เป็นการพยากรณ์อากาศด้วยวิธีคาดการณ์อย่างมีประสบการณ์ว่ารูปร่างของแผนที่อากาศแต่ละชนิดจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นแบบใดในเวลาข้างหน้าที่กำหนด โดยการพิจารณาแผนที่อากาศที่แล้ว ๆ มาประกอบกับแผนที่อากาศปัจจุบัน 6 ในวันหนึ่ง ๆ จะเขียนแผนที่อากาศหลาย ๆ เวลา 7 หลักของการพยากรณ์อากาศวิธีนี้คือ การวิเคราะห์ถึงการเคลื่อนตัวของมวลอากาศ เช่น บริเวณความกดอากาศสูง บริเวณความกดอากาศต่ำและปัจจัยสำคัญอื่น ๆ โดยใช้แนวของทิศทางและความเร็วของการเคลื่อนตัวของมวลอากาศเหล่านั้นในเวลาที่แล้ว ๆ มา และมวลอากาศที่เคลื่อนที่ไปนั้น จะมีผลกระทบต่อลมฟ้าอากาศที่มีอยู่เดิม โดยจะทำให้เกิดลักษณะอากาศชนิดต่าง ๆ วิธีนี้ผู้พยากรณ์จะต้องมีความชำนาญและคุ้นเคยกับลมฟ้าอากาศในบริเวณที่พยากรณ์อากาศมานานพอสมควร

การพยากรณ์เชิงปริมาณ (quantitative empirical) เป็นการพยากรณ์การเคลื่อนตัวต่อไปในเวลาข้างหน้าของมวลอากาศหรือสารประกอบอุตุนิยม เช่น อุณหภูมิด้วยวิธีการคำนวณจากสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนตัวของมวลอากาศ

## 9.4 รหัสที่ใช้ในแผนที่อากาศ

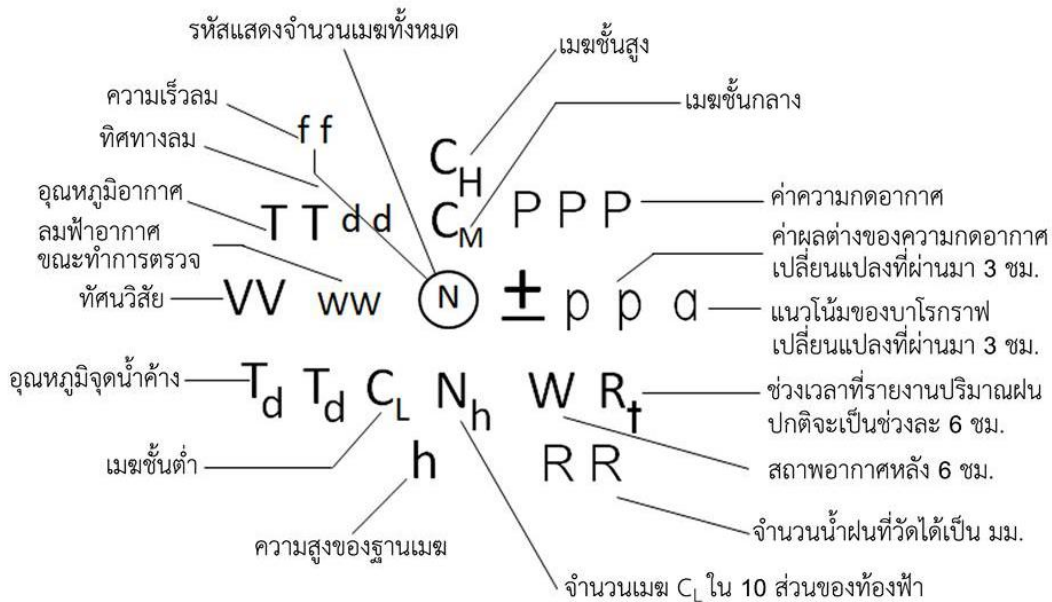
เมื่อสถานีตรวจอากาศทำการตรวจอากาศแล้ว จะส่งข้อมูลอากาศไปยังศูนย์พยากรณ์อากาศในรูปรหัส และศูนย์พยากรณ์อากาศมีหน้าที่แปลรหัสที่สถานีตรวจอากาศต่าง ๆ ทั้งหมด โดยการเขียนเป็นตัวเลขและสัญลักษณ์ตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ ตัวเลขและสัญลักษณ์เหล่านี้ เช่น รหัสรายงานข้อมูลอากาศผิวพื้นจากสถานีตรวจอากาศบนบกเป็นดังนี้ (บุปผชาติ เรื่องสุวรรณ, 2542, หน้า 196)

iii	Nddff	VVwwW	PPPTT	$N_h$	$C_L$	$h$	$C_M$	$C_H$	$T_d T_{dapp}$	7RRR
iii	เป็นเลขประจำสถานีตรวจอากาศ									
h	บอกความสูงของเมฆที่ต่ำที่สุด									
VV	เป็นรหัสตัวเลขบอกทัศนวิสัยแนวนอนที่ผิวพื้น									
N	เป็นรหัสแสดงจำนวนเมฆทั้งหมดในท้องฟ้าที่เห็นในขณะที่ทำการตรวจ									
dd	เป็นตัวเลขบอกทิศทางลมที่พัดเข้าหาสถานี									
ff	เป็นตัวเลขแสดงความเร็วลมเป็นนอตหรือเมตรต่อวินาที (นอต=ไมล์ทะเลต่อชั่วโมง)									
$T_d T_d$	ตัวเลขบอกอุณหภูมิจุดน้ำค้าง									
ppp	ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล เป็นมิลลิบาร์									
a	บอกความโน้มของความกดอากาศระหว่าง 3 ชั่วโมงก่อนเวลาตรวจ									
pp	จำนวนความกดอากาศที่เปลี่ยนแปลงระหว่าง 3 ชั่วโมงก่อนเวลาตรวจ									
RR	เป็นตัวเลขรหัสบอกจำนวนของน้ำฝน									
$R_t$	ช่วงเวลาที่รายงานปริมาณฝน ปกติจะเป็นช่วงละ 6 ชั่วโมง									
ww	เป็นสัญลักษณ์บอกลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกิดขึ้นขณะทำการตรวจเป็นสัญลักษณ์บอกลมฟ้าอากาศที่เกิดขึ้นมาแล้ว ก่อนทำการตรวจ (ระหว่างช่วงการตรวจครั้งสุดท้ายจนถึงปัจจุบัน แต่ไม่ใช่ขณะปัจจุบัน)									
$N_h$	จำนวนของเมฆชั้นต่ำทั้งหมดที่มองเห็นในท้องฟ้า ถ้าไม่มีเมฆชั้นต่ำให้รายงานจำนวนเมฆทั้งหมดของเมฆชั้นกลางแทน									
$C_L$	เป็นสัญลักษณ์บอกชนิดของเมฆชั้นต่ำ									
$C_M$	เป็นสัญลักษณ์บอกชนิดของเมฆชั้นกลาง									
$C_H$	เป็นสัญลักษณ์บอกชนิดของเมฆชั้นสูง									

ตัวเลข 1 ถึง 8 คือตัวเลขนำหน้ากลุ่มรหัสเท่านั้น

## 9.5 การวางตำแหน่งของสารประกอบอุตุนิยมวิทยา

องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกได้กำหนดผังการวางตำแหน่งของสารประกอบอุตุนิยมวิทยา สำหรับเขียนลงแผนที่อากาศ ดังภาพที่ 9.3



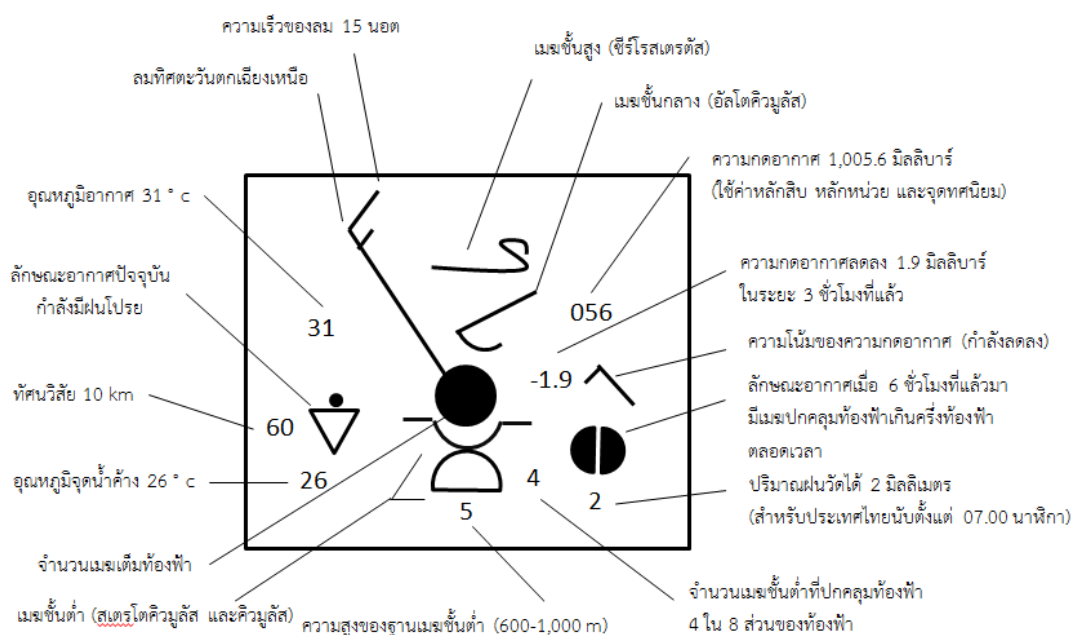
ภาพที่ 9.3 สัญลักษณ์ของข้อมูลทางอากาศ

ที่มา ปรับปรุงจาก สมพงษ์ มะนะสุทธิ์, 2528, หน้า 136

วงกลม แทนตำแหน่งสถานีตรวจอากาศ การเขียนข้อมูลสารประกอบอุตุนิยมวิทยาที่ตำแหน่งของสถานีตรวจอากาศ ซึ่งมีรายละเอียดปลีกย่อย เนื่องจากมีการเขียนเป็นสัญลักษณ์เป็นตัวเลข และใช้สีต่าง ๆ กัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. รหัสที่เป็นสัญลักษณ์ ได้แก่ N, dd, ff, ww, W,  $C_L$ ,  $C_M$ ,  $C_H$  และ a
2. รหัสที่เป็นตัวเลข ได้แก่ VV, PPP, TT, TdTd,  $N_h$ , h, pp, RR และ  $R_t$
3. รหัสที่ต้องเขียนด้วยสีแดง ได้แก่ W,  $C_H$  และ TdTd
4. รหัสที่ต้องเขียนด้วยสีเขียว ได้แก่ RR  $R_t$
5. รหัสนอกนั้นให้เขียนด้วยสีน้ำเงินหรือดำ

จากข้อมูลข้างต้นสามารถเขียนตัวอย่างแบบการเขียนลงบนสถานีและเลขรหัส ดังภาพที่ 9.4



ภาพที่ 9.4 ตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของข้อมูลทางอากาศ

ที่มา บุปผชาติ เรื่องสุวรรณ, 2542, หน้า 198

สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้นักอุตุนิยมวิทยาแปลความหมาย อ่าน หรือวิเคราะห์แผนที่อากาศได้ง่าย สำหรับแผนที่อากาศแบบอื่น ๆ รหัสและการวางตำแหน่งสารประกอบทางอุตุนิยมวิทยา ก็จะมี ความแตกต่างกันไป แต่จะง่ายกว่าแผนที่อากาศที่ระดับน้ำทะเลมาก เนื่องจากมีข้อมูลในการตรวจวัดและเขียนแผนที่น้อยกว่านั่นเอง

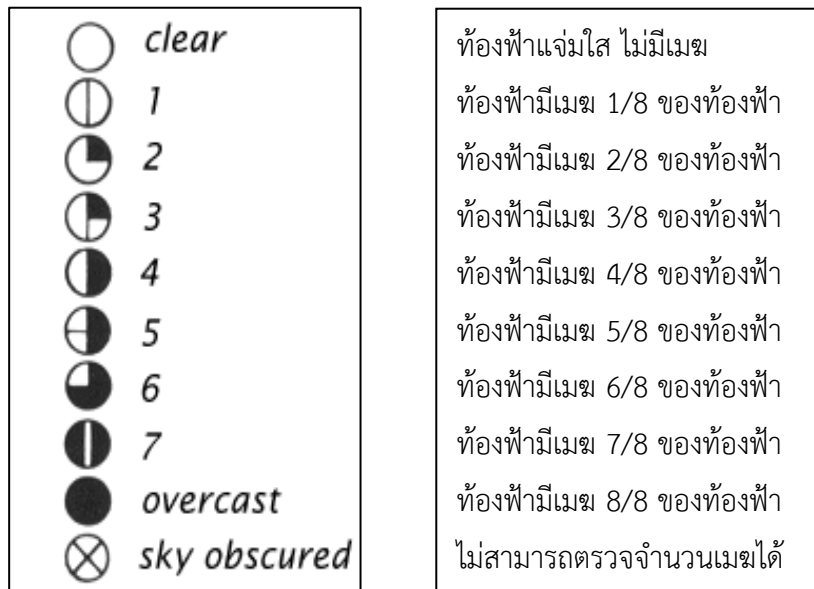
## 9.6 รหัส สัญลักษณ์ และความหมายของสารประกอบอุตุนิยมวิทยาสำหรับอากาศที่ผิวพื้น

รหัสและสัญลักษณ์ที่ใช้ในกิจการอุตุนิยมวิทยาที่จะนำมากล่าวในเนื้อหาต่อไปนี้เป็นแบบฟอร์มสากลที่กำหนดให้ใช้ในประเทศสมาชิกองค์การอุตุนิยมวิทยาโลกสำหรับอากาศที่ผิวพื้นของประเทศไทย

- ii = 48 ซึ่งเป็นเขตภูมิภาค 48 ประกอบด้วย ไทย มาเลเซีย พม่า เขมร เวียดนาม
- iii = หมายเลขประจำสถานี ประเทศไทยมีหมายเลขตั้งแต่ 300-599 เช่น
- 455 = กรุงเทพมหานคร
- 407 = อุบลราชธานี
- 475 = หัวหิน
- 303 = เชียงราย
- 327 = เชียงใหม่

รหัสและสัญลักษณ์สารประกอบอุตุนิยมวิทยามีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. N = สัญลักษณ์แสดงจำนวนเมฆทั้งหมดในท้องฟ้า แสดงในวงกลมซึ่งสมมติแทนท้องฟ้า การแสดงปริมาณถือเกณฑ์แบ่งท้องฟ้าออกเป็น 8 ส่วน ปริมาณเมฆที่ปรากฏในท้องฟ้าขึ้นอยู่กับสีที่ระบายอยู่ในวงกลม รหัสและสัญลักษณ์ ดังภาพที่ 9.5



ภาพที่ 9.5 สัญลักษณ์แสดงจำนวนเมฆทั้งหมดบนท้องฟ้า

ทีมา บุปผชาติ เรื่องสุวรรณ, 2542, หน้า 199

2. dd = สัญลักษณ์แสดงทิศทางลม แสดงเป็นเส้นขีดตรงออกจากวงกลม ซึ่งเป็นตำแหน่งของจุดตรวจทิศทางลม โดยทางอุตุนิยมวิทยาวัดทิศทางลมเป็นมุมในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาโดยทิศเหนือมีมุมเป็น 0 หรือ 360 องศา ทิศทางลมที่พัดเข้าสู่สถานีตรวจอากาศ เวลาอ่านอนุโลมปิดเข้าจำนวน 10 องศา โดยถือว่าถ้าทิศทางเกินครึ่งของจำนวน 10 ก็ปัดขึ้น ถ้าต่ำกว่าครึ่งก็ปัดลง เช่น ทิศทางลม 17 องศา กับทิศเหนือ ก็ปัดเป็น 20 องศา กับทิศเหนือ รหัสและสัญลักษณ์แสดงทิศทางลมมีดังนี้

รหัส	สัญลักษณ์	ความหมาย
00		ลมเงียบสงบ
01		ลมพัดเข้าสู่สถานีแนว 10 องศา กับทิศเหนือ
02		ลมพัดเข้าสู่สถานีแนว 20 องศา กับทิศเหนือ
..		
09		ลมพัดเข้าสู่สถานีแนว 90 องศา กับทิศเหนือ
36		ลมพัดเข้าสู่สถานีในทิศเหนือ
xz		ตรวจทิศทางลมไม่ได้ หรือไม่แน่นอน

ในการส่งข้อมูลนิยมส่งเป็นกลุ่มรหัสตัวเลข ทิศทางลมและความเร็วลมจะเป็นกลุ่มเดียวกันมีตัวเลข 4 ตัว แต่ถ้าความเร็วลมเกิน 100 นอต กลุ่มตัวเลขจะใช้ 5 ตัว ดังนั้นเพื่อให้เขียนตัวเลข 4 ตัวได้จึงเอาความเร็วลมที่ไม่เกิน 100 นอตมาเขียน ในขณะที่เดียวกันตัวเลขที่แทนทิศทางลมจะบวกด้วย 50 ฉะนั้นเมื่ออ่านรหัสกลุ่มตัวเลขที่แสดงลม ถ้าเห็นว่ารหัสเกิน 50 แสดงว่าความเร็วลมต้องเกิน 100 นอต ค่าทิศทางลมลบด้วย 50 ตัวอย่างรหัสและสัญลักษณ์ลมมีดังนี้

รหัส	สัญลักษณ์	ความหมาย
77		ทิศทางลม 270 องศา ความเร็วลม 100 นอต
60		ทิศทางลม 10 องศา ความเร็วลม 110 นอต

3. ff = ความเร็วลม เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงอยู่ที่เส้นทิศทางลม เท่ากับกำลังลมที่พัดเข้าสู่สถานี มีหน่วยเป็น นอต (ไมล์ทะเลต่อชั่วโมง) รหัสและสัญลักษณ์ความเร็วลมมีดังนี้

รหัส	สัญลักษณ์	ความหมาย
00		ลมสงบ
01-02		ความเร็วลม 1-2 นอต
03-07		ความเร็วลม 3-7 นอต
08-12		ความเร็วลม 8-12 นอต
13-17		ความเร็วลม 13-17 นอต
18-22		ความเร็วลม 18-22 นอต
48-52		ความเร็วลม 48-52 นอต
53-57		ความเร็วลม 53-57 นอต
xx x =		ความเร็วลมวัดไม่ได้ ไม่ได้รับ สงสัย

หมายเหตุ เวลาเขียนแผนที่อากาศอนุโลมปักเข้าจำนวน 5 เพื่อความสะดวกแก่การอ่าน เช่น

ความเร็วลมขีดสั้น	= 5 นอต
ความเร็วลมขีดยาว	= 10 นอต
ความเร็วลมรูปสามเหลี่ยม	= 50 นอต
ความเร็วลมรูปสามเหลี่ยมและขีดยาว	= 60 นอต
ความเร็วลมรูปสามเหลี่ยมและขีดยาว-สั้น	= 65 นอต

4. TT = อุณหภูมิ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิมีค่าเป็นลบในรหัสจะบวกไว้ด้วย 50 ดังนั้น เวลาเขียนแผนที่อากาศต้องเอา 50 ลบออก แล้วใส่เครื่องหมายลบไว้ รหัสและสัญลักษณ์อุณหภูมิ ดังนี้

รหัส	ความหมาย
25	25 องศาเซลเซียส
32	32 องศาเซลเซียส
52	-02 องศาเซลเซียส
65	-15 องศาเซลเซียส

5. T<sub>d</sub>T<sub>d</sub> = อุณหภูมิของจุดน้ำค้าง เป็นองศาเซลเซียส การเขียนและอ่านใช้หลักการเดียวกับ อุณหภูมิของอากาศปกติ

6. WW = ปรากฏการณ์ของอากาศเวลาตรวจหรือภายใน 1 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจ ถ้าไม่มีรหัส ปรากฏแสดงว่า ไม่มีปรากฏการณ์เกิดขึ้น รหัสและสัญลักษณ์ปรากฏการณ์ของอากาศ ดังภาพที่ 9.6

ww	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	○	◐	◑	◒	☃	∞	S	\$/q	ε	(S)
10	=	≡	≡	<	⋄	⋈	(.)	R	V	∩
20	,]	·]	*]	∴]	~]	∇]	∇]	∇]	≡]	R]
30	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
40	(≡)	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
50	,	”	;	,,	;	,,	∞	∞	;	;
60	·	··	∴	∴	∴	∴	∞	∞	∴	∴
70	*	**	*∴	*∴	*∴	*∴	←→	←→	←→	△
80	∇	∇	∇	∇	∇	∇	∇	∇	∇	∇
90	∇	R]·	R]:	R]*	R]*	R]*	R]*	R]*	R]*	R]*

ภาพที่ 9.6 สัญลักษณ์ของลักษณะอากาศ  
 ที่มา บุปชาติ เรื่องสุวรรณ, 2542, หน้า 202

รหัส	ความหมาย
00	ไม่มีเมฆ ไม่ได้ตรวจการเปลี่ยนแปลงของเมฆ
01	เมฆค้อย ๆ จางไป หรือลดจำนวนลง
02	สภาวะท้องฟ้าไม่เปลี่ยนแปลง
03	เมฆค้อย ๆ ก่อตัวขึ้น หรือทวีจำนวนขึ้น

(เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาวะของท้องฟ้าในระยะ 1 ชั่วโมงที่แล้วมา ก่อนทำการตรวจ ไม่มีปรากฏการณ์อื่น ๆ นอกจากเมฆ รหัส 00-03)

รหัส	ความหมาย
04	ควัน ควันไฟฟ้าหรือจากป้อมโรงงานที่ทำให้ทัศนวิสัยเลวลง
05	ฟ้าหลัว (ทัศนวิสัยไม่เกิน 10 กม. ความชื้นสัมพัทธ์ 65%)
06	ฝุ่นหรือทรายคลุ้งไปทั่ว เนื่องจากลมแรง พัดหอบยกตัวขึ้น แต่ไม่แรงจนถึงพายุฝนหรือพายุทราย
07	ฝุ่นหรือทรายคลุ้งไปทั่ว เนื่องจากลมแรง พัดหอบยกตัวขึ้น แต่ไม่แรงจนถึงพายุฝนหรือพายุทราย
08	ลมบ้าหมูเกิดขึ้นอย่างชัดเจนที่สถานีหรือบริเวณใกล้เคียงกับสถานีในระยะ 1 ชั่วโมงที่ผ่านมา แต่ไม่แรงจนถึงพายุฝนหรือพายุทราย
09	พายุฝุ่นหรือพายุทรายที่เกิดขึ้นที่สถานีหรือบริเวณใกล้เคียงกับสถานี ในระยะ 1 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจ (ความเร็วลมมากกว่า 35 นอต)
10	ฟ้าหลัวขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ 65-69%
11	หมอกแผ่ปกคลุมเป็นแห่ง ๆ ความหนาไม่เกิน 2 เมตร บนบกและ 10 เมตรในทะเล
12	หมอกแผ่ปกคลุมไปทั่ว ความหนาไม่เกิน 2 เมตรบนบก และ 10 เมตรในทะเล
13	ฟ้าแลบแต่ไม่ได้ยินเสียงร้อง
14	ฝนตกระยะไกลแต่ไม่ถึงพื้นโลก
15	ฝนตกถึงพื้นโลกแต่ห่างจากสถานี
16	ฝนตกไม่ถึงพื้นโลกใกล้สถานีระยะ 5 กม. ที่สถานีไม่ตก
17	พายุฝนฟ้าคะนอง หรือฟ้าร้อง แต่ไม่มีฝนตก

รหัส	ความหมาย
18	มีลมสควอลล์อย่างแรงในเวลาทำการตรวจหรือใน 3 ชม. ที่ผ่านมา
19	เมฆก่อตัวเป็นลำคล้ายรูปกรวย เกิดพายุทอร์นาโด ในเวลาทำการตรวจหรือใน 3 ชม. ที่แล้วมา
20-29	ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นภายใน 1 ชม. ก่อนทำการตรวจแต่ไม่มีในเวลาทำการตรวจ
20	ฝนละออง
21	ฝนธรรมดา
22	หิมะ
23	ฝนปนหิมะ
24	ฝนละอองที่เย็นจัดเป็นปุยหิมะ
25	ฝนโปรย
26	ฝนโปรย หรือฝนโปรยปนหิมะ
27	ลูกเห็บโปรย หรือฝนปนลูกเห็บโปรย
28	หมอก
29	พายุฝนฟ้าคะนองมีฝนหรือไม่มีฝนก็ได้
30-39	พายุฝน หรือพายุทราย หรือพายุหิมะ
30	พายุฝุ่นหรือพายุทราย กำลังอ่อนหรือปานกลางลดกำลังลง ภายใน 1 ชม.ก่อนเวลาตรวจ
31	พายุฝุ่น หรือพายุทราย กำลังอ่อนหรือปานกลางไม่มีการ เปลี่ยนแปลงใน 1 ชม.ก่อนเวลาตรวจ
32	พายุฝุ่น หรือพายุทราย กำลังอ่อนหรือปานกลางกำลังเกิดขึ้น ภายใน 1 ชม.ก่อนเวลาตรวจ
33	พายุฝุ่น หรือพายุทราย กำลังแรงจัด ค่อย ๆ ลดลงภายใน 1 ชม.ก่อนเวลาตรวจ
34	พายุฝุ่น หรือพายุทราย กำลังแรงจัด ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ภายใน 1 ชม. ก่อนเวลาตรวจ
35	พายุฝุ่น หรือพายุทราย กำลังแรงจัด ทวีกำลังแรงขึ้นภายใน 1 ชม.ก่อนเวลาตรวจ
36	พายุหิมะกำลังอ่อนหรือปานกลางในชั้นต่ำ ๆ โดยทั่วไป
37	พายุหิมะกำลังแรงในชั้นต่ำ ๆ โดยทั่วไป

รหัส	ความหมาย
38	พายุหิมะกำลังอ่อนหรือปานกลางในชั้นสูงโดยทั่วไป
39	พายุหิมะกำลังแรงในชั้นสูงโดยทั่วไป
40-49	มีหมอก ความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 97% ขึ้นไป
40	มีหมอกในระยะห่างจากสถานีทั่วไป แต่ไม่มีที่สถานีตลอด 1 ชม. ก่อนเวลาตรวจ
41	มีหมอกเกิดขึ้นเป็นแถบ ๆ
42	มีหมอกยังเห็นท้องฟ้า บางลงใน 1 ชม. ก่อนเวลาตรวจ
43	มีหมอกมองไม่เห็นท้องฟ้า บางลงใน 1 ชม. ก่อนเวลาตรวจ
44	มีหมอกยังมองเห็นท้องฟ้า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใน 1 ชม. ก่อนเวลาตรวจ
45	มีหมอกมองไม่เห็นท้องฟ้า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใน 1 ชม. ก่อนเวลาตรวจ
46	มีหมอกยังมองเห็นท้องฟ้า หนาขึ้นใน 1 ชม. ก่อนเวลาตรวจ
47	มีหมอกมองไม่เห็นท้องฟ้า หนาขึ้นใน 1 ชม. ก่อนเวลาตรวจ
48	มีหมอกและแผ่นน้ำแข็งจับตามยอดของวัตถุที่มีปลายแหลม ยังมองเห็นท้องฟ้า
49	มีหมอกและแผ่นน้ำแข็งจับตามยอดของวัตถุที่มีปลายแหลม มองไม่เห็นท้องฟ้า
50-59	ฝนละออง
50	ฝนละอองบาง ๆ ตกเป็นระยะ ๆ
51	ฝนละอองบาง ๆ ตกต่อเนื่องกัน
52	ฝนละอองปานกลาง ตกเป็นระยะ ๆ
53	ฝนละอองปานกลาง ตกต่อเนื่องกัน
54	ฝนละอองหนา ตกเป็นระยะ ๆ
55	ฝนละอองหนา ตกต่อเนื่องกัน
56	ฝนละอองเย็นจนแข็ง ตกบาง ๆ
57	ฝนละอองเย็นจนแข็ง ตกปานกลางและตกหนัก
58	ฝนละอองปนฝนธรรมดา ตกบาง ๆ
60-69	ฝนธรรมดา

รหัส	ความหมาย
60	ฝนธรรมดาตกเล็กน้อยเป็นระยะ ๆ
61	ฝนธรรมดาตกเล็กน้อยต่อเนื่องกัน
62	ฝนธรรมดาตกปานกลาง เป็นระยะ ๆ
63	ฝนธรรมดาตกปานกลาง ต่อเนื่องกัน
64	ฝนธรรมดาตกหนักเป็นระยะ ๆ
65	ฝนธรรมดาตกหนักต่อเนื่องกัน
66	ฝนธรรมดาเย็นจนแข็ง ตกเล็กน้อย
67	ฝนธรรมดาเย็นจนแข็ง ตกปานกลางและตกหนัก
68	ฝนธรรมดาหรือฝนละอองปนหิมะ ตกเล็กน้อย
69	ฝนธรรมดาหรือฝนละอองปนหิมะ ตกปานกลางและตกหนัก
70-79	หิมะ และเกล็ดน้ำแข็ง
70	ปุยหิมะตกบาง ๆ เป็นระยะ ๆ
71	ปุยหิมะตกบาง ๆ ต่อเนื่องกัน
72	ปุยหิมะตกปานกลาง เป็นระยะ ๆ
73	ปุยหิมะตกปานกลาง ต่อเนื่องกัน
74	ปุยหิมะต้ำหนักเป็นระยะ ๆ
75	ปุยหิมะตกหนักต่อเนื่องกัน
76	แท่งน้ำแข็ง (มีหรือไม่มีหมอกปน)
77	แท่งน้ำแข็ง (มีหรือไม่มีหมอกปน)
78	หิมะตกผลึกมีลักษณะคล้ายดาว (มีหรือไม่มีหมอกปน)
79	เม็ดน้ำแข็ง
80-89	ฝนโปรย หรือหิมะโปรย พายุฝนฟ้าคะนอง
80	ปนโปรยเบา ๆ
81	ฝนโปรยกลางหรือหนัก
82	ฝนโปรยอย่างรุนแรง
83	ฝนที่มีหิมะปนโปรยเบา ๆ
84	ฝนที่มีหิมะปนโปรยปานกลางหรือหนัก
85	หิมะโปรยเบา ๆ
86	หิมะโปรยปานกลาง
87	เม็ดหิมะหรือเม็ดน้ำแข็ง มีหรือไม่มีฝนและหิมะโปรยเบา ๆ

รหัส	ความหมาย
88	เม็ดหิมะหรือเม็دنํ้าแข็ง มีหรือไม่มีฝนและหิมะโปรยเบาปานกลางหรือหนัก
89	ลูกเห็บโปรยเบา ๆ ไม่มีพายุฝนฟ้าคะนอง (มีหรือไม่มีฝนปนหิมะ)
90	ลูกเห็บโปรยปานกลางหรือหนัก ไม่มีพายุฝนฟ้าคะนอง (มีหรือไม่มีฝนปนหิมะ)
91	มีฝนเล็กน้อยเวลาตรวจ
92	มีฝนปานกลางและหนัก มีพายุฟ้าคะนอง
93	มีหิมะหรือฝนปนหิมะหรือลูกเห็บ 1 ชั่วโมง
94	มีหิมะหรือฝนปนหิมะหรือลูกเห็บปานกลางหรือหนักเวลาตรวจ แต่ไม่มีในเวลาตรวจ
95	พายุฝนฟ้าคะนองเล็กน้อยหรือปานกลาง มีฝนหรือหิมะหรือฝนปนหิมะ มีพายุฟ้าคะนองในเวลาตรวจ
96	พายุฝนฟ้าคะนองเล็กน้อยหรือปานกลาง มีลูกเห็บ เม็دنํ้าแข็งหรือเม็ดหิมะ
97	พายุฝนฟ้าคะนองอย่างหนัก มีฝนหรือหิมะหรือฝนปนหิมะ
98	พายุฝนฟ้าคะนองปนพายุฝุ่นหรือทราย มีพายุฝนฟ้าคะนองในเวลาตรวจ
99	พายุฝนฟ้าคะนองอย่างหนักมีลูกเห็บ เม็دنํ้าแข็งหรือหิมะ

7. W = ทศนิยมสี่ เป็นรหัสตัวเลขบอกทศนิยมสี่ตามแนวนอน การแปลความหมายรหัสและสัญลักษณ์ของทศนิยมสี่ มีดังนี้

รหัส	ความหมายเป็นเมตร	รหัส	ความหมายเป็นกิโลเมตร
00	น้อยกว่า 100	56	6
01	100	57	7
02	200	58	8
ฯลฯ		ฯลฯ	
40	4,000	70	20
41	4,100	80	30
50	5,000	81	35
ฯลฯ		82	40

รหัส	ความหมายเป็นเมตร	รหัส	ความหมายเป็นเมตร
90	น้อยกว่า 50	83	45
91	50	84	50
92	200	85	55
93	500	86	60
94	1,000	87	65
95	2,000	88	70
96	4,000		
97	10,000		
98	20,000		
99	50 กิโลเมตรหรือมากกว่า		

#### วิธีอ่านมีดังนี้

รหัส 01–55 ให้เติมจุดทศนิยมเข้าที่ระหว่างเลขทั้งสองนั้น แล้วค่าที่อ่านได้เป็นจำนวน กิโลเมตร เช่น 07 ทศนวิสัย = 0.7 กิโลเมตร

รหัส 56–80 ให้เอา 50 ลบออก ค่าที่เหลือเป็นระยะเป็นกิโลเมตร เช่น 76 ทศนวิสัย = 26 กิโลเมตร

รหัส 81–88 ให้เอา 5 คูณหลักหน่วยของเลขรหัสแล้วบวกด้วย 30 อ่านค่าได้เป็นกิโลเมตร เช่น 85 จะได้ทศนวิสัย = 55 กิโลเมตร

รหัส 89–90 มีความหมายตามที่เขียนไว้

8.  $C_L$  = ตำแหน่งของเมฆชั้นต่ำที่รายงานฐานสูง มีรายละเอียดของรหัสและสัญลักษณ์ ดังนี้

รหัส	ความหมาย
0	ไม่มีเมฆชั้นต่ำ
1	เมฆคิวมูลัสก้อนเล็ก หรือมีลักษณะขาดห้วงหรือมีทั้งสองอย่าง
2	เมฆคิวมูลัสก้อนใหญ่ แต่ยอดของเมฆยังไม่แตกแผ่ออกเป็นรูปท่ง อาจมีคิวมูลัสก้อนเล็ก มีเมฆสเตรโตคิวมูลัสซึ่งมีฐานอยู่ในระดับเดียวกันปนอยู่ด้วย
3	เมฆคิวโลนิมบัสก้อนใหญ่ ซึ่งยอดของเมฆยังไม่แตกเป็นเมฆเซอร์รัส อาจมีคิวมูลัสก้อนเล็ก หรือเมฆสเตรโตคิวมูลัสฐานอยู่ในระดับเดียวกันปนอยู่ด้วย
4	เมฆสเตรโตคิวมูลัส ซึ่งเกิดจากเมฆคิวมูลัสขยายตัวออกทางนอก

รหัส	ความหมาย
5	เมฆสตรีโตคิวมูลัสธรรมดา
6	เมฆสตรีตัสมีลักษณะเป็นแผ่นอย่างธรรมดา
7	เมฆแพร์คโตคิวมูลัสหรือแพร์คโตสตรีตัส
8	เมฆคิวมูลัส เวลาอากาศดี เมฆสตรีโตคิวมูลัสบนฐานระดับต่าง ๆ
9	เมฆคิวโมโลนิมบัสขยายตัวออก แตกเป็นเมฆเซอร์รัสอาจมีเมฆคิวมูลัส เมฆสตรีโตคิวมูลัสปะปนกระจายอยู่ด้วย
9. $C_M$ = ตำแหน่งของเมฆชั้นกลาง มีรายละเอียดของรหัสและสัญลักษณ์ ดังนี้	

รหัส	ความหมาย
0	ไม่มีเมฆชั้นกลาง
1	เมฆอัลโตสตรีตัสบาง ๆ
2	เมฆอัลโตสตรีตัสหนาทึบ หรือเมฆนิมโบสตรีตัสหนาทึบที่เมฆอัลโตสตรีตัสลดตัวลงมา
3	เมฆอัลโตคิวมูลัสอย่างกระจ่าง
4	เมฆอัลโตคิวมูลัสแผ่นเดี่ยว ๆ คล้ายเลนส์หรือเป็นทางยาว
5	เมฆอัลโตคิวเป็นลูกฟูก หรือเป็นแถบติดต่อกันเป็นพืดกระจายออกเต็มท้องฟ้า
6	เมฆอัลโตคิวมูลัส อันเกิดจากยอดของเมฆคิวมูลัสขยายตัวสูงขึ้น จนล้าเข้าไปอยู่ในเมฆชั้นกลาง
7	เมฆอัลโตคิวมูลัสอย่างหนาทึบหรือเมฆอัลโตคิวมูลัสที่มีเมฆอัลโตสตรีตัสปน หรือเมฆอัลโตคิวมูลัสที่มีบางส่วนเป็นเมฆอัลโตสตรีตัส
8	เมฆอัลโตคิวมูลัสก้อนเล็ก ๆ รวมเป็นกลุ่ม ๆ
9	เมฆอัลโตคิวมูลัสลักษณะขาดฉีกสับสน อยู่ในระดับต่าง ๆ กัน บางกลุ่มมีรอยฉีกขาดคล้ายเซอร์รัสมักเกิดขึ้นต่อเนื่องกับเมฆเซอร์รัสที่มีลักษณะเป็นทางหนา
10. $C_H$ = ตำแหน่งของเมฆชั้นสูง มีรายละเอียดของรหัสและสัญลักษณ์ ดังนี้	

รหัส	ความหมาย
0	ไม่มีเมฆชั้นสูง

รหัส	ความหมาย
1	เมฆเซอร์รัสเป็นฝอยหรือเป็นเส้นกระจัดกระจายไม่ทิว จำนวนขึ้น
2	เมฆอัลโตสเตรตัสเป็นแถบ ๆ หรือเป็นช่องที่ไม่ทิวจำนวน บางครั้งเกิดจากการเหลืออยู่เมฆคิวมูลัสรูปท่ง ที่มองไม่เห็น หรือสลายไปแล้ว
3	เมฆเซอร์รัสเป็นฝ้าหนา เกิดจากยอดเมฆคิวมูลัส
4	เมฆเซอร์รัสบาง ๆ คล้ายขนนก กระจายอยู่ทั่วไป
5	เมฆเซอร์รัสแผ่นบาง ๆ ที่ขอบฟ้า หรือเมฆเซอร์โรสเตรตัส กระจายทั่วไปตามขอบฟ้า มีมุมสูงไม่เกิน 45 องศา
6	เมฆเซอร์รัสแผ่นบาง ๆ ที่ขอบฟ้าและ/หรือเมฆเซอร์โรสเตรตัส กระจายทั่วไปเป็นมุม 45 องศา
7	เมฆเซอร์โรสเตรตัสเป็นฝ้าบางแผ่ทั่วท้องฟ้า
8	เมฆเซอร์โรสเตรตัสเป็นแผ่นฝ้าหนาไม่แผ่ทั่วท้องฟ้าไม่ทิว จำนวน
9	เมฆเซอร์โรคิวมูลัสเป็นเกล็ด เกิดขึ้นต่อเนื่องกันกับเมฆเซอร์รัส
11. h =	ความสูงของฐานเมฆชั้นต่ำ ความหมายของรหัส มีดังนี้

รหัส	ความหมาย
0	0 – 50
1	50 – 100
2	100 – 200
3	200 – 300
4	300 – 600
5	600 – 1,000
6	1,000 – 1,500
7	1,500 – 2,000
8	2,000 – 2,500
9	2,500 หรือสูงกว่าหรือไม่มีเมฆชั้นต่ำ
/	ไม่ทราบความสูง วัดไม่ได้

12.  $N_h$  = สัญลักษณ์แสดงจำนวนของเมฆ ที่รายงานความสูงด้วยรหัสและสัญลักษณ์ มีดังนี้

รหัส	ความหมาย
1	1/8 ของท้องฟ้า
2	2/8 ของท้องฟ้า
3	3/8 ของท้องฟ้า
4	4/8 ของท้องฟ้า
5	5/8 ของท้องฟ้า
6	6/8 ของท้องฟ้า
7	7/8 ของท้องฟ้า
8	มีเมฆเต็มท้องฟ้า
9	ตรวจจำนวนเมฆได้

จากข้อ 8-12 แสดงสัญลักษณ์ของเมฆประเภทต่าง ๆ ได้ ดังภาพที่ 9.7

	$C_L$	$C_M$	$C_H$	C	W	a	N
0				→	○	↗	○
1	◐	◑	◒	↗	◐	↗	◐
2	◑	◒	◓	↗	◑	↗	◑
3	◒	◓	◔	↗	◒	✓	◒
4	◓	◔	◕	↗	≡		◓
5	◔	◕	◖	↗	,	↘	◔
6	◕	◖	◗	↗	•	↘	◕
7	◖	◗	◘	↗	*	↘	◖
8	◗	◘	◙	↗	∇	↗	◗
9	◘	◙	◚	↗	⊞		◘
/							⊞

ภาพที่ 9.7 สัญลักษณ์ของเมฆประเภทต่าง ๆ

ที่มา บุปผชาติ เรื่องสุวรรณ, 2542, หน้า 208

13. PPP = ความกดอากาศ มีหน่วยเป็น มิลลิบาร์ ใช้หลักสิบ หลักหน่วย และทศนิยม 1 ตำแหน่ง ตัดหลักพันและหลักร้อยออก ถ้าหลักสิบไม่สูงนักให้ใส่ทศนิยมที่หลักหน่วยแล้วบวกด้วย 1,000 เช่น 125 ก็จะอ่านได้  $12.5+1,000 = 1,012.5$  มิลลิบาร์ ถ้าหลักสิบมีค่าสูงมากก็ทำเช่นเดียวกัน แล้วบวกด้วย 900 เช่น 985 ก็จะอ่านได้  $98.5+900 = 998.5$  มิลลิบาร์

14. +PP = ค่าเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศ จาก 3 ชั่วโมงก่อนการตรวจมีหน่วยเป็น มิลลิบาร์ บอกด้วยตัวเลข 2 ตัว ทศนิยม 1 ตำแหน่ง ควรดูสัญลักษณ์ a ด้วย

ถ้า a มีรหัสเป็นเลข 0, 1, 2, 3 จะมีค่าเป็นบวก

ถ้า a มีรหัสเป็นเลข 5, 6, 7, 8 จะมีค่าเป็นลบ

ถ้า a มีรหัสเป็นเลข 4 หมายความว่า มีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง

15. a = ลักษณะแนวโน้มของความกดอากาศ เปรียบเทียบกับ 3 ชั่วโมงที่ผ่านมา มีหน่วยเป็น มิลลิบาร์ บอกด้วยตัวเลข 2 ตัว ทศนิยม 1 ตำแหน่ง ควรดูสัญลักษณ์ a ด้วย

รหัส	ความหมาย
0	ขึ้นและลด ความกดอากาศจะต้องเท่าหรือสูงกว่าเมื่อ 3 ชั่วโมงที่แล้วมา
1	ขึ้นแล้วคงที่หรือขึ้นต่อไปซ้ำ ๆ
2	สูงขึ้นเรื่อย ๆ
3	ลดลงหรือคงที่ หรือสูงขึ้นแล้วกลับสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว
4	คงที่ ความกดอากาศเท่ากับเมื่อ 3 ชั่วโมงที่แล้วมา
5	ลดลงแล้วขึ้น ความกดอากาศจะต้องเท่ากับ หรือต่ำกว่า 3 ชั่วโมงที่แล้วมา

รหัส	ความหมาย
6	ลดลงแล้วคงที่ หรือลดลงต่อไปซ้ำ ๆ
7	ลดลงเรื่อย ๆ
8	คงที่หรือขึ้นซ้ำ ๆ แล้วลดลง หรือลดลงแล้วลดต่อไปเรื่อย ๆ

16. W = ลักษณะของลมฟ้าอากาศที่ปรากฏในระยะ 3 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจความหมายของรหัสและสัญลักษณ์ มีดังนี้

รหัส	ความหมาย
0	มีเมฆครึ่งท้องฟ้าหรือน้อยกว่า
1	มีเมฆปกคลุม บางเวลามากกว่าครึ่งท้องฟ้าบางเวลาน้อยกว่า
2	เมฆปกคลุมเกินครึ่งท้องฟ้าตลอดเวลา
3	พายุฝุ่น พายุทราย หรือพายุหิมะ








รหัส	ความหมาย
4	หมอก หรือฟ้าหลัว ทัศนวิสัยไม่เกิน 1,000 เมตร
5	ฝนละออง
6	ฝนธรรมดา
7	หิมะ หรือฝนปนหิมะ
8	ฝนโปรย
9	พายุฝนฟ้าคะนอง

17. RR = ปริมาณน้ำฝนที่ตกหลังเวลา 00:00 น. จนถึงเวลาตรวจ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร  
 ถ้าตำแหน่ง RR ถูกแทนด้วย T หมายถึง ฝนตกเล็กน้อยวัดปริมาณไม่ได้ ความหมายของรหัส มีดังนี้

รหัส	ความหมาย
91	0.1 มิลลิเมตร
92	0.2 มิลลิเมตร
93	0.3 มิลลิเมตร
	ฯลฯ
96	0.6 มิลลิเมตร
97	จำนวนเล็กน้อยวัดไม่ได้ น้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร
98	มากกว่า 400 มิลลิเมตร
99	ไม่น่าจะเป็นไปได้ เชื่อถือไม่ได้
01	1 มิลลิเมตร
02	2 มิลลิเมตร
	ฯลฯ
09	9 มิลลิเมตร
10	10 มิลลิเมตร
11	11 มิลลิเมตร
	ฯลฯ
20	20 มิลลิเมตร
21	21 มิลลิเมตร
23	23 มิลลิเมตร
	ฯลฯ
55	55 มิลลิเมตร
56	60 มิลลิเมตร

รหัส	ความหมาย
57	70 มิลลิเมตร
58	80 มิลลิเมตร
59	90 มิลลิเมตร
60	100 มิลลิเมตร
61	110 มิลลิเมตร
	ฯลฯ
69	190 มิลลิเมตร
70	200 มิลลิเมตร
71	210 มิลลิเมตร
	ฯลฯ
75	250 มิลลิเมตร
76	260 มิลลิเมตร
	ฯลฯ
80	300 มิลลิเมตร
81	310 มิลลิเมตร
82	320 มิลลิเมตร
	ฯลฯ






สัญลักษณ์อื่น ๆ ที่ปรากฏในแผนที่อากาศ



	แนวปะทะอากาศเย็น (ผิวพื้น)
	แนวปะทะอากาศร้อน (ผิวพื้น)
	แนวปะทะอากาศทับซ้อนกัน (ผิวพื้น)
	แนวปะทะอากาศคงที่ (ผิวพื้น)
	แนวปะทะอากาศเย็น (ชั้นบน)
	แนวปะทะอากาศร้อน (ชั้นบน)
	แนวของลมสควอลล์



## 9.8 คำถามทบทวน

ให้เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. แผนที่ในการพยากรณ์อากาศจำแนกออกเป็นกี่ประเภท
  - ก. 2 ประเภท
  - ข. 3 ประเภท
  - ค. 4 ประเภท
  - ง. 5 ประเภท
2. สัญลักษณ์ในตัวเลือกใดแสดงถึงจำนวนเมฆบนท้องฟ้าน้อย
  - ก. 
  - ข. 
  - ค. 
  - ง. 
3.  คือ สัญลักษณ์ในแผนที่อากาศ ตัวเลือกใดอธิบายได้ถูกต้อง
  - ก. บริเวณที่มีความหนาแน่นอากาศต่ำ
  - ข. บริเวณที่มีความหนาแน่นอากาศสูง
  - ค. บริเวณที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำ
  - ง. บริเวณที่มีอุณหภูมิอากาศสูง
4. จากคำพยากรณ์อากาศที่ว่า “**ท้องฟ้าโปร่ง**” หมายถึงตัวเลือกใด
  - ก. ไม่มีเมฆหรือมีน้อยกว่า 1 ส่วน
  - ข. มีเมฆตั้งแต่ 1–2 ส่วน
  - ค. มีเมฆเกิน 2 ส่วนถึง 4 ส่วน
  - ง. มีเมฆเกิน 4 ส่วนถึง 6 ส่วน
5. แผนที่อากาศมีความหมายตรงกับตัวเลือกใด
  - ก. แผนที่ที่แสดงองค์ประกอบทางอุตุนิยมวิทยา ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง
  - ข. แผนที่ที่แสดงองค์ประกอบทางดิน ฟ้า อากาศ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง
  - ค. แผนที่ที่แสดงองค์ประกอบทางอุตุนิยมวิทยา ณ สถานที่ใดสถานที่หนึ่ง
  - ง. แผนที่ที่แสดงองค์ประกอบทางดิน ฟ้า อากาศ ณ สถานที่ใดสถานที่หนึ่ง
6. ตัวเลือกใดไม่ใช่ชนิดของแผนที่สำหรับการพยากรณ์อากาศ
  - ก. แผนที่หลัก
  - ข. แผนที่เสริม
  - ค. แผนที่ช่วย

- ง. แผนที่ความสูง
7. ประเทศไทยใช้ภาพผ่านดาวเทียมจากประเทศญี่ปุ่นซึ่งตรงกับตัวเลือกใด
- NOAA-7
  - NOAA-87
  - GMS
  - GOES-9 IR1
8. อักษร L ในสัญลักษณ์ทางอุตุนิยมวิทยาบนแผนที่อากาศ หมายถึงตัวเลือกใด
- ศูนย์กลางของบริเวณที่มีความกดอากาศสูง
  - ศูนย์กลางของบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ
  - ศูนย์กลางของบริเวณพื้นที่สูงที่มีความกดอากาศสูง
  - ศูนย์กลางของบริเวณพื้นที่สูงที่มีความกดอากาศต่ำ
9. หลังจากฝนตกหนัก ท้องฟ้าจะโปร่งใสเพราะเหตุใด
- มีแดดออก
  - ไม่มีเมฆบดบังท้องฟ้า
  - อากาศมีละอองอากาศจำนวนมาก
  - ฝนชะล้างละอองอากาศไปหมดแล้ว
10. ตัวเลือกใดไม่ใช่ข้อกำหนดในการตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยา ของสถานีตรวจอากาศผิวพื้น
- อุณหภูมิของอากาศ
  - ทัศนวิสัย ความเร็ว และทิศทางลม
  - จำนวน ชนิด และความสูงของฐานเมฆ
  - ปรากฏการณ์ธรรมชาติพิเศษ
- ข้อความที่กำหนดให้ตามตัวเลือกต่อไปนี้ ตรงกับสัญลักษณ์ในข้อใด ให้ตอบคำถามข้อ 11-12
- แนวปะทะอากาศเย็น (ผิวพื้น)
  - แนวปะทะอากาศร้อน (ผิวพื้น)
  - แนวปะทะอากาศเย็น (ชั้นบน)
  - แนวปะทะอากาศร้อน (ชั้นบน)
11.  ตรงกับตัวเลือกใด
12.  ตรงกับตัวเลือกใด
13. จงอธิบายเกี่ยวกับแผนที่อากาศทั้ง 5 ประเภทมาโดยสังเขป
14. จงอธิบายกระบวนการตรวจอากาศมาหนึ่งวิธีโดยสังเขป
15. จงอธิบายการพยากรณ์อากาศโดยถือช่วงเวลาในการพยากรณ์ทั้ง 3 อย่างมาโดยสังเขป



## บรรณานุกรม

- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2560). แผนที่อากาศชั้นบนระดับ 925 hPa. **แผนที่อากาศกรมอุตุนิยมวิทยา**.  
ค้นเมื่อ กันยายน 15, 2560, จาก [https://www.tmd.go.th/weather\\_map.php/  
weather\\_map.php#](https://www.tmd.go.th/weather_map.php/weather_map.php#).
- \_\_\_\_\_. (2560). แผนที่อากาศพื้นผิว. **แผนที่อากาศกรมอุตุนิยมวิทยา**. ค้นเมื่อ กันยายน 15, 2560,  
จาก [https://www.tmd.go.th/weather\\_map.php/weather\\_map.php#](https://www.tmd.go.th/weather_map.php/weather_map.php#).
- \_\_\_\_\_. (2562). แผนที่ปริมาณฝนสะสมในฤดูฝน. **Climate Monitoring for Thailand**. ค้นเมื่อ  
มีนาคม 2, 2562, จาก <http://climate.tmd.go.th/gge/index.html>.
- \_\_\_\_\_. (2562). แผนที่อุณหภูมิสูงสุดของประเทศไทย. **Climate Monitoring for Thailand**. ค้น  
เมื่อ มีนาคม 2, 2562, จาก <http://climate.tmd.go.th/gge/index.html>.
- \_\_\_\_\_. (2562). พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยคาบ 68 ปี. **สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่  
เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย**. ค้นเมื่อ มกราคม 10, 2561, จาก [https://www.tmd.go.th/  
programs%5Cuploads%5Ccyclones%5CTC\\_track\\_68y.pdf](https://www.tmd.go.th/programs%5Cuploads%5Ccyclones%5CTC_track_68y.pdf).
- \_\_\_\_\_. (ม.ป.ป.). ศัพท์ด้านอุตุนิยมวิทยา. **ความรู้ทางอุตุนิยมวิทยา**. ค้นเมื่อ สิงหาคม 10, 2560,  
จาก <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=29>.
- ครรรักษ์ ร่องอนุกุล. (2548). **อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น**. สงขลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- ณัฐกานต์ พิภูษณกาญจน์. (2556). พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติชุมพร. **กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์**.  
ค้นเมื่อ เมษายน 2, 2559. จาก <https://www.gotoknow.org/posts/11422>.
- บุปผชาติ เรื่องสุวรรณ. (2542). **อุตุนิยมวิทยา**. 2. มหาสารคาม: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันราชภัฏมหาสารคาม.
- ประสาธน์ ชนสุต. (2535). **อุตุนิยมวิทยา**. นครปฐม: วิทยาลัยครูนครปฐม.
- ปานทิพย์ อัมมวณิช. (2532). **ภูมิอากาศวิทยา**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- พัชรา เพชรวิโรจน์ชัย. (2556) “การตรวจอากาศ.” กรุงเทพมหานคร: กรมอุตุนิยมวิทยา. (อัดสำเนา)

รังสรรค์ อาภาศัพท์กุล. (2547). **อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น**. 1. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รุจิราพรรณ รุ่งรอด. (2543). **ลม ฟ้า อากาศ**. นครปฐม: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

วฤทธิ์ มิตรธรรมศิริ.(2557). ฤดูกาลและการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์. **ผลงานวิจัยสู่สังคม :**

**คณะวิทยาศาสตร์ มหิดล**. ค้นเมื่อ กรกฎาคม 1, 2560, จาก <http://www.sc.mahidol.ac.th/usr/?p=400>.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2559). **อุตุนิยมวิทยา.สภาพอากาศ**. ค้นเมื่อ สิงหาคม 10, 2560,

จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/อุตุนิยมวิทยา>.

\_\_\_\_\_. (2560). **จ๊อยด์**. ค้นเมื่อ สิงหาคม 10, 2560, จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/จ๊อยด์>.

\_\_\_\_\_. (2560). **บริเวณความกดอากาศต่ำ**. ค้นเมื่อ สิงหาคม 10, 2560,

จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/บริเวณความกดอากาศต่ำ>.

\_\_\_\_\_. (2560). **บริเวณความกดอากาศสูง**. ค้นเมื่อ สิงหาคม 10, 2560,

จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/บริเวณความกดอากาศสูง>.

วิไลลักษณ์ ตั้งเจริญ. (2540). **อุตุนิยมวิทยา**. กรุงเทพฯ: อักษราพิพัฒน์.

วุฒิพงษ์ แสงมณี. (2556). **ภูมิอากาศวิทยา. มวลอากาศ**. ค้นเมื่อ มกราคม 18, 2561,

จาก [www.geog.pn.psu.ac.th/CAIClimate/7Airmass49.pdf](http://www.geog.pn.psu.ac.th/CAIClimate/7Airmass49.pdf).

ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. (ม.ป.ป.). **การไหลเวียนของกระแสน้ำพื้นผิว**

**มหาสมุทร. กระแสน้ำในมหาสมุทร**. ค้นเมื่อ เมษายน 20, 2560,

จาก <http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/ocean-circulation>.

\_\_\_\_\_. (ม.ป.ป.). **การไหลเวียนของกระแสน้ำลึกในมหาสมุทร. กระแสน้ำในมหาสมุทร**. ค้นเมื่อ

เมษายน 20, 2560, จาก <http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/ocean-circulation>.

\_\_\_\_\_. (ม.ป.ป.). **ปรากฏการณ์ในบรรยากาศ.พายุหมุนเขตร้อน**. ค้นเมื่อ เมษายน 20, 2560,

จาก <http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/ocean-circulation>.

\_\_\_\_\_. (ม.ป.ป.). **อิทธิพลของกระแสน้ำต่อกระแสน้ำในมหาสมุทร. กระแสน้ำในมหาสมุทร**. ค้นเมื่อ

เมษายน 20, 2560, จาก <http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/ocean-circulation>.

- \_\_\_\_\_. (ม.ป.ป.). อุทกภาค. **วัฏจักรน้ำ**. ค้นเมื่อ เมษายน 20, 2560, จาก <http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/ocean-circulation>.
- ศูนย์ภูมิอากาศแห่งชาติ. (2561). รายชื่อพายุไซโคลนที่ใช้ในบริเวณอ่าวเบงกอลและทะเลอาหรับ. ค้นเมื่อ มกราคม 18, 2561, จาก [https://www.tmd.go.th/programs% 5Cuploads%5Ccyclones%5CTCnamelist\\_2018.pdf](https://www.tmd.go.th/programs%5Cuploads%5Ccyclones%5CTCnamelist_2018.pdf).
- \_\_\_\_\_. (2561). รายชื่อพายุหมุนเขตร้อนที่ก่อตัวทางมหาสมุทรแปซิฟิกด้านตะวันตกตอนบนและทะเลจีนใต้ ค้นเมื่อ มกราคม 18, 2561, จาก [https://www.tmd.go.th/programs% 5Cuploads%5Ccyclones%5CTCnamelist\\_2018.pdf](https://www.tmd.go.th/programs%5Cuploads%5Ccyclones%5CTCnamelist_2018.pdf).
- \_\_\_\_\_. “ภาวะโลกร้อน”. กรุงเทพฯ: ม.ป.ป. (แผ่นพับ)
- ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ, (ม.ป.ป.). อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบสภาพอากาศชั้นบน. **เครื่องมือตรวจอากาศพื้นผิว**. ค้นเมื่อ เมษายน 20, 2560, จาก <http://www.cmmet.tmd.go.th/instrument/instruments.php>.
- สมพงษ์ มะนะสุทธิ. (2535). **อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น**. 4. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สัมฤทธิ์ มีวงศ์อุโฆษ. (ม.ป.ป). **สยามอามาเนค 2533-2534**. กรุงเทพฯ: สยามบรรณ.
- สำนักเครื่องมืออุตุนิยมวิทยา. (2555). สอบเทียบและบำรุงรักษาเครื่องมือ สำนักอุตุนิยมวิทยา ระนอง. ค้นเมื่อ กรกฎาคม 1, 2560, จาก <http://www.instrument.tmd.go.th/?p=355>.
- สุวพันธ์ นิลายน. (2543). **อุตุนิยมวิทยา**. 4. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เสวก ใจสะอาด. (2543). **ภูมิอากาศวิทยา**. นครสวรรค์: สถาบันราชภัฏนครสวรรค์.
- อรนุช ไพศาลอัมพวงษ์. (2556). **วิทยาศาสตร์ 4**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- อัญญางค์เดช โพธิ์คำ. (2559). “การอพยพเนื่องจากอากาศเปลี่ยนแปลง.” **อุตุนิยมวิทยา**, 15, 1 (มกราคม-เมษายน), 27.
- Aliexpress. (n.d.). hair-hygrometer. Retrieved August 10, 2017, form [https://www.aliexpress.com/store/product/hair-hygrometer-polymer-hair-hygrograph-Saussure-s-hygrometer-mechanical-hygrometer/1459980\\_32279701023.html](https://www.aliexpress.com/store/product/hair-hygrometer-polymer-hair-hygrograph-Saussure-s-hygrometer-mechanical-hygrometer/1459980_32279701023.html).

Ancient Knowledge. (2015). The missing links of human evolution are more than missing –

They are non –existent !. **Archaeology**. Retrieved September 1, 2016, from <https://sapientiaexanimo.wordpress.com/category/archaeology/>.

Aviation. (2015). **Why is the Cumulonimbus cloud formation so dangerous?**.

Retrieved November 3, 2018, from <https://aviation.stackexchange.com/questions/16700/>.

Belfortinstrument. (2019). Wind. **Aerovane Wind Transmitter Model 120**. Retrieved

February 1, 2019, from <http://belfortinstrument.com/ambient-meteorological/wind/aerovane-wind-transmitter-model-120/>

Chris Deziel. (2018). **What Are Some Interesting Facts about Stratus Clouds?**.

Retrieved November 4, 2018, from <https://sciencing.com/interesting-stratus-clouds-8387559.html>.

Differentfronts.weebly. (n.d.). occluded front. Retrieved August 22,

from <http://differentfronts.weebly.com/stationary-front.html>.

———. (n.d.). stationary front. Retrieved August 22, from <http://differentfronts.weebly.com/stationary-front.html>.

Doug Bennett, (2017). **What Kind of Weather Do Nimbostratus Clouds Cause?**.

Retrieved September 1, 2018, from <https://sciencing.com/kind-do-nimbostratus-clouds-cause-8475850.html>.

Earthonlinemedia. (2010). Air Temperature and Air Mass Movement. **The Physical**

**Environment**. Retrieved September 1, 2017, from [http://www.earthonlinemedia.com/ebooks/tpe\\_3e/temperature/temperature\\_air\\_masses.html](http://www.earthonlinemedia.com/ebooks/tpe_3e/temperature/temperature_air_masses.html).

Elizabeth Newbern (2015). **Ozone hole over Antarctica is larger than North America**.

Retrieved August 10, 2016, from <https://www.cbsnews.com/news/ozone-hole-over-antarctica-nears-record-breaking-size-again>.

- Encyclopaedia Britannica. (2018). **Meteorology**. Retrieved December 10, 2017, from <https://www.britannica.com/science/meteorology>.
- Globalwatermonitoring. (2013). Meteorology sensors. **CN1-R Net Pyrradiometer**. Retrieved September 1, 2016, form <https://www.globalwatermonitoring.com.au/sensors.html>.
- Huksefluxusa. (2017). **DR01 pyrhelimeter**. Retrieved September 1, 2016, form <http://www.huksefluxusa.com/shop/products/pyranometers-solar-radiometers/dr01-pyrhelimeter/>.
- Kaitlyn Pham. (n.d.). **The Life of the Early Humans**. Retrieved September 1, 2016, form <https://simplebooklet.com/publish.php?wpKey=UWkTB21Us1LHsambVt9eNh>.
- Luecha Ladachat. (2014). “สภาวะโลกร้อน ปรากฏการณ์เรือนกระจกและรูโหว่โอโซน”. **Inquiring Mind**. ค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 15, 2559, จาก <http://www.inquiringmind.in.th/archives/1720>.
- Lutgens, Frederrick K. and Edward J. Tarbuck. (1982). **The Atmosphere**. 2<sup>nd</sup>. New Jersey: Prentice-Hall.
- \_\_\_\_\_. (2001). **The Atmosphere: An Introduction to Meteorology (8th Edition)**. Retrieved September 1, 2017, form <http://www.ux1.eiu.edu/~cfjps/1400/fronts.html>.
- Michael C. LoPresto. (2015). Circulation of the Atmosphere. Retrieved July 1, 2017, form <http://slideplayer.com/slide/4629027/>.
- Nwclimate. (2015). Barograph. **Weather Instruments and Equipment Explained**. Retrieved August 10, 2017, form <http://www.nwclimate.org/guides/meteorological-instrumentation/>.
- \_\_\_\_\_. (2015). Hygrograph. **Weather Instruments and Equipment Explained**. Retrieved August 10, 2017, form <http://www.nwclimate.org/guides/meteorological-instrumentation/>.

- \_\_\_\_\_. (2017). Get better understanding of cold fronts. What are they?  
**How to Read a Weather Map?** Retrieved August 10, 2017,  
 form <http://www.nwclimate.org/guides/meteorological-instrumentation/>.
- \_\_\_\_\_. (2017). Next best find out about stationary fronts. **How to Read a Weather Map?**. Retrieved August 10, 2017, form <http://www.nwclimate.org/guides/meteorological-instrumentation/>.
- \_\_\_\_\_. (2017). What are occluded fronts?. **How to Read a Weather Map?**  
 Retrieved August 10, 2017, form <http://www.nwclimate.org/guides/meteorological-instrumentation/>.
- \_\_\_\_\_. (2017). What is warm front?. **How to Read a Weather Map?**. Retrieved August 10, 2017, form <http://www.nwclimate.org/guides/meteorological-instrumentation/>.
- \_\_\_\_\_. (2017).weather balloon. **Weather Instruments and Equipment Explained**. Retrieved August 10, 2017, form <http://www.nwclimate.org/guides/meteorological-instrumentation/>.
- Omniinstruments. (2017). **SHP1 Smart Pyrheliometer**. Retrieved September 1, 2016, form <https://www.omniinstruments.co.uk/weather-stations-and-instruments/suntrackers-direct-diffuse-irradiance/shp1-smart-pyrheliometer.html>.
- \_\_\_\_\_. (2017).**SMP10 Smart Pyranometer**. Retrieved September 1, 2016, form <https://www.omniinstruments.co.uk/smp10-smart-pyranometers.html>
- Physical Geography. (ม.ป.ป). ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้. **Chapter 2 Atmospheric of Earth**.  
 ค้นเมื่อ กรกฎาคม 1, 2560, จาก [http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/sci3/geology/2/index\\_ch\\_2-6.htm](http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/sci3/geology/2/index_ch_2-6.htm).
- \_\_\_\_\_. (ม.ป.ป). ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ. **Chapter 2 Atmospheric of Earth**. ค้นเมื่อ กรกฎาคม 1, 2560, จาก [http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/sci3/geology/2/index\\_ch\\_2-6.htm](http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/sci3/geology/2/index_ch_2-6.htm).

- Physics world. (2009). **ความดัน** คั่นเมื่อ กรกฎาคม 1, 2560, จาก <http://physicsworld.nanacity.com/physicsworld/lesson/world13.htm>.
- Predee Yuenyong. (2560). การวัดปริมาณน้ำฝน. **เครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝน**. คั่นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2, 2562, จาก [https://rainweather.blogspot.com/2017/07/blog-post\\_20.html](https://rainweather.blogspot.com/2017/07/blog-post_20.html).
- Rachel Poling. (2015). **What is a solar pyranometer?** Retrieved September 1, 2016, from <https://www.solarpowerworldonline.com/2015/03/what-is-a-solar-pyranometer/>.
- Russell-scientific. (n.d.). **F54 fortin barometer**. Retrieved July 1, 2017, from <http://www.russell-scientific.co.uk/f54-fortin-barometer-203-p.asp>.
- \_\_\_\_\_. (n.d.). **K60 Kew-type station barometer**. Retrieved July 1, 2017, from <http://www.russell-scientific.co.uk/f54-fortin-barometer-203-p.asp>
- Sarah Smith, (n.d.). **เมฆและการเกิดเมฆ**. คั่นเมื่อ ธันวาคม 10, 2561, จาก <http://excaliburmzs1942.webstriple.com/>.
- Science Struck. (2018). **These Facts About the Cumulus Clouds are Freaking Awesome**. Retrieved November 23, 2018, from <https://sciencestruck.com/cumulus-clouds-facts>.
- Strahler. Arthur N.(1969). **Physical Geography**. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Willey International Edition.
- Thaiweather, (2010). Weather Map Thailand 16 june 2010 Time 00 UTC. **Thai weather ฝนฟ้า พยากรณ์อากาศ**. คั่นเมื่อ สิงหาคม 22, 2560, จาก <http://thaiweather.blogspot.com/2010/10/weather-map-thailand-16-june-2010-time.html#.Wbo0xrJJbIU>.
- The topo is changing. (2014). Climate Lingo 1: Isotherms. We're moving Poleward baby!. **Climate, Environment, Culture and Sccurity**. Retrieved August 22, 2017, form <https://thetopoischanging.wordpress.com/2014/05/23/climate-lingo-1-isotherms-were-moving-poleward-baby/>.

- Weisberg, J.S. (1981). Meteorology. **The Earth and Its Weather**. New Jersey. Houghton Mifflin Company.
- Wikimedia. (2007). **File:Pyrgeometer.jpg**. Retrieved September 1, 2016, from <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pyrgeometer.jpg>.
- \_\_\_\_\_.(2018). **Altostratus cloud**. Retrieved September 1, 2018, from [https://en.wikipedia.org/wiki/ Altostratus\\_cloud](https://en.wikipedia.org/wiki/Altostratus_cloud).
- \_\_\_\_\_.(2018). **Altostratus cloud**. Retrieved September 1, 2018, from [https://en.wikipedia.org/wiki/Altostratus\\_cloud](https://en.wikipedia.org/wiki/Altostratus_cloud).
- \_\_\_\_\_.(2018). **Cirrocumulus cloud**. Retrieved September 1, 2018, from [https://en.wikipedia.org/wiki/Cirrocumulus\\_cloud](https://en.wikipedia.org/wiki/Cirrocumulus_cloud)
- \_\_\_\_\_.(2018). **Cirrostratus cloud**. Retrieved September 1, 2018, from [https://en.wikipedia.org/wiki/Cirrostratus\\_cloud](https://en.wikipedia.org/wiki/Cirrostratus_cloud).
- \_\_\_\_\_.(2018). **Cirrus cloud**. Retrieved September 1, 2018, from [https://en.wikipedia.org/wiki/Cirrus\\_cloud](https://en.wikipedia.org/wiki/Cirrus_cloud).
- \_\_\_\_\_.(2018). **Stratocumulus cloud**. Retrieved September 1, 2018, from [https://en.wikipedia.org/wiki/ Stratocumulus\\_cloud](https://en.wikipedia.org/wiki/Stratocumulus_cloud).
- \_\_\_\_\_.(2017). **Pyrgeometer**. Retrieved September 1, 2016, from [https://en.wikipedia.org/ wiki/Pyrgeometer](https://en.wikipedia.org/wiki/Pyrgeometer).
- Zoro. (2011). **sling psychrometer**. Retrieved February 1, 2019, from <https://www.zoro.com/bacharach-sling-psychrometer-red-spirit-fill-12-7012/i/G1810846/>.