ระดับความกดอากาศ (mb)

มหาสมุทร อากาศเหนือทวีปจึงขยายตัวออกทำให้ความกดอากาศบนทวีปเบากว่าความกดอากาศเหนือสมุทร ส่วนในฤดูหนาวแผ่นดินในทวีปจะหนาวเย็นกว่าพื้นน้ำมหาสมุทร อากาศเหนือทวีปจึงมีค่าความกดอากาศบนทวีปมากกว่าความกดอากาศเหนือสมุทร

**บทที่ 6**

**ลม (Wind)**

**6.1 ความหมาย**

ลม ความหมายในทางอุตุนิยมวิทยา หมายถึง อากาศที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งในแนวราบ (Horizontal) หรือลม คือ กระแสอากาศที่เคลื่อนที่ในแนวราบ ถ้าอากาศเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเราเรียกว่า กระแสอากาศ (Air current) การเคลื่อนที่ของอากาศทั้งสองลักษณะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะบรรยากาศของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลง การผสมผสานของความร้อนเย็นของอากาศ การระเหยของน้ำ ความชื้นในอากาศ และการเกิดฝน

เนื่องจากพื้นผิวโลกได้รับความร้อนแตกต่างกันทำให้แต่ละบริเวณมีความกดอากาศแตกต่างกัน จึงเกิดลมขึ้นเพราะอากาศในบริเวณหนึ่งร้อนและลอยตัวขึ้น ในขณะที่อากาศบริเวณใกล้เคียงมีอุณหภูมิเย็นกว่าเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ โดยลมเป็นการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีความกดอากาศสูงมายังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ นอกจากนั้นลมยังเป็นตัวแปรสำคัญที่มีส่วนทำให้อากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลง การผสมผสานของความร้อนเย็น การระเหยของน้ำ ความชื้นในอากาศ และการเกิดฝน

**6.2 แรงที่มีผลต่อทิศทางและการเคลื่อนที่ของลม**

ความเร็วและทิศทางของลมที่พัดออกจากบริเวณความกดอากาศสูงเข้าสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ เกิดจากผลของแรงต่างๆ ที่กระทำต่อกันดังนี้

6.2.1 แรงความชันความกดอากาศ (Pressure gradient force) เมื่ออากาศมีความกดต่างกัน จะทำให้เกิดการเคลื่นที่ของอากาศ โดยแรงที่ทำให้อากาศเคลื่อนที่นั้นเป็นรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศที่กระทำกับเส้นความกดอากาศเท่าเป็นมุม 90 องศา ซึ่งมีผลโดยตรงต่อความเร็วและทิศทางลม ลมที่มีความเร็วเพิ่มขึ้นแสดงว่ามีค่าความแตกต่างของความกดอากาศเพิ่มขึ้น

แรงความชันความกดอากาศแปรผันตรงกับผลต่างความกดระหว่าง 2 จุด และแปรผกผันกับความหนาแน่นของอากาศและระยะทางระหว่างจุด 2 จุด เขียนเป็นสมการได้ว่า

…………………..….. สมการ 6.1

เมื่อกำหนดให้

Fpg = แรงความชันความกดอากาศต่อหน่วยมวล

D = ความหนาแน่นของกาศ

ΔP = ความแตกต่างของความกดอากาศที่ได้จากระยะห่างของเส้นความกดอากาศเท่า

ΔN = ระยะห่างระหว่างเส้นความกดอากาศเท่า

**ตัวอย่าง 6.1** วัดความกดอากาศที่เมือง A และ B ได้ 1,011 mb และ 1,005 mb ตามลำดับ ถ้าเมือง A และ B ห่างกัน 400 กิโลเมตร จงหาความชันของอากาศ (ความหนาแน่น )

**วิธีทำ** แทนค่า ในสมการ 6.1

ผลต่างความกดอากาศ ΔP = ΔPA – ΔPB = 1,011 – 1,005 mb

= 6 mb

เนื่องจาก

ดังนั้น = 600

ผลต่างระยะทางระหว่างเมือง A และ B ΔN = ΔNA – ΔNB = 400 km = 400,000 m

ความหนาแน่น = 0.75

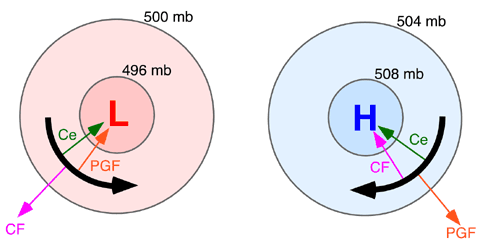
= 0.002

= 0.2 C

ความชันความกดอากาศ = 0.002 หรือ 0.2 C

ในแผนที่อากาศบริเวณต่างๆ ที่มีค่าความกดอากาศเท่ากัน จะแสดงด้วยเส้นความกดอากาศเท่า (Isobar) เนื่องจากความกดอากาศในแต่ละบริเวณไม่เท่ากันจึงทำให้เกิดลมขึ้น โดยค่าความแตกต่างระหว่างความกดอากาศของแต่ละพื้นที่ เรียกว่า “ค่าความชันความกดอากาศ” ถ้าค่าของความชันความกดอากาศมีค่ามาก ลมจะพัดแรงมาก ถ้าแรงความชันความกดอากาศน้อย ลมจะพัดอ่อนๆ (เช่นเดียวกับวัตถุที่ตกลงมาจากเขาที่สูงชันย่อมมีอัตราเร่งมากกว่าการตกจากเขาที่ลาดชันน้อย) ลมที่เกิดขึ้นจากค่าความแรงความชันความกดอากาศ จะมีทิศทางพัดตั้งฉากกับเส้นความกดเท่าจากเส้นความกดอากาศสูงไปยังเส้นความกดอากาศต่ำ

ภาพ 6.1 แนวการเคลื่อนที่ของแรงความชันความกดอากาศ



P = ลมเกรเดียนต์, Ce = แรงหนีศูนย์กลาง, C = แรงคอริออลิส, H = ศูนย์กลางความกดอากาศสูง,

L = ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ

ภาพ 6.2 ทิศทางลมเกรเดียนต์บริเวณความกดอากาศสูง บริเวณความกดอากาศต่ำ

เกรเดียนต์ที่มีค่าเป็นบวก แสดงว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น เช่น ความกดอากาศที่กรุงเทพฯ 1,000 มิลลิบาร์ และความกดอากาศที่ปัตตานี 1,007 มิลลิบาร์ ระยะทางจากกรุงเทพฯ ถึงปัตตานี 1,050 กิโลเมตร เกรเดียนต์ของความกดอากาศระหว่างกรุงเทพฯ ถึงปัตตานี คำนวณได้ดังนี้

G.P. = (1,007 – 1,000) / (1,050 - 0)

= 7/1,050

= 1/150 มิลลิบาร์ / กิโลเมตร

หมายความว่า เกรเดียนต์ของความกดอากาศระหว่างกรุงเทพฯ ถึงปัตตานีมีค่าเพิ่มขึ้น 1 มิลลิบาร์ ต่อระยะทางที่เพิ่มขึ้น 150 กิโลเมตร

อัตราการเพิ่มขึ้นของความกดอากาศที่ปัตตานีเพิ่มขึ้นจาก 1,007 มิลลิบาร์ เป็น 1,021 มิลลิบาร์ ตั้งแต่เวลา 19.00 น. ถึงเวลา 21.30 น. หมายถึง อัตราเฉลี่ยของการเพิ่มขึ้นของความกดอากาศที่จังหวัดปัตตานี

= (1,021 – 1,007) / (21.30 – 19.00)

= 14 มิลลิบาร์ / 3.5 ชั่วโมง หรือเท่ากับ 4 มิลลิบาร์ / 1 ชั่วโมง

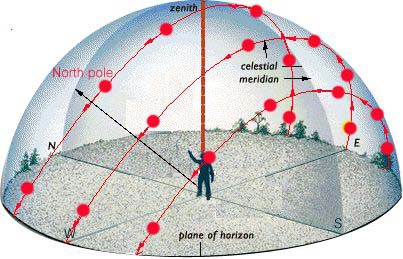
อัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของความกดอากาศเป็นค่าเฉลี่ย เนื่องจากในช่วงแรกมีอัตราการเพิ่มขึ้นมาก และอาจเพิ่มขึ้นน้อยลงในช่วงหลัง หรืออาจมีการเพิ่มขึ้นในอัตราทึ่เท่ากันตลอดเวลา หรือมีอัตราการเพิ่มขึ้นในช่วงแรกน้อย แต่เพิ่มมากในช่วงหลังก็ได้

เส้นระดับความกดอากาศเท่า หมายถึง เส้นโค้งที่ทุกๆ จุดที่อยู่บนเส้นนั้นมีความกดอากาศเท่ากัน เส้นโค้งที่วนรอบและเรียงความกดอากาศต่ำออกไปยังความกดอากาศสูง เรียกว่า บริเวณความกดอากาศต่ำ หรือหย่อมความกดอากาศต่ำ (Low Pressure Zone) เส้นโค้งที่วนรอบและเรียงจากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ เรียกบริเวณความกดอากาศสูง (High Pressure Zone) เส้นระดับความกดอากาศเท่ากันที่เรียงชิดกันมากจะมีเกรเดียนต์ของความกดอากาศสูงมาก ลักษณะอากาศจะมีกระแสลมแรงจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงกว่าผ่านไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า แต่เนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเองจึงเกิดแรงที่ทำให้วัตถุเบนออกไปจากทิศทางเดิม เรียกว่า แรงคอริออลิส (Coriolis Force) ในซีกโลกเหนือทำให้ทิศทางของลมจะเบนทวนเข็มนาฬิกาเข้าหาบริเวณความกดอากาศต่ำ และเบนตามเข็มนาฬิกาออกจากบริเวณความกดอากาศสูง ในซีกโลกใต้ทิศทางลมเบนตามเข็มนาฬิกาเข้าหาบริเวณความกดอากาศต่ำ และทิศทางลมจะเบนทวนเข็มนาฬิกาออกจากบริเวณความกดอากาศสูง

ในแผนที่ลมฟ้าอากาศบริเวณที่มีเส้นระดับความกดอากาศต่ำเรียงวนเป็นกลุ่มใกล้ๆกัน เรียกว่า แนวร่องความกดอากาศต่ำ พื้นที่บริเวณดังกล่าวจะมีความกดอากาศต่ำ ลักษณะอากาศจะมีฝนตกมาก บางครั้งอาจก่อให้เกิดอุทุกภัยได้ ส่วนบริเวณที่มีเส้นระดับความกดอากาศสูงเรียงวนกันเป็นกลุ่ม บริเวณนั้นจะเป็นบริเวณความกดอากาศสูงมีอากาศเย็นแผ่กระจายออกไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ

เส้นระดับความกดอากาศเท่ากันแต่ละเส้นจะกำกับด้วยระดับค่าความกดอากาศ มีหน่วยเป็น มิลลิบาร์ (1 ใน 1,000 ของความกดบรรยากาศ) ความกดอากาศปกติมีค่าประมาณ 1,013.25 มิลลิบาร์ ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส บริเวณที่เกิดพายุหมุนเขตร้อนจะเป็นบริเวณที่มีเกรเดียนต์ของความกดอากาศต่ำมาก (ส่วนใหญ่ต่ำกว่า 996 มิลลิบาร์) แสดงว่ามีลมพัดจากบริเวณโดยรอบพาไอน้ำเข้ามาหมุนวนสู่ศูนย์กลาง ทำให้การหมุนวนของลมที่พัดเข้าสู่ศูนย์กลางนี้รุนแรงมากขึ้น พายุหมุนเขตร้อนมากเมื่อศูนย์กลางของพายุอยู่ในทะเลซึ่งไม่แรงเสียดทานกระทำหรือต้านแรงลม

6.2.2 แรงคอริออลิส (Coriolis force) ค้นพบโดย จีจี คอริออลิส นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศส (Gaspard Gustave de Coriolis พ.ศ. 2335-2386) แรงคอริออลิสเป็นแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลก แรงคอริออลิสมีผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นผิวโลก โดยแรงนี้จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่เบนออกไปจากทิศทางเดิม ซึ่งการเบนทางอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นผลเนื่องมากจาก การหมุนของโลก ตำแหน่งละติจูด และความเร็วของวัตถุขณะเคลื่อนที่



ภาพ 6.3 การเบนของวัตถุที่เคลื่อนที่เบนออกไปจากทิศทางเดิม กรณีเคลื่อนที่ในซีกโลกเหนือ

โดยทิศทางที่เปลี่ยนไปนั้นเป็นไปตามกฎการเคลบื่อนที่ของเฟอร์เรล (Ferrel’s law) ซึ่งเสนอไว้ว่า มีลักษณะทิศทางของการเฉของวัตถุที่เป้นของไหล ที่เคลื่อนที่อย่างอิสระ 2 ลักษณะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าวัตถุนั้นเคลื่อนที่อยู่ในซีกโลกไหน ถ้าเคลื่อนที่ในซีกโลกเหนือทำให้ลมที่พัดเบนออกไปทางด้านขวาของทิศเดิม ส่วนซีกโลกใต้แรงออริคอลิสจะทำให้ทิศทางการพัดของลมเบนออกไปทางด้านซ้ายจากแนวทิศทางเดิม และแรงคอริออลิสมีความสัมพันธ์กับความเร็วลมและตำแหน่งละติจูด โดยขนาดของแรงสามารถคำนวณได้จากสมการ

Fc = 2V Ω sinØ ……………………สมการ 6.2

เมื่อกำหนดให้

Fc = แรงออริคอลิส

V = ความเร็วลม หรือ ความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ

Ø = ละติจูด

Ω = ความเร็วเชิงมุมของการหมุนของโลก ( เรเดียน )

หรือเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

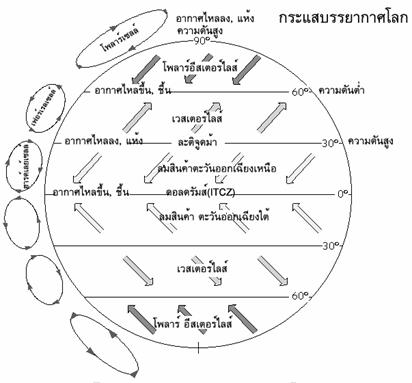
Fc = 1.46 x Ω sinØ ……………………...สมการ 6.3

จากสมการ 6.2 และ 6.3 ได้ข้อสังเกตว่า ขนาดของแรงคอริออลิสแปรผันตรงกับความเร็วและละติจูด เมื่อเพิ่มความเร็วค่าแรงจะมากขึ้น ในบริเวณขั่วโลกจะมีทิศทางการเบนของลมมากที่สุดและจะลดลงมาตามละติจูดซึ่งบริเวณที่มีค่าคอริออลิสน้อยที่สุดคือ บริเวณศูนย์สูตร หรือเป็นบริเวณที่มีแรงคอ-ริออลิสเท่ากับศูนย์

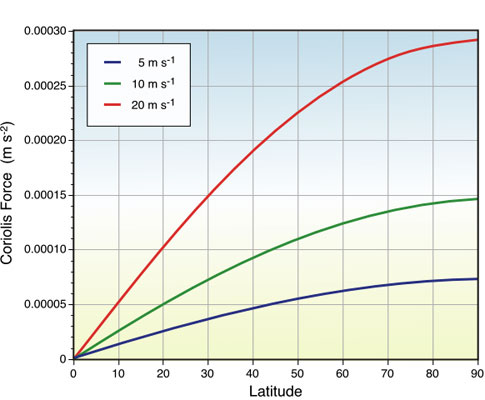
**ตาราง 6.1 การคำนวณแรงเฉ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ละติจูด (N)** | **ความเร็วลม** | | | |
| **5** | **10** | **15** | **20** |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0.025 | 0.05 | 0.075 | 0.1 |
| 40 | 0.047 | 0.094 | 0.141 | 0.187 |
| 60 | 0.063 | 0.126 | 0.189 | 0.253 |

ถ้าโลกไม่หมุนรอบตัวเองลมจะพัดตามทิศทางของแรงความชันความกดอากาศ



ภาพ 6.4 ทิศทางการเบนเนื่องจากแรงคอริออลิส



ภาพ 6.5 ลักษณะขนาดของแรงคอริออลิสตามละติจูดต่างๆ

ผลจากแรงคอริออลิส และแรงแกรเดียนต์ สามารถนำมาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางลมกับศูนย์กลางความกดอากาศที่พัดเข้ามายังบริเวณที่ผู้สังเกตอยู่ โดย บายส์ แบลลอต (Byes Ballot) ชาวเนเธอร์แลนด์ ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์ว่า ถ้าผู้สังเกตยืนหันหลังให้ลมที่พัดเข้าหาตัวแล้ว ในซีกโลกเหนือความกดอากาศต่ำจะอยู่ทางซ้ายมือและความกดอากาศสูงจะอยู่ทางขวามือ ส่วนในซีกโลกใต้จะตรงข้ามกัน เรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎของบายส์แบลลอต (Buys Ballot’s law)

**กฎของบายส์ แบลลอต Buys-Ballot’s law**

ภาพ 6.6 ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางลมกับศูนย์กลางความกดอากาศที่พัดเข้ามายังบริเวณที่ผู้สังเกตอยู่

6.2.3 แรงเสียดทาน (Frictional force) คือ แรงต้านทานที่เกิดจากอิทธิพลของพื้นผิวโลกต่อการเคลื่อนที่ของลมในทิศทางตรงข้ามกับแรงชันความกดอากาศ (มีทิศทาง 180 องศากับแรงชันความกดอากาศ) ค่าของแรงเสียดทานจะทำให้การเคลื่อนที่ของวัตถุช้าลง (แต่บางครั้งแรงเสียดทานมาก กลับเป็นตัวเร่งให้วัตถุเคลื่นที่เร็วขึ้น เช่น การเคลื่อนที่ของลมเหนือพื้นผิวกระแสน้ำในมหาสมุทรจะลากเอาผิวหน้าน้ำให้เคลื่อนที่เร็วขึ้น) บนพื้นดินแรงสียดทานมีประโยชน์ในการต้านทานความเร็วลมพายุทำให้พายุพัดช้าลงและสลายตัวไป พื้นผิวยังขรุขระความต้านทานที่มีต่อลมในแนวนอนยิ่งมาก ถ้าลมพัดในพื้นผิวเรียบลมจะแรงขึ้น

ลมที่เกิดเหนือพื้นผิวน้ำจะมีแรงเสียดทานน้อยกว่าลมที่เกิดเหนือพื้นดิน เนื่องจากพื้นผิวดินมีความหยาบจึงมีแรงเสียดทานมากกว่า และในระดับสูงเหนือพื้นดินขึ้นไป แรงเสียดทานจะมีค่าลดลง โดยในระดับความสูงประมาณ 1,00 เมตรเหนือพื้นดินจะไม่มีแรงเสียดทานของพื้นผิวกระทำต่อความเร็วและทิศทางลม

6.2.4 แรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) เป็นแรงที่มีทิศทางออกจากศูนย์กลางของการหมุน เมื่อเปรียบเทียบกับแรงอื่นๆ แรงหนีศูนย์กลางเป็นแรงที่มีผลน้อยที่สุดต่อการเคลื่อนที่ของลม แต่มีผลต่อการหมุนของพายุหมุนเขตร้อน พายุฤดูร้อน และทอร์นาโด

จากกฎการคงตัวของโมเมนตัม (Conservation of momentum) ที่กล่าวว่า “ถ้าไม่มีแรงจากภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง โมเมนตัมของระบบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง โมเมนตัมเชิงมุม (Angular momentum) เป็นฟังก์ชันของมวลวัตถุที่หมุนรอบตัวเองด้วยความเร็วเชิงมุม (องศาต่อหน่วยเวลา) และรัศมีของความโค้งจะมีค่าคงที่เมื่อไม่มีแรงสอดแทรกจากภายนอก”

โมเมนตัมการเคลื่อนที่ของอากาศความเร็วลมในการหมุนจะเปลี่ยนไปตามระยะห่างจากแกนโลก การเพิ่มความเร็วเชิงมุมจะมีค่าน้อยลงถ้ามีแรงเสียดทานเกิดขึ้น การเกิดพายุถ้ารัศมีการหมุนน้อยลง ความเร็วลมจะเพิ่มมากขึ้น

Fc = ……………………...สมการ 6.4

เมื่อกำหนดให้

Fc = แรงหนีศูนย์กลาง

V = ความเร็วลม

R = รัศมีโค้ง

ลักษณะของลมที่เกิดขึ้นจากแรงต่างๆ ทั้งในระดับลมชั้นบนและลมผิวพื้น ล้วนเป็นลมที่เกิดขึ้นบนเส้นชั้นความกดอากาศเท่า ในบริเวณความกดอากาศสูง ลักษณะของเกรเดียนต์ของความกดอากาศจะขยายออกไปทุกทิศทางออกจากศูนย์กลางความกดอากาศสูง หรือมีทิศทางเข้าหาบริเวณศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ แต่มีแรงอันเนื่องมาจากกการหมุนของโลกเข้ามากระทำ ซึ่งมีผลทำให้การเคลื่อนที่นั้นเฉไปจากแนวเดิม ผลคือ ลักษณะของเส้นความกดอากาศเท่าอาจเป็นเส้นโค้งที่ขนานรอบๆ บริเวณศูนย์กลางความกดอากาศ

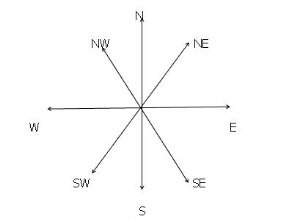
**6.3 การวัดลม**

การวัดลมในทางอุตุนิยมวิทยากำหนดให้วัดลมที่ผิวพื้นและลมชั้นบน โดยตรวจวัดทิศทาง (Direction) และความเร็วลม (Wind speed)

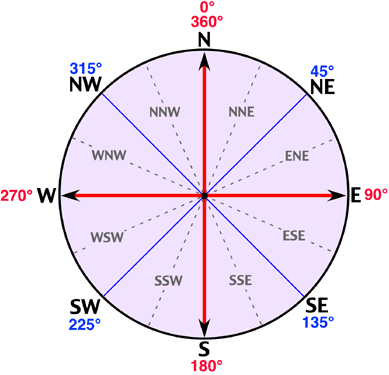
6.3.1 การตรวจวัดลมผิวพื้น

1) การวัดทิศทางลม (Wind direction) การวัดทิศทางของลมนั้นใช้เครื่องมือวัดทิศลมที่เรียกว่า “ศรลม” (Wind vane) เป็นการวัดหาทิศทางของลมที่พัดเข้าสู่ตำแหน่งที่ตรวจวัดหรือสถานีที่ทำการตรวจวัด โดยหัวลูกศรลมจะชี้เข้าหาทิศทางที่ลมพัดเข้ามา (Point in to the wind) หางศรเป็นตัวบังคับให้ปลายศรลมชี้ไปในทิศทางที่ลมพัดเข้ามา โดยมีแกนของศรลมหมุนไปโดยรอบ และต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า การอ่านทิศทางลมอ่านตามทิศที่ปลายลูกศรลมชี้ไปที่หน้าปัดของเครื่อง การวัดทิศทางลมในปัจจุบันนิยมตรวจวัด 2 แบบ คือ

1.1) วัดเป็นทิศ เป็นการระบุทิศทางของลมตามทิศเข็มทิศ ซึ่งมักแบ่งได้เป็น 8 ทิศ ได้แก่ ทิศเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออก ตะวันออกเฉียงใต้ ใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันตก ละทิศตะวันตกฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งทิศออกเป็น 16 ส่วน และ 32 ส่วน แต่ที่นิยมใช้คือแบ่งทิศเป็น 8 ส่วน การเรียกชื่อทิศทางลมมักเรียกชื่อตามทิศทางที่ลมพัดเข้ามา เช่น ลมพัดจากทิศเหนือไปทิศใต้ เราเรียกว่า ลมเหนือ เป็นต้น



ภาพ 6.7 องศาและทิศของลม 8 ทิศ



ภาพ 6.8 ทิศของลม 16 ทิศ

1.2) วัดเป็นองศา การวัดทิศทางลมเป็นองศาใช้มาตราวัดจาก 0 องศา ถึง 360 องศา ตามแนวเข็มนาฬิกา 1 รอบ มี 360 องศา เช่น ลมที่พัดมาจากทิศเหนือ เรียกว่าลม 360 องศา (ทั้งนี้ไม่นิยมเรียกลมทิศ 0 องศา) ลมฝ่ายตะวันตกมีค่า 270 องศา ทิศทางของลมที่เขียนบนแผนที่อากาศ เขียนโดยใช้ลูกศร (Wind shaft) เข้าสู่สถานีจากทิศทางที่ลมพัดมา โดยความเร็วลมจะแสดงที่หางลูกศร

2) การวัดความเร็วลม (Wind speed) เนื่องจากความเร็วลมเป็นปริมาณเวกเตอร์ (Vector) ที่มีทั้งขนาดและทิศทาง การวัดความเร็วลมจึงหมายถึง การตรวจวัดความเร็วของอากา ศที่เคลื่อนที่ (Velocity) ผ่านจุดตรวจวัดที่กำหนดบนพื้นผิวโลกหรือสถานีตรวจวัด หน่วยความเร็วลมคิดเป็น เมตรต่อวินาที, กิโลเมตรต่อชั่วโมง, ไมล์ต่อชั่วโมง, โบฟอร์ต หรือ นอต (1 ไมล์ทะเลต่อชั่วโมง เป็นหน่วยวัดที่นิยมในอเมริกา)

**ตาราง 6.2 หน่วยความเร็วลม**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **หน่วย** | **เทียบเท่า** | | | | |
| **m/s** | **Mi/hr** | **Ft/s** | **Kn** | **Km/hr** |
| **เมตรต่อวินาที (m/s)** | 1 | 2.237 | 3.281 | 1.944 | 3.6 |
| **ไมล์ต่อชั่วโมง (mi/hr)** | 0.447 | 1 | 1.467 | 0.869 | 1.609 |
| **ฟุตต่อวินาที (ft/s)** | 0.3048 | 0.6818 | 1 | 0.5925 | 1.097 |
| **นอต (Kn)** | 0.514 | 1.151 | 1.688 | 1 | 1.852 |
| **กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Km/hr)** | 0.2778 | 0.621 | 0.911 | 0.54 | 1 |

ความเร็วลมมีค่าไม่คงที่ การหาค่าลมผิวพื้นจึงตรวจวัดหาค่าเฉลี่ยในช่วง 10 นาทีเป็นค่าสำหรับการตรวจวัดความเร็วลมในครั้งนั้น เครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วลมเรียกว่า แอนนิโมมิเตอร์ (Anenometer) แอนนิโมมิเตอร์แบบเก่าแก่ที่สุด คือ แบบแผ่นกระดก (Pressure Plate Anemometer) ประดิษฐ์โดย โรเบิร์ต ฮุค (Robert Hook) เมื่อ พ.ศ. 2210 ประกอบด้วยแผ่นโลหะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแขวนติดอยู่กับแกนโดยแกนนี้ติดอยู่กับเสาในแนวตั้ง แผ่นโลหะนี้หมุนรอบแกนได้อย่างอิสระ และตั้งฉากกับทิศทางลมเสมอ เมื่อมีลมพัดมาปะทะกับปผ่นโลหะ ปลายด้านหนึ่งของแผ่นโลหะจะกระดกขึ้น มุมที่แผ่นโลหะทำกับแนวตั้งนั้นจะขึ้นอยู่กับความแรงของลม ถ้าลมนั้นแรงมากมุมที่ทำจะใหญ่ขึ้นด้วย ความเร็วลมอ่านได้จากสเกลที่ทำไว้บนโลหะโค้งที่อยู่ติดกับแขนของแผ่นโลหะ

ปัจจุบันนิยมใช้แอนนิโมมิเตอร์แบบถ้วย (Cup anemometer) ซึ่งประกอบด้วยลูกถ้วยตั้งแต่ 3 หรือ 4 ถ้วย ติดตั้งเป็นสัดส่วนกันและตั้งฉากกับแกน แล้วโยงต่อกับมิเตอร์เพื่อให้อ่านค่าความเร็วลมจากหน้าปัดได้ หลักการของแอนนิโมมิเตอร์ คืออาศัยค่าความกดที่แตกต่างกันจากด้านหนึ่งของลูกถ้วยใบหนึ่ง ไปยังลูกถ้วยอีกใบหนึ่ง เป็นเหตุให้ถ้วยหมุนรอบๆ เพลา อัตราที่ลูกถ้วยหมุนจะเป็นอัตราส่วนตรงต่อความเร็วลม การหมุนของลูกถ้วยปกติจะถุกเปลี่ยนกลับเป็นความเร็วลมผ่านระบบเกียร์และสามารถอ่านความเร็วลมได้จากหน้าปัด หรือส่งไปยังเครื่องบันทึกเวลา แอนนิโมมิเตอร์นั้นมักออกแบบให้วัดความเร็วลมที่มีค่ามากกว่า 0.5 เมตรต่อวินาที ถ้าน้อยกว่าอาจไม่ทำงาน แต่ในทางปฏิบัติแล้ว ถ้าความเร็วลมน้อยกว่า 0.5 เมตรต่อวินาทีถือว่าเป็นลมอ่อนสามารถละทิ้งได้



ภาพ 6.9 แอนนิโมมิเตอร์แบบถ้วย

เครื่องมือที่ตรวจวัดได้ทั้งความเร็วลมและทิศทางลม เรียกว่า แอโรเวน (Aerovane) โดยรวมแอนนิโมมิเตอร์และศรลมเข้าด้วยกัน เครื่องมือนี้ใช้มีดที่เป็นใบจักร 3 ใบ วัดความเร็วลม จากรูปร่างของเครื่องที่เพรียว และมีปีกอยู่ในแนวตั้งช่วยให้ใบมีดหันเข้าหาลม ศรลมจะทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ บอกทิศทางลม และช่วยให้แกนของใบจักรชี้เข้าหาทิศทางลม ทั้งแอนนิโมมิเตอร์และศรลมเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องมือที่ใช้บันทึก เครื่องวัดลมที่กล่าวมานี้เป็นการวัดลมผิวพื้นและบอกทิศทาง หรือความเร็วลมในตำแหน่งคงที่โดยเฉพาะ

สิ่งกีดขวางอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อลม เช่น อาคาร ต้นไม้ และอื่นๆ ความเร็วลมจะเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ดังนั้น เครื่องมือที่ใช้วัดลมควรตั้งอยู่ในที่โล่งที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก และควรอยู่สูงกว่าอาคาร แต่ในทางปฏิบัติแอนนิโมมิเตอร์จะถูกวางไว้ในระดับความสูงต่างๆ ไม่แน่นอน ทำให้วัดลมมีความผิดพลาดอยู่เสมอ มาตรฐานระดับความสูงของการติดตั้งกำหนดติดตั้งไว้ ณ ระดับความสูงไม่น้อยกว่า 10 เมตรเหนือพื้นดิน และเป็นบริเวณที่โล่งแจ้ง และควรให้มีระยะห่างจากสิ่งกีดขวางต่างๆอย่างน้อย 10 เท่าของระยะความสูงของสิ่งกีดขวางนั้น



ภาพ 6.10 เครื่องแอโรเวน วัดความเร็วและทิศทางลม

ภาพ 6.11 ฐานเรดาร์ติดตามการสะท้อนคลื่นที่ผูกติดไปกับบัลลูน

การวัดความเร็วลมอาจใช้การสังเกตจากวัตถุที่อยู่รอบๆได้ พลเรือเอกฟรานซิส โบฟอร์ต (Admiral sir Francis Beaufort) ชาวอังกฤษ จึงคิดค้นมาตราเพื่อใช้ตรวจวัดลมทะเลขึ้นใน

พ.ศ. 2348 (ดูตารางประกอบ) ต่อมาได้นำมาดัดแปลงใช้ทั้งบนบกและในทะเล มาตราโบฟอรฺตจะเปรียบเทียบกับสิ่งที่กีดขวางการเคลื่อนที่ ได้แก่ ใบไม้ กิ่งไม้ ธงสายโทรเลข คลื่นในทะเล เป็นต้น เกณฑ์ที่ใช้กำหนดความเร็วลมได้จากการสังเกตกำลังลมเหนือพื้นดินและในทะเล

มาตราโบฟอร์ต เริ่มต้นจากมาตราที่ 0 ไปจนถึงมาตราที่ 17 โดยความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นตามลำดับจากมาตราที่ F0 ไปจนถึงมาตราที่ F17 ลมมีกำลังแรงจัด ปัจจุบันนำมาตราโบฟอร์ตมาใช้น้อยโดยเฉพาะสถานีบนบก แต่ข้อดีของมาตราโบฟอร์ต คือ เป็นมาตราวัดความเร็วลมที่ไม่ต้องใช่เครื่องมือ เพียงอาศัยการสังเกตแล้วกะประมาณแล้วเทียบผลที่เกิดขึ้น ซึ่งมาตราวัดแบบนี้ยังคงมีประโยชน์อยู่

6.3.2 การตรวจวัดลมชั้นบน

นิยมใช้ไพลอตบัลลูน (Pilot balloon) ซึ่งเป็นบัลลูนขนาดย่อมมีขนาดน้ำหนักประมาณ 10 กรัม ถึง 100 กรัมบรรจุด้วยก๊าซไฮโดรเจน ปล่อยให้ลอยขึ้นฟ้าในอัตราเร็วตามที่กำหนด (บัลลูนที่ดีต้องสามารถลอยขึ้นไปได้ในระดับความสูง 24-32 กิโลเมตรจากพื้นดิน) แล้วใช้กล้องทีโอโดไลต์ (Theodolite) ส่องติดตามเพื่อหามุม (Elevation angle) และมุมแนวนอน (Horizontal angle) แล้วนำมาคำนวณหาทิศทางและความเร็วลมในระดับต่างๆของบรรยากาศ ตามหลักของตรีโกณมิติ การวัดมุมนั้นปกติจะวัดมุมทุกๆนาที แต่การตรวจวัดลมวิธีนี้มีข้อเสีย คือ ในระดับสูงบัลลูนอาจถูกเมฆบังจนไม่สามารถมองเห็น ทำให้ไม่สามารถตรวจวัดได้

ไพลอตบัลลูนสามารถใช้ร่วมกับเครื่องมือที่เรียกว่า เรดิโอซอนด์ (Radiosonde) ที่ใช้ตรวจวัดลมจากพื้นดินถึงระดับความสูง 30 กิโลเมตร เครื่องเรดิโอซอนด์สามารถตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความกดอากาศ ซึ่งต่อกับเครื่องส่งวิทยุ ผลการตรวจวัดจะส่งเป็นคลื่นวิทยุลงมายังสถานีรับภาคพื้นดิน ส่วนในระดับความสูงที่มากกว่า 30 กิโลเมตร จะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เรวินซอนด์ (Rawinsonde) การติดตามจะใช้เรดาร์หรือวิทยุหาทิศทางติดตามและรับส่งสัญญาณจากเครื่องวิทยุหยั่งอากาศที่ติดอยู่กับบัลลูน ถ้าจะใช้เรดาร์ติดตามต้องติดตั้งเป้าสะท้อนคลื่นเรดาร์ผูกติดไปกับบัลลูนด้วย

ภาพ 6.12 เครื่องเรดิโอซอนด์ (Radiosonde) และกล้องทีโอโด

ภาพ 6.13 กล้องติดตามบัลลูนตรวจอากาศชั้นบน

**ตาราง 6.3 เทียบความเร็วลมและชนิดลมตามมาตราลมของโบฟอร์ต (Beaufort scale)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **มาตราโบฟอร์ต** | **ความเร็วลม** | | **ลักษณะลมบนบก** | **ชนิดลม** |
| **นอต** | **กม./ชม.** |
| 0 | 1 | 1.6 | ลมสงบ ควันลอยขึ้นตรง | ลมสงบ (Calm) |
| 1 | 1-3 | 1.6-4.8 | ทิศทางลมสังเกตได้จากควัน ไม่ใช่จากศรลม | ลมเบา (Light air) |
| 2 | 4-6 | 6.4-8.6 | รู้สึกมีลมปะทะหน้า ใบไม้เคลื่อนไหว ศรลมเริ่มหันทิศทางไปตามลม | ลมอ่อน  (Light breeze) |
| 3 | 7-10 | 12.8-19.2 | ฝุ่นฟุ้ง กระดาษปลิว กิ้งไม้เล็กๆโยก | ลมเฉื่อย ลมโชย (Gentle breeze) |
| 4 | 11-21 | 20.8-28.8 | ต้นไม้เล็กๆเริ่มโยก สายโทรเลขดังหวือๆ ไม่สะดวกที่จะใช้ร่ม | ลมปานกลาง (Moderate breeze) |
| 5 | 17-21 | 30.4-38.4 | ต้นไม้โยก เริ่มต้านลมไม่สะดวก | ลมกระโชก  (Fresh breeze) |
| 6 | 22-27 | 40.0-50.0 | กิ่งไม้หัก เดินข้างหน้าไม่สะดวก | ลมแรง  (Strong breeze) |
| 7 | 28-33 | 51.0-60.8 | สิ่งก่อสร้างเสียหายเล็กน้อย | พายุปานกลาง  (Near Gale) |
| 8 | 34-40 | 62.4-73.6 | ต้นไม้ถอนราก สิ่งก่อสร้างเสียหายมาก | พายุกระโชก (Gale) |
| 9 | 41-47 | 75.2-85.0 | สิ่งก่อสร้างเสียหายเป็นบริเวณกว้าง | พายุแรง  (Strong Gale) |
| 10 | 48-55 | 86.0-101 | สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก | พายุจัด (Strom) |
| 11 | 56-63 | 102-115 | สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก | พายุจัด  (Violent strom) |
| 12 | 64-71 | 116-131.2 | สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก | เฮอร์ริเคน |
| 13 | 72-80 | 132.8-147.3 | สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก | เฮอร์ริเคน |
| 14 | 81-89 | 148.8-164.8 | สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก | เฮอร์ริเคน |
| 15 | 90-99 | 166.4-182.4 | สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก | เฮอร์ริเคน |
| 16 | 100-108 | 184.0-200.0 | สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก | เฮอร์ริเคน |
| 17 | 109-118 | 201.6-217.6 | สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก | เฮอร์ริเคน |

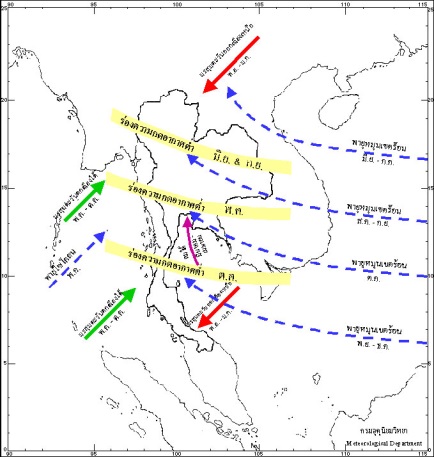
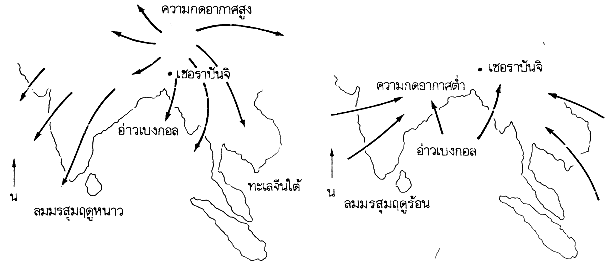
**ตาราง 6.4 ตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ตกับปรากฏการณ์ธรรมชาติในทะเล**

|  |  |
| --- | --- |
| **มาตราโบฟอร์ต** | **ปรากฏการณ์ธรรมชาติในทะเล** |
| 0 | ทะเลคล้ายกระจก |
| 1 | ทะเลพลิ้ว ยอดคลื่นไม่มีฟอง |
| 2 | คลื่นเป็นระลอกเล็กๆ ปรกฏให้เห็นชัด แต่ยังไม่แตกเป็นฟอง |
| 3 | คลื่นเป็นระลอกโตขึ้น คลื่นเริ่มแตกเป็นฟองขาว |
| 4 | คลื่นขนาดเล็กใหญ่ขึ้น และเป็นฟองขาวมากขึ้น |
| 5 | คลื่นขนาดปานกลางยาวมากขึ้น โอกาสที่จะเป็นฝอยน้ำได้บ้าง |
| 6 | คลื่นมีขนาดใหญ่ขึ้น คลื่นเกิดเป็นฟองขาวมากขึ้น เป็นฝอยน้ำมากขึ้น |
| 7 | น้ำทะเลสูงขึ้น และฟองแตกเป็นทาง เริ่มพัดกระจัดกระจายไปตามคลื่น หัวแตก |
| 8 | คลื่นค่อนข้างสูง มีช่วงคลื่นขึ้น คลื่นที่ฟองน้ำแตกเป็นทางเห็นได้ชัดเจน |
| 9 | คลื่นสูง ยอดคลื่นเริ่มม้วนตัว คลื่นที่ฟองน้ำแตกเป็นทางหนาทึบ และฝอยน้ำที่พัดอยู่สูงในอากาศ ทำให้มีทัศนวิสัยเลว |
| ศ | คลื่นสูงมากมียอดคลื่นที่ยื่นออก ทะเลมีฟองขาวไปหมด การม้วนตัวของคลื่นมีมากขึ้น และทัศนวิสัยเลว |
| 11 | คลื่นสูงใหญ่มาก ทะเลมีฟองขาวเต็มไปหมด การม้วนตัวของคลื่นมีมากขึ้น และทัศนวิสัยเลว |
| 12-17 | แตกเป็นฝอยน้ำอยู่ในอากาศเต็มไปหมด ทัศนวิสัยเลวลงมาก |

**6.4 ลมพื้นผิวและลมชั้นบน**

การจำแนกลักษณะลมผิวพื้นและลมชั้นบน ใช้การพิจารณาจากระดับความสูงเหนือผิวพื้นที่ตรวจวัด โดยใช้ระดับความสูงประมาณ 1 กิโลเมตรเป็นเส้นแบ่ง เพราะที่ระดับเหนือ 1 กิโลเมตรขึ้นไป ค่าแรงเสียดทานของผิวพื้นให้ถือว่าเป็น 0 ลักษณะที่สำคัญของลมผิวพื้นและลมชั้นบนมีดังนี้

6.4.1 ลมผิวพื้น คือลมที่พัดจากบริเวณผิวพื้นไปยังระดับความสูงไม่เกิน 1 กิโลเมตรเหนือพื้นดิน ลมผิวพื้นจะพัดไม่ขนานกับเส้นความกดอากาศเท่า แต่จะพัดข้ามเส้นความกดอากาศเท่าจากบริเวณความกดอากาศสูงไปยังบริเวณความกดอากาศต่ำ ซึ่งทำมุมกับเส้นความกดอากาศเท่าต่างกันขึ้นอยู่กับลักษระพื้นฟิว ถ้าผิวพื้นราบเรียบจะทำมุมแหลมกว่าพื้นผิวขรุขระ บริเวณพื้นป่าหนาทึบอาจทำมุมถึง 90 องศากับเส้นความกดอากาศเท่าที่ระดับความสูง 10 เมตรเหนือพื้นผิวลมผิวพื้น

ภาพ 6.15 ลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ประจำของลมผิวพื้น

ภาพ 6.16 ระดับการพัดของลมผิวพื้นในภูมิภาคเอเชีย ในช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายน (ข้อมูลที่ใช้คำนวณ พ.ศ. 2528-2537)

6.4.2 ลมชั้นบน คือลมที่พัดเหนือระดับผิวพื้นตั้งแต่ 1 กิโลเมตรขึ้นไป มีลักษณะของลมที่ปรากฏได้แก่

1) ลมยีโอสโทรฟิก (Geostrophic wind) เป็นลมชั้นบนที่พัดในแนวนอนระดับสูงตั้งแต่ 1 กิโลเมตรขึ้นไป ซึ่งถือว่าเป็นระยะที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากแรงเสียดทานของพื้นผิว ลมนี้เป็นผลมาจากความสมดุลของแรง 2 แรง คือ แรงความชันความกดอากาศและแรงคอริออริส ซึ่งเคลื่อนที่เป้นเส้นตรงและขนานกับเส้นความกดอากาศเท่าด้วยความเร็วคงที่ กล่าวคือ เมื่อแรงความชันของความกดอากาศเพิ่มขึ้น อากาศจะมีความเร่งและเริ่มเคลื่อนที่ออกจากบริเวณที่มีความกดออากาศสูงสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ เมื่ออากาศเพิ่มความเร็วขึ้นค่าของแรงคอริออลิสก็จะเพิ่มมากขึ้น ทำให้การเคลื่อนที่ของอากาศค่อยๆ เฉไปทางขวามือจากแนวทิศทางการเคลื่อนที่เดิม (ในซีกโลกเหนือ) และขั้นสุดท้ายแรงทั้งสองนี้จะมีค่าสมดุลกัน กล่าวคือ ทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศเบนเป็นมุมฉากกับแนวอัตราลดความกดอากาศ แรงที่อยู่ในภาวะสมดุลนี้เรียกว่า “ยีโอสโทรฟิก” เนื่องจากลมยีโอสโทรฟิกเกิดจากความสมดุลของแรงความชันความกดอากาศและแรงคอริออลิส จึงเขียนเป็นสมการได้ว่า

Vg = ..................................สมการ 6.5

เมื่อกำหนดให้

Vg = ลมยีโอสโทฟิก

P = ความต่างของความกดอากาศ

G = ระยะทางระหว่าง 2 พื้นที่

E = ความหนาแน่นของอากาศ

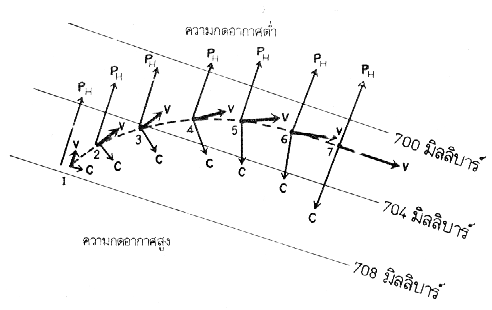
= ละติจูด

**ตัวอย่าง 6.2** เมือง ก และเมือง ข ตั้งอยู่ที่ละติจูด 43 องศา มีระยะห่างกัน 100 กิโลเมตร มีค่าความกดอากาศแตกต่างกัน 10 mb ค่าความหนาแน่นของอากาศวัดได้ 1.2 kg จงคำนวณหาความเร็วลมยีโอสโทรฟิก

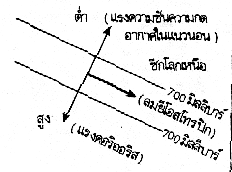
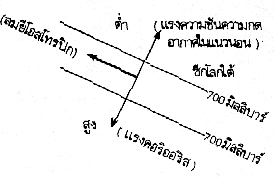
จากสมการ แทนค่า

Vg =

= 83.3 m/s



ภาพ 6.17 ลักษณะของลมยีโอสโทรฟิกที่พัดขนานกับเส้นความกดอากาศเท่า

ภาพ 6.18 ทิศทางการเคลื่อนที่ของลมยีโอสโทรฟิกจากบริเวณความกดอากาศสูงไปบริเวณความกดอากาศต่ำซีกโลกเหนือ (ซ้าย) ซีกโลกใต้ (ขวา)

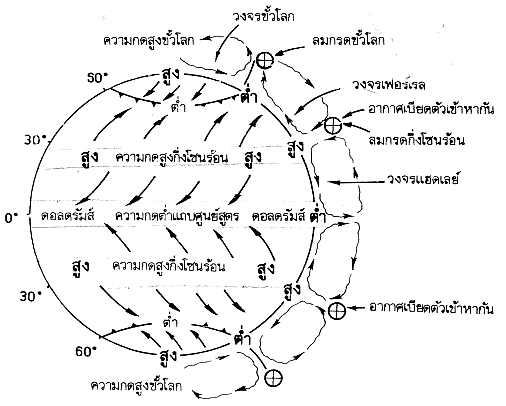
2) ลมเกรเดียนต์ (Gradient wind) เป็นลมชั้นบนที่มีทิศทางการเคลื่อนที่ขนานกับเส้นความกดอากาศเท่าในแนวนอนเป็นเส้นโค้ง ลมนี้เป็นภาวะความสมดุลของแรง 3 แรง คือ แรงความชันความกดอากาศ คอริออลิส และแรงหนีศูนย์กลาง แรงความชันความกดอากาศมีทิศทางตรงข้ามกับแรงคอริออลิส

ลมเกรเดียนต์ในบริเวณความกดอากาศต่ำเป็นผลมาจากแรงความชันความกดอากาศจากบริเวณความกดอากาศสูงเคลื่อนที่เข้าหาศูนย์กลางความกดอากาศต่ำสมดุลกับแรงคอริออลิสรวมกับแรงหนีศูนย์กลางเคลื่อนที่ออกมาในทิศทางตรงข้ามกับแรงชันของความกดอากาศ ส่วนลมเกรเดียนต์รอบบริเวณความกดอากาศสูงเป็นผลจากแรงความชันความกดอากาศรวมกับแรงหนีศูนย์กลางเคลื่อนที่ออกจากศูนย์กลางความกดอากาศสมดุลกับแรงคอริออลิสที่เคลื่อนที่เข้าหาบริเวณศูนย์กลางความกดอากาศ

**6.5 ลมที่เกิดจากอิทธิพลของแนวความกดอากาศต่างๆ**

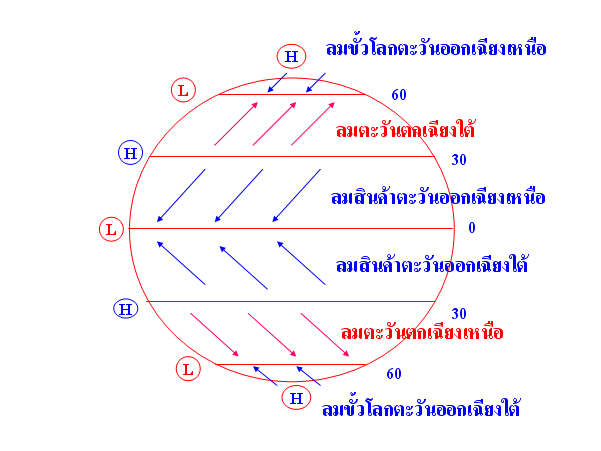
อิทธิพลของแนวความกดอากาศต่างๆ ที่ปรกฏบนพื้นผิวโลก ทำให้เกิดลักษณะของการหมุนเวียนของบรรยากาศ โดยลมที่เคลื่อนที่ผ่านส่วนต่างๆของโลก ซึ่งมีลมประจำปี (Prevailing wind) พัดผ่านไปยังส่วนต่างๆ ลมประจำต่างๆ มีความเกี่ยวพันกับความกดอากาศที่ประจำอยู่ในแต่ละเขต ทำให้การพัดของลมเกิดขึ้นเป็นประจำ โดยลมที่พัดนั้นมีทิศทางเฉไปจากทิศทางเดิม เนื่องจากมีอิทธิพลของแรงคอริออลิสหรือแรงเหวี่ยงจากการหมุนของโลก ลมประจำที่เกิดจากอิทธิพลของแนวความกดอากาศมีดังนี้

6.5.1 ลมสินค้า (Trade winds) หมายถึง ลมที่เคลื่อนที่จากเส้นละติจูดม้าเข้าสู่บริเวณศูนย์สูตร โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่ที่แน่นอน เกิดขึ้นเป็นเวลานานหลายสัปดาห์ ในซีกโลกเหนือจะพัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในซีกโลกใต้ทิศทางจะพัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณที่ลมนี้เคลื่อนที่ผ่านในช่วงกลางวันจะมีเมฆน้อย และในช่วงกลางคืนท้องฟ้าแจ่มใส เมื่อเคลื่อนที่เข้าใกล้แนวศูนย์สูตรจะมีไอน้ำเพิ่มมากขึ้นและลมมีกำลังแรงขึ้น ปกติลมสินค้าจะเกิดขึ้นตั้งแต่ผิวดินจนถึงระดับความสูงประมาณ 4,000 เมตร ในฤดูหนาวความเร็วลมจะสม่ำเสมอมากกว่าฤดูร้อน เพราะหย่อมความกดอากาศสูงจะสลายตัว เนื่องจากอิทธิพลของความร้อน ทำให้แนวการเคลื่อนที่ของลมไม่ต่อเนื่องและแจ่มชัดเหมือนกับในช่วงฤดูหนาว



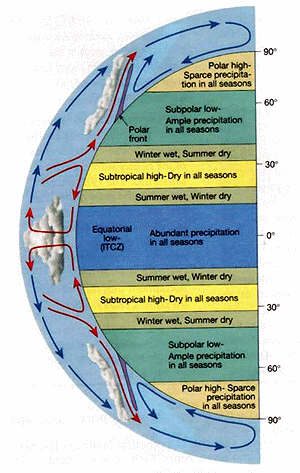
ภาพ 6.19 ทิศทางของลมสินค้าที่พัดสอบเข้าหาร่องมรสุมหรือแนวปะทะอากาศเขตร้อน ภาพซ้ายเป็นมุมของด้านข้างของลมสินค้าบริเวณเขตร้อนเส้นศูนย์สูตร

6.5.2 ลมประจำฝ่ายตะวันตก (Prevailing westerlies) หมายถึง ลมที่เคลื่อนที่จากเส้นละติจูดม้าเข้าสู่บริเวณความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก หรือลมที่พัดออกจากบริเวณความกดอากาศสูงกึ่งโซนร้อนไปทางขั้วโลก โดยจะพัดจากละติจูดประมาณ 40 องศาเหนือ ไปยังเขตอาร์กติกเซอร์เคิล (Arctic circle ละติจูด 66 0 ° เหนือ) ในช่วงฤดูหนาวเขตนี้อาจเคลื่อนที่ลงมาทางศูนย์สูตรเล็กน้อย ในฤดูหนาวก็อาจเคลื่อนที่สูงขึ้นทางขั้วโลก ส่วนในซีกโลกใต้จะพัดจากละติจูด 30° ใต้ ไปยังเขตแอนตาร์ติกเซอร์เคิล (Antractic circle ละติจูด 66 ใต้) ในซีกโลกเหนือทิศทางการเคลื่อนที่ของลมในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ส่วนในซีกโลกใต้มีทิศทางเคลื่อนที่ประจำทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยพัดในลักษณะคล้ายการไหลของน้ำในลำธาร ลมประจำฝ่ายตะวันตกมีความเร็วลมแรงตลอดเวลา โดยเฉพาะด้านซีกโลกใต้ ความเร็วในการเคลื่อนที่บางครั้งเรียกว่า ลมกรด (Jet stream)



ภาพ 6.20 ทิศทางการพัดและแนวละติจูดของลมประจำฝ่ายตะวันตก (แถบสีเขียว)

6.5.3 ลมประจำฝ่ายตะวันออกแถบขั้วโลก (Polar rasterlies) หมายถึง ลมเย็นที่เคลื่อนที่จากขั้วโลกมายังบริเวณเขตความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก หรือเรียกลมที่พัดร่วมมาจากทิศตะวันออก ทิศทางการพัดใหนซีกโลกเหนือจะพัดในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และในซีกโลกใต้จะพัดในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้ นอกจากนี้ยังมีลมตะวันออกแถบศูนย์สูตร (Equatorial easterlies) และลมฝ่ายตะวันออกเขตร้อน (Tropical easterlies)



ภาพ 6.21 ทิศทางการพัดของลมประจำฝ่ายตะวันออกแถบขั้วโลก

**6.6 ลมประจำถิ่นในทิศต่างๆ**

ในภูมิภาคต่างๆ ของโลกมีลมที่พัดประจำในแต่ละภูมิภาคดังนี้

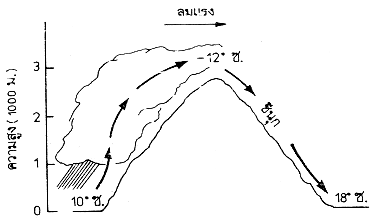
**6.6.1 ทวีปอเมริกาเหนือ และอเมริกาใต้ มีลมประจำถิ่นที่สำคัญได้แก่**

1) ลมชีนุก (Chinook wind) เป็นลมอุ่นอ่อนค่อนข้างร้อนและแห้งแล้ง พัดมาจากด้านตะวันตกข้ามเทือกเขารอกกี้ลงไปตามลาดเขาด้านตะวันออกของเทือกเขารอกกี้สู่ที่ราบภาคกลางของอเมริกาและแคนาดา ทั้งนี้ ทิศทางการพัดและความเร็วลมอาจเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะภูมิประเทศ เกิดขึ้นในช่วงฤดูหนาวและฤดูใบไม้ผลิ ลมนี้มักจะพัดมาอย่างรวดเร็วทำให้อากาศเบื้องล่างมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าเดิม และบางครั้งสามารถละลายหิมะได้ในเวลาอันรวดเร็ว โดยทำให้อุณหภูมิอุ่นขึ้น จาก 12 °C เป็น 15 °C ในเวลาเพียง 3 นาที และมีบันทึกที่ Montana ไว้ว่า มีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจาก 10 °C เป็น 20 °C ในเวลาเพียง 15 นาที ลมชีนุกเป็นลมที่ก่อให้เกิดลักษณะเป็นฝนภูเขา (Orographic rain) และฝนหลังเขา (Shadow rain) ด้วย แต่โดยมากมักเรียกในส่วนที่แห้งแล้ง กล่าวคือเป็นลมที่พัดข้ามเทือกเขามาแล้ว ซึ่งจะเป็นลมที่ร้อนและแห้งแล้ง ลมชีนุกถ้าเกิดในยุโรป เรียกว่า Foenh หรือ Föhn ส่วนภูมิภาคอื่น ก็เรียกชื่อแตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ ดูตาราง 6.5 ประกอบ

2) ลมเทมโปราล (Temporal wind) เป็นลมฝน (คล้ายมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) ที่มีกำลังแรงพัดเข้ามายังอเมริกากลางจากทางด้านมหาสมุทรแปซิฟิกในช่วงฤดูร้อน ประมาณเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม ลมเทมโปราลบางครั้งอาจทวีกำลังเป็นพายุฝนหนัก (Gale) ได้ และทำให้ทะเลมีคลื่นสูง

3) ลมปามเปโร (Pampero) เป็นลมที่มีอุณหภูมิหนาวเย็น พัดมาจากทิศใต้หรือทิศตะวันตกเฉียงใต้ผ่านเหนือทุ่งหญ้า (Pampas) ในประเทศอาร์เจนตินา ที่ราบอะเมซอนและอุรุกวัย เกิดในช่วงพฤศจิกายน-ธันวาคม เนื่องจากเป็นมวลอากาศเย็น (Cold front) เมื่อพัดผ่านพื้นที่ใดมักมีพายุฝนหรือฝนฟ้าคะนองเกิดขึ้นและมีอุณหภูมิลดลงอย่างฉับพลัน มีทิศทางตรงข้ามกับลมนอร์เทอร์

4) ลมฝ่ายเหนือ, นอร์เทอร์ (Norther wind) ลมฝ่ายเหนือ เป็นลมเย็นและพัดแรงเกิดขึ้นเป็นครั้งคราวตามชายฝั่งทะเลในฤดูร้อนของประเทศเปรู ส่วนในอเมริกาเรียก ลมนอร์เทอร์ ซึ่งเป็นลมฝ่ายเหนือที่พัดอยู่ระหว่างทิศตะวันออกเฉียงเหนือกับตะวันตกเฉียงเหนือ มีอุณหภูมิเย็นจัด ในฤดูหนาวเมื่อลมนี้พัดมาอุณหภูมิจะลดลงต่ำกว่าปกติ ประมาณ 14 °C ใน 1 ชั่วโมง หรือ 28 °C ใน 3 ชั่วโมง ส่วนในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย แต่เป็นลมฝ่ายเหนือที่แห้งและมีฝุ่นเกิดในช่วงฤดูใบไม้ผลิถึงต้นฤดูใบไม้ร่วง ในฤดูร้อนเมื่อลมนี้พัดมาอากาศจะร้อนจัดจนถึงร้อนจัดลมนี้จะพัดนานประมาณ 1-4 วัน ในโปรตุเกส เป็นลมที่เกิดขึ้นก่อนลมค้า ในชิลีเป็นลมที่มีกำลังแรงเกิดขึ้นเป็นครั้งคราวในช่วงฤดูร้อน ส่วนลมเหนือในออสเตรเลีย เป็นลมร้อนและแห้งแล้ง บางครั้งพัดเอาฝุ่นจากทะเลทรายเข้ามาด้วย



ภาพ 6.23 ลักษณะการพัดของลมชีนุก

ภาพ 6.24 ลมประจำถิ่นในทวีปอเมริกา

5) ลมซอนดา (Zonda or Sonda) เป้นลมร้อนและแห้งคล้ายลม Föhn ในยุโรป พัดมาจากแนวเทือกเขาแอนดีสไปทางตะวันออกเฉียงใต้เข้าสู่ประเทศอาร์เจนตินาและชายฝั่งตะวันออกของทวีปอเมริกาใต้ ในช่วงฤดูหนาวด้วยความเร็วประมาณ 11 เมตร/วินาที หรือราวย 25 ไมล์/ชั่วโมง ลมนี้อาจหอบเอาฝุ่นมาด้วย

6) Papagayo เป็นลมหนาวเนื่องมาจากอิทธิพลของมวลอากาศเย็นที่ปกคลุมเทือกเขาในอเมริกากลาง และพัดในแนวตะวันออกเฉียงเหนือตลอดแนวยาวของฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกของประเทศนิคารากัวกัวเตมาลา

**6.6.2 ลมประจำถิ่นในยุโรป**

1) ลมบีส (Bise) เป็นลมหนาวและแห้งแล้งมีกำลังค่อนข้างแรง มีแหล่งกำเนิดจากยอดเทือกเขาแอลป์ หรือลมที่พัดในบริเวณเทือกเขาหรือพัดมาจากด้านเหนือในบริเวณเทือกเขาด้านตะวันออกของประเทศฝรั่งเศส (Rhone Valley) และสวิตเซอร์แลนด์ (ระหว่างเทือกเขาจูรา และเทือกเขาแอลป์) เมื่อลมบีสพัดเข้ามาในตอนกลางของสวิตเซอร์แลนด์แล้ว ถ้ามีอิทธิพลของลมจากทะเลบ่อข่าน (Balkan) พัดเข้ามาในช่วงเดียวกัน จะทำให้เกิดพายุฝนตกหนักและมีหิมะตกได้



ภาพ 6.25 ลมประจำถิ่นในทวีปยุโรป

2) ลมโบรา (Bora) ใช้เรียกชื่อลมที่พัดจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ลมนี้มีต้นกำเนิดมาจากประเทศรัสเซียพัดข้ามภูเขามาสู่ตามบริเวณชายฝั่งตะวันออกของประเทศยูโกสลาเวียด้านทะเลเอเดรียติก และในภาคเหนือของอิตาลี ในช่วงฤดูหนาวเป็นลมหนาวและแห้ง

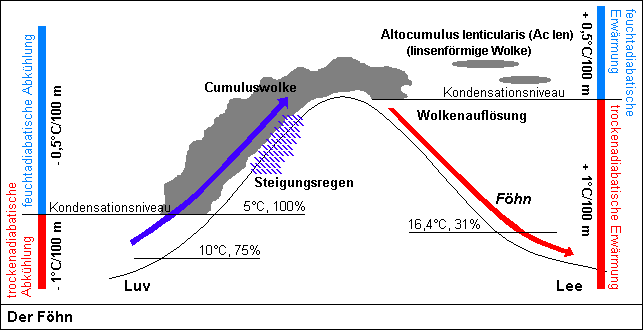
ภาพ 6.26 ลม Bora ด้านซ้ายพัดในทะเลอาเดรียติก ด้านขวาทางการพัดใน

3) ลมเฟิน (Föhn หรือ Foehn) ใช้เรียกชื่อลมที่พัดลงมาตามลาดเขาทางด้านเหนือของเทือกเขาแอลป์ ลมนี้เป็นลมร้อนและแห้งมักเกิดในช่วงฤดูใบไม้ผลิและฤดูใบไม้ร่วง เมื่อลมนี้พัดผ่านจะทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 30°C (50°F) ลมเฟินคล้ายกับลมชีนุกในอเมริกา

4) ลมทรามอนตานา (Tramontana หรือ Tramontano) ใช้เรียกชื่อลมที่พัดจากที่ราบสูงตอนกลางของประเทศสเปน และฝรั่งเศสผ่านมาทางทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ซึ่งอาจไปถึงชายฝั่งตะวันตกของประเทศอิตาลี เป็นลมเย็นและแห้ง นอกจากนั้นยังเป็นลมที่พัดจากพื้นที่ของยูสโกลาเวียไปยังทะเลเอเดรียดิก

**ตาราง 6.5 การเรียกชื่อลมที่มีลักษณะร้อนและแห้งแล้ง ที่พัดข้ามเข้ามาในภูมิภาคต่างๆ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชื่อลม** | **สถานที่** | **ชื่อลม** | **สถานที่** |
| Chinook | Rocky Mountains | Bhoot | India |
| Zonda | Argentina | Halny Wiatr | Poland |
| Santa ana | California | Brickfielder | Australia |
| Puelche | Andes Mountains | Sky sweeper | Majorca |
| Kona | Hawaii | Lips | Greece |
| Foeh | Austria | Canterbury Northwester | New Zealand |
| Vent der Midi | Around thr city of Lyons | Tauem | Salzburg |



ภาพ 6.27 การเกิดลมเฟิน (Foehn)

ภาพ 6.28 ลมที่พัดในทวีปยุโรปและทะเลเมดิเตอร์เรเนียน

5) ลมมิสทราล (Mistral) เป็นลมที่พัดตามชายฝั่งภาคใต้ของฝรั่งเศส มีทิศทางการพัดจากทิศเหนือผ่านลงมาบริเวณหุบเขาโรน (Rhone valley) ออกสู่อ่าว Lions ในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน เป็นลมเย็นและแห้ง มีกำลังแรง (ประมาณ 40 นอต) และสามารถทวีกำลังเป็นพายุได้ ความเร็วลมที่บันทึกได้มากกว่า 22 เมตร/วินาที (50 ไมล์/ชั่วโมง) แต่น้อยกว่า 38 เมตร/วินาที (60 ไมล์/ชั่วโมง) ทั้งนี้ความเร็วอาจผันแปรขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศด้วย

ภาพ 6.29 ทิศทางการพัดของลมมิสทราล

6) ลมเลเวนเทอร์ (Leventer or Leveche) เป็นลมที่พัดหอบเอาความชื้นและฝนมาตกทางด้านตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือแถบภาตใต้ของประเทศสเปน

**6.6.3 ลมประจำถิ่นในทวีปเอเชีย**

1) ลมบุราน (Buran) ใช้เรียกชื่อลมหนาวที่เกิดขึ้นในประเทศรัสเซียและตอนกลางของทวีปเอเชีย เป้นลมที่พัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เกิดขึ้นในช่วงฤดูหนาว อาจมีอุณหภูมิลดลงถึงจุดเยือกแข็ง บางครั้งอาจพัดเอาหิมะมาด้วย ทำให้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ลมชนิดนี้ในอลาสก้าของอเมริกาเรียกว่าลม Burga

2) ลมสุมาตรา (Sumatra) เป็นลมที่พัดแรง บางครั้งมีความเร็วลมถึง 48 กิโลเมตร/ชั่วโมง เกิดขึ้นในช่องแคบมะละกาในช่วงเวลากลางคืนในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้เกิดคลื่นชัดในบริเวณชายฝั่งประเทศมาเลเซีย และเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ลมสุมาตราจะมีเมฆคิวมูโลนิมบัสสูงใหญ่เป็นนแวหนาทึบ มักมีฟ้าแลบฟ้าร้อง และฝนตกหนัก อุณหภูมิของอากาศจะลดลงโดยฉับพลัน

3) ลมโบโฮรอก (Bohorok) ใช้เรียกชื่อลมที่พัดอยู่ในบริเวณตอนเหนือและด้านตะวันตกของเกาะสุมาตรา ลมนี้พัดจากภูเขา Barisan มายังที่ราบและเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น กลายเป็นลมร้อนและแห้ง ทำให้พืชที่ปลูกไว้โดยเฉพาะยาสูบเสียหาย

4) ลมคาราบุราน (Karaburan) ใช้เรียกชื่อลมที่พัดในตอนกลางของทวีปเอเชียในช่วงฤดูร้อน ลมนี้จะพัดเอาฝุ่นและทรายมาด้วย

**6.6.4 ลมประจำถิ่นในทวีปแอฟริกา**

1) ลมฮาร์มัตตาน (Harmattan) เป็นลมร้อนและแห้งแล้งพัดจากทะเลทรายสะฮาราไปทางใต้ ลงไปด้านตะวันตกของแอฟริกา แถบประเทศเซเนกัล แกมเบีย เอเวอรี่โคสต์ เซรารีโอล จนถึงแถบชายฝั่งอ่าวกินี เมื่อพัดผ่านบริเวณใดจะทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และพัดเอาฝุ่นและทรายมาด้วย บางทีอาจทำความเสียหายแก่พืชผลที่ปลูกไว้ แต่เมื่อพัดเข้าเขตอ่าวกินี ซึ่งเป็นพื้นที่อากาศร้อนและชื้นจะทำให้อากาศเย็นสบายมากขึ้น เนื่องจากความแห้งของลมทำให้น้ำระเหยตัวเร็ว อุณหภูมิอากาศจึงลดต่ำลง

2) ลมกัมซิน (Khamsin) ใช้เรียกชื่อลมที่พัดประจำในประเทศอียิปต์และเขตทะเลแดง ลมนี้พัดจากตอนใต้หรือทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอียิปต์ไปในเขตทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและในประเทศอิสราเอล จอร์แดน เป็นลมร้อนและแห้งแล้ง พัดในช่วงเดือนเมษายนถึงมิถุนายน (กัมซิน เป็นภาษาอาหรับ แปลว่า ห้าสิบ)

3) ลมเบอร์ก (Burg) หรือลมที่ราบสูง เป็นลมร้อนและแห้งแล้ง มีลมพัดกระโชกจากที่ราบสูงตอนในของแอฟริกาออกสู่ทะเล ทิศทางของมุมที่พัดไปเกือบตั้งฉากกับชายฝั่งทะเล เกิดในช่วงฤดูหนาว

4) ลมซิรอคโค (Sirocco or Scirocco) เป็นลมร้อนและแห้งแล้ง มีฝุ่นมาก พัดออกจากทะเลทรายสะฮาราผ่านตอนเหนือของทวีปแอฟริกาข้ามทะเลเมดิเตอร์เรเนียนเข้าสู่ตอนใต้ของสเปน ฝรั่งเศสเกาะซิลี และภาคใต้ของอิตาลีในช่วงฤดูใบไม้ผลิ เมื่อลมนี้พัดผ่านทะเลเมดิเตอร์เรเนียนจะมีกำลังอ่อนลง แต่มีความชุ่มชื้นมากขึ้น จึงทำให้เกิดหมอกหนาและฝนตกในซิลีและประเทศอิตาลี มีชื่อเรียกลมต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่นดังนี้ Xoroco in Portuguese, Jaloque or Xaloque in Spain

5) ลมดอกเตอร์ (Doctor wind) มีลมเย็นและแห้ง มีลักษณะการพัดในแนวของลมฮาร์มัตตานออกจากทะเลทรายไปยังฝั่งด้านตะวันตกของทวีปแอฟริกา ความแห้งแล้งและหนาวเย็นทำให้รู้สึกสบาย

ภาพ 6.3.1 ลมประจำถิ่นในทวีปแอฟริกา

**6.6.5 ลมประจำถิ่นในทวีปออสเตรเลีย**

1) ลมบริกฟิลเดอร์ (Brickfielder) ใช้เรียกชื่อลมที่พัดจากทิศเหนือไปยังแถบตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปออสเตรเลีย เกิดในช่วงฤดูร้อน จึงเป็นลมที่นำฝุ่นละอองมาด้วย มีอุณหภูมิบางครั้งอาจสูงถึง 38°C

2) ลมเซาเทอร์ลี เบอร์สเตอร์ (Southerly Burster) ใช้เรียกชื่อลมหนาวที่พัดมาจากทิศใต้ผ่านภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงใต้ของออสเตรเลีย เกิดในช่วงฤดูร้อนและฤดูใบไม้ผลิ เมื่อลมนี้พัดฝ่านจะมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วจากปกติ บางครั้งอาจมีอัตราการลดลงถึง 10 °C

ภาพ 6.32 ลมประจำถิ่นในทวีปออสเตรเลีย

**6.6.6 ลมของไทยที่ควรรู้จัก** คนไทยเรียกชื่อลมต่างๆ กันตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นในรอบ

1 ปีดังนี้

1) ลมพัทยา เป็นลมที่เกิดในช่วงตอนต้นของฤดูฝน (ราวเดือนพฤษภาคม) เป็นลมที่พัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้เข้าสู่ภาคกลางและตะวันออก มีคุณสมบัติร้อนและชุ่มชื้น ลมนี้จัดอยู่ในลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest monsoon)

2) ลมตะวันตก พัดจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก เกิดขึ้นในช่วงกลางฤดูฝน ราวเดือนกรกฎาคม ลมนี้จัดอยู่ในลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

3) ลมตะโก้ เกิดขึ้นในช่วงปลายฤดูฝน (ราวเดือนตุลาคม) พัดจากทิศตะวันตกเฉีงเหนือไปยังทิศตะวันออกเฉียงใต้ ลมนี้จัดเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงต้น ซึ่งพัดไม่ค่อยมีทิศทางเท่าไร

4) ลมว่าว หรือมีอีกชื่อที่ชาวบ้านเรียกว่า “ลมข้าวเบา” เพราะเกิดในช่วงเก็บเกี่ยวข้าว ลมนี้พัดในช่วงพฤศจิกายน เป็นลมที่พัดจากทิศเหนือไปทิศใต้ในช่วงฤดูหนาว มีทิศทางแน่นอนกว่าลมตะโก้ อาจมีความสับสนในการเรียกลมชนิดนี้ เพราะในช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน ในเขตภาคกลางตอนล่างโดยเฉพาะกรุงเทพฯ และปริมณฑลก็มีลมที่พัดทิศทางแน่นอนและประชาชนก็นิยมเล่นว่าวกัน โดยลมพัดจากทิศใต้ไปทิศเหนือ แต่เราเรียกลมในช่วงเดือนมีนาคมนี้ว่า “ลมตะเภา” เพราะลมว่าวจัดเป็นลมที่เกิดจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

5) ลมตะเภา เป็นลมที่พัดจากทิศใต้ไปทิศเหนือ ลมนี้ได้รับอิทธิพลจากมวลอากาศแบบร้อนชื้นภาคพื้นมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ (Tropical North Pacific หรือ TNP) ลมนี้ถ้ารวมเข้ากับลมทะเล (Sea breeze) จะทำให้พัดแรงมากขึ้น แต่ในเวลากลางคืนลมตะเภานี้ค่อนข้างอ่อนลงจนถึงเป็นลมสงบ เพราะมีแรงต้านจากลมบก (Land breeze)

**6.7 การหมุนเวียนของบรรยากาศ**

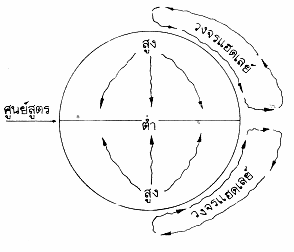
การหมุนเวียนบองบรรยากาศ หมายถึง การหมุนเวียนของอากาศที่เกิดขึ้นในบริเวณกว้างประมาณ 1,000-40,000 กิโลเมตร ระยะเวลาของการหมุนเวียนแต่ละครั้งใช้ระยะเวลานาน โดยการศึกษาการหมุนเวียนของบรรยากาศนี้ เป้นการศึกษาการเคลื่อนที่เฉลี่ยของอากาศรอบโลก หรือศึกษาลมที่เกิดขึ้นจริง ณ ที่ใดที่หนึ่ง เวลาใดเวลาหนึ่ง การเคลื่อนที่เฉลี่ยของอากาศทำให้ทราบว่าทำไมลมจึงพัดรอบโลกและพัดในทิศทางใด

บรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกมีการหมุนเวียนแลกเปลี่ยนทดแทนซึ่งกันและกัน โดยมีสาเหตุที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศนั้น เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลกและพลังงานความร้อนที่พื้นผิวโลกได้รับความร้อนขาดดุล ดังนั้นเพื่อเกิดความสมดุลจึงต้องมีการถ่ายเทความร้อนจากบริเวณศูนย์สูตรไปยังขั้วโลก และถ่ายเทความเย็นจากขั้วโลกมาบริเวณศูนย์สูตร

การเคลื่อนที่ของอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะของบรรยากาศ เช่น การเคลื่อนย้ายพลังงานความร้อน ความชื้น ปริมาณก๊าซ และสารแขวนลอยที่ก่อให้เกิดเมฆ หมอก สาร การไหลเวียนของกระแสน้ำมหาสมุทร กล่าวกันว่า ลมเป็นอากาศที่เคลื่อนไหว โดยมีแรง 2 อย่างที่เป็นสาเหตุให้อากาศเคลื่อนไหว คือ เกิดจากความแตกต่างจากการนำความร้อนหรือพาความร้อนและการหมุนของโลก

เพื่ออธิบายลักษณะการหมุนเวียนของบรรยากาศ มีผู้เสนอแบบจำลองการหมุนเวียนของอากาศดังนี้

6.7.1 แบบจำลองวงจรเดี่ยว (Hadley cell Model) เป็นการจำลองการหมุนเวียนแบบครบวงจร เสนอขึ้นโดย จอร์จ แฮดเลย์ (George Hadley พ.ศ. 2278) ชาวอังกฤษ แฮดเลย์เสนอไว้ว่า “ถ้าสมมติให้โลกไม่หมุนรอบตัวเองหรือไม่เคลื่อนที่ ลมจะพัดตามทิศทางของแรงชันความกดอากาศ พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ทำให้บริเวณศูนย์สูตรมีอากาศ ร้อนกว่าบริเวณขั้วโลก อากาศร้อนบริเวณศูนย์สูตรจะลอยตัวขึ้นพร้อมกับลดอุณหภูมิลงและเคลื่อนที่ไปยังขั้วโลกทั้ง 2 ขณะเดียวกันกับอากาศเย็นที่ขั้วโลกก็เคลื่อนย้ายมาแทนอากาศร้อนที่ลอยตัวขึ้น เมื่ออากาศร้อนบริเวณศูนย์สูตรเย็นตัวลงก็จะเคลื่อนที่เข้าทดแทนอากาศบริเวณขั้วโลกที่เคลื่อนที่เข้ามายังบริเวณเส้นศูนย์สูตร หลังจากนั้นอากาศเย็นจากขั้วโลกเคลื่อนที่มายังบริเวณเส้นศูนย์สูตรก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นแล้วเกิดการยกตัวลอยสูงขึ้นหมุนเวียนอย่างนี้เป็นวงจร”

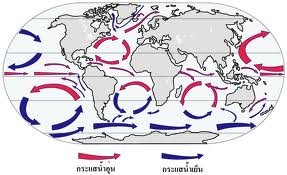


ภาพ 6.33 แบบจำลองถาวร Hadley

อย่างไรก็ตาม การหมุนเวียนในลักษณะนี้จะไม่เกิดขึ้นจริงบนพื้นผิวโลก เนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง จึงมีแรงคอริออลิส ซึ่งเป็นแรงที่ทำให้อากาศที่กำลังเคลื่อนที่เฉไปทางขวา (ในซีกโลกหเนือ) หรือไปทางซ้าย (ในซีกโลกใต้) จึงมีผลทำให้ลมพื้นผิวเป็นลมตะวันออกเฉียงเหนือหรือตะวันตกเฉียงใต้ ในสภาพเป็นจริงโลกหมุนรอบตัวเองและหมุนรอบดวงอาทิตย์ ประกอบกับพื้นผิวโลกขรุขระ พื้นผิวเป็นพื้นดินและพื้นน้ำ ส่งผลให้เกิดเป็นแนวบริเวณความกดอากาศสูงสลับกับบริเวณความกดอากาศต่ำ พาดผ่านในส่วนต่างๆบนพื้นผิวโลก

6.7.2 แบบจำลอง 3 วงจร (Tree model) การหมุนเวียนทั่วไปของบรรยากาศจึงมีลักษณะเด่นตามแบบจำลอง 3 วงจร (Three Cell Model) ซึ่งจะมีความซับซ้อนมากกว่าแบบจำลองเดี่ยว แต่ก็ยังมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันอยู่บ้าง แบบจำลองการหมุนเวียนทั่วไปของบรรยากาศแบบ 3 วงจรประกอบด้วยวงจรดังนี้

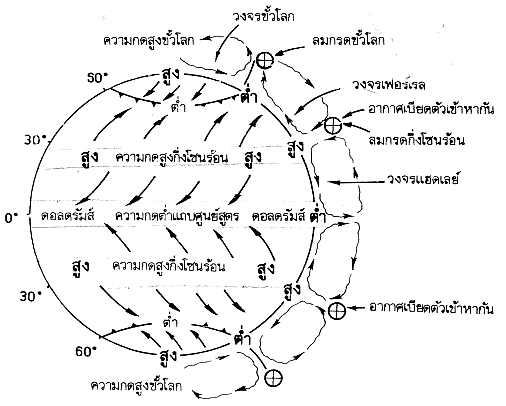
1) วงจรแฮดเลย์ เป็นวงจรที่เกิดขึ้นในแขตตั้งแต่เส้นศูนย์สูตรถึงละติจูด 30 องศาเหนือและใต้ โดยอากาศร้อนบริเวณศูนย์สูตรลอยตัวสูงขึ้นและเย็นลงตามอัตราการลดอุณหภูมิตามระดับความสูง อากาศที่เย็นกว่าจากละติจูด 30 องศาเหนือและใต้ก็เคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ (ลมสินค้า) เมื่ออากาศเคลื่อนเข้ามาแทนที่ยังบริเวณศูนย์สูตรอากาศเย็นที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร ก็จะเคลื่อนจมลงเข้าแทนที่อากาศในเขตละติจูด 30 องศาเหนือและใต้ การเคลื่อนที่ของอากาศจากละติจูด 30 องศาเหนือมายังเส้นศูนย์สูตรนั้น ทิศทางการเคลื่อนที่เข้ามาตามทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (เนื่องมาจากแรงคอริออลิส) ส่วนในซีกโลกใต้ ลมจากละติจูด 30 องศาใต้พัดมายังเส้นศูนย์สูตรในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้



ภาพ 6.34 ภาพตัดขวางแสดงการไหลเวียนของอากาศในเขตศูนย์สูตร

2) วงจรเฟอร์เรล (Ferrel cell) เป้นการไหลเวียนในส่วนวงจรที่สอง ทั้งบริเวณละติจูดที่ 30 องศานั้นอากาศไม่ได้เคลื่อนที่มายังเส้นศูนย์สูตรทั้งหมด แต่อากาศส่วนหนึ่งได้เคลื่อนที่ไปยังขั้วโลก ทำให้เกิดลมฝ่ายตะวันตก (Westerlies) ซึ่งพัดอยู่ประมาณในเขตละติจูด 35-60 องศาเหนือและใต้ ในซีกโลกเหนือลมพัดจากเขตละติจูด 30 องศาไปยังขั้วโลกตามแนวทิศตะวันตกเฉียงใต้ และในซีกโลกใต้ได้พัดตามแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ แต่มีกำลังแรงมากกว่าซีกโลกหเนือ เพราะในซีกโลกใต้เป็นพื้นน้ำติดต่อกันมาก ในวงจรนี้ลมที่พัดในช่วงละติจูด 40-60 องศาใต้ อาจเรียกว่าลม รอริงฟอร์ตีส์ (Roaring Forties) ซึ่งเป็นลมที่ชาวเรือในซีกโลกใต้มักใช้ประโยชน์ในการเดินเรือ ในวงจรเฟอร์เรลอากาศร้อนจากเขตความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลกที่ลอยตัวขึ้นและเย็นลงตามอัตราการลดอุณหภูมิปกติ จากนั้นจะไหลมาแทนที่อากาศบริเวณละติจูดที่ 30 องศาที่เคลื่อนที่ไปยังขั้วโลก

3) วงจรขั้วโลก (Polar cell) เป็นวงจรที่เกิดจากแนวความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลกไปถึงขั้วโลก ที่ผิวพื้นมีลมฝ่ายตะวันออกแถบขั้วโลกพัดมาจากบริเวณความกดอากาศสูงแถบขั้วโลกมายังเขตความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก ประมาณละติจูด 60-90 องศาเหนือและใต้ ลมที่พัดในเขตนี้มักเป็นลมอ่อน ซีกโลกเหนือลมพัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในซีกโลกใต้ลมพัดมาในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้



ภาพ 6.35 วงจรการไหลเวียนอากาศของโลก

**บทที่ 7**

**มวลอากาศ (Air-mass)**

**7.1 ความหมาย**

หมายถึง อากาศหรือกลุ่มอากาศขนาดใหญ่ก่อตัวขึ้นเหนือพื้นโลกปกคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง มีคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน ณ ระดับสูงที่กำหนด ทั้งนี้มวลอากาศต้องสัมผัสกับพื้นผิวโลก อาจเป้นพื้นดินหรือพื้นน้ำก็ได้ มวลอากาศอาจมีพื้นที่กว้างถึง 1,000 กิโลเมตร และหนาหลายกิโลเมตร การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในมวลอากาศเกิดในลักษณะที่ช้ามาก มวลอากาศจะค่อยๆ สร้างคุณสมบัติของก้อนอากาศและอยู่นิ่งเหนือพื้นที่หนึ่ง (Particular region) เป็นเวลานานเพื่อทำให้การกระจายของอุณหภูมิและความชื้นในแนวดิ่งถึงจุดสมดุลกับพื้นผิวเบื้องล่าง อย่างไรก็ตามแม้ว่ามวลความชื้นและความกดอากาศ และในขณะที่อากาศเคลื่อนที่ไปนั้น มวลอากาศจะปะทะกับมวลอากาศอื่น ทำให้ได้รับความร้อนหรือสูญเสียความร้อนให้แก่มวลอากาศรอบข้างและพื้นผิวโลกที่เคลื่อนที่ผ่านซึ่งเป็นการรับหรือสูญเสียไอน้ำด้วย

**7.2 แหล่งกำเนิดของมวลอากาศ**

แหล่งการก่อเกิดของมวลอากาศ การเกิดมวลอากาศและปกคลุมพื้นที่หนึ่งๆ มีปัจจัยที่สำคัญได้แก่ ลักษณะของพื้นผิว (Surface) ที่มีความแตกต่างกัน ตำแหน่งละติจูดที่แตกต่างกัน (Latitude effect) และความผันแปรของอากาศตามฤดูกาล (Seasonal effect) ทำให้พื้นที่แต่ละพื้นที่สะสมลักษณทางกายภาพของลมฟ้าอากาศไว้ เมื่อพื้นที่ที่ต่อเนื่องกันมีคุณสมบัติกายภาพของลมฟ้าอากาศเหมือนกันหรือไม่ค่อยแตกต่างกันมากก็จะรวมเป็นมวลอากาศขึ้น หรือบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดอากาศ หมายถึง บริเวณพื้นที่ขนาดใหญ่ สภาพพื้นที่และลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกัน มีลมเคลื่อนที่น้อย แหล่งการก่อเกิดของมวลอากาศจำแนกได้ดังนี้

7.2.1 แหล่งการเกิดของมวลอากาศ จำแนกตามเขตละติจูด พบบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดของมวลอากาศสำคัญ 4 แหล่งใหญ่ ดังนี้

1) มวลอากาศตาร์กติกหรือมวลอากาศแอนตาร์กติก (Arctic or Antractic air-mass) เป็นบริเวณตั้งแต่ละติจูด 66 องศาถึงขั้วโลกหเนือและใต้ มีน้ำแข็งและหิมะปกคลุมตลอดทั้งปี อุณหภูมิอากาศหนาวจัด ในแผนที่อากาศแสดงด้วยตัวอักษร “A”

2) มวลอากาศแถบขั้วโลก (Polar air-mass) เป็นบริเวณที่อยู่ระหว่างละติจูด 50-65 องศาเหนือและใต้ถัดลงมารองจากอาร์กติกและแอนตาร์กติก พื้นที่ที่เป็นแหล่งสำคัญได้แก่ บริเวณไซบีเรีย อ่าวอลาสก้าตอนเหนือของแคนาดา และด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแอตแลนติก เป็นต้น ในแผนที่อากาศใช้แสดงด้วยตัวอักษร “P”

3) มวลอากาศเขตร้อน (Tropical air-mass) เป็นบริเวณที่อยู่ระหว่างละติจูด 20-35 องศาเหนือและใต้ ซึ่งบริเวณพื้นดินที่เป็นทะเลทราย บริเวณที่สำคัญได้แก่ บริเวณตอนใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ ตอนเหนือของเม็กซิโก ด้านตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา ตอนเหนือของทวีปแอฟริกา เป็นต้น ในแผนที่อากาศแสดงด้วยตัวอักษร “T”

4) มวลอากาศเขตศูนย์สูตร (Equatorial air-mass) บริเวณนี้ส่วนใหญ่เกิดในมหาสมุทรแถบศูนย์สูตรที่มีลมฝ่ายตะวันออก (ลมสินค้า) ของทั้งสองซีกโลกพัดเข้าสู่แนวร่องมรสุม ในแผนที่อากาศใช้แสดงด้วยตัวอักษร “F”

ภาพ 7.1 แหล่งกำเนิดมวลอากาศที่สำคัญของโลก

จากแหล่งกำเนิดทั้ง 4 เขต ได้ข้อสังเกต คือ มวลอากาศอาร์กติก หรือมวลอากาศแอนตาร์กติกหรือมวลอากอากาศแถบขั้วโลกน่าจะเป็นมวลอากาศเย็น ส่วนมวลอากาศเขตร้อนและมวลอากาศเขนศูนย์สูตรน่าจะเป็นมวลอากาศร้อน อย่างไรก็ตามการจำแนกในลักษณะนี้พิจารณาเพียงองค์ประกอบด้านอุณหภูมิของมวลอากาศเท่านั้น จึงยากที่จะกำหนดแบ่งเขตที่เด่นชัดระหว่างเขตมวลอากาศศูนย์สูตรกับมวลอากาศเขตร้อนหรือระหว่างมวลอากาศแถบขั้วโลกกับมวลอากาศแบบอาร์กติก นักอุตุนิยมหลายท่านจึงเสนอให้แบ่งเขตเพียง 2 เขตคือ มวลอากาศเขตร้อน กับ มวลอากาศขั้วโลก

7.2.2 แหล่งกำเนิดมวลอากาศ จำแนกตามภาคพื้นกำเนิด มวลอากาศจะมีลักษณะอุณหภูมิสูงหรือต่ำ มีความชื้นมากหรือแห้งแล้ง ขึ้นอยู่กับว่ามวลอากาศนั้นมีแหล่งกำเนิดอยู่ที่ภาคพื้นใด ซึ่งจำแนกออกเป็น 2 แหล่งใหญ่ คือ

1) ภาคพื้นดิน เรียกว่า มวลอากาศภาคพื้นทวีป (Continental air-mass) เป็นมวลอากาศที่มีความชื้นน้อย จึงมักมีความแห้งแล้ง ในแผนที่อากาศใช้ตัวอักษร c เช่น cT หมายถึง มวลอากาศเขตร้อนที่มีแหล่งกำเนิดอยู่บนภาคพื้นทวีป แหล่งกำเนิดมวลอากาศร้อนภาคพื้นทวีปที่สำคัญ คือ พื้นที่แถบทะเลทรายสะฮาราตอนเหนือของเม็กซิโกติดต่อกับด้านตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา ในตอนเหนือและตะวันออกของอิหร่านแถบตะวันตกของจีน และประเทศบอสนาวา ตอนเหนือของประเทศแอฟริกาใต้ เป็นต้น

2) ภาคพื้นมหาสมุทร เรียกว่า มวลอากาศแบบพื้นสมุทรหรือมวลอากาศแบบน่านน้ำ (Maritime air-mass) เป็นมวลอากาศที่มีความชื้นมาก เพราะมีแหล่งกำเนิดบนพื้นทะเล ในแผนที่อากาศใช้ตัวอักษร m เขียนไว้ด้านหน้าเขตมวลอากาศ เช่น mT หมายถึง มวลอากาศเขตที่มีแหล่งกำเนิดอยู่บนภาคพื้นมหาสมุทร แหล่งกำเนิดมวลอากาสร้อนภาคพื้นมหาสมุทรที่สำคัญ คือ ด้านตะวันตกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก (ใกล้กับประเทศญี่ปุ่น) ทะเลจีนใต้ (ส่งผลต่อประเทศไทยและประเทศในแถบอินโดจีน) อ่าวเม็กซิโก พื้นที่แถบหมู่เกาะอะซอร์ส (Azores Islands) และคะเนรี (Canary Island) ในมหาสมุทรแอตแลนติก ส่วนแหล่งกำเนิดมวลอากาศแถบขั้วโลกภาคพื้นมหาสมุทรที่สำคัญ ได้แก่ พื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือมหาสมุทรแปซิฟิก (ใกล้อ่าวอลาสก้า) แอลิวชี่ยน (Aleutian) และทะเลด้านตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะกรีนแลนด์

7.2.3 อิทธิพลของพื้นผิวที่ทำให้มวลอากาศเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิของพื้นผิวเบื้องล่างและอุณหภูมิของมวลอากาศที่ปกคลุมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของมวลอากาศแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1) ผิวพื้นข้างล่างเย็น (Warm air-mass over cold surface) ลักษณะนี้สภาวะทรงตัวมากขึ้น อุณหภูมิพื้นผิวเย็นกว่าระดับบน (แสดงลักษณะ Inversion) ซึ่งการเย็นตัวลงเนื่องมาจากการแผ่รังสีออกของพื้นผิวโลก

2) ผิวพื้นข้างล่างร้อน (Cold air-mass warm surface) ลักษณะนี้สภาวะการทรงตัวของมวลอากาศลดลง (พื้นผิวได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มาก) จะมีการก่อตัวของเมฆในทางตั้ง และเกิดฝนตกตามมา

7.4.2 การบอกลักษณะของมวลอากาศยังบอกถึงคุณสมบัติของมวลอากาศที่เคลื่อนที่เข้าไปปกคลุมด้วย เนื่องจากมวลอากาศไม่ได้อยู่ที่แหล่งเดิมตลอด แต่จะมีการเคลื่อนที่อย่างช้าๆ ซึ่งการเคลื่อนที่นี้มี 2 ลักษณะ ดังนี้

1) มวลอากาศที่เคลื่อนที่เข้ามามีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศพื้นผิว ก็จะเป็นมวลอากาศอุ่น (Warm air-mass) ในแผนที่อากาศใช้แสดงด้วยตัวอักษร “w” ต่อท้าย (w ย่อมาจากคำว่า warm) เช่น mPw หมายความว่า มวลอากาศจากแถบขั้วโลกภาคพื้นสมุทรมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณที่มวลอากาศเคลื่อนที่เข้าปกคลุม แนวการเคลื่อนที่ส่วนใหญ่มวลอากาศร้อนมักเคลื่อนจากเขตละติจูดต่ำไปยังเขตละติจูดกลางหรือละติจูดที่สูงกว่า

2) มวลอากาศที่เคลื่อนที่เข้ามามีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศที่พื้นผิว ก็จะเป็นมวลอากาศเย็น (Kalt air-mass) ในแผนที่อากาศใช้แสดงด้วยตัวอักษร “k” ต่อท้าย (k ย่อมาจากคำว่า kalt ในภาษาเยอรมันแปลว่าเย็น) เช่น mTk หมายความว่า มวลอากาศเขตร้อนภาคพื้นสมุทรมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณที่มวลอากาศเคลื่อนที่เข้าปกคลุม

ถ้ามวลอากาศ mPk เคลื่อนตัวลงมาสู่บริเวณละติจูดกลาง มวลอากาศก็จะค่อยๆร้อนขึ้น เนื่องจากเคลื่อนที่ผ่านมวลอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า จึงเกิดเบาตัวและลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบนในแนวตั้ง จึงทำให้มีเมฆเกิดขึ้น ได้แก่ เมฆคิมมูลัส (Cu) อย่างไรก็ตามหาก mPk เคลื่อนที่ผ่านพื้นดินซึ่งไม่มีความชื้นมากนัก จะทำให้มีลักษณะอากาศปลอดโปร่ง มีก้อนเมฆเล็กๆ เป็นแผ่นบางๆ แต่ถ้าเกิดตามแนวชายฝั่งหรือบนผิวน้ำที่มีความชื้นมาก จะทำให้เกิดการก่อตัวเป็นเมฆคิวมูลัส ถ้ามีปริมาณมากเมฆคิวมูลัสก็จะก่อตัวเป็นเมฆคิวมูโลนิมบัส (Cb) และจะมีฝนหรือพายุฝนฟ้าคะนองเกิดขึ้นได้

7.2.5 สัญลักษณ์มวลอากาศ จากลักษณะมวลอากาศที่กล่าวมาข้างต้น เขียนเป็นสัญลักษณ์แสดงลักษณะมวลอากาศได้ดังนี้

**ตาราง 7.1 ลักษณะมวลอากาศจำแนกตามละติจูด ภาคพื้นกำเนิดและอุณหภูมิ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **แหล่งกำเนิด** | **ภาคพื้นกำเนิด** | **อุณหภูมิมวลอากาศ** |
| A | mA | mAk |
| mAw |
| P | mP | mPk |
| mPw |
| T | mT | mTk |
| mTw |
| E | mE | mEk |
| mEw |

|  |  |
| --- | --- |
| **ภาคพื้นกำเนิด** | **อุณหภูมิมวลอากาศ** |
| **cA** | **cAk** |
| **cAw** |
| **cP** | **cPk** |
| **cPw** |
| **cT** | **cTk** |
| **cTw** |
| **cE** | **cEk** |
| **cEw** |

จากที่กล่าวมา ลักษณะธรรมชาติของอากาศที่ปกคลุมบริเวณขั้วโลกนานเป็นมวลอากาศที่เย็นจัด แต่ถ้าปกคลุมในเขตร้อนโดยเฉพาะแถบศูนย์สูตรเป็นมวลอากาศร้อน ถ้าปกคลุมน่านน้ำอากาศจะชื้น ถ้าปกคลุมพื้นดินก็จะมีลักษณะแห้งแล้ง เช่น สัญลักษณ์ cP แสดงมวลอากาศมีลักษณะเย็นและแห้ง จึงสรุปได้ว่า มวลอากาศแบ่งได้ 4 ชนิด ได้แก่ มวลอากาศเย็นและชื้น มวลอากาศอุ่นและชื้น มวลอากาศเย็นและแห้ง มวลอากาศอุ่นและแห้ง นอกจากนี้ยังมีการแสดงสภาวะการทรงตัวของอากาศ (Stability air) ขณะนั้นอีกด้วย เช่น ถ้าเป้นมวลอากาศที่ไม่มีเสถียรภาพจะใช้สัญลักษณ์อักษร “u” ถ้าอากาศมีสภาวะการทรงตัวที่มีเสถียรภาพจะใช้สัญลักษณ์ตัวอักษร “s” ดังนี้

mTku หมายถึง มวลอากาศเย็นภาคพื้นมหาสมุทรเขตร้อนอากาศไม่มีเสถียรภาพ (ความกดอากาศต่ำ)

cPws หมายถึง มวลอากาศอุ่นพื้นทวีปแถบขั้วโลกอากาศเสถียรภาพ (ความกดอากาศสูง)

**7.4 แนวปะทะอากาศ**

7.4.1 ลักษณะทั่วไปของแนวปะทะอากาศ แนวปะทะอากาศ (Front) หมายถึง แนวที่แบ่งเขตระหว่างมวลอากาศอุ่นกับมวลอากาศเย็น เมื่อมวลอากาศ 2 มวลที่มีความหนาแน่นและคุณสมบัติทางกายภาพต่างกันเคลื่อนตัวมาพบกัน แนวด้านหน้าของอากาศของมวลทั้งสอง จะไม่ปนกันทันที แต่จะก่อให้เกิดแนวหรือขอบเขตระหว่างมวลอากาศทั้งสอง มวลอากาศเย็นซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าและหนักมากกว่ามวลอากาศร้อน จะผลักดันอากาศร้อนให้ลอยขึ้น ทำให้เกิดเป็นเมฆต่างๆ เกิดพายุฝนฟ้าคะนองตามที่แนวหรือขอบเขตที่มวลอากาศทั้งสองมาพบกัน ซึ่งเรียกแนวนี้ว่า “แนวปะทะอากาศ” โดยลักษณะลมฟ้าอากาศที่อยู่ 2 ข้างของแนวปะทะ มีคุณสมบัติต่างกันค่อนข้างชัดเจน แนวปะทะอาจมีขอบเขตกว้าง 20-40 กิโลเมตร แนวปะทะเป็นมูลเหตุหลักอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ความแปรปรวนของอากาศ เช่น เมฆ ฝน หิมะ (กรณีนี้เกิดในเขตละติจูดกลางและแถบขั้วโลก) และพายุ ทั้งนี้ส่วนใหญ่ก่อให้เกิดฝนตกหนัก

ตามปกติเมื่อแนวปะทะอากาศหนึ่งเคลื่อนที่เข้าปกคลุมอีกบริเวณใด สภาพโดยทั่วไปของบริเวณนั้นจะมีลักษณะอากาศไม่ดีหรืออากาศเลว ท้องฟ้าจะมีเมฆมากและมีฝนเกิดขึ้นกระจายตามแนวปะทะ โดยลักษณะเมฆและฝนที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นเมฆแผ่น มีฝนตกเป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่รุนแรง ถ้าอากาศมีเสถียรภาพ เมฆที่กเดขึ้นจะมีลักษณะเป็นเมฆแผ่น มีฝนตกเป็นบริเวณกว้างๆ แต่ไมรุนแรง ถ้าอากาศไม่มีเสถียรภาพ เมฆที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นก้อน อากาศปั่นป่วนอย่างรุนแรง ทำให้เกิดฝนซู่ (Showers) หรือฝนฟ้าคะนอง (Thundershowers)

ลักษณะลมฟ้าอากาศขณะที่แนวปะทะอากาศเคลื่อนที่ผ่านบริเวณใดๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญประกอบด้วย

1) อุณหภูมิของอากาศ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของแนวปะทะอากาศเป็นตัวชี้อย่างหนึ่งที่บอกได้ว่าอากาศนั้นจะมีความรุนแรงมากน้อยเพียงใด ถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงมากแสดงว่าแนวปะทะอากาศมีพื้นที่แคบและมีความรุนแรง (ฝนตกหนัก) แต่ถ้าอุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยและอัตราการเปลี่ยนแปลงน้อย แนวปะการังจะอ่อนหรือมีพื้นที่กว้าง (ฝนเบา ฝนกระจาย)

2) ความกดอากาศ แนวปะทะอากาศจะเกิดขึ้นในบริเวณร่องความกดอากาศต่ำ บริเวณรอบข้างทั้ง 2 ข้างของแนวปะทะอากาศ จะมีความกดอากาศสูงกว่าในบริเวณที่เป็นแนวปะทะอากาศ เมื่อแนวปะทะอากาศเคลื่อนที่ผ่านบริเวณใดจะทำให้บริเวณนั้นมีความกดอากาศลดลง ถ้าแนวปะทะอากาศมีความชันความกดอากาศน้อย จะเคลื่อนที่ช้า มีเมฆมากและฝนตกแผ่กระจายแต่ไม่รุนแรง ถ้าแนวปะทะอากาศมีความชันของความกดอากาศมาก แนวปะทะอากาศจะเคลื่อนที่เร็วมีเมฆและฝนในบริเวณแคบๆ ลมแรงและเร็ว มีฝนตกหนัก จนอาจก่อให้เกิดอุทกภัยได้

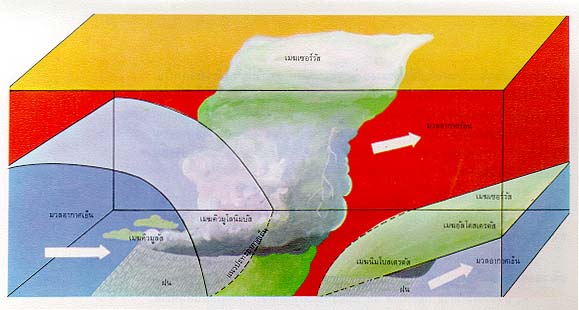
3) ลม ลมพื้นผิวที่พัดข้ามแนวปะทะอากาศจะมีทิศทางเปลี่ยนไป ลมในแนวปะทะอากาศอาจมีลมแรงและลมกระโชกเป็นบางครั้ง

7.4.2 ประเภทของแนวปะทะอากาศ (Front type)

การกำหนดประเภทแนวปะทะอากาศนั้นใช้หลักเรียกตามการเคลื่อนที่ของมวลอากาศที่เคลื่อนที่เข้าไปปะทะ และเรียกชื่อแนวปะทะอากาศตามมวลอากาศที่มีอิทธิพลมากกว่า ประเภทของแนวปะทะอากาศที่สำคัญ มีดังนี้

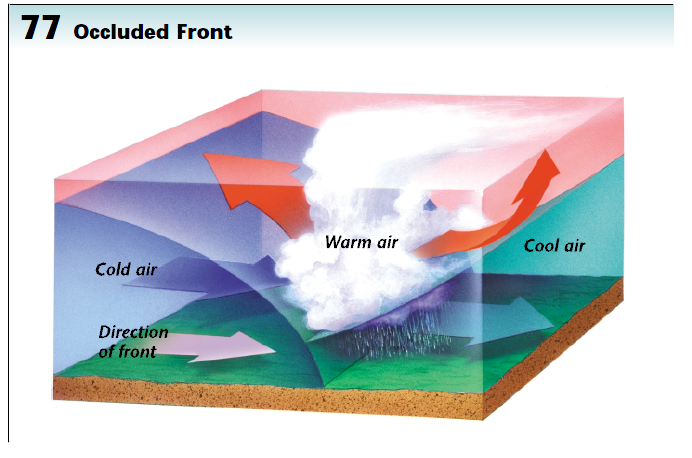
1) แนวปะทะอากาศเย็น (Cold front) หมายถึง มวลอากาศเย็นเคลื่อนที่เข้าไปแทนมวลอากาศร้อนและเกิดแนวปะทะอากาศเย็นขึ้น มวลอากาศเย็นที่หนักกว่าจะช้อนดันมวลอากาศที่ร้อนกว่าลอยตัวสูงขึ้นตามแนวปะทะอากาศเย็น ลักษณะเช่นนี้มวลอากาศร้อนจะอยู่ด้านหน้าเหนือมวลอากาศเย็น และมวลอากาศเย็นจะอยู่ด้านหลังของแนวปะทะอากาศ

ความชันของแนวปะทะจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เกิดการปะทะของมวลอากาศ ซึ่งความชันของแนวปะทะอากาศจะมีมากกว่าแนวปะทะอากาศร้อน โดยมีค่าประมาณ 1:40 – 1:80 หมายความว่า ทุกระยะทางที่มวลอากาศเย็นเคลื่อนที่ไป 40 กิโลเมตร ความชันของแนวปะทะจะเพิ่มสูงขึ้น 1 กิโลเมตร เมื่อแนวปะทะอากาศเย็นเริ่มเคลื่อนที่เข้ามา ความรุนแรงของลมจะเพิ่มขึ้นและมีความกดอากาศเพิ่มขึ้น ครั้นเมื่อแนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่ผ่านไป อุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็วจนระดับอุณหภูมิใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิของมวลอากาศเย็นพร้อมกับมีอากาศแจ่มใสขึ้น ภายในเวลา 12-24 ชั่วโมง ทิศทางการพัดของลม กรณีลมมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนเคลื่อนที่เข้ามาในประเทศไทย ลมจะพัดเข้ามาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งการพัดของลมจะมีทิศทางการพัดตรงข้ามจากทิศเดิม



ภาพ 7.2 แนวปะทะอากาศเย็น

สภาพโดยทั่วไปของแนวปะทะอากาศเย็น ความกว้างของแนวจะแคบกว่าแนวปะทะอากาศร้อนและมีกระบวนการพาความร้อนที่ชัดเจนกว่าแนวปะทะอากาศร้อน เมฆที่เกิดขึ้นเป็นเมฆก้อนและก่อตัวเป็นพายุฝนฟ้าคะนอง ความรุนแรงขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของก้อนอากาศและความมีเสถียรภาพของอากาศ ถ้าอากาศไม่เสถียรภาพจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว รุนแรง และฉับพลัน ตัวอย่างภาพการแสดงการเคลื่อนที่เข้ามาของมวลอากาศเย็น ภาพนี้บันทึกใน พ.ศ. 2540 แสดงการเคลื่อนที่เข้ามาของมวลอากาศเย็น ซึ่งทำให้พื้นที่มีลมพัดแรงขึ้น ด้วยความเร็วประมาณ 15-40 นอตอุณหภูมิลดลงราว 5°C เมฆก่อตัวจากคิวมูลัส (Cu) เป็นเมฆคิวมูโลนิมบัส (Cb) และมีฝนฟ้าคะนองเกิดขึ้น



ภาพ 7.3 มวลอากาศเย็นเคลื่อนที่เข้ามาปะทะกับมวลอากาศอุ่น

2) แนวปะทะอากาศร้อน (Warm front) หมายถึง แนวหรือเขตระหว่างมวลอากาศร้อน ที่เคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณที่มีมวลอากาศเย็นอยู่ก่อน มวลอากาศร้อนจะดันมวลอากาศเย็นให้ถอยไป และเมื่อปะทะกัน มวลอากาศร้อนจะถูกยกตัวให้ลอยสูงขึ้นเหนือมวลอากาศเย็น มวลอากาศเย็นจะอยู่ด้านหน้า และมวลอากาศร้อนจะอยู่ด้านหลังของแนวปะทะอากาศร้อน

ภาพ 7.4 แนวปะทะอากาศร้อน จากภาพมวลอากาศร้อนด้านซ้ายเคลื่อนที่ข้ามมาปะทะมวลอากาศเย็นที่อยู่ด้านขวา แล้วถุกยกตัวขึ้น (ซ้าย) และสัญลักษณ์ที่ปรากฏบนแผนที่อากาศกับภาพตัดขวางของแนวปะทะอากาศ

ในซีกโลกเหนือมวลอากาศร้อนมักจะแผ่กว้างออกจากศูนย์กลางของบริเวณที่มีลมพัดเข้าหาในทิศทางตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ แต่บางครั้งอาจมีลมเปลี่ยนทิศและมีลมกระโชกแรง ความชันของแนวปะทะอากาศจะค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาที่เกิดขึ้น ความกดอากาศจะค่อยๆลดลงจนกระทั่งต่ำสุดเมื่อแนวปะทะเคลื่อนที่ผ่านไป และแนวปะทะจะมีมวลอากาศร้อนลอยอยู่เหนือมวลอากาศเย็น แนวปะทะอากาศร้อนมีความชัน ประมาณ 1:80-1:200 หมายถึง มวลอากาศร้อนจะถูกยกตัวสูงขึ้น 1 หน่วยต่อระยะทาง 80-200 หน่วย มวลอากาศร้อนเคลื่อนที่ช้าประมาณ 20-25 กิโลเมตร/ชั่วโมง

สภาพโดยทั่วไป ถ้ามีความชื้นมากและอากาศมีเสถียรภาพ เมฆที่เกิดจะมีลักษณะแผ่นกว้าง มีฝนตกเป็นบริเวณกว้าง ถ้าเป็นมวลอากาศที่ร้อนชื้นและอากาศไม่เสถียรภาพ เมฆที่เกิดจะมีทั้งลักษณะเมฆก้อนและเมฆแผ่นรวมกัน มีฝนตกหนักแต่เป็นบริเวณแคบๆ และมีฟ้าคะนองเกิดขึ้นพร้อมๆกัน เมื่อฝนหยุดตกจะมีเมฆแผ่นและมีหมอกเกิดขึ้น เนื่องจากฝนที่ตกเกิดจากมวลอากาศร้อนผสมเข้าไปหามวลอากาศเย็น ทำให้มวลอากาศเย็นมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้น และเกิดการก่อตัวของเมฆใกล้ระดับพื้นดินหรือมีฐานของเมฆต่ำ ทำให้มีทัศนวิสัยเลวเป็นบริเวณกว้าง อาจมากหลายร้อยหลายพันตารางกิโลเมตร ถ้ามวลอากาศเย็นมากกว่าอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C หยาดน้ำฟ้าที่เกิดอาจเป็นฝนน้ำแข็ง หรือหิมะ

ภาพ 7.5 สัญลักษณ์ในแผนที่อากาศแสดงแนวปะทะของมวลอากาศเย็นและร้อน และบริเวณที่มีฝนตกตามแนวปะทะอากาศ

3) แนวปะทะปิด (Occluded front) หมายถึง แนวหรือเขตที่เกิดขึ้น เมื่อแนวปะทะของมวลอากาศเย็นตามทันแนวปะทะเขตอากาศร้อนและยกมวลอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น หากคงอยู่เป็นเวลานานจะเกิดคลื่นในลักษณะคลื่นไซโคลน (Cyclone wave) ใหญ่ขึ้น ทำให้กิดการหมุนเวียนในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา โดยด้านหนึ่งของแนวปะทะอากาศจะเริ่มเคลื่อนตัวเป็นแนวปะทะอากาศร้อน ความกดอากาศเริ่มลดลงจนกลายเป็นความกดอากาศต่ำ ลมผิวพื้นจะพัดแรงและดันแนวปะทะอากาศเย็นให้เคลื่อนที่เร็วกว่าแนวปะทะอากาศร้อน บางครั้งจะมี Frontal wave ก่อตัวขึ้นแบบต่อเนื่องตามแนวยาวของแนวปะทะอากาศเย็น ซึ่งจะทำให้มีแนวปะทะอากาศเกิดขึ้นต่อเนื่องกันไปเรื่อย และอาจกลายเป็นศูนย์กลางความกดอากาศต่ำได้หลายจุด ถ้าแนวปะทะอากาศแบบปิดนี้ไม่เคลื่อนที่ก็อาจสลายตัวไป แนวปะทะอากาศแบบปิดมี 2 แบบคือ

3.1) แนวปะทะปิดแบบเย็น หมายถึง อากาศที่อยู่ข้างหลังแนวอากาศเย็นมีอากาศเย็นกว่าอากาศที่อยู่ภายใต้แนวปะทะอากาศอุ่น ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายๆกับแนวปะทะอากาศเย็น คือมีฝนตก

ภาพ 7.6 แนวปะทะปิดแบบเย็น

3.2) แนวปะทะปิดแบบอุ่น หมายถึง อากาศที่อยู่ข้างหลังแนวปะทะอากาศเย็นมีอากาศอุ่นกว่าอากาศที่อยู่ภายใต้แนวอากาศอุ่น

**ตาราง 7.2 ลักษณะเงื่อนไขของอากาศเมื่อเกิดมวลอากาศปิด : กรณีเกิดในอเมริกาเหนือ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ลมฟ้าอากาศ** | **ก่อนเข้ามา** | **ช่วงที่มวลอากาศปะทะกัน** | **หลังผ่านไป** |
| **ลม** | พัดในทิศตะวันออก,ตะวันออกเฉียงใต้,ใต้ | แปรปรวน | พัดในทิศตะวันตกหรือตะวันตกเฉียงเหนือ |
| **อุณหภูมิ**  **มวลอากาศเย็น**  **มวลอากาศอุ่น** | หนาวหรือเย็น  เย็น | มวลอากาศเคลื่อนที่ลง  มวลอากาศยกตัวขึ้น | หนาว  อากาศเย็น |
| **ความกดอากาศ** | ลดต่ำลง | ความกดอากาศต่ำ | ความกดอากาศเพิ่มสูงขึ้น |
| **เมฆ** | มีเมฆประเภท Ci,Cs,As,Ns | Ns และอาจก่อเป็นเมฆ Cb | Ns,As กระจายเป็น Cu |
| **หยาดน้ำฟ้า** | มีฝนตกขนาดเบา ปานหลาง หรือหนัก | มีฝนตกขนาดเบา ปานกลางหรือหนักอย่างต่อเนื่องหรือมีลูกเห้บ หิมะตก | มีฝนตกขนาดเบา ปานกลางก่อนท้องฟ้าโปร่ง หรือมีเมฆกระจาย |
| ทัศนวิสัย | ไม่ดี มองเห็นในระยะสั้น เนื่องจากมีหมอก ฝน | ไม่ดี มองเห้นในระยะสั้นเนื่องจากฝน | ระยะการมองเห็นดีขึ้น |
| อุณหภูมิจุดน้ำค้าง | คงที่ | ลดต่ำลงเล็กน้อย | ลดต่ำลง ถ้าเป็นแนวปะทะปิดแบบอบอุ่น อาจจะเพิ่มขึ้นได้ |

4) แนวปะทะคงที่ (Stationary front) หมายถึง แนวหรือเขตของมวลอากาศ 2 ลูก ซึ่งไม่มีการเคลื่อนตัวเป็นเวลาหลายชั่วโมง หรือหลายวันก่อนการสลายตัวหรือเคลื่อนที่เข้ามาใหม่ อาจกล่าวได้ว่าแนวปะทะอากาศนี้อยู่ในสภาวะสมดุลระหว่างแนวปะทะอากาศเย็นกับแนวปะทะอากาศร้อน

ภาพ 7.7 แนวปะทะคงที่ และสัญลักษณ์แนวปะทะอากาศในแผนที่อากาศ

**7.5 ไซโคลนและแอนติไซโคลน**

ทั้งไซโคลนและแอนติไซโคลน เป็นลักษณะของบริเวณศูนย์กลางความกดอากาศ หรือลักษณะการพัดของลมเข้าหาศูนย์กลาง ซึ่งอาจเป็นลมที่พัดประจำหรือไม่ประจำก็ได้ แต่ส่วนใหญ่มักเกดขึ้นเป็นครั้งคราว นานราว 1 สัปดาห์ถึง 2 สัปดาห์ นักอุตุนิยมวิทยาจึงจัดอยู่ในกลุ่มลมที่มีลักษณะลมจร การแสดงลมไซโคลนและแอนติไซโคลนนั้นอาศัยเส้นความกดอากาศเท่าลากเป็นวงกลมปิดรอบ โดยลมไซโคลนลักษณะของเส้นความกดอากาศเท่าจะมีศูนย์กลางความกดอากาศสูงอยู่ภายใน การจำแนกศูนย์กลางความกดอากาศ นักอุตุนิยมวิทยาใช้การพิจารณาลักษณะทิศทางลมที่พัดเข้าหาศูนย์กลางของความกดอากาศ ซึ่งจำแนกออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

7.5.1 ไซโคลน (Cyclone) นักอุตุนิยมวิทยาเรียกลมที่พัดเข้าหาศูนย์กลางความกดอากาศต่ำว่า “ไซโคลน” ในซีกโลกเหนือลมไซโคลนจะพัดหมุนทวนเข็มนาฬิกา (Counter clockwise) ส่วนในซีกโลกใต้จะพัดตามเข็มนาฬิกา (Clock wise) ลักษณะของลมจะพัดขดเป็นเกลียวเข้าหาศูนย์กลางแล้วลอยตัวขึ้นเบื้องบน เนื่องจากบริเวณความกดอากาศต่ำอากาศจะบีบตัวเข้าหากัน (Convergence) และยกตัวสูงขึ้นนี้ทำให้เกิดการก่อตัวของเมฆและหยาดน้ำฟ้า

7.5.2 แอนติไซโคลน (AntiCyclone) ในทางอุตุนิยมวิทยาใช้เรียกลมที่พัดออกจากศูนย์กลางความกดอากาศสูงว่า "แอนติไซโคลน" ในซีกโลกหเนือลมแอนติไซโคลนจะพัดหมุนตามเข็มนาฬิกา ส่วนในซีกโลกใต้จะพัดทวนเข็มนาฬิกา ลักษณะของลมจะพัดขดเป็นเกลียวออกจากศูนย์กลางในขณะที่ลมเบื้องบนจะจมตัวลงมาที่อากาศหมุนออกไป

ภาพ 7.8 ทิศทางลมไซโคลน (L) และแอนติไซโคลน (H) ในซีกโลกหเนือ (1) และซีกโลกใต้ (2)



ภาพ 7.9 ไซโคลนในซีกโลกเหนือ (ไต้ฝุ่นรามสูร)



ภาพ 7.10 ไซโคลนในซีกโลกใต้ (ไซโคลนแซม)

**7.6 มรสุมและร่องมรสุม**

มรสุมเป็นลักษณะการหมุนเวียนของลมที่พัดตามฤดูกาล อาจเรียกว่า ลมประจำฤดู มีลักษณะเป็นลมที่มีการพัดสม่ำเสมอ คำว่า “มรสุม” มีความหมายตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า Monsoon ซึ่งมีรากศัพท์มาจากคำว่า Mausim ในภาษาอาหรับแปลว่า “ฤดูกาล” (Season) ครั้งแรกนำคำนี้มาใช้เรียกลมที่เกิดในทะเลอาหรับก่อน (เป็นลมที่พัดมาจากภาคพื้นทวีปแถบประเทศอัฟกานิสถาน ปากีสถานและตอนเหนือของประเทศอินเดีย ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่ทะเลอาหรับ เป็นระยะเวลา 6 เดือน แล้วเปลี่ยนกลับไปในทิศทางตรงกันข้าม คือจากทะเลอาหรับเข้าสุ่ภาคพื้นทวีปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นระยะเวลา 6 เดือนเช่นกัน) ต่อมาได้นำคำนี้ไปใช้เรียกลมที่มีลักษณะอย่างเดียวกัน แต่เกิดขึ้นในส่วนอื่นของโลกด้วย

7.6.1 การเกิดมรสุม มรสุมเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นดินและพื้นน้ำ ทำนองเดียวกับลมบกลมทะเล ในฤดูหนาวอุณหภูมิภาคพื้นทวีปเย็นกว่าอุณหภูมิของพื้นน้ำในมหาสมุทรที่อยู่ใกล้เคียง อากาศเหนือพื้นน้ำจึงมีอุณหภูมิสูงกว่าและลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน อากาศเหนือทวีปซึ่งเย็นกว่าไหลเข้าไปแทนที่ ทำให้เกิดเป็นลมพัดออกจากทวีป พอถึงฤดูร้อนอุณหภูมิของภาคพื้นทวีปร้อนกว่าน้ำในมหาสมุทรเป็นเหตุให้เกิดลมพัดไปจากพื้นน้ำในมหาสมุทรเข้าสู่ภาคพื้นทวีปในทิศทางตรงกันข้าม มรสุมหรือลมประจำฤดูที่มีแรงจัดที่สุด เช่น มรสุมที่เกิดในบริเวณภาคใต้และภาคตะวันออกเฉีงใต้ของทวีปเอเชีย ประเทศที่อยู่ในเขตอิทธิพลของมรสุม ได้แก่ ประเทศเวียดนาม กัมพูชา ลาว มาเลเซีย พม่า บังคลาเทศ อินเดีย ปากีสถาน และประเทศไทย

7.6.2 ประเภทของมรสุมในภูมิภาคเอเชียและประเทศไทย ในรอบปีมีอิทธิพลจากมรสุม 2 ลักษณะดังนี้

1) มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (Northwest monsoon) พัดเขาสู่ภูมิภาคเอเชีย ในช่วงปลายเดือนเมษายนถึงตุลาคม เนื่องจากพัดผ่านพื้นที่มหาสมุทรอินเดียจึงมีความชื้นสะสมอยู่มาก ทำให้มีฝนตกกระจายในภูมิภาคเอเชีย อิทธิพลที่มีต่อประเทศไทยมรสุมทำให้มีฝนตกกระจายในทั่วทุกภาคของประเทศ โดยพัดเข้าปกคลุมพื้นที่ภาคใต้ ภาคตะวันตก และภาคกลางของประเทศประมาณกลางเดือนพฤษภาคมและครอบคลุมทั่วทุกภาคไปจนถึงต้นเดือนตุลาคมซึ่งเป็นฤดูฝนของไทย ความแรงของการพัดนั้นอาจเข้ามาเป็นระลอกๆ ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของมวลอากาศในซีกโลกใต้ มหาสมุทรอินเดียและภาคพื้นทวีปเอเชีย หลังจากนั้นลมจะสงบราว 2-3 สัปดาห์ และจะแปรปรวนอีกแล้วเริ่มเปลี่ยนทิศทางการพัดย้อนกลับในทิศทางตรงกันข้ามเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

2) มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast monsoon) เริ่มต้นประมาณปลายเดือนตุลาคมถึงปลายเดือนกุมภาพันธ์ เป็นอิทธิพลของมวลอากาศเย็นที่ก่อตัวบนภาคพื้นทวีป จึงมีอากาศหนาวเย็น ส่วนใหญ่มีศูนย์กลางมวลอากาศในตอนกลางของจีน มองโกเลีย และแถบไซบีเรียของรัสเซีย อิทธิพลของลมมรสุมทำให้ภูมิภาคเอเชียมีอากาศหนาวเย็น จากนั้นจะอ่อนกำลังลงและสลายไปในช่วงปลายเดือนมีนาคม สำหรับอิทธิพลต่อประเทศไทย มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือนำความหนาวเย็นเข้ามาปกคลุมประเทศ โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก และภาคกลาง แต่ในพื้นที่ภาตใต้นั้น เนื่องจากมรสุมเคลื่อนที่ผ่านอ่าวไทยจึงมีความชื้นสะสมมากขึ้นและนำความชื้นเข้ามาด้วย ส่งผลให้ภาคใต้โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออกตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไปถึงนราธิวาสมีฝนตกชุก

ภาพ 7.11 ทิศทางการพัดของมรสุมในเอเชียใต้และตะวันออกเฉียงใต้

3) มรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ในช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์ถึงต้นเดือนพฤษภาคม มักมีศูนย์กลางความกดอากาศสูงในพื้นที่มหาสมุทรแปซิฟิก ขณะที่พื้นที่ภาคพื้นดินมีความร้อนมากกว่า ทำให้มีลมร้อนและชื้น ซึ่งมีทิศทางการพัดในแนวตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ เข้าสู่ภูมิภาคเอเชียตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ แต่ลมนี้พัดเป็นคราวหรือเคลื่อนที่ไม่สม่ำเสมอ จึงยังไม่อาจสรุปถึงอิทธิพลที่มีต่อภูมิภาคแน่ชัดได้ ลักษณะที่มีผลต่อประเทศไทยคือภาคใต้ ภาคตะวันออกและภาคกลางจะได้รับอิทธิพลจากลมฝ่ายใต้ ซึ่งมีแหล่งกำเนิดในทะเลจีนใต้หรือเขตมหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งตะวันตก เมื่อพัดเข้ามามักพัดสอบเข้ากับลมจากอิทธิพลความกดอากาศต่ำในอินเดียและพม่า โดยพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพล ได้แก่ ภาคใต้ฝั่งตะวันออก ภาคตะวันออก และตอนล่างของภาคกลาง โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออกมักมีคลื่นลมแรง

7.6.3 ร่องมรสุม (Trough) คำว่า Trough ในภาษาอังกฤษมีความหมายทั่วไปคล้ายกับคำว่า Valley แปลว่า หุบเขา Monsoon Trough จึงแปลได้ว่า หุบเขาของฤดูกาล ร่องมรสุมมีคำเรียกอื่นๆ ได้แก่ แนวปะทะอากาศเขตร้อน (Intertropical Convergence Zone หรือ ITCZ) และ Trouhh of low pressure area หรือแนวอากาศแถบศูนย์สูตร ความหมายของร่องมรสุม นิยามไว้ดังนี้ เป็นลักษณะของร่องความกดอากาศต่ำที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนและลมฟ้าอากาศ มีกระแสอากาศไหลขึ้นลงสลับกัน

ร่องมรสุมพบในเขตร้อน (เส้นศูนย์สูตร -30 องศาเหนือและใต้) โดยมีกระแสลมพัดจากบริเวณความกดอากาศสูงที่อยู่ทางซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้เข้าสู่บริเวณความกดอากาศต่ำ ทำให้มีการยกตัวของแนวลมค้าเขตร้อน โดยแนวนี้แบ่งเขตระหว่างลมค้าตะวันออกเหนือ (ในซีกโลกเหนือ) กับลมค้าตะวันออกเฉียงใต้ (ในซีกโลกใต้) โดยแนวนี้จะเคลื่อนที่ลงในแนวเหนือใต้สัมพันธ์กับช่วงฤดูร้อนในแต่ละซีกโลกนั้นๆ กล่าวคือ เมื่อดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปทางซีกโลกเหนือ ร่องมรสุมก็จะเคลื่อนที่ไปทางเหนือ และเมื่อดวงอาทิตย์เคลื่อนที่มาทางซีกโลกใต้ร่องมรสุมก็จะเคลื่อนที่ไปทางซีกโลกใต้ด้วย แต่แนวการเคลื่อนที่ไม่สูงถึงระดับละติจูดที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปถึง (อยู่ในช่วงแนวเส้นทรอปิกออฟแคนเซอร์และทรอปิกออฟแคปริคอน) โดยร่องนี้มีการเคลื่อนที่ขึ้นลงตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์ความกว้างประมาณ 6-8 องศาละติจูด และเคลื่อนที่ลงช้ากว่าแนวการโคจรของดวงอาทิตย์ประมาณ 1 เดือนหรือช้ากว่าเล็กน้อย การเคลื่อนที่ขึ้นลงนี้ทำให้แนวของร่องเปลี่ยนระบบการเคลื่อนที่ของลมด้วย เช่น เมื่อเคลื่อนที่ขึ้นผ่านบริเวณที่เคยรับลมฝ่ายเหนือก็จะเปลี่ยนไปรับลมฝ่ายใต้ ซึ่งถือว่าเป็นการเปลี่ยนมรสุมเมื่อร่องนี้เคลื่อนที่ผ่านไป

แนวปะทะอากาศระหว่างซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้เกิดขึ้นเนื่องจากการหมุนของโลกจากตะวันออกไปตะวันตก และในเขต 0-30 องศาเหนือและใต้นั้นโลกจะหมุนเร็วกว่าอากาศที่ห่อหุ้ม จึงเกิดลมฝ่ายตะวันออกหรือเรียกว่าลมสินค้า (Trade wind) ถ้าอยู่ในซีกโลกเหนือเรียกว่า ลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในซีกโลกใต้เรียกลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ ลมทั้งสองเขตจะพัดสอบเข้าหากันในเขตศูนย์สูตร อย่างไรก็ตาม แนวนี้มักเคลื่อนที่ไปตามแนวเคลื่อนของเดคลิเนชั่นของดวงอาทิตย์ โดยเคลื่อนที่ลงช้ากว่าประมาณ 2-3 สัปดาห์ ร่องมรสุมเป็นบริเวณที่มีเมฆมาก และฝนตกหนาแน่น สรุปลักษณะของร่องมรสุมดังนี้

1) ร่องมรสุมเป็นบริเวณความกดอากาศต่ำ อยู่ระหว่างกลางบริเวณความกดอากาศสูง 2 แห่งทางด้านเหนือจะได้รับอิทธิพลจากความกดอากาศสูงบริเวณแนวเส้นทรอปิกออฟแคนเซอร์ (Tropic of Cancer) และด้านใต้ของร่องมรสุมจะได้รับอิทธิพลจากแนวความกดอากาศสูงตามแนวทรอปิกออฟแคปริคอน (Tropic of Capicon) ซึ่งมีลักษณะเป็นแนวพาดขวางทิศตะวันตก-ตะวันออก

ภาพ 7.12 แนวปะทะอากาศเขตร้อน ในเดือนมกราคมและกรกฎาคม

2) กระแสลมที่พัดเข้ามาในร่องมรสุม เป็นเขตที่ลมค้าเบียดตัวเข้าหากัน ทางด้านเหนือของร่องเป็นลมฝ่ายเหนือหรือเป็นลมสินค้าซีกโลกหเนือ ส่วนทางด้านใต้ของร่องเป็นลมฝ่ายใต้หรือเป็นลมสินค้าซีกโลกใต้ เนื่องจากลักษณะของลมที่พัดเข้ามามีทิศทางต่างกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ คือ ร่องมรสุมจะเลื่อนขึ้นเลื่อนลงไปทางเหนือและใต้ ตามวิถีการโคจรของดวงอาทิตย์

3) ร่องความกดอากาศต่ำมีอากาศไหลเข้ามาปะปนกัน เนื่องจากมีกระแสอากาศพัดเข้ามาในร่องจากทางเหนือและใต้โดยลมสินค้าในซีกโลกเหนือพัดเข้าในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันออก ส่วนลมสินค้าในซีกโลกใต้จะพัดเข้ามาปะทะในทิศตะวันออกเฉียงใต้ อากาศที่เข้ามาในร่องเมื่อเกิดการปะทะกันจะถูกผลักให้ลอยตัวสูงขึ้น เนื่องจากอยู่ในเขตร้อนอากาศจึงมีการไหลขึ้นสู่เบื้องบนอย่างรุนแรง ส่งผลให้เมื่อร่องนี้พาดผ่านบริเวณใดก็จะเกิดเมฆและมีฝนตกอย่างหนาแน่น

4) ในประเทศไทยมักปรากฏว่าหลังจากที่มีพายุดีเปรสชั่นเข้าสู่ประเทศไทยแล้ว มักจะมีแนวร่องมรสุมเกิดขึ้นต่อจากดีเปรสชั่นเสมอ ซึ่งอาจเป็นการเข้าใจผิดคิดว่าฝนที่ตกในระยะหลังเป็นฝนที่เกิดจากดีเปรสชั่น

ภาพ 7.13 แนวปะทะอากาศเขตร้อน และศูนย์กลางความกดอากาศในเดือนมกราคม

5) ลักษณะทิศทางที่ลมพัดจากสองทิศทางพัดเข้าหาแล้วมีอิทธิพลร่วมกัน เรียกว่า ลักษณะลมพัดสอบเข้าหากัน มักเกิดตามแนวที่เรียกว่า แนวตีบหรือแนวชนกันของกระแสลม (Convergence) กระแสที่พัดสอบเข้าหากันนั้น เมื่อชนกันแล้วส่วนหนึ่งจะรวมตัวกันพัดไปตามแนวนอน แต่อีกส่วนจะยกตัวสูงขึ้นเกิดขึ้นคล้ายกับการก่อตัวทางแนวตั้งของมรสุม จึงทำให้เกิดฝนตกได้ตามแนวตีบหรือแนวชนนี้ ฝนที่ตกแนวนี้สามารถเกิดได้ทุกเวลาและจะมีแนวพาดไปในทิศทางใดก็ได้และไม่มีเวลาตกที่แน่นอน เพราะแนวพาดหรือแนวชนนี้ไม่คงที่แน่นอน เนื่องจากลมที่พัดเข้ามาอาจพัดมาจากทิศทางใดๆก็ได้ ขึ้นอยู่กับกำลังแรงของในแต่ละทิศทาง

ภาพ 7.14 ลักษณะพัดสอบของลม

อย่างไรก็ตามปริมาณฝนที่ตกจะมากน้อยเพียงใดย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆได้แก่

5.1) ลมที่พัดเข้าหากันนั้นพัดผ่านภาคพื้นอะไร ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณไอน้ำมากน้อยตามไปด้วย ถ้าพัดผ่านพื้นน้ำลมก็จะหอบเอาไอน้ำสะสมเข้ามาด้วย

5.2) ลมที่พัดสอบเข้าหากันนั้นมีปริมาณไอน้ำที่จะถูกยกตัวสูงขึ้นมากน้อยเพียงใด

5.3) แนวตีบหรือแนวชนนั้นคงที่อยู่ได้นานเท่าใด ถ้าอยู่นานฝนก็มีโอกาสตกมากและนาน

ภาพ 7.15 แนวร่องความกดอากาศต่ำที่พาดผ่านประเทศไทยในรอบปี

**7.7 พายุ**

พายุ หมายถึง สภาวะความผิดปกติของบรรยากาศที่มีผลให้มีลมพัดอย่างรุนแรงและมีฝนตกหนักอย่างต่อเนื่อง พายุที่เกิดขึ้นในบรรยากาศมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับขนาด ความรุนแรง และลักษณะของพายุ แบ่งได้ 2 ประเภทดังนี้

7.7.1 พายุหมุนเขตร้อน (Tropical cyclones) หมายถึง พายุที่เกิดเหนือทะเลหรือมหาสมุทรในเขตร้อน เป็นพายุที่มีฝนตกหนักเป็นบริเวณกว้างตามแนวทางการเคลื่อนที่ของพายุ ในซีกโลกหเนือมีระบบการหมุนเวียนของลมเข้าหาศูนย์กลางในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา ส่วนในซีกโลกใต้หมุนเวียนในลักษณะตามเข็มนาฬิกา บริเวณศูนย์กลางเป็นความกดอากาศต่ำมีลักษณะเกือบเป็นวงกลม มวลอากาศในเป็นมวลอากาศอุ่น และมีความชื้นสูง พายุหมุนเขตร้อนจะอ่อนกำลังอย่างรวดเร็วเมื่อเคลื่อนขึ้นสู่แผ่นดิน โดยอ่อนกำลังลงกลายเป็นพายุโซนร้อนและดีเปรสชั่น

บริเวณพายุหมุนเขตร้อน ท้องฟ้าเต็มไปด้วยเมฆชั้นต่ำหนาแน่น ขณะที่ดีเปรสชั่นจะมีฝนตกปานกลางถึงฝนตกหนักปกคลุมพื้นที่ไม่กว้างขวางนัก แต่เมื่อดีเปรสชั่นทวีกำลังขึ้นก็จะกลายเป็นพายุโซนร้อนซึ่งมีอันตรายรุนแรงขึ้น ถ้ายังทวีกำลังมากขึ้นเรื่อยๆ จนมีความเร็วใกล้ศูนย์กลาง 118 กิโลเมตรต่อชั่วโมวขึ้นไป ก็จะกลายเป็นพายุไต้ฝุ่น ซึ่งจะมีฝนตกหนักมากและทำให้เกดน้ำท่วมฉับพลัน อันตรายที่เกิดจากคลื่นฝนรุนแรงอย่างมาก เป็นพายุหมุนที่เกิดในทะเลหรือมหาสมุทรในเขตร้อน โดยมีชื่อเรียกตามแหล่งที่เกิด เช่น พายุดีเปรสชั่น พายุโซนร้อน และพายุไต้ฝุ่น เป็นชื่อพายุที่เกิดในมหาสมุทรแปซิฟิกหรือทะเลจีนใต้ ส่วนพายุเฮอริเคนเป็นชื่อพายุที่เกิดในมหาสมุทรแอตแลนติก และพายุไซโคลนเป็นชื่อพายุที่เกิดในมหาสมุทรอินเดีย พายุหมุนเหล่านี้มีความแรงมาก โดยมีความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางตั้งแต่ 50 กม./ชม. ขึ้นไป สำหรับพายุไต้ฝุ่น พายุเฮอริเคน และพายุไซโคลน อาจมีความเร็วลมใกล้จุดศูนย์กลางพายุได้มากกว่า 300 กม./ชม.

1) การเกิดพายุหมุนในเขตร้อน (Causes of tropical cyclones formation) องค์ประกอบที่เป็นสาเหตุสำคัญในการก่อตัวของพายุหมุนเขตร้อนมีดังนี้

1.1) เกิดจากการก่อตัวเนื่องจากความร้อนในช่วงฤดูร้อน เมื่ออากาศเหนือพื้นน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่า 27 °C (ถ้าอุณหภูมิเย็นกว่านี้จะไม่เกิดพายุ) และมีความร้อนมากกว่าอากาศบริเวณข้างเคียง ทำให้อากาศไม่เสถียร ค่าความกดอากาศลดลงเป็นหย่อมความกดอากาศต่ำ การก่อตัวจะเริ่มก่อตัวในบริเวณร่องความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตรในระหว่างละติจูด 8-15 องศาเหนือหรือใต้ และเป็นพื้นทะเลหรือมหาสมุทร เพราะการก่อตัวเป็นพายุต้องการความชื้นมาก ส่วนในบริเวณเขตศูนย์สูตรพายุหมุนเขตร้อนจะไม่ก่อตัว เนื่องจากบริเวณศูนย์สูตรไม่มีแรงคอริออลิส

1.2) มีลมอ่อนๆ จนถึงลมสงบเป็นเวลานาน ลมสงบทำให้ไม่มีการถ่ายเทความร้อนและความชื้นของอากาศไปสู่บริเวณอื่น ไอน้ำในอากาศจึงเก็บสะสมพลังงานจลน์จากรังสีดวงอาทิตย์ไว้มากๆ (สังเกตจากเมฆซีรัสเกิดขึ้นเป็นแนวยาวตามทิศทางที่ลมพัด)

1.3) หลังจากที่เมฆซีรัสก่อตัวเป็นแนวยาวแล้วเริ่มเปลี่ยนเป็นวงกลม และมีลักษณะคล้ายวงแสง (Halo) ลมเริ่มมีการพัดหมุนตัว โดยมีทิศทางเข้าหาศูนย์กลางความกดอากาศต่ำเรื่อยๆ (ลมที่พัดเข้าสู่ศูนย์กลางจะถูกบังคับให้พัดเฉ ทั้งนี้เนื่องมาจากแรงคอริออลิส) จากนั้นการก่อตัวของเมฆจะหนาขึ้นเรื่อยๆจนท้องฟ้ามืดครึ้ม เกิดคลื่นขนาดใหญ่และทวีความรุนแรงมากขึ้น

ส่วนใหญ่แล้วพายุหมุนเขตร้อนมักพัฒนามากจากสภาพลมฟ้าอากาศที่แปรปรวนอยู่ก่อนแล้ว โดยความแปรปรวนดังกล่าวสันนิษฐานว่าน่าจะมีสาเหตุมากจากอิทธิพลของลม 2 ชนิดได้แก่

(1) คลื่นลมฝ่ายตะวันออกเขตร้อน (Tropical easterly wave) ซึ่งเป็นคลื่นของลมฝ่ายตะวันออกเขตร้อน (Tropical easterlies) ระหว่างละติจูด 5-30 องศาเหนือและใต้ คลื่นนี้เป็นผลมาจากลมฝ่ายตะวันออกเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกในระดับความสูงจากพื้นดินประมาณ 1,500 เมตร ด้วยความเร็วลมประมาณ 325-500 ไมล์ต่อชั่วโมง ผลจากการเคลื่อนตัวของอากาศทำให้มีลักษณะอากาศปั่นป่วน (ในแผนที่อากาศให้สังเกตรอยหยักของเส้นความกดอากาศเท่าและมีลูกศรลมเคลื่อนที่ไปทางตะวันตก) ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดฝนตกซู่และพายุฟ้าคะนอง ทั้งนี้เชื่อว่าพายุที่เกิดขึ้นในมหาสมุทรแอตแลนติกนั้น ส่วนมากพัฒนามาจากคลื่นลมฝ่ายตะวันออกที่พัดอยู่ทางใต้ของแอนติไซโคลนกึ่งร้อน เพราะมีผลศึกษาว่า 3 ใน 4 ของพายุหมุนเขตร้อนที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนตัวของลมฝ่ายตะวันออก

ภาพ 7.17 ทิศทางการเคลื่อนตัวของลมฝ่ายตะวันออกเขตร้อน

(2) ลำดับการก่อตัวจนถึงการสลายตัวของพายุหมุนเขตร้อน

2.1) ภาวะการณ์ก่อตัว (Formation) พายุในเขตร้อนเริ่มก่อตัวในทะเลหรือมหาสมุทรที่มีอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 27°C และไม่อยู่ใกล้เขตศูนย์สูตรนัก ความกดอากาศจะลดลงใกล้เคียง 1,000 มิลลิบาร์ มีเมฆมากและฝนตกทั่วไป

2.2) ภาวะที่กำลังทวีความรุนแรง ระยะนี้พายุก่อตัวรุนแรงขึ้น ความกดอากาศบริเวณศูนย์กลางลดลงต่ำกว่า 1,000 มิลลิบาร์ (ประมาณ 998-992 มิลลิบาร์) เมฆและฝนตกหนักแน่นเป็นบริเวณกว้าง แต่ยังมีพื้นที่ปกคลุมเพียงไม่เกิน 200 กิโลเมตร

2.3) ภาวะที่รุนแรงที่สุด (Mature stage) ในภาวะนี้ลมสูงสุดและความกดอากาศใกล้ศูนย์กลางมักไม่เปลี่ยนแปลงไปจากภาวะทวีกำลังแรงนัก แต่ลมมีความเร็วและแรงจนปรากฏเห็นศูนย์กลางของพายุเป็นช่องว่างหรือที่เรียกว่า “ตาพายุ” (Eyes) เป็นบริเวณเล็กๆ เส้นผ่านศูนย์กลางของตาพายุอาจกว้างประมาณ 15-60 กิโลเมตร ภายในตาพายุนี้เป็นบริเวณที่มีอากาศแจ่มใส มีเมฆบ้างเล็กน้อยและมีลมพัดอ่อน บริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากพายุอาจมีฝนตกหนักแผ่กว้างประมาณ 200-500 กิโลเมตร แต่พายุบางลูกอาจครอบคลุมบริเวณกว้างถึง 1,000 กิโลเมตร ทำให้เกิดภาวะน้ำท่วมฉับพลัน และความสูงของคลื่นอาจสูงถึง 5 เมตร ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายของพื้นที่เมืองบริเวณชายฝั่งได้

ภาพ 7.16 ภาพถ่ายดาวเทียมพายุหมุนเขตร้อนในภาวะทวีกำลังจนมีความเร็วและแรงจนปรากฏเป็นตาพายุ

2.4) ภาวะสลายตัว (Decaying stage) เมื่อพายุเคลื่อนที่สู่ภาคพื้นทวีป ความรุนแรงของพายุจะลดลง โดยมีความขรุขระของพื้นดิน เทือกเขา ป่าไม้ เป็นตัวฉุดให้ความเร็วลดลง เนื่องจากไหลเวียนไม่สะดวกและความชื้นมีน้อยหรือได้รับอิทธิพลของมวลอากาศเย็นและแห้งในภาคพื้นทวีป พายุจึงเริ่มอ่อนกำลังลง ท้องฟ้าเริ่มแจ่มใสขึ้น เมฆลดจำนวนลง จากนั้นพายุจึงค่อยหมดกำลังและสลายตัวไปการสลายตัวของพายุจะลดลงตามลำดับจากไต้ฝุ่นเป็นพายุโซนร้อน และดีเปรสชั่น แล้วสลายตัวไปในที่สุด

3) การเรียกชื่อตามขนาดของความเร็วลมใกล้ศูนย์กลางพายุ พายุหมุนเขตร้อนเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปตามขนาดความรุนแรงของพายุ ดังนี้

3.1) ดีเปรสชั่น (Tropical Depression) เป็นพายุที่มีกำลังอ่อน มีฝนตกปานกลางถึงตกหนัก มีความเร็วของลมใกล้ศูนย์กลาง ไม่เกิน 33 นอต (61 กม./ชม.) ใช้สัญลักษณ์ในแผนที่อากาศ

คือ D

3.2) พายุหมุนเขตร้อนหรือพายุโซนร้อน (Tropical Strom) เป็นพายุที่มีกำลังลมแรง ฝนตกหนัก มีความเร็วของลมใกล้ศูนย์กลาง 34-63 นอต (62-117 กม./ชม.) ใช้สัญลักษณ์ในแผนที่ลมฟ้าอากาศ คือ จากข้อมูลการเกิดพายุในมหาสมุทรแปซิฟิก พบว่า มากกว่าร้อยละ 50 ของพายุหมุนเขตร้อนพัฒนาเป็นพายุไต้ฝุ่น

3.3) พายุไต้ฝุ่น (Typhoon) หรือพายุเฮอริเคน (Herricane) หรือไซโคลน (Cyclone) เป็นพายุที่มีกำลังแรงจัด และมีอำนาจการทำลายสูง มีฝนตกหนักมาก ความเร็วของลมใกล้ศูนย์กลาง 64 นอตขึ้นไป (118 กม./ชม. ขึ้นไป) ใช้สัญลักษณ์ในแผนที่อากาศคือ

ภาพ 7.18 ลักษณะพายุขนาดต่างๆจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม บนพายุเฮอริเคนเอดูด์ พายุโซนร้อนฟานและดีเปรสชั่น #7

พายุที่เกิดในมหาสมุทรอินเดียจำแนกไว้และตั้งชื่อจากระดับความเร็วลมใกล้ศูนย์กลางเพียง 2 ระดับ คือ พายุดีเปรสชั่นและพายุไซโคลนเท่านั้น

4) มาตราระดับความแรงของพายุหมุนเขตร้อน นิยมใช้มาตราของเซฟเฟอร์ ซิมสัน (The Saffir-Simson scale) แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังรายละเอียดในตาราง 7.3 ดังนี้

**ตาราง 7.3 ระดับความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนตามมาตรา Saffir-Simson**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Type | ขนาด Category | ความกดอากาศ  Pressure (mb) | ความเร็วลม | | | คลื่นสูง  Surge (ft) | สีของเส้น  Line Color |
| knots | mph | Km/h |
| Depression | TD |  | <34 | <39 | <61 |  | Green |
| Tropical Strom | TS |  | 34-63 | 39-73 | 62-117 |  | Yellow |
| Hurricane/Typhoon | 1 | >980 | 64-82 | 74-95 | 119-153 | 4-5 | Red |
| Hurricane/Typhoon | 2 | 965-980 | 83-95 | 96-110 | 154-177 | 6-8 | Light Red |
| Hurricane/Typhoon | 3 | 945-965 | 96-113 | 111-130 | 178-209 | 9-12 | Magenta |
| Hurricane/Typhoon | 4\* | 920-345 | 114-135 | 131-155 | 210-249 | 13-18 | Light Magenta |
| Hurricane/Typhoon | 5\*\* | <920 | >135 | >155 | >249 | >18 | White |

\*,\*\* จำแนกเป็นพายุระดับ Super typhoon

5) ภูมิภาคที่มักเกิดเป็นแหล่งกำเนิดพายุหมุนเขตร้อน ได้แก่

5.1) หมู่เกาะอินดิสตะวันตก ทะเลคาริบเบียน และอ่าวเม็กซิโก

5.2) ด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ ทะเลจีนใต้ หมู่เกาะฟิลิปปินส์

5.3) ด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกได้รวมหมู่เกาะฟิจิ และชายฝั่งด้านตะวันออกของทวีปออสเตรเลีย

5.4) มหาสมุทรอินเดียบริเวณหมู่เกาะมาดากัสการ์

5.5) ทะเลอาหรับและอ่าวเบงกอล

5.6) ชายฝั่งด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกบริเวณอเมริกากลาง

ภาพ 7.19 ภูมิภาคที่มักเกิดพายุหมุนเขตร้อน

6) ทิศทางการเคลื่อนที่ของพายุหมุนเขตร้อน ทิศทางการเคลื่อนที่ของพายุหมุนเขตร้อนในมหาสมุทรต่างๆ มักมีทิศทางที่คล้ายๆกันคือ การเคลื่อนที่จะค่อยๆเคลื่อนไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือหรือเคลื่อนที่ไปทางตะวันตกจากแหล่งกำเนิด ซึ่งมักอยู่ในแนวของลมสินค้า ทั้งนี้แนวการเคลื่อนที่นั้นอาจเคลื่อนที่ไปในทิศตะวันตกเฉียงเหนือแล้วสลายตัวไปหรือเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือแล้วเบนเฉไปทางทิศเหนือ จากนั้นค่อยสลายไปในแถบละติจูดกลาง แต่มีข้อน่าสังเกตว่าพายุหมุนเขตร้อนที่เกิดในด้านซีกเหนือของมหาสมุทรอินเดีย ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายนมีทิศทางการเคลื่อนที่ต่างจากพายุหมุนเขตร้อนอื่นๆ คือ มีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือจากแหล่งกำเนิด ซึ่งทิศทางการเคลื่อนที่นี้น่าจะเป็นผลมาจากลมสินค้าที่พัดมาจากซีกโลกใต้ตามอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และบางครั้งพบว่าพายุหมุนเขตร้อนอาจพัดเข้าไปสู่แนวลมตะวันตกในเขตละติจูดกลางและทวีกำลังเป้นพายุหมุนนอกเขตร้อนได้ ซึ่งกำลังการพัดของพายุดังกล่าวอาจมีความเร็วมากขึ้นกว่าอัตราที่พัดในเขตร้อน

7) รายชื่อพายุหมุนเขตร้อน คำทั่วๆไปที่ใช้เรียกชื่อพายุหมุนหรือพายุไซโคลนที่มีถิ่นกำเนิดเหนือมหาสมุทรในเขตร้อนแถบละติจูดต่ำ ถ้ามีแหล่งกำเนิดในบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิกและในทะเลจีนใต้ เรียกชื่อว่า “พายุไต้ฝุ่น” (Typhoon) ถ้าเกิดในบริเวณมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ ทะเลคาริบเบียนและในอ่าวเม็กซิโก เรียกชื่อว่า “พายุเฮอริเคน” (Herricane) ถ้าเกิดในอ่าวเบงกอลและทะเลอาราเบียนในมหาสมุทรอินเดีย เรียกชื่อว่า “พายุไซโคลน” (Cyclone) ถ้าเกิดในทวีปออสเตรเลีย เรียกชื่อว่า “วิลลี่-วิลลี่” (Willy-Willy) หรือมีชื่อเรียกไปต่างๆกันตามบริเวณที่เกิด เช่น ในฟิลิปปินส์มีชื่อเรียกว่าเฉพาะว่า “บาเกียว” (Baquio) และชายฝั่งตะวันตกของอเมริกาเรียกว่า “คอร์โดนาโซ” (Cordonazos)

ภาพ 7.20 ทิศทางการเคลื่อนที่ของพายุ

ภาพ 7.21 เส้นทางการเคลื่อนที่ของพายุไต้ฝุ่นลินดา

การกำหนดรายชื่อพายุในอดีตนั้นมักอ้างอิงชื่อพายุโดยใช้นามของนักบุญต่างๆ ประจำวันที่พายุลูกนั้นเกิด และเคยตั้งชื่อโดยใช้ตำแหน่งการเกิดทั้งนี้ได้นำระบบพิกัดมาใช้เรียกชื่อพายุโดยการแทนค่าละติจูดและลองจิจูด แต่ต่อมาได้ยกเลิก นอกจากนั้นยังมีการตั้งชื่อโดยกำหนดตัวอักษรพร้อมปีที่กเดพายุกำกับ เช่น A-1922 (ปัจจุบันแบบนี้ญี่ปุ่นยังคงใช้ แต่ใช้ลำดับที่แทนอักษร เช่น Number 10-1990) มาในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 จึงมีข้อตกลงร่วมในการกำหนดชื่อพายุในลักษณะต่างๆดังนี้

(1) กำหนดตามระบบการออกเสียงขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ

(2) ตั้งชื่อตามอักษรพยัญชนะของกรีก

(3) ตั้งชื่อโดยใช้ชื่อสัตว์ เช่น Antelope,Bear,Coyete เป็นต้น

(4) ตั้งชื่อตามชื่อเรียกสตรี (แบบนี้นิยมมากที่สุดและใช้กันแพร่หลายมากที่สุดในช่วง พ.ศ.2522-2538) ต่อมาภายหลังมีคำประท้วงเกี่ยวกับการตั้งชื่อสตรี จึงมีการปรับใหม่โดยเพิ่มชื่อบุรุษเข้ามาด้วย ทำให้มีชื่อทั้งบุรุษและสตรีเข้ามา โดยเริ่มใช้ตั้งแต่ 1 มกราคม 2522 โดยใช้ตัวอักษร A ถึง Zยกเว้น Q,U และ X แบ่ง Column ออกเป็น 4 Column ต่อมาได้เปลี่ยนชื่อใหม่อีกครั้งและกำหนดใช้ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2539 เรื่อยมาจนถึง 31 ธันวาคม 2542 รายชื่อปรากฏในตาราง 7.4

(5) ปัจจุบันได้กำหนดใช้ชื่อพายุในภูมิภาคเอเชียตะวันออกและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเริ่มใช้ตั้งแต่ 1 มกราคม 2543 โดยประเทศต่างๆ ที่ได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อนที่มีแหล่งกำเนิดในซีกโลกหเนือบริเวณเหนือบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกด้านตะวันตกและทะเลจีนใต้ ประกอบด้วยประเทศในทวีปเอเชียและแถบหมู่เกาะบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกที่เป็นสมาชิกของคณะกรรมการไต้ฝุ่น รวมทั้งหมด 12 ประเทศ 2 เขตการปกครอง ได้แก่ กัมพูชา เกาหลีใต้ เกาหลีเหนือ จีน ลาว เวียดนาม มาเลเซีย ไมโครนีเซีย ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ สหรัฐอเมริกา และไทย เขตการปกครอง ได้แก่ ฮ่องกง และมาเก๊า

การระบุชื่อพายุหมุนเขตร้อนในปัจจุบัน เริ่มตั้งชื่อเมื่อเป็นพายุระดับพายุโซนร้อน โดยเรียงลำดับตามตัวอักษรของชื่อประเทศสมาชิกที่เสนอ สาเหตุที่ต้องตั้งชื่อพายุหมุนเขตร้อนเพื่อให้ง่ายต่อการสื่อสารและกล่าวถึงพายุลูกนั้นระหว่างนักอุตุนิยมวิทยาและการพยากรณ์อากาศ เช่น ในกรณีที่ต้องติดตามการเคลื่อนตัวของพายุหมุนเขตร้อน หรือการออกคำเตือนเกี่ยวกับพายุหมุนเขตร้อน และเพื่อลดความสับสนในกรณีที่มีพายุหมุนเขตร้อน หรือการออกคำเตือนเกี่ยวกับพายุหมุนเขตร้อน และเพื่อลดความสับสนในกรณีที่มีพายุหมุนเขตร้อนเกิดขึ้นหลายลูกในช่วงเวลาและบริเวณใกล้เคียง ทั้งนี้ในกรณีที่หย่อมความกดอากาศทวีกำลังเป็นดีเปรสชั่นนั้น การตั้งชื่อจะใช้ค่าพิกัดที่ก่อตัวเป็นชื่อต่อท้าย เช่น การเรียกชื่อพายุให้เรียกหมุนเวียนตามสดมภ์ (อ่านลงตามสดมภ์จนครบ แล้วจึงอ่านชื่อในสดมภ์ถัดไปทางขวา เมื่อครบแล้วจะกลับมาเริ่มสดมภ์ที่ 1 ใหม่) รายชื่อพายุหมุนเขตร้อนที่ใช้เรียกช่วง 1 มกราคม 2539-31 ธันวาคม 2542 ปรากฏในตาราง 7.4 ส่วนรายชื่อพายุที่กำหนดใช้ในปัจจุบันระบุไว้ในตาราง 7.5 ความหมายและประเทศที่ตั้งชื่อในแต่ละสดมภ์มีรายละเอียดดังปรากฏในตาราง 7.6 – 7.10 ดังนี้

**ตาราง 7.4 รายชื่อพายุหมุนเขตร้อนที่ใช้เรียกในช่วง 1 มกราคม 2539 – 31 ธันวาคม 2542 ดังนี้**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Column 1** | | **Column 2** | | **Column 3** | | **Column 4** | |
| ANN | แอน | ABEL | อาเบล | AMBER | แอมเบอร์ | ALEX | อเล็กซ์ |
| BART | บาร์ท | BETH | เบท | BING | บิง | BABS | แบบส์ |
| CAM | คาม | CARLO | คาร์โล | CASS | คาส | CHIP | ชิพ |
| DAN | แดน | DALE | เดล | DAVID | เดวิด | DAWN | ดาวน์ |
| EVE | อีฟ | ERNIE | เออร์นี | ELLA | เอลลา | ELVIS | เอลวิส |
| FRANKIE | แฟรงค์กี | FERN | เฟิร์น | FRITZ | ฟริทซ์ | FAITH | เฟท |
| GLORIA | กลอเรีย | GREG | เกร็ก | GINGER | จินเจอร์ | GIL | จิล |
| HERB | เฮิร์บ | HANNAH | ฮันนาร์ | HANK | แฮงค์ | HILDA | ฮิลดา |
| IAN | เอียน | ISA | อิสซา | IVAN | อีแวน | IRIS | ไอรีส |
| JOY | จอย | JIMMY | จิมมี | JOAN | โจแอน | JACOB | เจคอบ |
| KIRK | เคิร์ก | KELLY | เคลลี | KEITH | เคท | KATE | เคท |
| LISA | ลิซา | LEVI | ลีวาย | LINDA | ลินดา | LEO | ลีโอ |
| MARTY | มาร์ตี | MARIE | มารี | MORT | มอร์ท | MAGGIE | เม็กกี้ |
| NIKI | ไนกี | NESTOR | เนสเตอร์ | NICHOLE | นิโคล | NEIL | นีล |
| ORSON | ออร์สัน | OPAL | โอพอล | OTTO | ออตโต | OLGA | ออลกา |
| PIPER | ไพเรอร์ | PETER | ปีเตอร์ | PENNY | เพ็นนี | PAUL | พอล |
| RICK | ริค | ROSIE | โรซี | REX | เร็กซ์ | RACHEL | เรเชลล์ |
| SALLY | แซลลี | SCOTT | สก็อต | STELLA | สเทลลา | SAM | แซม |
| TOM | ทอม | TINA | ตีนา | TODD | ท็อด | TANYA | ตันยา |
| VIOLET | ไวโอเล็ต | VICTOR | วิคเตอร์ | VICKI | วิคกี | VIRGIL | เวอร์จิล |
| WILLI | วิลลี | WINNIE | วินนี | WALDO | วอลโด | WENDY | เวนดี |
| YATES | ยาเตส | YULE | ยูลี | YANNI | แยนนี | YORK | ยอร์ค |
| ZANE | เซน | ZITE | ซีตี | ZEB | เซ็บ | ZIA | เซีย |

\*\* อ่านหมุนเวียนตามตัวอักษรและลำดับ Column รายชื่อแรกคือ ANN และรายชื่อสุดท้ายคือ ZIA (ตัวอักษร Q,U และ X ไม่ใช้ตั้งชื่อ)

**ตาราง 7.5 รายชื่อพายุหมุนเขตร้อนในเขตมหาสมุทรแปซิฟิก เริ่มใช้ตั้งแต่ 1 มกราคม 2543 จนถึงปัจจุบันมีดังนี้**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **สดมภ์ 1** | **สดมภ์ 2** | **สดมภ์ 3** | **สดมภ์ 4** | **สดมภ์ 5** |
| Damrey ดอมเร็ย | Kong-rey กองเรย | Nakri นากรี | Krovanh กรอวาญ | Sarika สาลิกา |
| Longwangs หลงหวาง | Yutu ยู่ทู่ | Fengshen ฟงเฉิน | Dujuan ตู้เจี้ยน | Haima ไหหม่า |
| Kirogi ไคโรจิ | Toraji โทราจิ | Kalmaegi คัลเมจิ | Maemi เมมิ | Meari มิระอิ |
| Kai-tak ไคตั๊ก | Man-yi มานยี่ | Fung-wong ฟองวอง | Choi-wan ฉอยหวั่น | Ma-on หมาอ๊อน |
| Tembin เทมบิง | Usagi อุซางิ | Kammuri คุมมูรี | Koppu คอปปู | Tokage โทกาเงะ |
| Bolaven โบลาเวน | Pabuk ปลาบึก | Phanfone พันฝน | Kitsana กฤษณา | Nock-ten นกเต็น |
| Chanchu จันจู | Wutip หวู่ติ๊บ | Vongfong หว่องฟง | Parma ป้าหม่า | Muifa หมุ่ยฟ้า |
| Jelawat เจอลาวัต | Sepat เซอปัต | Rusa รูซา | Melor เมอโลร์ | Merbok เมอร์บุก |
| Ewiniar เอวิเนียร์ | Fitow ฟีโทว์ | Sinlaku ซินลากู | Nepartak เนพาร์ตัก | Nanmadol นันมาดอล |
| Bilis บิลิส | Danas ดานัส | Hagupit ฮากูปิด | Lupit ลูปิต | Talas ดาลัส |
| Kaemi เกมี | Nari นารี | Changmi ชังมี | Sudal ซูแดล | Noru โนรู |
| Prapiroon พระพิรุณ | Wipha วิภา | Mekkhala เมขลา | Nida นิดา | Kularb กุหลาบ |
| Maria มาเรีย | Francisco ฟรานซิสโก | Higos ฮีโกส | Omais โอไมส์ | Roke โรคี |
| Saomai ซาวไม | Lekima เลกีมา | Bavi บาหวี่ | Conson โกนเซิน | Sonca เซินกา |
| Bopha โบพา | Krosa กรอซา | Maysak ไม้สัก | Chanthu จันทู | Nesat เนสาด |
| Wukong หวู่คง | Haiyan ไห่เยี่ยน | Haishen ไห่เฉิน | Dianmu เตี้ยนหมู่ | Haitang ไห่ถาง |
| Sonamu โซนามุ | Podul โพดอล | Pongsona พงโซนา | Mindulle มินดอลเล | Nalgae นาลแก |
| Shanshan ซานซาน | Lingling เหล่งเหลง | Yanyan ยันยัน | Tingting เถ่งเถง | Banyan บันยัน |
| Yagi ยางิ | Kajiki คะจิกิ | Kujira คูจิระ | Kompasu คอมปาซุ | Washi วาชิ |
| Xangsane ช้างสาร | Faxai ฟ้าใส | Chan-hom จันหอม | Namtheun น้ำต้น | Matsa มัดสา |
| Bebinca เบบินคา | Vamei วาเหม่ย | Linfa หลินฟ้า | Malou หม่าโหล | Ganvu กันหวู่ |
| Rumbia รุมเบีย | Tapah ตาปาห์ | Nangka นังกา | Meranti เมอรันติ | Mawar มาวา |
| Soulik ซูลิก | Mitag มิแทก | Soudelor เซาเดโลร์ | Rananim รานานิม | Guchol กูโชล |
| Cimaron ซิมารอน | Hagibis ฮากิบิส | Inbudo อินบูโด | Malakas มาลากัส | Talim ตาลิม |
| Chebi เชบี | Noguri โนกูรี | Koni โคนี | Megi เมกี | Nabi นาบี |
| Durian ทุเรียน | Ramasoon รามสูร | Morakot มรกต | Chaba ชบา | Khanun ขนุน |
| Utor อูตอร์ | Chataan ชาทาอาน | Etau เอตาว | Aere แอรี | Vicente วีเซนเต |
| Trami จ่ามี | Halong หะลอง | Vamco หว่ามก๋อ | Songda ซงดา | Saola ซาวลา |

**ตาราง 7.6 ความหมายและที่มาของชื่อพายุ สดมภ์ที่ 1 (Column I)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชื่อพายุ** | | **ความหมาย** | **ประเทศที่ตั้งชื่อ** |
| Damrey | ดอมเร็ย | ช้าง | กัมพูชา |
| Longwangs | หลงหวาง | พญามังกร | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Kirogi | ไคโรจิ | ห่านป่า (ฝูงนกที่อพยพมาเกาหลีในฤดูใบไม้ร่วงและอพยพจากไปทางตอนเหนือในต้นฤดูใบไม้ผลิ  ซึ่งมีพฤติกรรมคล้ายกับพายุไต้ฝุ่น) | เกาหลีใต้ |
| Kai-tak | ไคตั๊ก | ชื่อสนามบินเก่าของฮ่องกง | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Tembin | เทมบิง | คันชั่ง; กลุ่มดาวคันชั่ง | เกาหลีใต้ |
| Bolaven | โบลาเวน | ชื่อที่ราบสูงทางภาคใต้ของลาว | ญี่ปุ่น |
| Chanchu | จันจู | ไข่มุก | ลาว |
| Jelawat | เจอลาวัต | ปลาน้ำจืด | มาเก๊า |
| Ewiniar | เอวิเนียร์ | ชื่อเทพเจ้าแห่งพายุในภาษาชุก | มาเลเซีย |
| Bilis | บิลิส | ความเร็ว | ไมโครนีเซีย |
| Kaemi | เกมี | มด | ฟิลิปปินส์ |
| Prapiroon | พระพิรุณ | ชื่อเทพเจ้าแห่งพายุฝน | สาธารณรัฐเกาหลี |
| Maria | มาเรีย | ชื่อผู้หญิงชาวชามอร์โร | ไทย |
| Saomai | ซาวไม | ดาวเทพธอดาแห่งความรัก | สหรัฐอเมริกา |
| Bopha | โบพา | ชื่อดอกไม้/ชื่อของเด็กหญิง | กัมพูชา |
| Wukong | หวู่คง | ชื่อวีรบุรุษในตำนานจีน | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Sonamu | โซนามุ | ต้นสน | เกาหลีใต้ |
| Shanshan | ซานซาน | ชื่อหญิงสาว | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Yagi | ยางิ | ราศีมังกร/แพะ | ญี่ปุ่น |
| Xangsane | ช้างสาร | ช้าง | ลาว |
| Bebinca | เบบินคา | ขนมพุดดิ้งของมาเก๊า | มาเก๊า |
| Rumbia | รุมเบีย | ต้นปาล์ม | มาเลเซีย |
| Soulik | ซูลิก | ตำแหน่งหัวหน้าเผ่าโบราณโปนเป | ไมโครนีเซีย |
| Cimaron | ซิมารอน | วัวป่าในฟิลิปปินส์ | ฟิลิปปินส์ |
| Chebi | เชบี | นกนางแอ่น | สาธารณรัฐเกาหลี |
| Durian | ทุเรียน | ชื่อผลไม้ | ไทย |
| Utor | อูตอร์ | แนวพายุฝนฟ้าคะนอง | สหรัฐอเมริกา |
| Trami | จ่ามี | ชื่อดอกไม้ | เวียดนาม |

**ตาราง 7.7 ความหมายและที่มาของชื่อพายุ สดมภ์ที่ 2 (Column II)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชื่อพายุ** | | **ความหมาย** | **ประเทศที่ตั้งชื่อ** |
| Kong-rey | กองเรย | ชื่อสาวงามในนิทานพื้นบ้านเรื่องหนึ่งของกัมพูชา | กัมพูชา |
| Yutu | ยู่ทู่ | กระต่ายในตำนานจีน | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Toraji | โทราจิ | ต้นไม้ชนิดหนึ่ง มีดอกสวยงาม | เกาหลีใต้ |
| Man-yi | มานยี่ | ชื่อช่องแคบ ปัจจุบันใช้เป็นอ่างเก็บน้ำ | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Usagi | อุซางิ | กระต่าย | เกาหลีใต้ |
| Pabuk | ปลาบึก | ปลาน้ำจืดขนาดใหญ่ | ญี่ปุ่น |
| Wutip | หวู่ติ๊บ | ผีเสื้อ | ลาว |
| Sepat | เซอปัต | ปลากระดี่, ปลาสลิด | มาเก๊า |
| Fitow | ฟีโทว์ | ชื่อดอกไม้สวย มีกลิ่นหอม | มาเลเซีย |
| Danas | ดานัส | ประสบการณ์และความรู้สึก | ไมโครนีเซีย |
| Nari | นารี | ดอกไม้ | ฟิลิปปินส์ |
| Wipha | วิภา | ชื่อผู้หญิง | สาธารณรัฐเกาหลี |
| Francisco | ฟรานซิสโก | ชื่อบุรุษ | ไทย |
| Lekima | เลกีมา | ชื่อผลไม้ | สหรัฐอเมริกา |
| Krosa | กรอซา | ปั้นจั่น | กัมพูชา |
| Haiyan | ไห่เยี่ยน | ชื่อนกทะเล | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Podul | โพดอล | ต้นหลิว | เกาหลีใต้ |
| Lingling | เหล่งเหลง | ชื่อของสาวน้อย | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Kajiki | คะจิกิ | ชื่อปลาทะเล | ญี่ปุ่น |
| Faxai | ฟ้าใส | ชื่อผู้หญิง | ลาว |
| Vamei | วาเหม่ย | นกชนิดหนึ่งมีเสียงร้องไพเราะ | มาเก๊า |
| Tapah | ตาปาห์ | ชื่อปลาน้ำจือ | มาเลเซีย |
| Mitag | มิแทก | ชื่อผู้หญิง | ไมโครนีเซีย |
| Hagibis | ฮากิบิส | รวดเร็ว/ว่องไว | ฟิลิปปินส์ |
| Noguri | โนกูรี | สุนัขพันธ์ราคูน | สาธารณรัฐเกาหลี |
| Ramasoon | รามสูร | ชื่อยักษ์ในเทพนิยายไทย | ไทย |
| Chataan | ชาทาอาน | ฝนที่ตกหนัก | สหรัฐอเมริกา |
| Halong | หะลอง | ชื่ออ่าวที่สวยงามแห่งหนึ่งในเวียดนาม | เวียดนาม |

**ตาราง 7.8 ความหมายและที่มาของชื่อพายุ สดมภ์ที่ 3 (Column III)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชื่อพายุ** | | **ความหมาย** | **ประเทศที่ตั้งชื่อ** |
| Nakri | นากรี | ชื่อดอกไม้ | กัมพูชา |
| Fengshen | ฟงเฉิน | ชื่อเทพเจ้าแห่งลม | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Kalmaegi | คัลเมจิ | นกนางนวล | เกาหลีใต้ |
| Fung-wong | ฟองวอง | ชื่อยอดเขา | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Kammuri | คุมมูรี | มงกุฎ | เกาหลีใต้ |
| Phanfone | พันฝน | สัตว์ | ญี่ปุ่น |
| Vongfong | หว่องฟง | ชื่อแมลง | ลาว |
| Rusa | รูซา | กวาง | มาเก๊า |
| Sinlaku | ซินลากู | ชื่อเทพธิดาในนิยาย | มาเลเซีย |
| Hagupit | ฮากูปิด | เฆี่ยนตี | ไมโครนีเซีย |
| Changmi | ชังมี | กุหลาบ | ฟิลิปปินส์ |
| Mekkhala เ | เมขลา | ชื่อเทพธิดาในเทพนิยายไทย | สาธารณรัฐเกาหลี |
| Higos | ฮีโกส | ชื่อพืช | ไทย |
| Bavi | บาหวี่ | ชื่อภูเขาในภาคเหนือของเวียดนาม | สหรัฐอเมริกา |
| Maysak | ไม้สัก | ต้นไม้ | กัมพูชา |
| Haishen | ไห่เฉิน | ชื่อเทพเจ้าแห่งท้องทะเล | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Pongsona | พงโซนา | ชื่อดอกไม้ | เกาหลีใต้ |
| Yanyan | ยันยัน | ชื่อสาวน้อย | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Kujira | คูจิระ | ปลาวาฬ | ญี่ปุ่น |
| Chan-hom | จันหอม | ชื่อต้นไม้ | ลาว |
| Linfa | หลินฟ้า | ดอกบัว | มาเก๊า |
| Nangka | นังกา | ชื่อผลไม้ | มาเลเซีย |
| Soudelor | เซาเดโลร์ | ชื่อหัวหน้าเผ่าในเทพนิยายของชาวโปนเป | ไมโครนีเซีย |
| Inbudo | อินบูโด | พายุงวงช้าง | ฟิลิปปินส์ |
| Koni | โคนี | หงส์ | สาธารณรัฐเกาหลี |
| Morakot | มรกต | อัญมณีชนิดหนึ่ง | ไทย |
| Etau | เอตาว | เมฆพายุ | สหรัฐอเมริกา |
| Vamco | หว่ามก๋อ | ชื่อแม่น้ำในภาคใต้ของเวียดนาม | เวียดนาม |

ชื่อพายุว่ามรกตนั้นเดิมไทยใช้ชื่อ หนุมาน ซึ่งหมายถึงพายุวานรในเรื่องรามเกียรติ์ แต่ต่อมาเปลี่ยนเป็นมรกตแทน เนื่องจากมีประเด็นข้อโต้แย้งมากมาย

**ตาราง 7.9 ความหมายและที่มาของชื่อพายุ สดมภ์ที่ 4 (Column IV)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชื่อพายุ** | | **ความหมาย** | **ประเทศที่ตั้งชื่อ** |
| Krovanh | กรอวาญ | ชื่อต้นไม้ | กัมพูชา |
| Dujuan | ตู้เจี้ยน | ชื่อดอกไม้ | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Maemi | เมมิ | สัตว์ชนิดหนึ่งซึ่งมักส่งเสียงร้องในฤดูร้อน | เกาหลีใต้ |
| Choi-wan | ฉอยหวั่น | เมฆพายุซึ่งมีสีสันสวยงาม | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Koppu | คอปปู | ปล่องภูเขาไฟ | เกาหลีใต้ |
| Kitsana | กฤษณา | ชื่อต้นไม้ | ญี่ปุ่น |
| Parma | ป้าหม่า | อาหารชนิดหนึ่งของมาเก๊า | ลาว |
| Melor | เมอโลร์ | ดอกมะลิ | มาเก๊า |
| Nepartak | เนพาร์ตัก | นักรบผู้มีชื่อเสียง | มาเลเซีย |
| Lupit | ลูปิต | ความโหดร้ายทารุณ | ไมโครนีเซีย |
| Sudal | ซูแดล | นาก | ฟิลิปปินส์ |
| Nida | นิดา | ชื่อผู้หยิง | สาธารณรัฐเกาหลี |
| Omais | โอไมส์ | การเคลื่อนที่ไปรอบๆ | ไทย |
| Conson | โกนเซิน | ชื่อโบราณสถาน | สหรัฐอเมริกา |
| Chanthu | จันทู | ชื่อดอกไม้ | กัมพูชา |
| Dianmu | เตี้ยนหมู่ | เจ้าแม่สายอสุนี | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Mindulle | มินดอลเล | ดอกไม้เล็กๆสีเหลือง | เกาหลีใต้ |
| Tingting | เถ่งเถง | ชื่อสาวน้อย | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Kompasu | คอมปาซุ | วงเวียน | ญี่ปุ่น |
| Namtheun | น้ำต้น | ชื่อแม่น้ำ | ลาว |
| Malou | หม่าโหล | หินโมรา | มาเก๊า |
| Meranti | เมอรันติ | ชื่อต้นไม้ | มาเลเซีย |
| Rananim | รานานิม | คำสวัสดี | ไมโครนีเซีย |
| Malakas | มาลากัส | แข็งแกร่งเต็มไปด้วยพลัง | ฟิลิปปินส์ |
| Megi | เมกี | ปลา | สาธารณรัฐเกาหลี |
| Chaba | ชบา | ดอกชบา | ไทย |
| Aere | แอรี | ลมพายุ เป็นคำในภาษามาร์แชลล์ | สหรัฐอเมริกา |
| Songda | ซงดา | ชื่อแม่น้ำในภาคตะวันตกเฉียงเหนือของเวียดนาม | เวียดนาม |

**ตาราง 7.10 ความหมายและที่มาของชื่อพายุ สดมภ์ที่ 5 (Column V)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชื่อพายุ** | | **ความหมาย** | **ประเทศที่ตั้งชื่อ** |
| Sarika | สาลิกา | นกชนิดหนึ่งซึ่งชอบร้องเพลง | กัมพูชา |
| Haima | ไหหม่า | ม้าน้ำ | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Meari | มิระอิ | เสียงสะท้อน | เกาหลีใต้ |
| Ma-on | หมาอ๊อน | อานม้า | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Tokage | Tokage โทกาเงะ | สัตว์เลื้อยคลาน พวกจิ้งจก ตุ๊กแก | เกาหลีใต้ |
| Nock-ten | นกเต็น | ชื่อนก | ญี่ปุ่น |
| Muifa | หมุ่ยฟ้า | ดอกพลัมบาน | ลาว |
| Merbok | เมอร์บุก | ชื่อนกชนิดหนึ่ง | มาเก๊า |
| Nanmadol | นันมาดอล | โบราณสถานที่มีชื่อเสียงของขาวโปนเป | มาเลเซีย |
| Talas | ดาลัส | แหลมคม | ไมโครนีเซีย |
| Noru | โนรู | กวาง | ฟิลิปปินส์ |
| Kularb | กุหลาบ | กุหลาบ | สาธารณรัฐเกาหลี |
| Roke | โรคี | ชื่อผู้ชาย | ไทย |
| Sonca | เซินกา | นกชนิดหนึ่งซึ่งชอบร้องเพลง | สหรัฐอเมริกา |
| Nesat | เนสาด | ชาวประมง | กัมพูชา |
| Haitang | ไห่ถาง | ผลไม้เมืองจีนชนิดหนึ่ง | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Nalgae | นาลแก | การโบยบิน เคลื่อนที่อย่างมีอิสระ  ต้นไม้ชนิดหนึ่ง | เกาหลีใต้ |
| Banyan | บันยัน | ต้นไม้ชนิดหนึ่ง | สาธารณรัฐประชาชนจีน |
| Washi | วาชิ | ชื่อหมู่ดาว/นกอินทรีย์ | ญี่ปุ่น |
| Matsa | มัดสา | ปลาเพศเมีย | ลาว |
| Ganvu | กันหวู่ | หินปะการัง | มาเก๊า |
| Mawar | มาวา | กุหลาบ | มาเลเซีย |
| Guchol | กูโชล | เครื่องเทศชนิดหนึ่ง | ไมโครนีเซีย |
| Talim | ตาลิม | แหลมคม หรือด้านของใบมีด | ฟิลิปปินส์ |
| Nabi | นาบี | ผีเสื้อ | สาธารณรัฐเกาหลี |
| Khanun | ขนุน | ขนุน | ไทย |
| Vicente | วีเซนเต | เมฆ | สหรัฐอเมริกา |
| Saola | ซาวลา | ชื่อสัตว์ชนิดหนึ่งในเวียดนาม | เวียดนาม |

ภาพ 7.22 ประเทศในทวีปเอเชียและแถบหมุ่เกาะบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกที่เป็นสมาชิกของคณะกรรมการไต้ฝุ่น

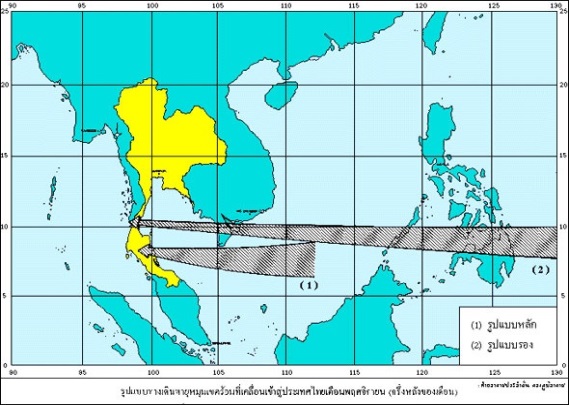
(8) ภูมิภาคที่เป็นแหล่งกำเนิดพายุหมุนเขตร้อน พายุหมุนเขตร้อนมักจะก่อตัวขึ้นที่ทะเลในช่วงฤดูร้อน และมีข้อสังเกตว่าพายุจะมีคาบเวลาในการเกิดที่ค่อนข้างแน่นอนในแต่ละปี โดยมีแหล่งกำเนิดและช่วงเวลาการเกิดในภูมิภาคต่างๆของโลก แสดงในตาราง 7.11 ดังนี้

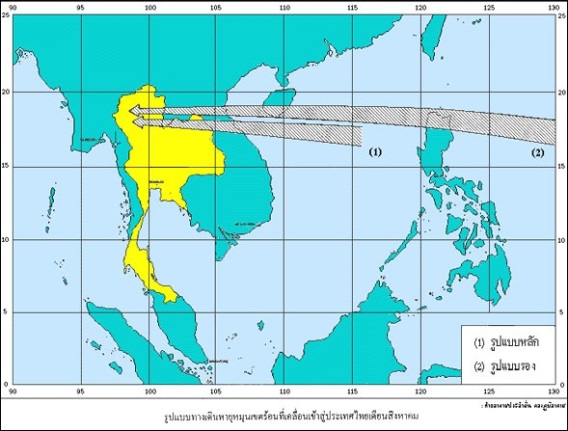
**ตาราง 7.11 แหล่งกำเนิดพายุและคาบเวลาที่เกิด**

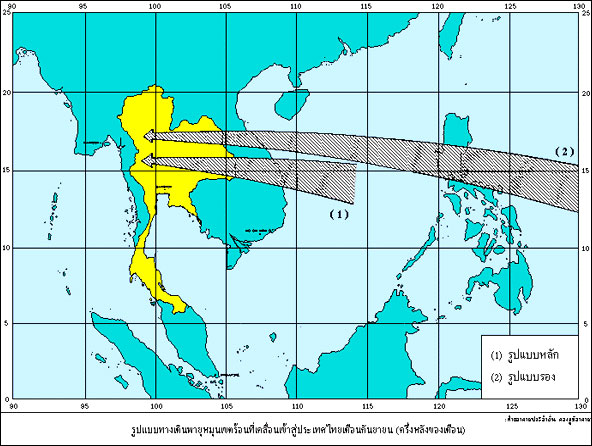
|  |  |
| --- | --- |
| **แหล่งกำเนิด** | **คาบเวลาที่เกิด** |
| ซีกโลกเหนือ  มหาสมุทรแอตแลนติก  มหาสมุทรแปซิฟิก (ชายฝั่งเม็กซิโก)  มหาสมุทรแปซิฟิก (ด้านที่ติดเอเชีย)  มหาสมุทรแปซิฟิก (อ่าวเบงกอล)  มหาสมุทรอินเดีย (ทะเลอาหรับ)  ซีกโลกใต้  มหามุทรแปซิฟิก (ตะวันออกของออสเตรเลีย)  มหาสมุทรอินเดีย (ตะวันตกของออสเตรเลีย)  มหาสมุทรอินเดีย (เกาะมาดากัสการ์ถึงลองจิจูด 90 องศา E) | มิถุนายน – พฤศจิกายน  มิถุนายน – ตุลาคม  พฤษภาคม – พฤศจิกายน  พฤษภาคม – พฤศจิกายน  พฤษภาคม – พฤศจิกายน  ธันวาคม – เมษายน  พฤศจิกายน – เมษายน  พฤศจิกายน – พฤษภาคม |

(9) พายุหมุนที่พัดเข้าสู่ประเทศไทย ประเทศไทยโดยลักษณะที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แล้วอยู่ระหว่างบริเวณแหล่งกำเนิดของพายุหมุนทั้งสองด้าน ด้านตะวันออก คือ มหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้ ส่วนด้านตะวันตก คือ อ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน ปกติพายุมีโอกาสเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยจากด้านมหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้มากกว่าทางด้านตะวันตก มีอัตราเฉลี่ยต่อปีจะมีพายุเคลื่อนผ่านเข้ามาประมาณ 3-4 ลูก ส่วนใหย่เปนพายุระดับดีเปรสชั่นและโซนร้อน บริเวณที่พายุมีโอกาสเคลื่อนที่ผ่านเข้ามามากที่สุด คือ ตอนบนของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พายุเคลื่อนที่เข้าประเทศไทยในช่วงระหว่างเดือนเมษายน – ธันวาคม โดยพายุเริ่มเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยทางภาคใต้ฝั่งตะวันตก เนื่องจากได้รับอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ แต่มีโอกาสน้อยและเคยเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวในรอบ 50 ปี (พ.ศ.2494-2543) ส่วนใหญ่แล้วพายุเคลื่อนที่เข้ามาในช่วงพฤษภาคม – ธันวาคม) และระหว่างเดือนมกราคม – มีนาคม เป็นช่วงที่ประเทศไทยปลอดจากอิทธิพลของพายุหมุน

จากสถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนที่เข้าสู่ประเทศไทยในรอบ 50 ปี (พ.ศ.2498-2548) มีทั้งสิ้นจำนวน 177 ลูก เมื่อนำมาหาความถี่ที่พายุแต่ละลูกเคลื่อนที่ผ่านในแต่ละพื้นที่ แล้วคำนวณร้อยละความถี่ของแต่ละพื้นที่ จากนั้นนำค่าร้อยละความถี่วิเคราะห์แผนที่เส้นเท่า ผลการวิเคราะห์ พบว่า บริเวณที่ศูนย์กลางพายุเคลื่อนที่มากที่สุดคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยเฉพาะจังหวัดนครพนมมีพายุเคลื่อนที่ผ่านร้อยละ 20-25 ของพายุทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ พื้นที่บริเวณจังหวัดมุกดาหาร สกลนคร หนองคาย อุดรธานี กาฬสินธุ์ หนองบัวลำภูและเลย มีพายุเคลื่อนผ่านร้อยละ 15-20 ของพายุทั้งหมด เส้นทางการเคลื่อนที่ของพายุที่พัดเข้าสู่ประเทศไทยในรอบปี จำแนกเป็นรายเดือน มีลักษณะของเส้นทางหลักและเส้นทางรอง ดังนี้ (กรมอุตุนิยมวิทยา, รูปแบบทางเดินพายุที่เคลื่อนที่เข้าสู่ประเทศไทย (ข้อมูลออนไลน์), 2549)

เดือนสิงหาคม

 เดือนพฤศจิกายน (ครึ่งหลังของเดือน)

 เดือนกันยายน (ครึ่งหลังของเดือน)

พายุหมุนเขตร้อนเกือบทั้งหมดที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยร้อยละ 99 มาจากมหาสมุทรแปซิฟิก และทะเลจีนใต้ มีน้อยครั้งที่เปนพายุพัดมาจากอ่าวเบงกอล โดยเคลื่อนเข้ามาในช่วงเมษายน – ธันวาคม ซึ่งในรอบ 50 ปี (พ.ศ.2498-2548) มีพายุเคลื่อนเข้ามาทั้งสิ้น 177 ลูก ดังนี้

**ตาราง 7.12 ร้อยละจำนวนพายุที่เคลื่อนเข้ามาในประเทศไทยในช่วง พ.ศ.2498-2548 จำแนกเป็นรายเดือน**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **เดือน** | **จำนวนพายุในคาบ 55 ปี**  **(พ.ศ.2498-2548) (ลูก)** | **ร้อยละ (%)** | **เดือน** | **จำนวนพายุในคาบ 55 ปี**  **(พ.ศ.2498-2548) (ลูก)** | **ร้อยละ (%)** |
| **เมษายน** | 1 | 0.6 | **กันยายน** | 45 | 25.4 |
| **พฤษภามคม** | 6 | 3.4 | **ตุลาคม** | 49 | 27.7 |
| **มิถุนายน** | 7 | 4.0 | **พฤศจิกายน** | 30 | 16.9 |
| **กรกฎาคม** | 12 | 6.8 | **ธันวาคม** | 8 | 4.5 |
| **สิงหาคม** | 19 | 10.7 | **รวม** | 177 | 100 |

ที่มา : [http://www.tmd.go.th/programs%5Cuploads%5Ccyclones5%COctober1.pdf](http://www.tmd.go.th/programs%5Cuploads%5Ccyclones5%25COctober1.pdf)

ในเดือนเมษายนและพฤษภาคม พายุส่วนใหญ่เคลื่อนมาจากด้านตะวันตก เข้าสู่ประเทศไทยด้านภาคตะวันตก ภาคกลาง และภาคเหนือ โดยมีแหล่งกำเนิดในมหาสมุทรอินเดีย

อ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน ในช่วงเดือนมิถุนายน – ธันวาคม พายุส่วนใหญ่จะเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยทางด้านตะวันออก โดยมีแหล่งกำเนิดในมหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้ ในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายน – สิงหาคม พื้นที่ที่พายุมีโอกาสเคลื่อนผ่านเข้ามามากที่สุด ได้แก่ บริเวณตอนบนของภคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เดือนกันยายน – ตุลาคม พายุมีโอกาสเคลื่อนเข้ามาได้ทุกพื้นที่ ในสองเดือนนี้เป็นระยะที่พายุจะเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยได้มาก (โดยเฉพาะเดือนตุลาคม มีสถิติเคลื่อนเข้ามามากที่สุด) หลายภาคในประเทศไทยมีโอกาสที่พายุจะเคลื่อนที่ผ่าน ช่วงปลายปีตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม โอกาสที่พายุจะเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยตอนบนน้อยลง แต่เคลื่อนเข้าสู่ภาคใต้มากขึ้น (อาจเริ่มเคลื่อนเข้าสู่ภาคใต้ตั้งแต่เดือนกันยายน) แต่เมื่อถึงเดือนธันวาคม พายุมีแนวโน้มเคลื่อนเข้าสู่ภาคใต้เท่านั้น ทั้งนี้จากสถิติที่ผ่านมาไม่มีพายุเคลื่อนเข้าสู่ตอนบนของประเทศไทยในช่วงธันวาคม – กุมภาพันธ์ เนื่องจากในช่วงปลายปีบริเวณความกดอากาศสูงจากประเทศมองโกเลียและจีนนความหนาวเย็นลงมาสู่ละติจูดต่ำกว่า ระบบอากาศในช่วงนี้จึงไม่เอื้อให้พายุที่เกิดเหนือทะเลเคลื่อนตัวขึ้นสู่บริเวณประเทศไทยตอนบน

ภาพ 7.23 เส้นทางการเคลื่อนที่ของพายุที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในเดือนตุลาคม ในคาบ 55 ปี

(พ.ศ.2494-2548)

ภาพ 7.24 เส้นทางการเดินพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในเดือนพฤศจิกายน

จากสถิติที่ผ่านมาในช่วง พ.ศ.2539-2547 พบว่า ระดับพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนที่เข้ามาในประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่เป็นระดับดีเปรสชั่น เฉลี่ยปีละ 2-3 ลูก เนื่องจากที่ตั้งของประเทศไทยมักไม่ค่อยได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อนระดับไต้ฝุ่น (ยกเว้นภาคใต้) เพราะการเคลื่อนที่เข้ามาของพายุหมุนเขตร้อนจะอ่อนกำลังลงเมื่อเคลื่อนที่เข้าสุ่พื้นทวีปและปะทะกับลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขาในเวียดนาม ลาว และเทือกเขาตามแนวชายแดนไทย-กัมพูชา ระบบการหมุนเวียนของลมจึงมีสิ่งกีดขวางทำให้อ่อนกำลังลง

ส่วนพื้นที่ภาคใต้ของประเทศมีลักษณะเป็นคาบสมุทร อาจได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อนในระดับไต้ฝุ่นได้ ในช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม โดยเฉพาะพื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันออก เพราะไม่มีแนวหวงกั้นหรือกำบังลม ถ้าพายุก่อตัวในเขตทะเลจีนใต้หรือในอ่าวไทยอาจจะได้รับอิทธิพลโดยตรง ก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงได้ เช่น ในเดือนตุลาคม พ.ศ.2505 ได้รับอิทธิพลจากพายุโซนร้อนเฮเลียต (แต่จากการสัมภาษณ์ผู้ที่ประสบเหตุระบุว่ามีลมหมุนและคลื่นใหญ่ซัดเข้ามา 2 ครั้ง ครั้งที่ 2 รุนแรงกว่าครั้งแรก โดยต่างกันประมาณเกือบชั่วโมง ทั้งนี้ระหว่างครั้งที่ 1 และ 2 สามารถมองเห็นดวงดาวบนท้องฟ้าได้ ผู้เขียนจึงสันนิษฐานว่าน่าจะถึงระดับพายุไต้ฝุ่น) และในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2532 ได้รับอิทธิพลจากพายุไต้ฝุ่นเกย์ นอกจากนั้นภาคใต้ฝั่งตะวันออกยังได้รับอิทธิพลจากมวลอากาศเย็นภาคพื้นทวีป คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งทำให้เกิดคลื่นสูงและรุนแรงพัดเซาะชายฝั่ง ตั้งแต่แนวชายฝั่งในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ถึงนราธิวาส ความสูงของคลื่นอาจสูง 3-5 เมตร ส่วนภาคใต้ฝั่งตะวันตกนั้นพายุอาจอ่อนกำลังลง เพราะมีเทือกเขานราศรีธรรมราชและเทือกเขาภูเก็ตทอดยาวขวางกั้นไว้

**ตาราง 7.13 จำนวนพายุที่เกิดในซีกโลกเหนือบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกด้านตะวันตกและพัดเข้าสู่ประเทศไทยในระหว่าง พ.ศ.2539-2551**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ปี** | **จำนวน** | **ขนาดพายุ** | | | | **จำนวนพายุที่ไทยได้รับอิทธิพล** | | | |
| **Depression**  **TD** | **Tropical Strom**  **TS** | **Typhoon**  **TY** | **Super Typhoon**  **STY** | **จำนวน** | **ขนาด** | | |
| **TD** | **TS** | **TY** |
| 2539 | 44 | 14 | 9 | 15 | 6 | 6 | 5 | 1 |  |
| 2540 | 33 | 2 | 10 | 10 | 11 | 2 | 1 |  | 1 |
| 2541 | 27 | 10 | 8 | 7 | 2 | 4 | 3 | 1 |  |
| 2542 | 36 | 11 | 13 | 11 | 1 | 2 | 2 |  |  |
| 2543 | 37 | 12 | 11 | 9 | 5 | 2 | 2 |  |  |
| 2544 | 37 | 9 | 8 | 17 | 3 | 1 | 1 |  |  |
| 2545 | 39 | 12 | 10 | 9 | 8 | 0 |  |  |  |
| 2546 | 33 | 11 | 5 | 9 | 7 | 2 | 1 | 1 |  |
| 2547 | 34 | 2 | 11 | 12 | 9 | 2 | 1 | 1 |  |
| 2548 | 26 | 2 | 8 | 9 | 7 | 3 |  | 2 | 1 |
| 2549 | 30 | 6 | 9 | 7 | 8 | 1 |  |  | 1 |
| 2550 | 28 | 3 | 10 | 9 | 6 | 2 |  | 1 | 1 |
| 2551\* | 8 | 1 | 2 | 3 | 2 |  |  |  |  |

\* รวบรวมข้อมูลถึงเดือน 14 กรกฎาคม 2551

**ตาราง 7.14 จำนวนพายุที่เกิดในซีกโลกเหนือบริเวณมหาสมุทรอินเดียและพัดเข้าสู่ประเทศไทยในระหว่าง พ.ศ.2543-2551**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ปี** | **จำนวน** | **ขนาดพายุ** | | | | **จำนวนพายุที่ไทยได้รับอิทธิพล** | | | |
| **Depression**  **TD** | **Tropical Strom**  **TS** | **Typhoon**  **TY** | **Super Typhoon**  **STY** | **จำนวน** | **ขนาด** | | |
| **TD** | **TS** | **TY** |
| 2543 | 4 |  | 2 | 2 |  |  |  |  |  |
| 2544 | 5 |  | 4 |  | 1 |  |  |  |  |
| 2545 | 5 |  | 5 |  |  |  |  |  |  |
| 2546 | 4 |  | 2 | 2 |  | 1 |  | 1 |  |
| 2547 | 4 |  | 3 | 1 |  |  |  |  |  |
| 2548 | 7 | 1 | 5 | 1 |  |  |  |  |  |
| 2549 | 5 |  | 4 |  | 1 |  |  |  |  |
| 2550 | 6 |  | 3 | 1 | 2 |  |  |  |  |
| 2551 | 1 |  |  |  | 1 | 1 |  |  | 1 |

\* รวบรวมข้อมูลถึงเดือน 14 กรกฎาคม 2551

ภาพ 7.25 เส้นทางการเคลื่อนที่ของพายุที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในเดือนธันวาคม ในคาบ 55 ปี (พ.ศ.2494-2548)

การศึกษาเส้นทางการเคลื่อนที่ของพายุในรอบปีและระดับพายุตั้งแต่ พ.ศ. 2494-2548 สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ที่[http://weather.unisys.com/hurricane/index.html หรือ](http://weather.unisys.com/hurricane/index.html%20%20หรือ) <http://www.thaiwater.net/> ส่วนในมหาสมุทรแอตแลนติกจากสถิติในรอบ 100 ปี พบว่า พายุหมุนเขตร้อนในมหาสมุทรแอตแลนติกส่วนใหญ่เกิดฝนในช่วงเดือนสิงหาคมถึงกลางเดือนตุลาคม โดยเดือนที่เกิดพายุเขตร้อนมากที่สุดคือเดือนกันยายน

ภาพ 7.26 ความถี่ของการเกิดพายุในรอบ 100 ปี ในมหาสมุทรแอตแลนติก จำแนกตามเดือน

ภาพ 7.27 เส้นทางการเคลื่อนที่ของพายุที่มีแหล่งกำเนิดในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ ใน พ.ศ.2543

ภาพ 7.28 เส้นทางการเคลื่อนที่ของพายุที่มีแหล่งกำเนิดในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ ใน พ.ศ. 2549

7.7.2 พายุหมุนนอกเขตร้อน (Extratropical cyclone)

เป็นพายุหมุนที่เกิดขึ้นในเขตละติจูดกลางและละติจูดสูง (ระหว่างละติจูด 30-60 องศาเหนือหรือองศาใต้) พายุหมุนในเขตนี้เป็นผลเนื่องมาจากการปะทะกันของมวลอากาศเย็นขั้วโลกกับมวลอากาศร้อนจากเขตร้อน บริ้วณที่เกิดแนวปะทะกันจะมีคลื่นของแนวปะทะอากาศร้อนต่อเชื่อมกับคลื่นแนวปะทะอากาศเย็นและมีบริเวณความกดอากาศต่ำเกิดขึ้นตรงบริเวณรอยต่อของคลื่นแนวปะทะอากาศทั้งสอง ถ้ามวลอากาศร้อนที่ลอยอยู่เหนือแนวปะทะอากาศทวีความรุนแรงมากขึ้นก็จะกลายเป็นพายุหมุน ดังนั้นพายุที่เกิดในเขตนี้จึงเรียกว่า “คลื่นพายุหมุน” ซึ่งมีขั้นตอนการเกิดดังนี้

1) ขั้นเริ่มก่อตัว เป็นระยะที่มวลอากาศเย็นเคลื่อนที่ลงมาทางใต้และมวลอากาศร้อนเคลื่อนที่ขึ้นไปทางเหนือ เกิดเป็นแนวปะทะอากาศ (ดังภาพ 7.29 (1))

2) ระยะที่แนวปะทะอากาศคงที่ มีสภาวะอากาศไม่เสถียรภาพ มวลอากาศเย็นยังคงเคลื่อนที่ลงมาทางใต้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะดันมวลอากาศร้อนให้ลอยตัวสูงขึ้น ซึ่งเป็นการก่อตัวของคลื่นไซโคลน (ดังภาพ 7.29 (2)) จะเห็นว่าทิศทางการเคลื่อนในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา (ในซีกโลกเหนือ) เด่นชัดขึ้น

3) เป็นระยะที่มวลอากาศเย็นเคลื่อนที่เร็วกว่าและตามทันการเคลื่อนที่ของแนวปะทะอากาศร้อน ดังนั้นบริเวณที่อากาศร้อนปกคลุมอยู่จะค่อยๆแคบลงและถูกขนาบด้วยมวลอากาศเย็นทั้ง 2 ด้าน สังเกตเห็นว่าลักษณะอากาศไหลเวียนเข้าสู่หย่อมความกดอากาศต่ำที่ยอดคลื่น (ดังภาพ 7.30 (3))

4) จากภาพ 7.30 (3) จะเห็นระยะนี้เป้นระยะที่เกิดแนวปะทะอากาศปิด บริเวณศูนย์กลางแนวปะทะอากาศปิดที่เกิดขึ้นมีความกดอากาศต่ำ ลักษณะแนวปะทะอากาศปิดจะแผ่ออกจากศูนย์กลางเป็นเส้นโค้งม้วนเป็นวง มวลอากาศร้อนจะค่อยๆแคบลงและถูกขนาบด้วยมวลอากาศเย็นทั้ง 2 ด้าน ทำให้เกิดลมหมุนเข้าหาศูนย์กลางกลายเป็นพายุ (ดังภาพ 7.30 (4))

ภาพ 7.29 ขั้นตอน (1-2) การเคลื่อนที่เข้าปะทะของมวลอากาศจนเกิดพายุหมุนนอกเขตร้อน

ภาพ 7.30 ขั้นตอน (3-4) การเคลื่อนที่เข้าปะทะของมวลอากาศจนเกิดพายุหมุนนอกเขตร้อน

5) เมื่อแหล่งความชื้นและพลังงานความร้อนของมวลอากาศร้อนหมดไป พายุหมุนก็จะสลายตัวไป

ขนาดของพายุหมุนนอกเขตร้อนมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 800-1,500 กิโลเมตร ซึ่งมีขนาดโดยเฉลี่ยครอบคลุมพื้นที่มากกว่าพายุหมุนเขตร้อน ตึ่ความเร็วลมน้อยกว่า โดยมีความเร็วลมในการเคลื่อนที่เฉลี่ยประมาณ 30-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไม่มีตาพายุ พายุหมุนนอกเขตร้อนในซีกโลกหเนือจะเคลื่อนไปในทางทิศตะวันออกหรือตะวันออกเฉียงเหนือ และโค้งงอ การเคลื่อนที่ของพายุหมุนนอกเขตร้อนนี้สามารถเคลื่อนที่ต่อกันเป็นลูกโซ่ระหว่างมหาสมุทรได้ เช่น เคลื่อนที่จากมหาสมุทรแอตแลนติกตอนเหนือไปยังมหาสมุทรแปซิฟิกตอนเหนือได้ ส่วนในซีกโลกใต้ จะเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกแต่เป็นเส้นตรงมากกว่า เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นพื้นมหาสมุทร

ภาพ 7.31 ภาพถ่ายดาวเทียมชนิดอินฟาเรดการก่อตัวของพายุหมุนนอกเขตร้อน

7.7.3 พายุทอร์นาโด (Tornado) คำว่า torna เป็นภาษาสเปน หมายถึง หมุนกลับ เป้นพายุหมุนที่มีขนาดเล็กที่สุด แต่มีความรุนแรงและอันตรายมากที่สุดในบรรดาพายุหมุนทั้งหลายที่มีในโลกนี้ พายุทอร์นาโดเป็นพายุที่ศูนย์กลางมีความกดอากาศต่ำมาก ทำให้มีลมพัดเข้าสู่ศูนย์กลางในทิศทวนเข็มนาฬิกาเร็วและแรง (ในซีกโลกเหนือ) โดยลมพัดรอบศูนย์กลางอาจมีความเร็วตั้งแต่ 50 ไมล์ต่อชั่วโมง หรืออาจมากถึง 500 กม./ชม. มีลักษณะเด่นชัดคือ เป้นพายุที่ก่อตัวจากก้อนเมฆคิวมูโลนิมบัสและคิวมูลัส มีลักษณะคล้ายงวงช้างยืนต่ำจากฐานเมฆลงมาบนพื้นดินในลักษณะเป็นกรวยเกลียว (Funnel cloud) มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 50-500 เมตร (พ.ศ.2536 เคยตรวจวัดได้ว่ามีความกว้างถึง 2 ไมล์) แม้ว่าพายุชนิดนี้จะมีอายุไม่นาน เฉลี่ย 1-2 ชั่วโมง แต่มีอำนาจการทำลายสูงมาก สามารถกวาดยกบ้านเรือน รถยนต์ให้ลอยขึ้นไปบนฟ้าได้ พายุนี้แม้ว่าสามารถเกิดขึ้นได้ในส่วนต่างๆของโลก แต่ส่วนใหญ่พบในอเมริกามีอาณาเขตจากมลรัฐเท็กซัสไปจนถึงมลรัฐเนบราสกา และอ่าวเม็กซิโก โดยเฉลี่ยเกิดขึ้นในรอบ 1 ปี จะเกิดพายุทอร์นาโดราว 700-1,000 ร้อยละ 20 ของพายุหรือราว 200 ลูก มีขนาดเกิน F2 ตามมาตราฟูจิตา และร้อยละ 2 หรือประมาณ 20 ที่มีขนาดเกิน F4 โดยในรอบปีมีทอร์นาโดที่มีขนาด F5 เกิดขึ้นเพียงปีละ 1 ลูกเท่านั้น มีช่วงการเกิดในราวเดือนพฤษภาคมถึงพฤศจิกายน หรือในฤดูร้อนและฤดูใบไม้ผลิ เพราะช่วงนี้มวลอากาศเย็นขั้วโลกภาคพื้นสมุทร (mP) และมวลอากาศร้อนเขตร้อนภาคพื้นสมุทร (mT) มักเคลื่อนที่มาพบกัน และมักเกิดในช่วงบ่ายถึงค่ำประมาณ 15.00-18.00 น. เมื่อมีพายุทอร์นาโดมักมีฝนตกหนักและพายุคะนองด้วย

ความเสียหายที่เกิดขึ้นที่สำคัญ คือ มีพายุทอร์นาโดพัดถล่มพื้นที่ถึง 3 รัฐ ได้แก่ มลรัฐมิสซูรี่ อินลินอยส์ และอินเดียน่า (เกือบพัดเข้าถล่มถึงเมือง Dalus ในมลรัฐเท็กซัส) เมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2468 มีความเร็วลมมากกว่า 300 ไมล์ต่อชั่วโมง ครั้งนี้มีผู้เสียชีวิตสูงสุดถึง 689 คน มูลค่าความเสียหายประมาณ 1,500 ล้านเหรียญสหรัฐ มลรัฐที่มีทอร์นาโดพัดถล่มมากที่สุดคือ พื้นที่ในมลรัฐมิสซูรี่และโอกาโฮมา ในรอบ 50 ปี มีทอร์นาโดเกิดขึ้นถึง 6,000 ลูก โดยเมืองโอกาโฮนามีพายุทอร์นาโดระดับ F5 พัดถล่ม มีมูลค่าความเสียหายกว่า 1,000 ล้านเหรียญสหรัฐ อย่างไรก็ตามพายุทอร์นาโดที่สร้างความเสียหายส้วนใหญ่อยู่ในระดับเพียง F2 เท่านั้น

มาตราวัดระดับทอร์นาโดนิยมวัดจากความรุนแรงของทอร์นาโด (ไม่ได้วัดจากความเร็วลม) มาตราที่นิยมใช้ คือ มาตราแบบฟูจิตา เสนอโดย Theodore Fujita วัดขนาดความรุนแรงจากสภาพความเสียหายที่เกิดจากพายุทอร์นาโด ใช้อักษรน่อตัว F โดยมีระดับความเสียหาย 13 ระดับ (F0-F12) โดยแต่ละระดับนั้นมีความสัมพันธ์กับความเร็วลม ดังนี้

**ตาราง 7.15 ระดับความรุนแรงของทอร์นาโดตามมาตราฟูจิตา**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ระดับ** | **ความเร็วลมใกล้ศูนย์กลาง (mph)** | **ความเสียหาย** | **ขนาด** |
| F0 | 40-72 | เสียหายเล็กน้อย (Light damage) เช่น กิ่งไม้หัก ต้นไม้รากตื้นโค่นล้ม | อ่อน |
| F1 | 73-112 | หลังคาบ้านเริ่มหลุด รถถูกพัดออกข้างทาง (Moderate damage) |
| F2 | 113-157 | ต้นไม้ถอนราก สิ่งของปลิวว่อน ทำให้บ้านเคลื่อนที่ (Significant damage) | แรง |
| F3 | 158-206 | หลังคาบ้านแข็งแรงหลุด รถพลิกคว่ำ/หอบขึ้นจากพื้น ถอนต้นไม้ต้นใหญ่ได้ (Severe damage |
| F4 | 207-260 | บ้านที่ปลูกอย่างดีหลุดจากพื้น สิ่งของหนักปลิวว่อน หัวรถจักรปลิวได้ (Devastating damage) | รุนแรง |
| F5 | 261-318 | บ้านที่หลุดออกมากระจายเป็นชิ้นๆ หอบบ้านลอยไกลกว่า 100 เมตร (Incredible damage) |
| F6-F12 | มากกว่า 318 | ที่ผ่านมายังไม่มีบันทึกว่ามีขนาดทอร์นาดที่มีความเร็วลมเกิน 318 mph (มีกำลังมหาศาลมากอาจเทียบเท่าระเบิดปรมาณู) | หายนะ |

ภาพ 7.32 ภาพถ่ายความเสียหายของอาคารและสิ่งของต่างๆตามมาตราฟูจิตา

ภาพ 7.33 ภาพถ่ายความเสียหายของอาคารและสิ่งของต่างๆตามมาตราฟูจิตา

ภาพ 7.34 ภาพถ่ายความเสียหายของอาคารและสิ่งของต่างๆตามมาตราฟูจิตา

ต่อมานักอุตุนิยมวิทยาและวิศวกรเกี่ยวกับลมได้ปรับปรุงมาตราวัดทอร์นาโดตามเกณฑ์ของฟูจิตาใหม่เพื่อใช้งานในสหรัฐอเมริกา เรียกว่า มาตรา EF (EF scale) โดยเริ่มใช้มาตราวัดระดับความรุนแรงของทอร์นาโดตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2550 โดยการสังเกตระดับความรุนแรงของทอร์นาโดนั้น ใช้การสังเกตระดับความเร็วผิวพื้นที่เกิดขึ้นอย่างกะทันหันในช่วงเวลา 3 วินาที (ซึ่งไม่ใช่ความเร็วพื้นผิวตามปกติ) ข้อมูลความเร็วลมที่สถานีตรวจอากาศตรวจวัดได้ ถ้าความเร็วเกิน 1 นาทีต่อไมล์ ถือว่าเป็นความเร็วมาตรฐานที่อาจเกิดพายุทอร์นาโด ดังตาราง 7.16

**ตาราง 7.16 เปรียบเทียบระดับความเร็วลมตามมาตราฟูจิตากับมาตรา EF**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **FUJITA SCALE** | | | **OPERATIONAL EF SCALE** | |
| **ระดับ F** | **ความเร็วลมใกล้ศูนย์กลาง**  **(ไมล์/ชม.)** | **ลมกะทันหัน 3 วินาที**  **(ไมล์/ชม.)** | **ระดับ EF** | **ลมกะทันหัน 3 วินาที**  **(ไมล์/ชม.)** |
| 0 | 40-72 | 45-78 | 0 | 65-85 |
| 1 | 73-112 | 79-117 | 1 | 86-110 |
| 2 | 113-157 | 118-161 | 2 | 111-135 |
| 3 | 158-207 | 162-209 | 3 | 136-165 |
| 4 | 208-260 | 210-261 | 4 | 166-200 |
| 5 | 261-318 | 262-317 | 5 | Over 200 |

พวยน้ำหรือนาคเล่นน้ำ (Water spout) คือ พายุทอร์นาโดที่เกิดขึ้นเหนือพื้นน้ำ แต่มีขนาดเล็กและกำลังแรงน้อยกว่ามาก พวยน้ำสูงประมาณ 3 เมตร จากพื้นผิวน้ำทะเล นอกจากนั้นยังมีลมหมุนขนาดเล็กที่เกิดขึ้นในขณะที่พื้นดินร้อนจัด โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นที่โล่ง ที่เรียกว่า “ลมบ้าหมู” (Dust devil) ในประเทศไทยมักพบในช่วงบ่ายของเดือนมีนาคมและเมษายน

ภาพ 7.35 พายุทอร์นาโด

ภาพ 7.36 อัตราเฉลี่ยพื้นที่ที่เกิดพายุทอร์นาโด และแนวแคบของการเคลื่อนที่ของพายุทอร์นาโดในสหรัฐอเมริกา

**ตาราง 7.17 อัตราผู้เสียชีวิตสูงสุด 10 อันดับของสหรัฐอเมริกา**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **DATE** | **LOCATION (S)** | **DEATHS** |
| March 18, 1925 | Missouri, Illinois, Indiana | 689 |
| May 6, 1840 | Natchez, Mississippi | 317 |
| May 27, 1896 | St.Louis, Missouri | 255 |
| April 5, 1936 | Tupelo, Mississippi | 216 |
| April 6, 1936 | Gainesville, Georgia | 203 |
| April 9, 1947 | Woodward, Oklahoma | 181 |
| April 24, 1908 | Amite, Louisiana and Purvis, Mississippi | 143 |
| June 12, 1899 | New Richmond, Wisconsin | 117 |
| June 8, 1953 | Flint, Michigan | 115 |
| May 11, 1953 | Waco, Texax | 114 |

พายุทอร์นาโดเกิดขึ้นได้ในหลายพื้นที่ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ยุโรป ภาคตะวันออกของจีน ญี่ปุ่น แอฟริกา อาร์เจนตินา เป็นต้น แต่เกิดมากในพื้นที่มลรัฐทางด้านใต้ ที่ราบใหญ่ตอนกลางและตะวันออกของสหรัฐอเมริกา และจากผลการศึกษาขององค์การ NASA พบวาส ในภูมิภาคต่างๆอาจมีจำนวนพายุทอร์นาโดเพิ่มมากขึ้น และมีพื้นที่เกิดพายุทอร์นาโดเพิ่มขึ้นด้วย

ภาพ 7.37 ความเป็นไปได้ที่จะเกิดพายุทอร์นาโดในภูมิภาคต่างๆของโลก (แสดงด้วยพื้นที่สีเข้ม)

7.7.4 พายุฟ้าคะนอง (Thunderstrom) เป็นพายุที่เกิดจากเมฆฝนฟ้าคะนอง สามารถเกิดได้ในทุกบริเวณที่มีอากาศร้อนและมีความชื้นมากพอสมควร จึงเป็นลักษณะสำคัญของอากาศเขตร้อน โดยมากมักจะมีทั้งลมแรง ฟ้าแลบ ฟ้าร้อง และฝนหนักเกิดขึ้นพร้อมกัน ความแรงของลมสามารถทำลายบ้านเรือน สิ่งปลูกสร้างและต้นไม้เสียหายได้

พายุฟ้าคะนอง บางครั้งเรียกว่า พายุไฟฟ้า (Electric Strom) โดยทั่วไปเป็นพายุที่เกิดเฉพาะท้องถิ่น เกิดจากเมฆคิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus หรือ Cb) มีฟ้าแลบ (Lightning) กับฟ้าร้อง (Thunder) รวมอยู่ด้วย นอกจากนี้มักจะมีลมกระโชกแรงและฝนตกหนักเกิดขึ้น บางครั้งยังมีลูกเห็บตกลงมาด้วย พายุฝนฟ้าคะนองนี้เป็นพายุที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาอันสั้น มีน้อยครั้งที่เกิดขึ้นนานกว่า 2 ชั่วโมง

พายุฝนฟ้าคะนองเป็นผลเนื่องมาจาก ในเขตร้อนอากาศจะมีความชื้นมากและมีอุณหภูมิสูง ทำให้อากาศมเสถียรภาพ (Unstability) หรือบรรยากาศมีอาการไม่ทรงตัว เกิดการผสมคลุกเคล้าจากล่างขึ้นข้างบนและจากข้างบนลงข้างล่าง ในชั้นแรกอากาศหรือบรรยากาศเกิดการไหลขึ้นอย่างรุนแรง (Strong convective updraft) และในชั้นต่อมาซึ่งเป็นการสลายตัว (Dissipating stage) จะมีกระแสอากาศไหลลงอย่างรุนแรง (Strong downdraft) ภายในคอลัมน์ (ช่วง) ของฝน พายุคะนองนี้บ่อยครั้งที่ก่อตัวได้สูงถึง 40,000-50,000 ฟุต ในบริเวณละติจูดกลางและสูงมากกว่านี้ในเขตร้อน บรรยากาศตอนล่างของชั้นสเตรโตสเฟียร์ที่มีเสถียรภาพมาก (Great Stability) เท่านั้น ที่สามารถยับยั้งการก่อตัวของพายุฝนฟ้าคะนองได้

ภาพ 7.38 เมฆคิวมูโลนิมบัสขณะเกิดพายุฟ้าคะนอง

7.7.5 พายุฤดูร้อน พายุฤดูร้อนมีลักษณะคล้ายกับพายุฟ้าคะนอง (ใช้เรียกลมจรในช่วงฤดูร้อน (เมษายน-พฤษภาคม) โดยก่อตัวจากเมฆคิวมูโลนิมบัส ซึ่งเป้นเมฆพายุฟ้าคะนอง การเกิดพายุฤดูร้อนในบรรยากาศ เงื่อนไขที่ก่อให้เกิดคือ อากาศได้รับความร้อนและมีความชื้นมาก (อากาศไม่เสถียรภาพ) ไม่สามารถทรงตัวอยู่ได้ คือ อากาศมีการลอยตัวขึ้น) แล้วเกิดความผันแปรในชั้นบรรยากาศค่อนข้างรุนแรง โดยก่อนเกิดมักมีอากาศร้อนอบอ้าวอยู่หลายวัน ทัศนวิสัยไม่ค่อยดี บนท้องฟ้ามีเมฆทวีกำลังมากขึ้น ลมเริ่มพัดแรงขึ้นในทิศทางใดทิศทางหนึ่งและมีลักษณะเป็นลมกระโชกเป็นครั้งคราวต่อเนื่องตลอดระยะเวลาที่เกิด

ความรุนแรงของพายุขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิ หรือความแตกต่างของมวลอากาศที่เคลื่อนที่เข้ามาปะทะ ถ้ารุนแรงมากจะมีพายุลมแรง ฟ้าคะนอง ฟ้าผ่า และลูกเห็บตก ทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินได้ เช่น บ้านเรือนที่ไม่แข็งแรงพังทลาย หลังคาหลุดปลิว ต้นไม่โค่นล้ม มีฟ้าผ่าเป็นต้น ระยะเวลาการเกิดมีระยะเวลาไม่แน่นอน โดยมีช่วงการเกิดราว 30 นาที – 3 ชั่วโมง แต่ส่วนใหญ่มักไม่เกิน 1 ชั่วโมง พายุฤดูร้อนมีรูปแบบการเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันกับพายุทอร์นาโด แต่มีขนาดแรงลมและความรุนแรงของการทำลายน้อยกว่า แต่ถ้ามวลอากาศมีความแตกต่างกันมาก สามารถทวีกำลังเป็นทอร์นาโดได้ แต่เท่าที่ผ่านมาในประเทศไทยยังไม่ปรากฏว่ามีพายุฤดูร้อนทวีกำลังเป็นทอร์นาโด

ประเทสไทยมักมีพายุฤดูร้อนในช่วงปลายเดือนมีนาคมถึงต้นเดือนพฤษภาคม โดยส่วนใหย่แล้วเกิดขึ้นในพื้นที่ตอนบน ได้แก่ ภาคเหนือ กลาง และตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งบริเวณดังกล่าวมักจะมีหย่อมความกดอากาศต่ำ เนื่องจากความร้อนปกคลุมทำให้มีอุณหภูมิสูงและได้รับความชื้นจากลมตะวันออกเฉียงใต้ หรือลมใต้ซึ่งพัดเอาความชื้นจากอ่าวไทยเข้ามา ขณะเดียวกันถ้ามีบริเวณความกดอากาศสูงจากประเทศจีนซึ่งเป็นมวลอากาศเย็น หรือบางครั้งมีคลื่นกระแสลมตะวันตกจากประเทศพม่าเคลื่อนมาเสริม จะก่อให้เกิดการปะทะกันของมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนและมวลอากาศร้อนชื้นที่ปกคลุมประเทศไทย ซึ่งจะทำให้เกิดการยกตัวของอากาศขึ้นอย่างรุนแรงและรวมเร็ว จึงก่อให้เกิดพายุฤดูร้อน พายุฟ้าคะนองและลมกระโชกแรง หรืออาจมีลูกเห้บตกมาด้วย ส่วนภาคตะวันออกและภาคใต้มีโอกาสเกิดได้แต่น้อย โดยเฉพาะในภาคใต้แทบไม่มีพายุฤดูร้อนเกิดขึ้นเลยหรือเกิดความเสียหายน้อยมาก เพราะมวลอากาศมีความแตกต่างกันน้อย ฝนที่ตกเป็นเพียงการยกตัวของอากาศตามแนวดิ่ง

**บทที่ 8**

**ความชื้นในอากาศ (Humidity)**

**8.1 ความหมาย**

ความชื้น หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือปริมาณไอน้ำที่แทรกอยู่ในช่องว่าง ไอน้ำมาจากแหล่งต่างๆบนพื้นผิวโลก ได้แก่ การคายน้ำของพืช การระเหยจากพื้นดิน แหล่งน้ำบนผิวโลกและไอน้ำจากมหาสมุทร เป็นต้น เมื่อน้ำได้รับความร้อนก็จะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอลอยสู่อากาศเบื้องบน ซึ่งเรียกว่า การระเหย (Evaporation) ความร้อนที่ทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิ เรียกว่า ความร้อนแฝง (Latent Heat) แต่ถ้าน้ำเปลี่ยนสถานะจากไอน้ำกลับมาเป็นของเหลวแล้วปล่อยความร้อนออกมาโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง เรียกว่า ความร้อนแฝงของการกลั่นตัว (Latent Heat Condensation) น้ำแข็งกลายเป็นไอ เรียกว่า การระเหิด (Sublimation)

ภาพ 8.1 การเปลี่ยนสถานะของน้ำ

ในชั้นบรรยากาศมีองค์ประกอบที่เป็นไอน้ำในสัดส่วนประมาณร้อยละ 0-5 โดยปริมาตร (ทั้งนี้อาจเปลี่ยนแปลงไปพื้นที่ช่วงเวลา) นอกจากนั้นระดับอุณหภูมิมีส่วนสำคัญในการเพิ่มไอน้ำเข้าไปในชั้นบรรยากาศและยังเป็นตัวกำหนดปริมาณน้ำในอากาศ อย่างไรก็ตาม ณ ระดับความสูงและอุณหภูมิหนึ่งสามารถ อากาศสามารถรับปริมาณไอน้ำได้ถึงขีดจำกัดจุดหนึ่งเท่านั้น ถ้าเกินขีดจำกัด ณ อุณหภูมินั้นแล้วอากาศสามารถที่จะรับน้ำได้อีก เรียกว่า ไอน้ำอิ่มตัว (Saturate)

**8.2 ความกดไอน้ำ**

โดยปกติปริมารไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศจะระเหยมาจากน้ำ ซึ่งมีสถานะเป็นของเหลว และมีปริมาณและความหนาแน่นน้อยกว่าปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศอิ่มตัว อากาศแต่ละก้อนจะมีแรงดันของก๊าซ ซึ่งเป็นอิสระจากแรงดันของอากาศก้อนอื่นๆ และมีแรงดันออกทุกทิศทุกทาง แรงดันนี้เกิดจากการพุ่งชนกันของโมเลกุล แรงดันที่เกิดจากไอน้ำในอากาศนี้เรียกว่า แรงดันไอน้ำ หรือความกดไอน้ำ (Water vapor or Vapor pressure) คือส่วนของความกดที่กเดจากไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ หรือความกดย่อย (Partial pressure) ของไอน้ำที่มีอยู่ในบรรยากาศ ในขณะที่น้ำระเหยสู่อากาศแห้ง จะมีความกดเช่นเดียวกับก๊าซอื่นๆ กล่าวคือ ความกดไอน้ำเป็นส่วนหนึ่งของความกดอากาศ แต่มีค่าน้อยกว่าความกดอากาศที่เกิดจากก๊าซแต่ละชนิดที่เป็นส่วนผสมของอากาศ ความกดไอน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณมวลโมเลกุลของน้ำต่อปริมาตร 1 หน่วย ถ้าอากาศเย็นจะมีอุณหภูมิต่ำ ความกดไอน้ำลดลง ถ้าเป็นเขตอากาศร้อนอุณหภูมิสูง ความกดอากาศเพิ่มขึ้น ทำให้มีความชื้นมากเพราะมีปริมาณไอน้ำสูงขึ้น (กรณีนี้อุณหภูมิแปรผันตรงกับความดัน)

ณ อุณหภูมิหนึ่งเมื่ออากาศมีจำนวนไอน้ำสูงสุดตามขีดจำกัดที่อากาศจะรับไว้ได้แล้ว ณ จุดนั้นอากาศจะมีความกดสูงที่สุด เรียกว่า “ความกดไออิ่มตัว” (Saturate vapor pressure) ซึ่งเป็นจุดที่อากาศไม่สามารถรับน้ำไว้ได้อีก ถ้าอากาศยังไม่อิ่มตัวไอน้ำจะเป็นเพียงก๊าซอิสระที่เป็นส่วนประกอบของอากาศและอากาศสามารถรับไอน้ำเข้าไปได้อีก

ค่าความกดไออิ่มตัวมีประโยชน์ในการพิจารณาจุดเดือดของน้ำ ณ ระดับความสูงต่างๆ ระดับความสูงที่เพิ่มมากขึ้นจุดเดือดจะน้อยลง ค่าความกดไอก็จะลดลง เช่น ที่ระดับน้ำทะเลปานกลางน้ำจะเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แต่ที่ยอดเขาสูงจุดเดือดของน้ำอาจสูงเพียง 70 องศาเซลเซียส

ความกดไออิ่มสามารถคำนวณหาได้จากตารางโซโครเมตริก (Psychrometric table) ซึ่งได้จากการใช้ไซโครมิเตอร์ (Psychrometer) โดยพิจารณาจากค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก (Wet tube) และกระเปาะแห้ง (Dry tube) (ดูรายละเอียดในตาราง 8.1) หรือคำนวณตามสมการของ Goff-Gratch ซึ่งพิจารณาตามอุณหภูมิของอากาศ ดังสมการ 8.1

es ≈  – 0.000019 (1.8T + 48) + 0.001316...........สมการ 8.1

กำหนดให้ es = ความกดไออิ่มตัว (mb)

T = อุณหภูมิของอากาศ (°C) (เป็นอุณหภูมิในช่วง -50°C ถึง 55°C หรืออยู่ในช่วง -58°F ถึง 151 °F)

หรืออาจคำนวณค่าความกดไอน้ำของอากาศ (ระบบเมตริก) ดังสมการ 8.2

e = es-0.00066 P (T-Tw)(1+0.00115 Tw) ............สมการ 8.2

กำหนดให้ e = ความกดไอน้ำของอากาศ (mb)

es = ความกดไอน้ำอิ่มตัว

T = อุณหภูมิของอากาศที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง (°C)

Tw = อุณหภูมิของอากาศที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก (°C)

**ตาราง 8.1 หาค่าความกดไอน้ำอิ่มตัวและอุณหภูมิจุดน้ำค้าง**

(Barometric pressure, 30 inches)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Air Temp’’ (0F) | Sturation  Vapor  Pressure | Depression of wet-bulb thermometer | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 25 | 30 |
| 0  5  10  15  20  25  30  35  40  45  50  55  60  65  70  75  80  85  90  95  100 | 0.038  0.049  0.063  0.081  0.103  0.130  0.164  0.203  0.247  0.298  0.360  0.432  0.517  0.616  0.732  0.866  1.022  1.201  1.408  1.645  1.916 | -7  -1  5  11  16  22  27  33  38  43  48  53  58  63  69  74  79  84  89  94  99 | -20  -9  -2  6  12  19  25  30  35  41  46  51  57  62  67  72  77  82  87  93  98 | -24  -10  0  8  15  21  28  33  38  44  50  55  60  65  71  76  81  86  91  96 | -27  -9  2  10  18  25  30  36  42  48  53  59  64  69  74  80  85  90  95 | -21  -3  8  17  25  31  37  43  49  55  61  66  72  77  82  87  93 | -15  -7  7  18  25  32  38  45  51  57  63  68  74  79  85  90 | -11  7  18  26  33  40  47  53  59  65  71  76  82  87 | -14  7  18  27  35  42  49  55  62  68  73  79  85 | -14  8  20  29  37  44  51  58  64  70  76  82 | -13  9  21  31  39  47  54  61  67  73  79 | -12  11  24  33  42  50  57  63  70  76 | -8  14  26  36  44  52  59  66  72 | -11  15  28  39  48  56  63 | -7  19  32  43  52 |

ที่มา : (Aguado Edward and Burt James E, 2001 : 102)

**8.3 การวัดความชื้น**

การวัดหาค่าความชื้นในอากาศ (Humidity Measurement) มีวิธีต่างๆดังนี้

8.3.1 ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute humidity) หมายถึง การวัดหาค่าน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริงในปริมาตรของอากาศจำนวนหนึ่ง คำนวณได้จากน้ำหนักของมวลไอน้ำต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรอากาศ หรืออัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำในอากาศกับปริมาตรของอากาศนั้น ณ อุณหภูมิเดียวกัน มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร () เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ความชื้นสัมบูรณ์ (Ha) = ……………สมการ 8.3

จากสมการ 8.3 มีข้อน่าสังเกตว่า

ถ้าปริมาตรเพิ่มขึ้น ค่าความชื้นสัมบูรณ์จะมีค่าลดลง

ถ้าปริมาตรลดลง ค่าความชื้นสัมบูรณ์จะมีค่าเพิ่มขึ้น

**ตัวอย่าง 8.1** อากาศแห่งหนึ่ง ณ อุณหภูมิ 20°C มีปริมาตร 8 ลูกยาศก์เมตร มีไอน้ำอยู่ 32 กรัม มีค่าความชื้นสัมบูรณ์เท่าใด

**วิธีทำ** จากโจทย์กำหนดให้ มวลของไอน้ำ = 32 กรัม, ปริมาตรอากาศ = 8 ลูกบาศก์เมตร

แทนค่าลงในสมการ 8.3

ความชื้นสัมบูรณ์ =

= 4 กรัม/ลูกบาศก์

**ตาราง 8.2 เปรียบเทียบค่าความชื้นสัมบูรณ์ตามปริมาตร (ดวงพร นพคุณ. 2536 : 110)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **อากาศ** | **ไอน้ำที่มีอยู่** | **ความชื้นสัมบูรณ์** |
| 2 ลูกบาศก์เมตร | 10 กรัม | 5 กรัม/ลูกบาศก์เมตร |
| 1 ลูกบาศก์เมตร | 10 กรัม | 10 กรัม/ลูกบาศก์เมตร |

จากตาราง 8.2 พบว่าถ้าอากาศขยายตัวหรือหดตัว ค่าความชื้นสัมบูรณ์จะมีการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศที่อยู่บริเวณรอบก้อนอากาศก็จะเปลี่ยนแปลง แม้ว่าจำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในก้อนอากาศมีปริมาณคงที่ก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากอากาศมีการเคลื่อนที่จากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่งเสมอ ทำให้ความกดและอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงซึ่งมีผลต่อปริมาตรของอากาศ โดยที่ปริมาณไอน้ำในอากาศไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะระบุว่าไอน้ำในอากาศมีความชื้นสะสมอยู่เท่าใดต่อปริมาตรของอากาศ **เพราะฉะนั้นในงานอุตุนิยมวิทยาจึงไม่นิยมนำค่าสัมบูรณ์มาใช้วัดหาค่าความชื้นในอากาศ**

**ตาราง 8.3 ปริมาณไอน้ำที่มีได้เต็มที่เป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ณ อุณหภูมิต่างๆ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **อุณหภูมิ** | **ความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัว** | **อุณหภูมิ** | **ความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัว** |
| -40°C  -35°C  30°C  -25°C  -20°C  -15°C  -10°C  -5°C | 0.120  0.205  0.342  0.559  0.894  1.403  2.150  3.261 | 0°C  5°C  10°C  15°C  20°C  25°C  30°C  30°C  35°C  40°C | 4.847  6.797  9.401  12.832  17.300  23.049  30.371  39.599  51.117 |

8.3.2 ค่าความชื้นจำเพาะ (Specific humidity) หมายถึง น้ำหนักหรือความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ เป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของไอน้ำต่อน้ำหนักของอากาศชื้น (น้ำหนักของๆอน้ำรวมกับน้ำหนักของอากาศ) หรือกล่าวอีกนัย คือ มวลของไอน้ำที่มีอยู่ต่อมวลทั้งหมดของอากาศชื้น (ไอน้ำ + อากาศแห้ง) หรือความหนาแน่นของไอน้ำในอากาศต่อความหนาแน่นของอากาศ เขียนเป็นสมการได้ว่า

ความชื้นจำเพาะ =  *..................สมการ 8.4*

หน่วยที่ใช้วัดเป็น gm / 1 kg หรือ g / 1 kg ของอากาศชื้น หรือ

ความชื้นจำเพาะ = ........................สมการ 8.5

หน่วยที่ใช้วัดเป็น กรัมของไอน้ำ / 1 kg ของอากาศชื้น หรือความชื้นจำเพาะอาจหาได้จากสมการ

ความชื้นจำเพาะ = ........................สมการ 8.6

**ตัวอย่าง 8.2 การคำนวณหาค่าความชื้นจำเพาะ**

อากาศ 1 กิโลกรัม มีไอน้ำอยู่ 12 กรัม จะมีค่าความชื้นจำเพาะเท่าใด

แทนค่า ความชื้นจำเพาะ = 12/1

= 12

ดังนั้น ค่าความชื้นจำเพาะ เท่ากับ 12 กรัม/กิโลกรัม

เนื่องจากความชื้นจำเพาะมีค่าคงเดิม ในขณะที่มวลอากาศที่มีไอน้ำอยู่ลอยตัวขึ้นหรือจมตัวลง จะมีผลทำให้ปริมาตรขยายตัวหรือหดตัวลงตามไปด้วย แต่ค่าความชื้นไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นกล่าวได้ว่า ค่าความชื้นจำเพาะมีคุณสมบัติคงที่ ดังตาราง 8.4 แสดงว่าความชื้นจำเพาะเมื่ออากาศขยายตัวหรือหดตัว

**ตาราง 8.4 เปรียบเทียบค่าความชื้นสัมบูรณ์ตามปริมาตรอากาศ (ดวงพร นพคุณ. 2536 : 110)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **น้ำหนักของอากาศ** | **น้ำหนักของไอน้ำ** | **ความชื้นจำเพาะ** |
| 1 kg | 1 g | 1 g / kg |
| 1 kg | 1 g | 1 g / kg |

8.3.3 อัตราส่วนผสม หรือ Mixing ratio หมายถึง อัตราส่วนของน้ำหนักไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศขณะนั้น เทียบกับน้ำหนักของอากาศแห้งต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก อัตราส่วนนี้มักคิดเป็นกรัมของไอน้ำ (กิโลกรัมของอากาศแห้ง) ในทางปฏิบัติค่า Mixing ratio จะมีค่าเท่ากับค่าความชื้นจำเพาะ และมีข้อควรจำคือ ความชื้นจำเพาะและค่าอัตราส่วนผสม จะมีค่าคงที่เมื่อความสูงเปลี่ยนแปลง เช่น Mixing ratio 20 กรัม/กิโลกรัม หมายความว่า ในอากาศแห้งแต่ละกิโลกรัมจะมีไอน้ำอยู่ 20 กรัม ซึ่งเมื่อรวมน้ำหนักของไอน้ำในอากาศจะเท่ากับ 1,000 + 20 = 1,020 กิโลกรัม

8.3.4 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริง ณ อุณหภูมิและความกดอากาศนั้นต่อน้ำหนักของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิและความกดนั้น เขียนเป็นสมการได้ว่า

ความชื้นสัมพัทธ์ = x 100 ....................สมการ 8.7

การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

1) ปริมาณไอน้ำในอากาศ ถ้าค่าความกดอากาศคงที่ แต่มีปริมาณไอน้ำเพิ่มขึ้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะมีเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

2) อุณหภูมิ เมื่อปริมาณไอน้ำและความกดอากาศคงที่ แต่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ความชื้นสัมพัทธ์จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังนี้

2.1) ถ้าอุณหภูมิลดต่ำลง ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะมากขึ้น เนื่องจากเมื่ออากาศเย็นตัวลง ปริมาตรของอากาศจะหดตัว จำนวนไอน้ำที่มีอยู่จึงมีจำนวนต่อพื้นที่มากขึ้น ในขณะที่อากาศก็จะรับไอน้ำได้น้อยลง

2.2) ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรของอากาศจะขยายตัวมากขึ้น ทำให้อากาศสามารถรับไอน้ำได้มากขึ้น ดังภาพประกอบ

อย่างไรก็ตาม ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงสุด คือ 100% เท่านั้น กล่าวคือ จุดอิ่มตัวของไอน้ำในอากาศจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 100% เมื่ออากาศอิ่มตัวด้วยปริมาณไอน้ำ คือ เป็นช่วงที่อากาศชุ่มชื้นมากที่สุด แต่ถ้าอุณหภูมิยังลดลงอีก ค่าความชื้นสัมพัทธ์ก็ยังคงเท่ากับ 100% เหมือนเดิม แต่ไอน้ำที่มีอยู่มากเกินไปในอากาศจะกลั่นตัวออกไปเป็นหยาดน้ำฟ้าในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ฝน น้ำค้าง หมอก และถ้าอุณหภูมิลดลงจนถึงจุดเยือกแข็ง การกลั่นตัวก็จะปรากฏในรูปของแข็ง ได้แก่ หิมะ น้ำค้างแข็ง ถ้าค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 39% แสดงว่าอากาศมีความสามารถรับน้ำไว้ได้เพียง 3.9 ส่วนใน 10 ส่วน ณ อุณหภูมิและความกดอากาศนั้นๆ

ภาพ 8.2 ความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิในรอบวัน โดยความชื้นสัมพัทธ์จะแปรผกผันกับอุณหภูมิ

**ตัวอย่าง 8.3** การคำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ (สมพงษ์ มะนะสุทธ์, 2535 : 55)

ถ้าอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร ที่ 21°C มีไอน้ำอยู่จริง 6 กรัม จากการวัดค่าอิ่มตัวของอากาศที่อุณหภูมิ 21°C พบว่า อากาศจะอิ่มตัวเมื่อไอน้ำมีน้ำหนัก 18.2 gm จงหาค่าความชื้นสัมพัทธ์

**วิธีทำ** แทนค่า ความชื้นสัมพัทธ์ = 6 / 18.2

= 0.3296

= 0.33 x 100

= 33

ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้มีค่า 33%

การหาค่าความชื้นสัมพัทธ์แต่ละสถานีตรวจอากาศจะมีตารางสำเร็จ ซึ่งคำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ไว้แล้ว ซึ่งนอกจากสมการต่างๆดังกล่าวข้างต้นแล้ว เรายังสามารถคำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า “ไซโครเมตรตุ้มแห้งตุ้มเปียก” ดังสมการต่อไปนี้

R.H. = x 100 ………………..สมการ 8.8

เมื่อกำหนดให้

R.H. = ค่าความชื้นสัมพัทธ์

P1 = ความกดไอน้ำอิ่มตัว ณ อุณหภูมิตุ้มเปียก

P2 = ความกดไอน้ำอิ่มตัว ณ อุณหภูมิตุ้มแห้ง

T = อุณหภูมิตุ้มแห้ง

T1 = อุณหภูมิตุ้มเปียก

**ตาราง 8.5 ค่าความกดไอน้ำอิ่มตัวเป็นมิลลิเมตรปรอท (สุวพันธ์ นิลายน, 2543)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **อุณหภูมิ** | **0** | **0.1** | **0.2** | **0.3** | **0.4** | **0.5** | **0.6** | **0.7** | **0.8** | **0.9** |
| **0** | 4.58 | 4.61 | 4.65 | 4.68 | 4.72 | 4.75 | 4.79 | 7.82 | 4.86 | 4.89 |
| **1** | 4.93 | 4.96 | 5.00 | 5.03 | 5.07 | 5.11 | 5.14 | 5.18 | 5.22 | 5.26 |
| **2** | 5.29 | 5.33 | 5.37 | 5.41 | 5.45 | 5.49 | 5.52 | 5.56 | 5.60 | 5.64 |
| **3** | 5.68 | 5.73 | 5.77 | 5.81 | 5.85 | 5.89 | 5.93 | 5.97 | 6.02 | 6.06 |
| **4** | 6.10 | 6.14 | 6.19 | 6.25 | 6.27 | 6..32 | 6.36 | 6.41 | 6.45 | 6.50 |
| **5** | 6.50 | 6.54 | 6.64 | 6.68 | 6.73 | 6.78 | 6.82 | 6.87 | 6.92 | 6.97 |
| **6** | 7.01 | 7.06 | 7.11 | 7.16 | 7.21 | 7.26 | 7.31 | 7.36 | 7.41 | 7.46 |
| **7** | 7.51 | 7.57 | 7.62 | 7.67 | 7.72 | 7.78 | 7.83 | 7.83 | 7.94 | 7.99 |
| **8** | 8.05 | 8.10 | 8.16 | 8.21 | 8.27 | 8.32 | 8.38 | 8.44 | 8.49 | 8.55 |
| **9** | 8.61 | 8.67 | 8.73 | 8.79 | 8.85 | 8.94 | 8.97 | 8.03 | 9.09 | 9.15 |
| **10** | 9.21 | 9.27 | 9.33 | 9.40 | 9.46 | 9.52 | 9.59 | 9.65 | 9.71 | 9.78 |
| **11** | 9.84 | 9.91 | 9.98 | 10.04 | 10.11 | 10.18 | 10.24 | 10.31 | 10.38 | 10.45 |
| **12** | 10.52 | 10.59 | 10.66 | 10.73 | 10.80 | 10.87 | 10.94 | 11.01 | 11.09 | 11.16 |
| **13** | 11.23 | 113.31 | 11.38 | 11.45 | 11.53 | 11.61 | 11.68 | 11.76 | 11.83 | 11.91 |
| **14** | 12.00 | 12.07 | 12.14 | 12.22 | 12.30 | 12.38 | 12.46 | 12.55 | 12.63 | 12.71 |
| **15** | 12.79 | 12.87 | 12.96 | 13.04 | 13.12 | 13.21 | 13.29 | 13.38 | 13.46 | 13.55 |
| **16** | 13.64 | 13.72 | 13.81 | 13.90 | 13.99 | 14.08 | 14.17 | 14.26 | 14.35 | 14.44 |
| **17** | 14.53 | 16.62 | 14.72 | 14.81 | 14.91 | 15.00 | 15.10 | 15.19 | 15.29 | 15.38 |
| **18** | 15.48 | 15.58 | 15.68 | 15.78 | 15.88 | 15.97 | 16.08 | 16.18 | 16.28 | 16.38 |
| **19** | 16.48 | 16.58 | 16.69 | 16.70 | 16.90 | 17.00 | 17.11 | 17.22 | 17.32 | 17.43 |
| **20** | 17.54 | 17.65 | 17.76 | 17.87 | 17.98 | 18.09 | 18.20 | 18.31 | 18.42 | 18.54 |
| **21** | 18.66 | 18.77 | 18.88 | 19.00 | 19.12 | 19.24 | 19.35 | 19.47 | 19.59 | 19.71 |
| **22** | 19.83 | 19.95 | 20.08 | 20.20 | 20.31 | 20.44 | 20.57 | 20.70 | 20.82 | 20.95 |
| **23** | 21.07 | 21.20 | 21.33 | 21.46 | 21.59 | 21.72 | 24.85 | 21.98 | 22.12 | 22.25 |
| **24** | 22.38 | 22.52 | 22.65 | 22.79 | 22.92 | 23.06 | 23.20 | 23.34 | 23.48 | 23.62 |
| **25** | 23.76 | 23.90 | 24.05 | 24.19 | 24.19 | 24.33 | 24.48 | 24.77 | 24.92 | 25.07 |
| **26** | 25.22 | 25.37 | 25.52 | 25.67 | 25.82 | 25.97 | 26.13 | 26.18 | 26.44 | 26.59 |
| **27** | 26.75 | 26.90 | 27.06 | 27.22 | 27.38 | 27.54 | 27.07 | 27.87 | 28.03 | 28.18 |
| **28** | 28.36 | 28.52 | 28.69 | 28.86 | 29.03 | 29.19 | 29.30 | 29.54 | 29.71 | 29.88 |
| **29** | 30.05 | 30.23 | 30.40 | 30.58 | 30.75 | 30.93 | 31.11 | 31.29 | 31.47 | 31.65 |
| **30** | 31.83 | 32.02 | 32.20 | 32.38 | 32.57 | 32.67 | 32.95 | 33.13 | 33.32 | 33.51 |
| **31** | 33.71 | 33.90 | 34.09 | 34.29 | 34.48 | 34.68 | 34.88 | 35.07 | 35.27 | 35.47 |
| **32** | 35.67 | 35.88 | 36.08 | 36.28 | 36.49 | 36.69 | 36.90 | 37.11 | 37.32 | 37.53 |
| **33** | 37.74 | 37.95 | 38.17 | 38.38 | 38.60 | 38.81 | 39.03 | 39.25 | 39.47 | 39.69 |
| **34** | 39.91 | 40.13 | 41.36 | 40.58 | 40.81 | 41.04 | 41.26 | 41.49 | 41.72 | 41.95 |
| **35** | 42.19 | 42.42 | 42.66 | 42.90 | 43.14 | 43.38 | 43.62 | 43.86 | 44.10 | 44.34 |
| **36** | 44.58 | 44.83 | 45.07 | 45.32 | 45.57 | 45.81 | 46.06 | 46.30 | 46.57 | 46.82 |

**ตัวอย่าง 8.4** ตรวจวัดอุณหภูมิอากาศวัดเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มแห้งได้ 28.5°C อุณหภูมิของเอทร์โมมิเตอร์ตุ้มเปียก 23.5°C เปิดตารางเพื่อหาค่าความกดไอน้ำอิ่มตัว ณ อุณหภูมิต่างๆ ได้ว่า t = 28.5°C, P2 = 29.19, t1 = 23.5 และ P1 = 21.72 จงคำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ (ค่าความกดไอน้ำอิ่มตัว ดูตาราง 8.5 ความกดไอน้ำอิ่มตัวประกอบ)

**วิธีทำ** จากสมการ 8.8 แทนค่าดังนี้

R.H. = x 100

= x 100

= 65.84

= 65.84%

สรุปได้ว่า ถ้าปริมาณไอน้ำที่มีอยู่คงที่ ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ คือ อัตรา Mixing ratio ในลักษณะผกผัน กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะลดลง

ถ้าอุณหภูมิลดลง ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้น

นอกจากนั้นยังพบว่า ณ ละติจูดต่างๆมีความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกันไป แม้ว่าจะมีองค์ประกอบของอากาศด้านอื่นๆร่วมด้วยก็ตาม โดยความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าสูงในบริเวณละติจูดต่ำ และมีค่าต่ำในบริเวณละติจูดสูง กล่าวคือ ในบริเวณเส้นศูนย์สูตรจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ตามพื้นที่ต่างๆนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยในแต่ละพื้นที่ เช่น ในพื้นที่ทะเลทรายสะฮาราอาจมีปริมาณไอน้ำในอากาศมากกว่าที่กรีนแลนด์ แต่ไอน้ำไม่สามารถกลั่นตัวได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีกระแสลมหรือความผันแปรของปริมาณความร้อนในเขตทะเลทรายและในรอบวัน ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงที่สุดเมื่อใกล้สว่างและมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเวลาบ่าย

ประเทศไทยตั้งอยู่มนเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงมีอากาศร้อนชื้นโดยเฉพาะในเขตภาคใต้และภาคตะวันออก แต่ในส่วนพื้นที่ที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน ได้แก่ พื้นที่ภาคกลางตอนบนขึ้นทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงชัดเจนระหว่างช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยเฉพาะฤดูร้อนจะเป็นช่วงที่ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงต่ำสุดในรอบปี ในบริเวณดังกล่าวมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่อปี 72-74% และจะลดลงเหลือ 62-69% ในช่วงฤดูร้อน

**ตาราง 8.6 สถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%) ของประเทศไทยในช่วงฤดูกาลต่างๆ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ภาค** | **ฤดูหนาว** | **ฤดูร้อน** | **ฤดูฝน** | **ตลอดปี** |
| เหนือ  ตะวันออกเฉียงเหนือ  กลาง  ตะวันออก  ใต้ฝั่งตะวันออก  ใต้ฝั่งตะวันตก | 73  69  71  71  81  77 | 62  65  69  74  77  76 | 81  80  79  81  78  84 | 74  72  73  76  79  80 |

8.3.5 จุดน้ำค้าง (Dew point) คือ จุดที่อุณหภูมิซึ่งอากาศถูกทำให้เย็นตัวลง (ความกดอากาศคงที่และปริมาณไอน้ำในอากาศคงที่) จนถึงอุณหภูมิค่าหนึ่งที่ไอน้ำถึงจุดอิ่มตัว หรือ กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ค่าความชื้นทุกๆค่าที่อยู่ในอากาศ จะต้องมีอุณหภูมิค่าหนึ่งซึ่งทำให้ไอน้ำในอากาศอิ่มตัว อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศอิ่มตัวนี้เรียกว่า “อุณหภูมิจุดน้ำค้าง” ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่อากาศสามารถเย็นตัวลงได้ และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ = 100% จุดน้ำค้างนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในมวลก้อนหนึ่งของอากาศ ถ้าอากาศมีไอน้ำมาก อุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะสูง แต่ถ้าอากาศมีไอน้ำน้อย อุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะต่ำ และถ้าอุณหภูมิของอากาศลดต่ำกว่าจุดน้ำค้างจะเกิดการกลั่นตัวในรูปของหยาดน้ำฟ้า

ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิน้ำค้าง Bosen ได้เสนอเป็นสมการดังนี้

เมื่อทราบค่าความชื้นสัมพัทธ์แล้ว สามารถนำมาหาอุณหภูมิจุดน้ำค้างได้ดังนี้

T-Td =........สมการ 8.9

เมื่อกำหนดให้ T = อุณหภูมิของอากาศ (°C)

Td = อุณหภูมิของจุดน้ำค้าง (°C)

X = 1.0 -  *……………..สมการ 8.10*

H  *= ความชื้นสัมพัทธ์*

*ค่าคำนวณตามสมการใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิ -40*°C *ถึง 50*°C  *โดยยอมให้มีค่าความคลาดเคลื่อนของความชื้นสัมพัทธ์ที่คำนวณได้ ± 0.3*°C

***ตัวอย่าง 8.5*** *วันที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ.2547 วัดอุณหภูมิของอากาศบนยอกเขาสันกาลาคีรีได้ 28*°C *และความชื้นสัมพัทธ์บนยอกเขาสันกาลาคีรี 55*%  *จงหาอุณหภูมิจุดน้ำค้างในวันดังกล่าว*

***วิธีทำ*** *จากสมการ 8.10 แทนค่าเพื่อหา* X *ได้ดังนี้*

X = 1.0 -

= 1 – 0.55

= 0.45

*จากนั้นนำค่า* X *ไปแทนค่าในสมการ 8.9 เพื่อหาอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ได้ดังนี้*

T-Td =

28-Td =

= 7.89 + 1.77 + 0.0027

= 9.7627°C

Td = 28°C – 9.76°C

= 18.24°C นั่นคืออุณหภูมิจุดน้ำค้างบนยอดเขาสันกาลาคีรี เท่ากับ 18.24°C

**8.4 เครื่องมือวัดความชื้นของอากาศ**

*เครื่องมือที่ใช้วัดความชื้นที่นิยมใช้งาน มีดังนี้*

*8.4.1 ไฮโกรมิเตอร์ (*Hygrometer*)* *เป็นเครื่องมือที่ใช้กันทั่วไปเพื่อวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์โดยตรง เครื่องมือนี้ใช้เส้นผมเป็นส่วนประกอบ ก่อนน้ำเส้นผมไปต้องนำมาล้างด้วยโซดาไฟเพื่อเอาไขมันที่เกาะตามเส้นผมออก ไฮโกรมิเตอร์อาศัยหลักการยืดหดของเส้นผม เพราะปกติเส้นผมคนเราจะเหยียดยาวมากขึ้นถ้าอากาศที่มีความชื้นมาก ถ้าความชื้นลดลงเส้นผมก็จะหดตัวลง กลไกลของเครื่องมือมีคานกระเดื่องยึดติดอยู่กับแขนชี้ไปยังปากกา ส่วนอีกข้างของคานจะผูกติดเส้นผม การเปลี่ยนแปลงความชื้นจะมีเข็มชี้บอกค่าความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อผมขยายเข็มก็จะตกลงมา เมื่อผมหดตัวก็จะดึงเข็มขึ้น*

ภาพ 8.3 ไฮโกรมิเตอร์และส่วนประกอบภายในของกลไกไฮโกรมิเตอร์

8.4.2 เทอร์โมไฮโกรกราฟ (Thermo-Hygrograph) เป็นเครื่องมือสำหรับบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่อเนื่องกันได้ตลอดเวลา เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิเรียกว่า Thermograph เครื่องมือใช้วัดความชื้นสัมพัทธ์ เรียกว่า Hygrograph เทอร์โมไฮโกรกราฟ มี 2 แบบ ได้แก่ แบบที่บันทึกกราฟต่อเนื่องได้ 1 วัน และแบบบันทึกได้ 7 วัน แต่นิยมใช้คือ แบบที่บันทึกได้ 1 วัน เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นด้วยกราฟวางไว้ในตู้ไม้สีขาว

ภาพ 8.4 เทอร์โมไฮโกรกราฟ ปากกาด้านบนเขียนเส้นอุณหภูมิ ด้านล่างบอกระดับความชื้นสัมพัทธ์

Thermo-Hygrograph บอกอุณหภูมิและความชื้นในรอบ 1 วัน (เริ่มจาก 9.00 น. ถึง 9.00 น. ของวัดถัดไป) โดยแสดงแนวเส้น 2 เส้น ได้แก่ เส้นด้านบนแสดงอุณหภูมิช่วง -10°C ถึง 50 °C ส่วนเส้นล่างแสดงความชื้นตั้งแต่ 0-100% เครื่องนี้มีกระบอกนาฬิกาที่ตัวไขลานอยู่ด้านบนแผ่นกราฟ ซึ่งวางแนวแนบผิวกระบอกในแนวตั้ง มีคลิปยาวล็อคไว้ ตัวกระบอกถอดออกได้เพื่อเปลี่ยนแผ่นกราฟ โดยถอดล็อคจากด้านบนแผ่นกราฟ เมื่อใส่แผ่นกราฟแล้วต้องวางกระบอกให้ปากกาเริ่มเวลาบนแผ่นกราฟตรงกับเวลาจริงขณะตรวจวัด เมื่อเวลาผ่านไปปากกาจะเขียนกราฟ โดยแผ่นกราฟจะหมุนไปตามเวลา (ควรหมั่นไขนาฬิกาอยู่เสมอ อย่าให้นาฬิกาหยุดเดิน) ปากกาเขียนกราฟมี 2 หัวเรียงกันในแนวตั้ง โดยปากกาแต่ละหัวมีแกนเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์รับความชื้น ซึ่งทำโดยใช้เส้นผมหรือเส้นสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติและมาตรฐานตามกำหนดและแผ่นรับความร้อน โดยกลไกของเครื่องจะทำงานตามค่าการเปลฃี่ยนแปลงความชื้นที่เกิดขึ้นในอากาศ

การเปลี่ยนแผ่นกราฟ ให้ผลักแกนเข็มออกจากแผ่นกราฟก่อน จากนั้นปลดล็อคแล้วดึงกระบอกขึ้น ดึงคลิปออกแล้วถอดแผ่นกราฟออกแล้วจึงใส่แผ่นใหม่เข้าไปแทน การวางกราฟแผ่นใหม่เข้าไปให้เริ่มวางแผ่นกราฟจากรอยบากที่กระบอกให้แนบเรียบไปตามกระบอก เสร็จเรียบร้อยแล้วสอดคลิปลงรูด้านล่าง กดลงให้ด้านบนแน่นชิดขอบที่บากลงมา ไขลานนาฬิกาให้พอตึง ใส่กระบอกเข้าที่ตั้ง ให้ปากกาอยู่ตรงเวลา โดยใช้ตัวบนเป็นหลัก ผลักแกนปากกาเข้าหาแผ่นกราฟ ปิดฝาครอบและปิดตู้ไว้

8.4.3 ไซโครมิเตอร์ (psycrometer) ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน อันหนึ่งเป็นเทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดา เรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์ตุ้มแห้ง (Dry-Bulb thermometer) ส่วนเทอร์โมมิเตอร์แกอันใช้ผ้าที่เปียก (ผ้ามัสลิน เป็นผ้าเนื้อฝ้ายละเอียดและบาง) หุ้มที่กระเปาะอยู่ตลอดเวลา มีด้ายดิบยาวประมาณ 6 นิ้ว ผูกผ้ามัสลินกับก้านเทอร์โมมิเตอร์ใกล้ตุ้มปรอท ห้อยปลายด้ายลงไปจุ่มในถ้วยแก้วที่บรรจุน้ำดื่มสะอาด (อาจใช้น้ำกลั่นหรือน้ำฝนก็ได้) น้ำที่เติมควรมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับน้ำในแก้ว น้ำจะวึมตามด้ายดิบขึ้นมา ทำให้ผ้ามัสลินเปียกชุ่มอยู่เสมอ เรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์ตุ้มเปียก (Wet-Bulb thermometer)

หลักการของไซโครมิเตอร์ คือ การหาค่าความต่างของอุณหภูมิ เนื่องมาจากการระเหย ซึ่งโดยปกติเทอร์โมมิเตอร์แบบตุ้มเปียกจะมีอุณหภูมิน้อยกว่าเทอร์โมมิเตอร์แบบตุ้มแห้ง การระเหยของน้ำทำให้เกิดการเย็นตัว (เมื่ออากาศอิ่มตัวจะไม่มีการระเหย) ดังนั้นการระเหยของน้ำจากผ้ามัสลินจะมีส่วนสัมพันธ์กับความชื้นอากาศที่มีอยู่รอบๆ จากนั้นนำค่าที่วัดได้จากอุณหภูมิทั้ง 2 มาเปรียบเทียบกัน (อาจเรียกว่าหาค่าดีเปรสชั่นของปรอทแบบตุ้มเปียกกับตุ้มแห้ง) ถ้ามีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่ามีความชื้นสูง หรืออากาศอิ่มตัวน้ำจะไม่ระเหย (ในภาวะปกติไม่เคยปรากฎบนพื้นผิวโลก) ถ้าค่าความแตกต่างของอุณหภูมิมีมากแสดงว่าค่าความชื้นยิ่งน้อยลง ถ้าอุณหภูมิตุ้มเปียกมีค่าใกล้เคียงอับอุณหภูมิตุ้มแห้งเท่าใด ความชื้นสัมพัทธ์ก็จะมีค่ามากขึ้น โซโครมิเตอร์นี้จะติดตั้งในตู้สกรีนบนแป้นไม้รองรับ มีระยะห่างกันประมาณ 3 นิ้ว จำนวนเปอร์เซ็นต์ของความชื้นสัมพัทธ์คำนวณได้จาก ผลต่างของค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มเปียกกับเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มแห้ง เทียบกับตาราง 8.7 ซึ่งใช้เปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์ การบำรุงรักษาผ้ามัสลินและด้ายดิบ ควรเปลี่ยนแปลงอยู่เสมออย่าให้สกปรก และควรตรวจดูบริเวณกระเปาะปรอทว่ามีตะกอนน้ำเกาะเคลือบหรือไม่ หากมีต้องทำความสะอาดเพราะคราบตะกอนทำให้น้ำไม่สามารถซึมสัมผัสกระเปาะปรอทได้แม้ผ้าจะเปียกอยู่ จะทำให้อุณหภูมิตุ้มเปียกไม่ต่างจากอุณหภูมิตุ้มแห้ง และระวังอย่าให้เชือกด้ายดิบตกท้องช้าง เชือกต้องเป็นเส้นตรง

**ตัวอย่าง 8.6**  วัดอุณหภูมิของอากาศได้ 50°F อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มเปียกวัดได้ 40°F จงหาความชื้นสัมพัทธ์

**วิธีการ** หาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์

เปิดตารางเทียบค่าจากตารางวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์แบบเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มเปียก ณ ระดับอุณหภูมิของอากาศที่อ่านได้

จากโจทย์ หาผลต่างของอุณหภูมิตุ้มแห้งตุ้มเปียก ได้ค่าเท่ากับ 50 – 40 = 10°F

เมื่อเปิดค่าความต่างที่ 50°F ณ ระดับความแตกต่าง 10°F พบว่ามีค่าเท่ากับ 38 (ค่าคำนวณดูตาราง 8.7) ดังนั้นค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 38%

ภาพ 8.5 ไซโครมิเตอร์แบบแกว่ง

**ตาราง 8.7 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ตามอุณหภูมิของอากาศ ผลต่างของเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มแห้งและตุ้มเปียก (หน่วย °F) (Aguado Edward Burt James E, 2001 : 103)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Air temp. °F** | **Wet-bulb depression** | | | | | | | | | | | | | | |
| **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **6** | **8** | **10** | **12** | **14** | **16** | **18** | **20** | **25** | **30** |
| 0  5  10  15  20  25  30  35  40  45  50  55  60  65  70  75  80  85  90  95  100 | 84  86  89  91  94  69  99  100  100  100  100  100  100  100  100  100  100  100  100  100  100 | 56  63  69  74  79  84  88  91  92  93  93  94  94  95  95  95  96  96  96  96  96 | 27  40  50  58  65  71  77  81  84  85  87  88  89  90  90  91  91  92  92  93  93 | 16  30  42  51  59  66  72  76  78  80  82  83  85  86  87  87  88  89  89  89 | 11  26  37  47  56  63  67  71  74  76  78  80  81  82  83  84  85  86  86 | 10  24  35  45  52  57  61  65  68  70  72  74  75  77  78  79  80 | 1  15  27  37  44  49  54  58  61  64  66  68  70  71  72  74 | 10  22  31  38  43  48  52  55  58  61  63  65  66  68 | 7  19  27  33  39  44  48  51  54  56  58  60  62 | 6  16  24  30  35  40  44  47  50  53  55  57 | 5  14  21  28  33  37  41  44  47  49  51 | 5  13  20  26  31  35  38  41  44  46 | 5  13  19  24  29  33  36  39  42 | 3  10  15  20  24  28  31 | 3  8  13  17  21 |

การเปรียบเทียบหาค่าความชื้นในตาราง 8.7 ให้ดูแนวตั้งหรือค่าอุณหภูมิตุ้มแห้งก่อน จากนั้นจึงเทียบผลต่างตามค่า Wet-bulb depression

**8.5 กระบวนการเย็นตัวที่ทำให้เกดการควบแน่นและการระเหิด**

ไอน้ำในอากาศที่เปลี่ยนสถานะเป็นหยดน้ำหรือผลึกน้ำแข็งจะเกิดขึ้นได้เมื่ออากาศลดอุณหภูมิต่ำลงจนกระทั่งถึงจุดน้ำค้างหรือจุดเยือกแข็ง ซึ่งกระบวนการเปลี่ยนสถานะของไอน้ำตามลักษณะสภาวะของลมฟ้าอากาศสามารถจำแนกได้เป็น 2 กระบวนการที่สำคัญ ได้แก่

8.5.1 กระบวนการอะเดียแบบติก (Adiabatic process) คือ กระบวนการที่ทำให้อากาศมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในก้อนอากาศโดยไม่มีการรับและคายความร้อนกับมวลอากาศภายนอก ขณะที่อากาศได้รับความร้อนมากขึ้น อากาศจะลอยตัวสูงขึ้นสู่เบื้องบน ปริมาตรของอากาศจะขยายตัวขณะที่อุณหภูมิจะลดลงไปตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น การขยายตัวของอากาศทำให้ปริมาตรและความร้อนของอากาศลดลง เมื่อพลังงานความร้อนลดลงอากาศก็จะเย็นลงตามไปด้วย ส่วนมวลอากาศซึ่งจมตัวลงแทนอากาศร้อนที่ลอยตัวขึ้นมามักจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่อากาศลอยตัวขึ้นและจมลงนี้ไม่มีความสัมพันธ์กับการถ่ายเทความร้อน การพาตัวความร้อน และการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์โดยตรง แต่เป็นการเพิ่มและลดอุณหภูมิตามการขยายและหดตัวของอากาศเพียงอย่างเดียว ซึ่งเรียกการเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้ว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแบติก (Adiabatic laps rate)

ภาพ 8.6 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแบติกจนเกิดการควบแน่นและการเปลี่ยนแปลงอัตราการลดอุณหภูมิหลังการควบแน่น

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแบติกไม่เหมือนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอัตราปกติ (Normal lapse rate หรือ Environment lapse rate (ELR)) เพราะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบอัตราอะเดียแบติกนั้น อุณหภูมิของอากาศจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1°C ต่อ 100 เมตร (5.5°F ต่อ 1,000 ฟุต) ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิปกติตามระดับความสูงเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 6.5°C ต่อ 1,000 เมตร และอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีค่ามากตามระยะเวลาและสถานที่ ซึ่งบางครั้งมีค่ามากกว่าอัตราอะเดียแบติกของอากาสแห้ง แต่บางครั้งก็มีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าอัตราอะเดียแบติกแบบชื้น อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามอัตรา lapse rate, อัตราอะเดียแบติกของอากาศอิ่มตัวและอัตราอะเดียแบติกของอากาศแห้งมีประโยชน์ในการนำไปใช้พิจารณาความสมดุลของอากาศ (Equilibrium of Atmosphere) เพื่อพิจารณาว่าในขณะนั้นอากาศมีภาวการณ์ทรงตัวของอากาศที่มีเสถียรภาพ (Stable) หรือไม่มีเสถียรภาพ (Unstable)

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแบติกมี 2 ลักษณะ คือ

1) อัตราอะเดียแบติกของอากาศแห้ง (Dry adiabatic lapes rate หรือ DAR) หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามแนวดิ่งของมวลอากาศแห้งก้อนหนึ่ง หรืออากาศยังไม่อิ่มตัว (Unsaturate) ตามอัตราอะเดียแบติก ทั้งนี้มวลอากาศแห้งก้อนหนึ่ง ซึ่งไม่มีการได้มาหรือสูญเสียความร้อนโดยวิธีการถ่ายเทแลกเปลี่ยนกับมวลอากาศที่อยู่ใกล้ๆ (อากาศที่ลอยขึ้น หรือจมตัวลง) กล่าวคือ มวลอากาศหนึ่งเมื่อได้รับความร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น อากาศจะขยายตัว ขณะที่ความกดอากาศจะลดลง อุณหภูมิจะลดลงตามระดับความสูง ถ้าอากาศขณะที่ลอยตัวสูงขึ้นนั้นไม่มีการกลั่นตัวของไอน้ำ หรือไม่มีการกลั่นตัวของความชื้น (Moisture) แสดงว่าอากาศนั้นยังไม่อิ่มตัว อากาศจะลอยสูงขึ้นไปอีก

ในภาวะปกติ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแบติก จะเท่ากับ 1°C ต่อ 100 เมตร หรือ 1°C ต่อ 188 ฟุต เช่น อากาศก้อนหนึ่งยังไม่อิ่มตัว มีอุณหภูมิที่ 30°C เมื่อลอยตัวขึ้นไปที่ระดับความสูง 3,000 เมตร ถ้าเป็นไปตามอัตราอะเดียแบติกของอากาศแห้ง อากาศก้อนนั้นจะมีอุณหภูมิลดลง 30°C กล่าวคือ อุณหภูมิของอากาศจะเหลือเพียง 0°C ดังเดิม เป็นต้น อัตราแบบอะเดียแบติกนี้มักเกิดในตอนกลางวันขณะที่อากาศยังไม่อิ่มตัว (ดวงพร นพคุณ. 2536 : 118)

2) อัตราอะเดียแบติกของอากาศอิ่มตัวหรืออะเดียแบติกของอากาศชื้น (Saturation adiabatic lapse-rate หรือ SAR หรือ Wet adiabatic rate หรือ WAR) เมื่ออากาศลอยตัวสูงขึ้นอุณหภูมิขิงอากาศจะลดลงตามอัตราอะเดียแบติกของอากาศแห้งจนถึงระดับหนึ่งที่มีค่าความชื้นมากจนถึงจุดอิ่มตัว (ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 100) ไอน้ำจะเกิดการกลั่นตัว โดยการกลั่นตัวของไอน้ำจะคายความร้อนออกมา และอุณหภูมิของอากาศจะยังคงลดลงต่อไปเรื่อยๆ แต่มีอัตราการลดลงเฉลี่ยประมาณ 0.5°C ต่อ 100 เมตร ในแนวดิ่ง ในขณะที่อากาศจมลง ก็จะถูกทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นในอัตรา 0.5°C ต่อ 100 เมตรเช่นเดียวกัน โดยการกลั่นตัวของอัตราอะเดียแบติกของอากาศอิ่มตัวจะมีมากน้อยเพียงใดนั้น ผันแปรเป็นไปตามอุณหภูมิความกดอากาศและความชื้นในอากาศ และพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแบติกอิ่มตัวจะมีค่าน้อยกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแบติกแห้ง

8.5.2 กระบวนการเดียแบติก (Diabatic) เป็นกระบวนการที่อากาศสูญเสียความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมภายนอก ประกอบด้วยการสูญเสียความร้อนด้วยการแผ่รังสี การสัมผัสกับพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า การผสมกับมวลอากาศที่มีอุณหภูมิเย็นกว่า

8.5.3 ความแตกต่างระหว่างอัตราการลดอุณหภูมิแบบ Normal lapse rate กับอัตรา Adiabatic lapse rate การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูงนั้นปกติจะมีอัตราการลดลงเฉลี่ย 0.65°C ต่อ 100 เมตร หรือ 6.5°C ต่อ 1 กิโลเมตร (ประมาณ 2°C ต่อ 1,000 ฟุต) เรียกอัตราการลดลงของอุณหภูมิตามระดับความสูงว่า Normal lapse rate หรือ Environment lapse rate ที่เรียกว่า Rawindsonde แล้วนำอัตราการลดลงของอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้มาหาค่าเฉลี่ยว่าบรรยากาศมีอตราการลดลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้นเท่าใด ซึ่งอัตรานี้เปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อยตามช่วงเวลาและสถานที่ โดยเฉพาะในช่วงระดับความสูงไม่เกิน 3 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลกมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนมีความแปรปรวนมาก เนื่องจากอิทธิพลของลมที่เคลื่อนที่จากแหล่งต่างๆ ส่วนในระดับที่สูงขึ้นไป อัตราการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างที่จะคงที่

ภาพ 8.7 ภาพตัดขวางแสดงลักษณะการลดลงของอุณหภูมิตามระดับความสูงในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ตามเขตละติจูด

จากหลักการของ Thermodynamic ที่กล่าวว่า การเพิ่มความร้อนให้อากาศหรือนำความร้อนจากอากาศจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือปริมาตร หรือทั้งอุณหภูมิและปริมาตร ถ้าอากาศไม่มีความร้อนเพิ่มเข้าหรือนำความร้อนออก เรียกว่า “กระบวนการอะเดียแบติก” อัตราการลดลงของอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแบติกนั้น หมายถึง การวัดอุณหภูมิของอากาศที่ลอยตัวขึ้นหรือจมลง โดยกระบวนการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิของอากาศก้อนนั้นไม่มีการถ่ายเทความร้อนหรือได้รับความร้อนจากก้อนอากาศอื่น ทั้งนี้มีเหตุผล 3 ประการที่แสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนย้ายของอากาศในแนวตั้งเป็นไปตามกระบวนการอะเดียแบติก คือ

1) อากาศเป็นตัวนำความร้อนที่มดี

2) การผสมคลุกเคล้าของอากาศกับสิ่งแวดล้อม โดยปกติเกิดขึ้นช้าๆ

3) กระบวนการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทำให้เกดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ระหว่างที่เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ

**8.6 ภาวะการทรงตัวของอากาศ หรือการเสถียรภาพของอากาศ**

8.6.1 ภาวะการทรงตัวของอากาศ (Stability Atmospheric) หมายถึง กำลังต้านทานของอากาศที่จะไม่ยอมให้อนุภาคต่างๆ ในมวลของอากาศเกิดการเคลื่อนไหวในแนวตั้ง กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ กำลังของอากาศที่พยายามจะจมตัวลงสู่พื้นผิวโลกหรือยกตัวขึ้น ทั้งนี้เมื่ออากาศได้รับความร้อนจะลอยตัวขึ้นแล้วเย็นตัวลงจนเกิดการกลั่นตัว อย่างไรก็ตาม อาจมีลักษณะที่พบได้ เช่น อากาศบางก้อนทำไมลอย อากาศบางก้อนทำไมไม่ลอย และมีคำถามอีกว่าขนาดก้อนเมฆและปริมาณน้ำฝนที่ตกทำไมจึงเปลี่ยนแปลงไปมากมายเมื่อเทียบกับอากาศที่ลอยตัว ซึ่งคำตอบคือ เกี่ยวข้องกับความมีเสถียรภาพของอากาศ ภาวการณ์ทรงตัวของอากาศมี 3 ลักษณะ ดังนี้

1) การทรงตัวถาวร เป็นภาวะของอากาศที่ได้รับแรงกระตุ้นจนสามารถเคลื่อนที่ไป เมื่อหมดแรงกระตุ้นแล้วจะเคลื่อนที่กลับมาสู่ที่เดิม

2) การทรงตัวเป็นกลาง เป็นภาวะของอากาศที่ได้รับแรงกระตุ้นจนสามารถเคลื่อนที่ไป เมื่อหมดแรงแล้วจะหยุดนิ่งอยู่กับที่

3) การทรงตัวไม่ถาวร เป็นภาวะของอากาศที่ได้รับแรงกระตุ้นจนสามารถเคลื่อนที่ไป เมื่อหมดแรงกระตุ้นแล้วจะเคลื่อนที่ไปอีก

8.6.2 การพิจารณาภาวการณ์ทรงตัวของอากาศ ภาวะการทรงตัวของอากาศจะมีลักษณะอย่างไรนั้น พิจารณาได้จากค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามระดับความสูง (Lapse rate) และอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแบติก โดยนำค่าที่ได้จากการลดลงของอุณหภูมิทั้ง 2 อัตรามาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาค่าความแตกต่างระหว่างอัตราการลดลง แล้วนำมาแสดงความหมายด้วยกราฟ และแปลความหมาย ดังนี้

1) อากาศมีสภาวะการทรงตัวแบบ “เสถียรภาพ” (Stability) พิจารณาจากค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูงมีค่าลดลงน้อยกว่าอัตราการลดลงของอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแบติกของอากาศแห้ง (Lapse rate < Dry < Wet adiabatic) แสดงว่าอากาศมีสภาวะการทรงตัวแบบเสถียรภาพ ลักษณะอากาศที่มีเสถียรภาพอากาศจะแจ่มใสท้องฟ้าโปร่ง หรือมีเมฆชั้นสูง

2) อากาศมีสภาวะการทรงตัวแบบ “ไม่เสถียรภาพ” (Instability) เป็นภาวะทางกายภาพของอากาศก้อนหนึ่งที่มีอุณหภูมิและความชื้นต่างกับก้อนอากาศที่อยู่รอบข้าง โดยได้รับความร้อนเพิ่มเข้ามาในก้อนอากาศมากกว่า จึงมีความหนาแน่นน้อยกว่าบรรยากาศที่อยู่เบื้องบน อากาศก้อนนี้จึงลอยขึ้นและขยายตัวออก ซึ่งพิจารณาจากค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูงมีค่าลดลงมากกว่าอัตราการลดลงของอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแบติกของอากาศแห้ง (Lapse rate > Dry adiabatic) แสดงว่าอากาศมีสภาวะการทรงตัวแบบไม่มีเสถียรภาพ อากาศที่ไม่มีเสถียรภาพมักเกิดในวันที่มีอากาศร้อน ลักษณะอากาศลอยตัวขึ้นมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศรอบข้าง ทำให้อากาศสามารถลอยตัวขึ้นไปได้สูงขึ้นเรื่อยๆ ตราบเท่าที่ยังมีความร้อนมากกว่าอากาศรอบข้าง จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงถึงจุดน้ำค้างก็จะมีการกลั่นตัว หลังจากนั้นอุณหภูมิจะลดลงตามอัตราอะเดียแบติกของอากาศอิ่มตัวลักษณะนี้มักเกิดขึ้นในตอนกลางวัน

ภาพ 8.9 ภาวะอากาศไม่มีเสถียรภาพ

ภาพ 8.10 อากาศมีเสถียรภาพ

**ตาราง 8.8 ลักษณะอัตราการลดลงของอุณหภูมิกับสภาวะความเถียรของอากาศ**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Unstable** | | | **Stable** | | |
| **ระดับความสูง** | **DALR** | **Lapse rate** | **ระดับความสูง** | **DALR** | **Lapse rate** |
| 0 | 70 | 70 | 0 | 70 | 70 |
| 1000 | 63 | 64.6 | 1000 | 67 | 64.6 |
| 2000 | 57 | 59.2 | 2000 | 63 | 59.2 |

DALR = Dry Adiabatic Lapse Rate

3) อากาศมีสภาวะการทรงตัวแบบ “มีเงื่อนไข” (Conditionary instability) เป็นภาวะของอากาศที่มีอาการกึ่งทรงตัว โดยช่วงระดับความสูงหนึ่งอากาศอาจมีภาวะทรงตัว แต่เมื่อลอยขึ้นไปในอีกช่วงระดับสูงหนึ่งอาจมีภาวะไม่ทรงตัว กล่าวคือสามารถมีภาวะการทรงตัวได้ทั้งแบบเสถียรภาพและไม่เสถียรภาพขึ้นอยู่กับอิทธิพลของอากาศก้อนนั้นๆ กับอากาศรอบข้าง เช่น เมื่ออากาศลอยตัวสูงขึ้นนั้นอาจมีกระบวนการอื่นเข้ามามีอิทธิพล ได้แก่ ลมที่พัดข้ามภูเขา อากาศจะเปลี่ยนเป็นแบบไม่มีเสถียรภาพและลอยขึ้นด้วยแรงพยุงซึ่งมีความร้อนเพิ่มเข้ามา เป็นต้น

อากาศมีภาวการณ์ทรงตัวแบบมีเงื่อนไข พิจารณาจากค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูงว่ามีค่าอยู่ระหว่างอัตราการลดลงของอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแบติกของอากาศแห้งและอัตราอะเดียแบติกของอากาศอิ่มตัว (Wet adiabatic > Lapse rate > Dry adiabatic) อัตราการลดลงของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 0.5 - 1°C ต่อ 100 เมตร ภาวการณ์ทรงตัวของอากาศแบบมีเงื่อนไขมี 2 ลักษณะ คือ ถ้าอากาศยังคงได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อากาศจะอุ่นกว่าอากาศรอบข้าง แม้ว่าผ่านจุดน้ำค้างไปแล้ว อากาศก็จะยังคงลอยสูงขึ้นอีก ซึ่งเรียกช่วงนี้ว่า อากาศมีเงื่อนไขแบบไม่มีเถียรภาพ (Unstable) ถ้าไม่มีไอน้ำอิ่มตัวและไม่ลอยตัวสูงขึ้น เรียกว่า อากาศมีเงื่อนไขแบบเสถียรภาพ (Stable)

4) ภาวะบรรยากาศเป็นกลาง (Neutral stability) ถ้าค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูงมีค่าเท่ากับอัตราการลดลงของอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแบติกของอากาศแห้ง อธิบายได้ว่า (Lapse rate = Dry adiabatic) เมื่อก้อนอากาศมีแรงมากระทำให้ยกลอยตัวขึ้นไปที่ระดับความสูงใดๆ ก้อนอากาศสามารถที่จะคงสภาพอยู่ได้ ณ ระดับความสูงนั้นๆ สภาวะลมฟ้าอากาศเช่นนี้มักพบในช่วงเวลาเช้า ประมาณ 06.00 น. และเวลาเย็นประมาณ 18.00 น. อย่างไรก็ตาม สภาวะอากาศเป็นกลางมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบรรยากาศชั้นสูงๆ แต่อาจพบได้ในบรรยากาศใกล้พื้นดิน เช่น เหนือพื้นผิวไม่เกิน 2-4 เมตร หรือเรือนยอดต้นไม้

ภาพ 8.13 อัตราการเปลี่ยนแปลงุณหภูมิตามระดับความสูงในภาวะบรรยากาศแบบมีเงื่อนไข ซึ่งสามารถเปรียบเทียบค่า Dry adiabatic และ Moist adiabatic กับค่า ELR เพื่อทราบค่าความเสถียรของอากาศ ถ้า DAR ลดลงมากแสดงว่า Stable ถ้าน้อยกว่าแสดงว่า Unstable