

# บทที่ 4

## ลม

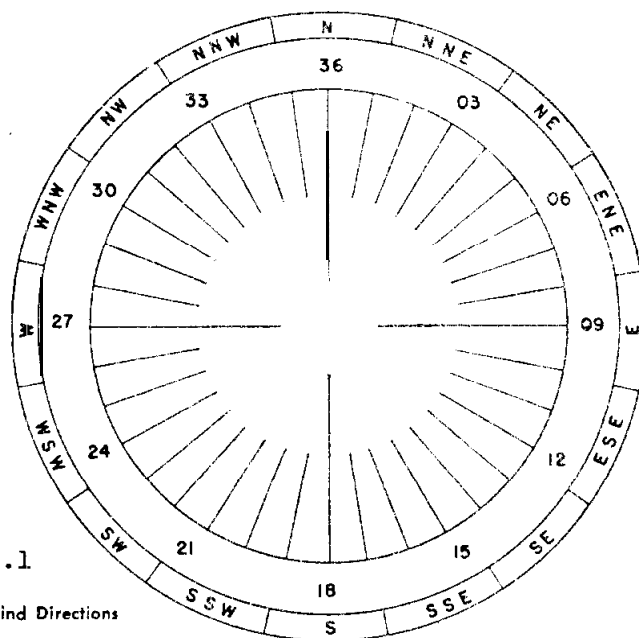
### (The Winds)

การเคลื่อนไหวของอากาศ ซึ่งขนานกับผิวโลกเรียกว่า ลม (wind) ถ้าเป็นการเคลื่อนไหวอย่างอื่นเรียกว่า กระแสอากาศ (air currents) การหมุนวนของบรรยากาศเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกาลอากาศ (weather) การเคลื่อนที่ในแนวตั้งทำให้เกิดเมฆและฝน การเคลื่อนที่ในแนวนอนหรือลม ทำให้ความร้อนกระจายไปทั่วพื้นผิวโลก และเป็นตัวพาความชื้นจากบริเวณหนึ่งไปสู่อีกบริเวณหนึ่ง นอกจากนี้ลมยังทำให้เกิดระบบพายุเหนือส่วนต่าง ๆ ของโลก

#### 4.1 Winds au

การบันทึกที่เกี่ยวข้องกับลมซึ่งสำคัญมี 2 อย่าง คือ ทิศและความเร็วลม

##### ทิศทางลม (wind direction)



ทิศทางของลมวัดได้จากเครื่องมือที่เรียกว่า wind vane (ลักษณะเหมือนลูกศร) สำหรับ

ชื่อของลมได้จากทิศทางที่ลมพัดมา เช่น ลมที่พัดจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตกเรียกว่า ลมฝ่ายตะวันออก

(east wind) ลมที่พัดจากทิศเหนือไปยังทิศใต้เรียกว่าลมฝ่ายเหนือ(north wind) เป็นต้น

### ความเร็วลม (wind velocity)

ความเร็วลมเป็นอัตราส่วนของระยะทางที่ลมเคลื่อนที่ไปบนพื้นโลกต่อหนึ่งหนึ่งหน่วยเวลามักมีหน่วยเป็น ก.ม/ช.ม , ไมล์/ช.ม, knot (น็อต) เป็นต้น

(1 knot = 1.85 ก.ม/ช.ม หรือเท่ากับ หนึ่งไมล์ทะเล/ช.ม)

$$1 \text{ ไมล์ทะเล (nautical mile) } = 1.15 \text{ ไมล์บก} \\ = 1.85 \text{ ก.ม}$$

เครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วลมเรียกว่า anemometer หรือเครื่องมือวัดลมแบบรูปถ้วย (cup) ซึ่งประกอบด้วยถ้วยรูปครึ่งวงกลมทำด้วยอะลูมิเนียม 3 หรือ 4 ถ้วย (แล้วแต่ชนิด) ผูกติดอยู่ตรงปลาย จากการหมุนของถ้วยจะทำให้จำนวนเลขที่หน้าปัดเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้เราทราบจำนวนรอบต่อเวลาในการหมุน และทำให้สามารถหาความเร็วลมได้ เครื่องมือแอนนีโมมิเตอร์นี้ยังสามารถดัดแปลงให้ไปเดินเครื่องเย็นเนอเรเตอร์ไฟฟ้าอันเล็ก ๆ จากกระแสในเครื่องมิลลิแอมมิเตอร์ เราสามารถสร้างสเกลอ่านค่าความเร็วลมได้โดยตรง

ลมทำให้เกิดแรงต่อวัตถุในแนวที่มันผ่าน เช่นเราต้องออกแรงเดินในขณะที่ลมพัดจัด ความดันของลมต่อวัตถุจะแปรค่าโดยตรงกับความเร็วลมยกกำลังสอง ซึ่งเขียนได้ดังนี้

$$P \propto v^2 \quad (P = \text{ความดันลม} , v = \text{ความเร็วลม})$$

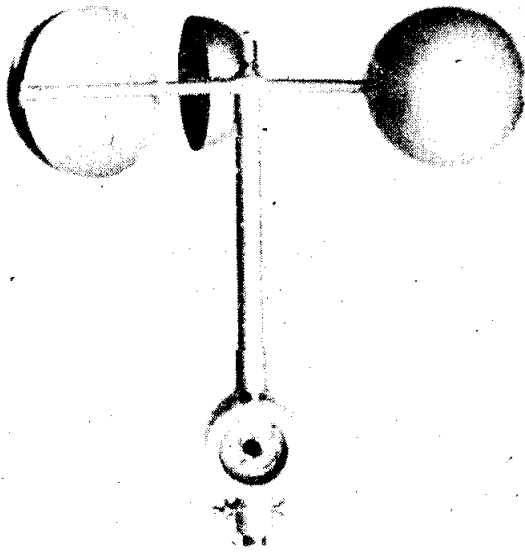
$$\text{เพราะฉะนั้น } P = Kv^2 \quad (\text{da } K = \text{ค่าคงที่})$$

$$\text{เมื่อ } K = 0.004, \quad P = 0.004 v^2$$

ถ้า  $v$  มีค่าเป็น ไมล์/ช.ม  $P$  จะมีค่าเป็น ปอนด์/ตร.ฟุต

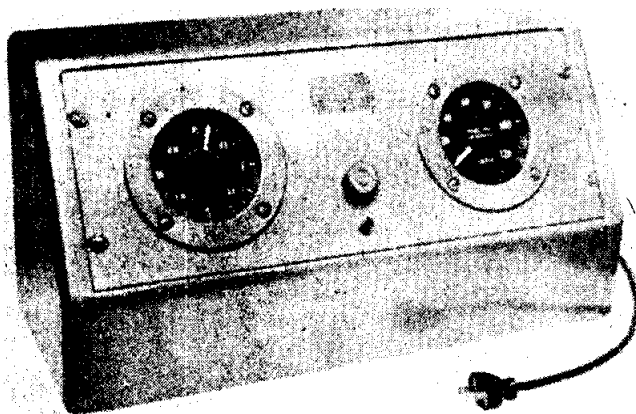
ยกตัวอย่างเช่น เมื่อความเร็วลมเท่ากับ 60 ไมล์/ช.ม ความดันของลมคำนวณได้ดังนี้

$$P = 0.004 (60)^2 = 14.4 \text{ ปอนด์/ตร.ฟุต}$$



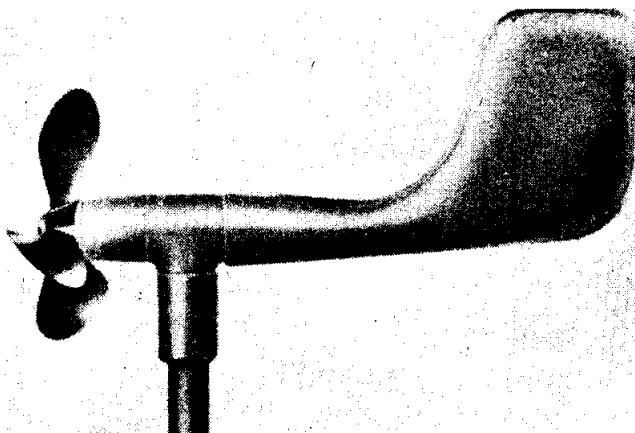
**FIG. 4.2**

Robinson Three-cup Anemometer. Totalizing dials indicate the total miles of wind, and electrical contacts operate a speed indicator and recorder. Courtesy, Bendix Corporation, Friez Instrument Division.



**FIG. 4.3**

Aerovane. Instantaneous direction and speed of the wind may be read remotely from the dials connected to this instrument. Courtesy, Bendix Corporation, Friez Instrument Division.



จากความรู้ข้างบนนี้ นักวิศวกรนำมาใช้ในการคำนวณสร้างตึกที่มีลมพัดแรง และสร้างสะพาน เป็นต้น นักเดินเรือจะนำมาใช้ประโยชน์ในการหลีกเลี่ยงการลื่นเป็ลียงของเรือเพลิง เพราะถ้าหากความเร็วลมเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า แรงดันจะเพิ่มเป็น 4 เท่า เพราะฉะนั้นก็จะพยายามเติมเรือตามลมแทนที่จะทวนลม

ถ้าหากเราไม่สามารถหาเครื่องมือในการวัดความเร็วลมได้ ก็สามารถบอกได้คร่าว ๆ จากตารางของ Beaufort ซึ่งอาศัยหลักสิ่งของที่ถูกรอบตัวเรา เช่น ครันไฟ ต้นไม้ ใบไม้ ว่าเคลื่อนไหวมากน้อยขนาดไหน แล้วนำมาตั้งเป็น scale ความเร็วลม

#### 4.2 การเคลื่อนไหวของอากาศ (air movements)

การเคลื่อนไหวของอากาศเกี่ยวข้องกับกลศาสตร์กับความกดดัน เมื่อความกดดันเปลี่ยนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งบนพื้นโลก จะต้องมีการเคลื่อนไหวของอากาศเพราะอากาศเป็นของไหลสาเหตุสำคัญที่ทำให้มีการเคลื่อนที่ของอากาศก็คือ อุณหภูมิ ความชื้น และ ความสูง

องค์ประกอบพื้นฐานที่ทำให้อากาศเคลื่อนไหวก็คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ เมื่ออากาศถูกทำให้ร้อนขึ้นจะขยายตัว ความหนาแน่นจะลดลง เมื่ออากาศเย็นลงจะหดตัวและความหนาแน่นก็เพิ่มขึ้น โดยเหตุนี้จะเห็นว่าปริมาตรของอากาศจำนวนเท่ากันอากาศอุ่นจะมีน้ำหนักน้อยกว่าอากาศเย็น อากาศที่มีอุณหภูมิจึงจะทำให้เกิดความกดต่ำ ในขณะที่เดียวกัน อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้เกิดความกดสูง ดังนั้นการที่อากาศร้อนไม่เท่ากันนี้จะทำให้เกิดความแตกต่างของความกดดัน อันเป็นเหตุให้เกิดลม อากาศไหลจากบริเวณที่มีความกดดันสูงไปสู่บริเวณที่มีความกดดันต่ำ เพื่อทำให้สภาวะของบรรยากาศมีความดันเท่ากัน (รูป 4.4)

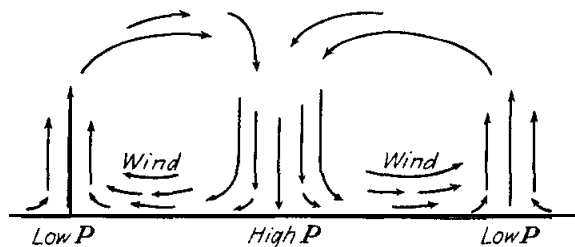


Fig. 4.4

ความดันต่อหนึ่งหน่วยระยะทาง (Pressure gradient) ยิ่งแตกต่างกันมาก ก็จะทำให้ลมพัดแรงจัดยิ่งขึ้น เส้นที่ลากระหว่างจุดซึ่งมีความกดเท่ากัน เรียกว่า Isobar ถ้าช่องว่างระหว่างเส้นไอโซบาร์อยู่ชิดกันแสดงว่ามีความชันของความดัน (pressure gradient) ต่างกันมากและลมมีความเร็วสูง เมื่อเส้นไอโซบาร์ต่างกันน้อย ความชันจะน้อยและลมจะมีความเร็วต่ำ

((รูป 4.5))

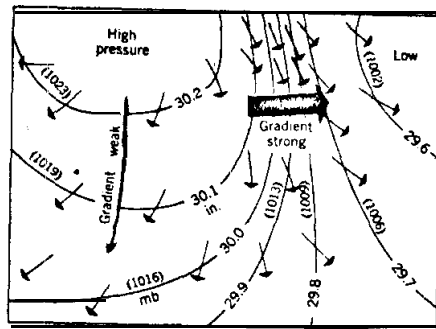


Figure 4.5 The arrangement of isobars determines pressure gradients and surface winds.

ความชื้นในอากาศมีส่วนทำให้อากาศเบาลง ไอน้ำมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 18 หน่วยมวล ส่วนอากาศแห้ง (dry air) นั้นมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 29 หน่วยมวล เมื่อน้ำโมเลกุลของไอน้ำใส่เข้าไปในปริมาตรของอากาศจำนวนหนึ่ง โมเลกุลบางส่วนของอากาศที่หนักกว่าจะบังคับให้โมเลกุลของไอน้ำหนีออกจากปริมาตรนั้น เพื่อว่าจำนวนโมเลกุลในปริมาตรนั้นมีจำนวนเท่าเดิมซึ่งเป็นไปตามกฎของอาโวกาโดร (Avogadro's law) ดังนั้น อากาศที่มีไอน้ำปนจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศแห้งและจะถูกผลักให้ขึ้นข้างบนโดยอากาศแห้งที่หนักกว่า ผลอันนี้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและทำให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำ

ความร้อนที่ได้รับไม่เท่ากันที่ระดับความสูงต่างกันอาจทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศ ถ้าอากาศที่ระดับสูงเย็น จะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และโดยแรงดึงดูดของโลก จะไหลไปตามพื้นผิวที่มีความสูงต่ำกว่า ถ้าหากอากาศถูกทำให้ร้อนจะมีความหนาแน่นน้อยและลอยสูงขึ้นไปในระดับสูง

เส้น Isobars และ Pressure Gradients

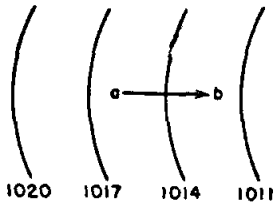


FIG. 4.6

Isobars and Pressure Gradient.

ความแตกต่างระหว่างความกดดันที่จุด a และ b (ในรูป) ก็คือแรงที่ผลักดันให้อากาศที่จุด a ไป b ค่าของแรงขึ้นกับความแตกต่างในความกดดัน นั่นคือขึ้นกับอัตราการเปลี่ยนแปลงความกดดันต่อระยะทางซึ่งเรียกว่า pressure gradient โดยปกติแล้ว pressure gradient จะตั้งฉากกับ isobars และจะ

วิ่งจากที่มีความกดดันสูงไปสู่ความกดดันต่ำ ถ้า gradient ต่างกันมากลมก็พัดแรง

อิทธิพลที่เนื่องจากการหมุนของโลกต่อการเคลื่อนไหวของอากาศ

ถ้าหากโลกไม่หมุนรอบตัวเอง ลมจะพัดตามทิศทางของ pressure gradient แต่เนื่องจากการหมุนของโลกทำให้เกิดแรงใหม่อีกแรงหนึ่งคือ Coriolis force ซึ่งทำให้อากาศพัดเบี่ยงเบนไปจากเดิม แรงที่เกิดจาก Coriolis

$$F_c = 2 c w \sin \phi$$

เมื่อ c = ความเร็วลม

w = ความเร็วเชิงมุมของโลก

$\phi$  = เส้น latitude ที่มีลมเกิดขึ้น

จะเห็นว่าที่เส้นศูนย์สูตร เส้นละติจูดมีค่าเป็นศูนย์ เพราะฉะนั้นแรง coriolis ก็มีค่าเป็นศูนย์ด้วย สำหรับที่ขั้วโลก  $\phi$  มีค่าเท่ากับ 90° เพราะฉะนั้น  $F_c$  จะมีค่ามากที่สุด

สำหรับทิศทางของการกระทำของ Coriolis force นั้น Ferrel ได้ตั้งกฎไว้ว่า ลมที่พัดในซีกโลกทางเหนือจะเบี่ยงเบนไปทางขวามือเสมอ และในซีกโลกทางใต้จะพัดเบี่ยงเบนไปทางซ้ายมือ (ดูรูป) 4.7

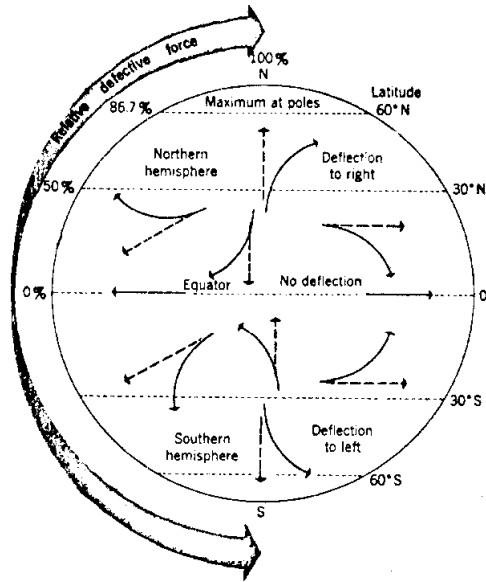


Figure 4.7 Deflective force of the earth's rotation.

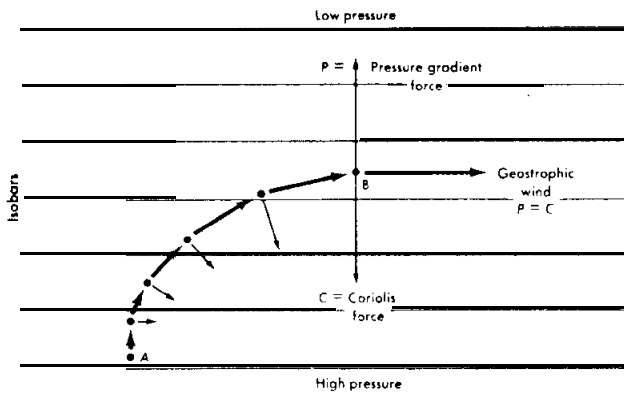


Figure 4.8 A schematic representation showing how a parcel of air initially at point *A* is acted on by the pressure gradient force (*P*) and the Coriolis force (*C*). As the wind velocity increases, the latter increases. At point *B*,  $P = C$  and the wind is parallel to the isobars and is called *geostrophic*. Note that there are no frictional forces.

ถ้าเอาผลของแรงที่เกิดจาก Pressure gradient และแรงที่เกิดจากการหมุนของโลกมา รวมกันจะได้ผลลัพธ์ทิศทางของลมตั้งฉากกับ pressure gradient และขนานไปกับเส้น isobar ลมที่อยู่ในลักษณะสมดุลระหว่างแรง 2 แรงนี้เรียกว่า geostrophic wind และการที่จะเป็นเช่นนี้ ได้เส้น isobar ต้องเป็นเส้นตรง (ดูรูป 4.8)

กฎความสัมพันธ์ระหว่างลมกับความกดดัน แกลงโดย Ballot ว่าในซีกโลกทางเหนือ ถ้าหันหลังให้กับลม ความกดดันต่ำจะอยู่ทางซ้ายมือ และความกดดันสูงจะอยู่ทางขวามือ

Gradient wind

ในกรณีที่เส้น isobar ไม่เป็นเส้นตรง จะมีแรง centrifugal force (แรงเหวี่ยง) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ดังนั้นจะเกิดความสมดุลระหว่างแรง 3 แรง คือ แรงเหวี่ยง แรง coriolis และแรง Pressure gradient ดังนั้น ลมที่เกิดจาก 3 แรงนี้เรียกว่า gradient wind

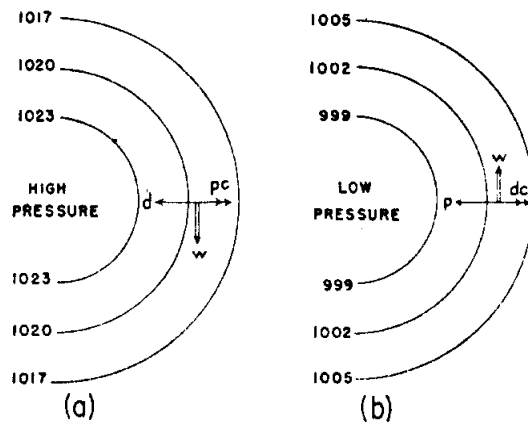


FIG. 4.9

Three Forces Affecting the Wind. Pressure gradient,  $p$ , starts the wind in motion and is balanced by the centrifugal force,  $c$ , and the Coriolis force,  $d$ , to create a gradient wind.



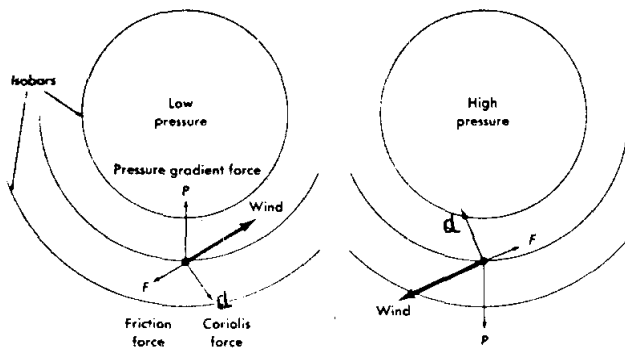
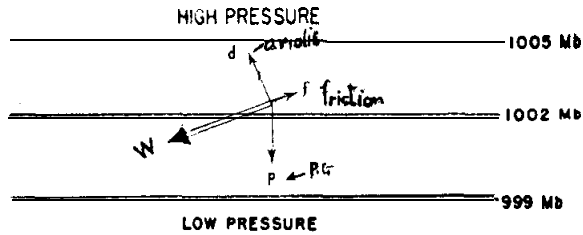
Surface wind (ลมพื้นผิว)

ที่กล่าวมาแล้วนั้นเป็นลมที่อยู่สูงกว่า 2000 หรือ 3000 ฟุต (600 หรือ 900 m) แต่ถ้าอยู่ใกล้พื้นดิน จะมีแรงอย่างอื่นซึ่งทำให้ทิศทางของลมเปลี่ยนแปลงไปอีก นั่นคือ แรงที่เกิดจากการเสียดทานระหว่างอากาศกับพื้นดิน ซึ่งไปลดค่า Coriolis force ลงบางส่วน ดังนั้นลมแทนที่จะพัดไปตามเส้น isobar จะพัดทำมุมประมาณ 20° ถึง 45°

กรณีเส้น isobar เป็นเส้นตรง

FIG.4.10

Surface Winds in Relation to the Isobars. Surface friction,  $f$ , disturbs the balance between the other forces and causes the wind to flow slightly across the isobars toward low pressure. When the isobars are straight, there is no centrifugal force.



กรณีเส้น isobar เป็นเส้นโค้ง

Figure 4.11 (Left) Wind velocities around low- and high-pressure centers near the ground in the Northern Hemisphere when frictional forces,  $F$ , are important. The effect of friction is to reduce wind speed and cause a deviation of the wind toward lower pressure. As a result, air blows into low-pressure centers and out of high-pressure centers.

General circulation หรือ Planetary Winds (ระบบลมบนพื้นโลก)

สมมติว่าโลกหยุดนิ่งไม่มีการหมุน และโลกประกอบด้วยพื้นดินหรือพื้นน้ำทั้งหมด และมีแต่ดวงอาทิตย์ส่องอยู่บนเส้นศูนย์สูตร อุณหภูมิบนผิวโลกจะค่อย ๆ ลดลง จากเส้นศูนย์สูตรจนถึงขั้วโลกทั้งสองข้าง ความร้อนที่ส่องคงที่บนเส้นศูนย์สูตร จะทำให้อากาศขยายตัวและลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน ทำให้แกนเส้นศูนย์สูตร

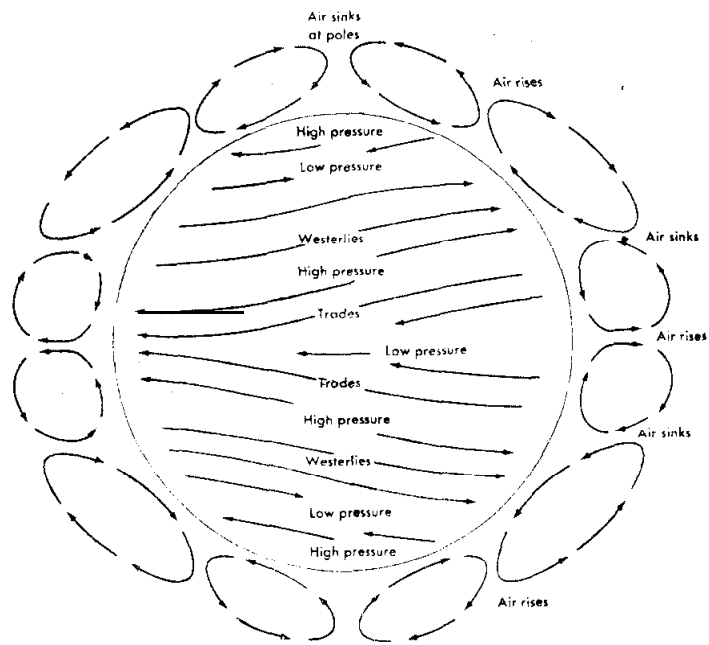


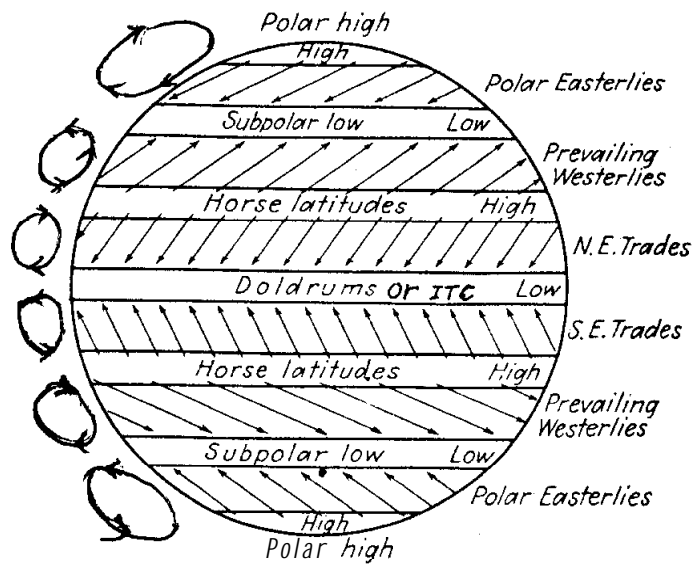
Figure 4.13 Simplified schematic representation of the general circulation of the atmosphere.

มีความกดกันต่ำ ณ ส่วนบนสุดของชั้นโทรโปสเฟียร์อากาศจะไหลมายังขั้วโลกทั้งสองข้าง ที่บริเวณขั้วโลกอากาศจะเย็นและหยุดนิ่ง ทำให้เกิดความดันสูงที่ผิว ดังนั้นบนพื้นโลกจะมีบริเวณความกดกันต่ำเหนือเส้นศูนย์สูตร และมีบริเวณความกดกันสูงเหนือขั้วโลก ความแตกต่างในความกดกันนี้จะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของมวลอากาศจำนวนหมื่นมาแต่ละข้างของซีกโลก โดยที่อากาศจะไหลจากขั้วโลกขนานไปตามพื้นดินไปยังเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นในซีกโลกทางเหนือจะได้รับแต่อากาศเย็นของลมฝ่ายเหนือ(north wind) และในซีกโลกทางใต้จะได้รับแต่อากาศเย็นของลมฝ่ายใต้(south wind) จะเห็นว่าโดยความจริงแล้วการเคลื่อนไหวของอากาศไม่เป็นอย่างนี้ เนื่องจากผิวโลกได้รับความร้อนไม่เท่ากัน ความไม่สม่ำเสมอของพื้นดินและน้ำที่มีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของโลก ความสูงต่ำของแผ่นดินและการหมุนรอบแกนของโลกมีผลอย่างใหญ่หลวงต่อการหมุนวนโดยทั่วไปของบรรยากาศและทำให้สลับซับซ้อนมากขึ้นจากการสังเกตบอกให้เราทราบว่าบริเวณหลายแห่งที่มีอิทธิพลจากทิศทางหนึ่งเป็นประจำตลอดปี หรือในทิศทางแห่งลมเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลหรือในที่อีกบางแห่งลมอาจเปลี่ยนแปลงไปวันต่อวัน ดังนั้นการเคลื่อนไหวของบรรยากาศจึงเรียกว่า การหมุนวนทั่วไปของลม (general circulation)

ในบริเวณแถบเส้นศูนย์สูตร อากาศถูกทำให้ร้อนมากกว่าส่วนอื่นของโลก อากาศร้อนที่ลอยตัวขึ้นเบื้องบนจะก่อให้เกิดแนวความกดกันต่ำ (low pressure belt) ลมพื้นผิวจะเบาและไม่แน่นอนแถบหรือแนวความกดกันต่ำนี้อาจมีชื่อได้หลายชื่อ เช่น doldrums หรือ equatorial low หรือ equatorial trough หรือ intertropical convergence zone ชื่อแรกและชื่อสุดท้ายนิยมเรียกมากที่สุด ที่ระยะสูงเหนือเส้นศูนย์สูตรอากาศจะแผ่กระจายและพัดไปทั้งทางทิศเหนือและใต้ลมที่อยู่ในระยะสูงนี้เรียกว่าลมต้านสินค้า (antitrade wind) ซึ่งจะเย็นลงระหว่างละติจูด 30° และจะลดต่ำ (descend) ลงสู่ผิวโลกทำให้แนวความกดกันสูง เรียกว่า horse latitudes (บางที่เรียกว่า subtropical high) อากาศที่ลดต่ำลงนี้บางส่วนจะพัดไปตามพื้นผิวกลับไปยังเส้นศูนย์สูตรอีกเรียกว่าลมสินค้า (trade winds) และบางส่วนจะพัดไปทางขั้วโลกทำให้เกิดลมที่เรียกว่า westerlies (หรือ prevailing westerlies) (ดูรูป) 4.13'

ลม westerlies และ polar easterlies จะพัดมาพบกันที่ละติจูด 60-70° และจะลอยตัวขึ้นสูงทำให้เกิดบริเวณแถบความกดอากาศต่ำเรียกว่า polar low หรือ polar front ที่บริเวณแถบนี้มีความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นอย่างมาก จากลม westerlies ซึ่งพัดมาจาก

subtropical high (lat  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$ ) และลม easterlies ซึ่งพัดมาจากขั้วโลก ทำให้เกิด พายุ cyclonic หรือ low ในลม westerlies, สำหรับลม easterlies นั้นเป็นลมที่ ได้จาก polar high ซึ่งเกิดจากการจมของอากาศในระดับที่สูงขึ้น ณ ขั้วโลก



**Fig.4.12** The ideal primary or terrestrial pressure and wind systems.

จะเห็นว่าแทนที่จะมีการไหลวนของอากาศเพียงเขตเดียวในแต่ละครึ่งซีกโลก ก็จะมีการไหลวนถึง 3 เขต (zone) ดังรูปข้างบน

### สรุป

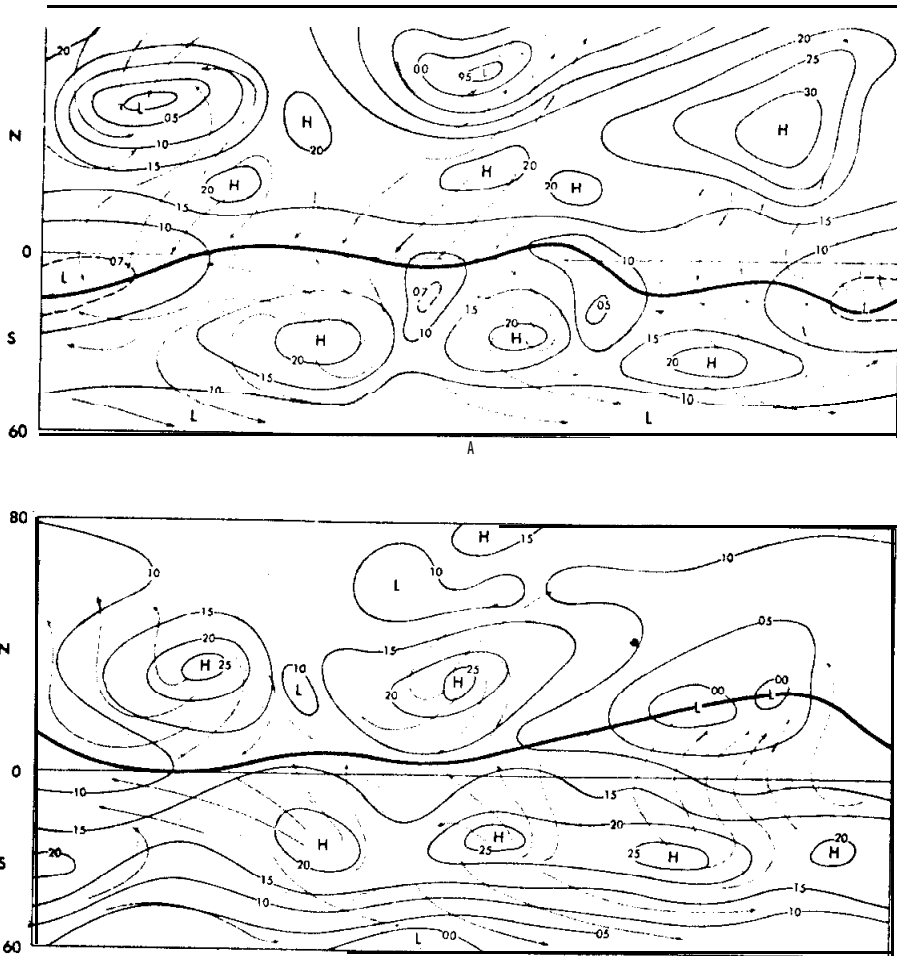
ระบบลมบนพื้นโลก (Prevailing winds)

มียู่สามระบบ ลมสินค้า (trades wind) ซึ่งอยู่ระหว่างเส้นศูนย์สูตรกับเส้นละติจูดที่ 30 องศา, ลม westerlies ซึ่งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 30° ถึง 60° และลม polar easterlies ซึ่งอยู่ใกล้กับขั้วโลก ลมเหล่านี้จะปรากฏแน่นอนอยู่บนส่วนต่าง ๆ ของโลก แต่จะเคลื่อนย้าย (migrate) ไปทางทิศเหนือและทิศใต้ประมาณ 5 องศาถึง 6 องศาละติจูดพร้อมกับฤดูที่เปลี่ยนไป

doldrum (แถบนี้อยู่ระหว่าง 5° N และ 5° s latitude)

ดังที่ได้กล่าวแล้ว บริเวณที่ได้รับความร้อนมากที่สุดก็คือบริเวณเส้นศูนย์สูตร อากาศที่ร้อนนี้จะลอยขึ้นสู่เบื้องบนและทำให้เกิดบริเวณความกดดันต่ำ ในฤดูร้อนของซีกโลกเหนือ แถบความกดดันต่ำนี้จะอยู่ที่ทิศเหนือของเส้นศูนย์สูตร และในฤดูหนาวจะอยู่ทางทิศใต้ของเส้นศูนย์สูตร (ดูรูป 4.14)

อากาศที่ลอยตัวสูงขึ้นจะทำให้เกิดความสงบ อาจจะไม่มียุคฝนเป็นวัน ๆ ใน doldrum ในสมัยก่อนเรือที่วิ่งอยู่ในทะเลพยายามหลีกเลี่ยงให้ห่างจากเขตความกดดันต่ำนี้ ความสงบอาจนับได้ประมาณหนึ่งในสามของเวลา เนื่องจากอากาศร้อนและชื้นที่ลอยตัวขึ้นสูง เย็นลงอย่างรวดเร็ว ไอน้ำจะควบแน่นทำให้เกิด เมฆ และฝนตกหนัก อากาศชื้นที่ลอยตัวขึ้นสูงในมหาสมุทรที่บริเวณขอบของโพลครัม อาจทำให้เกิดพายุไต้ฝุ่นหรือเฮริเคน ในแถบ doldrum นี้ลมพัดมีทิศไม่แน่นอน



**Figure 4.14** Average sea-level winds and pressures (isobars in millibars exceeding 1000 mb) over the earth in (A) January and (B) July. The heavy solid line is the intertropical convergence zone. From *Introduction to the Atmosphere* by Herbert Riehl, Copyright 1972. Used with permission of McGraw-Hill Book Company.

ทางเหนือและใต้ของ doldrum ก็เป็น trade wind ซึ่งในซีกโลกทางเหนือเรียก northeast trades และในซีกโลกทางใต้เรียก southeast trades ลมสินค้านี้พัดสม่ำเสมอ มีทิศทางค่อนข้างแน่นอนและมีกำลังแรงปานกลาง มีความเร็วลมประมาณ 16-24 ก.ม/ช.ม สมัยโบราณใช้ประโยชน์ในการเดินเรือสินค้าเป็นอย่างมาก

Horse latitude (แถบความกดอากาศสูงอยู่ระหว่าง 30-40° latitude)

เหนือบริเวณโพลาร์ อากาศเย็นที่แห้งจะแผ่กระจายไปยังขั้วโลก และเนื่องจากการหมุนของโลกจะทำให้เฉียงไปทางทิศตะวันออก และจะจมลงที่ lat 30-40° ใต้เบื้องดินทำให้เกิดแถบความกด สูงขึ้นเรียกว่า horse latitude ในบริเวณนี้จะมีลมพัดอ่อนมากและพัดไม่แน่นอน ทำให้เกิดความสงบ การที่ได้รับชื่อว่า horse latitude เนื่องจากว่าเมื่อมีเรือบรรทุกมาจากสเปนมายังโลกใหม่ (new world) นั้น ขณะที่ผ่านเข้ามาในเขตนี้ลูกเรือจะต้องหึ่งม้าลงในทะเลเป็นจำนวนมาก เพื่อรักษาอาหารและน้ำ นอกจากนี้ทำให้เรือบรรทุกน้ำหนักน้อยลงและทำให้ลมที่มีกำลังอ่อนนั้นสามารถพัดให้เรือวิ่งไปได้ด้วย ในขณะที่อากาศจมต่ำลงมาจากระดับสูง จะมีความร้อนมากขึ้นและสามารถอมไอน้ำได้มาก ดังนั้น horse latitude จึงมักปราศจากเมฆและมีฝนตกน้อย เนื่องจากอากาศที่ลดต่ำลงมานั้นสามารถมีไอน้ำได้มาก ฝนแผ่นดินที่อยู่ในบริเวณนี้จะเป็นทะเลทรายเป็นส่วนใหญ่

Westerly wind อยู่ระหว่าง 30 latitude กับ 60 latitude

ลมนี้จะพัดในแนว SW ในซีกโลกเหนือและ NW ในซีกโลกใต้ ลม westerlies มักมีกำลังแรง โดยเฉพาะในฤดูหนาวจะเกิดมีพายุบ่อย ๆ และในซีกโลกใต้ลมจะมีกำลังแรงมากกว่าในซีกโลกเหนือ เนื่องจากในซีกโลกใต้เป็นพื้นน้ำติดต่อกันไป ไม่มีทวีปคั่นเป็นตอน ๆ เหมือนในซีกโลกเหนือระหว่างละติจูด 40 ถึง 60 องศาใต้ ลมที่ตะวันตกมีกำลังแรงมาก จนในสมัยโบราณชาวเรือขนานนามว่า The roaring forties, the furious fifties, the screaming sixties

การเคลื่อนย้ายของลม (migrating winds of calm belts)

ในขณะที่ฤดูเปลี่ยน แนวความกดดันสูง และความกดดันต่ำจะเคลื่อนย้ายไป 5 ถึง 6 องศาเหนือและใต้จากตำแหน่งเฉลี่ยเดิม ดังนั้นจึงทำให้เขตการหมุนวนของลมทั้ง 3 เปลี่ยนไปทางเหนือและใต้เล็กน้อย เมื่อโพลาร์เคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือ ลม SE trade ซึ่งอยู่ทางซีกโลกใต้ จะข้ามเส้นศูนย์สูตรและเฉียงเบนไปทางทิศตะวันออก ลมซึ่งข้ามเส้นศูนย์สูตรมาอยู่ในซีกโลกเหนือแล้วนี้เรียกว่า Southwest winds (ดูรูปแผ่นถัดไป) เมื่อโพลาร์เคลื่อนที่ไปอยู่ที่เส้นศูนย์สูตรในซีกโลกใต้ NE trades จะข้ามเส้นศูนย์สูตรและเฉียงไปทางตะวันออก ลมที่ข้ามมาอยู่ในซีกโลกใต้มีเรียกว่า northwest wind

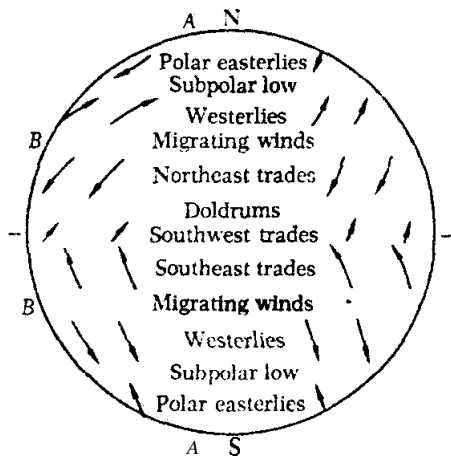


Figure 4.15 July wind circulation: A, polar highs; B, tropical highs.

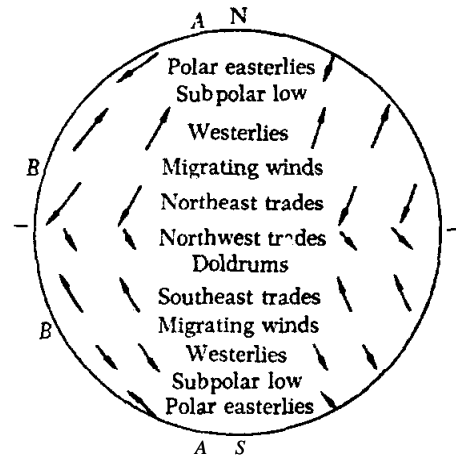
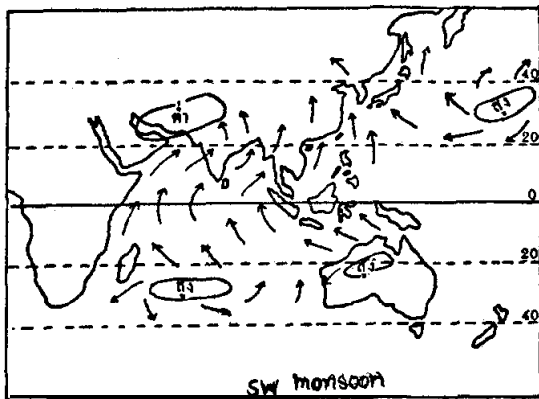


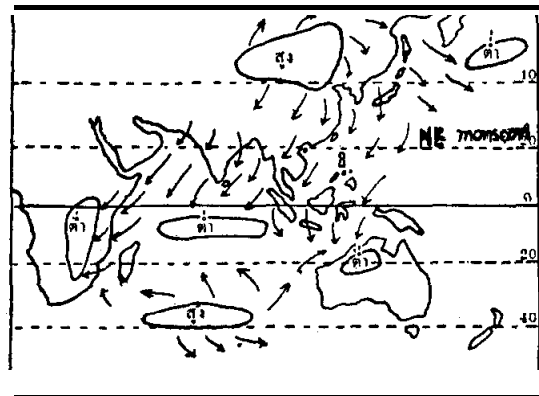
Figure 4.16 January wind circulation: A, polar highs; B tropical highs.

ลมประจำฤดู

ลมที่ เปลี่ยนทิศทาง เหนือพื้นผิว โลกพร้อมกับฤดูที่ เปลี่ยนนั้น เรียกว่าลมมรสุม (monsoons)

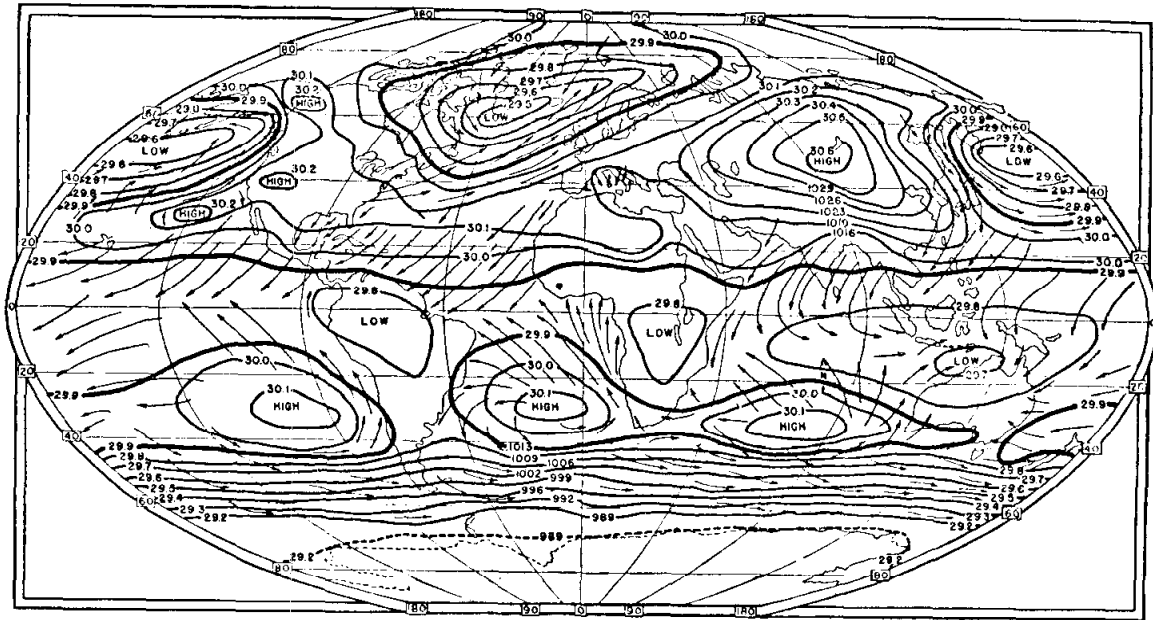


ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ รูป 4.18

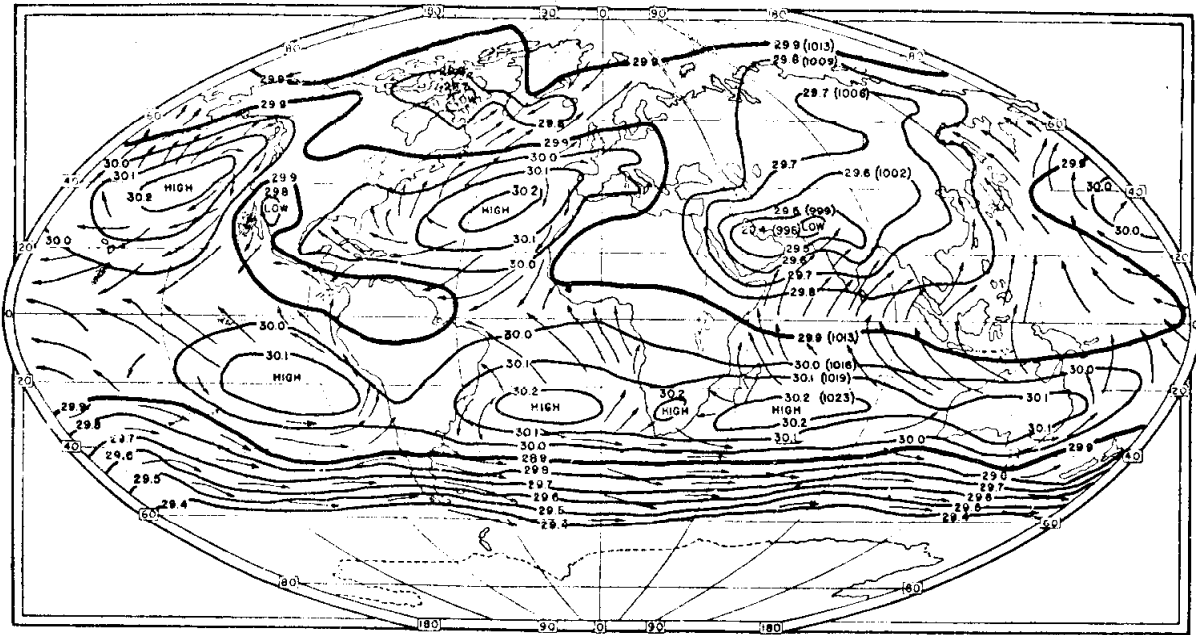


ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ





Mean January Sea-level Pressures and Wind Directions of the World. Base map by permission of Denoyer-Geppert Co. FIG. 4. 19



Mean July Sea-level Pressures and Wind Directions of the World. Base map by permission of Denoyer-Geppert Co. **FIG. 4. 20**

สาเหตุที่เกิดลมมรสุมขึ้นก็เพราะในฤดูร้อนจะมีบริเวณความกดอากาศต่ำ ซึ่งถาวรชั่วคราว ก่อตัวขึ้นบนพื้นแผ่นดินที่ร้อน ขณะเดียวกันอากาศที่มีความกดอากาศสูงจะก่อตัวเหนือพื้นน้ำ การที่เป็นเช่นนี้ ทำให้เกิดความชันของแรงกดอากาศ (pressure gradient) จากทะเลมาสู่แผ่นดิน เป็นเหตุให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศที่เย็นกว่าจากพื้นน้ำสู่แผ่นดิน การเคลื่อนที่ของอากาศนี้เรียกว่า **ลมมรสุมในฤดูร้อน หรือ SW monsoon** เพราะวาลมนี้พัดจากมหาสมุทร เพราะฉะนั้นจะมีจำนวนไอน้ำสูง เมื่อมาถึงแผ่นดินที่สูงเหนือระดับน้ำทะเลก็จะถูกบังคับให้ลอยตัวสูงขึ้น การเปลี่ยนความสูงในทันทีทันใดทำให้เกิดการเย็นตัวอย่างกะทันหัน และเป็นสาเหตุให้เกิดฝนตกชุก

ในฤดูหนาวสภาวะความกดอากาศจะกลับกัน บริเวณที่มีความกดอากาศสูงจะก่อตัวขึ้นและถาวรอยู่ชั่วคราว

ตัวอย่าง เช่นบริเวณเหนือแถบกลางในทวีปเอเชีย บนพื้นทะเลที่ร้อนไปทางทิศใต้และทิศตะวันออก

(ดูรูป) ความกดอากาศต่ำก่อตัวขึ้น ดังนั้นอากาศจะเคลื่อนที่จากแผ่นดินไปยังทะเลทำให้เกิดเป็นลมมรสุม (NE monsoon)

ในฤดูหนาว ซึ่งมักเป็นลมที่แห้ง ลมมรสุมมักปรากฏในประเทศอินเดีย ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน อ่าว

เม็กซิโกตามฝั่งทะเลตะวันออกของเอเชีย และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ดูรูป 4.19, 4.20 )

หลักการเกิดลมมรสุมเป็นไปอย่างเดียวกับลมบก ลมทะเล เพียงแต่ลมมรสุมมีขนาดใหญ่กว่าเท่านั้น

โดยทั่วไปในฤดูหนาวภาคตะวันออกและภาคใต้ของทวีปเอเชียไม่ค่อยมีฝนตก ยกเว้นชายทะเล บางแห่งที่ได้รับลมที่พัดผ่านพื้นน้ำมาก่อน อย่างเช่น ชายฝั่งตะวันตกของอ่าวไทย เช่น จังหวัดชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งได้รับลมมรสุมฤดูหนาวที่พัดผ่านอ่าวไทยมาก่อนที่จะมาถึงฝั่ง จึงอาจทำให้เกิดฝนตก ได้บ้าง

#### ลมประจำเวลา

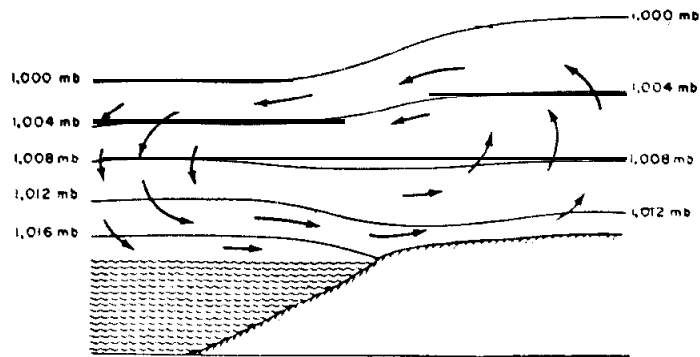
ลมประจำเวลาคือลมที่พัด เป็นเวลาในตอนกลางวันและในตอนกลางคืน เป็นลมที่เกิดขึ้นเฉพาะ ตำบล, แห่งที่, ได้แก่ลมบก และลมทะเล (land and sea breezes) ลม 2 ชนิดนี้เกิดขึ้นตาม บริเวณชายฝั่งซึ่งติดต่อกับพื้นทะเล โดยมีสาเหตุจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำ และในฤดูร้อนจะปรากฏชัดเจนมากกว่าในฤดูหนาว

#### ลมทะเล (sea breeze)

เป็นลมที่เกิดขึ้นในเวลากลางวัน เนื่องจากเวลากลางวันดวงอาทิตย์แผ่รังสีมายังพื้นโลก พื้นแผ่นดินจะรับเอาความร้อนไว้ได้มากกว่าพื้นน้ำ อากาศเหนือพื้นดินจึงร้อนกว่า เมื่ออากาศเหนือพื้นดินลอยตัวสูงขึ้น อากาศเหนือพื้นน้ำจากทะเลจึงไหลมาแทนที่ ทำให้เกิดลมพัดจากทะเลเข้าหาฝั่ง ลมชนิดนี้ มักจะเกิดขึ้นเป็นแนวแถบ ๆ ตามริมฝั่งทะเล ในบางครั้งลมทะเลอาจพัดลึกเข้าไปในแผ่นดินเป็นระยะทางกว่า 20 กม. ลมทะเลขาว เรือเรียกว่าลมขึ้น มักจะเริ่มเกิดและพัดเข้าหาฝั่งเวลา 09.00 น. เล็กน้อย และจะพัดเรื่อยไปจนเวลาใกล้ค่ำ แต่ในตอนบ่ายมักจะเป็นเวลาที่มีกำลังแรงที่สุด อาจมีความเร็วลมถึง 30 กม./ชม. การพัดเข้าหาฝั่งของลมทะเลช่วยทำให้ความชื้นของอากาศบนฝั่งลดลง เป็นการผ่อนคลายความร้อนลงได้มากจนจึงนิยมไปตากอากาศชายทะเลกันมากในฤดูร้อน (ดูรูป 4:21)

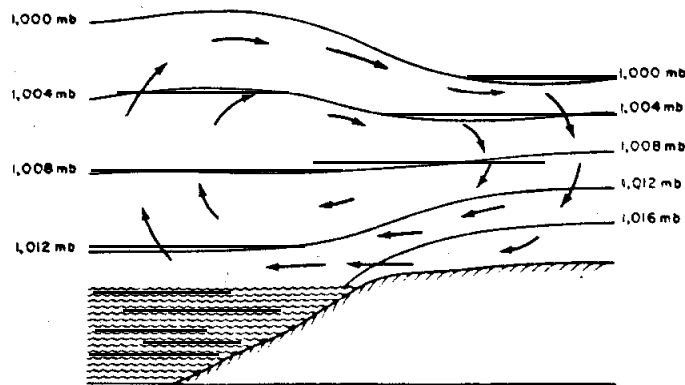
**Sea Breeze.** The first result of diurnal heating of the land is the upward bending of the isobars over the land, producing an upper-level high, the second is the seaward flow of the upper air, reducing the surface pressure over the land and increasing it over the water; the third is the beginning of the flow of air in from the sea.

**FIG. 4.21**



**Land Breeze.** The first result of nocturnal cooling of the land is the settling of the isobaric surfaces over the land, producing an upper-level low; the second is the landward flow of the upper air, increasing the surface pressure over land; the third is the beginning of the surface breeze toward the sea.

**FIG. 4.22**



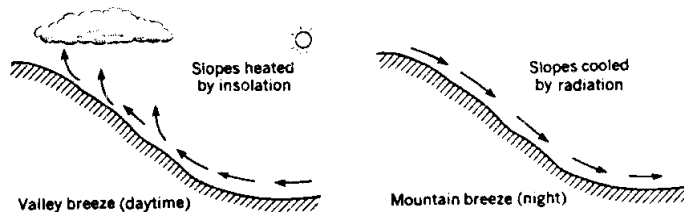
ลมบก (Land breeze)

เป็นลมที่เกิดขึ้นในเวลากลางคืน เนื่องจากพื้นแผ่นดินคลายความร้อนออก ทำให้อากาศเหนือพื้นดินเย็นมากกว่าอากาศเหนือพื้นผิวน้ำทะเล อากาศเหนือผิวน้ำซึ่งอุ่นกว่าจึงลอยตัวขึ้น และอากาศจากพื้นดิน

ไหลออกไปแทนที่เป็นเหตุให้เกิดลมพัดออกจากฝั่ง ลมบกภาษาชาวเรือเรียกว่าลมลอง คือช่วยพัดส่งท้ายเรือที่แล่นออกจากฝั่ง ลมนี้จะเริ่มต้นพัดออกจากฝั่งประมาณเที่ยงคืนจนกระทั่งถึงตอนเช้าก่อนดวงอาทิตย์ขึ้น ลมบกมีกำลังแรงน้อยกว่าลมทะเล (แต่ในบางครั้งก็อาจแรงจัด) และพัดออกจากฝั่งห่างออกไปเป็นระยะทางไม่กี่กิโลเมตร (รูป 4.22)

**ลมภูเขาและลมหุบเขา (Mountain and Valley breezes)**

Fig.4.23 Principle of the mountain and valley breezes



ในเวลากลางวันที่ร้อนและแจ่มใส ผนังของภูเขาที่ลาดลงจะถูกแสงแดดมาก และทำให้ร้อน ดังนั้นอากาศซึ่งสัมผัสกับผนังภูเขาจะร้อนด้วยและเบากว่าอากาศรอบ ๆ ในระดับเดียวกัน ลมซึ่งเบาลงนี้จะลอยตัวขึ้นเรียกว่า ลมหุบเขา ในเวลากลางคืนผนังของภูเขาจะเย็นและทำให้อากาศที่สัมผัสกับผนังเย็นด้วย อากาศที่เย็นนี้จะหนาแน่นขึ้นและลดต่ำลงซึ่งเรียกว่าลมภูเขา

**ลมประจำถิ่น Local winds**

หมายถึงลมที่เกิดเฉพาะตำบลและบางฤดูกาลในส่วนต่าง ๆ ของโลก แบ่งออกเป็นลมร้อนพวกหนึ่งและลมเย็นอีกพวกหนึ่ง สาเหตุเกิดจาก pressure gradient ต่างกัน

**ลมตะเภา** เป็นลมฝ่ายใต้ที่พัดจากอ่าวไทยเข้าสู่บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา เกิดขึ้นในฤดูร้อนตั้งแต่ประมาณกลางเดือน ก.พ ไปจนถึงสิ้นเดือน เม.ย เนื่องจากในฤดูร้อนบนแผ่นดินร้อนกว่าทะเล ดังนั้นทำให้ลมพัดเข้าสู่กันอ่าว ลมตะเภาเป็นลมที่พัดมีทิศทางค่อนข้างแน่นอนและจะพัดแรงในเวลาเย็น ในฤดูนี้คนมักจะมีการเล่นว่าวโดยทั่วไป ดังนั้นคนจึงเรียกว่าลมว่าว (ลมตะเภาช่วยในการแล่นเรือไปในสมัยโบราณ)

ลมว่าว เป็นลมฝ่ายเหนือที่พัดลงมาจากลุ่มน้ำเจ้าพระยา เกิดขึ้นระหว่างปลายฤดูฝนถึงต้นฤดูหนาว คือประมาณปลายเดือน ก.ย ถึงต้นเดือน พ.ย ซึ่งเป็นระยะที่ลม NE เริ่มต้นพัดมาจึงเป็นลมหนาว ลมนี้พัดแรงและมีทิศทางแน่นอนจึงเหมาะในการเล่นว่าว ชาวบ้านเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าลมข้าวเบาเพราะเมื่อ ลมนี้ เริ่มต้นพัดข้าว เบาจะสุกพอดี

#### มวลอากาศและแนวปะทะอากาศ

คำนิยามของมวลอากาศก็คือมวลอันกว้างใหญ่ของอากาศ ซึ่งมีคุณสมบัติของความชื้นและอุณหภูมิ เป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ในแนวนอน เมื่ออุณหภูมิหยุดนิ่งในบางเวลาเหนือบางส่วนของ พื้นโลก อากาศนั้นจะมีลักษณะความร้อนและความชื้นเหมือนกับบริเวณนั้น ถ้าแหล่งกำเนิด (Source region) นั้นแห้งและเย็น มวลอากาศนั้นจะต้องแห้งและเย็นด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าแหล่งนั้นร้อนและชื้น มวล อากาศก็จะร้อนและชื้นด้วย

ดังนั้นมวลอากาศจึงแบ่งตามแหล่งกำเนิด ซึ่งใช้เขตของภูมิศาสตร์หรือตามเส้น latitude เป็นหลัก เช่น tropical หรือ polar เป็นต้น

กำหนดให้	A	หมายถึง	arctic
	P	»	Polar
	T	»	Tropical
	E	»	Equatorial

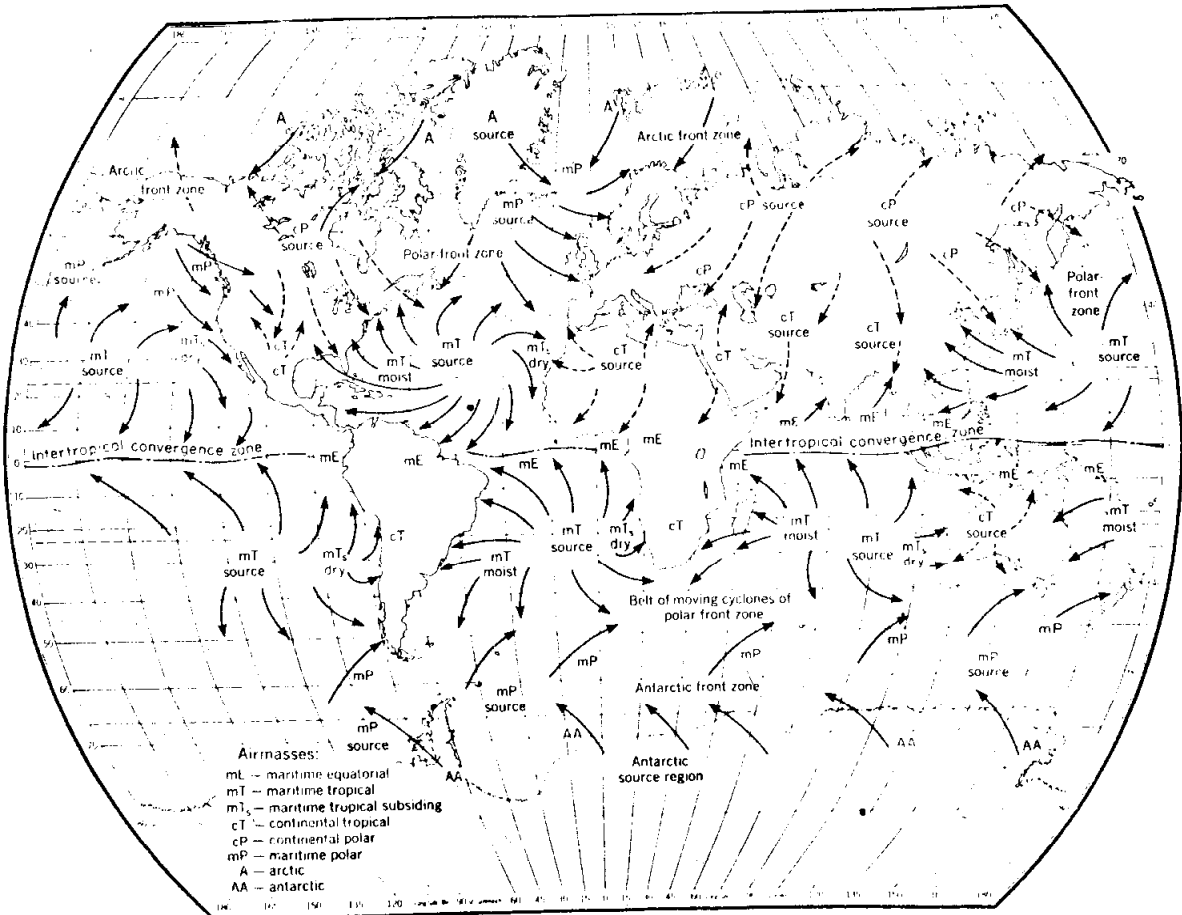
นอกจากนี้ มวลอากาศยังแบ่งย่อยออกตามลักษณะพื้นผิวที่อยู่เหนือ

- ให้ m หมายถึงบริเวณเดิมของอากาศอยู่เหนือน้ำ (maritime = ฝั่งทะเล)
- c หมายถึงบริเวณเดิมของอากาศอยู่เหนือทวีป (Continental)

และเนื่องจากเมื่ออากาศเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดความร้อนและกลไกอาจเปลี่ยนด้วย ดังนั้น จึงกำหนดอีกว่า

- ให้ k หมายถึงเย็น
- w หมายถึงร้อน

สัญลักษณ์ cPw หมายถึงมวลอากาศที่พัดมาจากทวีปแถบขั้วโลกและมีความชื้นในส่วนล่างมากกว่าบริเวณที่มันพัดผ่าน cPk ก็หมายถึง มวลอากาศที่พัดจากทวีปแถบขั้วโลกและเย็นในบริเวณส่วนล่างมากกว่าที่มันพัดผ่าน เป็นต้น (ดูรูป 4.24)



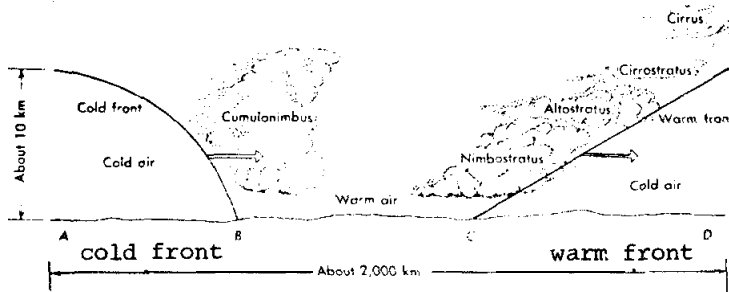
After Arthur N. Strahler, *Physical Geography* (John Wiley & Sons, Inc., 1951). Van der Grinten projection, courtesy A. J. Nystrom & Co., Chicago.

fig. 4.24 Principal air mass and source regions of the world

## Fronts (แนวปะทะอากาศ)

เมื่อมวลอากาศสองมวลที่มีความแตกต่างในอุณหภูมิเป็นอย่างมากมาพบกันจะก่อให้เกิดแนวปะทะอากาศขึ้น การเกิด front เรียกว่า frontogenesis และการสลายตัวของ front เรียกว่า frontolysis

แนวปะทะอากาศเย็น (Cold front) ก็คือ แนวอากาศเย็นไปแทนที่ (displace) อากาศร้อน และแนวปะทะอากาศร้อน (warm front) ก็คือแนวอากาศร้อนไปแทนที่อากาศเย็นนั่นเอง (รูป 4.25)



**Figure 4.25** Clouds associated with a fully developed cyclone. This vertical cross section is taken along the line *ABCD* in Fig. 7-13(D). Note that the horizontal and vertical scales are very different.

## ลักษณะของแนวปะทะอากาศเย็น (Cold fronts)

จากในรูป (a) อากาศอุ่นจะถูกแทนที่ด้วยอากาศเย็นที่เป็นรูปสามเหลี่ยม (wedge) ค่าความชัน (slope) ของ cold front ประมาณ 1 : 80 ซึ่งชันกว่า warm front, cold front มักจะทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง ซึ่งเกิดจากเมฆ cumulonimbus นั้นเอง



ลักษณะบนแผนที่อากาศจะ เขียนดังนี้

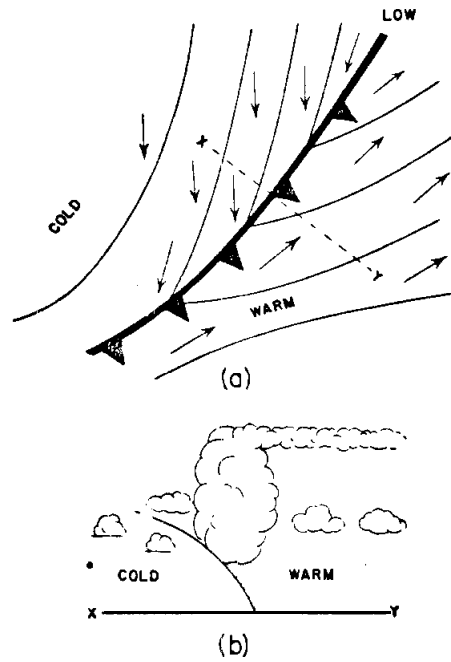


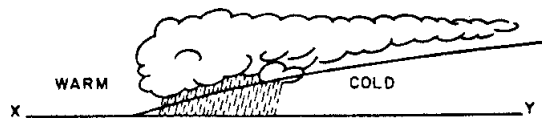
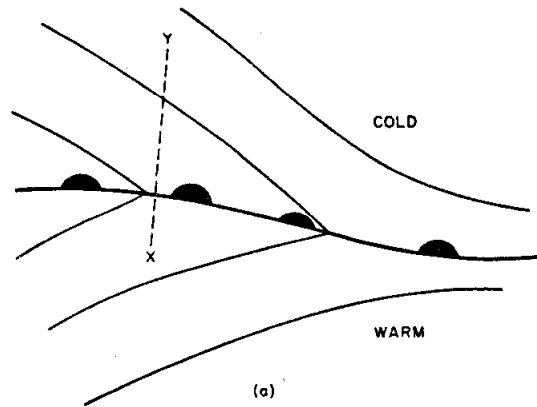
FIG.4.26

(a) Surface and (b) Vertical Sections of a Cold Front.

ลักษณะของแนวปะทะอากาศร้อน (warm fronts)

ในรูป (b) อากาศอุ่นไปแทนที่อากาศเย็น ค่าความชื้นประมาณ 1:100 เนื่องจากค่าความชื้นมีน้อยกว่า cold front ดังนั้นการเกิดเมฆเป็นไปช้า ๆ เมฆที่ทำให้เกิดฝนมักจะเป็น nimbostratus

สัญลักษณ์บนแผนที่อากาศของ warm fronts เขียนดังนี้



(a)  
no. 4.27

(a) Surface and (b) Vertical Sections of a Warm Front.

พายุในเขตร้อน (Tropical storms หรือ Tropical cyclone)

พายุไต้ฝุ่นและพายุเฮอริเคนเป็นพายุหมุน (Cyclonic storm) ที่เกิดขึ้นเฉพาะบางแห่งในเขตร้อน ลมพายุทั้งสองนี้พบในทุกมหาสมุทร ยกเว้น แอตแลนติกใต้ และไม่ค่อยพบใกล้เส้นศูนย์สูตรเกิน 5 ถึง 7 องศาละติจูดเหนือและใต้ ส่วนมากเกิดขึ้นระหว่าง 8-15° N & S

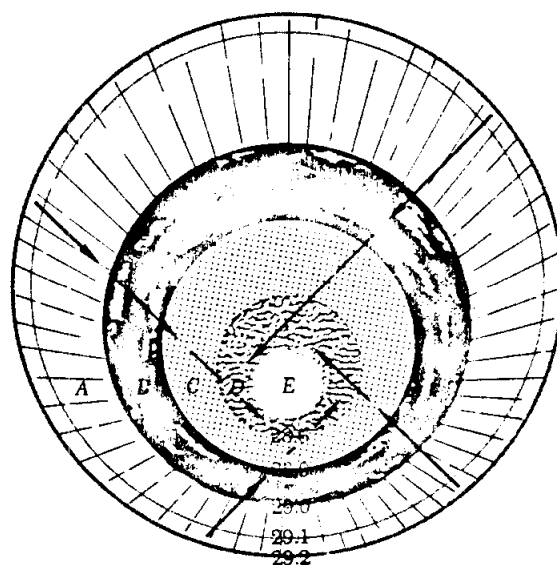
แหล่งกำเนิดของพายุทั้งสองอยู่เหนือผิวน้ำที่มีอุณหภูมิเกินกว่า 26°C ในบริเวณของโคโลดรัม อากาศร้อนและชื้นของลมสินค้า (trades) จะพัดมายังแถบของ doldrum belts และเมื่อมาถึงก็จะถูกบังคับให้ลอยตัวสูงขึ้น ลมพายุหมุน (เกิดจากอิทธิพลการหมุนของโลก) ที่มีกำลัง

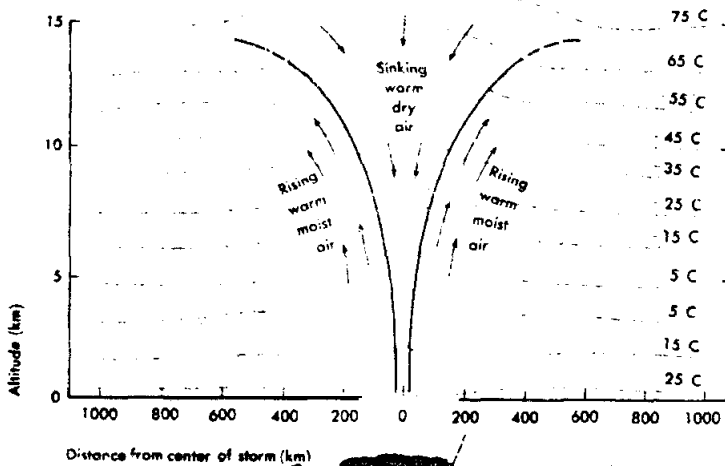
ทำลายมหาศาลนี้ เกิดจากอากาศเย็นซึ่งอยู่ในที่สูงพบกับอากาศซึ่งชื้นและกำลังลอยตัวขึ้น สิ่งนี้ทำให้เกิดความไม่คงที่ (instability) ของอากาศเย็นในเบื้องบน พลังงานจำนวนมหาศาลซึ่งได้มาจากการควบแน่นของไอน้ำที่มีอยู่ในลมสินค้า จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ (kinetic energy) บ่อเกิดของไต้ฝุ่นสันนิษฐานว่าเกิดจาก easterly wave

ลมพายุ นี้ครั้งแรกจะเคลื่อนไปทางทิศตะวันตกใน ซีกโลกเหนือจนกระทั่งพบกับลม westerliesซึ่งจะทำให้เปลี่ยนไปเป็นแนวทิศตะวันออกพายุไต้ฝุ่นเดินทางได้ 480 ก.ม ถึง 720 ก.ม ต่อวัน อานาจการทำลายของพายุไต้ฝุ่นเกิดขึ้นเนื่องจากความเร็วลมสูง ประมาณ 160 ก.ม ถึง 230 ก.ม/ชม ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดคลื่นมตีมาตามชายฝั่ง

พายุไต้ฝุ่นจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 480 ก.ม. ถึง 800 ก.ม บริเวณจุดศูนย์กลางของพายุเรียกว่า "ตา" (eye) ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 5 ก.ม ถึง 50 ก.ม ในส่วนที่เป็นตานี้จะมีความกดดันต่ำ และลมสงบ โดยทั่วไปท้องฟ้าจะแจ่มใสและจะมีฝนตกแต่เฉพาะบริเวณโดยรอบ (ดูรูป 4.28)

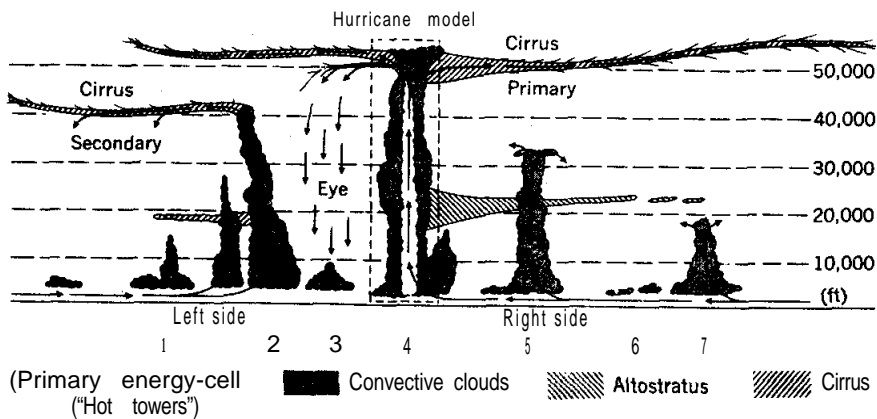
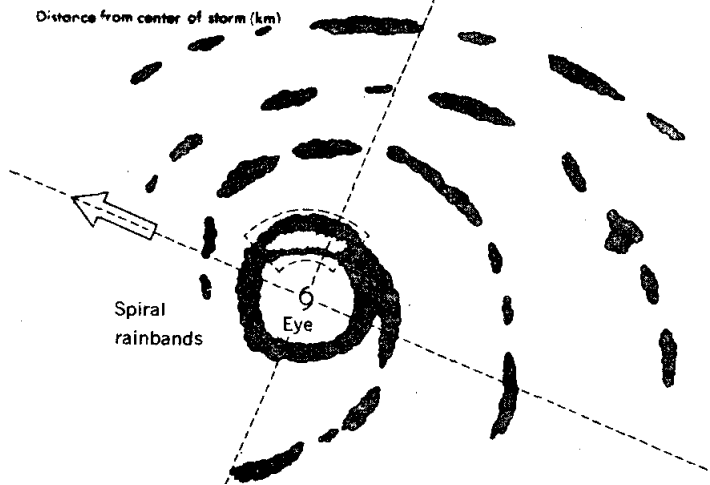
Figure 4.28 . A diagram of a tropical cyclone, showing rain area, wind, and the eye of the storm.





รูปภาพตัดขวางของไต้ฝุ่น

**Figure 4.29** Schematic cross section showing temperature distribution and air motions in a mature hurricane. The heavy solid lines show the boundaries of the eye. *Based on a model by E. Palmén.*



**Fig. 4.30** Hurricane model. The primary energy cell (convective chimney) is located in the area enclosed by the broken line. After Project Stormfury, 1965 Annual Report, ESSA *et al.*

ลักษณะสำคัญของพายุไต้ฝุ่นซึ่งกำลัง เคลื่อนตัว เข้ามาสู่ได้จากท้องฟ้าและทะเล ในท้องฟ้าจะถูกปกคลุม ด้วย เมฆ เซอร์รัส (A ในรูป) ซึ่งทำให้เกิดสีแดงฉานคล้ายตอนพระอาทิตย์ขึ้นและตกลงหน้าก่อนที่ พายุจะมาถึง เข็มบารโอมิเตอร์จะขึ้นสูง ลมจะสงบ อากาศจะร้อนผิดปกติ และ เมื่อจุดศูนย์กลางของพายุ เริ่ม เข้ามาใกล้ ความกดตันจะเริ่มลดลง ลมจะพัดจัดขึ้นและ เมฆ เซอร์รัสจะ เริ่มหนาขึ้นจนกลายเป็น เซอโรสตราตัสหรือ เซอโรคูมัลส (B) (เมฆนี้เองทำให้เกิดพระอาทิตย์ทรงกลดในเวลากลางวันและ พระจันทร์ทรงกลดในเวลากลางคืน) ในไม่ช้าท้องฟ้าจะมีตสลับ บารโอมิเตอร์จะลดต่ำอย่างรวดเร็ว เมฆ นิมบัสจะปรากฏเต็มท้องฟ้าทั้งหมด ทะเลจะปั่นป่วนด้วยลมที่พัดจัดและฝนจะ เทกระหน่ำลงมาอย่างหนักหน่วง (C) ภายหลัง บางเวลาฝนจะหยุด ลมจะลดความเร็วลงและ เมฆนิมบัสจะหายไปและ เซอร์รัสจะกลับมา แทนที่ (D) เมื่อตำแหน่ง E ได้เคลื่อนที่เข้ามาถึง ความเร็วลมจะเป็นศูนย์ ท้องฟ้าจะแจ่มใส เพียง แต่คลื่นที่มาที่อยู่สูงบอกให้รู้ถึงลมพายุไต้ฝุ่นที่อยู่โดยรอบและฝนที่ยังกระหน่ำอย่างหนัก ความกดตันที่คานี้ จะไม่ลดลงไปอีกแต่จะยังคงต่ำสุดอยู่คงเดิม ลักษณะนี้อาจจะกินเวลาประมาณ 30 นาทีหรือนานกว่าและ พายุจะเริ่มความรุนแรงอีกครั้งหนึ่ง จนกระทั่งพายุจะผ่านไป

จากการศึกษาพายุเฮอริเคนทางหมู่เกาะอินเดียตะวันตก แลบอเมริกากลาง (West Indies) พบว่าจำนวนครั้งที่เกิดมากที่สุดอยู่ในฤดูร้อนและต้นฤดูใบไม้ร่วง เมื่อโคลตรัมอยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตร มากที่สุด พายุไต้ฝุ่น ก่อตัวในบริเวณที่มีความเร็วลมต่างกันและต้องอาศัยการหมุนของโลก เพื่อที่จะทำ ให้เกิดการหมุนเป็นเกลียวของพายุ ในระหว่างฤดูหนาวขอบทางเหนือของโคลตรัมจะอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร และพายุไต้ฝุ่น จะไม่เกิดภายในระยะ 5 องศาจากเส้นศูนย์สูตรเนื่องจาก coriolis effect มีค่าน้อยมาก

เมื่อพายุเคลื่อนที่เหนือแผ่นดินจะขยายตัวใหญ่ขึ้นและจะอ่อนกำลังลง การที่เป็นเช่นนี้บางทีเนื่อง มาจากไอน้ำในอากาศขาดหายไป ซึ่งไอน้ำนี้เอง เป็นปัจจัยสำคัญในการควบแน่นแล้วให้พลังงานออกมา หรือบางทีเนื่องมาจากความเสียด (friction) ของแผ่นดินก็เป็นได้ ดังนั้นพายุไต้ฝุ่นจะมีความเร็ว ลดลง แต่ก็ยังทำให้เกิดฝนตกหนักในบริเวณที่ลมนี้ผ่านไป

การเรียกชื่อพายุเป็นดีเปรสชัน โซนร้อนหรือไต้ฝุ่นขึ้นกับความเร็วลม ถ้าอัตราของลมไม่เกิน 33 knot หรือ 61 ก.ม/ช.ม ก็เรียกว่า depression ถ้าความเร็วลมอยู่ระหว่าง 34-63 knot หรือ 62-116 ก.ม/ช.มก็เรียกว่าพายุโซนร้อน ถ้าหากมีความเร็วลมมากกว่า 117 ก.ม/ช.ม ขึ้นไป ก็เรียกว่าพายุไต้ฝุ่น

นับเป็นเวลามากกว่า 20 ปีที่นักบินได้สังเกตการก่อตัวของพายุในเขตร้อนเพื่อจะพิจารณาถึงขนาดและความเร็วลม ในปี ค.ศ 1960 ดาวเทียมโทรส Tiros<sup>1</sup> และดาวเทียม Nimbus<sup>2</sup> พร้อมด้วยกล้องถ่ายภาพได้ส่งขึ้นไปโคจรรอบโลกเพื่อถ่ายรูปการก่อตัวของเมฆ-เหนือพื้นโลกทั้งหมด ดังนั้นเราจึงทราบตำแหน่งของพายุและสามารถติดตามได้ อันเป็นประโยชน์อย่างมากในการช่วยรักษาทรัพย์สินและชีวิตมนุษย์

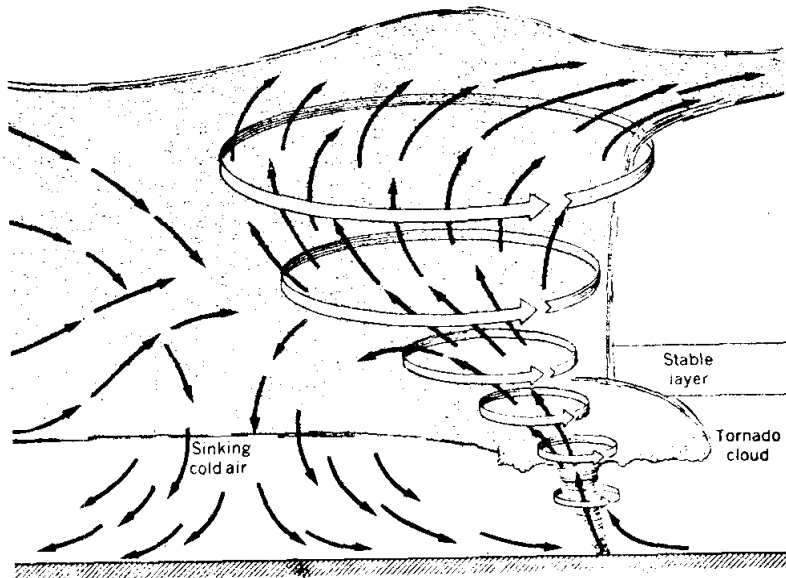
ส่วนใหญ่ของพายุไต้ฝุ่นเกิดในมหาสมุทรแปซิฟิก ระหว่างหมู่เกาะ marshall และประเทศฟิลิปปินส์ (ซึ่งในประเทศนี้เรียกพายุนี้ว่า บาเกียว baguios) แล้วเคลื่อนเข้าสู่ประเทศจีน เกาหลี และญี่ปุ่น นอกจากนี้ยังเกิดขึ้นทางเหนือของประเทศออสเตรเลีย ซึ่งเรียกว่า พายุ Willy-Willies ถ้าเกิดในมหาสมุทรอินเดียเรียกว่า Cyclone พายุเฮอริเคนเป็นพายุหมุนที่เกิดในทางซีกโลกตะวันตก และถ้าเกิดในซีกโลกตะวันออกก็เรียกว่า typhoons

การตั้งชื่อพายุไต้ฝุ่น เอาชื่อ เพศหญิงมาตั้ง เพราะง่ายต่อการจดจำ โดย เริ่มต้นด้วยอักษร A,B,C... เช่น Anna, Betsy, Carla, Debbie... เป็นต้น

### พายุทอร์นาโด

พายุทอร์นาโดเป็นอากาศหมุนที่มีขนาดเล็กแต่จะมีอำนาจทำลายสูง พายุนี้จะหมุนวนเข้มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ ทอร์นาโดเกิดจากเมฆรูปร่างเป็นรูปกรวย (funnel shaped) ที่ก่อตัวจากเมฆ cumulonimbus รูปกรวยอาจจะขึ้นสูงหรือลดต่ำ และปิดตัวค่อนข้างรุนแรงมาก ถ้าพายุนี้เกิดขึ้นเหนือน้ำเรียกว่า waterspouts

ลำตัวของพายุทอร์นาโดอาจจะอยู่เหนือพื้นผิวหรือต่อกับพื้นผิวก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับความเร็วลมที่พื้นฐานของเมฆและความเร็วที่พื้นผิว ถ้าความเร็วลมในเบื้องบนมากกว่าความเร็วลมที่พื้นผิว ลำตัวส่วนบนของพายุจะนำไปข้างหน้า ซึ่งอาจทำให้ลำตัวลอยพ้นจากพื้นผิว หรือพายุอาจถูกทำลายไปทั้งหมด อำนาจการทำลายของพายุทอร์นาโดมีมากที่สุด เมื่อลมที่พื้นผิว เท่ากับความเร็วลมที่อยู่เบื้องบน



**Fig. 4.32** Sketch of a tornado thunderstorm. Courtesy J. R. Fulks, Report No. 4, National Severe Storms Project, U.S. Weather Bureau.

เมื่อรูปกรวยลดลงมาถึงพื้นดิน ก็จะทำลายทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่ในทางเดินของมัน ความเร็วลมอาจมีค่า 320 ถึง 640 กิโลเมตรต่อชม.ม

ลมของพายุทอร์นาโดไม่ได้มีส่วนในการทำลายเพียงอย่างเดียว เมื่อลำตัวพายุลดลงถึงพื้นดิน การหมุนของอากาศรอบลำตัวที่รุนแรงจะทำให้ จุดศูนย์กลางกลายเป็นสุญญากาศ การที่ความกดดันลดต่ำลงอย่างกะทันหันนั้นกรอบสิ่งก่อสร้างในขณะที่พายุนี้วิ่งผ่านจะทำให้แรงดันอากาศภายในตัวตึกมีมากกว่าภายนอกอย่างมหาศาลและทำให้เกิดการระเบิด

ทอร์นาโดเป็นผลจากอากาศที่ไม่คงที่เป็นอย่างมาก (extremely unstable) และรวมด้วยพายุฝนฟ้าคะนองที่รุนแรง ลมพายุนี้มักจะเกิดขึ้นบ่อยในต้นฤดูใบไม้ผลิหรือฤดูร้อน

### พายุฝนฟ้าคะนอง (Thunderstorm)

นกกล่าวโดยกว้าง ๆ แล้ว พายุฝนฟ้าคะนองก็คือพายุใด ๆ ที่ทำให้เกิดฟ้าร้องและฟ้าแลบ ซึ่งในพายุ cyclonic เช่น ใต้ฝุ่น และทอร์นาโดก็ทำให้เกิดฟ้าร้องได้บ่อย ๆ แต่สำหรับพายุฝนฟ้าคะนองที่จะพูดในที่นี้แตกต่างจากที่กล่าวมาแล้ว คือเป็นพายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดจากการพาความร้อนในแนวตั้ง (convection) และเกิดในท้องถิ่นหนึ่ง ๆ ในช่วงระยะเวลาอันสั้น เมฆที่ทำให้เกิดฝนฟ้าคะนองก็คือเมฆ cumulonimbus และมีฝนตกหนักในระยะไม่นาน พร้อมกับบางครั้งมีลูกเห็บตกรวมด้วย

พายุฝนฟ้าคะนองไม่ใช่พายุหมุน (cyclonic) เพราะว่าไม่มีระบบหมุนของลมแต่เป็น convective storm เพราะเกิดจากการลอยสูงของอากาศในแนวตั้ง

พายุนี้อาจประกอบด้วย "cell" หลาย ๆ เซลล์หรือเพียงเซลล์เดียว แต่ละเซลล์มีประวัติการก่อตัว (ดังรูปในหน้าถัดไป)

การก่อตัวระยะที่ 1 เรียกว่า cumulus stage ซึ่งภายใน cell มีแต่แรงลมพุงขึ้น (updraft) อย่างเดียวและไม่มีฝนตก



การก่อตัวระยะที่ 2 เรียกว่า mature stage เป็นระยะที่ก้อนเมฆก่อตัวเต็มทีกลายเป็นเมฆ cumulonimbus ภายในตัวเซลล์มีทั้ง updraft และ downdraft (ลมที่พุ่งลงล่าง) อยู่เคียงข้างกัน ก่อนที่จะมีฝนตกหนักเล็กน้อย downdraft ทำให้เกิดลมพัดแรงและเย็นลงสู่พื้นดินทำให้เรา รู้สึกตัวได้ล่วงหน้าก่อนเกิดพายุ ระยะนี้เป็นระยะที่เป็นอันตรายต่อเครื่องบินอย่างยิ่ง เนื่องจากแรงพายุขึ้น อาจมีความเร็วถึง 110 ก.ม/ช.ม นอกจากนี้ยังเกิดการอวลว (turbulence) ของอากาศอีกด้วย

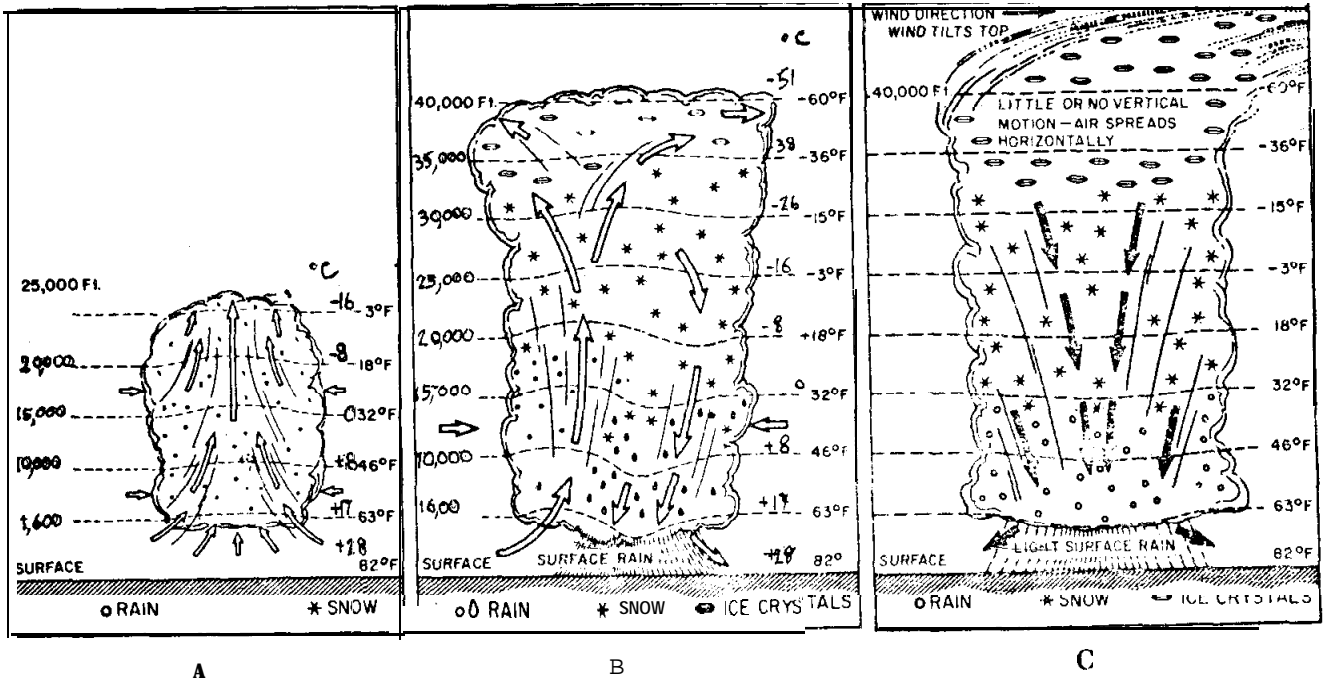


Fig 4.33 Evolution of a thunderstorm. A—early (cumulus) stage; B—mature stage; C—Dissipating stage.

การก่อตัวระยะที่ 3 เรียกว่า dissipating stage ระยะนี้มีแต่ downdraft อย่างเดียวและฝนจะตกเบา ถ้า thunderstorm ก่อตัวเป็นเซลล์หลายเซลล์ฝนก็อาจตกต่อเนื่องกันไป ถ้ามีเพียงเดียวฝนก็อาจตกครั้งถึงหนึ่ง ช.ม เท่านั้น เมื่อเซลล์หนึ่งสลายไปเซลล์ใหม่ก็อาจก่อตัวมาแทนที่

พายุฝนฟ้าคะนองแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

ชนิดที่ 1 airmass thunderstorm หรือ Thermal thunderstorm เป็นพายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดจาก convection ซึ่งเกิดจากแสงอาทิตย์ส่องที่พื้นดินและชั้นอากาศเบื้องล่าง พายุชนิดนี้เกิดได้มากที่สุดในบ้านเรา และเขตร้อน และมักเกิดขึ้นในตอนบ่าย ๆ และเกือบใกล้ค่ำ ทั้งนี้เพราะว่าอุณหภูมิที่พื้นดินมีค่าสูงสุดในขณะบ่าย

ชนิดที่ 2 Orographic thunderstorm เกิดขึ้นเมื่อมวลอากาศถูกบังคับให้ลอยสูงขึ้นเหนือภูเขา ถ้าอากาศอุ่นและชื้นและมีคุณสมบัติไม่คงที่ (Instable) ก็จะทำให้เกิดพายุนี้

ชนิดที่ 3 Frontal thunderstorm เกิดจากแนวปะทะอากาศ ซึ่งได้กล่าวมาแล้ว