

บทที่ 13

ความกดอากาศและลม

รศ. ปานทิพย์ อัครมนานิช

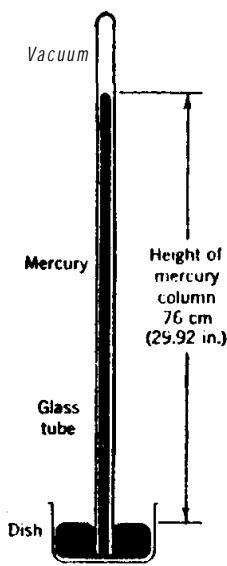
อากาศเป็นสสารที่มีน้ำหนัก พบอยู่ทั่วไปบนพื้นโลกและสูงจากระดับน้ำทะเลขึ้นไปหลายร้อยกิโลเมตร เนื่องจากแรงดึงดูดของโลกเข้าสู่ศูนย์กลางจึงยังผลให้อากาศกดลงสู่เบื้องล่าง ด้วยเหตุนี้เราจึงเรียกน้ำหนักของอากาศที่กดทับลงบนพื้นโลกว่า ความกดอากาศ (PRESSURE) ความกดอากาศจะมีมากในบริเวณที่อยู่ใกล้ผิวโลกและเมื่อสูงจากพื้นโลกขึ้นไป ความกดอากาศจะลดน้อยลง สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะบริเวณใกล้พื้นโลกมีอากาศทับถมกันอยู่เป็นชั้นหนามาก อากาศมีความหนาแน่นมาก ความกดอากาศจึงสูง ส่วนในระดับสูงจากพื้นโลกขึ้นไป มีอากาศเบาบาง จึงมีความหนาแน่นน้อย ความกดอากาศจึงต่ำ ความกดอากาศนับว่าเป็นองค์ประกอบของอากาศที่สำคัญอย่างหนึ่ง เพราะว่าความกดอากาศมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของอากาศอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และลม เป็นต้น และช่วยให้เข้าใจถึงสภาพของอากาศด้วย

การวัดความกดอากาศ

ในปี ค.ศ. 1643 ทอร์ริเชลลี (TORRICELLI) ชาวอิตาลี ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการวัดความกดอากาศสำเร็จและถือว่าการทดลองของเขาเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการประดิษฐ์บารอมิเตอร์แบบปรอท ซึ่งเป็นเครื่องมือในการวัดความกดอากาศในปัจจุบัน

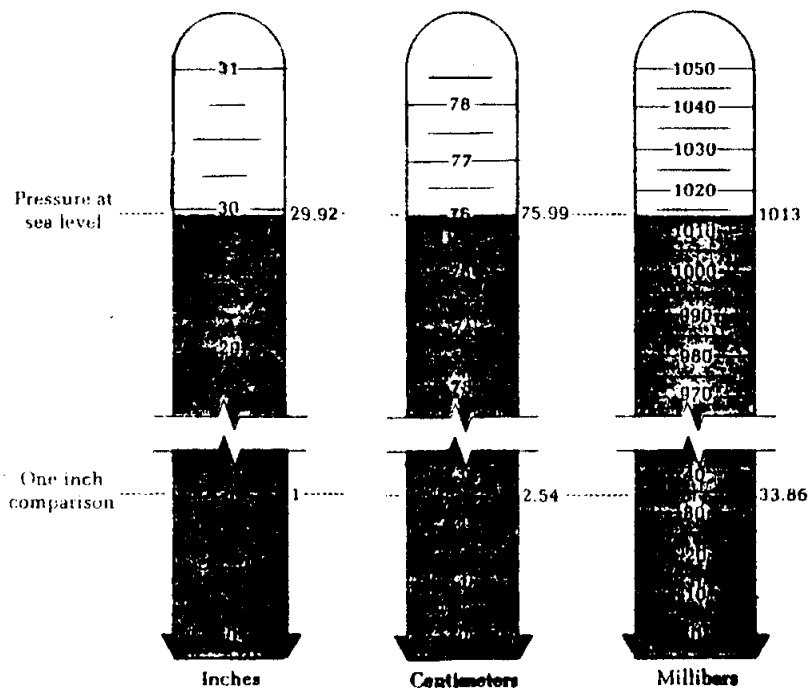
ในการทดลอง ทอร์ริเชลลี ใช้หลอดแก้วยาว 3 ฟุต ปลายข้างหนึ่งของหลอดแก้วตัน ใส่อากาศออกจากหลอดแก้วให้หมดแล้วบรรจุปรอทลงในหลอดแก้วให้เต็ม นำหลอดแก้วข้างที่ปลายเปิดคว่ำลงในอ่างที่บรรจุปรอท ปรอทในหลอดแก้วจะไหลออกจากหลอดลงไปในอ่าง (รูป 13.1) ความกดอากาศที่กดลงบนผิวหน้าปรอทในอ่างสมดุลกับความกดอากาศของปรอท

ในหลอดแก้ว ปรอทจากหลอดแก้วก็จะหยุดอยู่กับที่ ความสูงของลำปรอทที่อยู่เหนือระดับ ปรอทในอ่างถือเป็นความกดอากาศมาตรฐาน ณ ระดับน้ำทะเล โดยปกติลำปรอทจะมีความสูงโดยเฉลี่ยประมาณ 29.92 นิ้ว ดังนั้นความกดอากาศมาตรฐาน ณ ระดับน้ำทะเล จะมีค่าเท่ากับ 14.7 ปอนด์ต่อ 1 ตารางนิ้ว หรือ 1034 กรัมต่อ 1 ตารางเซนติเมตร หรือเท่ากับลำปรอทซึ่งสูง 29.92 นิ้ว หรือ 760 มิลลิเมตร หรือ 1013.2 มิลลิบาร์ (รูป 13.2) ถ้าความกดอากาศเพิ่มขึ้น ความกดอากาศก็จะผลักดันให้ปรอทในหลอดแก้วเลื่อนสูงขึ้นจนกระทั่งความกดอากาศในลำปรอทสมดุลกับความกดอากาศภายนอก ในทางตรงกันข้ามเมื่อความกดอากาศลดลง ปรอทในหลอดแก้วก็จะลดลงไปด้วย



รูป 13.1 การทดลองวัด

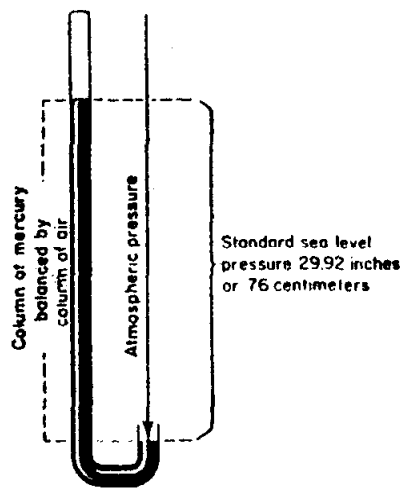
ความกดอากาศของทอร์ริเชลลี



รูป 13.2 การเปรียบเทียบความกดอากาศเป็นนิ้ว เซนติเมตร และมิลลิบาร์

เครื่องมือที่ใช้วัดความกดอากาศ ได้แก่ มาตรฐานวัดความกดอากาศหรือบาโรมิเตอร์ (BAROMETER) คำว่า บาโรมิเตอร์มาจากภาษากรีก "BAROS" แปลว่า น้ำหนัก และ "METRON" แปลว่า วัด บาโรมิเตอร์ที่ใช้กันทั่วไปมีดังนี้ คือ

1. บาโรมิเตอร์แบบปรอท (MERCURY BAROMETER) นับว่าบาโรมิเตอร์ที่ทอร์ริเชลลีสร้างขึ้นเป็นบาโรมิเตอร์แบบปรอทอันแรก และต่อมาได้มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อสะดวกในการใช้สอยมากยิ่งขึ้น (รูป 13.3 และ รูป 13.4)

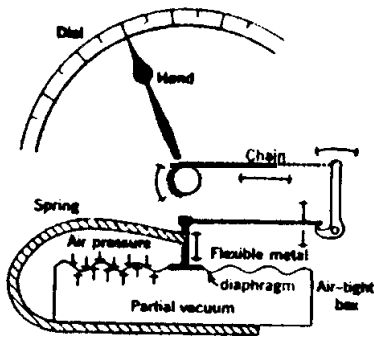


รูป 13.3 หลักการทำงานของบาโรมิเตอร์แบบปรอท

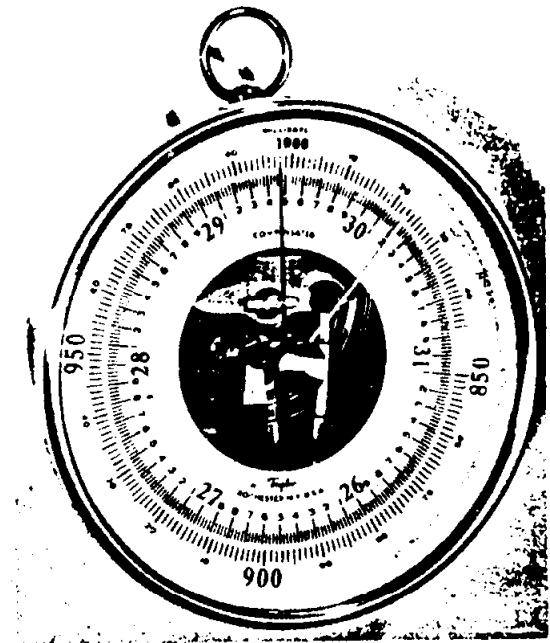


รูป 13.4 บาโรมิเตอร์แบบปรอท

2. บาโรมิเตอร์แบบดัลป์ (ANEROID BAROMETER) เป็นบาโรมิเตอร์แบบดัลป์ โลหะ ไม่ใช่ปรอทแต่ใช้คุณสมบัติของการพองตัวและหดตัวของโลหะ ด้านบนและด้านล่างของดัลป์โลหะทำเป็นลูกฟูก สูบอากาศออกหมดให้ดัลป์แบบนี้เป็นสูญญากาศ เมื่อความกดอากาศเพิ่มดัลป์ลูกฟูกจะถูกบีบให้แฟบลง ถ้าความกดอากาศลดดัลป์ลูกฟูกจะยืดออก ปลายข้างหนึ่งของดัลป์จะอยู่กับที่ ขณะที่ปลายอีกข้างหนึ่งต่อกับเข็มชี้ซึ่งเคลื่อนที่ไปมาบนหน้าปัทม์ ที่มีเครื่องหมายแสดงค่าความกดอากาศ (รูป 13.5 และ รูป 13.6)

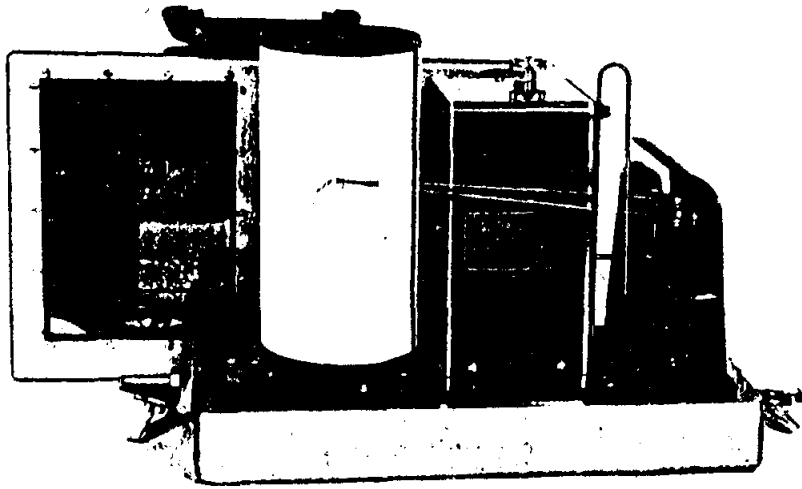


รูป 13.5 หลักการทำงานของบาโรมิเตอร์แบบดัลป์



รูป 13.6 บาโรมิเตอร์แบบดัลป์

3. บาโรกราฟ (BAROGRAPH) เป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึกความกดอากาศที่ทันสมัย และมีความนิยมใช้กันมากที่สุด ตามสถานีตรวจอากาศทั่ว ๆ ไปก็นิยมใช้เครื่องมือวัดความกดอากาศ แบบนี้ ทั้งนี้ก็เพราะเป็นเครื่องมือวัดความกดอากาศที่ทำงานแบบอัตโนมัติสามารถบันทึกค่าความกดอากาศตลอดระยะเวลาต่อเนื่องกันโดยข้อมูลและถูกบันทึกลงบนกระดาษกราฟที่ม้วนอยู่รอบนอกของกระบอกทรงกลม และหมุนได้ตลอดเวลาด้วยพลังไฟฟ้า (รูป 13.7)



รูป 13.7 บาโรกราฟ

ความสัมพันธ์ระหว่างความกดอากาศ อุณหภูมิ และความหนาแน่น

ความกดอากาศ อุณหภูมิ ปริมาตร และความหนาแน่นของอากาศ มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันตามกฎหมาย ดังนี้

1. กฎของบอยล์ (BOYLE'S LAW) กล่าวว่าถ้าให้อุณหภูมิของอากาศคงที่ ความกดอากาศจะแปรผกผันกับปริมาตรของอากาศ กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิของอากาศคงที่ แต่ความกดอากาศเพิ่มขึ้น ปริมาตรของอากาศจะต้องลดลง และถ้าปริมาตรลดลง ความกดจะต้องเพิ่มขึ้น เช่นนี้เป็นต้น

2. กฎของชาร์ล (CHARLES' LAW) กล่าวคือ ถ้าให้ความกดอากาศคงที่ อุณหภูมิจะแปรโดยตรงกับปริมาตรของอากาศ กล่าวคือ ถ้าความกดอากาศคงที่แต่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรของอากาศย่อมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น อากาศจะมีความหนาแน่นน้อยลง แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าอุณหภูมิของอากาศลดต่ำลงภายใต้ความกดอากาศคงที่ จะทำให้ปริมาตรลดลง แต่ความหนาแน่นของอากาศจะเพิ่มขึ้น กฎนี้จึงอธิบายว่าทำไมอากาศร้อนจึงมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศเย็นทำให้อากาศร้อนซึ่งเบากว่ายกตัวสูงขึ้น ในขณะที่อากาศเย็นที่หนักกว่าจมตัวต่ำลงเบื้องล่างและกฎนี้ยังอธิบายให้ทราบว่าทำไมอากาศร้อนจึงมีความกดอากาศต่ำกว่าอากาศเย็นด้วย

3. POISSON'S EQUATION กล่าวว่าถ้าปริมาตรของอากาศคงที่ ความกดอากาศจะแปรไปตามอุณหภูมิ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ เมื่อสูบลมเข้าไปในยางรถจักรยาน เมื่อสูบลมเข้าไปมากเท่าไร ยางรถจะร้อนขึ้นเท่านั้น

การกระจายของความกดอากาศในแนวขึ้น

ดังได้ทราบแล้วว่าอากาศมีน้ำหนักและกดทับลงสู่เบื้องล่าง ฉะนั้นชั้นของบรรยากาศที่อยู่ใกล้พื้นโลกอากาศจะมีความหนาแน่นมากที่สุด เพราะว่ามีน้ำหนักของบรรยากาศทุกชั้นกดทับอยู่ ดังนั้นความกดอากาศบริเวณใกล้พื้นโลกจะสูง เมื่อสูงจากพื้นโลกขึ้นไป ความหนาแน่นของอากาศจะลดน้อยลง จึงทำให้ความกดอากาศลดลงอย่างรวดเร็ว โดยประมาณอาจกล่าวได้ว่า ความกดอากาศจะลดลงในอัตราประมาณ 1 นิ้ว (หรือ 34 มิลลิบาร์) ต่อระดับความสูง 900 - 1,000 ฟุต การลดความกดอากาศตามระดับสูงเช่นนี้จะเป็นเพียง 2,000 - 3,000 ฟุตแรกเท่านั้น ในระดับสูงๆ ขึ้นไปเมื่ออากาศเบาบางมาก อัตราลดความกดอากาศตามระดับความสูงก็จะยิ่งลดน้อยลง อย่างไรก็ดี (ความกดอากาศย่อมขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของอากาศ อุณหภูมิ

ปริมาณไอน้ำในอากาศ และแรงดึงดูดของโลก) ดังนั้นการหาค่าความกดอากาศในระดับสูงจึงจำเป็นต้องนำเอาองค์ประกอบของอากาศต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วมาพิจารณาประกอบด้วย

การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศตามระดับสูงจะมีผลต่อมนุษย์ เมื่อมนุษย์ขึ้นไปในที่สูง ๆ ร่างกายจะไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพการเปลี่ยนแปลงของอากาศได้ ทั้งนี้เพราะยิ่งสูงขึ้น ปริมาณออกซิเจนและความกดอากาศลดลงจะทำให้หุ้้อ เลือดกำเดาออกและเป็นลม ด้วยเหตุนี้เองเมื่อมนุษย์อวกาศเดินทางไปในที่สูง ๆ ห่างจากผิวโลกออกไป จึงต้องเตรียมถังออกซิเจนไปด้วย

การกระจายของความกดอากาศในแนวนอน

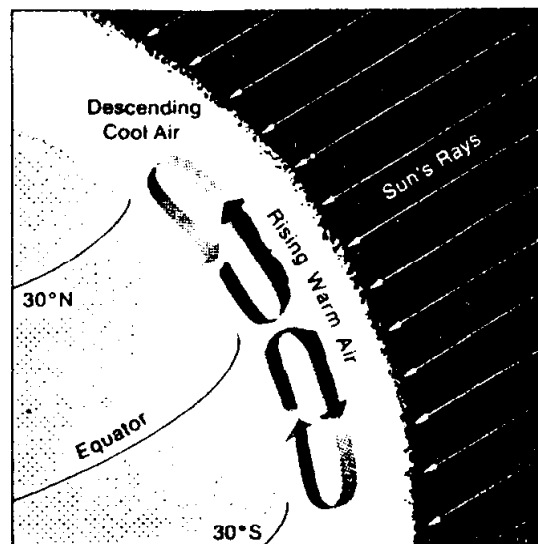
การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศที่ผิวพื้นโลกก็เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ซึ่งมีอยู่ตลอดเวลา สาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศ ก็คือการที่พื้นโลกได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่อยู่เหนือผิวพื้นโลกแตกต่างกัน ความแตกต่างในการดูดซับความร้อนของดินและน้ำ ปริมาณไอน้ำในอากาศ และแรงดึงดูดของโลก ทำให้ความกดอากาศตามแนวนอนบริเวณผิวพื้นโลก มีความแตกต่างกัน

จากกฎของชาร์ลส์ (CHARLES' S LAW) ที่กล่าวว่า เมื่อบรรยากาศในบริเวณใด บริเวณหนึ่งได้รับความร้อนมากกว่าอีกบริเวณหนึ่งภายใต้ความกดอากาศที่เท่ากัน ปริมาตรของอากาศร้อนก็จะขยายตัว โมเลกุลของอากาศที่มีอยู่เท่าเดิมจะกระจายตัวออกไป ทำให้ความหนาแน่นของอากาศลดน้อยลง ดังนั้นอากาศร้อนบริเวณนั้นจึงยกตัวสูงขึ้น บริเวณใกล้พื้นโลกจึงมีอากาศน้อย ความกดอากาศจึงต่ำ ส่วนในบริเวณที่มีอากาศหนาว อากาศเย็นจะจมตัวลง ปริมาตรของอากาศเล็กลงทำให้โมเลกุลของอากาศที่มีอยู่รวมตัวกันหนาแน่น จึงทำให้อากาศมีความหนาแน่นมากขึ้น

ในปี ค.ศ. 1735 ยอร์ช ฮาดเลย์ (GEORGE HADLEY) นักอุทกนิยมนิเวศวิทยา ชาวอังกฤษ ได้นำเอากฎของ ชาร์ลส์ มาสร้างแบบจำลองง่าย ๆ เพื่ออธิบายการหมุนเวียนของบรรยากาศ (รูป 13.8) ดังนี้คือ เนื่องจากบรรยากาศบริเวณศูนย์สูตรได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มากที่สุด

สุด ส่วนบริเวณขั้วโลกได้รับน้อยที่สุด จึงก่อให้เกิดอากาศร้อนบริเวณศูนย์สูตรลอยตัวสูงขึ้น และเกิดเป็นบริเวณความกดอากาศต่ำศูนย์สูตร (EQUATORIAL LOW) ส่วนบริเวณขั้วโลก อากาศเย็นจมตัวลงเบื้องล่าง เกิดเป็นบริเวณความกดอากาศสูงขั้วโลก (POLAR HIGH) อากาศหนาวเย็นจากขั้วโลกจะเคลื่อนที่มายังศูนย์สูตร ส่วนอากาศร้อนบริเวณศูนย์สูตรจะเคลื่อนที่ไปทางเหนือและใต้ ในขณะที่อากาศร้อนเคลื่อนที่ไปยังละติจูดสูงขึ้นไปนั้นอุณหภูมิของอากาศจะค่อย ๆ ลดต่ำลง แต่อากาศไม่ได้เคลื่อนที่ไปยังขั้วโลกทั้งหมด มีอากาศบางส่วนเคลื่อนที่ไปตามแนวอนันตนาไปกับละติจูด 30° เหนือและใต้ ประกอบกับมีอากาศเย็นจากขั้วโลกเคลื่อนที่ มาสมทบ เนื่องจากเป็นอากาศเย็นจึงมีความหนาแน่นมาก อากาศจึงจมตัวต่ำลง ดังนั้นบริเวณ ละติจูด 30° เหนือและใต้จึงเป็นบริเวณความกดอากาศสูงกึ่งเมืองร้อน (SUBTROPICAL HIGH)

ต่อมาในศตวรรษที่ 19 วิลเลียม เฟอร์เรล (WILLIAM FERREL) นักอุทกนิยมหาวิทยาลัยฮาวาย ได้ให้คำอธิบายเพิ่มเติมจากฮาดเลย์ (Hadley) ว่าในบริเวณละติจูด 60° เหนือและใต้เป็น บริเวณที่อากาศร้อนซึ่งเคลื่อนที่มาจากบริเวณศูนย์สูตรพบกับอากาศเย็นจากขั้วโลก อากาศ ร้อนจึงถูกดันให้ยกตัวสูงขึ้น ทำให้เป็นบริเวณความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก (SUBPOLAR LOW)



รูป 13.8 การหมุนเวียนของบรรยากาศ

แผนที่ความกดอากาศ

สภาพความกดอากาศสามารถแสดงให้เห็นบนแผนที่ได้ โดยอาศัยเส้น ความกดเท่า หรือเส้นไอโซบาร์ (ISOBAR) ซึ่งเป็นเส้นที่ลากผ่านตำบลต่าง ๆ ที่มีความกดอากาศเท่ากัน (รูป 13.9 และรูป 13.10) ในแผนที่อากาศประจำวัน ซึ่งแสดงสภาพอากาศช่วงเวลานั้น ๆ เส้น ไอโซบาร์จะแสดงให้เห็นลักษณะ บริเวณที่ตั้งและการเคลื่อนไหวของศูนย์กลางความกดอากาศ สูงและความกดอากาศต่ำ ส่วนในแผนที่แสดงภูมิอากาศ เส้นไอโซบาร์จะแสดงผลเฉลี่ยปาน กลางของความกดอากาศซึ่งคำนวณจากหลักฐานที่ได้รวบรวมไว้เป็นปี ๆ

เขตความกดอากาศของโลก

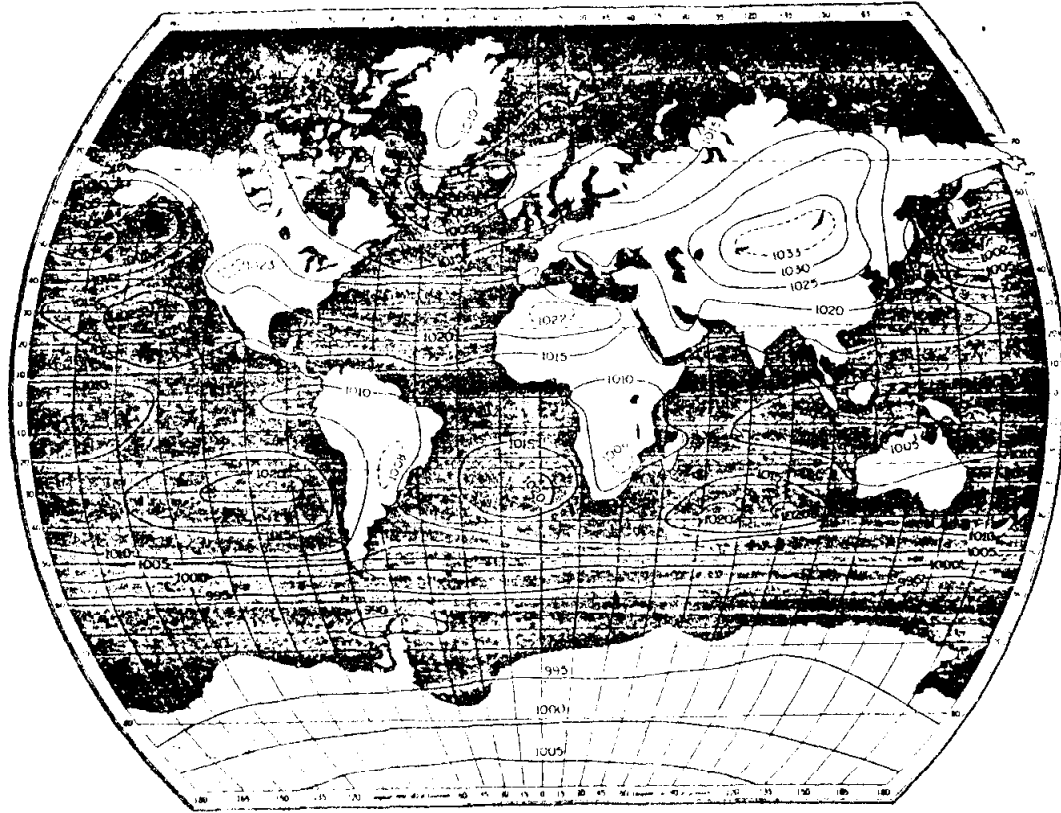
เขตความกดอากาศในส่วนต่าง ๆ ของโลกจะสังเกตได้จากแผนที่ความกดอากาศที่ได้ แสดงไว้ในรูป 11.10 ซึ่งเป็นการยากที่จะแยกความกดอากาศให้เห็นอย่างเด่นชัดได้ แต่พอจะ อนุมานได้เป็น 4 เขตดังนี้คือ

1. เขตความกดอากาศต่ำบริเวณศูนย์สูตร (EQUATORIAL LOW) หรือร่องความกด อากาศต่ำศูนย์สูตร (EQUATORIAL TROUGH) ณ บริเวณเส้นศูนย์สูตรจะมีแนวความกด อากาศต่ำที่สุด คือมีความกดระหว่าง 1011 มิลลิบาร์กับ 1,008 มิลลิบาร์ (29.9 และ 29.8 นิ้ว หรือ 76 และ 75.7 เซนติเมตร)

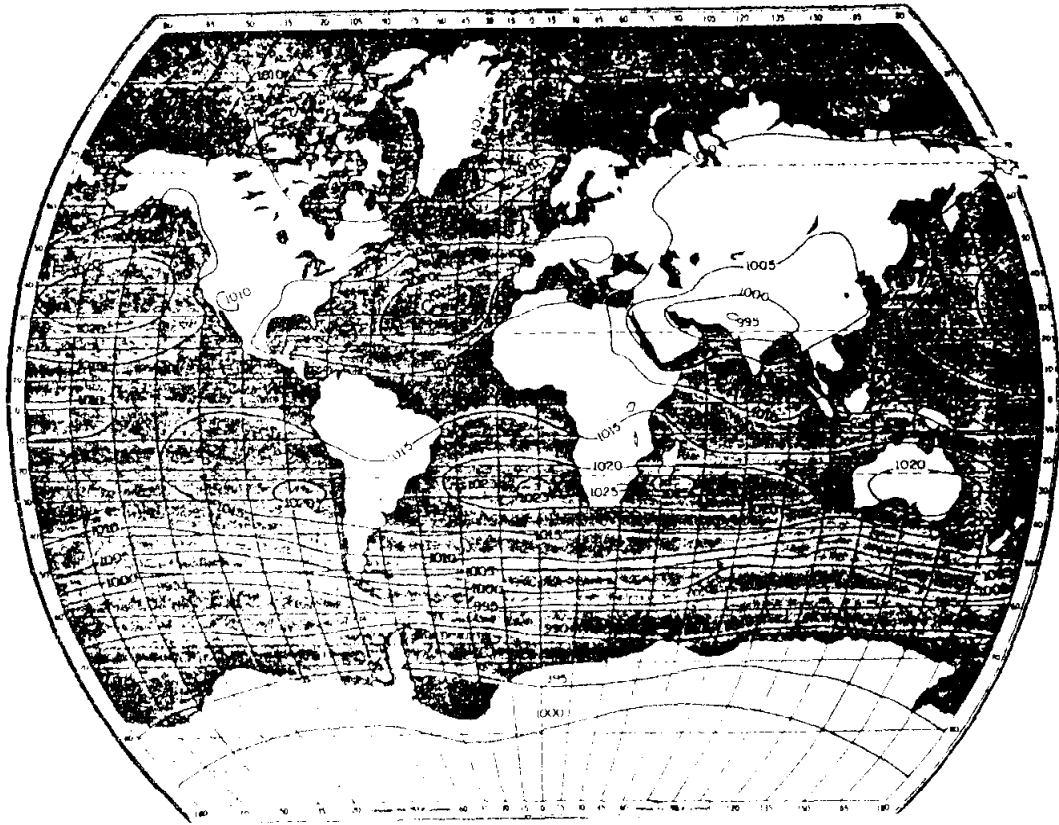
2. เขตความกดอากาศสูงกึ่งเมืองร้อน (SUBTROPICAL HIGH - PRESSURE BELT) ศูนย์กลางความกดอากาศสูงจะอยู่ประมาณละติจูด 30 องศาเหนือและใต้ความกดอากาศบริเวณ นี้โดยเฉลี่ยจะสูงกว่า 1020 มิลลิบาร์ (30.3 นิ้ว หรือ 77.0 เซนติเมตร) ในซีกโลกใต้เขตความ กดอากาศสูงนี้จะเป็นศูนย์กลางความกดอากาศสูงอย่างเห็นได้ชัด

3. เขตความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก (SUBARCTIC LOW - PRESSURE BELT) ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำจะอยู่ประมาณละติจูด 60 องศา ในซีกโลกใต้แนวความกดอากาศ

ต่ำดังกล่าวจะปกคลุมอยู่บริเวณมหาสมุทรติดต่อกันเป็นพืดจากเขตละติจูดกลางไปจนถึงเขตอาร์กติกโดยมีศูนย์กลางความกดอากาศต่ำอยู่ประมาณละติจูด 65°ใต้ ในซีกโลกใต้บริเวณความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลกมีค่าเท่ากับ 984 มิลลิบาร์ (29.1 นิ้ว หรือ 73.9 เซนติเมตร)



รูป 13.9 การกระจายของความกดอากาศ ณ ระดับน้ำทะเล ในเดือนมกราคม



รูป 13.10 การกระจายของความกดอากาศ ณ ระดับน้ำทะเลในเดือนกรกฎาคม

4. เขตความกดอากาศสูงขั้วโลก (POLAR HIGH) บริเวณมหาสมุทรอาร์กติก และแอนตาร์กติกเป็นเขตความกดอากาศสูงขั้วโลก ความกดอากาศบริเวณนี้จะแตกต่างจากเขตความกดอากาศต่ำขั้วโลกอย่างเห็นได้ชัด ในซีกโลกเหนือศูนย์กลางของความกดอากาศสูงไม่ได้อยู่ที่ขั้วโลกแต่อยู่ในบริเวณหมู่เกาะทางตอนเหนือของประเทศแคนาดา ความกดในบริเวณนี้มีค่าสูงกว่า 30.0 นิ้ว ส่วนในซีกโลกใต้อยู่ในทวีปแอนตาร์กติก

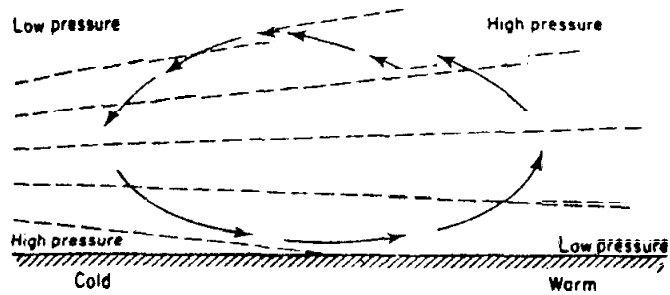
เขตความกดอากาศเหล่านี้จะเลื่อนขึ้นลงระหว่างละติจูดตามฤดูกาลการเลื่อนขึ้นลงของเขตความกดอากาศนี้มีส่วนสำคัญในการทำให้ภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลต่าง ๆ

ความสัมพันธ์ของลมกับความกดอากาศ

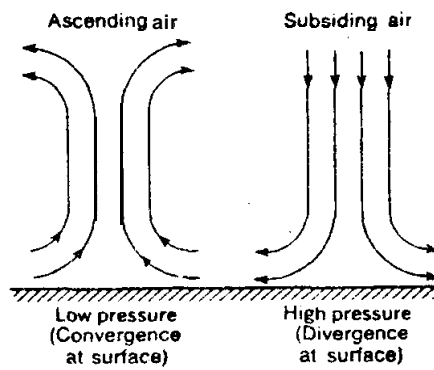
การที่อากาศจะเคลื่อนที่ได้จะต้องมีความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างที่ 2 แห่ง ถ้าแห่งหนึ่งเป็นความกดอากาศสูง อีกแห่งหนึ่งเป็นความกดอากาศต่ำก็จะเกิดการเคลื่อนที่ของอากาศจากบริเวณความกดอากาศสูงไปยังบริเวณความกดอากาศต่ำ เช่นเดียวกับน้ำย่อมไหลจากภูเขาไปสู่หุบเขา

ถ้าการเคลื่อนที่ของอากาศจากบริเวณความกดอากาศสูงไปยังบริเวณความกดอากาศต่ำเป็นไปในลักษณะแนวนอนหรือขนานไปกับผิวโลก เราเรียกว่า ลม (รูป 13.11) ถ้าเคลื่อนที่ในแนวอื่นจะไม่เรียกว่าลม แต่เรียกอย่างอื่น เช่นอากาศยกตัวสูงขึ้นหรืออากาศจมตัวต่ำลง (รูป 13.12)

การหมุนเวียนของลมมีบทบาทสำคัญในการช่วยกระจายรังสีจากดวงอาทิตย์ ถ้าไม่มีลมจะทำให้บริเวณศูนย์สูตรร้อนมากที่สุด และบริเวณขั้วโลกจะเย็นมาก นอกจากลมจะช่วยพัดพาความชื้นขึ้นจากพื้นน้ำไปสู่พื้นดินแล้ว ยังมีผลต่ออัตราการระเหยอีกด้วย



รูป 13.11 ความสัมพันธ์ของความกดอากาศกับลม



รูป 13.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความกดอากาศกับการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวยืน

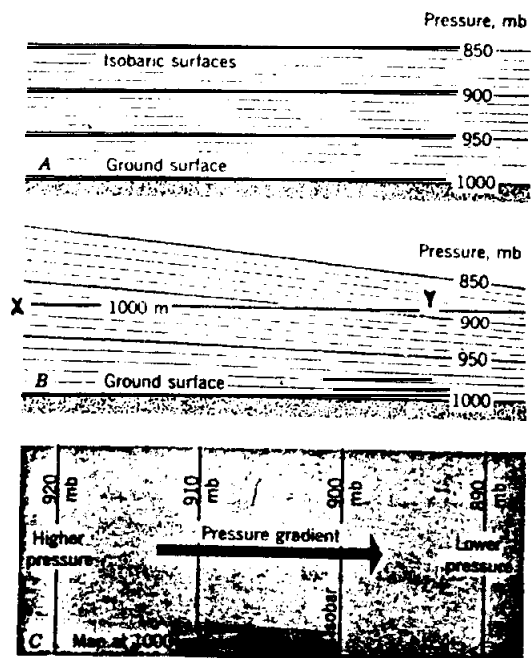
แรงที่เกี่ยวข้องกับลม

แรงที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับลมที่สำคัญมี

1. แรงที่เกิดจากความชันของความกดอากาศ (**PRESSURE GRADIENT FORCE**)

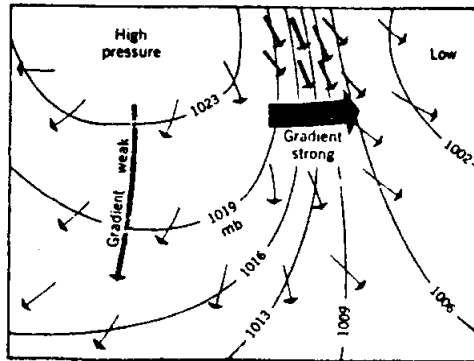
ถ้าให้บรรยากาศนิ่งอยู่กับที่ ในระดับสูงเดียวกันจะมีความกดอากาศเท่ากัน เส้นความกดอากาศเท่า (ISOBAR) แต่ละเส้นจะขนานกัน (รูป 13.13 A) ต่อมา ณ ระดับความสูงเท่ากัน อัตราความกดอากาศของบริเวณหนึ่งลดลงมากกว่าอีกบริเวณหนึ่ง สมมุติว่า ณ ระดับความสูงที่เท่ากัน จุด X มีความกดอากาศเท่ากับ 920 มิลลิบาร์ ส่วนจุด Y มีความกดอากาศเท่ากับ 890 มิลลิบาร์ (รูป 13.3 B) อัตราความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างบริเวณ 2 แห่งในระดับสูงเดียวกันเรียกว่า **อัตราความกดอากาศ หรือความชันของความกดอากาศ (PRESSURE GRADIENT)** บริเวณใดที่มีความชันของความกดอากาศขึ้นโมเลกุลของอากาศมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ไปตามความชันของความกดอากาศนั้น ซึ่งเรียกว่า **แรงที่เกิดจากความชันของความกดอากาศ (PRESSURE GRADIENT FORCE)** แรงความชันของความกดอากาศจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความชันนั้น ถ้าความชันของความกดอากาศมาก กำลังแรงของลมจะมาก ดังนั้นลมจึงเป็นการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวนอนโดยจะสัมพันธ์ไปกับแรงความชันของความกดอากาศ แรงความชันของความกดอากาศทำให้อากาศเคลื่อนที่จากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ (รูป 13.13 c) ลมจะเคลื่อนที่ไปตามความชันของความกดอากาศจากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ ดังเช่นน้ำย่อมไหลไปตามความลาดเทของท้องน้ำจากที่สูงไปสู่ที่ต่ำ และถ้าท้องน้ำลาดชันมากน้ำจะไหลเร็ว

ในแผนที่อากาศจะแสดงความชันของความกดอากาศโดย**เส้นความกดอากาศเท่า (ISOBAR)** ถ้าเส้นความกดเท่าอยู่ใกล้กันแสดงว่าความกดอากาศแตกต่างกันมากและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ถ้าเส้นความกดเท่าอยู่ห่างกันแสดงว่าความกดอากาศไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก ลมจะพัดอ่อน (รูป 13.14)



รูป 13.13 ความชันของความกดอากาศ

รูป A, B เป็นภาพหน้าตัดของบรรยากาศ รูป C เป็นแผนที่

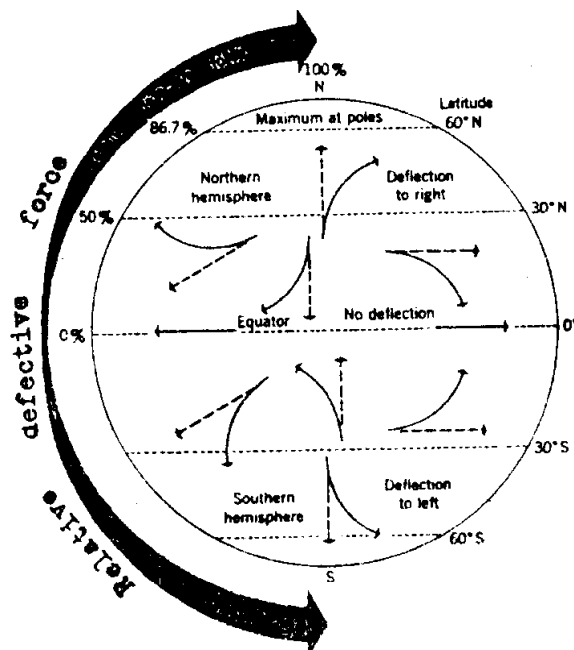


รูป 13.14 แผนที่อากาศแสดงความชันของความกดอากาศ โดยอาศัยเส้นความกดอากาศเท่า ถ้าเส้นความกดอากาศเท่าอยู่ใกล้กันแสดงว่าความชันของความกดอากาศมาก ถ้าเส้นความกดอากาศเท่าอยู่ห่างกัน แสดงว่าความชันของความกดอากาศน้อย

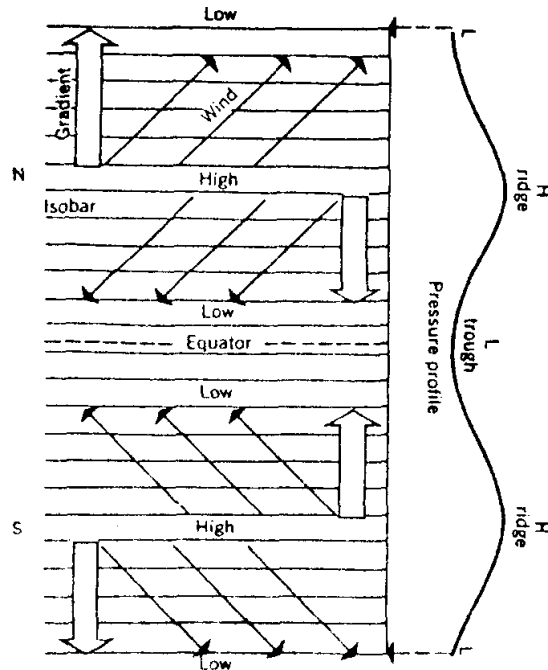
2. แรงเฉื่อยหรือแรงคอริโอลิส (CORIOLIS FORCE)

แรงชนิดนี้จะมีผลต่อทิศทางของลม หากโลกไม่หมุนรอบตัวเองลมจะพัดไปตามแนวความชันของความกดอากาศ แต่ตามความเป็นจริงแล้ว โลกเรามีได้นิ่งอยู่กับที่แต่หมุนรอบตัวเองจากตะวันตกไปตะวันออก จึงทำให้เกิดแรงเหวี่ยงขึ้น เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ไปบนพื้นโลก ประกอบกับมีแรงเหวี่ยงที่เกิดจากการหมุนของโลกทำให้เกิดแรงเฉื่อยหรือแรงคอริโอลิสขึ้นซึ่งทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่เฉไปจากแนวเดิม แรงคอริโอลิสนี้ตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติแก่ จี.จี คอริโอลิส (G. G. CORIOLIS) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสในศตวรรษที่ 19 ซึ่งเป็นคนแรกที่เสนอความคิดที่ว่า “การหมุนรอบตัวเองของโลกมีส่วนทำให้วัตถุทุกชนิดรวมทั้งลมด้วยเคลื่อนที่เฉไป ทั้งนี้เนื่องจากมีแรงใดแรงหนึ่งมากระทำต่อมัน”

ต่อมาวิลเลียม เฟอร์เรล (WILLIAM FERREL) ได้ทำการศึกษาและตั้งกฎเกณฑ์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นโลกว่า “เนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลก วัตถุหรือของเหลวที่เคลื่อนที่บนพื้นโลกในแนวอนจะ ถูกผลักให้เคลื่อนที่เฉไปจากแนวเดิมเสมอ ถ้าอยู่ในซีกโลกเหนือจะเฉไปทางขวาหรือตามเข็มนาฬิกา ดังนั้นลมในซีกโลกเหนือจึงมีทิศทางการพัดเฉไปทางขวาของความชันของความกดอากาศ ส่วนในซีกโลกใต้จะพัดเฉไปทางซ้าย หรือทวนเข็มนาฬิกา (รูป 13.15 และ 13.16) กฎนี้จะถูกต้องก็ต่อเมื่อผู้ทำการพิสูจน์หันหน้าไปตามทิศทางที่ลมกำลังพัด แรงคอริโอลิสที่กระทำต่อลมจะเพิ่มขึ้นตามระดับละติจูด กล่าวคือบริเวณศูนย์สูตรจะไม่ได้รับแรงคอริโอลิสเลย (0 %) ส่วนบริเวณละติจูด 30°, 60° และ 90° จะได้รับแรงคอริโอลิสประมาณ 50%, 86.7% และ 100% ตามลำดับ



รูป 13.15 แรงคอริโอลิสที่กระทำต่อลมจะเพิ่มขึ้นตามระดับละติจูด

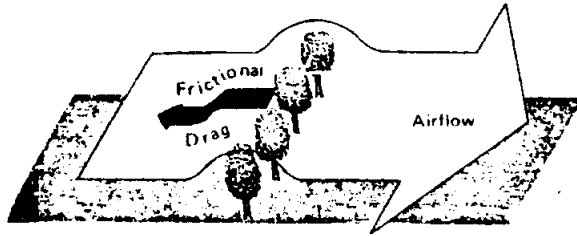


รูป 13.16 อากาศจะเคลื่อนที่จากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ

และจะเฉไปทางขวาในซีกโลกเหนือ และเฉไปทางซ้ายในซีกโลกใต้

3. แรงเนื่องจากความฝืดของผิวพื้นโลก (FRICTION FORCE)

แรงฝืดจะมีอิทธิพลต่อกำลังแรงของลมและทิศทางของลม (รูป 13.17 และ 13.18) เกิดขึ้นเมื่อผิวของวัตถุหนึ่งไปเสียดสีกับอีกสิ่งหนึ่ง แรงฝืดจะทำให้ลมที่พัดผ่านพื้นผิวโลก ลดความเร็วลงและทำให้ลมเคลื่อนที่ทำมุมกับเส้นความกดเท่ามากกว่าขานานกับเส้นความกดเท่า แรงฝืดจะเกิดขึ้นบริเวณที่อยู่ใกล้ผิวโลกในระดับประมาณ 2,000 – 3,000 ฟุต (600 ถึง 900 เมตร) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะเกิดมากในบริเวณพื้นที่ที่ทุรกันดารมากกว่าพื้นที่ราบเรียบ ทั้งนี้เพราะลมเมื่อพัดใกล้กับผิวโลกจะปะทะกับลักษณะภูมิประเทศ ต้นไม้ ตึกรามบ้านช่อง จึงทำให้อัตราความเร็วของลมลดลง แต่ถ้าลมพัดผ่านพื้นที่ราบหรือท้องทะเล ลมจะพัดแรง เพราะไม่มีแรงฝืดมากกระทำต่อมัน



รูป 13.17 แรงเสียดทานมากในบรรยากาศระดับต่ำเมื่ออากาศเคลื่อนที่

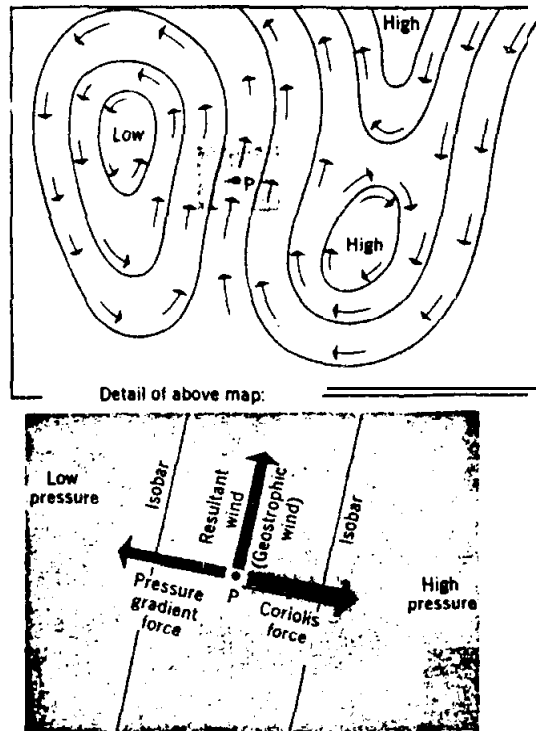
ไปปะทะกับลักษณะภูมิประเทศจะมีผลให้อัตราความเร็วของลมลดลง



พื้นที่ทุรกันดาร พื้นน้ำ

รูป 13.18 อิทธิพลของแรงเสียดทานที่มีต่อทิศทางลมเหนือพื้นน้ำแรงเสียดทานจะน้อยจึงทำให้ลมทำมุมขนาดเล็กกับเส้นความกดเท่า และจะทำมุมขนาดใหญ่กับเส้นความกดเท่าเมื่อพัดผ่านพื้นที่ที่ทุรกันดาร

ในบรรยากาศระดับสูงอิทธิพลของความฝืดอันเกิดจากสิ่งต่าง ๆ ที่มีอยู่โดยธรรมชาติ เช่น ต้นไม้ และสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ จะค่อย ๆ ลดน้อยลง ดังนั้นทิศทางที่ลมพัดจะขนานกันไปกับเส้นความกดเท่า อันเป็นแนวเนื่องมาจากแรง 2 แรง ที่กระทำต่อกัน คือ แรงที่เกิดจากความชันของความกดอากาศในทางหนึ่ง กับแรงเฉื่อยเนื่องมาจากโลกหมุนซึ่งเกิดขึ้นในทิศตรงกันข้ามอีกทางหนึ่ง (รูป 13.19) ลมที่พัดขนานกันไปกับเส้นความกดเท่านี้มีชื่อเรียกโดยเฉพาะว่า ลมย์ไอสโทรฟิก (GEOSTROPHIC WIND)



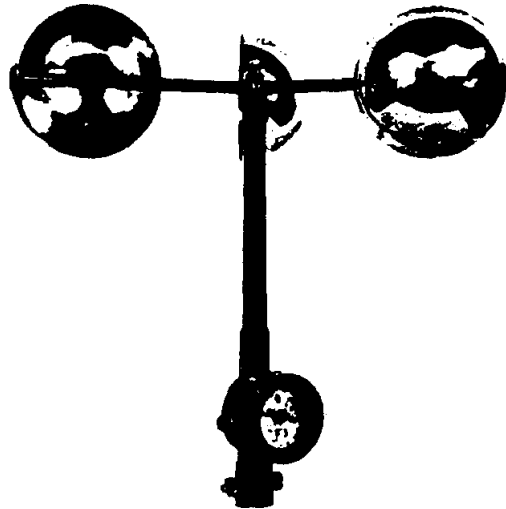
รูป 13.19 ในระดับสูงลมจะพัดขนานไปกับเส้นความกดเท่า

การวัดลม

การวัดลมมี 2 อย่าง คือ วัดทิศทางของลม และวัดความเร็วของลม การวัดทิศทางของลมวัดได้ง่ายและได้ผลแน่นอนโดยใช้เครื่องวัดทิศทางลม (WIND VANE) ที่ใช้กันมากเป็นแบบครลม (รูป 13.20) ซึ่งมีลักษณะคล้ายลูกศรมีหางเป็นแผ่นตั้งใช้บังคับให้หัวครหันไปตามทิศที่ลมพัดเข้าหาเสมอ นั่นก็คือลมพัดมาจากทิศใดหัวของครก็จะหันชี้ไปทางทิศนั้น



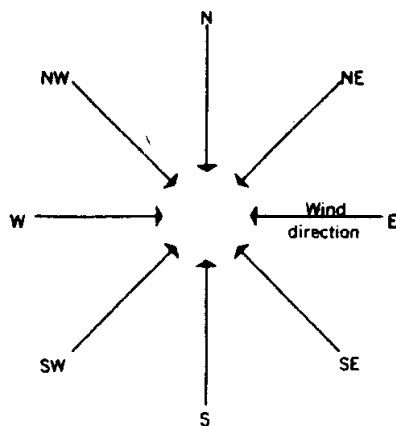
รูป 13.20 ครลม



รูป 13.21 มาตรฐานวัดลมแบบลูกถ้วย 3 ใบ

ลมที่พัดมาจากทิศทางใดจะมีชื่อตรงตามทิศนั้น ๆ (รูป 13.22) เช่น ลมตะวันออกเฉียงเหนือก็เป็นลมที่พัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตก นอกจากนี้เราสามารถทราบทิศทางลมได้โดยการสังเกตจากก้อนเมฆซึ่งลอยในระดับต่ำโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมือใด ๆ เลย

รูป 13.22 ทิศทางของลม



อัตราความเร็วของลมวัดได้โดยใช้มาตรวัดลม (ANEMOMETER) ซึ่งมีหลายแบบด้วยกัน สำหรับแบบที่ใช้ที่สถานีตรวจอากาศทั่วไปเป็นเครื่องวัดลมแบบลูกถ้วย (CUP ANEMOMETER) มีลักษณะเป็นลูกถ้วยกลมผ่าซีก 3 ใบ หรือ 4 ใบต่อแขนเข้ากับแกนกลางของเครื่อง (รูป 13.21) เมื่อมีลมพัดมากระทบ ลูกถ้วยจะหมุนไปรอบ ๆ แกน ลมพัดแรงลูกถ้วยก็หมุนเร็ว ลมอ่อนลูกถ้วยก็หมุนช้า จำนวนรอบที่ลูกถ้วยหมุนไปในหนึ่งหน่วยเวลาจะแสดงความเร็วลม

การวัดอัตราความเร็วของลมในระดับสูงจะใช้บอลลูนบรรจุก๊าซไฮโดรเจน ปล่อยลอยไปตามลมแล้วใช้กล้องส่องทางไกล (TELESCOPE) ส่องติดตามการเคลื่อนที่ของบอลลูน เพื่อบันทึกตำแหน่งต่าง ๆ รวมทั้งวัดมุมลาดเทของบอลลูนที่ลอยไปในแต่ละช่วงเวลา เพื่อนำ

มาคำนวณหาอัตราความเร็วลมในแนวระนาบ สำหรับเครื่องมือวัดลมที่ทันสมัยนั้นสามารถวัดได้ทั้งทิศทางและอัตราความเร็ว ถึงแม้ท้องฟ้าจะมีดครึ้ม ทั้งนี้เพราะใช้การสะท้อนของคลื่นเรดาร์ (RADAR WAVES) ติดตามการเคลื่อนที่ของบอลลูก

การวัดความเร็วลมมีมาตราวัดความเร็วลมซึ่งกำหนดขึ้นโดย พลเรือเอก เซอร์ ฟรานซิส โบฟอร์ต (ADMIRAL SIR FRANCIS BEAUFORT) ชาวอังกฤษเป็นผู้คิดขึ้นใช้เมื่อ พ.ศ. 2348 เรียกว่า มาตราโบฟอร์ต (BEAUFORT SCALE) เป็นการวัดลมโดยวิธีการกะประมาณโดยเทียบจากผลที่เกิดขึ้น ดังตารางที่ 13.1

ตารางที่ 13.1 มาตราส่วนแสดงกำลังลมของโบฟอร์ต (BEAUFORT)

มาตราส่วน โบฟอร์ต	ชื่อลม	สิ่งที่สังเกตเห็น	อัตราความเร็วในระดับสูงจาก พื้นดินขึ้นไป 20 ฟุต	
			ไมล์ทะเล/ชม.	กม./ชม.
0	ลมสงบ	ควันไฟลอยตรง	น้อยกว่า 1	น้อยกว่า 1.6
1	ลมอ่อน	ควันลอยตามลม ตุ้มลมไม่เคลื่อนไหว	1 - 3	1.6 - 4.8
2	ลมเบา	รู้สึกมีลมปะทะหน้า กิ่งไม้แกว่ง ตุ้มลมเคลื่อนไหว	4 - 7	6.4 - 11.3
3	ลมโชย	ใบไม้แกว่งสม่ำเสมอ ธงโบกสะบัด	8 - 12	12.0 - 19.3
4	ลมปานกลาง	ฝุ่นฟุ้ง กระดาษปลิว กิ่งไม้เล็ก ๆ แกว่ง	13 - 18	20.9 - 29.0
5	ลมกระโชก	ต้นไม้เล็ก ๆ เริ่มเคลื่อนไหว น้ำในสระมีคลื่น	19 - 24	30.6 - 38.6
6	ลมแรง	กิ่งไม้ใหญ่เคลื่อนไหว กางร่มยาก	25 - 31	40.2 - 49.9
7	พายุปานกลาง	ต้นไม้ทั้งต้นแกว่งไหว เดินทวนลมลำบาก	32 - 38	51.5 - 61.1

8	พายุกระโชก	กิ่งไม้เล็ก ๆ หัก	39 - 45	62.6 - 74.0
9	พายุแรง	บ้านเรือนเริ่มเสียหาย	47 - 54	75.6 - 06.9
10	พายุจัด	ต้นไม้หักโค่น		
		สิ่งก่อสร้างเสียหาย	55 - 63	00.5 - 101.4
11	พายุร้าย	นาน ๆ เกิดขึ้นครั้งหนึ่ง		
		มีความเสียหายมาก	64 - 75	103.0 - 120.7
12	เฮอริเคน	เสียหายรุนแรงมาก	มากกว่า 75	มากกว่า 120.7

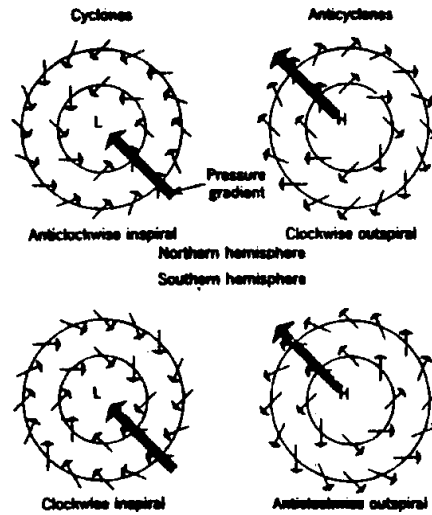
หมายเหตุ 1 นอต = 1 ไมล์ทะเล ต่อ ชม.
 1 ไมล์ทะเล = 1,052 เมตร

ไซโคลนและแอนติไซโคลน

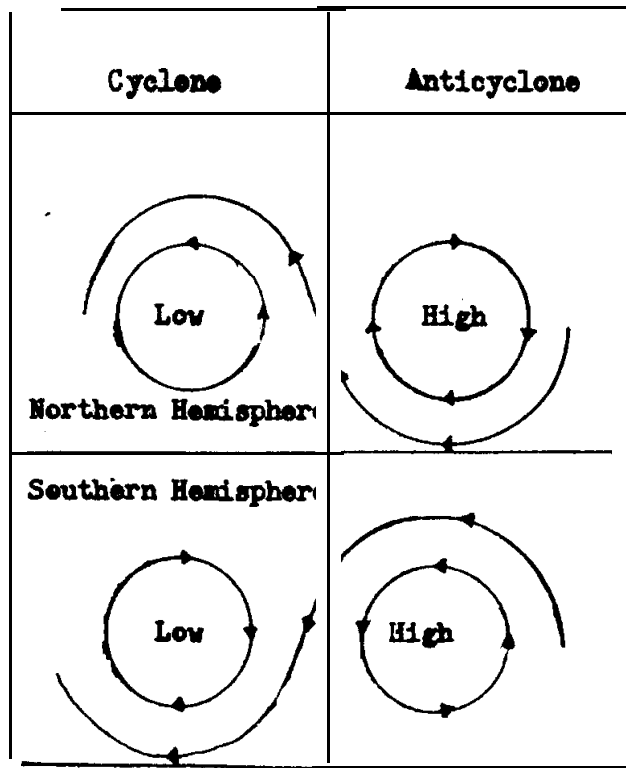
ในทางอุตุนิยมวิทยา ศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ เรียกว่า ไซโคลน (CYCLONE) ส่วนศูนย์กลางความกดอากาศสูง เรียกว่า แอนติไซโคลน (ANTICYCLONE) ไซโคลนและแอนติไซโคลนอาจจะเป็นศูนย์กลางความกดอากาศที่คงที่หรืออาจจะเป็นชนิดเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วซึ่งก่อให้เกิดลมพายุต่าง ๆ ดังจะกล่าวในบทที่ 15 ในการแสดงไซโคลนและแอนติไซโคลนนั้นอาศัยเส้นความกดเท่า (ISOBAR) ลากเป็นเส้นวงกลมปิดล้อมรอบไซโคลนและแอนติไซโคลน

ในซีกโลกเหนือลมจะหมุนเวียนเข้าสู่ระบบศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ (ไซโคลน) ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ในขณะที่ระบบศูนย์กลางความกดอากาศสูง (แอนติไซโคลน) ลมจะพัดออกในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ส่วนในซีกโลกใต้การหมุนเวียนของลมในระบบไซโคลนและแอนติไซโคลนจะตรงกันข้ามกับซีกโลกเหนือโดยสิ้นเชิง กล่าวคือ ในซีกโลกใต้ ลมจะหมุนเวียนเข้าสู่ระบบไซโคลนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ส่วนลมจะพัดออกจากระบบแอนติไซโคลนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เป็นต้น (รูป 13.23) ทั้งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ลมผิวพื้นจะพัดเข้าสู่ระบบศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ (ไซโคลน) ดังนั้นในบริเวณศูนย์กลางความกดอากาศ

ต่ำอากาศจะบีบตัวเข้าหากัน (CONVERGENCE) และยกตัวสูงขึ้น อากาศที่ยกตัวสูงขึ้นมีส่วนสำคัญในการก่อให้เกิดเมฆและหยาดน้ำฟ้าสำหรับระบบศูนย์กลางความกดอากาศสูง (แอนติไซโคลน) จะตรงกันข้ามกับไซโคลน กล่าวคือ ลมผิวพื้นจะพัดออก (DIVERGENCE) จากศูนย์กลางความกดอากาศสูง ยังผลให้อากาศจมตัวลงในแนวยืน (รูป 13.25)



รูป 13.23 ลมผิวพื้นภายใน ไซโคลนและแอนติไซโคลน



รูป 13.24 ลมในระดับสูงรอบไซโคลนและแอนติไซโคลน



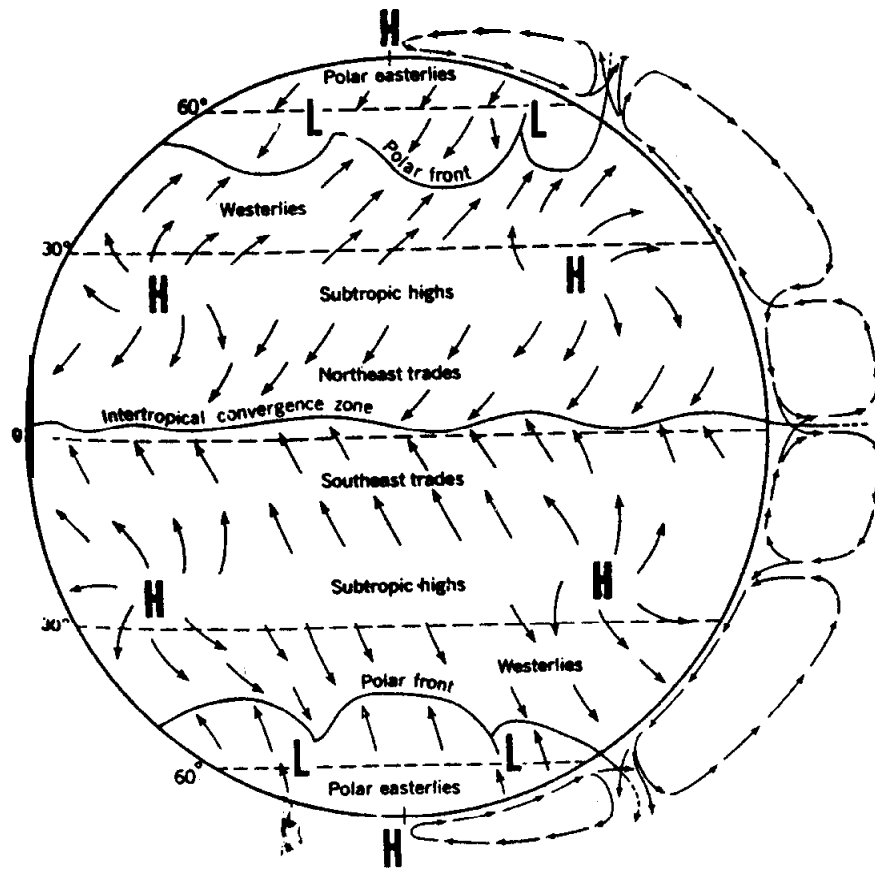
รูป 13.25 ลมจะพัดเข้าหากัน ในระบบไซโคลน และจะพัดออกจากกัน ในระบบแอนติไซโคลน

ระบบแห่งการหมุนเวียนของลมส่วนใหญ่ทั่วโลก (GENERAL CIRCULATION OF THE ATMOSPHERE)

ระบบการหมุนเวียนของลมส่วนใหญ่ทั่วโลกจะมีความเกี่ยวข้องกับระบบความกดอากาศของโลก และมีบทบาทสำคัญในการถ่ายเทรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์และความชื้นให้แก่บรรยากาศของโลก เพื่อที่จะให้ง่ายแก่การเข้าใจระบบการหมุนเวียนของลมส่วนใหญ่ จึงมีผู้สร้างแบบจำลองของระบบการหมุนเวียนของลมส่วนใหญ่ขึ้น (รูป 13.26) โดยตั้งข้อดกลงเบื้องต้นว่า

1. พื้นผิวโลกมีความสม่ำเสมออย่างเดียวกันตลอด อาจจะไปประกอบไปด้วยพื้นน้ำทั้งหมดหรือ พื้นดินทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อที่จะให้อิทธิพลของพื้นดินและพื้นน้ำในด้านความแตกต่างในการดูดซับและคายความร้อนหมดไป

2. บริเวณศูนย์สูตรจะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ในแนวตั้งฉากตลอดเวลา



รูป 13.26 ระบบแห่งการหมุนเวียนของลมส่วนใหญ่ของโลก

เป็นที่ทราบกันแล้วว่า ลมจะพัดออกจากบริเวณความกดอากาศสูงเข้าสู่บริเวณความกดอากาศต่ำ และเนื่องจากอิทธิพลของแรงเฉื่อยจึงทำให้ลมที่พัดบนพื้นโลกเฉไปจากแนวเดิมในซีกโลกเหนือจะเฉไปทางขวา ส่วนซีกโลกใต้จะเฉไปทางซ้าย ดังนั้นจะเห็นว่าลมพัดจากบริเวณความกดสูงถึงเมืองร้อน (ละติจูด 30° เหนือและใต้) เข้าสู่บริเวณศูนย์สูตร ลมนี้มีชื่อว่า ลมสินค้า (TRADE WINDS) ในซีกโลกเหนือมีชื่อว่า ลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือ และในซีก

โลกได้มีชื่อว่าลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนลมที่พัดออกจากบริเวณความกดอากาศสูงกึ่งเมืองร้อนเข้าสู่บริเวณความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก (ละติจูด 60° เหนือและใต้) เรียกว่า **ลมตะวันตก (WESTERLIES)** ในซีกโลกเหนือเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนในซีกโลกใต้เป็นลมตะวันตกเฉียงเหนือ ส่วนลมที่พัดออกจากบริเวณความกดอากาศสูงขั้วโลกทั้ง 2 ข้างเข้าสู่บริเวณความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก เรียกว่า **ลมขั้วโลกตะวันออก (POLAR EASTERLIES)** ในซีกโลกเหนือมีชื่อว่า **ลมขั้วโลกตะวันออกเฉียงเหนือ** และในซีกโลกใต้มีชื่อว่า **ลมขั้วโลกตะวันออกเฉียงใต้**

บริเวณที่อยู่ระหว่างลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือและลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ พัดมาพบกันเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำมาก มีลมพัดอ่อน อุณหภูมิสูง ความชื้นมาก เป็นเขตลมสงบที่ศูนย์สูตรซึ่งมีชื่อเฉพาะว่า **เขตคอลลดรัม (DOLDRUM)** ส่วนบริเวณความกดอากาศสูงกึ่งเมืองร้อน (ละติจูด 30° - 40° เหนือและใต้) เป็นเขตลมสงบเช่นเดียวกัน เขตลมสงบนี้มีชื่อว่า **เขตละติจูดม้า หรือ ฮอร์สละติจูด (HORSE LATITUDE)**

ตามสภาพความจำเป็น ระบบความกดอากาศและการหมุนเวียนของลมส่วนใหญ่ทั่วโลกจะซับซ้อนกว่าตามแบบจำลองที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เพราะ

1. ลมจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นโลกไม่ได้ตั้งฉากกับบริเวณศูนย์สูตรอยู่ตลอดเวลา แต่จะเปลี่ยนไปตามฤดูกาล คือจะเคลื่อนขึ้นไปทางเหนือและลงมาทางใต้ เมื่อลมจากดวงอาทิตย์เคลื่อนขึ้นไปทางเหนือ เขตคอลลดรัมก็จะเคลื่อนตัวตามไปด้วย เขตความกดอากาศต่าง ๆ ก็จะเคลื่อนตัวไปทางเหนือเช่นเดียวกัน ครั้นเมื่อลมจากดวงอาทิตย์เคลื่อนตัวลงใต้ เขตคอลลดรัมและเขตความกดอากาศต่าง ๆ ก็จะเคลื่อนตัวลงมาทางใต้ ระบบแห่งการหมุนเวียนของลมส่วนใหญ่ก็ยังคงเป็นไปเช่นเดิม ผิดกันแต่เพียงบริเวณที่ลมพัดออกและเข้าหาเปลี่ยนแปลงตำบลที่ไป

2. พื้นผิวโลกมิได้มีความสม่ำเสมออย่างเดียวกันหมด หากแต่ประกอบด้วยพื้นดินและพื้นน้ำซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันในด้านการดูดซับ และการคายความร้อน (หาอ่านรายละเอียดได้ในบทที่ 10) โดยเฉพาะในซีกโลกเหนือมีแผ่นดินมากกว่าพื้นน้ำ ระบบความกดอากาศต่ำ

และสูง จึงมิได้เกิดขึ้นเป็นเขตหรือแถบซึ่งขนานไปกับเส้นศูนย์สูตร หากเกิดขึ้นเป็นหย่อม เรียกว่า หย่อมความกดอากาศต่ำและหย่อมความกดอากาศสูงเล็กบ้าง ใหญ่บ้าง

3. รูปร่างและความสูงต่ำของลักษณะภูมิประเทศมีส่วนทำให้ทิศทางและความเร็วของลมเปลี่ยนแปลงไป

การหมุนเวียนของลมส่วนใหญ่ระหว่างศูนย์สูตรกับขั้วโลกสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 เขตดังนี้

1. การหมุนเวียนของลมในเขตร้อน ระหว่างละติจูด 30° เหนือ และ 30° ใต้ จะมีลมพัดออกจากหย่อมความกดอากาศสูงกึ่งเมืองร้อน (ละติจูด 25° - 30° เหนือและใต้) เข้าหาร่องความกดอากาศต่ำศูนย์สูตร และเนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลกจึงทำให้เกิดแรงเฉื่อยในซีกโลกเหนือลมพัดเฉียงไปทางตะวันออก มีชื่อว่า ลมเขตร้อนฝ่ายตะวันออก (TROPICAL EASTERLIES) หรืออย่างที่รู้จักกันว่าลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือ ในซีกโลกใต้มีชื่อว่า ลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้

ลมสินค้าทั้ง 2 จะพัดไปพบกัน ณ บริเวณใดบริเวณหนึ่งใกล้ ๆ กับเส้นศูนย์สูตร บริเวณนี้มีชื่อว่า แนวบีบตัวของอากาศในเขตร้อน (INTERTROPICAL CONVERGENCE ZONE) ใช้ตัวย่อว่า ITC จากการที่ลมสินค้าพัดมาพบกันจึงทำให้บริเวณนี้มีอากาศยกตัวสูงขึ้นในแนวอื่น

ลมสินค้าเป็นลมที่พัดสม่ำเสมอ ทิศทางค่อนข้างแน่นอนอนมีความเร็วปานกลางโดยเฉลี่ยประมาณ 16 - 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (10 - 15 ไมล์ต่อชั่วโมง) โดยปกติแล้วในเขตที่ลมสินค้าพัด อากาศจะแจ่มใส ไม่ค่อยมีพายุเกิดขึ้น ด้วยเหตุนี้เองจึงมีความสำคัญต่อการเดินเรือในสมัยโบราณซึ่งใช้เรือใบในการเดินเรือติดต่อและขนส่งสินค้าระหว่างประเทศเป็นอย่างมาก แม้ว่าในขณะนี้เรือเดินสมุทรจะใช้เครื่องจักรแล้วก็ตามลมสินค้าก็ยังช่วยให้เรือแล่นได้เร็วขึ้น

2. การหมุนเวียนของลมในเขตอบอุ่น ระหว่างละติจูด 35° - 60° เหนือและใต้เป็นเขตลมประจำตะวันตก (WESTERLIES) ซึ่งเป็นลมที่พัดออกจากหย่อมความกดอากาศสูงกึ่งเมืองร้อนไปสู่ร่องความกดอากาศต่ำกึ่งขั้วโลก ในซีกโลกเหนือจะเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนในซีกโลกใต้จะเป็นลมตะวันตกเฉียงเหนือ

ในบริเวณนี้ความเร็วของลม และทิศทางของลมจะเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ถึงแม้จะพัดมาจากทางตะวันตกบ่อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตามลมตะวันตกเป็นลมที่พัดมาจากทุกทิศทุกทาง บางเวลาโดยเฉพาะในฤดูหนาวลมจะพัดแรงจนกลายเป็นพายุ ส่วนเวลาอื่น ๆ ลมจะพัดอ่อนลง จากการที่ความเร็วและทิศทางของลมเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอมีผลให้บรรยากาศแปรปรวน เกิดพายุไซโคลนและแอนติไซโคลนบ่อย ๆ

ในซีกโลกใต้ระหว่างละติจูด 40° - 60° ใต้ ลมตะวันตกจะมีกำลังแรงมากกว่าในซีกโลกเหนือเนื่องจากในซีกโลกใต้บริเวณละติจูด 40° - 60° ใต้ เป็นพื้นน้ำติดต่อกันไป ไม่มีทวีปคั่นเป็นตอน ๆ เหมือนซีกโลกเหนือ พวกนักเดินเรือจึงเรียกลมตะวันตกที่พัดอยู่ในช่วงละติจูด 40° - 60° ใต้ว่า "ROARING FORTIES, FURIOUS FIFTIES และ SCREAMING SIXTIES" ไปตามลำดับ เนื่องจากลมนี้มี ความรุนแรงจึงทำให้เกิดความลำบากต่อการเดินเรือมากกว่าลมสินค้า แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากลมนี้มีทิศทางการพัดจากตะวันตกไปยังตะวันออก การเดินเรือจากอเมริกาเหนือไปยังยุโรป และการเดินทางจากมหาสมุทรแอตแลนติกตอนใต้ไปยังออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ จึงอาศัยลมนี้ในการเดินเรือ

3. การหมุนเวียนของลมในเขตหนาวหรือในเขตขั้วโลก ระหว่างละติจูด 60° หรือ 65° - ขั้วโลก เป็นเขตลมขั้วโลกฝ่ายตะวันออก (POLAR EASTERLIES) ลมนี้เป็นลมเย็นพัดออกจากขั้วโลกทั้งสองเข้าสู่ความกดอากาศต่ำ - ขั้วโลก เป็นลมขั้วโลกตะวันออกเฉียงเหนือในซีกโลกเหนือและลมขั้วโลกตะวันออกเฉียงใต้ในซีกโลกใต้

ในซีกโลกเหนือ ทิศทางการพัดของลมขั้วโลกเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เนื่องจากอิทธิพลของความแปรปรวนของอากาศในท้องถิ่น ส่วนในซีกโลกใต้บริเวณทวีปแอนตาร์กติกาซึ่งปกคลุม

ไปด้วยธารน้ำแข็งและล้อมรอบไปด้วยพื้นน้ำ ลมทั่วโลกจะมีทิศทางพัดมาจากทางตะวันออกอย่างเด่นชัด

ระหว่างเขตการหมุนเวียนของลมทั้ง 3 เขตดังกล่าวข้างต้น จะมีเขตลมสงบ 2 เขตคั่นอยู่ คือ

1. **เขตคอดรัม (DOLDRUMS)** เป็นเขตลมสงบที่อยู่บริเวณร่องความกดอากาศต่ำศูนย์สูตร โดยเฉลี่ยแล้วจะอยู่ระหว่างละติจูด 5° เหนือ ถึง 5° ใต้ บริเวณนี้จะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มากตลอดทั้งปี จึงเกิดเป็นร่องความกดอากาศต่ำขึ้น ขณะที่ลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือและลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้เคลื่อนที่เข้าสู่ร่องความกดอากาศต่ำนั้น อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นเมื่อลมสินค้าทั้งสองพัดเข้าหากันในบริเวณใกล้ ๆ เส้นศูนย์สูตร อากาศร้อนและยกตัวสูงขึ้นในแนวยืน ความชื้นของอากาศในบริเวณนี้มีน้อย จึงทำให้มีลมพัดอ่อนหรือลมสงบ ทิศทางการพัดไม่แน่นอน สภาพของลมสงบนี้ไม่ได้เป็นแนวติดต่อกันไปจนรอบเส้นศูนย์สูตร และมีได้หมายความว่า เขตลมสงบนี้จะปรากฏอยู่ตลอดเวลา อาจจะมีปรากฏว่ามีลมอื่น เช่น ลมสินค้า หรือลมมรสุมพัดผ่านเข้ามาได้ ทำให้บริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงไป

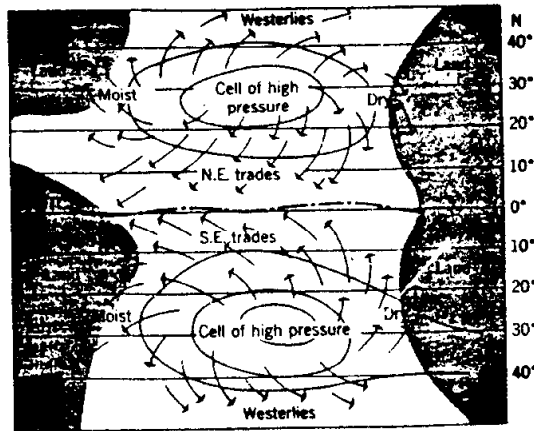
การเคลื่อนที่ของอากาศในบริเวณนี้ที่เด่นชัดมาก คือ การเคลื่อนที่ของอากาศในแนวยืนมีมากกว่าการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวนอน ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวยืนสังเกตได้จากจำนวนเมฆคิวมูลัสที่ก่อตัวขึ้น มีพายุฝนฟ้าคะนองและฝนที่เกิดจากการพาความร้อน (CONVECTIONAL RAIN) การเปลี่ยนแปลงของอากาศจะทำให้เกิดลมพัดเปลี่ยนทิศทางอยู่เสมอ บางครั้งลมสงบหรือมีพายุเกิดขึ้นเป็นพัก ๆ ในสมัยก่อนนักเดินเรือมักจะไม่ค่อยเดินเรือผ่านบริเวณนี้ เพราะจะเสียเวลาเนื่องจากมีลมสงบติดต่อกันหลายวัน ด้วยเหตุนี้ นักเดินเรือจึงยินดีที่จะเลือกเอาทิศทางที่อ้อมกว่าแต่มีลมพัดผ่าน หรือพยายามแล่นผ่านส่วนที่แคบที่สุดของเขตคอดรัม

2. **ละติจูดม้า หรือ ฮอว์ตละติจูด (HORSE LATITUDE)** เป็นบริเวณหย่อมความ

กดอากาศสูงกึ่งเมืองร้อนประมาณละติจูด 30° - 40° เหนือและใต้ อยู่ระหว่างแนวลมสินค้ากับ ลมตะวันตก ที่เรียกเขตลมสงบบริเวณนี้ว่า ละติจูดม้าหรือฮอर्सละติจูด อาจจะสืบเนื่องมาจากในสมัยอาณาจักรมอซอซได้บรรทุกม้าไปขายยังหมู่เกาะอินเดียตะวันตก เมื่อ แล่นเรือมาถึงบริเวณนี้ซึ่งมีลมสงบเป็นเวลานาน ทำให้เรือแล่นไปได้ช้ามาก น้ำจืดบนเรือหมด จึงต้องโยนม้าที่บรรทุกมาทิ้งลงทะเลเพื่อให้เรือเบาจะได้แล่นไปได้สะดวกขึ้น แนวนี้รู้จักกันอีก อย่างหนึ่งว่า “ละติจูดเมดิเตอร์เรเนียน” เพราะอยู่ในแนวที่ตั้งของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน

ลักษณะทั่วไปของเขตลมสงบละติจูดม้า คือ บริเวณนี้ความชันของความกดอากาศ น้อย ลมจะพัดอ่อนและพัดมาจากทุกทิศทาง อากาศจะจมตัวลงในแนวยืน จึงไม่ก่อให้เกิดเมฆ และหยาดน้ำฟ้า ปริมาณฝนตกน้อยมาก

เขตลมสงบละติจูดม้ามักมีลักษณะคล้ายกับเขตคออลดรัมในแง่ที่ว่า เป็นบริเวณที่ลมพัด อ่อนและพัดมาจากทุกทิศทาง เป็นบริเวณที่เกิดลมสงบบ่อย ๆ แต่อย่างไรก็ตามลมสงบทั้ง 2 เขตนี้มีความแตกต่างกันในด้านสภาพอากาศกล่าวคือ เขตคออลดรัมเป็นบริเวณที่ลมสินค้าทั้ง ซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้พัดเข้าหากัน อากาศร้อนยกตัวสูงขึ้นในแนวยืนก่อให้เกิดการ แปรปรวน มีฝนตกหนัก ส่วนเขตละติจูดม้าเป็นบริเวณที่อากาศจมลง จึงทำให้อากาศโดยทั่วไป แห้งและร้อน ท้องฟ้าแจ่มใส ไม่มีฝนตก หรือฝนตกค่อนข้างน้อย



รูป 13.27 ในมหาสมุทรในซีกโลกเหนือและใต้ ลมสินค้าจะพัดจากด้านตะวันออกของหย่อมความกดอากาศสูง ส่วนลมตะวันตกจะพัดออกจากด้านตะวันตก

ตามรูป 13.27 แสดงหย่อมความกดอากาศสูงที่ปรากฏอยู่ในมหาสมุทรในซีกโลกทั้งสอง จะมีลมสินค้าพัดออกจากหย่อมความกดอากาศสูงทางด้านตะวันออก ส่วนลมตะวันตกจะพัดออกจากหย่อมความกดอากาศสูงทางด้านตะวันตก ฉะนั้นทางด้านตะวันออกของหย่อมความกดอากาศสูงจะมีอากาศจมตัวลงสู่เบื้องล่างอันเป็นผลให้สภาพอากาศโดยทั่วไปแห้งและร้อน ส่วนทางด้านตะวันตกของหย่อมความกดอากาศสูงจะมีอากาศจมตัวลงน้อยกว่าทางตอนกลางและตะวันออก ดังนั้นทางด้านตะวันตกจึงมีเมฆและหยาดน้ำฟ้าปานกลาง ด้วยสาเหตุนี้จึงสามารถให้คำอธิบายได้ว่าทำไมทางด้านตะวันออกของหย่อมความกดอากาศสูงในมหาสมุทรและพื้นดินใกล้เคียง (บริเวณทางด้านตะวันตกของทวีป) จึงมีอากาศแห้งแล้งและเป็นทะเลทราย ส่วนทางด้านตะวันตกของหย่อมความกดอากาศสูงและพื้นดินใกล้เคียงจึงมีอากาศชุ่มชื้น

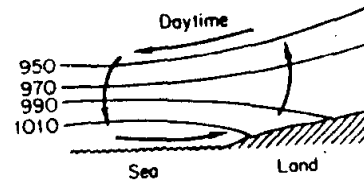
ลมประจำถิ่น

เป็นลมที่พัดอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่งโดยเฉพาะ เกิดขึ้นในบริเวณแคบ ๆ สาเหตุการเกิดลมประจำถิ่นเนื่องมาจากความแตกต่างของความกดอากาศในบริเวณใกล้เคียงของภูมิภาคประเทศในท้องถิ่นนั้น เช่น อาจเป็นภูเขา หุบเขา หรือทะเล เป็นต้น ลมประจำถิ่นมีอิทธิพลอย่างมากต่อการทำให้เกิดลักษณะอากาศ ณ บริเวณนั้น ๆ เปลี่ยนแปลง นอกจากนั้นยังมีอิทธิพลต่อพืชและสัตว์ในบริเวณนั้น ๆ ด้วย ลมประจำถิ่นมีหลายชนิด เช่น ลมบก ลมทะเล ลมภูเขา ลมหุบเขา ลมร้อนและลมหนาว เป็นต้น

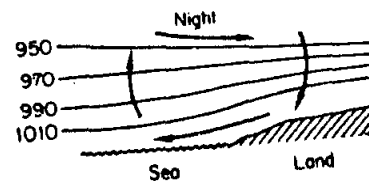
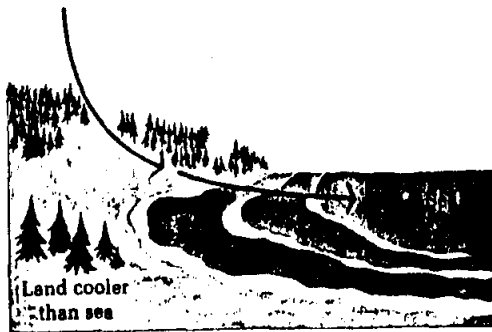
1. **ลมบกและลมทะเล** เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของพื้นดินและพื้นน้ำในการดูดซับและคายความร้อนในช่วง 1 วัน พบแถวชายฝั่งทะเล

ในเวลากลางวัน พื้นดินดูดซับความร้อนได้เร็วกว่าพื้นน้ำ จึงทำให้อากาศที่อยู่เหนือพื้นดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศที่อยู่เหนือพื้นน้ำใกล้เคียง (ทะเล ทะเลสาบ) อากาศเหนือพื้นดินจึงลอยตัวสูงขึ้น ทำให้เกิดความกดอากาศต่ำเหนือพื้นดิน ส่วนอากาศเย็นที่อยู่เหนือพื้นน้ำจะเกิดเป็นเขตความกดอากาศสูง จึงทำให้เกิดลมพัดจากทะเลเข้าสู่ฝั่ง เรียกว่า **ลมทะเล (SEA BREEZE)** ตามปกติลมทะเลจะเริ่มพัดราว 11 หรือ 12 นาฬิกา จนถึงเวลาประมาณ 16.00 นาฬิกา ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้คนชอบไปพักผ่อนแถวชายทะเลในตอนช่วงฤดูร้อนบ่อย ๆ เนื่องจากลมทะเลช่วยบรรเทาความร้อนให้แก่บริเวณที่อยู่ใกล้ชายฝั่ง ลมทะเลจะช่วยให้อุณหภูมิบริเวณชายฝั่งลดลงประมาณ 7 - 8 °C (10 - 15 °F) ห่างจากชายฝั่งเข้าไปตอนในลมทะเลจะมีอิทธิพลน้อยลงเป็นลำดับ ลมนี้สามารถพัดเข้าไปในฝั่งได้ลึกถึง 10 - 30 ไมล์ (รูป 13.28)

ในเวลากลางคืน พื้นดินคายความร้อนได้เร็วกว่าพื้นน้ำ อากาศเหนือพื้นดินจึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นน้ำที่อยู่ใกล้เคียง ความกดอากาศสูงจึงเกิดขึ้นบริเวณเหนือพื้นดิน ทำให้เกิดลมพัดจากฝั่งออกสู่ทะเล เรียกว่า **ลมบก (LAND BREEZE)** เป็นเวลานานหลายพันปีมาแล้วที่ชาวประมงอาศัยลมบกพัดเรือออกจากชายฝั่งในตอนเช้ามืด และอาศัยลมทะเลพัดเรือเข้าสู่ฝั่งในตอนบ่าย (รูป 13.29)



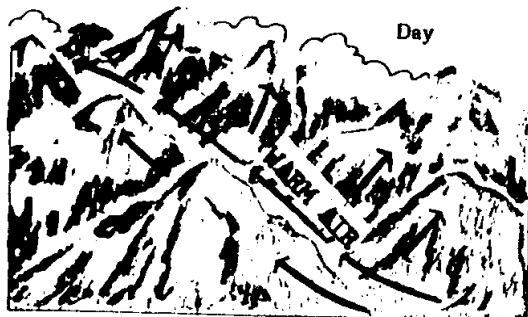
รูป 13.28 ลมทะเล



รูป 13.29 ลมบก

2. ลมภูเขาและลมหุบเขา ลมภูเขาและลมหุบเขามีลักษณะคล้าย ๆ กับลมบกลมทะเล ลมหุบเขา (VALLEY BREEZE) เกิดขึ้นในตอนกลางวัน บริเวณยอดเขาจะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้เกิดการลอยตัวสูงขึ้น อากาศจากหุบเขาเบื้องล่างซึ่งมีความกดอากาศสูงจึงเคลื่อนที่ขึ้นไปตามลาดเขา ลมนี้เรียกว่า ลมหุบเขา (รูป 13.30)

ลมภูเขา (MOUNTAIN BREEZE) เกิดขึ้นในตอนกลางคืน เมื่ออากาศใกล้พื้นดินเย็นลงด้วยการคายความร้อนออก อากาศเย็นจะเคลื่อนตัวลงมาเบื้องล่าง ทำให้มีลมพัดจากยอดเขาลงสู่หุบเขา เรียกว่า ลมภูเขา ส่วนมากมักเป็นลมหนาวเย็น และบางครั้งอาจมีหมอกหนาที่บดด้วย (รูป 13.31)



รูป 13.30 ลมหุบเขา



รูป 13.31 ลมภูเขา

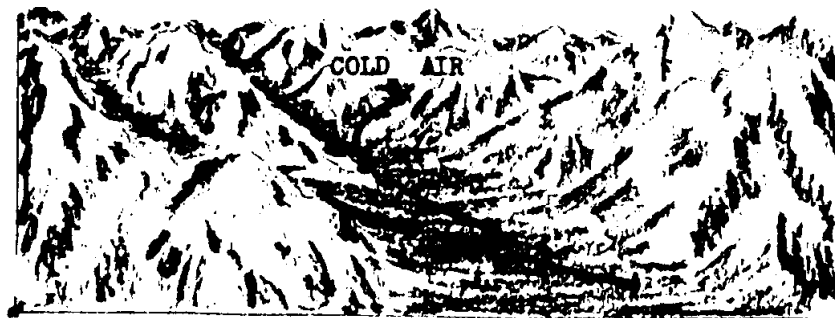
3. ลมร้อนและลมเย็น เป็นลมที่เกิดขึ้นเฉพาะท้องถิ่นใดท้องถิ่นหนึ่งโดยเฉพาะและบางฤดูกาลในส่วนต่างๆ ของโลก เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศในบริเวณใกล้เคียง แต่ไม่แตกต่างกันมากนักจึงทำให้เกิดลมพัดไม่รุนแรง ลมประจำถิ่นชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 พวก คือ ลมร้อนพวกหนึ่ง และลมเย็นอีกพวกหนึ่ง

สำหรับการพิจารณาว่าลมใดเป็นลมร้อนหรือลมเย็นนั้น พิจารณาได้จากการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิของลมกับอุณหภูมิของอากาศบริเวณที่ลมนั้นพัดผ่าน ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิของลม 60° ฟ แต่อุณหภูมิของอากาศบริเวณที่ลมพัดผ่านเท่ากับ 50° ฟ ลมที่พัดมา

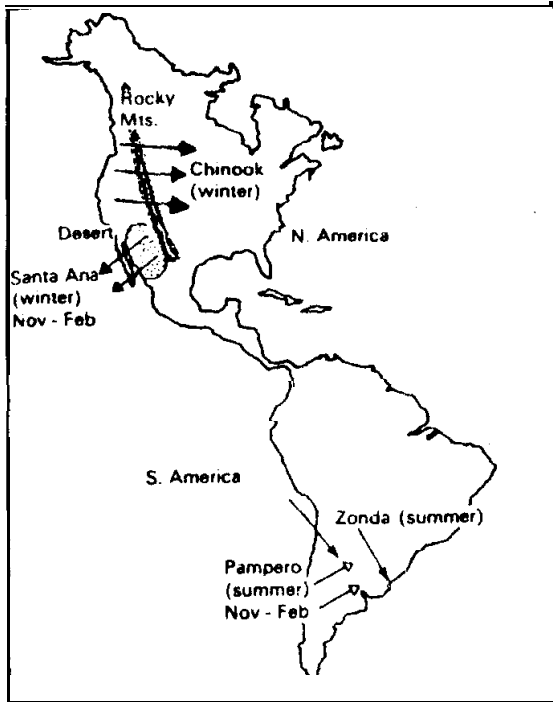
จึงเป็นลมร้อน เพราะอุณหภูมิของลมสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศบริเวณนั้น ลมร้อนเมื่อพัดผ่านบริเวณใดจะทำให้อุณหภูมิลมบริเวณนั้นสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิของลมเท่ากับ 60° ฟ แต่อุณหภูมิของอากาศบริเวณที่ลมพัดผ่านเท่ากับ 70° ฟ ลมที่พัดมาจึงเป็นลมเย็น ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิของลมต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศที่ลมพัดผ่าน ลมเย็นก็เช่นเดียวกับลมร้อนเมื่อพัดผ่านบริเวณใดจะทำให้อุณหภูมิลมบริเวณนั้นต่ำลง

ลมประจำถิ่นชนิดนี้สามารถแบ่งตามสาเหตุการเกิดออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

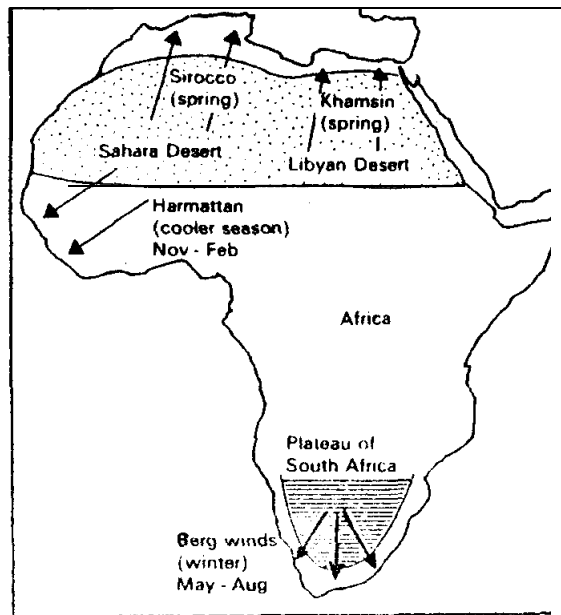
3.1 ลมพัดลงลาดเขา (DRAINAGE WINDS หรือ KATABATIC WINDS) เป็นลมเย็นซึ่งเคลื่อนที่จากที่สูงลงสู่ที่ต่ำภายใต้แรงดึงดูดของโลก เกิดขึ้นในฤดูหนาว อากาศหนาวเย็นซึ่งมีความหนาแน่นมากจะรวมตัวกันอยู่ตามบริเวณภูเขา ที่ราบสูงและที่สูงตอนในของทวีป เมื่อน้ำหนักมากและเนื่องจากอิทธิพลของแรงดึงดูดของโลก จึงทำให้อากาศเย็นเคลื่อนที่จากที่สูงลงสู่ที่ราบต่ำใกล้เคียง (รูป 13.32) เป็นลมหนาวเย็นที่แห้งแล้งและรุนแรง ลมเย็นเกิดขึ้นตามบริเวณภูเขาหลายแห่งของโลกและมักมีชื่อแตกต่างกันไปตามท้องถิ่นต่างๆ เช่น **ลมมิสทราล (MISTRAL)** ซึ่งพัดอยู่บริเวณลุ่มแม่น้ำโรน (RHONE) ทางตอนใต้ของฝรั่งเศสในช่วงฤดูหนาว เป็นต้น (รูป 13.33)



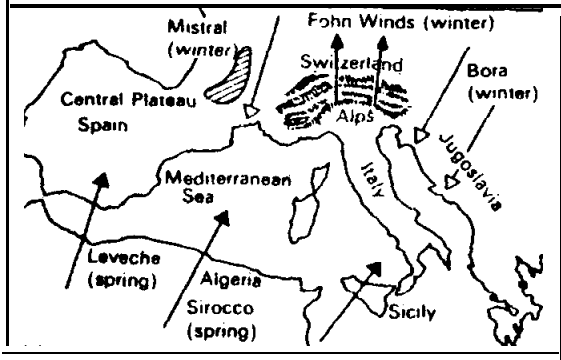
รูป 13.32 ลมพัดลงลาดเขา



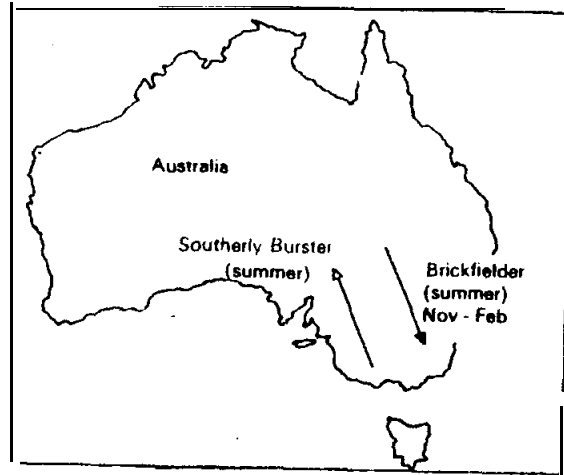
ทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้



ทวีปแอฟริกา



ทวีปยุโรป



ทวีปออสเตรเลีย

- ลมร้อน
- ลมเย็น

รูป 13.33 ลมร้อนและลมเย็นที่เกิดขึ้นในภูมิภาคต่างๆ ของโลก

3.2 ลมที่พัดออกมาจากศูนย์กลางความกดอากาศสูง (แอนติไซโคลน) ส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณละติจูด 25° - 30° เหนือและใต้ ซึ่งเป็นเขตความกดอากาศสูง จะมีลมพัดออกมาจากศูนย์กลางความกดอากาศสูงไปสู่ความกดอากาศต่ำที่อยู่ใกล้เคียง ลมที่เกิดขึ้นเป็นได้ทั้งลมร้อนและลมเย็น ถ้าเป็นลมร้อนและแห้งแล้งที่พัดพาเอาฝุ่นทรายมาด้วยมากมักก่อให้เกิดความเสียหายแก่พืชผลที่ปลูกได้โดยเฉพาะในฤดูใบไม้ผลิเมื่อต้นไม้กำลังออกผลอยู่และทำให้เกิดอันตรายต่อการบินของสายการบินต่าง ๆ ที่บินผ่านบริเวณนี้ เช่น (รูป 13.33)

ลมซานตา แอนนา (SANTA ANA) เป็นลมร้อนและแห้งพัดจากทะเลทรายตอนในของแคลิฟอร์เนียตอนใต้ผ่านเทือกเขาชายฝั่งลงสู่ชายฝั่งแปซิฟิก ลมนี้จะม้วนตัวจมลงสู่ช่องแคบ ๆ หรือหุบผาชัน จึงทำให้ลมนี้อุณหภูมิสูงขึ้น บางทีจะหอบเอาฝุ่นทรายมาด้วยมาก

ลมซิรอกโก (SIROCCO) เป็นลมร้อนและแห้งแล้งที่พัดจากทะเลทรายสะฮาราผ่านตอนเหนือทวีปแอฟริกา เกาะซิซิลี และภาคใต้ของอิตาลี เมื่อลมนี้พัดผ่านทะเลเมดิเตอร์เรเนียนไปถึงภาคใต้ของประเทศอิตาลี จะมีกำลังอ่อนลงแต่มีความชุ่มชื้นมากขึ้น

ลมกัมซิม (KHAMSIM) เป็นลมร้อนและแห้งแล้งพัดจากทะเลทรายลิเบียลงสู่ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน

ลมฮาร์มัตตัน (HARMATTAN) เป็นลมร้อนและแห้งแล้งที่พัดจากทะเลทรายสะฮาราลงไปทางใต้เข้าไปแอฟริกาตะวันตกจนถึงชายฝั่งของอ่าวกินี

ลมโบรา (BORA) เป็นลมเย็นที่พบอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลอาเดรียติกของยูโกสลาเวีย โดยมีลมพัดจากศูนย์กลางความกดอากาศสูงในบริเวณเทือกเขาในช่วงฤดูหนาวลงสู่ที่ราบแคบ ๆ ชายฝั่งทะเล ในขณะที่ลมจมตัวลงสู่ที่ราบชายฝั่ง อุณหภูมิสูงขึ้นกว่าเดิมแต่ก็ยังต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศบริเวณชายฝั่ง

3.3 ลมตกเขา หรือลมเฟิน หรือลมชีนุก (FOEHN หรือ CHINOOK) เป็นลมร้อนและแห้งแล้งซึ่งพัดลงมาทางด้านปลายลมของภูเขา (LEEWARD SLOPES) ความร้อนและแห้งแล้งของลมนี้เกิดขึ้นจากการอัดตัวของอากาศเมื่อไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ อุณหภูมิของอากาศจะสูงขึ้นตามอัตราอะเดียแบตติกสำหรับอากาศแห้ง (DRY ADIABATIC RATE) คืออุณหภูมิจะสูงขึ้น $5\frac{1}{2}^{\circ}$ ฟ ต่อ 1,000 ฟุต (10° ซ ต่อ 100 เมตร) ดังนั้นเมื่อลมพัดลงมายังหุบเขาจึงกลายเป็น

เป็นลมร้อนและแห้งแล้ง (ดูรูป 14.15 ในหน้า 378 ประกอบ) ลมร้อนนี้จะช่วยทำให้หิมะละลายเร็วขึ้น และผลไม้ที่ปลูกไว้ในบริเวณนี้จะสุกเร็ว ลมนี้มีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน เช่น (รูป 13.33)

ลมชินุก (CHINOOK) เป็นลมร้อนและแห้งแล้งที่พัดลงมาจากทางด้านตะวันออกของเทือกเขารอกกี ในสหรัฐอเมริกา

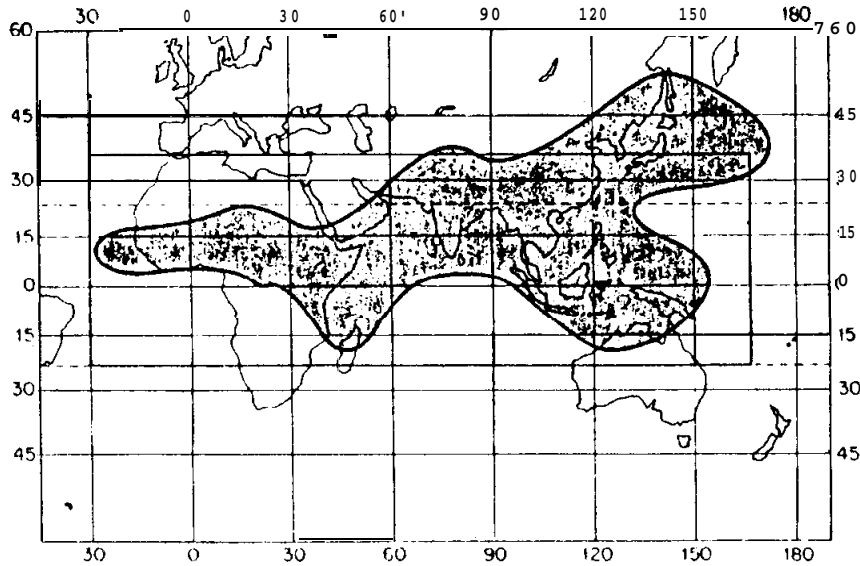
ลมเฟิน (FOEHN, FOHN) เป็นลมร้อนและแห้งแล้ง ที่พัดลงมาจากลาดเขาแอลป์ในบริเวณประเทศออสเตรียและสวิตเซอร์แลนด์ ลมที่เกิดทางด้านปลายลมของภูเขาในลักษณะเดียวกันนี้ในยุโรปเรียกกันว่าลมเฟินทุกแห่ง

ลมประจำฤดู

ลมประจำฤดู คือ ลมที่พัดประจำตามฤดูกาล ได้แก่ลมมรสุม (MONSOON WINDS) ซึ่งพัดในทิศทางที่แน่นอน เป็นระยะเวลาเวลานานตลอดฤดูและเกิดขึ้นเป็นประจำเช่นนั้นทุก ๆ ปี

คำว่า มรสุม มาจากคำว่า “MAUSIM” ซึ่งเป็นภาษาอาหรับแปลว่า ฤดูกาล ดังนั้นลมมรสุม จึงแปลว่า “ลมประจำฤดู” ในครั้งแรกพวกนักเดินเรือชาวอาหรับได้นำมาใช้เรียกลมที่เกิดขึ้นในทะเลอาหรับก่อน ลมนี้เป็นลมที่พัดออกจากภาคพื้นทวีปแถบประเทศอัฟกานิสถาน ปากีสถาน และตอนเหนือของประเทศอินเดียในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่ทะเลอาหรับเป็นระยะเวลา 6 เดือน แล้วเปลี่ยนกลับในทิศทางตรงข้าม คือ จากทะเลอาหรับเข้าสู่ภาคพื้นทวีปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นระยะเวลา 6 เดือนเช่นกัน ต่อมาได้ใช้ชื่อที่เรียกลมที่มีลักษณะอย่างเดียวกันแต่เกิดขึ้นในส่วนอื่นของโลก เช่น ออสเตรเลียตอนเหนือ บางส่วนของทวีปแอฟริกาตะวันตก ภาคใต้และภาคตะวันออก บางส่วนของทวีปอเมริกาเหนือ และในประเทศชิลี กับในบริเวณเอเชียตะวันออก เอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้ (รูป 13.34) ลมมรสุมที่เกิดขึ้นในทวีปเอเชียปรากฏเด่นชัดและมีกำลังแรงมากกว่าที่เกิดขึ้นในที่อื่น ๆ ทิศทางของลมมรสุมจะเปลี่ยนแปลงอย่างตรงกันข้ามตามฤดูกาล

ลมมรสุมเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างระหว่างความกดอากาศเหนือบริเวณภาคพื้นทวีปและเหนือภาคพื้นสมุทร ความแตกต่างระหว่างความกดอากาศดังกล่าวนี้เกิดจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นดินและพื้นน้ำอีกต่อหนึ่ง กล่าวคือ ในฤดูหนาวเมื่ออุณหภูมิบริเวณภาคพื้นทวีปเย็นกว่าอุณหภูมิบริเวณภาคพื้นสมุทรที่อยู่ใกล้เคียงจะทำให้ความกดอากาศบริเวณภาคพื้นทวีปสูงกว่าความกดอากาศบริเวณภาคพื้นสมุทร เมื่อบริเวณทั้งสองมีอัตราลด



รูป 13.34 เขตมรสุม

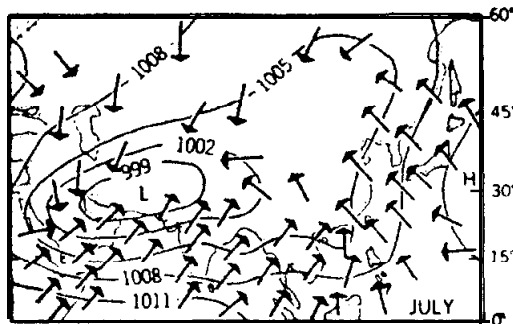
ความกดอากาศ (PRESSURE GRADIENT) ต่างกันก็จะทำให้เกิดการไหลของอากาศจากบริเวณภาคพื้นทวีปไปสู่บริเวณภาคพื้นสมุทร ทำให้เกิดลมพัดขึ้นมีชื่อว่าลมมรสุมฤดูหนาว ในฤดูร้อนจะเกิดปรากฏการณ์ตรงกันข้ามคืออุณหภูมิบริเวณภาคพื้นทวีปร้อนกว่าอุณหภูมิบริเวณภาคพื้นสมุทร ทำให้บริเวณภาคพื้นสมุทรมีความกดอากาศสูงกว่าบริเวณภาคพื้นทวีป จะทำให้เกิดการไหลของอากาศจากภาคพื้นสมุทรเข้าสู่ภาคพื้นทวีป ทำให้เกิดลมพัดไปในทิศทางตรงกันข้ามกับในฤดูหนาว ลมนี้รู้จักกันดีว่าลมมรสุมฤดูร้อน

ลมมรสุมในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

เนื่องจากทวีปเอเชียเป็นพื้นแผ่นดินอันกว้างใหญ่และมีมหาสมุทรล้อมรอบ จึงทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมากของอุณหภูมิและความกดอากาศระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำ เป็นผลให้เกิดลมพัดเปลี่ยนทิศทางตามฤดูกาล

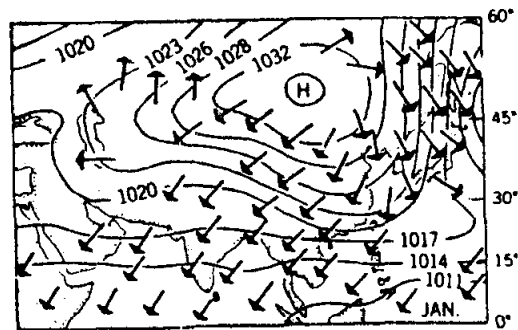
ในฤดูร้อน บริเวณทางใต้ของเอเชียจะอยู่ในเขตศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ (CYCLONE) จึงทำให้เกิดลมร้อนขึ้นพัดจากมหาสมุทรอินเดียและแปซิฟิกตอนใต้ในทิศทางตะวันตกเฉียงใต้เข้าสู่ทวีปเอเชียผ่านอินเดีย อินโดจีนและจีน เรียกว่า ลมมรสุมฤดูร้อน (รูป 13.35 A) จะนำฝนมาตกอย่างหนักในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ส่วนในฤดูหนาว ศูนย์กลางความกดอากาศสูงอยู่ตอนใต้ของทวีปเอเชียจึงทำให้เกิดลมพัดออกจากภาคพื้นทวีปไปยังมหาสมุทรในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือ (รูป 13.35 B) ลมนี้เรียกว่า ลมมรสุมฤดูหนาว ซึ่งจะนำความแห้งแล้งและหนาวเย็นมาสู่บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้



รูป 13.35 A ลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้

รูป 13.35 B ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



รูป 13.35 แผนที่แสดงความกดอากาศและลมมรสุม

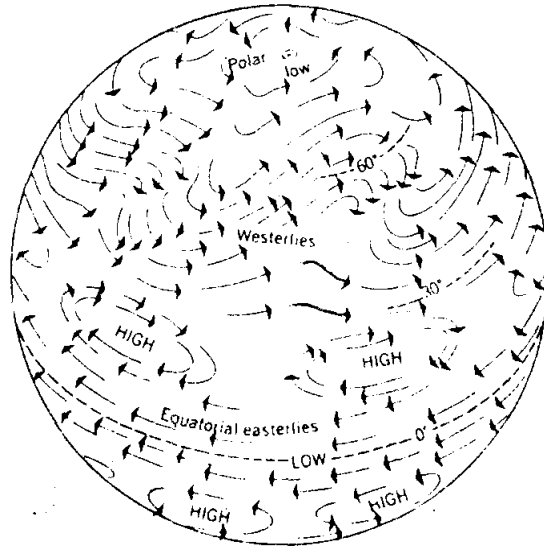
ในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในเดือนมกราคมและ

(ความกดอากาศคิดเป็นมิลลิบาร์)

ลมที่พัดอยู่ในระดับสูง

1. ลมตะวันตกเบื้องสูงและคลื่นรอสบี้ (UPPER AIR WESTERLIES AND ROSSBY WAVES)

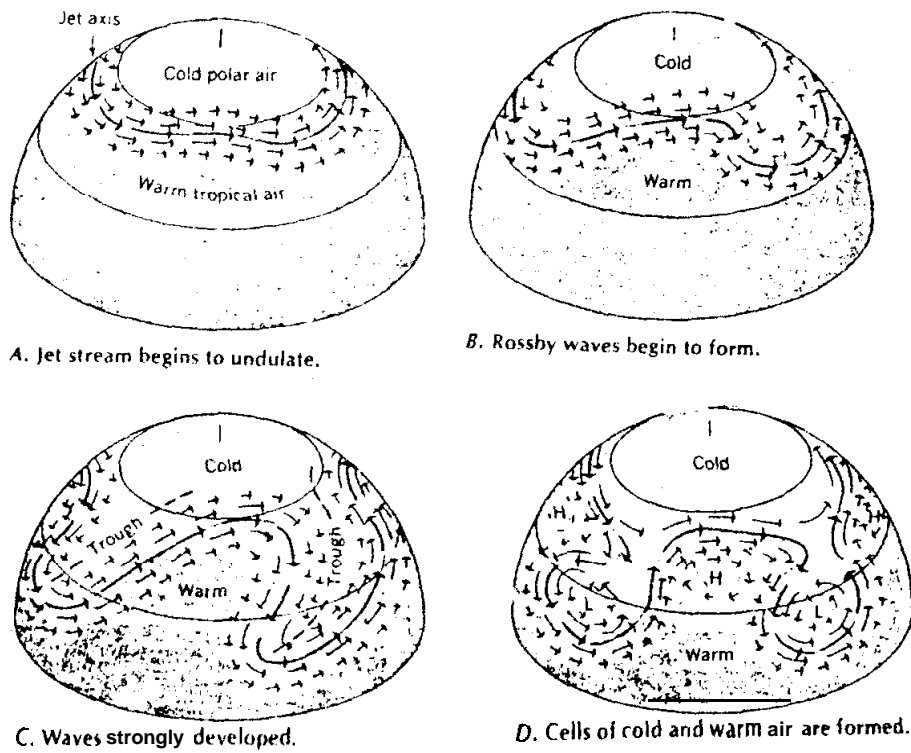
ในบรรยากาศชั้นบนของโทรโพสเฟียร์ในระดับสูงจากพื้นดินประมาณ 6 - 12 กิโลเมตร (20,000 - 40,000 ฟุต) ลมตะวันตกเบื้องสูงซึ่งพัดออกจากบริเวณความกดอากาศสูงกึ่งเมืองร้อนไปสู่ขั้วโลกจะเคลื่อนที่ไปตามเส้นขนานของโลก (เส้นสมมติที่ลากขนานกับเส้นศูนย์สูตร) ลมนี้จะพัดจากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก



รูป 13.36 ลมตะวันตกเบื้องสูงเคลื่อนที่ต่อเข้าไปยังขั้วโลก

จากรูป 13.36 สังเกตได้ว่าลมตะวันตกเบื้องสูงเคลื่อนที่ต่อเข้าไปยังขั้วโลกซึ่งเป็นบริเวณที่ความกดอากาศลดต่ำลงรวดเร็ว จึงเกิดเป็นศูนย์กลางความกดอากาศต่ำขั้วโลก (POLAR LOW) ขึ้น

ลมตะวันตกเบื้องสูงมักจะได้รับการรบกวนจากคลื่นรอสบี้บ่อย ๆ คลื่นรอสบี้เป็นคลื่นที่ก่อตัวไปตามแถบแคบ ๆ ซึ่งมวลอากาศเย็นจากขั้วโลกพบกับมวลอากาศอุ่นจากเขตร้อน บริเวณที่มวลอากาศที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันมาพบกันนี้ เรียกว่า แนวปะทะอากาศขั้วโลก (POLAR FRONT) แนวปะทะอากาศขั้วโลกเป็นบริเวณที่อากาศไม่มีเสถียรภาพและมีการปั่นป่วนของอากาศอย่างร้ายแรงเกิดขึ้น



รูป 13.37 การก่อตัวของคลื่นรอสบี

รูป 13.37 แสดงระยะของการก่อตัวของคลื่นรอสบี ดังนี้

รูป A แสดงถึงมวลอากาศเย็นและมวลอากาศอุ่นเคลื่อนที่มาพบกันตามแนวปะทะอากาศทั่วโลก

รูป B และ C คลื่นรอสบีก่อตัวขึ้นมีลักษณะโค้งไปโค้งมาคล้ายงูเลื้อย มวลอากาศเย็นเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณละติจูดต่ำกว่า จึงทำให้มีลักษณะโค้งเร็วมาก ในรูป C จะปรากฏร่องความกดอากาศต่ำขึ้น 2 แห่ง ในขณะที่เดียวกันมวลอากาศอุ่นก็เคลื่อนที่เข้าไปในละติจูดที่สูงกว่าในส่วนแคว้นระหว่างร่องความกดอากาศต่ำทั้งสอง จึงเกิดลิ้มความกดอากาศสูง (HIGH PRESSURE RIDGE) ขึ้นในบรรยากาศชั้นโทรโปสเฟียร์ การก่อตัวของคลื่นรอสบีจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดลมพายุ (ไซโคลน) ในบริเวณใกล้พื้นโลก)

รูป D คลื่นโค้งเร็วมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งตรงแกนของร่องความกดอากาศต่ำถูกตัดขาดออกไป มวลอากาศเย็นที่ถูกตัดขาดออกไปจึงกลายเป็นศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ หรือ

ไซโคลนขึ้นในบรรยากาศชั้นบนและมวลอากาศอุ่นที่โค้งเข้าจะถูกตัดขาดเช่นเดียวกัน จึงก่อตัวเป็นศูนย์กลางความกดอากาศสูง (แอนติไซโคลน) ขึ้น จากนั้นคลื่นก็จะสลายตัวไปจนกว่าจะเข้าสู่ระยะแรกใหม่อีกครั้งหนึ่ง

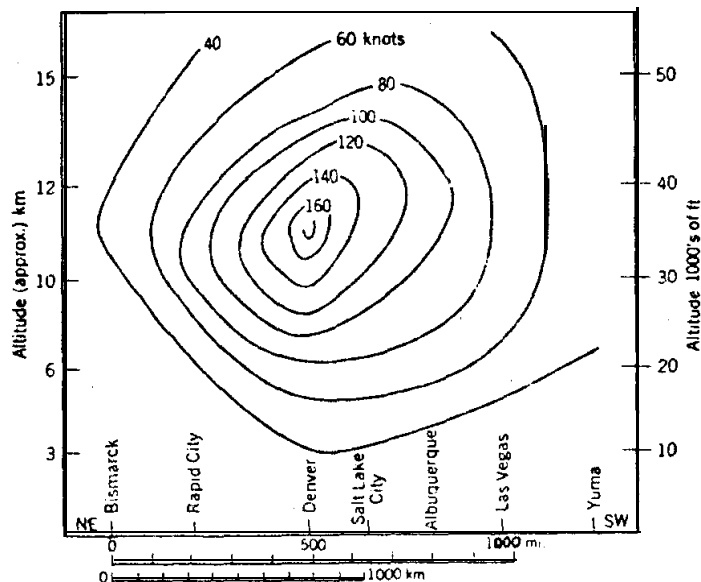
คลื่นรอสบีจะก่อตัวขึ้นอย่างช้า ๆ และใช้เวลาหลายวันหรือหลายอาทิตย์ในการก่อตัวจนครบวงจร คลื่นอาจจะอ่อนกำลังลงและสลายตัวไปก่อนจะครบวงจรก็ได้ หรืออาจจะอยู่คงที่เป็นระยะเวลาเวลานานก็ได้

2. ลมกรด (JET STREAM) ลมกรดเป็นลมที่เกิดในระดับสูงจากพื้นดินประมาณ 10 - 15 กิโลเมตร (30,000 - 45,000 ฟุต) หรือใกล้กับระดับโทรโพพอส แต่กำลังลมสูงสุดมักจะเกิดขึ้นในระดับสูงประมาณ 10 ถึง 12 กิโลเมตรจากพื้นดินในละติจูดกลาง

ลมกรดมีความสัมพันธ์กับคลื่นรอสบีอย่างใกล้ชิด เป็นลมที่เกิดเป็นแถบแคบ ๆ ตามแนวที่มวลอากาศอุ่นจากเขตร้อนเคลื่อนที่พบกับมวลอากาศเย็นจากขั้วโลก พบเป็นส่วนมากในละติจูดกลางและจะพัดจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออกเป็นส่วนมาก ลมกรดเกิดขึ้นจากการที่มวลอากาศเบื้องสูง 2 ชนิดที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันเคลื่อนที่มาพบกัน เนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศของมวลอากาศทั้ง 2 ชนิดนี้มาก ความเร็วของลมกรดจะมีมากขึ้นด้วย ลมกรดจะมีลักษณะเป็นลำคล้ายท่อรูปรีขนาดใหญ่ อากาศจะไหลแข่งกันไปเหมือนกับกระแสน้ำอุ่นเขี้ยวกราดที่ไหลลงสู่แอ่ง ในฤดูร้อนมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 50 - 60 นอตต่อชั่วโมง ในฤดูหนาวมีความเร็วมากกว่า อาจจะพัดแรงประมาณ 95 - 120 นอต บางครั้งอาจมีความเร็วประมาณ 200 ถึง 250 นอตก็มี ตรงแกนกลาง (CORE) ลมจะพัดแรงที่สุด ถัดจากแกนกลางออกมาความรุนแรงของลมจะลดน้อยลง

โดยทั่วไปลมกรดแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ (รูป 13.39)

1. ลมกรดบริเวณแนวปะทะอากาศขั้วโลก (POLAR FRONT JET STREAM) ลมกรดที่เกิดอยู่ในระดับโทรโพพอส ในละติจูดสูงประมาณ 60° เหนือและใต้ พบตามแนวปะทะอากาศขั้วโลกซึ่งเป็นแนวที่มวลอากาศเย็นจากขั้วโลกเคลื่อนที่มาพบกับมวลอากาศอุ่นจากเขตร้อน การเคลื่อนที่ของลมกรดในบริเวณนี้จะโค้งไปโค้งมาตามแนวปะทะอากาศขั้วโลกซึ่งมีลักษณะคล้ายงูเลื้อย เป็นลมที่มีกำลังแรงมากและมีความสำคัญในการควบคุมสภาพของอากาศบริเวณใกล้พื้นโลกในเขตละติจูดกลาง

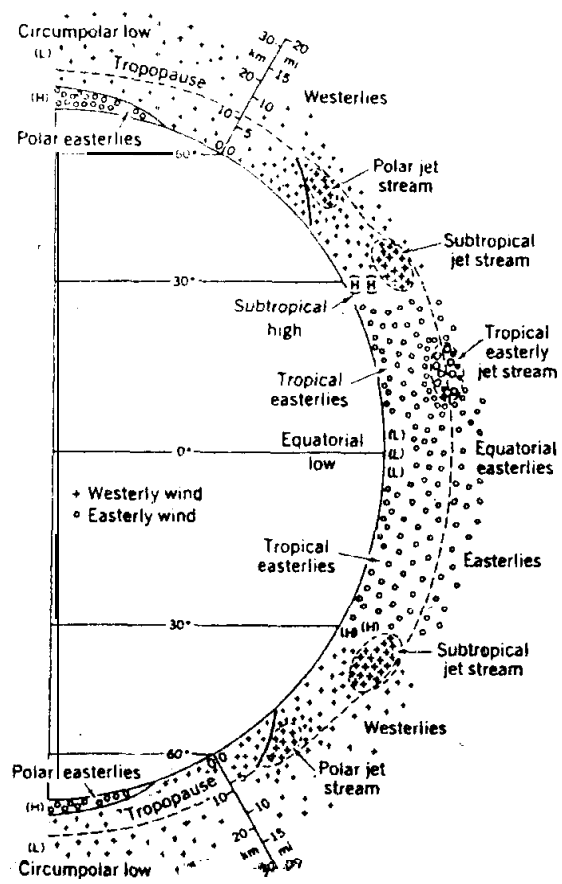


รูป 13.38 ลมกรดบริเวณทางตะวันตกของสหรัฐอเมริกา

2. ลมกรดบริเวณโซนร้อน ลมกรดที่เกิดในระดับโทรโพพอส ในละติจูดประมาณ 30° เหนือและใต้ ลมมีทิศทางตะวันตกเช่นเดียวกับลมกรดประเภทแรกความเร็วของลมอาจจะสูงถึง 345 - 385 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (215 - 240 ไมล์ต่อชั่วโมง)

3. ลมกรดฝ่ายตะวันออก ลมกรดที่เกิดขึ้นในละติจูดต่ำกว่า 2 ประเภทแรกมีทิศทางการพัดตรงกันข้ามกับลมกรด 2 ประเภทแรก คือ จะพัดจากตะวันออกมาตะวันตก ลมกรดฝ่ายตะวันออกเกิดขึ้นในฤดูร้อน และมีเฉพาะในซีกโลกเหนือบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อินเดีย และแอฟริกา ลมกรดประเภทนี้จะเกิดอยู่ในระดับสูงจากพื้นดินประมาณ 15 กิโลเมตร (50,000 ฟุต) อัตราความเร็วของลมประมาณมากกว่า 180 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (115 ไมล์ต่อชั่วโมง) ลมกรดประเภทนี้มีบทบาทสำคัญในการก่อให้เกิดฝนในช่วงมรสุมฤดูร้อนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ลมกรดอาจจะเป็นอันตรายแก่เครื่องบินในระดับสูงๆ ถ้าพบเข้าโดยกระทันหัน ถ้าหากเครื่องบินบินสวนทางกับทิศทางลมจะถูกต้านทานด้วยความเร็วลม แต่เมื่อบินตามลมจะได้รับประโยชน์มากเพราะบินได้เร็วมากขึ้น และสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลง จึงเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงและเวลาเดินทางได้เป็นอย่างดี คาดว่าลมกรดจะมีความสำคัญต่อการเดินทางทางอากาศสมัยใหม่มากขึ้นเหมือนกับที่ลมสินค้าเคยมีความสำคัญมาครั้งหนึ่งในสมัยโบราณ



รูป 13.39 ทิศทางของลมและลมกรดจากขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้