

ภูมิอากาศในเขตร้อน

บทที่ 1

ความหมายและขอบเขต

ภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในทางภูมิศาสตร์ที่มีอิทธิพลต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์เป็นอย่างมาก เช่นการกระจายของประชากรตามส่วนต่างๆ ของโลกทางด้านสรีระวิทยา อุณหภูมิ, ความชื้น, ปริมาณน้ำฝนและลมเป็นเครื่องกระตุ้นทางความคิด และการทำงานของมนุษย์ นอกจากนี้ภูมิอากาศยังมีอิทธิพลต่อสภาพของดินพืชพันธุ์ธรรมชาติ และการใช้ที่ดินในบริเวณต่างๆ ซึ่งภูมิอากาศเป็นตัวกำหนด

นักวิทยาศาสตร์ได้แบ่งภูมิอากาศออกเป็นเขตๆ โดยแบ่งให้เห็นอย่างเด่นชัดและง่ายที่จะทำการศึกษา เช่นการแบ่งภูมิอากาศแบบคอปเฟิน โดยใช้อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนเป็นเกณฑ์

เขตร้อนครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ละติจูดที่ $23\frac{1}{2}$ องศาเหนือ (Tropic of Cancer) จนถึงละติจูดที่ $23\frac{1}{2}$ องศาใต้ (Tropic of Capricorn) ประมาณ 40% ของพื้นที่บนโลกเป็นเขตที่ไม่มีฤดูหนาว อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนที่หนาวที่สุดมีค่า 18 องศาเซลเซียส ยกเว้นบริเวณพื้นที่ที่สูงกว่า 1,000 เมตร (Tropic Highland) คุณลักษณะของภูมิอากาศเขตร้อนขึ้นอยู่กับสภาวะการแผ่รังสี (Radiation) โดยทั่วไปแล้วจะมีลักษณะร้อนสม่ำเสมอ และแผ่เป็นบริเวณกว้าง จากเขตใกล้เส้นศูนย์สูตรและลดน้อยไปตามละติจูดที่เพิ่มขึ้น บริเวณที่เป็นทะเลหรือมหาสมุทรมีอุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูง การระเหยจึงมีค่ามากกว่าบริเวณอื่นในโลก ดังนั้นบรรยากาศในเขตร้อนจึงมีความชื้นสูง ในเขตศูนย์สูตรมีการลอยตัวของอากาศขึ้นสู่เบื้องบน ทำให้มีการขนถ่ายความชื้นขึ้นสู่บรรยากาศเบื้อง โดยการพาความร้อน ทำให้อากาศบริเวณนี้ปั่นป่วน และมีเมฆก่อตัวในทางตั้งขึ้น ในเขตนี้นับเป็นบริเวณที่มีพายุหมุนเขตร้อนกำลังแรงเกิดขึ้นเป็นประจำ

เขตร้อนครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 40-60 ช่วงละติจูด ประกอบด้วยพื้นที่อันกว้างใหญ่ ดังนี้

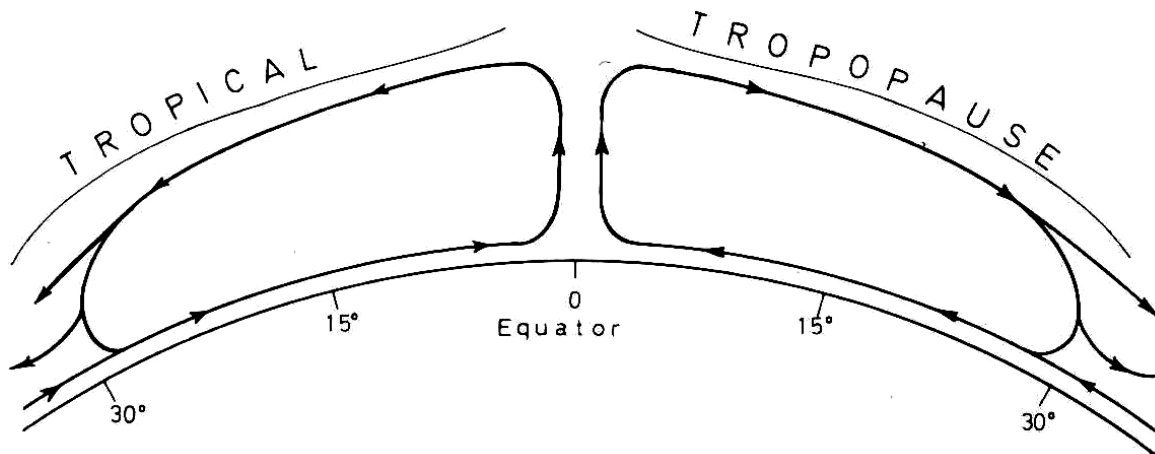
1. เอเชียใต้, เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และออสเตรเลียตอนบน มักจะเรียกภูมิภาคแถบนี้ว่า ภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (Tropical Monsoon Asia)
2. พื้นที่ส่วนใหญ่ของแอฟริกา
3. ทวีปอเมริกาใต้, อเมริกากลาง รวมทั้งทะเลแคริบเบียน
4. พื้นที่เขตร้อนของมหาสมุทรแปซิฟิก, มหาสมุทรแอตแลนติก และมหาสมุทรอินเดีย

บทที่ 2

ระบบการหมุนเวียนทั่วไปของบรรยากาศในเขตร้อน

ในเขตร้อนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าขั้วโลกทั้งสอง ทำให้เกิดการพัดพาพลังงานความร้อนจากเขตร้อนไปยังเขตละติจูดที่สูงกว่า เป็นการกระจายพลังงานความร้อนเพื่อให้เกิดความสมดุลแก่ผิวโลกและบรรยากาศ การส่งผ่านพลังงานความร้อนนี้เป็นไปอย่างต่อเนื่องเริ่มจากระดับผิวพื้นในเขตร้อน โดยจะไหลขึ้นไปในบรรยากาศระดับสูงในทางตั้งแล้วไหลไปในแนวระดับ จากเขตศูนย์สูตรไปยังเขตละติจูดกลาง หลังจากนั้นจะไหลกลับมายังเขตศูนย์สูตรในระดับต่ำ

Hadley Cell บริเวณละติจูดที่ 2 - 5 องศา พลังงานที่โลกดูดความร้อนไว้มีค่ามากกว่าพลังงานที่แผ่ออกไป จึงเป็นพลังงานความร้อนในรูปส่วนเกิน (Surplus Heat Energy) แต่ในเขตละติจูดสูงพลังงานที่ถูกดูดไว้มีน้อยกว่าที่แผ่ออกไป ดังนั้นเพื่อให้พลังงานความร้อนส่วนที่เกินในเขตร้อนมีค่าเท่ากับพลังงานส่วนขาดในแถบละติจูดสูง ทำให้บรรยากาศไม่อยู่หนึ่งต้องมีการไหลเวียนของบรรยากาศเพื่อให้เกิดการถ่ายเทปริมาณพลังงานส่วนเกินและส่วนขาด บริเวณที่มีการขนส่งพลังงานมากที่สุดอยู่ที่บริเวณละติจูดที่ 30 องศา รูปแบบของการไหลเวียนของบรรยากาศนี้เรียกว่า Hadley Cell (Hadley, 1735)



Meridional cross-section of the tropical troposphere (after Palmén, 1951)

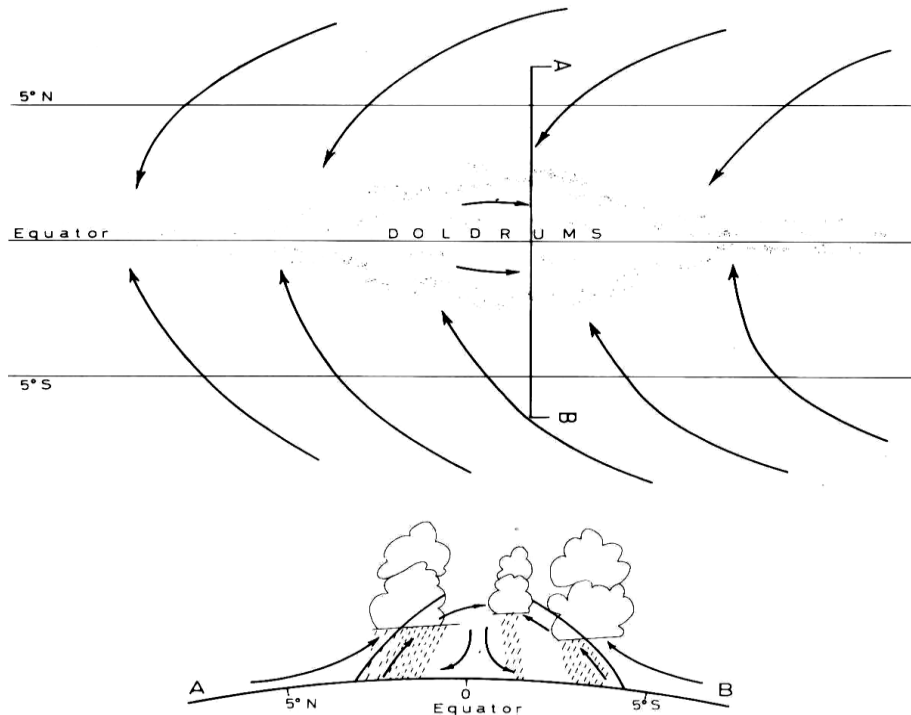
Vertical exaggeration : about 100 times

ตามรูปแบบวงจร Hadley Cell นี้ บริเวณเขตศูนย์สูตรพลังงานความร้อนส่วนเกินถูกส่งผ่านออกในรูปของความร้อนแฝง ซึ่งถูกปล่อยออกมาในขณะที่เกิดการกลั่นตัว มวลของอากาศที่ร้อนนี้จะลอยตัวสูงขึ้นไปยังบรรยากาศระดับสูงเมื่อเกิดการกลั่นตัว ขณะที่ลอยตัวสูงขึ้นเป็นการเพิ่มความร้อน และมวลอากาศนี้จะถูกพัดพาไปยังบริเวณละติจูดที่สูงกว่าโดยกระแสลมชั้นบนเรียกกันทั่วไปว่า ลมต้านลมค้า (Anti-Trades) ซึ่งกระแสลมนี้จะอ่อนกำลังลงบริเวณละติจูด 20 - 30 องศา เกิดการจมตัวของอากาศอย่างสม่ำเสมอเป็นการพัดพามวลอากาศกลับมายังผิวโลกอีกครั้ง เรียกบริเวณนี้ว่า บริเวณความกดอากาศสูงใกล้เขตร้อน

ระบบการหมุนเวียนจะครบวงจรโดยการเคลื่อนตัวของกระแสอากาศในระดับล่างมายังบริเวณเส้นศูนย์สูตรเรียกว่า ลมค้า (Trade Wind) ระบบของลมค้าทั้งสองซีกโลกพัดมาบรรจบกันบริเวณความกดอากาศต่ำที่เรียกว่า ร่องความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตร (Equatorial Trough) หรือ (Inter Tropical Convergence Zone)

ย่านความกดอากาศต่ำ และแนวการรวมตัวของมวลอากาศ (The Central Zone of Low Pressure and convergence Zone)

เขต Central belt นี้ มีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของมันเป็นข้อสำคัญ แถบนี้แบ่งออกเป็น 3 โซน 2 โซนด้านนอกตามปกติจะเป็น Convergence ที่รุนแรงที่สุด ขณะที่ช่วงตอนกลางแสดงให้เห็นเพียงพื้นที่ของ Convergence อ่อนๆ กระจาย ในเขตดอลดรัม (Doldrum)



Generalized map and cross-section of the I.T.C.Z. in a position near the equator. Map : Shaded areas indicate precipitation. Cross-section : vertical exaggeration about 85 times. (After Fletcher, 1945)

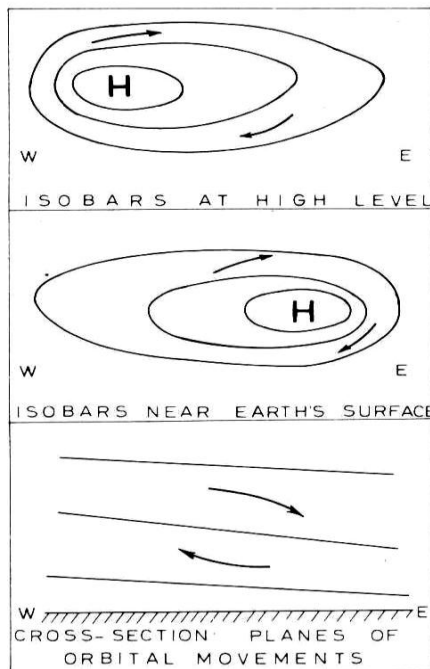
ITCZ นี้จะปรากฏพายุฟ้าคะนอง (Thunderstorm) บ่อยครั้ง โดยการยกตัวของมวลอากาศร้อนที่มีความชื้นสูงเพียงพอต่อการก่อตัวของ Convection อย่างรุนแรง บางครั้งเกิดความรุนแรงเป็นบริเวณกว้างตามแต่สภาวะโอกาสจะเอื้ออำนวย แต่ก็เพียงระยะเวลาสั้นๆ ส่วนปริมาณฝนนั้นถ้า ITCZ อยู่บริเวณศูนย์สูตรจำนวนฝนที่ตกจะมากในพื้นที่ไม่กว้างนัก

ตำแหน่งเฉลี่ยของ ITCZ ไม่เพียงแต่แสดงถึงการแปรเปลี่ยนของฤดูกาลเหนือย่านมหาสมุทรเท่านั้น แต่แสดงถึงการเคลื่อนตัวตามละติจูดที่กว้างเหนือพื้นดินด้วย ตำแหน่งของ ITCZ เหนือน่านน้ำโดยทั่วไปจะอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรประมาณ 2 - 3 องศาเหนือตลอดปี เป็นการเปรียบเทียบให้เห็นได้ว่าการหมุนเวียนของบรรยากาศในซีกโลกใต้จะมีความรุนแรงกว่า ประกอบกับกระแสน้ำเย็นที่รุนแรงมากในมหาสมุทรที่กว้างใหญ่มากกว่า

ลมต้านลมค้า (Anti-Trade Wind) เป็นตัวการชี้ถึงการไหลออกของอากาศในชั้น Upper Troposphere มักจะพบที่ระดับความสูง 350 hpa ถึง 200 hpa แถบบริเวณใกล้กับเส้นศูนย์สูตร ส่วนที่ละติจูด 25-30 องศาเหนือและใต้นั้น ความสูงจะลดลงมาประมาณครึ่งหนึ่ง ลมต้านลมค้าจะเคลื่อนจากละติจูดต่ำไปละติจูดสูง มักจะพบปกคลุมอยู่ทางด้านตะวันออกของมหาสมุทรโดยเฉพาะในซีกโลกใต้ในช่วงที่เป็นฤดูหนาว ส่วนบริเวณเหนือพื้นดินนั้นส่วนใหญ่จะเห็นไม่ชัดเพราะถูกระแสลมชั้นบนมาแทรก

จากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของแรงคอริโอลิส (Coriolis Force) จะทำให้ลมต้านลมค้ามีทิศทางหักเหไปกลายเป็นลมฝ่ายตะวันตก (Westerly Wind)

บริเวณความกดอากาศสูงใกล้เขตร้อน (The Subtropical high) พื้นที่ที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของ Subtropical high คือระหว่างละติจูด 20-40 องศาเหนือและใต้ อากาศบริเวณนี้จะมีการทรงตัวดี อากาศแห้ง และฝนจะไม่ค่อยมี เนื่องมาจากการจมตัวของมวลอากาศในบริเวณนี้



The vertical structure of a typical subtropical high pressure cell

ลักษณะโครงสร้างของ Subtropical high ตามปกติเมื่ออยู่ใกล้ผิวโลก จุดศูนย์กลางของบริเวณความกดอากาศสูงมักจะอยู่ทางด้านตะวันออกของน่านน้ำ แต่ที่ระดับสูงๆ Core ของความกดอากาศสูงจะห่างออกไปทางด้านตะวันตก ผลจากการจมตัวลงในด้านตะวันออกของ Cell จะเห็นได้ชัด แต่ทางซีกด้านตะวันตกอากาศจะถูกยกตัวขึ้นไป เป็นผลให้ครึ่งด้านตะวันตกของ Cell จะมีอากาศที่มีการทรงตัวไม่ดีมากกว่า และอากาศมีความชื้น ทำให้เกิดฝนมากกว่าครึ่งด้านตะวันออก ซึ่งอากาศจะมีการทรงตัวดีตลอดตลอดแนว

ลมค้า (The Trade Wind) ระหว่าง Subtropical high กับ ITCZ นั้นการหมุนเวียนของบรรยากาศในระดับต่ำเหนือหน้าทั้งสองซีกโลกจะมีลมพัดอยู่ประจำและมีความรุนแรง คือ ลมฝ่ายตะวันออก (Easterly Wind), ลมค้า (Trade Wind) ลมเหล่านี้พัดปกคลุมพื้นที่กว้างมากประมาณ 20 ช่องละติจูดในฤดูร้อน และ 30 ช่องละติจูดในฤดูหนาว ดังนั้นตลอดเวลาพื้นที่มากกว่า 1/3 ของพื้นผิวโลกตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมค้า

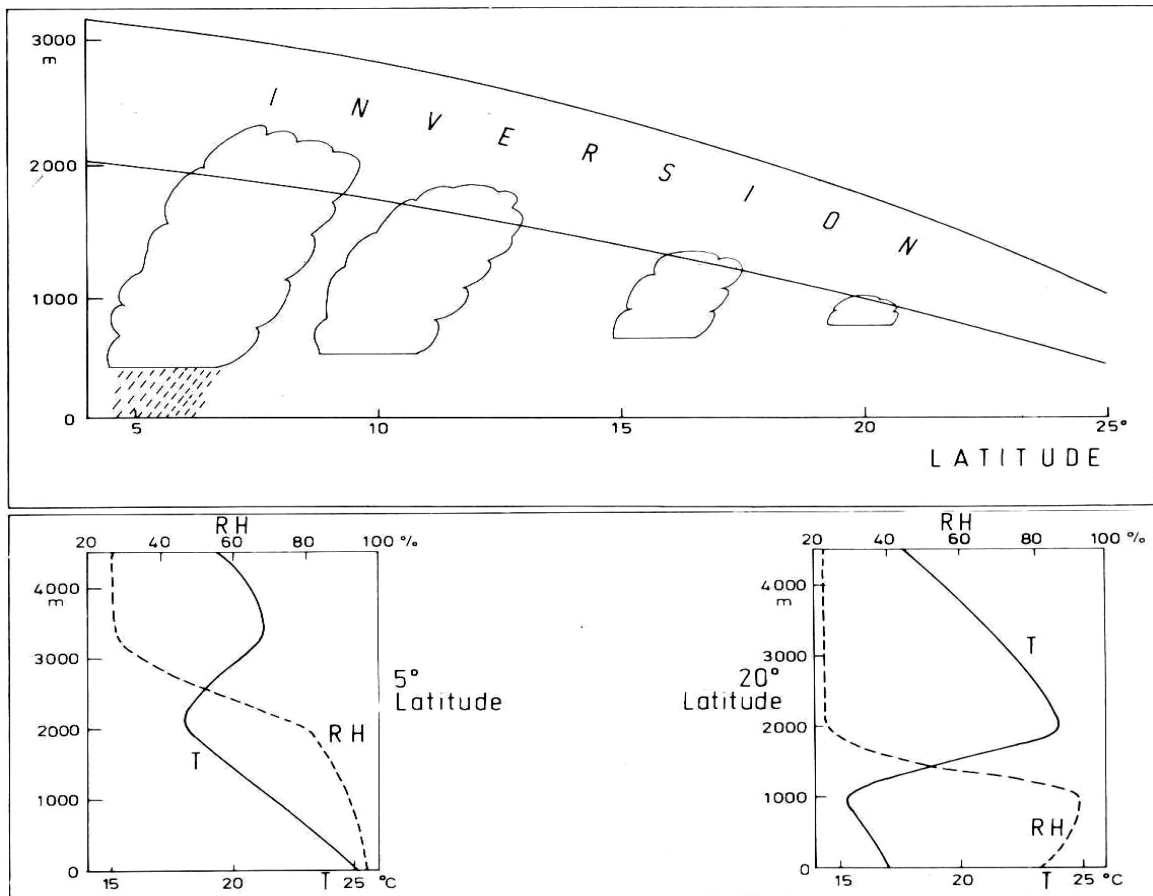
โดยทั่วไปแล้วลมค้าเกิดได้ดีที่สุดเหนือด้านตะวันออกของน่านน้ำ ในขณะที่เหนือแผ่นดินหรือทางด้านตะวันตกของน่านน้ำถูกกระแสลมชนิดอื่นมารบกวน

ลมค้าแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

1. Low Trade คุณสมบัติลมจะแรง และพัดคงที่ ทิศทางทั่วไปจะเป็นทิศ ENE ในซีกโลกเหนือ และเป็น ESE ในซีกโลกใต้ แต่โดยทั่วไปถือเอาทิศ 45 องศาเป็นหลัก ภูมิอากาศภายใต้ลมค้านี้จะแห้งแล้ง เว้นแต่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร

2. Trade Wind Inversion layer ในชั้นนี้อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นตามส่วนสูง ในอัตรา 1 องศาเซลเซียสต่อ 100 เมตร ความหนาของ Inversion Layer จะแปรจาก 200-300 เมตร ถึง 1,000 เมตร และจะเพิ่มขึ้นขณะที่ Trade Wind พัดลงมายังละติจูดต่ำๆ โดยทั่วไปแล้วจะรุนแรงที่สุดระหว่างฤดูหนาว มักจะเกิดได้ดีทางด้านตะวันออกของน่านน้ำ ผลที่เกิดจาก Inversion Layer คือ จะทำให้เกิดสภาพการปิดกั้น เช่น ทำให้เกิดการป้องกันการเคลื่อนตัวของกระแสอากาศ

3. The Upper Trade อยู่เหนือระดับ Inversion ขึ้นไปอีก เห็นเด่นชัดในลมฝ่ายตะวันออก (Easterly Wind) ทวีปไปแล้วความเร็วลมมีกำลังอ่อนกว่า Low Trade มวลอากาศในชั้นนี้จะแห้งและมีการทรงตัวดี



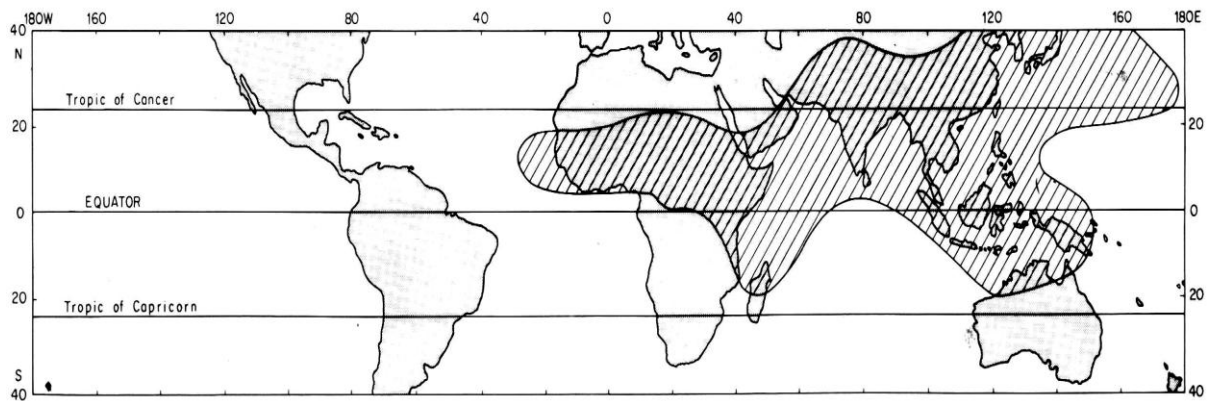
A generalized cross-section in meridional direction of a trade wind.

Top: vertical temperature and humidity profiles at 5 degrees and 20 degrees latitude.

บทที่ 3

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดประจำของการหมุนเวียนในเขตร้อน (Regular Variation of the Tropic Circulation)

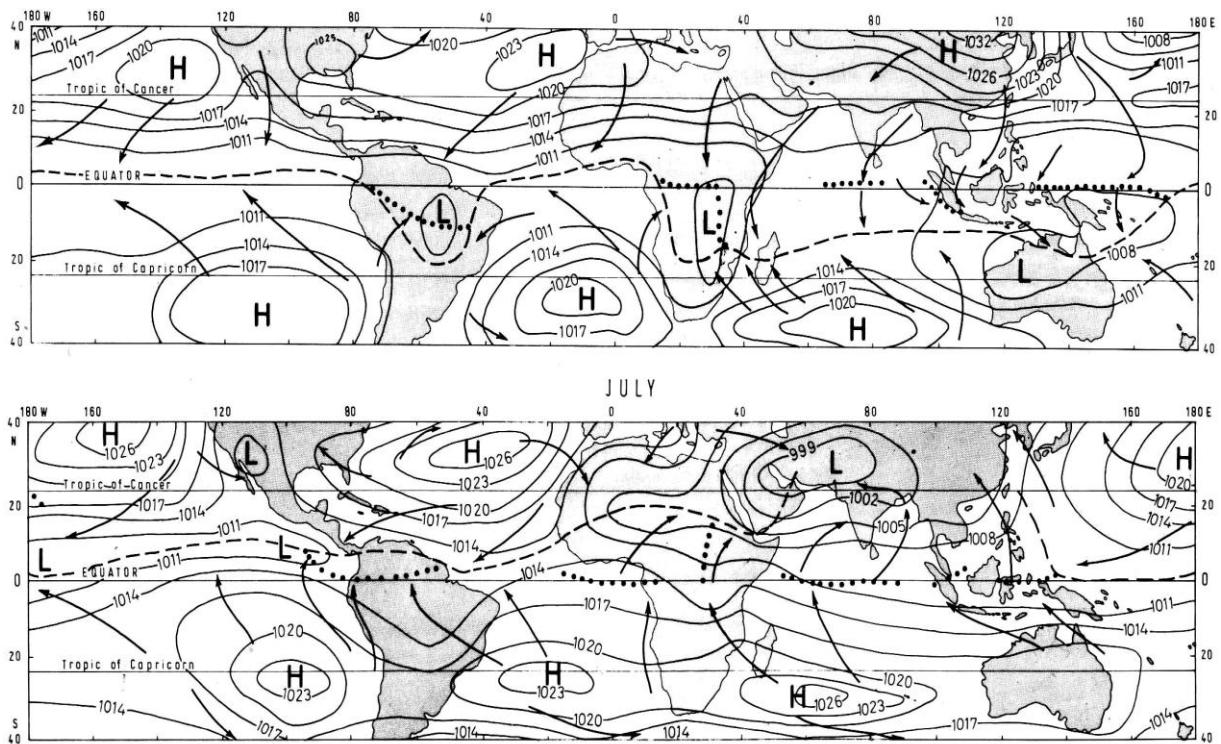
มรสุม การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (Seasonal Variations-the Monsoon) การเปลี่ยนแปลงฤดูกาลในเขตร้อนนี้จะปรากฏชัดเจนในบริเวณภาคพื้นทวีป (แผ่นดิน) และพื้นที่ที่อยู่ติดกับทะเลมากกว่าบริเวณที่ประกอบด้วยพื้นน้ำหรือมหาสมุทร



Areas with monsoon circulations (after Ramage, 1971, p. 4)

บนพื้นดินนั้นมีการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิตามฤดูกาลมากกว่าบริเวณพื้นน้ำ โดยเฉพาะบริเวณละติจูดที่ 15 - 30 องศาเหนือและใต้ เนื่องจากบริเวณนี้ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนที่เป็นฤดูร้อนอย่างเต็มที่ ดังนั้นอุณหภูมิในเขตร้อนจะมีระดับสูง ส่วนบริเวณที่เป็นมหาสมุทรนั้น ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่งลงมาจะถูกดูดซับอย่างรวดเร็วจนกระจายไปยังบริเวณที่ลึกลงไปของน่านน้ำอันกว้างใหญ่นอกจากนั้นกระแสน้ำในมหาสมุทรมายังช่วยกระจายความร้อนนี้ไปยังละติจูดอื่นๆ เพื่อไม่ให้เกิดการเพิ่มของอุณหภูมิอย่างรุนแรงเหนือผิวพื้น

บริเวณความกดอากาศสูงใกล้เขตร้อน (Subtropical High) มักจะปกคลุมคงที่อยู่บริเวณละติจูดที่ 15 - 30 องศาเหนือและใต้ เหนือน่านน้ำมหาสมุทรต่างๆ ทั่วโลกและจะขยายเข้ามาปกคลุมบนพื้นแผ่นดินในช่วงที่เป็นฤดูหนาวซึ่ง Subtropical High เหล่านี้ จะถูกเปลี่ยนรูปไปในช่วงต้นฤดูร้อน เข้าสู่ศูนย์กลางของความกดอากาศต่ำ (Low Pressure Center) เหนือภาคพื้นทวีปในเขตร้อน และหย่อมความกดอากาศต่ำอันเนื่องจากความร้อน (Thermal Low) เหล่านี้ค่อยๆ ก่อตัวอยู่ในรูปร่างของความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตร (Equatorial trough) และจะเปลี่ยนคุณสมบัติโดยมีความรุนแรงน้อยลงในบริเวณ ใกล้ๆ เส้นศูนย์สูตรและแนว ITCZ จะก่อตัวขึ้นใหม่อีกแนวหนึ่ง ห่างจากเส้นศูนย์สูตร ประกอบกับลมค้าจากซีกโลกที่เป็นฤดูหนาวพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร ก่อให้เกิดการก่ตัวของแนวลมสอยย่อยขึ้น (Minor Convergence) ในช่วงที่เป็นฤดูหนาวบริเวณภาคพื้นทวีปแถบละติจูดที่ 15 - 30 องศา จะมีอุณหภูมิต่ำ เป็นผลมาจากความกดอากาศสูงและการพัดของลมลงมายังบริเวณศูนย์สูตรคล้ายคลึงกับลมค้าที่พัดปกคลุมเหนือย่านมหาสมุทร



Mean sea level pressure and predominant surface winds in January and July. Dashed line: mean position of the I.T.C.Z.; dotted line: secondary convergence areas

แต่ในช่วงครึ่งปี (6 เดือน) บริเวณที่เป็นภาคพื้นทวีปและน่านน้ำที่อยู่ติดต่อกันนี้ จะมีลมพัดกลับทิศทางกันลมในระบบนี้เรียกว่ามรสุม (Monsoon) มรสุมนี้ใช้เกี่ยวกับระบบของลมที่พัดปกคลุมพื้นที่ในฤดูกาลที่กลับกันเท่านั้น

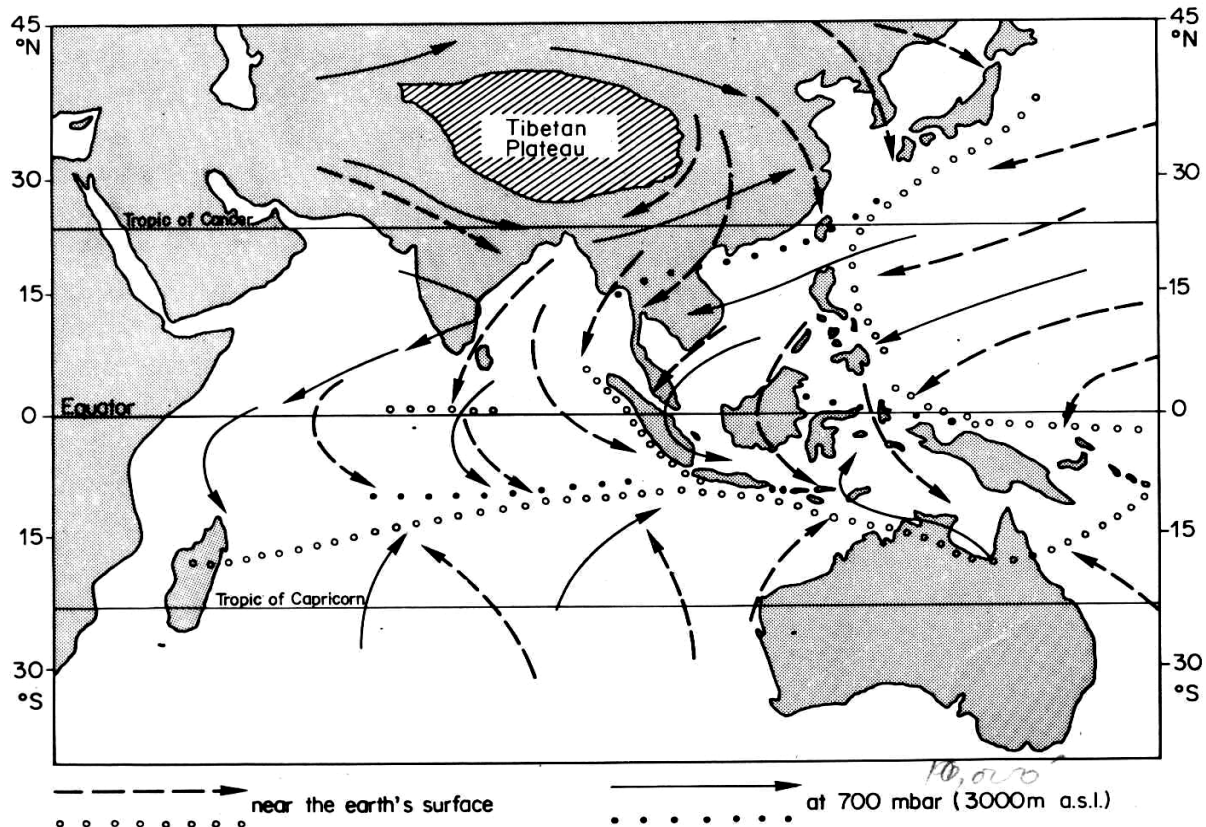
ระบบมรสุมในทวีปเอเชีย

การเปลี่ยนฤดูกาลในระบบหมุนเวียนโดยทั่วไป จะปรากฏเด่นชัดในแถบเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นพื้นที่กว้างใหญ่มาก เริ่มจากประเทศปากีสถานทางด้านตะวันตก ครอบคลุมถึงประเทศญี่ปุ่น และประเทศออสเตรเลียตอนบน ทางทิศตะวันออก

สาเหตุการเกิดมรสุมที่รุนแรงและชัดเจนมากเพราะ

1. ขนาดของทวีป ขนาดของบริเวณที่เป็นภาคพื้นทวีปและบริเวณน่านน้ำที่ติดต่อกัน (มหาสมุทร) ของทวีปเอเชียนั้น มีพื้นที่กว้างใหญ่ที่สุดในโลก
2. การวางตัวของแนวสันเขา ทวีปเอเชียมีแนวเทือกเขาหิมาลัยซึ่งเปรียบได้กับหลังคาของโลกที่สูงมาก วางตัวในแนวตะวันตก-ตะวันออก หรือแนวเดียวกับแนวละติจูด ทำให้เป็นแนวขวางกั้นมวลอากาศจากขั้วโลกกับมวลอากาศในเขตร้อน

แหล่งกำเนิดของมวลอากาศมรสุมฤดูหนาวในทวีปเอเชีย



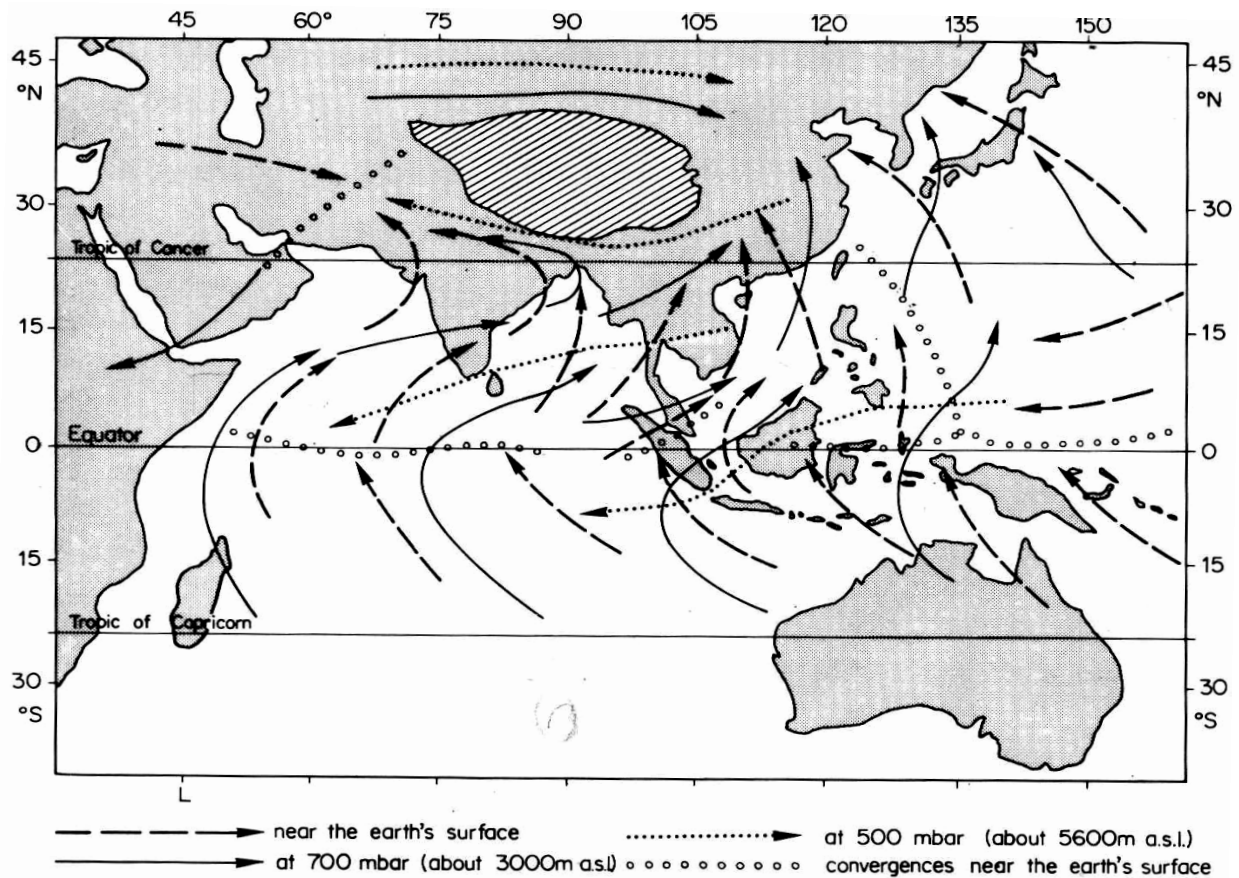
The Asian winter monsoon. Winds (arrows) and convergence zones (dots) from about December to March, near the earth's surface and at the 700 mbar level (about 3000 m)

1. มวลอากาศจากเอเชียตอนเหนือ บริเวณละติจูดที่ 40-60 องศาเหนือ เป็นมวลอากาศฝ่ายทวีปแถบขั้วโลก (Continental Polar Air mass) ซึ่งอากาศมีคุณสมบัติ แห้ง, เย็น และมีการทรงตัวดี

2. มวลอากาศที่มาจากมหาสมุทรแปซิฟิก เป็นมวลอากาศที่มีคุณสมบัติอุ่นและมีการทรงตัวดี มวลอากาศชนิดแรกจะเคลื่อนตัวลงมาทางใต้และตะวันออกเฉียงใต้ปกคลุมประเทศจีน, เกาหลี และญี่ปุ่น เมื่อเคลื่อนตัวมาถึงบริเวณทะเลจีนใต้ประมาณละติจูดที่ 15-20 องศาเหนือ จะรวมตัวกับมวลอากาศชนิดที่ 2 ที่ถูกพัดพากระแสอากาศจากมหาสมุทรแปซิฟิกที่อุ่นกว่าด้วยลมค้า มวลอากาศชนิดที่ 2 จะถูกยกตัวสูงขึ้นปรากฏให้เห็นเป็นรูปของแนวปะทะอากาศแถบขั้วโลก (Polar Front) หลังจากนั้นจะเคลื่อนตัวมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เรียกว่า มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ปกคลุมถึงประเทศมาเลเซีย ขณะที่เคลื่อนตัวผ่านเส้นศูนย์สูตรแถบอินโดนีเซีย กระแสลมเปลี่ยนเป็นลมฝ่ายตะวันตก ลักษณะอากาศเปลี่ยนเป็นแบบศูนย์สูตรอย่างชัดเจน อากาศชื้น, ร้อนและมีการทรงตัวไม่ดี ร่องมรสุม (ITCZ) ปรากฏอยู่ประมาณละติจูดที่ 5-10 องศาใต้ และขยายแนวถึงประเทศออสเตรเลียตอนเหนือ ที่ปกคลุมด้วยหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน

ในขณะที่เอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมในฤดูหนาวอย่างเต็มที่ ยกเว้นประเทศอินเดียทางตอนเหนือเพราะเทือกเขาหิมาลัยเป็นตัวขวางกั้นมวลอากาศจากขั้วโลก ไม่ให้พัดเข้ามายังลุ่มแม่น้ำคงคาได้ ลมที่พัดผ่านบริเวณนี้เป็นกระแสลมตะวันตก แต่บริเวณละติจูดที่ 20 องศาเหนือพอบปรากฏมรสุมฤดูหนาวบ้าง แต่เป็นมรสุมที่มีกำลังอ่อน เนื่องจากแหล่งกำเนิดของมวลอากาศไม่ได้มาจากแถบขั้วโลก ดังนั้นในประเทศอินเดียจะมีเพียงมรสุมฤดูร้อนเท่านั้น

มรสุมฤดูร้อน เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศของทวีปเอเชีย ประกอบด้วยเทือกเขาสูง และที่ราบสูงอันกว้างขวางทางตอนกลางของทวีป เป็นสิ่งที่เอื้ออำนวยให้เกิดมรสุมฤดูร้อนได้เป็นอย่างดี



The Asian summer monsoon. Winds (arrows) and convergence zones from about June to September, near the earth's surface. Prevailing winds at the 700 mbar (300 m) and 500 mbar (about 5600 m)

จุดกำเนิดหรือจุดเริ่มต้นของมรสุมฤดูร้อน เกิดจากสาเหตุหลายประการ คือ

1. มีหย่อมความกดอากาศต่ำเกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนปกคลุมด้านตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอินเดีย
2. มีร่องความกดอากาศต่ำที่ระดับสูงปกคลุมแถบอ่าวเบงกอล ซึ่งเป็นตัวการช่วยให้เกิดลมฝ่ายตะวันออกในระดับลมชั้นบน ซึ่งจะพัดปกคลุมแถบอินโดจีนและประเทศจีนตอนใต้
3. ลมชั้นบน (ฝ่ายตะวันออก) หรือ Tropical Easterly Jet ที่ระดับความสูงประมาณ 12,000-15,000 เมตร โดยมีแนวแกนอยู่ที่ประมาณละติจูด 15 องศาเหนือ มีความเร็วลมประมาณ 120-150 นอต กระแสลมกรดนี้พัดปกคลุมทวีปเอเชีย-แอฟริกา ในช่วงเดือนมิถุนายน-กันยายน

มรสุมฤดูร้อนที่พัดปกคลุมทวีปเอเชียมีตัวการที่เอื้ออำนวยให้เกิดมากมาย จึงทำให้เป็นเขตมรสุมที่ปกคลุมพื้นที่กว้างที่สุดในโลก ในช่วงเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม ลมมีกำลังแรงมาก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับลมค้าแล้ว โดยทั่วไปจะมีทิศทางและความเร็วลมต่ำกว่า ลมมรสุมมีคุณสมบัติที่เกิดและหายเป็นจังหวะ โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงประมาณ 3-10 วัน ระหว่างที่มรสุมมีกำลังแรง และในช่วงที่ถดถอย

เนื่องจากมรสุมฤดูร้อนนี้นำฝนมาตกยังพื้นที่หลายแห่งในเอเชีย สืบเนื่องมาจากคุณสมบัติของมวลอากาศที่ถูกพัดพามา ซึ่งมีแหล่งกำเนิดที่สำคัญอยู่ 3 แหล่งคือ

1. บริเวณมหาสมุทรอินเดียตอนใต้เส้นศูนย์สูตร โดยเฉพาะทางด้านตะวันตกของเส้นลองจิจูดที่ 100 องศาตะวันออก เป็นแหล่งกำเนิดที่ใหญ่ที่สุด จากจุดกำเนิดเป็นลมค้าและเปลี่ยนคุณสมบัติตามน่านน้ำที่ร้อนเป็นระยะทางหลายพันไมล์ กลายเป็นมวลอากาศที่ร้อน ชื้น และมีการทรงตัวไม่ดี

2. บริเวณความกดอากาศสูงใกล้เขตร้อน ทางด้านตะวันออกของเส้นลองจิจูดที่ 100 องศาตะวันออก ซึ่งปกคลุมบริเวณประเทศออสเตรเลียเป็นมวลอากาศที่มีคุณสมบัติ ที่มีการทรงตัวดีและแห้ง ณ บริเวณแหล่งกำเนิด บริเวณมวลอากาศชนิดที่ 1 และ 2 เคลื่อนตัวมาบรรจบกัน ได้แก่ คาบสมุทรมาลายา ทำให้บริเวณแถบนี้มีฝนตกชุก

3. มาจากมหาสมุทรแปซิฟิก ที่บริเวณแหล่งกำเนิดอากาศค่อนข้างมีการทรงตัวดี มวลอากาศชนิดนี้เป็นส่วนหนึ่งของมรสุมที่ปกคลุมบริเวณประเทศญี่ปุ่นและประเทศจีนตอนเหนือ เมื่อเคลื่อนตัวมาตามน่านน้ำที่ร้อนชื้น จะเปลี่ยนคุณสมบัติมีการทรงตัวไม่ดี และจะบรรจบกับมวลอากาศที่ 2 บริเวณ ด้านตะวันออกของประเทศฟิลิปปินส์

มวลอากาศทั้ง 3 แหล่งกำเนิดนี้มีคุณสมบัติที่เด่นชัด คือ มีความชุ่มชื้น และมีการทรงตัวไม่ดี ทำให้เกิดฝนตกเป็นจำนวนมาก ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง โดยมีความสัมพันธ์กับขบวนการต่างๆ ร่วมกันคือ Orographic Lifting Convergence และ Disturbance ตามปกติมรสุมฤดูร้อนนี้จะทำให้เกิดฝนตกหนัก 2-3 วัน หลังจากนั้นมรสุมจะอ่อนกำลังลงประมาณ 7-10 วัน

มรสุมในทวีปออสเตรเลีย (Australian Monsoon)

ระบบการหมุนเวียนของมรสุมบริเวณออสเตรเลียตอนเหนือ นั้น เป็นส่วนประกอบของมรสุมจากเอเชียที่ขยายออกไป แต่ฤดูกาลจะกลับกัน มรสุมฤดูหนาวของเอเชียจะกลายเป็นมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือของออสเตรเลียตอนบน หรือเรียกว่ามรสุมฤดูร้อน ซึ่งจะพัดพาเอาความร้อน ความชุ่มชื้น และอากาศทรงตัวไม่ดีเข้ามาสู่พื้นที่บริเวณนี้

ในระหว่างที่ซีกโลกใต้เป็นฤดูหนาว ทิศทางของกระแสลมส่วนใหญ่จะมาจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ จากบริเวณความกดอากาศสูงที่ปกคลุมมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ ซึ่งแผ่ขยายเข้าปกคลุมบริเวณภาคพื้นทวีปของออสเตรเลีย กระแสลมเหล่านี้คือลมค้าเป็นพื้นฐานพัดพาเอาความแห้งแล้ง และอากาศที่มีการทรงตัวดีเข้ามายังบริเวณออสเตรเลียตอนบน แม้ว่าจะไม่มีมวลอากาศจากขั้วโลกมาเกี่ยวข้อง กระแสลมเหล่านี้ยังคงรักษาคุณสมบัติของมรสุมฤดูหนาวได้เช่นกัน

ระบบการหมุนเวียนของมรสุมเหนือทวีปแอฟริกันนั้น แตกต่างจากระบบมรสุมในทวีปเอเชีย อยู่ 2 ประการ

1. ขนาดของทวีป เนื่องจากทวีปแอฟริกาขนาดเล็ก เป็นตัวจำกัดการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลตามแนวละติจูด เนื่องจากการเคลื่อนตัวของระบบหมุนเวียนทั่วไป เคลื่อนตัวได้ระยะทางแคบประมาณ 15 ละติจูดบริเวณด้านตะวันตกของทวีป แต่ทางด้านตะวันออกนั้นเคลื่อนตัวได้ประมาณ 30 ละติจูด แต่ในทวีปเอเชียร่องมรสุมเคลื่อนตัวได้กว้างถึง 40 ละติจูด นอกจากนั้นพื้นที่ในเขตร้อนของแอฟริกา ส่วนใหญ่ไม่มีฤดูมรสุม แต่จะเป็นระบบหมุนเวียนทั่วไป เช่นที่ราบลุ่มคองโก และทางใต้ของมาดากัสการ์

2. ไม่มีมวลอากาศจากขั้วโลกมาเกี่ยวข้องในระบบมรสุมของแอฟริกา นอกจากนั้นมรสุมทั้ง 2 ฤดูมีคุณสมบัติแตกต่างกันน้อยกว่าในเอเชียมาก

มรสุมในแอฟริกันั้นส่วนใหญ่ลมที่พัดเป็นลมผิวพื้น มีโอกาสน้อยมากที่จะพัดขึ้นไปถึงระดับ 5,000 เมตร ลักษณะที่สำคัญทางภูมิประเทศคือความแตกต่างกันทางภูมิภาคต่างๆ ในแอฟริกาตะวันตกยังปรากฏให้เห็นความแตกต่างระหว่างลมมรสุมทั้ง 2 ฤดู ส่วนในแอฟริกาตะวันออกนั้นกระแสลมทั้ง 2 ฤดู แตกต่างกันเพียงแต่ทิศทางเท่านั้น ส่วนมวลอากาศนั้นคล้ายคลึงกัน

มรสุมในอเมริกาใต้

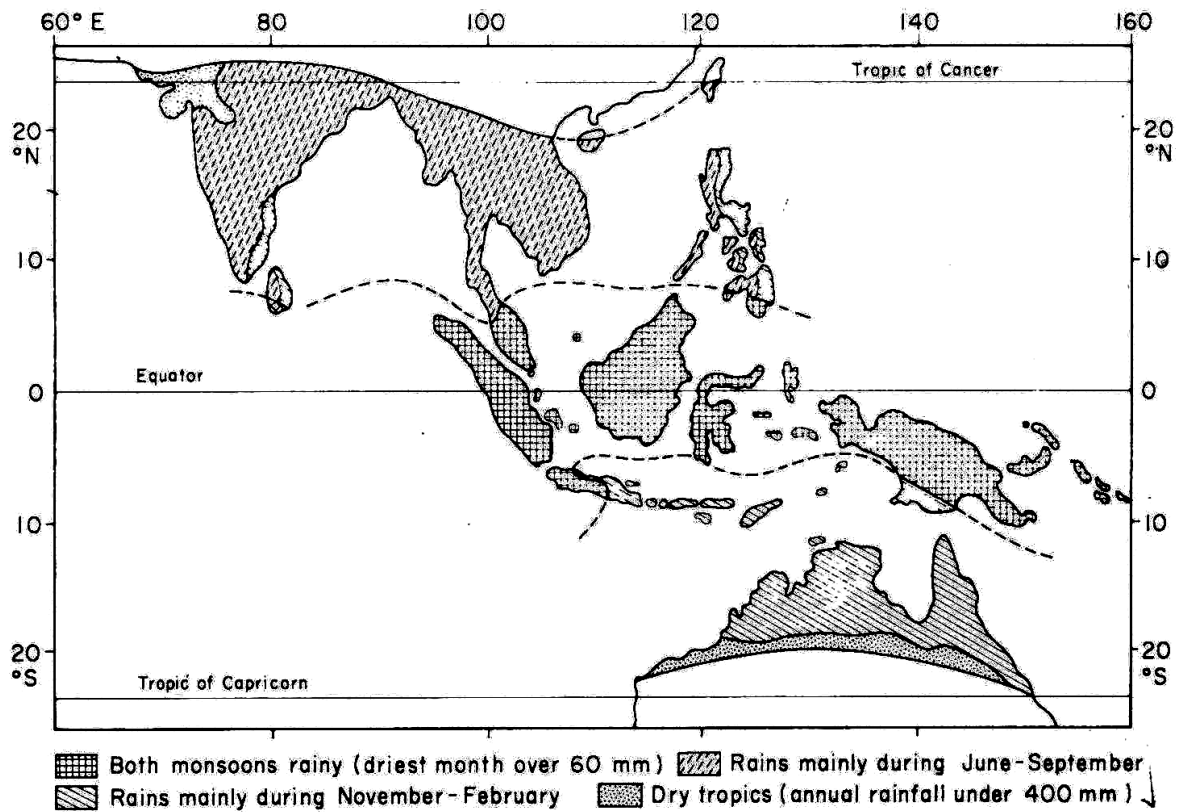
เนื่องจากทวีปอเมริกาใต้มีขนาดเล็กและพื้นที่อยู่ในซีกโลกเหนือมีเพียงจำกัด ทำให้ทวีปนี้ไม่มีมรสุม แม้ว่าอาจมีลักษณะอากาศคล้ายๆ กับมรสุม แต่ความเร็วลมที่พัดประจำฤดูร้อน ไม่เข้ากับหลักเกณฑ์มาตรฐานของระบบมรสุม นอกจากนั้นหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน ไม่สามารถก่อตัวบนภาคพื้นทวีปในซีกโลกเหนือได้ และบริเวณพื้นที่ราบชายฝั่งตะวันตกมีกระแสน้ำเย็นไหลผ่านตลอดทั้งปี แม้ว่าจะอยู่ในเขตศูนย์สูตร ทำให้พื้นดินมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำ แม้ว่าจะในระหว่างที่ซีกโลกใต้เป็นฤดูหนาว บริเวณความกดอากาศสูงไม่มีโอกาสที่จะก่อตัวได้บนภาคพื้นทวีป

บทที่ 4

ภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อนของเอเชีย

(Tropical Monsoon Asia)

ภูมิอากาศเขตร้อนของทวีปเอเชียส่วนใหญ่ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของระบบมรสุม โดยมีผลกระทบไปถึงพื้นที่นอกเขตร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอเชียตะวันออก ซึ่งอิทธิพลของมรสุมไกลออกไปทางเหนือถึง ฮอกไกโด และสะคะลิน (Sachalin) แต่ส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในเขตร้อน สามารถแบ่งย่อยลักษณะภูมิอากาศไปได้อีกตามลักษณะปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ, จำนวนเมฆ, ความชื้น และระบบลมประจำถิ่น ดังนี้คือ



The main climatic regions in tropical monsoon Asia

1. ภูมิอากาศแบบมรสุมศูนย์สูตร (Equatorial Monsoon Climate) เป็นเขตที่มรสุมทั้งสองฤดูนำฝนมาตกอย่างต่อเนื่อง
2. ภูมิอากาศแบบมรสุมฤดูแล้งสลับฤดูฝน (Dry and Wet Monsoon Climate) เป็นเขตที่มรสุมชนิดหนึ่งมีฝนตกเป็นส่วนใหญ่และมรสุมอีกชนิดหนึ่งแห้งแล้ง
3. ภูมิอากาศแบบเขตร้อนแห้งแล้ง (Dry Tropic Climate) เป็นเขตที่มรสุมทั้งสองฤดูนำฝนมาตกเพียงเล็กน้อย หรือไม่มีเลย

1. ภูมิอากาศแบบมรสุมศูนย์สูตร

ภูมิอากาศแบบนี้ครอบคลุมภูมิภาคระหว่างละติจูด 10 องศาใต้ และ 8 องศาเหนือ ประกอบไปด้วยหมู่เกาะอินโดนีเซีย มาเลเซีย สิงคโปร์ นิวกินี และเกาะอื่นๆ บางเกาะ คุณลักษณะสำคัญในเขตนี้ประกอบไปด้วย แผ่นดินและผิวน้ำ ก่อให้เกิดลักษณะภาคพื้นทวีปแบบน่านน้ำอย่างแท้จริง เกาะส่วนใหญ่เป็นภูเขาซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดภูมิอากาศประจำถิ่นต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับการวางตัวของภูมิประเทศและความสูงของเกาะนั้นๆ อย่างไรก็ตามพื้นที่ส่วนใหญ่ถูกควบคุมโดยมรสุม ซึ่งแบ่งออกได้เป็นสองฤดูคือ

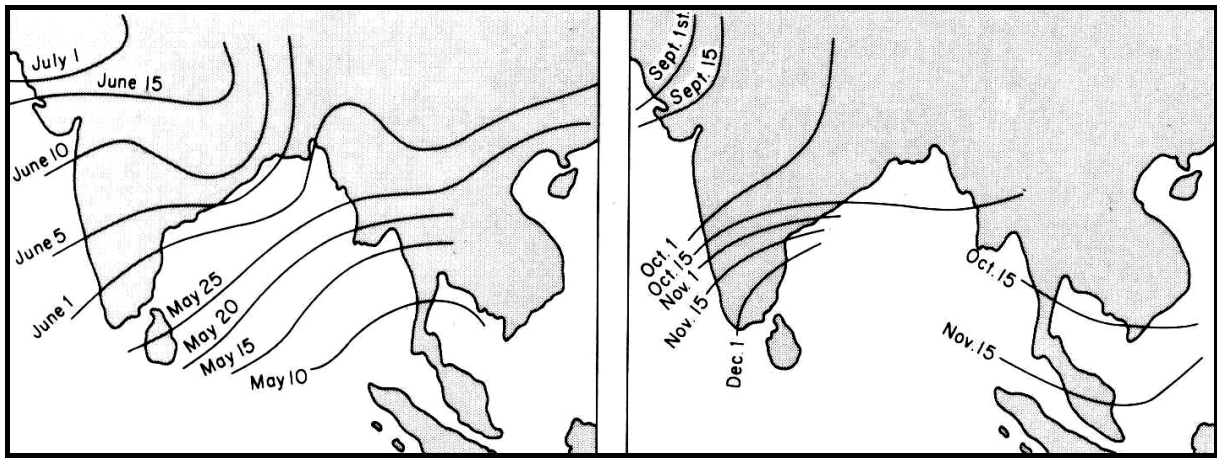
ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เริ่มตั้งแต่ ธันวาคมถึงมีนาคม ระบบการหมุนเวียนของลมมรสุมชนิดนี้จะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นลมทิศตะวันตกเฉียงเหนือช่วงใกล้เส้นศูนย์สูตรลงไปทางใต้ และเปลี่ยนเป็นมรสุมตะวันตกเมื่อพัดเข้ามาถึงบริเวณเกาะชวา ทำให้ฝนตกมากในเขตนี้ มักจะเรียกว่า Wet Monsoon

ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เริ่มตั้งแต่มิถุนายนถึงกันยายน มรสุมนี้จะเป็นลมทิศตะวันออกเฉียงใต้ ในซีกโลกใต้ แต่ในซีกเหนือจะเป็นมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งนำเอามวลอากาศแห้งเข้ามาสู่ชาวตะวันออกเฉียงใต้ มักเรียกว่า มรสุมแห้งแล้งโดยทั่วไป แล้วมรสุมทั้งสองฤดูจะคล้ายคลึงกัน เพราะต่างก็นำมวลอากาศร้อนและชุ่มชื้นเข้ามายังภูมิภาคนี้ ซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำในเขตนี้ ซึ่งส่วนใหญ่จะสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ปริมาณน้ำร้อนขึ้นตามเกาะต่างๆ ยังเป็นตัวผลิตไอน้ำจำนวนมาก จึงทำให้อากาศเหนือภูมิภาคนี้มีปริมาณไอน้ำมากกว่าเขตศูนย์สูตรเขตอื่น ด้วยเหตุผลดังกล่าวหากได้รับการยกตัวขึ้นเพียงเล็กน้อย ก็สามารถทำให้เกิดฝนได้ปริมาณสูง และตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของมวลอากาศในเขตนี้ขึ้นสู่เบื้องบนได้คือ

- Convergence เกิดขึ้นเมื่อมรสุมทั้งสองฤดูเปลี่ยนทิศทางหรืออ่อนกำลังลง
- Convection เกิดจากการร้อนขึ้นเหนือพื้นดินตอนกลางวัน และเหนือพื้นน้ำในตอนกลางคืน ทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองประจําถิ่น และ Disturbance ขึ้นเช่นลักษณะอากาศแบบสุมาตรา
- Orographic Lifting แม้ว่ามรสุมในเขตนี้ตามปกติแล้วจะไม่รุนแรงมาก แต่ Orographic Lifting เป็นปรากฏการณ์ประจําถิ่นที่ทำให้เกิดฝนตามแนวชายฝั่งและลาดภูเขา ตัวการชนิดนี้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนตามฤดูกาล ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าการวางตัวของภูมิประเทศเปลี่ยนไปตามทิศทางของกระแสลม
- ระบบลมประจําถิ่น จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในเขตนี้ เนื่องจากการได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี การหมุนเวียนของลมโดยทั่วไปจะอ่อน แต่จากอิทธิพลของ Local Wind สามารถทำให้เกิดฝนตกเป็นประจําวันได้ในเขตนี้มีอุณหภูมิสูงตลอดทั้งปีและค่อนข้างคงที่เฉลี่ย 78-80 องศาฟาเรนไฮท์
- พืชยูคาลิปตัสของเดือนที่ร้อนที่สุดและเย็นที่มีค่าต่ำว่า 8 องศาฟาเรนไฮท์
- ฝนตกตลอดทั้งปีไม่ฤดูแล้ง ฝนที่ตกส่วนใหญ่เกิดแบบ Convection มักเกิดในช่วงบ่ายๆ ตามด้วยพายุฟ้าคะนอง ฝนตกหนักแต่ตกไม่นาน
- ท้องฟ้ามีเมฆ 3-7/8 ส่วนตลอดปี
- ความชื้นสัมพัทธ์สูง เฉลี่ยตลอดปี 80 %
- ปริมาณฝนตกมาก (Maximum Rainfall) มีสองระยะในบริเวณที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร
- บริเวณที่อยู่ห่างเส้นศูนย์สูตรออกไปจะมีปริมาณฝนตกมากเพียงระยะเดียว ซึ่งจะสลับกับช่วงฤดูแล้ง

2. ภูมิอากาศแบบมรสุมฤดูแล้งสลับฤดูฝน ครอบคลุมพื้นที่ดังต่อไปนี้คือ

- อินเดีย, ตอนเหนือของศรีลังกา และชายฝั่งบังคลาเทศ
- พม่า, ไทย และกลุ่มประเทศอินโดจีน
- หมู่เกาะฟิลิปปินส์
- ออสเตรเลียตอนบน, อินโดนีเซียตะวันออกเฉียงใต้ และนิวกินีตอนใต้



Average dates of the onset (left) and withdrawal (right) of the south-west monsoon, and the dates of the start of the north-east monsoon over Indo-China and Malaya (right).

(After Das, 1972, pp. 12, 15, and Watts, 1955, p. 9)

ภูมิอากาศในเขตนี้มีความแตกต่างกันตามลักษณะของมรสุม ในช่วงมรสุมฤดูร้อนจะนำเอามวลอากาศที่ร้อนและชุ่มชื้นเข้ามา ทำให้เกิดฝนตกเป็นจำนวนมาก ส่วนในช่วงมรสุมฤดูหนาวจะมีความแห้งแล้ง ยกเว้นพื้นที่ชายฝั่งบางแห่งจะมีฝนตก เนื่องจากกระแสลมผ่านน่านน้ำเป็นระยะทางไกล ได้แก่ พื้นที่ตะวันออกเฉียงใต้ของอินเดีย, ตะวันออกเฉียงเหนือของศรีลังกา และหมู่เกาะฟิลิปปินส์ด้านตะวันออก แต่ช่วงมรสุมฤดูร้อนกลับมีแต่ความแห้งแล้ง ลักษณะอากาศแบบฤดูแล้งสลับฤดูฝนนี้ เป็นลักษณะอากาศที่อยู่ระหว่างเขตอากาศแบบแห้งแล้งและเขตอากาศชุ่มชื้น ซึ่งเป็นเขตอากาศที่ตั้งอยู่ระหว่างหย่อมความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตรกับบริเวณความกดอากาศสูงแถบละติจูด 30 องศา (Subtropical High)

ประเทศอินเดีย (India Subcontinent) ในเขตนี้แบ่งลักษณะอากาศออกได้ 4 ฤดู คือ

1. ฤดูหนาว (The Cool Season)
2. ฤดูร้อนและแล้ง หรือช่วงก่อนฤดูมรสุม (The Hot and Dry or Pre-Monsoon Season)
3. ฤดูฝน (The Season of General Rains)
4. ช่วงถดถอยของฤดูมรสุม (The Period of the Retreating Monsoon)

ฤดูหนาว อยู่ระหว่างมกราคมถึงกุมภาพันธ์ในพื้นที่ตอนใต้ ส่วนทางตอนเหนืออาจถึงมีนาคม มรสุมชนิดนี้พัดปกคลุมพื้นที่เขตร้อนของอินเดียเกือบทั้งหมด แม้ว่าทางตอนเหนือจะเป็นลมฝ่ายตะวันตก โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิจะลดลงตามละติจูดที่เพิ่มขึ้น ในเดือนมกราคมทางใต้อุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส แต่ทางตอนเหนือจะต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ฝนเกือบทุกที่ต่ำกว่า 25 มม. ยกเว้นทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอินเดีย และด้านตะวันออกของศรีลังกา ซึ่งจะได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งพัดผ่านอ่าวเบงกอล เกิดการยกตัวขึ้นตามภูมิประเทศดังกล่าว ทำให้เกิดฝนตกมากบริเวณพื้นที่ทางใต้ แต่ทางตอนเหนือก็อาจมีฝนได้เนื่องจากพายุดีเปรสชัน ซึ่งจะเข้ามาทางที่ราบลุ่มแม่น้ำคงคา

ฤดูร้อนและแล้ง อยู่ระหว่างมีนาคมถึงพฤษภาคม อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามตำแหน่งตรงศีรษะของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุดจะอยู่ทางตอนเหนือซึ่งมีเมฆเพียงเล็กน้อย พื้นที่ตามชายฝั่งได้รับอิทธิพลจากลมทะเลซึ่งจะทำให้อากาศเย็นลงได้บ้างในช่วงกลางวันที่ย้อนอบอ้าว ปริมาณฝนโดยทั่วไปต่ำกว่า 100 มม. แต่ทางพื้นที่ภาคใต้จะได้รับฝนมากกว่าสองเท่าเนื่องจาก Convection และเป็นช่วงเริ่มต้นมรสุม ส่วนพื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของภูมิภาคนี้ได้รับฝนมากเนื่องจากลักษณะประจำถิ่น และจาก Tropical Cyclone ในอ่าวเบงกอลที่มักจะเกิด

ในช่วง Pre-Monsoon ซึ่งนำฝนจำนวนมากมาตกในเขตนี้ และมักทำความเสียหายบริเวณพื้นที่ชายฝั่งของบังคลาเทศ

ฤดูฝน เป็นฤดูที่นำฝนมากตกมากที่สุด ในภูมิภาคนี้ประมาณ 80% ของฝนรวมทั้งปี วันเริ่มต้นมรสุม (Onset of the Monsoon) จะมีพายุฟ้าคะนองที่รุนแรงมาก มักจะเรียกว่าเป็นการระเบิดของมรสุม (Burst) จากทางใต้ไปทิศตะวันตกเฉียงเหนือ โดยมีสีเข้มมากขึ้น อุณหภูมิโดยทั่วไปจะต่ำกว่า Pre-Monsoon ปริมาณฝนในฤดูนี้จะแปรตามภูมิภาคต่างๆ ปริมาณฝนสูงสุดอยู่ตามชายฝั่งด้านตะวันตก ซึ่งเกิดจาก Orographic Lifting บริเวณอื่นที่มีฝนตกหนักได้แก่ดินดอนสามเหลี่ยมลุ่มน้ำคงคา, พื้นที่ราบลุ่มของบังคลาเทศ สาเหตุเนื่องจากมีแนว Convergence บริเวณกว้าง ฝนตกน้อยที่สุดอยู่ทางภาคกลางและด้านตะวันออกของที่ราบสูงเดคคาน (Deccan Plateau) ซึ่งเป็นด้านอับลมของเทือกเขาคาสต์ (Khats) หลังจากเข้าสู่ฤดูมรสุมแล้วปริมาณฝนจะเริ่มลดลง ส่วนด้านตะวันออกเฉียงใต้จะมีฝนเพียงเล็กน้อย พื้นที่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือจะเข้าสู่เขต Dry Tropic

ช่วงถดถอยของฤดูมรสุม อยู่ระหว่างตุลาคมถึงธันวาคม เมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เริ่มถดถอยลงมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ในช่วงนี้จำนวนเมฆลดลง อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย 26-28 องศาเซลเซียส ฝนที่ตกโดยทั่วไปเป็นฝนเบา ยกเว้นทางภาคใต้และชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้มี Tropical Cyclone ก่อตัวขึ้น ทางใต้ของอ่าวเบงกอล และเคลื่อนตัวมาทางตะวันตกนำฝนมาตกยังพื้นที่ชายฝั่ง รวมทั้งพื้นที่ทางภาคกลางและด้านตะวันออกของที่ราบสูงเดคคาน

ในช่วงนี้ลมจะค่อยเปลี่ยนเป็นลมฝ่ายตะวันตก ปกคลุมพื้นที่ภาคเหนือและเป็นทิศตะวันออกเฉียงเหนือในภาคใต้ ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของมรสุมฤดูหนาว

พม่า, ไทย และอินโดจีน

ลักษณะภูมิอากาศในเขตนี้เมื่อเปรียบเทียบกับอินเดียแล้วจะคล้ายกันมาก เพราะอยู่ภายใต้อิทธิพลของระบบมรสุม แต่อย่างไรก็ตามยังมีส่วนสำคัญที่แตกต่างออกไปดังนี้

1. ระหว่างช่วงฤดูหนาว (The Pre-Monsoon Season) ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดปกคลุมในเขตนี้จะมีแรงและต่อเนื่องมากกว่าในอินเดีย นำเอามวลอากาศหนาวเย็นจากภาคพื้นทวีปเข้ามาปกคลุมได้มากกว่า ยกเว้นพื้นที่ตามชายฝั่งเวียดนามซึ่งมวลอากาศที่พัดเข้ามาผ่านทะเลจีนใต้ที่อุ่นกว่า จึงนำความอบอุ่นและชุ่มชื้นเข้ามาสู่ชายฝั่ง นอกจากนั้นยังมีบางส่วนของแนวปะทะอากาศแถบขั้วโลกที่เกิดจากมวลอากาศเย็นภาคพื้นทวีปกกับมวลอากาศอุ่นขึ้นจากมหาสมุทรปกคลุมอยู่บริเวณ อินโดจีน บางครั้งพัดลงมาถึงละติจูดที่ 10 องศาเหนือ สภาพอากาศตามแนวปะทะและพายุดีเปรสชันที่เกิดขึ้นจะคล้ายกับที่เกิดในเขต Mid-Lat คือเกิดฝนตกขณะที่อากาศเย็น สภาพจะท้องฟ้ามีเมฆเต็มท้องฟ้า (Overcast) และมีฝนละอองเกิดขึ้น (Drizzle) ในเวียดนามเหนือเรียกว่า Crachin ซึ่งจะมีส่วนสัมพันธ์กับ Disturbance ที่ปกคลุมแถบอ่าวตังเกี๋ย

2. ระหว่างช่วงก่อนฤดูมรสุม อุณหภูมิในเขตนี้จะต่ำกว่าแถบอินเดีย สภาพอากาศสำคัญที่เกิดในช่วงนี้มีสาเหตุจาก Convection Thunderstorm ที่เกี่ยวเนื่องมาจาก Upper Trough (ที่ระดับ 500 hPa) ซึ่งเคลื่อนตัวมาจากอินเดีย ทำให้เกิดเมฆมาก ฝนตกหนักในแถบพม่าและไทย ที่เรียกว่า Mango-Rains วันเริ่มต้นฤดูฝน จะเกิดก่อนอินเดียประมาณ 2-3 สัปดาห์ พายุฟ้าคะนองมีความรุนแรงน้อยกว่าแถบอินเดีย ในภูมิภาคแถบนี้มรสุมฤดูร้อนจะมีกำลังอ่อนกว่ามรสุมฤดูหนาว แต่จะพัดได้ลึกกว่า บางครั้งพัดได้ถึง 9,000 เมตร ตามชายฝั่งประเทศพม่า

3. ฤดูถดถอย (The Post-Monsoon Season) จะคล้ายกับอินเดียมาก แต่จะเกิดในเขตนี้เร็วกว่าอินเดียประมาณวันที่ 1 พฤศจิกายน ในเขตนี้เกือบทั้งหมดก็ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

แล้ว ในช่วง Post-Monsoon นี้ จะเกิดพายุหมุนเขตร้อนแถบทะเลจีนใต้ได้บ่อยครั้งเนื่องจากมีอุณหภูมิผิวน้ำสูงทำให้เกิดฝนตกหนักบริเวณชายฝั่งของเทือกเขาอันนัม

ในเขตนี้มีภูมิอากาศแตกต่างกันบ้างขึ้นอยู่กับความสูงต่ำของภูมิประเทศ ลักษณะการวางตัวของเทือกเขา ถ้ามีทิศทางตามแนวเหนือ-ใต้ สภาพอากาศที่เกิดขึ้นของทั้งสองฤดูจะแตกต่างกันมาก Slope ที่เอียงไปทางทิศตะวันตกจะเกิดฝนตกมากในช่วง มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ แต่ถ้า Slope เอียงไปทางทิศตะวันออก โดยเฉพาะด้านตะวันออกของเขตนี้ได้รับฝนมากในช่วงฤดูหนาวพื้นที่ทางตอนในแห้งแล้ง แต่จะมีฝนได้ในช่วงต้นและปลายมรสุมฤดูร้อน

ฟิลิปปินส์

ฟิลิปปินส์ประกอบด้วยหมู่เกาะมากกว่า 7,000 เกาะ มีขนาดแตกต่างกันส่วนใหญ่เป็นภูเขา มีภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงตามท้องถิ่น โดยทั่วไปแล้วอยู่ภายใต้อิทธิพลของกระแสลมสำคัญ 3 แบบ พัดปกคลุมช่วงเวลาแตกต่างกัน 3 ฤดู คือ

1. ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่ ตุลาคม-มีนาคม กระแสลมนี้จะนำมวลอากาศร้อนเข้ามาปกคลุมอุณหภูมิที่ระดับน้ำทะเลจีนใต้ประมาณ 25°C แม้ว่ามวลอากาศจะมีคุณสมบัติร้อนและมีความชื้นสูง เพราะเหนือจากระดับนี้ขึ้นไปจะมี Inversion ปกคลุมอยู่ ดังนั้นมรสุมชนิดนี้จะนำฝนมาตกเนื่องจาก Orographic Lifting เท่านั้นโดยเฉพาะตามพื้นที่ทางเหนือและด้านตะวันออก พื้นที่ด้านอื่นจะมีฝนเพียงเล็กน้อย มรสุมชนิดนี้ถูกซัดทับโดย Trade wind จากมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ ทำให้เกิดแนว Convergence ได้ทางตะวันออกของฟิลิปปินส์

2. เมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนืออ่อนกำลัง แนว Convergence จะเคลื่อนตัวมาทางตะวันตก และระหว่างเดือน เมษายน-พฤษภาคม จะตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของ Trade Wind จากมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ ซึ่งจะนำมวลอากาศที่ร้อนแต่มีการทรงตัวดีเข้ามา อุณหภูมิที่ทะเลสูงขึ้นประมาณ 28°C แต่ฝนจะตกเพียงเล็กน้อย ยกเว้นพื้นที่ด้านตะวันออกที่เป็นด้านรับลม การทรงตัวของอากาศจะสัมพันธ์กับระดับของ Inversion ที่ระดับสูงประมาณ 1,500 เมตร

3. ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดปกคลุมตั้งแต่พฤษภาคม-กันยายน เป็นกระแสอากาศที่พัดได้ลึกสูงถึง 10,000 เมตร นำเอามวลอากาศร้อนชื้น และฝนจำนวนมากเข้ามาตกในเขตนี้ ทั้งพื้นที่ชายฝั่ง, ลาดภูเขา และภูมิภาคอื่นด้วย ปริมาณฝนส่วนใหญ่เกิดจาก Disturbance ที่มากับมรสุม เช่นพื้นที่ตามชายฝั่งที่หันหน้ารับลม มรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะมีฝนมากในช่วงนี้ประมาณสิงหาคม เมื่อถึงตุลาคม มรสุมตะวันตกเฉียงใต้อ่อนกำลังลง และเมื่อถึงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเขตพื้นที่ทางตอนใต้ของฟิลิปปินส์อาจจะตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมค้าจากแปซิฟิกเหนือ

ปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้ฝนตกเป็นบริเวณกว้างโดยเฉพาะทางตอนเหนือของเกาะลูซอน ได้แก่ ได้ฝนมักจะปรากฏตั้งแต่มิถุนายน-ธันวาคม ช่วงสูงสุดอยู่ระหว่างกันยายน-ตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงที่น้ำทะเลบริเวณนี้มีค่าสูงสุดประจำปีนับว่าเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดฝนตกสูงสุดได้หลายสถานีในช่วงปลายมรสุมฤดูร้อน

กระแสลมหลักทั้ง 3 แหล่งสามารถนำฝนมาตกในเขตนี้ได้เพราะ Orographic Lifting การวางตัวของภูมิประเทศนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมภูมิอากาศประจำถิ่น พอสรุปได้ 3 ประการ คือ

1. พื้นที่ที่วางตัวไปทางใต้, ตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกจะมีฝนตกมากที่สุดระหว่างช่วงที่เป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ หลังจากนั้นจะแห้งแล้ง

2. พื้นที่ที่วางตัวไปทางเหนือและตะวันออกจะมีฝนตกมากที่สุดบางช่วง ระหว่าง ตุลาคม-มีนาคม แต่พื้นที่เหล่านี้ก็ยังได้รับฝนมากในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ด้วย

3. ภาคใต้ของฟิลิปปินส์เป็นพื้นที่ที่เริ่มเปลี่ยนเป็นภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อนซึ่งพัดขึ้นมาถึงละติจูดที่ 8 องศาเหนือ

พีสัยของอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นตามละติจูด และอุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง เมษายน-พฤษภาคม ออสเตรเลียตอนเหนือ, อินโดนีเซียตะวันออกเฉียงใต้และนิวกินีตอนใต้

เขตนี้มีลมพัดประจำ 2 ชนิด คือมรสุมตะวันตก ตามปกติออสเตรเลียตอนบนเรียก “มรสุม” มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือลมค้าแปซิฟิกใต้

ฤดูมรสุมตะวันตก เริ่มตั้งแต่ธันวาคม-มีนาคม เป็นลมที่พัดต่อเนื่องมาจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือของเอเชีย เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตรแล้วเปลี่ยนทิศทางและถูกเสริมให้มีกำลังแรงขึ้นด้วย Thermal Low ที่ปกคลุมอยู่บริเวณออสเตรเลียตอนบน ขณะที่มรสุมพัดข้ามน่านน้ำที่ร้อนแถบหมู่เกาะอินโดนีเซียจะเกิดฝนตกเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น Orographic Lifting ตามชายฝั่ง, Local Convection และจากแนว Convergence 2 แนว แนวหนึ่งอยู่ทางด้านตะวันตกของออสเตรเลียตอนบนเกิดจากลมทิศตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดีย และอีกแนวหนึ่งอยู่ทางตะวันออกจากลมค้าแปซิฟิกใต้ นอกจากนั้นยังมีไต้ฝุ่นทางด้านตะวันออกและพายุ Willy-willies ทางด้านตะวันตก โดยมีฝนตกสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ในนิวกินีตอนใต้และตามชายฝั่งควีนส์แลนด์ ฤดูนี้ อุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามละติจูด

ฤดูมรสุมตะวันออก เริ่มตั้งแต่พฤษภาคม-กันยายน เมื่อลมค้าแปซิฟิกใต้พัดปกคลุมนำเอามวลอากาศร้อนแห้ง และมีการทรงตัวดีเข้ามาสู่ภูมิภาคนี้ แหล่งกำเนิดของมวลอากาศชนิดนี้ปกคลุมแถบแปซิฟิกใต้เส้นศูนย์สูตร ซึ่งเป็นพื้นที่แห้งแล้งที่กว้างใหญ่มาก เมื่อพัดผ่านทะเลที่ไม่กว้างนัก ระหว่างออสเตรเลียกับอินโดนีเซีย คุณสมบัติของมวลอากาศดังกล่าวจึงไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง ฝนที่ตกในเขตนี้เกือบทั้งหมดจะน้อยมาก เพราะมีช่วงแล้งประมาณ 5-6 เดือน Orographic Lifting เท่านั้นที่พอจะทำให้เกิดฝนได้บ้างตามแนวชายฝั่งควีนส์แลนด์ และชายฝั่งตอนใต้ของนิวกินี ในช่วงนี้อุณหภูมิจะแปรกลับกับละติจูด

เขตแห้งแล้งของมรสุมเขตร้อนของเอเชีย

พื้นที่ขอบนอกเขตมรสุมเขตร้อนของเอเชียที่ลมมรสุมทั้งสองฤดูนำฝนตกต่ำกว่า 400 มม. ต่อปี ได้แก่ พื้นที่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือ (ทิศตะวันตกเฉียงเหนือของอินเดีย) และทางตอนใต้ (ออสเตรเลีย) ทั้งสองเขตนี้จัดว่าเป็นเขตร้อนที่แห้งแล้ง

อินเดียตะวันตกเฉียงเหนือ

พื้นที่บริเวณนี้รวมพื้นที่แนวชายฝั่งที่ยาวของปากีสถาน กระแสลมตะวันตกพัดปกคลุมตั้งแต่พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ ทำให้เกิดฝนเพียงเล็กน้อยเนื่องจากพัดผ่านพื้นที่ที่เป็นภาคพื้นทวีปเป็นระยะทางไกล เมื่อผ่านที่ราบสูงอิหร่านและด้านตะวันตกของปากีสถาน เกิดการจมตัวลงยิ่งทำให้มวลอากาศนี้ร้อนและมีการตรงตัวมากขึ้น

ฤดูก่อนมรสุม (The Pre-Monsoon Season)

เริ่มตั้งแต่มีนาคม - มิถุนายน อุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิด Thermal Low ซึ่งทำให้ลมทะเลมีกำลังแรงขึ้นตามพื้นที่ชายฝั่ง และอาจเกิดฝนได้เล็กน้อย แม้ว่ามวลอากาศที่เข้ามาในเขตนี้จะมีต้นกำเนิดมาจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และคาบสมุทรอาหรับผ่านทะเลในระยะสั้นๆ เท่านั้น

มรสุมฤดูร้อน

เริ่มต้นประมาณ 15 กรกฎาคม กระแสลมหลักมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งมีคุณสมบัติร้อนชื้น แต่ฝนได้ตกบริเวณพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำคงคาที่ลมพัดผ่านเสียเป็นส่วนใหญ่ และเมื่อพัดมาถึงเขตนี้ความชื้นก็ลดลงอย่างรวดเร็ว ประกอบกับกระแสลมที่พัดมาจากด้านตะวันตกเฉียงเหนือที่ร้อนและแห้งแล้ว ก็ยังคงพัดปกคลุมอยู่แม้ว่าจะเกิดแนว Convergence กับลมมรสุม ก็ไม่เอื้อที่จะเกิดฝนได้มาก อาจมีเมฆเกิดขึ้นได้บ้าง อุณหภูมิผิวพื้นต่ำกว่าช่วงก่อนมรสุม

ฤดูหลังมรสุม (The Post Monsoon Season)

ฤดูมรสุมในเขตนี้สิ้นสุดประมาณ 15 กันยายน หลังจากนั้นอุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็ว และปริมาณฝนจะน้อยมากจนถึงไม่มีเลย เป็นการเข้าสู่สภาพอากาศแบบฤดูหนาว

ออสเตรเลีย

เขตร้อนแห้งแล้ง (Dry Tropic) ในออสเตรเลียปรากฏอยู่ตามรอยต่อแคบๆ ระหว่างเขตชุ่มชื้นทางตอนเหนือของออสเตรเลีย กับเขตทะเลทรายภายในภาคพื้นทวีป

สาเหตุ 3 ประการที่ทำให้พื้นที่ทางด้านใต้มีปริมาณฝนลดลง

1. ภูมิประเทศในเขตนี้เป็นแบบภาคพื้นทวีป เป็นสาเหตุทำให้ความชื้นจากมรสุมตะวันตกลดลงเมื่อพัดเข้ามาในแผ่นดิน

2. มรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดีย เมื่อพัดเข้ามาแทนที่มรสุมตะวันตกจะพัดพามวลอากาศที่มีการทรงตัวดีเข้ามาในเขตนี้ เนื่องจากได้รับความเย็นจากกระแสน้ำเย็นนอกแตรเลียตะวันตก ซึ่งเป็นเหตุผลที่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดเขตร้อนแห้งแล้งจึงมักอยู่ทางด้านตะวันตก และเขตแนวชายฝั่งด้านตะวันออกที่ได้รับอิทธิพลจากลมค้าแปซิฟิกจึงมีความชุ่มชื้น

3. ใต้ฝุ่นและพายุ Willy Willies จะอ่อนกำลังอย่างรวดเร็วเมื่อเคลื่อนตัวเข้ามาในแผ่นดิน อาจทำให้ฝนตกได้บ้างตามชายฝั่งตะวันตก

ภูมิอากาศของเขตแห้งแล้งนี้มีค่าพิสัยอุณหภูมิประจำปีกว้างมาก

บทที่ 5

Tropical Africa

แอฟริกาเป็นทวีปที่ใหญ่ที่สุดในเขตร้อน และมีเส้นศูนย์สูตรลากผ่านกลางทวีป Tropical Africa มีประชากรอยู่ประมาณ 275 ล้านคน มีความสำคัญเป็นที่สองในเขตร้อนใหญ่ๆ รองมาจาก Tropical Monsoon Asia แต่มีสภาพอากาศแตกต่างจากเขตเอเชียหลายประการ คือ

1. ระบบหมุนเวียนของมรสุมในแอฟริกาแตกต่างจากระบบมรสุมในเอเชีย ดังนี้

1.1 เนื่องจากแอฟริกามีขนาดเล็ก ซึ่งเป็นตัวจำกัดในการเคลื่อนตัวตามฤดูกาลตามตำแหน่งของละติจูด ITCZ จะเคลื่อนตัวได้ไม่เกิน 15 องศาละติจูดในแถบแอฟริกาตะวันออก แต่ในเอเชีย ITCZ เคลื่อนตัวได้กว้างถึง 40 องศาละติจูด นอกจากนั้นพื้นที่ในเขตร้อนส่วนใหญ่ของแอฟริกาไม่มีฤดูมรสุม แต่จะเป็นระบบลมหมุนเวียนทั่วไปอย่างต่อเนื่อง เช่นที่ราบลุ่มคองโก และทางใต้ของเกาะมาดากัสการ์

1.2 ไม่มี Polar Air mass มาเกี่ยวข้อง หรือทำให้เกิดฤดูมรสุมแอฟริกา อีกทั้งคุณสมบัติของฤดูมรสุมมีความแตกต่างกันน้อยกว่าฤดูมรสุมในเอเชีย ในแอฟริกาตะวันตกมรสุมทั้งสองฤดูแตกต่างกันทั้งทิศทางลมและมวลอากาศ แต่ในแอฟริกาตะวันออกแตกต่างกันเฉพาะทิศทางลมเท่านั้น

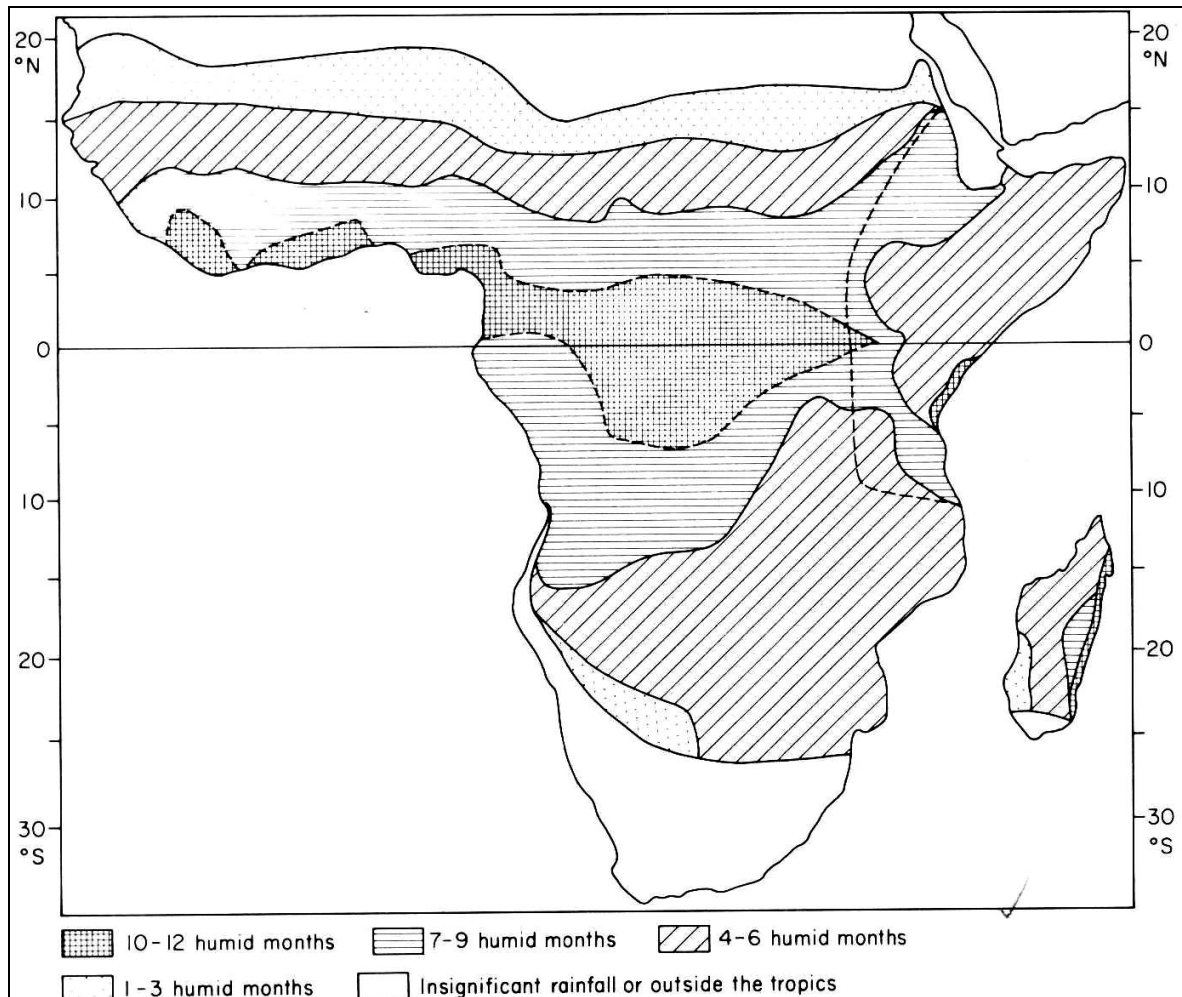
2. ความแตกต่างของภูมิอากาศ ระหว่าง Tropical Monsoon Asia กับ Tropical Africa นั้นมีความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศที่ปรากฏตามผิวพื้น Tropical Africa มีลักษณะแบบภาคพื้นทวีปมากกว่า และบริเวณชายฝั่งทั้งหลายเรียบไม่เว้าแหว่ง มีเทือกเขาเพียงเล็กน้อย พื้นที่ภายในส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบสูงโดยทั่วไปมีความสูงเฉลี่ย 1,000 เมตร ดังนั้นลักษณะภูมิอากาศส่วนใหญ่จะเป็นภูมิอากาศแบบภาคพื้นทวีปกึ่งที่ราบสูง ซึ่งลักษณะเช่นนี้ไม่มีใน Tropical Monsoon Asia

3. อุณหภูมิเหนือย่านมหาสมุทรในเขต Tropical Monsoon Asia ร้อน แต่เขตที่ติดกับทะเล หรือมหาสมุทรบางเขตของแอฟริกาเช่นทางด้านตะวันตก จะมีกระแสน้ำเย็นแคนารี (Canaries Current) และกระแสน้ำเย็นเบนกีวาล่า (Benguela Current) ไหลผ่าน ส่วนใหญ่จะผ่านเข้าไปถึงเขตศูนย์สูตร ทำให้อุณหภูมิผิวน้ำในย่านนั้นหนาวเย็น ส่วนในทางด้านตะวันออกจะมีกระแสน้ำเย็นไหลขึ้นมาจากบริเวณที่ลึกมาก อุณหภูมิเหนือน้ำบริเวณนี้จะต่ำมาก เช่นตามชายฝั่งโซมาเลีย ในช่วงเดือนมีนาคมถึงกันยายน

จากสาเหตุสามประการที่แตกต่างกันนี้ การแบ่งภูมิอากาศเขตร้อนตามที่เคยใช้ในเขตเอเชีย ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะลมมรสุมนั้นไม่เหมาะที่จะใช้กับเขต Tropical Africa

ในเขต Tropical Africa มีแนวโน้มอย่างเด่นชัดว่ามีปริมาณฝนสูง เนื่องจากตำแหน่งตรงศีรษะของดวงอาทิตย์ซึ่งจะนอนวันประมาณ 1 เดือน โดยเฉพาะแอฟริกาตะวันออกซึ่งมีการเคลื่อนตัวของ ITCZ ได้กว้างมาก แต่ในตอนกลางและเขตแอฟริกาตะวันตกเป็นเขตที่จำกัดความกว้างของ ITCZ การกระจายของฝนตามฤดูกาลนั้นจะมีฝนตกปริมาณมากสองระยะ บริเวณใกล้ๆ กับศูนย์สูตร และมีฝนตกมากในระยะเดียวในบริเวณละติจูด 10 องศาขึ้นไป

การแบ่งเขตภูมิอากาศของแอฟริกาใช้ความยาวนานของช่วงฤดูฝนเป็นเกณฑ์ โดยแบ่งออกเป็น 5 เขต คือ



The duration of the rainy season in tropical Africa

(humid months are those with a mean rainfall over 50 mm). (After Thompson, 1965, p. 54)

Thick broken lines indicate boundaries of the main climatic regions

1. เขตศูนย์สูตร (The Equatorial Zone) เป็นเขตชุ่มชื้นมีฝนอย่างน้อย 10 เดือน เขตนี้ไม่มีฤดูแล้ง หรือถ้ามีก็สั้นมาก
2. เขตแอฟริกาตะวันตกและซูดานทางตอนใต้ (West Africa and The Southern Sudan) เขตนี้มีปริมาณฝนลดลงจากทางใต้ไปทางเหนือ
3. เขตร้อนของแอฟริกา (Southern Tropical Africa) อยู่ทางตอนใต้ของเขตศูนย์สูตร เดือนที่มีฝนตกหรือช่วงที่เป็นฤดูฝนจะลดลงจากทางตอนเหนือไปทางใต้ และลดลงจากทางด้านตะวันออกไปด้านตะวันตก
4. เขตแอฟริกาตะวันออก (East Africa) โดยทั่วไปฝนจะลดลงจากทางตะวันตก มาด้านตะวันออก แต่เขตที่ราบสูงจะเป็นเขตที่ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงมาก
5. เกาะมาดากัสการ์ (The Island of Madagascar) มีภูมิประเทศสูงๆ ต่ำๆ ทำให้มีภูมิอากาศหลายแบบบนเกาะนี้

การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศในแต่ละเขต ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่แบบภาคพื้นทวีป และระดับความสูง (Elevation) เช่นมีผลต่ออุณหภูมิทำให้พืชของอุณหภูมิในช่วงวันและช่วงปีกว้างมาก ผลจากระยะทางที่ห่างไกล

จากน่านน้ำทำให้ปริมาณฝนและความชื้นน้อย ตัวแปรเหล่านี้เกิดเป็นบริเวณกว้างในเขต Tropical Africa มากกว่า Tropical Monsoon Asia

1. เขตศูนย์สูตร (Equatorial Africa) ในเขตนี้นี้ประกอบด้วยพื้นที่ใหญ่ 2 เขต คือ

1.1 ที่ราบลุ่มคองโก (Congo Basin) อยู่ระหว่างละติจูด 5 องศาเหนือถึง 5 องศาใต้ ทิศตะวันออกจดทะเลสาบวิกตอเรีย

1.2 พื้นที่ชายฝั่งตอนใต้ของแอฟริกาตะวันตก อยู่ระหว่างละติจูด 5-9 องศาเหนือ

พื้นที่ทั้งสองเขตนี้มีภูมิอากาศมีลักษณะฝนตกหนักตลอดทั้งปี ปริมาณฝนรวมประมาณ 1,500 มม. พืชพันธุ์ธรรมชาติเป็นป่าฝนเขตร้อน มีช่วงฤดูแล้งประมาณ 2 เดือน ฝนที่ตกอย่างต่อเนื่องเกิดจากไอน้ำจำนวนมากมหาศาลที่มีกำเนิดจากมหาสมุทรแอตแลนติกตอนใต้ อย่างไรก็ตามพื้นที่ที่อยู่ติดกับที่ราบลุ่มคองโกจะมีอากาศหนาวเย็น เพราะมีกระแสน้ำเย็น Benguela ไหลผ่าน ซึ่งเป็นตัวจำกัดปริมาณไอน้ำ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเขตศูนย์สูตรย่านอื่นๆ แล้ว ก็มีปริมาณใกล้เคียงกัน เพราะในภูมิภาคนี้ก็เป็นแหล่งผลิตไอน้ำได้ด้วยตัวเอง เช่นการกลายเป็นไอน้ำจากพืชพรรณธรรมชาติจำนวนมากจากแม่น้ำ และแหล่งชื้นแฉะต่างๆ

ส่วนบริเวณชายฝั่งตอนใต้ของแอฟริกาตะวันตกนั้น ได้รับความชื้นมาจากมหาสมุทรแอตแลนติกตอนใต้ โดยกระแสลมฝ่ายใต้ซึ่งจะพัดแรงในบริเวณนี้เป็นเวลาหลายเดือน บริเวณที่ฝนตกน้อยที่แทรกอยู่ในเขตที่ฝนตกต่อเนื่องนี้ได้แก่ ในจีเรียตะวันตก และ Ivory Coast ซึ่งมีสาเหตุมาจากลมพัดขนานกับชายฝั่ง ซึ่งเป็นผลมาจาก Divergence เพราะความแตกต่างของ Friction อีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความแห้งแล้ง เนื่องจากชายฝั่งในบริเวณดังกล่าวไม่เว้าแหว่ง จึงทำให้เกิดลมทะเลแบบ Divergence และกระแสน้ำเย็น Benguela ซึ่งไหลทะลุขึ้นมาถึงเขตศูนย์สูตรในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม

แม้ว่าตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดฝนในเขตนี้นี้ได้แก่ Convection แต่การเปลี่ยนแปลงฤดูกาล ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการเคลื่อนตัวของมวลอากาศในสเกลใหญ่ จากกระแสลมตะวันตกและตะวันออกพัดสลับเหนือที่ราบลุ่มคองโก (Convergence) ทำให้เกิดฝนปริมาณมากช่วงเมษายน-พฤษภาคม และตุลาคม-พฤศจิกายน ช่วงฝนตกน้อยช่วงธันวาคม-มกราคม ในทางตอนเหนือของเขตนี้นี้ และกรกฎาคม-สิงหาคม ในทางตอนใต้

การเคลื่อนตัวตามฤดูกาลของ ITC ตามแนวชายฝั่งแอฟริกาตะวันตก ทำให้เกิดฝนตกน้อย 2 ช่วง ช่วงแรกระหว่างธันวาคม-มกราคม เมื่อลมตะวันออกเฉียงเหนือที่แห้งแล้งพัดปกคลุม ช่วงที่สองแห้งแล้งน้อยกว่าช่วงแรก ระหว่าง กรกฎาคมหรือสิงหาคมเมื่อ ITC เลื่อนขึ้นไปทางเหนือ

พิสัยอุณหภูมiprประจำปีในเขตนี้นี้แตกต่างกันน้อยมาก โดยเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ห่างจากเส้นศูนย์สูตร แต่โดยทั่วไปแล้วต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส พิสัยอุณหภูมiprประจำวันอยู่ระหว่าง 5 และ 10 องศาเซลเซียส และจะเพิ่มขึ้นตามระยะสูงและระยะทางที่ห่างจากชายฝั่ง

อุณหภูมิเฉลี่ยลดลงตามระยะสูงในอัตรา 0.65 องศาเซลเซียส ต่อ 100 เมตร

2. แอฟริกาตะวันตกและซูดานตอนใต้

เขตนี้นี้ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ละติจูด 5-20 องศาเหนือ จากมหาสมุทรแอตแลนติกทางตะวันตกถึงที่ราบสูงเอธิโอเปียทางตะวันออก ลักษณะภูมิอากาศโดยทั่วไปจะค่อยๆ ลดความยาวนานของฤดูฝน และปริมาณน้ำฝนตามละติจูดที่เพิ่มขึ้น

ปริมาณฝนตลอดปีโดยทั่วไปแล้วขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนตัวของ ITC ระหว่างเดือนธันวาคมและมกราคม แนว ITC จะอยู่ที่ละติจูด 2-5 องศาเหนือ ในทางด้านตะวันตกและเลื่อนไกลออกไปทางใต้ในเขตภาคพื้นทวีปทางด้าน

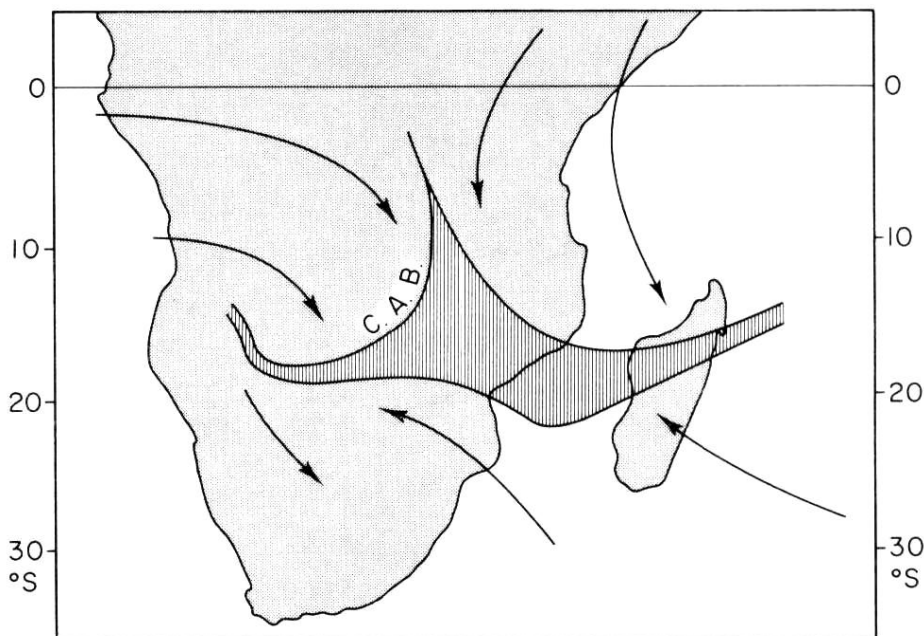
ตะวันออก ภูมิภาคนี้ส่วนใหญ่ตกอยู่ภายใต้ความแห้งแล้ง เนื่องจากมวลอากาศแบบภาคพื้นทวีปที่มีการทรงตัวดีซึ่งอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือหรือทางเหนือในช่วงนี้แทบจะไม่มีฝน ยกเว้นทางชายฝั่งแอฟริกาตะวันตก 2-3 แห่ง ซึ่งเกิดจากระบบลมประจำถิ่น

อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นจากเหนือไปใต้เพราะได้รับแสงอาทิตย์ได้มากกว่า เนื่องจากอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและมีฝุ่นละอองมากเพราะอยู่ติดด้านทะเลทราย

เดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน ITC เคลื่อนตัวไปทางทิศเหนือ แต่การเคลื่อนตัวไม่ต่อเนื่อง บ่อยครั้งที่ถอยกลับมาอีกฝนจะเริ่มตกทางตอนใต้ของเขตร้อนในเดือนมีนาคมถึงเมษายน ส่วนทางเหนือ จะเริ่มเมื่อถึงเดือนมิถุนายน อุณหภูมิโดยทั่วไปในภาคเหนือจะสูงกว่าทางภาคใต้ ฤดูร้อนในซีกโลกเหนือจะสิ้นสุดประมาณกันยายนถึงตุลาคม เดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม ร่อง ITC จะอยู่ในตำแหน่งทางเหนือประมาณละติจูดที่ 15-20 องศาเหนือ พื้นที่ส่วนใหญ่ในเขตร้อนจะได้รับฝน ยกเว้นพื้นที่ชายฝั่งทางใต้ประมาณละติจูดที่ 8 องศาเหนือ ส่วนฝนที่ปรากฏเป็นจำนวนมากทางตอนใต้ของซูดานมีสาเหตุมาจากแนว Convergence ของ ลมทิศตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงใต้ เดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน ITC เคลื่อนลงมาทางใต้และโค้งมากกว่าอยู่ทางเหนือ การสิ้นสุดของฤดูฝนเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทางเหนือในเดือนกันยายน และทางตอนใต้ในเดือนตุลาคม

พิสัยของอุณหภูมิประจำปีของเขตร้อนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามระยะห่างจากชายฝั่งเหมือนกับละติจูด แต่ตามชายฝั่งด้านตะวันตกอุณหภูมิจะต่ำตลอดปี เพราะมีกระแสน้ำเย็นแคนารีไหลผ่าน

3. แอฟริกาเขตร้อนตอนใต้ (Southern Tropical Africa)



Approximate surface position of the I.T.C.Z. (shaded) during December-January.

(C.A.B. = Congo Air Boundary)

เขตร้อนครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 25 ละติจูด เริ่มตั้งแต่เส้นศูนย์สูตรซึ่งอยู่ทางตะวันตกเฉียงเหนือลงมาถึงละติจูด 25 องศาใต้ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ในซีกโลกเหนือละติจูดเป็นตัวกำหนดความแตกต่างของภูมิอากาศ ซึ่งจะแปรตามการเคลื่อนตัวของร่อง ITC ตามฤดูกาล แต่ในเขตตอนใต้การเคลื่อนตัวของร่อง ITC กลับแตกต่างอย่างรุนแรงตามแนวลองจิจูด ทางด้านตะวันตก ITC แทบจะไม่เคลื่อนลงมาทางใต้ของเส้นศูนย์สูตร ขณะที่ทางด้านตะวันออกอาจเคลื่อนไปไกลถึงละติจูด 20 องศาใต้ เหตุผลสำคัญที่ทำให้ด้านตะวันออกแตกต่างจากด้านตะวันตก

เป็นเพราะสภาพมหาสมุทรที่อยู่ติดกับเขตทั้งสองด้าน ขณะที่ทางตะวันออกบริเวณช่องแคบโมแซมบิกอุณหภูมิผิวน้ำแปรเปลี่ยนอยู่ระหว่าง 23-27 องศาเซลเซียส แต่ในทางตะวันตกที่อยู่ติดกับมหาสมุทรแอตแลนติกจะเย็นตัวลงเนื่องจากอิทธิพลของกระแสน้ำเย็นเบนกิวลา (Benguela) อุณหภูมิเฉลี่ย 16-18 องศาเซลเซียส กระแสน้ำเย็นนี้มีผลไหลจนถึงเส้นศูนย์สูตร จึงทำให้ ร่อง ITC บริเวณนี้ไม่เคลื่อนลงมาทางใต้ในช่วงที่ซีกโลกใต้เป็นฤดูร้อน

ความแตกต่างของอุณหภูมิบริเวณผิวน้ำอย่างเด่นชัด มีอิทธิพลต่อมวลอากาศที่เคลื่อนตัวมาจากมหาสมุทรเข้าสู่ภาคพื้นทวีป มวลอากาศนี้มีแหล่งกำเนิดมาจาก Subtropical High ที่ปกคลุมอยู่เหนือมหาสมุทรแอตแลนติกและมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นมวลอากาศที่มีการทรงตัวดี และมี Inversion อยู่ในระดับ 1,000-2,500 เมตร แต่มวลอากาศจากมหาสมุทรอินเดียจะได้รับไอน้ำในระดับต่ำสุดจากผิวน้ำ แต่มวลอากาศจากมหาสมุทรแอตแลนติกยังคง Stable จากการเย็นลงจากเบื้องล่าง ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ลดการเกิดฝนเมื่อถูกยกตัวขึ้น นอกจากนั้นพื้นที่ตามแนวชายฝั่งด้านตะวันตกยังเป็นทะเลทรายซึ่งเป็นผลมาจากตัวการดังกล่าว

ภูมิภาคเขตนี้มีความแตกต่างจากภูมิภาคทางซีกโลกเหนือ คือมีกระแสอากาศ 3 แหล่งที่พัดมาบรรจบเหนือภูมิภาคนี้ ในระหว่างที่ซีกโลกใต้เป็นช่วงฤดูร้อนในบริเวณพื้นที่สามเหลี่ยมคือ

- 1) ลมทิศตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งนำความแห้งแล้งและมวลอากาศที่มีการทรงตัวดีเข้ามาในเขตนี้ เพราะว่ามีแหล่งกำเนิดมาจากภาคพื้นทวีปเมื่อเคลื่อนเข้ามาทางตะวันตก และกระแสอากาศนี้สูญเสียความชื้นระดับต่ำๆ เมื่อมันเคลื่อนตัวผ่านลาดเขาด้านตะวันออกของเกาะมาดากัสการ์

- 2) กระแสอากาศจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีคุณสมบัติชื้นและ Unstable

- 3) กระแสอากาศจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เรียกกันว่า Congo Air มีคุณสมบัติชื้นและ Unstable มวลอากาศนี้มีแหล่งกำเนิดจากมหาสมุทรแอตแลนติก และเคลื่อนตัวผ่านแอ่งคองโก (Congo Basin) จึงสามารถดูดซับเอาไอน้ำจากบริเวณนี้ได้มหาศาล โดยเฉพาะตามลำน้ำอันกว้างใหญ่

ดังนั้นปริมาณฝนทั้งหมดที่ตกทางตอนใต้ของภูมิภาคนี้ได้รับอิทธิพลจากแนวเขตของ Congo Air เป็นส่วนใหญ่

4. แอฟริกาตะวันออก (East Africa)

เขตนี้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งสองด้านของเส้นศูนย์สูตร ตั้งแต่ละติจูดที่ 11 องศาใต้ ถึง 14 องศาเหนือ ลักษณะภูมิอากาศโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ

1. ฝนตกน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเขตศูนย์สูตรอีกเขตหนึ่ง และ
2. การเพิ่มขึ้นของช่วงฤดูฝน และปริมาณน้ำฝนจากตะวันออกไปตะวันตก ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นทั่วไปในภูมิภาคนี้

ในเขตที่ติดกับศูนย์สูตรซึ่งมีปริมาณฝนน้อยนั้น มีส่วนสัมพันธ์กับระบบมรสุมซึ่งนำเอามวลอากาศแห้งมาให้เกิดตลอดปี เนื่องจากมวลอากาศนี้มีแหล่งกำเนิดเป็นแบบภาคพื้นทวีป และระบบมรสุมทั้งสองฤดูในเขตนี้เป็นแบบ Divergence ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดหย่อมความกดอากาศต่ำใกล้ๆ กับทะเลสาบวิกตอเรีย ปังจายอื่นๆ ที่ทำให้เขตนี้แห้งแล้งคือ กระแสลมมรสุมที่พัดในเขตนี้มักจะขนานกับชายฝั่งและขอบทวีปที่เป็นที่ราบสูง

เนื่องจากมวลอากาศแบบมรสุมนี้มีคุณสมบัติแห้งและมี Inversion การเกิดฝนในเขตนี้ Convection ไม่ใช่ตัวการหลัก แต่ก็มีโอกาสเกิดฝนได้จากการยกตัวขึ้นของกระแสอากาศซึ่งมักจะเกิดทางด้านตะวันตกมากกว่าด้านตะวันออกด้วยเหตุผล 3 ประการคือ

1. เขตตะวันตก ประกอบด้วยภูเขาและที่ราบสูง Orographic Lifting เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดฝนในเขตนี้

2. กระแสอากาศจากตะวันตก ก่อให้เกิดระบบการไหลเวียนแบบ Equatorial Bridge ซึ่งทำให้เกิดแนว Convergence กระจายทั่วไป มวลอากาศจากด้านตะวันตกส่วนใหญ่มาจาก Congo Basin ซึ่งมีคุณสมบัติชื้น และทำให้เกิดฝนได้มากทางด้านตะวันตก

3. ทะเลสาบวิกตอเรีย ซึ่งมีพื้นที่กว่า 63,000 ตร.กม. และทะเลสาบอื่นๆ มักจะอยู่ทางด้านตะวันตกเป็นแหล่งผลิตไอน้ำและทำให้เกิด Local Disturbance ได้

ปริมาณฝนเพิ่มจากตะวันออกไปตะวันตก อย่างไรก็ตามปรากฏว่ามีชายฝั่งที่แคบทางตอนใต้ของเส้นศูนย์สูตร เป็นเขตที่ได้รับฝนมากกว่าพื้นที่อื่นๆ เนื่องจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้เคลื่อนตัวผ่านมหาสมุทรอินเดียเป็นระยะทางไกล จึงมีปริมาณไอน้ำมากในระดับต่ำๆ จึงทำให้เกิดฝนขึ้นได้ในพื้นที่แถบชายฝั่งด้านตะวันออกนี้

ในบริเวณพื้นที่ตอนใต้ของเขตนี้ การกระจายของฝนถูกทำให้ผิดเพี้ยนไปจากความจริง เนื่องจากลักษณะสูงต่ำของภูมิประเทศ เทือกเขาบางเทือกทางตอนใต้และทางตะวันออกเฉียงเหนือของแทนซาเนีย ได้รับฝนมากกว่าที่ราบสูงที่อยู่ทางด้านตะวันตก บริเวณปลายทะเลสาบนายาซา (Nyasa) ทางตอนเหนือ ก็เป็นอีกแห่งหนึ่งที่มีฝนมาก เพราะเทือกเขาที่ขนาบทะเลสาบทั้งสองด้านเอื้อให้เกิด Convergence ในช่วงที่เป็นฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในทางกลับกันทางตอนกลางของ Great Rift Valley เป็นเขตเงาฝนของเทือกเขาทางด้านตะวันออก การวางตัวของเทือกเขาต่างๆ นี้สร้างความแปรเปลี่ยนของปริมาณฝน แม้ว่าจะเป็นระยะทางสั้นๆ

ขณะที่มรสุมทั้งสองฤดูจะแห้งแล้ง การกระจายของฝนในแอฟริกาตะวันออกยังขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนตัวของร่อง ITC อยู่เหนือบริเวณภาคพื้นทวีปเขตร้อนที่ขนาบข้างเส้นศูนย์สูตร ฝนจะตกชุกตามตำแหน่งตรงศีรษะของดวงอาทิตย์ประมาณ 4-6 สัปดาห์ โดยมีฝนตกชุกสองช่วง คือ เมษายน-พฤษภาคม เรียก Long Rain และตุลาคม-พฤศจิกายน เรียก Short Rain

มีบางพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิอากาศแตกต่างออกไปได้แก่ พื้นที่ทางตอนบนของเคนยา โซมาเลีย และด้านตะวันออกของเอธิโอเปีย ในเขตนี้ปริมาณฝนสูงสุดอยู่ในช่วงเมษายน-กรกฎาคม แต่ก็ยังเป็นปริมาณที่น้อยมาก ซึ่งมีสาเหตุมาจากการกระจายของ Divergence ในมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เมื่ออยู่ทางตอนเหนือของเส้นศูนย์สูตร การเกิด Divergence มาจากปัจจัย 4 ประการ คือ

1. มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่มีกำลังเพิ่มขึ้น เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงที่ปกคลุมอยู่ทางตอนเหนือของอินเดีย

2. ความแตกต่างของ Friction ระหว่างพื้นดินกับผิวน้ำทางชายฝั่งตอนใต้ของโซมาเลีย ทำให้มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดขนานกับชายฝั่ง

3. ในช่วงนี้มีหย่อมความกดอากาศต่ำปกคลุมเหนือที่ราบสูงเอธิโอเปียที่ร้อนจัด ทำให้เกิด Divergence ในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

4. อุณหภูมิผิวน้ำตามชายฝั่งโซมาเลียต่ำมาก ระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม เนื่องจากการไหลขึ้นของกระแสน้ำจากข้างใต้

5. มาดากัสการ์ (Madagascar)

ภูมิอากาศของเกาะนี้ควรแยกออกมาต่างหากเพราะอยู่ภายใต้อิทธิพลจากที่ตั้งที่อยู่ในมหาสมุทร นอกจากนั้นยังถูกควบคุมโดยลักษณะภาคพื้นทวีป ลักษณะภูมิอากาศในเกาะมาดากัสการ์แสดงออกถึงลักษณะต่างๆ ของภูมิประเทศ เช่นบนเกาะมีความแตกต่างของความสูงต่ำมาก เพราะมีเทือกเขาติดต่อกัน ส่วนมากสูงกว่า 1,200 เมตร แต่บางพื้นที่สูงกว่า 2,000 เมตร ดังนั้นภูมิอากาศของเกาะนี้จึงตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของขนาดและความสูงของภูเขา

ชายฝั่งด้านตะวันออก (The East Coast)

ลักษณะภูมิประเทศไม่มีฤดูแล้ง ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมค้าตะวันออกเฉียงใต้เกือบตลอดปี ตามที่ลาดด้านตะวันออกของเทือกเขาใหญ่ มีการยกตัวขึ้นอย่างรุนแรง ทำให้เกิดฝนเป็นจำนวนมาก ปริมาณฝนเฉลี่ยประจำปีอยู่ระหว่าง 2,000-3,500 มม. ลมค้าจะแรงมากที่สุดในช่วงฤดูหนาวเมื่อ Subtropical High บริเวณละติจูด 30 องศาใต้ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดมีความกดอากาศผิวพื้นถึง 1030 hPa แต่ในฤดูร้อนจะมีฝนตกมากกว่า โดยเฉพาะช่วงมกราคม-มีนาคม เมื่อลมค้าอ่อนกำลังลง แต่ ITC ซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับ Depression และ Cyclone บริเวณด้านเหนือของเกาะมาดากัสการ์ Cyclone เหล่านี้ก่อตัวขึ้นในมหาสมุทรอินเดีย ทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเกาะมาดากัสการ์ และตามปกติมักจะ Recurve ไปทางด้านตะวันออกของเกาะ จึงนำฝนมาตกเป็นจำนวนมากบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม จะมีฝนตกน้อยลงเพราะเป็นช่วงปลายฤดูหนาวลมค้าเริ่มอ่อนกำลังลง

พื้นที่ทางตอนกลาง (The Central Part)

ตอนกลางของเกาะเป็นที่ราบสูงประมาณ 700-1,400 เมตร อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมค้าตะวันออกเฉียงใต้เกือบตลอดปี แต่ฝนตกน้อยกว่าชายฝั่งตะวันออกเพราะไม่มี Orographic Lifting ฝนที่ตกในเขตนี้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงฤดูร้อน เมื่อ ITC เข้ามาปกคลุม ความแตกต่างของปริมาณฝนขึ้นอยู่กับการวางตัวของเทือกเขาและความสูง ปริมาณฝนเฉลี่ยประจำปีอยู่ระหว่าง 1,250-2,000 มม.

พื้นที่ด้านตะวันตกของเกาะมีความแตกต่างระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนมากที่สุด ในช่วงที่เป็นฤดูหนาวเขตนี้เป็น Leeward Side จึงได้รับแสงอาทิตย์และแห้งแล้งมาก แต่ในช่วงธันวาคม-มีนาคม เขตนี้ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงเหนือ ร่อง ITC รวมทั้ง Depression ซึ่งก่อตัวบริเวณช่องแคบโมซัมบิก (Mozambique) ทำให้ได้รับปริมาณฝนจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม ITC จะอ่อนกำลังอย่างรวดเร็วเมื่อเคลื่อนลงไปทางใต้หรือตะวันตกเฉียงใต้ของเกาะ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเขตแห้งแล้ง ปริมาณฝนเฉลี่ยในเขตตะวันตกนี้ทางด้านเหนือ 2,000 มม. และทางด้านใต้ 400 มม. ลักษณะภูมิอากาศตามชายฝั่งในเขตนี้จะเป็นแบบลมทะเลและลมบกที่มีกำลังแรง มักจะเกิดในช่วงฤดูร้อนเมื่อพื้นดินร้อนจัด

ช่วงปลายสุดทางใต้ของเกาะอยู่นอกเขตร้อน เพราะอุณหภูมิที่ระดับน้ำทะเลต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียสในบางพื้นที่ จัดว่าเป็นเขตกึ่งแห้งแล้งซึ่งมีปริมาณฝนรวมต่ำกว่า 400 มม.

สภาวะอุณหภูมิในเกาะมาดากัสการ์ถูกควบคุมโดยปัจจัย 3 ประการคือ ความสูง (Elevation) ละติจูด และการวางตัวของเทือกเขา (Exposure) Elevation ทำให้เกิดความแตกต่างมากที่สุดเฉลี่ยโดยอุณหภูมิลดลง 0.5 องศาเซลเซียส ต่อ 100 เมตร ละติจูดมีผลต่อพิสัยประจำปีซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 4 องศาเซลเซียสทางเหนือและประมาณ 8 องศาเซลเซียสในทางใต้ ส่วน Exposure ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างตะวันออกและตะวันตก ซึ่งทางตะวันตกจะร้อนขึ้นประมาณ 1-3 องศาเซลเซียส ซึ่งมักจะเกิดในช่วงที่เป็นฤดูร้อน

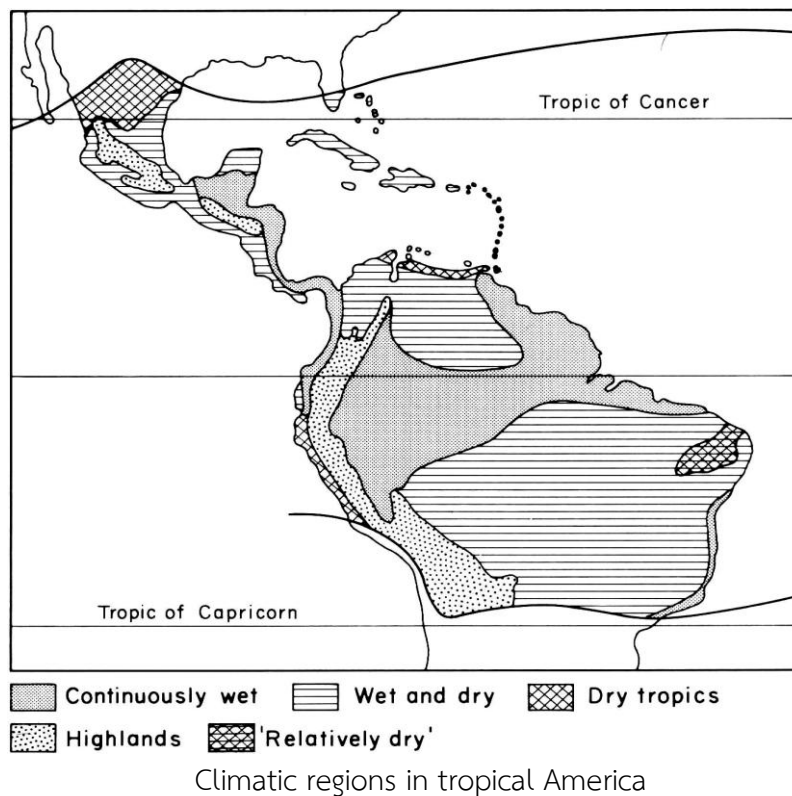
บทที่ 6

ภูมิอากาศเขตร้อนของทวีปอเมริกา

ปัจจัยที่ทำให้ลักษณะภูมิอากาศในเขตร้อนของอเมริกา แตกต่างจากระบบมรสุมในเอเชียและในแอฟริกาเขตร้อน 2 ประการ คือ

1. ระบบมรสุมถูกจำกัดอยู่ในพื้นที่แคบๆ ทางด้านตะวันออกของเทือกเขาแอนดีสในอเมริกาใต้ ระหว่างละติจูด 10 องศาเหนือ ถึง 20 องศาใต้เท่านั้น บริเวณอื่นๆ ไม่มีระบบมรสุมเนื่องจากอิทธิพลของกระแสน้ำเย็นทางด้านตะวันตก ขนาดของทวีปที่เล็กไม่เอื้ออำนวยให้เกิด Thermal Low และทวีปอเมริกาเหนือมีระยะทางห่างไกลเกินไปไม่สามารถถึงร่อง ITCZ ที่ก่อตัวขึ้นแถบเส้นศูนย์สูตรในช่วงฤดูร้อนได้

2. ลักษณะของภูมิอากาศในแถบนี้ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ เทือกเขาแอนดีส เป็นเทือกเขาที่สูงและยาวมาก วางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ เป็นแนวกั้นขวางระบบการหมุนเวียนของกระแสลม ทำให้ด้านตะวันออกของเทือกเขาเป็นด้านอับลม (Leeward) มวลอากาศจากขั้วโลกใต้สามารถพัดปกคลุมไปถึงละติจูด 5 องศาใต้ นอกจากนั้นกระแสน้ำเย็นและ Subtropical High ที่ปกคลุมบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ ทำให้ภูมิอากาศแห้งซึ่งถูกจำกัดอยู่ตามแนวชายฝั่งที่ยาวและแคบ



การแบ่งภูมิอากาศในเขตร้อนขึ้นอยู่กับการกระจายและปริมาณฝนรวม สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 เขต คือ

1. แถบทะเลคาริบเบียนและฟลอริดาตอนใต้
2. อเมริกากลาง
3. เขตร้อนของอเมริกาใต้ แบ่งออกเป็น 3 เขตย่อย คือ
 - 3.1 เขตชายฝั่งด้านตะวันตกของเทือกเขาแอนดีส
 - 3.2 เขตที่สูงของเทือกเขาแอนดีส
 - 3.3 เขตด้านตะวันออกของเทือกเขาแอนดีส

1. เขตทะเลแคริบเบียนและฟลอริดาตอนใต้

ประกอบด้วยน่านน้ำ เกาะและแหลมฟลอริดา ครอบคลุมพื้นที่ระหว่างละติจูด 12-27 องศาเหนือ ภูมิอากาศส่วนใหญ่เป็นแบบน่านน้ำ ระบบการหมุนเวียนที่สำคัญในเขตนี้อคือลมค้าจากมหาสมุทรแอตแลนติกซึ่งจะมีกำลังแรงมากในฤดูหนาวและ Inversion จะปรากฏอยู่ที่ระดับ 1,000-1,500 เมตร และที่ระดับ 2,000 เมตร หรือสูงกว่าในช่วงฤดูร้อน

ในเขตนี้อปริมาณฝนสูงสุดอยู่ในช่วงฤดูร้อน ในระหว่างกรกฎาคมถึงกันยายนมักจะเกิด Disturbance และ Easterly Waves ได้บ่อยประมาณ 4-6 ครั้งต่อเดือน และระหว่างสิงหาคม-กันยายนเป็นช่วงที่ Hurricane นำฝนมาตกในเขตนี้อเฉลี่ยแล้วประมาณ 8 ลูกต่อปี

Caribbean Sea

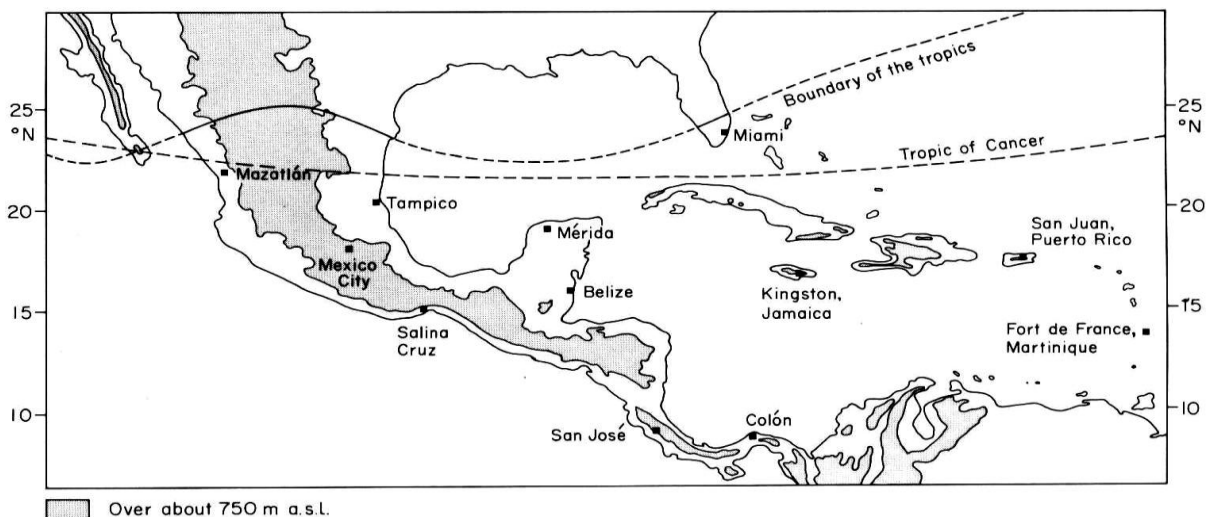
ฤดูที่มีฝนตกชุกโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายน แต่พื้นที่ทางตอนใต้อาจขยายไปถึงเดือนธันวาคม ส่วนทางตอนเหนือของเขตนี้อฤดูฝนอาจสิ้นสุดในเดือนกรกฎาคม

ช่วงฤดูหนาว Subtropical High ที่ปกคลุมในมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือมีความรุนแรงและขยายอิทธิพลมาถึงเขตนี้อ ทำให้ลมค้ากำลังแรงพัดปกคลุมต่อเนื่อง และ Inversion เป็นตัวกั้นขวางการเกิดเมฆฝน ยกเว้นที่ลาดตามชายฝั่ง

อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย พิสัยประจำปีอยู่ระหว่าง 3 องศาเซลเซียสในทางใต้ ถึง 9 องศาเซลเซียสในทางเหนือ ในฤดูหนาวอุณหภูมิลดลงเนื่องจากมวลอากาศเย็นจากทวีปอเมริกาเหนือทำให้อุณหภูมิที่ฟลอริดาลดต่ำลงมา

2. อเมริกากลาง

ลักษณะภูมิประเทศของเขตนี้อเป็นแผ่นดินที่แคบและยาว เป็นระยะทางมากกว่า 4,000 กม. วางตัวในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนที่แคบที่สุดอยู่ที่ประเทศปานามา กว้าง 65 กม. บริเวณอื่นๆ กว้างไม่เกิน 300 กม. ประกอบด้วยที่ราบสูงและเทือกเขาซึ่งเป็นตัวแบ่งลักษณะภูมิอากาศ ระหว่างพื้นที่ด้านมหาสมุทรแอตแลนติกกับแปซิฟิก



Location of stations in the Caribbean region and in Central America for which diagrams are given

2.1 เขตชายฝั่งมหาสมุทรแอตแลนติก

ลักษณะภูมิอากาศคล้ายกับแถบหมู่เกาะคาริบเบียน เนื่องจากอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมค้าแอตแลนติก ตอนเหนือเกือบตลอดปี ซึ่งจะนำฝนมาตกบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของอเมริกากลางมากกว่าบริเวณเกาะ ฝนรวมเฉลี่ยประจำปีมากกว่า 2,000 มม. ฤดูหนาวอากาศไม่ค่อยแห้งแล้ง บริเวณที่มีปริมาณฝนต่ำของเขตชายฝั่งมหาสมุทรแอตแลนติก คือ

2.1.1 ทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของเม็กซิโก บริเวณนี้วางตัวอยู่นอกทิศทางการเคลื่อนตัวของ Easterly Waves ในช่วงฤดูหนาวได้รับอิทธิพลจากมวลอากาศเย็นจากทวีปอเมริกาเหนือ ทำให้บริเวณนี้แห้งแล้ง ฤดูที่มีฝนตกคือฤดูใบไม้ร่วง เนื่องจากมี Hurricane และ Disturbance ชนิดต่างๆ ที่มีความรุนแรงเคลื่อนตัวเข้ามา

2.1.2 พื้นที่ด้านตะวันตกของแหลมยูคาตัน เนื่องจากบริเวณนี้ตั้งอยู่ทางเหนือและเป็นด้านอับลมจากกระแสลม Easterlies

2.1.3 พื้นที่ชายฝั่งประเทศ Honduras เขตนี้วางตัวอยู่ในแนวตะวันออก-ตะวันตก พื้นที่ส่วนใหญ่วางตัวเป็นแนวขนานกับทิศทางลมที่พัดประจำ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิด Divergence ได้ง่าย

2.2 เขตชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิก

เมื่อเปรียบเทียบกับด้านชายฝั่งแอตแลนติกแล้ว โดยทั่วไปด้านแปซิฟิกจะแห้งแล้งกว่า โดยเฉพาะทางตอนเหนือมีลมตะวันตกเฉียงเหนือพัดประจำ เป็นกระแสลมที่มีกำเนิดมาจากด้านตะวันออกของ Subtropical High นำเอามวลอากาศที่มีการทรงตัวดีเคลื่อนตัวผ่านกระแสน้ำเย็นคาลิฟอร์เนียเข้ามาสู่บริเวณนี้ ฝนมีโอกาสดกเพิ่มขึ้นในช่วงปลายฤดูร้อน และในฤดูใบไม้ร่วงเท่านั้นเพราะมี Disturbance และ Hurricane ในทะเลคาริบเบียนมีโอกาสเคลื่อนตัวข้ามมาทางฝั่งตะวันตก

นอกจากนั้นบริเวณที่อยู่ทางตอนใต้ของเขตนี้จะมีฝนตกมากกว่า เนื่องจากชายฝั่งโค้งไปทางตะวันออก ห่างไกลจากกระแสน้ำเย็น และได้รับลมทิศตะวันตกเฉียงใต้มากขึ้น พัดเอามวลอากาศแบบศูนย์สูตรเข้ามา ทำให้ฝนตกเป็นจำนวนมาก

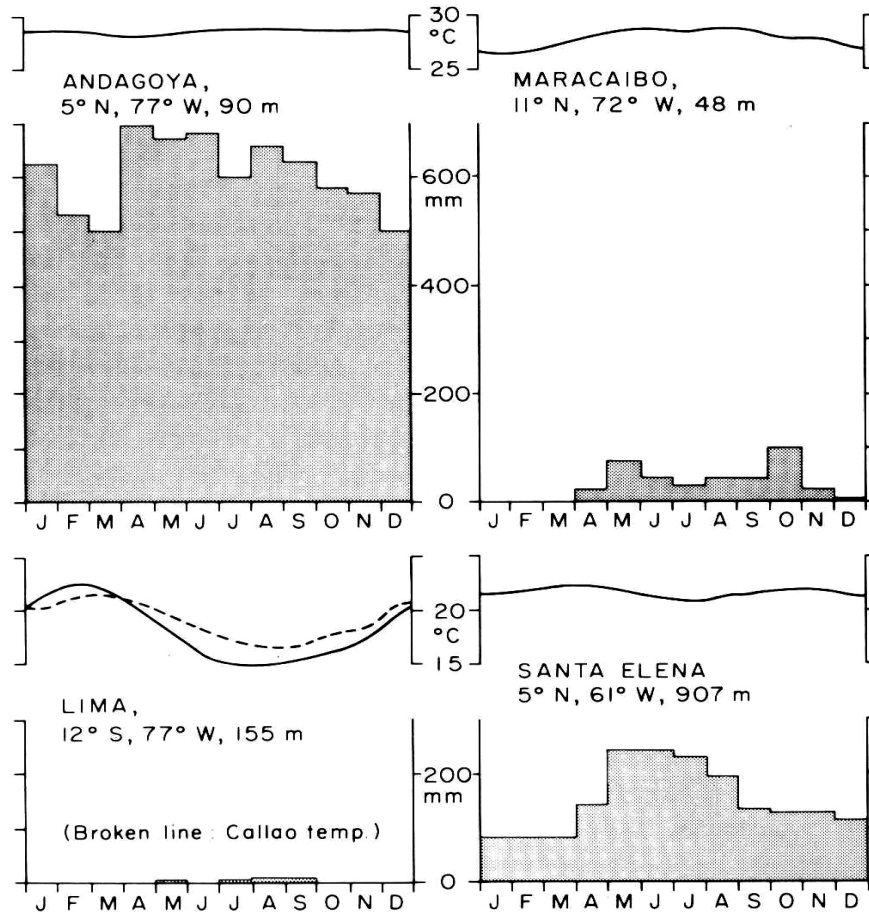
เขตที่ราบสูงบนเทือกเขา สภาพภูมิอากาศมีการแปรเปลี่ยนไปตามระยะสูง บริเวณพื้นที่ทางตอนกลางส่วนใหญ่จะแห้งแล้งเนื่องจากถูกกำบังโดยเทือกเขา และยังได้รับอิทธิพลของ Inversion จากลมค้ายามมหาสมุทรแอตแลนติก

3. เขตร้อนของอเมริกาใต้

พื้นที่เขตร้อนของอเมริกาใต้ส่วนใหญ่อยู่ในทวีปอเมริกาใต้ ครอบคลุมพื้นที่ระหว่างละติจูดที่ 10 องศาเหนือ ถึง 10 องศาใต้ ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่สูงและเทือกเขาแอนดิสที่สูงต่อเนื่องตลอดแนวเหนือ-ใต้ เปรียบเสมือนเป็นกระดูกสันหลังเทือกเขานี้ แบ่งลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกันได้ 3 ภูมิภาค คือ

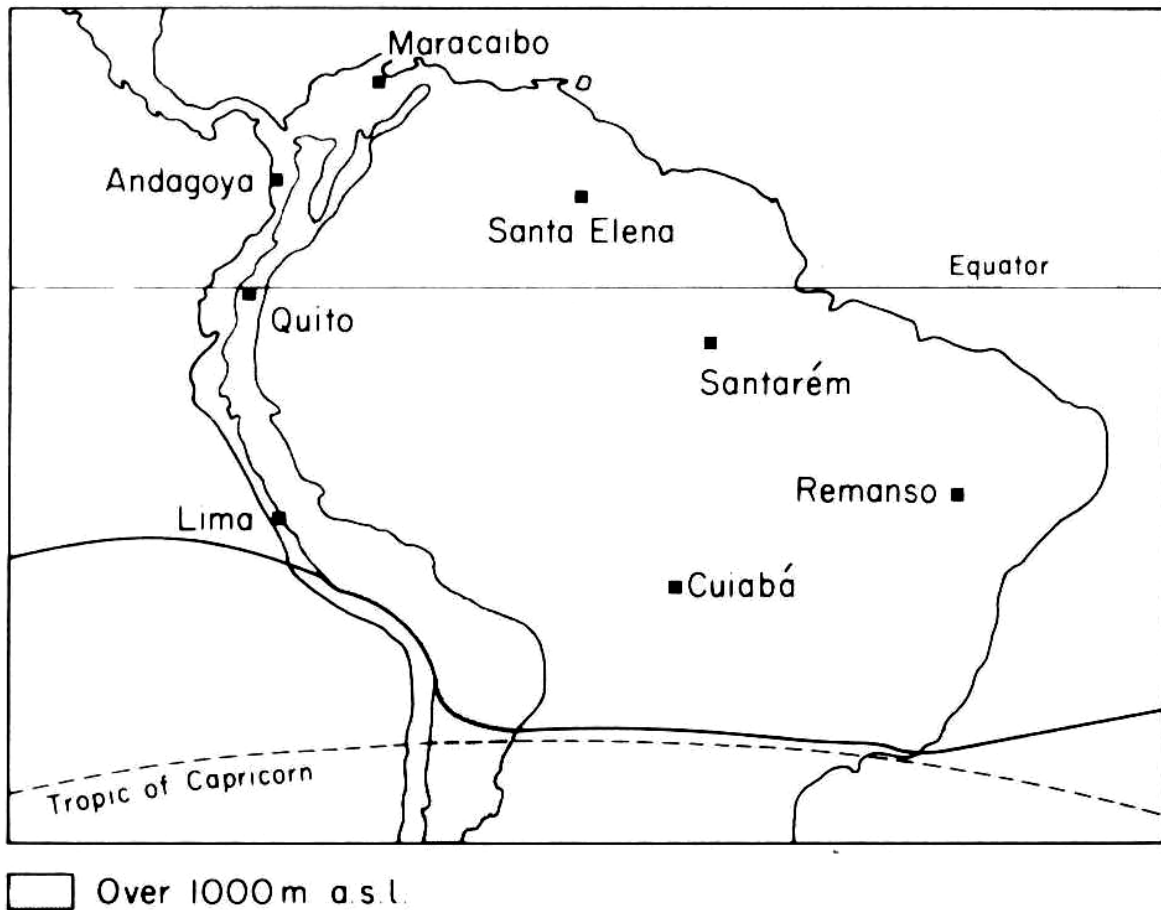
3.1 แนวชายฝั่งที่แคบและยาวทางด้านตะวันตกของเทือกเขา ครอบคลุมตั้งแต่ละติจูดที่ 7 องศาเหนือ ถึง 20 องศาใต้ ภูมิอากาศในเขตนี้ถูกควบคุมโดยตัวการหลักที่สำคัญคือ ร่อง ITCZ และ Subtropical High ที่ปกคลุมอยู่บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกที่อยู่ทางด้านตะวันตก เนื่องจากกระแสน้ำเย็นฮัมโบลต์หรือเปรู ทำให้อุณหภูมิหน้าน้ำในบริเวณนี้ต่ำกว่าปกติ แม้ว่าจะอยู่ในละติจูดที่ใกล้กับศูนย์สูตร ในเขตนี้ร่อง ITCZ แทบจะไม่เคลื่อนลงไปทางซีกโลกใต้ มักจะอยู่ที่ละติจูด 5-8 องศาเหนือเกือบตลอดปี ขณะเดียวกัน Subtropical High จะปกคลุมอยู่ที่ละติจูด 10 และ 25 องศาใต้ จากอิทธิพลดังกล่าวสามารถแยกย่อยภูมิอากาศออกไปได้อีก 3 เขต คือ

3.1.1 เขตชุ่มชื้นอย่างต่อเนื่อง ระหว่างละติจูด 7-2 องศาเหนืออยู่ภายใต้อิทธิพลของ ITCZ ตลอดปี กระแสลมหลักมาจากตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ รวมทั้งกระแสน้ำศูนย์สูตรสวนทางจากด้านตะวันตก ทำให้มวลอากาศที่เข้ามาในเขตร้อนชื้น เกิด Convergence และ Orographic Lifting ทำให้เกิดฝนตกตลอดทั้งปี ปริมาณฝนรวมประมาณ 5,000 มม. ส่วนใหญ่เกิดตามชายฝั่งในเวลากลางคืน



Climatic diagrams for four stations in the northern and western parts of tropical South America

3.1.2 เขต Transihim ระหว่างละติจูด 2 องศาเหนือ ถึง 2 องศาใต้ เขตนี้มีความแตกต่างของปริมาณฝนมาก ชายฝั่งที่ยาวแคบมีช่วงฤดูแล้งที่ยาวนาน แต่พื้นที่ลึกเข้าไปทางตอนในติดกับลาดเขาประมาณ 150-200 กม. จะมีฝนตกตลอดปี เนื่องจากเกิด Orographic Lifting อย่างรุนแรง



Location of stations in tropical South America For which climatic diagrams are given

ข้อสังเกต ในเขตนี้นักๆ 11 ปี จะเกิดระบบการหมุนเวียนกลับ เมื่อลมค้าจากทะเลคาริบเบียนพัดข้าม ปานามา และผลักดันกระแสน้ำอุ่นจากมหาสมุทรตอนบนลงมาทางใต้ ทำให้ร่อง ITCZ เคลื่อนลงมาทางใต้บางครั้ง ลงมาถึงละติจูดที่ 5-7 องศาใต้ ประกอบกับ Subtropical High อ่อนกำลังลง ทำให้เกิดฝนตกตามบริเวณพื้นที่ ชายฝั่งที่เคยแห้งแล้งได้ เรียกสภาวะแบบนี้ว่า El Nino มักจะเกิดช่วงมกราคมหรือกุมภาพันธ์ เมื่อลมค้าจาก มหาสมุทรแอตแลนติกมีกำลังแรง

3.1.3 เขตทะเลทรายตามแนวชายฝั่ง เริ่มต้นจากละติจูดที่ 2-27 องศาใต้ ซึ่งอยู่เกินขอบเขตของ เขตร้อน เขตนี้เป็นเขตที่แห้งแล้งที่สุดแห่งหนึ่งของโลก ซึ่งเกิดจากปัจจัย 2 ประการ คือ

1) Subtropical High กำลังแรงที่ปกคลุมอยู่บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก มวลอากาศจากซีกด้าน ตะวันออกของ Subtropical High นี้มีการทรงตัวดี เนื่องจากเย็นตัวลงด้วยอิทธิพลของกระแสน้ำเย็นเปรูที่อยู่ ด้านล่าง

2) Trade Wind ที่มีกำเนิดจาก Cell ของ Subtropical High จะพัดมาในทิศ SSE แต่เนื่องจาก กำลังของเทือกเขาสูงมาก ทำให้ทิศทางของลมในระดับต่ำหักเหเป็นขนานไปตามชายฝั่ง และการไหลขึ้นมาของ กระแสน้ำเย็นใกล้กับชายฝั่งทำให้อุณหภูมิของน้ำเย็นจัด เกิดความแตกต่างของค่าอุณหภูมิระหว่างผิวน้ำและพื้น แผ่นดิน อันเป็นสาเหตุให้เกิด Divergence และ Subsidence ทำให้มวลอากาศมีการทรงตัวดีเป็นระยะทางไกล เมฆมีโอกาสก่อตัวตามแนวชายฝั่งได้บ้างในช่วงเวลากลางวัน เนื่องจากลมทะเลกำลังแรงและมีโอกาสเกิดฝนแบบ Light Drizzle ได้บ้าง ตามท้องถิ่นเรียกว่า garua ถัดจากแนวเทือกเขาตามชายฝั่งเข้าไปจะแห้งแล้งมาก ฝนแบบ

Drizzle ยังเกิดได้ยากมาก อุณหภูมิในเขตนี้ขึ้นอยู่กับระยะห่างจากทะเล ส่วนใหญ่จะต่ำเกือบตลอดปี แต่ลึกเข้าไปเพียงไม่กี่ไมล์อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงมากขึ้น

3.2 เขตที่สูงบนเทือกเขาแอนดีส เขตนี้ภูมิอากาศขึ้นอยู่กับ Elevation และระยะสูงมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิเป็นอย่างมาก รวมทั้งฝนด้วย ซึ่งโดยทั่วไปมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงระดับประมาณ 1,000-5,000 เมตร และเมื่อสูงขึ้นไปกว่านี้จะมีค่าลดลง ในเขตที่ราบสูงทางตอนในจะมีฝนตกน้อยกว่าแนวเทือกเขาโดยรอบ ซึ่งฝนส่วนใหญ่เกิดจาก Convection และมักตกในตอนบ่าย ส่วนหุบเขาทางตอนล่างฝนมักจะตกในช่วงกลางคืน เนื่องจากแนวพัดสอบของลมภูเขา

เมื่อมีลมฝ่ายตะวันออกพัดเข้ามา ลาดภูเขาด้านตะวันออกจะได้รับปริมาณฝนมากกว่าซีกที่ลาดไปทางตะวันตก

อย่างไรก็ดีลักษณะภูมิอากาศในเขตนี้ เป็นแบบภูเขาในเขตร้อนซึ่งมีพิสัยของอุณหภูมิกว้าง ความแตกต่างของอุณหภูมิในระหว่างพื้นที่ภายใต้แสงอาทิตย์และในร่มเงา โดยทั่วไปแล้ว ท้องฟ้าโปร่ง ลมสงบและเย็นในตอนกลางคืน เวลาเช้าไม่มีเมฆ แต่จะก่อตัวอย่างรวดเร็วในตอนบ่าย ลมแรงในตอนกลางวัน และเย็นลงอย่างรวดเร็วหลังดวงอาทิตย์ตก เทือกเขาแอนดีสได้ชื่อว่าเป็นแหล่งตั้งถิ่นฐานที่สูงที่สุดในโลก

3.3 เขตด้านตะวันออกของเทือกเขาแอนดีส เป็นเขตที่กว้างที่สุด วางตัวอยู่ทางด้านตะวันออกของเทือกเขาแอนดีส ส่วนใหญ่เป็น พื้นราบ มีห่อความกดอากาศต่ำปกคลุมอยู่เหนือแอ่งที่ราบลุ่มอามาซอน มีเขตติดต่อเป็นเทือกเขาสูงปานกลาง โดยทั่วไปมีความสูงต่ำกว่า 1,000 เมตร อยู่ทางทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงใต้ การหมุนเวียนโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับตำแหน่งของ ITCZ ซึ่งมักจะเคลื่อนตัวไปได้ไม่กี่กิโลเมตรต่างจากในเอเชียและแอฟริกา เนื่องจากอยู่ติดกับมหาสมุทรแอตแลนติกซึ่งมักจะอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปไม่เกิน 10 องศาเหนือในเดือนกรกฎาคม ส่วนบริเวณที่เป็นภาคพื้นทวีปนั้นการเคลื่อนตัวของ ITCZ จะกว้างกว่าประมาณ 7-9 องศาเหนือ ในเดือนกรกฎาคมบางครั้งมีโอกาสเคลื่อนขึ้นไปถึงทางใต้ของทะเลคาริเบียน

พื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคพื้นทวีปอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมค้าทิศตะวันออกเฉียงใต้จากมหาสมุทรแอตแลนติก แต่ทางตอนเหนือได้รับลมตะวันออกเฉียงเหนือจากทะเลคาริเบียนซึ่งเมื่อพัดเข้ามาปกคลุมพื้นที่แถบลุ่มน้ำอามาซอนที่กว้างใหญ่มาก จะค่อยๆ เปลี่ยนอุณหภูมิเป็นชุ่มชื้นและ Unstable เพราะได้รับไอน้ำจากพื้นพรรณธรรมชาติที่ขึ้นปกคลุมที่ราบลุ่มอามาซอน นอกจากนั้นการ ร้อนขึ้นจากด้านล่างเป็นตัวทำลายชั้นของ Inversion ที่มากับลมค้าด้วย

ในเขตนี้สามารถแบ่งภูมิอากาศหลักได้ 2 ชนิด คือ

3.3.1 ภูมิอากาศที่ไม่มีฤดูแล้ง (Continuously Wet) ครอบคลุมพื้นที่เขตศูนย์สูตรของที่ราบลุ่มอามาซอน ชายฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือของบราซิล และพื้นที่ส่วนใหญ่ของ Guyanas เขตนี้ มีปริมาณฝนรวมมากกว่า 1,500 มม. ไม่มีฤดูแล้ง แม่น้ำหลายสาย แหล่งขึ้นและ รวมทั้งพืชพรรณธรรมชาติเป็นตัวการที่ผลิตไอน้ำจำนวนมาก นอกจากนั้น Local Convection เป็นตัวทำลายชั้นของ Inversion จากกระแสลมหลักทั้งสองแหล่ง และ Orographic Lifting ตามแนวชายฝั่งและเชิงเขาแอนดีสทำให้เกิดฝนตกเป็นจำนวนมาก

3.3.2 ภูมิอากาศที่มีฤดูแล้งสลับฤดูฝน (Wet and Dry) ครอบคลุมพื้นที่ทางตอนเหนือและใต้ของเขตแรก (Central Zone) ฤดูฝนในเขตนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งตรงศีรษะของดวงอาทิตย์ พื้นที่ทางตอนเหนืออยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม และทางใต้อยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม

อย่างไรก็ดียังมีอีก 3 เขตย่อยที่มีลักษณะภูมิอากาศแตกต่างออกไปจากที่กล่าวมาแล้ว คือ

1. เขตแห้งแล้งตามแนวชายฝั่งทิศเหนือเวเนซุเอลา และเกาะต่างๆ

เขตนี้ได้รับลมฝ่ายตะวันออกจากมหาสมุทรแอตแลนติกเกือบตลอดปี โดยพัดขนานกับชายฝั่ง เกิด Divergence และเป็นผลให้มวลอากาศเกิดการจมตัวและมีการทรงตัวดีจนถึงระดับ 2,000 เมตร ฝนอาจเกิดได้บ้างในช่วงตุลาคมถึงธันวาคม

2. เขตแห้งแล้งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของบราซิล

เขตนี้ลมทิศตะวันตกเฉียงเหนือที่มีความชุ่มชื้นพัดมาไม่ถึง จึงตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมทิศตะวันออกเฉียงใต้ ที่มีคุณสมบัติแห้งและมีการทรงตัวดี ประกอบกับมีภูเขาที่สูงปานกลางกั้นขวางทางลมด้วย ซึ่งเป็นตัวการที่ยับยั้งการเกิดฝนในเขตนี้ มีเพียงฤดูเดียวเท่านั้นที่ฝนจะเกิดได้ประมาณเดือน พฤศจิกายนถึงมีนาคม เมื่อ ITCZ เคลื่อนตัวขึ้นมาถึงทางใต้ของเขตนี้

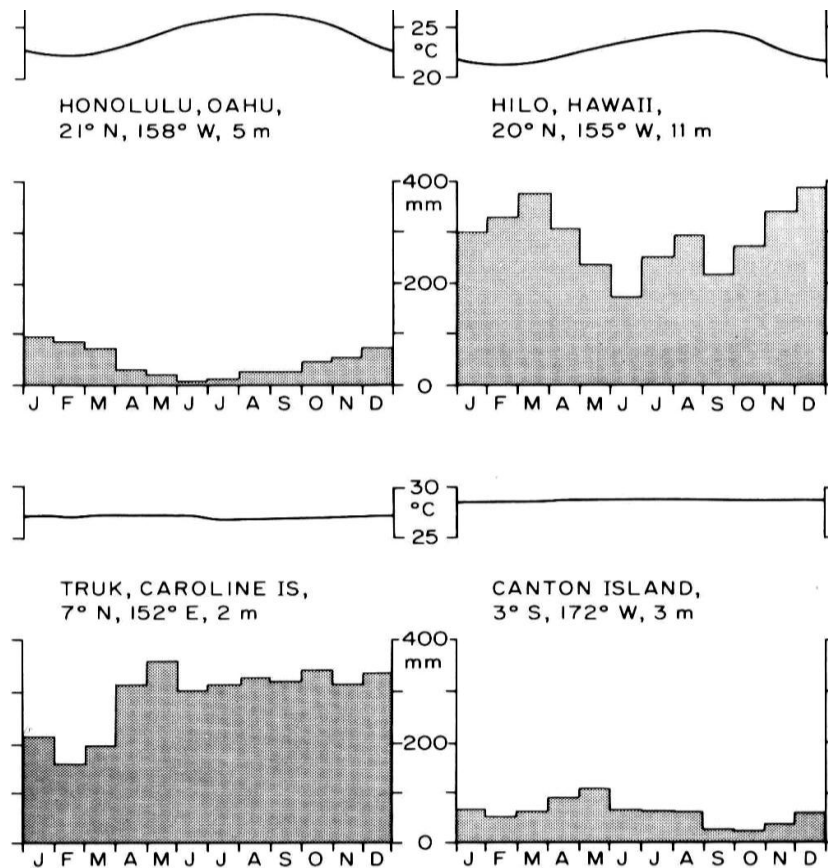
3. เขตชายฝั่งที่ยาวและแคบ ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ละติจูดที่ 13-23 องศาใต้ เป็นเขตที่มีฝนตกตลอดปี เนื่องจาก Orographic Lifting จากกระแสลมค้าตะวันออกเฉียงใต้

น่านน้ำเขตร้อน

(The Tropical Oceans)

พื้นที่กว้างขวางที่สุดที่ปกคลุมเขตร้อนคือน่านน้ำ ซึ่งได้แก่มหาสมุทรแปซิฟิก, มหาสมุทรอินเดีย และมหาสมุทรแอตแลนติก แต่เป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศน้อยกว่าเขตภาคพื้นทวีป ไม่ว่าจะเป็นสถานที่ต่อสถานที่ หรือเวลาต่อเวลา เนื่องจากมีสภาวะผิวพื้นที่เป็นเนื้อเดียวกันจึงทำให้ลดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแม้ว่าจะเป็นระยะทางไกลๆ

การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศตามเกาะต่างๆ เป็นเพียงการเปลี่ยนแปลงประจำถิ่นมากกว่าการเปลี่ยนแปลงระดับใหญ่ (Macroclimate) เช่น Orographic Lifting ลมบกลมทะเลตามชายฝั่งและ Convection ซึ่งมีผลต่อภูมิอากาศเพียงแคเกาะเล็กๆ เท่านั้นเช่น Honolulu (21 องศาเหนือ, 158 องศาตะวันตก) และ Hilo (20 องศาเหนือ, 155 องศาตะวันตก) ในหมู่เกาะฮาวาย ซึ่งอยู่ห่างกันประมาณ 330 กิโลเมตร มีปริมาณน้ำฝนแตกต่างกันมากทั้งๆ ที่อุณหภูมิต่างกัน 2 องศาเซลเซียส ความแตกต่างนี้เนื่องมาจากลักษณะที่ตั้งของตัวเมือง Hilo ซึ่งอยู่ชายฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือของฮาวาย ได้รับอิทธิพลจากลมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดปกคลุมย่านนี้ตลอดปี ส่วน Honolulu อยู่ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของ Oahu ซึ่งเป็นด้านหลังลม (Leeward Side)



Climatic diagrams for four stations in the tropical Pacific Ocean

เกาะเล็กๆ ที่มีปริมาณน้ำฝนแตกต่างกันมากในมหาสมุทรแปซิฟิกอีกตัวอย่างได้แก่ เกาะ Truk (7 องศาเหนือ, 152 องศาตะวันออก) และเกาะ Canton (3 องศาใต้, 172 องศาตะวันตก) เกาะทั้งสองอยู่ห่างกันถึง 4,500 กิโลเมตร สาเหตุที่ทำให้ปริมาณฝนแตกต่างกันมากเพราะพื้นที่บางส่วนของมหาสมุทรเขตร้อนจะแห้งแล้งมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านตะวันออกของมหาสมุทร ส่วนทางด้านตะวันตกมักจะชุ่มชื้นกว่าโดยเฉพาะพื้นที่ใกล้ๆ กับศูนย์สูตรจะมีฝนมากที่สุดเนื่องจากระบบหมุนเวียนทั่วไปของบรรยากาศในเขตร้อน

อย่างไรก็ตามปริมาณฝนในมหาสมุทรอินเดียเป็นผลเนื่องจากการมรสุมในเอเชีย ส่วนพื้นที่ด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกและแอตแลนติกมีความแตกต่างในด้านเขตความชุ่มชื้น (Humid Zone) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในซีกโลกเหนือ ความแตกต่างนี้มีสาเหตุมาจากขนาดและรูปร่างของมหาสมุทรที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งมีผลอย่างรุนแรงต่อกระแสน้ำซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับอุณหภูมิผิวน้ำ มรสุมเอเชียตะวันออกได้รับอิทธิพลจากปัจจัยนี้ด้วย ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้เป็นตัวนำที่จะเพิ่มความรุนแรง และความหนาของลมค้าที่พัดปกคลุมมหาสมุทรแปซิฟิกตอนเหนือมากกว่าในมหาสมุทรแปซิฟิกตอนเหนือ เขตแห้งแล้งเหนือมหาสมุทรน้ำฝนมักจะเปลี่ยนแปลงตามรูปร่างและความรุนแรง โดยทั่วไปแล้วมักจะปรากฏในซีกโลกใต้ ซึ่งมีกระแสน้ำเย็นไหลผ่านและอุณหภูมิของน้ำจะต่ำกว่าละติจูดเดียวกันในซีกโลกเหนือ

อุณหภูมิผิวน้ำมีความแตกต่างตามฤดูกาลน้อย อุณหภูมิผิวน้ำได้รับผลกระทบจากกระแสน้ำซึ่งมักจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าในซีกมหาสมุทรด้านตะวันออก

ภูมิอากาศเขตอบอุ่น

บทที่ 1

มวลอากาศ (Air Mass)

1. นิยาม

มวลอากาศหมายถึงอากาศที่ปกคลุมพื้นที่เป็นอาณาบริเวณกว้างใหญ่ไพศาลนับเป็นพันๆ ตารางไมล์ มีคุณสมบัติทางกายภาพของอุณหภูมิและความชื้นในทางระดับคล้ายคลึงกันตลอดมวลอากาศนั้น คุณสมบัตินี้ถูกควบคุมโดยพื้นผิวภูมิประเทศที่มวลอากาศนั้นปกคลุมอยู่ เช่น ภูเขา, หุบเขา, ที่ราบหรือพื้นน้ำซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดเก็บ และคายความร้อนแตกต่างกัน มวลอากาศมีการเคลื่อนตัวจากแหล่งกำเนิดไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่าเสมอ พร้อมกับเปลี่ยนคุณสมบัติไปอย่างช้าๆ ขณะที่เคลื่อนตัวไปปกคลุมยังพื้นผิวแห่งใหม่

2. แหล่งกำเนิดของมวลอากาศ (Source Region)

บริเวณหรือภูมิภาคที่ถูกปกคลุมด้วยมวลอากาศที่มีคุณสมบัติของอุณหภูมิและความชื้นเหมือนกันตลอดทั้งมวลนั้นเราเรียกว่า "แหล่งกำเนิดของมวลอากาศ" แหล่งกำเนิดที่เหมาะสมจะต้องมีพื้นผิวที่มีลักษณะเป็นแบบเดียวกัน คือเป็นพื้นดินทั้งหมดหรือเป็นพื้นน้ำทั้งหมด อากาศควรจะค่อนข้างนิ่งไม่ค่อยมีการเคลื่อนไหวเพื่อก่อให้เกิดระบบความกดอากาศสูง เช่น บริเวณความกดอากาศสูงใกล้โซนร้อน (Subtropical Highs) บริเวณความกดอากาศสูงฝ่ายทวีปแถบขั้วโลก (Polar Continental Highs) ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของมวลอากาศที่สำคัญ คือ มวลอากาศเขตร้อน และมวลอากาศขั้วโลก

3. การจำแนกมวลอากาศ (Classification of Air Masses)

โดยทั่วไปแล้วจำแนกโดยใช้แหล่งกำเนิดของมวลอากาศนั้นเป็นพื้นฐาน แต่เมื่อใช้กับ พื้นผิวโลกที่กว้างใหญ่ไพศาล เราไม่สามารถจะใช้ไปได้นานๆ เพราะคุณสมบัติของมวลอากาศนั้นจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมวลอากาศเคลื่อนที่ไปบนพื้นที่ที่ต่างกัน ดังนั้นแหล่งกำเนิดจึงเป็นเพียงประวัติความเป็นมาในอดีตของมวลอากาศเท่านั้น

อย่างไรก็ดีนักอุตุนิยมวิทยาได้จำแนกมวลอากาศต่างๆ ไปโดยอาศัยปัจจัยต่อไปนี้เป็นหลักเกณฑ์ประกอบ

3.1 แบ่งตามละติจูดของแหล่งกำเนิด (ทางภูมิศาสตร์) มวลอากาศที่ปกคลุมพื้นที่เหล่านี้จะมีอุณหภูมิคล้ายคลึงกัน ได้แก่ :-

3.1.1 มวลอากาศแถบอาร์คติก (Arctic Air Mass : A) เป็นมวลอากาศที่มีอุณหภูมิหนาวจัด

3.1.2 มวลอากาศขั้วโลก (Polar Air Mass : P) เป็นมวลอากาศที่มีอุณหภูมิหนาวถึงเย็น

3.1.3 มวลอากาศเขตร้อน (Tropical Air Mass : T) เป็นมวลอากาศที่มีอุณหภูมิอุ่นถึงร้อน

3.1.4 มวลอากาศเขตศูนย์สูตร (Equatorial Air Mass : E) เป็นมวลอากาศที่มีอุณหภูมิร้อน

3.2 แบ่งตามความชื้นของแหล่งกำเนิดนั้นๆ มวลอากาศที่ปกคลุมพื้นภูมิประเทศต่างกันจะมีความชื้นต่างกัน

3.2.1 มวลอากาศฝ่ายมหาสมุทร (Maritime Air Mass : m) เป็นมวลอากาศที่มีแหล่งกำเนิดเหนือมหาสมุทร ซึ่งจะมีความชื้นสูง

3.2.2 มวลอากาศฝ่ายทวีป (Continental Air Mass : c) เป็นมวลอากาศที่ก่อตัวอยู่บนทวีปหรือพื้นดิน จะมีคุณสมบัติค่อนข้างแห้ง

3.3 แบ่งตามหลักเทอร์โมไดนามิกส์

เป็นการแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนระหว่างมวลอากาศนั้นกับผิวพื้นที่เคลื่อนที่ผ่าน ดังได้อธิบายรายละเอียดในเรื่องการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของมวลอากาศโดยอุณหภูมิ

3.3.1 มวลอากาศเย็นกว่าผิวพื้นที่เคลื่อนที่ผ่านไป (Cold) กำหนดให้เป็น k

3.3.2 มวลอากาศร้อนกว่าผิวพื้นที่เคลื่อนที่ผ่านไป (Warm) กำหนดให้เป็น w

เนื่องจากมวลอากาศแบบ A นั้นเกิดขึ้นจากบริเวณที่เป็นหิมะและน้ำแข็งตลอด ดังนั้นจึงไม่แบ่งว่าเป็นประเภทมาจากน้ำหรือบนพื้นดิน ทำนองเดียวกันกับมวลอากาศแบบ E นั้นเกิดแถบศูนย์สูตร ซึ่งเป็นพื้นน้ำเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นมวลอากาศจึงสามารถจำแนกออกไปได้อีกคือ

A	=	มวลอากาศแถบอาร์คติก (Arctic Air Mass)
mP	=	มวลอากาศแถบขั้วโลกฝ่ายมหาสมุทร (Maritime Polar Air Mass)
cP	=	มวลอากาศแถบขั้วโลกฝ่ายทวีป (Continental Polar Air Mass)
mT	=	มวลอากาศเขตร้อนฝ่ายมหาสมุทร (Maritime Tropical Air Mass)
cT	=	มวลอากาศเขตร้อนฝ่ายทวีป (Continental Tropical Air Mass)
E	=	มวลอากาศแถบศูนย์สูตร (Equatorial Air Mass)

เมื่อมวลอากาศเหล่านี้เคลื่อนที่ไปยังผิวพื้นที่แตกต่างกันจะได้มวลอากาศที่มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

mTk	mTw
cTk	cTw
mPk	mPw
cPk	cPw

ตัวอย่างเช่น mPk หมายถึงมวลอากาศฝ่ายมหาสมุทรแถบขั้วโลกที่เย็นกว่าผิวพื้นที่มวลอากาศเคลื่อนที่ผ่านไป อาจเคลื่อนไปทางศูนย์สูตรหรือเคลื่อนไปบนผิวพื้นที่ร้อนกว่าก็ได้ แต่ในทางตรงข้าม ถ้ามวลอากาศจากแหล่งเดียวกันนี้เคลื่อนไปทางขั้วโลก ซึ่งเป็นผิวพื้นที่เย็นกว่า มวลอากาศนั้นก็จะเป็นอุ่นกว่าผิวพื้นที่อยู่ข้างล่าง เราจึงต้องเติม w ไปไว้ข้างหลัง เป็น mPw

ขอให้สังเกตว่าสัญลักษณ์ k และ w นั้นไม่ได้หมายถึงอุณหภูมิของมวลอากาศจริงๆ แต่เป็นอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างมวลอากาศนั้นๆ กับผิวพื้นที่รองรับ มวลอากาศเย็นอาจใช้ w ก็ได้ ถ้าอุณหภูมิของมวลอากาศดังกล่าวยังสูงกว่าผิวพื้นที่ข้างล่างที่เย็นกว่าขณะที่มวลอากาศนั้นเคลื่อนที่ผ่าน โดยทั่วไปแล้วคุณสมบัติของมวลอากาศจะเปลี่ยนไปอย่างช้าๆ เช่นมวลอากาศขั้วโลกแผ่ลงมาในเขตร้อนแล้วปกคลุมอยู่บริเวณนั้น มวลอากาศดังกล่าวต้องค่อยๆ เปลี่ยนเป็นร้อนขึ้นอย่างช้าๆ ก่อนที่จะกลายเป็นมวลอากาศเขตร้อน

4. แหล่งกำเนิดและคุณสมบัติของมวลอากาศ

4.1 แหล่งกำเนิดมวลอากาศแถบอาร์คติก (Arctic Air Mass : A)

มีลักษณะอากาศแห้งอยู่เบื้องบน อากาศเย็น และมีการทรงตัวดีในระดับต่ำๆ เนื่องจากปกคลุมด้วยหิมะ, น้ำแข็ง และบริเวณความกดอากาศสูง ลมพัดอ่อน ดวงอาทิตย์ขึ้นชันพื้นขอบฟ้าเป็นบางวันและลับขอบฟ้าเป็นส่วนใหญ่ในฤดูหนาว มวลอากาศจึงมีโอกาสสัมผัสกับผิวพื้นที่อยู่เบื้องล่างเป็นเวลานาน ส่วนในฤดูร้อนนั้น อุณหภูมิที่ผิวพื้นยังคงต่ำอยู่ และพื้นที่ที่ถูกล้อมรอบด้วยอากาศอุ่น โดยเฉพาะบริเวณที่รอบข้างเป็นภาคพื้นทวีป ดังนั้นมวลอากาศส่วนใหญ่จึงถูกขังอยู่ ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงทำให้เกิดหมอก และเมฆแผ่นปกคลุมอยู่ทั่วไป

4.2 แหล่งกำเนิดมวลอากาศฝ่ายทวีปแถบขั้วโลก (Continental Polar Air Mass : cP)

โดยทั่วไปแถบนี้พื้นดินปกคลุมด้วยหิมะและน้ำแข็ง มีบริเวณความกดอากาศสูงที่มาจากขั้วโลกเคลื่อนตัวมาปกคลุม อากาศมีการทรงตัวดีมีความชื้นน้อย เนื่องจากบริเวณนี้มีพื้นน้ำเป็นส่วนน้อยบริเวณที่เกิดมวลอากาศแบบนี้ ได้แก่ ไซบีเรีย (Siberian High) ปกคลุมอยู่แถบยูเรเชีย, ในอเมริกาเหนือแถบอลาสก้า และแคนาดา ตะวันตกถึงด้านตะวันออกของเทือกเขาร็อกกี (Canadian High) ซึ่งเป็นมวลอากาศที่มีขนาดเล็กกว่าบริเวณไซบีเรีย ส่วนในซีกโลกใต้นั้นมวลอากาศชนิดนี้ไม่ค่อยมีความสำคัญ เพราะพื้นที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยพื้นน้ำ

4.3 แหล่งกำเนิดของมวลอากาศฝ่ายมหาสมุทรแถบขั้วโลก (Maritime Polar Air Mass : mP)

ได้แก่บริเวณทะเลเปิด และไม่มีน้ำแข็งแถบละติจูด 60 องศาเหนือและใต้ บางครั้งมวลอากาศแถบอาร์กติก และมวลอากาศฝ่ายทวีปแถบขั้วโลกซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและมีความชื้นน้อย เคลื่อนตัวผ่านกระแสน้ำเย็นมายังน่านน้ำในบริเวณนี้ซึ่งอุ่นกว่า มวลอากาศจึงเปลี่ยนคุณสมบัติอย่างรวดเร็ว เป็นการนำเอาความร้อนและความชื้นขึ้นไปได้ถึงระดับสูงๆ ซึ่งบริเวณดังกล่าวนี้ เป็นบริเวณที่มีพายุเกิดขึ้นบ่อยได้

4.4 แหล่งกำเนิดของมวลอากาศฝ่ายทวีปเขตร้อน (Continental Tropical Air Masses : cT)

ครอบคลุมพื้นที่บริเวณละติจูด 25 องศาเหนือและใต้ เช่นทวีปแอฟริกาตอนเหนือ ด้านตะวันตกของออสเตรเลีย ตอนกลางของอเมริกาใต้ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นแผ่นดินแห้งแล้งมาก กระแสลมมีกำลังอ่อน ปกคลุมด้วยระบบการหมุนเวียนแบบ Anticyclone อากาศจึงจมลงในระดับข้างบน อากาศค่อนข้างแห้งโดยตลอดจนถึงระดับสูงๆ ฝนไม่ค่อยตก มวลอากาศนี้มักจะมาจากทะเลทราย เช่น มาจากทะเลทราย ซาฮารา (Sahara), การาฮารี (Karahari) ในทวีปแอฟริกา ทะเลทรายอาราเบียน (Arabian) ในประเทศอียิปต์ เป็นมวลอากาศที่แห้งและร้อน

4.5 แหล่งกำเนิดของมวลอากาศฝ่ายมหาสมุทรเขตร้อน (Maritime Tropical Air Masses : mT)

เกิดจาก มหาสมุทรในเขตร้อนปกคลุมด้วยบริเวณความกดอากาศสูงใกล้เขตร้อน (Subtropical High) ตลอดเวลา โดยที่ด้านตะวันออกของบริเวณความกดอากาศสูงนี้มีลักษณะของการจมตัวอย่างสม่ำเสมอ จากการจมตัวลง ณ ระดับที่มีชั้นอุณหภูมิกลับประมาณ 1,500-3,000 ฟุต เช่น เหนือผิวพื้นด้านตะวันตกของแอฟริกาเหนือ, ด้านตะวันตกของรัฐแคลิฟอร์เนีย และความชื้นสัมพัทธ์บริเวณย่านนี้จะต่ำมาก ประมาณ 20-30% เท่านั้น

ส่วนด้านตะวันตกของบริเวณความกดอากาศสูงใกล้เขตร้อนนี้ โดยเฉลี่ยจะมีการลอยตัวขึ้นเพียงเล็กน้อย มีอัตราการลดอุณหภูมิตามส่วนสูงค่อนข้างชันมาก และการเคลื่อนตัวของอากาศในทางตั้งมีมาก ยังผลให้ความชื้นที่ได้รับจากมหาสมุทรถูกดูดซึมขึ้นไปในระดับสูงได้

มวลอากาศชนิดนี้มักจะเกิดขึ้นตลอดทั้งปีตามละติจูดต่างๆ มีอุณหภูมิสูงและปริมาณความชื้นทางด้านตะวันตกจะมากกว่าด้านตะวันออก

ขณะที่มวลอากาศชนิดนี้เคลื่อนตัวผ่านพื้นดินที่มีอุณหภูมิสูงกว่า จะทำให้เกิดกระแสอากาศไหลขึ้น ในทางตั้งเป็นผลทำให้เกิดเมฆก่อนในตอนบ่ายๆ และถ้าหากในระดับที่มีความชื้นสูงมากๆ จะทำให้เกิดเมฆ CB แต่ในเวลากลางคืนพื้นดินเย็นลงทำให้อากาศเหนือพื้นดินนั้นเย็นลงตามไปด้วย จะเกิดหมอกหรือเมฆ ST ในตอนเช้ามืดแล้วจะสลายตัวไปเมื่อได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์

4.6 แหล่งกำเนิดของมวลอากาศแถบศูนย์สูตร (Equatorial Air Masses : E)

อยู่ถัดจากบริเวณความกดอากาศสูงใกล้เขตร้อนไปทางเส้นศูนย์สูตร ได้แก่พื้นที่บริเวณ ละติจูด 10 องศาเหนือและใต้ ลมค้าตะวันออกเฉียงเหนือไปพบกับลมค้าตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณที่กระแสลมพัดสอเข้าหากันนี้ มี

การลอยตัวขึ้นต่างๆ ไป อัตราการลดอุณหภูมิตามส่วนสูงค่อนข้างชัน การพาความร้อนและความชื้นขึ้นไปในระดับสูงๆ มีมากทำให้เกิดกระแสอากาศไหลขึ้นทางตั้ง, พายุฟ้าคะนอง และฝนตกหนักมักเกิดขึ้นเป็นประจำ

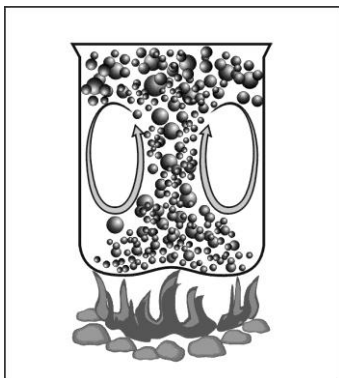
5. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของมวลอากาศ

เมื่อมวลอากาศเคลื่อนออกจากแหล่งกำเนิด อันเนื่องมาจากระบบการหมุนเวียนทั่วไป มวลอากาศจะเริ่มเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือคุณสมบัติไม่เพียงแต่อุณหภูมิและความชื้นเท่านั้น แต่จะทำให้การทรงตัวของอากาศในทางดิ่งเปลี่ยนแปลงด้วย ปัจจัยหรือขบวนการที่มีอิทธิพลทำให้มวลอากาศเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติมีดังนี้

5.1 อุณหภูมิ (Temperature)

การเปลี่ยนแปลงตามขบวนการเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamics) นั้นขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของมวลอากาศ กับอุณหภูมิของผิวพื้นที่รองรับ

5.1.1 การร้อนขึ้นจากเบื้องล่าง ถ้ามวลอากาศเคลื่อนไปปกคลุมผิวพื้นที่ร้อนกว่า อากาศใกล้ผิวพื้นถูกทำให้ร้อนขึ้น พลังงานความร้อนจะไหลจากพื้นดินขึ้นไปสู่อากาศ กระแสอากาศที่ไหลขึ้นในทางตั้งจะพัดพาเอาความร้อนไปยังระดับที่สูงขึ้น ผลที่ได้รับคือมวลอากาศจะค่อยๆ เปลี่ยนสถานะเป็นมีการทรงตัวไม่ดีในทางตั้ง (Unstable) ตัวอย่างเช่น การต้มน้ำบนเตาไฟ ในรูป 8.1 น้ำจะค่อยๆ เสียการทรงตัวและเริ่มเดือด การบินในสภาพอากาศแบบนี้จะตกหลุมอากาศ (Bumpy) อันเนื่องมาจากความร้อนหรือกระแสอากาศไหลขึ้นในทางตั้งจากพื้นดิน ดังนั้นเครื่องบินควรจะบินเหนือระดับของการร้อนขึ้นจากพื้นดิน



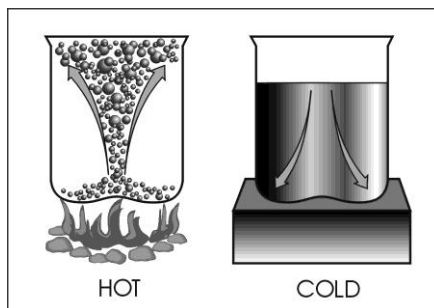
ในช่วงที่เป็นฤดูร้อน น้ำจากมหาสมุทรจะเก็บพลังงานความร้อนได้อย่างมหาศาล อุณหภูมิของน้ำ จะเปลี่ยนช้ากว่าอุณหภูมิของผิวดินมาก ดังนั้นในฤดูหนาวการลดอุณหภูมิเหนือผิวน้ำจะน้อยกว่าพื้นดินที่อยู่ใกล้ๆ กันนั้นมาก จึงทำให้ผิวน้ำร้อนกว่าพื้นดิน

สรุป มวลอากาศแบบนี้เย็นกว่าผิวพื้นด้านล่าง เรียกว่า Cold Air Mass (k)

- อากาศจะถูกทำให้ร้อนขึ้นจากเบื้องล่าง เกิดกระแสอากาศไหลขึ้นในทางตั้ง
- กระแสอากาศปั่นป่วนสูงถึง 10,000 ฟุต
- การทรงตัวไม่ดีในระดับต่ำ
- ลักษณะอากาศ มีเมฆก้อนและเมฆ CB, ฝนชุก (Rain Shower), พายุฟ้าคะนอง และลูกเห็บ
- ทิศนวิสัยดียกเว้นในฝน, พายุฝนฟ้าคะนอง, พายุหิมะ หรือพายุทราย

5.1.2 การเย็นลงจากเบื้องล่าง ถ้ามวลอากาศเคลื่อนไปปกคลุมพื้นผิวที่เย็นกว่ามวลอากาศนั้น พลังงานความร้อนจะถ่ายเทจากอากาศลงสู่พื้นดิน มวลอากาศใกล้ๆ กับผิวพื้นถูกทำให้เย็นลง ดังนั้นมวลอากาศในระดับต่ำๆ จึงมีคุณสมบัติหนาแน่นมากกว่าอากาศเบื้องบน เป็นการลดการลอยตัวขึ้นของอากาศ ในขณะเดียวกันอากาศจะมีการจมตัวลงมาด้วย เป็นการทำให้มวลอากาศทรงตัวดีขึ้น (Stable) เมื่ออากาศจมตัวลง

แล้วยังแผ่กระจายออกทางด้านข้างด้วยเป็นผลจากน้ำหนักของอากาศนั้น (Subsidence) ดังตัวอย่างที่กลับกันกับการต้มน้ำ รูป 8-2 เปรียบเทียบที่ใส่น้ำที่เดือดมาวางลงบนก้อนน้ำแข็ง ขณะที่น้ำถูกทำให้เย็นลงจากเบื้องล่างมันจะหยุดเดือด (การไหลขึ้น) และเริ่มมีการทรงตัวดีขึ้น (ดังรูป) การทำให้เย็นลงจากข้างล่างนี้มีผลทำให้อากาศที่อยู่ติดกับผิวพื้นเย็นลง ในที่สุดอากาศที่อยู่ใกล้ผิวพื้นโลกอาจ เย็นลงต่ำกว่าจุดน้ำค้าง กรณีเช่นนี้จะเกิดเป็นหมอกหรืออาจเกิดฝนละอองได้ อากาศที่อยู่เหนือชั้นอุณหภูมิกลับ (Inversion Temperature) ส่วนใหญ่จะไม่มีผลกระทบ เพียงแต่จะเย็นลงอย่างช้าๆ ด้วยการแผ่รังสีออกเท่านั้น



สรุป มวลอากาศแบบนี้ร้อนกว่าผิวพื้นด้านล่าง เรียกว่า Warm Air Mass (w)

- อากาศจะถูกทำให้เย็นลงจากเบื้องล่าง
- อากาศเรียบเหนือระดับแรงเสียดทาน
- มีการทรงตัวในระดับต่ำ
- ลักษณะอากาศ มีเมฆแผ่น หมอกและฝนละออง
- ทิศนวิสัย เลว โดยเฉพาะย่านอุตสาหกรรมการ และเขตชุมชน เนื่องจากเขม่าควันในระดับต่ำกว่า 1,000 ฟุต ลงมา

5.2 ความชื้น (Moisture)

การเปลี่ยนแปลงจำนวนและอัตราความชื้นขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิของมวลอากาศและอุณหภูมิของผิวพื้นที่รองรับ

5.2.1 การเพิ่มความชื้น การเพิ่มความชื้นให้กับมวลอากาศในระดับต่างๆ นี้ได้มาจาก

5.2.1.1 การระเหยจากผิวพื้นต่างๆ เช่น มหาสมุทรซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของความชื้นที่สำคัญที่สุด, ทะเลสาบ, พื้นดินที่ชื้นแฉะหรือถูกปกคลุมด้วย หิมะและน้ำแข็ง

5.2.1.2 เมื่ออากาศเสียการทรง (Decrease Stability) ทำให้อากาศมีความหนาแน่นน้อยลง อากาศขึ้นจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าและเบากว่าอากาศแห้ง (รายละเอียดในบทที่ 2 เรื่อง Moisture)

5.2.2 การลดปริมาณความชื้น การลดจำนวนความชื้นออกจากมวลอากาศในระดับต่างๆ ได้มาโดย

5.2.2.1 การกลั่นตัวและการเกิดน้ำฟ้า

5.2.2.2 เมื่ออากาศมีการทรงตัวดีขึ้น (Increase Stability) ทำให้อากาศมีความหนาแน่นมากขึ้น และมีความชื้นน้อยลง

5.2.3 ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของมวลอากาศ

5.2.3.1 การที่มวลอากาศจากทวีปเคลื่อนไปปกคลุมเหนือมหาสมุทรใช้เวลาประมาณ 48 ชม. ในการเปลี่ยนคุณสมบัติเป็นมวลอากาศฝ่ายมหาสมุทร

5.2.3.2 การที่มวลอากาศฝ่ายมหาสมุทรเคลื่อนไปปกคลุมบนพื้นทวีป จะใช้เวลาในการเปลี่ยนคุณสมบัติ เป็นมวลอากาศฝ่ายทวีป ประมาณ 5-7 วัน

5.3 ลักษณะภูมิประเทศ (Topography)

การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของภูมิประเทศ มีผลต่อการเปลี่ยนคุณสมบัติของมวลอากาศ เช่น

5.3.1 ภูเขา การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ ของมวลอากาศจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่าง ทิศทางการวางตัวและความสูงของแนวเทือกเขากับทิศทางการเคลื่อนตัวเข้ามาของมวลอากาศ

5.3.1.1 ด้านหน้าภูเขา (Windward Side)

ก. ความชื้นในอากาศจะถูกลดจำนวนลง เนื่องจากเกิดน้ำฟ้า เช่น มวลอากาศที่มีความชื้นมากเมื่อเคลื่อนตัวขึ้นตามลาดเขาด้านหน้า ความชื้นในมวลอากาศนั้นจะลดลง เมื่อเกิดการกลั่นตัวเป็นน้ำฟ้า

ข. การทรงตัวของอากาศไม่ดี (Unstable) เนื่องจากการยกตัวตามลาดเขา (Orographic Lifting) แม้ว่าความชื้นจะลดลงระหว่างที่เกิดการกลั่นตัว ความร้อนถูกปล่อยออกมาด้วย เช่น ความร้อนแฝงเนื่องจากการกลั่นตัว การยกขึ้นนี้เป็นผลเนื่องมาจากอากาศถูกทำให้ร้อนจากเบื้องล่างด้วย

5.3.1.2 ด้านหลังภูเขา (Leeward Side)

ก. อากาศจะร้อนกว่า, แห้งกว่า ด้านหน้าภูเขา ความชื้นสูญเสียไปตั้งแต่ด้านหน้าภูเขาแล้ว เมื่ออากาศเคลื่อนตัวมาถึงด้านหลังภูเขาจะร้อนขึ้นด้วยขบวนการอะเดียเบติก และปฏิกิริยาจากการอัดตัวของอากาศ (Compression)

ข. การทรงตัวของอากาศจะดีขึ้นเนื่องจากการจมตัวลง ในกรณีนี้ มวลอากาศเคลื่อนตัวขนานกับเทือกเขาจะสูญเสียคุณสมบัติไปบ้างเล็กน้อยเท่านั้น

5.3.2 ทะเลสาบ หรือมหาสมุทร (ที่ไม่แข็งตัว) ผลของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติโดยทั่วไปแล้วสามารถตรวจสอบได้จากด้านหลังลมของทะเลสาบนั้นๆ

5.3.2.1 เมื่อไซโคลน เคลื่อนตัวข้ามทะเลสาบ ยังผลให้มีการรวมตัวของกระแสอากาศ และเกิดการก่อตัวของเมฆในแนวตั้งอย่างรุนแรง

5.3.2.2 เมฆที่เกิดขึ้นจะหนาประมาณ 5,000-6,000 ฟุต ซึ่งจะทำให้เกิดฝนหรือหิมะตกได้บริเวณทะเลสาบ หรือชายฝั่งใกล้เคียง

5.3.2.3 เมฆ SC จะปกคลุมอยู่เป็นแนวยาวหลายร้อยไมล์ทางท้ายลม (Downwind)

5.3.3 มหาสมุทร การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติจะเกิดมากที่สุดเมื่อมวลอากาศเคลื่อนตัวไปปกคลุมเหนือมหาสมุทร

5.3.3.1 การเคลื่อนตัวของมวลอากาศฝ่ายทวีปแถบขั้วโลก (cP) ไปยังน่านน้ำแถบขั้วโลก ความชื้นและอุณหภูมิจะเปลี่ยนไปอย่างมาก

ในฤดูหนาว

พื้นดินจะเย็นกว่าน่านน้ำในมหาสมุทร ดังนั้นอากาศจากพื้นดินจะถูกทำให้ร้อนขึ้นจากเบื้องล่าง ขณะที่มันเคลื่อนตัวมาปกคลุมเหนือน่านน้ำ ทำให้มวลอากาศนั้นไม่มีการทรงตัวในระดับต่ำๆ ความชื้นเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการไหลขึ้นของอากาศในทางตั้ง

ในฤดูร้อน

พื้นดินจะร้อนกว่าน้ำในมหาสมุทร ดังนั้นมวลอากาศฝ่ายทวีปแถบขั้วโลกจะถูกทำให้เย็นลงจากเบื้องล่าง ทำให้อากาศมีการทรุดตัวดีในระดับต่ำ

5.3.3.2 การเคลื่อนตัวของมวลอากาศฝ่ายมหาสมุทรเขตร้อน (mT) ไปยังน่านน้ำแถบขั้วโลก

ก. การเปลี่ยนแปลงความชื้นจะมีไม่มากนัก เพราะเป็นน่านน้ำเหมือนกัน

ข. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินั้นสำคัญมาก มวลอากาศถูกทำให้เย็นลงจากเบื้องล่างทำให้มันมีการทรุดตัวดีในระดับต่ำ

ระยะเวลาที่มวลอากาศปกคลุมเหนือมหาสมุทรรานเท่าไร คุณสมบัติแบบน่านน้ำก็จะมีมากขึ้นเท่านั้น

5.3.4 พื้นดิน (Land) การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติจะมากเมื่อมวลอากาศแถบน่านน้ำเคลื่อนเข้ามาปกคลุมบนภาคพื้นทวีป

5.3.4.1 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของมวลอากาศฝ่ายมหาสมุทรแถบขั้วโลก (mP) เคลื่อนตัวเข้ามาในภาคพื้นทวีป

ก. ภูมิประเทศยิ่งสูงมาก การเปลี่ยนแปลงก็มากตามไปด้วย

ข. การเปลี่ยนแปลงจากมวลอากาศฝ่ายมหาสมุทรแถบขั้วโลก (mP) มาเป็นมวลอากาศฝ่ายทวีปแถบขั้วโลก (cP) ใช้เวลาอย่างน้อย 5-7 วัน

ค. ในสหรัฐอเมริกา มวลอากาศแบบ mP นี้ แทบจะไม่สามารถเคลื่อนหรือพัดข้ามเทือกเขาร็อกกีเข้าไปสู่ที่ราบลุ่มด้านหลังเทือกเขานี้ได้

ง. ในทวีปยุโรป มวลอากาศแบบ mP นี้ สามารถเคลื่อนผ่านทวีปยุโรป ผ่านไปถึงประเทศรัสเซียได้ โดยที่ยังสามารถรักษาคุณสมบัติของมวลอากาศเดิมไว้ได้คือ ยังคงเป็นแบบ mP เนื่องจากไม่มีภูเขาที่จะกั้นขวางทำให้มวลอากาศนั้นเปลี่ยนคุณสมบัติเป็นแห้ง หรือลดความชื้นลงได้

5.3.4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของมวลอากาศฝ่ายมหาสมุทรเขตร้อน (mT) เมื่อเคลื่อนเข้ามาปกคลุมในภาคพื้นทวีป

ก. ความชื้นต้องมีมากพอจึงจะทำให้ฝนตกในเขตภาคพื้นทวีปทางตอนในได้

ข. มวลอากาศจะเปลี่ยนเป็นแห้งขึ้นเมื่อเคลื่อนเข้ามาในภาคพื้นทวีปทางตอน

ในโดยตรง

5.4 การทรุดตัวของมวลอากาศในระดับบน (Trajectory) ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ :-

5.4.1 คุณสมบัติของพื้นผิวที่กระทำต่อมวลอากาศนั้น ขณะที่มวลอากาศเคลื่อนที่ผ่าน

5.4.2 ถ้ามีแนวการเคลื่อนตัวเป็นแบบ ไซโคลนิก (Cyclonic Trajectory) ทำให้อากาศนั้นมีการทรุดตัวไม่ดี และมีสภาพอากาศเพิ่มขึ้น

5.4.3 ถ้ามีแนวการเคลื่อนตัวเป็นแบบ แอนติไซโคลนิก (Anticyclonic Trajectory) ทำให้อากาศนั้นมีการทรุดตัวดี สภาพอากาศเกิดน้อยลง

6. คุณสมบัติของมวลอากาศในทวีปเอเชีย (Air-Masses Properties Over Asia)

6.1 มวลอากาศฝ่ายทวีปแถบขั้วโลก (Continental Polar Air-Mass : cP)

ในฤดูหนาว

เป็นมวลอากาศที่หนาวที่สุด ทั้งนี้เพราะว่าบริเวณทวีปเอเชียตั้งแต่ละติจูด 40 องศาเหนือขึ้นไป เป็นบริเวณที่ปกคลุมไปด้วยน้ำแข็ง และภูเขาสูง ซึ่งผ่านทางตอนใต้ของเอเชีย รวมทั้งมวลอากาศอุ่น จากมหาสมุทรถูกกักกันไม่ให้พัดผ่านเอเชียตอนกลางทั้งหมดนี้ เป็นสิ่งทำให้เกิดมวลอากาศแบบ cP เป็นอย่างดี และขณะเดียวกันมวลอากาศมักจะอยู่ที่แหล่งต้นกำเนิดเป็นระยะเวลานานด้วย ลักษณะอากาศทางภาคตะวันออกของเอเชียถูกปกคลุมไปด้วยมวลอากาศ cP ตลอดฤดูหนาวหลังจากนั้นก็จะมีอิทธิพลปกคลุมไซบีเรีย จีน และเกาะญี่ปุ่น จนมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ามวลอากาศฝ่ายทวีปแถบขั้วโลกจากไซบีเรีย (Continental Polar Siberian Air-Masses : cPs) มวลอากาศนี้ทำให้เกิดฤดูหนาวขึ้นในทวีปเอเชีย และจะมีฝน หิมะ และลมกระโชกขึ้น มวลอากาศ cP ที่มีกำลังพัดมาถึงแถบภูเขาหิมาลัย พม่า อินเดีย และประเทศไทย เป็นมวลอากาศที่เย็นและแห้งแล้ง ซึ่งทราบกันดีอยู่แล้วว่าเป็นมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ หรือเป็นฤดูหนาวในประเทศไทย ถ้าหากมวลอากาศแบบนี้พัดผ่านอากาศที่อุ่น และมีความชื้นอยู่เบื้องล่าง จะทำให้ได้รับความร้อนและความชื้นเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดหมอกหรือเมฆ ST โดยทั่วไป

ในฤดูร้อน

แหล่งกำเนิดของอากาศจะเกิดขึ้นที่ละติจูด 50 องศาเหนือขึ้นไปโดยปกติแล้วบริเวณที่อากาศพัดผ่านจะเป็นหิมะ และน้ำแข็ง ดังนั้นมวลอากาศแบบนี้ในฤดูร้อนจะมีการทรงตัวดีเสียส่วนมาก

6.2 มวลอากาศฝ่ายมหาสมุทรเขตร้อน (Maritime Tropical Air-Masses : mT)

ในฤดูหนาว

โดยทั่วไปแล้ว มวลอากาศ mT นี้จะปรากฏอยู่ทางภาคใต้ของมหาสมุทร และมีผลกระทบกระเทือนต่อภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นส่วนน้อย

ในฤดูร้อน

เนื่องจากมีแหล่งกำเนิดมาจากมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ บางคนจึงเลยเรียกมวลอากาศนี้ว่า มวลอากาศฝ่ายมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อนจากแปซิฟิก (Maritime Tropical Pacific Air-Masses : mTp) ซึ่งเป็นมวลอากาศที่ร้อนและชุ่มชื้น มีอิทธิพลต่อชายฝั่งประเทศจีน และญี่ปุ่น มีมวลอากาศอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นแบบ mT เหมือนกัน แต่มาจากมหาสมุทรอินเดียตอนใต้ จึงมีชื่อเรียกว่า มวลอากาศฝ่ายมหาสมุทรเขตร้อนจากมหาสมุทรอินเดียตอนใต้ (Maritime Tropical South Indian Air - Masses : mTsi) ซึ่งมีอิทธิพลปกคลุมประเทศอินเดีย พม่า และไทย มวลอากาศนี้เองที่ทำให้เกิดฤดูฝนในประเทศไทย คุณสมบัติพอจะกล่าวย่อๆ ได้ดังนี้ :-

- การทรงตัวไม่ดี (Unstable) เพราะอยู่ภายใต้อิทธิพลของการหมุนเวียนแบบทวนเข็มนาฬิกา และขึ้นอยู่เบื้องบนที่ตั้ง (Cyclonic Circulation)
- อากาศไม่ทรงตัวจะรุนแรงที่ผิวพื้น (Instability)
- มีความชื้นสูงมากขึ้นไปถึงระดับเบื้องบน
- มีเมฆก้อนและมีเมฆ CB อย่างหนาแน่น
- มีน้ำฟ้าที่เกิดจากการยกตัวของอากาศตามทางลาดของภูเขา

มวลอากาศ mT ที่ผ่านทวีปเอเชียตอนกลาง คุณสมบัติจะค่อยๆ กลายเป็นมวลอากาศ cT ซึ่งความชื้นจะลดน้อยลง

6.3 มวลอากาศฝ่ายมหาสมุทรแถบขั้วโลก (Maritime Polar Air-Mass : mP)

ในฤดูหนาว

มวลอากาศ mP ที่มีผลกระทบกระเทือนต่อทวีปเอเชียมักเกิดขึ้นตามแถบมหาสมุทรแปซิฟิกตอนเหนือ บางทีเรียกว่า มวลอากาศฝ่ายมหาสมุทรแถบขั้วโลกจากแปซิฟิก (Maritime Polar Pacific Air - Masses : mPp) เนื่องจากกระแสอากาศเป็นลมตะวันออกหรือตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นอากาศจึงเย็นอยู่เบื้องล่างซึ่งเป็นลักษณะของอากาศที่มีการทรงตัวดี ลักษณะอากาศจึงเป็นลักษณะอากาศแบบแนวปะทะ และมีเมฆมาก

ในฤดูร้อน

มวลอากาศ mP นี้เดิมจะมีการทรงตัวดี แต่จะเปลี่ยนมาเป็นการทรงตัวไม่ดี เมื่อเคลื่อนที่ไปสู่บริเวณที่อุ่นกว่าแถบเอเชียตอนกลาง เนื่องจากกระแสของอากาศทำให้มวลอากาศนี้พัดผ่านฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือของเอเชีย จึงเป็นเหตุทำให้เกิดหมอกในบริเวณนั้น

6.4 มวลอากาศฝ่ายทวีปเขตร้อน (Continental Tropical Air-Mass : cT)

โดยทั่วไปแล้ว มวลอากาศนี้จะผ่านทวีปเอเชียตลอดฤดูร้อน และในฤดูนี้แหล่งกำเนิดมักจะอยู่ที่เอเชียตอนกลางหรือเอเชียตะวันตกเฉียงใต้ มวลอากาศนี้มีอุณหภูมิสูง มีความชื้นน้อยอิทธิพลส่วนใหญ่ของมวลอากาศแบบนี้ก็คือ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงประจำวันของอุณหภูมิอย่างมาก

6.5 มวลอากาศแถบศูนย์สูตร (Equatorial Air-Masses : E)

ในฤดูร้อน

บริเวณอินเดีย พม่า ไทย จะอยู่ภายใต้อิทธิพลของมวลอากาศแบบนี้ทั้งนั้น เพราะเนื่องจากมรสุมในฤดูร้อน

ในฤดูหนาว

มวลอากาศแบบนี้จะมีอิทธิพลบริเวณนอกฝั่งออกไปมวลอากาศนี้เป็นมวลอากาศที่อุ่น และมีความชื้นมาก และขยายสูงขึ้นไปสู่เบื้องบน โดยมากมักสูงกว่า 20,000 ฟุต ขึ้นไป อากาศเป็นลักษณะที่มีการทรงตัวไม่ดี จึงมีฝนพายุฟ้าคะนองลมกระโชกเกิดขึ้น

6.6 มวลอากาศมรสุม (Monsoon Air-Masses : M)

มวลอากาศนี้จะมีอิทธิพลต่อประเทศทางเอเชียตอนใต้ เช่น อินเดีย พม่า และไทย

ในฤดูร้อน

บริเวณทวีปเอเชียจะได้รับมวลอากาศแบบ E หรือ mT พัดผ่านมหาสมุทรทางตะวันตกเฉียงใต้ ในเดือนกรกฎาคม ซึ่งเรียกว่า ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลักษณะอากาศหน้านี้พอสรุปได้ดังนี้ :-

- มีเมฆมาก มีฝน และฝนฟ้าคะนอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตอนบ่ายๆ
- มีฝนตกติดต่อกันเป็นบริเวณกว้าง
- อุณหภูมิสูง
- ความชื้นมาก

ในฤดูหนาว

ทวีปเอเชียจะได้รับมวลอากาศเย็น ในระหว่างเดือน มกราคม มวลอากาศนี้มาจากบริเวณความกดอากาศสูงแถบไซบีเรีย ซึ่งเรียกว่า ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มวลอากาศจะผ่านบริเวณที่เป็นพื้นดิน จึงไม่มีแหล่งกำเนิดความชื้นลักษณะอากาศโดยทั่วไป อากาศดี แห้งแล้ง และเย็น

บทที่ 2

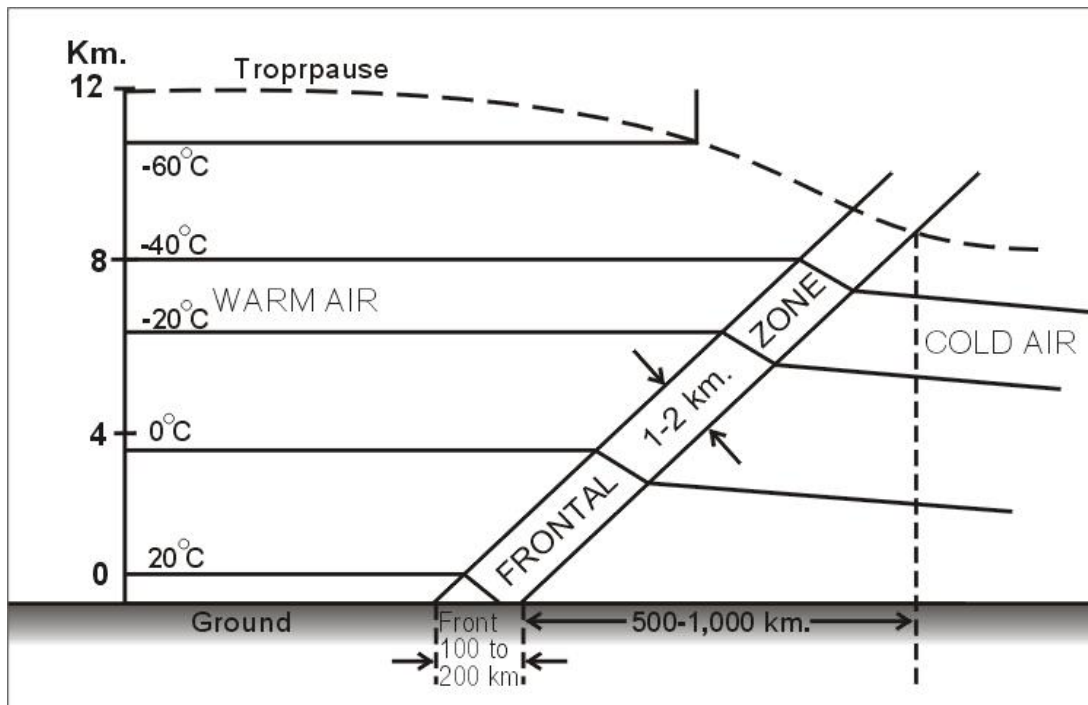
แนวปะทะอากาศ (Fronts)

ผู้ที่กล่าวได้ว่าเป็นบิดาของแนวปะทะอากาศโดยเป็นผู้คิดค้นทฤษฎีไว้เป็นหลักสำหรับใช้เป็นพื้นฐานในการพยากรณ์อากาศประจำวันตราบเท่าทุกวันนี้เป็นกลุ่มแรก และเริ่มใช้ในการพยากรณ์อากาศระหว่างปี ค.ศ.1920-1930 คือ ที. เบอเจรอน (T. Bergeron), เจ. เจริคเนส (J. Bjerknes) และ เอช. ซอล เบิร์ก (H. Solberg)

1. จำกัดความของแนวปะทะอากาศ

เมื่อมวลอากาศสองมวลซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิ, ความหนาแน่น เคลื่อนที่มาพบกัน และยังไม่มีกระบวนการคลุกเคล้าซึ่งกันและกันเกิดขึ้น แต่จะเกิดเป็นบริเวณแคบๆ ขึ้นระหว่างมวลอากาศทั้งสอง พร้อมทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิแผ่ขยายจากผิวพื้นขึ้นไปสู่ส่วนบนของมวลอากาศทั้งสอง ณ ความสูงระดับหนึ่ง

บริเวณแคบๆ ของการเปลี่ยนแปลงระหว่างมวลอากาศทั้งสองนี้ เรียกว่า แนวปะทะอากาศ (Front) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ 20-90 กม.ขึ้นไป ส่วนที่สัมผัสกับพื้นโลกเรียกว่า แนวปะทะที่ผิวพื้น (Surface front) และส่วนพื้นผิวที่ลาดเอียงขึ้นไปเบื้องบนเรียกว่า พื้นผิวความลาดชันของแนวปะทะ (Slope of Frontal Surface) ดังรูป 1

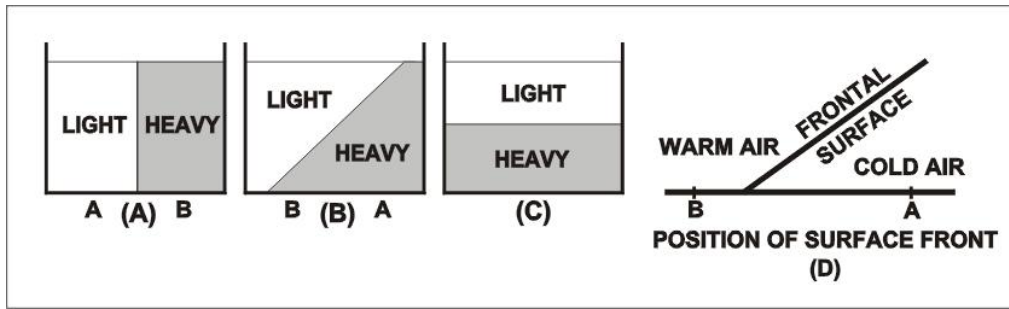


รูป (1)

2. คุณสมบัติโดยทั่วไปของแนวปะทะ (General Characteristic of Fronts)

2.1 ความชันของพื้นผิวแนวปะทะ (Slope of Frontal Surface)

ถ้าของไหลที่เบา (Light) และหนัก (Heavy) เช่น น้ำมัน และน้ำ ถูกผสมเข้าด้วยกันในภาชนะอย่างหนึ่ง ดังแสดงในรูป 2(A) ซึ่งสารทั้งสองชนิดจะยังไม่สามารถอยู่ในสภาวะสมดุลได้ จนกว่าสารที่หนักกว่าจะจมลงไปอยู่ใต้สารที่เบากว่า และเมื่อนั้นเองสภาวะสมดุลจึงจะเกิดในที่นี้ก็คือ น้ำมันจะต้องลอยอยู่บนผิวน้ำมันเอง ดังแสดงไว้ในรูป 2(C)



รูป 2 ความลาดชันของแนวปะทะ

เมื่อพิจารณาความกดที่จุด A ในรูป 2(A) ภายใต้สภาวะของของไหลที่หนักกว่าเทียบกับจุด B จะเห็นว่าความแตกต่างระหว่างความกด (Pressure Gradient) ที่จุด A และจุด B ซึ่งแสดงถึงการที่ของไหลที่หนักกว่าจะจมลงไปอยู่ใต้ (Undercut) ของไหลที่เบากว่า

จากรูป 2(B) ความกดที่จุด A มากกว่าจุด B ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องของของไหลจากจุด A ไปยังจุด B จะเกิดสภาวะสมดุลย์ที่ต่อเมื่อของไหลทั้งสองนั้น ถูกแยกออกให้อยู่ในแนวระดับ ดังแสดงไว้ในรูป 2(C) แล้วเท่านั้น

ในบรรยากาศการพิจารณาการพัดพาของลมควบคู่ไปกับการหมุนของโลกรอบแกนตัวเอง ซึ่งมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปตามเส้นความกดอากาศเท่า (Isobar) จะมีทิศทางจากความกดอากาศสูง (High -Pressure) ไปยังความกดอากาศต่ำ (Low Pressure) และจะมีทิศทางตั้งฉากกับความชันของความกดอากาศ (Pressure Gradient) กล่าวคือ อากาศเบาหมายถึงอากาศอุ่น (Warm) และอากาศหนัก หมายถึงอากาศเย็น (Cold) ที่ถูกแบ่งด้วยพื้นผิวความลาดชันของแนวปะทะ (Sloping Surface) และอากาศเย็นทั้งหมดจมลงไปอยู่ใต้อากาศอุ่นแล้ว ดังแสดงในรูป 2(D) ความชันของพื้นผิวแนวปะทะ (Slope of Frontal Surface) ขึ้นอยู่กับความเร็วลมทั้งสองด้านของแนวปะทะ และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของมวลอากาศทั้งสองด้วย ซึ่งพบว่าค่าความชันอยู่ในอัตราส่วนระหว่าง 1 ต่อ 30 ถึง 1 ต่อ 300

2.2 โครงสร้างเกี่ยวกับอุณหภูมิของแนวปะทะ (Thermal Structure of Front)

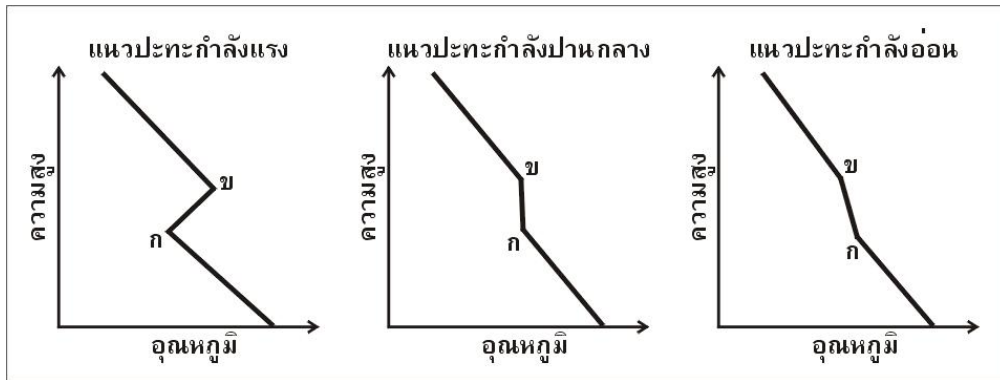
การพิจารณาถึงคุณลักษณะของแนวปะทะอากาศ เมื่อแนวปะทะเคลื่อนที่ผ่านสถานีตรวจอากาศที่ผิวพื้นนั้นได้ทำการพิจารณาค่าอุณหภูมิว่าค่อนข้างเพิ่มขึ้น หรือลดลงรวดเร็วเพียงใด

จากการตรวจสอบพบว่า ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ผิวพื้นของสถานีตรวจอากาศทั้งสองแห่งที่อยู่ใกล้เคียงกันจะเป็นตัวบ่งบอกบริเวณที่เกิดแนวปะทะอากาศได้

ในระบบลมชั้นบน สามารถที่จะทราบตำแหน่งของแนวปะทะได้โดยทำการวิเคราะห์ บริเวณเส้นอุณหภูมิเท่าที่หนาแน่นที่สุดนั่นเอง (Maximum Concentration of Isotherms) "อัตราการเปลี่ยนแปลง ของอุณหภูมิตลอดแนวปะทะจะเป็นสิ่งบอกให้ทราบถึงความรุนแรงของแนวปะทะ" แนวปะทะอากาศที่มีความรุนแรงนั้นมีคุณสมบัติคือ มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างมากและรวดเร็ว ขณะที่แนวปะทะกำลังอ่อนนั้นมีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยตลอดแนวปะทะอากาศนั้น

ในการกิจการบิน ขอให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิด้วย เพราะอาจเป็นสิ่งที่บอกเหตุแก่ผู้ทำการบินได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องทำการบินในทิศทางตั้งฉากกับแนวปะทะอากาศพึงระลึกไว้เสมอว่า ไม่ว่ากรณีใดๆ

ก็ตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นจะเกิดขึ้นตลอดแนวปะทะมากกว่า ภายในมวลอากาศทั้งสองด้านของแนวปะทะนั้น



รูป 3 เส้นโค้ง อุณหภูมิ-ความสูง ของแนวปะทะที่มีกำลังแรง ปานกลาง และอ่อน

เนื่องจากว่าแนวปะทะอากาศทุกชนิดนั้น อากาศอุ่นจะลอยอยู่เหนืออากาศเย็นเสมอ ถ้าทำการตรวจผ่านย่านแนวปะทะขึ้นไปตรงๆ ในแนวตั้ง จะพบว่าการกระจายของอุณหภูมิเป็นไปได้หลายอย่างดังแสดงไว้ใน รูป 3 แนวปะทะที่ก่อตัวขึ้นอย่างรุนแรง อุณหภูมิก็จะสูงขึ้นเมื่อผ่านชั้นแนวปะทะ ดังรูป 3(1) จากจุด A ไป B นั้นแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในกรณีของแนวปะทะกำลังปานกลางอุณหภูมิมีค่าเกือบคงที่ คือไม่แตกต่างกันมากนัก ดังในรูป 3(2) และถ้าเป็นแนวปะทะที่มีกำลังอ่อนอุณหภูมิจะลดลงเมื่อผ่านชั้นแนวปะทะนั้น ดังในรูป 3(3)

จุดสำคัญที่สุดคือ อัตราการลดอุณหภูมิในชั้นของแนวปะทะมีค่าน้อยกว่าอากาศภายนอกที่อยู่ทั้งสองข้าง เป็นผลให้อากาศมีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง อีกทั้งเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อน และความชื้นอย่างรวดเร็วตามอัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง

จากการตรวจพบว่า ชั้นที่เป็นพื้นผิวแนวปะทะจะเป็นเสมือนกำแพงกั้นการเปลี่ยนแปลง ดังที่ได้กล่าวแล้วอย่างแท้จริง จากเหตุผลที่ได้กล่าวแล้วนั้น ความร้อนและความชื้นที่มวลอากาศเย็นได้รับจากการถ่ายเทขณะอยู่ใต้พื้นผิวแนวปะทะจะแผ่กระจายลงมาตลอดเวลาตราบเท่าที่เป็นลิมอากาศเย็น จะมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่ผ่านชั้นแนวปะทะขึ้นไปข้างบน

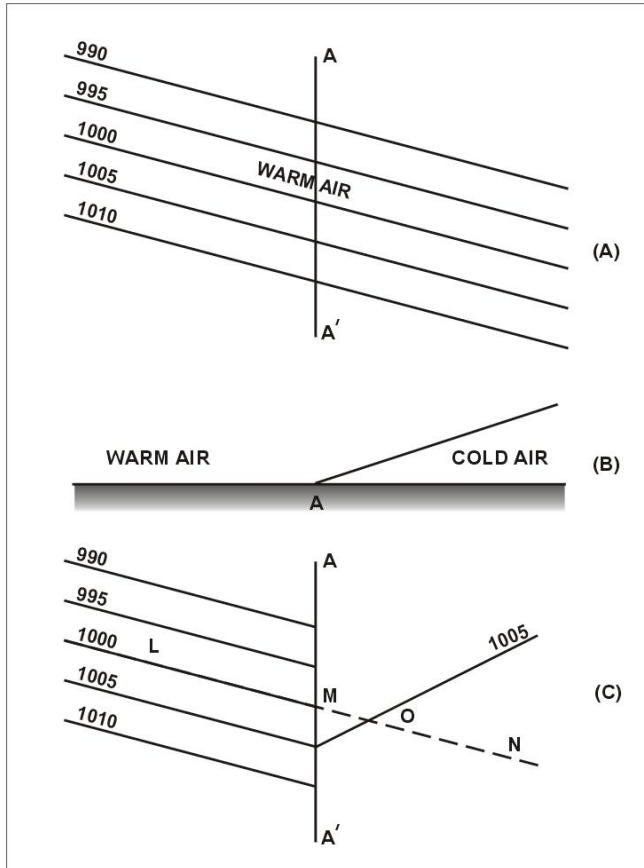
ดังนั้นพื้นผิวแนวปะทะจึงมีแนวโน้มที่จะขวางกั้น การแลกเปลี่ยนความร้อน และความชื้นระหว่างมวลอากาศ ยิ่งแนวปะทะก่อตัวรุนแรงมากขึ้นเท่าใด การขวางกั้นการแลกเปลี่ยนความร้อน และความชื้นก็ยิ่งมีมากขึ้นเท่านั้น

3. การกระจายของความกดและการเปลี่ยนแปลงของลม

สิ่งที่เราได้จากการพิจารณาแผนที่อากาศคือ แนวปะทะจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของทิศทางลม และเส้นความกดอากาศเท่าจะหักทำมุม (Kink)

เมื่อพิจารณามวลอากาศในรูปแบบของมวลอากาศอุ่นที่มีลำดับเป็นเส้นตรง และขนานกับเส้นความกดอากาศเท่า ดังในรูป 4(A) สมมติว่าเราแทนลิมของอากาศ (เส้นตรง AA') ด้วยอากาศที่เย็นกว่า ดังในรูป 4(B) เหนือจุด P. ใดๆ ซึ่งอยู่บนพื้นดินไปยังจุด AA' จะเป็นการแสดงให้เห็นถึง กระบวนการแทนที่ลิมอากาศอุ่นที่เบากว่า ด้วยอากาศเย็นที่มีความหนาแน่นมากกว่า (หนักกว่า) ดังนั้นความกดจะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของอากาศในลิมอากาศนั้น หมายความว่า ความกดที่จุด P. นั้นถูกทำให้เพิ่มขึ้น และความกดจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นๆ เมื่อพิจารณาทางด้านขวามือที่ไกลออกไป

ดังนั้นเมื่อพิจารณาเส้นตรง LMN ตามรูป 4(C) โดยเริ่มที่เส้นความกดอากาศเท่า 1000 hPa จะพบว่า จาก L ไป M ความกดไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่จาก M ไป N ความกดเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ ณ จุด Q ความกดเพิ่มขึ้น 5 hPa คือเพิ่มขึ้นจาก 1000 hPa เป็น 1005 hPa แสดงว่าเส้นความกดอากาศเท่า 1005 hPa ต้องผ่านจุด Q นั้น หมายความว่าเมื่อมวลอากาศเคลื่อนที่ผ่านแนวปะทะไปแล้วความกดจะต้องเพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกันเส้นความกดอากาศเท่าเส้นอื่นๆ ก็ถูกพิจารณาในลักษณะเดียวกัน



รูปที่ 4 แนวปะทะอากาศในร่องความกดอากาศต่ำ

เส้นความกดอากาศเท่าทุกเส้นที่ลากผ่านแนวปะทะจะต้องหักมุม (Kink) เมื่อจะผ่านไปยังจุดที่มีความกดอากาศสูงกว่า กล่าวคือ "แนวปะทะอากาศใดๆ จะต้องอยู่ในร่องความกดอากาศต่ำเสมอ" เป็นไปไม่ได้ที่แนวปะทะที่เกิดขึ้นจะมีเส้นความกดอากาศเท่า กลับขนานไปกับแนวลิ้มความกดอากาศ

เนื่องจากว่าโดยทั่วไปแล้ว ลมส่วนใหญ่จะพัดขนานไปกับเส้นความกดอากาศเท่า ซึ่งเราตรวจพบว่าในซีกโลกเหนือ ก่อนที่แนวปะทะจะเคลื่อนเข้าสู่สถานีลมจะพัดในทิศทวนเข็มนาฬิกา (Back) และลมจะพัดในทิศตามเข็มนาฬิกา (Veer) เมื่อแนวปะทะเคลื่อนผ่าน ความเร็วลมจะเพิ่มขึ้น หรือลดลงนั้น ขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างความกด (Pressure Gradient) ที่อยู่ทั้งสองด้านของแนวปะทะ

4. สภาพอากาศในแนวปะทะ

มีเมฆและน้ำฟ้าเกิดขึ้น ทั้งนี้จะต้องวิเคราะห์จากแนวปะทะด้วยว่า ความชันของพื้นผิวแนวปะทะความทรงตัว และความชันของมวลอากาศอุ่นที่ถูกยกโดยแนวปะทะนั้นมีมากน้อยเพียงใด แนวปะทะ ซึ่งทำให้เกิดสภาพอากาศที่รุนแรงน่าสนใจนั้น เราให้ความสำคัญว่าเป็นแนวปะทะอากาศกำลังแรง (Active Front) ในทางตรงข้ามถ้าแนวปะทะนั้นมีผลเพียงเล็กน้อยเราเรียกว่า แนวปะทะอากาศที่ไม่รุนแรง (Inactive Front)

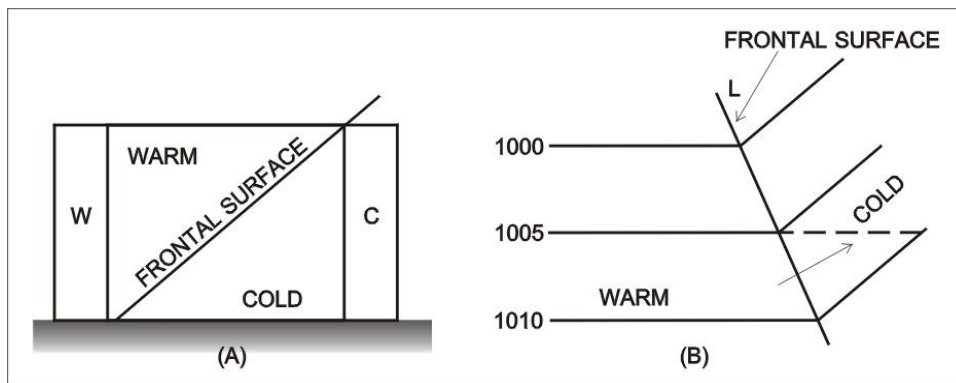
โดยทั่วไปแล้ว แนวปะทะอากาศที่มีความชันมากจะเป็นแนวปะทะที่มีความรุนแรง และจะปกคลุม พื้นที่เป็นบริเวณแคบๆ ในขณะที่แนวปะทะที่มีความชันน้อยกว่าจะมีความรุนแรงเบากว่า และปกคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างกว่า

ถ้าอากาศอุ่นที่ยกตัวขึ้นตามแนวปะทะทรงตัวดี (Warm Air Stable) เมฆส่วนใหญ่ที่เกิดจะเป็นเมฆแผ่น (Stratus Type) แต่ถ้ามวลอากาศอุ่นนั้นทรงตัวไม่ดี (Warm Air Unstable) เมฆก่อตัวในทางตั้ง หรือเมฆก้อน (Cumuliform Clouds) และเมฆพายุฟ้าคะนอง (Thunder Storm) ที่มีความรุนแรง อาจจะก่อตัวขึ้นได้ ในกรณีที่อากาศแห้งมากๆ (Extremely Dry Air) ก็เป็นไปได้ว่า เมื่อมีแนวปะทะเคลื่อนผ่านท้องฟ้าอาจจะไม่มีเมฆปกคลุมเลย

5. ความสัมพันธ์ระหว่างแนวปะทะ ความกดอากาศ และลม

แนวปะทะนอกจากจะเป็นย่านที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงรวดเร็วแล้ว ความกดอากาศและลม ก็ยังเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วด้วย พิจารณาจากรูป 5 จะเห็นว่าความกดของบรรยากาศ ซึ่งหมายความว่าความถึงน้ำหนักของอากาศที่กดลงมาในแนวดิ่งในเมื่ออากาศเย็นมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศอุ่น น้ำหนักของอากาศที่กดลงที่ C ในรูป 5(A) จึงมากกว่าที่ W น้ำหนักของลิมอากาศเย็นที่กดลงมาข้างล่างใต้ผิวแนวปะทะซึ่งมีอยู่มากกว่า จึงทำให้เส้นความกดอากาศเท่าหักเห ดังรูป 5(B)

จากที่กล่าวข้างต้นสามารถตั้งเป็นกฎได้ดังนี้ "ถ้าผู้ตรวจยืนอยู่ทางด้านอากาศอุ่น และความกดอากาศต่ำอยู่ทางซ้ายมือ การหักเหของเส้นความกดอากาศเท่าด้านอากาศเย็นจะหักเหไปทางซ้ายมือ"



รูป 5 การหักเหของเส้นความกดอากาศเท่าที่แนวปะทะ

โดยทั่วไปแล้ว ลมจะพัดไปตามเส้นความกดอากาศเท่า ซึ่งจะสังเกตได้ว่าการเปลี่ยนทิศทางของลม มีลักษณะใกล้เคียงกัน และถ้ากำหนดให้ลูกศรแสดงการเคลื่อนที่ของแนวปะทะ จะได้เป็นกฎดังนี้ "ถ้าผู้ตรวจยืนหันหลังให้ลมของแนวปะทะที่กำลังเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ลมจะเบนไปทางซ้ายมือเมื่อแนวปะทะเคลื่อนที่ผ่านไป" ความเร็วลมก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วยเมื่อแนวปะทะเคลื่อนผ่าน แต่ความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นขึ้นอยู่กับ ช่วงความถี่ห่าง ของเส้นความกดอากาศเท่า

6. การจำแนกประเภทของแนวปะทะ (Classification of Fronts)

6.1 จำแนกตามแบบภูมิศาสตร์ (Geographical Classification)

แนวปะทะที่ถูกจำแนกโดยการนำหลักการของมวลอากาศเข้ามาเกี่ยวข้องที่สำคัญที่สุดแบ่งได้ดังนี้ :-

6.1.1 แนวปะทะย่านอาร์คติก (Arctic Front) ซึ่งแยกเป็นมวลอากาศแบบอาร์คติก (Arctic Air mass) และมวลอากาศแบบขั้วโลก (Polar Air mass)

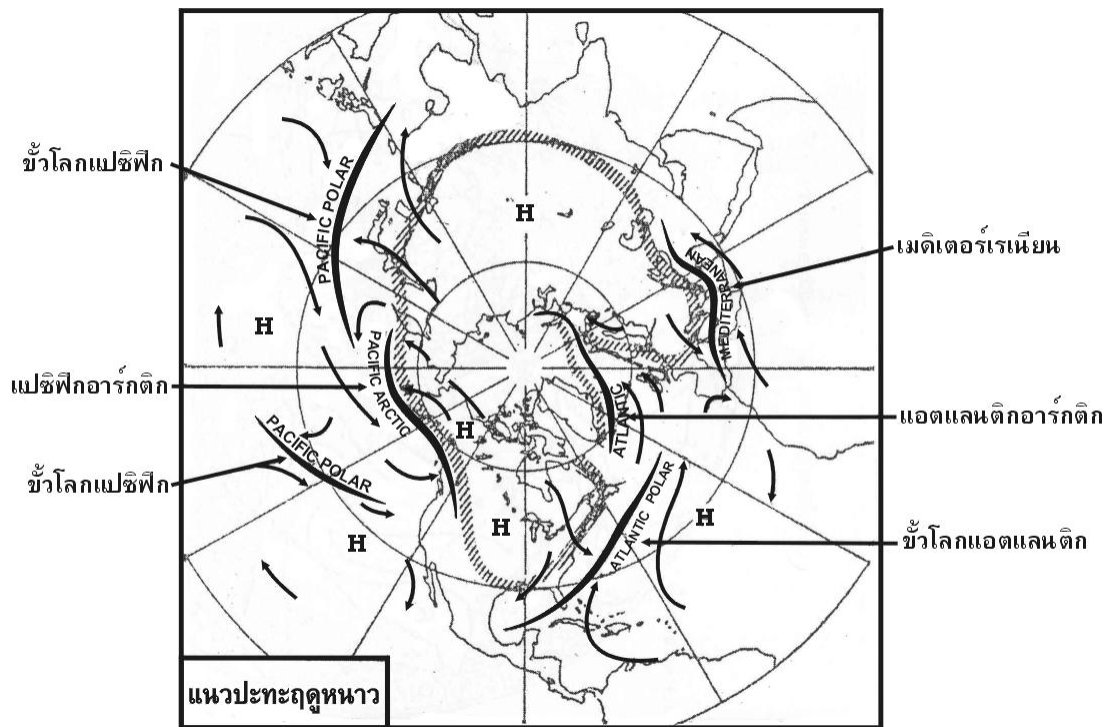
6.1.2 แนวปะทะขั้วโลก (Polar Front) แยกออกเป็นมวลอากาศแบบขั้วโลก (Polar Air mass) และมวลอากาศเขตร้อน (Tropical Air mass)

สำหรับแนวสอบของลมในเขตร้อน (ITCZ-Intertropical Convergence Zone) ซึ่งเกิดขึ้นระหว่าง ลมค้า (Trade Wind) ของสองซีกโลกนั้นไม่ถือว่าเป็นแนวปะทะอย่างแท้จริง ตามคำจำกัดความของแนวปะทะ ทั้งนี้เนื่องจากว่ามวลอากาศทั้งสองด้านนั้นมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันมากในเรื่องของอุณหภูมิและความชื้น นอกจากนั้น ย่านของสภาพอากาศที่เกิดจากแนวปะทะนั้นพิจารณาจากแนวปะทะที่แสดงบนแผนที่อากาศมากกว่า

เนื่องจากว่าตามหลักการมวลอากาศในเขตร้อนมีสถานะที่ไม่ทรงตัวอยู่ตลอดเวลาแบบของเมฆ และสภาพอากาศที่เกิดขึ้นนั้นมีลักษณะคล้ายคลึงกับแนวปะทะเขตอบอุ่น (Temperate Zone) ดังนั้นบางครั้งจึงเรียกแนวปะทะในเขตนี้ว่า แนวปะทะเขตร้อน (Intertropical Front - ITF)

6.2 จำแนกตามย่านแนวปะทะอากาศใหญ่ๆ ที่สำคัญ

ถึงแม้ว่าแนวปะทะเกิดขึ้นแล้วจะเคลื่อนที่ไป แต่ก็มีในบางพื้นที่ซึ่งพบว่ามีแนวปะทะเกิดขึ้นบ่อยครั้งมาก ในบริเวณเหล่านั้นเป็นย่านที่เปลี่ยนแปลงซึ่งอยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดของมวลอากาศใหญ่ๆ ที่ถือเป็นหลักว่าเป็นบริเวณที่เกิดเป็นแนวปะทะที่เด่นชัด และเกิดมากที่สุดของซีกโลกเหนือในฤดูหนาว ดังแสดงไว้ในรูป 6



รูป 6 ย่านแนวปะทะใหญ่ๆ ในฤดูหนาว

ย่านแนวปะทะใหญ่ๆ ในมหาสมุทรแอตแลนติกแนวแรกคือ แนวปะทะขั้วโลกแอตแลนติก (Atlantic Polar Front) อุณหภูมิที่แตกต่างกันนั้นได้มาจากคุณสมบัติที่แตกต่างกันของแหล่งกำเนิดระหว่างขั้วโลกที่เป็นทวีปกับเขตร้อนที่เป็นน้ำ และแนวปะทะนี้มีแนวโน้มที่เป็นแนวขวางกับกระแสลม ดังที่แสดงไว้ในรูป 6

แนวปะทะขั้วโลกแอตแลนติกจะแผ่ไปทางทิศตะวันออกจนถึงทวีปยุโรปอยู่บ่อยๆ ซึ่งจะเคลื่อนไปมาอยู่ในขอบเขตที่จำกัด กล่าวคือทางใต้ซึ่งเริ่มจากหมู่เกาะอินดีสตะวันตกไปจนถึงประเทศโปรตุเกส ส่วนทางเหนือนั้นเริ่มตั้งแต่ Great Lake ไปจนถึงเกาะ Ice Land แต่แนวปะทะนี้ก็มักมีโอกาสที่จะมีกำลัง แรงขึ้นอีกตามย่านที่มีอยู่ ดังในรูป 6 ได้

ลักษณะของ Disturbances หรือพายุหมุนซึ่งเกิดในแนวปะทะนี้มีมากเช่นกัน และมีน้ำฟ้าเกิดเป็นบริเวณกว้างนับตั้งแต่ด้านตะวันออกของทวีปอเมริกาเหนือผ่านมหาสมุทรแอตแลนติกเรื่อยไปจนถึงด้านตะวันตกเฉียง

เหนือของทวีปยุโรปตรงรอยต่อระหว่างแหล่งกำเนิดอาร์คติกกับแหล่งกำเนิดที่อุ่นกว่าของบริเวณอากาศชั่วโลกแห่งนั้น

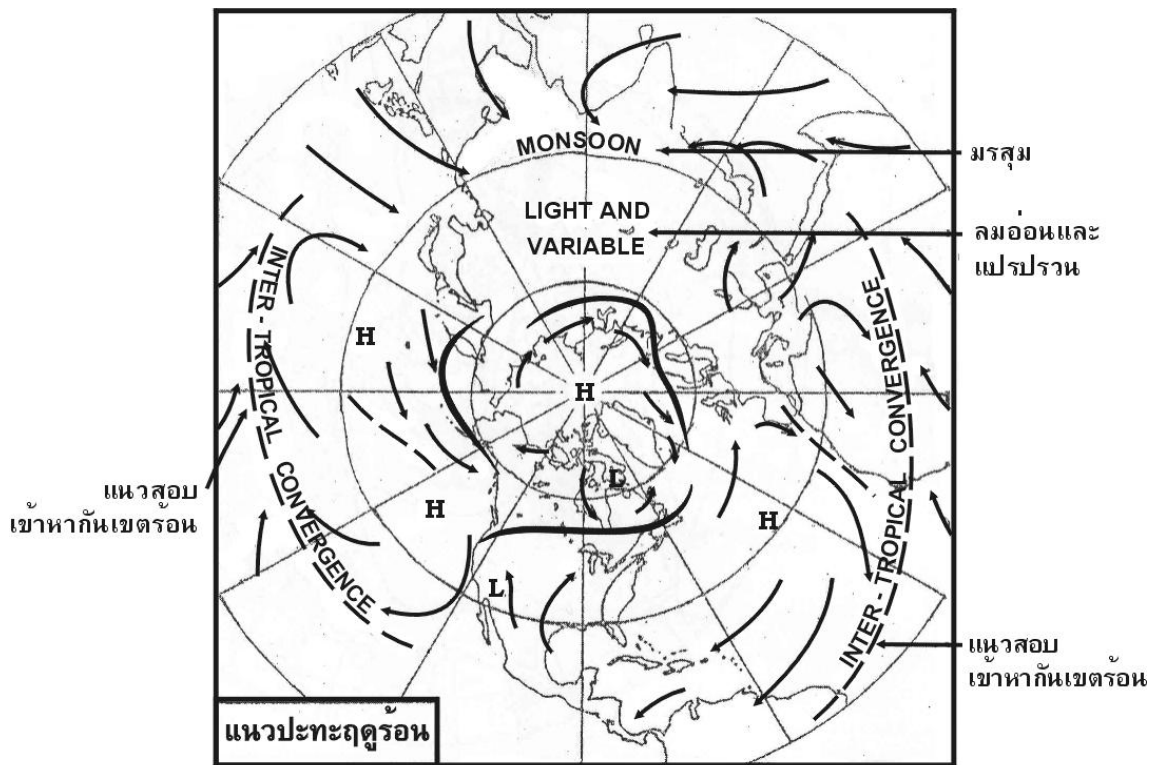
โดยทั่วไปแล้วพายุหมุนในฤดูหนาวที่ก่อตัวในแนวปะทะจะเคลื่อนจากเกาะ Ice Land ผ่านประเทศนอร์เวย์ตอนเหนือ จนถึงทะเลแบเรนต์ส (Berents Sea) บางครั้งอาจผ่านไปทางทิศตะวันออกได้ไกลๆ จนถึงชายฝั่งที่อยู่ตอนเหนือของไซบีเรีย

แนวปะทะที่สำคัญแนวที่สองคือ แนวปะทะเมดิเตอร์เรเนียน (Mediterranean Front) ซึ่งเริ่มก่อตัวขึ้นที่รอยต่อระหว่างอากาศเย็นของทวีปยุโรปกับอากาศอุ่นของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน และทวีปแอฟริกาเหนือไปจนถึงประเทศรัสเซียตอนใต้ พายุหมุนที่เกิดในแนวปะทะที่เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกจะทำให้มีฝนตก ซึ่งเป็นที่ต้องการมากในภาคตะวันออกใกล้ซึ่งแห้งแล้ง ได้แก่ ประเทศซาอุดีอาระเบีย ซีเรีย เลบานอน อิสราเอล ฯลฯ โดยไปได้ไกลๆ จนถึงปากีสถาน และทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอินเดีย

ส่วนทางด้านทวีปอเมริกาเหนือด้านมหาสมุทรแปซิฟิก แนวปะทะแปซิฟิกอาร์คติก (Pacific Arctic Front) เกิดระหว่างอากาศชั่วโลกแห่งนั้น และอากาศแถบอาร์คติกที่ปกคลุมไซบีเรีย อะแลสกา และแคนาดา แนวปะทะนี้มักจะแผ่ไปถึงบริเวณที่เป็นทะเลสาบ Great Lake และพายุหมุนฤดูหนาวหลายลูกที่เกิดในระหว่างเทือกเขาร็อกกี (Rocky Mountain) กับทะเลสาบ Great Lake ก็จะอยู่ในแนวปะทะนี้ ทางด้านหลังของพายุหมุนที่เคลื่อนที่ไปนี้ อากาศจากอาร์คติกจะถูกพัดพามาได้ไกลๆ จนถึงตอนใต้ของมลรัฐเท็กซัส และถึงตอนเหนือของประเทศเม็กซิโกได้

บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ จะมีบริเวณความกดอากาศสูงอยู่ 2 แห่ง และทำให้เกิดเป็นแนวปะทะชั่วโลกแปซิฟิก อยู่ 2 แนวด้วย โดยปกติจะอยู่ใกล้ชายฝั่งทวีปเอเชียแนวหนึ่ง ซึ่งมีความรุนแรงมากกว่าอีกแนวหนึ่ง ดังแสดงไว้ในรูป 6 พายุหมุนขนาดใหญ่ๆ จะก่อตัวตามแนวปะทะนี้ แล้วเคลื่อนไปจนถึงอ่าวอะแลสกา แต่ก็มีมากเหมือนกันที่ลงไปถึงทางใต้ได้ไกลๆ จนถึงชายฝั่งแคลิฟอร์เนียตอนใต้ในสหรัฐอเมริกา และทางตะวันตกเฉียงเหนือ บางส่วนของประเทศเม็กซิโก พายุเหล่านี้ทำให้มี ฝนตกในฤดูหนาวตามชายฝั่งของมหาสมุทรแปซิฟิกเข้าไปถึงทวีปอเมริกาเหนือ พายุในฤดูหนาวจะอ่อนกำลังลงเมื่อเคลื่อนผ่านเทือกเขาร็อกกี บริเวณที่พายุหมุนมักจะมีกำลังแรงขึ้นอีก มีอยู่ที่รัฐแอลเบอร์มาในแคนาดา และตรงรอยต่อของมลรัฐโคโรราโด กับโอคลาโฮมาในสหรัฐอเมริกา แนวปะทะจะพัดผ่านตามบริเวณนี้บ่อยๆ

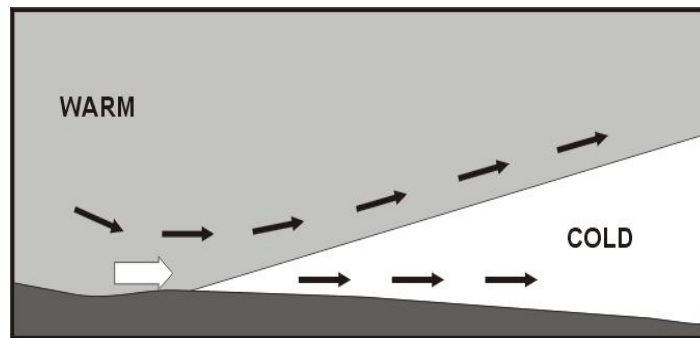
ในระหว่างฤดูร้อนความแตกต่างระหว่างมวลอากาศนั้นน้อย การหมุนเวียนจึงมีเพียงการคงรูปอยู่เท่านั้น ไม่ขยายออกไป กล่าวคือย่านแนวปะทะจะมีอยู่รอบๆ บริเวณอาร์คติกเท่านั้น ดังในรูป 7 แต่มีบางโอกาสที่อากาศเย็น และแนวปะทะเคลื่อนจากบริเวณทางเหนือๆ ลงไปถึงทางใต้ได้ไกลๆ ซึ่งจะเกิดบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก บริเวณความกดอากาศสูงใกล้เขตร้อน (Sub-Tropical High) ที่อยู่ในมหาสมุทรแปซิฟิกที่มีกำลังแรงมากในฤดูร้อน ดังนั้นแนวปะทะอากาศที่จะเคลื่อนผ่านไปจนถึงมลรัฐแคลิฟอร์เนียจึงไม่ค่อยมี



รูป 7 ย่านแนวปะทะใหญ่ๆ ในฤดูร้อน

7. ชนิดของแนวปะทะ (Type of Fronts)

7.1 แนวปะทะอากาศอุ่น (Warm Front) คือ การที่มวลอากาศอุ่นเคลื่อนที่ไปซ้อนทับมวลอากาศเย็น (Warm Air Replace Cold Air) ดังแสดงไว้ในรูป 8



รูป 8 แนวปะทะอากาศอุ่น

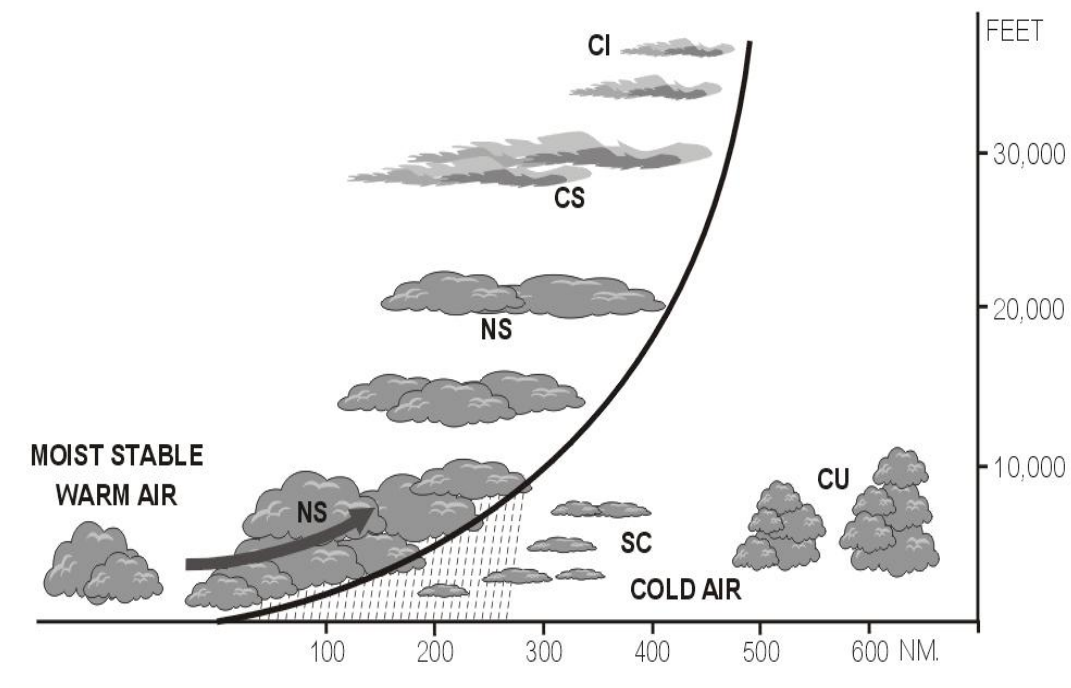
7.1.1 คุณสมบัติ

ก. ความชันและความเร็ว ความชันของแนวปะทะอากาศอุ่นค่อนข้างจะน้อย คือมีความชันประมาณ 1 ต่อ 150 โดยทั่วไปแล้วจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 25 กม.ต่อ ชม. หรือ 60-80 % ของลมจีโอสโตรฟิก ถ้าการเคลื่อนที่ของอากาศอุ่นมีทิศทางตั้งฉากกับแนวปะทะจะทำให้แนวปะทะอากาศอุ่นมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากขึ้น

ข. ความกดและลม โดยปกติแล้วความกดจะลดลงตามช่วงเวลาก่อนที่แนวปะทะจะเคลื่อนผ่าน และเมื่อแนวปะทะเคลื่อนที่ผ่านไปแล้วความกดก็ยังคงลดลงอีกเล็กน้อย

ข้างหน้าแนวปะทะอากาศอุ่นนั้น ลมจะพัดในทิศทวนเข็มนาฬิกา ค่อนข้างพัดขนานกับพื้นผิวแนวปะทะ และจากนั้นความเร็วลมจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะค่าความแตกต่างระหว่างความกด (Pressure Gradient) เพิ่มขึ้น หลังจากที่แนวปะทะเคลื่อนผ่านไปลมจะพัดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และความเร็วลมจะลดลง

ค. เมฆและสภาพอากาศ เมื่ออากาศอุ่นเคลื่อนขึ้นไปตามพื้นผิวแนวปะทะ มันก็จะค่อยๆ เย็นลงตาม Dry Adiabatic ถ้าการเย็นลงของมวลอากาศนั้นยาวนานพอ อากาศอาจจะเริ่มอึดตัวเป็นผลให้เกิดเมฆขึ้นได้ สภาพอากาศที่เกิดจากแนวปะทะอากาศอุ่นนั้นมีมากมายหลายชนิดด้วยกัน ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับ "การทรงตัว และปริมาณความชื้น" ของอากาศอุ่นที่เคลื่อนผ่านไป เมื่ออากาศอุ่นทรงตัวดีเมฆที่เกิดจะเป็นพวก เมฆแผ่น ถ้าอากาศอุ่นทรงตัวไม่ดีจะทำให้เกิดเป็นเมฆก่อตัวในทางตั้งและน้ำฟ้าที่ตกลงมาจะมีลักษณะต่อเนื่อง (Continuous Type)



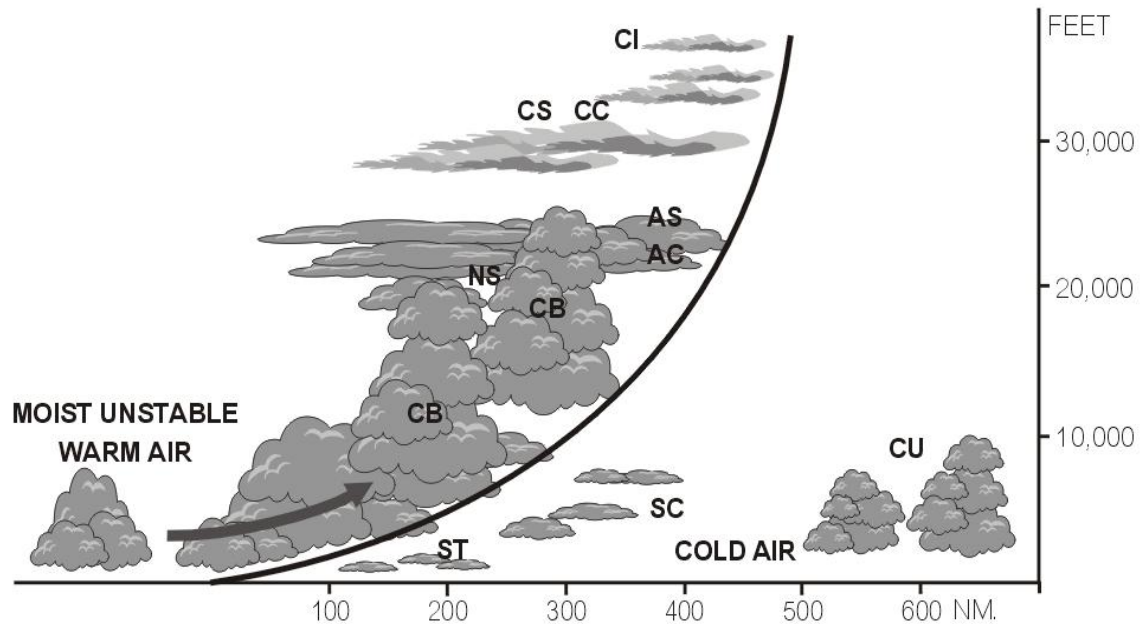
รูป 8-1 แนวปะทะอากาศอุ่นที่มีความชื้น และทรงตัวดี

ในขณะที่แนวปะทะเคลื่อนเข้ามาใกล้เราสามารถตรวจพบชนิดของเมฆดังต่อไปนี้คือ จะเห็นแนวเมฆเป็นทางยาว มีเมฆเซอร์รัสต่างๆ และเริ่มหนาขึ้นๆ (มองเห็นในทิศทางเดียวกับที่เริ่มเกิด) นอกจากนี้ก็จะพบเมฆเซอร์โรสเตรตัส (Cs) เป็นม่านบางๆ ซึ่งจะเป็นสิ่งบอกว่กำลังจะเข้าใกล้แนวปะทะอากาศอุ่น

เมฆเซอร์โรสเตรตัส (Cs) จะหนาขึ้นในขณะที่เข้าใกล้แนวปะทะ จากนั้นเมฆจะค่อยเปลี่ยนเป็นอัลโตสเตรตัส (As) แล้วน้ำฟ้าก็จะเริ่มตกลงมา อย่างไรก็ตามโดยปกติแล้วน้ำฟ้าที่ตกลงมานั้น ส่วนใหญ่จะระเหยไปก่อนที่จะตกลงถึงพื้น สำหรับเมฆที่ทำให้ฝนตกอย่างต่อเนื่อง คือ นิโมโบสเตรตัส (Ns) ซึ่งสามารถปกคลุมพื้นที่ได้ถึง 300 ไมล์ (Nautical Mile) ข้างหน้าของพื้นผิวแนวปะทะ และเพดานเมฆจะลดลงต่ำอย่างรวดเร็ว เพราะวาระดับของเมฆสเตรตัส (St) และสเตรโตคิวมูลัส (Sc) ซึ่งเกิดจากการระเหยของหยดน้ำที่ตกผ่านอากาศเย็น สำหรับเพดานเมฆที่ต่ำที่สุดอาจจะอยู่ใกล้กับแนวปะทะที่ผิวพื้น (Surface Front) ซึ่งอาจจะเป็นบริเวณที่เกิดหมอกในแนวปะทะได้เช่นเดียวกัน ทศวินัยนั้นดีภายใต้ การเกิดเมฆเซอร์โรสเตรตัส (Cs) และอัลโตสเตรตัส (As) แต่ทศวินัยจะลดลงอย่างรวดเร็วในพื้นที่ ที่น้ำฟ้าปกคลุมอยู่ และทศวินัยจะลดลงต่ำสุด ณ บริเวณใกล้ๆ กับพื้นผิวแนวปะทะ

เมฆ CS, As, Ns นั้นส่วนใหญ่ถูกจัดเป็นเมฆในแนวระดับมากกว่าเป็นเมฆที่มีมวลเดี่ยวๆ (Single Cloud Mass) หรือเป็นเมฆก้อน

ในบางครั้งอากาศอุ่นอาจจะทรงตัวไม่ดี (Unstable) และเกิดการยกตัวขึ้นทำให้เกิดเมฆก่อตัวในทางตั้ง (Cu, Cb) และบางครั้งจะเกิดพายุฟ้าคะนองที่รุนแรง ซึ่งแฝงตัวอยู่ในระบบของเมฆนิมโบสเตรตัส (Ns) อัลโตสเตรตัส (As) อัลโตคิวมูลัส (Ac) และจะมีฝนตกหนักตลอดแนวของน้ำฟ้าอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงไว้ในรูป 8-2 ซึ่งเป็นลักษณะของแนวปะทะอากาศอุ่นที่ทรงตัวไม่ดี



รูป 8-2 แนวปะทะอากาศอุ่นที่ทรงตัวไม่ดี (Warm Front with Moist, Unstable-Warm Air)

เมื่ออากาศอุ่นเคลื่อนที่ไปนั้น มีคุณสมบัติแห้ง ลอยตัวสูงขึ้น และก่อนที่จะมีการกลั่นตัวเกิดขึ้นจะไม่ปรากฏเห็นเมฆก่อตัวในทางตั้งเลย ปกติแล้วกรณีเช่นนี้จะตรวจพบเพียงเมฆชั้นกลาง และเมฆชั้นสูงเท่านั้น

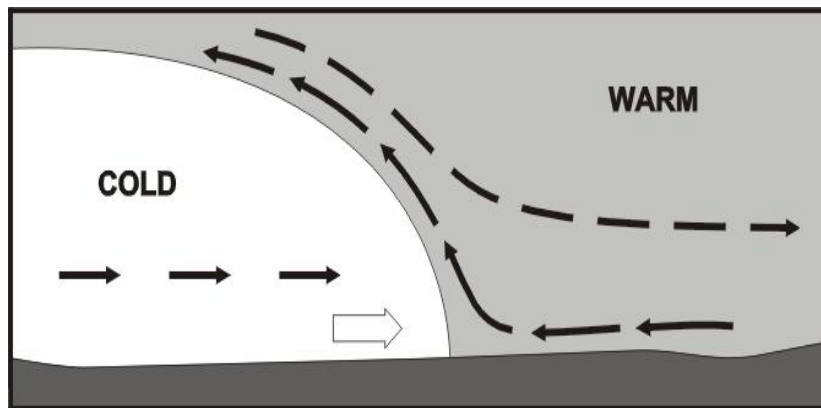
เมฆและสภาวะการมองเห็นบริเวณหลังแนวปะทะนั้นจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมวลอากาศอุ่น ถ้าอากาศอุ่นนั้นมีความชื้นน้อย จำนวนเมฆจะมีประมาณ 2-4 ใน 8 ส่วน และทัศนวิสัยจะดี ถ้าอากาศอุ่นมีความชื้นมากจะทำให้เกิดเมฆสเตรตัส (St) และมีฝนละออง (Drizzle) หรือ หมอก พร้อมกับมีเพดานเมฆต่ำ (Low Ceiling) และทัศนวิสัยไม่ดี

ง. สภาวะเกี่ยวกับการบิน เนื่องจากระบบเมฆในแนวปะทะอากาศอุ่น ค่อนข้างจะแผ่ปกคลุมเป็นบริเวณกว้าง การบินผ่านหรือเข้าใกล้แนวปะทะสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอย่างมากคือ จำนวนเครื่องมือที่ใช้ช่วยประกอบการบินว่ามีมากน้อยเพียงใด ทันสมัยหรือไม่ สำหรับลักษณะอากาศที่เกิดขึ้นได้แก่ กระแสอากาศปั่นป่วนขึ้นเบา (Light Turbulence) แต่ถ้าอากาศอุ่นทรงตัวไม่ดี (Unstable) ก็จะทำให้เกิดเมฆพายุฟ้าคะนอง (Thundercloud) ซึ่งเกิดขึ้นและแฝงตัวอยู่ในเมฆชนิดอื่นได้ ซึ่งถ้าเกิดในกรณีเช่นนี้ อาจจะไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานในอากาศก็อาจจะต้องเผชิญกับสถานการณ์โดยปราศจากการแจ้งเตือนได้

ในฤดูหนาวการก่อตัวของแนวปะทะอากาศอุ่น อุณหภูมิในมวลอากาศเย็นอาจจะต่ำกว่า 0°C ในขณะที่อุณหภูมิในระดับความสูงประมาณ 2,000-3,000 ฟุต ของอากาศอุ่นมีค่ามากกว่า 0°C จากผลอันนี้ทำให้เกิดฝนแข็ง (Freezing Rain) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดน้ำแข็งเกาะเครื่องบินชั้นรุนแรง (Severe Icing) สำหรับน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในระบบของเมฆในแนวปะทะจะขึ้นอยู่กับชนิดของเมฆนั้นๆ การเกิดน้ำแข็งชั้นรุนแรงในเมฆนิมโบสเตรตัส (Ns)

จะเกิดในช่วงระยะเวลาที่จำกัดอันหนึ่ง ในช่วงการเจริญเติบโตของแนวปะทะ (Frontogenesis) บริเวณที่อาจจะพบกับการเกิดน้ำแข็งเกาะเครื่องบินขึ้นรุนแรงนั้นอยู่บริเวณใกล้กับเส้นอุณหภูมิเท่า 0 องศาเซลเซียส (0°C Isotherm) ซึ่งเป็นระดับของการผสมคลุกเคล้าของอนุภาคต่างๆ เป็นบริเวณแคบๆ

7.2 แนวปะทะอากาศเย็น (Cold Front) คือแนวปะทะที่เกิดจากการที่อากาศเย็นเคลื่อนไปแทนที่อากาศอุ่น (Cold Air Replace Warm Air) ดังแสดงไว้ในรูป 8-3



รูป 8-3 แนวปะทะอากาศเย็น (Cold Front)

ก. ความชันและความเร็ว โดยทั่วไปแล้วจะมีความชันมากกว่าแนวปะทะอากาศอุ่น กล่าวคือ ค่าความชันจะอยู่ระหว่าง 1:50 ถึง 1:150 โดยประมาณ สำหรับในกิจการบินแล้วอาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ แนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่ช้า (Slowly Moving Cold Front) กับแนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่เร็ว (Rapidly Moving Cold Front) แนวปะทะอากาศเย็นทั้งสองชนิดนี้มีโอกาสที่จะเปลี่ยนจากชนิดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่งได้ การเคลื่อนที่ของอากาศเย็นในระดับต่ำๆ ซึ่งมีความเสียดทานนั้น แนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่เร็วจะมีความชันมากกว่าแนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่ช้า

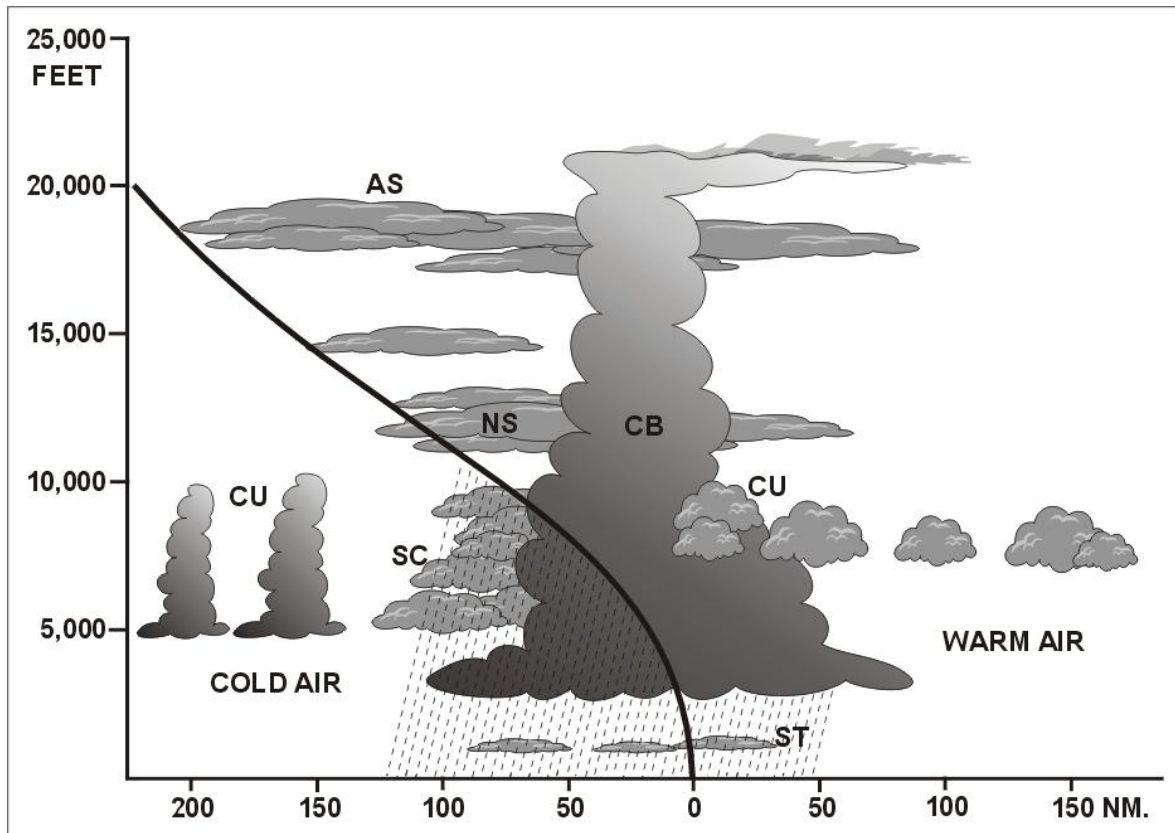
ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแนวปะทะอากาศเย็นนั้นประมาณ 35 กม./ชม. หรือ 80%-100% ของความเร็วลมจีโอสโตรฟิก

ข. ความกดและลม โดยปกติแล้วก่อนที่แนวปะทะอากาศเย็นจะเคลื่อนเข้ามาถึงสามารถทราบได้โดยสังเกตได้จากการลดลงของความกดอากาศ และลมจะพัดวนเข้มนาฬิกาจนเกือบขนานกับแนวปะทะ เมื่อแนวปะทะเคลื่อนเข้ามาถึงและผ่านไปแล้ว ความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นจนถึงขั้นลมแรง (Strongest) และลมกระโชกที่รุนแรง (Very Gusty) อาจเกิดขึ้นในแนวปะทะได้ ขณะที่แนวปะทะอยู่ที่สถานีลมจะพัดในทิศตามเข้มนาฬิกา แต่เมื่อแนวปะทะเคลื่อนผ่านไปแล้วลมจะค่อยๆ เปลี่ยนในทิศวนเข้มนาฬิกา เนื่องจากว่าแนวปะทะอากาศเย็นจะปรากฏในร่องความกดอากาศต่ำที่รุนแรง (Sharp Trough) ดังนั้น ลมอาจจะเปลี่ยนทิศทางในฉับพลันได้ และเมื่อแนวปะทะเคลื่อนผ่าน ลมอาจจะลดกำลังลงอย่างรวดเร็ว หรือแรงอย่างต่อเนื่อง และเกิดลมกระโชก (Gusty Wind) ได้

ค. เมฆและสภาพอากาศ สภาพอากาศที่เกิดในแนวปะทะอากาศเย็นมีโอกาสเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ลมพัดขึ้นไม่รุนแรงไปจนกระทั่งเป็นพายุฟ้าคะนองที่รุนแรงพร้อมทั้งมีพาดานเมฆต่ำ ทัศนวิสัยลดลง และลมกระโชกกำลังแรง สรุปแล้วก็คือสภาพอากาศที่เกิดขึ้นในแนวปะทะอากาศชนิดนี้ พิจารณาได้จากคุณสมบัติของมวลอากาศอุ่นในแนวปะทะ ประกอบกับการพิจารณาค่าของการยกตัวของมวลอากาศอุ่นเป็นสำคัญ หรืออาจจะ

พิจารณาค่าเฉพาะอื่นๆ เช่นปริมาณความชื้นของมวลอากาศอุ่น และค่าความทรงตัวของมวลอากาศอุ่น ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแนวปะทะอากาศเย็น และความลาดชันของพื้นผิวแนวปะทะ

แนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่ช้าๆ อากาศอุ่นจะเคลื่อนไปตามลาดของพื้นผิวแนวปะทะ ลักษณะของเมฆประกอบด้วย เมฆพายุฟ้าคะนอง (CB) และฝนชุก (Shower) ซึ่งเกิดด้านหน้าของแนวปะทะส่วนด้านหลังของแนวปะทะเมฆที่เกิดได้แก่ อัลโตสเตรตัส (As), เซอร์โรสเตรตัส (Cs) และฝนธรรมดา สำหรับเมฆ Ns จะครอบคลุมทั้งด้านหน้าและด้านหลังของแนวปะทะ ดังแสดงไว้ในรูป 8-4



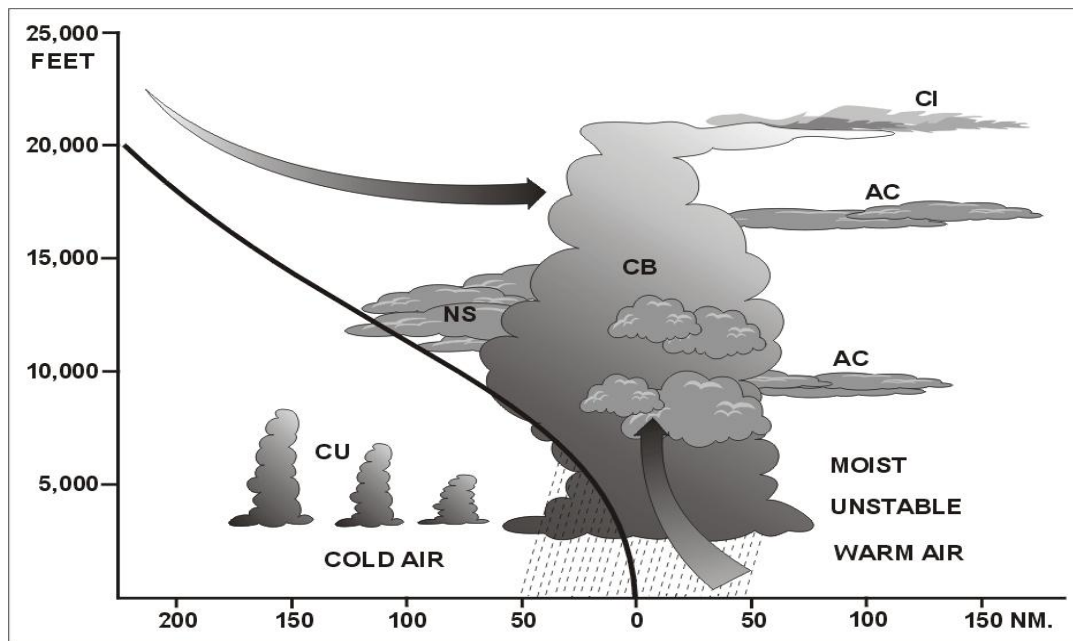
รูป 8-4 แนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่ช้า (Slowly Moving Cold Front)

อย่างไรก็ตาม การเคลื่อนที่ของอากาศไปตามความลาดชันของแนวปะทะอย่างรวดเร็ว อาจเป็นสาเหตุทำให้อากาศทรงตัวไม่ดี และมีฝนชุกหนักเกิดขึ้น ซึ่งอาจจะปกคลุมเป็นบริเวณร้อยละ 100 ตลอดแนวปะทะอากาศนั้น ลักษณะเช่นนี้ เรียกว่าแนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่เร็ว

พาดานเมฆจะเริ่มต่ำลงในขณะที่แนวปะทะเคลื่อนผ่าน และการยกตัวของอากาศจะค่อยๆ มีขึ้นหลังจากที่แนวปะทะเคลื่อนผ่านไปแล้วเท่านั้น เมื่อเข้าไปใกล้กับแนวปะทะทัศนวิสัยจะลดลง เนื่องจากน้ำฟ้าในบริเวณนั้น อากาศเย็นที่เริ่มก่อตัวขึ้นจะมีผลกระทบต่อทัศนวิสัยบ้างเล็กน้อย เนื่องจากน้ำฟ้าที่ตกลงมาอย่างต่อเนื่อง สภาพอากาศจะคงอยู่เช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการตกลงมาของน้ำฟ้า

การเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วของแนวปะทะอากาศเย็น ทำให้มวลอากาศอุ่นถูกยกตัวขึ้นไปตามลาดของแนวปะทะที่ชันมาก หลังจากแนวปะทะเคลื่อนผ่านไปแล้วอากาศจะแจ่มใสอย่างรวดเร็ว

ดังแสดงไว้ในรูป 8-5



รูป 8-5 แนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่เร็ว (Rapidly Moving Cold Front)

ถ้าอากาศอุ่นนั้นมีความชื้นและทรงตัวไม่ดี ลักษณะอากาศที่เกิดขึ้นได้แก่ ฝนหนักตามแนวปะทะ (Heavy Shower) ซึ่งเกิดจากเมฆคิวมูลัส (Cu), คิวมูโลนิมบัส (CB) และถึงแม้ว่าอากาศอุ่นนั้นจะทรงตัวดี แต่มีการยกตัวของอากาศอย่างรุนแรงตามแนวปะทะจึงทำให้อากาศทรงตัวไม่ดีเกิดเป็นเมฆคิวมูลัสได้ แต่ถ้าอากาศอุ่นที่ยกตัวตามลาดชันมีคุณสมบัติแห้ง ก็จะเป็นผลทำให้แนวปะทะอากาศเย็น ที่เคลื่อนผ่านไปไม่มีน้ำฟ้าตกลงมาเลย หรือในบางครั้งอาจจะไม่มีแม้กระทั่งเมฆเกิดขึ้นเลย

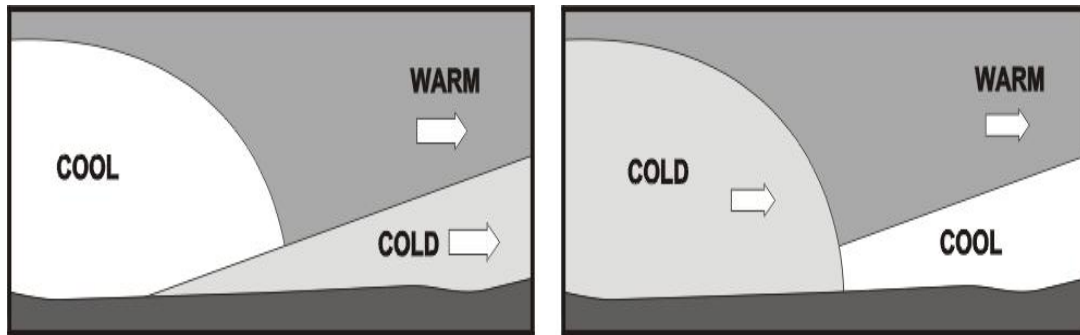
ง. สภาวะเกี่ยวกับการบิน เทียบต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมายในแนวปะทะอากาศเย็นที่รุนแรง สภาพอากาศที่เกิดขึ้นในสภาวะการบินผ่านแนวปะทะประกอบด้วย กระแสอากาศปั่นป่วน, น้ำแข็งเกาะเครื่องบิน, ความสูงของยอดเมฆ ชนิด และความรุนแรงของน้ำฟ้า ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามกรณีที่กำลังกล่าวไว้ข้างต้น ดังนั้นแนวปะทะอากาศเย็นแต่ละชนิดจึงต้องศึกษาเป็นกรณีไปเพื่อที่จะได้พิจารณาถึงผลกระทบซึ่งจะมีต่อสภาวะการบิน

7.3 แนวปะทะอากาศปิด (Occlusions)

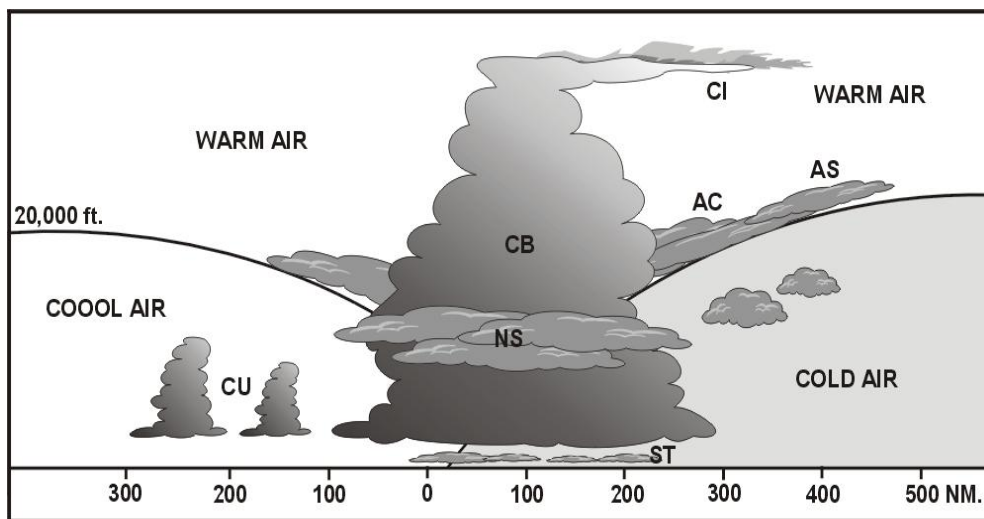
เนื่องจากแนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่เร็วกว่าแนวปะทะอากาศอุ่น และเมื่ออากาศเย็นหลัง แนวปะทะอากาศเย็นเคลื่อนที่ไปทันอากาศเย็นด้านหน้าแนวปะทะอากาศอุ่น ส่วนที่เป็นอากาศอุ่นจะถูกปิดกั้นจนเกิดแนวปะทะขึ้น แนวนี้เรียกว่า แนวปิด (Occlusion) แนวปะทะที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้เรียกว่า แนวปะทะอากาศปิด ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ :-

ก. แนวปะทะอากาศปิดชนิดอุ่น (Warm Front Type Occlusion)

เกิดเนื่องจากอากาศอุ่นระหว่างแนวปะทะอากาศอุ่น และแนวปะทะอากาศเย็น ถูกยกขึ้นเหนือพื้นผิว ถ้าอากาศเย็นที่อยู่ด้านหน้าแนวปะทะอากาศอุ่นนั้น เย็นกว่า อากาศที่ไหลในแนวปะทะอากาศเย็น ที่ตามมาด้านหลัง แล้วจะทำให้แนวปะทะอากาศเย็นซึ่งไหลไปซ้อนทับแนวปะทะอากาศอุ่น ที่อยู่ข้างหน้านั้นเคลื่อนไปอยู่ข้างบนของอากาศที่เย็นกว่า ลักษณะเช่นนี้เราเรียกว่า Upper Cold Front และแนวปะทะอากาศปิดชนิดนี้ เราเรียกว่า แนวปะทะอากาศปิดชนิดอุ่น (ดังรูป 9-1) มวลอากาศที่ก่อให้เกิดแนวปะทะชนิดนี้ ได้แก่ มวลอากาศขั้วโลกฝ่ายทวีป (CP-Polar Continental) เช่น บริเวณด้านตะวันตกของเทือกเขาร็อกกี



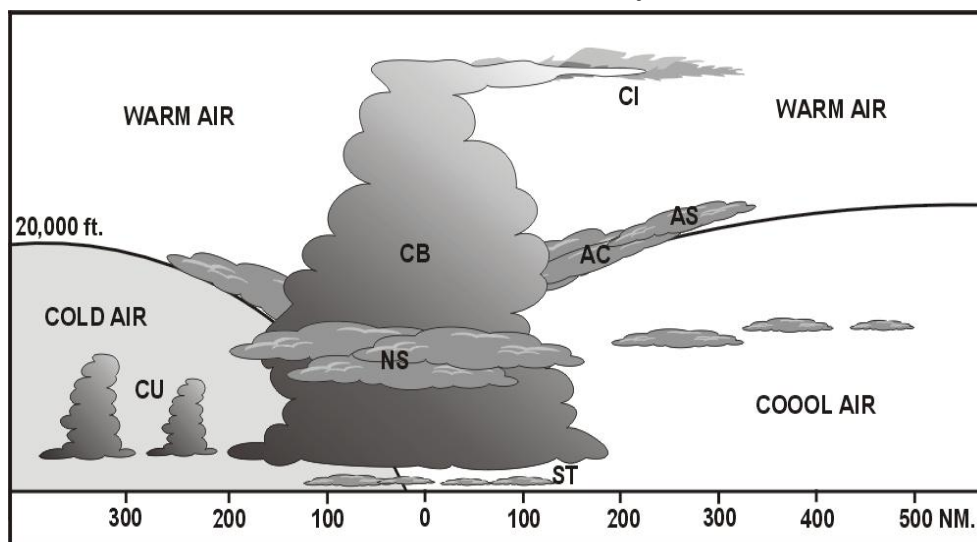
รูป 9 แนวปะทะอากาศปิดชนิดอุ่น และชนิดเย็น



รูป 9-1 สภาพอากาศในแนวปะทะอากาศปิดชนิดอุ่น

ข. แนวปะทะอากาศปิดชนิดเย็น (Cold Front Type Occlusion)

ถ้าอากาศเย็นด้านหลังแนวปะทะอากาศเย็นนั้น เป็นอากาศที่เย็นที่สุด ตามไปทันอากาศเย็นที่เย็นน้อยกว่าที่อยู่ด้านหน้าให้ลอยขึ้นไป ในกรณีนี้พบว่าแนวปะทะอากาศอุ่นจะอยู่ข้างบน (Warm Front Aloft) แนวปะทะอากาศชนิดนี้เรียกว่า แนวปะทะอากาศปิดชนิดเย็น (ดังในรูป 9-2)



รูป 9-2 สภาพอากาศในแนวปะทะอากาศปิดชนิดเย็น

7.3.1 สภาพอากาศในแนวปะทะอากาศปิด เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ตัวการที่ทำให้เกิดสภาพอากาศได้แก่ :-

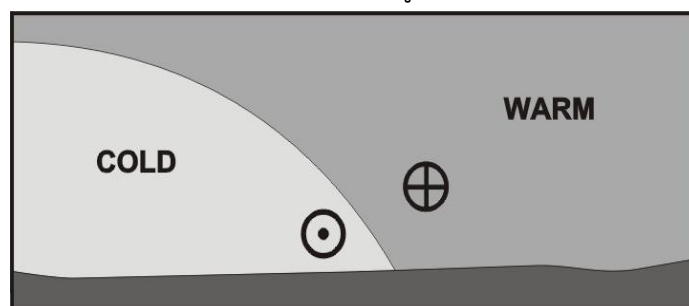
- 1) ปริมาณความชื้น และการทรงตัวของมวลอากาศ
- 2) ระยะเวลาที่เกิดแนวปะทะ (The Age of the Occlusion)

โดยปกติสภาพอากาศที่เกิดในแนวปะทะอากาศปิด จะเป็นลักษณะผสมกันระหว่างแนวปะทะทั้งสอง คือ มีทั้งฝนชุก (Shower) ปนไปกับน้ำฟ้าที่ตกอย่างต่อเนื่องในแนวปะทะอากาศอุ่น เมฆที่เกิดจะเป็นแบบผสมเช่นกัน ระหว่าง เมฆก่อตัวในทางตั้ง (Cumuliform) และ เมฆแผ่น (Stratiform) สภาพอากาศนั้นจะรุนแรง ในช่วงแรกของการเกิดแนวปะทะ (Initial Stage of Develop) ตลอดช่วงระยะของกรรมวิธีการเกิดแนวปะทะอากาศปิด คือ เริ่มตั้งแต่อากาศอุ่นถูกยกขึ้นไปในระดับสูงๆ จนถึงขั้นการสิ้นสุดการยกตัว ลักษณะของเมฆมีหลายชนิดและหลายระดับ

การบินตรงเข้าไปยังแนวปะทะอากาศปิดนั้น สังเกตได้ว่าจะมีเมฆชนิดที่คล้ายคลึงกันกับเมฆที่เกิดในแนวปะทะอากาศอุ่น และเมื่อบินเข้าใกล้แนวปะทะอากาศปิดทางด้านหลังจะพบกับลักษณะที่เป็นแบบแนวปะทะอากาศเย็น ในบางครั้งอาจจะมีเมฆระดับต่างๆ รวมกันเป็นชั้นหนา (Cloud Layer) เป็นชั้นๆ ซึ่งอยู่ในร่องของอากาศอุ่น (Trough of Warm Air)

7.4 แนวปะทะอากาศคงที่ (Stationary Front)

คือ แนวปะทะอากาศที่มีการเคลื่อนที่ในทางระดับน้อยมาก หรือไม่เคลื่อนที่เลย จากการตรวจพบว่า การเคลื่อนที่ของอากาศขึ้นไปตามลาดของแนวปะทะส่วนใหญ่มวลอากาศที่กล่าวถึงนั้นจะเป็นมวลอากาศอุ่น และเนื่องจากว่าอากาศเย็นนั้นจะไม่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือมาข้างหลังแนวปะทะ อีกทั้งยังไม่มี การเคลื่อนที่ในแนวตั้งอีกด้วย กล่าวคือ ถ้าอากาศเย็นมีการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่นั้นจะมีทิศทางขนานไปกับแนวปะทะ ในทางตรงข้ามอากาศอุ่นก็อาจจะเคลื่อนที่ตรงไปยังแนวปะทะได้เช่นกัน เมื่ออากาศอุ่นถูกยกขึ้นไปตามพื้นผิวแนวปะทะ และถ้าแนวปะทะมีการเคลื่อนที่ แนวปะทะนั้นอาจจะเป็นแนวปะทะอากาศเย็นหรือแนวปะทะอากาศอุ่นก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนเข้ามาแทนที่ของมวลอากาศนั้น (ดังแสดงไว้ในรูป 10)



(รูป 10)

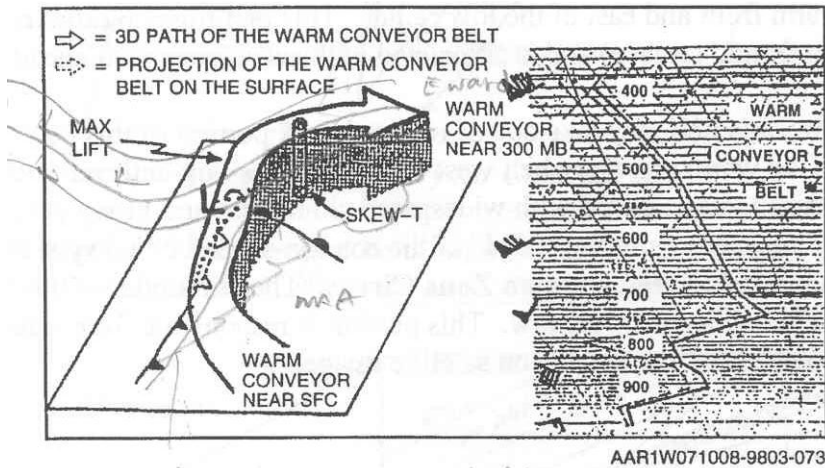
การไหลของอากาศบริเวณหย่อมความกดอากาศต่ำในแนวปะทะอากาศ (Baroclinic low)

การไหลผ่านของอากาศบริเวณหย่อมความกดอากาศต่ำในแนวปะทะอากาศจำแนกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

1. Warm conveyor belt
2. Cold conveyor belt
3. Dry air conveyor belt

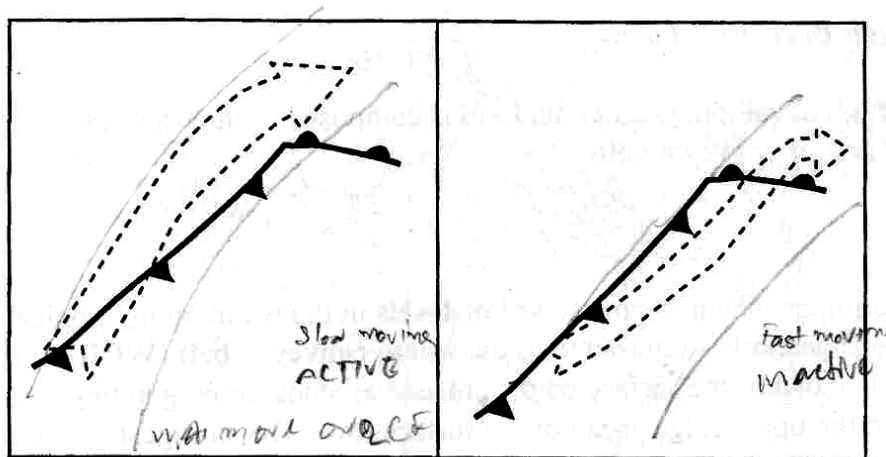
1. Warm conveyor belt

คือ การไหลขึ้นของอากาศอุ่นขึ้นเขตร้อนที่เกิดขึ้นตั้งแต่ระดับต่ำทางแถบศูนย์สูตร (Equatorward) ของหย่อมความกดอากาศต่ำ หรือการไหลขึ้นของอากาศที่อยู่ด้านหน้าของแนวปะทะอากาศเย็นที่ผิวพื้นโดยมีทิศทางมุ่งไปยังแถบขั้วโลก (Poleward) ในลักษณะของแอนติไซโคลนไปตามส่วนสูงที่เพิ่มขึ้น ตามลิ้มความกดอากาศสูงระดับบน (upper ridge) ที่อยู่ด้านหน้าของหย่อมความกดอากาศต่ำที่ผิวพื้น อากาศที่ไหลขึ้นไปตามส่วนสูงที่เพิ่มขึ้นจะรุนแรงมากที่สุด บริเวณใกล้กับหย่อมความกดอากาศต่ำ ทางตอนเหนือของ warm conveyor belt มักปรากฏ Baroclinic Zone Cirrus ทั้งนี้เนื่องจากอากาศอุ่นขึ้นถูกยกขึ้นไปในบรรยากาศระดับสูง



Warm conveyor belt

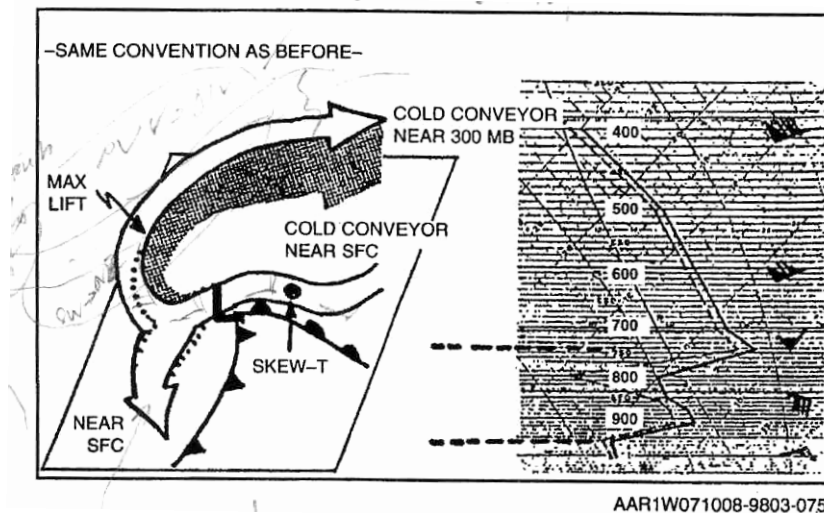
รูปแบบของ Warm conveyor belt ที่อยู่ด้านหน้าของแนวปะทะอากาศเย็นและเคลื่อนที่ไปทางขั้วโลก แบ่งออกเป็นสองรูปแบบคือ ถ้าแนวปะทะอากาศเย็นชนิดเคลื่อนที่ช้า (Slow moving cold front) การไหลของอากาศจะไหลขึ้นไปตามพื้นผิวของแนวปะทะอากาศ (frontal surface) โดยลาดเอียงไปทางด้านหลัง (rearward sloping ascent) แต่ถ้าแนวปะทะอากาศเย็นชนิดเคลื่อนที่เร็ว (Fast moving cold front) การไหลของอากาศจะไม่ยกตัวไปตามพื้นผิวของแนวปะทะอากาศ แต่จะไหลขึ้นไปตามพื้นผิวของแนวปะทะอากาศอุ่น ดังนั้นจะลาดเอียงไปทางด้านหน้า (forward sloping ascent)



รูปแบบการไหลของอากาศของ Warm conveyor belt

2. Cold conveyor belt

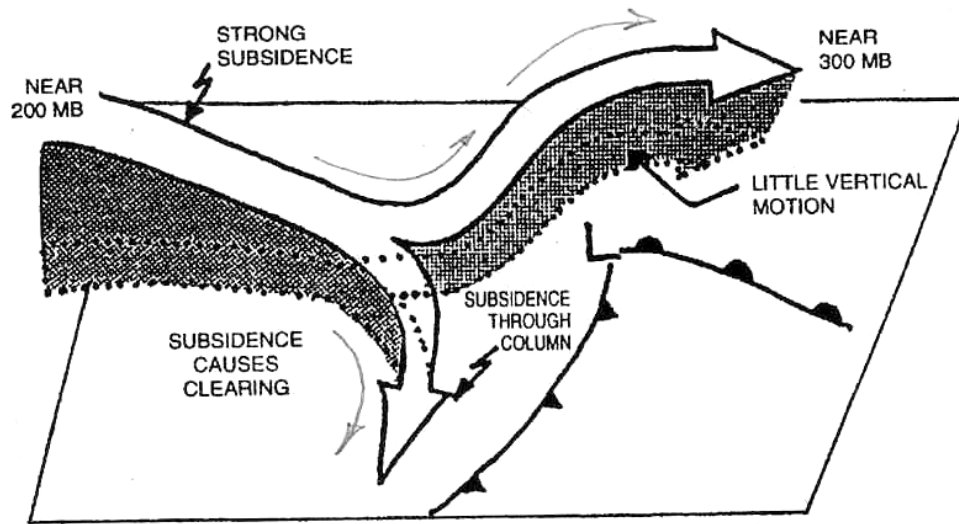
คือ การไหลของอากาศที่เริ่มจากระดับต่ำทางด้านซ้ายของโลกของแนวปะทะอากาศอุ่นที่ผิวพื้นหรือบริเวณด้านตะวันออกของศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางด้านตะวันตกและอยู่ด้านล่างของ Warm conveyor belt อันเป็นผลมาจากการจมตัวลงของอากาศทางด้านหน้าของหย่อมความกดอากาศต่ำ ขณะที่เคลื่อนไปทางทิศตะวันตกของหย่อมความกดอากาศต่ำ การไหลของอากาศจะแยกออกเป็นสองเส้นทาง ส่วนหนึ่งของอากาศที่อยู่ทางด้านตะวันตกของหย่อมความกดอากาศต่ำจะยกตัวขึ้นมาจากด้านใต้ อย่างรวดเร็ว และไปรวมกับ warm conveyor belt ในลักษณะแอนตี้ไซโคลนจนมาบรรจบกับลิ่มความกดอากาศสูงระดับบน บริเวณที่มีการยกตัวรุนแรงที่สุดจะสัมพันธ์กับจำนวนเมฆปกคลุมเป็นบริเวณกว้างและมีฝนตกหนักทางตอนเหนือและตะวันตกของหย่อมความกดอากาศต่ำ ในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาจะปรากฏให้เห็นเป็นส่วนหัวของระบบ Comma cloud และ Deformation zone cirrus ส่วนอีกเส้นทางหนึ่งจะเคลื่อนตัวแบบไซโคลนอ้อมไปทางด้านตะวันตกของหย่อมความกดอากาศต่ำ นำพาอากาศเย็นมาสู่บริเวณดังกล่าวและหากบริเวณนั้นมีความชื้นจะปรากฏเป็นเมฆสตราโตคิวมูลัสในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาโดยเฉพาะทางด้านทิศใต้และทิศตะวันตกของหย่อมความกดอากาศต่ำ



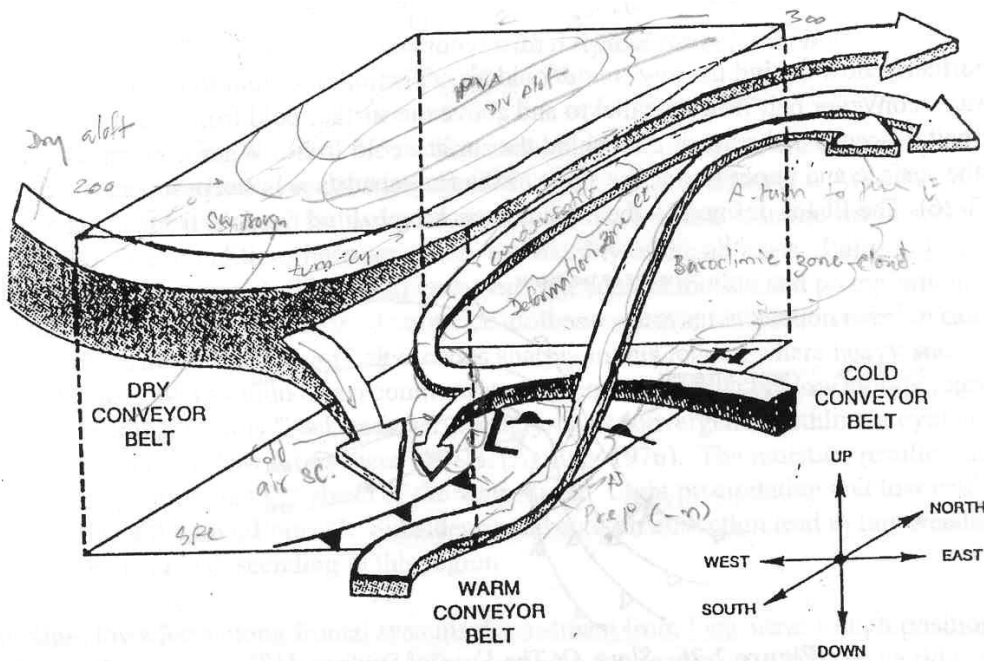
Cold conveyor belt

3. Dry air conveyor belt

การไหลของอากาศในส่วนที่สามเกิดขึ้นในบรรยากาศชั้นบน เริ่มต้นจากทางด้านต้นลม (upstream) ของ shortwave trough โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกและจมตัวลงเมื่อเข้าใกล้บริเวณร่องความกดอากาศต่ำ (Trough) ที่ระดับ 500 hPa การไหลของอากาศจะแยกตัวออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะเคลื่อนที่ในลักษณะไซโคลนในระยะแรก ต่อจากนั้นจะเปลี่ยนแอนตี้ไซโคลนตามระบบของลมในระดับบน โดยจะเคลื่อนที่ไปทางตอนเหนือและทิศตะวันตกของ warm conveyor belt ในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาจะปรากฏเป็นขอบราบเรียบทางด้านซ้ายของโลกของ Deformation zone cirrus ส่วนที่สุดท้ายจะเคลื่อนตัวลงสู่บรรยากาศระดับต่ำไปอยู่ภายใต้พื้นผิวของแนวปะทะอากาศเย็นโดยเคลื่อนตัวไปทางด้านหลังของหย่อมความกดอากาศต่ำที่ผิวพื้นในลักษณะของแอนตี้ไซโคลน ส่วนนี้ทำให้เกิดเมฆสตราโตคิวมูลัสเกิดขึ้นและขยายตัวออกไปทางด้านตะวันตกของหย่อมความกดอากาศต่ำที่ผิวพื้น



Dry Air conveyor belt

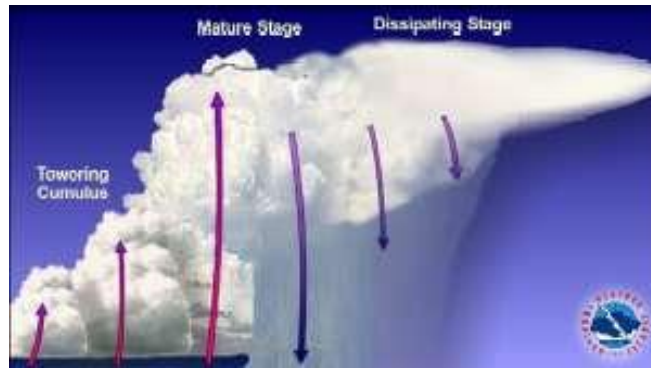


Combined Conveyor Belts Around Baroclinic low

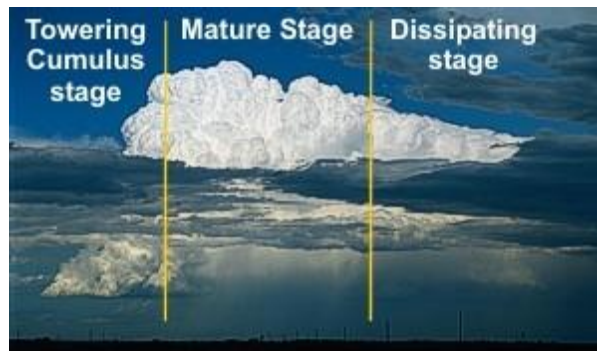
พายุฟ้าคะนองในเขตอบอุ่น (Mid latitude Thunderstorms)

1. Multi cell Cluster

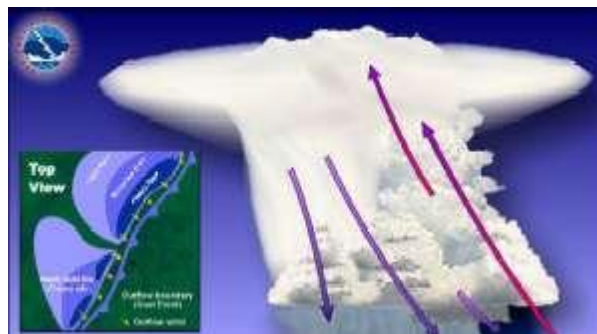
ถึงแม้ว่าพายุฟ้าคะนองแบบเซลล์เดียว (Single cell thunderstorm/ordinary cell) ที่มีวงจรชีวิตตั้งแต่ขั้นก่อตัว ขั้นเจริญเติบโตเต็มที่และขั้นสลายตัวโดยไม่มีการก่อตัวขึ้นใหม่ของเซลล์พายุฟ้าคะนองก็ตาม แต่ก็อาจจะมีพายุฟ้าคะนองอยู่รวมกลุ่มกันหลายๆ เซลล์ แต่ละเซลล์มีขั้นตอนของการพัฒนาตัวแตกต่างกันไปและมีลักษณะเช่นเดียวกับพายุฟ้าคะนองแบบเซลล์เดียว ลักษณะที่โดดเด่นและแตกต่างไปจากพายุฟ้าคะนองแบบเซลล์เดียวคือเงื่อนไขของบรรยากาศโดยทั่วไปขณะนั้น กล่าวคือ ภายหลังจากเซลล์พายุฟ้าคะนองในขั้นเจริญเติบโตเต็มที่ (mature stage) ถูกพัดพาไปทางด้านปลายลมโดยกระแสลมในระดับบน จะมีเซลล์พายุที่เกิดขึ้นใหม่ทางด้านต้นลมของเซลล์พายุที่เกิดขึ้นก่อน ลักษณะดังกล่าว เรียกว่า Multi cell Cluster



ความเร็วในการเคลื่อนของกลุ่มเซลล์พายุฟ้าคะนองที่เคลื่อนที่ไปทางด้านปลายลม ทำให้ปริมาณน้ำฝนในบางพื้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมาก และบ่อยครั้งที่เส้นทางการเคลื่อนที่ของเซลล์เดี่ยวบางเซลล์ที่เคลื่อนไปทางด้านปลายลมแล้วจะเป็นเส้นทางการเคลื่อนที่ของเซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้นในภายหลัง ลักษณะรูปแบบของการเคลื่อนที่ดังกล่าวเมื่อปรากฏบนจอเรดาร์เรียกว่า “training echoes” หรือ “back building thunderstorm” ถ้าหากทำการตรวจอากาศอย่างละเอียดจะทำให้เราสามารถนับจำนวนของเซลล์เดี่ยวๆ ที่เคลื่อนตัวผ่านสถานี โดยสังเกตทิศทางที่ได้ยินเสียงฟ้าร้องในครั้งแรกจะพบว่าเสียงฟ้าร้องจะดังมากเมื่อพายุฟ้าคะนองนั้นเคลื่อนที่ใกล้เข้ามา หลังจากเคลื่อนที่ผ่านไปเสียงฟ้าร้องก็จะลดลง ต่อจากนั้นจะได้ยินฟ้าร้องดังเพิ่มขึ้นอีกครั้งจากพายุฟ้าคะนองของเซลล์ถัดมาที่เคลื่อนที่มาทางทิศทางเดียวกันกับเซลล์แรก ดังนั้นภาพสะท้อนในจอเรดาร์จึงมีลักษณะคล้ายกับไม่มีการเคลื่อนที่ของเซลล์พายุฟ้าคะนอง อย่างไรก็ตามถ้าเซลล์พายุฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นใหม่มีความรุนแรงมากกว่าจะพบว่ากลุ่มพายุฟ้าคะนองอาจมีการเคลื่อนที่ไปทางด้านลม Multi cell cluster ก่อให้เกิดฝนตกหนักในพื้นที่แคบๆ เป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันได้



ในบางครั้งกลุ่มเซลล์ของพายุฟ้าคะนองเหล่านี้อาจเป็นแนวยาวขยายตัวออกไปทางด้านข้างนับเป็นระยะทางหลายร้อยไมล์ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า Multi cell line หรือ Squall line สามารถที่คงอยู่ได้หลายชั่วโมง และก่อให้เกิดความเสียหายอันเกิดจากลมแรงและลูกเห็บ

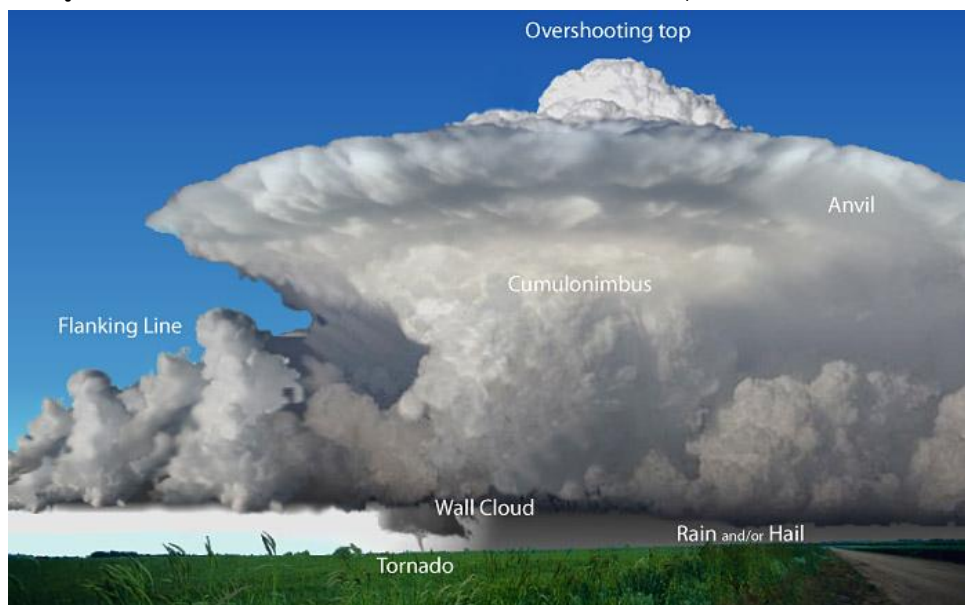


กระแสอากาศไหลขึ้นและการก่อตัวของเซลล์พายุฟ้าคะนองเซลล์ใหม่เกิดขึ้นบริเวณขอบด้านหน้าของระบบอย่างต่อเนื่อง ตามด้วยฝนหรือพายุถูกเห็บทางด้านหลังของระบบ กระแสอากาศไหลขึ้นและกระแสอากาศไหลลงของแต่ละเซลล์มีความรุนแรงอย่างมาก ทำให้มีลูกเห็บขนาดใหญ่และลมที่ไหลออกไปจากเซลล์พายุฟ้าคะนอง (outflow wind) มีความรุนแรงอย่างมาก ขณะที่พายุทอร์นาโดบางครั้งเกิดขึ้นบริเวณขอบด้านหน้าของ Squall line ก่อให้เกิดความเสียหายเป็นแนวยาว อันเป็นผลมาจากแรงเฉียร์ (shear force) ของกระแสอากาศไหลลงจากเซลล์พายุฟ้าคะนองที่แผ่ออกไปในแนวระนาบเมื่อไหลลงสู่พื้นดิน บริเวณขอบด้านหน้าของ Squall line มักพบเมฆแขนงตัวในระดับต่ำในลักษณะเป็นวงโค้งเรียกว่า “Shelf cloud” เกิดจากการที่อากาศเย็นอันเนื่องมาจากฝนแผ่กระจายลงมาทางตอนใต้ของ Squall line เกิดเป็นแนวปะทะอากาศเย็นแบบย่อยๆ (mini cold front) อากาศเย็นมีความหนาแน่นมากกว่าหนักกว่าจะผลักให้อากาศร้อนซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าและเบากว่าลอยตัวขึ้นไป แต่เนื่องจากการลอยตัวขึ้นและเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วของอากาศร้อนจึงปรากฏเป็น Shelf cloud ขึ้น



2. Super Cell Thunderstorm

พายุฟ้าคะนองแบบ Super Cell เป็นพายุฟ้าคะนองแบบเซลล์เดียวที่มีลักษณะพิเศษ กล่าวคือ สามารถคงอยู่ได้นานนับหลายชั่วโมง พายุทอร์นาโดเกือบจะทั้งหมดที่เกิดขึ้นในสหรัฐอเมริกา รวมทั้งการตกของลูกเห็บขนาดใหญ่เท่ากับลูกกอล์ฟเกิดจากเมฆชนิดนี้ Super cell มักก่อให้เกิดพายุลมแรงและน้ำท่วมฉับพลันได้



คุณลักษณะเฉพาะของ Super cell คือการหมุนบิตเกลียวของกระแสอากาศไหลขึ้น โดยทั่วไปจะหมุนแบบไซโคลน ผลจากการก่อตัวของพายุทำให้เกิดเฉียร์ในทางตั้ง (vertical wind shear) เกิดขึ้นโดยรอบ ๆ พายุ ซึ่งสามารถมองเห็นการหมุนนั้นได้เป็นอย่างดี



แนวคิดส่วนใหญ่ในทางอุตุนิยมวิทยาของการเกิด Super cell นั้นเริ่มจากลมจะเวียนไปตามเข็มนาฬิกาตามความสูงที่เพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น ลมที่ผิวพื้นเป็นทิศใต้แล้วเปลี่ยนเป็นลมทิศตะวันตกที่ระดับความสูง 15,000 ฟุต การเปลี่ยนทิศทางและความเร็วให้พายุบิดตัว หมายความว่าภายในเมฆเกิดการหมุนขึ้นและจะพบริ้วเมฆบิดตัวไปตามการหมุนของกระแสอากาศไหลขึ้น

กระแสอากาศไหลขึ้นด้วยความเร็วมากกว่า 100 ไมล์ต่อชั่วโมง สามารถที่จะก่อให้เกิดลูกเห็บขนาดใหญ่และพายุทอร์นาโดอย่างรุนแรงมาก กระแสอากาศไหลลงมีความรุนแรงมากกว่า 100 ไมล์ต่อชั่วโมง เป็นสิ่งบ่งบอกถึงอำนาจในการทำลายล้างสูงและเป็นภัยคุกคามต่อชีวิตและทรัพย์สินอย่างมาก

ในทางไดนามิกส์ Super cell ทุกชนิดมีหลักการพื้นฐานเดียวกัน อย่างไรก็ตามพบว่าลักษณะที่ปรากฏของ Super cell ยังมีความแตกต่างกันอยู่บ้าง ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฟ้าที่เกิดรวมกับพายุฟ้าคะนองและลักษณะของน้ำฟ้าที่ตกในบริเวณกระแสอากาศไหลขึ้นหรือตกห่างออกไปจากกระแสอากาศไหลขึ้นก็ตาม จากลักษณะที่ปรากฏสามารถนำมาจำแนก Super cell ออกได้ 3 กลุ่มคือ

1. Rear Flank Supercell – Low precipitation (LP)
2. Classic (CL)
3. Front Flank Supercell-High precipitation (HP)



สำหรับ Low precipitation (LP) ลักษณะบิดเกี่ยวของกระแสอากาศไหลขึ้นจะอยู่บริเวณด้านข้างทางด้านหลังของพายุ (rear flank) มีน้ำฟ้าตกเบาบางหรือไม่มีน้ำฟ้าบริเวณกระแสอากาศไหลขึ้น ลูกเห็บขนาดใหญ่เกิดขึ้นได้ยากและในภาพสะท้อนของเรดาร์ตรวจอากาศจะไม่ปรากฏลักษณะของรูปตะขอ (hook echo)

ส่วนใหญ่ของ Super Cell จะตกอยู่ในกลุ่มของ Classic ซึ่งมีฐานของเมฆบริเวณกระแสอากาศไหลขึ้นราบเรียบและมีขนาดใหญ่ โดยทั่วไปมีลักษณะคล้ายกำแพงเมฆล้อมรอบบริเวณกระแสอากาศไหลขึ้น บริเวณ

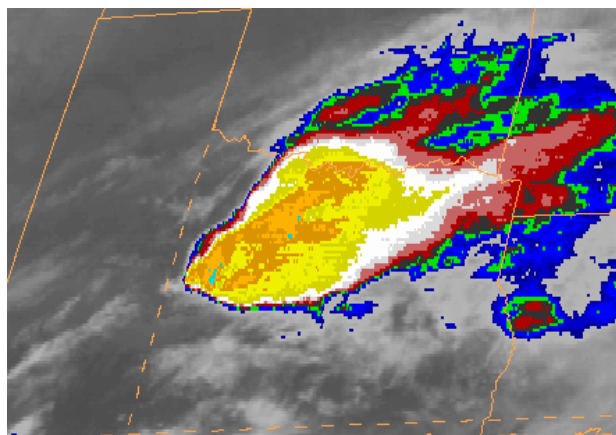
รอยต่อระหว่างกระแสอากาศไหลขึ้นจะมีน้ำฟ้าตกหนักร่วมกับลูกเห็บขนาดใหญ่และเป็นบริเวณที่เกิดพายุทอร์นาโด



Front Flank super Cell (HP supercell) การบิดเกลียวของกระแสอากาศไหลขึ้นอยู่บริเวณด้านหน้าของพายุและมีน้ำฟ้าตกรอบบริเวณนี้และมีลักษณะกำแพงเมฆเช่นเดียวกันแต่หากน้ำฟ้าตกหนักอาจปิดบังส่วนของกำแพงเมฆได้ ขณะเดียวกันหากเกิดทอร์นาโดก็อาจถูกปิดบังจากน้ำฟ้าที่ตกหนักด้วยเช่นกัน

3. Mesoscale Convective System

พิจารณาจากระบบและรูปแบบของเมฆและน้ำฟ้า ซึ่งตัดปกคลุมพื้นที่ตั้งแต่ 20–500 กม. และครอบคลุมในห้วงเวลา ตั้งแต่ 3–12 ชม. เกิดจากเมฆซึ่งการยกตัวของอากาศอย่างรุนแรงมาก (Deep Convection) บางช่วงเวลาในระหว่างการเกิดจนกระทั่งสลายตัว Chappell (1956) ได้ให้ข้อเสนอแนะในการพิจารณา Multicell Storm โดยให้พิจารณารูปแบบของโครงสร้างที่ถูกสร้างขึ้นมา ซึ่งพบว่าช่วงเวลาการเกิดจนสลายตัว จะใช้เวลานานกว่าพายุฟ้าคะนองประเภทอื่นๆ Zipper (1982) กล่าวว่า MCS มีคุณลักษณะเฉพาะ โดยที่ outflow ในบรรยากาศระดับบนจะพบ Cloud Shield ลักษณะดังกล่าวพบได้ในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานการวิเคราะห์ระบบของ MCS ดังตัวอย่างรูป



แสดงให้เห็นบริเวณ Outflow ที่อยู่เหนือกระแสอากาศไหลลง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่โดดเด่นของ MCS ที่เป็นเงื่อนไขสำคัญที่ผิวพื้นที่อยู่ภายใต้ Cloud Shield ตามปกติการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผิวพื้นของ MCS จะปรากฏ Meso High ซึ่งมีน้ำฟ้าเกิดร่วมด้วย และการยกตัวอย่างของอากาศเหนี่ยวนำทำให้เกิด Outflow Boundary บ่อยครั้งที่ MCS มีความหมายในเชิงของโครงสร้างของการยกตัวของอากาศ (Organize Convection) ทั้งนี้เนื่องจากความคงอยู่ตามธรรมชาติและปรากฏการณ์บางอย่างที่ส่งผลต่อการเกิด MCS (Meddow 1983)

MCS จำแนกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ ในลักษณะของทรงกลม และเป็นแถบหรือแนวยาว ซึ่งขึ้นอยู่กับความรูปทรง (Eccentricity) ที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา MCS ที่มีลักษณะทรงกลมขนาดใหญ่จะมีเงื่อนไขดังตารางข้างล่างเรียกว่า Mesoscale Convective Complex (MCS) (Maddox 1980) ในขณะที่ MCS ที่มีขนาดเล็กกว่า และมีลักษณะทรงกลมน้อยกว่าเรียกว่า Convective Cluster

สำหรับ MCS ที่มีลักษณะเป็นแถบหรือแนวยาว โดยทั่วไป จะพบ Cloud Shield ที่มีความยาวมากกว่าความกว้าง ตัวอย่างเช่น Squall Line และ Derecho (Johns and Hirt 1987) (Derecho = LEWP = Line Echo Wave Pattern)

MCS ก่อให้เกิดสภาพอากาศรุนแรง หรือน้ำท่วมฉับพลันหรือทั้งสองอย่าง ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมโดยรอบที่ MCS ก่อตัวขึ้น การยกตัวของอากาศ ในการ MCS ไม่ว่าจะเป็นกรณีใดๆ เป็นอันตรายต่อการบิน Zipper (1982) กล่าวว่า “มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรแยกแยะระหว่าง โครงสร้างก่อตัวในทางตั้ง (Organize Convection) และ โครงสร้างการก่อตัวทางตั้งอย่างรุนแรง (Severe Convection) ซึ่งมีกรณีของตัวอย่างจำนวนมากที่มีความแตกต่างกัน ”

Criteria for Classification as a MCC	
A Mesoscale Convective Complex (MCC) is a MCS that meets the following satellite-based criteria established by Maddox (1980)	
Size:	A. cloud shield with continuously low IR temperature $\leq -32^{\circ}\text{C}$ must have an area $\geq 100,000 \text{ km}^2$ (<i>half the size of the State of Kansas</i>) B. interior cold cloud region with temperature $\leq -52^{\circ}\text{C}$ must have an area $\geq 50,000 \text{ km}^2$
Duration:	size definitions A and B must be met for a period of 6 hours or more
Maximum Extent:	contiguous cold-cloud shield (IR temperature $\leq -32^{\circ}\text{C}$) reaches maximum size
Shape:	eccentricity (minor axis/major axis) ≥ 0.7 at time of maximum extent

MCC คือ ระบบ MCS ซึ่งมีลักษณะเฉพาะในการถ่ายภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาดังนี้ (Maddox ,1980)

1. ขนาด (size) :

1.1 cloud shield ที่ปกคลุมในภาพ IR มีอุณหภูมิน้อยกว่า หรือเท่ากับ -32°C ต้องปกคลุมพื้นที่มากกว่าหรือเท่ากับ 100,000 ตร.กม.

1.2 บริเวณพื้นที่ภายในเมฆที่มีค่าอุณหภูมิน้อยกว่า หรือเท่ากับ -52°C ปกคลุมพื้นที่มากกว่าหรือเท่ากับ 50,000 ตร.กม.

2. ระยะเวลา ขนาดที่ปรากฏตามข้อ 1 ต้องปกคลุมอยู่อย่างน้อย 6 ชั่วโมง หรือมากกว่า

3. Maximum extent : การขยายตัวของ cloud cloud (IR – อุณหภูมิ น้อยกว่าหรือเท่ากับ -32) ขยายตัวอย่างเต็มที่

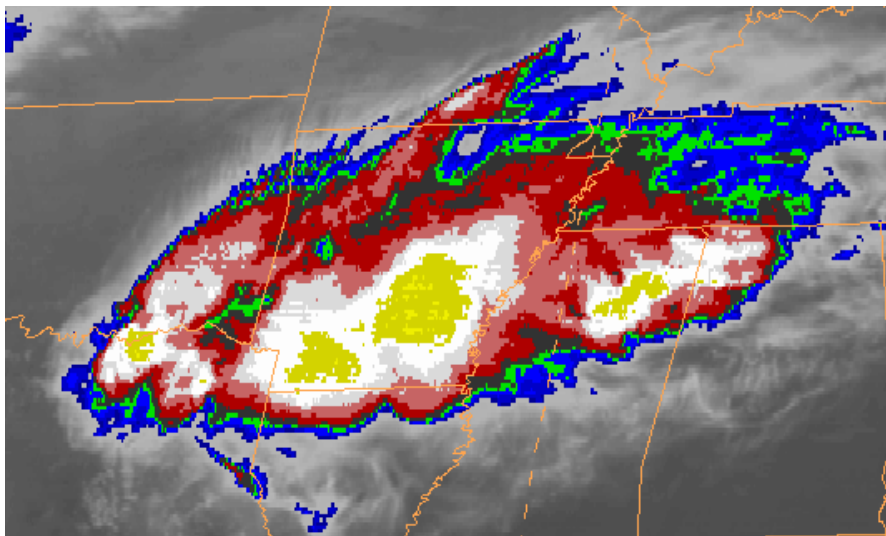
4. รูปทรง (Shape) : Eccentricity มากกว่าหรือเท่ากับ 0.7 ในช่วงที่มีการขยายตัวออกได้มากที่สุด

ดังนั้น ต้องมั่นใจว่าระบบการยกตัวของอากาศอยู่ในเกณฑ์พิจารณาข้างต้นจึงจะจัดว่าเป็น MCC หาก MCS ใดที่ไม่เข้าเกณฑ์จึงไม่ควรเรียกว่า MCC

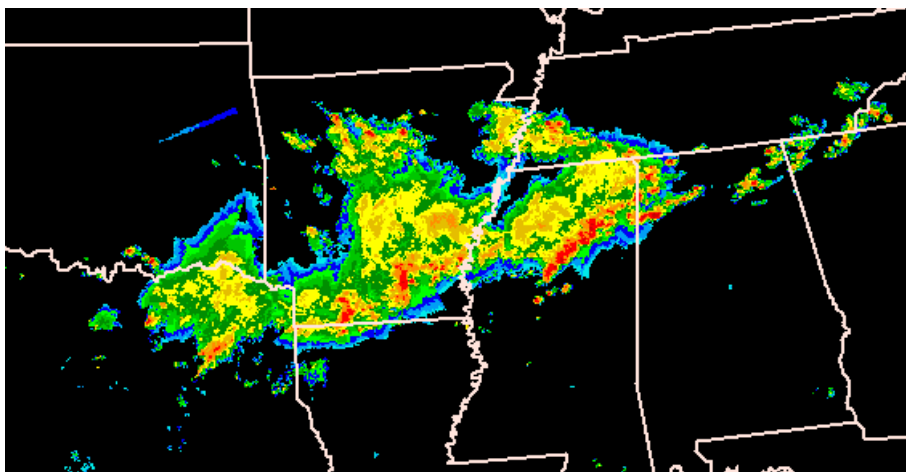
Mesoscale Convective System Propagation

หมายถึง ปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ของกลุ่มเซลล์พายุที่ยกตัวในทางตั้ง (Convective Cluster) อันเป็นเนื่องจากการก่อตัวขึ้นใหม่ทางด้านข้างของเซลล์พายุ ภายในกลุ่มเซลล์พายุบางเซลล์อาจเคลื่อนที่ไปตามค่าเฉลี่ยของลม แต่หากพิจารณาโดยภาพรวมของกลุ่มเซลล์เหล่านั้นจะพบว่าทิศทางการเคลื่อนที่เป็นของระบบเอง โดยเฉพาะในการแปลความภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา MCS Propagation หมายถึง ทิศทางการเคลื่อนย้าย (Translation) ของกลุ่มเซลล์โดยรวมในระบบ MCS อันเนื่องมาจากการก่อตัว การพัฒนาขึ้นหรือการไปรวมกับกลุ่มเซลล์พายุกลุ่มอื่น (Juying and Scofield, 1989) บางครั้งเรียกว่า MESO-Beta elements, MBEs ดังนั้นการพิจารณาทิศทางการเคลื่อนที่ของ MCS หลักการพื้นฐานจะต้องพิจารณาจากภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา โดยพิจารณาทิศทางการเคลื่อนที่ของศูนย์กลางของระบบหรือกลุ่มเซลล์พายุเป็นส่วนใหญ่ โดยไม่พิจารณาการแผ่ขยายออกไปทางด้านปลายลมของส่วนยอดเมฆ ซึ่งตามปกติทิศทางการแผ่ขยายออกไปของส่วนยอดของเมฆนั้น ไม่ได้เป็นทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของ MCS

ตัวอย่างของ Mesoscale Beta Element



MCS on Satellite Image 1145 UTC 10 May 2002



Radar image 1141 utc 10 max 2002

MBE สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน โดยการใช้รูปของภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งสามารถมองเห็นเซลล์พายุที่รุนแรงขึ้นได้ง่าย (Active Cell) ซึ่งจะสัมพันธ์กับผลการตรวจอากาศของเรดาร์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา กับเรดาร์ตรวจอากาศ ทำให้สามารถที่จะค้นหา MBE ได้

สำหรับการเคลื่อนที่ ของ MCS จำแนกออกเป็น 4 รูปแบบ (Juying and Scofield 1989) ดังนี้

1. เคลื่อนที่ไปด้านหน้า (Foreword Propagation) MCS เคลื่อนที่ไปทางด้านทิศตะวันออก เช่น NE, E หรือ SE
2. เคลื่อนที่ไปทางด้านหลัง (Backward Propagation) MCS เคลื่อนที่ไปตามแกนด้านทิศตะวันตก เช่น NW, W หรือ SW
3. เกือบไม่เคลื่อนที่ (Quart Stationary Propagation) MCS เคลื่อนที่เพียงเล็กน้อยหรือไม่เคลื่อนที่เลย
4. การก่อตัวขึ้นใหม่ (Regenerative System) การก่อตัวขึ้นของ MCS ตั้งแต่ 2 ระบบหรือมากกว่าที่แยกจากกัน แต่เคลื่อนที่ผ่านเหนือบริเวณเดียวกัน ภายในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

การคาดการณ์การเคลื่อนที่ของ MCS ทั้งที่เป็นแบบถอยกลับ เกือบไม่เคลื่อนที่ หรือก่อตัวขึ้นใหม่ นั้นสำคัญอย่างมากต่อสถานการณ์น้ำท่วมฉับพลัน

ภูมิอากาศแถบขั้วโลก

ลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศ

เขตขั้วโลกได้แก่บริเวณพื้นที่เหนือเส้นอาร์คติกหรือละติจูดที่ $66\frac{1}{2}$ องศาเหนือ และใต้เส้นแอนตาร์คติกหรือละติจูดที่ $66\frac{1}{2}$ องศาใต้ เนื่องจากบริเวณขั้วโลกทั้งสองเขตนี้มีลักษณะสภาพอากาศที่เป็นอันตรายคล้ายๆ กัน จึงขอศึกษาในขอบเขตของอาร์คติกซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศที่เป็นทั้งแผ่นดินและน้ำ ประกอบด้วยพื้นที่บางส่วนของของยุโรปตอนเหนือและเอเชียเหนือ, หมู่เกาะในแคนาดา, พื้นที่บางส่วนของอลาสก้า และพื้นที่ส่วนใหญ่ของกรีนแลนด์บริเวณเหนือละติจูดที่ 75 องศาเหนือขึ้นไป พื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยน้ำแข็งตลอดปี ทำให้เกิดทะเลที่มีน้ำแข็งอัดกันแน่นและลึกลงเป็นน้ำแข็งถาวรโดยจะขยายพื้นที่ลงมาทางใต้ในช่วงที่เป็นฤดูหนาว

ปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดลักษณะภูมิอากาศในเขตอาร์คติกได้แก่จำนวนพลังงานที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ ซึ่งความร้อนที่ได้รับในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับ

- ระยะเวลาที่แสงส่องสว่าง
- มุมตกกระทบของแสงอาทิตย์
- ค่าเฉลี่ยของจำนวนเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า

ในช่วงฤดูหนาวเขตอาร์คติกได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เพียงเล็กน้อยหรือไม่ได้รับโดยตรง และเกิดสูญเสียความร้อนในระหว่างกลางคืนที่ยาวนานโดยการแผ่รังสี (Radiation) ปรากฏการณ์แบบนี้จะเกิดขึ้นยาวนานและต่อเนื่องในแต่ละช่วงฤดูหนาว

พลังงานจากดวงอาทิตย์ไม่ได้เป็นตัวกำหนดลักษณะภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกเช่น การกระจายของแผ่นดินและน้ำ, ลักษณะทางกายภาพของแผ่นดินและกระแสน้ำ ปัจจัยเหล่านี้มีอิทธิพลต่อคุณลักษณะของมวลอากาศ

เนื่องจากการเอียงตัวของแกนโลกและการโคจรรอบดวงอาทิตย์ทำให้ตำบลต่างๆ ในบริเวณเขตอาร์คติกจะเป็นฤดูใบไม้ร่วงและฤดูหนาวเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ลับขอบฟ้าตลอดวันเป็นเวลา 6 เดือน ในช่วงกลางวันฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อนจะมีแสงส่องสว่างอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชม. เป็นเวลา 2-3 เดือน

ลักษณะของน้ำ

มหาสมุทรอาร์คติกและพื้นที่บางส่วนของมหาสมุทรแอนแลนติกตอนเหนือและแปซิฟิกตอนเหนือมาประกอบกันเป็นพื้นที่ในเขตอาร์คติก พื้นที่น้ำส่วนใหญ่ปกคลุมขั้วโลกเหนือตลอดทั้งปีมีลักษณะเป็นชั้นน้ำแข็งที่ลึกลงและอัดกันแน่นจนเป็นน้ำแข็งถาวร และจะขยายวงกว้างขึ้นในช่วงฤดูหนาว แต่ในช่วงที่เป็นฤดูร้อนอาจเกิดเป็นรอยแยกแตกได้ แม้ว่าจะมีน้ำแข็งปกคลุมแต่คุณสมบัติของน้ำจะทำให้อุณหภูมิไม่รุนแรงเนื่องจากน้ำแข็งและน้ำมีความสามารถเก็บกักความร้อนได้ดีกว่าบริเวณแผ่นดินโดยรอบที่มีอากาศหนาวจัด ในช่วงฤดูร้อนอากาศยังคงเย็นอยู่พื้นที่ชายฝั่งและมหาสมุทรจะมีลักษณะภูมิอากาศไม่หนาวจัดระหว่างช่วงฤดูหนาว

ลักษณะของแผ่นดิน

พื้นที่ที่เป็นแผ่นดินในเขตนี้ได้แก่บางส่วนของยุโรปตอนเหนือและเอเชีย, หมู่เกาะในแคนาดา, บางส่วนของอลาสก้า, พื้นที่ส่วนใหญ่ของกรีนแลนด์และหมู่เกาะ Svalbard ของนอร์เวย์

บริเวณที่เป็นเทือกเขาในแถบไซบีเรีย, อเมริกาเหนือและกรีนแลนด์ มีส่วนสำคัญต่อลักษณะภูมิอากาศและแหล่งกำเนิดของมวลอากาศ เนื่องจากเทือกเขาเป็นตัวกั้นขวางการเคลื่อนตัวของอากาศ ลมที่พัดแรงที่สุด

มักจะพบตามชายฝั่งด้านตะวันออกของกรีนแลนด์ ซึ่งมีบริเวณความกดอากาศสูง ปกคลุมอยู่พื้นที่ทางตอนในและมีหย่อมความกดอากาศต่ำปกคลุมบริเวณน่านน้ำที่กว้างใหญ่

อุณหภูมิ

ในช่วงฤดูหนาวเขตอาร์คติกอากาศจะหนาวจัด แต่บริเวณที่เป็นน่านน้ำจะอุ่นกว่าเขตพื้นที่ทางตอนในตามปกติอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาฟาเรนไฮต์ ในบริเวณทางตอนเหนือของภาคพื้นทวีปตอนใน พิสัยของอุณหภูมิในระหว่างช่วงที่มีแต่ความมืดนี้อยู่ระหว่าง -20 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง -40 องศาฟาเรนไฮต์ หรือหนาวกว่านี้ เมืองเวอร์คอยันส์ (Verkhoyansk) ซึ่งอยู่ทางเหนือของไซบีเรียตอนกลาง มีสถิติบันทึกไว้ว่ามีอุณหภูมิต่ำที่สุดในซีกโลกเหนือ -90 องศาฟาเรนไฮต์ เมือง Snag เมืองอาณานิคมของแคนาดามีสถิติอยู่ที่ 81 องศาฟาเรนไฮต์ ส่วนบริเวณพื้นที่ตามชายฝั่งอาร์คติกมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 20 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งจะมีอุณหภูมิอุ่นกว่าพื้นที่ทางตอนในในช่วงฤดูร้อนพื้นที่ภาคพื้น ทวีปทางตอนในจะอุ่นขึ้นเนื่องจากได้รับแสงอาทิตย์เป็นเวลารวันละหลายชั่วโมง บางครั้งอุณหภูมิที่ สูงขึ้นนี้ครอบคลุมถึงละติจูดที่ 70 องศาเหนือ หรือ 80 องศาเหนือ นานๆ ครั้งจะขึ้นไปถึงละติจูดที่ 90 องศาเหนือ เมือง Fort Yukon ตั้งอยู่ทางเหนือของเส้นอาร์คติกมีอุณหภูมิ 100 องศาฟาเรนไฮต์ เมืองเวอร์คอยันส์ 94 องศาฟาเรนไฮต์ ส่วนบริเวณชายฝั่งอากาศจะเย็น (Cool) ลมพัดเข้าหาฝั่ง (On Shore) และมีเมฆมาก อุณหภูมิสูงขึ้นนานๆ ครั้งที่บริเวณละติจูดที่ 60 องศาเหนือ อุณหภูมิลดลงต่ำกว่าเยือกแข็ง เช่นเมือง Barrow ทางเหนือของอลาสก้ามีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 40 องศาฟาเรนไฮต์

เมฆและน้ำฟ้า

ในฤดูหนาวจะมีเมฆปกคลุมน้อย และจะมีจำนวนมากขึ้นในช่วงฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วง บริเวณชายฝั่งจะมีเมฆ SC ปกคลุมในช่วงฤดูร้อนและต้นฤดูใบไม้ร่วงเนื่องจากได้รับความชื้นจากมหาสมุทรอาร์คติกพัดเข้ามา ส่วนพื้นที่ทางตอนในในช่วงบ่ายๆ ของฤดูร้อนจะมีเมฆ CU ก่อตัวขึ้นได้ 2 - 4/8 ส่วน นานๆ ครั้งจะปรากฏมีพายุฟ้าคะนอง

น้ำฟ้าส่วนใหญ่ได้แก่หิมะโดยทั่วไปแล้วจะตกในเกณฑ์เบาๆ ปริมาณหิมะประจำปีที่ตกลงมา ปกคลุมพื้นที่น้ำแข็งและบริเวณชายฝั่งประมาณ 3-7 นิ้ว ส่วนพื้นที่ทางตอนในมีปริมาณประจำปี 5-15 นิ้ว แต่ในช่วงฤดูร้อนน้ำฟ้าจะอยู่ในรูปของฝน

ลม

ลมแรงมักเกิดตามชายฝั่งมากกว่าบริเวณอื่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูใบไม้ร่วงและฤดูหนาว ซึ่งเคยวัดได้มีค่ามากกว่า 70 นอต ยกเว้นในช่วงฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วงจะมีลมแรง

แนวปะทะอากาศ

บริเวณเขตนี้จะมีแนวปะทะอากาศปิดเคลื่อนตัวเข้ามาครอบคลุมอยู่เป็นประจำ สภาพอากาศในแนวปะทะก็จะคล้ายกับที่อื่นๆ โดยมีเมฆชั้นต่ำ, น้ำฟ้า, ทัศนวิสัยต่ำ และเกิดการก่อตัวของหมอกอย่างรวดเร็ว และแนวปะทะนี้มักเกิดแถบบริเวณชายฝั่งมากกว่าพื้นที่ทางตอนใน

ลักษณะพิเศษในเขตขั้วโลก

ชั้นอุณหภูมิกลับ

ในช่วงฤดูหนาว ในเขตนี้จะเกิดชั้นอุณหภูมิกลับที่เพิ่มขึ้นอย่างรุนแรงในระดับต่ำอันเป็นสาเหตุให้การเดินทางของเสียงรวมทั้งเสียงคนพูดเดินทางไปได้ไกลมาก ลำแสงถูกทำให้โค้งเมื่อส่องทะลุ Inversion ด้วยมุมแคบๆ การโค้งของลำแสงทำให้เกิดปรากฏการณ์รางๆ (Looming) เป็นการเกิดภาพลวงตาของวัตถุที่อยู่ต่ำกว่าเส้น

ขอบฟ้าขึ้นมาปรากฏให้เห็นเหนือเส้นขอบฟ้า ภาพลวงตานี้ทำให้รูปร่างของสิ่งต่างๆ ผิดเพี้ยนไป เช่น ดวงอาทิตย์, ดวงจันทร์ และวัตถุอื่นๆ ซึ่งถือเป็นเรื่องปกติที่เกิดใน Inversion ระดับต่ำ

แสง AURORA BOREALIS

ตามทฤษฎีกล่าวว่า อนุภาคจากดวงอาทิตย์ที่มีพลังงานค่าหนึ่งอยู่จะพุ่งมายังสนามแม่เหล็กโลก โดยจะเคลื่อนตัวไปตามทิศทางของแรงที่อนุภาคเหล่านี้หักโค้งลงระดับต่ำแล้วรวมตัวกันใกล้ๆ กับขั้วแม่เหล็กโลก เมื่ออนุภาคที่มีพลังงานนี้เคลื่อนตัวผ่านชั้นบรรยากาศที่มีอากาศเบาบางนอกโลก ปรากฏให้เห็นมีลักษณะตั้งแต่เป็นแสงเรืองๆ เลือนรางจนถึงสว่างจ้ามีค่าประมาณพระจันทร์เต็มดวง มันมักจะเปลี่ยนรูปร่าง ทรวดทรง มักจะเรียกกันว่าแสงเต้นระบำหรือแสงเหนือ

แสงสะท้อนจากหิมะที่ปกคลุมผิวพื้น

แสงเป็นจำนวนมากถูกสะท้อนจากหิมะที่ปกคลุมผิวพื้นได้มากกว่าผิวพื้นที่มีสีเข้ม การสะท้อนของแสงจากหิมะนี้มีมากพอที่จะลบเลือนเงาต่างๆ ออกไปได้ ดังนั้นจึงเป็นการลดค่าความแตกต่างของสีขาว-ดำ ของวัตถุต่างๆ

แสงจากเทหวัตถุฟากฟ้า

แสงที่ส่องจากดวงจันทร์และดวงดาวลงมายังเขตอาร์คติก จะปรากฏแรงกว่าในเขตละติจูดต่ำลงมา นักบินพบว่าแสงที่ส่องจากดวงจันทร์ (ในขณะที่มีครึ่งดวง) ลงมาเหนือบริเวณที่มีหิมะปกคลุมอยู่มีความสว่างเพียงพอที่จะนำเครื่องบินลงจอดได้ (Landing) แม้แต่แสงจากดวงดาวก็สามารถทำให้มองเห็นได้ไกลออกไป

สภาพอากาศที่เป็นอันตรายต่อเครื่องบิน

สภาพอากาศที่เป็นอันตราย ได้แก่ ปรากฏการณ์ปิดบังทัศนวิสัย, พายุหิมะ, น้ำแข็งเกาะเครื่องบิน, น้ำค้างแข็ง, การขาด Contrast และ White out

หมอก

หมอกจะเป็นตัวจำกัดการ Landing และ Take off ในเขตอาร์คติกมากกว่าปรากฏการณ์ปิดบังทัศนวิสัยชนิดอื่น เมื่อดูองน้ำในหมอกเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดอันตรายต่อการปฏิบัติการทางอากาศตามแนวชายฝั่ง ในช่วงฤดูร้อน ส่วนหมอกน้ำแข็งจะเป็นตัวปิดบังสำคัญในช่วงฤดูหนาว

หมอกน้ำแข็ง (Ice Fog)

หมอกน้ำแข็งพบได้ทั่วไปในเขตอาร์คติก มันก่อตัวขึ้นจากไอน้ำในอากาศในระหว่างวันที่มีอากาศหนาวจัด สภาพอย่างอื่นๆ สงบในช่วงฤดูหนาวมักจะปรากฏได้บ่อยและปรากฏได้คงนาน ทัศนวิสัยที่มองเห็นได้ชัดจะถูกลดลงได้มากกว่าในหมอกน้ำแข็งเมื่อเรามองตรงไปยังดวงอาทิตย์ หมอกน้ำแข็งนี้อาจเกิดขึ้นได้ทั้งโดยธรรมชาติและมนุษย์ทำขึ้น หมอกน้ำแข็งที่มีผลกระทบต่อการปฏิบัติทางอากาศได้บ่อยครั้งที่สุดเกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันของเครื่องบินขณะอากาศหนาวเย็น เมื่อกระแสลมอ่อนมากและอุณหภูมิอยู่ที่ -30 องศาฟาเรนไฮต์ หรือต่ำกว่านี้ Ice Fog มักจะเกิดได้ในปริบทาเดียวในท่อไอเสียของเชื้อเพลิงของรถยนต์และเครื่องบิน มันจะอยู่คงที่ได้ตั้งแต่ 2-3 นาทีจนถึงเป็นวันๆ

หมอกไอน้ำ (Steam Fog)

หมอกไอน้ำมักจะเรียกว่าหมอกทะเล (Sea Fog) ก่อตัวขึ้นในฤดูหนาวเมื่ออากาศเย็นและแห้งเคลื่อนตัวจากแผ่นดินลงมากลุม่น้ำ (มหาสมุทร) ที่อุ่นกว่า ไอน้ำบนผิวน้ำจะระเหยอย่างรวดเร็ว แต่เนื่องจากอากาศเย็นมีความสามารถกักเก็บไอน้ำได้จำนวนน้อย ดังนั้นเพียงแค่ว่าบริเวณผิวน้ำนั้น การกลั่นตัวก็เกิดขึ้นแล้ว และจะ

ปรากฏเป็นลักษณะเหมือนเป็นไอลอยขึ้นเหนือผิวมหาสมุทร หมอกชนิดนี้เกือบทั้งหมดจะประกอบด้วยเม็ดละอองน้ำที่มักจะแข็งตัวอย่างรวดเร็วได้บ่อยๆ แล้วตกกลับลงมายังน่านน้ำในรูปอนุภาคน้ำแข็ง กระแสอากาศปั่นป่วนสามารถเกิดขึ้นได้ และ Icing จะกลายมาเป็นอันตรายอย่างยิ่ง

Advection Fog

Advection Fog อาจจะประกอบด้วยหยดน้ำหรือผลึกน้ำแข็งพบได้ทั่วไปในฤดูหนาวและมักจะคงตัวอยู่ได้บ่อยๆ

Advection Fog ก่อตัวได้ตามแนวชายฝั่ง เมื่ออากาศมหาสมุทรที่อุ่นและชื้นกว่าเคลื่อนที่มาซ้อนทับ ถ้าบนแผ่นดินมีลักษณะเป็นเนินเขาหรือภูเขา การยกตัวขึ้นของอากาศดังกล่าวจะเป็นผลให้เกิดการรวมกันของเมฆ ST ชั้นต่ำกับหมอก เมฆ ST และหมอกเมื่อเข้าไปในแผ่นดินจะลดตัวลงอย่างรวดเร็ว ตามปกติด้านหลังลมของเกาะหรือของภูเขาจะค่อนข้างปลอดจากหมอกเนื่องจากอากาศแห้งเพราะการอัดตัวเนื่องจากความร้อนขณะที่อากาศจมตัวทางด้านลาดหลังเขา น้ำแข็งใน Advection Fog จะอยู่ในรูปของน้ำแข็งขุ่นและอาจกลายเป็นสภาพอากาศรุนแรงได้

พายุหิมะ Blowing Snow

บริเวณเหนือมหาสมุทรอาร์คติกที่แข็งตัวและตามแนวชายฝั่ง พายุหิมะและลมแรงมักจะพบว่าเป็นสภาพอากาศที่เป็นอันตรายในระหว่างช่วงฤดูใบไม้ร่วงและในฤดูหนาว พายุหิมะจัดว่าเป็นสภาพอากาศที่เป็นอันตรายต่อการปฏิบัติทางอากาศในเขตอาร์คติกได้มากกว่าในเขต Mid lat เนื่องจากหิมะ มีคุณสมบัติแห้งและละเอียด จึงมักจะถูกพัดให้ปลิวได้ง่ายแม้ในสภาวะลมอ่อน ลมที่มีกำลังเกินกว่า 8 นอต อาจทำให้หิมะพัดขึ้นไปเหนือพื้นดินได้หลายฟุตทำให้หลบเลือนภาพวัตถุต่างๆ ได้ เช่น Runway Marker ลมผิวพื้นที่มีกำลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอาจเป็นสาเหตุทำให้ทัศนวิสัยที่ไม่มีขีดจำกัดลดลงจนใกล้ศูนย์ในเวลาเพียงแค่ 2-3 นาที การสูญเสียทัศนวิสัยอย่างรวดเร็วนี้มักจะปรากฏขึ้นได้บ่อยครั้งโดยปราศจากการแจ้งเตือนล่วงหน้าในเขตอาร์คติก ลมที่มีกำลังมากกว่าบางครั้งอาจยกพายุหิมะขึ้นไปสูงเหนือ 1,000 ฟุต และทำให้เกิดเป็นแนวหรือกระแสหิมะที่มีความลึกประมาณ 30 ฟุต

น้ำแข็งเกาะเครื่องบิน (Icing)

Icing มักจะพบได้มากที่สุดในช่วงฤดูใบไม้ผลิและใบไม้ร่วงแต่ก็อาจเกิดขึ้นได้ในฤดูหนาว ระหว่างช่วงฤดูใบไม้ผลิและฤดูใบไม้ร่วง Icing อาจเกิดขยายขึ้นไปในระดับสูงๆ ตามผ่านเขตแนวปะทะ ขณะที่ Icing เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุดเหนือน่านน้ำและตามแนวชายฝั่ง มันก็อาจเกิดขยายเข้าไปในแผ่นดินได้เช่นกัน มันมักจะปรากฏในรูปแบบน้ำแข็งขุ่น (Rime) แต่การเกิดร่วมกันของ Clear Ice และ Rime Ice มักไม่ค่อยจะปรากฏเพื่อเกาะแถบชายฝั่ง

น้ำค้างแข็ง (Frost)

พื้นที่ตามแนวชายฝั่งในระหว่างช่วงฤดูใบไม้ผลิ, ใบไม้ร่วงและฤดูหนาว การเกิดน้ำค้างแข็งอย่างมากมายและน้ำแข็งขุ่น (Rime) อาจก่อตัวขึ้นได้บนอากาศยานที่จอดอยู่ด้านนอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อหมอกหรือ Ice Fog เกิดขึ้นทั่วไป น้ำค้างแข็งนี้ควรจะถูกขจัดออกไปเพราะมันจะลดการยกตัวขึ้น และจะเป็นสภาพอากาศที่เป็นอันตรายอย่างยิ่งถ้าหากภูมิประเทศโดยรอบนั้นต้องการอัตราไต่ขึ้นของอากาศยานอย่างรวดเร็ว

White out

White out เป็นปรากฏการณ์ของขีดจำกัดของทัศนวิสัยที่ปรากฏในเขตอาร์คติก เมื่อชั้นของเมฆที่ก่อตัวขึ้นมีความหนาปกคลุมพื้นผิวที่มีหิมะหรือน้ำแข็งปกคลุมอยู่ ลำแสงที่ขนานกันของดวงอาทิตย์เมื่อส่องผ่านเมฆเหล่านี้ถูก

ทำให้กระจกระจายและเกิดอาการพร่ามัวได้ ถ้าให้แสงเหล่านี้พุ่งชนพื้นผิวที่เป็นหิมะเกิดมุมได้หลายทิศทาง การที่แสงกระจกระจายพร่ามัวนี้ทำให้สะท้อนกลับขึ้นมาเป็นจำนวนมากมายระหว่างหิมะและเมฆเป็นการกำจัดเงาต่างๆ ให้หมดไป เป็นผลให้เกิดความสูญเสียความรู้สึกในการมองเห็น อาคารต่างๆ คนและวัตถุที่มีสีมืดจะปรากฏให้เห็นในลักษณะลอยอยู่ในอากาศ เส้นขอบฟ้าไม่ปรากฏ การบินในระดับต่ำเหนือภูมิประเทศที่มีน้ำแข็งปกคลุมหรือการ Landing ลงบนพื้นผิวที่มีหิมะปกคลุมมักจะเป็นอันตรายอย่างยิ่ง อุบัติเหตุร้ายแรงนี้จะปรากฏขึ้นเนื่องจากผลของ White out
