บทที่ 8
น้ำค้าง น้ำค้างแข็ง เมฆ และหมอก

8.1 กระบวนที่ทำให้เกิดการอิ่มตัวที่พื้นดิน

8.1.1 น้ำค้างและน้ำค้างแข็ง

8.2 การเกิดเมฆ

8.2.1 การจำแนกชนิดของเมฆ

8.2.1.1 เมฆสูง

8.2.1.2 เมฆสูงปานกลาง

8.2.1.3 เมฆต่ำ

8.2.1.4 เมฆต่ำที่ก่อตัวในแนวดิ่ง

8.3 สะมอก มิสท์ ฟ้าหลัว และหมอก

8.3.1 สะมอก (Smog)

8.3.2 ฟ้าหลัว (Haze)

8.3.3 หมอก (Fog)

8.3.3.1 หมอกที่เกิดจากการแผ่รังสี (Radiation Fog)

8.3.3.2 หมอกแอดเว็กชัน (Advection Fog)

8.3.3.3 หมอกแนวปะทะอากาศ (Frontal Fog)

8.3.3.4 หมอกไอน้ำ (Steam Fog)

8.3.3.5 หมอกภูเขา (Upslope Fog)

ทั้งเมฆ หมอก น้ำค้าง และน้ำค้างแข็ง ล้วนเกิดจากการควบแน่นของไอน้ำในอากาศทั้งสิ้น เมฆส่วนใหญ่เป็นผลมาจากอากาศลอยตัวสูงขึ้นขยายตัวและเย็นลงจนเกิดการควบแน่น ส่วนน้ำค้างและหมอกส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเมื่ออากาศในชั้นต่ำสุดที่ติดพื้นดินเกิดการอิ่มตัวโดยวิธีอย่างอื่น ในบทนี้จะอธิบายถึงการเกิดน้ำค้าง น้ำค้างแข็ง หมอก วิธีการเกิดเมฆ และการจำแนกชนิดของเมฆ

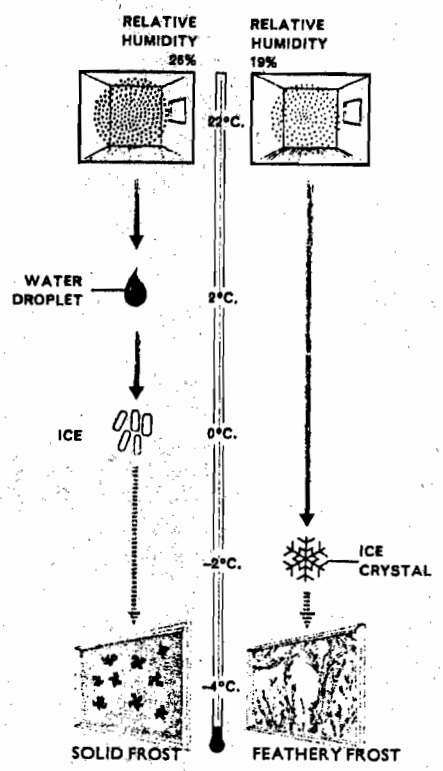
8.1 กระบวนการที่ทำให้เกิดการอิ่มตัวที่พื้นดิน (Low-Level Saturation Process)

อากาศที่สัมผัสกับพื้นผิวโลกสามารถถึงจุดอิ่มตัวได้ถ้าอุณหภูมิของอากาศลดลงได้มากพอ การเย็นลงทำให้ค่าของอัตราส่วนผสมที่จุดอิ่มตัว (saturation mixing ratio) ลดลง (แต่จำนวนอัตราส่วนผสมที่มีจริงไม่เปลี่ยนแปลง) ดังนั้นทำให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ น้ำค้าง น้ำค้างแข็ง หรือหมอกจะเกิดขึ้น

8.1.1 น้ำค้าง และน้ำค้างแข็ง (Dew and Frost)

การแผ่รังสีความร้อนจากพื้นผิวโลกทำให้อุณหภูมิของพื้นดินลดลงและโดยการนำความร้อนอุณหภูมิของอากาศที่อยู่ติดกับพื้นดินก็จะลดลงด้วยถ้าท้องฟ้าในเวลากลางคืนแจ่มใส การแผ่รังสีที่ทำให้เกิดการเย็นลงอาจจะมากจนถึงจุดที่ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่สัมผัสกับพื้นดินโดยตรงมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมักเกิดขึ้นในตอนใกล้รุ่งอันเป็นเวลาที่เย็นที่สุดในแต่ละวัน ถ้าอุณหภูมิของอากาศสูงกว่าจุดเยือกแข็งไอน้ำอาจควบแน่นเป็นน้ำค้าง และถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งรวมทั้งมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำ ไอน้ำก็จะพอกพูน (deposit) บนวัตถุกลายเป็นน้ำค้างแข็งชนิดขนนก (feathery frost) อย่างไรก็ตามถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศค่อนข้างมาก ไอน้ำจะควบแน่นเป็นน้ำค้างก่อนที่อุณหภูมิเกือบใกล้จุดเยือกแข็ง และถ้าอุณหภูมิยังคงลดต่ำลงไปอีกจนต่ำกว่า 0°C ก็จะกลายเป็นน้ำค้างแข็งชนิดของแข็ง (solid frost) (ดูรูป 8.1) มีข้อสังเกตว่าทั้งน้ำค้างและน้ำค้างแข็งไม่ใช่หยาดน้ำฟ้า (precipitation) เพราะไม่ได้ตกมาจากเมฆแต่เกิดขึ้นที่พื้นดิน หยดน้ำที่เกิดขึ้นรอบ ๆ แก้วน้ำที่ใส่น้ำแข็งก็ถือได้ว่าเป็นน้ำค้างนั่นเอง

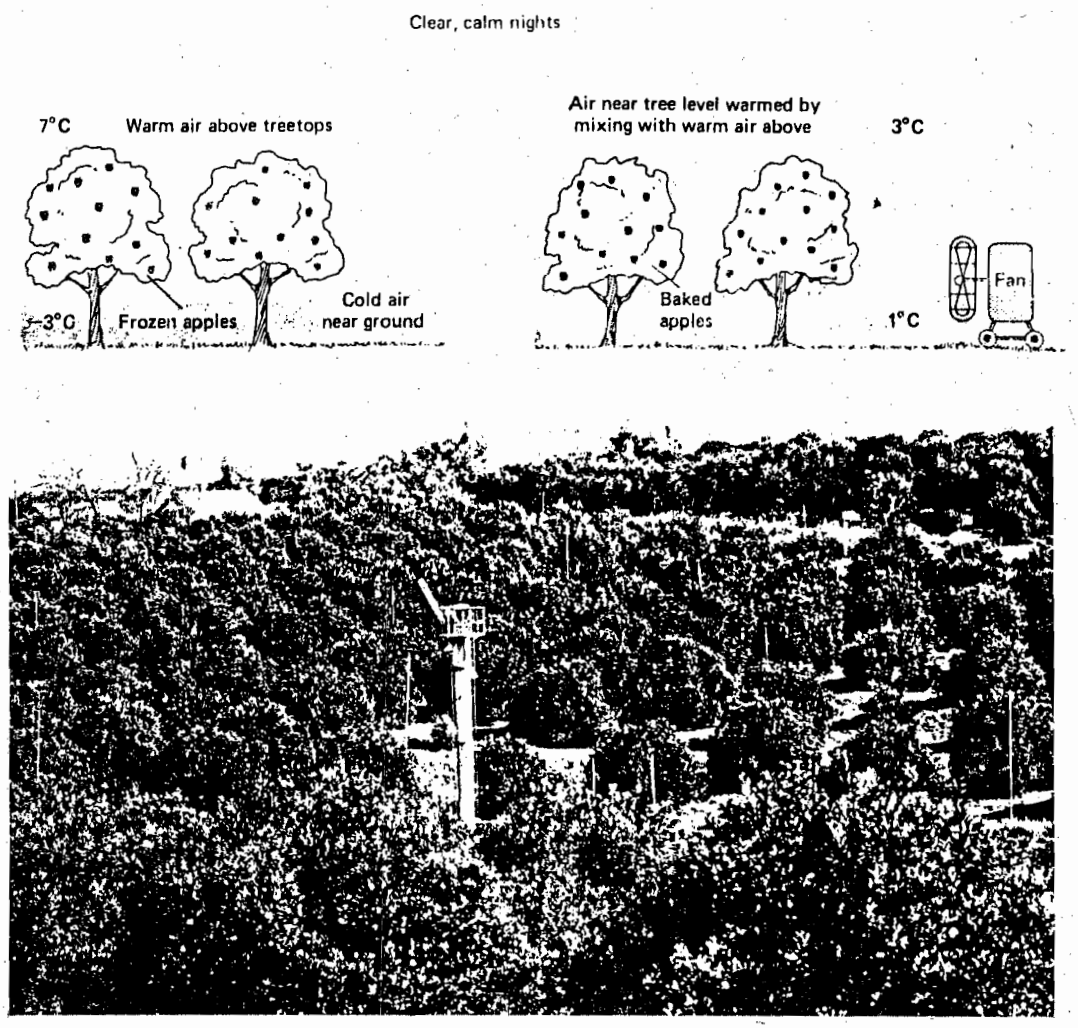
น้ำค้างแข็งนับว่าเป็นอันตรายต่อพืชไร่ในสวนเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากในเวลาเพียงหนึ่งคืนก็สามารถทำลายพืชได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงมีวิธีการป้องกันไม่ให้เกิดน้ำค้างแข็งขึ้นได้หลายวิธี วิธีที่ได้ผลก็คือติดเครื่องทำความร้อน (heater) ไว้ตามร่องสวน และจะจุดเมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำกว่า 0 °C เครื่องทำความร้อนสามารถทำให้อากาศอุ่นขึ้นได้เมื่อลมไม่พัดจัดมากนัก อย่างไรก็ตามวิธีนี้จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก



รูป 8.1 รูปแบบของน้ำค้างแข็งบนหน้าต่างจะกระทบกระเทือนโดยจำนวนความชื้นที่มีอยู่ในบรรยากาศ ตัวอย่างของอากาศสองตัวอย่าง ตัวอย่างแรกที่อยู่ทางซ้ายมีความชื้นสัมพัทธ์ 26 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 22°C ส่วนตัวอย่างทางขวามีความชื้นสัมพัทธ์ 19 เปอร์เซ็นต์และอุณหภูมิ 22°C เช่นกันทั้งสองตัวอย่างถูกทำให้เย็นลง อากาศที่ชื้นมากกว่าทางซ้ายจะถึงจุดน้ำค้างที่อุณหภูมิ 2°C ซึ่งเป็นจุดที่เกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ ขึ้น และเมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึง 0°C หยดน้ำเล็ก ๆ นี้จะเยือกแข็งเป็นน้ำแข็งซึ่งถ้าอุณหภูมิลดลงไปอีกจนถึง -4°C ก็จะเกิดน้ำค้างแข็งชนิดของแข็งขึ้น สำหรับอากาศที่แห้งกว่าทางขวามืออุณหภูมิจะต้องลดต่ำกว่าจุดเยือกแข็งเสียก่อนจึงจะเกิดน้ำค้างแข็งชนิดขนนกขึ้น

วิธีอื่นซึ่งค่าใช้จ่ายถูกกว่าก็คือใช้พัดลมขนาดใหญ่ ในคืนที่ท้องฟ้าโปร่งและลมสงบอากาศที่อยู่ติดกับพื้นดินจะเย็นกว่าอากาศที่อยู่ข้างบนไม่กี่เมตรขึ้นไป พืชที่อยู่ติดกับพื้นดินมักจะถูกทำให้เย็นจนแข็งโดยมีอากาศอุ่นอยู่เหนือถัดไปเล็กน้อย เนื่องจากอากาศที่อุ่นเบาและจะไม่จมตัวลงมา ดังนั้นโดยการใช้พัดลมอากาศจะถูกคนและบังคับให้อากาศอุ่นจมลงมายังพื้นดินที่พืชงอกอยู่ (รูป 8.2)

ยังมีวิธีอื่นอีกที่จะป้องกันไม่ให้เกิดน้ำค้างแข็งก็คือพ่นละอองน้ำลงบนต้นไม้ในเวลากลางคืนที่มีอากาศหนาวเย็น เพื่อว่าชั้นบาง ๆ ของน้ำแข็งจะเกิดขึ้นบนต้นไม้ เมื่อน้ำแข็งตัวก็จะปล่อยความร้อนแฝงของการเยือกแข็งออกมาซึ่งสามารถทำให้ต้นไม้พ้นจากการถูกทำให้เย็นจนแข็งได้วิธี



รูป 8.2 การติดตั้งพัดลมสามารถช่วยป้องกันน้ำค้างแข็งไม่ให้เกิดขึ้นได้ โดยที่พัดลมจะช่วยคนให้อากาศที่เย็นจัดเบื้องล่างให้ผสมกับอากาศอุ่นที่อยู่เบื้องบน รูป (a) เช่นรูปแผนภาพ ส่วนรูป (b) เป็นพัดลมที่ติดตั้งในไร่ส้ม

เช่นนี้ได้ผลเพราะพืชบางชนิดที่เป็นอันตรายจากการเกิดน้ำค้างแข็งไม่ใช่เริ่มต้นอยู่ที่ 0°C พอดี แต่จะเริ่มต้นเป็นอันตรายเมื่ออุณหภูมิอยู่ที่ -2°C การเคลือบของน้ำแข็งจะไม่ทำให้พืชมีอุณหภูมิต่ำลงไปกว่าจุดเยือกแข็งเทคนิคในการป้องกันน้ำค้างแข็งเช่นนี้ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เพราะอาจจะเกิดขึ้นความผิดพลาดขึ้นมาได้

การเลือกสถานที่ในการปลูกพืชก็เป็นสิ่งสำคัญเหมือนกัน เลี่ยงในบริเวณหุบเขาที่ปิด เนื่องจากจะมีอากาศที่เย็นจัดจากบนเขาไหลลงมาสะสมในหุบเขาเบื้องล่างทำให้เกิดน้ำค้างแข็งขึ้นได้

8.2 การเกิดเมฆ (Formation of Clouds)

เมฆเกิดจากการลอยตัวสูงขึ้นของอากาศ ขยายตัวและเย็นลงอย่างเอเดียแบติก สาเหตุของการลอยตัวนี้มีได้ 4 วิธีด้วยกัน เช่น

(1) โดยพื้นดินซึ่งมีความสูงมากกว่า (Higher elevations of land) ยกตัวอย่างเช่นมวลของอากาศพัดมาพบกับภูเขาและถูกบังคับให้ลอยสูงขึ้นเพื่อที่จะพัดข้ามไป กระบวนการนี้เรียกว่าการยกขึ้นโดยภูเขา (orographic lifting)

(2) เกิดจากแนวปะทะอากาศ ซึ่งจะบังคับให้มวลอากาศอุ่นลอยขึ้นไปสู่งในแนวรอยต่อของระหว่างมวลอากาศทั้งสองที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน อากาศที่อุ่นนี้เมื่อลอยสูงขึ้นก็จะเย็นลงทำให้เกิดเมฆ

(3) เกิดในศูนย์กลางของพายุที่มีลมพัดแรง และอยู่ในลักษณะพัดสอบ (convergence) เข้าหากันผลเช่นนี้จะทำให้อากาศลอยตัวสูงขึ้นเย็นลงจนเกิดเมฆ

(4) เกิดจากการพาความร้อนในแนวดิ่ง (convection) เมื่อพื้นดินได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ก็จะทำให้อากาศที่อยู่ติดกันร้อนขึ้นด้วย อากาศร้อนจะเบาและลอยสูงขึ้นในแนวดิ่งพร้อมกับขยายตัวและเย็นลงจนทำให้เกิดเมฆ

ถ้าการลอยตัวของอากาศเป็นไปอย่างรวดเร็วเมฆก็จะมีลักษณะเป็นก้อนแต่ถ้าการลอยตัวเป็นไปอย่างช้า ๆ เมฆก็จะมีลักษณะเป็นแผ่น ดังนั้นเราสามารถแบ่งรูปร่างของเมฆได้ดังนี้คำว่า เซอรัส (cirrus) หมายถึงรูปร่างคล้ายขนนกหรือหางม้า สเตรตัส (stratus) หมายถึงมีลักษณะเป็นแผ่น ส่วนคำว่า คิวมิวลัส (cumulus) หมายถึงมีรูปร่างเป็นก้อน และถ้ามีคำว่านิมบัส (nimbus) ผสมอยู่ก็หมายถึงเมฆที่ทำให้เกิดฝนตก

8.2.1 การจำแนกชนิดของเมฆ (Cloud Classification)

เมฆแบ่งได้เป็น 4 ตระกูล (families) ตามความสูง คือ เมฆสูง เมฆสูงปานกลาง เมฆต่ำ และเมฆต่ำที่ก่อตัวในแนวดิ่ง (รูป 8.3) ทุก ๆ ตระกูลเกิดจากนำชื่อเมฆ 4 ชนิดคือ cirrus stratus cumulus และ nimibus มาผสมกันนั่นเองชื่อของเมฆสามารถบอกถึงลักษณะของเมฆแต่ละชนิดได้

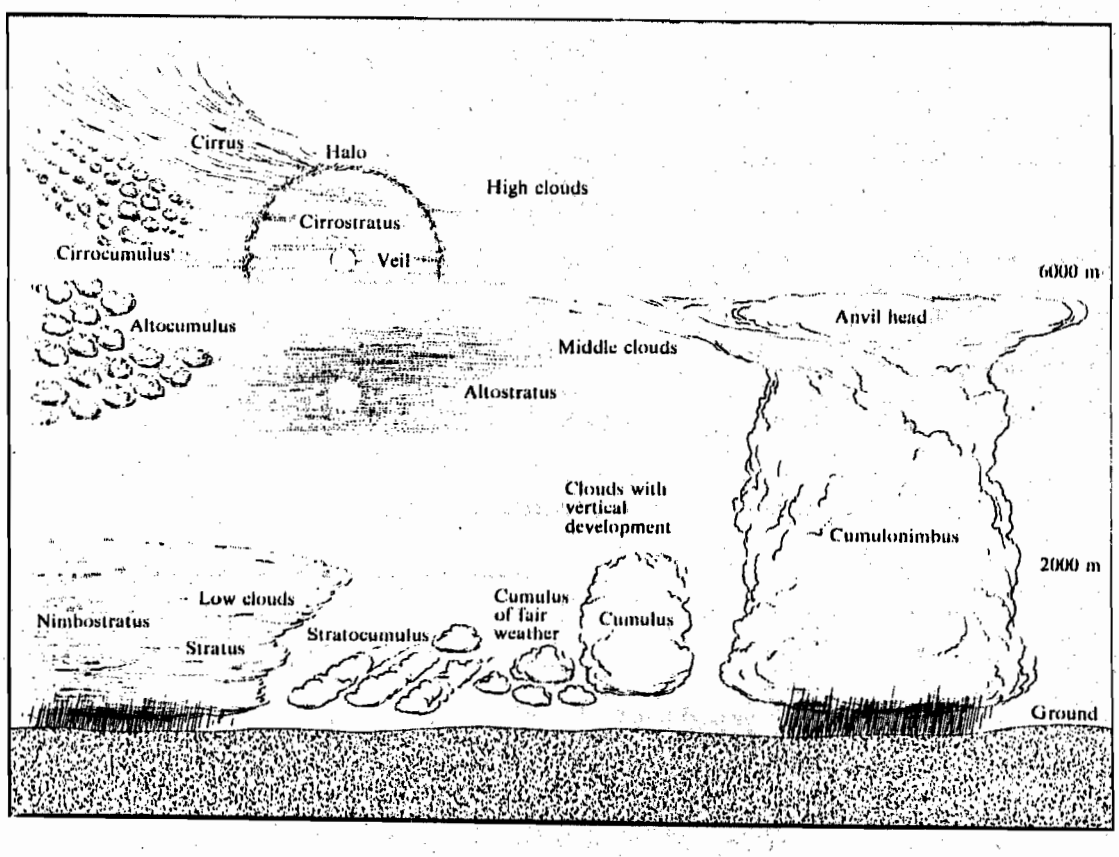
8.2.1.1 เมฆสูง (High Clouds) (สูง 6-18 กม.)

เมฆสูงจะมีคำว่า cirro นำหน้า

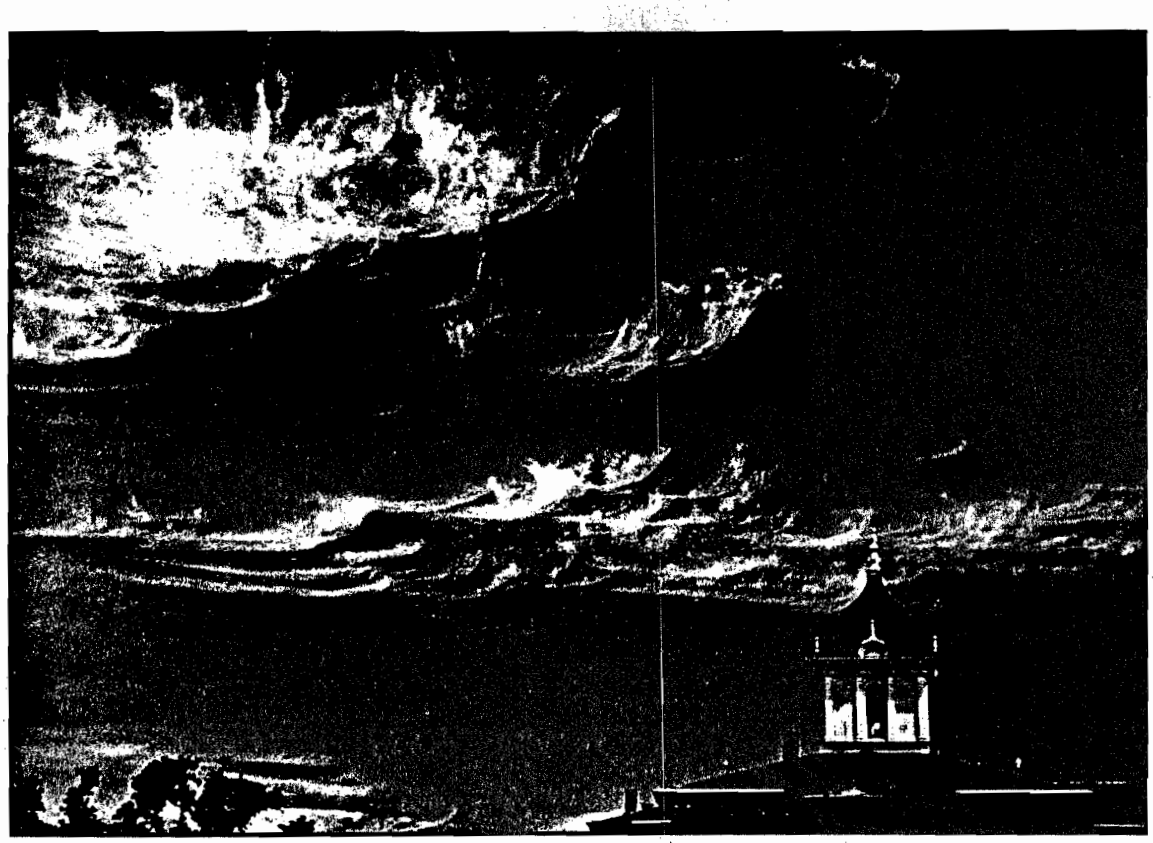
1. เซอร์รัส (cirrus) ใช้ตัวย่อว่า Ci คำว่าเซอร์รัสแปลว่าม้วน (curl) เป็นเมฆที่อยู่สูงที่สุดของเมฆทั้งหมด และปกติมักจะอยู่สูงในเขตร้อนมากกว่าแถบอาร์คติกหรือ

แอนตาร์คติก เมฆเซอร์รัสมีรูปร่างเป็นเส้นใยเดี่ยว ๆบางทีเรียกว่าเมฆหางม้า (mare's tail) หรือเมฆขนนก (รูป 8.4) เมฆนี้มีสีขาวและสีเงิน ถ้าเมฆเซอร์รัสปรากฏขึ้นอากาศก็จะแจ่มใสและดี เมฆนี้บางครั้งมีสีแดงสดหรือเหลืองในขณะที่พระอาทิตย์ขึ้นหรือตก ทำให้ท้องฟ้ามีสีสวยงามเครื่องบินสามารถบินผ่านเมฆนี้ได้โดยไม่มีอันตราย เพราะภายในก้อนเมฆจะมีสภาพเป็นอนุภาคของเกล็ดน้ำแข็ง (ice particle)

2. เซอร์โรคิวมิวลัส (cirrocumulus) ใช้อักษรย่อว่า Cc เป็นเมฆที่ประกอบด้วยมวลเล็กบางและเป็นรูปก้อนกลม (globular) หรือเป็นเกล็ดขาว (white flakes) เมฆนี้มักเรียงตัวเป็นแถวหรือกลุ่มเหมือนละลอกทราย และมักหมายถึงอากาศดี บางครั้งเรียกท้องฟ้าที่มีเมฆนี้ว่า ท้องฟ้าลายปลาอินทรีย์ (mackerel sky) (รูป 8.3)

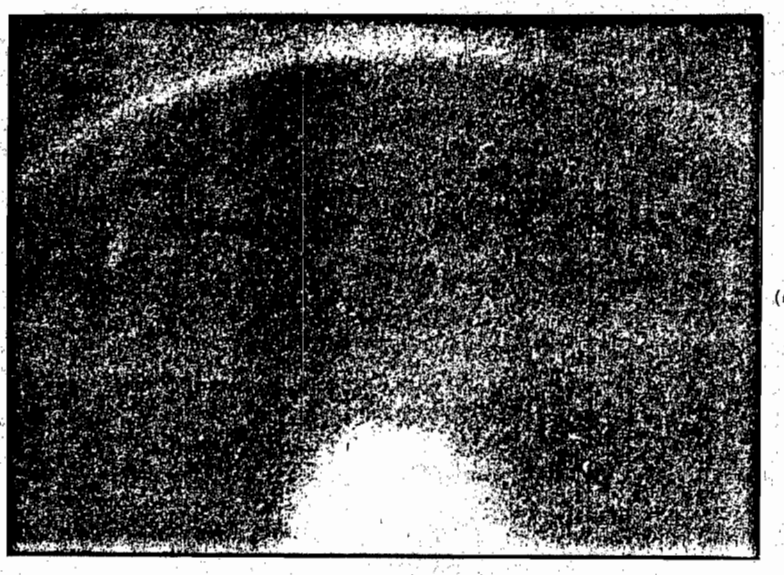


รูป 8.3 ชนิดและความสูงของเมฆ



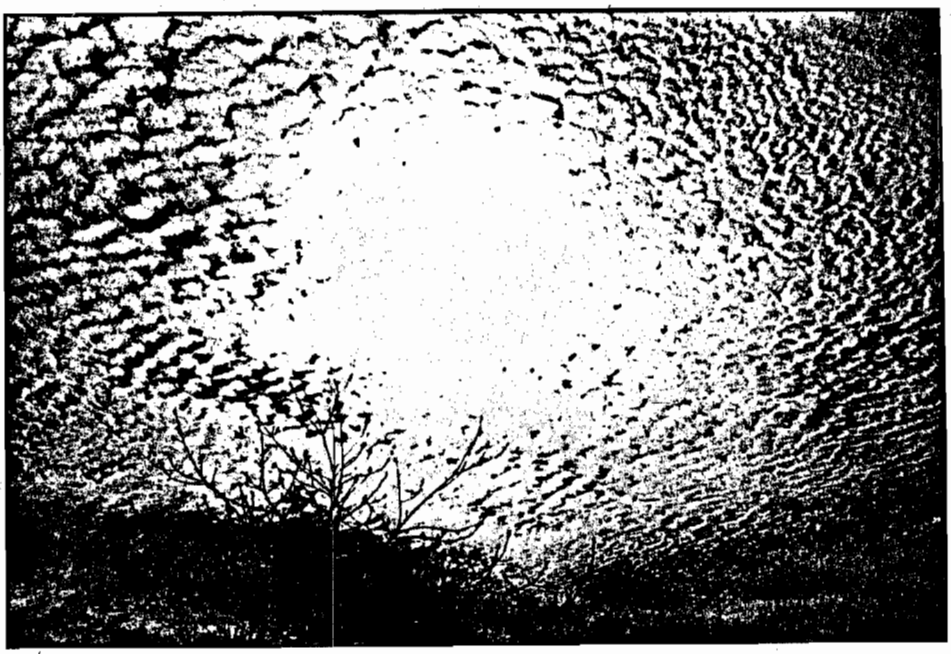
รูป 8.4 เมฆเซอร์รัส ที่มีลักษณะคล้ายหางม้า

รูป 8.5 เมฆเซอร์โรคิวมิวลัสที่มีลักษณะคล้ายลายปลาอินทรีย์

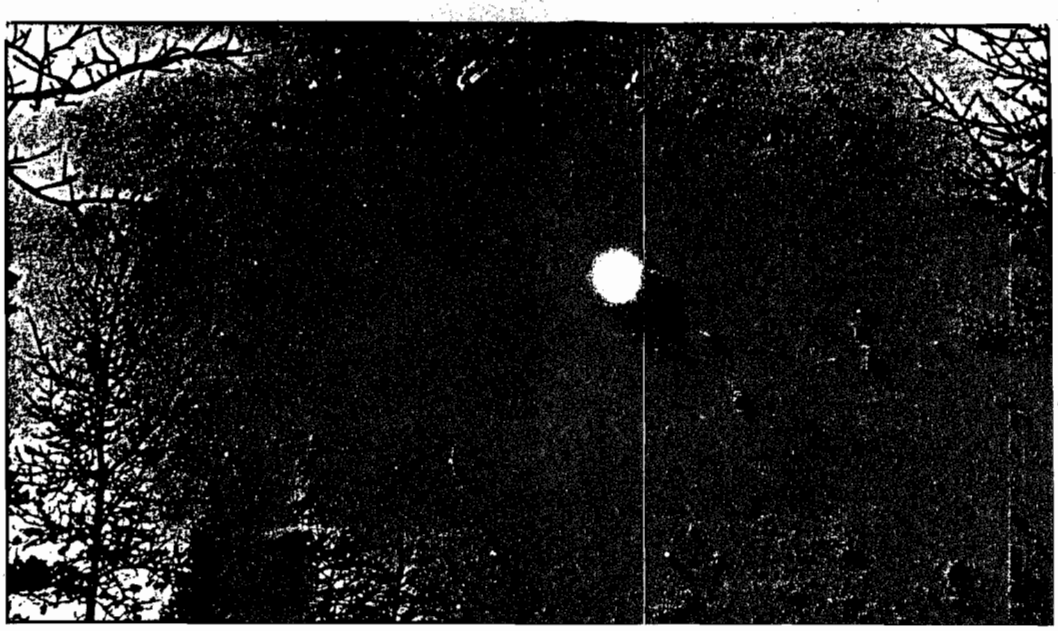


(c)

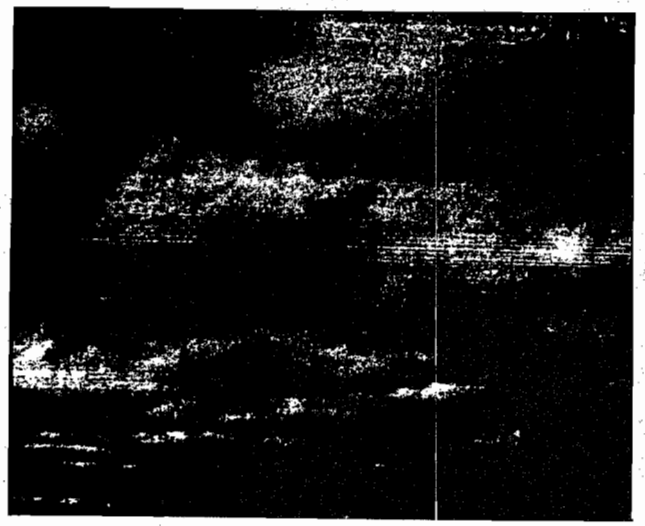
รูป 8.6 เมฆเซอร์โรสเตรตัส ที่มีวงแหวนล้อมรอบ



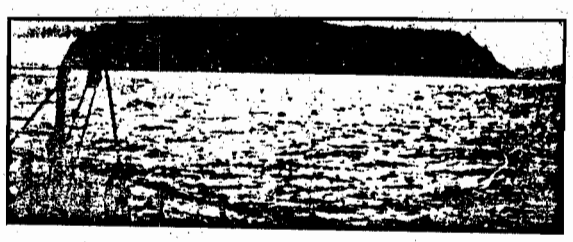
รูป 8.7 เมฆอัลโตคิวมิวลัสอยู่เป็นกลุ่มคล้ายฝูงแกะ



รูป 8.8 เมฆอัลโตสเตรตัส ซึ่งทำให้ท้องฟ้ามีลักษณะชุ่มฉ่ำด้วยน้ำ (watery sky)



รูป 8.9 เมฆสเตรโตคิวมิวลัส เมฆก้อนใหญ่ที่มาอยู่ชิดกันทำให้เห็นเป็นสีเทาอ่อนและสีเทาแก่ในที่เป็นแห่ง ๆ



(g)

รูป 8.10 เมฆสเตรตัส ซึ่งลักษณะคล้ายหมอกที่ลอยสูงจากพื้นดิน

รูป 8.11 เมฆนิมโบสเตรตัส ซึ่งทำให้ท้องฟ้ามืดครึ้มและเกิดฝนตก

(i)

รูป 8.12 เมฆคิวมิวลัส ที่มีฐานแบนส่วนบนเป็นรูปโดม

รูป 8.13 เมฆคิวมิโรนิมบัส ที่มีรูปร่างคล้ายหอคอยหรือดอกกะหล่ำปลี

3. เซอร์โรสเตรตัส (cirrostratus) ใช้อักษรย่อ Cs เมฆนี้มักจะปรากฏเป็นแผ่นบางสีขาว และครอบคลุมท้องฟ้าเกือบทั้งหมด ทำให้มีลักษณะเป็นสีขาวน้ำนม (milky) บางครั้งเมฆเซอร์โรสเตรตัสจะทำให้เกิดวงแหวน (halo) ล้อมรอบดวงอาทิตย์ (รป 8.6)

8.2.1.2 เมฆสูงปานกลาง (Intermediate Clouds) (สูง 2-8 กม.)

เมฆสูงปานกลางจะมีคำว่า alto นำหน้าเสมอ (alto = สูง)

1. อัลโตคิวมิวลัส (Altocumulus) ใช้อักษรย่อว่า Ac เมฆนี้มักแสดงถึงอากาศดี เป็นเมฆที่เป็นก้อนสีเทาปนขาวใหญ่กว่าเซอร์โรคิวมิวลัสอาจจะอยู่เป็นหมู่หรือเป็นเส้นขนานกัน บางครั้งแราเรียกว่าเมฆนี้ว่าเมฆฝูงแกะ (sheep clouds) หรือบางที่เรียกว่าเมฆปุยฝ้าย (รูป 8.7)

2. อัลโตสเตรตัส (Altostratus) ใช้อักษรย่อว่า As เมฆนี้จะมีสีเทาปนขาวหรือเทาปนน้ำเงินและมีลักษณะเป็นแผ่น เมฆอัลโตสเตรตัสจะหนากว่าเมฆเซอร์โรสเตรตัสและอยู่ต่ำกว่า บางครั้งสามารถมองผ่านและเห็นดวงอาทิตย์ได้อย่างมัว ๆ แต่ถ้าหนามากก็มองไม่เห็นเลย เมฆนี้จะไม่ทำให้เกิดวงแหวน (halo) เราเรียกท้องฟ้าที่มีเมฆอัลโตสเตรตัสปรากฏอยู่ว่าท้องฟ้าที่ชุ่มฉ่ำด้วยน้ำ (water sky) บางครั้งฝนเบา ๆ (light rain) อาจจะตกจากเมฆนี้ได้ (รูป 8.8)

8.2.1.3 เมฆต่ำ (Low Clouds) (พื้นดิน - 4 กม.)

เมฆต่ำจะมีคำว่าสเตรโต (Strato) นำหน้า

1. สเตรโตคิวมิวลัส (Stratocumulus) ใช้อักษรย่อ Sc เป็นเมฆที่อยู่ต่ำและประกอบด้วยมวลที่เป็นก้อนใหญ่ที่มีลักษณะกลม มักจะเรียงตัวไม่เป็นระเบียบเมฆนี้จะมีสีเทาอ่อนพร้อมกับมีสีที่แก่กว่าในที่เป็นแห่ง ๆ ก้อนเมฆมักจะอยู่ชิดกันทำให้ดูเป็นคลื่นที่ติดต่อกัน (รูป 8.9)

2. สเตรตัส (Stratus) ใช้อักษรย่อว่า St เป็นเมฆที่อยู่ต่ำและอยู่เป็นแนวนอนคล้ายกับหมอก บางครั้งเป็นแผ่นฟิลม์บาง ๆ ทำให้ท้องฟ้ามีลักษณะเป็นฝ้า เมฆนี้มักเป็นหมอกที่ลอยสูงขึ้นไปจากพื้นดิน ถ้ามีเมฆสเตรตัสก็มักทำให้เกิดฝนละออง (drizzle) ร่วมอยู่ด้วย (รูป 8.10)

3. นิมโบสเตรตัส (Nimbostratus) ใช้อักษรย่อ Ns เป็นเมฆที่เป็นแผ่นอสันฐาน (Amorphous layer) ที่มีสีเทาแก่หรือดำทำให้ท้องฟ้ามืดครึ้มและเป็นเมฆที่ทำให้เกิดฝนและหิมะ (รูป 8.11)

8.2.1.4 เมฆต่ำที่ก่อตัวในแนวดิ่ง (Clouds with Vertical Development) (สูง 500m-6 กม.)

เมฆต่ำที่ก่อตัวในแนวดิ่ง จะมีคำว่า Cumulus ผสมอยู่ด้วย

1. คิวมิวลัส (Cumulus) ใช้อักษรย่อว่า Cu เป็นเมฆที่ก้อนใหญ่และหนาซึ่งก่อตัวในแนวดิ่ง ลักษณะที่ฐานเป็นแนวนอนและบนยอดมีลักษณะกลมหรือคล้ายรูปโดม (dome shape) เป็นเมฆที่มักอยู่เป็นก้อนเดี่ยว ๆ เมฆคิวมิวลัสมักแสดงถึงอากาศดี เมื่อมองตรงกันข้ามกับดวงอาทิตย์ขอบจะสว่างตรงฐานจะมืด การที่ฐานเป็นเส้นตรงเพราะเป็นระดับควบแน่นของไอน้ำ เมฆนี้มักไม่ทำให้ฝนตก นอกจากอากาศจะไม่มีเสถียรภาพและเปลี่ยนแปลงเป็นเมฆคิวมิวโลนิมบัส (รูป 8.12)

2. คิวมิวโรนิมบัส (Cumulonimbus) ใช้อักษรย่อ Cb เป็นเมฆก้อนหนาทึบที่แผ่กระจายขึ้นเบื้องบนในแนวดิ่ง มีลักษณะคล้ายดอกกะหล่ำปลีหรือหอคอย และถ้าก่อตัวเต็มที่จะมีลักษณะเป็นรูปทั่ง (anvil) เมฆนี้เรียกว่าเมฆพายุฝนฟ้าคะนองเพราะมีฟ้าแลบ ฟ้าร้อง และพายุร่วมด้วยเสมอ เมฆคิวมิวโรนิมบัสทำให้เกิดฝนและหิมะ และเป็นเมฆชนิดเดียวที่ทำให้เกิดลูกเห็บ (hail) (รูป 8.13)

8.3 สะมอก มิสท์ ฟ้าหลัว และหมอก (Smog Mist Haze and Fog)

หมอกให้คำจำกัดความว่าเป็นเมฆที่สัมผัสกับพื้นดินซึ่งขัดขวางการมองเห็นในระยะน้อยกว่า 1 กิโลเมตร แต่ถ้าทัศนวิสัยเกินกว่า 1 กิโลเมตรจะเรียกว่ามิสท์ (mist) ซึ่งก็คือหมอกที่บางนั่นเอง ในกรณีที่ทัศนวิสัยน้อยกว่า 300m เราเรียกว่าหมอกหนา (thick fog) และถ้าหนามากก็ไม่สามารถมองเห็นแม่แต่มือที่ยื่นออกไป โดยปกติแล้วเราไม่สามารถแยกแยะเมฆสเตรตัสและหมอกออกจากกันได้ชัดเจน

8.3.1 สะมอก

ถ้าหมอกประกอบด้วยหยดน้ำเล็ก ๆ ที่บริสุทธิ์เพียงชนิดเดียว ความชื้นสัมพัทธ์จะใกล้เคียง 100% มาก แต่ในบริเวณเมืองที่เป็นเขตอุตสหกรรมเช่น นครลอสเองเจลีส นครลอนดอน อากาศถูกบรรจุด้วยเขม่า และอนุภาคของฝุ่น ซึ่งวัตถุเหล่านี้สามารถดูดซับน้ำได้ดี จึงทำให้ก่อตัวขึ้นเป็นหยดน้ำได้ก่อนที่จะถึงจุดอิ่มตัวเมื่อเทียบกับน้ำบริสุทธิ์ในภาวะปกติ หมอกที่สกปรกนี้เรียกว่าสะมอก (smog) ส่วนประกอบของสะมอกในนครลอนดอนดูได้จากตารางที่ 8.1 จากตารางเราจะเห็นว่าน้ำหนักของควันและซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่า 0.4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำ ซึ่งค่าเพียงเท่านี้จะทำให้อากาศสกปรกและมีกลิ่นเหม็นมาก อันเป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างยิ่ง

TABLE 8.1 COMPOSITION OF A TYPICAL SMOG

Components	Weight	
	Tons/mi³	*Tons/km³*
Dry air	2,000,000	500,000
Liquid water	18,000	4,500
Water vapor	68,000	17,000
Smoke particles	40	10
Sulfur dioxide	40	10

ตาราง 8.1 ส่วนประกอบของสะมอก

8.3.2 ฟ้าหลัว (Haze)

แบ่งได้เป็นฟ้าหลัวชื้น (moist haze) และฟ้าหลัวแห้ง (dry haze) ฟ้าหลัวชื้นเกิดขึ้นในเมืองที่มีอากาศสกปรกและเมื่ออากาศเย็นลงจนมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 70% จะทำให้เกิดฟ้าหลัวชื้นขึ้น ในกรณีที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำอนุภาคของฝุ่นที่แขวนตัวอยู่ในอากาศจะแห้งและทำให้เกิดเป็นฟ้าหลัวแห้ง เมื่อเกิดฟ้าหลัวท้องฟ้าจะเป็นฟ้าบาง ๆ วัตถุที่มีสีค่อนข้างดำจะเห็นเป็นสีน้ำเงินชีดและวัตถุที่มีสีค่อนข้างขาวจะมองเห็นเป็นสีเหลืองชีด

8.3.3 หมอก

เนื่องจากหมอกเกิดบนพื้นดินและในที่ลุ่ม ดังนั้นจึงไม่ใช่เกิดจากการลอยตัวของอากาศเหมือนในเมฆ การควบแน่นอาจเกิดขึ้นเมื่ออากาศเย็นลงจนถึงจุดอิ่มตัวหรือเกิดการระเหยของน้ำเข้าไปในอากาศได้มากพอ ดังนั้นหมอกจึงมีได้หลายชนิด

8.3.3.1 หมอกที่เกิดจากการแผ่รังสี (Radiation Fog)

ในคืนที่ท้องฟ้าไปร่งไอกาสที่จะเกิดหมอกบางบนพื้นดินก็จะมีได้มากทั้งนี้อุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะต้องไม่ต่ำมากเกินไปหมอกเช่นนี้ก็คือหมอกที่เกิดจากการแผ่รังสีเพราะเป็นหมอกที่เกิดขึ้นเมื่อพื้นดินเย็นลงโดยการแผ่รังสีในตอนกลางคืนนั่นเอง พื้นดินที่เย็นจะทำให้อากาศเบื้องบนเย็นลงโดยการสัมผัสและเมื่ออากาศเย็นลงจนถึงจุดน้ำค้างจะเกิดเป็นหมอกขึ้น หมอกชนิดนี้จะไม่ค่อยหนาเกิน 100 เมตร และบางที่เรียกว่าหมอกพื้นดิน (ground fog) (รูป 8.14)

รูป 8.14 หมอกที่เกิดจากการแผ่รังสีในตอนเช้าที่เกิดในหุบเขา

เนื่องจากการเย็นตัวลงของอากาศเกิดขึ้นได้ง่ายในคืนที่ท้องฟ้าไปร่งมากกว่าในคืนที่มีเมฆมาก ดังนั้นหมอกในตอนเช้ามักจะเป็นสิ่งที่ชี้ว่าในเวลากลางวันที่ติดตามมาท้องฟ้ามักจะแจ่มใสและเมื่อดวงอาทิตย์ขึ้นมาในท้องฟ้า หมอกจะถูกเผาและหายไปจากพื้นดินขึ้นสู่เบื้องบน การที่หมอกหายจากเบื้องล่างสู่เบื้องบนเพราะดวงอาทิตย์จะทำให้พื้นดินร้อนขึ้นซึ่งจะมีผลทำให้อากาศพื้นผิวอุ่นขึ้นเหนือจุดน้ำค้างนั่นเอง หมอกที่เกิดจากการแผ่รังสีนี้มักจะเกิดขึ้นในหุบเขาที่ปิดหรือในที่ลุ่มบนพื้นดินเนื่องจากอากาศที่เย็นจะหนักและจมลงเบื้องล่าง

หมอกเช่นนี้มักเกิดขึ้นในคืนที่สงบ เนื่องจากในคืนที่สงบนั้นชั้นของอากาศสามารถเย็นลงได้อย่างสม่ำเสมอ แต่ถ้าเป็นคืนที่ลมพัดจัดอากาศเย็นใกล้พื้นดินจะผสมกับอากาศอุ่นเบื้องบนทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงไม่ถึงจุดน้ำค้าง

ดังนั้นการพยากรณ์การเกิดหมอกนั้น ถ้าอุณหภูมิของจุดน้ำค้างตอนพระอาทิตย์ตกดินแตกต่างกับอุณหภูมิจริงประมาณ 5°C และถ้าความเร็วลมมีน้อย (น้อยกว่า 5 น็อต) โอกาสที่จะเกิดหมอกในตอนใกล้รุ่งก็มีมาก (รายละเอียดที่แน่นอนในการพยากรณ์การเกิดหมอกขึ้นกับสถานที่และไม่ได้เป็นกฎที่ตายตัว)

8.3.3.2 หมอกแอดเว็กชัน (Advection Fog)

คำว่าแอดเว็กชั่น เป็นคำที่ใช้เฉพาะในทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งหมายถึงการเคลื่อนไหวของมวลอากาศในแนวนอนและทำให้คุณสมบัติบางอย่างเกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นอุณหภูมิ (ส่วนคำว่า convection นั่นหมายถึงการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวดิ่ง) ดังนั้นหมอกแอดเว็กชันเกิดจากการพัดของลม และเช่นเดียวกับหมอกที่เกิดจากการแผ่รังสี หมอกแอดเว็กชั่นจะเกิดขึ้นเมื่อลงพัดไม่แรงจนเกินไป

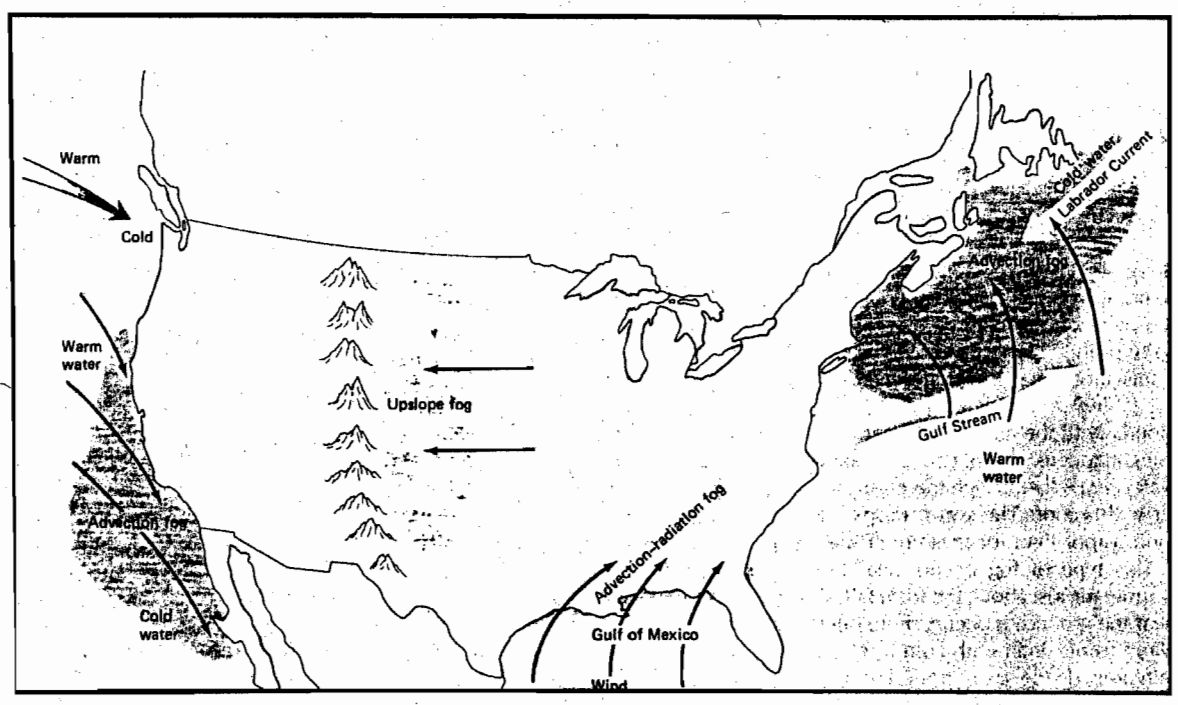
หมอกแอดเว็กชั่นเกิดขึ้นเมื่ออากาศอุ่นพัดไปเหนือพื้นผิวที่เย็นและเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดหมอกได้มากที่สุดทั่วโลก หมอกที่เกิดในทะเลและมหาสมุทรส่วนใหญ่จะเป็นหมอกชนิดนี้ เช่น หมอกที่เกิดที่แกรนด์แบงก์ และบนกระแสน้ำเย็นที่พัดมาพบกับกระแสน้ำอุ่นเป็นต้น ถ้าอากาศอุ่นจากบริเวณข้างเคียงถูกทำให้เย็นลงเมื่อพัดผ่านพื้นผิวที่เย็นกว่า และถ้าอุณหภูมิสามารถลดลงถึงจุดน้ำค้างก็จะทำให้เกิดหมอกขึ้น

เหตุผลที่หมอกชนิดนี้เกิดขึ้นใกล้ชายฝั่งทะเลก็คือประการแรก กระแสน้ำตามชายฝั่งจะเป็นกระแสน้ำเย็นอันเนื่องจากปรากฏการณ์ที่เรียกว่า อัพเวลลิง (upwelling) ปรากฏการณ์นี้เกิดจากพื้นผิวที่อุ่นของน้ำทะเลถูกลมพัดออกจากฝั่ง ดังนั้นน้ำที่เย็นกว่าเบื้องล่างก็จะมาแทนที่น้ำที่เย็น นี่เองทำให้เกิดอัพเวลลิงตามชายฝั่ง และทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างมากมาย เช่น จากเดิม 37°C อาจจะลดลงเหลือ 14°C เท่านั้น ประการที่สองอากาศที่อยู่เหนือพื้นดินในระหว่างฤดูร้อนจะค่อนข้างอุ่น ดังนั้นเมื่อพัดไปเหนือกระแสน้ำเย็น ก็ถูกทำให้เย็นลงถึงจุดน้ำค้างได้โดยง่าย

ชายฝั่งของมลรัฐคาลิฟอร์เนีย จะมีหมอกลงจัดในระหว่างฤดูร้อน ซึ่งเกิดจากอากาศอุ่นและชื้นจากมหาสมุทรเคลื่อนตัวเหนือกระแสน้ำเย็นตามชายฝั่ง อากาศนี้จะเย็นลงจนถึงจุดน้ำค้างและเกิดหมอกขึ้น หมอกนี้เองจะพัดลึกเข้าไปในแผ่นดินในระยะไม่กี่กิโลเมตร และทำให้อากาศตามชายฝั่งค่อนข้างเย็น ในระหว่างฤดูร้อนที่ไม่มีฝนตกหมอกจะทำให้อากาศมีความชื้นสูงพอที่ทำให้ต้นไม้ยักษ์เร็ดวูดมีชีวิตยืนยาวต่อไปได้

เหนือบริเวณแกรนด์แบงก์ (Grand Banks) หมอกจะเกิดขึ้นบนพื้นมหาสมุทร กระแสน้ำอุ่นกัลฟ์ สตรีม (Gulf Stream) จะอยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของแกรนด์แบงก์ ในขณะที่กระแสน้ำเย็นลาบราดอร์ (Labrador) จะอยู่เหนือแกรนด์แบงก์พอดี และเมื่อลดพัดจากกระแสน้ำอุ่นกัลฟ์สตรีมมายังกระแสน้ำเย็นลาบราดอร์ก็จะทำให้เกิดหมอกขึ้น หมอกในบริเวณนี้จะ

หนามากและคงทน บางครั้งอาจจะอยู่นานนับเป็นสัปดาห์หรือนานกว่าโดยไม่ระเหยหายไป ในสถานที่แห่งนี้หมอกจะเกิดได้ทุกฤดูกาลแม้แต่ในฤดูร้อน (รูป 8.15)



รูป 8.15 ลมทำให้เกิดหมอกแอดเว็กชั่น

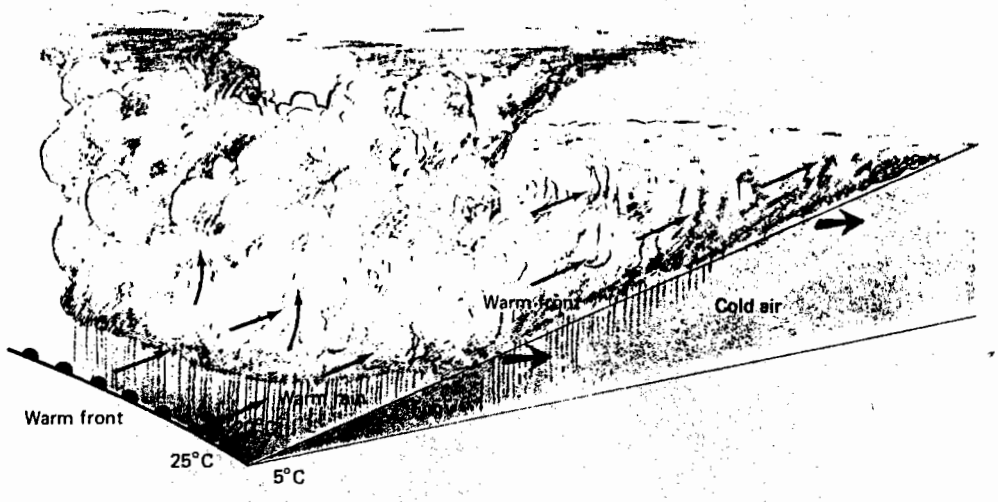
ที่กล่าวมาแล้วนั้นเป็นหมอกแอดเว็กชั่นที่เกิดจากการพัดของอากาศในแนวนอนเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามเราอาจจะเห็นหมอกบนพื้นดินที่เกิดจากการพาในแนวนอนและการแผ่รังสีที่เกิดขึ้นพร้อมกันหมอกชนิดนี้เกิดบนเกาะอังกฤษเมื่ออากาศชื้นจากกระแสน้ำอุ่นกัลฟ์ สตรีม พัดมาเหนือแผ่นดินที่เย็นของเกาะในระหว่างฤดูใบไม้ร่วงและฤดูหนาว ซึ่งตกเวลากลางคืนแผ่นดินจะเย็นต่อไปอีกโดยการแผ่รังสี ดังนั้นจะทำให้เกิดหมอกที่หนา ซึ่งเรียกว่าหมอกซุบถั่ว (pea soup) ที่มีชื่อเสียงของเกาะอังกฤษ

8.3.3.3 หมอกแนวปะทะอากาศ (Frontal Fog)

หมอกแนวปะทะอากาศเกิดขึ้นเมื่อมีฝนตกนานหลายชั่วโมง ทั้งนี้ในระหว่างที่ฝนตกลงมานั้นหมอกระเหยเข้าไปในอากาศเบื้องล่างจนกระทั่งเกิดการอิ่มตัวและควบแน่นเป็นหมอกการ

เกิดหมอกโดยวิธีนี้ก็เหมือนกับการที่เราอาบน้ำอุ่นในห้องที่ติดเครื่องปรับอากาศที่เย็นนั่นเอง หยดน้ำเล็ก ๆ ที่เกิดจากการอาบน้ำจะระเหยและทำให้อากาศในห้องน้ำมีไอน้ำเพิ่มขึ้น อากาศที่เย็นของห้องปรับอากาศสามารถจุไอน้ำได้น้อยก็จะทำให้เกิดการควบแน่นเป็นหมอกขึ้น

หมอกชนิดนี้จะเกิดขึ้นใกล้กับแนวปะทะอากาศโดยการตกลงไปของฝนที่อุ่นสู่อากาศที่เย็นเบื้องล่างซึ่งจะเกิดการระเหยเป็นหมอกขึ้น (รูป 8.16)



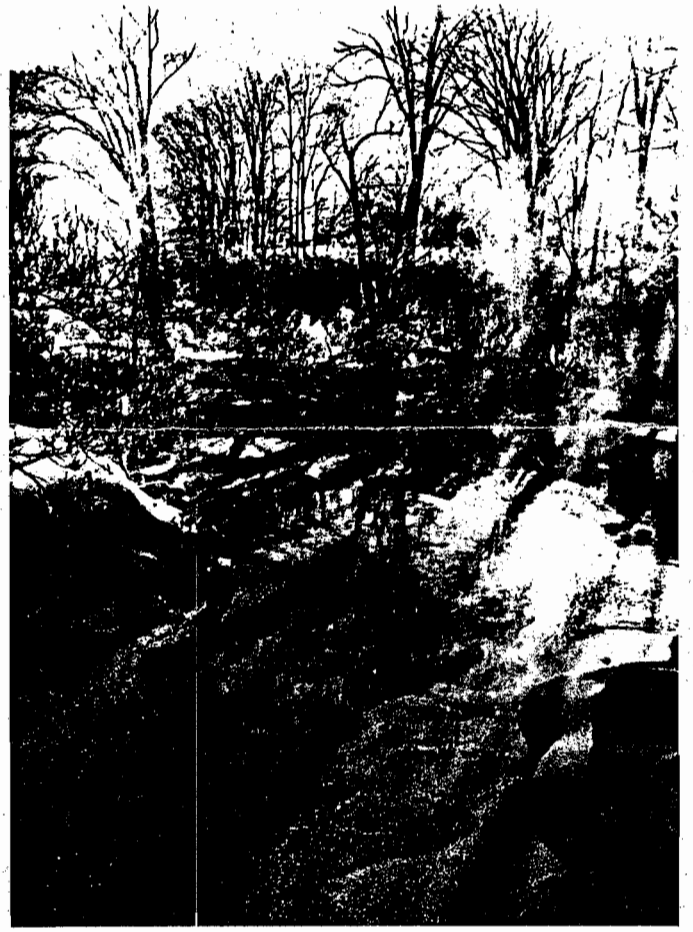
รูป 8.16 หมอกที่เกิดจากแนวปะทะอากาศอุ่นเกิดขึ้นเมื่อฝนที่อุ่นตกลงมาในอากาศที่เย็นกว่าเบื้องล่าง

8.3.3.4 หมอกไอน้ำ (Steam Fog)

หมอกไอน้ำอาจมีชื่อเรียกว่าอาร์คติก ซี สะโมก (หมอกเช่นนี้มีลักษณะคล้ายกับเมื่อเราหายใจออกมาในวันที่เย็นจัดของฤดูหนาว) ซึ่งจะมีลักษณะบางและเป็นเส้นมีความหนาเพียงสองสามเมตรและจะก่อตัวบนพื้นน้ำ หมอกนี้เกิดขึ้นเมื่ออากาศที่เย็นจัดมาอยู่เหนือพื้นน้ำที่อุ่นเบื้องล่างโดยตรง การระเหยของน้ำที่อุ่นเมื่อกระทบอากาศเย็นเบื้องบนจะทำให้เกิดหมอกขึ้น

หมอกไอน้ำมักเกิดขึ้นบนทะเลสาปหรือลำธาร (รูป 8.17) ในช่วงเวลาใกล้ส่วางเนื่องจากอากาศที่อยู่เหนือทะเลสาปหรือลำธารจะถูกทำให้เย็นลงในระหว่างเวลากลางคืนแต่พื้นน้ำจะยังคงอุ่นอยู่เช่นเดิม

จากการเรียกเชื่อหมอกว่าอาร์คติก ซี สะโมก ก็แสดงว่าหมอกชนิดนี้มักเกิดขึ้นแถวขั้วโลก ในระหว่างฤดูหนาวที่ยาวนานอากาศจะหนาวจัด แม้ว่าพื้นน้ำบนมหาสมุทรแถวขั้วโลกจะเกือบถึงจุดเยือกแข็ง แต่ก็ยังอุ่นกว่าอากาศเบื้องบนค่อนข้างมาก



รูป 8.17 หมอกที่เกิดจากการระเหย (a) เหนือลำธาร (b) เหนือทะเลสาป

ตัวอย่างต่อไปนี้จะแสดงให้เห็นว่าหมอกที่เกิดจากการระเหยเกิดขึ้นจากการผสมของอากาศที่ยังไม่อิ่มตัว

ตัวอย่างที่ 8.1

อากาศ 1000 กรัม มี RH = 90% และ T = 10°C ผสมกับอากาศอีก 1000 กรัมที่มี RH = 50% และ T = -20°C จงหา RH ของอากาศที่ผสมกัน

ข้อมูล : จากตาราง 6.3 เมื่อ T = 10°C W_s จะเท่ากับ 7.76 o/oo และเมื่อ T = -20°C W_s จะเท่ากับ 0.785 o/oo และหลังจากผสมกันแล้วอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 10°C และ -20°C ก็คือ -5°C และที่ -5°C W_s = 2.64 o/oo

วิธีทำ : คำนวณหาจำนวนไอน้ำทั้งหมดของอากาศผสมโดยการเพิ่มจำนวนไอน้ำของแต่ละตัวอย่างลงไป การทำเช่นนี้ทำให้เราสามารถหาอัตราส่วนผสมที่มีจริง (W) ของกาศผสมได้

จาก สมการ $RH = \frac{W}{W_s} \times 100\%$

แทนค่า :

เมื่อ T = 10°C RH = 90%

$$90 = \frac{W}{7.76 \text{ o/oo}} \%$$

$$W = 7.0 \text{ o/oo}$$

ดังนั้นในอากาศ 1000 กรัม จะมีไอน้ำ 7.0 กรัม

เมื่อ T = -20°C RH = 50%

$$50 = \frac{W}{0.785 \text{ o/oo}} \times 100$$

$$W = 0.392 \text{ o/oo}$$

ดังนั้นในอากาศ 1000 กรัม มีไอน้ำ 0.392 กรัม

เมื่อผสมอากาศทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจะมีไอน้ำทั้งหมด 7.39 กรัมในอากาศ 2000 กรัม ดังนั้นอัตราส่วนผสมที่มีจริง

$$W = \frac{7.39 \text{ กรัม}}{2000 \text{ กรัม}} = 3.70 \text{ o/oo}$$

คำตอบ : อากาศผสมอันใหม่ T = -5°C W = 3.7 o/oo

จาก $RH = \frac{W}{W_s} \times 100$

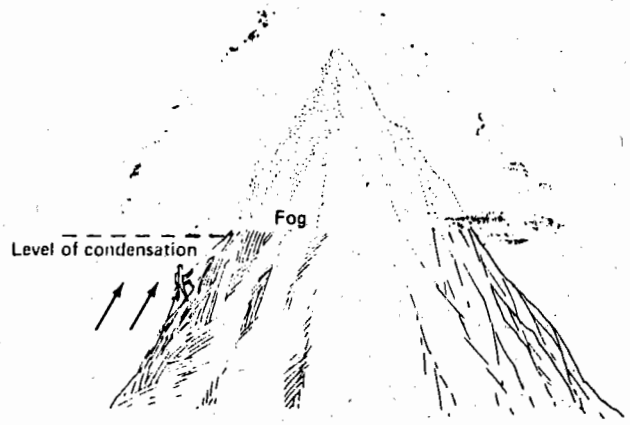
ดังนั้น $RH = \frac{3.7\ o/oo}{2.64\ o/oo} \times 100 = 140\%$

ค่า RH 140% เป็นสถานการณ์ที่เป็นไปไม่ได้แต่ก็หมายความว่าไอน้ำได้ควบแน่นเป็นหมอกขึ้น

เมื่อมาถึงจุดนี้เราจะเห็นว่าทั้งหมอกที่เกิดจากการระเหยและหมอกแนวปะทะอากาศเกิดจากการเพิ่มจำนวนไอน้ำเข้าไปในอากาศที่เย็นนั่นเอง

8.3.3.5 หมอกภูเขา (Upslope Fog or Mountain Fog)

หมอกภูเขาเกิดขึ้นเมื่ออากาศที่ค่อนข้างชื้นเคลื่อนตัวไปตามลาดของภูเขา อากาศที่ไหลขึ้นนี้จะขยายตัวและเย็นลงอย่างเอเดียแบติกทำให้หมอกขึ้น (รูป 8.18)



รูป 8.18 หมอกภูเขาเกิดขึ้นเมื่ออากาศลอยสูงขึ้นตามลาดเขาและเย็นลงจนถึงจุดควบแน่น