

## บทที่ 4 ความชื้นของบรรยากาศ

ความร้อนและน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสภาพแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลก พืชและสัตว์ซึ่งเป็นอาหารของมนุษย์ต้องการน้ำเพื่อใช้ในการเติบโต มนุษย์ใช้น้ำในหลายทางด้วยกัน แหล่งน้ำเบื้องต้นเพียงแห่งเดียวมาจากบรรยากาศในการระเหยของน้ำกลายเป็นไอ ในบทนี้ส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับน้ำในสถานะเป็นไอในบรรยากาศและขบวนการที่น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งเป็นไอ และเป็นฝนตกสู่พื้นดินและมหาสมุทร

### สามสถานะของน้ำและความร้อน

วัตถุในโลกอาจเกิดขึ้นเป็น 3 สถานะ แตกต่างกันคือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ สถานะทั้งสามของน้ำมีดังนี้ คือ

1. สถานะของแข็ง ไค้แก่ น้ำแข็ง
2. สถานะของเหลว ไค้แก่ น้ำ
3. สถานะก๊าซ ไค้แก่ ไอน้ำ

น้ำอาจเปลี่ยนสถานะหนึ่ง ไปยังอีกสถานะหนึ่ง ไค้ทั้งทางตรงและทางอ้อม กรรมวิธีซึ่งน้ำเปลี่ยนจากสถานะหนึ่ง ไปยังอีกสถานะหนึ่ง มีดังต่อไปนี้

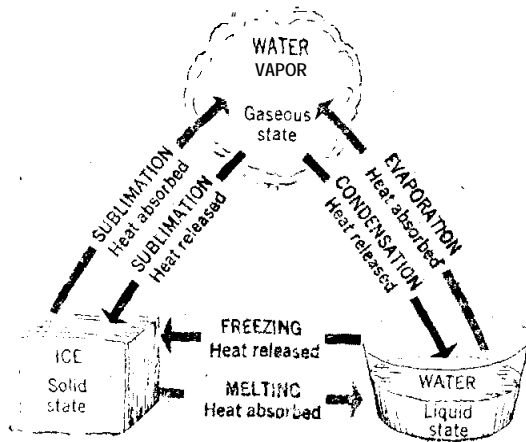
ตารางที่ 4.1 สถานะของน้ำ และกรรมวิธีในการเปลี่ยนสถานะ

สถานะแรก	สถานะสุดท้าย	กรรมวิธี
น้ำแข็ง	น้ำ	การละลาย (MELTING)
น้ำแข็ง	ไอน้ำ	การระเหิด (SUBLIMATION)
น้ำ	ไอน้ำ	การระเหย (EVAPORATION)

ตารางที่ 4.1 สามสถานะของน้ำและกรรมวิธีในการเปลี่ยนสถานะ (ต่อ)

สถานะแรก	สถานะสุดท้าย	กรรมวิธี
ไอน้ำ	น้ำ	การกลั่นตัว (CONDENSATION)
ไอน้ำ	น้ำแข็ง	การระเหิดกลับ (DEPOSITION)
น้ำ	น้ำแข็ง	การแข็งตัว (FREEZING)

ดังนั้น จึงอาจแสดงความสัมพันธ์ของสถานะของน้ำทั้งสามได้ตามรูปที่ 4.1



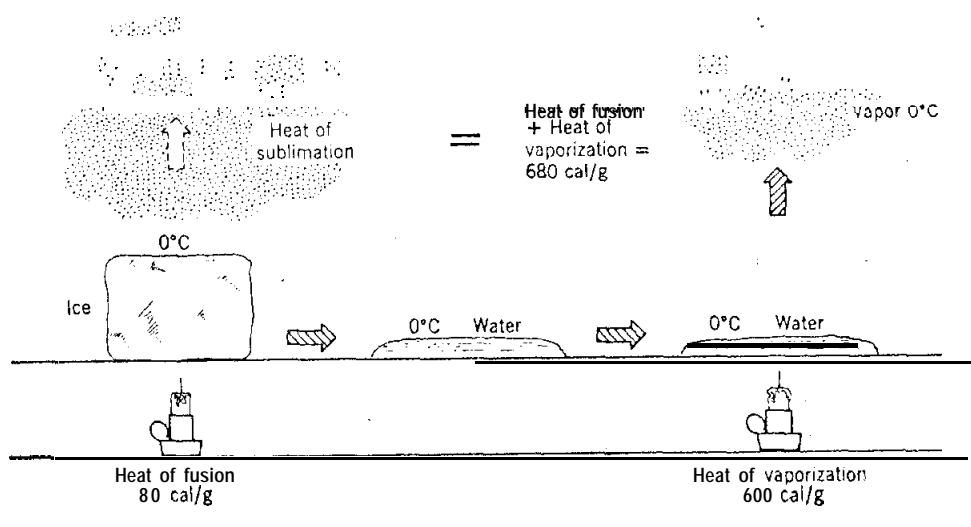
รูป 4.1 ความสัมพันธ์ของสถานะของน้ำทั้งสาม

สิ่งสำคัญที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร คือ การแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อน ตัวอย่างเช่น เมื่อน้ำระเหยกลายเป็นไอ ความร้อนก็จะแฝงไปกับไอน้ำด้วย ซึ่งเรียกว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ และสาเหตุนี้เองทำให้น้ำที่เหลืออยู่มีอุณหภูมิลดลง ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดที่สุด คือ

เราจะรู้สึกเย็นเมื่อเหงื่อระเหย ทั้งนี้เพราะเมื่อเหงื่อระเหยมันจะเอาความร้อนแฝงไปด้วย การระเหยของน้ำทุก ๆ 1 กรัมจะใช้ความร้อนแฝงประมาณ 600 แคลอรี ในทางตรงกันข้ามเมื่อไอน้ำจะกลายเป็นของเหลว 1 กรัมจะต้องคายความร้อนออก 600 แคลอรี เช่นกัน

ในทำนองเดียวกัน น้ำ 1 กรัมจะเปลี่ยนสถานะมาเป็นน้ำแข็งต้องคายความร้อนออกไปถึง 80 แคลอรี และในทางตรงกันข้ามถ้าน้ำแข็งจะกลายเป็นน้ำ ต้องใช้ความร้อน 80 แคลอรี ต่อกรัม

สำหรับขบวนการระเหิด (SUBLIMATION) นั้นจะเกิดจากร้อนแฝงที่ไอน้ำถูกเอาไว้ออกไป กล่าวคือ ความร้อนแฝงที่อยู่ในไอน้ำจะถูกคายออกไปเป็นจำนวนมาก จึงทำให้อุณหภูมิของไอน้ำลดต่ำกว่าจุดน้ำแข็ง ไอน้ำจึงควบแน่นกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง ในทางตรงกันข้ามผลึกน้ำแข็งจะถูกความร้อนแฝงเข้ามาและทำให้ผลึกน้ำแข็งกลายเป็นไอน้ำโดยไม่ผ่านการเป็นของเหลว (รูป 4.2 )



รูป 4.2 ความร้อนของการระเหิดจะเท่ากับปริมาณความร้อนที่ใช้ในการละลายน้ำแข็งที่ 0°ซ บวกกับปริมาณความร้อนที่ใช้ในการระเหยของน้ำ

## ความชื้น (HUMIDITY)

ความชื้นตามความหมายทั่วไป หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ไอน้ำในบรรยากาศได้จากพื้นผิวโลกโดยการระเหยจากน้ำ กลายเป็นไอ และโดยการระเหิดจากน้ำแข็งกลายเป็นไอ ปริมาณไอน้ำแต่ละแห่ง บนพื้นโลกจะแตกต่างกัน ในช่วงฤดูหนาวในเขตอบอุ่นอากาศเย็นและแห้ง ปริมาณไอน้ำแทบจะไม่มีเลย ส่วนในบริเวณศูนย์สูตรมีอากาศร้อนชื้นจะมีปริมาณไอน้ำสูงถึง 4 หรือ 5 % ของปริมาตรอากาศทั้งหมด

อุณหภูมิเป็นตัวกำหนดปริมาณไอน้ำในอากาศ ณ อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง ซึ่งถือเป็นขีดจำกัดสูงสุดของความสามารถของอากาศที่จะรับไอน้ำไว้ได้ เรียกจุดกำหนดนี้ว่า จุดอิ่มตัว (SATURATION POINT)

### การวัดความชื้นในอากาศ

การวัดความชื้นในอากาศมีหลายวิธี ดังนี้คือ

1. ความดันไอน้ำ (WATER VAPOR PRESSURE)
2. ความชื้นสัมบูรณ์ (ABSOLUTE HUMIDITY)
3. ความชื้นจำเพาะ (SPECIFIC HUMIDITY)
4. อัตราส่วนผสม (MIXING RATIO)
5. ความชื้นสัมพัทธ์ (RELATIVE HUMIDITY)
6. จุดน้ำค้าง (DEW POINT)

1. ความดันไอน้ำ (WATER VAPOR PRESSURE,  $e$ ) ในขณะที่ น้ำระเหยเข้าไปในอากาศแห้ง ไอน้ำจะมีความกดดันเช่นเดียวกับก๊าซอื่น ๆ เรียก ความกดดันของไอน้ำนี้ว่า "ความดันไอน้ำ" (WATER VAPOR PRESSURE) ความดันของไอน้ำจะมีความสัมพันธ์อยู่กับปริมาณของน้ำต่อปริมาตร 1 หน่วย ความปกติกค่าของความดันไอน้ำจะใช้หน่วยเดียวกันกับหน่วยความกดของอากาศ คือเป็นมิลลิบาร์ หรือมิลลิเมตร หรือนิ้วของปรอทก็ได้

ความดันไอน้ำมีความสัมพันธ์อยู่กับปริมาณของไอน้ำ ดังนั้นถ้าอากาศเย็น และแห้ง ความดันไอน้ำอาจลดต่ำลงถึง 0.113 เซนติเมตร (0.05 นิ้ว) แต่ถ้าเป็น เขตอากาศร้อนและชื้นมาก เช่นในเขตศูนย์สูตรความดันไอน้ำในอากาศอาจสูงขึ้นไปถึง 2 เซนติเมตร (0.80 นิ้ว) บริเวณที่อยู่ห่างออกไปจากเขตศูนย์สูตรไปทางขั้วโลก ปริมาณความชื้นจะลดน้อยลงตามลำดับ ความดันไอน้ำจะลดปริมาณน้อยลงตามปริมาณ ความชื้นในอากาศด้วย ถ้าอากาศสามารถรับไอน้ำไว้ได้เต็มที่ ณ อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง เรียกว่า ความดันไอน้ำอิ่มตัว (SATURATION WATER VAPOR PRESSURE ;  $e_s$ )

2. ความชื้นสัมบูรณ์ (ABSOLUTE HUMIDITY) คือ จำนวนไอน้ำที่มี อยู่จริงในอากาศในขณะใดขณะหนึ่ง หรือจะกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าความชื้นสัมบูรณ์คือ ความหนาแน่นของไอน้ำในอากาศ โดยคิดจากน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศแห้ง 1 หน่วยปริมาตร เช่น เป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือเป็นเกรนต่อลูกบาศก์ฟุต วิธีนี้ใช้กันมากในทางวิศวกรรม และในเครื่องปรับอากาศ แต่ไม่ค่อยใช้ในทาง- จุลนิยมวิทยา

3. ความชื้นจำเพาะ (SPECIFIC HUMIDITY) เป็นอัตราส่วน ของน้ำหนักของไอน้ำในอากาศต่อน้ำหนักของอากาศชื้น (น้ำหนักของอากาศรวมกับ น้ำหนักของไอน้ำ) โดยให้น้ำหนักของอากาศมีหน่วยเป็นกรัมต่อน้ำหนักของอากาศชื้น

กิโลกรัม ตัวอย่างเช่น ในอากาศ 1 กิโลกรัม ( 1,000 กรัม) มีความชื้นไอน้ำเท่ากับ 12 กรัม ดังนั้นความชื้นจำเพาะจึงเท่ากับ 12 กรัมต่อ 1 กิโลกรัม

ความชื้นจำเพาะมักจะใช้ในการแสดงลักษณะความชื้นของมวลอากาศขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่น อากาศที่เย็นจัดและแห้งที่ปกคลุมบริเวณอาร์กติกในฤดูหนาว จะมีความชื้นจำเพาะค่าเท่ากับ 0.2 กรัมต่อ 1 กิโลกรัม ในขณะที่อากาศร้อนจัดและชุ่มชื้น บริเวณศูนย์สูตรมีความชื้นจำเพาะถึง 18 กรัมต่อ 1 กิโลกรัม ดังนั้น ในบริเวณต่าง ๆ ของโลก พิสัยของความชื้นจำเพาะจะแตกต่างกันมากถึง 100 หรือ 200 เท่า

4. อัตราส่วนผสม (MIXING RATIO) คืออัตราส่วนของน้ำหนักไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศในขณะนั้น เทียบกับน้ำหนักของอากาศแห้งต่อ 1 หน่วยน้ำหนัก อัตราส่วนผสมนี้มักคิดเป็นกรัมของไอน้ำ (กิโลกรัมของอากาศแห้ง) เช่น อัตราส่วนผสม 12 กรัมต่อกิโลกรัม นั้นก็หมายความว่าในอากาศแห้งแต่ละ 1 กิโลกรัมจะมีไอน้ำอยู่ 12 กรัม ดังนั้นเมื่อรวมน้ำหนักของไอน้ำในอากาศจะเท่ากับ 1012 กรัม

5. ความชื้นสัมพัทธ์ (RELATIVE HUMIDITY ; R.H.) เป็นวิธีที่วัดความชื้นที่ไ้มากที่สุด ความชื้นสัมพัทธ์คือ อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศต่อปริมาณไอน้ำที่อากาศจะสามารถรับไว้ได้จนถึงจุดอิ่มตัวที่อุณหภูมินั้น ซึ่งแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ตามสูตร

$$R.H. = \frac{e}{e_s} \times 100 \quad \text{-----} \quad \text{สูตร 4.}$$

$e$  = ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ

$e_s$  = ปริมาณไอน้ำที่อากาศจะสามารถรับไว้ได้จนถึงจุดอิ่มตัว

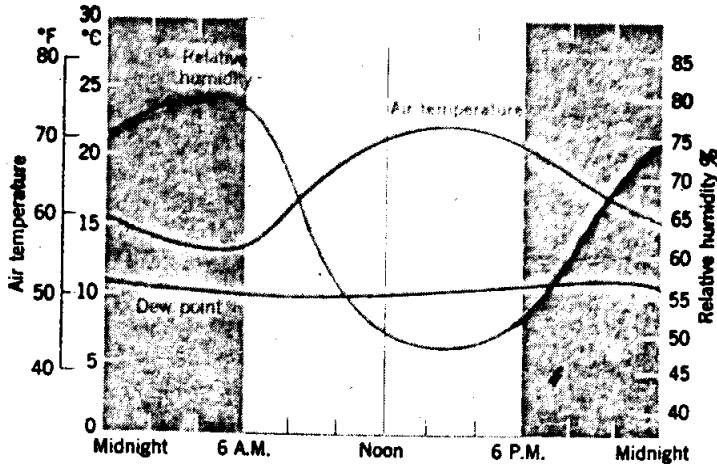
ตัวอย่างเช่น ในอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิ 30° ซ มีไอน้ำ 30 กรัม แต่ในอุณหภูมินั้นอากาศจะรับไอน้ำไว้ได้ถึง 40 กรัม  
 อยากทราบว่าอากาศนี้มีความชื้นสัมพัทธ์เท่าไร

$$\begin{aligned} R.H &= \frac{a}{b} \times 100 \\ &= \frac{30}{40} \times 100 = 75\% \end{aligned}$$

จุดอิ่มตัวของไอน้ำในอากาศจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 100 %  
 ถ้าค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 10 % แสดงว่าอากาศจะสามารถรับไอน้ำไว้ได้  
 เพียง 1 ใน 10 ณ อุณหภูมิและความกดอากาศนั้น

การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสามารถเกิดขึ้น ดังนี้

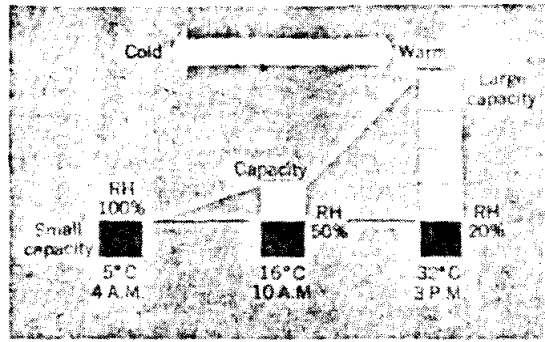
1. ปริมาณไอน้ำ เมื่อความกดอากาศคงที่ แต่ปริมาณไอน้ำในอากาศเพิ่มขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นด้วย
2. อุณหภูมิ เมื่อปริมาณไอน้ำและความกดอากาศคงที่ แต่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ความชื้นสัมพัทธ์จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย กล่าวคือ  
 ถ้าอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์จะสูง และอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำ ( รูป 4.3 )  
 ถ้าอุณหภูมิลดต่ำลง และปริมาณไอน้ำในอากาศมีได้เพิ่มขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงขึ้นทั้งนี้เพราะ เมื่ออากาศเย็นลง ปริมาตรของอากาศจะหดตัว จำนวนไอน้ำที่มีอยู่จึงมีเปอร์เซ็นต์สูง ในทางตรงกันข้าม เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และไม่มี การเพิ่มปริมาณไอน้ำในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำลงทั้งนี้เพราะ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาตรของอากาศจะขยายตัวมากขึ้น อากาศยังสามารถอุ้มไอน้ำไว้ได้อีกมาก



รูป 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และจุดน้ำค้าง สำหรับเดือนพฤษภาคม ณ กรุงวอชิงตัน ดีซี

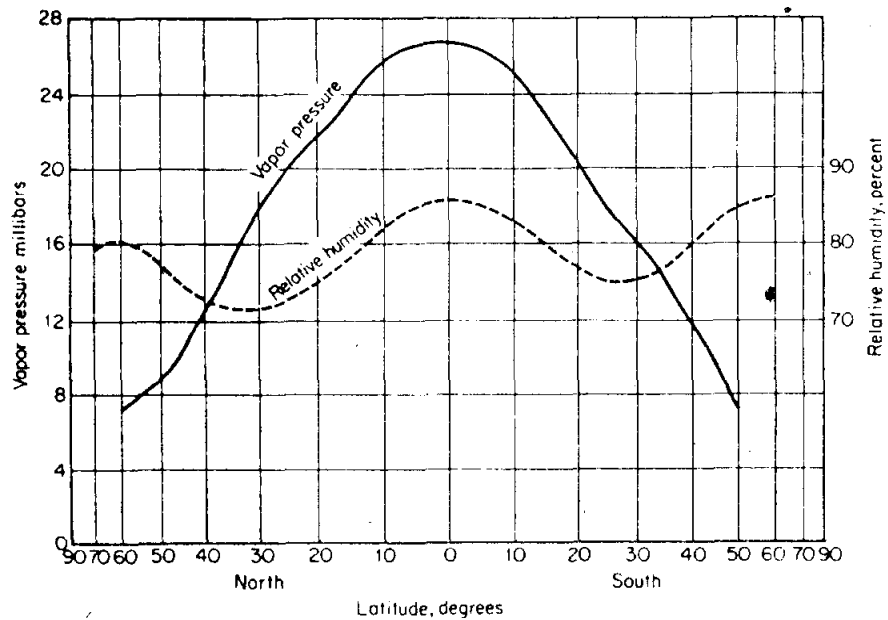
ตัวอย่างง่าย ๆ ที่จะช่วยให้เข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนี้มากขึ้นได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.4 เมื่อเวลา 10 น. อุณหภูมิของอากาศประมาณ 16° ซ (60° ฟ) ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 50% ต่อมาเมื่อประมาณ 15.00 น. อุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 32° ซ (90° ฟ) ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงเหลือประมาณ 20% ซึ่งแสดงว่าอากาศมีความแห้งมาก ต่อมาในเวลากลางคืน อุณหภูมิค่อย ๆ ลดต่ำลง และเมื่อเวลาประมาณ 4.00 น. อุณหภูมิลดต่ำลงเหลือประมาณ 5° ซ (40° ฟ) ซึ่งขณะนั้นความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นถึง 100% และอากาศอึมครึมไปคืบไอน้ำ เป็นช่วงที่อากาศชุ่มชื้นมากที่สุด ถ้าอุณหภูมียังคงลดต่ำลงไปอีก ความชื้นสัมพัทธ์ยังคงเหลืออยู่ 100% เหมือนเดิม และทำให้เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำที่มีมากเกินไปออกมาในรูปของหยาดน้ำฟ้ารูปต่าง ๆ เช่น น้ำค้าง หมอก เมฆ ฝน เป็นต้น ถ้าอุณหภูมิลดต่ำลงกว่าจุดน้ำแข็ง การกลั่นตัวจะปรากฏในรูปของ หิมะ ฝนแข็ง บนพื้นโลก เช่น น้ำค้างแข็ง หิมะ ฝนน้ำแข็ง เป็นต้น





รูป 4.4 เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย

สรุปได้ว่า ความชื้นสัมพัทธ์จะเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่ออุณหภูมิหรืออัตราส่วนผสม (MIXING RATIO) เปลี่ยนแปลงไป ความชื้นสัมพัทธ์มีแนวโน้มจะสูงขึ้นในบริเวณพื้นดินในฤดูหนาว สำหรับบริเวณมหาสมุทรความชื้นสัมพัทธ์จะสูงขึ้นในฤดูร้อน และโดยปกติความชื้นสัมพัทธ์จะมีความสัมพันธ์ผกผันกับอุณหภูมิประจำวัน กล่าวคือ ความชื้นสัมพัทธ์ จะคงที่ในตอนบ่ายซึ่งมีอุณหภูมิสูง และจะสูงขึ้นในตอนกลางคืน ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ



รูป 4.5 การกระจายของความชื้นสัมพัทธ์ และความดันไอน้ำตามระดับละติจูด

รูป 4.5 แสดงค่าโดยประมาณของความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกันไปตามระดับละติจูดถึงแม้ว่าในสภาพความเป็นจริงจะมีองค์ประกอบของภูมิอากาศอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องก็ตาม ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงสุดบริเวณใกล้ศูนย์สูตร และต่ำสุดบริเวณเขตความกดอากาศสูงถึงเมืองร้อน ไกลไปทางขั้วโลกในบริเวณซึ่งมีลมประจำตะวันตกพัดผ่าน ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงขึ้นอีก ทั้งนี้เป็นเพราะอุณหภูมิลดต่ำลง

6. จุดน้ำค้าง (DEW POINT) คือ จุดที่อุณหภูมิซึ่งอากาศถูกทำให้เย็นตัวลง ควบความกดคงที่ และควบปริมาณไอน้ำในอากาศคงที่ จนกระทั่งเกิดการอิ่มตัวขึ้น และไอน้ำเริ่มกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ หรือจุดอุณหภูมิซึ่งความดันไอน้ำอิ่มตัว (SATURATED VAPOR PRESSURE) ของอุณหภูมิเท่ากับความดันไอน้ำที่แท้จริงของไอน้ำ หรืออุณหภูมินั้น อุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะเป็นเท่าใดก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นสัมบูรณ์ หรือจำนวนไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศนั้น ถ้าอากาศมีจำนวนไอน้ำมาก อุณหภูมิของจุดน้ำค้างก็สูง แต่ถ้าในอากาศมีจำนวนไอน้ำน้อย อุณหภูมิของจุดน้ำค้างก็ต่ำ ถ้าอุณหภูมิของอากาศลดต่ำกว่าจุดน้ำค้างจะเกิดการกลั่นตัวขึ้น ซึ่งจะปรากฏออกมาในลักษณะของหยาดน้ำฟ้า ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ ในฤดูร้อน ตามแกว่น้ำแข็งจะมีหยดน้ำมาเกาะอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพราะอากาศที่มาสัมผัสกับแกว่น้ำแข็งที่เย็นจะลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วต่ำกว่าจุดน้ำค้าง จึงทำให้เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเกาะอยู่ข้าง ๆ แกว

### เครื่องมือวัดความชื้นของอากาศ

การวัดความชื้นในอากาศสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือดังนี้

1. ไฮโกรมิเตอร์ (HYGROMETER) เป็นไฮโกรมิเตอร์ที่ใช้กันโดยทั่วไปประกอบด้วยเส้นผมของคนซึ่ง เส้นผมนี้จะยืดหรือหดได้เมื่อความชื้นสัมพัทธ์

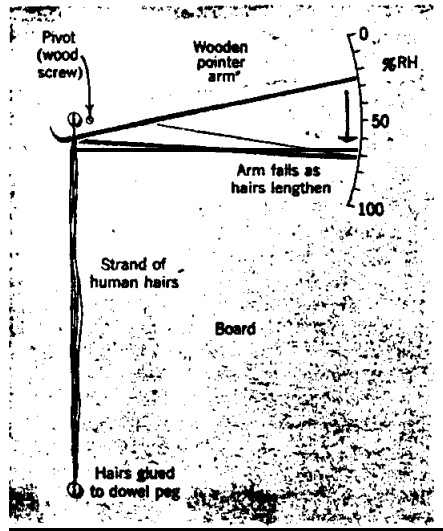
เปลี่ยนแปลง ถ้าความชื้นในอากาศมาก เส้นผมจะยืดออก แต่ถ้าความชื้นในอากาศน้อยเส้นผมจะหด การหดตัวและยืดตัวของเส้นผมจะมีผลทำให้หน้าปัดของไฮโกรมิเตอร์หมุนไปมาได้ (รูป 4.6 )

## 2. ไฮโครมิเตอร์แบบกวัดแกว่ง (SLING PSYCHROMETER)

ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน คือ เทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะแห้ง และเทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะเปียกซึ่งเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกนี้จะมีผ้าที่เปียกชุ่มที่กระเปาะอยู่ตลอดเวลา เมื่ออากาศมีความชื้นน้อยน้ำที่ชุ่มกระเปาะเปียกก็จะระเหยออกไปและพาความร้อนออกไปด้วย จึงทำให้อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกลดต่ำ ตามปกติแล้วอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกจะต่ำกว่าอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแห้ง จากนั้นก็นำเอาอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองมาเปรียบเทียบหาความชื้นสัมพัทธ์ได้ เช่น ถ้าอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองเท่ากันแสดงว่าความชื้นสัมพัทธ์สูงถึง 100 % แต่ถ้าอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองทิ้งช่วงห่างกันมากเท่าไรความชื้นในอากาศจะน้อยเท่านั้น (รูป 4.7 และ 4.8 )

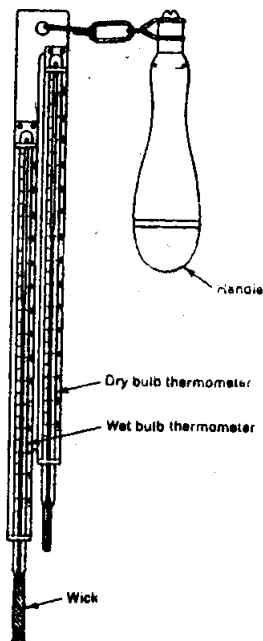
## 3. ไฮโกรกราฟ (HYGROGRAPH) เป็นเครื่องมือวัดความชื้น

ในอากาศที่ทำงานแบบอัตโนมัติ โดยมีการบันทึกความชื้นของอากาศติดต่อกันเป็นเวลานาน



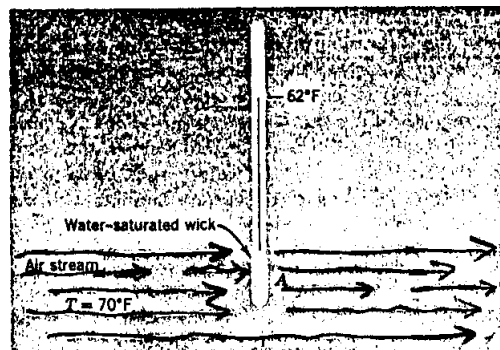
รูป 4.6 ไฮโกรมิเตอร์

รูป 4.7 ไฮโกรมิเตอร์แบบกวดักแกว่ง



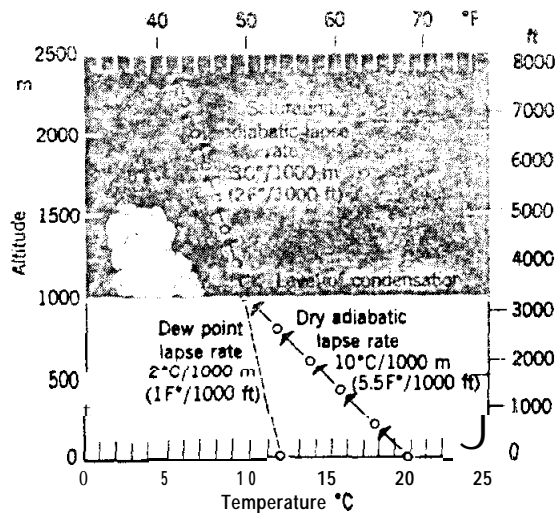
รูป 4.8

หลักของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก เมื่อ น้ำระเหยจากผ้าที่พันกระเปาะ A เข้าไปในอากาศอิสระที่เคลื่อนที่ผ่าน อัตราการเย็นตัวลงจะเป็นสัดส่วนกับการลดลงของจุดหมึซึ่งสามารถอ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์



การกลั่นตัวของไอน้ำ

การกลั่นตัวของไอน้ำเป็นขบวนการทางธรรมชาติซึ่งไอน้ำในอากาศเปลี่ยนภาวะกลายเป็นน้ำ ตามกฎทางอุณหิยศาสตร์เมื่อมวลอากาศลอยตัวสูงขึ้น อุณหภูมิของอากาศจะลดลงทั้ง ๆ ที่ความร้อนของอากาศที่ลอยขึ้นไปมิได้สูญเสียให้แก่บรรยากาศที่อยู่โดยรอบ แต่การที่อุณหภูมิของอากาศลดต่ำลงนั้นเป็นเพราะในระดั้มที่สูงขึ้นความกดของอากาศจะลดลง จึงทำให้มวลอากาศที่ลอยตัวสูงขึ้นขยายตัวออกไป โมเลกุลของอากาศแต่ละกระจายออกไปอย่างกว้างขวางและเคลื่อนที่ไปอย่างช้า ๆ ดังนั้นจึงทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงตามอัตราอะเดียแบติก ซึ่งเป็นขบวนการที่เกิดขึ้นโดยไม่มีการเพิ่มและสูญเสียความร้อน การลดและเพิ่มอุณหภูมิแบบอะเดียแบติก ไม่เหมือนกับการลดและเพิ่มอุณหภูมิแบบปรกติ (NORMAL TEMPERATURE LAPSE RATE ) ซึ่งที่กล่าวแล้วในบทที่ 3 สำหรับในบริเวณที่ไม่มีการกลั่นตัวเกิดขึ้น มวลอากาศที่ลอยตัวสูงขึ้นจะลดอุณหภูมิแบบอะเดียแบติก สำหรับอากาศแห้ง กล่าวคือ จะลดในอัตราประมาณ  $10^{\circ}$  ซ ต่อ 1,000 เมตร ( $5.5^{\circ}$  ฟ ต่อ 1,000 ฟุต) ส่วนในบริเวณที่มีการกลั่นตัว เมื่ออากาศลอยตัวสูงขึ้นอุณหภูมิจะลดต่ำลงในอัตรา ระหว่าง  $3-6^{\circ}$  ซ ต่อ 1,000 เมตร ( $2^{\circ}-3^{\circ}$  ฟ ต่อ 1,000 ฟุต)



รูป 4.9 เมื่อมวลอากาศยกตัวสูงขึ้น อุณหภูมิจะลดลงตามอัตราอะเดียแบติก

ตามรูป 4.9 แขนงอนจะแสดงอุณหภูมิและแกนตั้งแสดงความสูงวงกลมเล็ก ๆ พร้อมลูกศรแสดงการลอยตัวสูงขึ้นของมวลอากาศ สมมติว่ามวลอากาศมีอุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C}$  ( $68^{\circ}\text{F}$ ) ณ ระดับใกล้พื้นดิน และอุณหภูมิที่จุดน้ำค้างเท่ากับ  $12^{\circ}\text{C}$  ( $54^{\circ}\text{F}$ ) ถ้ามวลอากาศลอยตัวสูงขึ้น อุณหภูมิจะค่อย ๆ ลดต่ำลงเรื่อย ๆ ทั้งนี้เมื่อระดับความสูง 1,000 เมตร (3,300 ฟุต) อุณหภูมิของอากาศจะลดต่ำลงเหลือประมาณ  $10^{\circ}\text{C}$  ( $50^{\circ}\text{F}$ ) ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง ในที่สุดเมื่ออุณหภูมิของมวลอากาศซึ่งอิมตัวไปด้วยไอน้ำลดต่ำลงถึงอุณหภูมิที่จุดน้ำค้างหรือความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเป็น 100 % การกลั่นตัวเป็นหยกน้ำเล็ก ๆ จะเกิดขึ้น และจะก่อตัวเป็นเมฆ

ภายหลังจากการกลั่นตัวของไอน้ำเกิดขึ้นแล้ว อากาศจะลอยตัวต่อขึ้นไปอีก ทั้งนี้เพราะความร้อนแฝงที่คายออกมาตอนเกิดการกลั่นตัวทำให้อากาศนั้นร้อนและลอยตัวต่อไป แต่อากาศชั้นที่ลอยตัวขึ้นไปตอนหลังนี้จะค่อย ๆ ลดต่ำลงตามอัตราระหว่าง  $3^{\circ}$  -  $6^{\circ}\text{C}$  ต่อ 1,000 เมตร ( $2^{\circ}$  และ  $3^{\circ}\text{F}$  ต่อ 1,000 ฟุต) ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินี้มีชื่อว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามอัตราอะเดียแมติกของอากาศอิมตัว จากกระบวนการที่มวลอากาศร้อนลอยตัวขึ้นไปทำให้ไอน้ำกลั่นตัว หากการกลั่นตัวเกิดขึ้นในอุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำค้างแข็ง การกลั่นตัวจะออกมาในรูปของแข็งเช่น น้ำค้างแข็ง หิมะ ถ้าการกลั่นตัวเกิดในอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งจะออกมาในรูปของน้ำค้าง หมอก เมฆ เป็นต้น

#### เมฆ ( CLOUDS )

เมฆเป็นองค์ประกอบทางภูมิศาสตร์ที่สำคัญอย่างหนึ่งที่แสดงให้ทราบถึงสถานะของลมฟ้าอากาศที่เป็นอยู่ในขณะนั้น และที่จะเกิดขึ้นในอนาคตใด ๆ เป็นสิ่งที่เราสามารถมองเห็นได้ และทำให้ทราบว่า การเคลื่อนไหวของบรรยากาศกำลังเป็นอย่างไร รวมทั้งปริมาณไอน้ำ และระดับความสูง

ดังนั้น ถ้าพิจารณาในแง่นี้ แล้ว เมฆจึงเป็นเพื่อนที่ดีของนักบิน แต่จะกลับกลายเป็นศัตรูต่อนักบิน เมื่อมีจำนวนมากเกินไป และแผ่เป็นบริเวณกว้าง อยู่ใกล้พื้นดินหรือก่อตัวสูง

ความรู้ในเรื่องชนิดของเมฆที่สำคัญ ๆ จะช่วยนักบินให้ทราบล่วงหน้า ถึงลักษณะอากาศตามเส้นทางการบิน เมื่อเขาได้รับการบรรยายสรุปจากนักอุตุนิยมวิทยา เพราะความรู้ในเรื่องลักษณะรูปร่างของเมฆช่วยให้นักบินทราบถึงอันตรายของเมฆชนิดนั้นว่ามีมากน้อยเพียงใด เมื่อเขาแลเห็นในขณะที่กำลังบินอยู่

ข่าวอากาศเกี่ยวกับชนิดและจำนวนของเมฆ นักบินจะได้รับจากนักอุตุนิยมวิทยา อยู่เป็นระยะ ๆ ไป สิ่งเหล่านี้มีความสำคัญมาก ช่วยให้นักบินสามารถวิเคราะห์และคาดหมายลักษณะอากาศได้ล่วงหน้า

เมื่อไม่นานมานี้เองความก้าวหน้าอย่างใหญ่หลวงจากความสำเร็จของการส่งดาวเทียมขึ้นไปโคจรรอบโลกหลายดวงได้มีส่วนช่วยเหลือในการศึกษาค้นคว้าเรื่องเมฆเป็นอย่างมาก ปัจจุบันภาพเมฆจากดาวเทียมถูกนำมาใช้ทั่วภูมิภาคกว้างใหญ่ของโลก ทำให้ได้ข้อมูลเพิ่มขึ้นจากที่เคยได้รับจากเครื่องบินเพียงอย่างเดียว และนอกจากนั้นยังได้รับความรู้เกี่ยวกับเมฆเพิ่มขึ้นเป็นอันมาก

การเกิดเมฆนั้นเป็นผลมาจากอากาศร้อนขึ้นลอยขึ้นไป อุณหภูมิของอากาศจะลดลง โดยอาศัยฝุ่นละอองเล็ก ๆ หรือผงเกลือเป็นแกนกลางของการกลั่นตัว ( NUCLEI OF CONDENSATION ) ไอน้ำก็จะกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำและรวมตัวกันเป็นก้อนเมฆ

เมฆจะประกอบด้วยละอองน้ำเล็ก ๆ หรือผลึกของน้ำแข็งเป็นจำนวนมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในก้อนเมฆว่าอยู่ระดับใด ถ้ามีอุณหภูมิตั้งแต่ระหว่าง  $0^{\circ}$  C ถึง  $-15^{\circ}$  C จะประกอบด้วย หยดน้ำที่เย็นจืดต่ำกว่าจุดน้ำแข็ง ( SUPERCOOLED WATER DROPLETS ) เป็นจำนวนมาก และจะมีผลึกน้ำแข็งปะปนอยู่บ้างเป็นส่วนน้อย ที่อุณหภูมิต่ำกว่า  $-15^{\circ}$  C ภายในเมฆจะประกอบด้วยผลึกน้ำแข็งเกือบทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ถึงแม้อุณหภูมิต่ำถึง  $-60^{\circ}$  C บางครั้งก็ยังปรากฏมีหยดน้ำที่เย็นจืดต่ำกว่าจุดน้ำแข็งอยู่

ขนาดของละอองน้ำในเมฆมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.02 - 0.06 มิลลิเมตร (0.0008 - 0.0024 นิ้ว) แต่รวมกันมากจนสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ และจะต้องมีขนาดโตขึ้นมากจึงจะสามารถทำให้เกิดหยาดน้ำฟ้าได้ หยดน้ำฝนมีขนาดเฉลี่ยโตกว่าละอองน้ำในก้อนเมฆประมาณ 1 ล้านเท่า

แกนการกลั่นตัว ( CONDENSATION NUCLEI ) เช่น ฝุ่น หรือ ครี ที่เกิดจากการเผาไหม้ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางภายในละอองน้ำในก้อนเมฆ บทที่ 1 ได้กล่าวมาแล้วว่าในการที่จะเกิดการกลั่นตัวเป็นละอองน้ำหรือผลึกน้ำแข็งเมื่ออากาศอิ่มตัวไค้นจะต้องมีฝุ่นผงที่ไม่บริสุทธิ์ที่มีคุณสมบัติดูดน้ำเหล่านี้

เมฆแตกต่างจากหมอกในข้อที่ว่า ไม่ทำให้ทัศนวิสัยในแนวนอนบริเวณต่ำกว่าฐานเมฆเสีย หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ หมอกก็คือเมฆที่ลอยอยู่เหนือพื้นดิน

### ชนิดของเมฆ

ลักษณะและชนิดของเมฆมีมากมายหลายชนิดแตกต่างกัน ถ้าพิจารณาถึงลักษณะรูปร่างสามารถแบ่งเมฆออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. เมฆแบน ( STRATIFORM CLOUDS )
2. เมฆก้อน ( CUMULIFORM CLOUDS )



1. เมฆแผ่น ( STRATIFORM CLOUDS ) มาจากภาษาละตินว่า สเตรตัส ซึ่งมีความหมายว่า แฉ่ออกเป็นชั้น เป็นแผ่น คือ เมฆที่แผ่ปกคลุมท้องฟ้าเป็นบริเวณกว้าง ก่อตัวเป็นแผ่นหรือเป็นชั้นปกคลุมส่วนใหญ่ของท้องฟ้า มีลักษณะแผ่ออกเป็นแผ่นตามแนวนอนคล้าย ๆ ฝ้าหมอก เมฆแผ่นเกิดจากการที่ชั้นอากาศถูกบังคับให้ลอยตัวสูงขึ้นอย่างช้า ๆ โดยอยู่เหนือชั้นอากาศที่มีสภาวะคงที่และมีความหนาแน่นมากกว่า ในขณะที่ชั้นอากาศลอยตัวสูงขึ้นอุณหภูมิของชั้นอากาศจะลดต่ำลงตามอัตราอะเดียแบติก จนเกิดการกลั่นตัวเป็นหยกน้ำก่อตัวเป็นเมฆ การกลั่นตัวจะเกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้าง เมฆแผ่นจะทำให้เกิดฝนตกหรือหิมะตกเป็นบริเวณกว้าง

2. เมฆก้อน ( CUMULIFORM CLOUDS ) เป็นเมฆที่ก่อตัวในแนวยืน มีลักษณะเป็นก้อน มักจะอยู่แยกห่าง ๆ กันในที่ว่างเปล่าของท้องฟ้า (คำว่า CUMULUS หมายความว่า พอกพูน สะสมกัน) เมฆก้อนเกิดจากมวลอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้นทั้งนี้เนื่องจากมวลอากาศร้อนมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศโดยรอบ มวลอากาศร้อนที่ลอยขึ้นไปจะลดอุณหภูมิค่าลงจนเกิดการกลั่นตัวเป็นหยกน้ำ ก่อตัวเป็นก้อนเมฆ ฝนที่เกิดจากเมฆก้อนจะตกอยู่ภายในบริเวณแคบ ๆ

โดยปกติเมฆส่วนมากตรวจพบในระยะความสูงแตกต่างกัน จากระดับทะเลถึงระดับโทรโพพอส ความสูงของโทรโพพอสเปลี่ยนแปลงตามเวลา และสถานที่ ฉะนั้นยอดของเมฆจึงอยู่สูงในเขตร้อนมากกว่าในเขตละติจูดกลาง และสูง ถ้าพิจารณาในค่าความสูงแล้วสามารถแบ่งเมฆออกได้เป็น 3 ประเภทคือ เมฆชั้นสูง เมฆชั้นกลางและเมฆชั้นต่ำ (ตารางที่ 4.2 )

ตารางที่ 4.2 ประเภทของเมฆพิจารณาทางค่านความสูง

ประเภท	เขตกวโลก	เขตกอมลูน	เขตรอน
1. เมฆชั้นสูง	3 - 2 กิโลเมตร	5 - 13 กิโลเมตร	6 - 18 กิโลเมตร
2. เมฆชั้นกลาง	2 - 4 กิโลเมตร	2 - 7 กิโลเมตร	2 - 8 กิโลเมตร
3. เมฆชั้นต่ำ	จากพื้นโลก - 2 กิโลเมตร	จากพื้นโลก - 2 กิโลเมตร	จากพื้นโลก - 2 กิโลเมตร

ถ้าพิจารณาทั้งลักษณะรูปร่างและความสูงประกอบกัน เมฆสามารถแบ่งออก  
ได้เป็น 4 ประเภท (รูป 4.10) ดังนี้คือ

1. เมฆชั้นสูง (HIGH CLOUDS,  $C_H$ ) เมฆที่อยู่ในระดับความสูงจาก  
พื้นโลกตั้งแต่ 6 - 12 กิโลเมตร (20,000 - 40,000 ฟุต) เมฆชั้นสูงเป็นเมฆ  
ฝอย ประกอบด้วยก้อนน้ำแข็งเล็กละเอียด แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

1.1 เมฆเซอร์รัส (CIRRUS ;  $C_1$ ) เป็นเมฆสีขาว มีลักษณะ  
เป็นเส้น ๆ ค่อนข้างโปร่งแสง เกิดขึ้นเป็นหย่อม ๆ หรือเป็นแถบ บางครั้ง  
แลดูคล้ายขนนกหรือแสม้า ถ้ามีเมฆชนิดนี้อยู่กระจัดกระจายจากกันแสดงว่า อากาศจะ  
แจ่มใส แต่ถ้าก่อตัวหนาขึ้นในไม่ช้าจะเกิดพายุ (รูป 4.11)

1.2 เมฆเซโรสเตรตัส (CIRROSTRATUS ;  $C_2$ ) มีลักษณะ  
เป็นเมฆชั้นสีขาวบางมาก เหมือนกับเป็นฝ้าบาง ๆ ราบเรียบสม่ำเสมอ ในบาง  
ครั้งอาจแผ่ปกคลุมเต็มท้องฟ้าและมักจะทำให้เกิดปรากฏการณ์วงแสง (HALO) รอบ  
ดวงอาทิตย์ หรือดวงจันทร์ได้เสมอ และปกติจะเป็นเครื่องหมายบอกให้ทราบว่าพายุ  
กำลังใกล้เข้ามา (รูป 4.12)

1.3 เมฆเซโรคิวมูลัส (CIRROCUMULUS ; Cc) มีลักษณะเป็นเมฆก้อนกลมเล็ก ๆ เรียงติดต่อกันเป็นพืดหรืออยู่รวมกันเป็นกลุ่ม มีลักษณะคล้ายระลอกคลื่นเล็ก ๆ เรียงติดต่อกันเป็นพืดหรืออยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ( รูป 4.13 )

2. เมฆชั้นกลาง ( MIDDLE CLOUDS; C<sub>M</sub> ) เป็นเมฆที่เกิดขึ้นในระดับสูงประมาณ 2 - 6 กิโลเมตร (65,000 - 20,000 ฟุต) ที่สำคัญได้แก่

2.1 เมฆแอลโตสเตรตัส (ALTOSTRATUS ; As) เป็นเมฆแผ่ที่หนาหิมมากกว่าเมฆเซโรสเตรตัส มักจะแผ่ปกคลุมท้องฟ้าเป็นบริเวณกว้าง มีสีเทาหรือน้ำเงินอ่อน เมื่อดวงอาทิตย์ส่องแสงผ่านเมฆชนิดนี้จะมีลักษณะคล้ายกับดวงไฟที่ส่องผ่านผ้าขาวออกมา เมื่อมีเมฆชนิดนี้ปรากฏแสดงว่า อากาศจะไม่ดี อากาศที่เริ่มฟ้าครึ้มฝนมักให้ฝนละอองต่อเนื่องกันในบริเวณกว้าง ( รูป 4.14 )

2.2 เมฆแอลโตคิวมูลัส (ALTOCUMULUS ; Ac) เป็นเมฆก้อน มีลักษณะเป็นคลื่นหรือเป็นลอนเรียงใกล้ติดกัน เป็นก้อนใหญ่กว่าเมฆเซโรคิวมูลัส มีสีขาวหรือเทา หรือทั้งขาวและเทาปนกัน เมื่อเกิดเมฆแอลโตคิวมูลัส แสดงว่าสภาพอากาศจะดีขึ้น เมฆแอลโตคิวมูลัสบางชนิดเกิดใกล้ ๆ ยอดเขา เกิดขึ้นในลักษณะก้อนข้างโคกเคียวจะพบเป็นหย่อม ๆ ในท้องฟ้า มีรูปร่างคล้ายธงหรือขนนกแผ่เป็นทางไปตามลมหลังเขาเมื่อมีลมแรง เรียกว่า เมฆแอลโตคิวมูลัส รูปธงหรือขนนก ( BANNER CLOUD ) บางชนิดมีรูปร่างลักษณะคล้ายเลนส์นูน 2 ข้าง เรียกว่า แอลโตคิวมูลัส รูปเลนส์ (ALTOCUMULUS LENTICULARIS )

3. เมฆชั้นต่ำ ( LOW CLOUDS; C<sub>L</sub> ) เป็นเมฆที่เกิดขึ้นในระดับสูงจากพื้นดินประมาณ 2 กิโลเมตร (6,500 ฟุต) ได้แก่

3.1 เมฆสเตรตัส (STRATUS ; St) มีลักษณะเป็นแผ่นหนา สีเทาขมอยู่ในระดับต่ำเป็นพืดต่อเนื่องกันในท้องฟ้า ฐานเรียบสม่ำเสมอ เมฆสเตรตัสมักเกิดขึ้นเนื่องจากการระเหย หรือการลอยตัวของหมอก ประกอบด้วยหยดน้ำ

ขนาดเล็กน้อย ถ้าอุณหภูมิค่าจะมีผลน้ำแข็งปะปนอยู่ด้วย ถ้ามีลมแรงเมฆสเตรตัส จะกระจัดกระจายและซากวีนออกเป็นริ้ว ๆ ซึ่งเราเรียกว่า เมฆสเตรตัสซากวีน ( FRACTO - STRATUS ) โดยปกติแล้วเมฆสเตรตัสจะไม่ทำให้เกิดหยาดน้ำฟ้า แต่ในบางโอกาสก็จะให้ฝนละอองหรือหิมะ ( รูป 4.16 )

3.2 เมฆนิมโบสเตรตัส ( NIMBOSTRATUS ; Ns ) คำว่า นิมโบ ( NIMBO ) มาจากภาษาละตินว่า นิมบัส ( NIMBUS ) มีความหมายว่า พายุฝน เมฆชนิดนี้มีลักษณะเป็นแผ่นหนาที่มีสีเทา แต่ส่วนมากมักค่อนข้างต่ำแผ่ไปทั่วท้องฟ้า ทำให้ท้องฟ้ามีครีเม่ ในท้องฟ้าที่มีเมฆชนิดนี้เกิดขึ้นมักจะมีฝนหรือหิมะตกต่อเนื่องกัน ( รูป 4.17 )

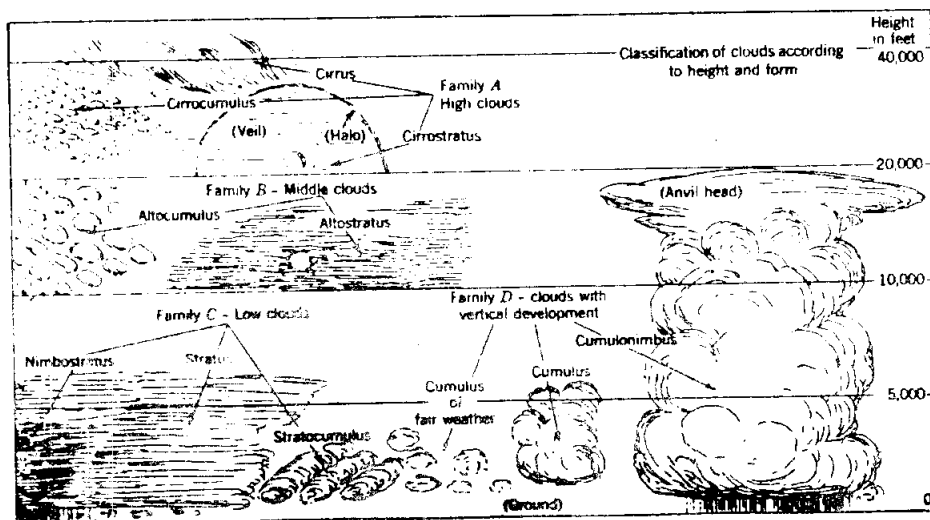
3.3 สเตรโตคิวมูลัส ( STRATOCUMULUS ; Sc ) เป็นเมฆชั้นต่ำอีกชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นก้อนกลมเล็ก ๆ หรือเป็นลอนที่เชื่อมติดต่อกันเป็นแนวนาว มีสีเทาหรือบางส่วนก็เป็นสีขาว โดยมากมักเกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้าง โดยปกติเมฆชนิดนี้เกิดขึ้นในขณะที่ท้องฟ้าแจ่มใส แต่บางครั้งอาจจะทำให้มีฝนหรือหิมะเกิดขึ้นได้ ( รูป 4.18 )

4. เมฆก่อตัวในแนวตั้ง ( CLOUDS WITH VERTICAL DEVELOPMENT )  
เกิดขึ้นโดยอากาศไหลขึ้นในแนวตั้ง ทำให้มีลักษณะเป็นเมฆก่อนรูปร่างคล้ายโคม หอคอย หรือภูเขา ฐานสูงจากพื้นดินประมาณตั้งแต่ 460 เมตร - 12 กิโลเมตร ( 1,500 ฟุต - 40,000 ฟุต ) ที่สำคัญได้แก่

4.1 เมฆคิวมูลัส ( CUMULUS ; Cu ) เป็นเมฆก้อนสีขาวคล้ายปุยฝ้าย ฐานเรียบแต่ยอดของเมฆมีลักษณะเป็นรูปโคม หรือคอกกะหล่ำ เกิดขึ้นเป็นหย่อม ๆ กระจัดกระจายไม่ต่อเนื่องกัน คำนที่แสงอาทิตย์ผ่านทะลุได้จะมีสีขาวสดใส ส่วนค่านที่ไม่ได้รับแสงอาทิตย์ หรือฐานเมฆจะมีสีเทาหรือสีดำ ถ้าเป็นเมฆคิวมูลัสก้อนเล็ก ๆ อยู่เป็นหย่อม ๆ กระจัดกระจายไม่ต่อเนื่องกัน จะแสดงถึงภาวะอากาศดี ท้องฟ้าแจ่มใส ถ้าก้อนมีขนาดใหญ่ขึ้นอาจมีฝนตกได้ ( รูป 4.19 )

4.2 เมฆคิวโมโลนิมบัส (CUMULONIMBUS ; cb) เป็นเมฆคิวมูอัสที่ก่อตัว ซึ่งมีขนาดใหญ่และหนาหีบ มีรูปร่างคล้ายภูเขาคือหรือเป็นทรงพอกอขนาดใหญ่เป็นเมฆที่แสดงถึงสภาวะอากาศไม่ดี เป็นเมฆที่ก่อให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง (THUNDERSTORM) ฝนจะตกหนัก มีปรากฏการณ์ของฟ้าแลบ ฟ้าร้อง และลมกระโชกพัดแรงเป็นพัก ๆ ฐานของเมฆสูงจากพื้นดินประมาณ 500 เมตร (1,600 ฟุต) ขึ้นไปจนถึงระดับความสูงประมาณ 9 - 12 กิโลเมตร (30,000 - 40,000 ฟุต) เมื่อก่อตัวเต็มที่ ยอดเมฆมักจะแผ่ตัวแบนออกจนมีลักษณะคล้ายรูปทั่ง เมื่อถูกระยะไกลของครอของเมฆจะมีสีขาว ฐานของเมฆจะมีสีดำทึบ ท้องฟ้าจะมีครีเม่คล้ายกับเวอากาศกลางคืน ขบวนการเกิดเมฆคิวโมโลนิมบัส จะอธิบายในเรื่องการเกิดพายุฝนฟ้าคะนองในบทที่ 6 (รูป 4.20)

เมฆธรรมชาติไม่มีลักษณะที่ตรงกันเสมอไปกับชนิดของเมฆที่บรรยายไว้ในการจัดชั้นคั้งที่กล่าวมาแล้ว เมฆอาจจะอยู่ตรงกลางระหว่างเมฆ 2 ชนิดก็ได้ ในกรณีเหล่านี้ ความชำนาญ และการตัดสินใจของผู้ตรวจเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง



รูป 4.10 ประเภทของเมฆซึ่งพิจารณาทั้งลักษณะรูปร่างและความสูงประกอบกัน

ตารางที่ 4.3

## ประเภทของเมฆ

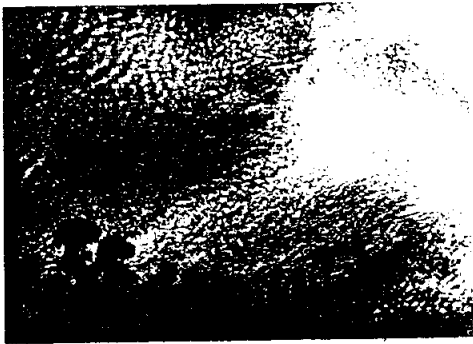
<i>Genera</i>	<i>Species</i>	<i>Varieties</i>
CIRRUS	fibratus uncinus spissatus castellanus floccus	intortus radiatus vertebratus duplicatus
CIRROCUMULUS	stratiformis lenticularis castellanus floccus	undulatus lacunosus
CIRROSTRATUS	fibratus nebulosus	duplicatus undulatus
ALTOCUMULUS	stratiformis lenticularis castellanus floccus	translucidus perlucidus opacus duplicatus undulatus radiatus lacunosus
ALTOSTRATUS	—	translucidus opacus duplicatus undulatus radiatus
NIMBOSTRATUS	—	—
STRATOCUMULUS	stratiformis lenticularis castellanus	translucidus perlucidus opacus duplicatus undulatus radiatus lacunosus
STRATUS	nebulosus fractus	opacus translucidus undulatus
CUMULUS	humilis mediocris congestus fractus	radiatus
CUMULONIMBUS	calvus capillatus	—



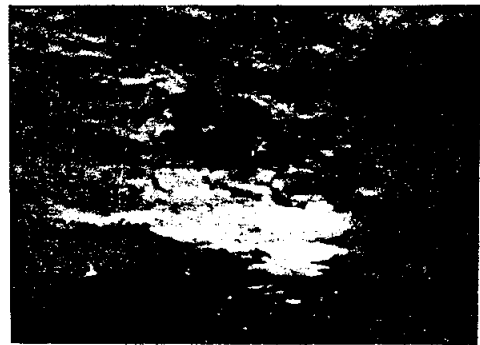
รูป 4.11 เซอร์ส



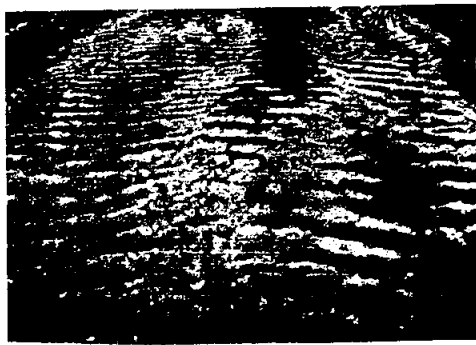
รูป 4.12 เซอโรสเตรคัส



รูป 4.13 เซอโรคิวบูลัส



รูป 4.14 แอลโทสเตรคัส



รูป 4.15 แอลโตคิวบูลัส



รูป 4.16 สเตเรคัส



รูป 4.17 นิมโบสเทรคัส



รูป 4.18 สเตรโตคลิวมาตัส



รูป 4.19 กิวมาตัส



รูป 4.20 อิวาโนนิมบัส



### การตรวจวัดเมฆ

การตรวจเมฆเป็นการตรวจเพื่อให้ทราบว่าท้องฟ้าในขณะนั้นมีเมฆชนิดใดเกิดขึ้นบ้าง และเมฆแต่ละชนิดมีปริมาณมากน้อยเพียงใด เพราะชนิดและจำนวนของเมฆย่อมแสดงถึงสภาพอากาศที่เป็นอยู่ในขณะนั้น และที่จะผันแปรเปลี่ยนแปลงในระยะเวลาต่อไป การตรวจเมฆนอกจากจะมีประโยชน์ในด้านการพยากรณ์อากาศแล้วยังมีประโยชน์ในด้านการบินด้วย การตรวจชนิดของเมฆของอาศัยความชำนาญจากการสังเกตรูปร่าง ลักษณะความสูงของฐานเมฆ และการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลามาประกอบด้วยจึงจะไต่ลุลูกทองแน่นอน

การตรวจวัดชนิดของเมฆ อาศัยการสังเกตด้วยตาเปล่า ความถูกต้องแม่นยำขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความรู้ในเรื่องขบวนการเกิดเมฆ

การตรวจวัดปริมาณเมฆไม่ต้องใช้เครื่องมือตรวจ เพียงแต่ตรวจด้วยตาเปล่า โดยผู้ตรวจออกไปยืนในที่โล่งแจ้ง แบ่งพื้นที่ในท้องฟ้าซึ่งมีลักษณะคล้ายกะทะครอบออกเป็น 8 ส่วน แล้วกะประมาณด้วยสายตาเปล่าว่า เมฆชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นเป็นกี่ส่วนในท้องฟ้า

สำหรับในประเทศไทย ศัพท์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณเมฆมีดังนี้

## ตารางที่ 4.4

## การตรวจวัดปริมาณเมฆ

การตรวจปริมาณเมฆ	คำอธิบาย
1. ท้องฟ้าแจ่มใส ( FINE )	สภาวะที่ท้องฟ้าแจ่มกระจ่าง ไม่มีเมฆหรือสิ่งอื่นมาบัง หรือมีเมฆอยู่บ้างเพียง 1 ส่วน หรือน้อยกว่า $\frac{1}{8}$ ส่วนของท้องฟ้า
2. ท้องฟ้าโปร่ง ( FAIR OR SKY SLIGHTLY CLOUDED )	สภาวะที่ท้องฟ้าโปร่งมีเมฆปกคลุม $\frac{1}{8}$ ถึง $\frac{2}{8}$ ส่วนของท้องฟ้า
3. ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน ( PARTLY CLOUDY SKY )	สภาวะที่ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน คือมีเมฆเกินกว่า $\frac{2}{8}$ ถึง $\frac{4}{8}$ ส่วนของท้องฟ้า
4. ท้องฟ้ามีเมฆเป็นส่วนมากหรือเมฆครึ้ม ( CLOUDY SKY )	สภาวะที่ท้องฟ้ามีเมฆค่อนข้างมาก คือมีเมฆเกินกว่า $\frac{4}{8}$ หรือ $\frac{6}{8}$ ส่วนของท้องฟ้า
5. ท้องฟ้ามีเมฆมาก หรือมีเมฆครึ้มมาก ( VERY CLOUDY SKY )	สภาวะที่ท้องฟ้ามีเมฆมาก คือมีเมฆเกินกว่า $\frac{6}{8}$ ถึง $\frac{7}{8}$ ส่วนของท้องฟ้า
6. เมฆเต็มท้องฟ้า ( OVERCAST SKY )	สภาวะที่เมฆปกคลุมเต็มท้องฟ้า คือมีเมฆเกินกว่า $\frac{7}{8}$ ถึง $\frac{8}{8}$ ส่วนของท้องฟ้า

นอกจากการตรวจชนิดและจำนวนของเมฆแล้วยังมีการตรวจวัดความสูงของฐานเมฆ ( CLOUD - BASE HEIGHT ) หรือเพดานเมฆ ( CEILING ) ควบ การตรวจความสูงของฐานเมฆ หมายถึง การตรวจระยะทางระหว่างพื้นดินกับฐานของเมฆ ความสูงของฐานเมฆสามารถจะตรวจวัดได้ด้วยการปล่อยแมลงดูน ซึ่งทราบ

อัตราเร็วลอยต่อ 1 นาทีไปแล้ว ไรต์ต้องซีไอโคไลต์ สองจัมเบลลูนที่ลอยไปจนกระทั่ง  
เบลลูน ลอยเข้าฐานเมฆใช้เวลาที่ก็คำนวณหาความสูงของฐานเมฆได้ หากไม่มีการ  
ปล่อยเบลลูน จะใช้กะประมาณเอาด้วยสายตาจากเมฆแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นโดยอาศัยสถิติและ  
ความชำนาญจากประสบการณ์ที่ได้ยาวนานก็พอคาดคะเนความสูงของฐานเมฆได้ แต่ไม่  
ถูกต้องแน่นอนนัก

การหาความสูงของฐานเมฆอีกวิธีหนึ่ง โดยใช้ไฟฉาย (SEARCHLIGHT  
METHOD OR LIGHT BEAM PROJECTOR ) เป็นวิธีที่ถูกต้องและแน่นอนที่สุด โดยใช้  
ไฟฉายส่องพุ่งเป็นลำขึ้นไปในแนวตั้งสู่ฐานเมฆ แล้วทำการวัดมุมทางตั้งจากจากสถานี  
ซึ่งระยะห่างจากตัวไฟฉาย การวัดให้วัดที่จุดซึ่งลำไฟฉายถูกกับฐานเมฆนั้น

#### หมอก ( FOG )

เป็นน้ำในอากาศ ( HYDROMETEOR ) ชนิดหนึ่งประกอบด้วยกลุ่ม  
ละอองน้ำขนาดเล็กมากสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ลอยอยู่ในอากาศใกล้พื้นดิน  
โดยปกติจะทำให้ทัศนวิสัยทางแนวนอนที่ผิวพื้นไรต์ลดลงเหลือน้อยกว่า 1 กิโลเมตร  
(0.62 ไมล์)

หมอกกับเมฆต่างกันแต่เพียงว่า หมอกนั้นมีฐานอยู่ที่ติดกับพื้นดิน ส่วนฐาน  
เมฆอยู่สูงเหนือพื้นดินขึ้นไป หมอกเกิดขึ้นเมื่ออากาศชั้นใกล้พื้นดินมีอุณหภูมิลดต่ำลงถึง  
จุดน้ำค้าง ไอน้ำในอากาศจึงเกิดการกลั่นตัวเป็นหมอก แต่อย่างไรก็ตาม หมอกหนาที่  
ที่เกิดขึ้นเป็นอุปสรรคต่อระบบการคมนาคมขนส่งสมัยใหม่ เช่น ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ  
รถยนต์ชนกันบนทางถนน เนื่องจากหมอกองจึกทำให้ผู้คนล้มตายเป็นจำนวนมาก ทำให้  
การบินล่าช้าลงคือ เมื่อเกิดหมอกองจึกสนามบินบางแห่งต้องปิดก็ยังก่อให้เกิดความสูญเสีย  
ทางเศรษฐกิจและก่อให้เกิดความไม่สะดวกสบายแก่ผู้เดินทาง นอกจากนั้นหมอกที่เกิดขึ้น  
ในทะเลและมหาสมุทรยังเป็นอุปสรรคต่อการเดินเรือด้วย คงเคยได้ยิน บ่อย ๆ

เกี่ยวกับเรือบรรทุกน้ำมันขนาดใหญ่ชนกันในทะเลและมหาสมุทรเนื่องจากหมอกลงจึก ส่วนหมอกปนควัน (SMOG) ที่เกิดตามโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีควันไฟ และฝุ่นปะปนอยู่ จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนเป็นอย่างมาก

หมอกสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะการเกิดได้ดังนี้ คือ

1. หมอกที่เกิดจากการระเหยของน้ำ

1.1 หมอกไอน้ำ (STEAM FOG)

1.2 หมอกในแนวปะทะอากาศ (FRONTAL FOG)

2. หมอกที่เกิดจากการเย็นตัวของอากาศ

2.1 หมอกที่เกิดจากการแผ่รังสี (RADIATION FOG)

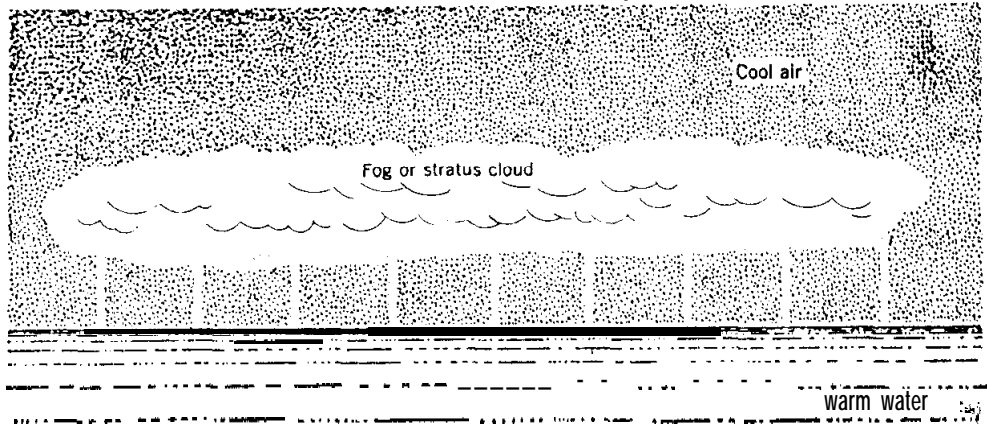
2.2 หมอกที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศในแนวนอน (ADVECTION FOG)

2.3 หมอกลาดเขา (UPSLOPE FOG)

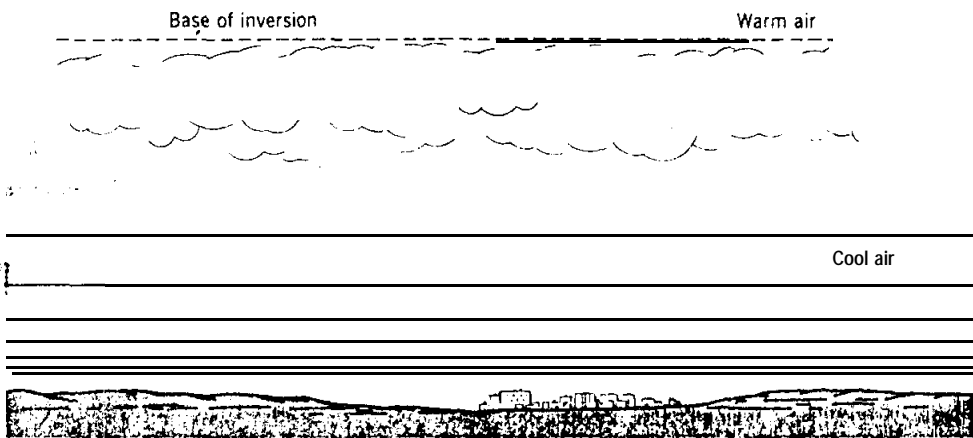
2.4 หมอกผสม (MIXING FOG)

1. หมอกที่เกิดจากการระเหยของน้ำ

1.1 หมอกไอน้ำ (STEAM FOG) เกิดขึ้นเมื่อมีการระเหยอย่างมากและเกิดขึ้นในอากาศที่หนาวเย็น มวลอากาศเย็นได้รับไอน้ำเพิ่มขึ้นมากจึงทำให้เกิดการอิ่มตัว และกลั่นตัวกลายเป็นหมอกขึ้น ส่วนมากพบหมอกชนิดนี้บ่อย ๆ ปกคลุมอยู่เหนือพื้นน้ำแถบละติจูดกลาง และละติจูดสูง ในเขตอาร์กติก หมอกชนิดนี้ก่อตัวสูงถึง 1,000 - 1,500 เมตร แต่ในบางที่ก็เกิดบนพื้นที่เล็ก ๆ หรือพื้นดินที่อุ่นและชื้นหลังจากฝนตก ในเขตร้อนหลังจากเกิดพายุฝนฟ้าคะนองแล้วอากาศจะเย็นลง บางขณะทำให้เกิดการระเหยจากดิน และพืชพรรณธรรมชาติ ทำให้เกิดการอิ่มตัว และในที่สุดเกิดการกลั่นตัวขึ้น (รูป 4.21)



รูป 4.21 หมอกไอน้ำ



รูป 4.22 หมอกที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ

1.2 หมอกในแนวปะทะอากาศ ( FRONTAL FOG ) ตามแนวแบ่งเขตระหว่างมวลอากาศ 2 ชนิด หน้าที่ตกจากมวลอากาศร้อนลงสู่มวลอากาศที่หนักกว่าเบื้องล่าง จะทำให้เกิดการระเหย การอิมตัว และการกลั่นตัวขึ้นในชั้นที่เย็นและชื้นกว่า จึงทำให้เกิดหมอกในแนวปะทะอากาศขึ้น ถ้าชั้นของการกลั่นตัวอยู่เหนือระดับพื้นดินจะเกิดเป็นเมฆแนบ ( STRATUS CLOUDS ) การปั่นป่วนของอากาศในระดับล่าง ๆ จะลดความหนาของหมอกชนิดนี้ได้

## 2. หมอกที่เกิดจากการเย็นตัวของอากาศ

2.1 หมอกที่เกิดจากการแผ่รังสี ( RADIATION FOG ) หมอกชนิดนี้โดยปกติเกิดขึ้นในเวลากลางคืนในฤดูหนาวที่อากาศหนาวเย็น ท้องฟ้าแจ่มใส ไม่มีเมฆ และลมสงบ จากภาวะของอากาศเช่นนี้ทำให้พื้นดินคายความร้อนออกได้มาก และเป็นไปอย่างรวดเร็ว เมื่อพื้นดินมีอุณหภูมิต่ำลง อากาศที่อยู่ใกล้พื้นดินเมื่อสัมผัสกับพื้นดินที่เย็นก็จะลดอุณหภูมิต่ำลงตามไปด้วย เมื่ออุณหภูมิต่ำลงจนถึงจุดน้ำค้าง การกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศใกล้พื้นดินก็จะเกิดเป็นหมอกขึ้น เนื่องจากหมอกชนิดนี้เป็นหมอกที่เกิดจากพื้นดินแผ่ความร้อนออก บางทีจึงเรียกหมอกชนิดนี้ว่า หมอกพื้นดิน ( GROUND FOG ) ในฤดูหนาวในบริเวณขั้วโลก ปกติอุณหภูมิต่ำกว่า  $-30^{\circ}$  C หมอกที่เกิดจากการแผ่รังสีอาจประกอบด้วยผลึกน้ำแข็งจึงเรียกหมอกนี้ว่า หมอกน้ำแข็ง ( ICE FOG ) โอกาสของการเกิดหมอกชนิดนี้มากจะพบอยู่ในลักษณะภูมิประเทศบางแห่ง เช่น หุบเขา เป็นต้น ซึ่งในเวลากลางคืนอากาศเย็นจะจมตัวลงมารวมกันอยู่บริเวณนี้ หมอกชนิดนี้มักเกิดในเวลากลางคืน หรือตอนเช้า ก่อนดวงอาทิตย์ขึ้น

2.2 หมอกที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศในแนวนอน ( ADVECTION FOG ) เป็นหมอกที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศในแนวนอนเกิดขึ้นมากในทะเล ซึ่งมวลอากาศร้อนเคลื่อนที่ผ่านพื้นน้ำซึ่งเย็นกว่าในละติจูดสูงหรือ

ผ่านกระแสน้ำเย็นในฤดูร้อน ตัวอย่างเช่น จะปรากฏหมอกชนิดนี้ขึ้นบริเวณชายฝั่ง  
แห่งแฉ่งแบบทะเลทรายทางตะวันตกของทวีป เนื่องจากมีกระแสน้ำเย็นไหลเลียบ  
ชายฝั่ง หมอกชนิดนี้เป็นหมอกหนาหิม ในฤดูหนาวในเขตละติจูดกลาง มวลอากาศ  
ร้อนชื้นจากเขตร้อน หรือจากเขตกึ่งเมืองร้อน เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่เย็นกว่า หรือ  
มีหิมะปกคลุม ก็จะทำให้เกิดหมอกชนิดนี้ขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น ในสหรัฐอเมริกา  
เมื่อมวลอากาศร้อนชื้นจากอ่าวเม็กซิโก เคลื่อนที่ไปทางเหนือผ่านหุบเขาตอนบน  
ของแม่น้ำมิสซิสซิปปี ซึ่งมีอากาศหนาวเย็นและบางที่มีหิมะปกคลุมอยู่ มวลอากาศ  
ร้อนชื้นจะลดอุณหภูมิค่าลงจนถึงจุดน้ำค้าง และกลั่นตัวเป็นหมอกขึ้น นอกจากนี้  
หมอกยังเกิดขึ้นในท้องทะเลที่มีกระแสน้ำอุ่นและกระแสน้ำเย็นไหลมาพบกัน เช่น  
หมอกที่เกิดขึ้นบริเวณ แกรนด์ แบงก์ ( GRAND BANK ) นอกฝั่ง เกาะนิวฟันด์แลนด์  
เป็นต้น ถ้าเป็นหมอกบาง ๆ เมื่อได้รับแสงอาทิตย์ตอนเช้าก็จะหายไปอย่างรวดเร็ว  
และบางที่อาจเกิดขึ้นใหม่ในเวลาากลางคืน และตอนหัวค่ำก็ได้ และบางที่หมอกนี้  
อาจจะปกคลุมบริเวณใดบริเวณหนึ่งตลอดทั้งวันก็มี (รูป 4.22)

2.3 หมอกบนทางลาด ( UPSLOPE FOG OR ANEMOGRAPHIC  
FOG ) อุณหภูมิของพื้นที่จะค่อย ๆ ลดค่าลงตามระดับความสูง ดังนั้น ตามลาดเขา  
อุณหภูมิจึงต่ำกว่าเบื้องล่าง เมื่ออากาศร้อนชื้นไหลขึ้นไปตามพื้นที่ลาด อากาศจะค่อย ๆ  
ลดอุณหภูมิค่าลงจนถึงจุดน้ำค้าง และกลั่นตัวเป็นหมอกขึ้น

2.4 หมอกผสม ( MIXING FOG ) เมื่อมวลอากาศร้อนชื้น  
สัมผัสกับมวลอากาศเย็นชื้น บริเวณที่มีการผสมกันจะทำให้ลดอุณหภูมิค่าลง พอเหมาะ  
แก่การอิ่มตัวและการกลั่นตัว หมอกที่เกิดขึ้นเรียกว่า หมอกผสม บริเวณที่พบมากที่สุด  
คือบริเวณแนวปะทะอากาศระหว่างมวลอากาศที่มีแหล่งกำเนิดจากทะเล

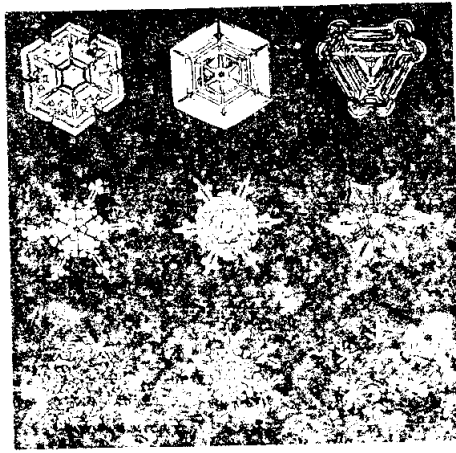
## หยาดน้ำฟ้า ( PRECIPITATION )

หยาดน้ำฟ้าเกิดจากหยดน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศเกาะรวมตัวอยู่ในก้อนเมฆจนกระทั่งหยดน้ำเหล่านี้มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก อากาศไม่สามารถอุ้มไว้ได้จึงตกลงมายังพื้นดินในรูปลักษณะของฝน ฝนน้ำแข็ง หิมะ และ ลูกเห็บ เป็นต้น รูปลักษณะของหยาดน้ำฟ้าจะแตกต่างกันไปตามวิธีการเกิดและอุณหภูมิ ในระหว่างการเกิด หยาดน้ำฟ้าที่สำคัญ ได้แก่ ฝน หิมะ ฝนน้ำแข็ง ลูกเห็บ เป็นต้น

ฝน เป็นหยาดน้ำฟ้าชนิดหนึ่งที่เกิดจากเมฆของสูงพื้นดินในลักษณะของเหลว ฝนเป็นหยาดน้ำฟ้าที่พบมากที่สุดในบรรดาหยาดน้ำฟ้าชนิดต่าง ๆ เกิดจากละอองน้ำขนาดเล็ก ๆ รวมตัวกันเป็นหยดน้ำขนาดใหญ่จนมีน้ำหนักมากกว่าแรงต้านของอากาศที่พัดขึ้นไปจึงตกลงมาเป็นฝน เม็ดน้ำฝนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 0.5 มิลลิเมตร (0.02 นิ้ว) ขึ้นไป บางทีเม็ดน้ำฝนอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ถึง 7 มิลลิเมตร (0.25 นิ้ว) บางทีมวลอากาศตกอุณหภูมิต่ำลงถึงจุดน้ำค้างอย่างช้า ๆ จึงทำให้เม็ดฝนมีขนาดเล็ก (เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ .02 นิ้ว หรือน้อยกว่า) เมื่อตกลงเบื้องล่างจึงกลายเป็นละอองฝน ฝนชนิดนี้จึงมีชื่อว่าฝนละออง

หิมะ เป็นหยาดน้ำฟ้าชนิดหนึ่งซึ่งเกิดในเขตขั้วหรือเขตหนาว หิมะเกิดจากละอองน้ำเล็กละเอียดในเมฆซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 0° ซ มาก ๆ แล้วเปลี่ยนภาวะในทันทีทันใดกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง ในขณะที่ผลึกน้ำแข็งลอยไปในอากาศที่ไหลขึ้นลงภายในก้อนเมฆ ผลึกน้ำแข็งจะมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากขึ้น เมื่อกระแสอากาศที่ไหลขึ้นไม่อาจต้านทานน้ำหนักของผลึกน้ำแข็งได้ ผลึกน้ำแข็งเหล่านี้จะตกจากก้อนเมฆอย่างรวดเร็วในลักษณะของหิมะ เนื่องจากหิมะตกผ่านชั้นอากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุด น้ำแข็งลงมา จึงทำให้หิมะตกลงมาถึงพื้นดินในลักษณะเป็นของแข็งอยู่ หิมะเป็นผลึกน้ำแข็งที่มีลักษณะสวยงาม เมื่อส่องดูด้วยแว่นขยายจะเห็นผลึกน้ำแข็งเหล่านี้ส่วนมากมีลักษณะเป็นรูป 6 เหลี่ยมแบบต่าง ๆ กัน (รูป 4.23 และ 4.24 )





รูป 4.23 หิมะเป็นผลึกน้ำแข็งที่มีรูป 6 เหลี่ยมแบบต่าง ๆ



รูป 4.24 จากกรเกิดพายุหิมะในเดือนมกราคม ค.ศ. 1943  
จึงทำให้หิมะปกคลุมอยู่ตามสายไฟ ต้นไม้ กิ่งไม้ ก่อให้เกิด  
ความเสียหายอย่างมากต่อมลรัฐนิวเจอร์ซีย์

ฝนน้ำแข็ง ( SLEET ) เมื่อเมฆฝนตกผ่านชั้นอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำถึงจุดน้ำแข็ง ทำให้เมฆฝนแข็งตัวเป็นน้ำแข็งก่อนที่จะตกลงมายังพื้นดิน นี่คือนิยามปรากฏการณ์ที่เรียกว่า "ฝนน้ำแข็ง" ในสหรัฐอเมริกา แต่ในประเทศอื่น ๆ นอกจากสหรัฐอเมริกา คำว่า "ฝนน้ำแข็ง" ไม่ได้หมายถึงปรากฏการณ์ที่เมฆน้ำฝนแข็งตัวกลายเป็นน้ำแข็ง แต่กลับหมายถึง น้ำฝนผสมกับหิมะ

ลูกเห็บ เป็นหยาดน้ำฟ้าที่พบน้อยกว่าหยาดน้ำฟ้า 3 ชนิดดังกล่าวข้างต้น ส่วนมากจะเกิดในฤดูร้อนและเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดเฉพาะเมฆคิวมูโลนิมบัส ลูกเห็บจะเป็นก้อนน้ำแข็งก้อนขากกลมและแข็งมาก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป ลูกเห็บเกิดขึ้นเนื่องจากภายในเมฆคิวมูโลนิมบัส มีกระแสอากาศร้อนและชื้น ไหลขึ้นสู่เบื้องบนอย่างรวดเร็ว เมื่อเมฆน้ำฝนในเมฆถูกกระแสอากาศหอบขึ้นไปถึงบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำแข็ง ทำให้เมฆน้ำฝนกลายเป็นผลึกน้ำแข็งและโคจรร่อนเรื่อย ๆ โดยมีละอองน้ำในเมฆเกาะหอบผลึกน้ำแข็งให้โคจรร่อนและมีน้ำหนักมากขึ้น เมื่อสามารถเอาชนะกระแสอากาศที่ไหลขึ้นได้ก็จะตกลงมา ในขณะที่ตกลงมาผลึกน้ำแข็งบางก้อนอาจจะถูกกระแสอากาศเบื้องล่างที่ไหลขึ้นอย่างแรงพัดกลับขึ้นไปอีก วนเวียนกันอยู่เช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งกลายเป็นก้อนน้ำแข็งขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากจนกระแสอากาศเบื้องล่างไม่อาจต้านทานไว้ได้ก็จะตกลงมายังพื้นดิน เรียกว่า ลูกเห็บ

ในประเทศไทย ลูกเห็บมักจะเกิดติดตามมาพร้อมกับพายุฤดูร้อนระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนพฤษภาคม ส่วนมากมักจะเกิดมีขึ้นในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และอาจมีในภาคกลางบ้างแต่ไม่บ่อยครั้งนัก เนื่องจากในฤดูร้อนพื้นแผ่นดินร้อนจัด อากาศเหนือพื้นดินจะร้อนและไหลขึ้นเบื้องบนอย่างแรง เกิดเป็นเมฆคิวมูโลนิมบัส และคิวมูโลนิมบัสขนาดใหญ่ขึ้นจนกลายเป็นพายุ หากพายุที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงมาก ในขณะที่พายุเคลื่อนที่เข้ามาอาจจะมีลูกเห็บตกลงมากด้วย

ลูกเห็บที่ตกในประเทศไทยส่วนมากมีขนาดย่อมประมาณเท่าเม็ดมะขามหรือลูกมะยม ทางกับลูกเห็บที่เกิดในประเทศหนาวซึ่งมักมีขนาดใหญ่กว่ามาก เพราะลูกเห็บที่ตกผ่านอากาศร้อนลงมายางส่วนของลูกเห็บจะละลายกลายเป็นไอน้ำจึงทำให้ขนาดที่เหลืออยู่เล็กลง

ลูกเห็บที่ตกในประเทศร้อนมักไม่ใคร่เป็นอันตรายต่อพืชมากนัก ปรึกษกับที่ตกในประเทศหนาว เพราะลูกเห็บที่ตกในประเทศหนาวมีขนาดใหญ่ เมื่อตกลงถึงพื้นดินย่อมเป็นอันตรายต่อพืชไร่ได้มาก

### การวัดหยาดน้ำฟ้า

การวัดหยาดน้ำฟ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบปริมาณและการกระจาย ( DISTRIBUTION ) ของหยาดน้ำฟ้าในเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือสถานที่ใดสถานที่หนึ่ง เพื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์และวิจัยต่อไป

หน่วยที่ใช้วัดปริมาณฝน ปัจจุบันนิยมใช้อยู่ 2 หน่วยคือ "มิลลิเมตร" และ "นิ้ว" โดยถือว่า 1 นิ้ว = 25.4 มิลลิเมตร สำหรับกรมอุทกวิทยานิเทศใช้วัดเป็นมิลลิเมตร (มม)

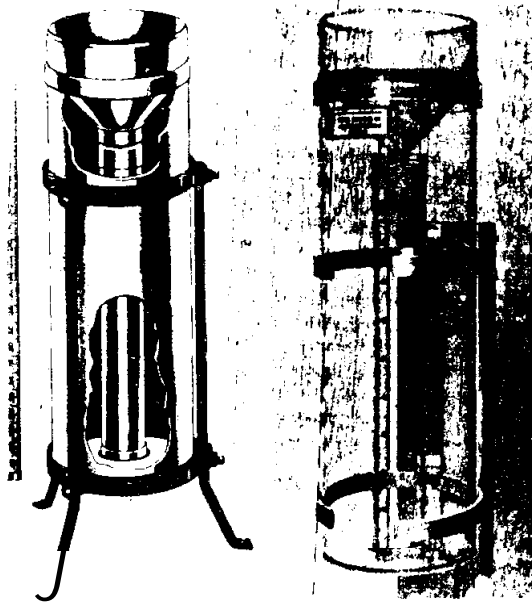
เครื่องวัดน้ำฝนอย่างง่าย ๆ ใต้นักตั้งโหนดรูปกลม ก้นเรียบ มีความลึกพอสำหรับเก็บน้ำฝนที่ตกลงมาในระยะเวลาหนึ่ง ๆ (รูป 4.25 ) เนื่องจากว่าปริมาณน้ำฝนที่จะตกลงมาในถึงวัดน้ำฝนนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ลม ความสูงของสิ่งแวดล้อม และการติดตั้งเครื่องมือ เป็นต้น ดังนั้นการติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝนควรติดตั้งในที่โล่งแจ้ง ปราศจากสิ่งกีดขวางใด ๆ อันทำให้ปริมาณน้ำฝนผิดพลาดไป ตามปกติถึงวัดน้ำฝน ควรตั้งให้ห่างจากสิ่งกีดขวางประมาณ 3 เท่าของความสูงของสิ่งกีดขวางนั้น หากหาสถานที่ โลงแจ้งดังกล่าวไม่ได้จะตั้งถึงวัดน้ำฝนให้ห่างเพียงประมาณเท่ากับความสูงของสิ่งกีดขวางนั้นก็พอใช้ได้ แต่ไม่ควรให้ใกล้กว่านี้ถึงวัดน้ำฝนทุกใบ ควรมีฐานไม้หรือซีเมนต์รองรับ ตั้งปากถังให้สูงจากพื้นดินประมาณ 80 เซนติเมตร

การกำหนดปริมาณน้ำฝนน้อย ฝนปานกลาง และฝนหนักนั้น องค์การ  
อุตุนิยมวิทยาโลกไม่อาจกำหนดเป็นมาตรฐานสากลได้ เพราะสภาพของฝนในประเทศ  
หนึ่ง ๆ นั้นแตกต่างกันออกไป สำหรับประเทศไทย กรมอุตุนิยมวิทยาถือเกณฑ์ตาม  
ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เกณฑ์ปริมาณฝน

ปริมาณฝนรวมใน 24 ชั่วโมง	เกณฑ์ปริมาณฝน
น้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร	ฝนเล็กน้อยวัดจำนวนไม่ได้
0.1 - 10.0 มิลลิเมตร	ฝนเล็กน้อย
10.1 - 35.0 มิลลิเมตร	ฝนปานกลาง
35.1 - 90.0 มิลลิเมตร	ฝนหนัก
90.1 มิลลิเมตรขึ้นไป	ฝนหนักมาก

สำหรับการวัดปริมาณของหิมะที่ตกแต่ละครั้ง สามารถวัดได้โดยการ  
เปรียบเทียบจากการละลายของหิมะมาเป็นน้ำที่หิมะตกแต่ละครั้ง เพราะสถิติ  
เกี่ยวกับน้ำฝนที่ตกแต่ละครั้งกับหิมะที่ตกแต่ละครั้ง สามารถนำมาเปรียบเทียบ  
หาข้อเท็จจริงบางอย่างด้วยกันได้เช่น ถ้าหิมะตกวัดได้สูง 10 นิ้ว จะมีค่า  
เท่ากับฝนที่ตกวัดได้ 1 นิ้ว อัตราส่วนนี้อาจแตกต่างกันออกไป คือ ถ้าหิมะ  
ตกใหม่ ๆ อาจจะมีวัดได้สูงถึง 30 นิ้วค่อนน้ำฝนที่ตกวัดได้ 1 นิ้ว ถ้าหิมะนั้น  
ตกนานแล้วอาจจะวัดได้ 2 นิ้วค่อนฝนตกวัดได้ 1 นิ้ว



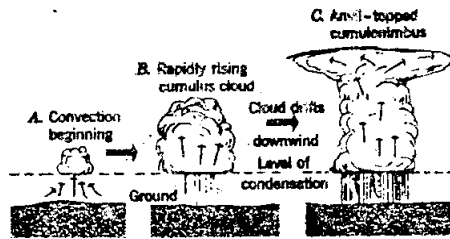
รูป 4.25 เครื่องวัดน้ำฝน

### หยาดน้ำฟ้าเกิดขึ้นได้อย่างไร

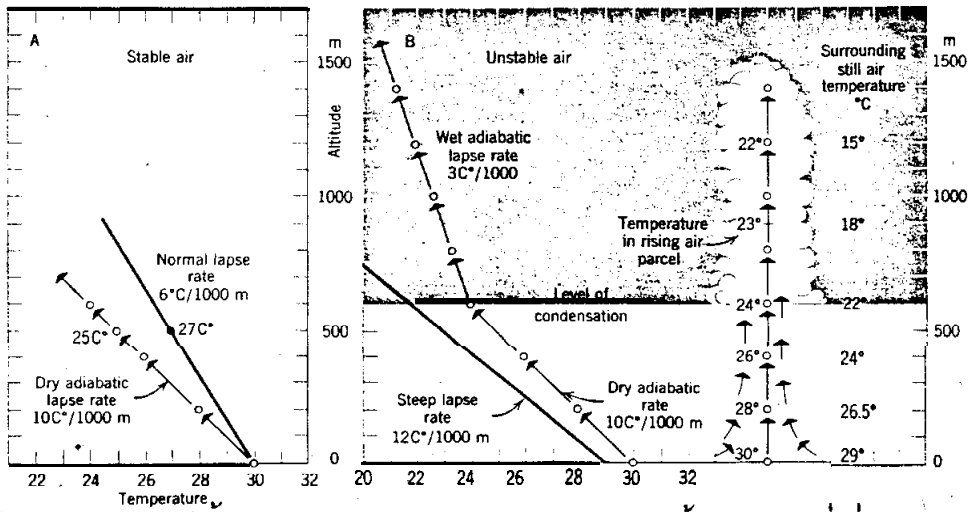
หยาดน้ำฟ้าเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุดังนี้

1. หยาดน้ำฟ้าที่เกิดจากการพาความร้อน ( CONVECTIONAL PRECIPITATION )
2. หยาดน้ำฟ้าที่เกิดจากลมพัดมาปะทะภูเขา ( OROGRAPHIC PRECIPITATION )
3. หยาดน้ำฟ้าที่เกิดจากแนวปะทะอากาศ ( FRONTAL PRECIPITATION )

1. หยาดน้ำฟ้าที่เกิดจากการพาความร้อน ( CONVECTIONAL PRECIPITATION ) เกิดจากอากาศเหนือพื้นดินที่ร้อนและเบากว่าอากาศที่อยู่โดยรอบยกตัวสูงขึ้น อณูมิของอากาศจะลดต่ำลงตามอัตราอะเดียแมติก จนกระทั่งต่ำกว่าจุดน้ำค้าง จึงเกิดการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศก่อตัวเป็นเมฆคิวมูลัส อากาศร้อนยังคงลอยตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและในที่สุดก่อตัวเป็นเมฆคิวมูโลนิมบัส ทำให้เกิดหยาดน้ำฟ้าลงสู่พื้นดิน (รูป 4.26 )



รูป 4.26 หยาดน้ำฟ้าที่เกิดจากการพาความร้อน



รูป 4.27 A ภายใต้ภาวะอากาศ  
ทรงตัวอากาศจะไม่ถูกบังคับให้ยกตัวสูงขึ้น

รูป 4.27 B ภายใต้ภาวะอากาศที่ไม่ทรงตัว  
อากาศจะยกตัวสูงขึ้น

รูป 4.27A เป็นภาวะที่อากาศทรงตัว (อากาศแห้ง) สมมติว่าอากาศที่พื้นดินมีอุณหภูมิ  $30^{\circ}\text{C}$  อากาศจะลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน เมื่ออากาศลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน อุณหภูมิของอากาศจะลดลงตามอัตราอะเดียแบติกของอากาศแห้ง ( $10^{\circ}\text{C}$  ต่อ 1,000 เมตร) เมื่ออากาศลอยขึ้นไปสูง 500 เมตร อุณหภูมิจะลดลง  $5^{\circ}\text{C}$  ฉะนั้นอุณหภูมิของอากาศที่ลอยขึ้นไป ณ ระดับความสูง 500 เมตร จะเท่ากับ  $25^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่อุณหภูมิของอากาศโคจรอบ ณ ระดับความสูง 500 เมตร เท่ากับ  $27^{\circ}\text{C}$  (อุณหภูมิของอากาศโคจรอบจะลดลงตามอัตราปกติ คือ  $6^{\circ}\text{C}/1,000$  เมตร) ฉะนั้น ณ ระดับความสูง 500 เมตร อากาศที่ลอยตัวสูงขึ้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศโคจรอบ จึงทำให้อากาศที่ลอยตัวสูงขึ้นมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศโคจรอบ อากาศแทนที่จะลอยตัวสูงขึ้นกลับจมตัวลงเบื้องล่าง ภาวะเช่นนี้เรียกว่า ภาวะอากาศที่ทรงตัวซึ่งไม่ก่อให้เกิดหยาดน้ำฟ้าที่เกิดจากการพาความร้อน

รูป 4.27B แสดงถึงภาวะอากาศไม่ทรงตัว สมมติว่าที่พื้นดินอากาศโคจรอบมีอุณหภูมิประมาณ  $29^{\circ}\text{C}$  ส่วนมวลอากาศร้อน ณ ระดับพื้นดินมีอุณหภูมิ  $30^{\circ}\text{C}$  ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศโคจรอบ  $1^{\circ}\text{C}$  มวลอากาศร้อนนี้จะลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบนเพราะมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศโคจรอบ เมื่อลอยตัวสูงขึ้นมวลอากาศจะลดอุณหภูมิลงตามอัตราอะเดียแบติกของอากาศแห้ง ( $10^{\circ}\text{C}/1,000$  เมตร) เมื่อลอยขึ้นไปจนถึงระดับความสูง 600 เมตร อุณหภูมิของมวลอากาศจะลดลงเหลือประมาณ  $24^{\circ}\text{C}$  แต่ยังมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศโคจรอบ ( ณ ระดับความสูง 600 เมตร อากาศโคจรอบมีอุณหภูมิ  $22^{\circ}\text{C}$ ) ฉะนั้นมวลอากาศยังคงลอยตัวสูงขึ้นต่อไป และ ณ ระดับความสูง 600 เมตร อุณหภูมิลดต่ำลงถึงจุดน้ำค้าง การกลั่นตัวจึงเกิดขึ้น จากนั้นต่อไปมวลอากาศที่ลอยตัวสูงขึ้นจะลดอุณหภูมิต่ำลงตามอัตราอะเดียแบติกของอากาศอิ่มตัว การกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศทำให้มีการคายความร้อนแผ่ออกประมาณกันว่า มีการคายความร้อนแผ่ออกมาถึง 600 แคลอรีต่อหน้า 1 กรัม ดังนั้นจึงเป็นการเพิ่มความร้อนให้แก่มวลอากาศที่ลอยตัวสูงขึ้น

ถึงแม้มวลอากาศจะลอยตัวสูงขึ้นไปจนถึงระดับประมาณ 1,000 เมตร อุณหภูมิของมวลอากาศก็ยังคงสูงกว่าอากาศโดยรอบ และยังคงลอยตัวขึ้นสูงต่อไป และก่อตัวเป็นเมฆคิวมูโลนิมบัส ซึ่งทำให้เกิดหยาดน้ำฟ้าลงสู่พื้นดินในรูปของฝนตกหนัก มีปรากฏการณ์ของฟ้าร้อง ฟ้าแลบ ฟ้าผ่าค้ำว และบางทีอาจมีลูกเห็บตกด้วย

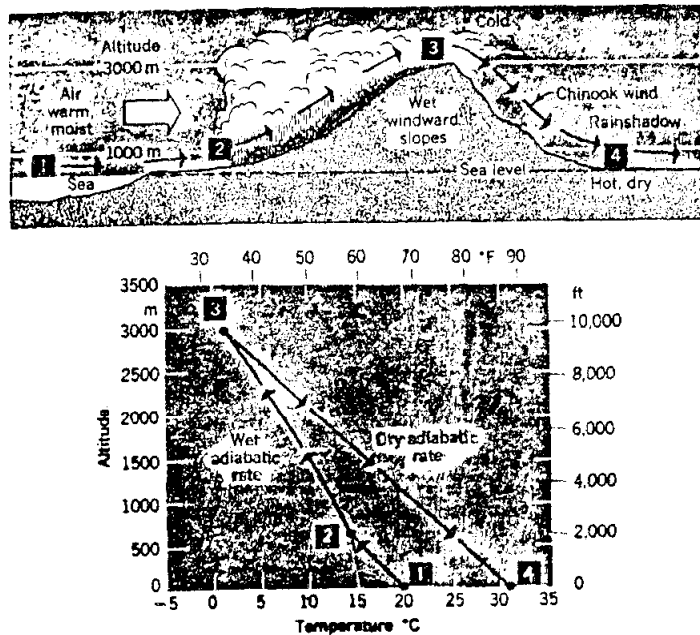
หยาดน้ำฟ้าที่เกิดจากการพาความร้อนเกิดมากในบริเวณที่ได้รับแสงอาทิตย์เต็มที่ เช่น บริเวณศูนย์สูตร และเขตร้อน ส่วนในเขตขั้วขั้วเหนือ หยาดน้ำฟ้าชนิดนี้จะเกิดในฤดูร้อน

2. หยาดน้ำฟ้าที่เกิดขึ้นจากลมพัดมาปะทะภูเขา ( OROGRAPHIC PRECIPITATION ) คำว่า ORO มาจากภาษากรีก OROS มีความหมายว่า ภูเขา ลักษณะธรรมชาติที่ก่อให้เกิดหยาดน้ำฟ้าชนิดนี้มากที่สุด คือ ต้องเป็นบริเวณภูเขาสูง หรือที่ราบสูงตั้งอยู่ริมฝั่งทะเลที่ได้รับลมพัดจากทะเล เมื่อลมร้อนขึ้นพัดผ่านทะเลขึ้นมาเคลื่อนที่ไปปะทะกับสิ่งกีดขวางอาจจะเป็นเทือกเขา ที่ราบสูง หรือ หน้าผาชัน ลมจะถูกบังคับให้ยกตัวสูงขึ้นไปตามเขาคันที่ตั้งรับลม ( WINDWARD SLOPES ) อุณหภูมิของอากาศจะค่อย ๆ ลดต่ำลงตามอัตราอะเดียแบติก เมื่ออุณหภูมิลดต่ำถึงจุดน้ำค้างก็จะเกิดการกลั่นตัวก่อตัวเป็นเมฆ และทำให้เกิดหยาดน้ำฟ้าขึ้นทางคานที่ได้รับลม ( รูป 4.28 ) หลังจากนั้นลมจะพัดผ่านยอดเขาออกไปตามไหล่เขาคานปลายลม ( LEEWARD SLOPES ) อุณหภูมิของอากาศจะสูงขึ้นตามลำดับตามอัตราอะเดียแบติกแห่ง จึงทำให้ไหล่เขาคานปลายลมมีอากาศแห้งแล้งและร้อน เป็นเขตเงาฝน ดังจะเห็นได้จากบริเวณทะเลทรายที่สำคัญของโลกบางแห่งพบอยู่ทางคานปลายลมของภูเขา เช่น ทะเลทรายอะตากามาในอเมริกาใต้ ทะเลทรายในรัฐเนวาดา และตะวันออกของแคลิฟอร์เนีย เป็นต้น ผู้คนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เทือกเขาจะสามารถเห็นถึงอิทธิพลของหยาดน้ำฟ้าชนิดนี้ได้ชัดเจนจากพืชพรรณธรรมชาติ



ที่ขึ้นด้านของภูเขาที่ได้รับลมจะมีป่าไม้หนาทึบ ส่วนด้านตรงกันข้ามเป็นเขตเงาฝน มีอากาศแห้งแล้ง พืชพรรณธรรมชาติเบาบาง

สำหรับประเทศไทย หยาดน้ำฟ้าชนิดนี้พบบ่อยมากทางด้านตะวันตกของภาคใต้จากจังหวัดระนองถึงจังหวัดสตูล และทางด้านตะวันออกของประเทศจากจังหวัดจันทบุรี ถึงตราดในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และทางด้านตะวันออกของภาคใต้จากจังหวัดนครศรีธรรมราชจนถึงจังหวัดนราธิวาสในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



รูป 4.28 ลมร้อนขึ้นจากทะเลถูกบังคับให้ยกตัวสูงขึ้นตามด้านของภูเขาที่ตั้งรับลม ทำให้เกิดหยาดน้ำฟ้าขึ้น

### 3. หยาดน้ำฟ้าที่เกิดจากแนวปะทะอากาศ ( FRONTAL PRECIPITATION )

เกิดจากมวลอากาศ 2 กลุ่ม ที่มีคุณสมบัติต่างกันเคลื่อนที่มาพบกัน มวลอากาศเย็นที่หนักกว่าจะยังคงอยู่ใกล้พื้นดิน และจะซอมน้ำให้มวลอากาศร้อนลอยขึ้นสู่เบื้องบน มวลอากาศร้อนที่ลอยสูงขึ้นจะลดอุณหภูมิค่าลงจนถึงจุดน้ำค้าง ไอน้ำจะกลั่นตัวกลายเป็นเมฆ และทำให้เกิดหยาดน้ำฟ้าเป็นบริเวณกว้าง สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับการเกิดหยาดน้ำฟ้าชนิดนี้จะอธิบายในบทที่