



# 구름에 대한 열역학적 분석

**1조** 곽현영  
권형안  
박대건



# 구름에 대한 열역학적 분석

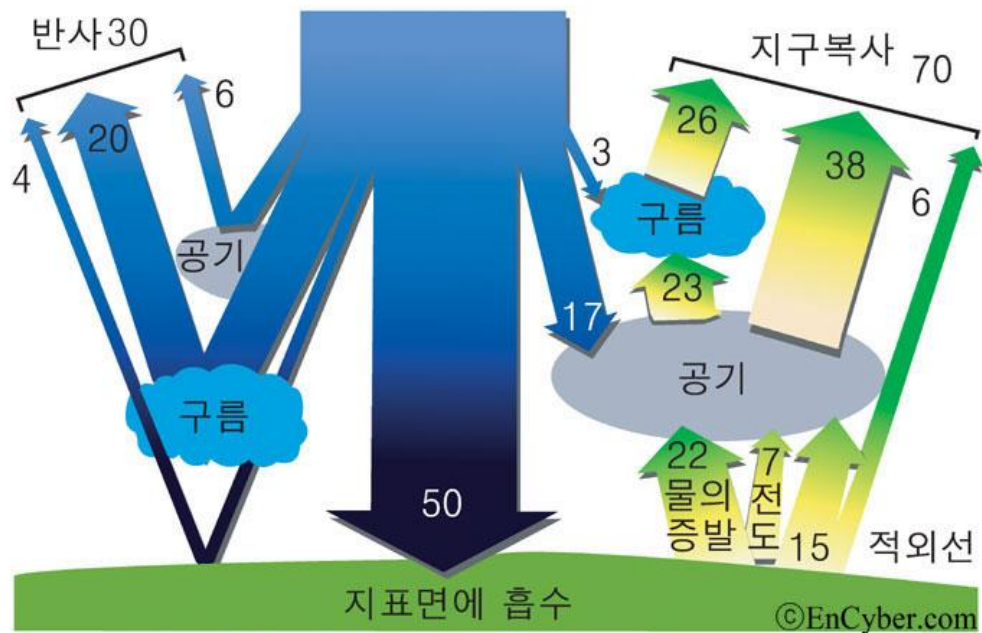
- 1 지구의 복사평형과 잠열
- 2 잠열에 대한 열역학적 계산
- 3 구름의 종류에 따른 에너지 분석



# 1. 지구 복사평형과 잠열

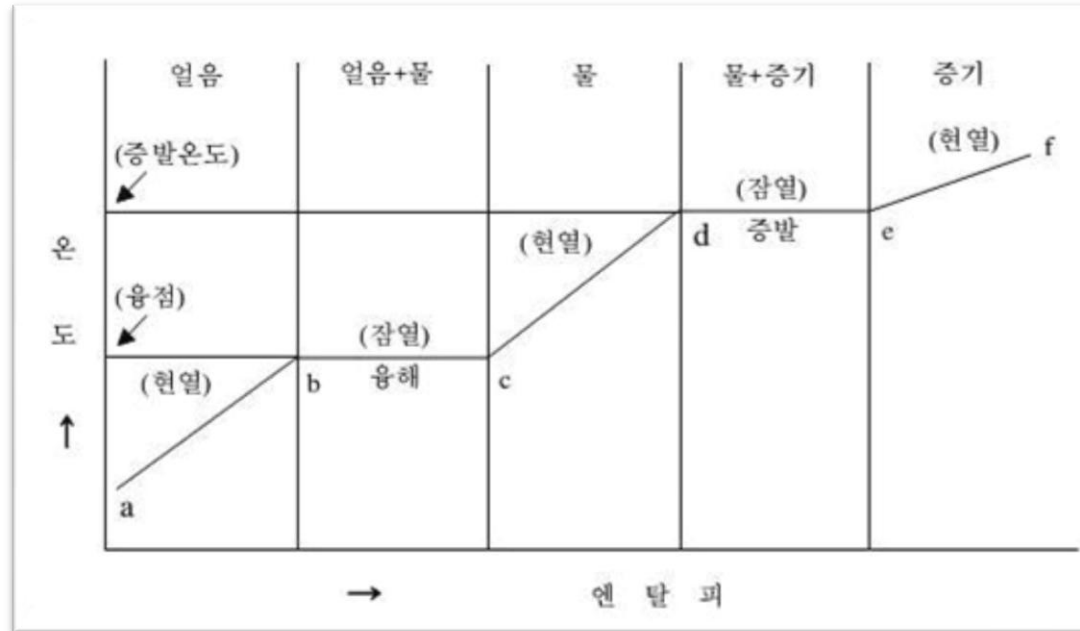


# 지구 복사평형과 잠열



## 지구복사평형

# 지구 복사평형과 잠열



## ● 잠열 (Latent heat)

- 어떤 물체가 온도의 변화 없이 상태가 변할 때 방출되거나 흡수되는 열, 숨은 열을 뜻함

## ● 현열 (Sensible heat)

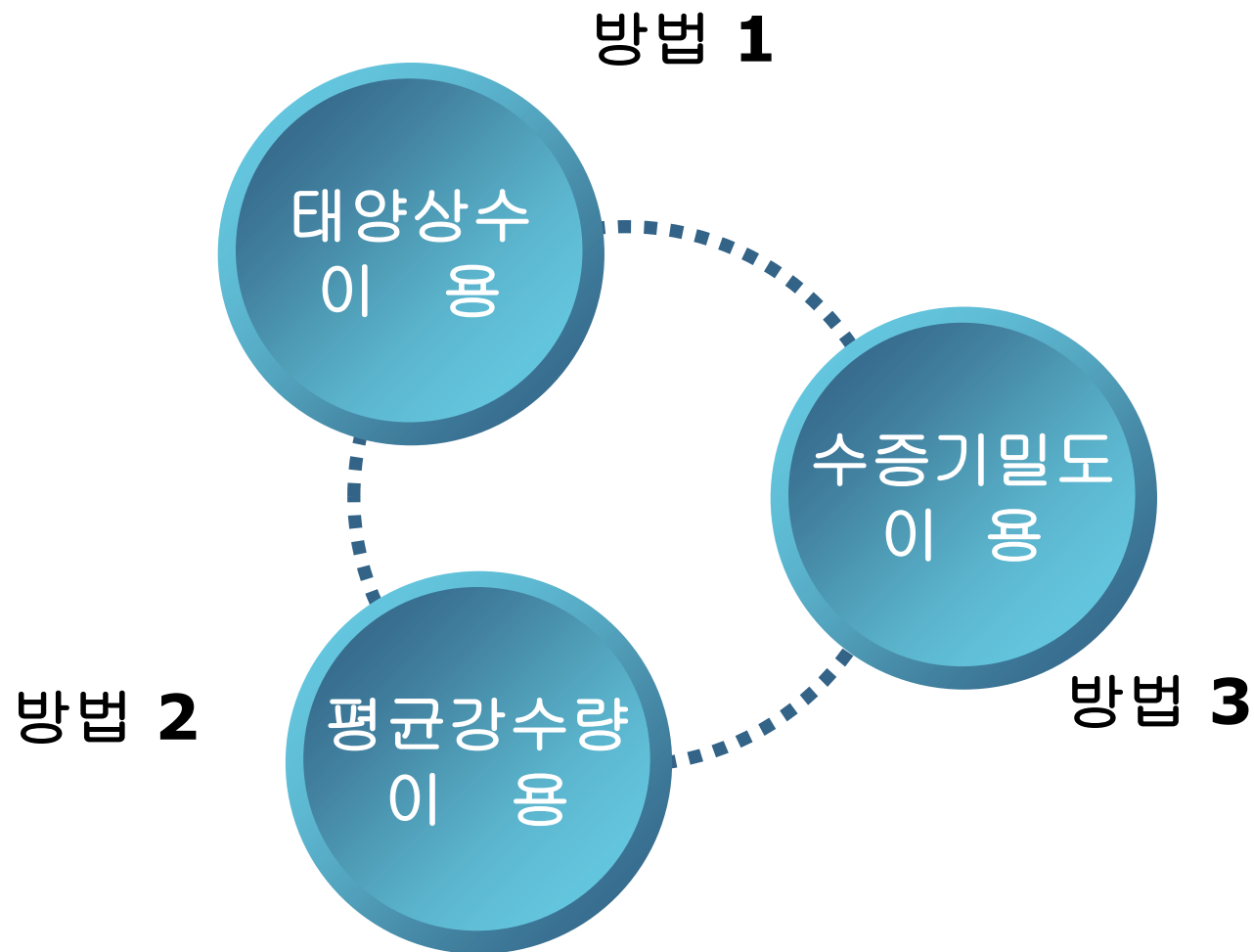
- 어떤 물체를 가열하거나 냉각할 때, 상태의 변화없이 온도를 변화시키는데 소용된 열



## 2. 잠열에 대한 열역학적 계산



# Diagram



# 태양상수를 이용한 계산

- 지구 단위면적당 받는 태양 에너지
  - $I/4 = 342\text{w/m}^2$
- 단위면적당 지표가 잠열로 잃는 에너지
  - $100 : 342\text{w/m}^2 = 23 : x$   
 $x = 78.66\text{w/m}^2$
- 잠열로 인한 지표에너지 손실량
  - $X 4 \pi r^2 = 4.023510727 \times 10^{16} \text{ w}$



# 지구 평균강수량을 이용한 계산

- 지구평균 강수량
  - 880mm/year
- 지구에 분포하는 수증기의 부피
  - $880\text{mm} \times 4\pi(6400\text{km})^2$   
 $= 4.501257869 \times 10^{14} \text{ m}^3$
- 지구에 분포하는 수증기의 총 질량
  - $1000\text{kg/m}^3 \times (4.501257869 \times 10^{14} \text{ m}^3)$   
 $= 4.501257869 \times 10^{17} \text{ kg}$

# 지구 평균강수량을 이용한 계산

- 지구의 수증기가 가진 총 에너지량

- $l_v \times m = (2.5 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}) \times (4.501257869 \times 10^{17} \text{ kg})$   
 $= 1.125314467 \times 10^{27} \text{ kg}$

- $dH = dU + pdV + Vdp$

$$= dU + pdV \quad (p = \text{const})$$

$$= \delta Q = L$$

- 단위시간당 에너지량

- $(1.125314467 \times 10^{27} \text{ kg}) /$   
 $(60\text{s}/\text{min} \times 60\text{min}/\text{hour} \times 24\text{hour}/\text{day} \times 365\text{day}/\text{year})$   
 $= 3.568348767 \times 10^{16} \text{ w}$

# 수증기의 평균밀도를 이용한 계산

- 수증기가 포화된 후 모든 수증기가 응결했다고 가정
- 대기 10km 이하에 고르게 분포한다고 가정

- 수증기의 총 질량

$$\begin{aligned} M &= \rho_{\text{수}} \times 4\pi r^2 \times 10 \\ &= 3.87449978 \times 10^{18} \text{ kg} \end{aligned}$$

- 총 에너지량

$$I_v \times m = 9.718624945 \times 10^{17} \text{ w}$$

# Diagram 3

알려진 값(태양상수, 강수량)을  
이용하여 구한 값

$$4.023510727 \times 10^{16} \text{ w}$$

$$3.568348767 \times 10^{16} \text{ w}$$

<

수증기의 평균밀도를  
이용하여 구한 값

$$3.081755754 \times 10^{17} \text{ w}$$

# Diagram

## 오 차 의 원 인

0 ~ 10km의 고도에 고르게 분포되었다고 가정

지표에서 공기가 모두 포화된 후 응결했다고 가정

주변공기와의 혼합이 일어나지 않았다고 가정

모든 변화과정은 단열과정이라고 가정

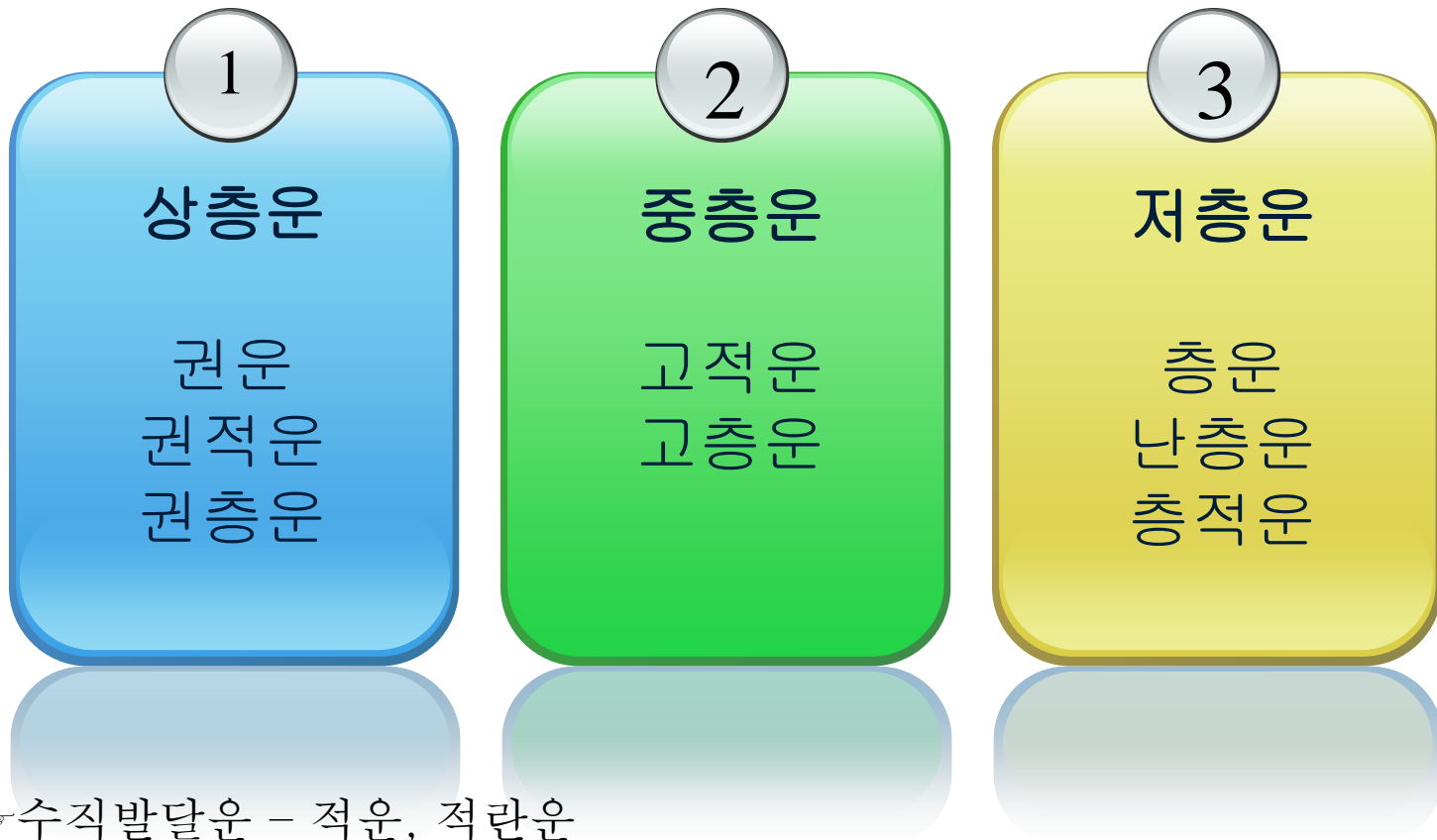


### 3. 구름의 종류에 따른 에너지 분석



# 구름의 종류에 따른 에너지 분석

- 높이에 따른 구름의 분류



# 구름의 종류에 따른 에너지 분석

- 권운이 지구를 덮었을 때
  - 고도 : 약 6000m
  - 평균두께 : 약 1.5km
  - 얼음함량 :  $0.025\text{g/m}^3$
  - 구름의 부피
    - $4\pi(r+6)^2 \times (1.5 \times 10^9\text{m}^3)$
  - 구름속 얼음질량
    - $1.921759162 \times 10^{13} \text{ kg}$





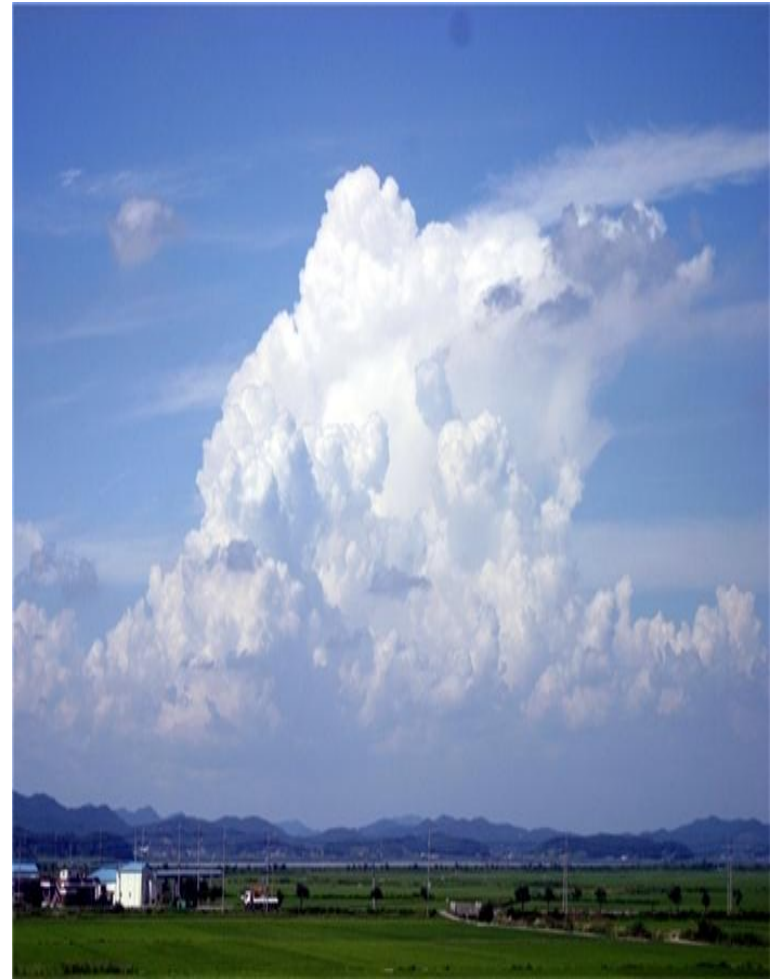
# 구름의 종류에 따른 에너지 분석

- 총운이 지구를 덮었을 때
  - 고도 : 약 2000m
  - 평균두께 : 약 0.75km
  - 물함량 :  $0.5\text{g/m}^3$
  - 구름의 부피
    - $4\pi(r+2)^2 \times (0.75 \times 10^9\text{m}^3)$
  - 구름속 물의 질량
    - $1.91935245 \times 10^{14} \text{ kg}$



# 구름의 종류에 따른 에너지 분석

- 적란운이 지구를 덮었을 때
  - 고도 : 약 2000m
  - 평균두께 : 약 10km
  - 물함량 :  $1.0\text{g/m}^3$
  - 구름의 부피
    - $4\pi(r+2)^2 \times (10 \times 10^9\text{m}^3)$
  - 구름속 물의 질량
    - $5.118273201 \times 10^{15} \text{ kg}$



# 구름의 종류에 따른 에너지 분석

## ● 결론

- 지구 복사평형에서 잠열 부분 에너지와 강수량으로 도출한 에너지 부분이 비슷하다. 그러므로 지구가 잠열부분에서 복사평형을 이루고 있다는 것을 알 수 있다.
- 세가지 종류의 구름만 알아보았다. 가장 수증기를 많이 포함하고 있는 적란운이 전체 수증기량에 **1%** 정도 이다. 따라서 태풍이나 웅대적운과 같이 수증기를 적란운보다 많이 포함하고 있는 현상이 수증기 잠열 평형에 많이 기여함을 추측할 수 있다.



**Thank you**