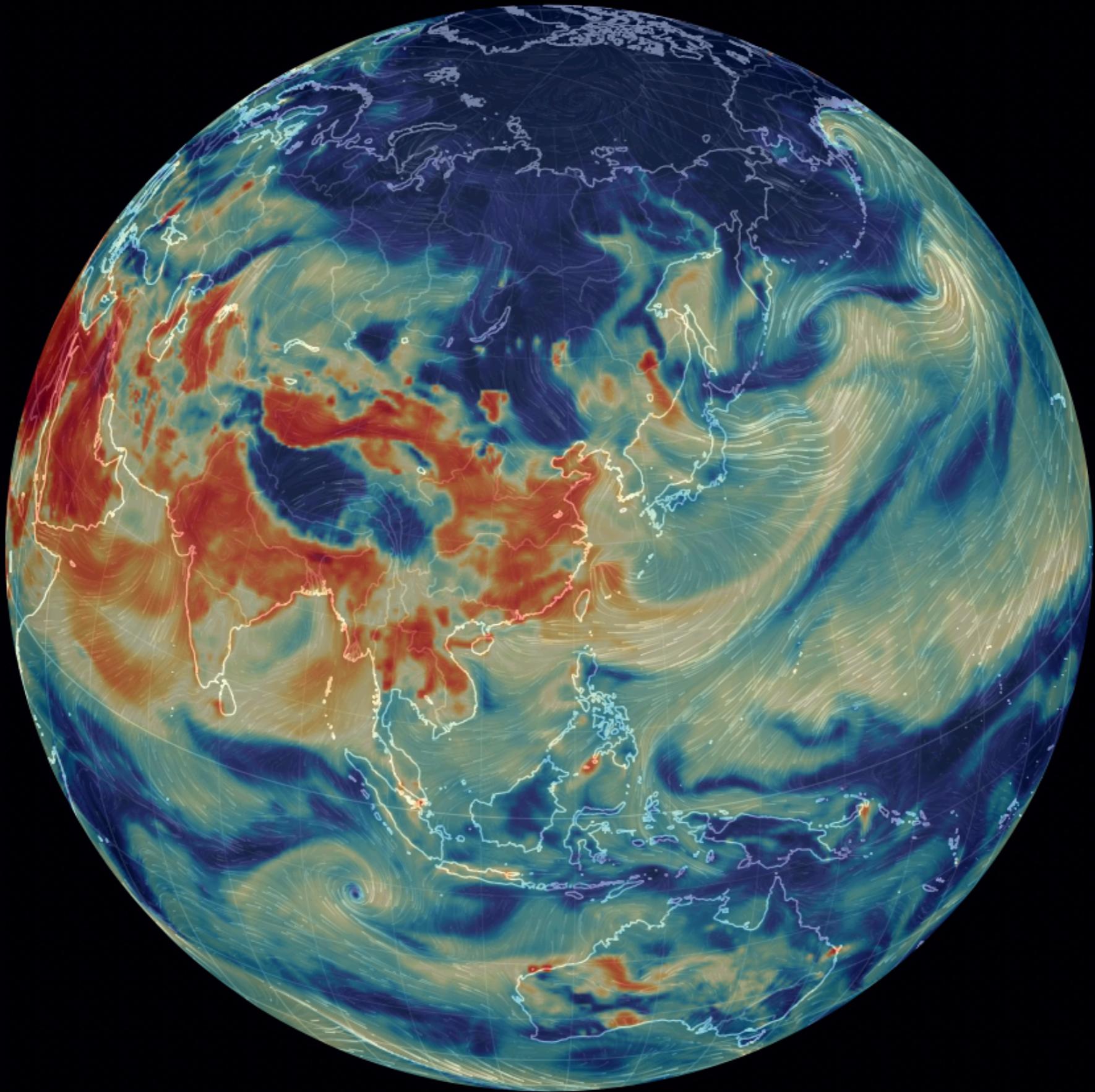


SGS6833: 대기과학

2주 차 강의자료

중간고사 / 휴강에 대해



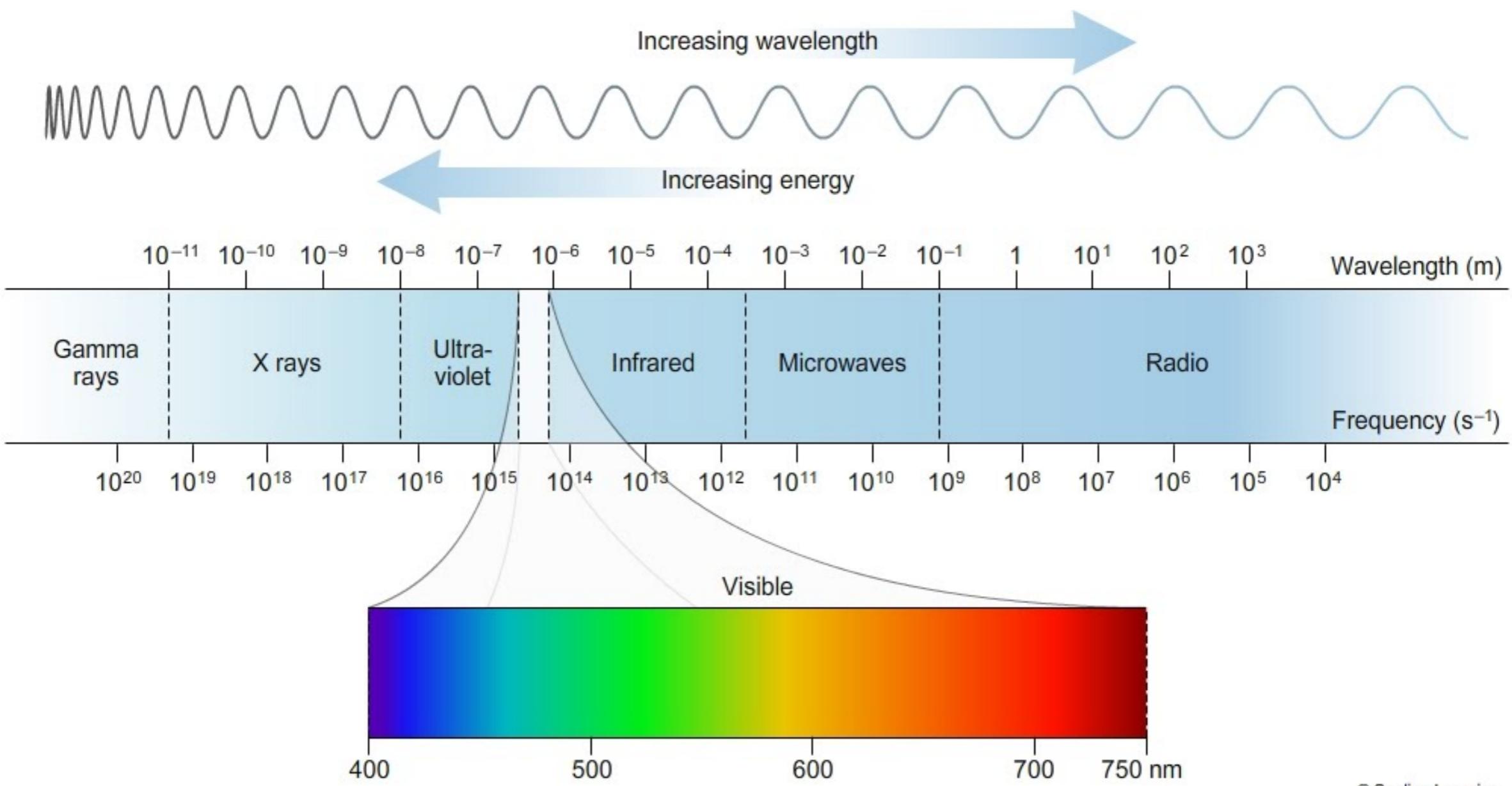
열의 전달: 복사

- 태양에서 에너지가 오는 방법
- 태양은 공기를 데우지 않고 물체를 따뜻하게 할 수 있다.
- 복사는 파도(wave)를 통해 이루어지기 때문이다.
- 파도가 흡수될 때 열이 전달됨
- 진공에서 300000 km/s 의 속도로 복사가 이루어질 수 있음 (빛의 속도)
- 에너지의 세기는 (파고가 같을 경우) 파도의 주파수에 비례하고 파장에 반비례함
- 조금 더 정확하게 이야기하면 광자들이 에너지를 가지고 움직임

열의 전달: 복사

TYPE OF RADIATION	RELATIVE WAVELENGTH	TYPICAL WAVELENGTH (meters)	ENERGY CARRIED PER WAVE OR PHOTON
AM radio waves		100	Increasing
Television waves		1	
Microwaves		10^{-3}	
Infrared waves		10^{-6}	
Visible light		5×10^{-7}	
Ultraviolet waves		10^{-7}	
X rays		10^{-9}	

열의 전달: 복사



열의 전달: 복사

- 온도가 0K 보다 큰 “모든” 물체는 “복사” 에너지를 방출한다!
- 직관적으로 생각했을 때 방출되는 복사에너지는 온도에 비례할 듯 하다.
- 온도가 높을수록 진동이 심한 것을 예상할 수 있다.
- 진동이 심하면 방출하는 에너지가 크다
- Stefan - Boltzmann law

$$E = \sigma T^4$$

$$\longrightarrow \sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

열의 전달: 복사

- 온도가 높으면 많은 에너지를 방출한다
- 파장이 짧은 파도(wave)가 에너지가 높다.
- Wien's Law

$$\lambda_{max} = \frac{constant}{T}$$

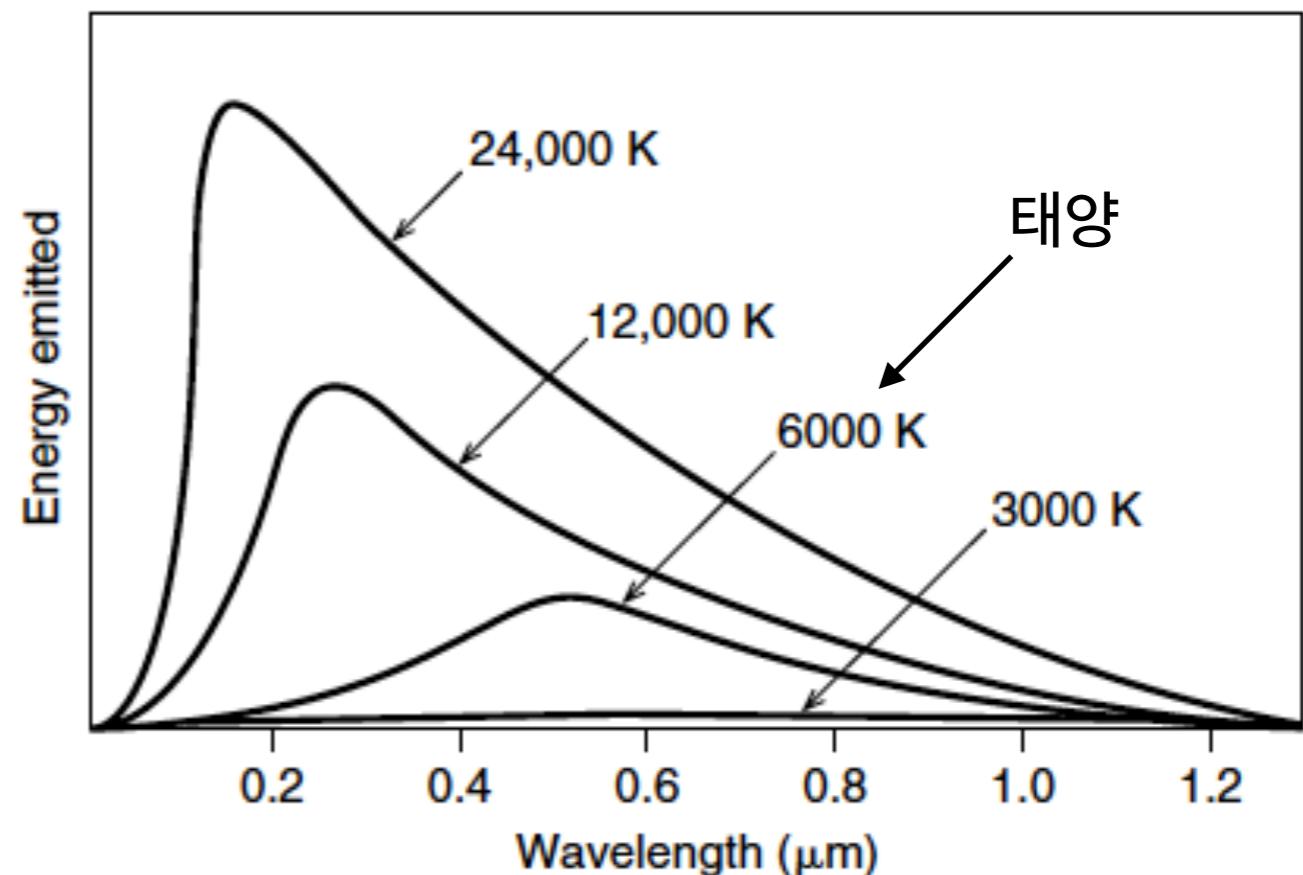
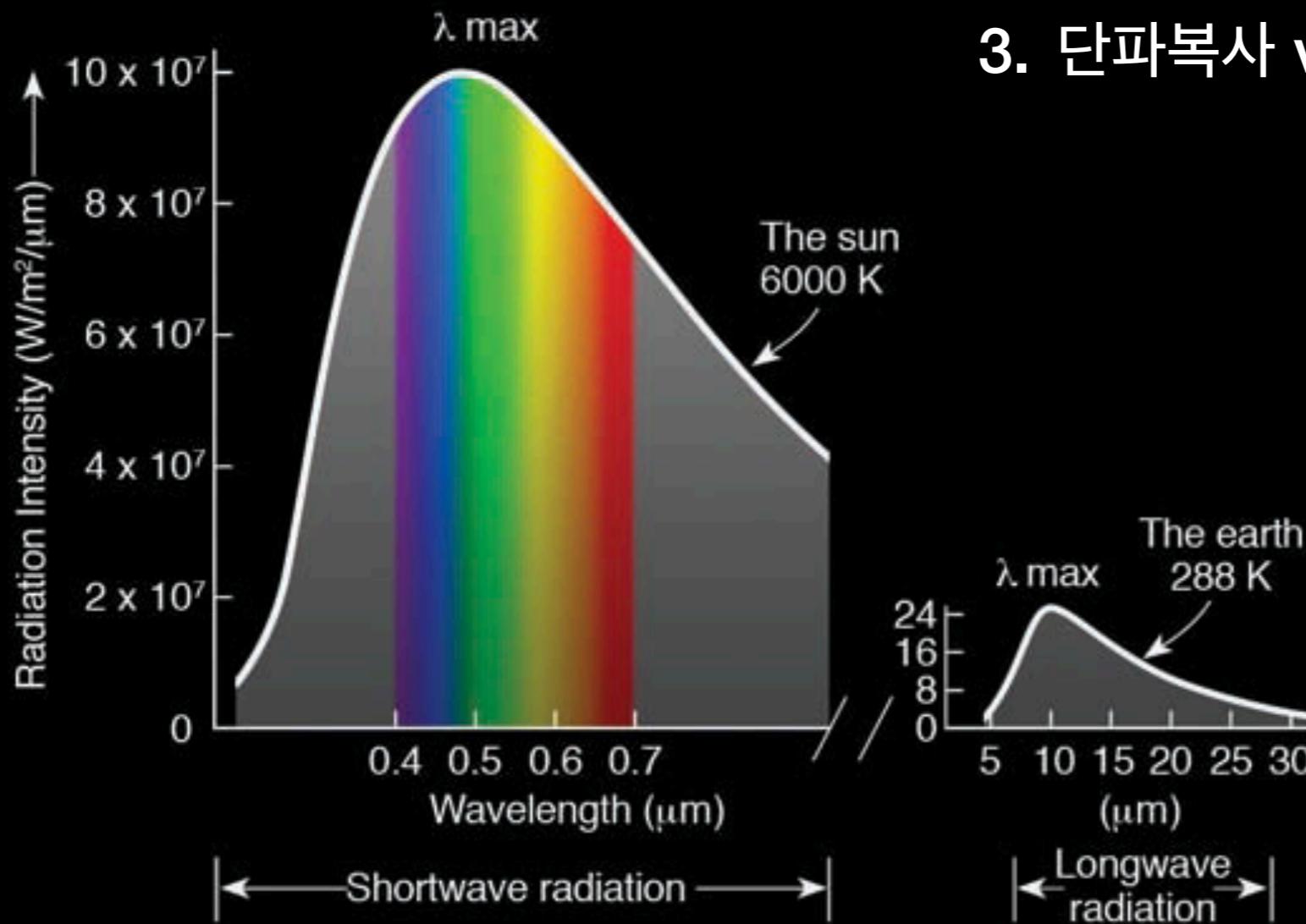


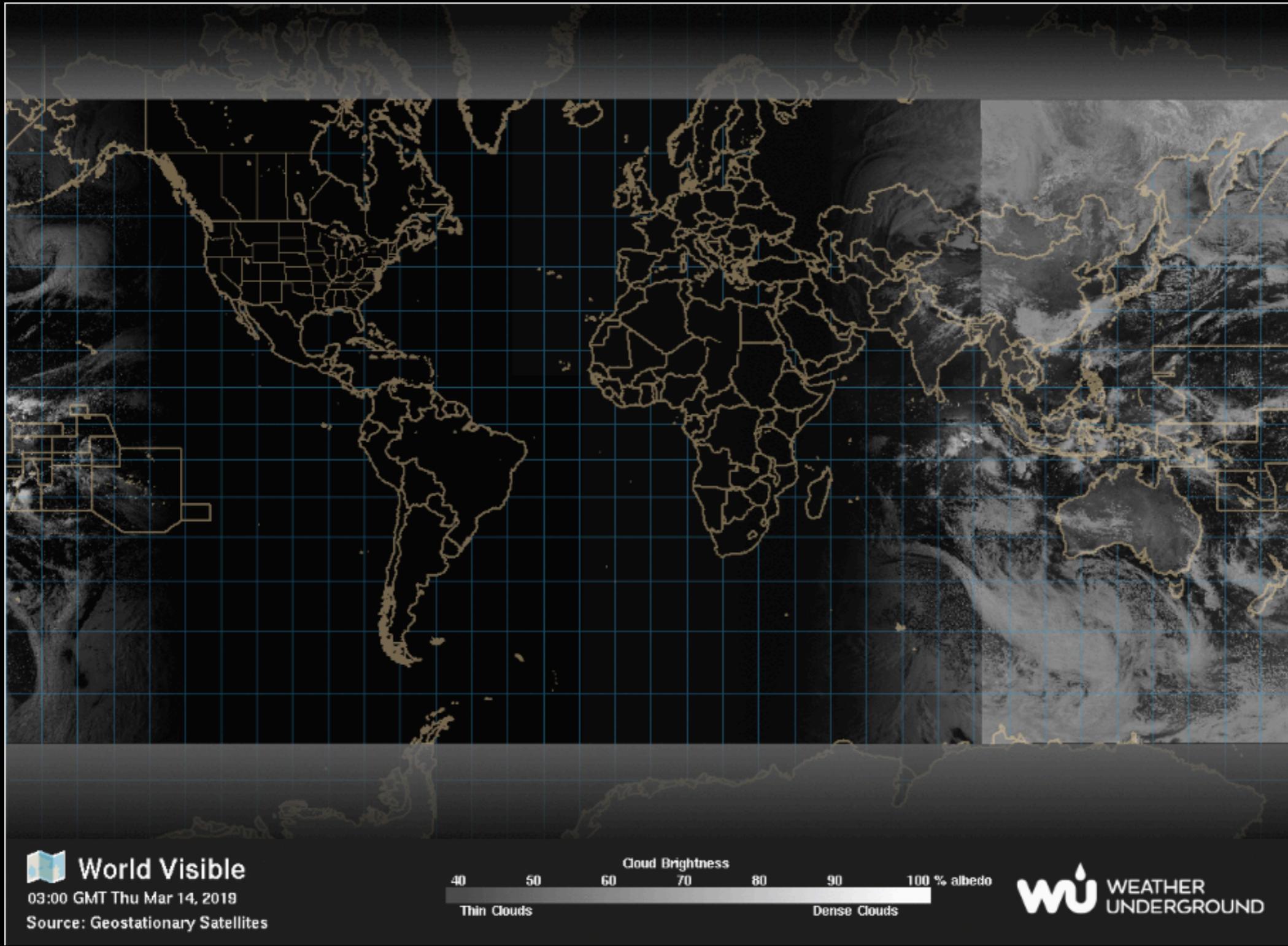
FIGURE 2.3. The energy emitted at different wavelengths for blackbodies at several temperatures. The function $B_\lambda(T)$, Eq. A-1, is plotted.

태양과 지구의 복사 에너지량

1. 총 복사에너지는 태양이 월등히 많다.
2. 태양의 복사에너지가 더 짧은 파장을 가진다.
3. 단파복사 v.s. 장파복사

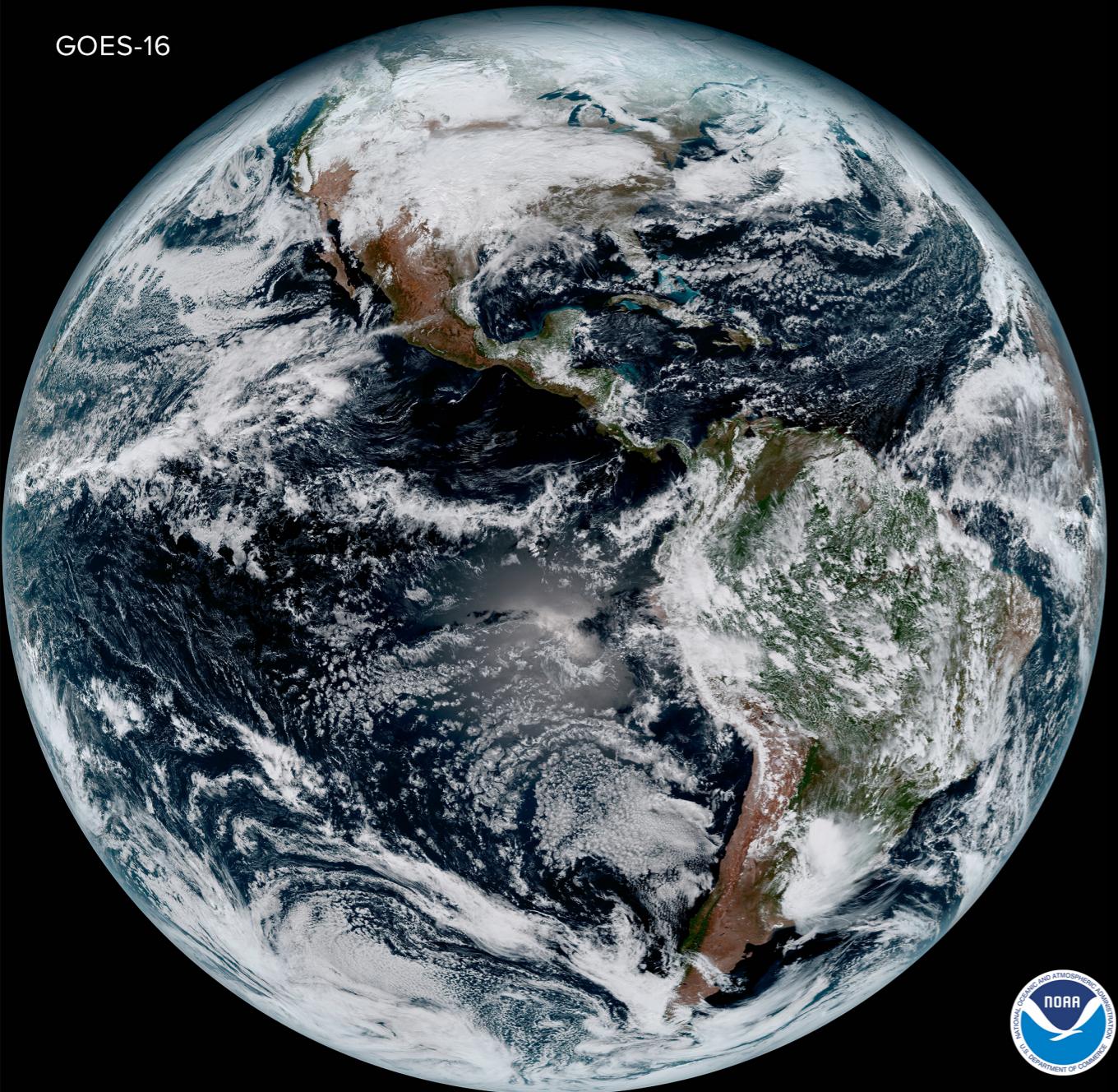


인공위성에서 파장별로 보는 지구: 가시광선

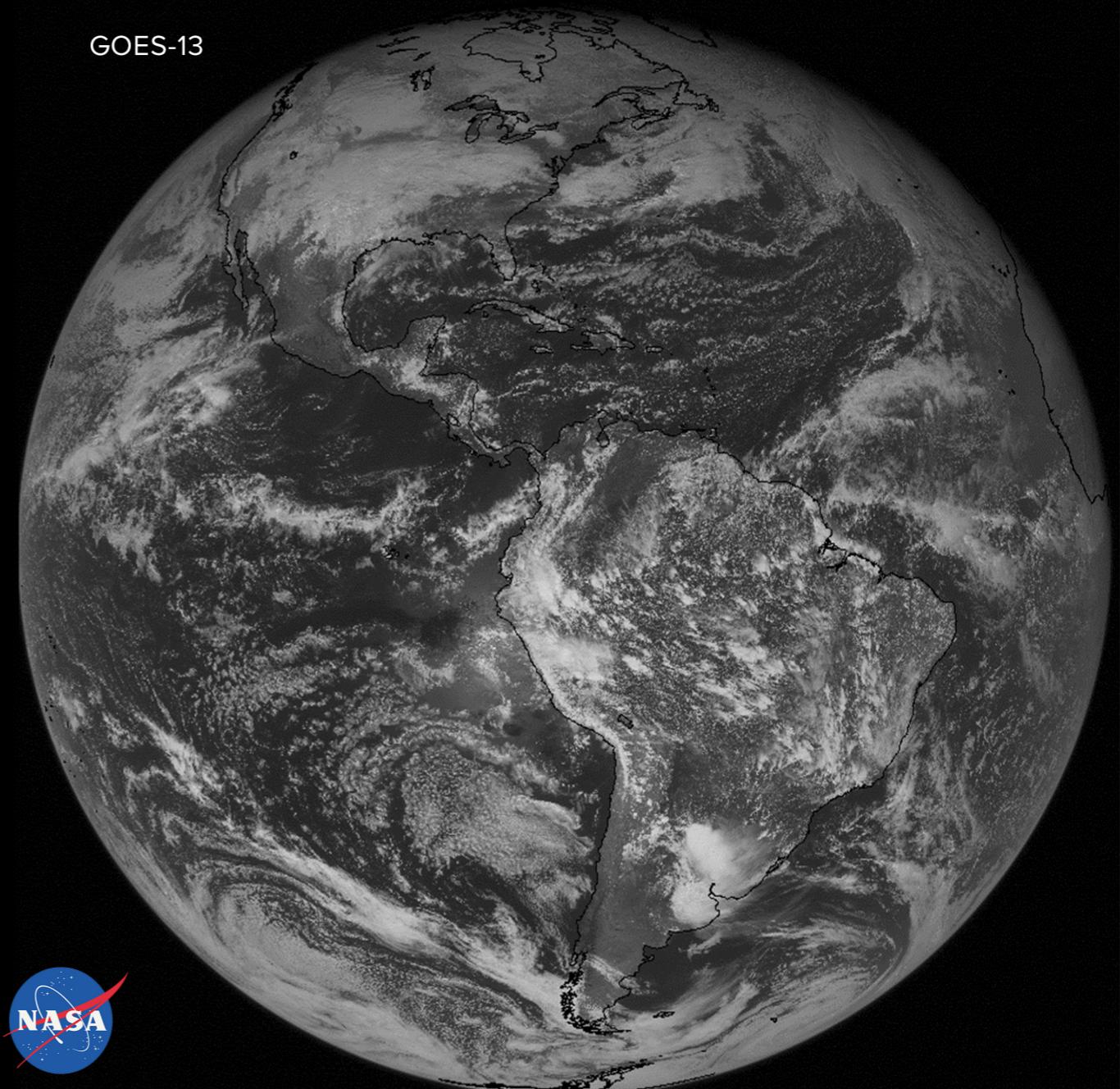


인공위성에서 파장별로 보는 지구: 가시광선

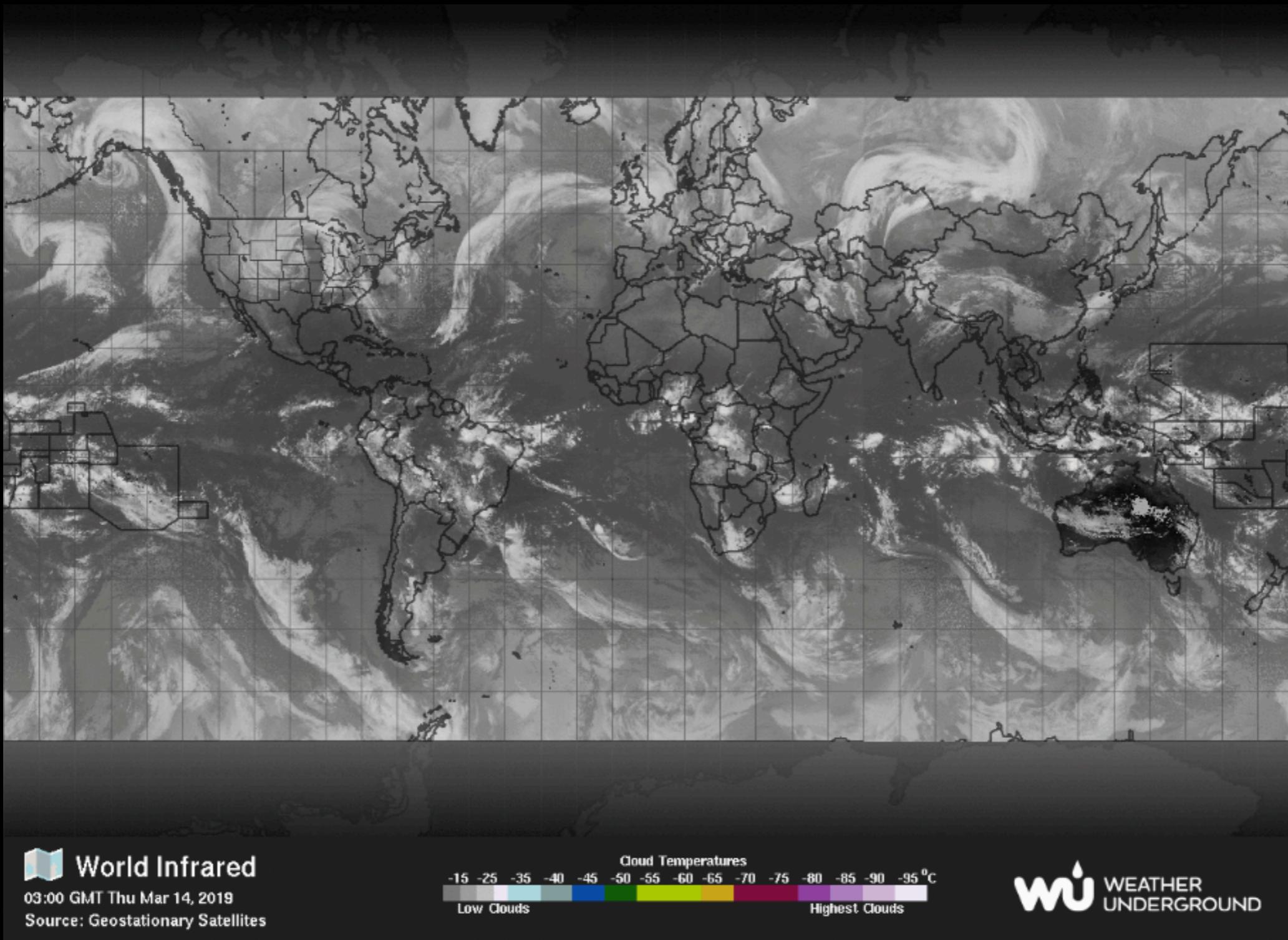
GOES-16



GOES-13



인공위성에서 파장별로 보는 지구: 적외선



복사균형

- 지구는 태양으로부터 에너지를 흡수하고, 자신의 온도에 따른 에너지를 방출한다.
- 흑체 : 에너지에 노출되면 100% 흡수하고, 자신의 온도에 의해 계산되는 에너지를 100% 방출하는 물체
- 지구는 흑체에 가까운 성질을 가짐
- 또한 지구의 온도는 시간에 따라 거의 일정함, 즉 지구가 흡수하는 에너지와 방출하는 에너지가 균형을 이룸
- 이러한 복사 균형을 이루기 위해서는 지구의 온도가 몇 이어야 하는가?

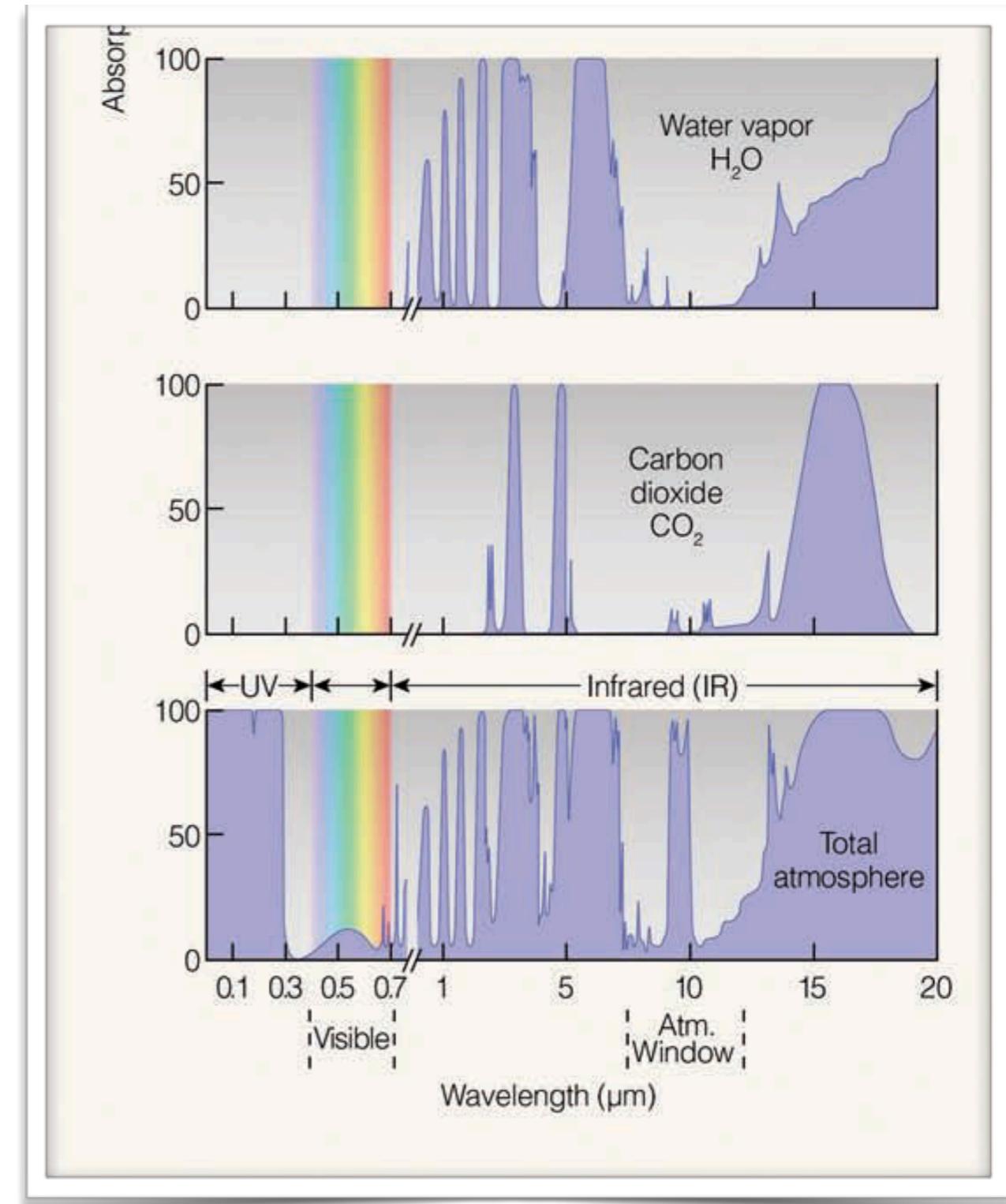
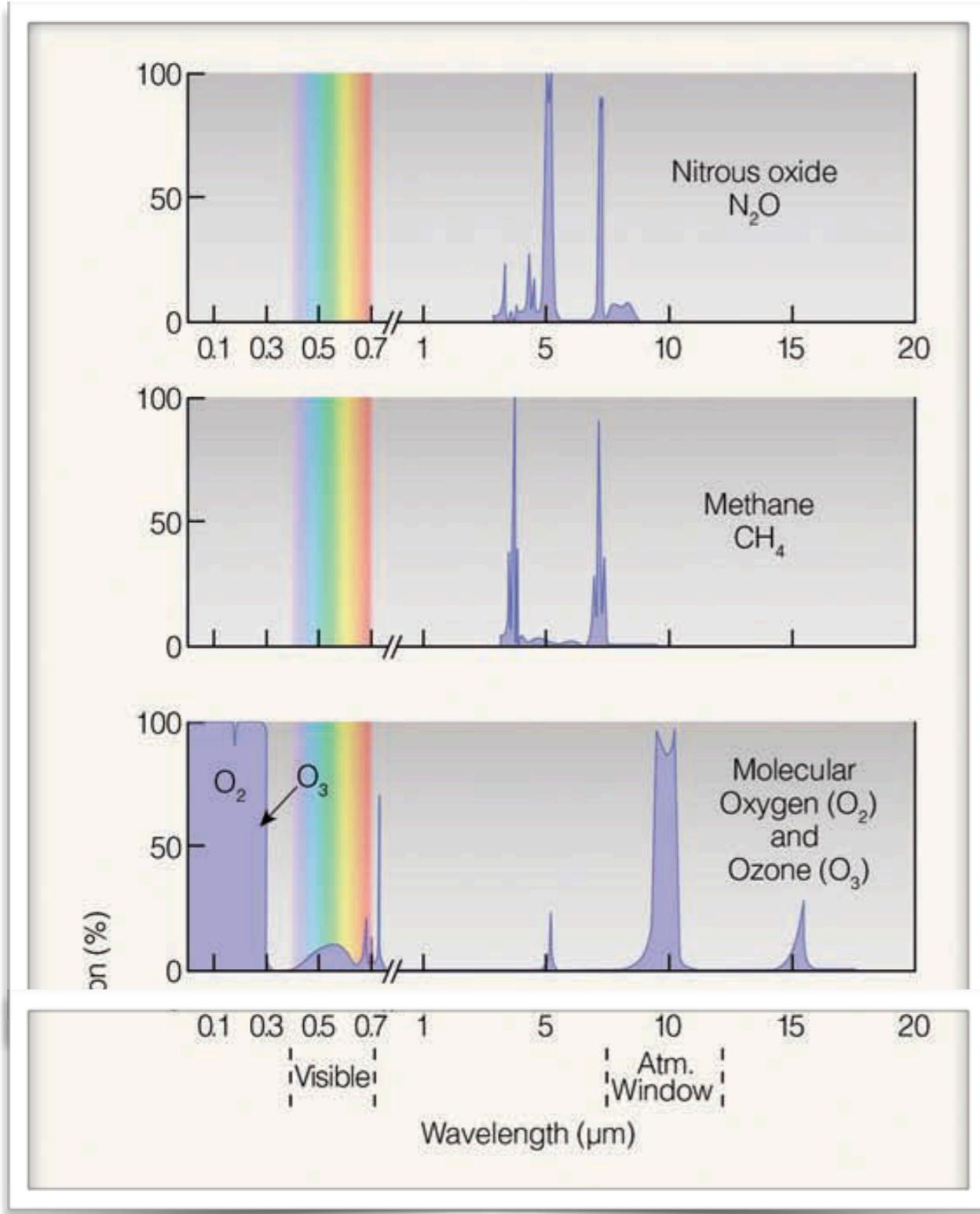
복사균형

- 태양으로부터 흡수하는 에너지는 측정가능
- 지구가 방출하는 에너지는 흡수하는 태양에너지와 같아야 함
- 따라서 지구가 방출하는 에너지도 결정됨
- Stefan-Boltzmann 법칙에 의해 방출하는 에너지에 해당하는 온도를 구할 수 있음.
- 실제 계산해 보면 255K, 즉 -18°C 임
- 하지만 실제 지구의 평균 온도는 288K, 혹은 15°C 정도 임
- 왜 이 두 값이 다를까?

복사균형

- 대기가 있으므로 지구의 온도가 따뜻하게 유지됨
- 대기는 흑체가 아님: 자신에게 오는 에너지를 모두 흡수하지 않음
- 대기는 가시광선 영역의 복사에너지를 잘 흡수하지 않음
 - 즉 태양에너지 흡수에 소극적
- 대기는 적외선 영역의 복사에너지를 상당부분 흡수
 - 지구가 내보내는 에너지 흡수에 적극적
- 대기는 마치 복사에너지 측면에서 생각하면 유리같음!

복사에너지 흡수



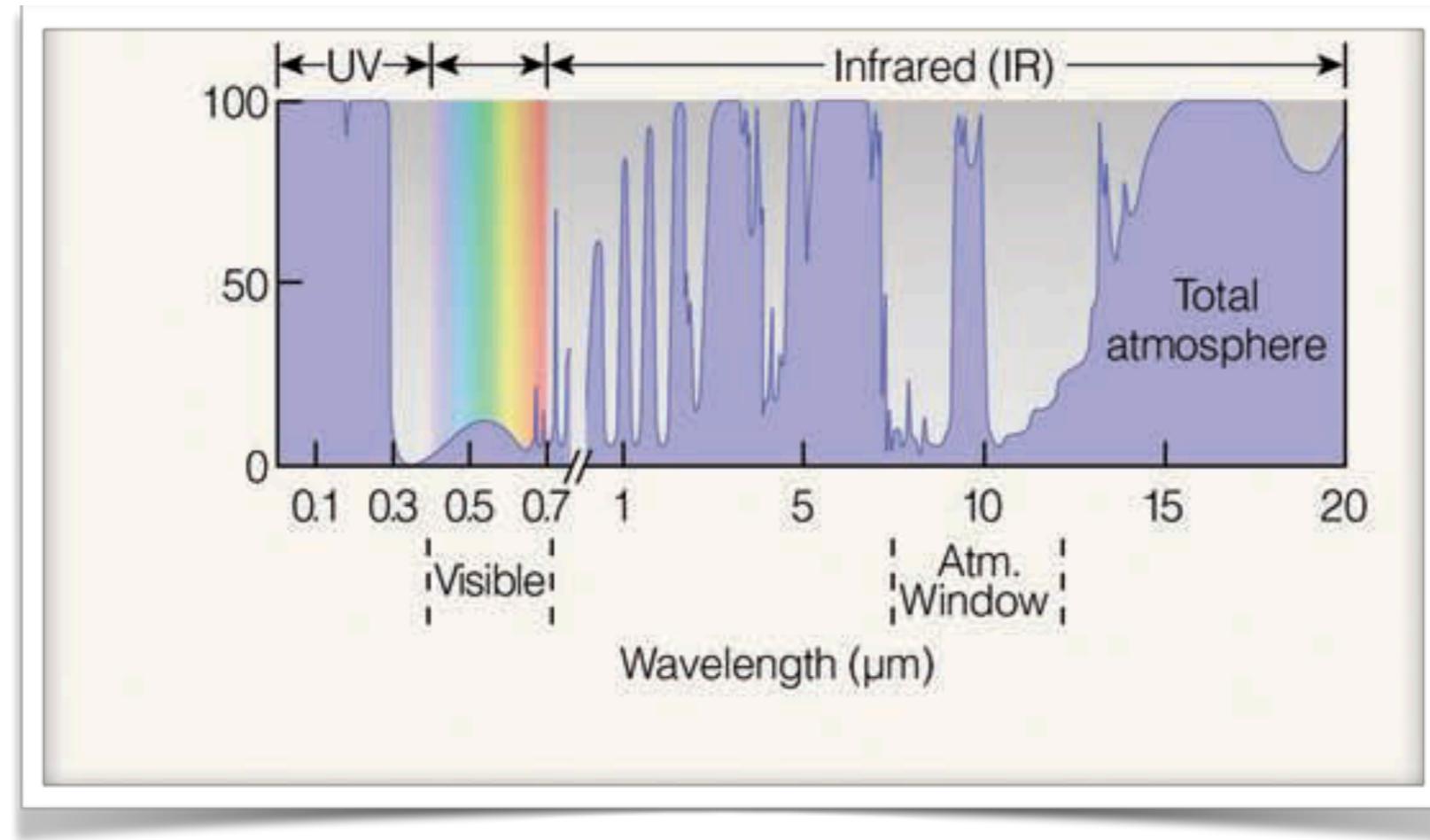
복사에너지 흡수

- 지구에너지의 파장 : $5 \sim 20 \mu\text{m}$
- 수증기와 이산화탄소가 많은 지구장파복사에너지 흡수
- 산소와 오존은 자외선 영역의 복사에너지 흡수
- 대기중에 제일 많은 비중을 차지하는 질소(N_2)와 산소(O_2)는 장파복사에너지 흡수를 거의 하지 않음

복사에너지의 방출

- 대기 중 기체들은 복사에너지를 흡수하면서 운동에너지가 생김
- 기체 분자들의 운동 중에 생기는 충돌로 인하여 대기의 온도가 올라감
- 대기는 자신이 가지는 온도로 인하여 장파복사에너지를 사방으로 방출
- 그 중 일부는 지표면으로 돌아와 지구의 온도를 상승시키는 역할을 함
- 이로 인하여 (그리고 대류로 인해) 지표면의 온도는 255 K가 아니라 288 K
- **온실 효과 + 대기효과**

대기의 창 (? , atmospheric window)



- 대기 중 기체들이 잘 흡수하지 않는 장파에너지 영역
- 구름은 이 파장의 복사에너지를 흡수
- 구름은 다시 복사에너지를 방출 → 저녁에는 이불의 역할
- 구름은 낮에도 이불의 역할?

지구온난화

- 화석연료 사용과 토지변환에 따른 이산화탄소 배출
- 메탄과 CFCs 와 같은 온실가스의 배출도 증가
- 대기 중 온실가스량 증가
- 강해진 온실효과
- 뜨거워진 지구는 양과 음의 피드백 효과를 통해 변화함
 - 음의 피드백 : 지구를 다시 차갑게 하려는 메커니즘 (장파복사 에너지 증가)
 - 양의 피드백 : 지구를 더욱 더 뜨겁게 하려는 메커니즘 (수증기 량 증가)
 - 구름은? 바다는?

태양의 산란 / 반사

- 태양이 낮에 하얗게 보이는 이유
 - 태양이 일출과 일몰 때 붉게 보이는 이유
 - 하늘이 파랗게 보이는 이유
 - 파장이 짧은 파란색 계열의 빛이 먼저 산란됨
-
- 태양은 물체들에 의해 반사됨
 - 알베도 (albedo, 반사율) : 반사되어 버리는 단파복사의 비율
 - 알베도 = 1 : 모두 반사시킴
 - 알베도 = 0 : 반사시키지 않음

태양의 반사

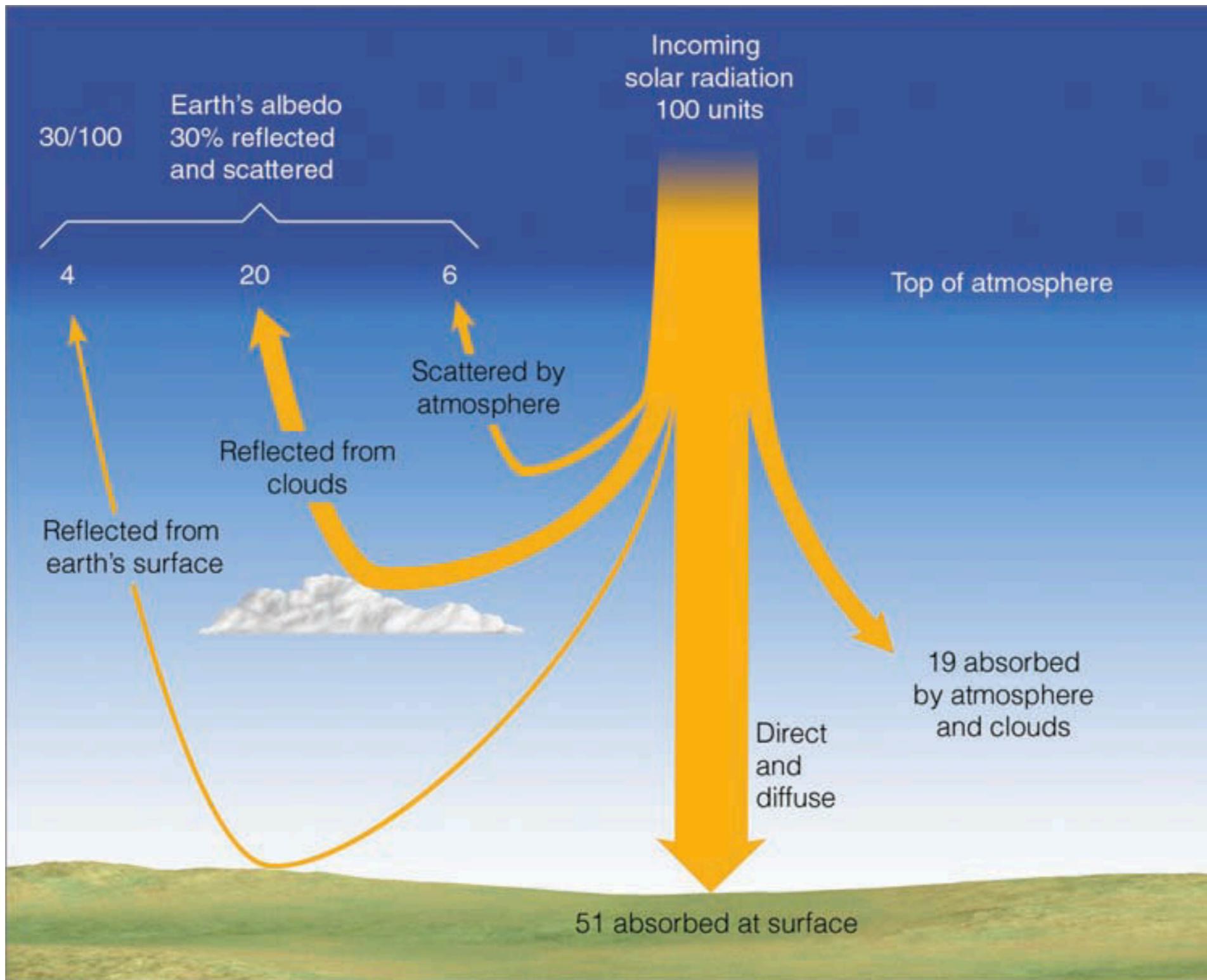
- 하얀 눈의 알베도가 큼
 - 위험한 스키장
- 바다의 알베도는 낮음
- 지구의 알베도를 평균한다면 30% 정도
- 즉 태양에너지의 70% 정도 지구 및 대기가 흡수

▼ TABLE 2.3 Typical Albedo of Various Surfaces

SURFACE	ALBEDO (PERCENT)
Fresh snow	75 to 95
Clouds (thick)	60 to 90
Clouds (thin)	30 to 50
Venus	78
Ice	30 to 40
Sand	15 to 45
Earth and atmosphere	30
Mars	17
Grassy field	10 to 30
Dry, plowed field	5 to 20
Water	10*
Forest	3 to 10
Moon	7

*Daily average.

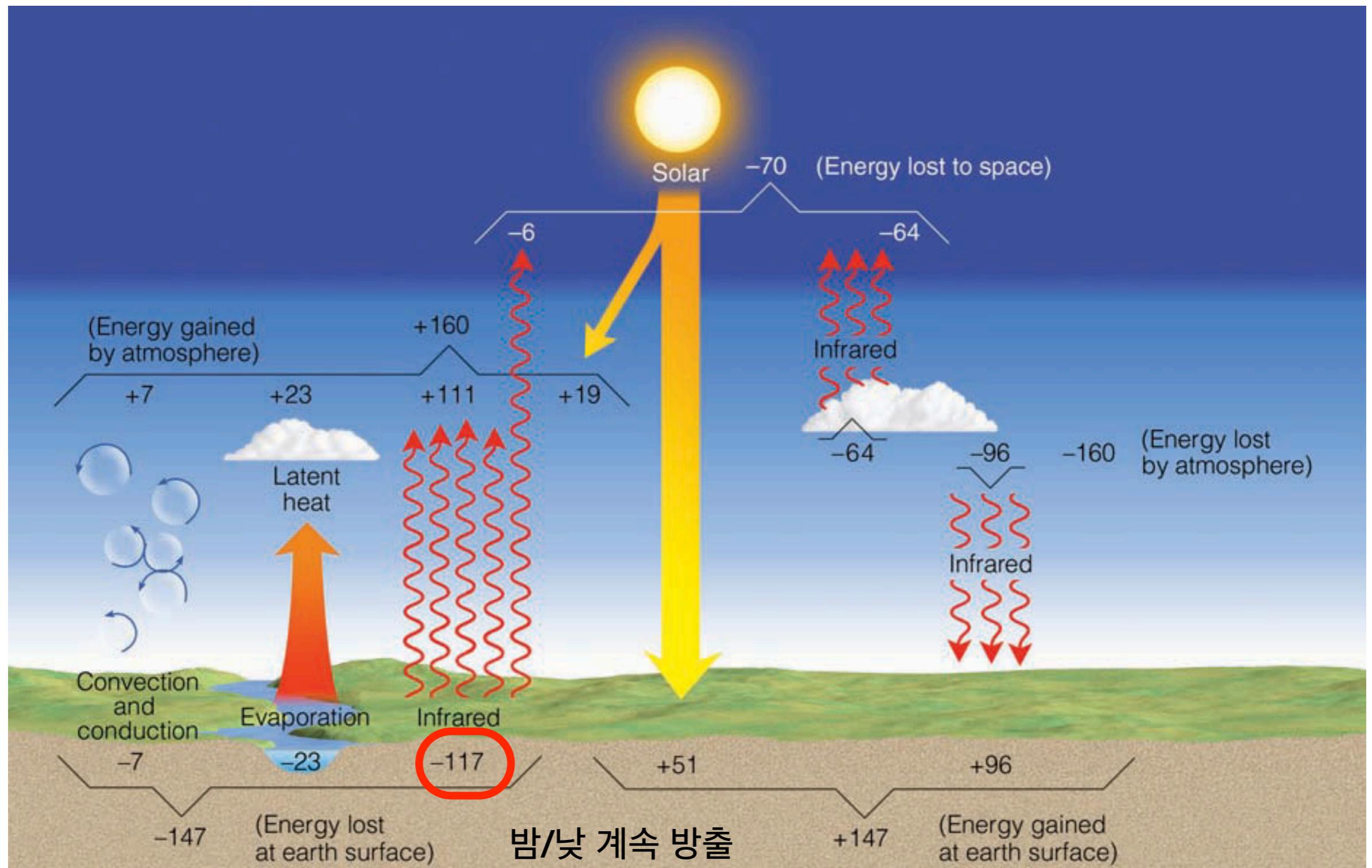
태양 에너지



지구가 방출하는 에너지

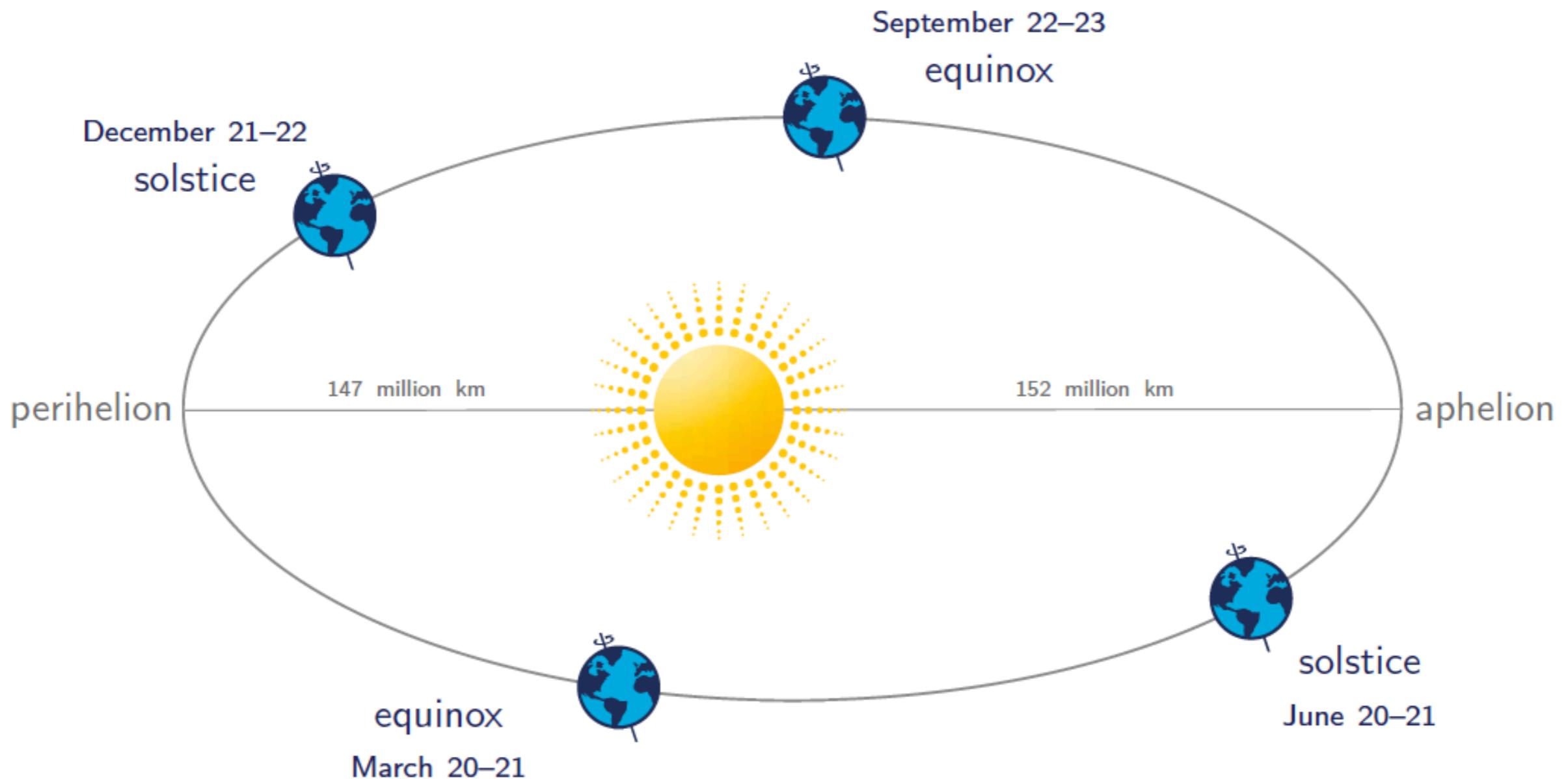
- 지구의 온도가 유지되려면 지구는 흡수하는 태양에너지와 같은 양의 에너지를 방출하여야 함
- 태양의 총 에너지를 100이라고 한 앞의 그림에서, 30은 반사되어 지구에 들어오지 않는 부분이므로, 지구는 70을 방출하여야 함.

지구가 방출하는 에너지



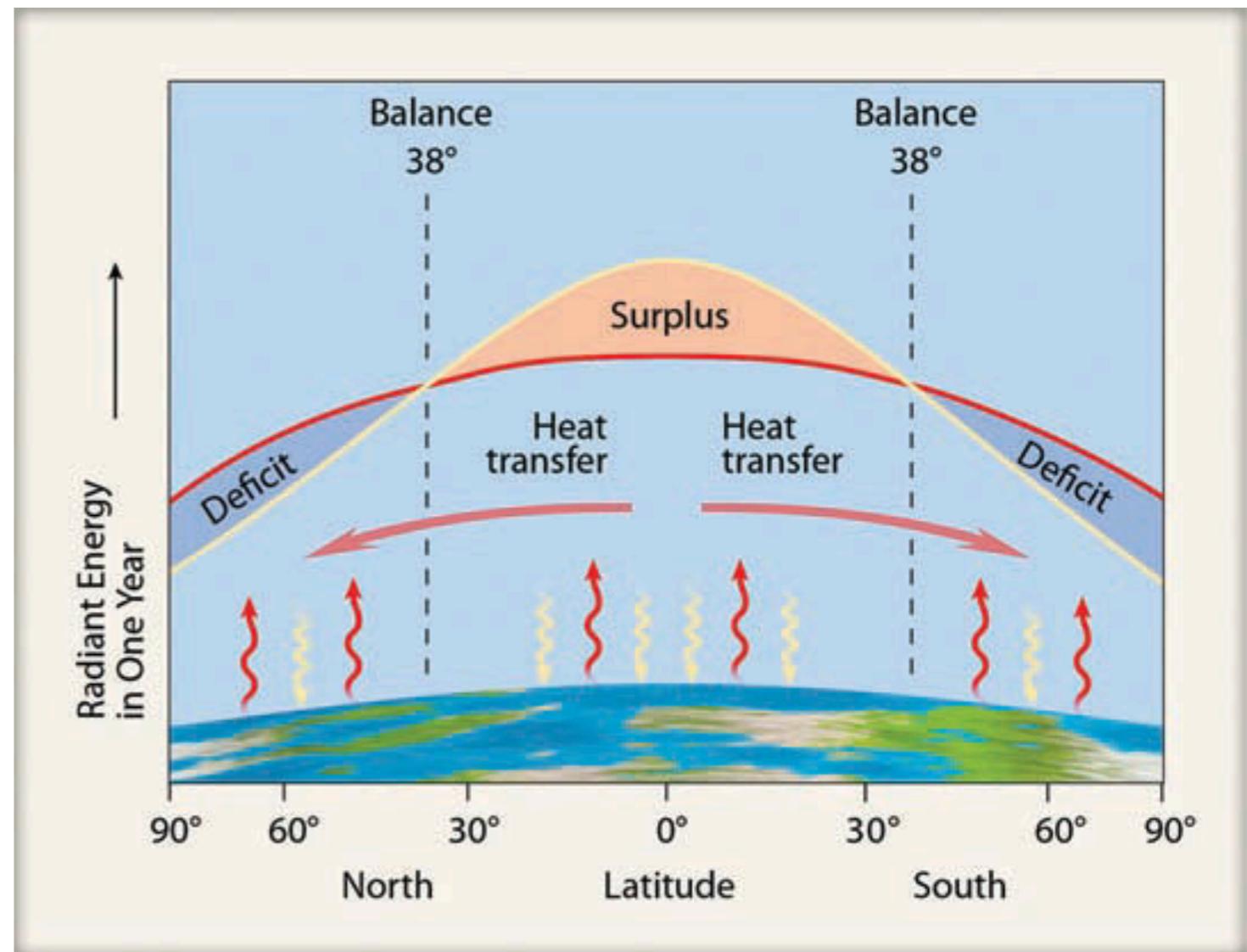
복사에너지의 불균형

- 지구 전체적으로는 복사에너지의 균형을 이루고 있다.
- 하지만, 계절에 따라, 지역에 따라 불균형이 생길 수 있음



복사에너지의 불균형

- 태양에너지의 입사각에 따라 흡수되는 태양에너지의 양은 위도에 따라 다름
- 위도에 따른 지구의 온도 변화로 인해 방출하는 장파복사에너지도 다름
- 하지만, 위도에 따른 에너지 변화는 태양복사에너지가 더 심함



복사에너지의 불균형

- 복사에너지의 불균형이 지속된다면?
- 복사에너지의 불균형을 해소하려면?