

学術俯瞰講義(2007年11月12日)



水惑星としての地球

東京大学
サステナビリティ学連携研究機構
地球持続研究イニシアティブ
気候システム研究センター
統括ディレクター・教授 住 明正

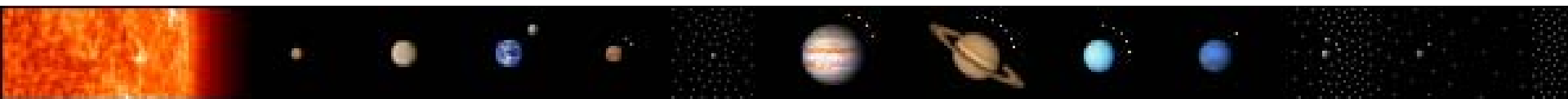
「†:このマークが付してある著作物は、第三者が有する著作物ですので、同著作物の再使用、同著作物の二次的著作物の創作等については、著作権者より直接使用許諾を得る必要があります。」

白く青い地球——水惑星



Wikipediaより

太陽系惑星



太陽

水星

金星

地球

火星

木星

土星

天王星

海王星

冥王星

Wikipediaより

地球型惑星と木星型惑星

地球型惑星(内惑星)と

木星型惑星(外惑星)



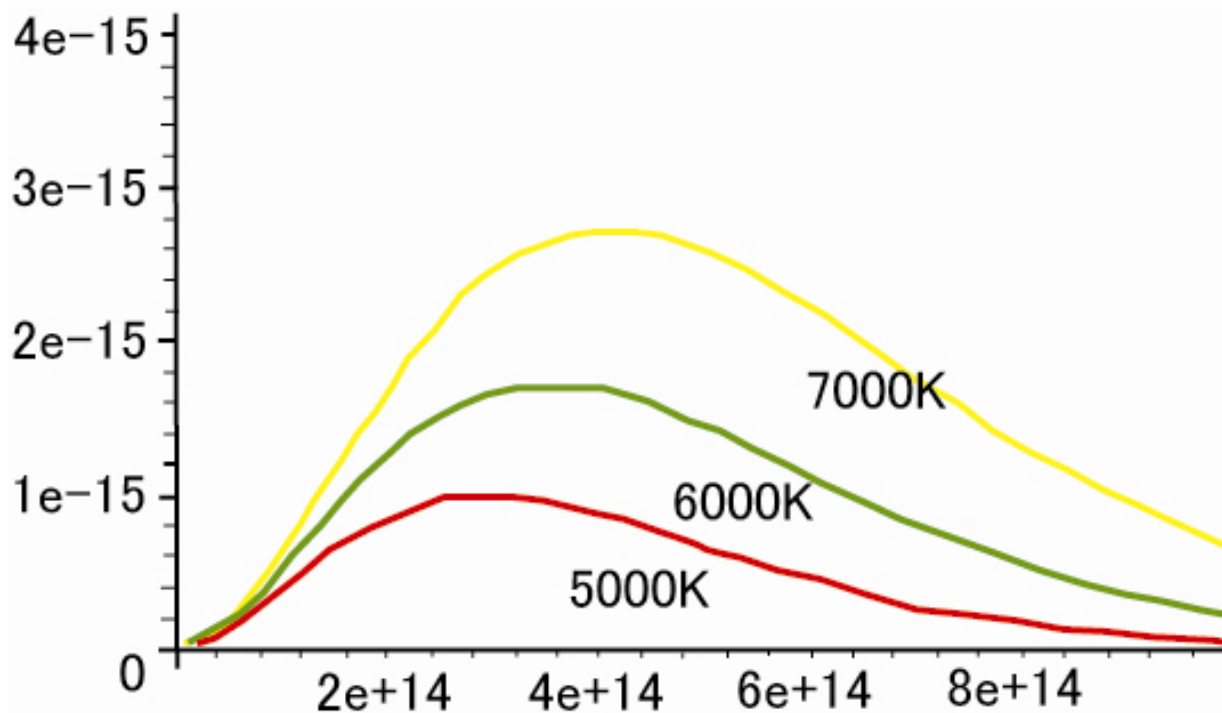
	太陽からの 距離	質量
水星	0.39	5.4
金星	0.72	5.2
地球	1	5.5
火星	1.5	3.9
木星	5.2	1.3
土星	9.5	0.7
天王星	19.2	1.2
海王星	30.1	1.7



地球のエネルギー源

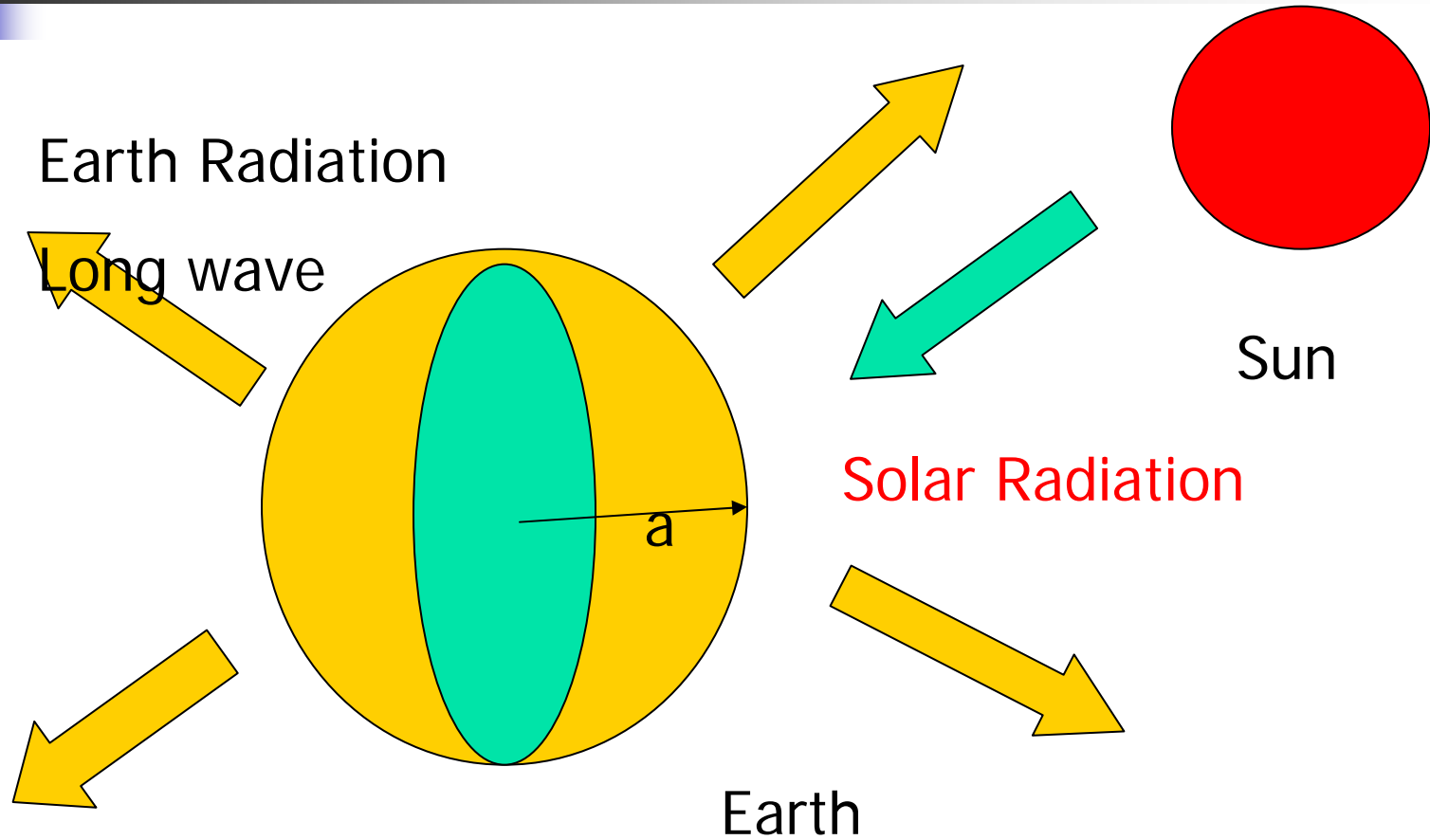
- 太陽からの放射エネルギー
 - 熱放射(すべての物質は、温度に対応した電磁波を放出、Stefan-Boltzmanの法則)
- 鉱物の放射崩壊エネルギー
- マグマ(昔の重力エネルギー)

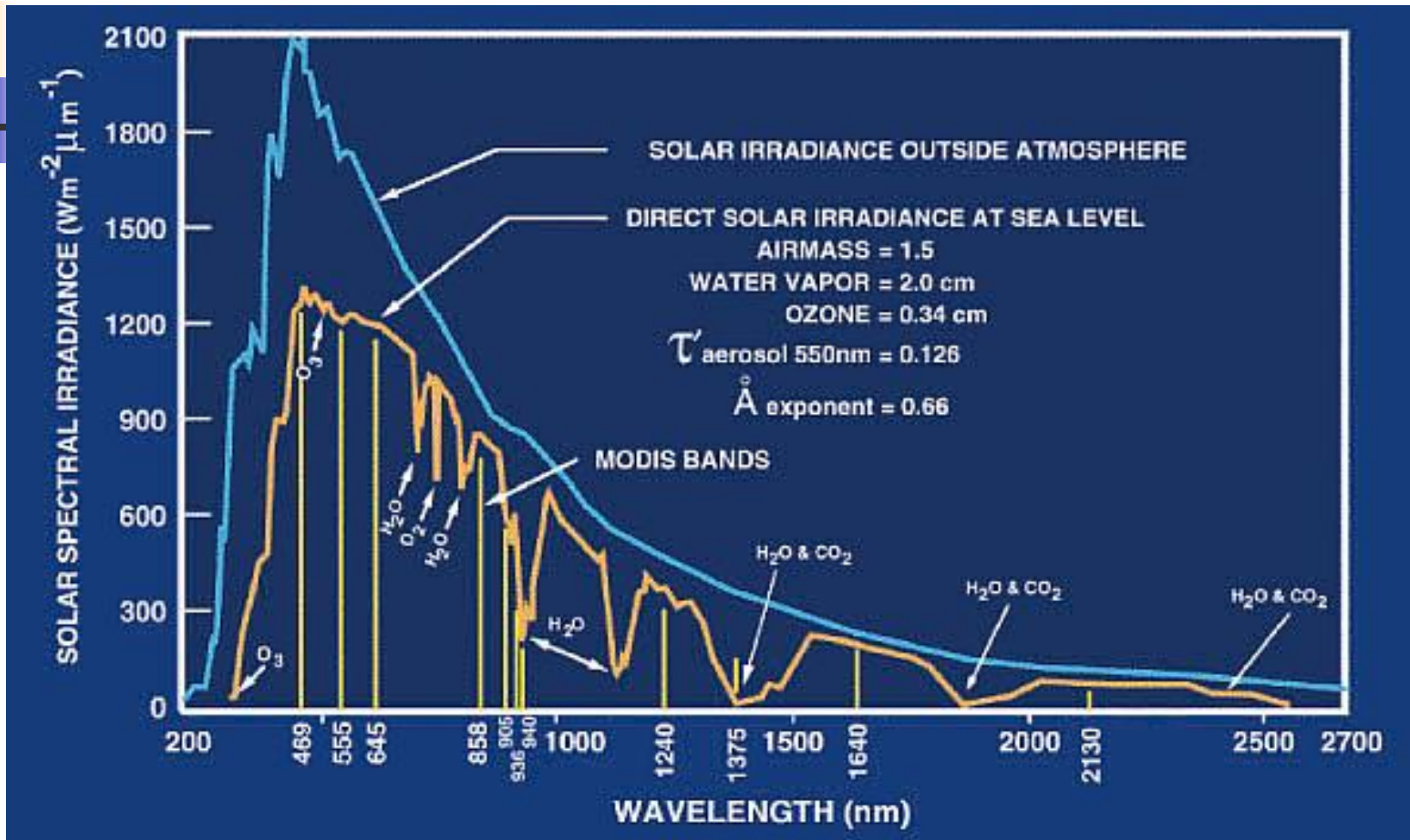
Stefan-Boltzman の 法則



Radiation Balance on the Earth

放射平衡







Radiative Equilibrium

- Input from the Sun

- $\pi a^2 S_0 (1 - \alpha) = 4 \pi a^2 \sigma T^4$

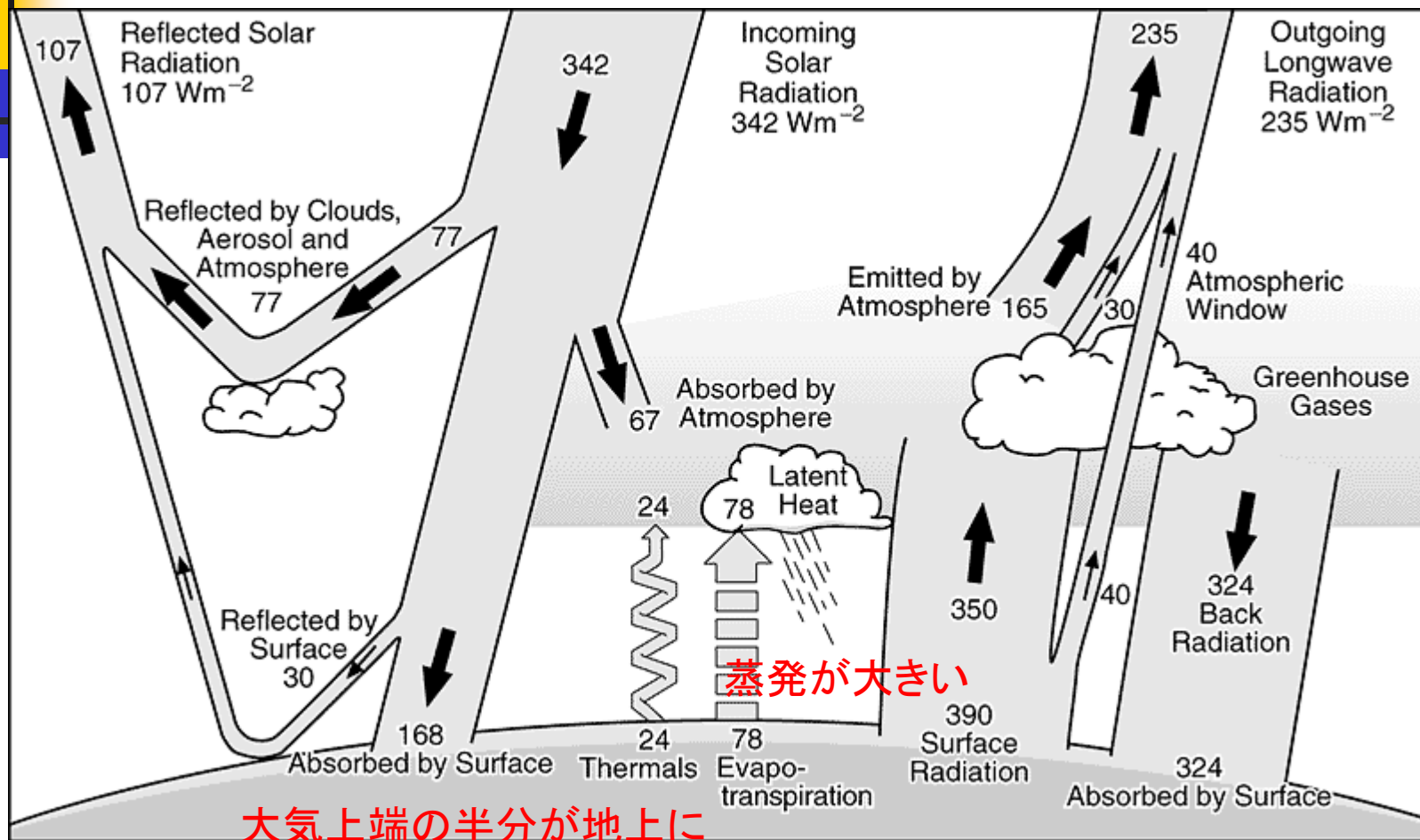
a = radius of the Earth

σ = **Stefan Boltzman constant**

α = **Planetary Albedo**

S_0 = **Solar Constant**

Radiation Balance(Energy Flow)



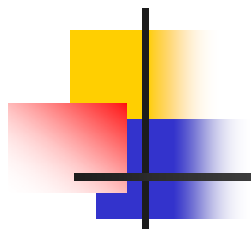
大気上端の半分が地上に

蒸発が大きい

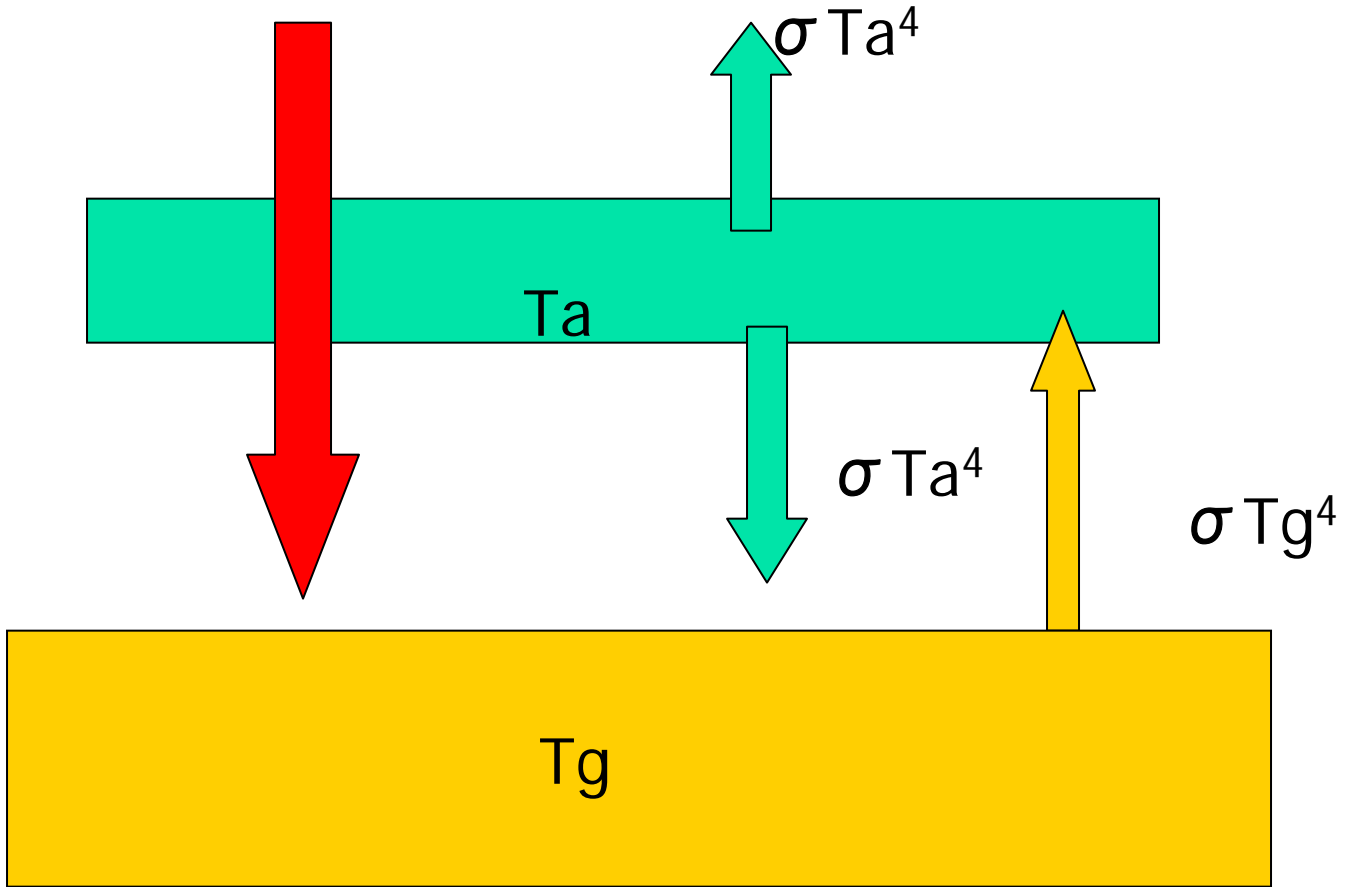
エネルギーの流れが重要

地球の反射率(プラネタリーアルベド) = 0.3

† 出典: IPCC AR3



I_0 (Solar Input)





Energy Balance in each layer

- $\sigma T_a^4 = S_0$ at the top of atmosphere
- $\sigma T_g^4 = 2 \sigma T_a^4$ for the atmosphere
- $S_0 + \sigma T_a^4 = \sigma T_g^4$ for the surface
- $\sigma T_g^4 = 2S_0$
- Without atmosphere, $\sigma T_g^4 = S_0$
- This increase of T_g is due to the greenhouse effect of the atmosphere

Planets and atmospheres

Mars

Thin atmosphere

(Almost all CO₂ in ground)

Average temperature : - 50°C



Earth

0,03% of CO₂ in the atmosphere

Average temperature : + 15°C



Venus

Thick atmosphere

containing 96% of CO₂

Average temperature : + 420°C





地球は水惑星

- 太陽からの距離
- 水の3態(固体、液体、気体)



Wikipediaより

人類は、神の座を手に入れた！



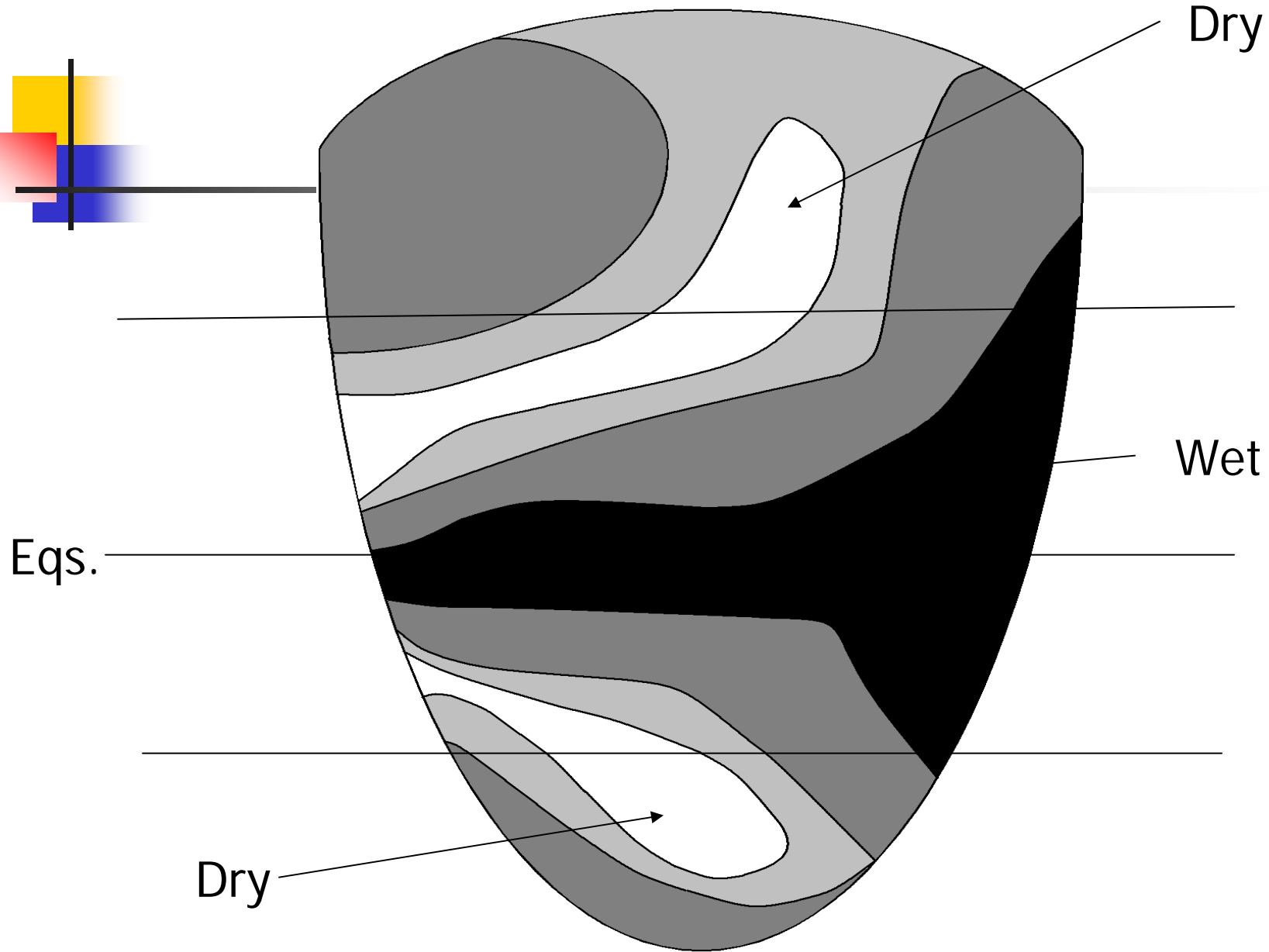
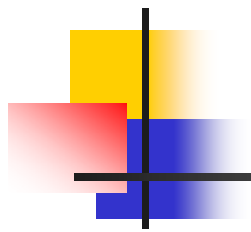
気候形成の理論

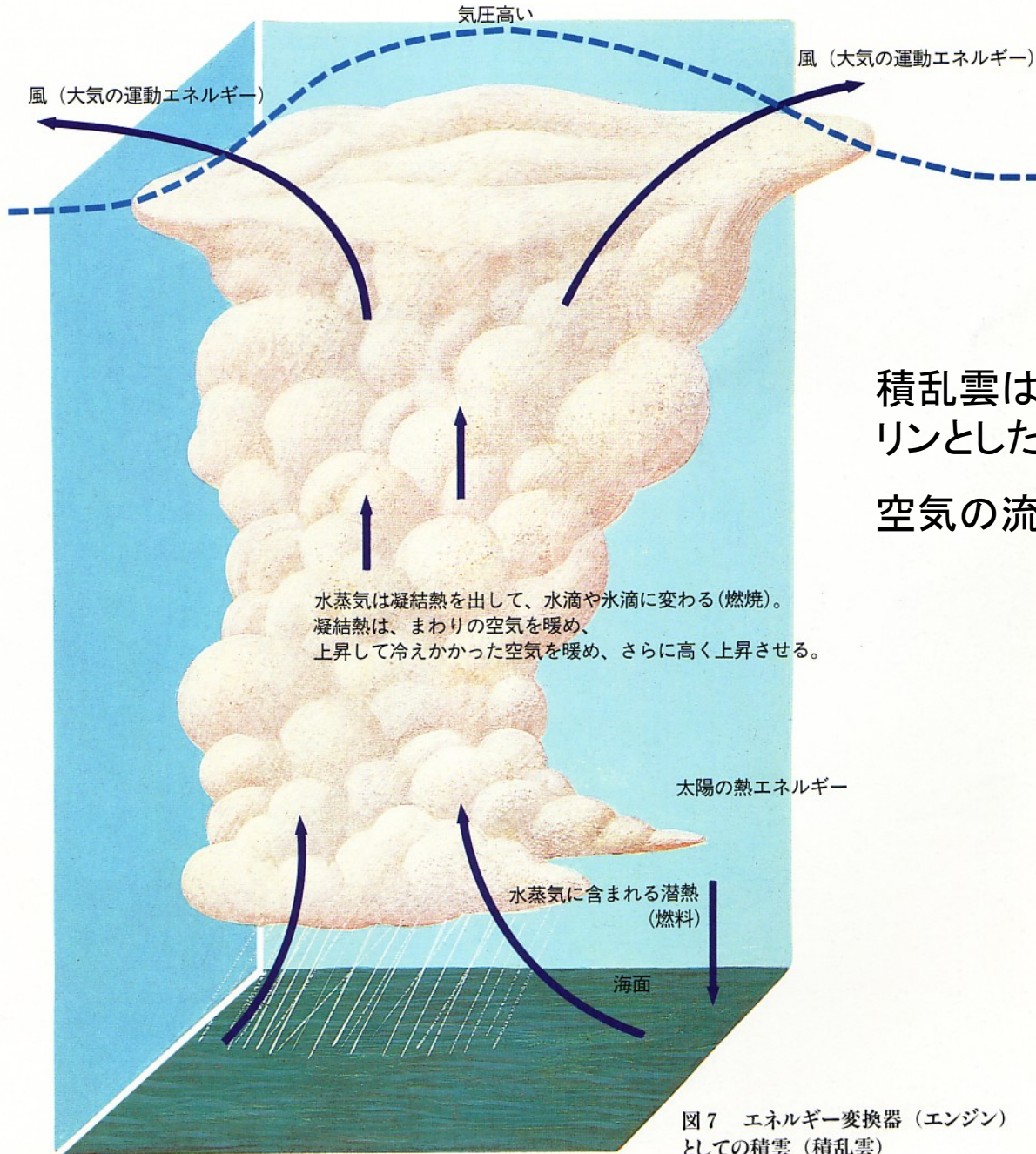
- 一定期間の時間平均した大気・海洋の状態
- 長い地球の歴史の中で変化



気候形成の理論

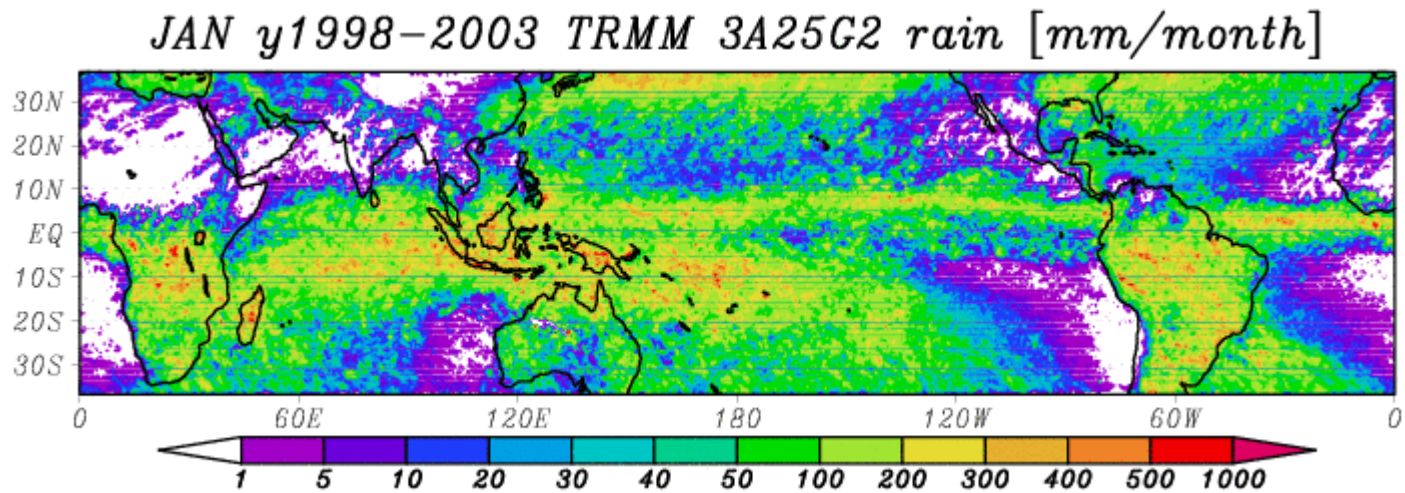
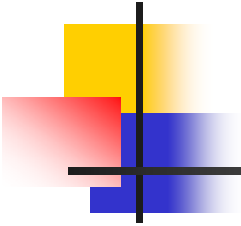
- 外的な要因
 - 球、回転、重力、海陸分布、太陽活動
- 内的要因
 - 固有の変動、ENSO, PDO, 氷期一問氷期サイクルなど





積乱雲は、水蒸気をガソリンとしたエンジン
 空気の流れを作り出す。

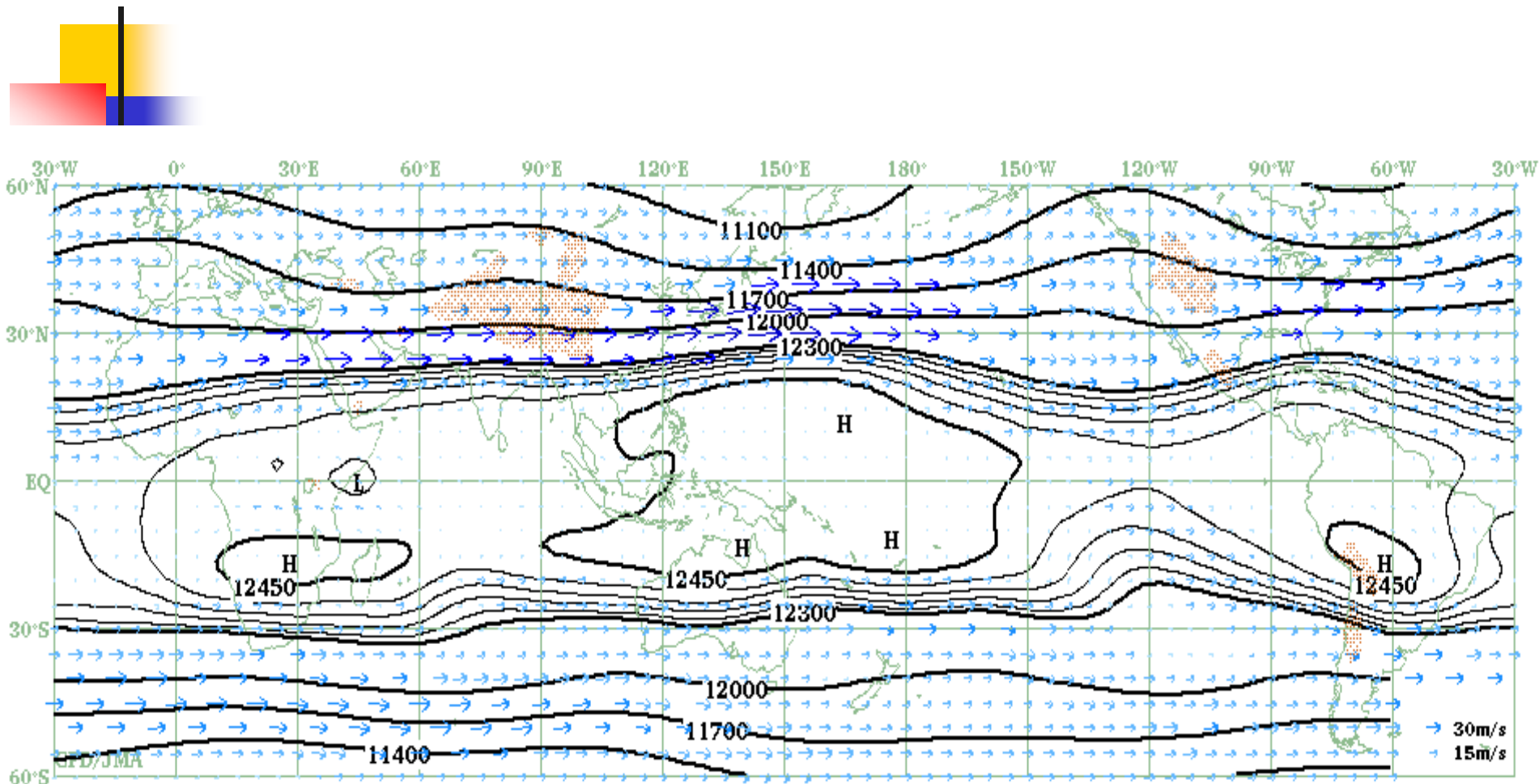
図7 エネルギー変換器 (エンジン) としての積雲 (積乱雲)



降水量の分布は、エネルギー源(熱源)の分布を表す。

このような熱源によって、大気の流れが作り出される。

2007年冬(12-2月)の平均の高度場(200hPa)



3-MONTH MEAN 200hPa HEIGHT AND WIND VECTOR
Contour interval is 30m(>=12300m) and 300m(<12300m) for heights.

(Dec.-Feb. 2007)

† 気象庁より引用

熱源に対する応答

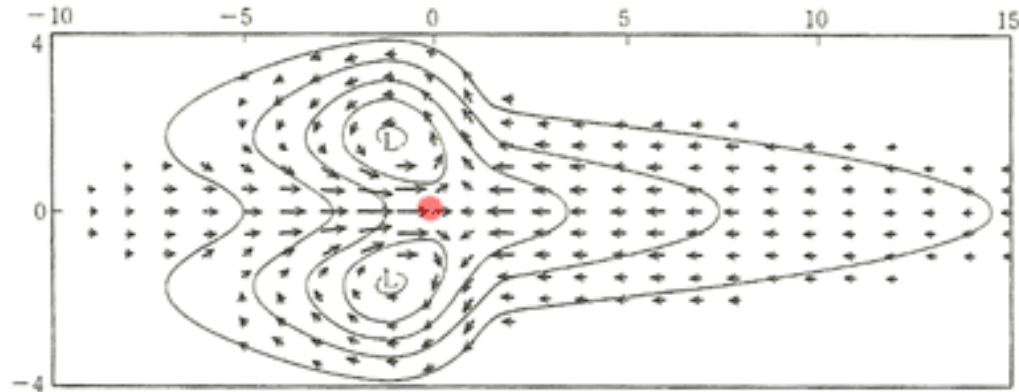


図1 松野-ギルパターン

● 原点のところに熱源をおいたときにつくられる大気下層の風系。

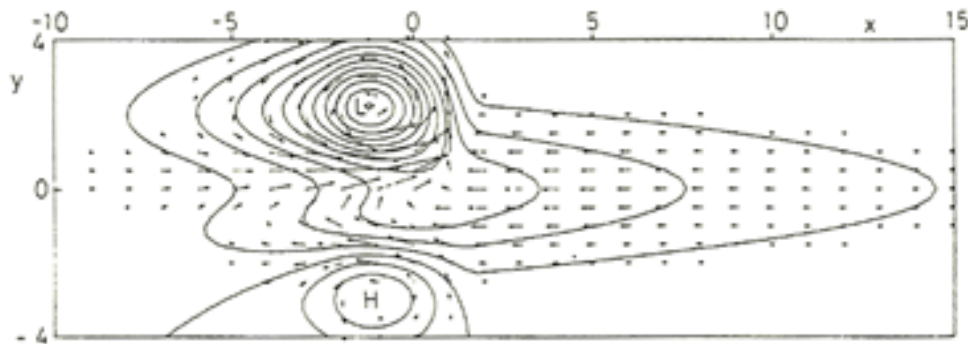


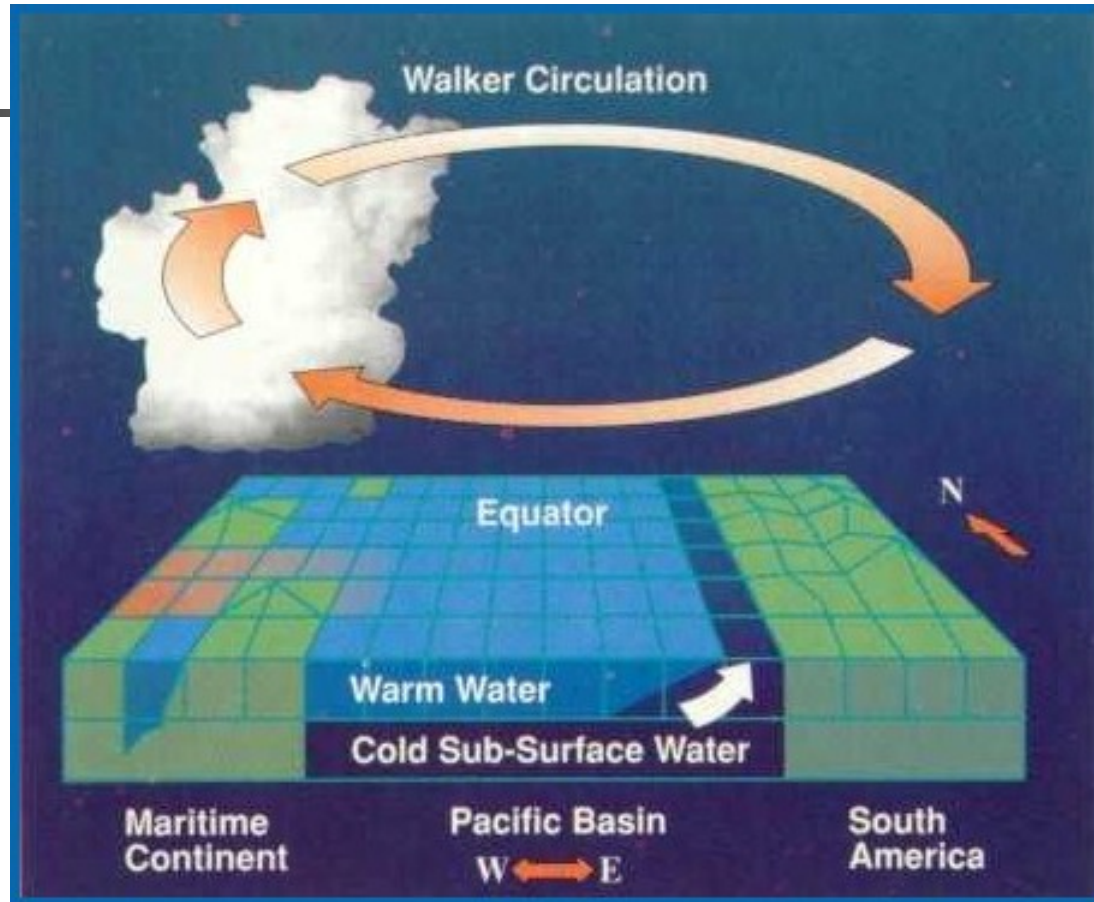
図2 北半球熱帯域に熱源を与えたときに線形モデルから得られた大気下層の気圧と風のパターン (Gill, 1980)

横軸：経度，縦軸：緯度，縦軸の0：赤道。

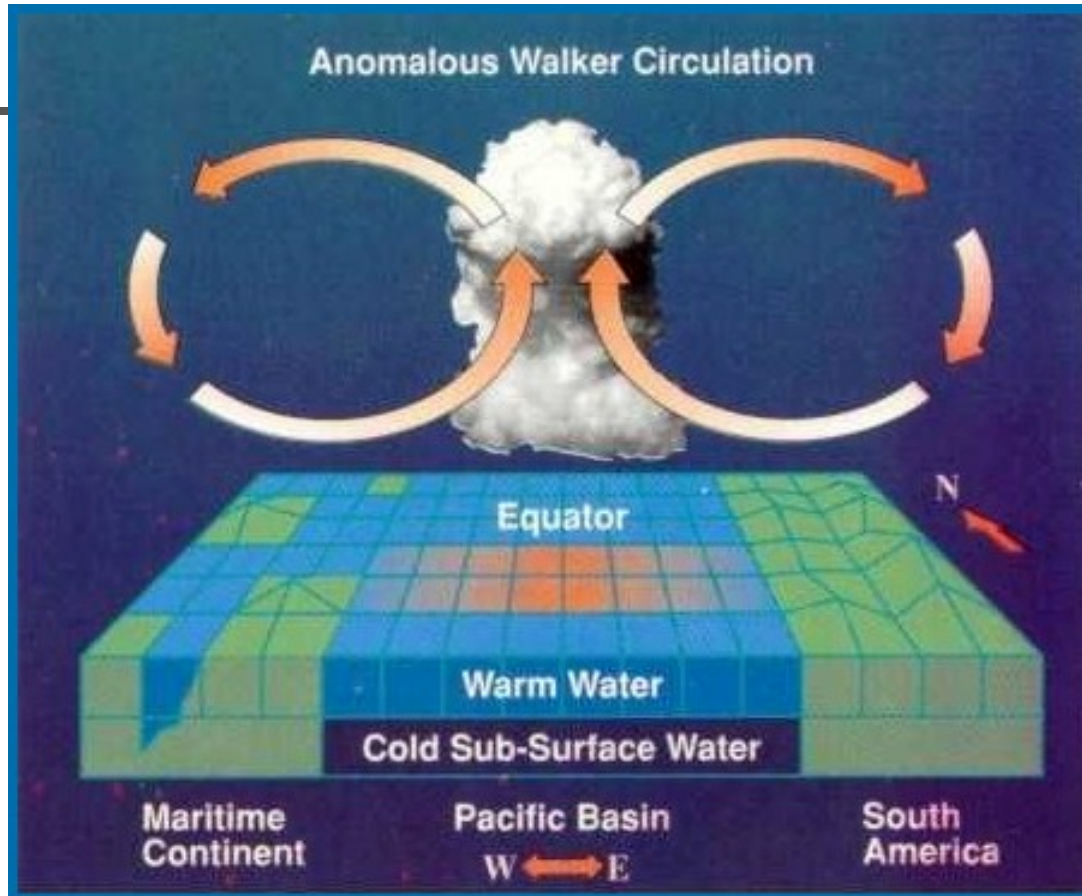


熱源が動けば？

- 熱源、つまり、積乱雲が動けば、大気の流れもかわる
- 海面水温分布が変化すれば、積乱雲の分布もかわる



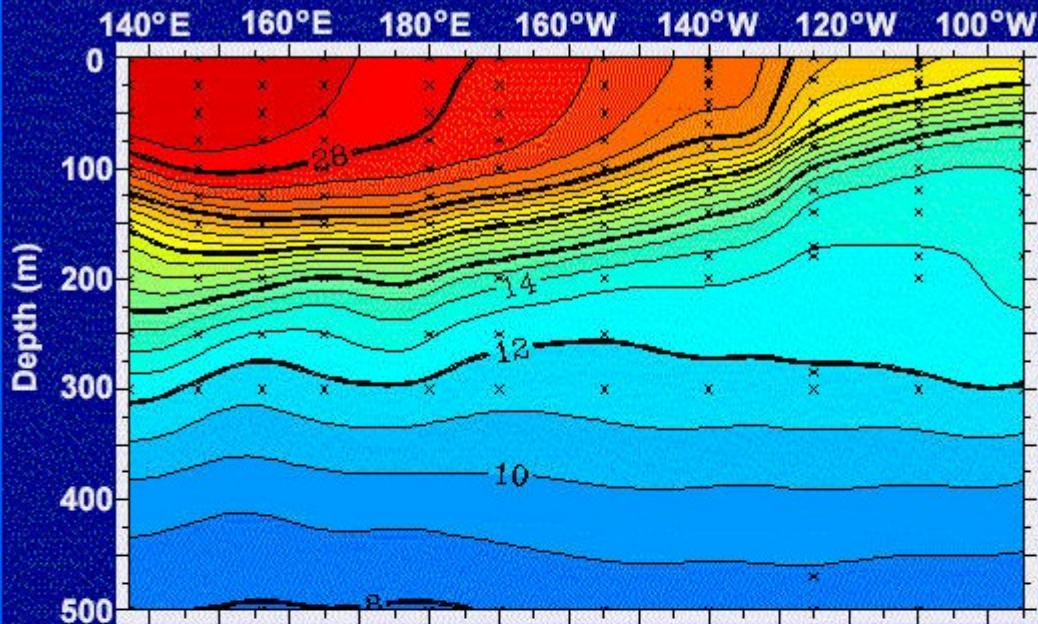
† National Oceanic Atmospheric Administration



‡ National Oceanic Atmospheric Administration

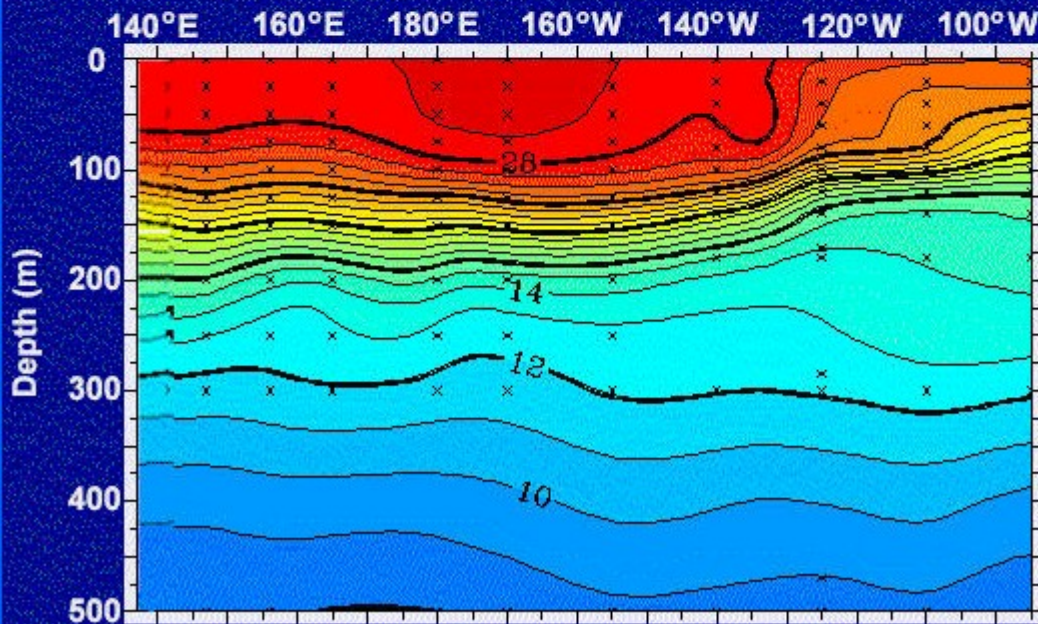
August 1996

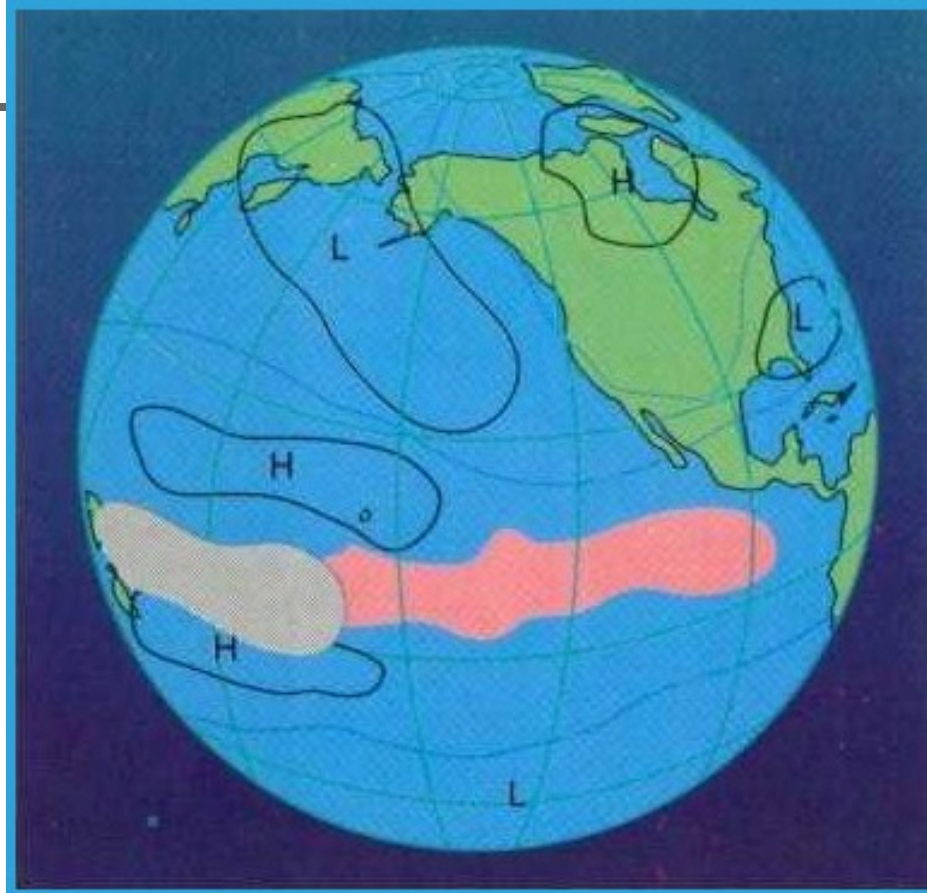
Equator



August 1997

Equator

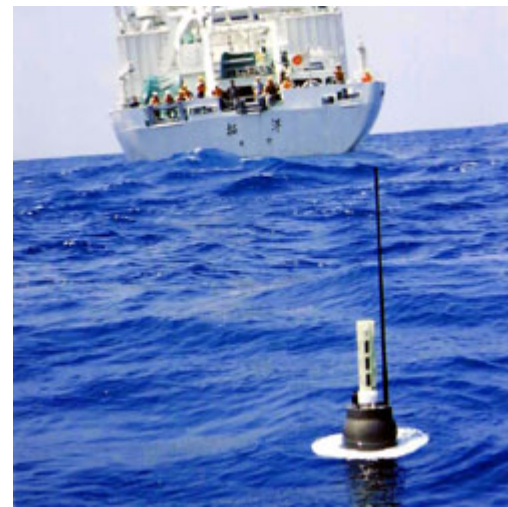




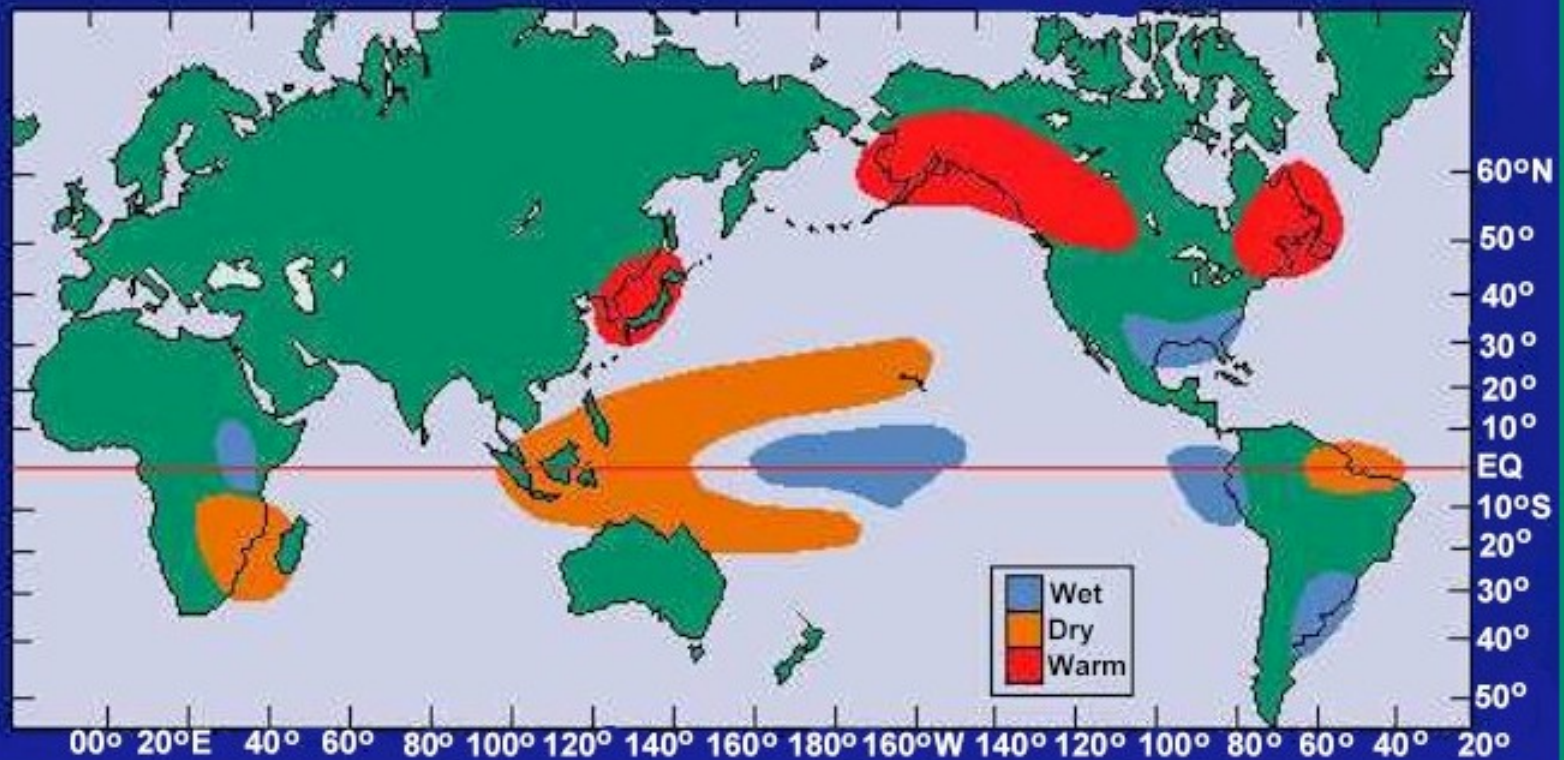
† National Oceanic Atmospheric Administration

アルゴ計画

この場所にあった図版は、
著作権処理の都合上、
削除されました。
ご了承ください。

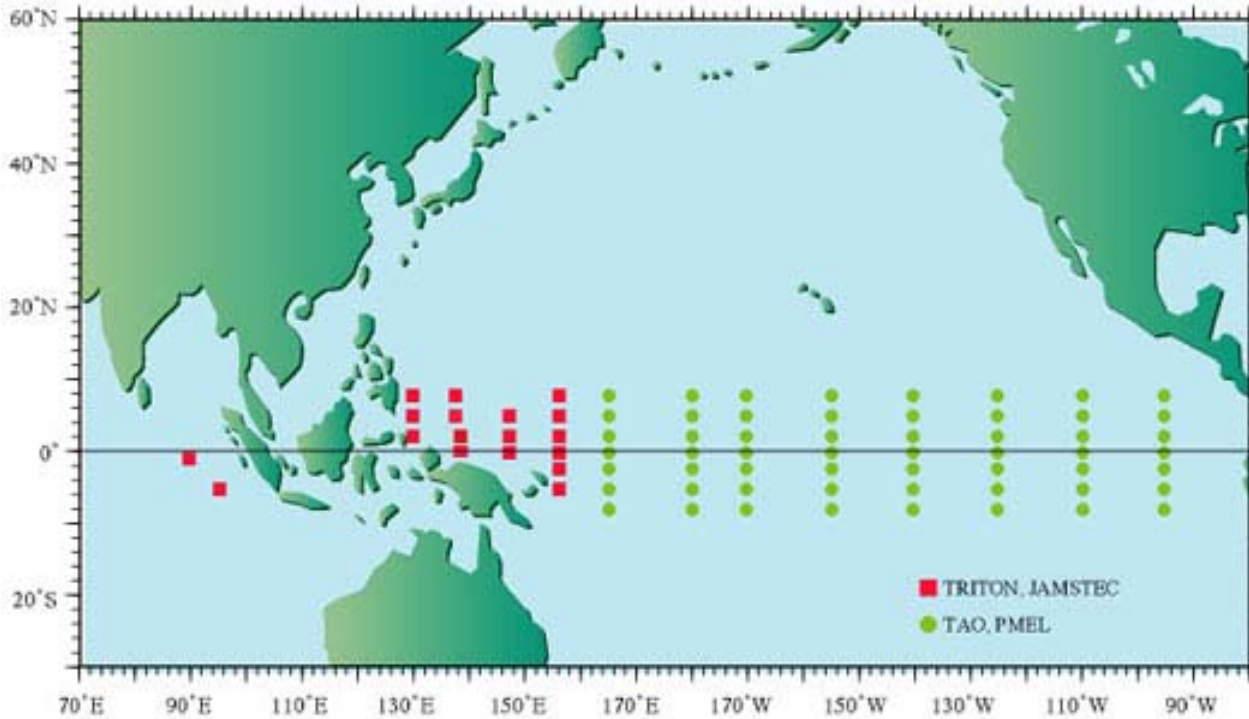


Northern Hemisphere Winter



† National Oceanic Atmospheric Administration

この場所にあった図版は、
著作権処理の都合上、
削除されました。
ご了承ください。



† National Oceanic Atmospheric Administration



まとめ

- 地球の気候は、放射収支で決まる
- 温室効果は重要な役割
- 水惑星としての地球、積雲対流が重要な役割
- 気候を決める外部的要因と内部要因がある
- ENSOなどのシステム固有の変動
- 気候システムは、結合系