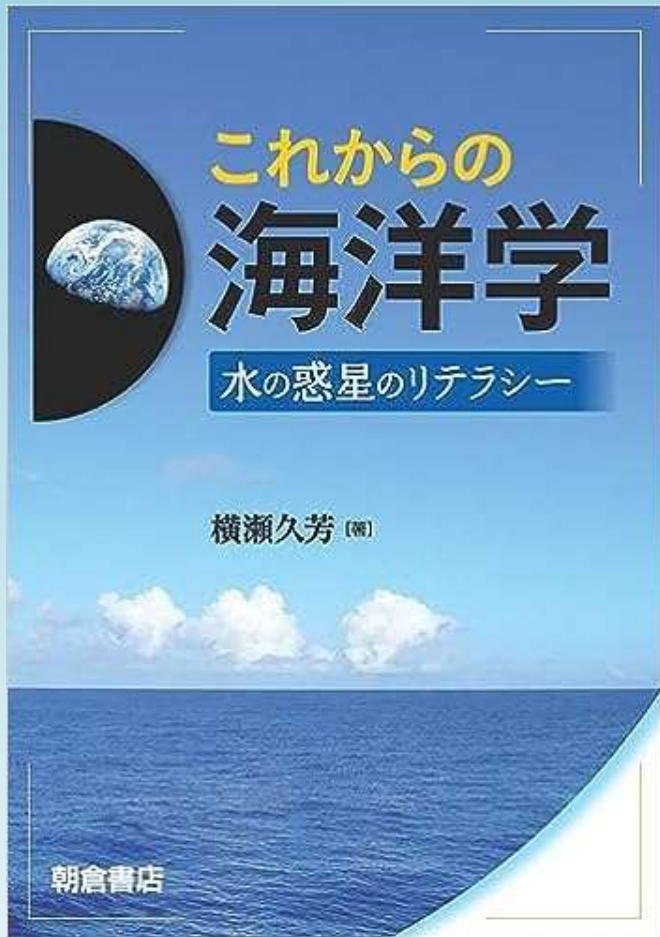


LESSON 3

地球環境のエネルギー源

p. 9~19



2023年度 教養課程：地球環境科学の最前線 A&B

担当：熊本大学大学院 横瀬久芳（海洋火山学）

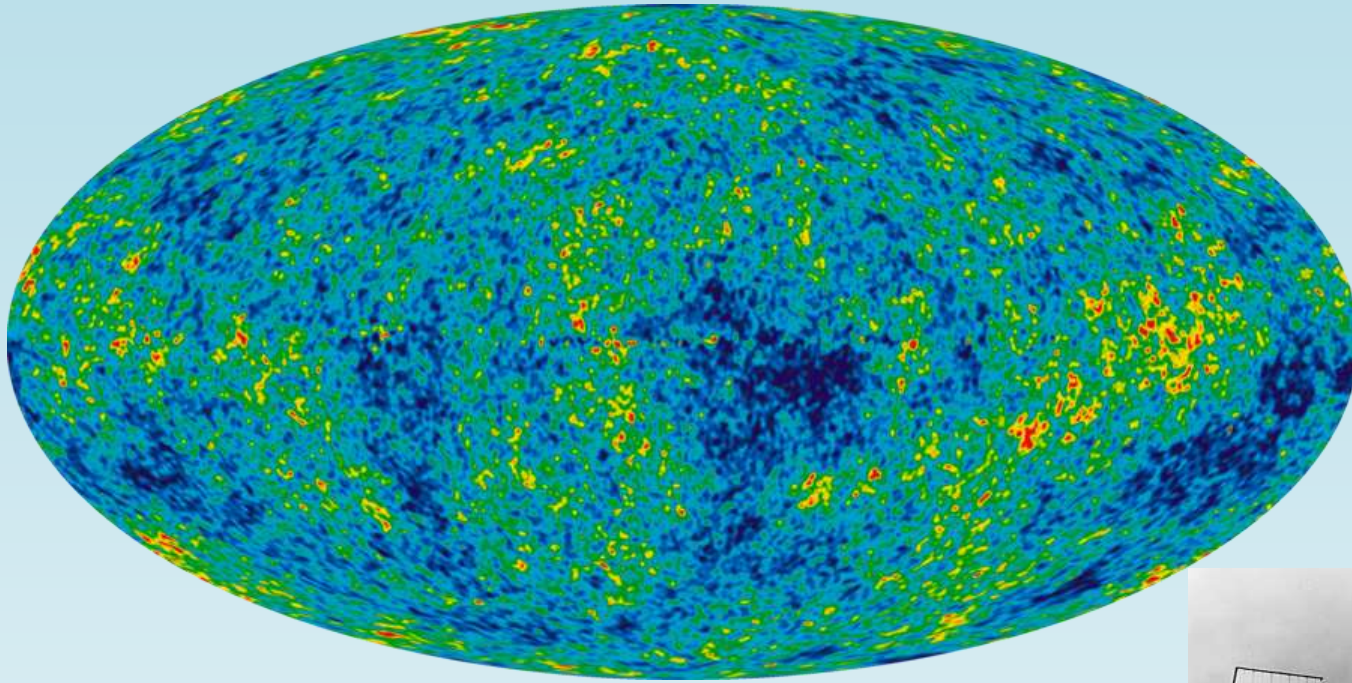
Earthrise

1968年アポロ8号で撮影された地球の出



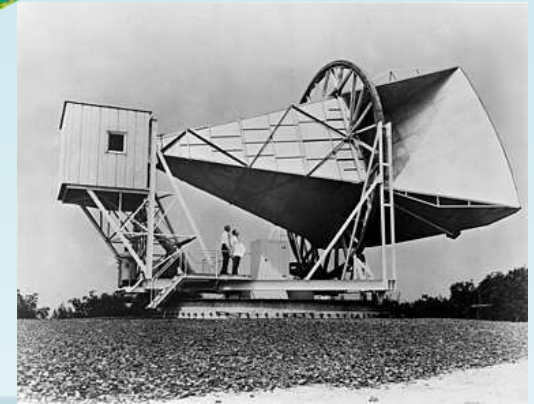
NASA-Apollo8-Dec24-Earthrise.jpg

宇宙マイクロ波背景放射

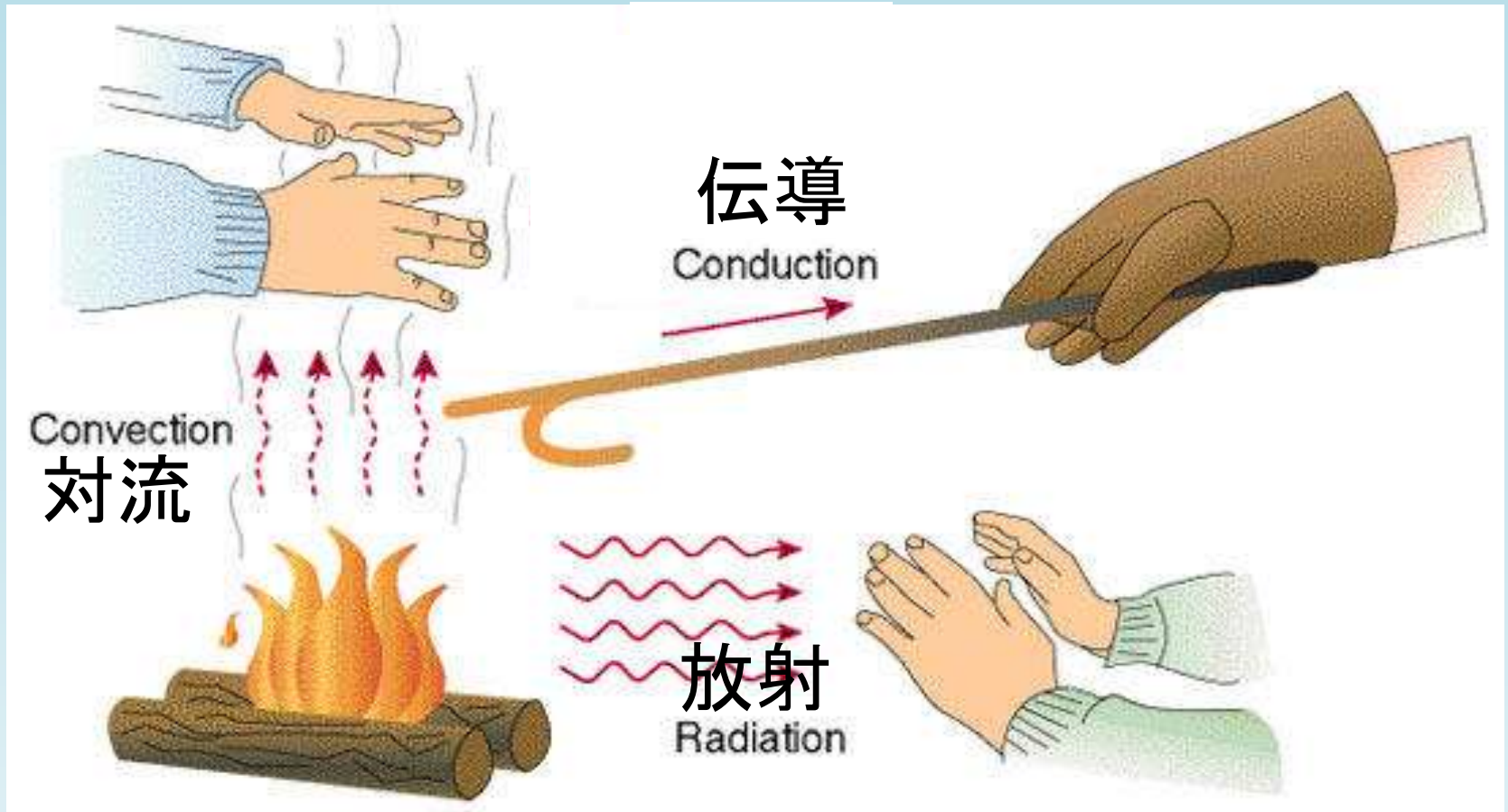


NASA / WMAP
Science Team -
[http://map.gsfc.n
asa.gov/media/12
1238/ilc_9yr_mol
l4096.png](http://map.gsfc.nasa.gov/media/121238/ilc_9yr_moll4096.png)

宇宙マイクロ波背景放射が最初に観測された、ベル研究所のホルムデル拠点 (en: Bell Labs Holmdel Complex) にある15メートルホーンアンテナ



地球はどうして太陽で温められるか？



https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_transfer#/media/File:Heat-transmittance-means2.jpg

アルベド（反射能）



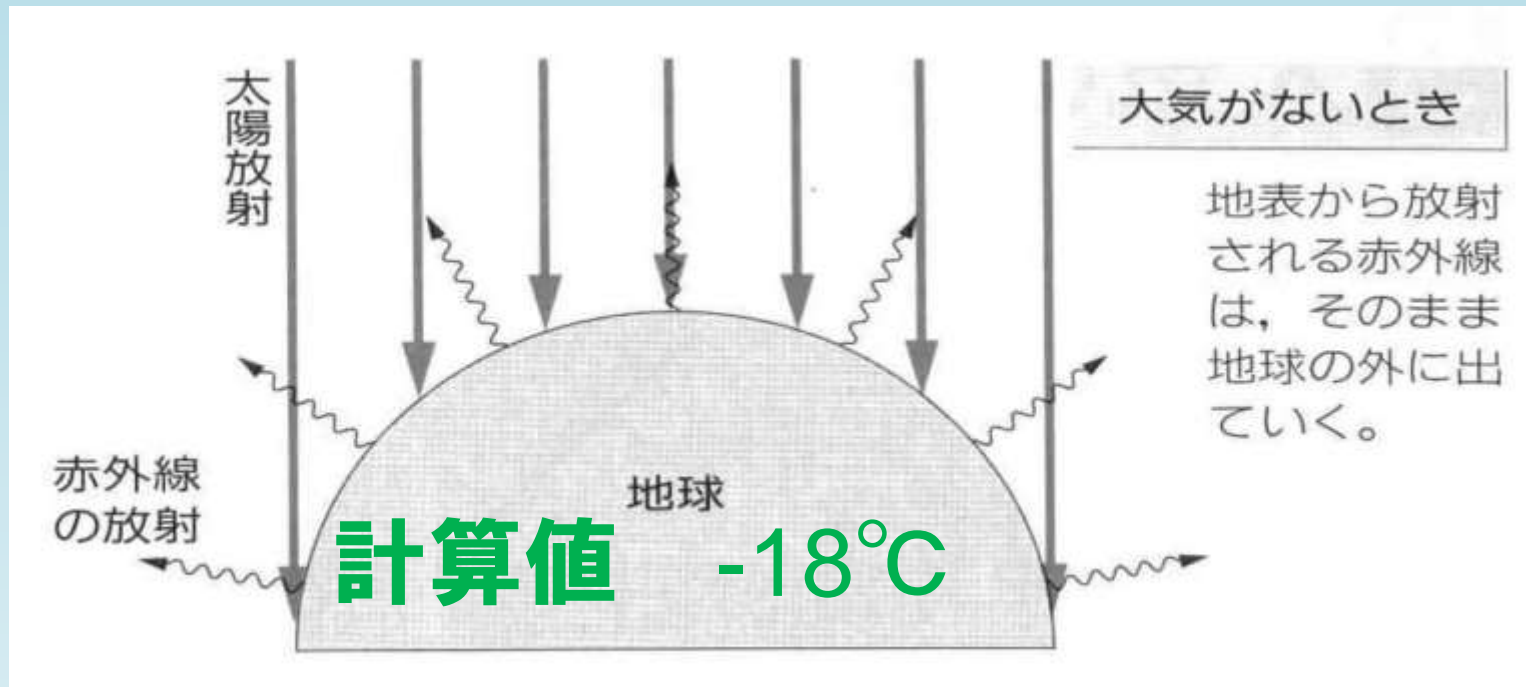
入射光がすべて熱に変換するわけではない。

アルベドの話： 反射フラックスと入射フラックス の比を放射反射率（アルベド：Albedo）という

Surface	Albedo (%)
Snow 雪	up to 90
Desert sands 砂漠の砂	35
Vegetation 畑や森林	10–25
Bare soil or rock 裸地や岩	10–20
Built-up areas 市街地	12–18
Calm water 穏やかな海	2

反射率が大きいと、太陽光を直接宇宙空間にはね返す。もしも、北極の氷が解け始めると、温暖化はさらに加速する。

大気がないときの平均気温 (放射平衡温度)



入射エネルギー = 放射エネルギー

$$S_0 (1-A) \times \pi R^2 = \sigma T^4 \times 4\pi R^2$$

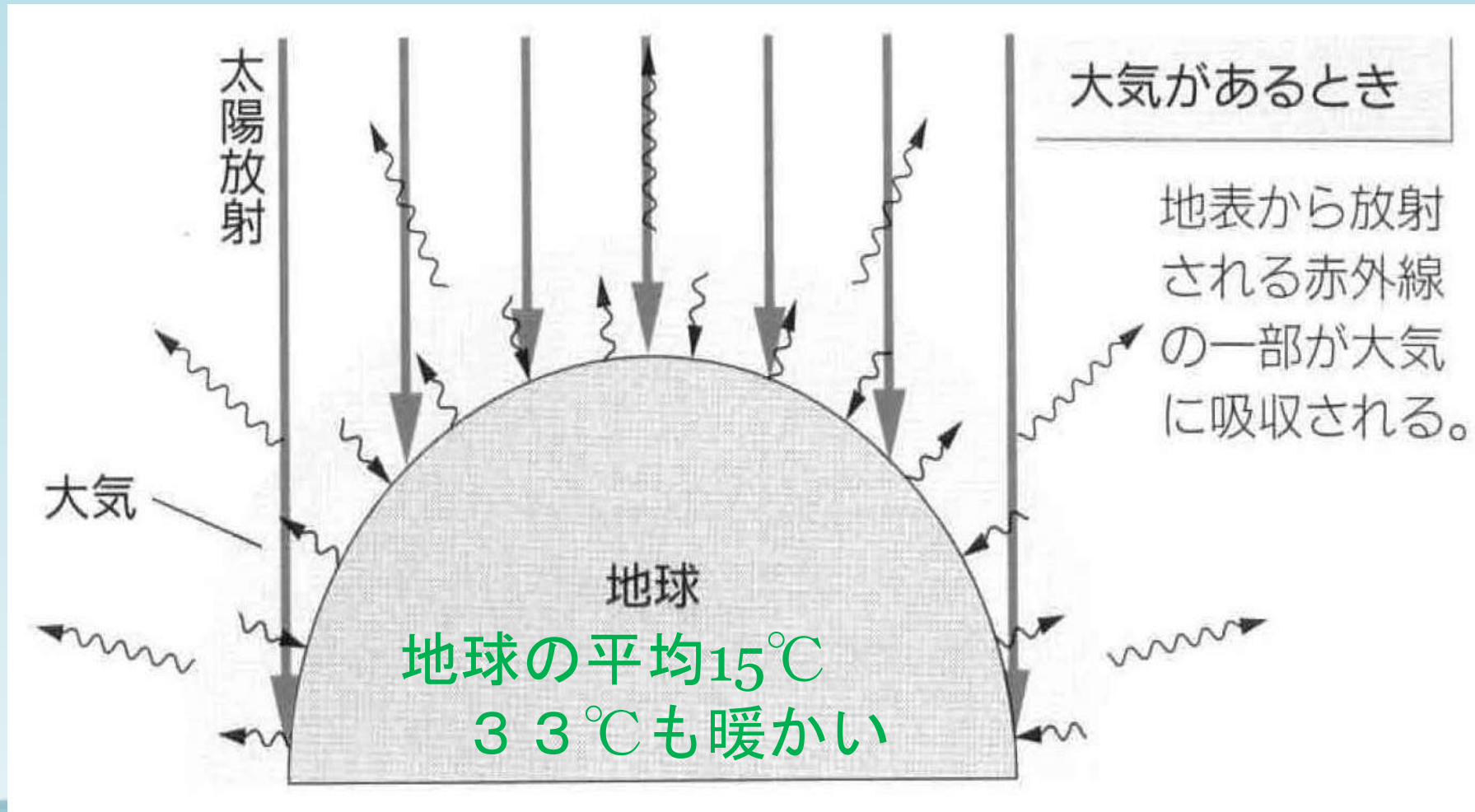
$$\therefore T^4 = S_0 (1-A) / 4\sigma$$

$$T = 255[\text{K}] \text{つまり } -18^\circ\text{C}$$

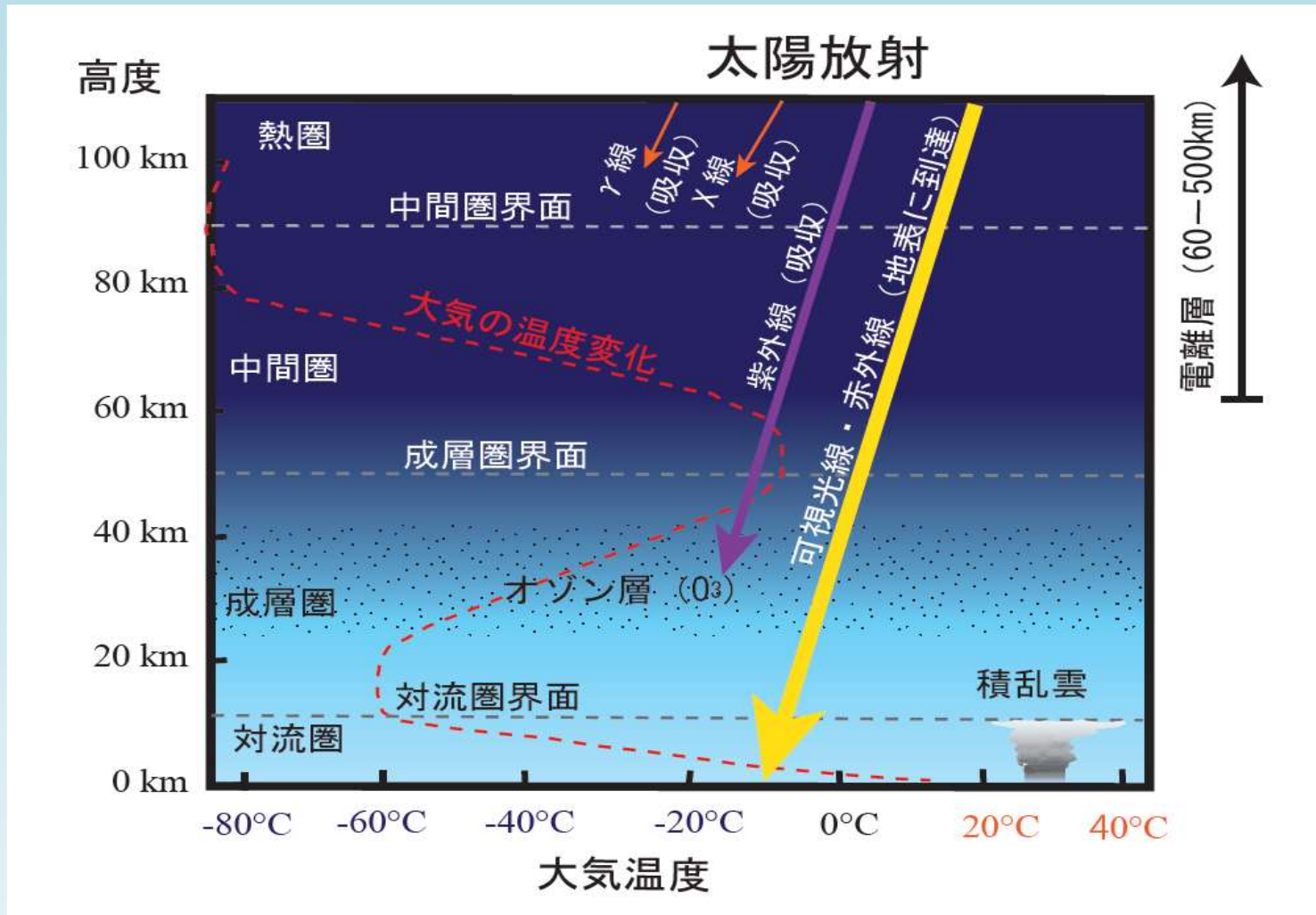
A: 反射能 (アルベド)、 $S_0 = 1.4 \text{ kW/m}^2$

シュテファン=ボルツマン定数 $\sigma \approx 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$

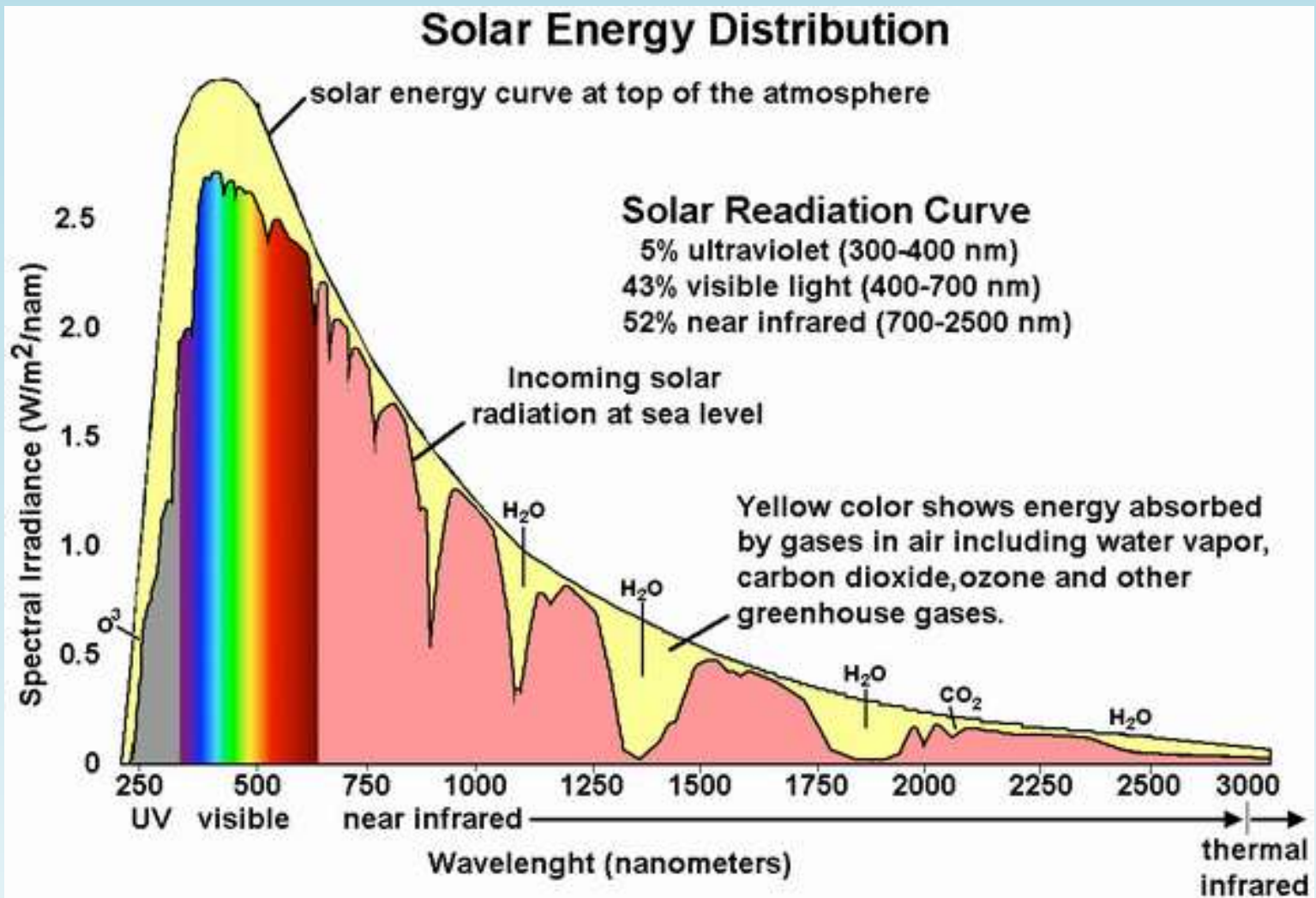
温室効果ガスのある地球が月と違って 温暖な理由の一つ



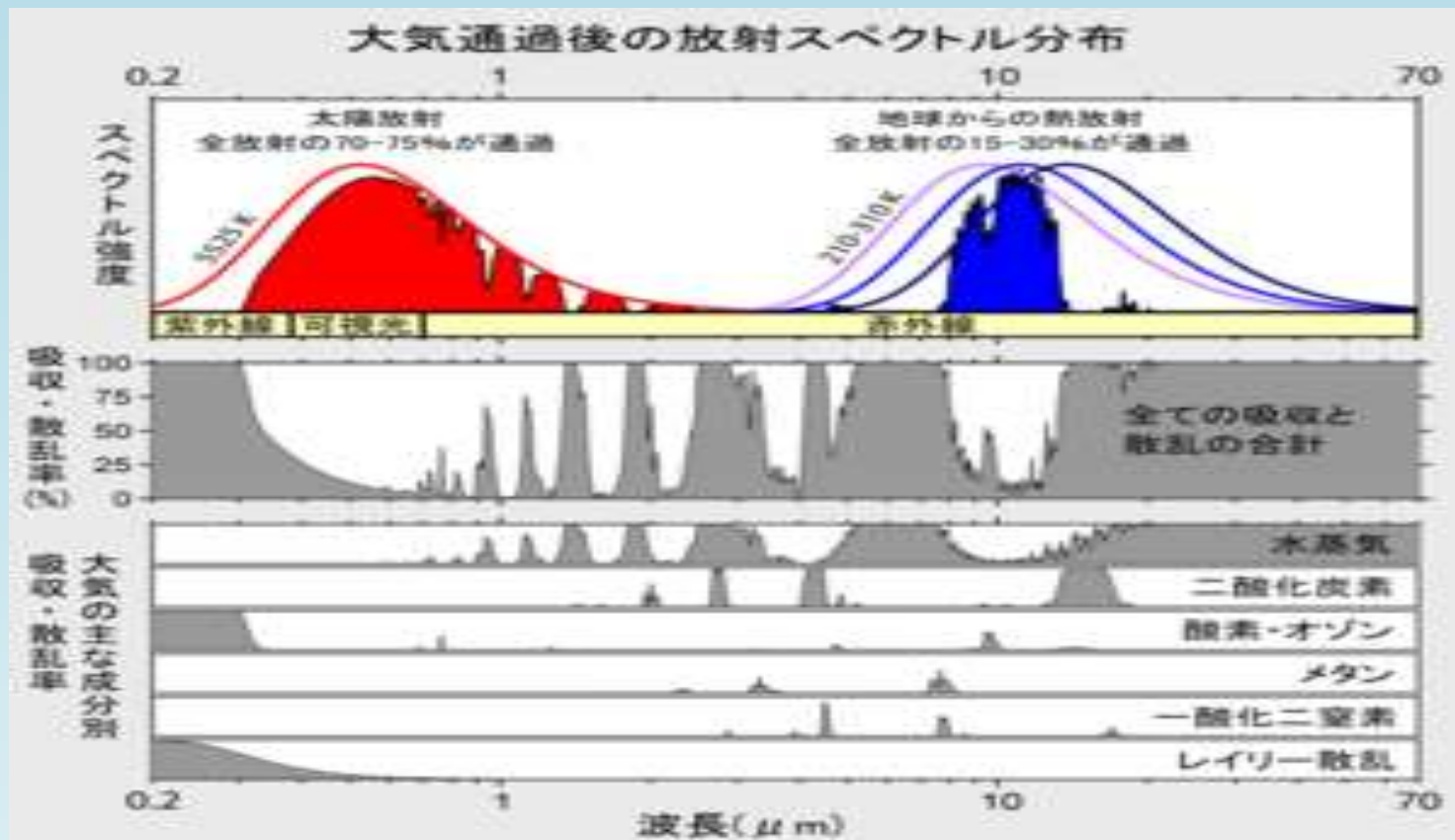
太陽放射と地球大気との相互作用



分光放射照度 (Spectral irradiance)



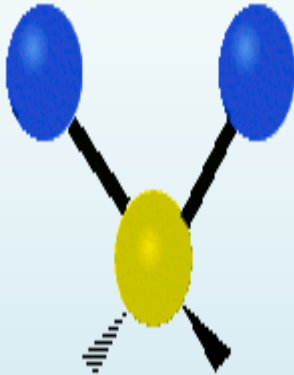
各波長におけるエネルギーの吸収



赤外線放射を妨げるもの → 温室効果をもたらす
二酸化炭素（1倍）、メタン（21倍）、水蒸気（2～3倍）

水分子による近赤外線吸収

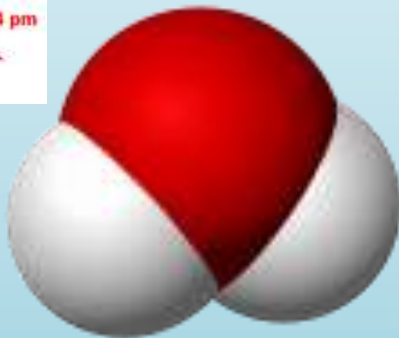
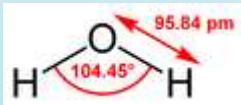
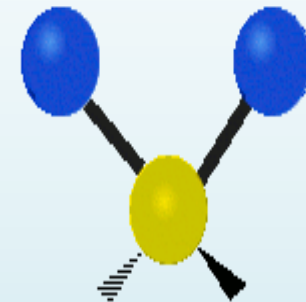
対象伸縮振動



変角振動



非対象伸縮振動



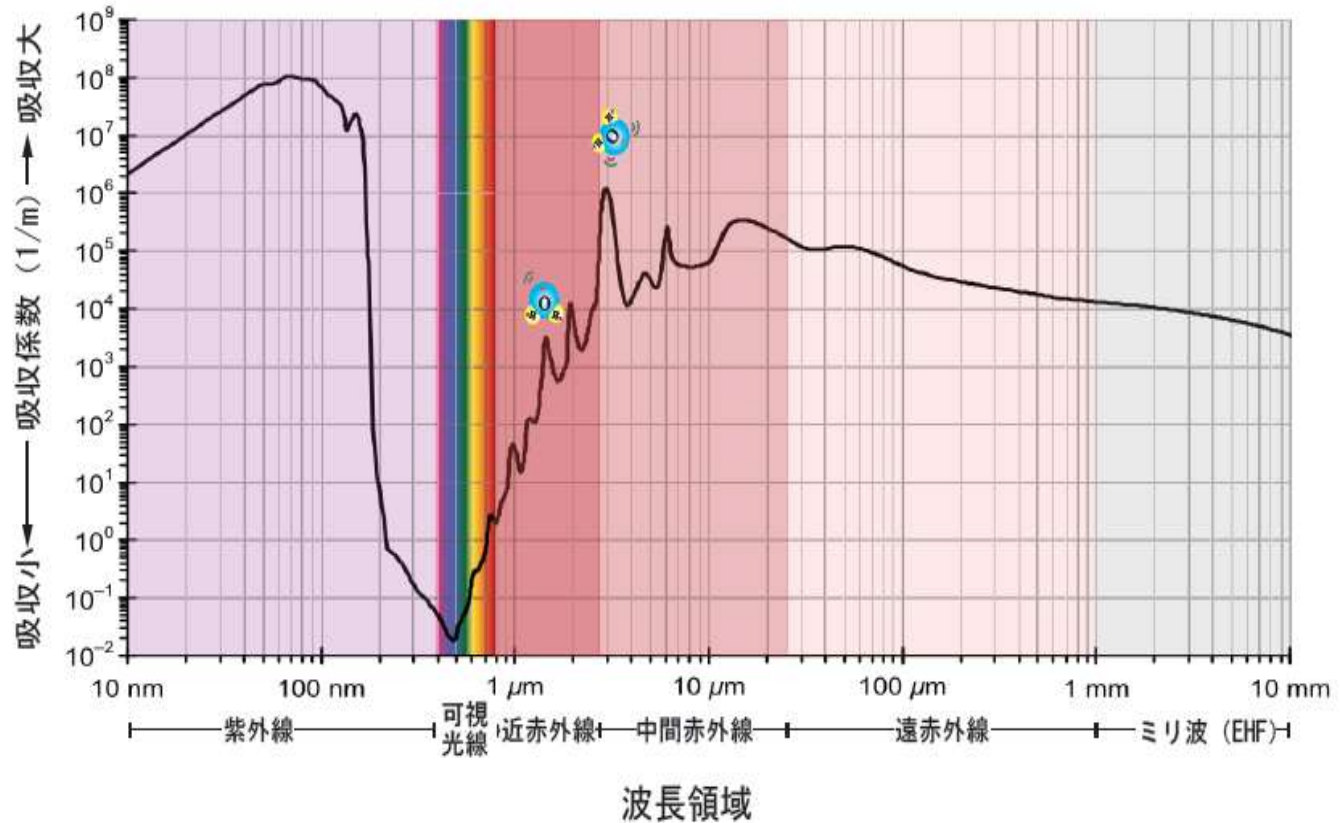
水蒸気のような異核分子は、分子内の原子振動を発生し電磁波との相互作用が出来る。一方、酸素分子や窒素分子のような等核二原子分子は、相互作用が起こらない。

つまり、太陽放射で乾燥大気は加熱できない。
お天気キャスターの

“太陽の光で温められた空気は。。。”

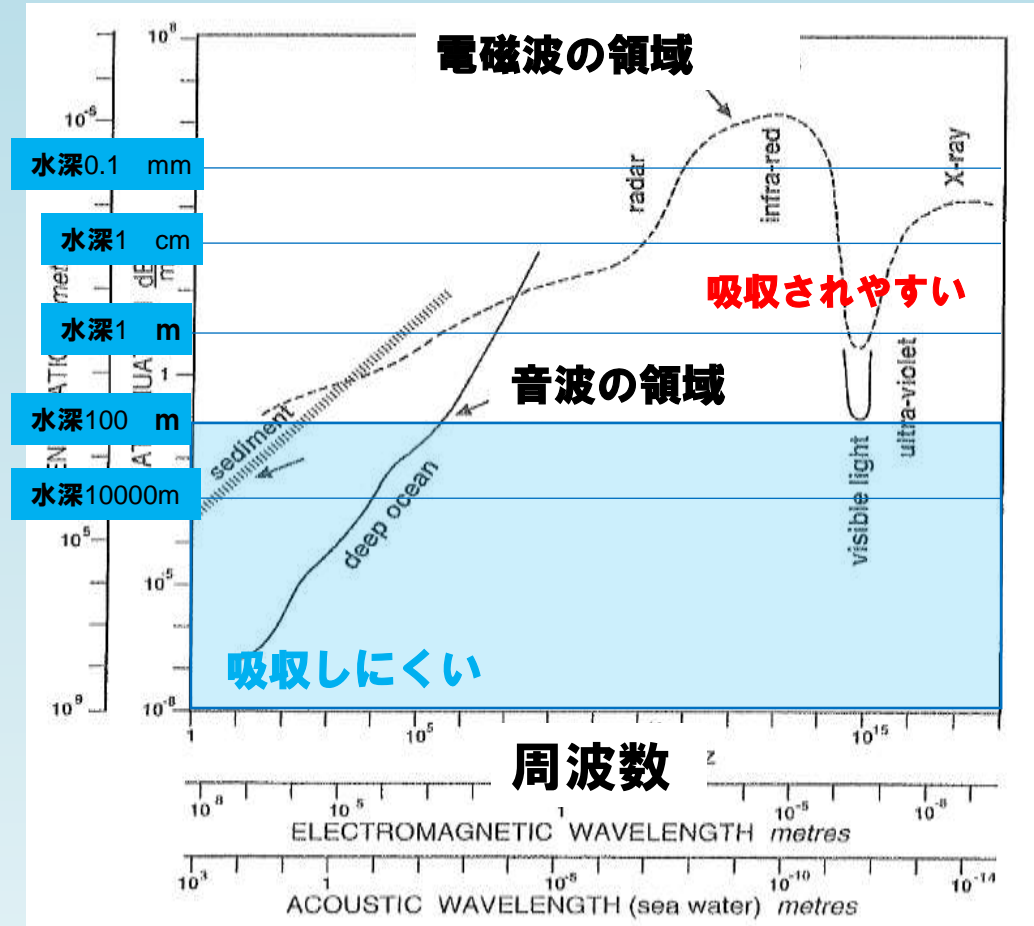
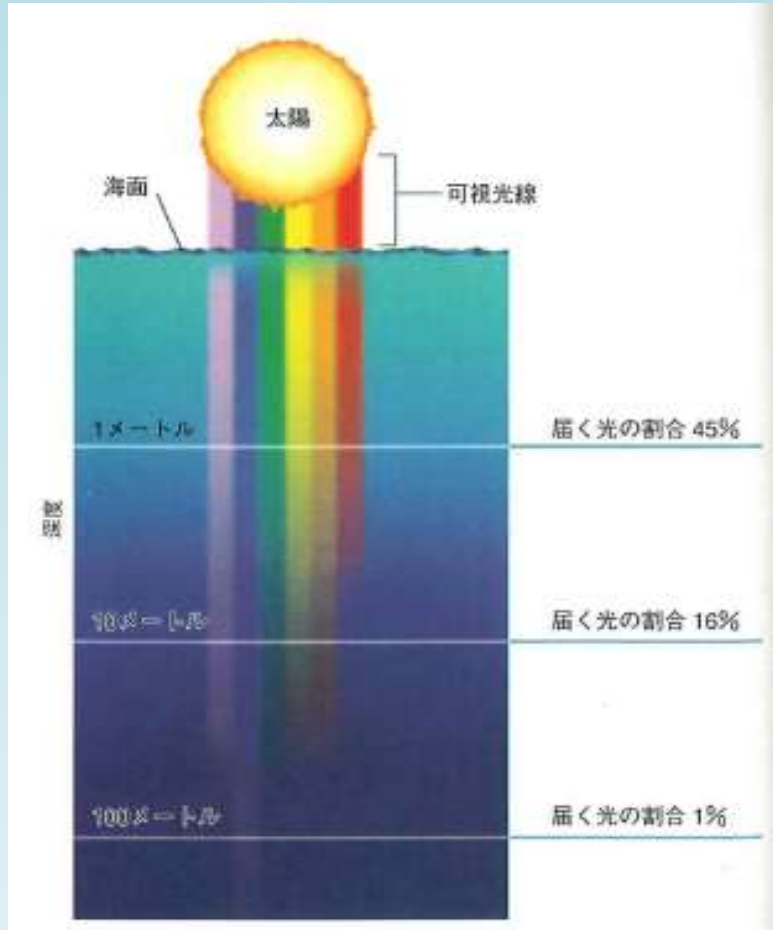
というフレーズは、正しいとは言えません。

水に対する電磁波の吸収係数



波長によって吸収の度合いが異なり、可視光領域でも変化する。

水中では、電波が吸収されてしまう。



全く濁りのない海水でも、100m以深では、99%の光(電磁波)がすべて吸収される、それよりも深い所では、漆黒の闇が支配する世界。

潜水調査船で、マリアナの海底へ
沈んでみましょう。

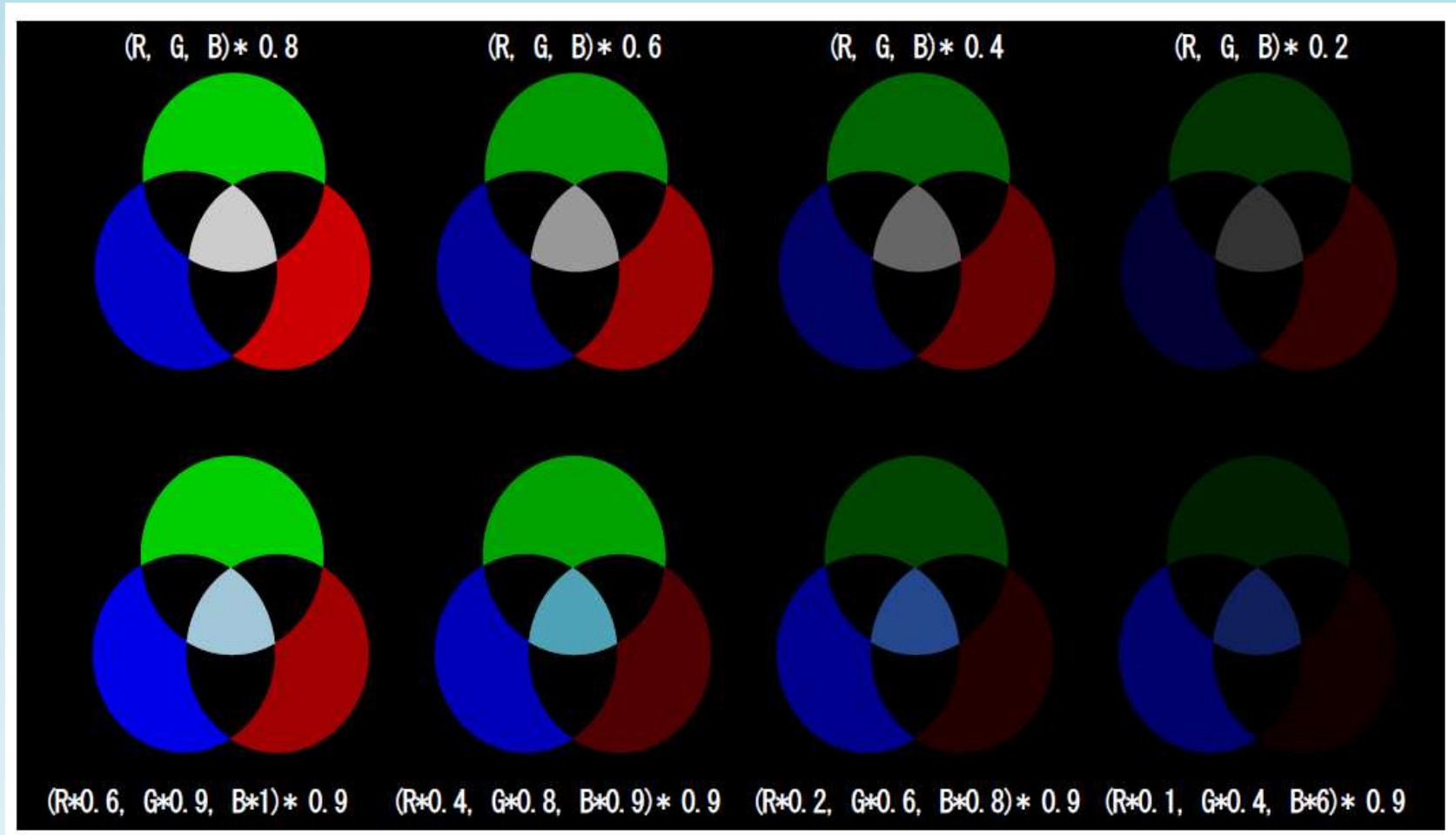
潜水船の窓から眺めた、海の様子

最初の明るさ

海の色と光の吸収

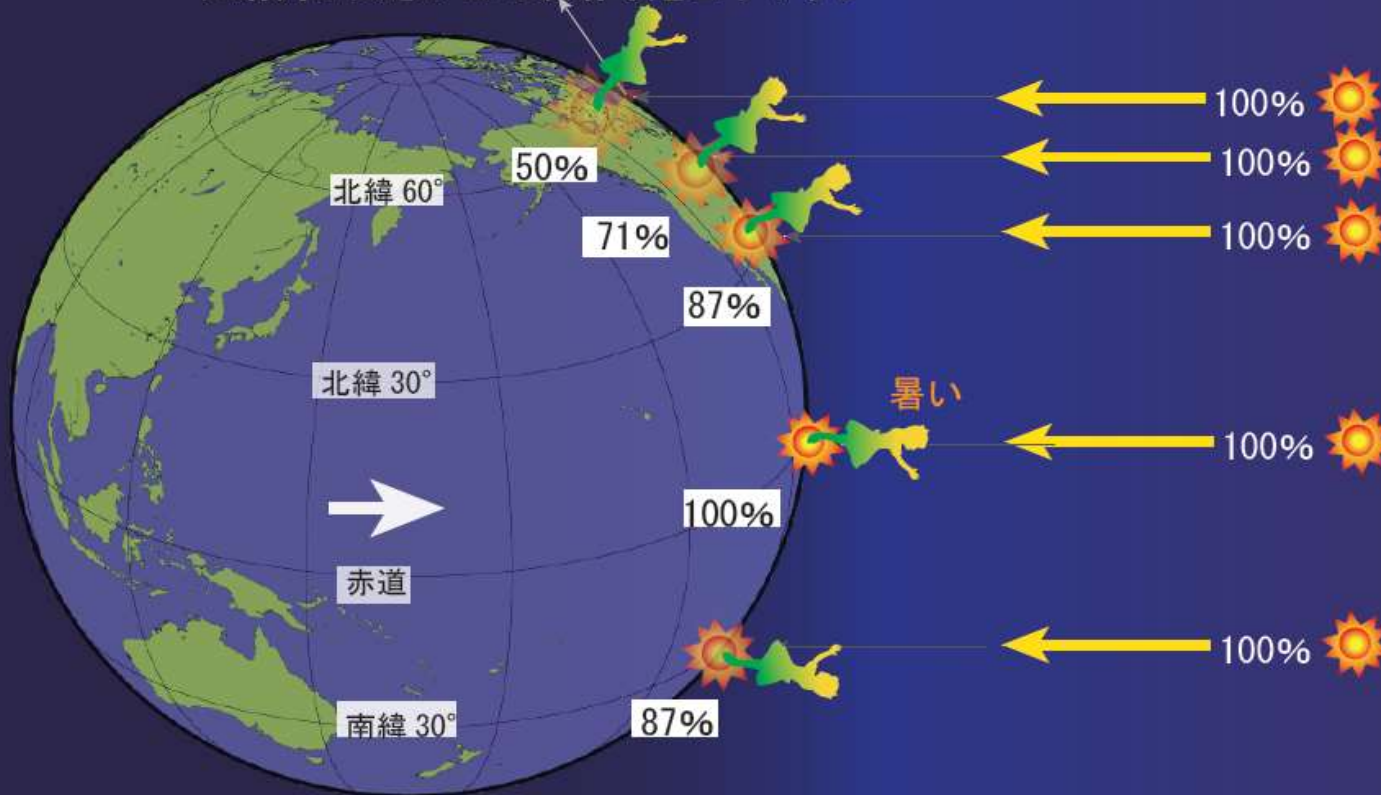


海の色と吸収される波長



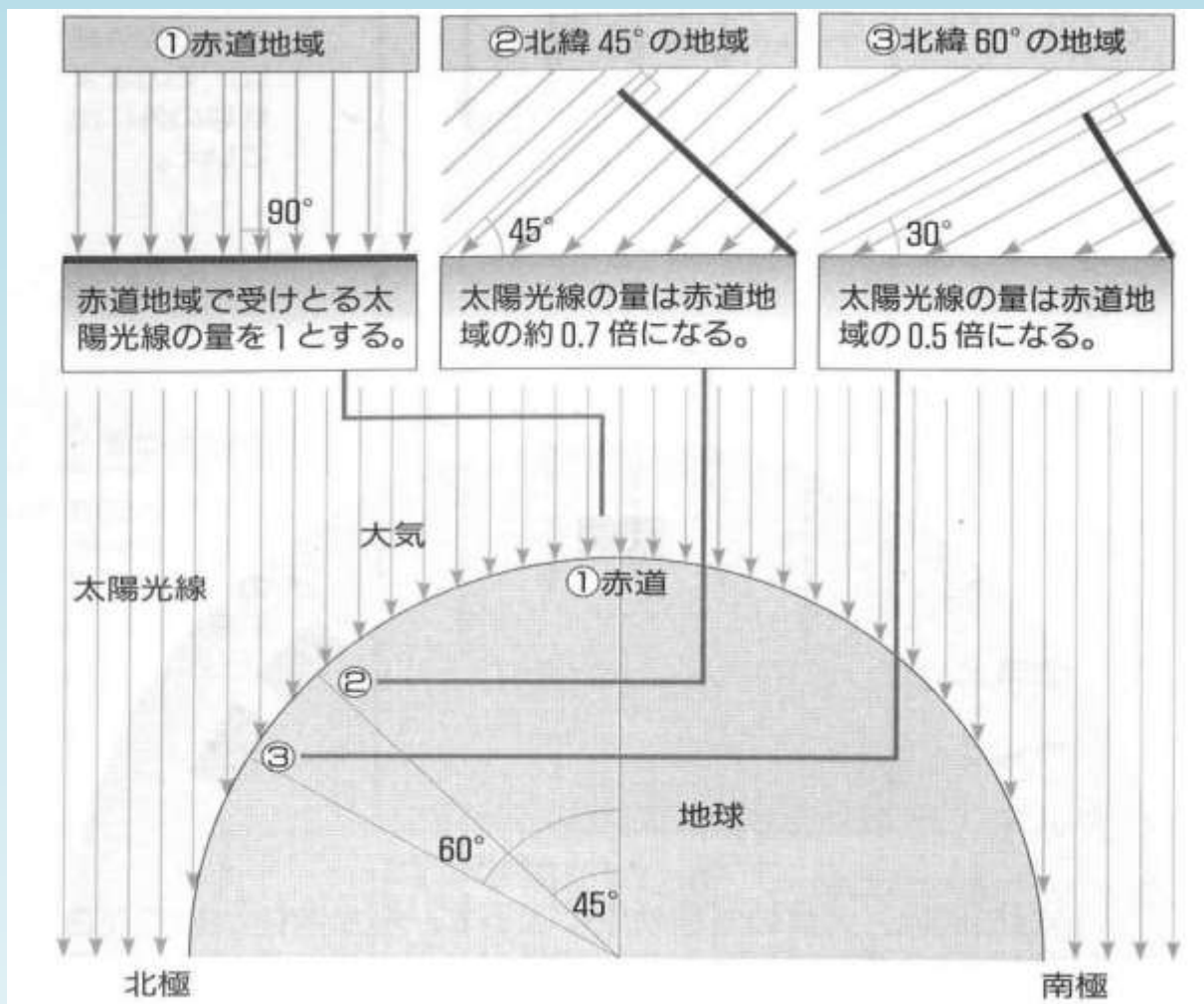
緯度によって異なる日射量

赤道の半分しか光がないので寒い
入射角が大きいのので反射も起こりやすい



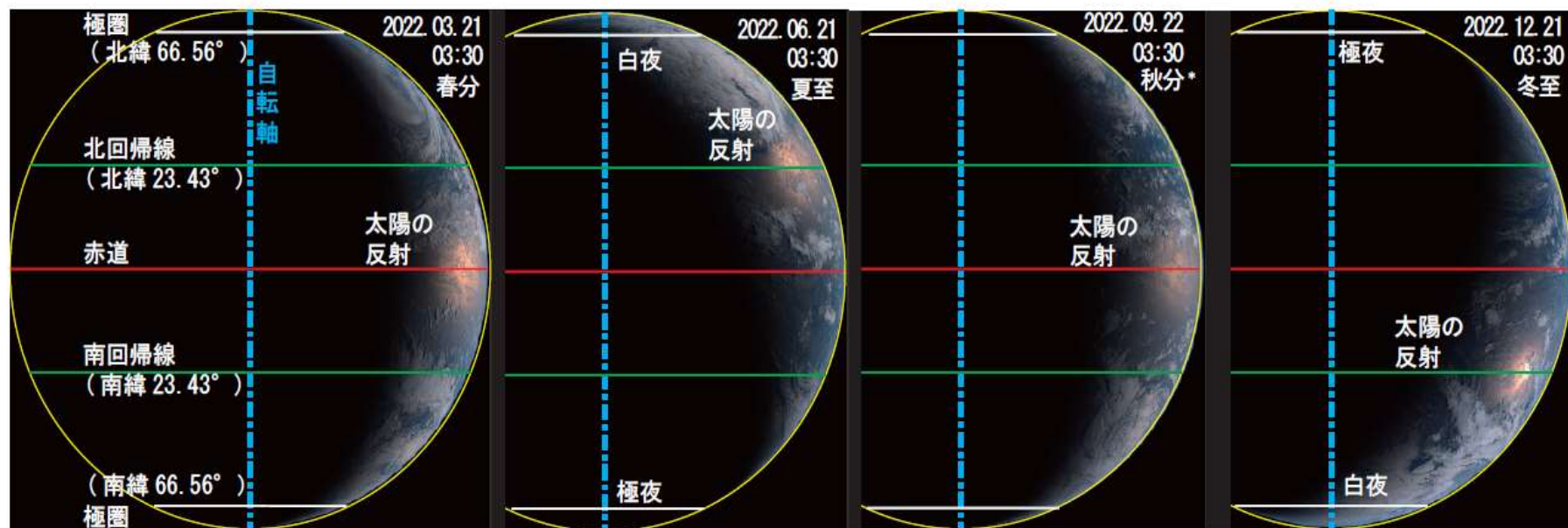
赤道における太陽放射を 100%とした場合の単位面積当たりの緯度変化

緯度が違うと、温まり方が違う理由は？



単位面積あたりの太陽の放射エネルギーが変化する。

地球と太陽の位置関係



季節変化は、地軸の傾きによってもたらされる。つまり、太陽との位置関係が一緒でもなす角によって地表温度が大きく左右する。温度差が大きい場合は、それに耐性のある生物のみが生き残れる。

熱帯とはどこを指すか？

熱帯地域は、北回帰線と南回帰線に挟まれて領域で年に一度は、天頂に太陽が昇る。つまり、ほぼ真上から太陽が照りつける地域。

亜熱帯とはどこを指すか？

亜熱帯 ～ という用語は、沢山あります。

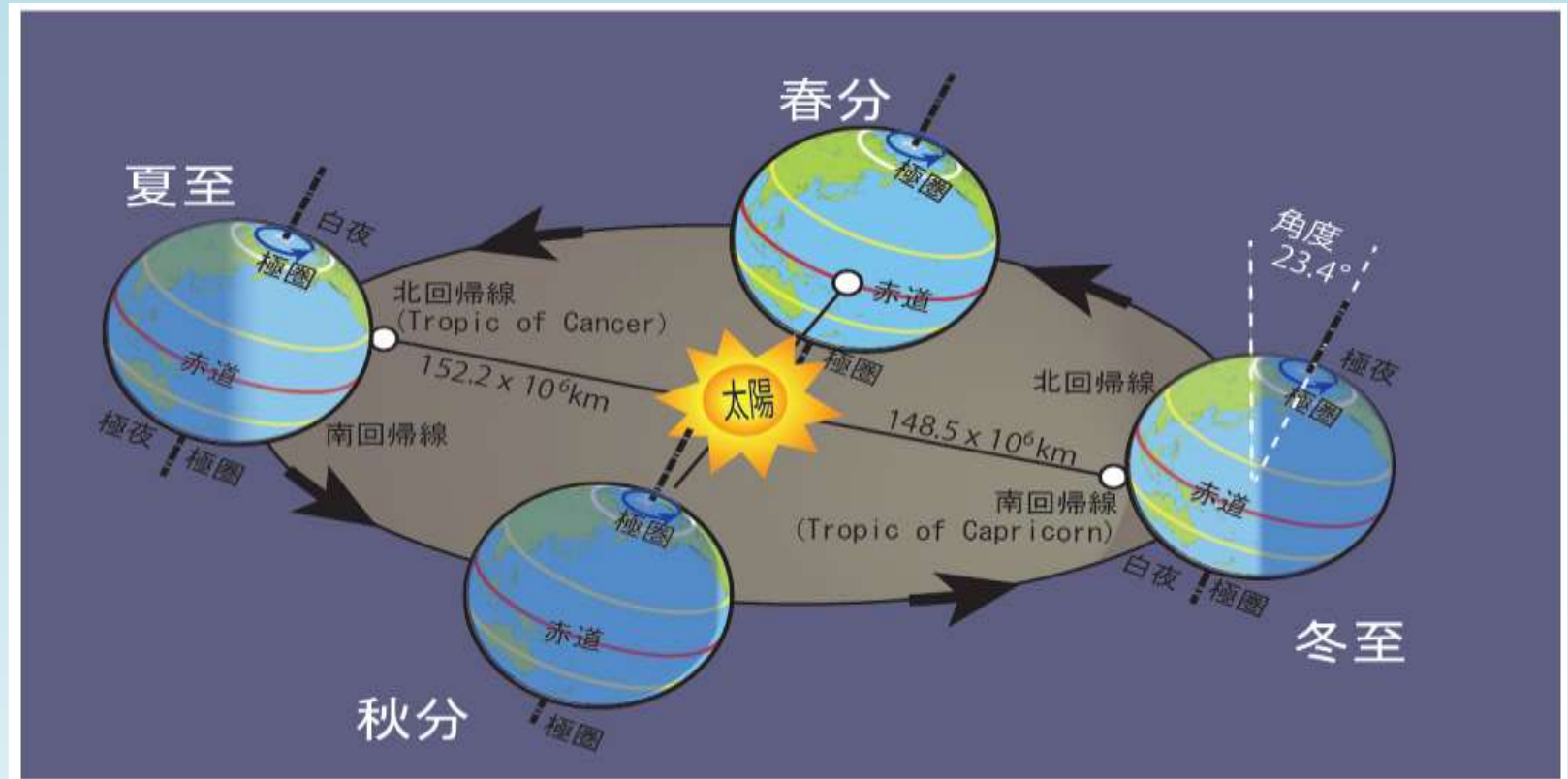
亜熱帯高気圧

亜熱帯循環 など

しかし、明確の定義はなく、おおよそ回帰線（北回帰線，南回帰線）の近傍地域を指し， 緯度 20° ～ 30° の範囲が対応する。

太陽が真上から照りつけるとどうして暑くなるのですか？

太陽からの距離と季節は対応しない



太陽からの地球までの距離は、夏に遠く（遠日点）、冬に近い（近日点）という関係になっている。

レアアース仮説との関係

1. 恒星から適切な距離に存在する (複雑な生命体にとっての適温)
(液体の水が表層付近に存在する)
→ いわゆるハビタブルゾーン
(十分離れていることで、潮汐が固定される事を避ける)
2. 恒星の質量が適切 (恒星の寿命が十分にがある)
(紫外線が強すぎない)
3. 公転軌道の安定 (大型惑星群が軌道要素を攪乱しない)
4. 大洋の存在 (大きすぎず、小さすぎず)
5. 地軸の傾きが適切 (極端な季節変化をしない)
6. 大きな衛星 (月) が存在 (適切な距離)
(地軸の傾きを安定化)

などの条件を満たす地球外惑星は存在するか？