

地球惑星科学II

第15回

2021年01月14日

前回のミニレポート

- 地球外生命はいると思うか？
 - いる: 94人
 - いない: 4人(ドレークの方程式を使って見積もった人も！)
 - 両方の理由を書いた人: 2人
- シュテファンボルツマンの法則のグラフを描け
 - $F = \sigma T^4$

学期末試験について

- 試験期間

- 1月21日(木)10:30～1月25日(月)23:59
- 1月21日には通常通りzoomで接続してください。
試験に関する説明と質問受け付けをおこないます。

- 解答形式

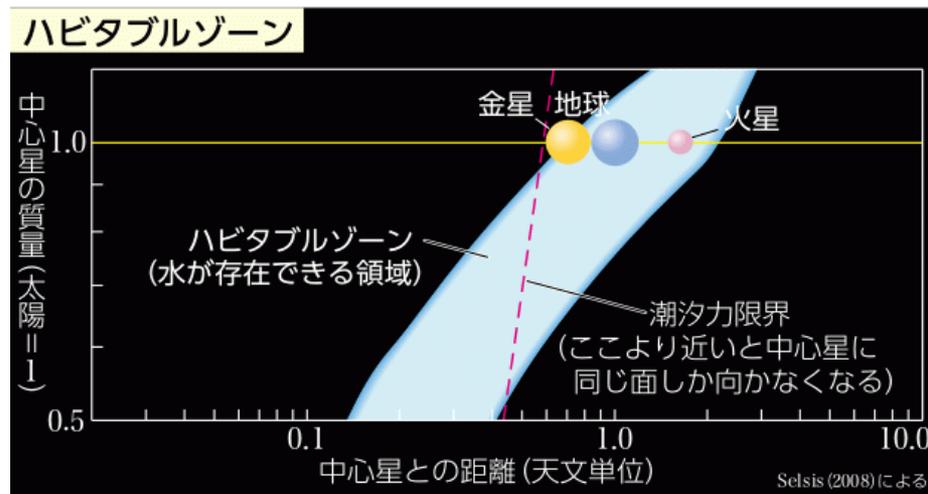
- pdfのアップロード。ファイル名は0220XXXX.pdf
- アンケートに答えてください

- 出題内容について

- 計算問題と記述問題
- 電卓を用意してください
- 何を参照しても良い。必要に応じて書籍・ネットワーク上の情報を探すこと。ただし独力で解答すること。

今日のテーマ

- 惑星における生命存在可能性はどのように決まるか？

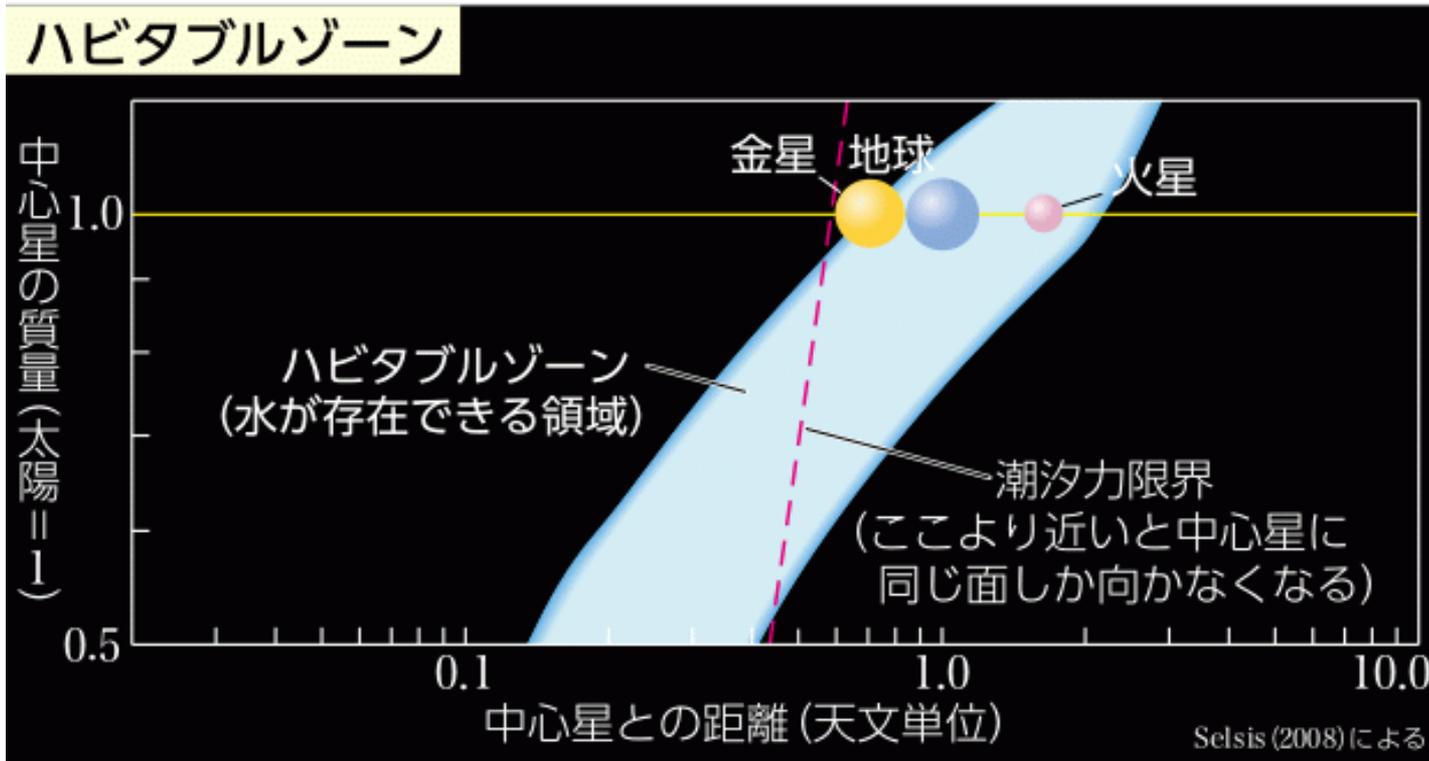


地学図表P.30

- 参照：
地学図表 p.30—31
地球惑星科学入門31章—34章

系外惑星における生命存在可能性

- 生命発生条件は一般的にはわからない
- 通常は、惑星表面上に液体の水が存在できる条件を考える: ハビタブルゾーン

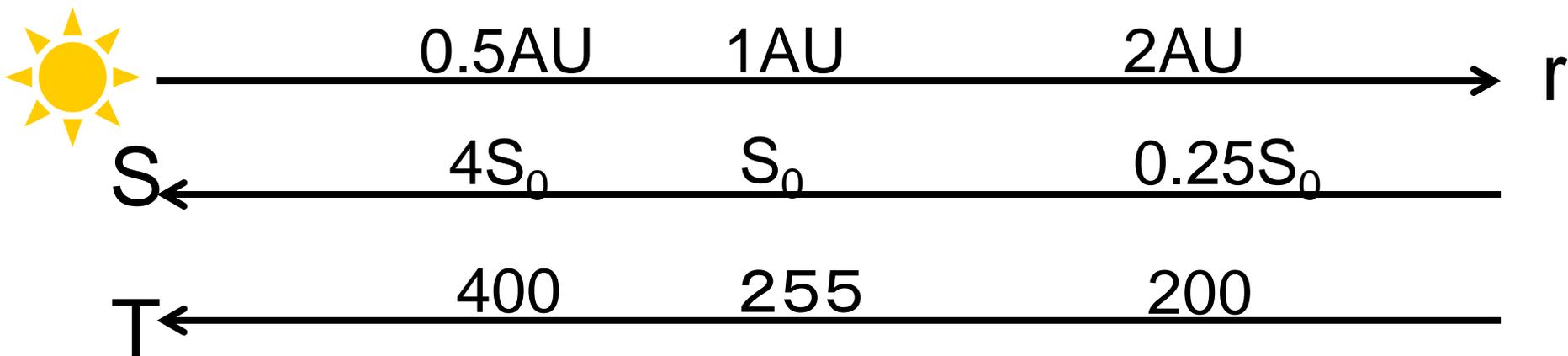


地学図表P.30

軌道半径による惑星温度の違い

- 適度な温度になるためには恒星からの距離が適度なものでなければならない
- 全球平均モデル

$$\text{熱収支: } (1 - A)S = 4\sigma T^4$$



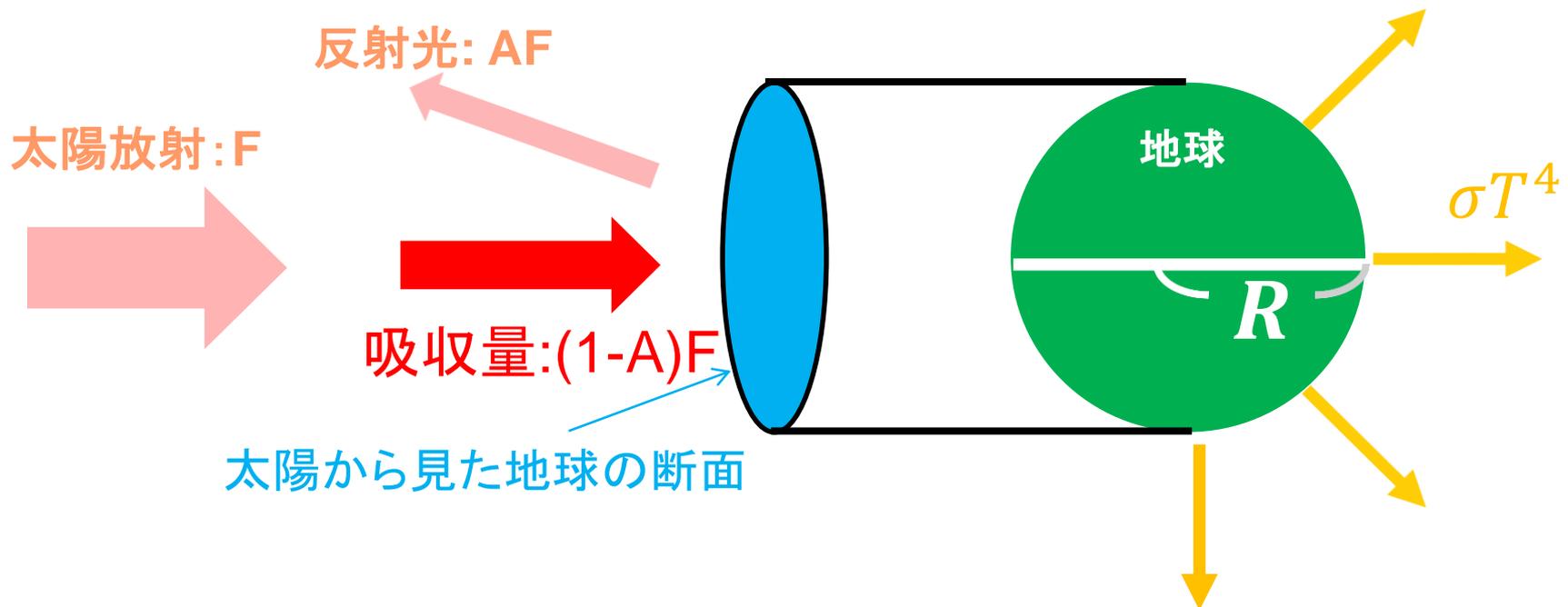
今日の計算問題

- 平衡温度(熱収支の式で決まる温度)を求めよ

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

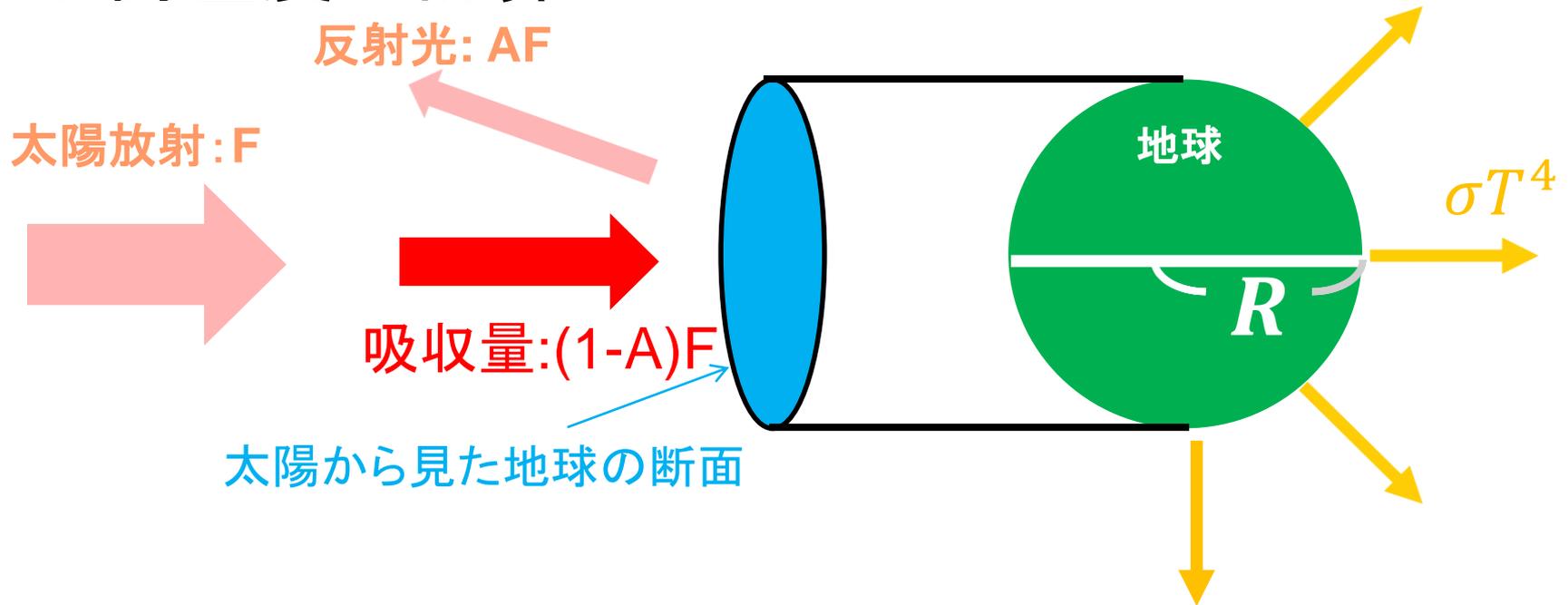
アルベド: $A = 0.3$ 地球が太陽放射を反射する割合

シュテファン・ボルツマン定数: $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^4$



計算問題の解答例

- 平衡温度の計算



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

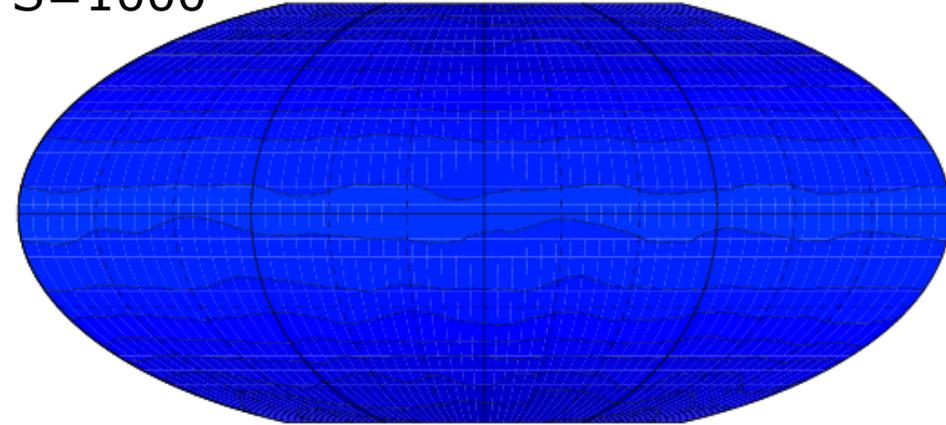
$$(1 - A) F = 4\sigma T^4$$

$$T = \left(\frac{(1 - A) F}{4\sigma} \right)^{\frac{1}{4}} = \left(\frac{(1 - 0.3) \times 1370}{4 \times 5.67 \times 10^{-8}} \right)^{\frac{1}{4}} = 255 \text{ K}$$

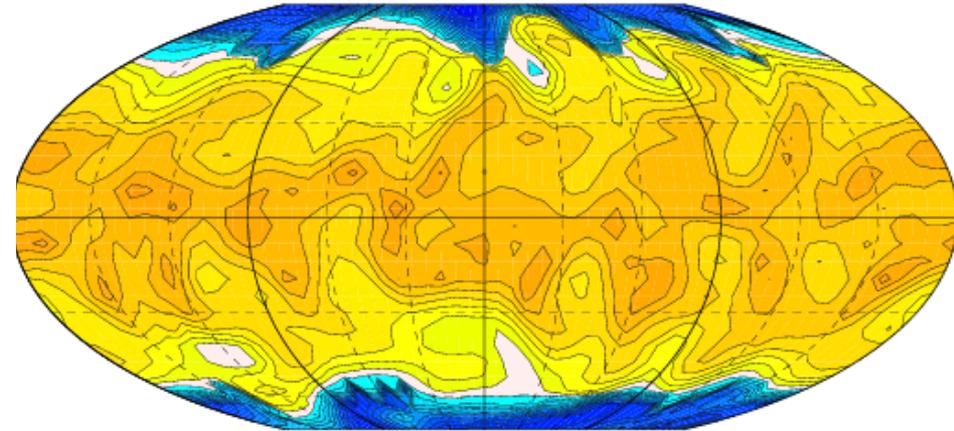
太陽定数による気候の違い

全球凍結状態

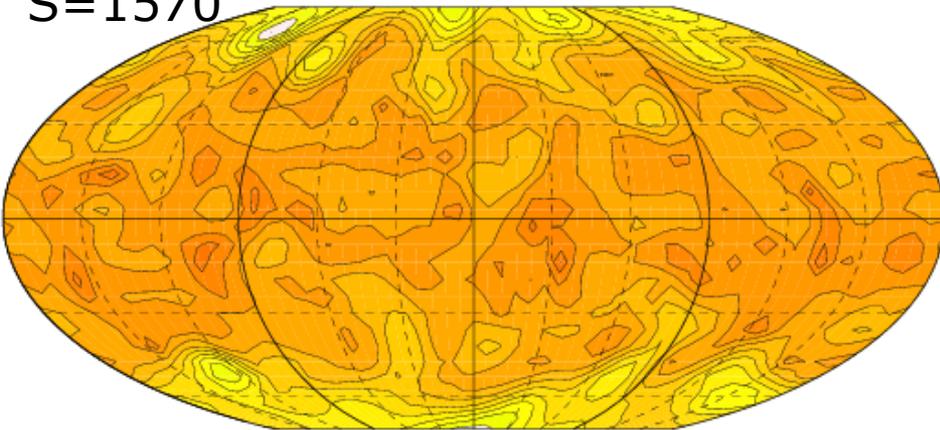
S=1000



S=1490

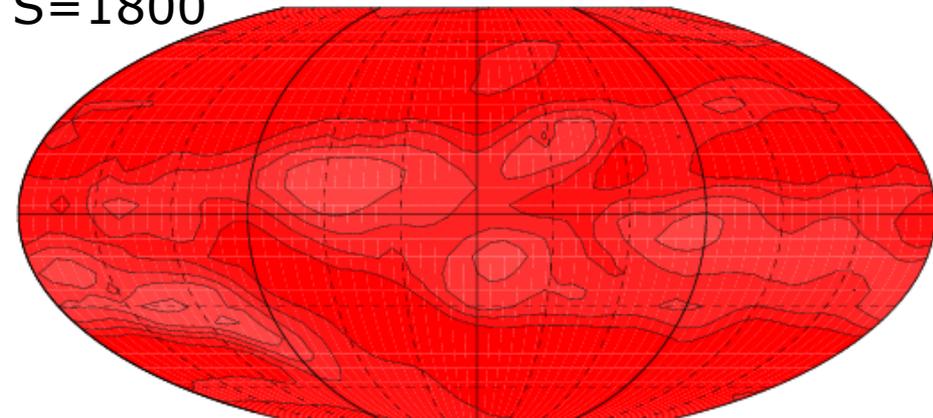


S=1570



S=1800

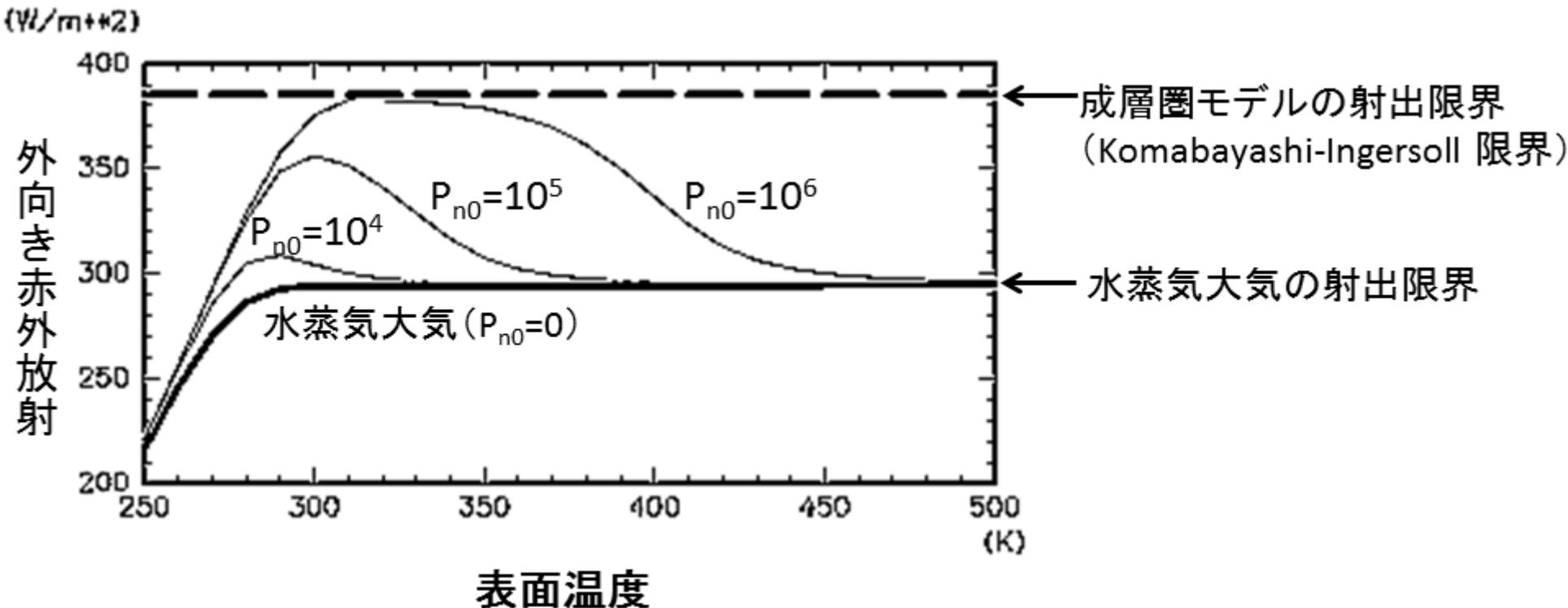
暴走温室状態



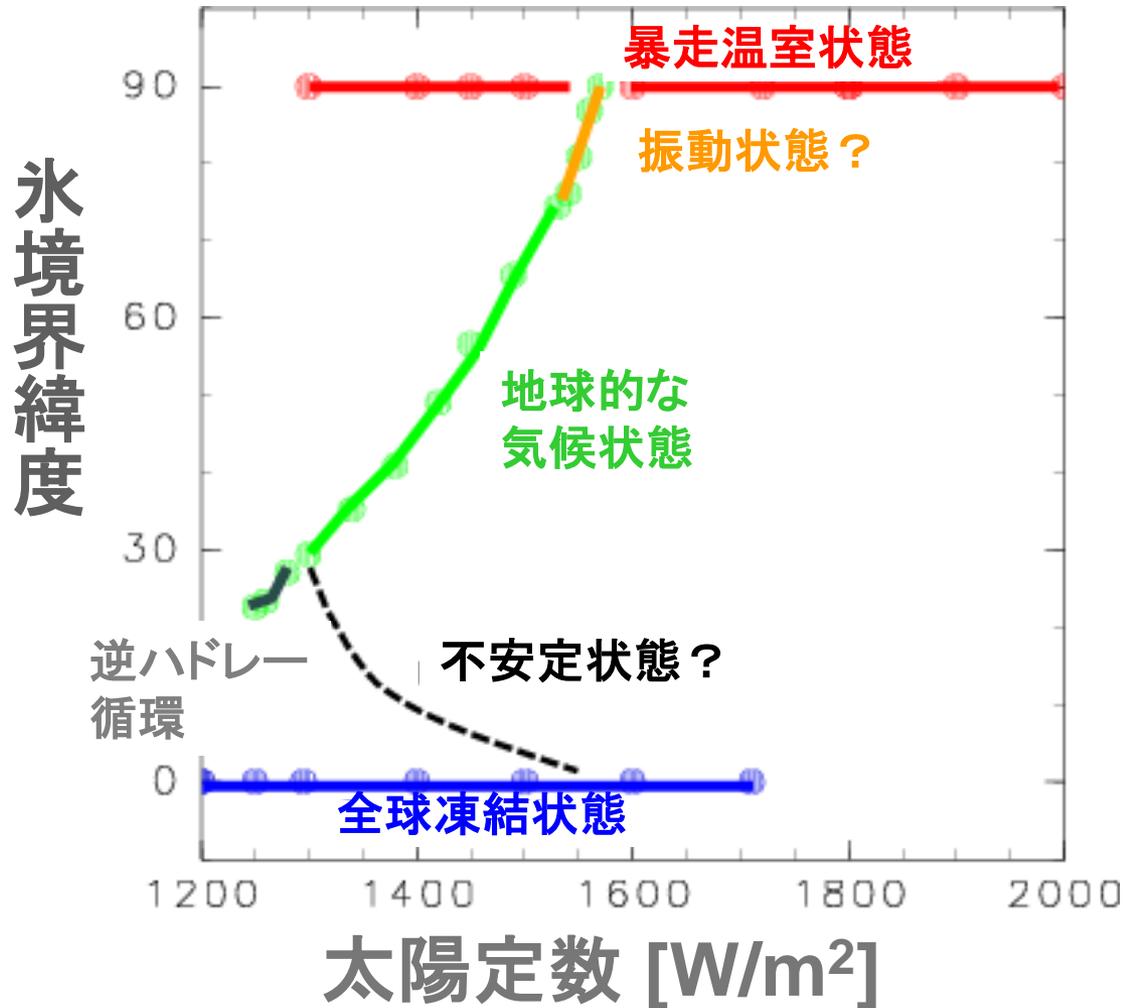
Ishiwatari et al.(2002, 2007)

暴走温室状態

- 惑星が射出できる赤外放射には上限値が存在する(Ingersoll, 1969; Komabayashi, 1969, Nakajima et al., 1992)



気候レジーム

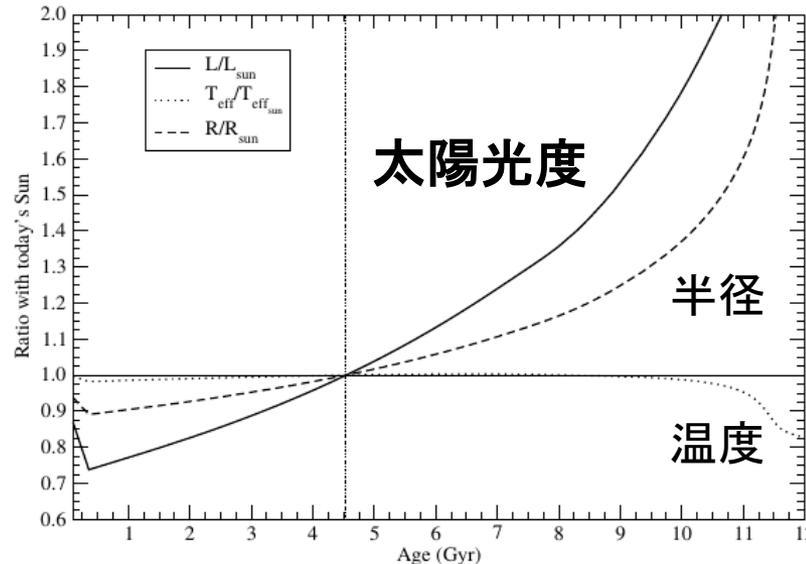


Ishiwatari et al.(2007)

- 大気大循環モデルを用いた数値実験
- 暴走温室状態：温度が上昇を続ける
- 全球凍結状態：地球全体が氷床で覆われる

連続的生存可能条件

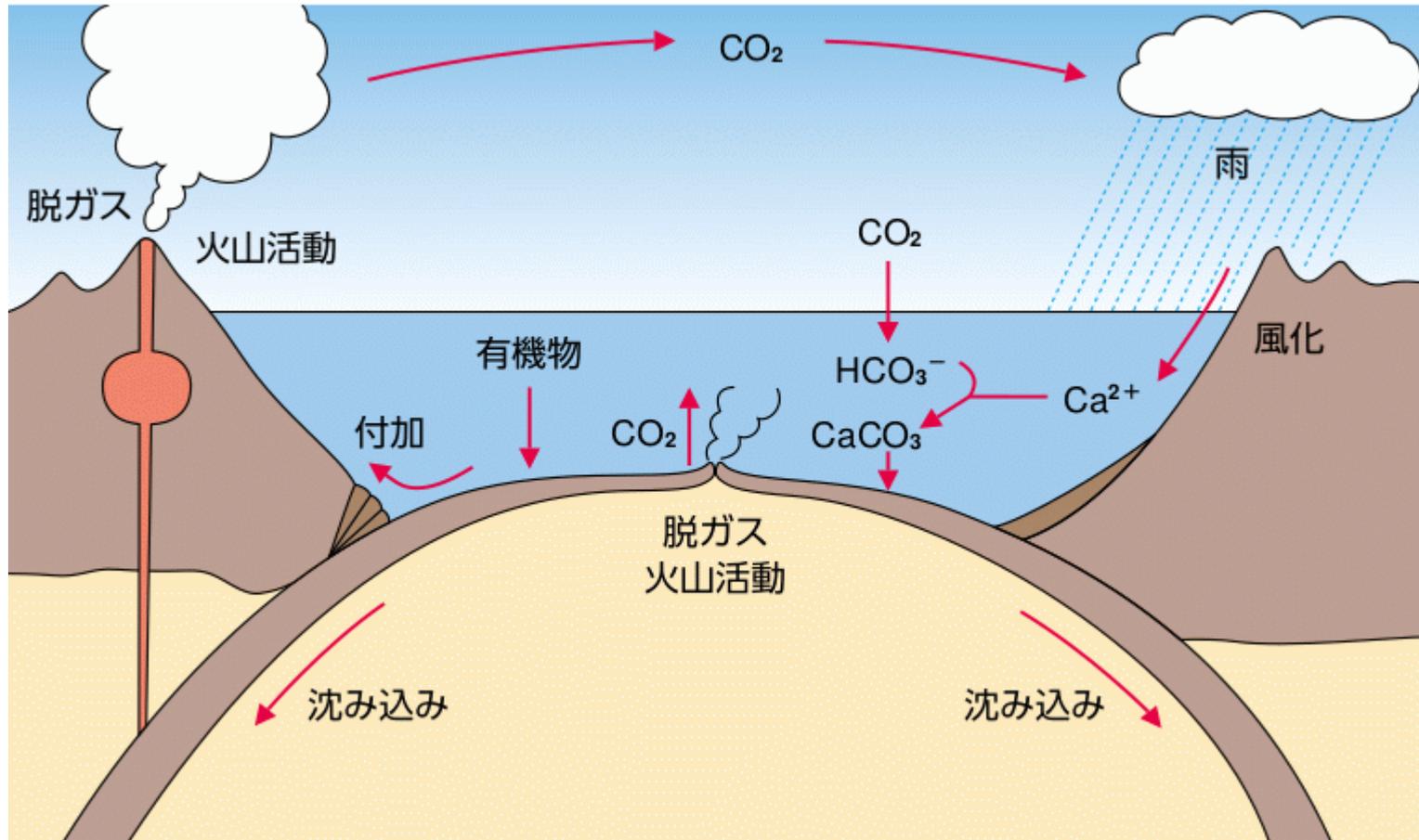
- 恒星は進化するので惑星の環境も変化する



Ribas (2010)

- 長期間にわたって生命存在に適した環境が維持される条件を考える必要がある

炭素循環

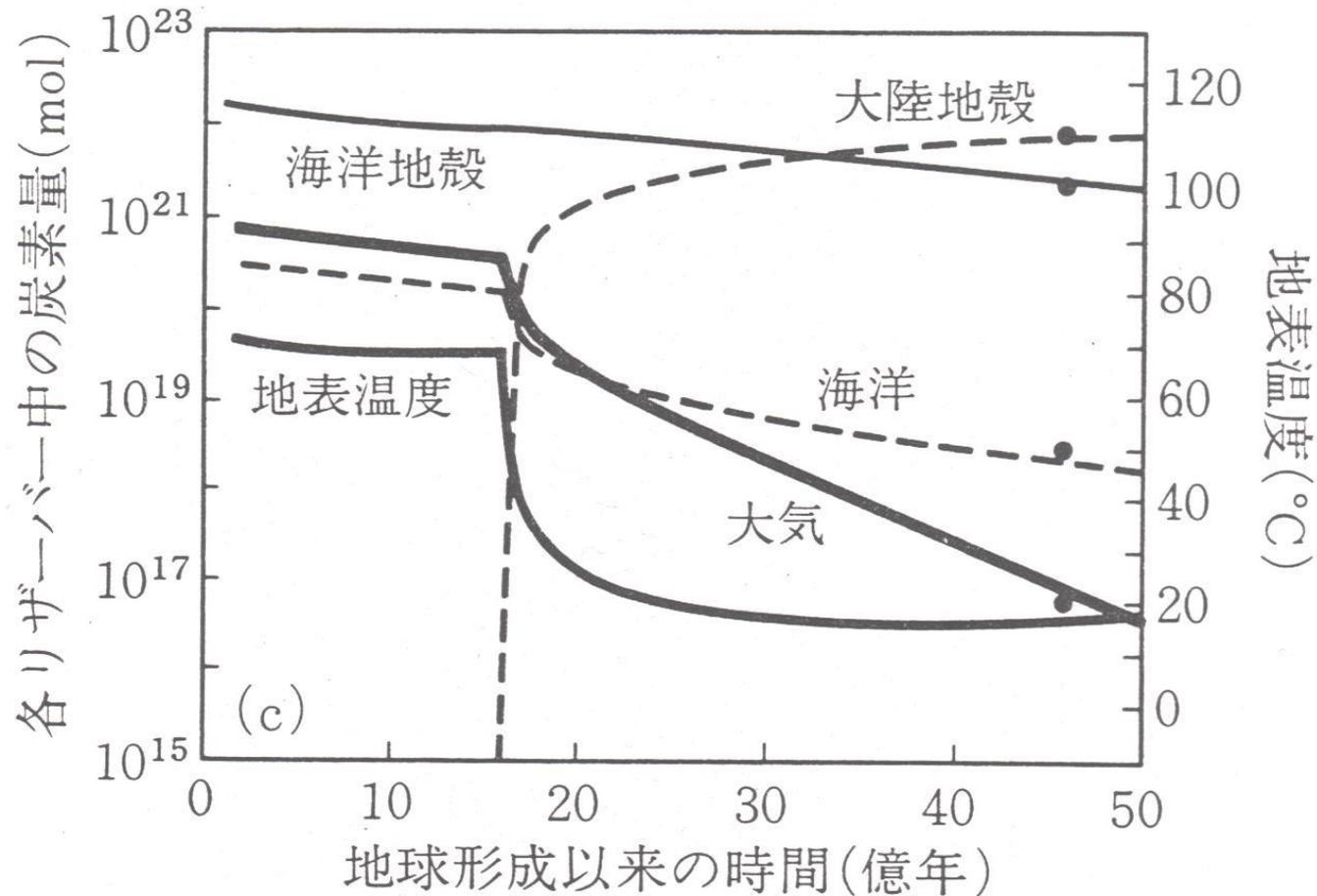


地学図表
P.183

- これにより大気中二酸化炭素量が減少

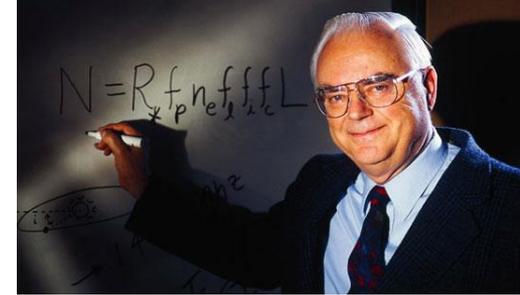
外的条件変化による気候長期変化

大気海洋の化学進化CO₂量の変化



Tajika and Matsui (1990)

ドレイク方程式



<http://www.seti.org/drakeequation>

- Drake が提案

- 1961年、グリーンバーグ会議

- 銀河系の中で通信可能な知的文明の数

$$N = R \times f_p \times n_e \times f_L \times f_i \times f_c \times L$$

R : 銀河系内で毎年誕生する恒星の数

f_p : 誕生した恒星が惑星系をもつ割合

n_e : 各惑星系における生命の存在に適した惑星の数

f_L : 生命の存在に適した惑星上で生命が誕生する可能性

f_i : 誕生した生命が知的生命体まで進化する割合

f_c : 進化した知的生命体が通信可能な段階まで文明を
発展させる割合

L : 通信を行う文明が維持される時間

授業アンケートへの回答

- 今日はミニレポートの出題はありません。
- 授業アンケートに回答してください