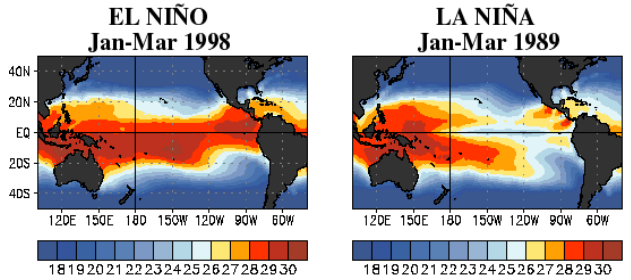
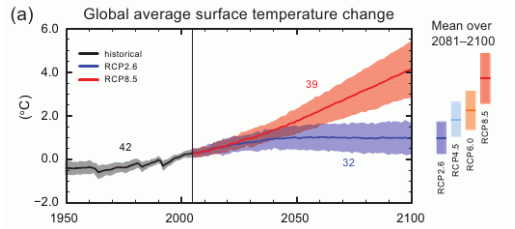
地球惑星科学II
第7回

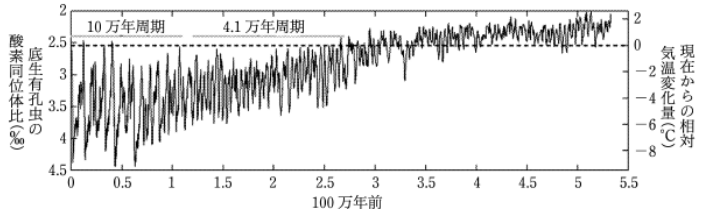
2026年11月19日

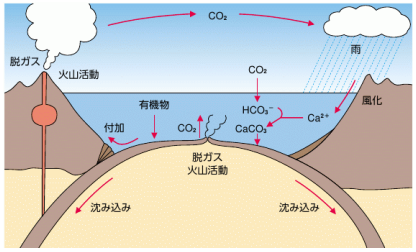
今日のテーマ

- 気候は変動する
  - エルニーニョ（数年スケール）
  - 地球温暖化（100年スケール）
  - 氷期・間氷期サイクル（数万年スケール）
  - 炭素循環（10億年スケール）



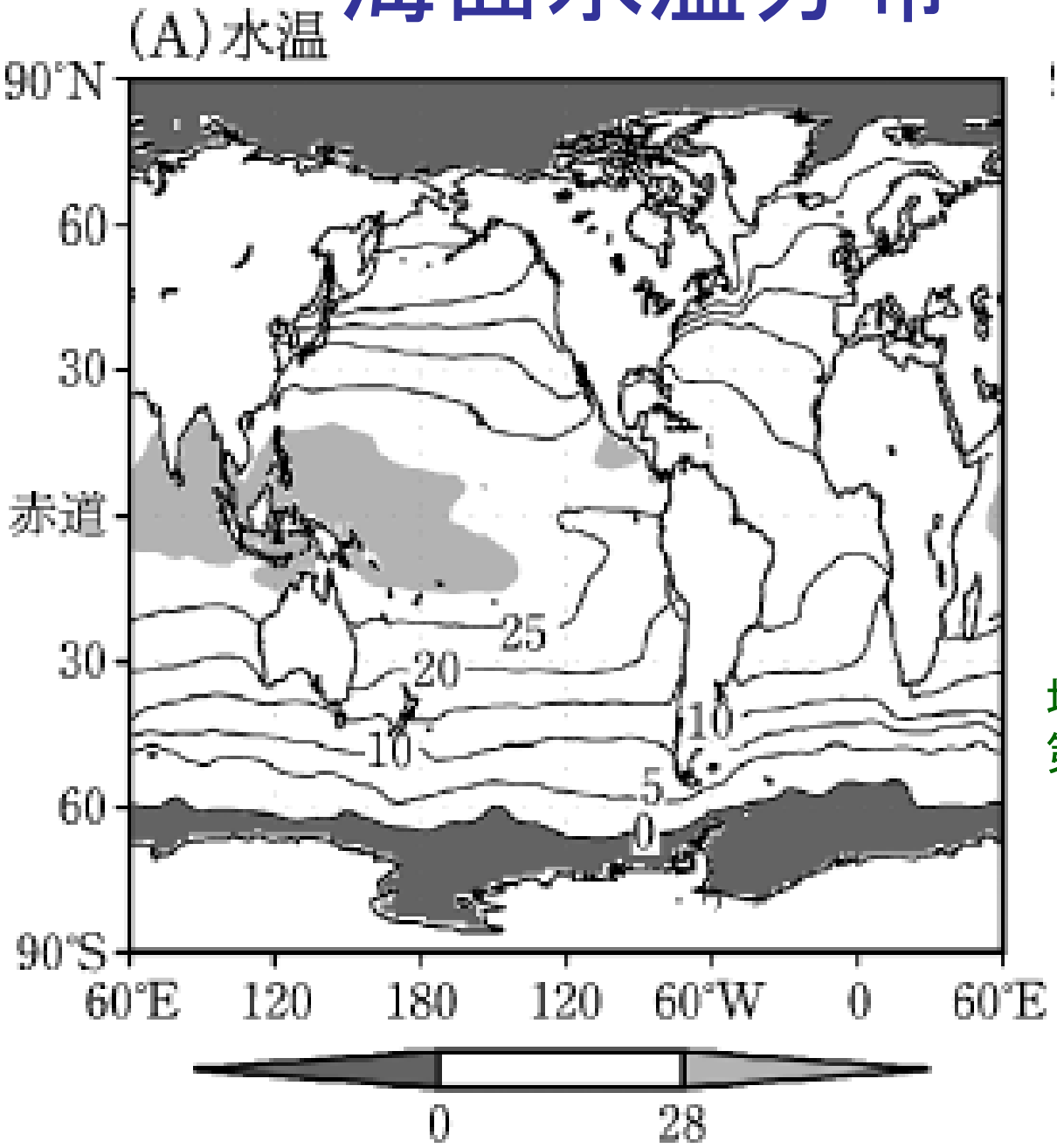






- 参照：地球惑星科学入門27章、28章、29章

海面水温分布

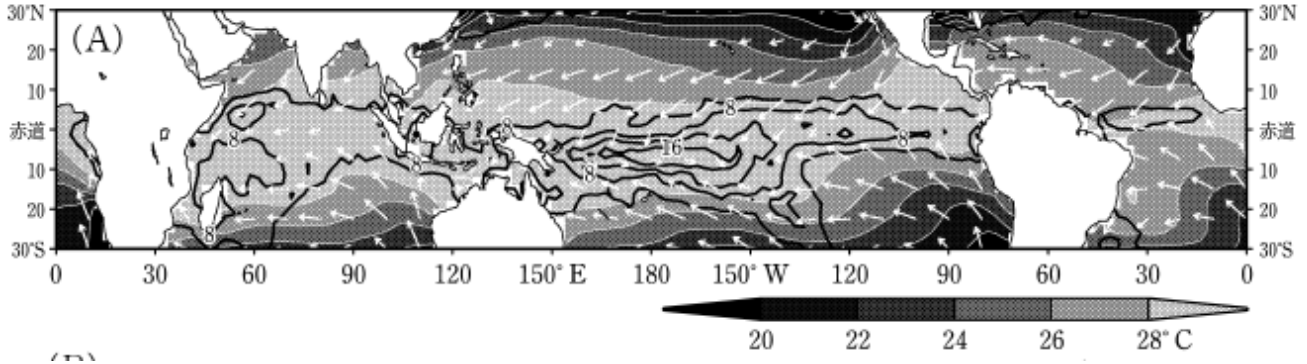


地球惑星科学入門
第2版p279

エルニーニョとラニーニャ

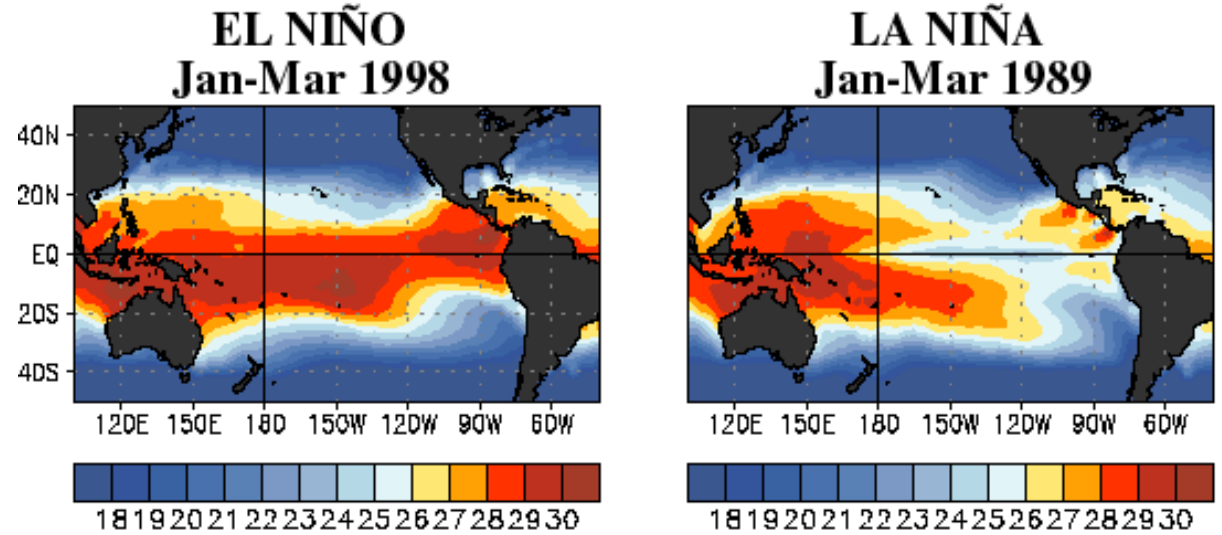
時間スケール：数年

エルニーニョ時の海面水温



地球惑星科学入門
326

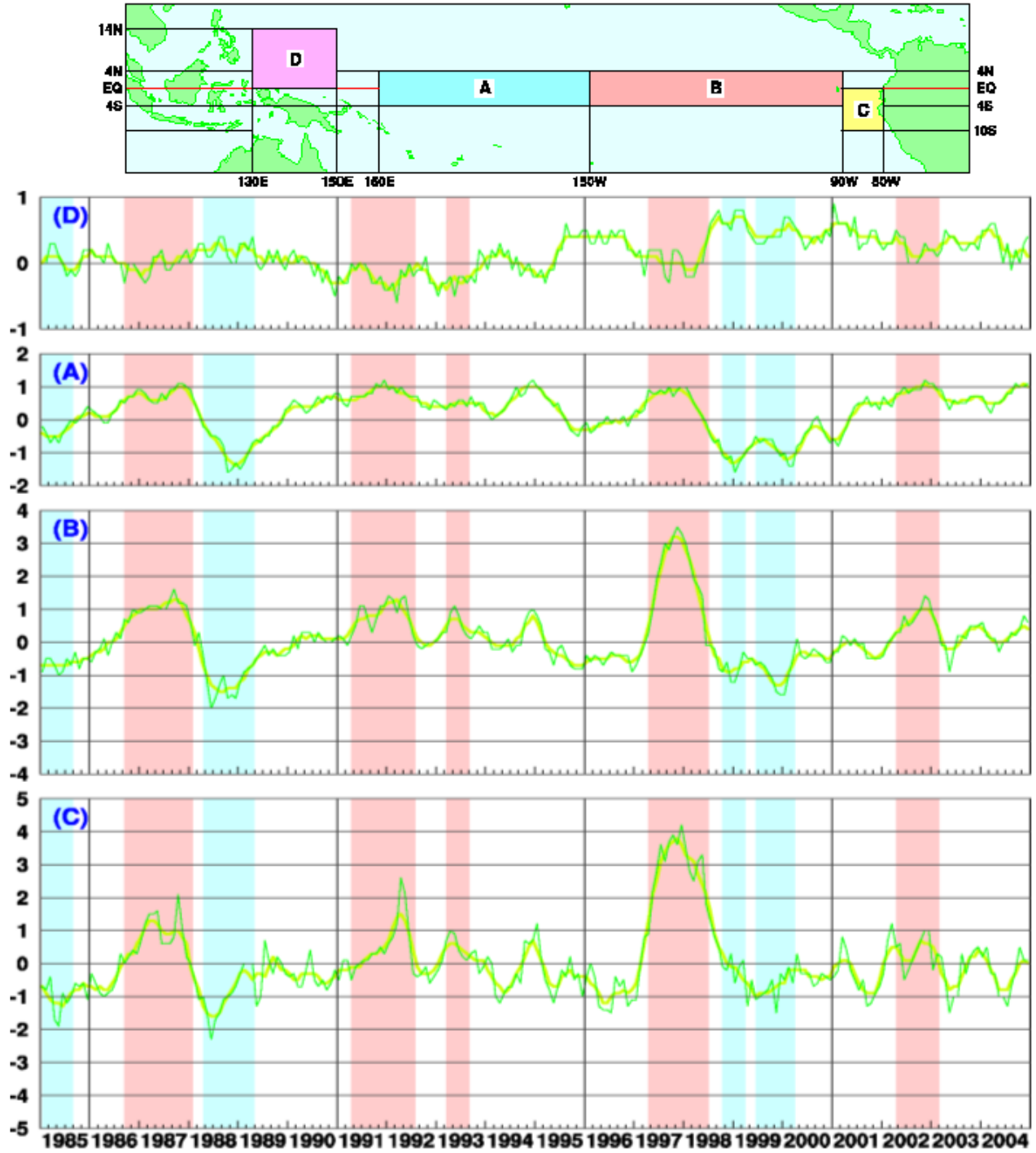
海水面温度



http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/ensocycle.shtml より転載

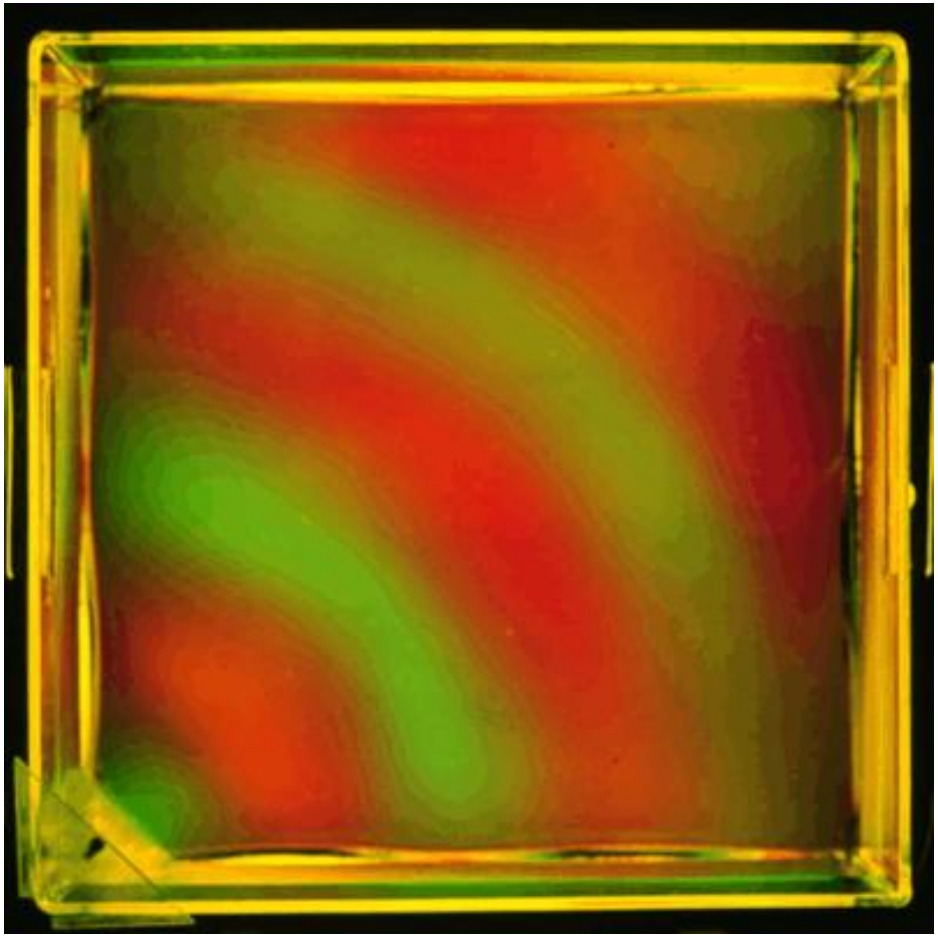
ENSO (エルニーニョ/南方振動の英語頭文字をとったもの)と呼ばれることもある

南方振動

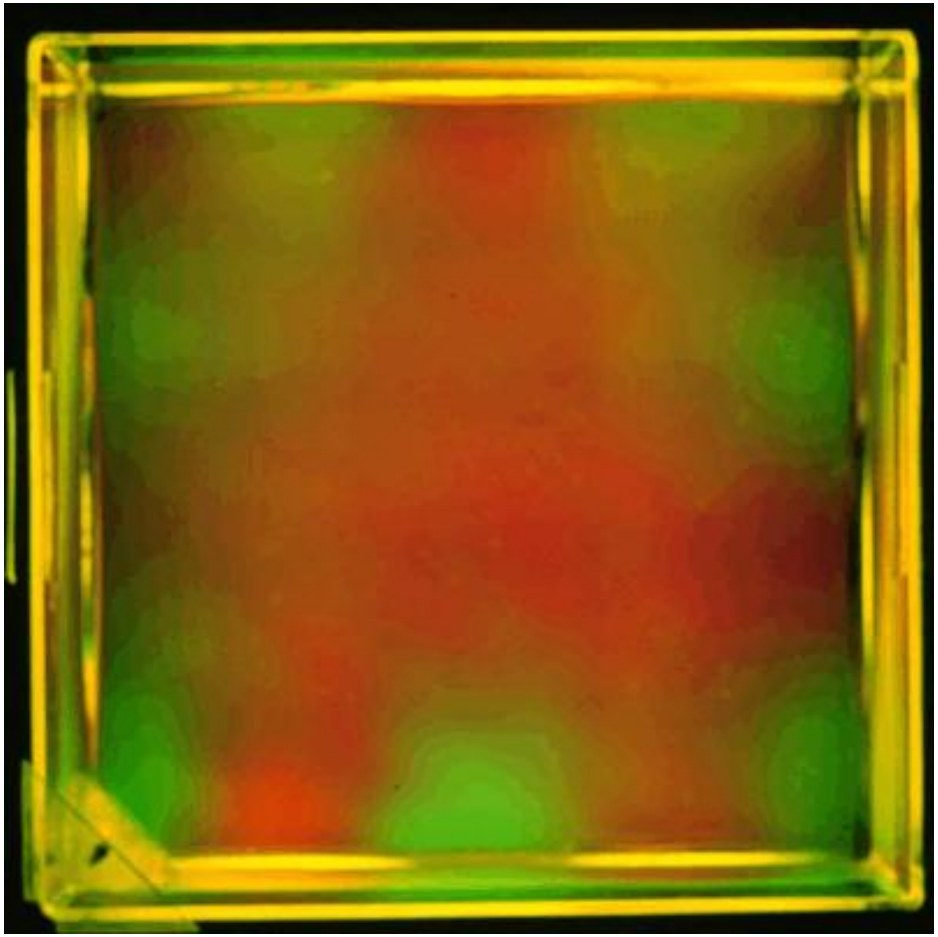


http://www.data.kishou.go.jp/Climate/cpdinfo/climate_change/2005/1.5.1.html より転載

赤道の波



重力波
(系が回転していない)

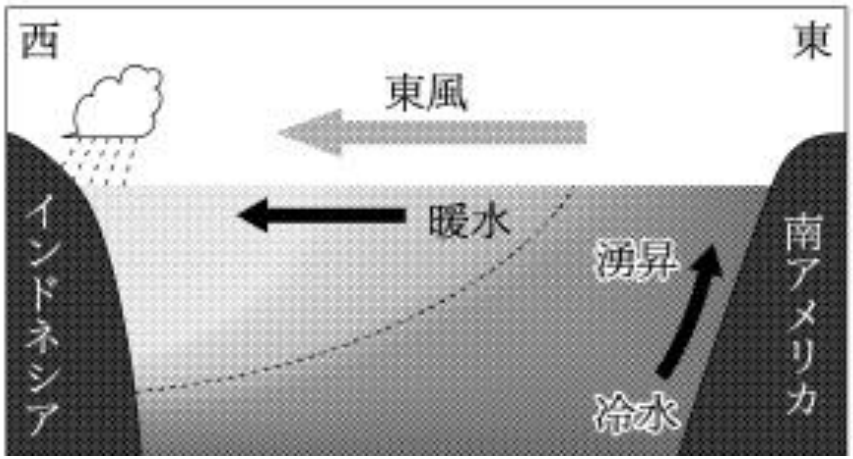


ケルビン波
(系が回転している)

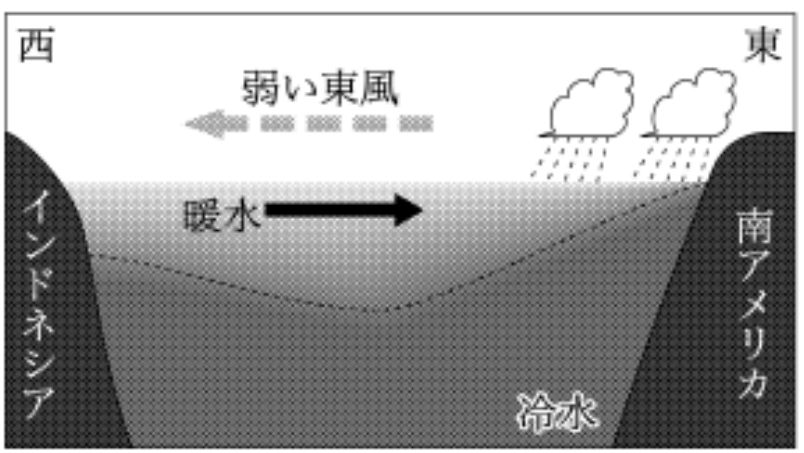
http://www.gfd-dennou.org/library/gfd_exp/index.htm

エルニーニョとラニーニャの力学

通常の場合



エルニーニョ時の場合



地球惑星科学入門第2版p326, p329

今日の計算問題

- ケルビン波が太平洋を横断するのにどの程度時間がかかるか？
  - ケルビン波の移動速度：3 m/sec

計算問題:解答例

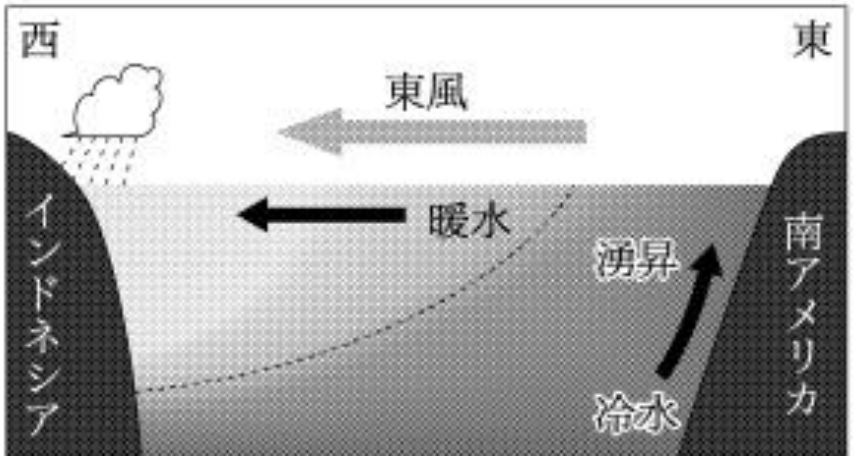
- ケルビン波が太平洋を横断する時間

$$T = \frac{L}{v}$$

L: 太平洋の東西方向の長さ

v: ケルビン波の速度:3 m/sec

東経120度　　西経90度

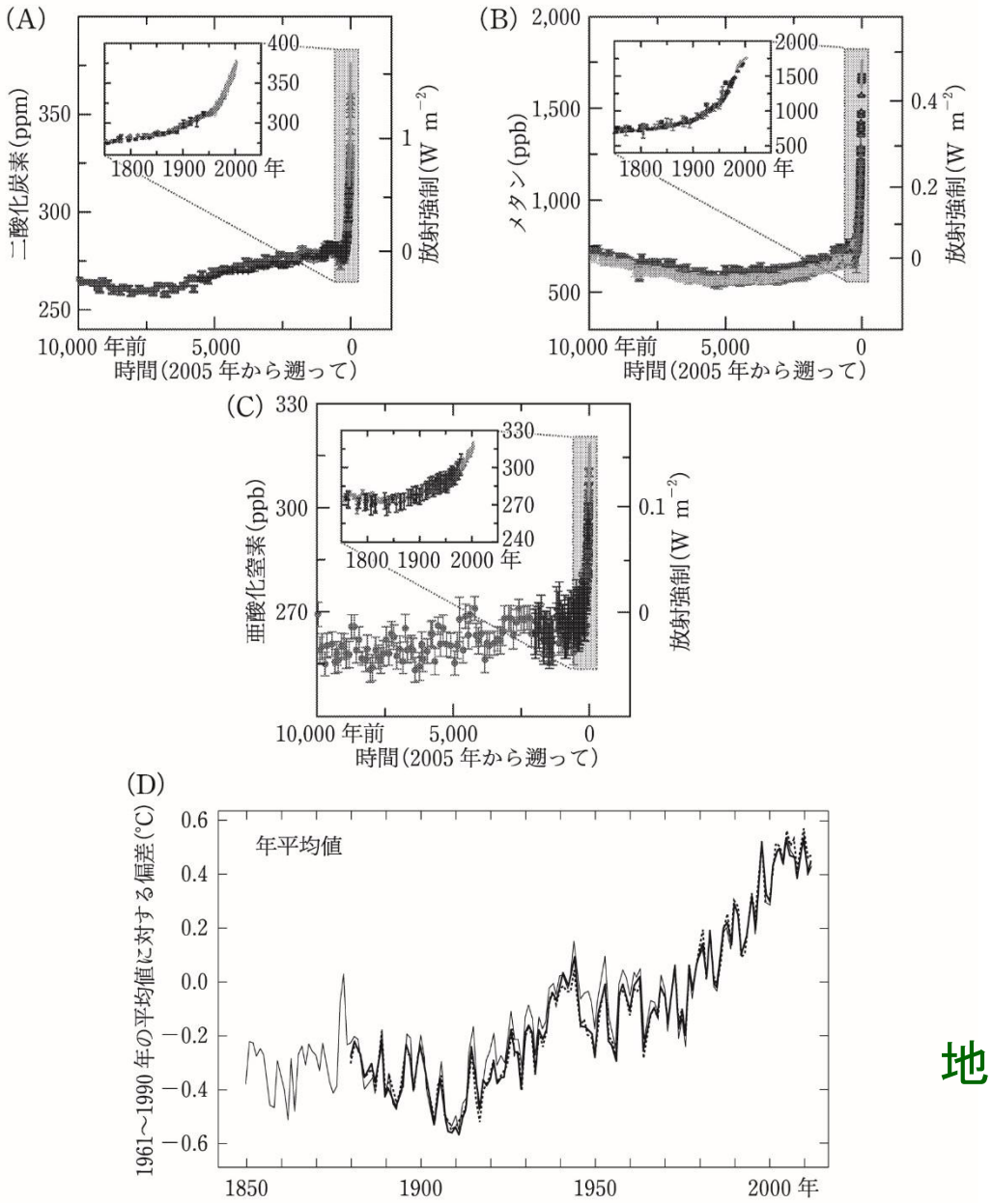


$$L = 2\pi R \times \frac{150}{360} = (4.0 \times 10^7 \mathrm{m}) \times \frac{150}{360} \sim 2.0 \times 10^7 \mathrm{m}$$

$$T = \frac{2.0 \times 10^7}{3} = \sim 10^7 \mathrm{sec} \sim \frac{10^7}{10^5} \mathrm{day} \sim 10^2 \mathrm{day}$$

地球温暖化

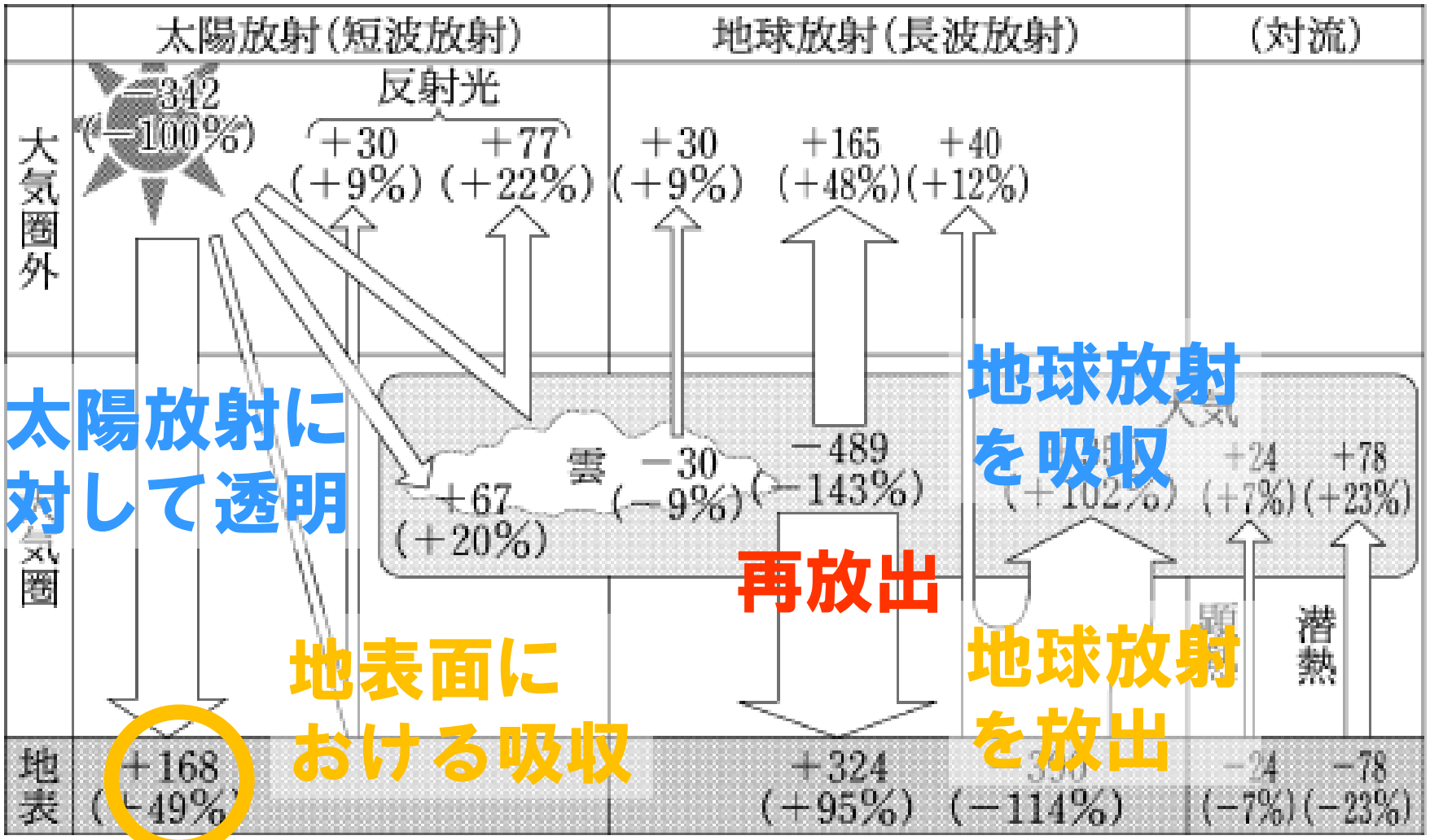
時間スケール：数10年



地球惑星科学入門第2版p338

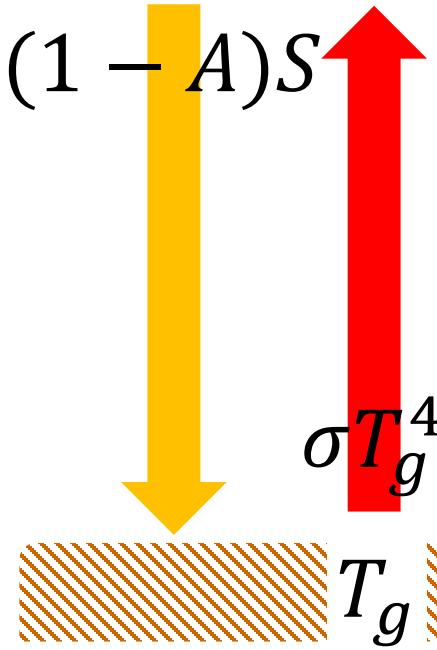
温室効果

地球惑星科学入門P.224



温室効果：式を用いた説明

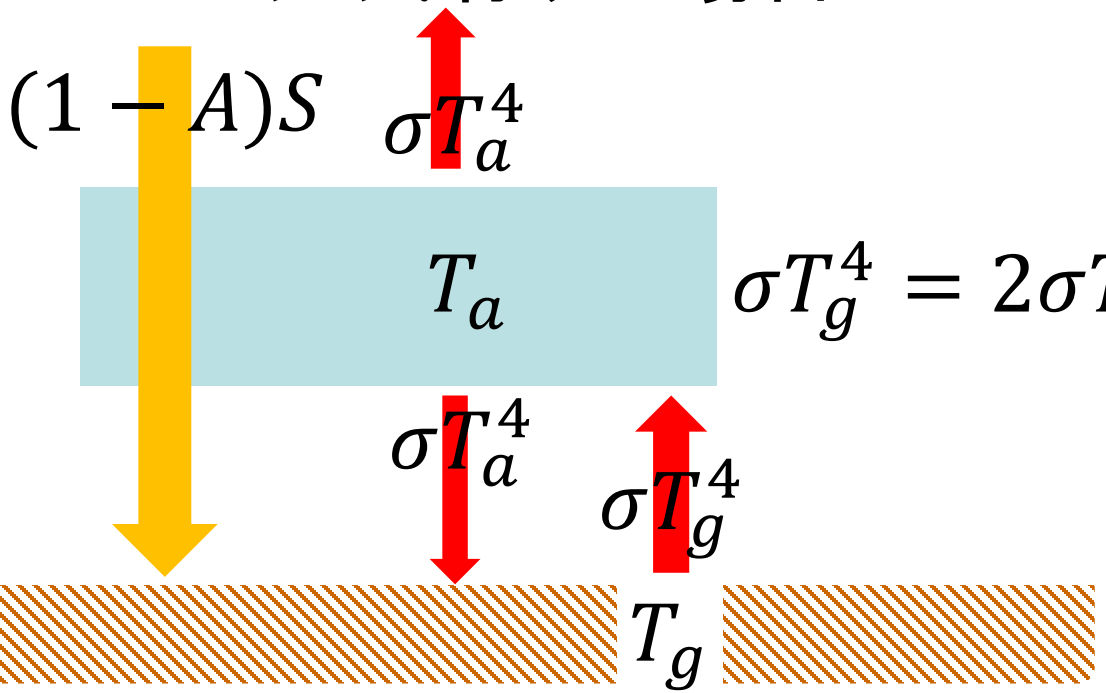
大気無しの場合



$$(1-A)S = \sigma T_g^4$$

$$T_g = \sqrt[4]{\frac{(1-A)}{\sigma}S}$$

大気有りの場合



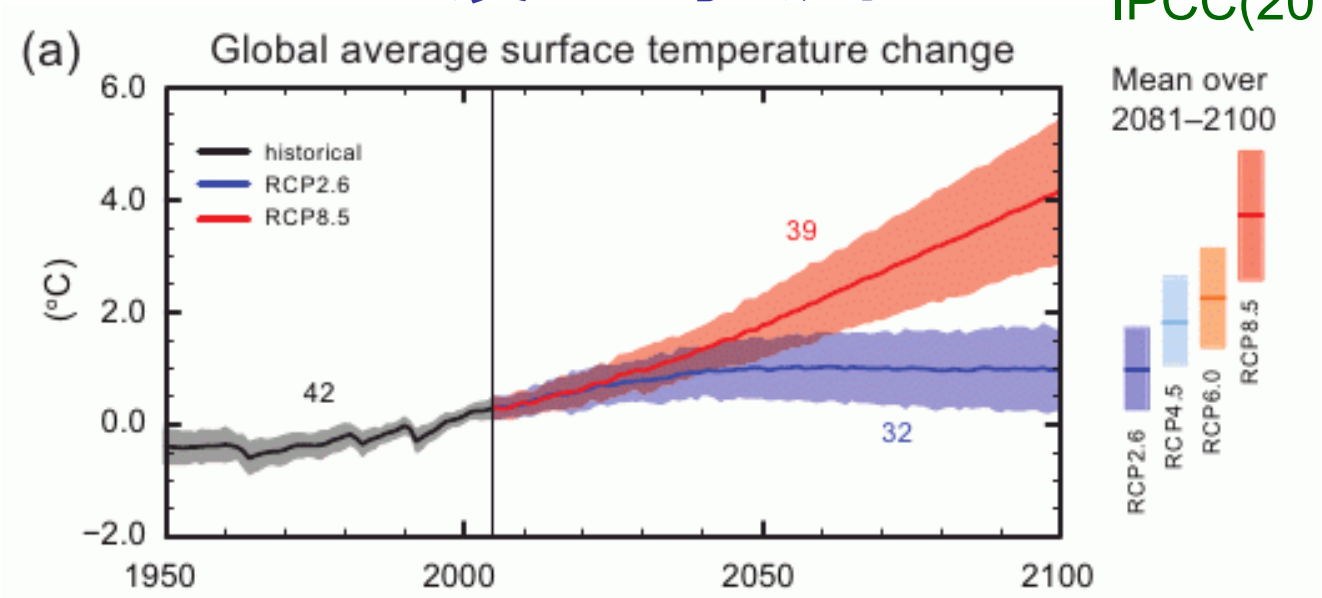
$$(1-A)S + \sigma T_a^4 = \sigma T_g^4$$

$$T_g = \sqrt[4]{2\frac{(1-A)}{\sigma}S}$$

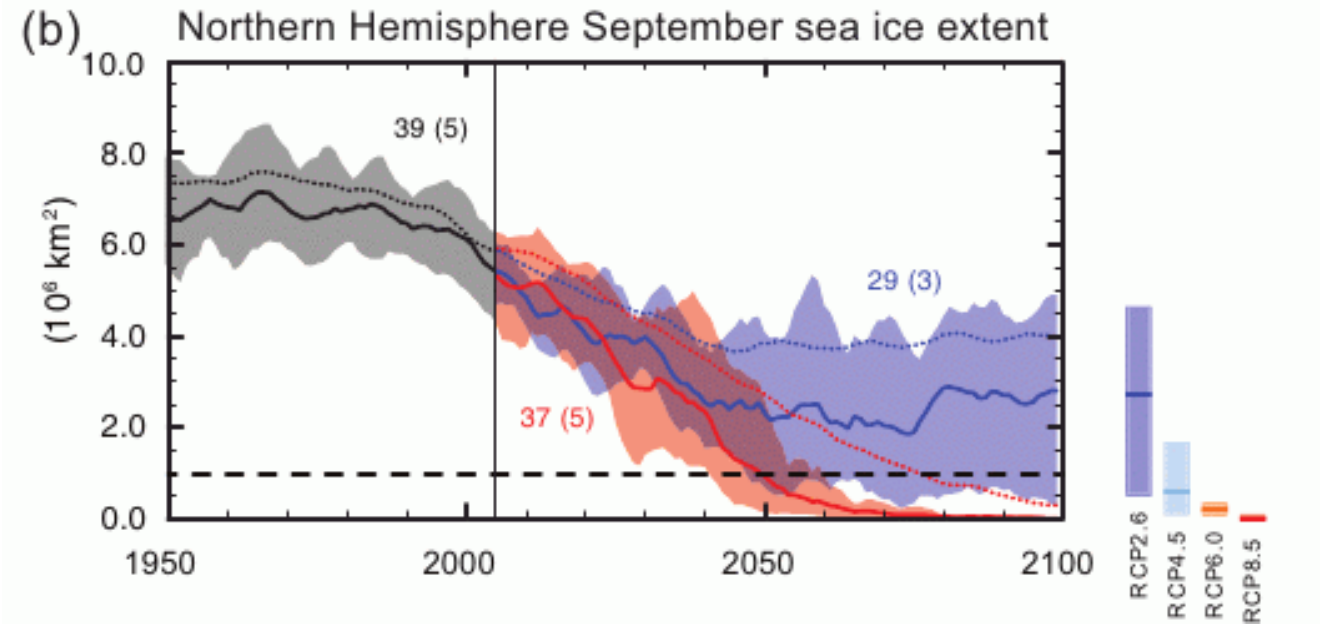
温暖化予測

IPCC(2013)

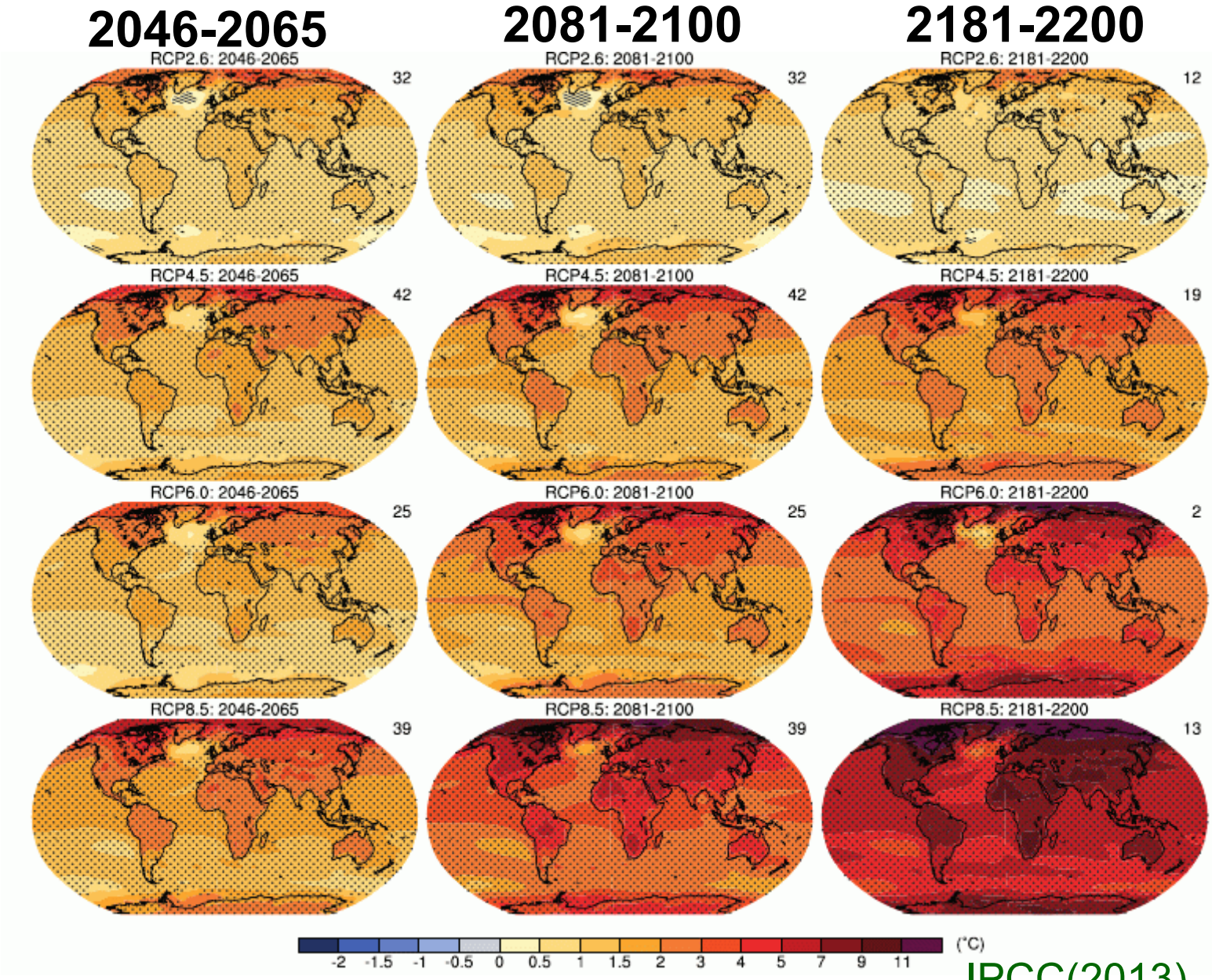
世界平均
地上温度



9月の
北半球
海氷量



年平均地上気温の変化の予測



IPCC(2013)

氷期-間氷期サイクル

時間スケール：数万年

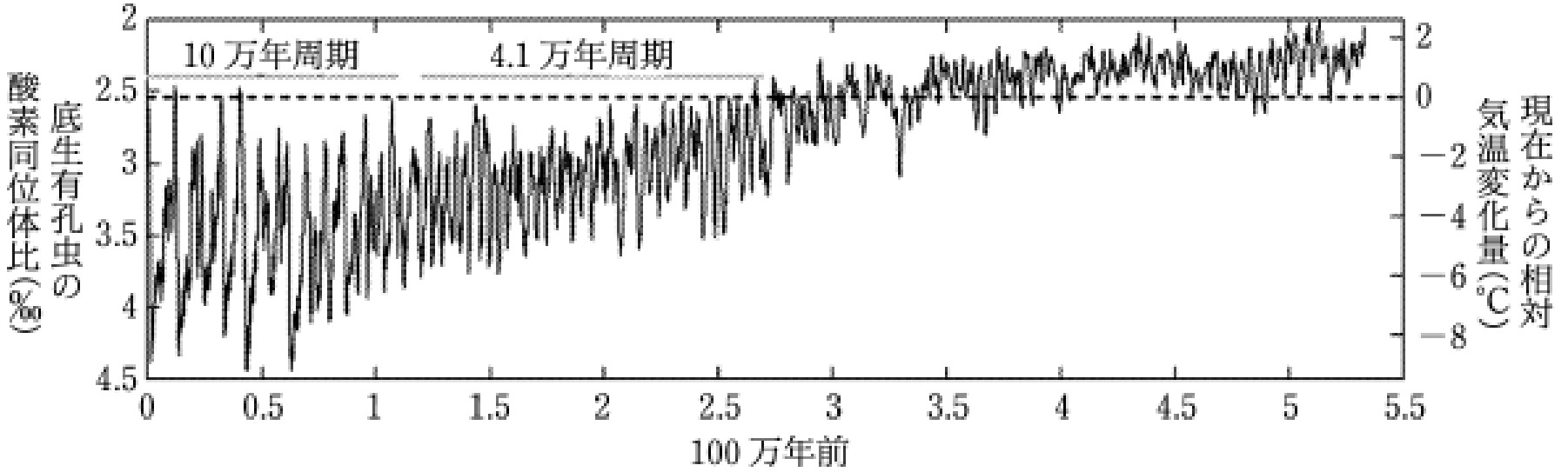
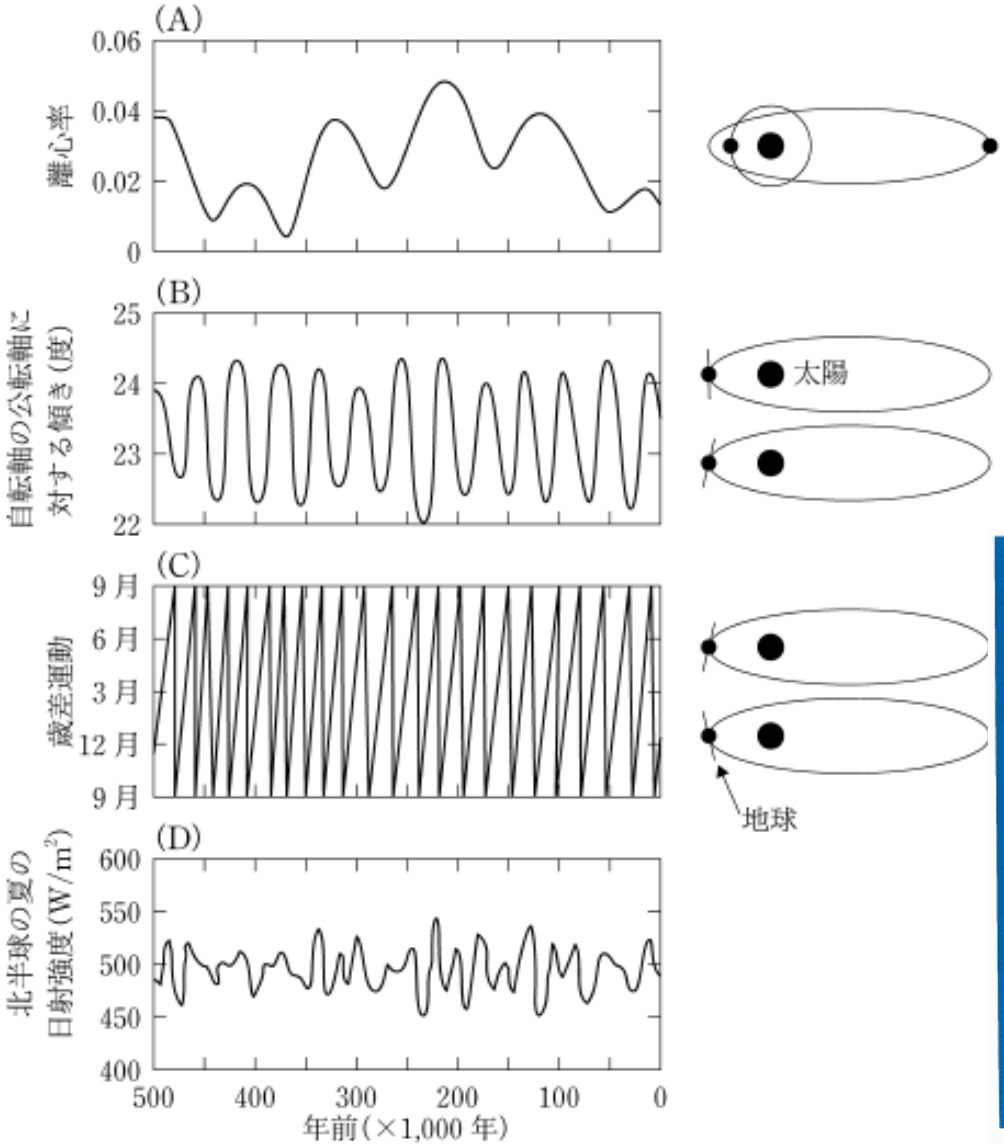
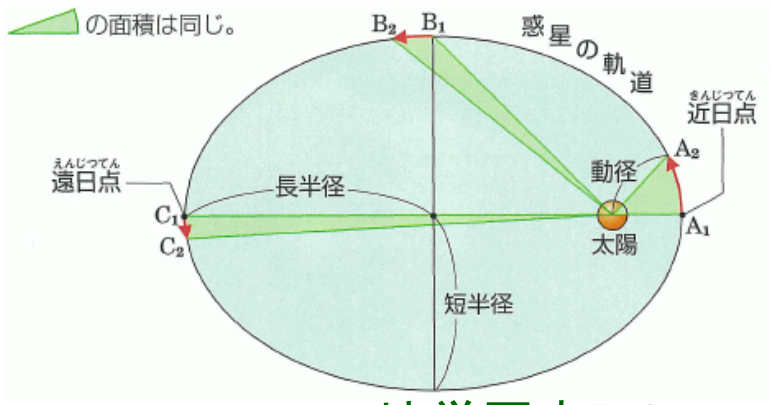


図 27.6　世界各地の海底コアの底生有孔虫による過去 500 万年間の酸素同位体比($\delta^{18}O$ ‰)の変化とそれを指標とした相対的気温変化(Lisiecki and Raymo, 2005 をもとに作成)

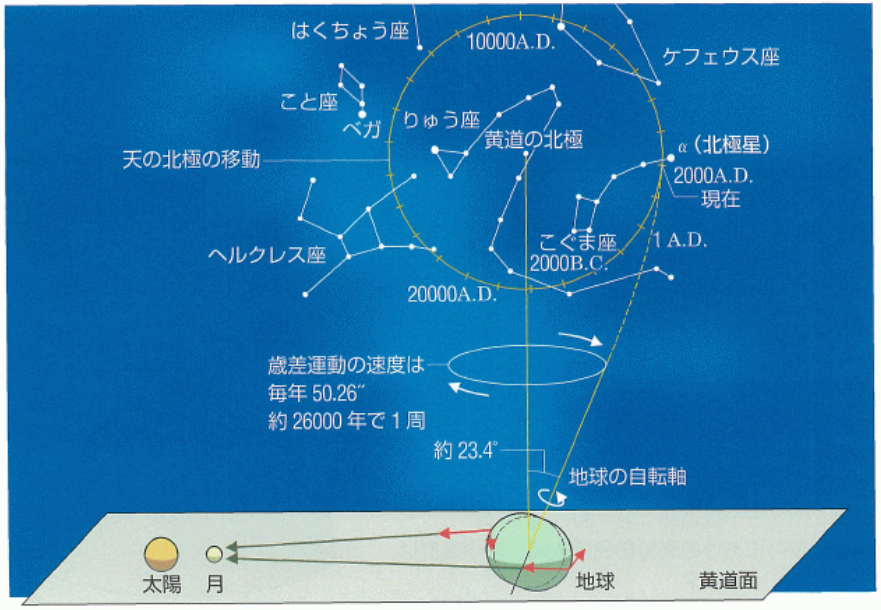
地球惑星科学入門第2版p324

ミランコビッチサイクル





地学図表P.157



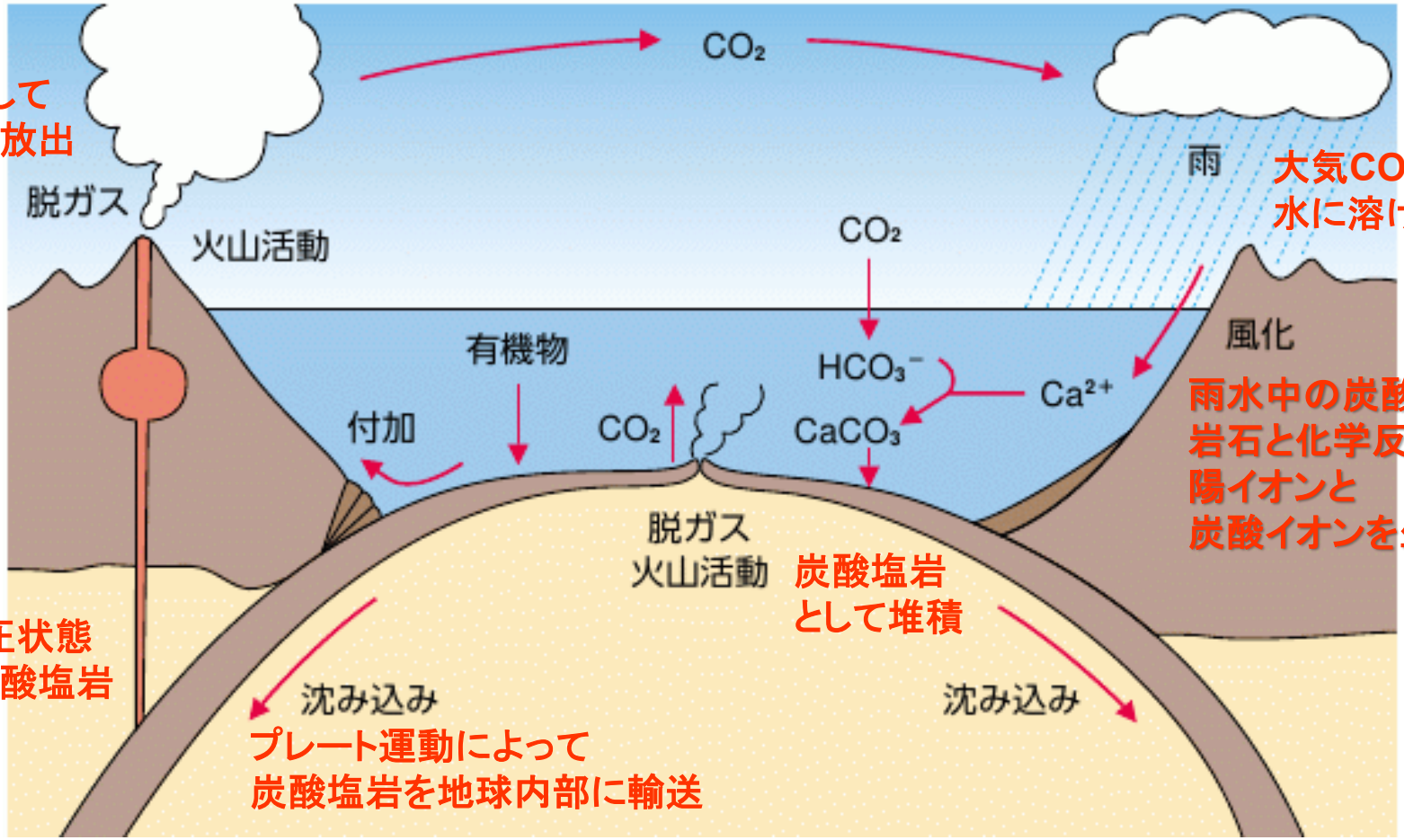
地球惑星科学入門第2版p208

地学図表P.153

炭素循環

10億年スケールの炭素循環

時間スケール：数億年

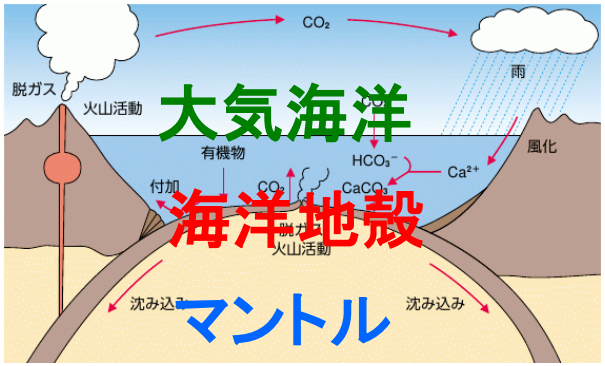


年スケールの炭素循環も存在する
（詳しくは地球惑星科学入門 p.341）

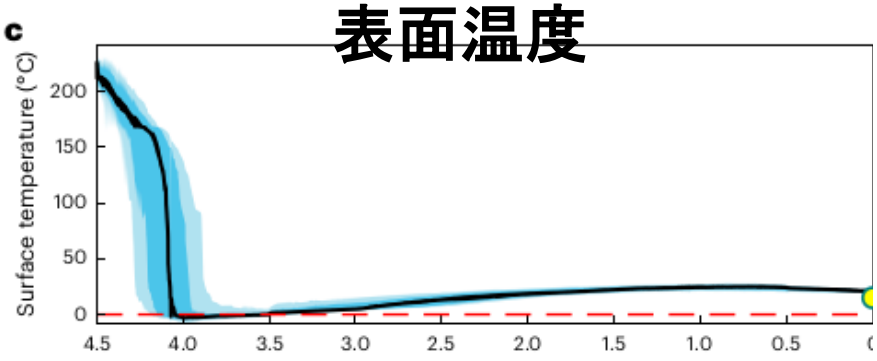
地学図表P.211

炭素循環モデルの結果

- 地球形成期は高温・厚いCO_2大気
- 炭素循環により大気CO_2量・温度は減少
  （ただし結果は大陸の成長曲線に強く依存）

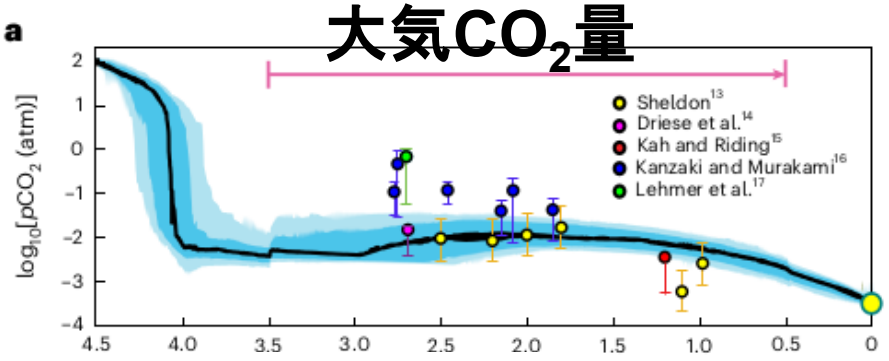


表面温度



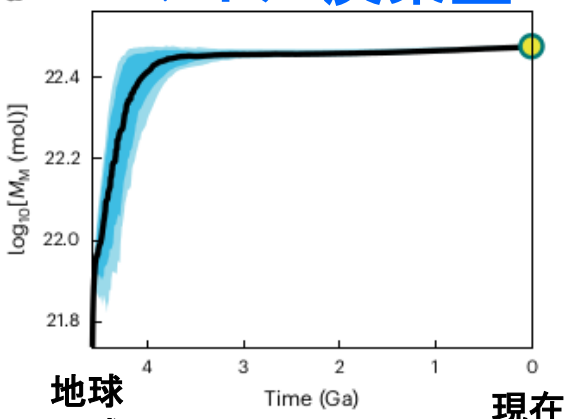
地球形成　時間（Ga：10億年前）　現在

大気CO_2量



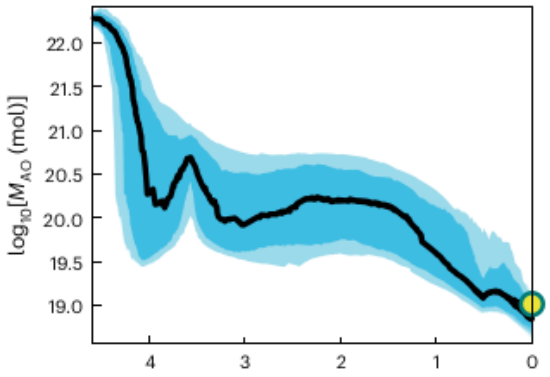
時間（Ga：10億年前）

マントル炭素量



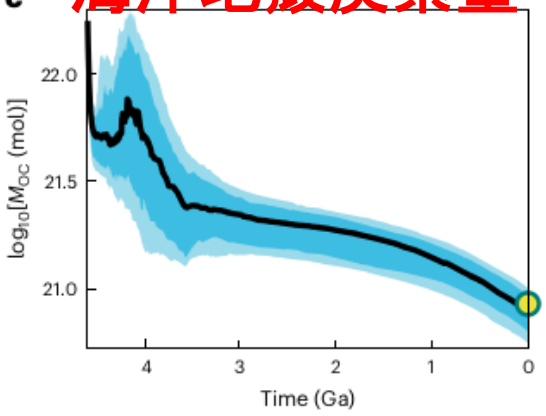
地球形成　現在

大気海洋炭素量



時間（Ga：10億年前）

海洋地殻炭素量



Guo and Korenaga (2025) Nature Geo Science, 18

雪玉地球仮説

- 原生代の後期(約７億年前)に全球凍結した可能性
  - もともとKirshvinkが指摘



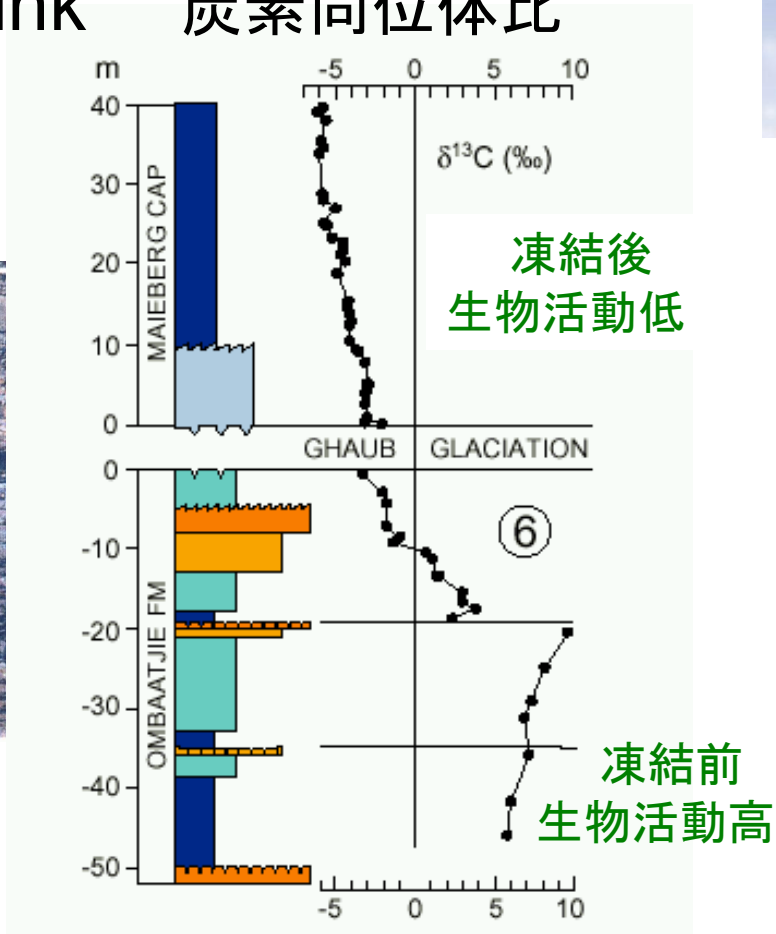
http://ksjtracker.mit.edu/2007/12/06/afp-toronto-star-etc-that-snowball-earth-scenario-of-700-million-years-ago-maybe-it-was-a-snowball/より転載

氷河堆積物



川上 (2000)，科学 vol.70

炭素同位体比



Hoffman et al. (1998)

前回のミニレポート

- 答えるべきことは2つ
  - 〆切は11/22 (日)　期間が長い！

1. 海洋の潮汐について150字以内で説明する文章を作れ
   - 質・量ともに完成度の非常に高い文章を作ってください。複数の情報源を使うのが重要
2. 上記の文章を作成するにあたってどのような作業・工夫を行ったか（どれだけ労力を費やしたかか）を200字程度で説明せよ
   - どれほど多くの情報源にあたったか？
   - 生成AIの回答に対して、正誤確認をどのようにおこなったか？どのような修正指示を出したか？