

地球惑星科学II

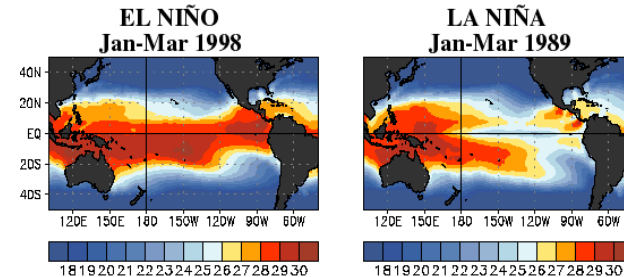
第7回

2025年11月20日

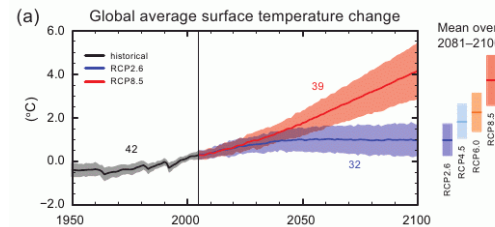
今日のテーマ

- 気候は変動する

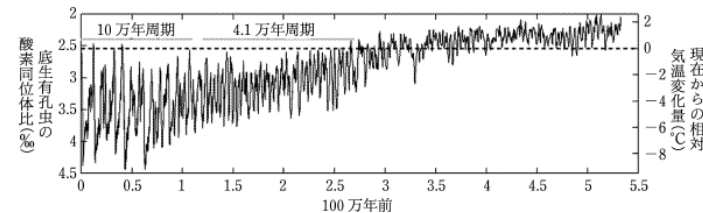
- エルニーニョ
(数年スケール)



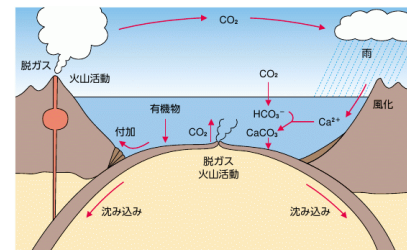
- 地球温暖化
(100年スケール)



- 氷期・間氷期サイクル
(数万年スケール)

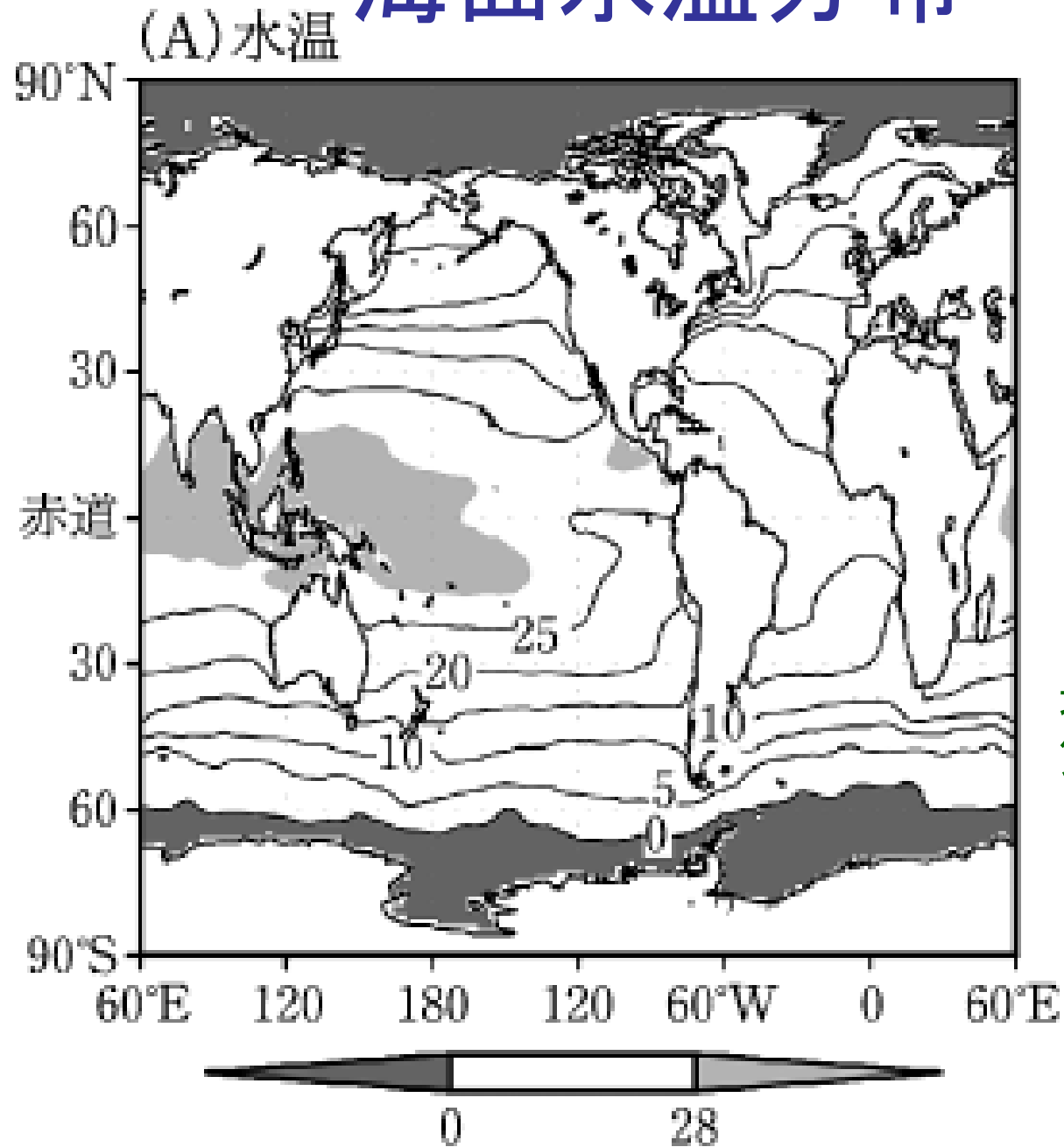


- 炭素循環
(10億年スケール)



- 参照: 地球惑星科学入門27章、28章、29章

海面水温分布

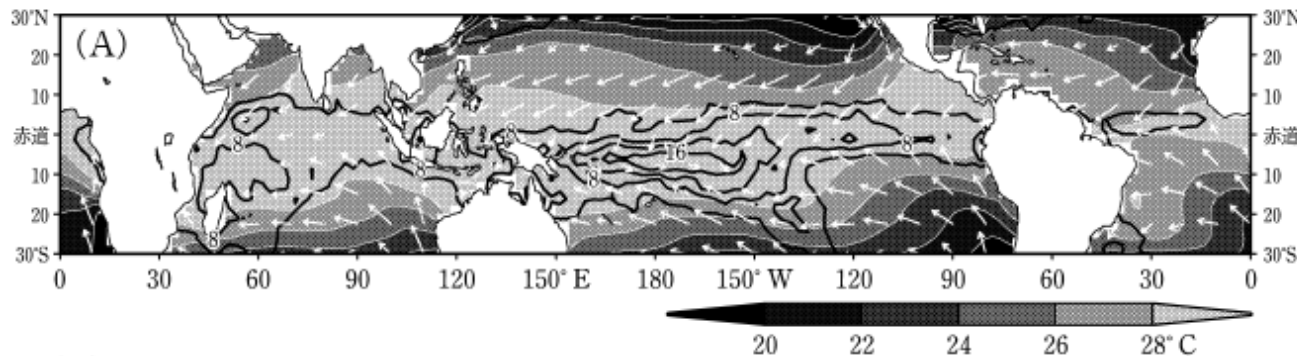


地球惑星科学入門
第2版p279

エルニーニョとラニーニャ

時間スケール: 数年

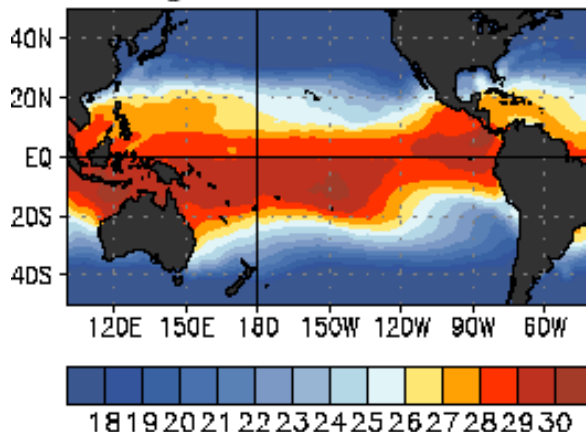
エルニーニョ時の海面水温



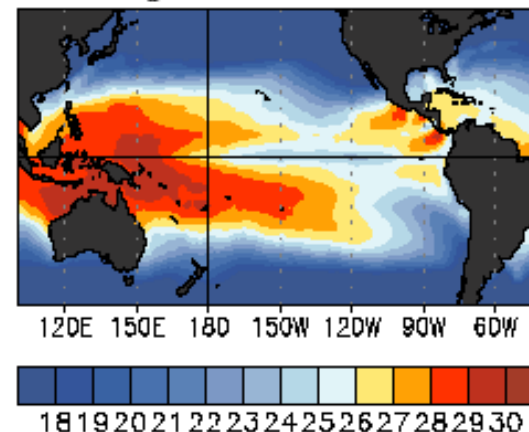
地球惑星科学入門
326

海水面
温度

EL NIÑO
Jan-Mar 1998



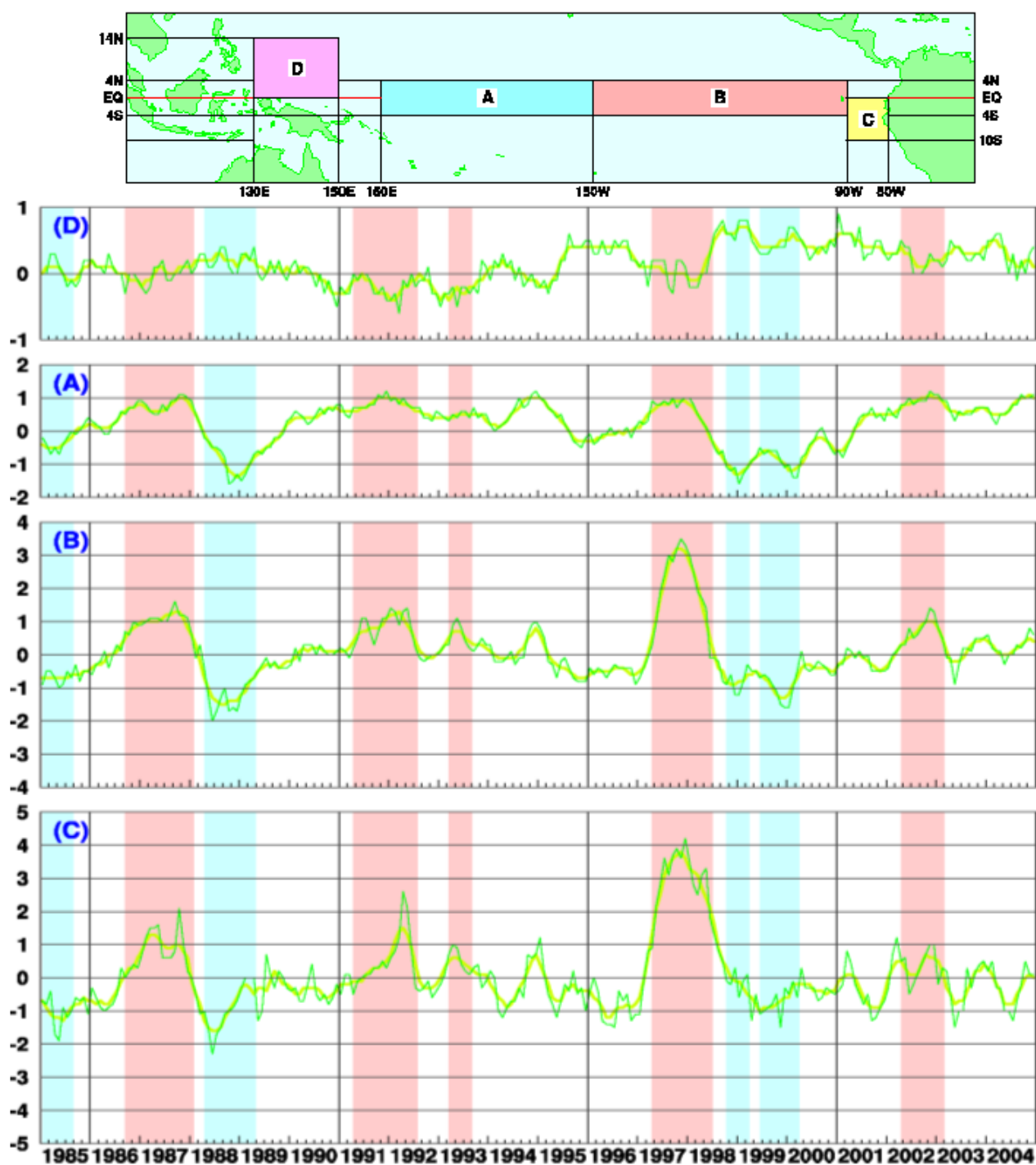
LA NIÑA
Jan-Mar 1989



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

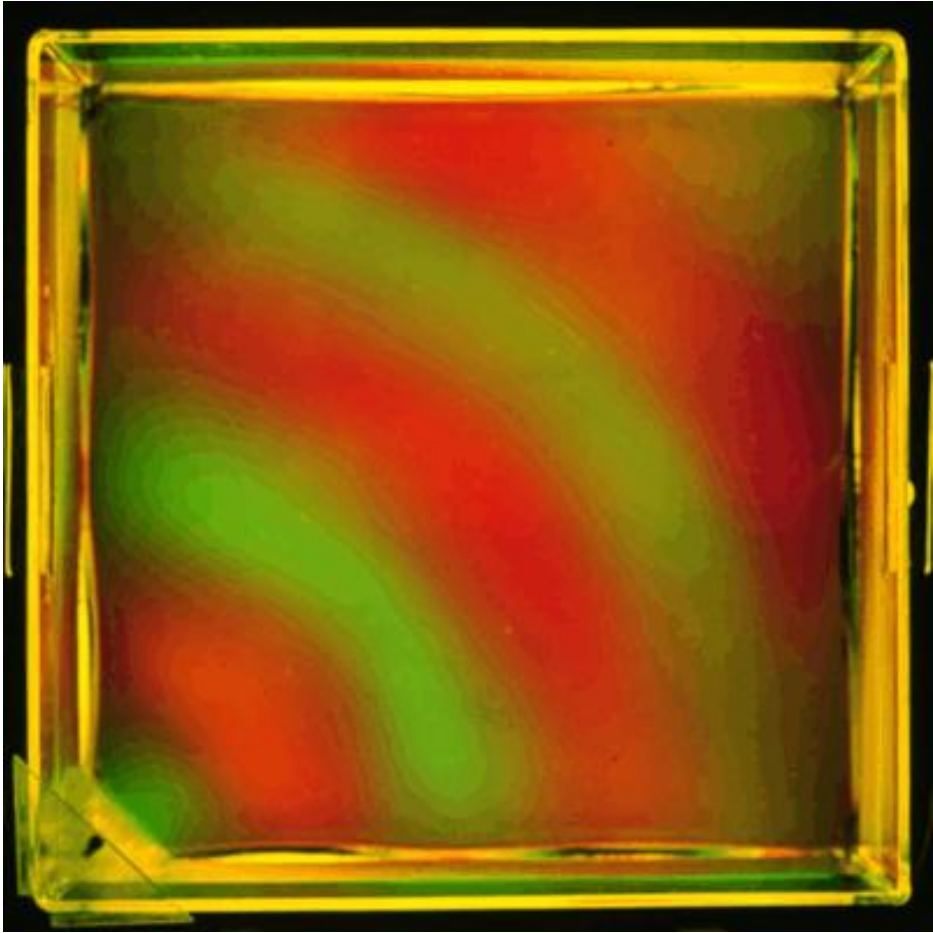
ENSO (エルニーニョ/南方振動の英語頭文字をとったもの)
と呼ばれることもある

南方振動

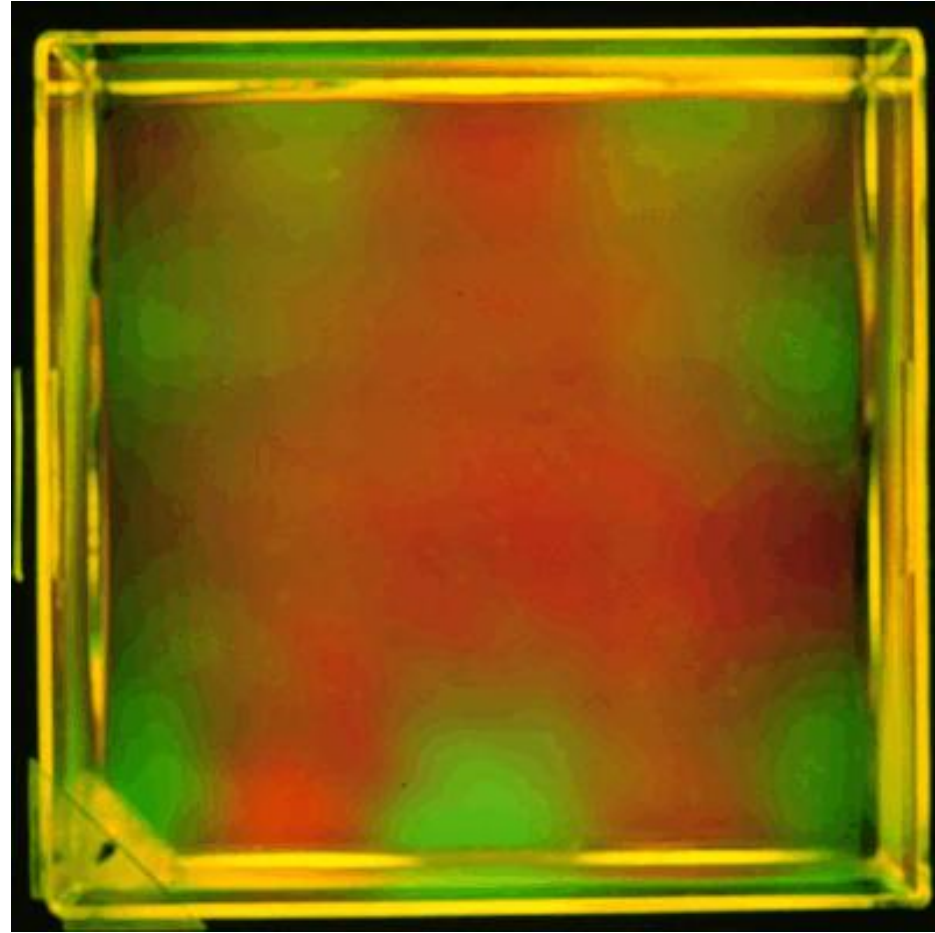


http://www.data.kishou.go.jp/Climate/cpdinfo/climate_change/2005/1.5.1.html より転載

赤道の波



重力波
(系が回転していない)

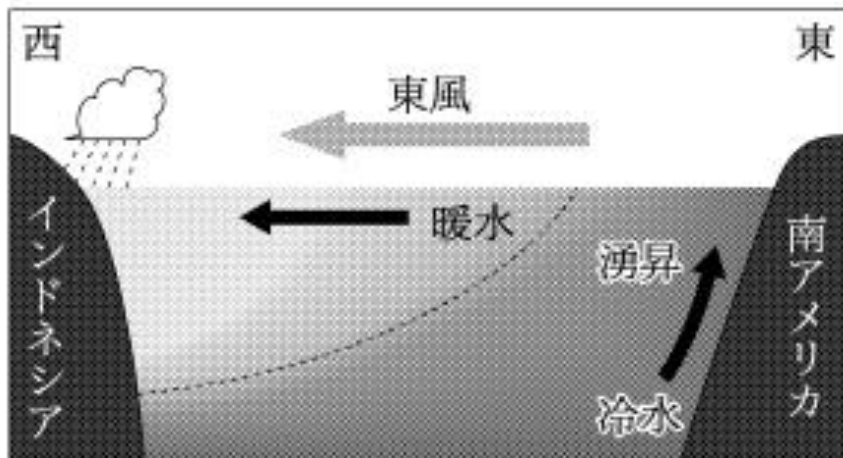


ケルビン波
(系が回転している)

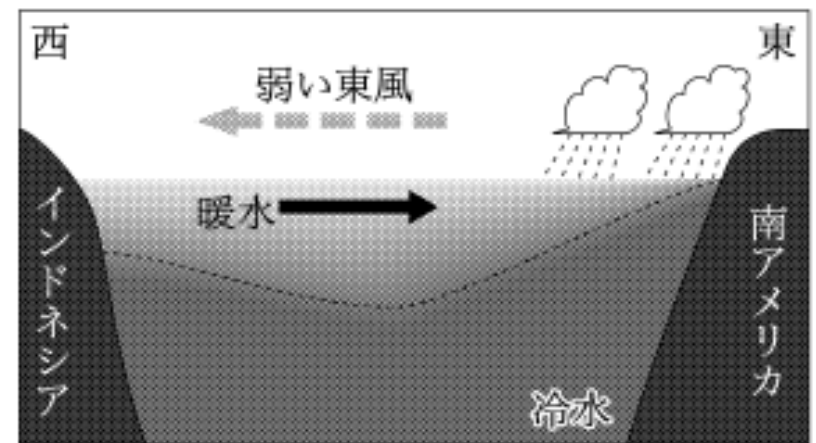
http://www.gfd-dennou.org/library/gfd_exp/index.htm

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

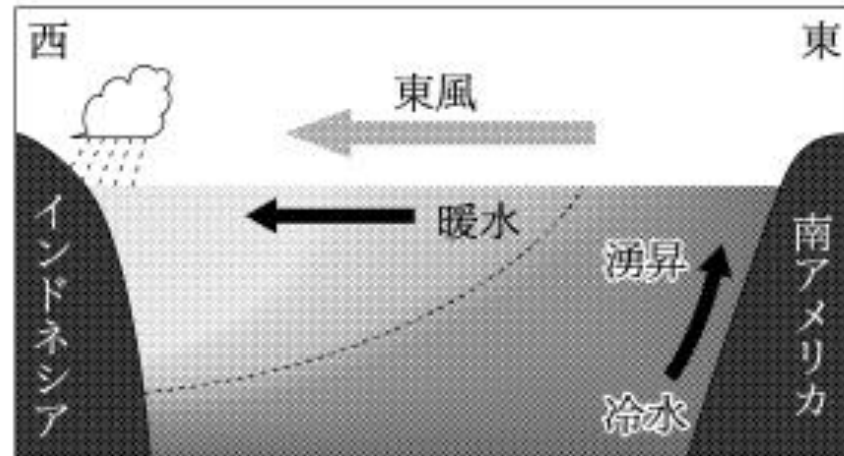
$$T = \frac{L}{v}$$

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

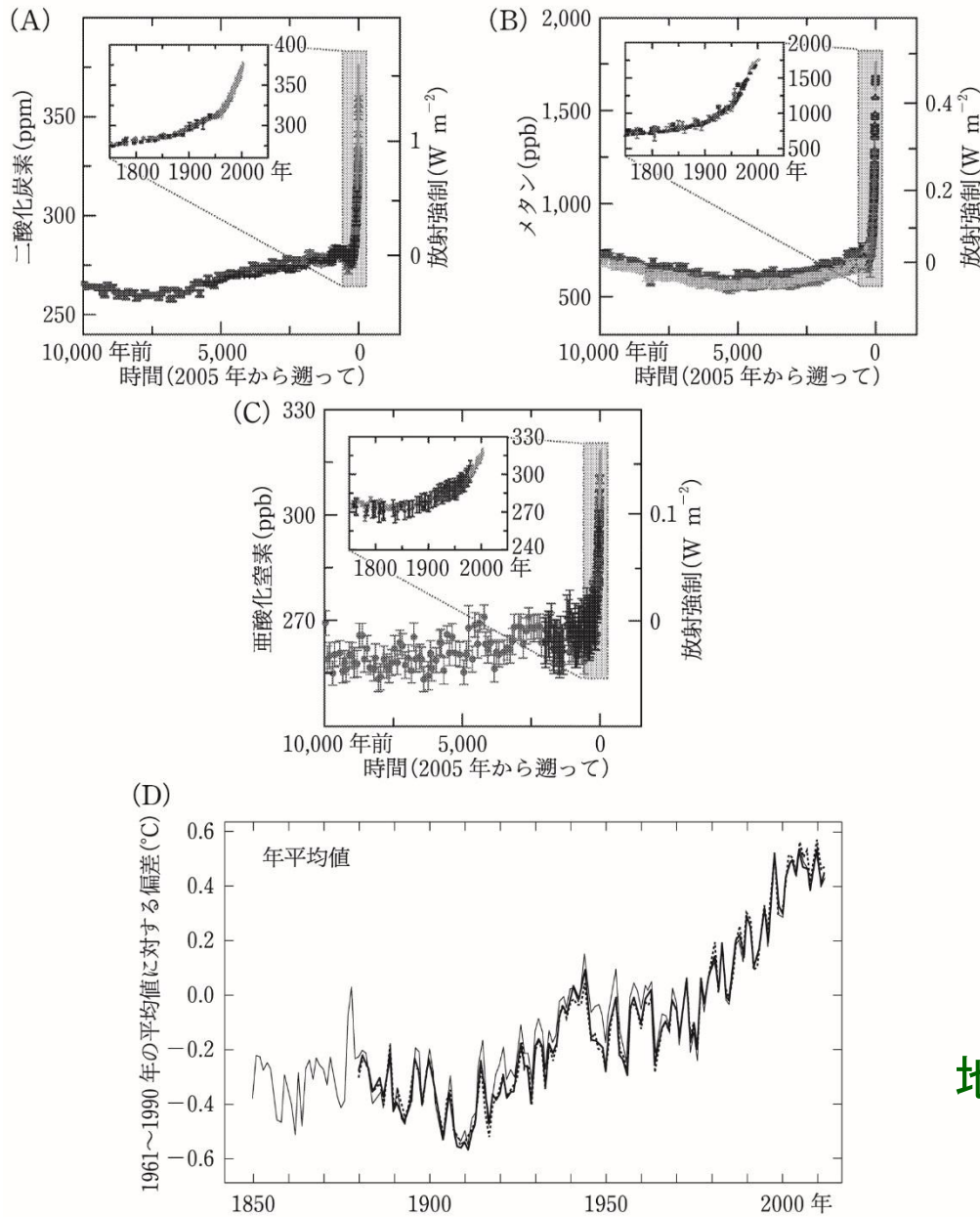


$$L = 2\pi R \times \frac{150}{360} = (4.0 \times 10^7 \text{ m}) \times \frac{150}{360} \sim 2.0 \times 10^7 \text{ m}$$

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

地球温暖化

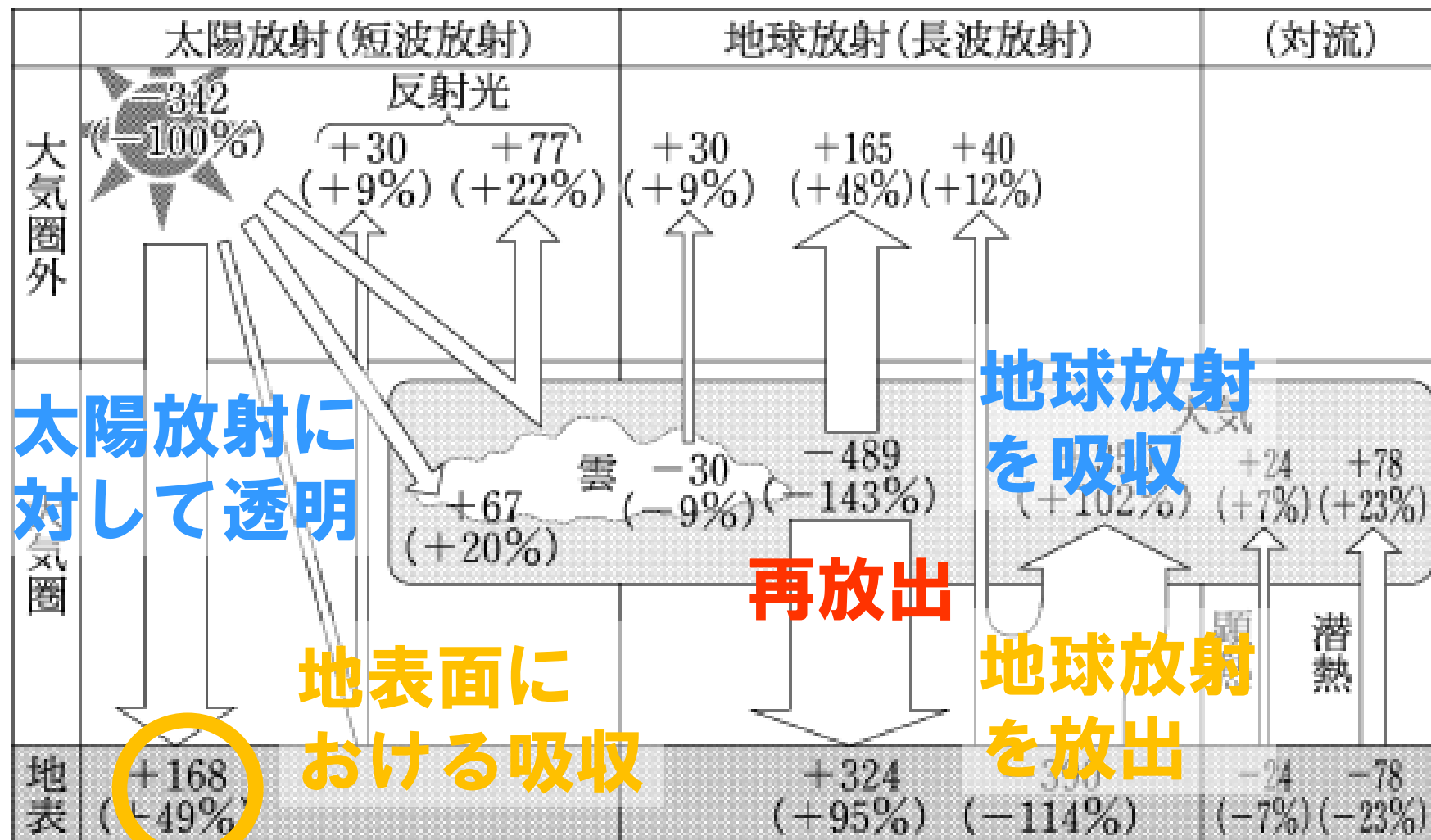
時間スケール: 数10年



地球惑星科学入門第2版p338

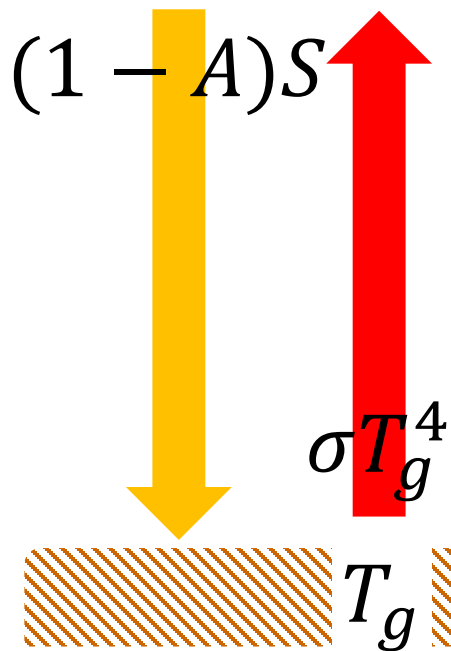
温室効果

地球惑星科学入門P.224



温室効果：式を用いた説明

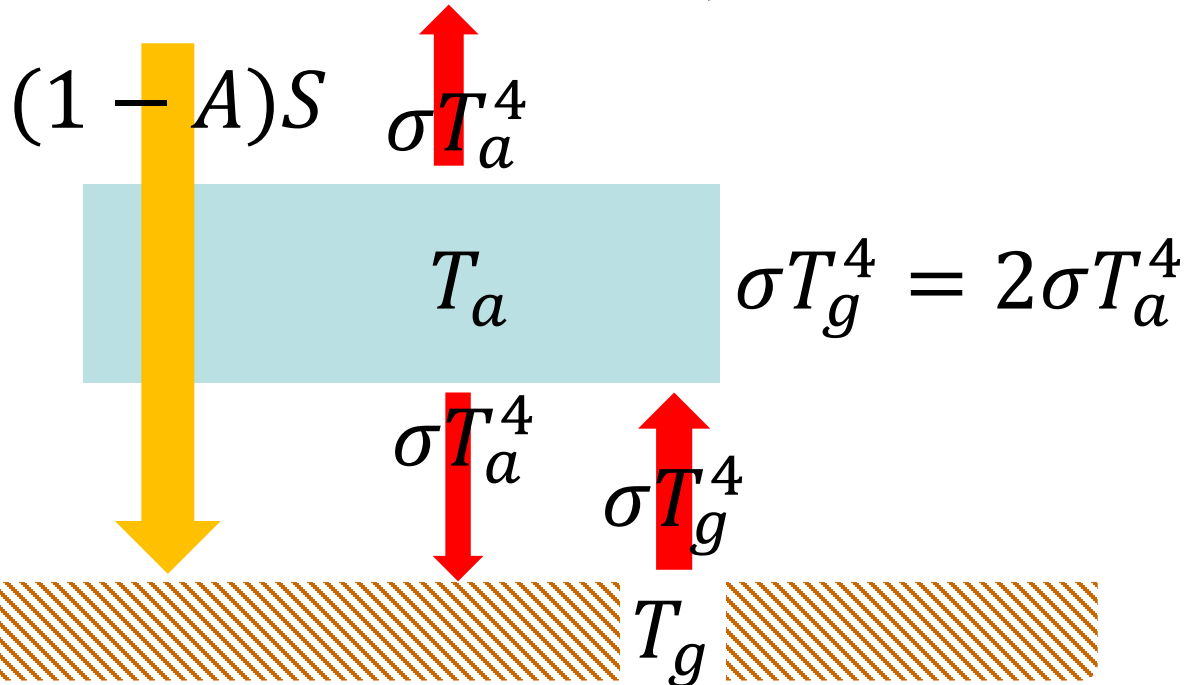
大気無しの場合



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

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

大気有りの場合



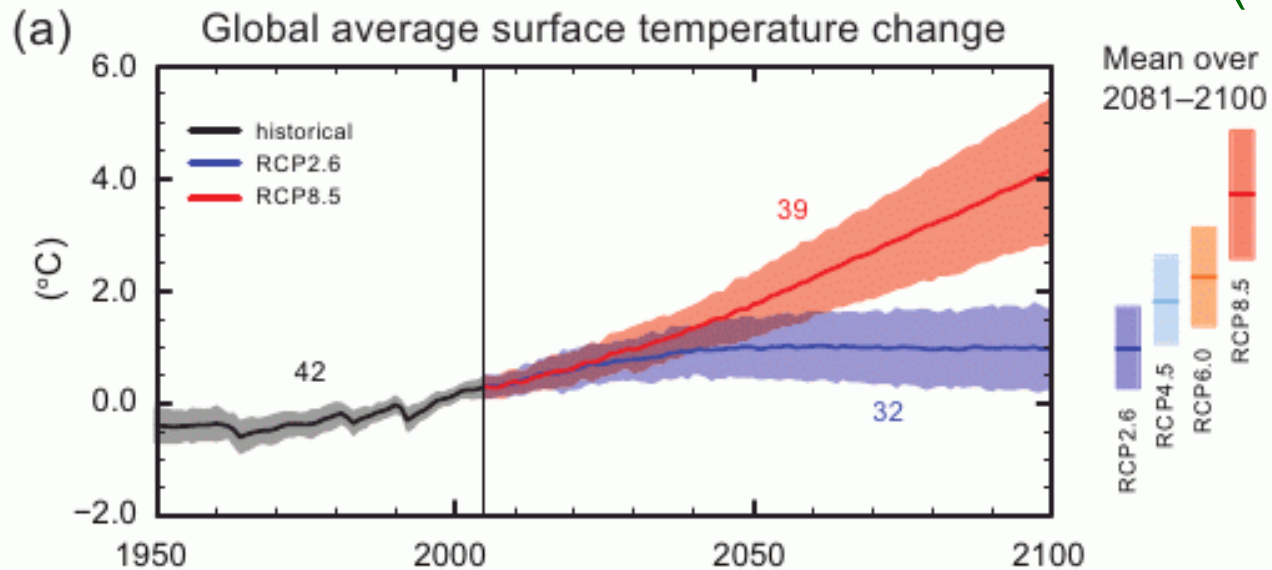
$$(1-A)S + \sigma T_a^4 = \sigma T_g^4$$

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

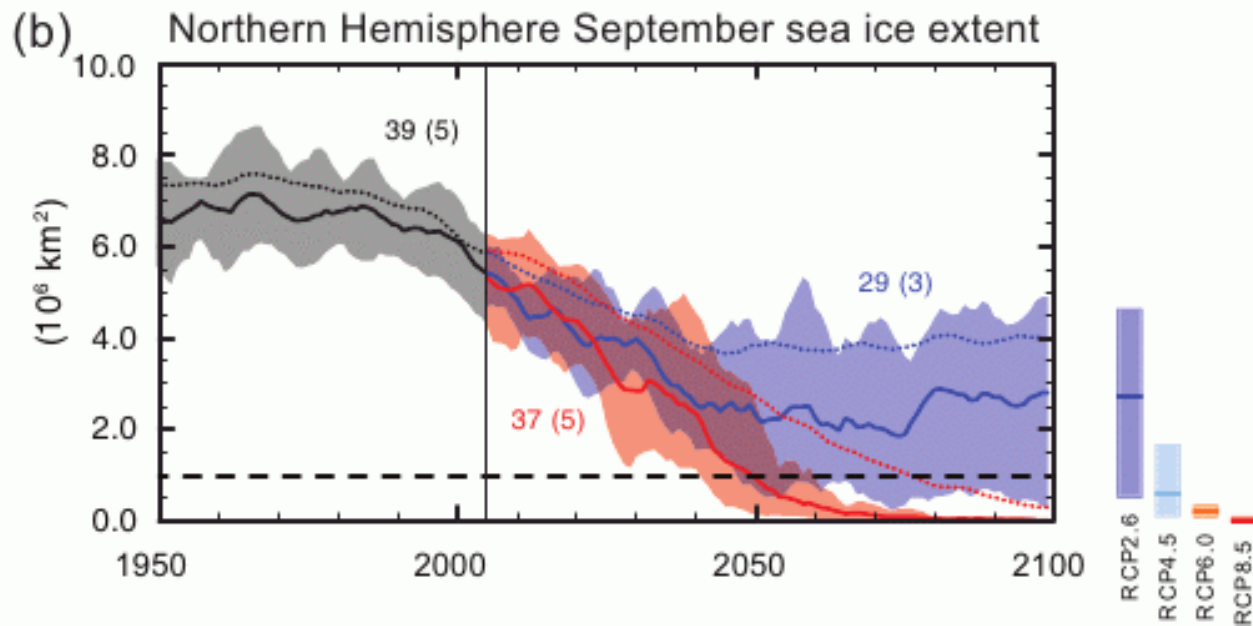
温暖化予測

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

2046-2065

2081-2100

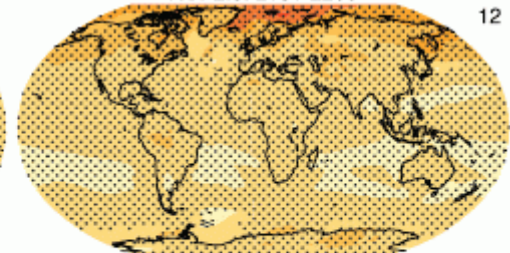
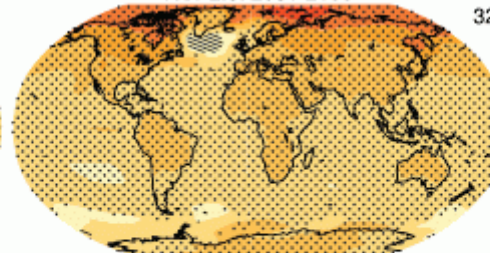
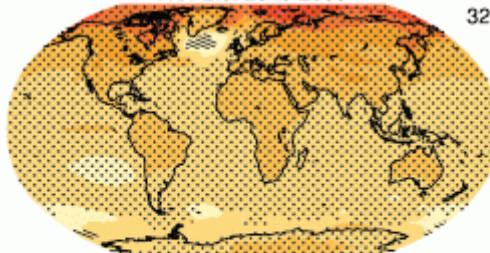
2181-2200

RCP2.6: 2046-2065

RCP2.6: 2081-2100

RCP2.6: 2181-2200

RCP2.6

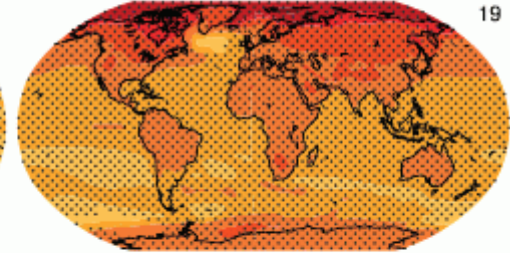
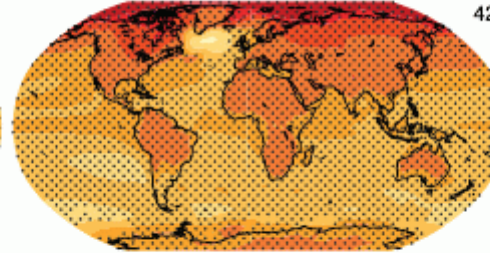
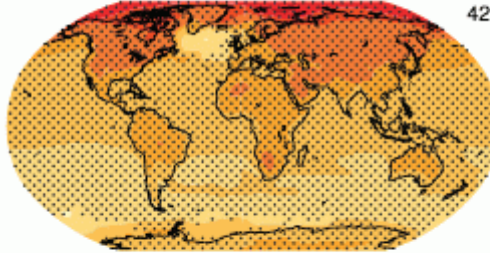


RCP4.5: 2046-2065

RCP4.5: 2081-2100

RCP4.5: 2181-2200

RCP4.5

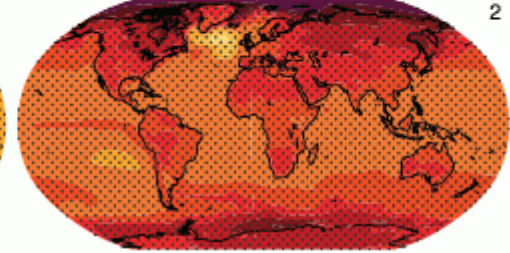
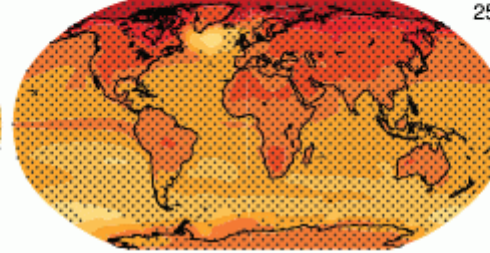
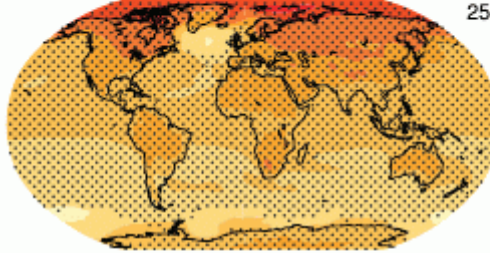


RCP6.0: 2046-2065

RCP6.0: 2081-2100

RCP6.0: 2181-2200

RCP6.0

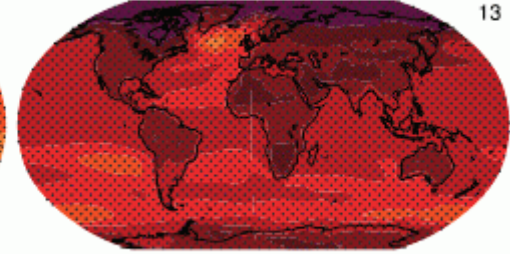
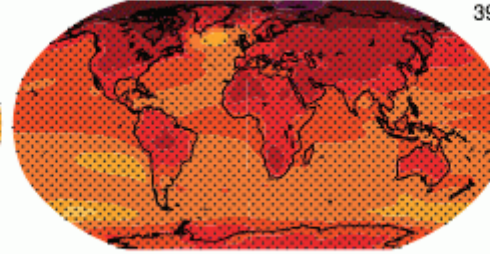
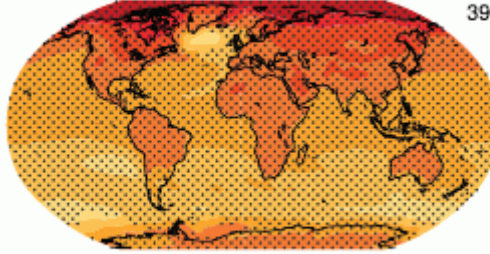


RCP8.5: 2046-2065

RCP8.5: 2081-2100

RCP8.5: 2181-2200

RCP8.5



IPCC(2013)

氷期・間氷期サイクル

時間スケール: 数万年

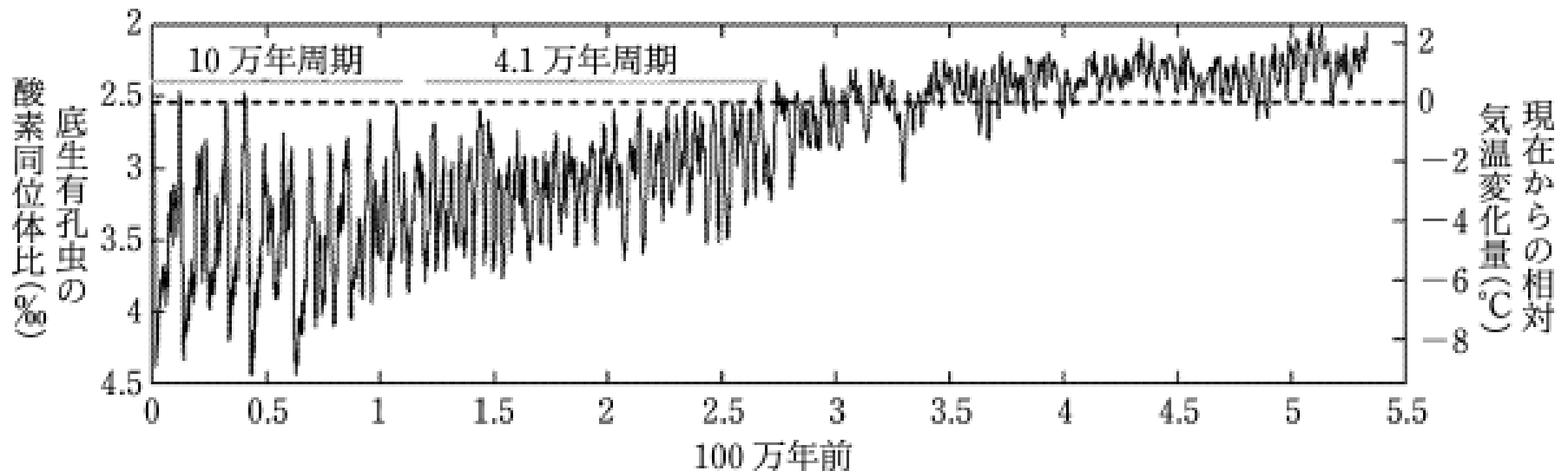
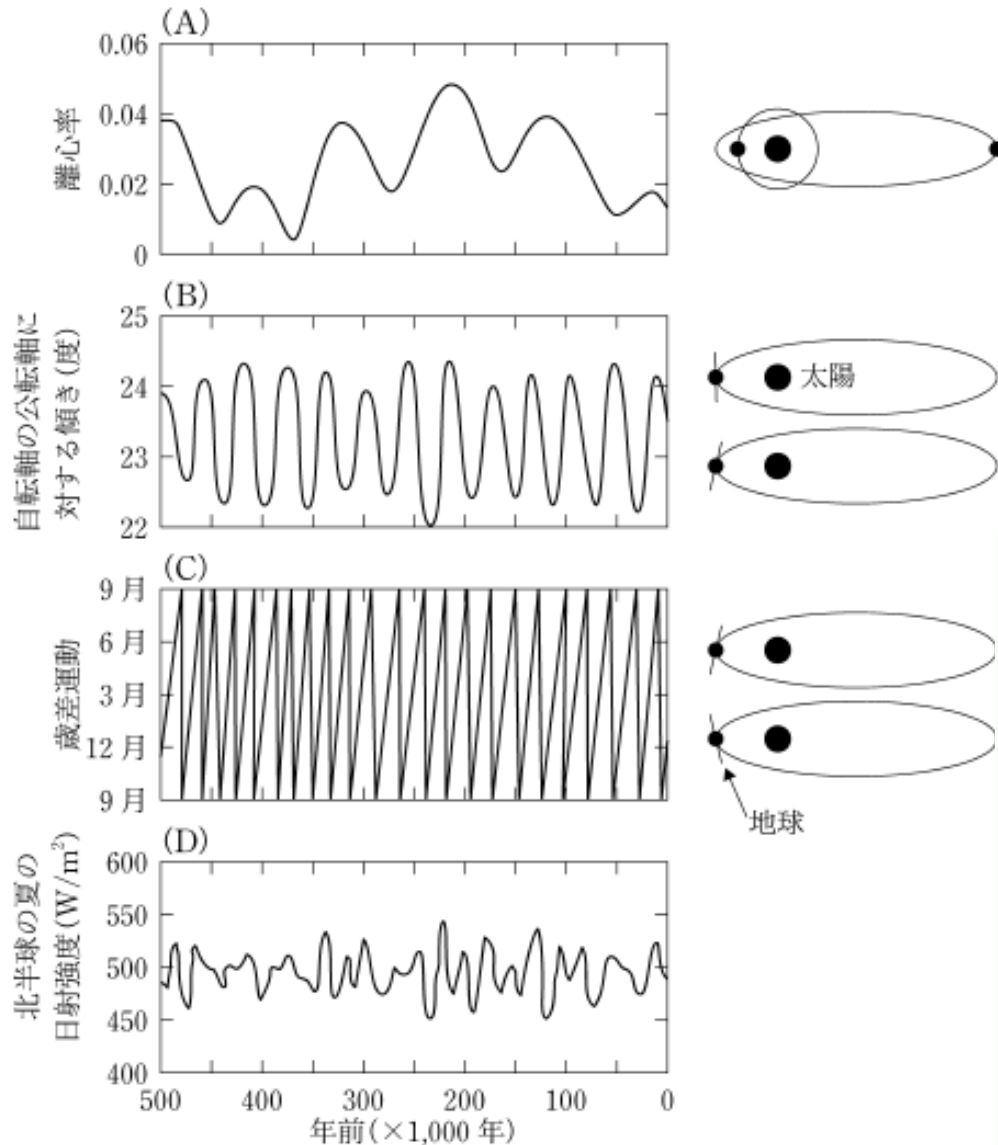


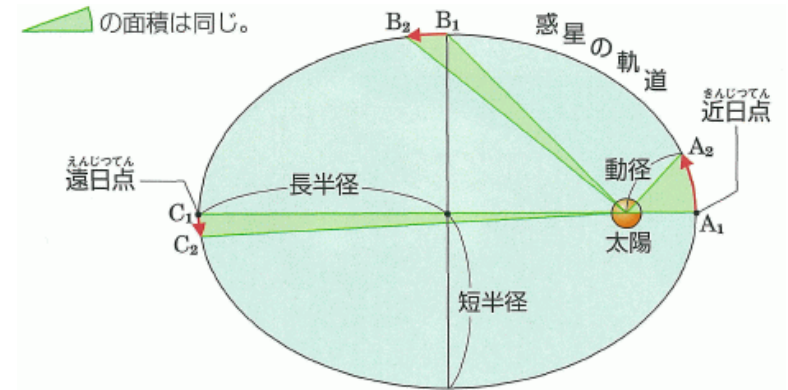
図 27.6 世界各地の海底コアの底生有孔虫による過去 500 万年間の酸素同位体比($\delta^{18}\text{O}$ ‰)の変化とそれを指標とした相対的気温変化(Lisiecki and Raymo, 2005 をもとに作成)

地球惑星科学入門第2版p324

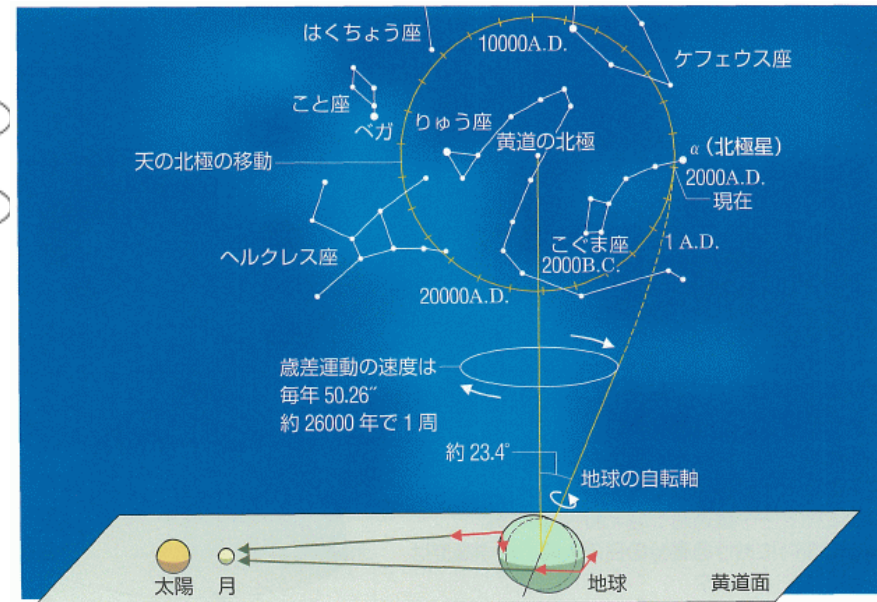
ミランコビッチサイクル



地球惑星科学入門第2版p208



地学図表P.157

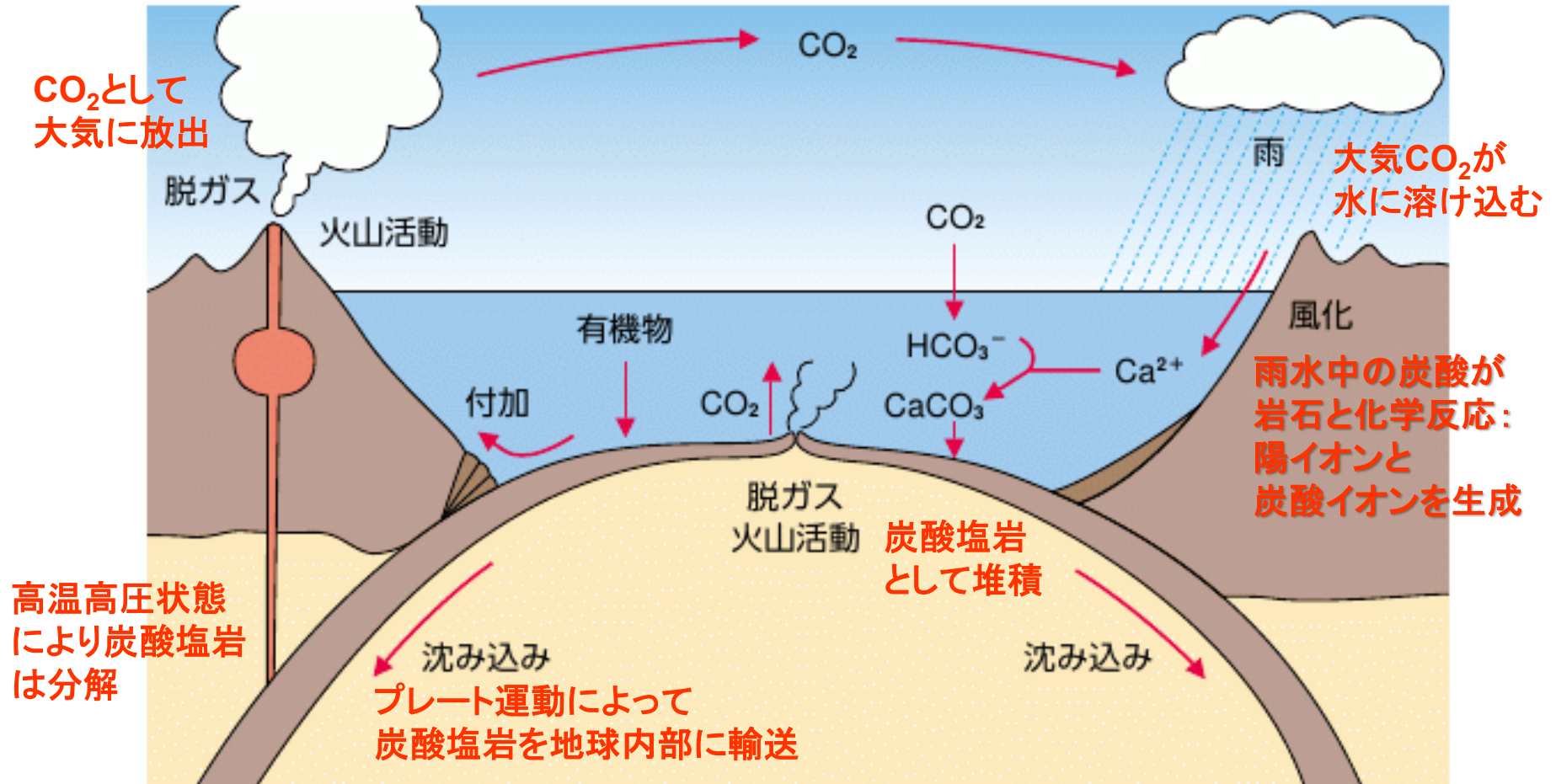


地学図表P.153

炭素循環

10億年スケールの炭素循環

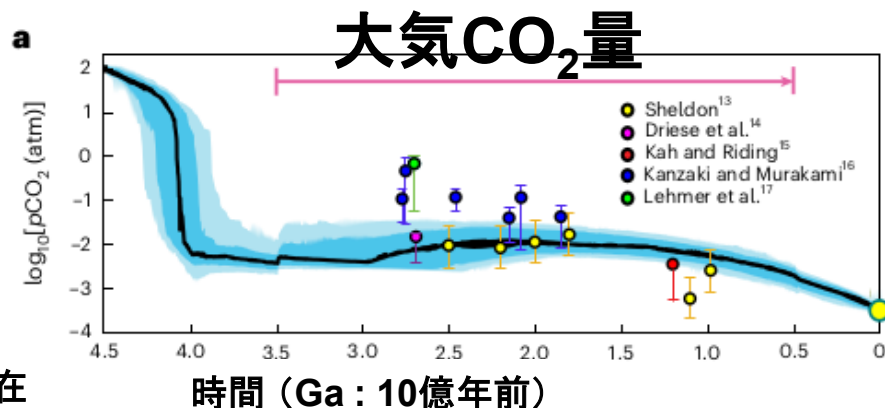
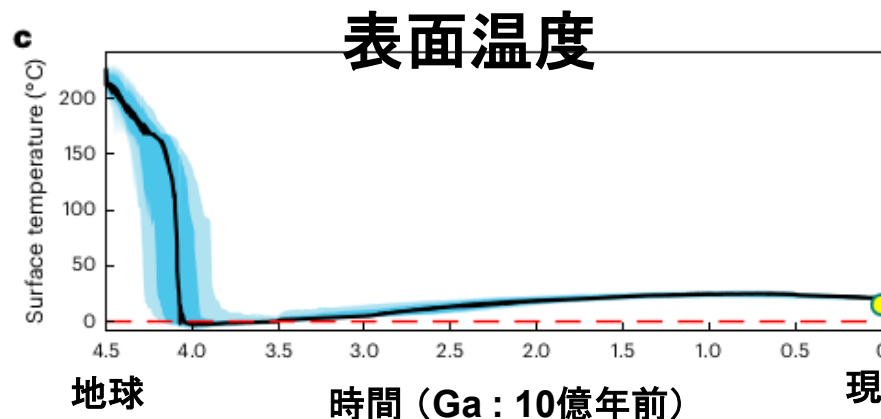
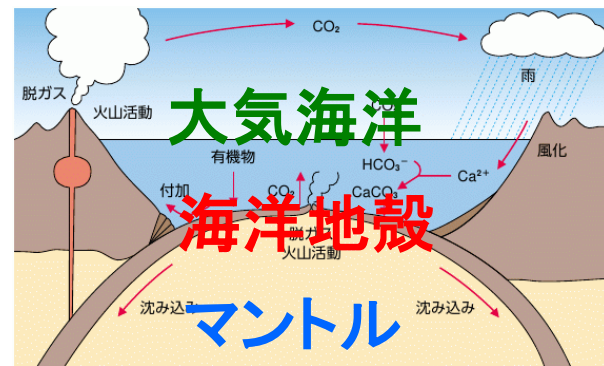
時間スケール: 数億年



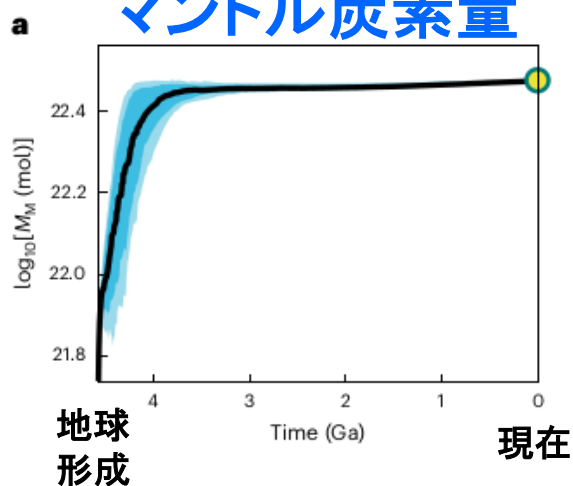
年スケールの炭素循環も存在する
(詳しくは地球惑星科学入門 p.341)

炭素循環モデルの結果

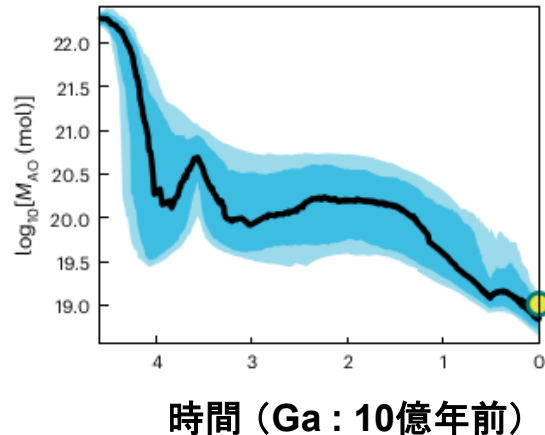
- 地球形成期は高温・厚いCO₂大気
- 炭素循環により大気CO₂量・温度は減少
(ただし結果は大陸の成長曲線に強く依存)



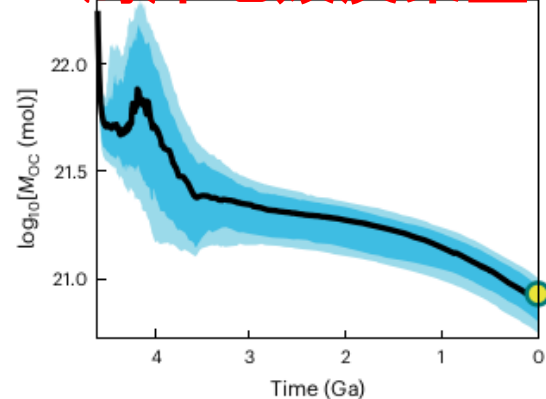
地球形成
マントル炭素量



b 大気海洋炭素量



c 海洋地殻炭素量

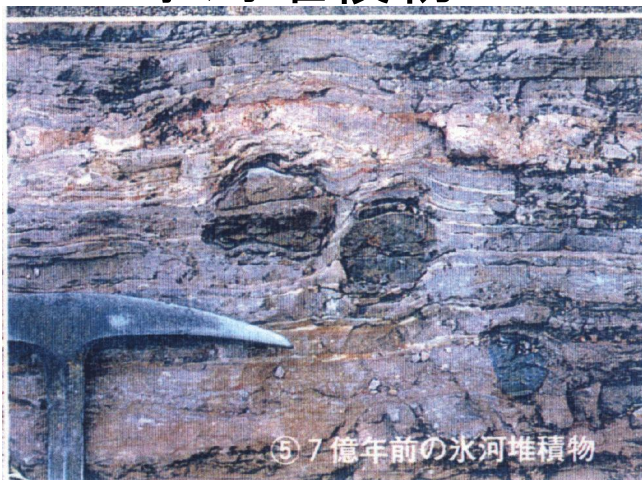


雪玉地球仮説

- 原生代の後期(約 7 億年前)に全球凍結した可能性

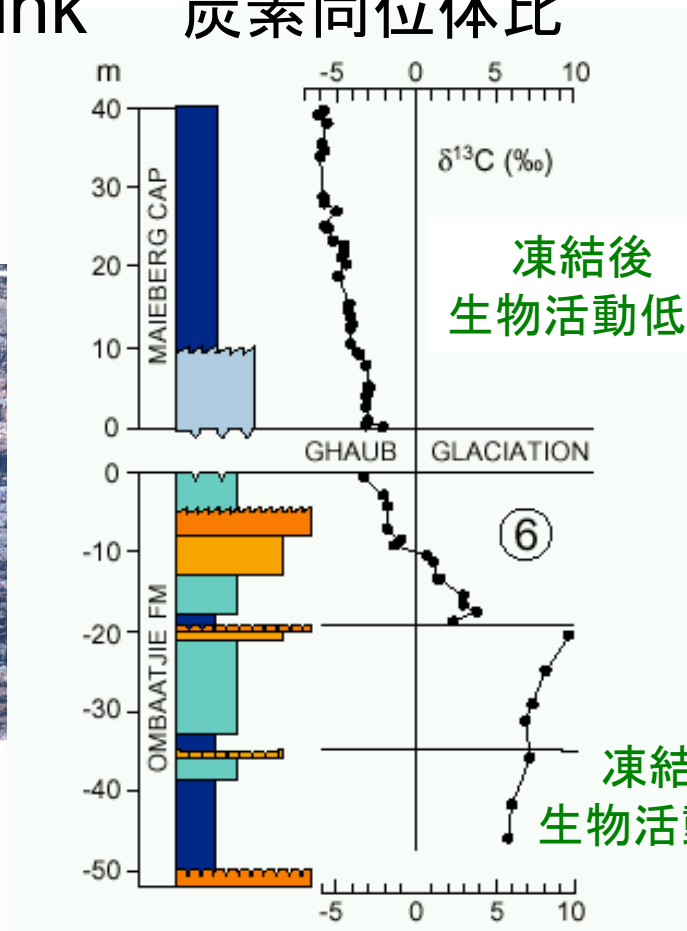
— もともとKirshvink
が指摘

氷河堆積物



川上 (2000), 科学 vol.70

炭素同位体比



Hoffman et al. (1998)



<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