

# 地球惑星科学II

## 第7回

2022年12月01日

# 前回のミニレポート

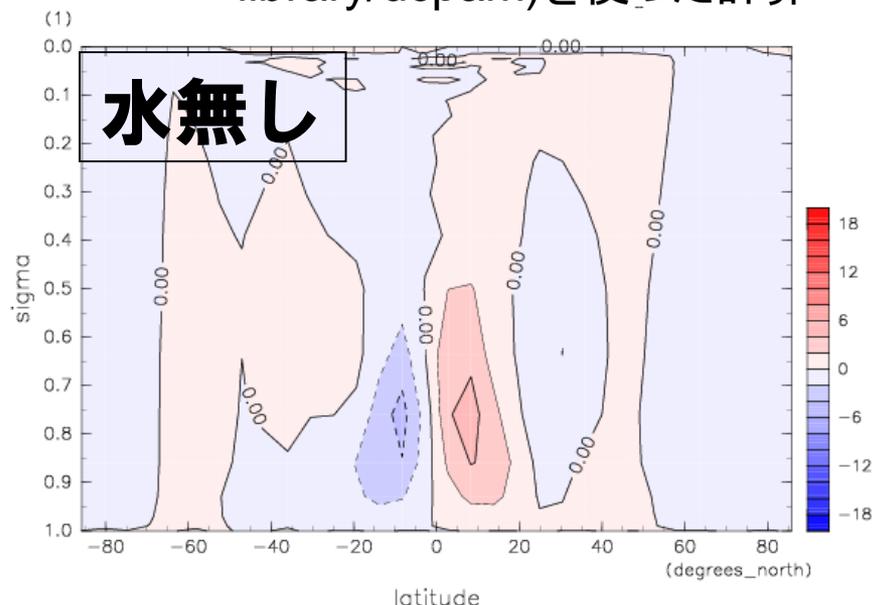
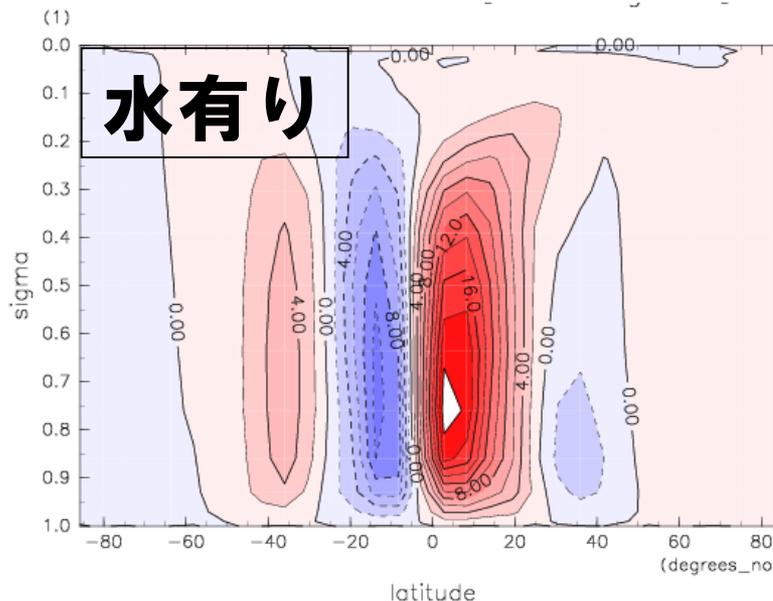
- 地球から水が無くなると気のエネルギー収支・温度分布・物質分布・循環・その他はどのように変化するか
- 解答例
  - 温度に関して
    - 温室効果が弱まる。その結果地球全体の平均温度下がる
    - 太陽放射が雲に吸収されず地表に到達するので温度が上がる
  - 大気循環に関して
    - 水によって生じる上昇気流・下降気流が無くなるので循環がなくなる

# 水有り/無しの数値計算

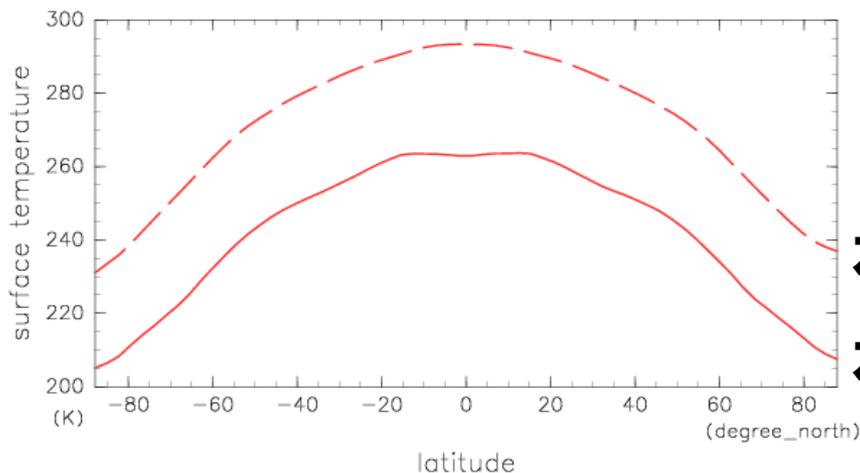
- 計算結果:

DCPAM5 (<http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam>)を使った計算

質量  
流線  
関数



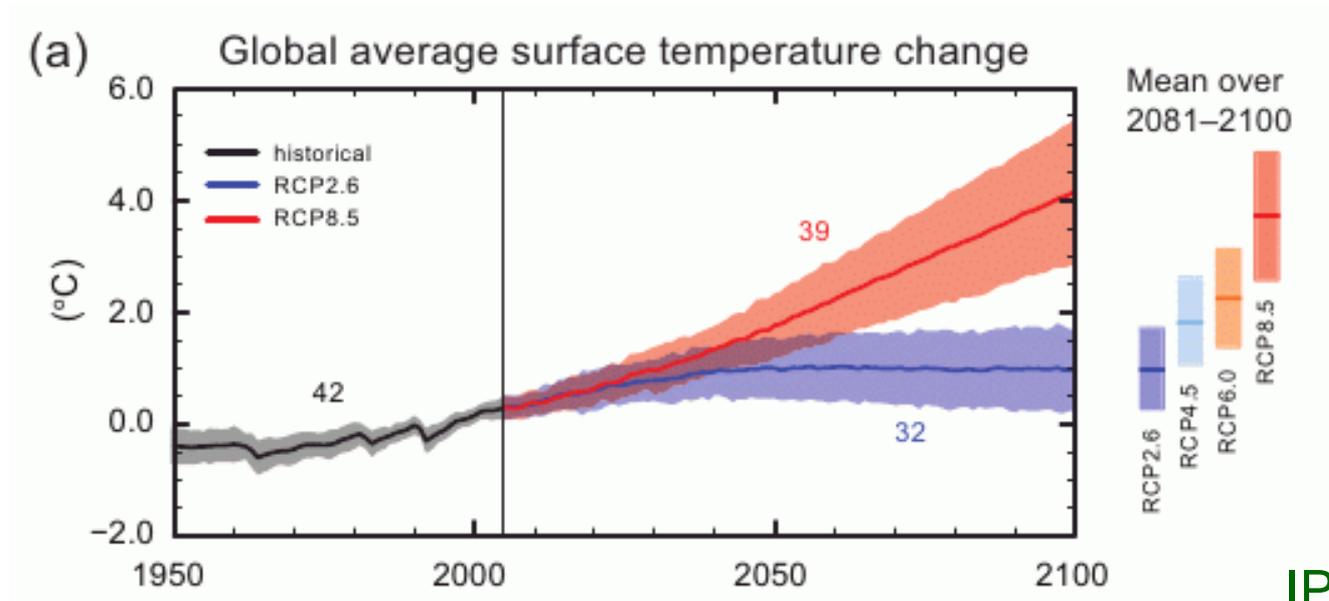
表面温度  
(東西平均)



水有りの場合  
水無しの場合

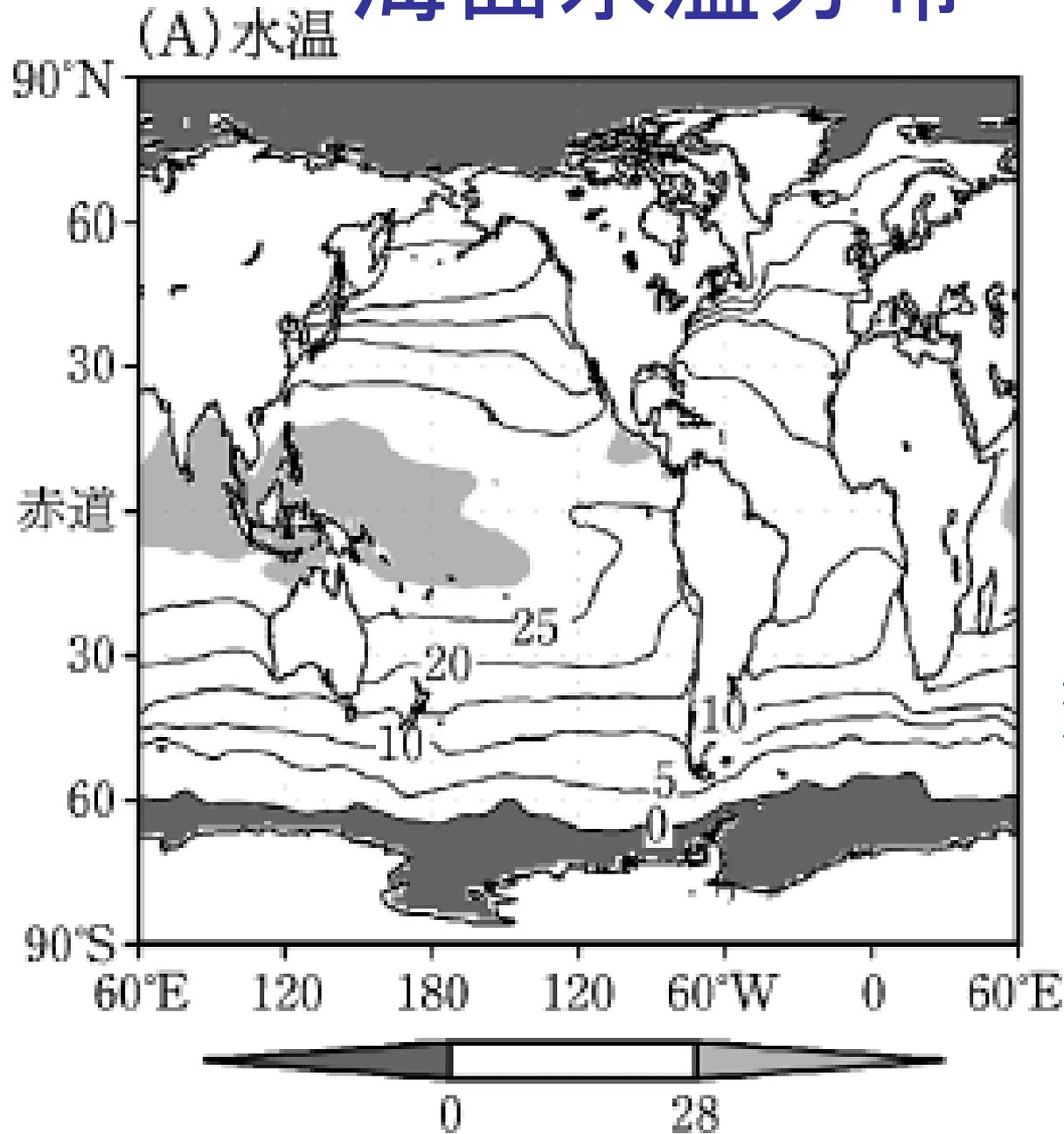
# 今日のテーマ

- 気候は変動する
  - エルニーニョ
  - 地球温暖化
  - 長期気候変動
- 参照：地球惑星科学入門27章、28章、29章



IPCC(2013)

# 海面水温分布

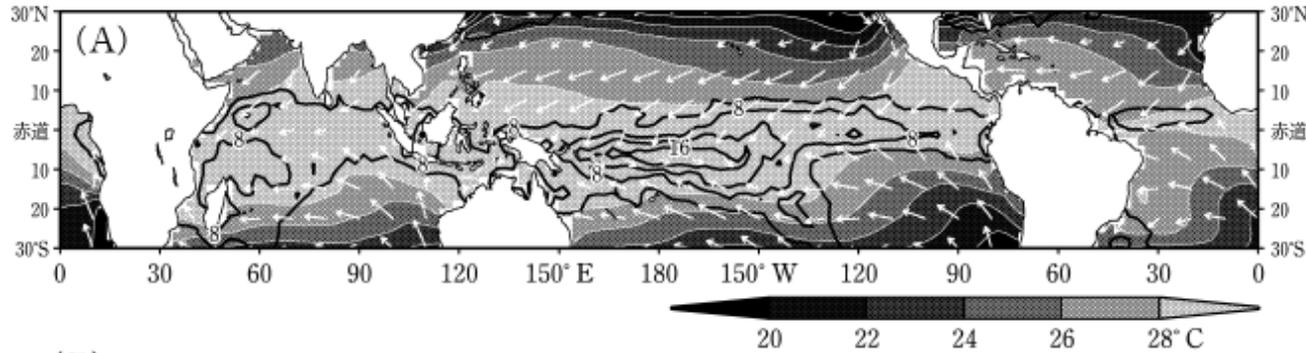


地球惑星科学入門  
第2版p279

# エルニーニョとラニーニャ

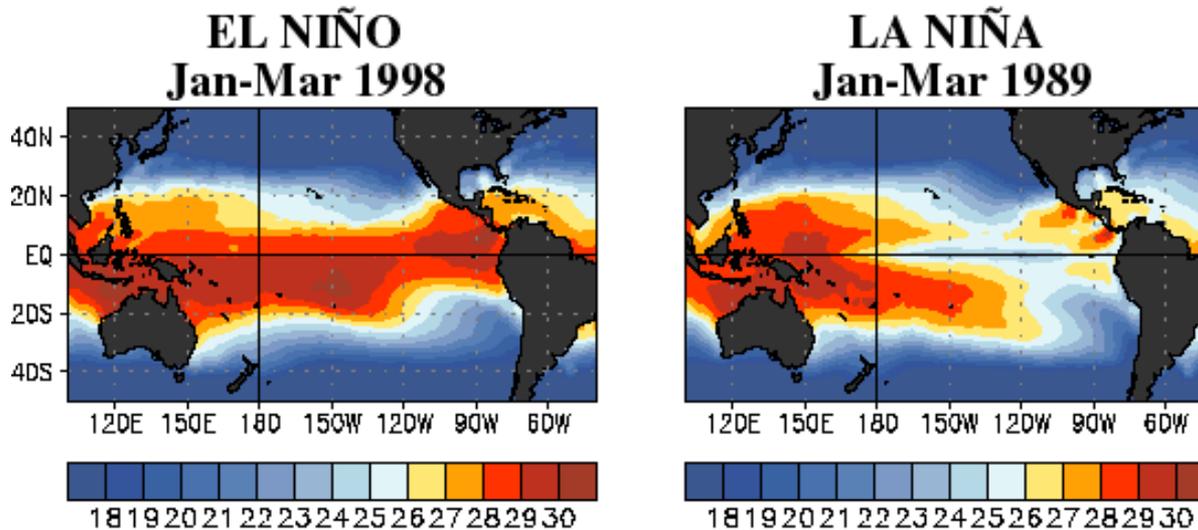
時間スケール: 数年

## エルニーニョ時の場合



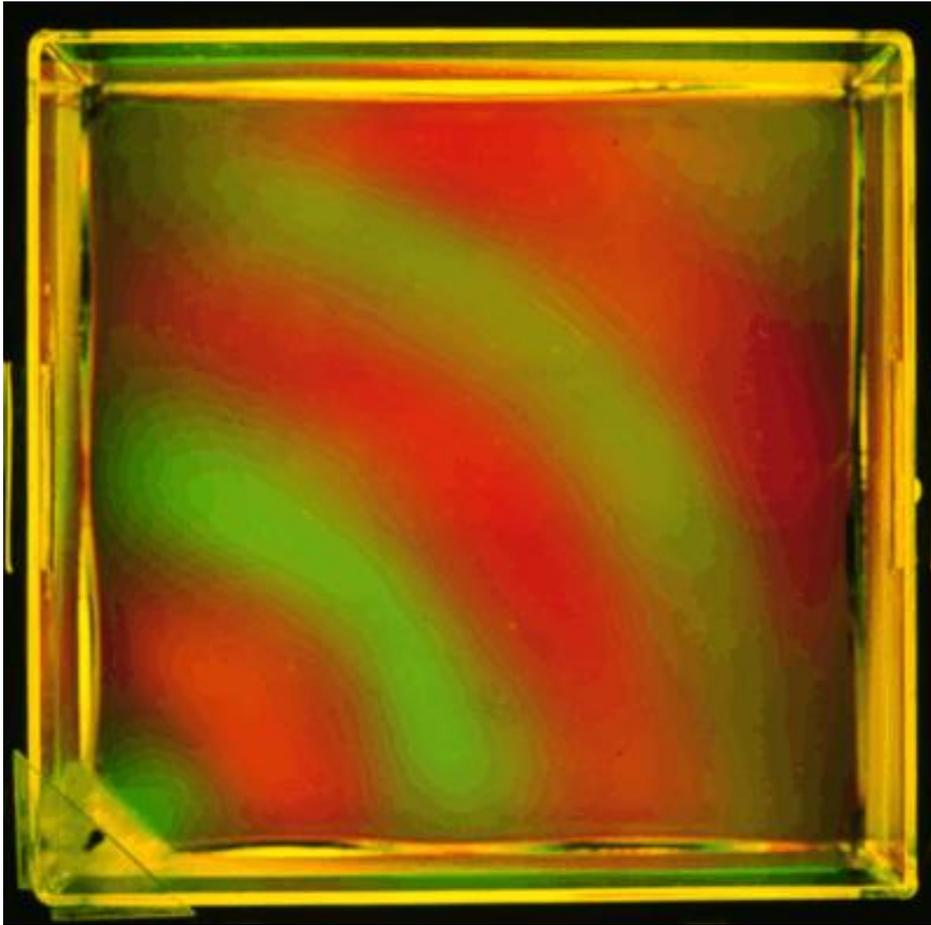
地球惑星科学入門第2版p326

海面  
温度

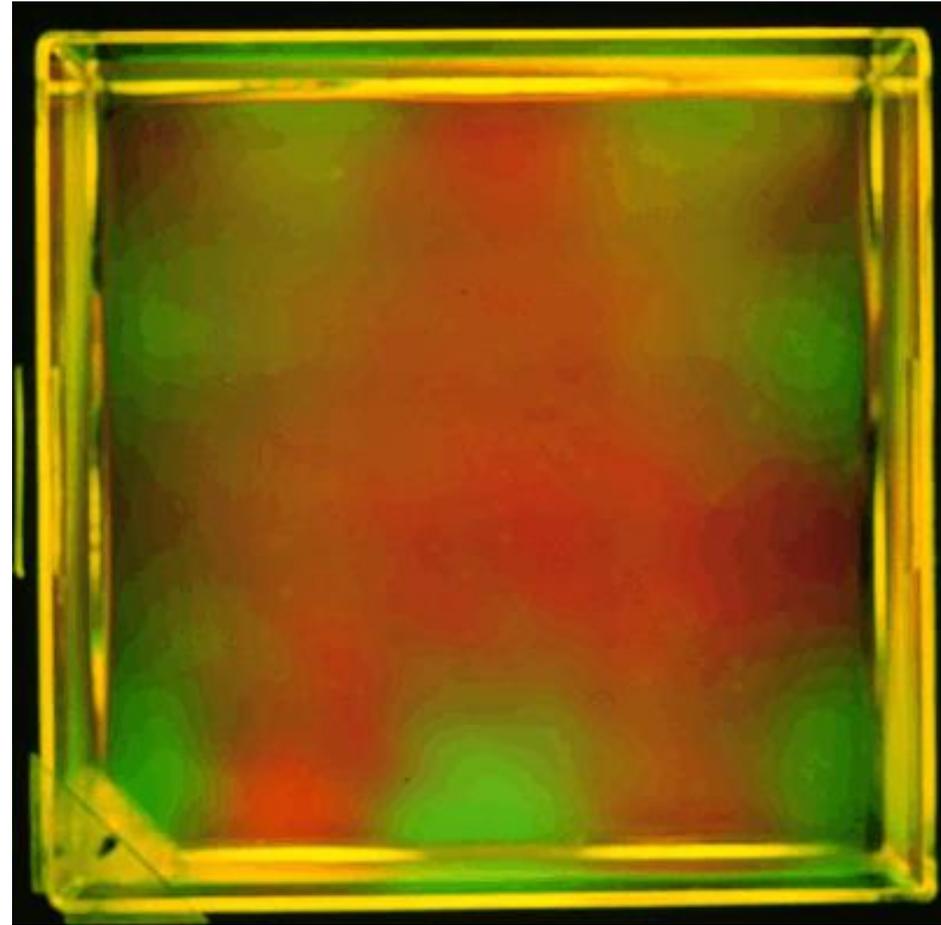


[http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensocycle/ensocycle.shtml](http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/ensocycle.shtml) より転載

# 赤道の波



重力波  
(系が回転していない)

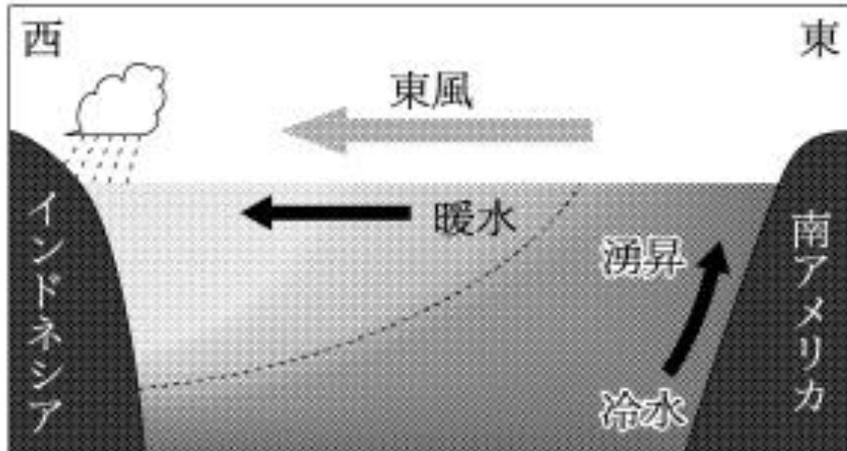


ケルビン波  
(系が回転している)

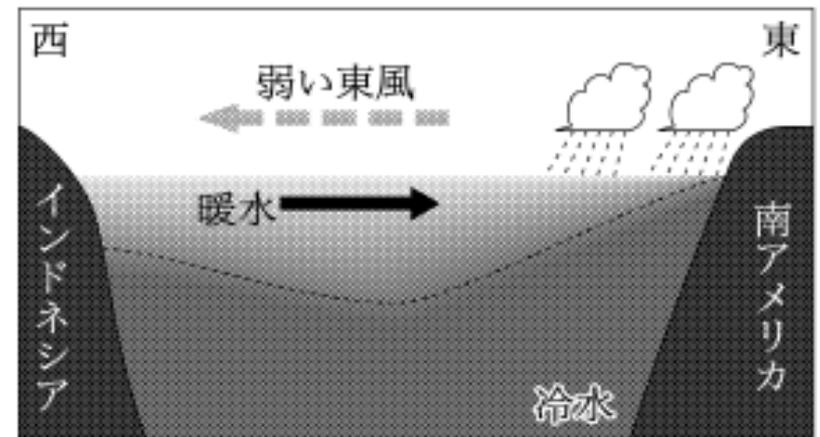
[http://www.gfd-dennou.org/library/gfd\\_exp/index.htm](http://www.gfd-dennou.org/library/gfd_exp/index.htm)

# 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

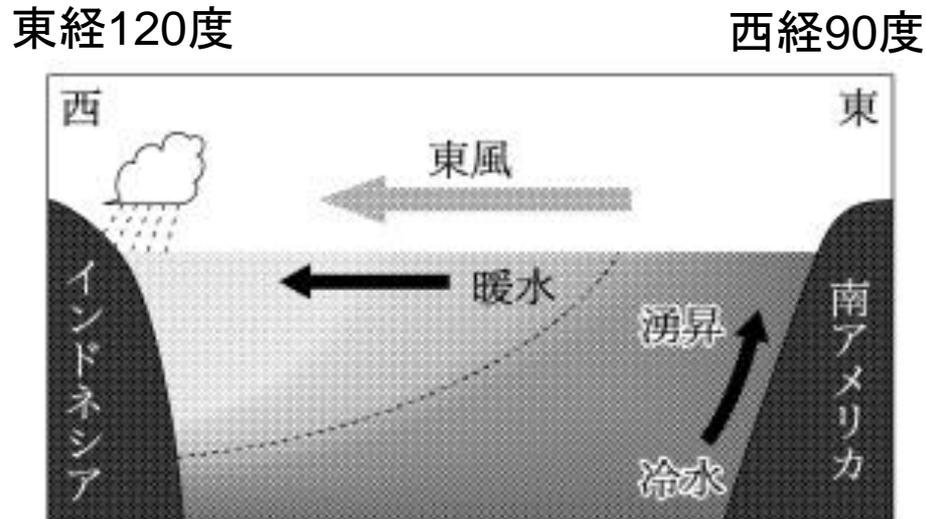
# 計算問題:解答例

- 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

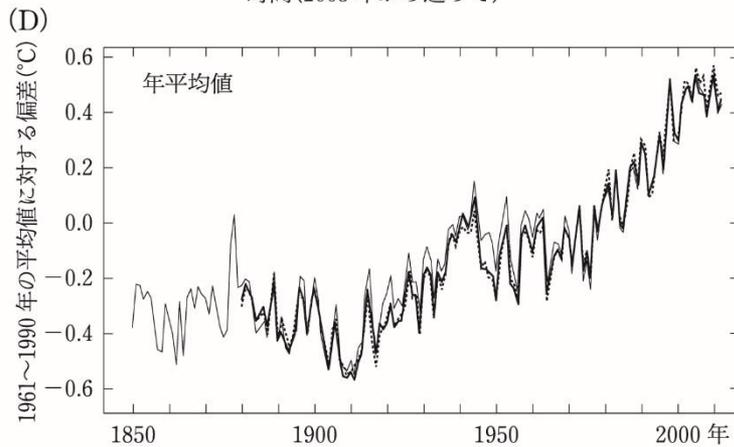
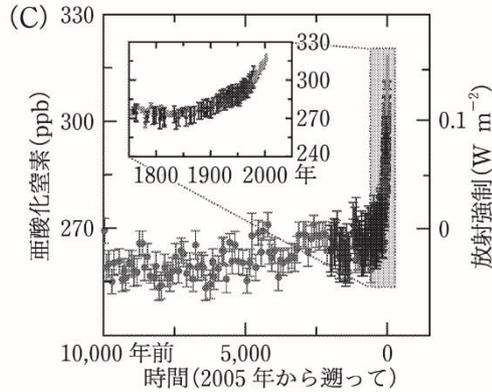
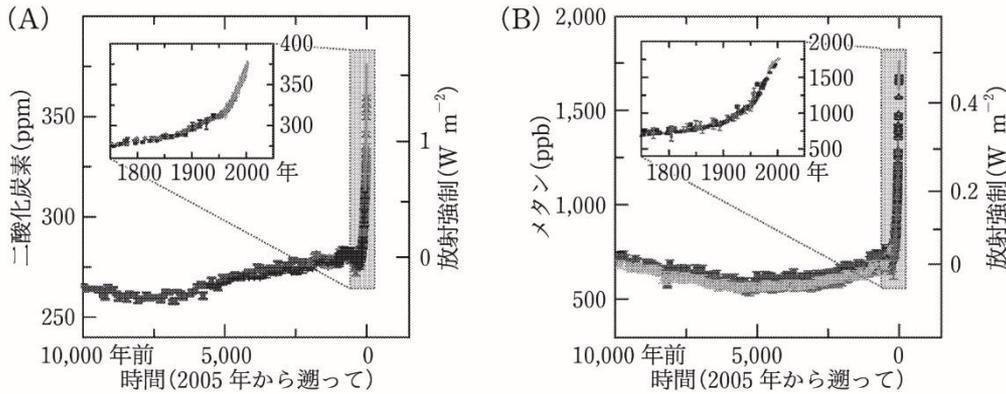


$$L = 2\pi R \times \frac{150}{360} = (4.0 \times 10^7 \text{ m}) \times \frac{150}{360} \sim 2.0 \times 10^7 \text{ m}$$

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

# 地球温暖化

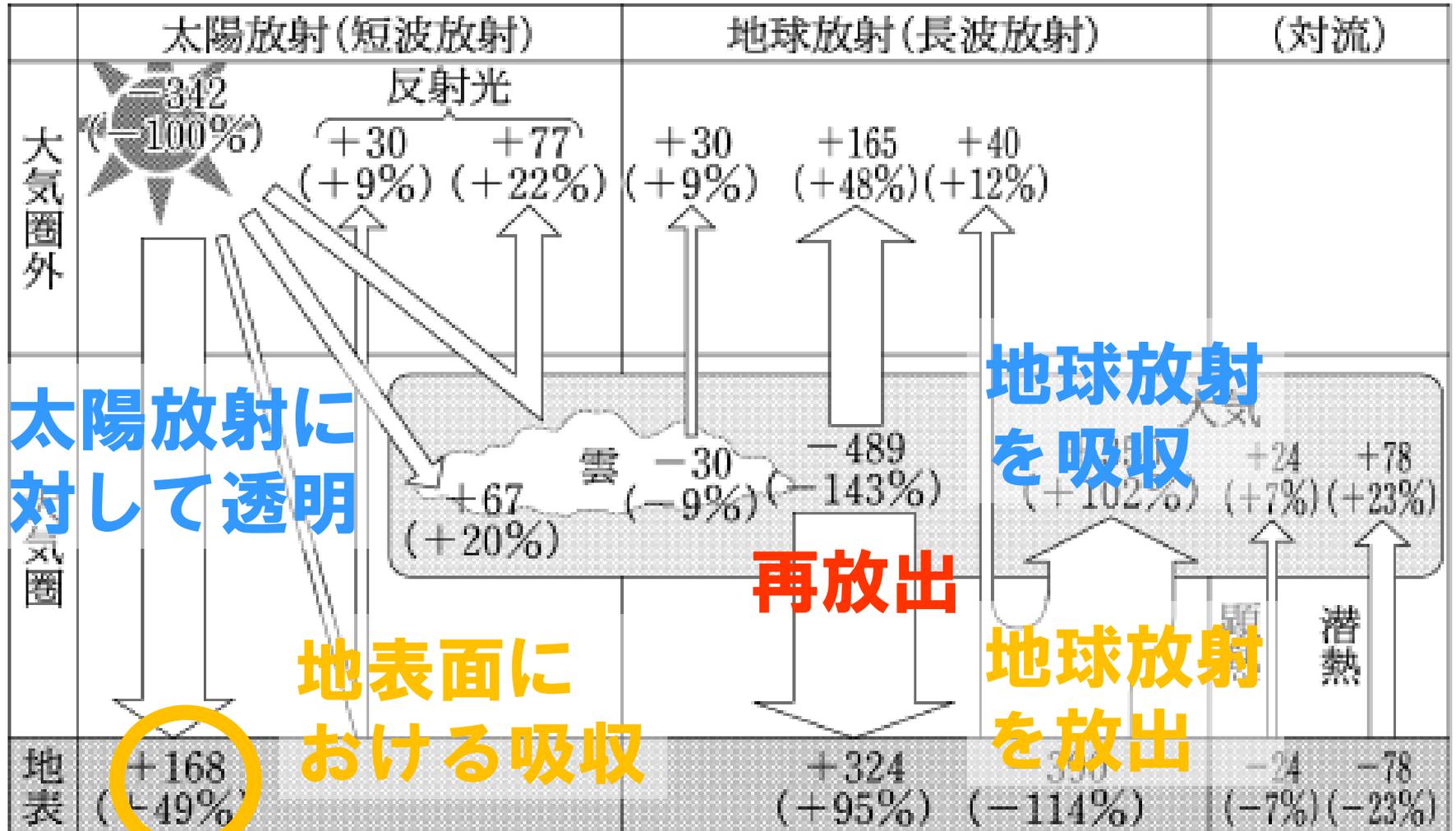
時間スケール: 数10年



地球惑星科学入門第2版p338

# 温室効果

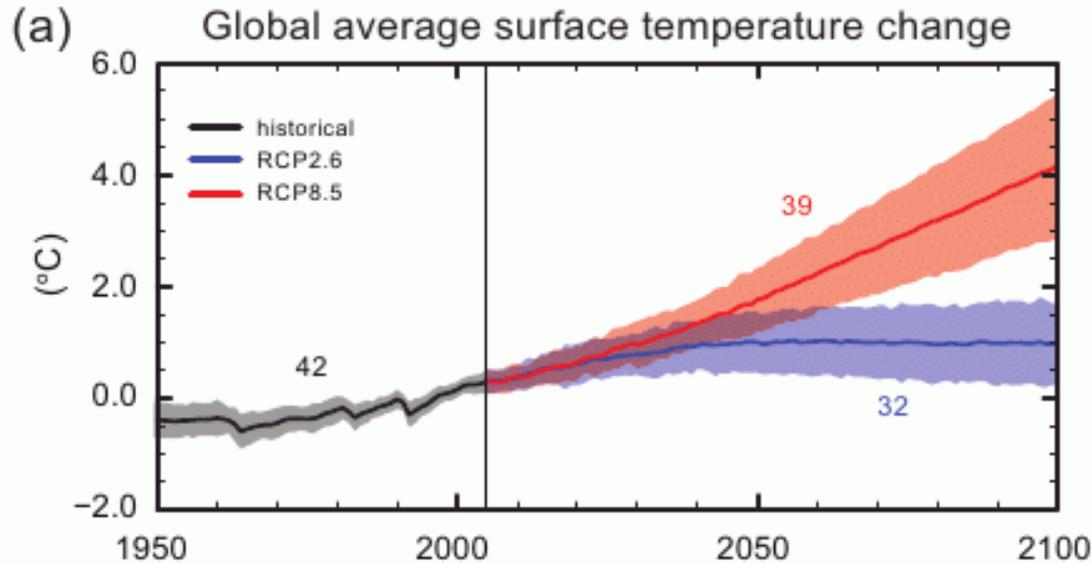
地球惑星科学入門P.224



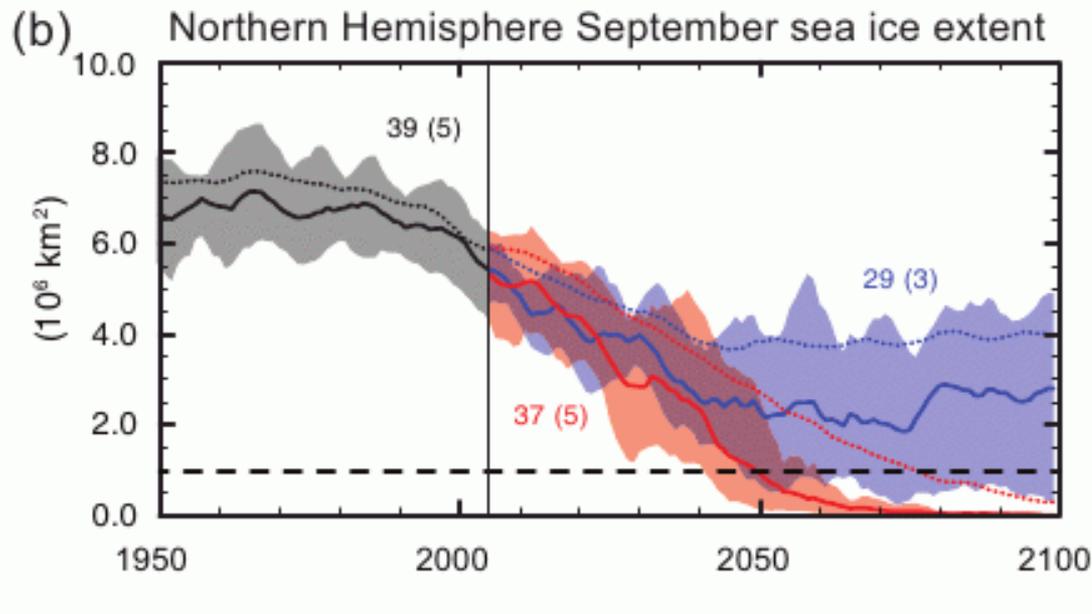
# 温暖化予測

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

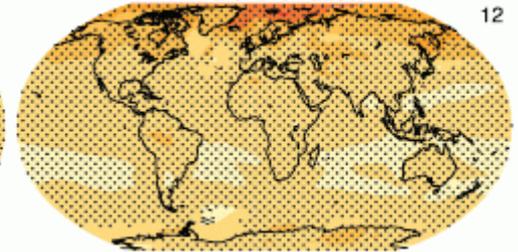
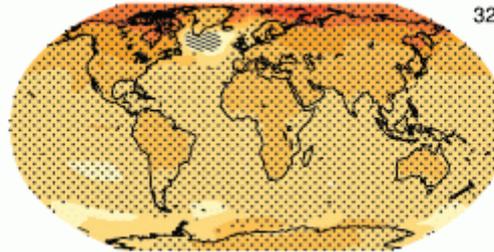
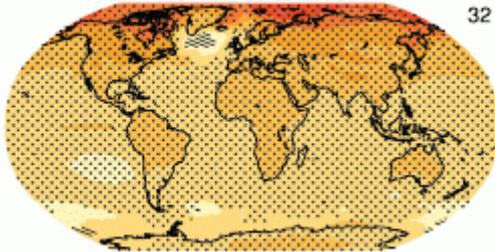
2181-2200

RCP2.6: 2046-2065

RCP2.6: 2081-2100

RCP2.6: 2181-2200

RCP2.6

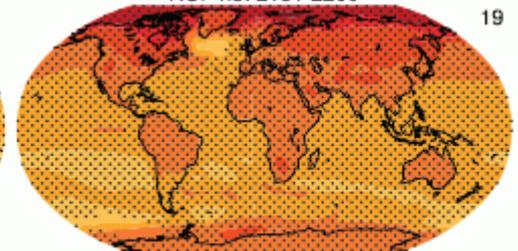
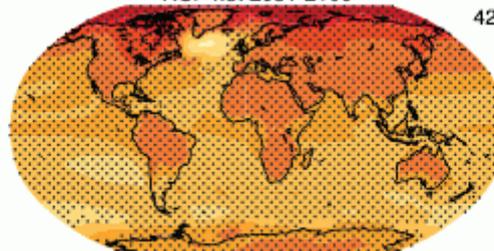
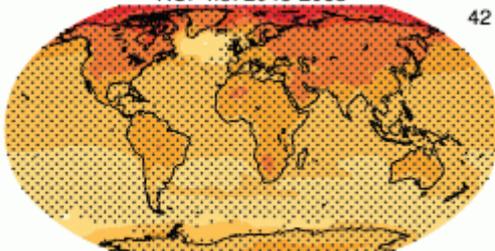


RCP4.5: 2046-2065

RCP4.5: 2081-2100

RCP4.5: 2181-2200

RCP4.5

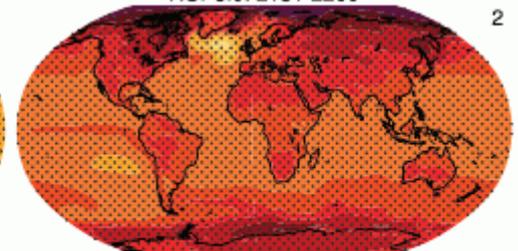
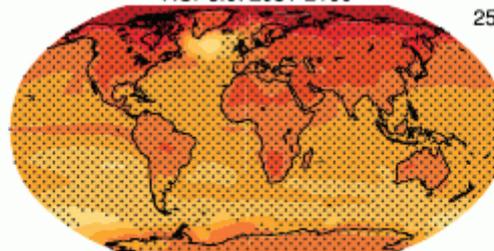
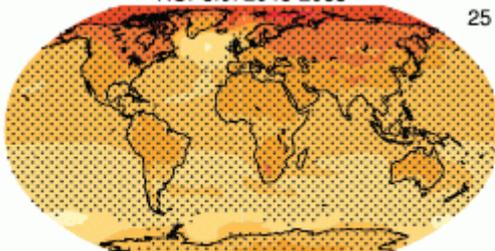


RCP6.0: 2046-2065

RCP6.0: 2081-2100

RCP6.0: 2181-2200

RCP6.0

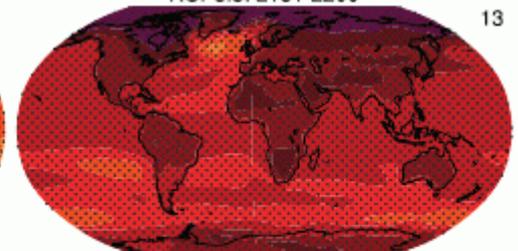
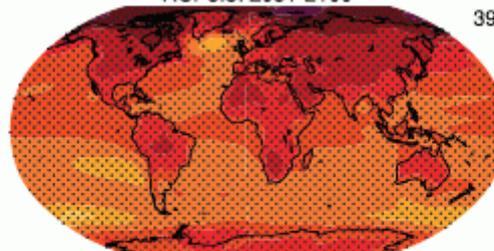
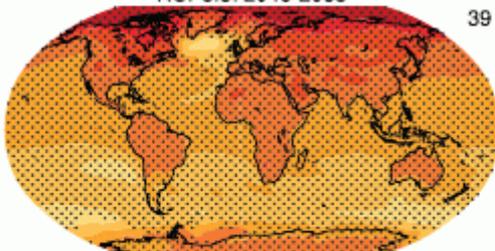


RCP8.5: 2046-2065

RCP8.5: 2081-2100

RCP8.5: 2181-2200

RCP8.5



(°C)

IPCC(2013)

# 氷期・間氷期サイクル

時間スケール: 数万年

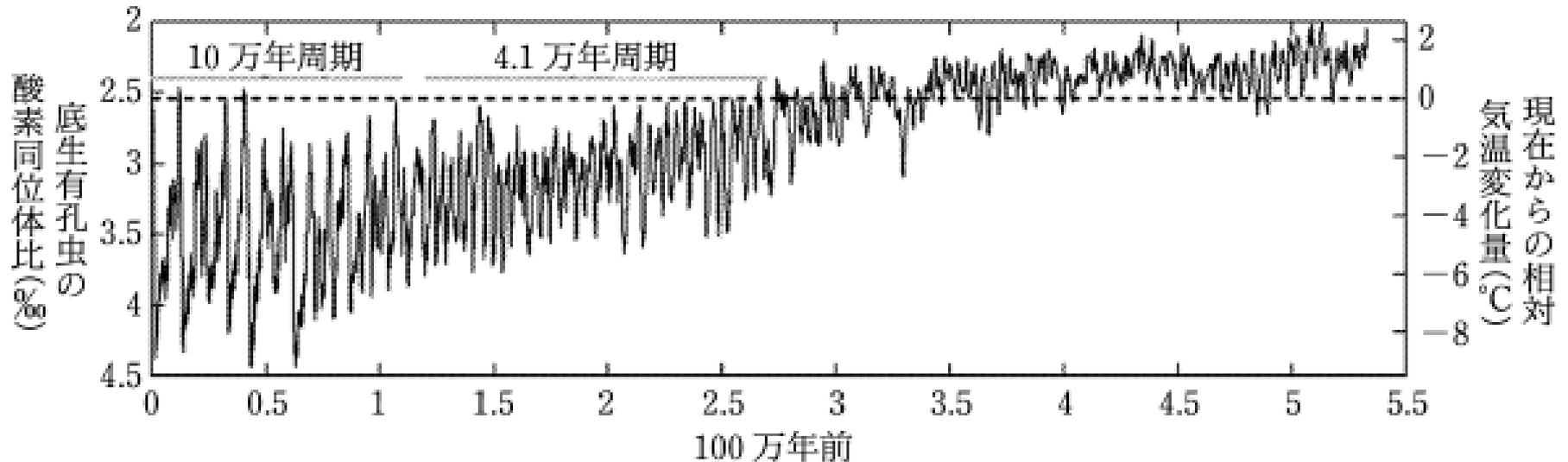
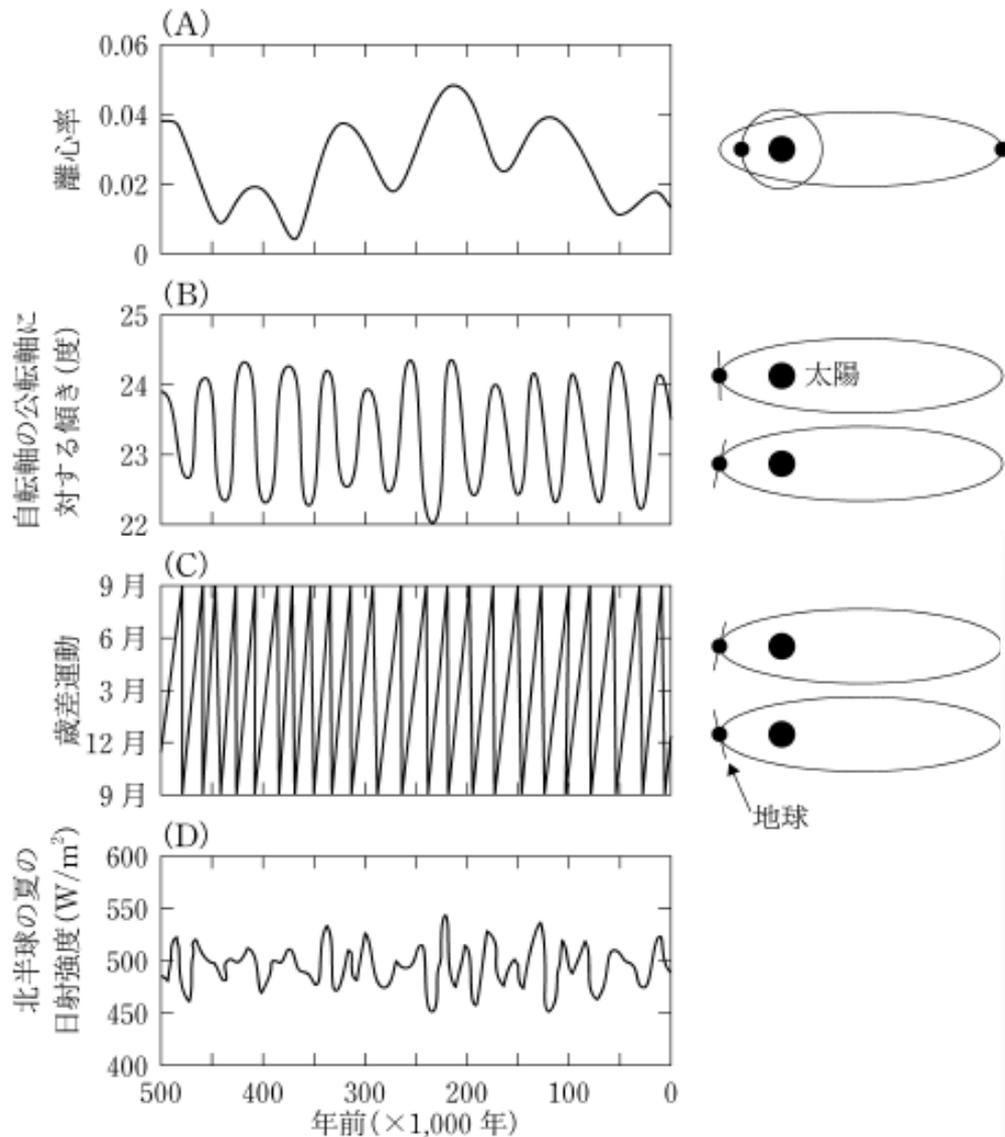


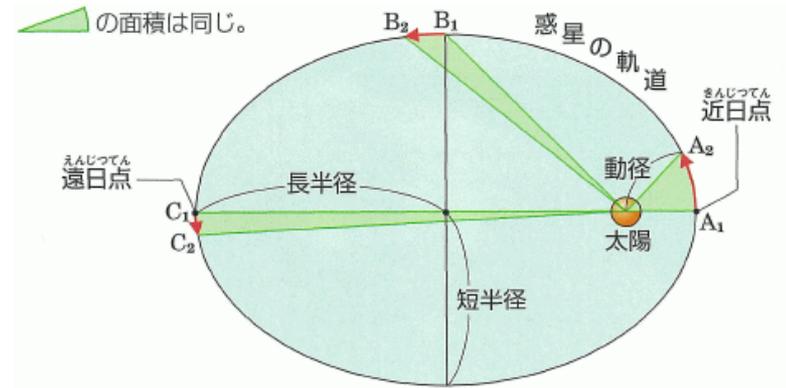
図 27.6 世界各地の海底コアの底生有孔虫による過去 500 万年間の酸素同位体比( $\delta^{18}\text{O}$  ‰)の変化とそれを指標とした相対的気温変化(Lisiecki and Raymo, 2005 をもとに作成)

地球惑星科学入門第2版p324

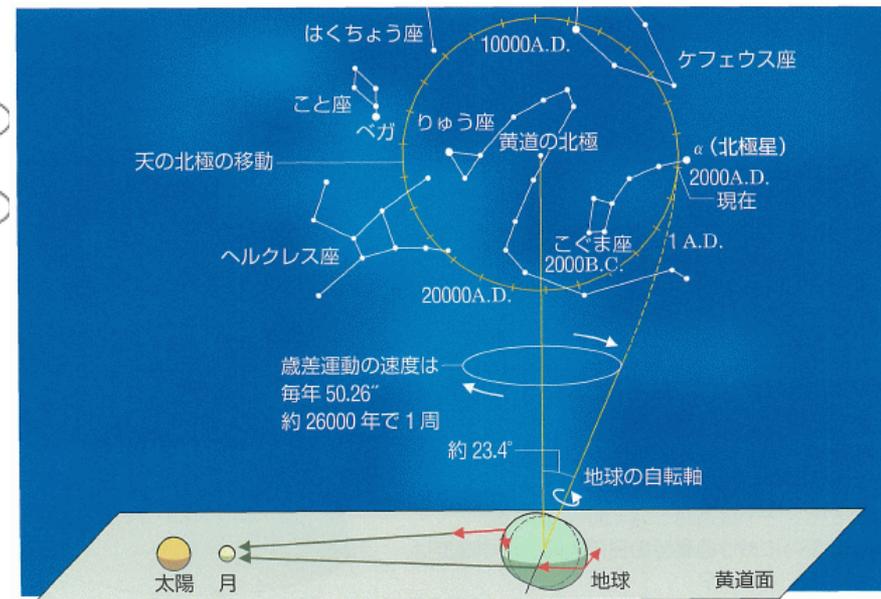
# ミランコビッチサイクル



地球惑星科学入門第2版p208



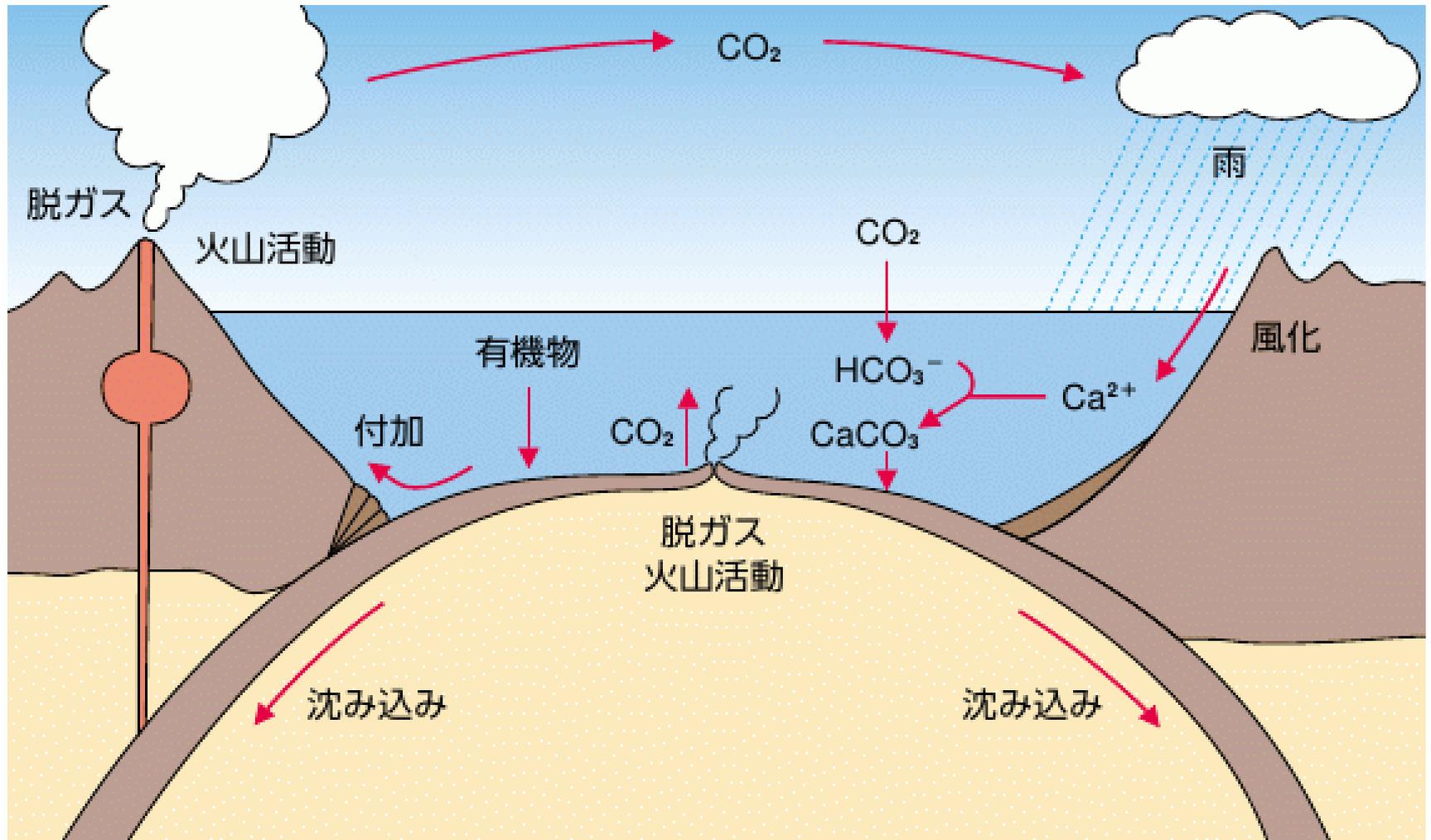
地学図表P.55



地学図表P.51

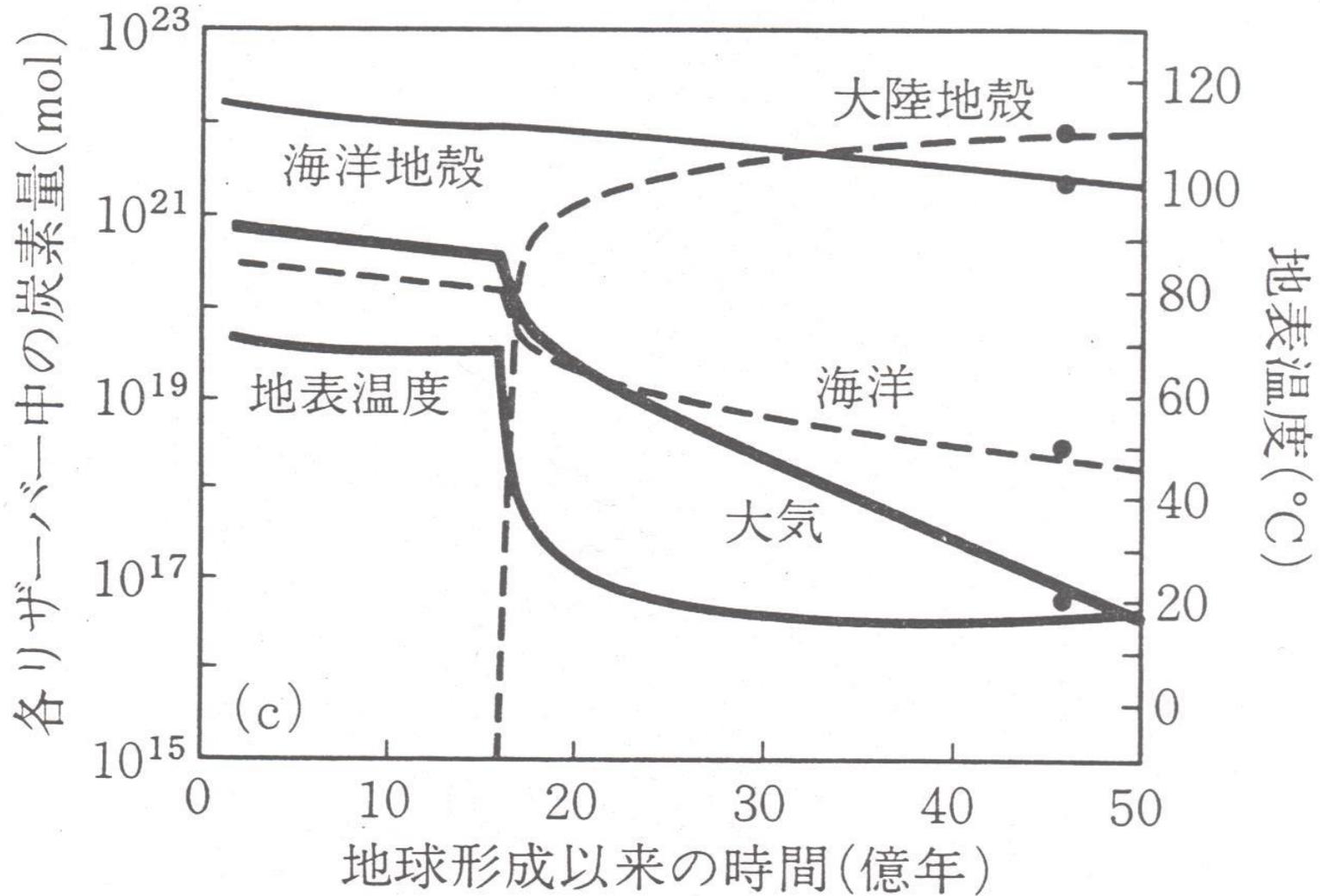
# 炭素循環

時間スケール: 数億年



地学図表P.205

# 大気海洋の化学進化



Tajika and Matsui (1990) Origin of the Earth, 347