

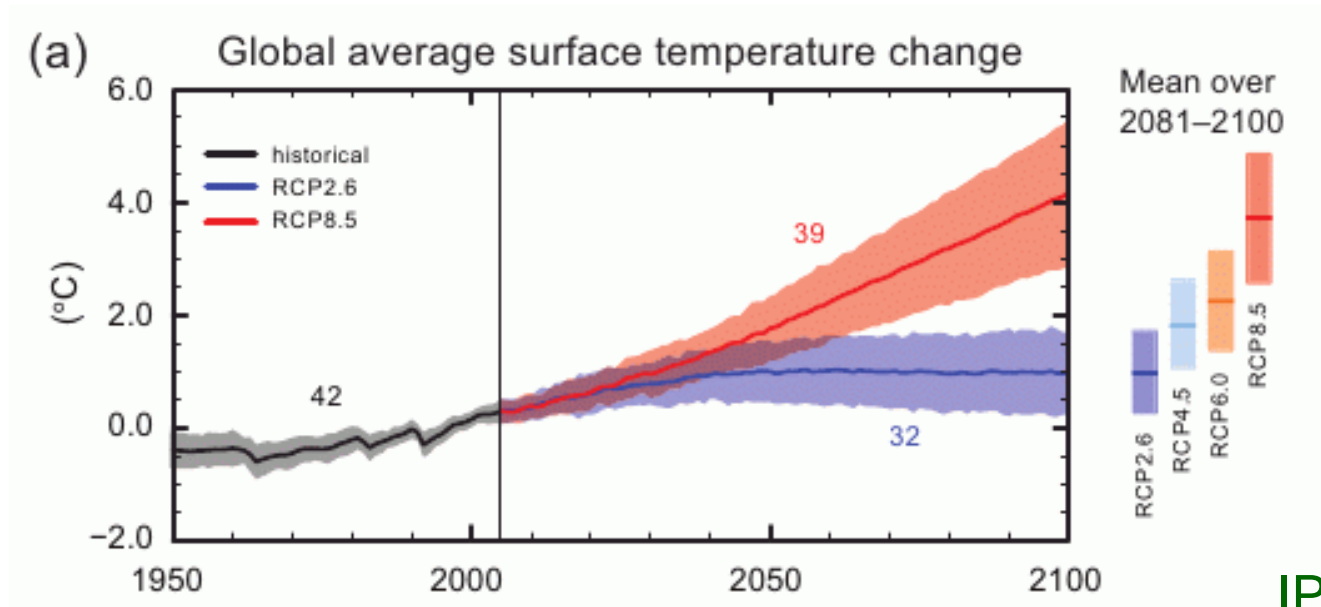
# 地球惑星科学II

## 第7回

2020年11月12日

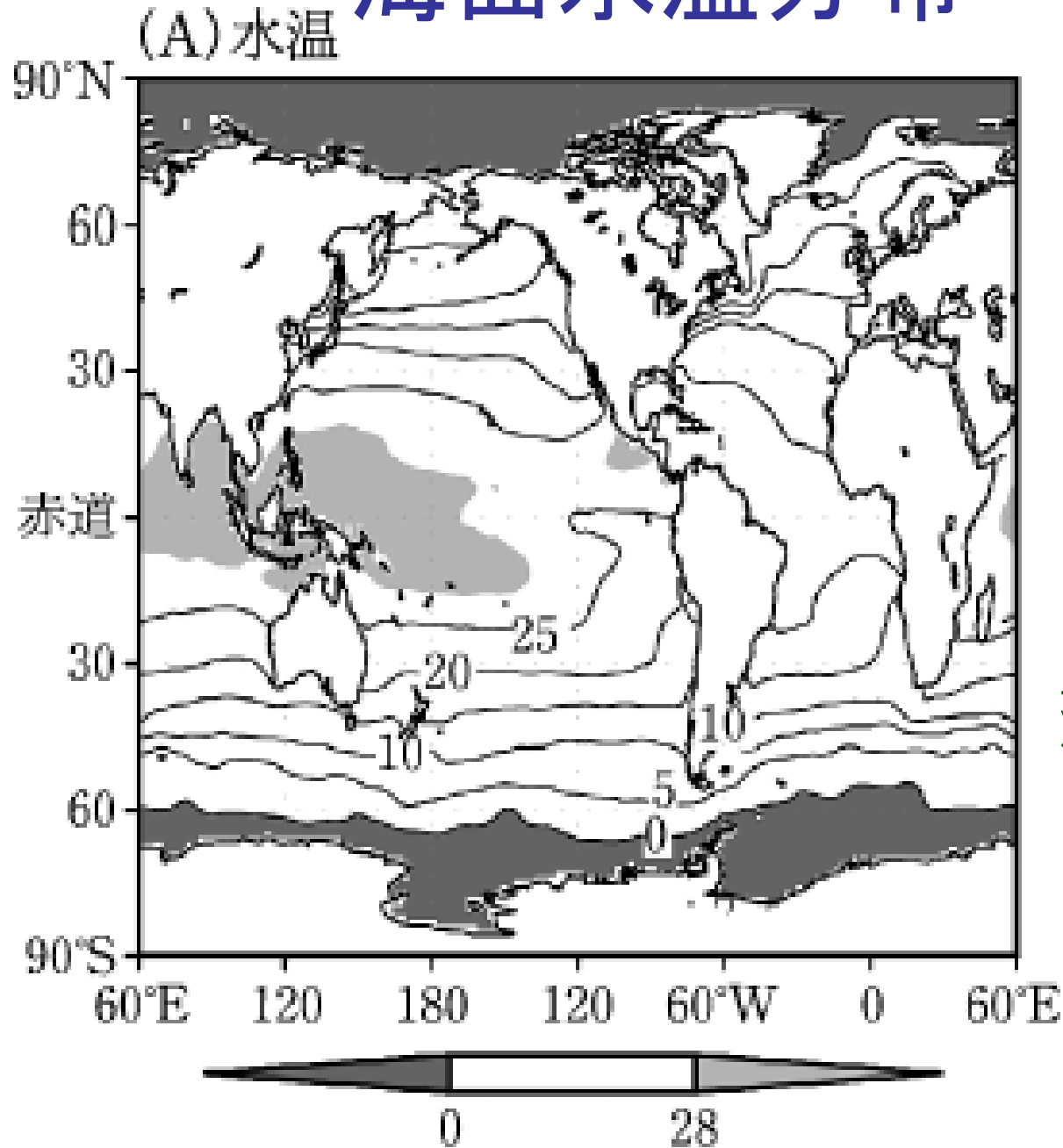
# 今日のテーマ

- 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

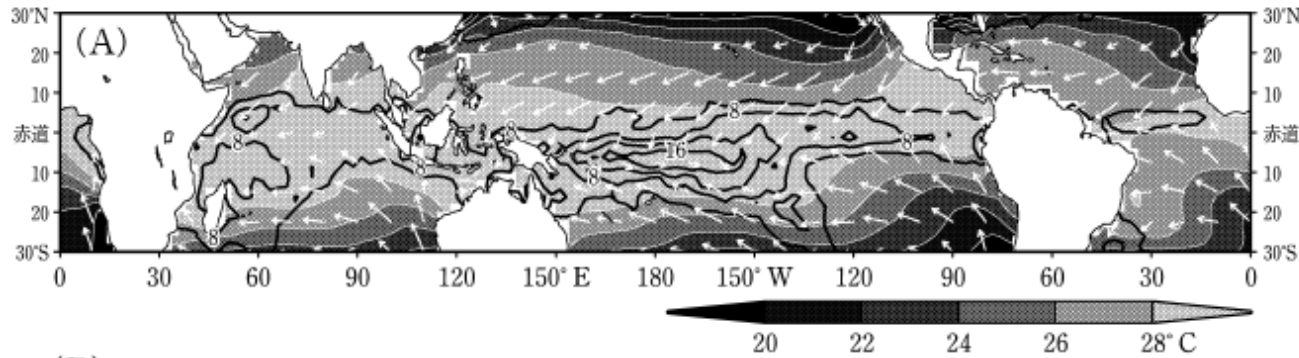


地球惑星科学入門  
第2版p279

# エルニーニョとラニーニャ

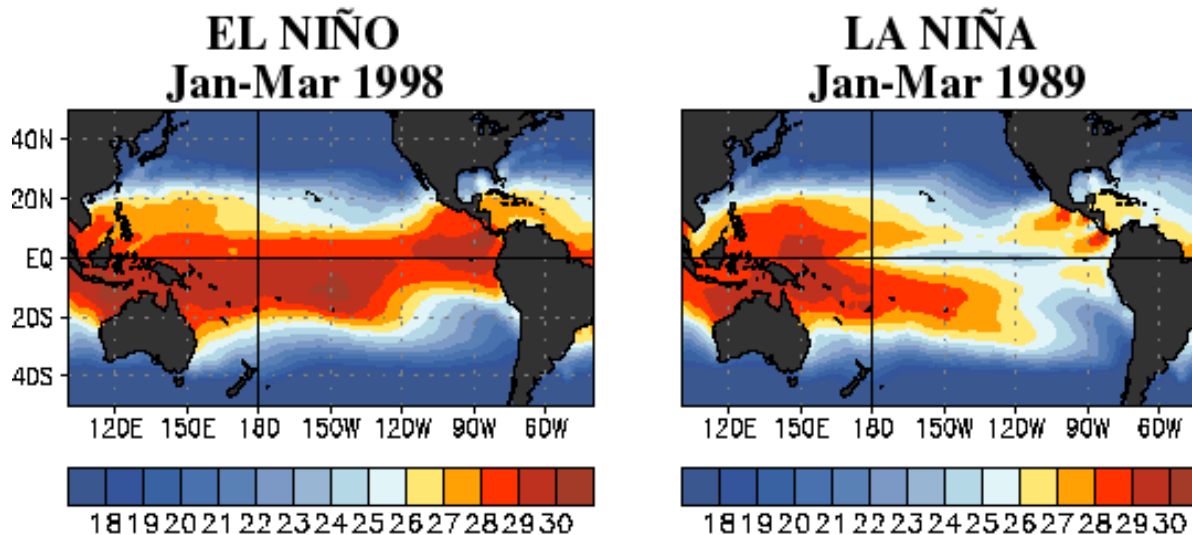
時間スケール: 数年

## エルニーニョ時の場合



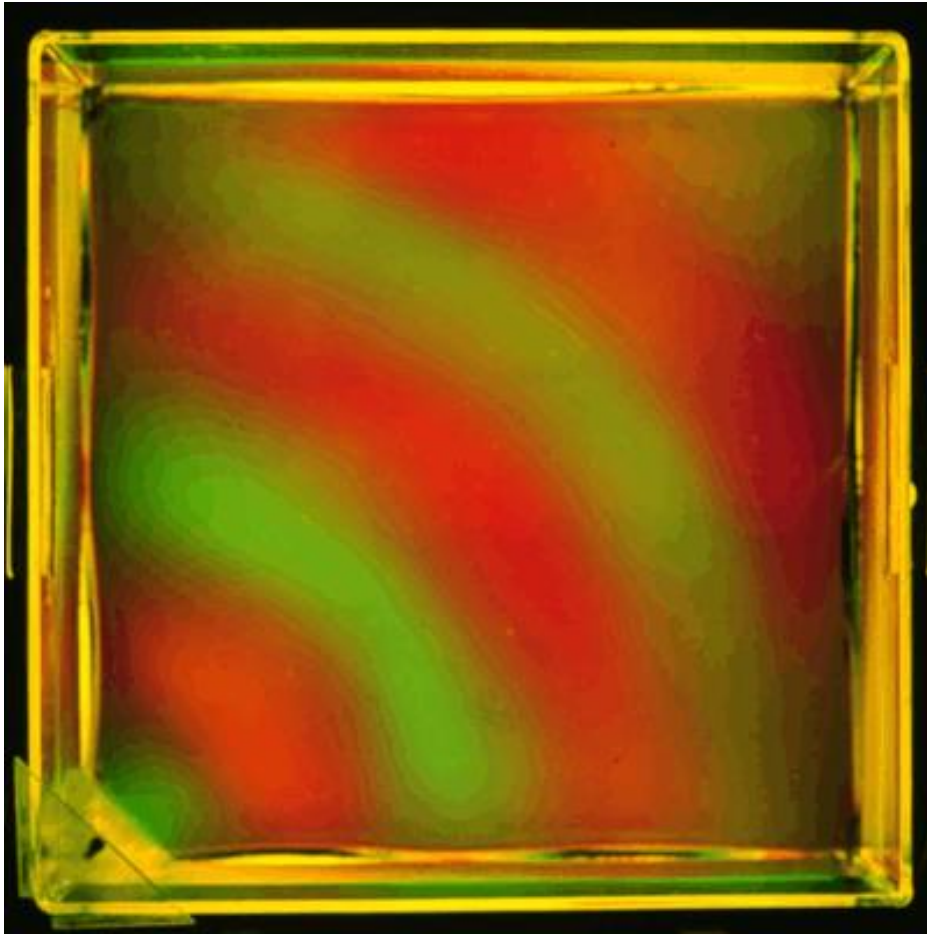
地球惑星科学入門第2版p326

海面  
温度

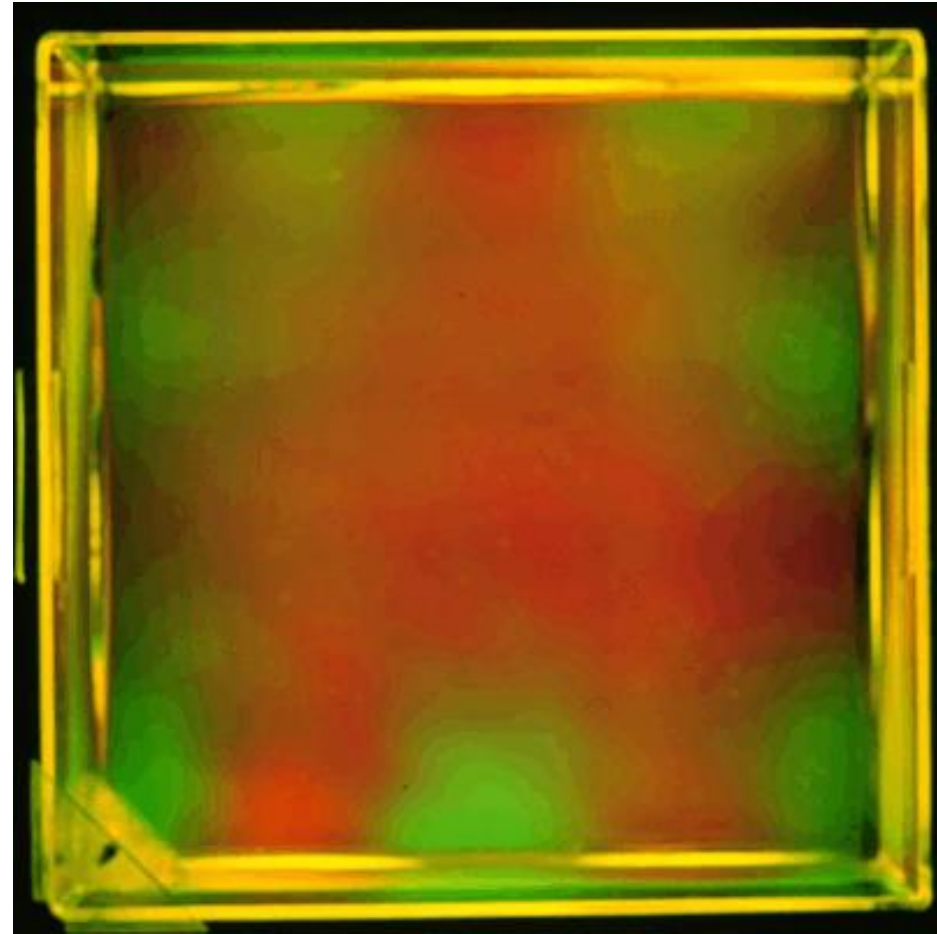


[http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensocycle/ensocycle.shtml](http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/ensocycle.shtml) より転載

# 赤道の波



重力波  
(系が回転していない)

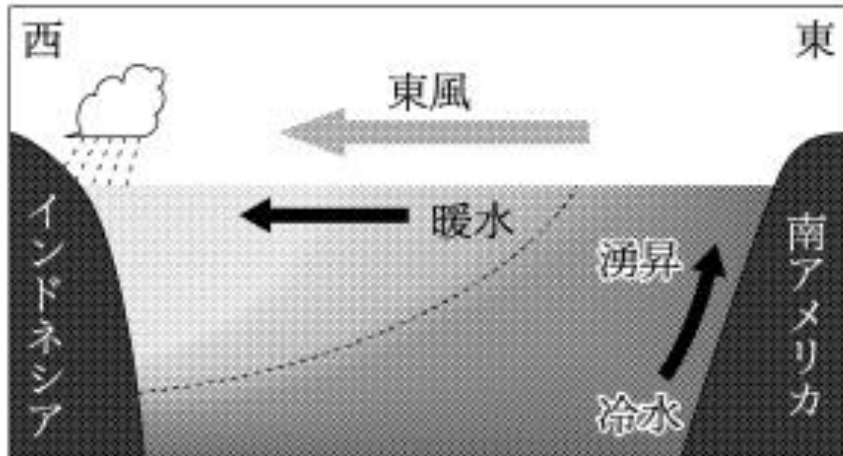


ケルビン波  
(系が回転している)

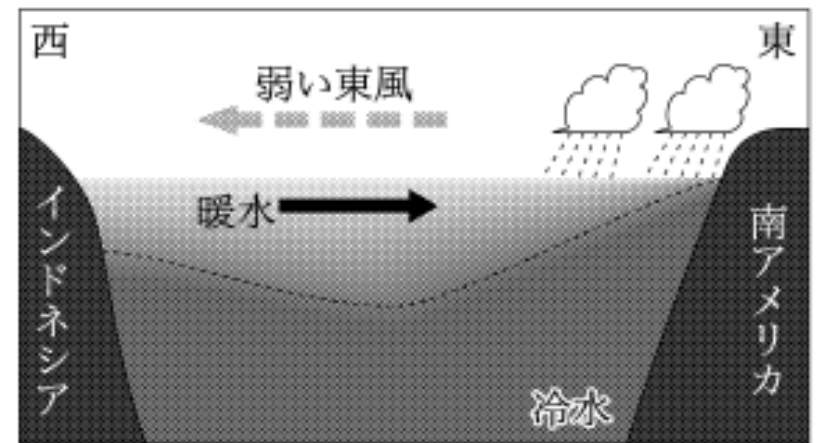
[http://www.gfd-dennou.org/library/gfd\\_exp/index.htm](http://www.gfd-dennou.org/library/gfd_exp/index.htm)

# 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

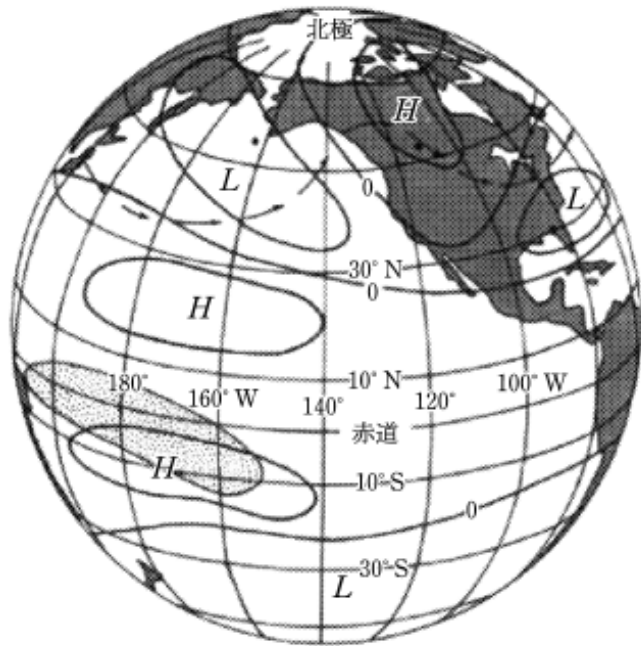


地球惑星科学入門第2版p326, p329

# 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

# テレコネクション



地球惑星科学入門第2版p332

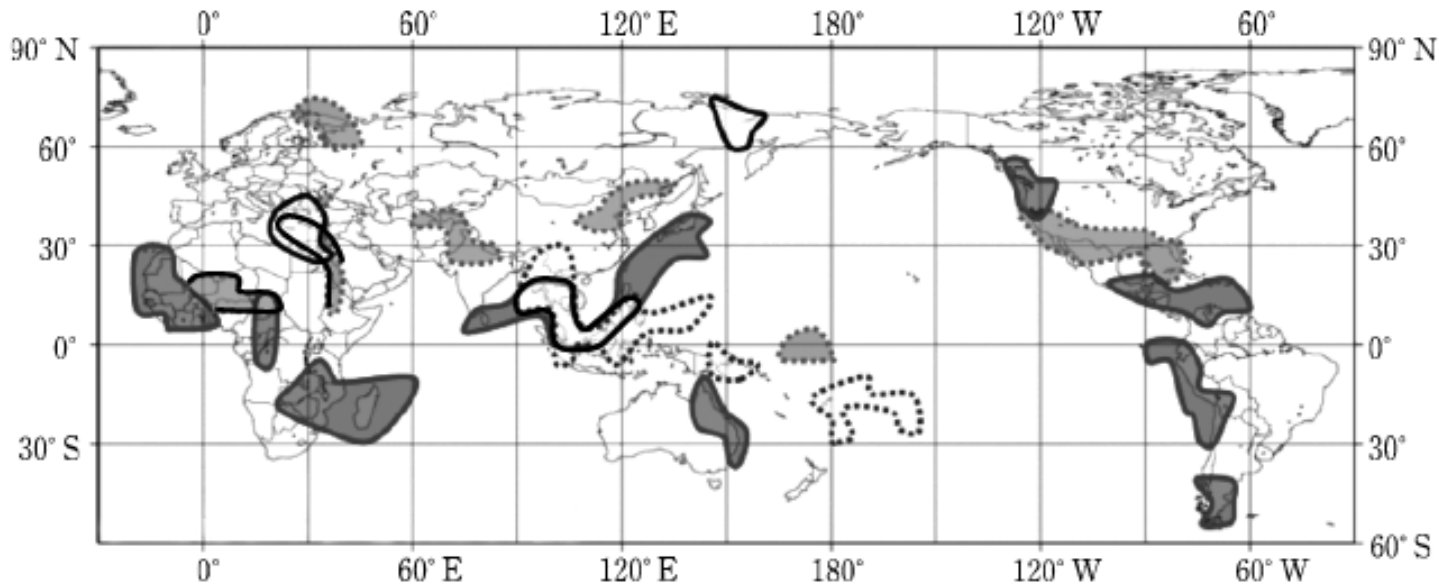
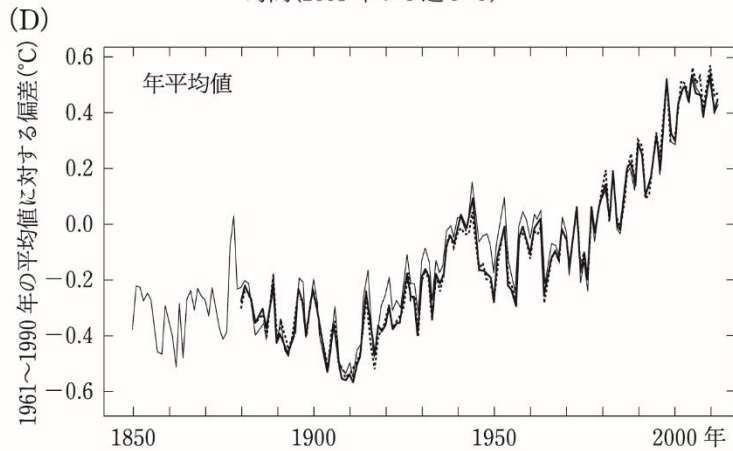
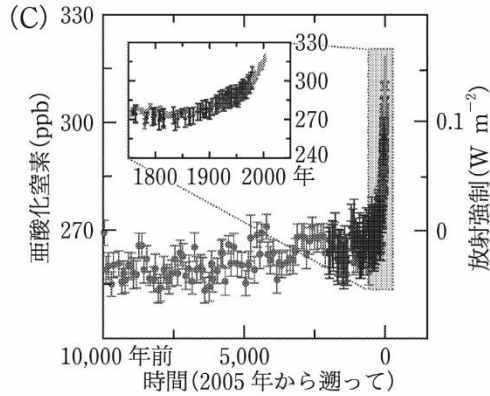
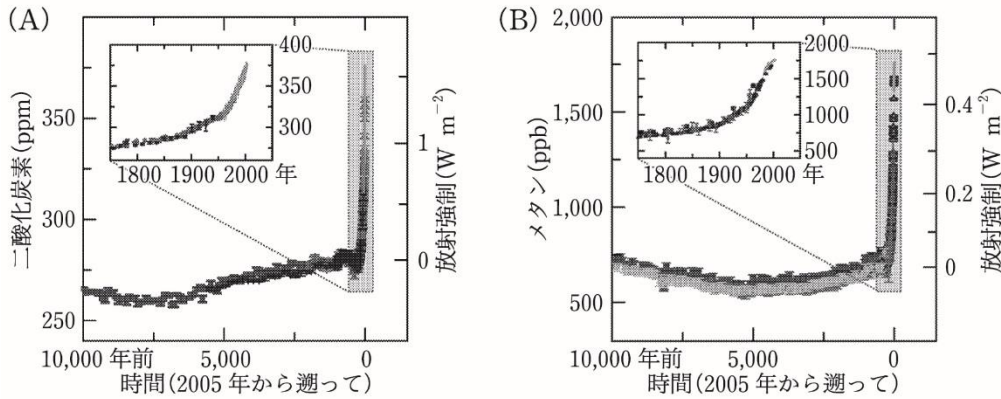


図 28.4 エル・ニーニョ時に発生する世界各地の気候変化。エル・ニーニョ発生時(3～5月)。● 高温 ○ 低温 ● 多雨 ○ 少雨



# 地球温暖化

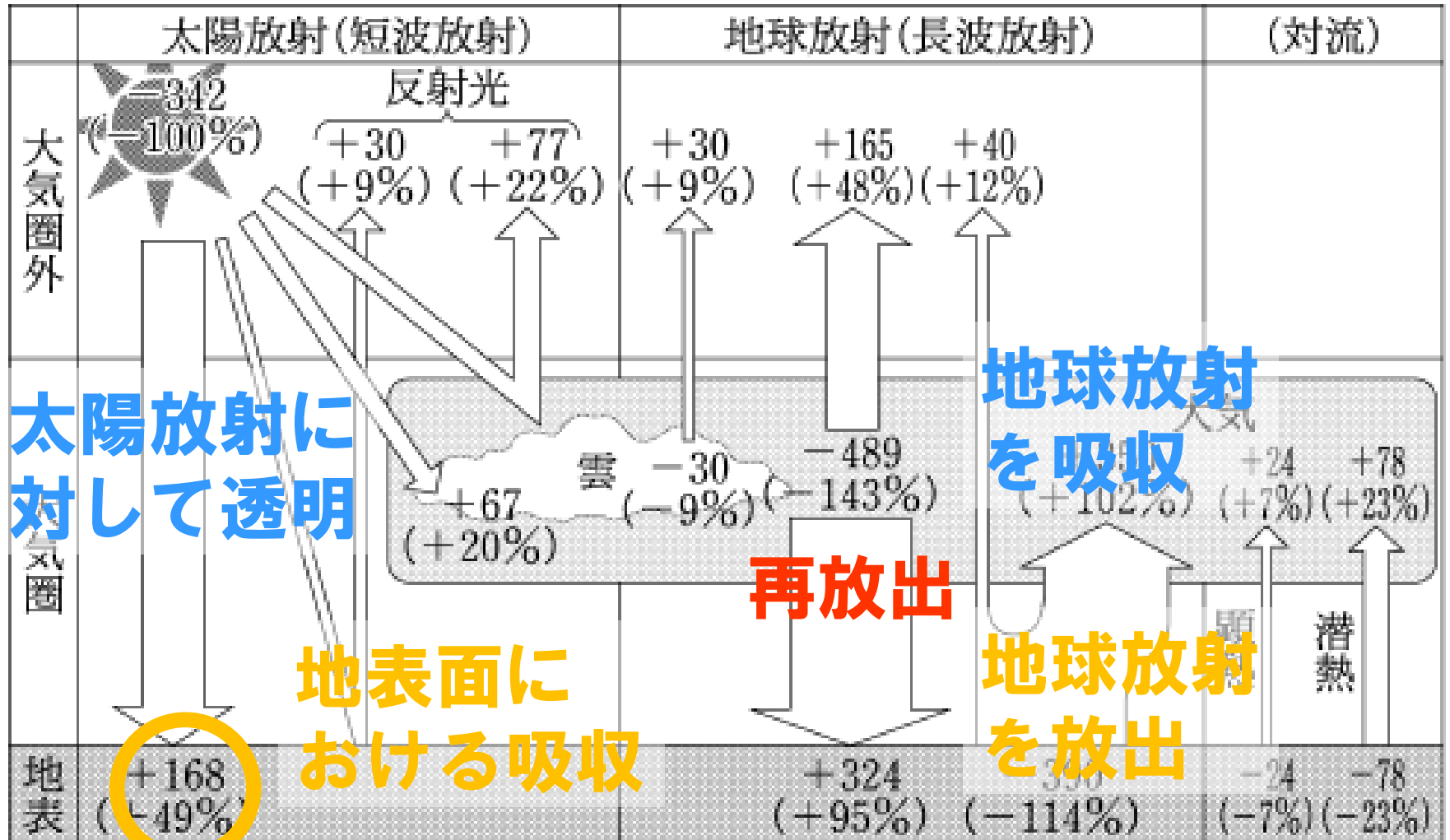
時間スケール: 数10年



地球惑星科学入門第2版p338

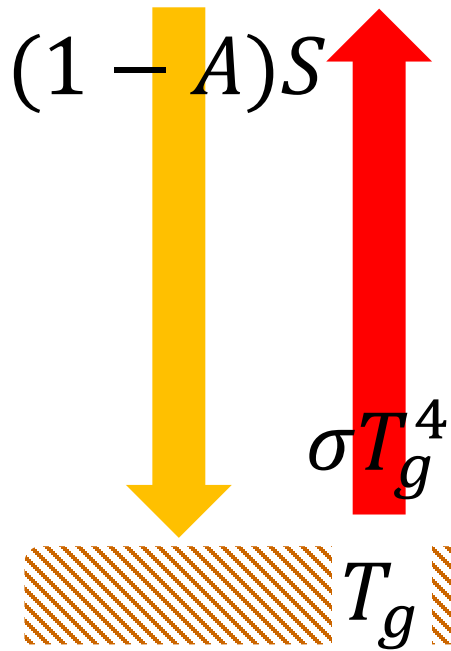
# 温室効果

地球惑星科学入門P.224



# 温室効果：式を用いた説明

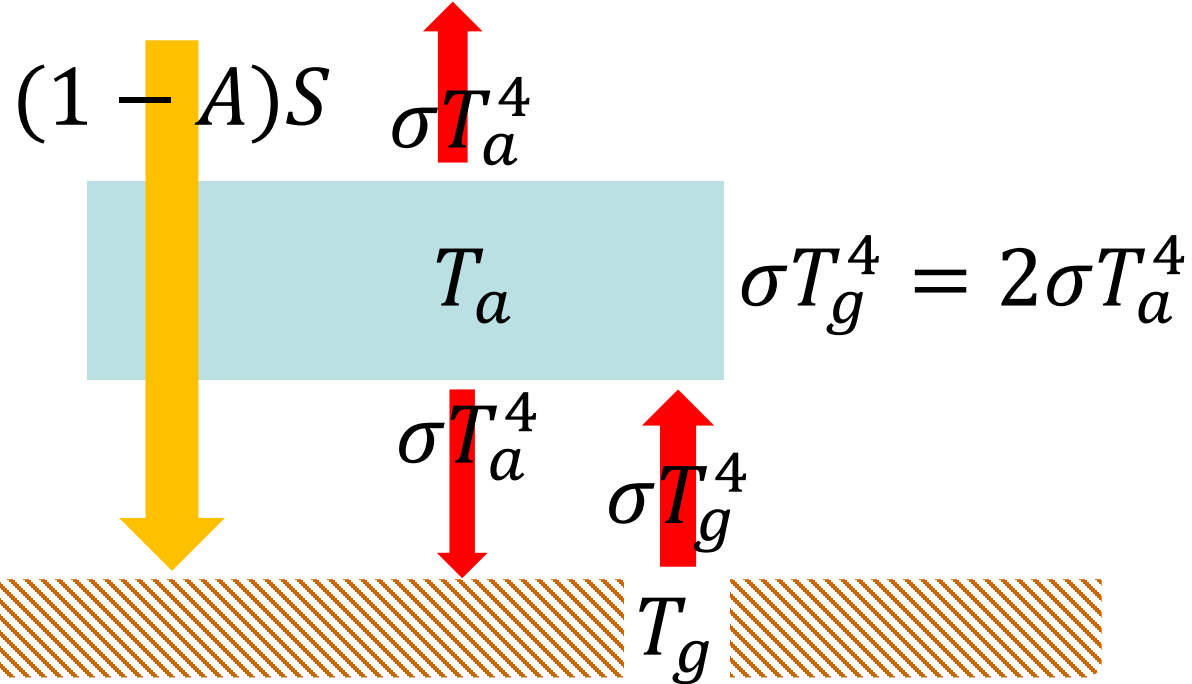
大気無しの場合



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

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

大気有りの場合



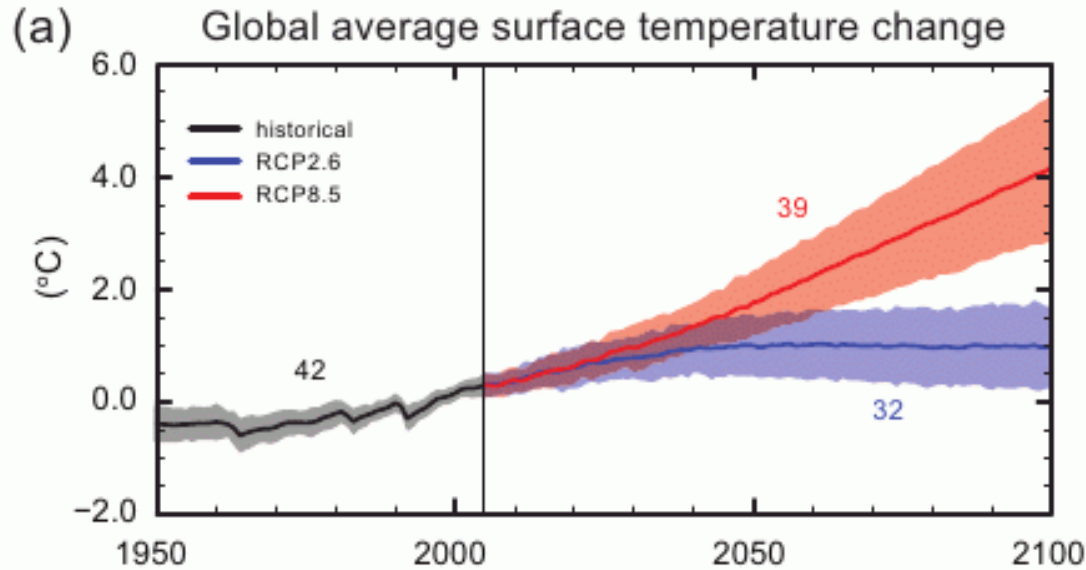
$$(1-A)S + \sigma T_a^4 = \sigma T_g^4$$

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

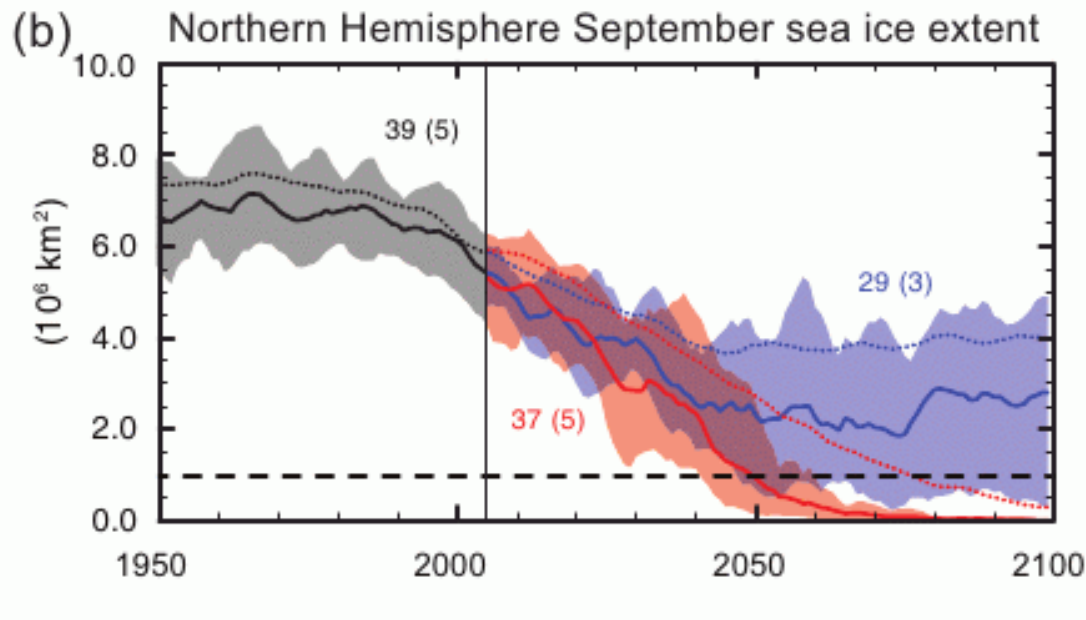
# 温暖化予測

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

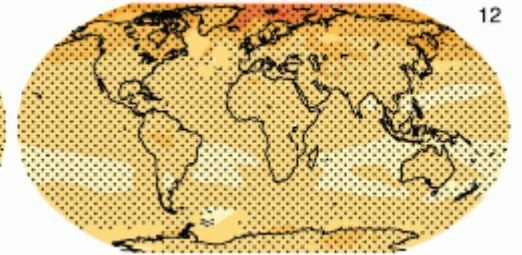
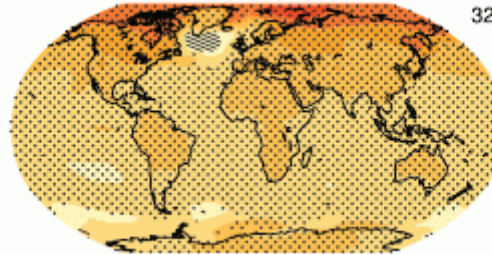
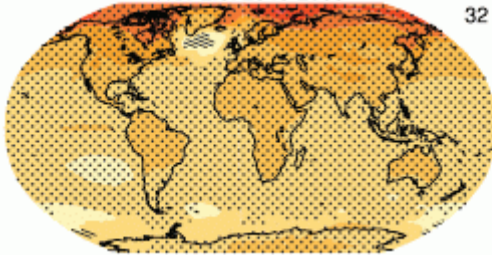
2181-2200

RCP2.6: 2046-2065

RCP2.6: 2081-2100

RCP2.6: 2181-2200

RCP2.6

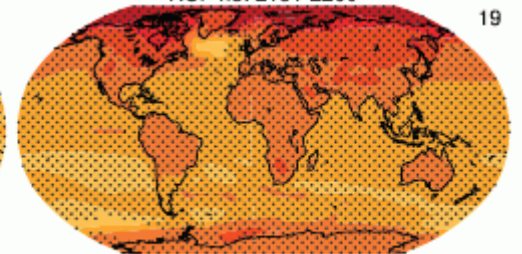
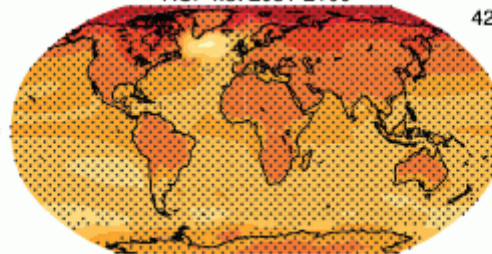
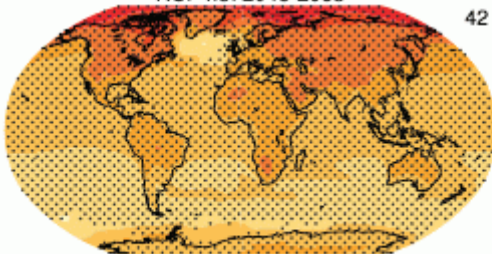


RCP4.5: 2046-2065

RCP4.5: 2081-2100

RCP4.5: 2181-2200

RCP4.5

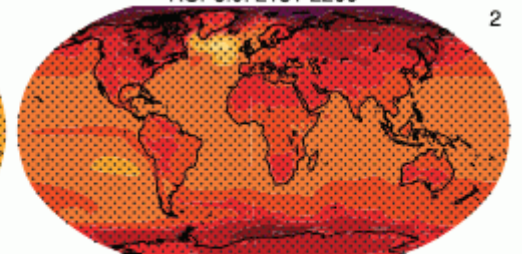
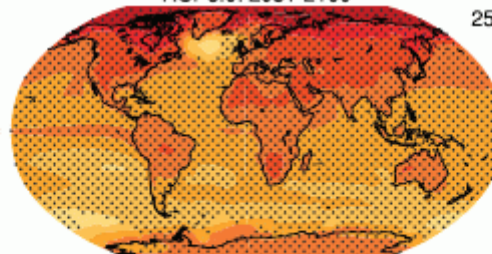
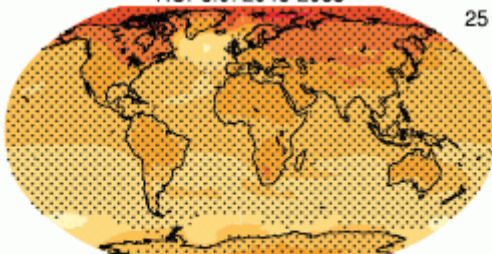


RCP6.0: 2046-2065

RCP6.0: 2081-2100

RCP6.0: 2181-2200

RCP6.0

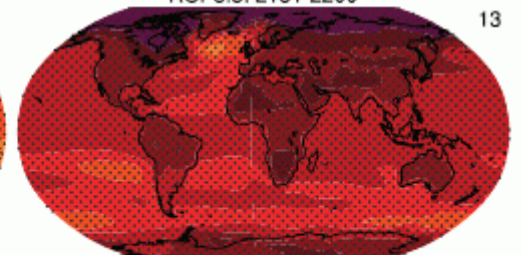
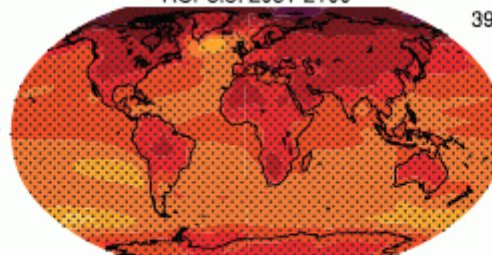
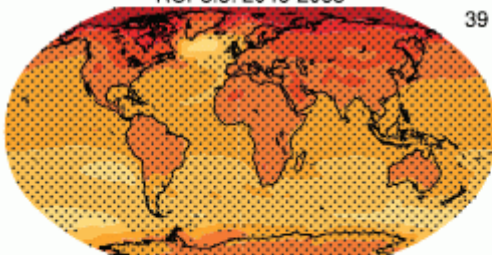


RCP8.5: 2046-2065

RCP8.5: 2081-2100

RCP8.5: 2181-2200

RCP8.5



(°C)

IPCC(2013)

# 氷期・間氷期サイクル

時間スケール: 数万年

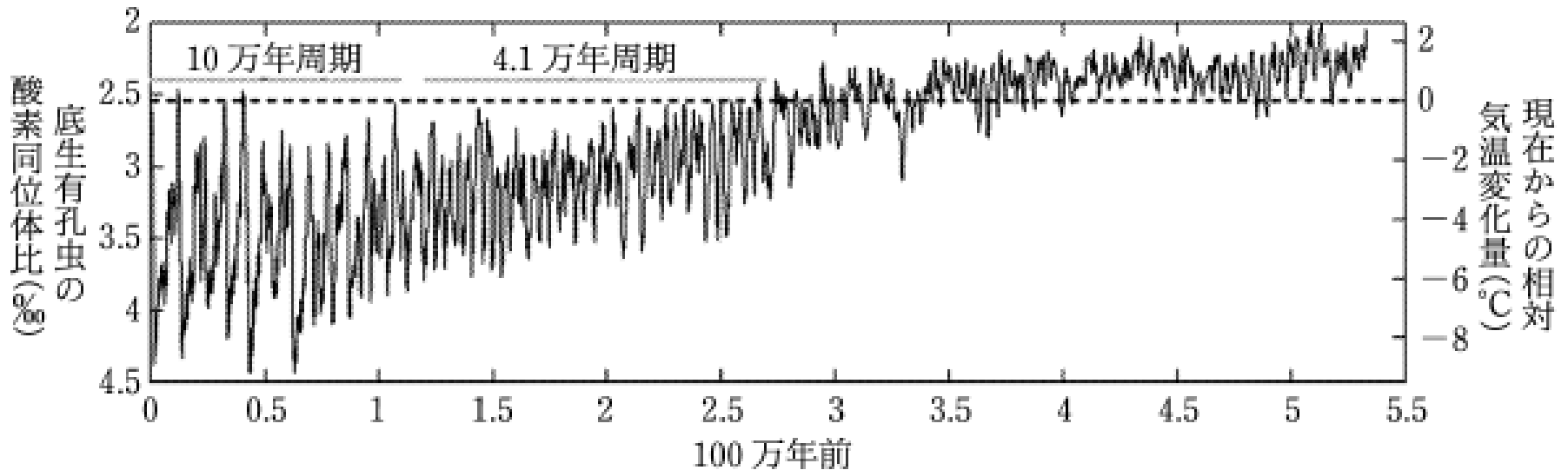
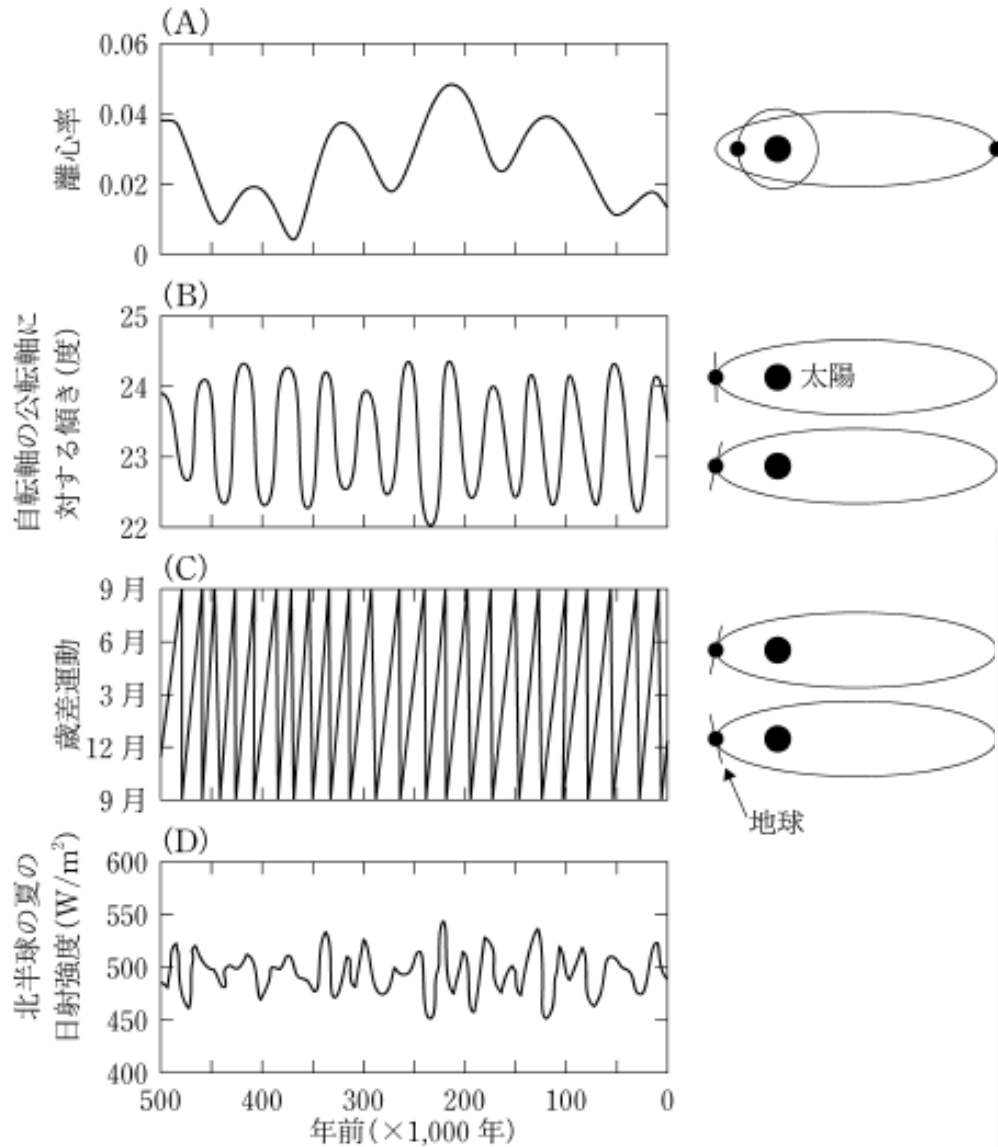


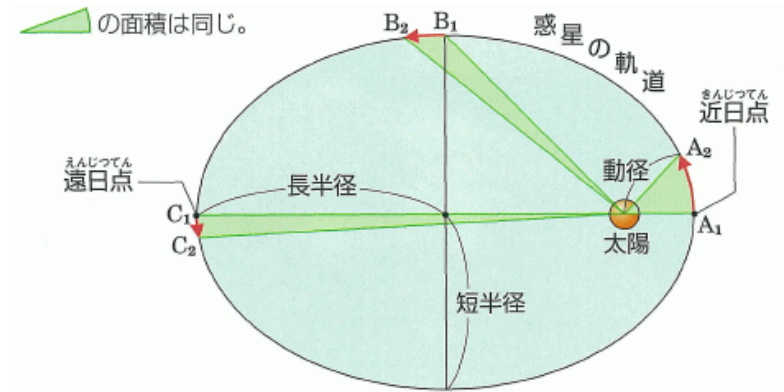
図 27.6 世界各地の海底コアの底生有孔虫による過去 500 万年間の酸素同位体比( $\delta^{18}\text{O}$  ‰)の変化とそれを指標とした相対的気温変化(Lisiecki and Raymo, 2005 をもとに作成)

地球惑星科学入門第2版p324

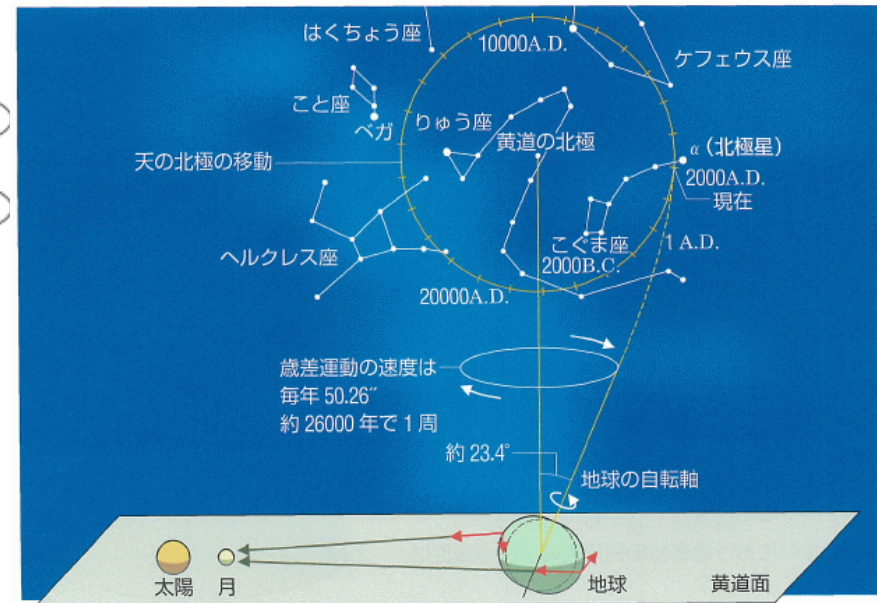
# ミランコビッチサイクル



地球惑星科学入門第2版p208



地学図表P.55

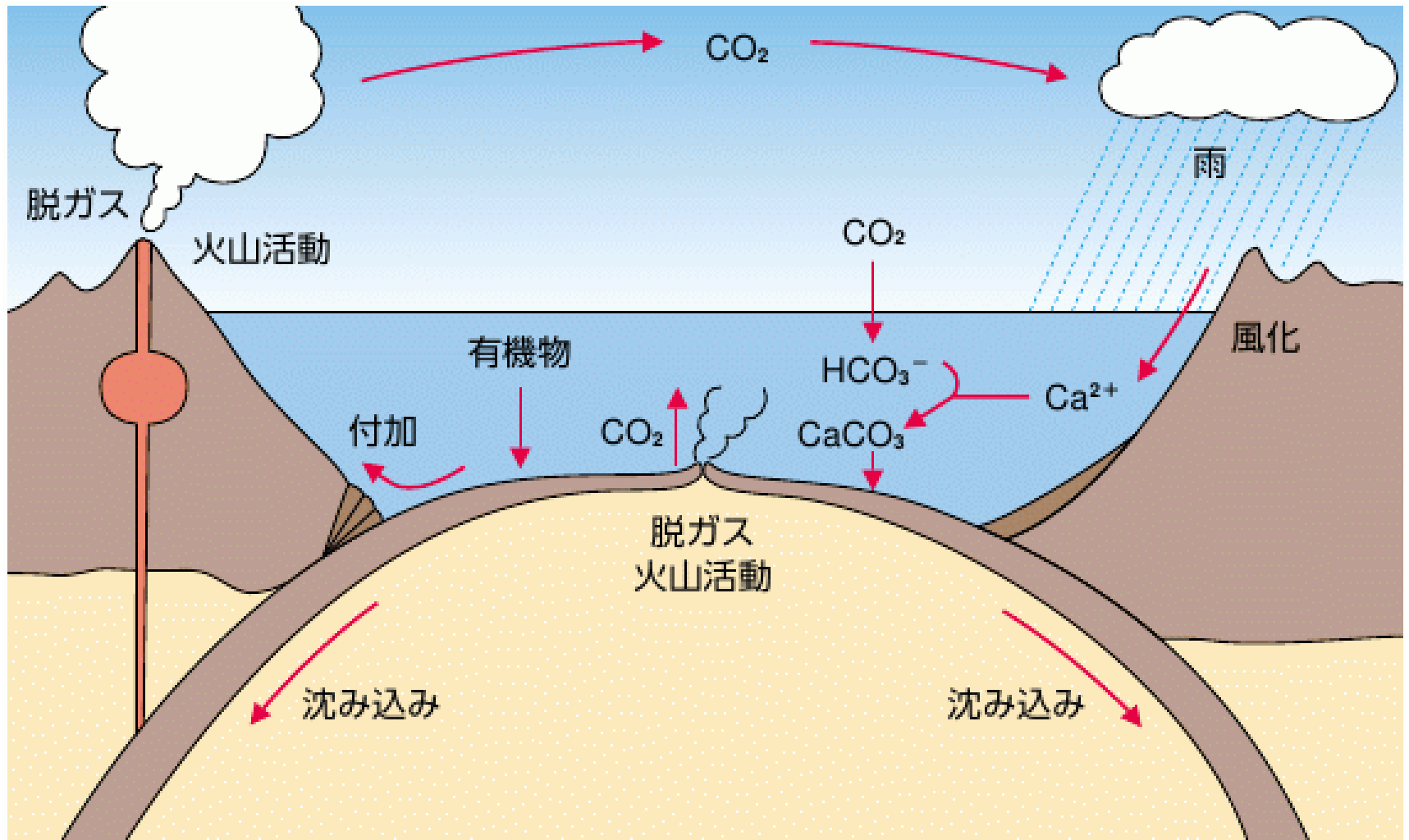


地学図表P.51



# 炭素循環

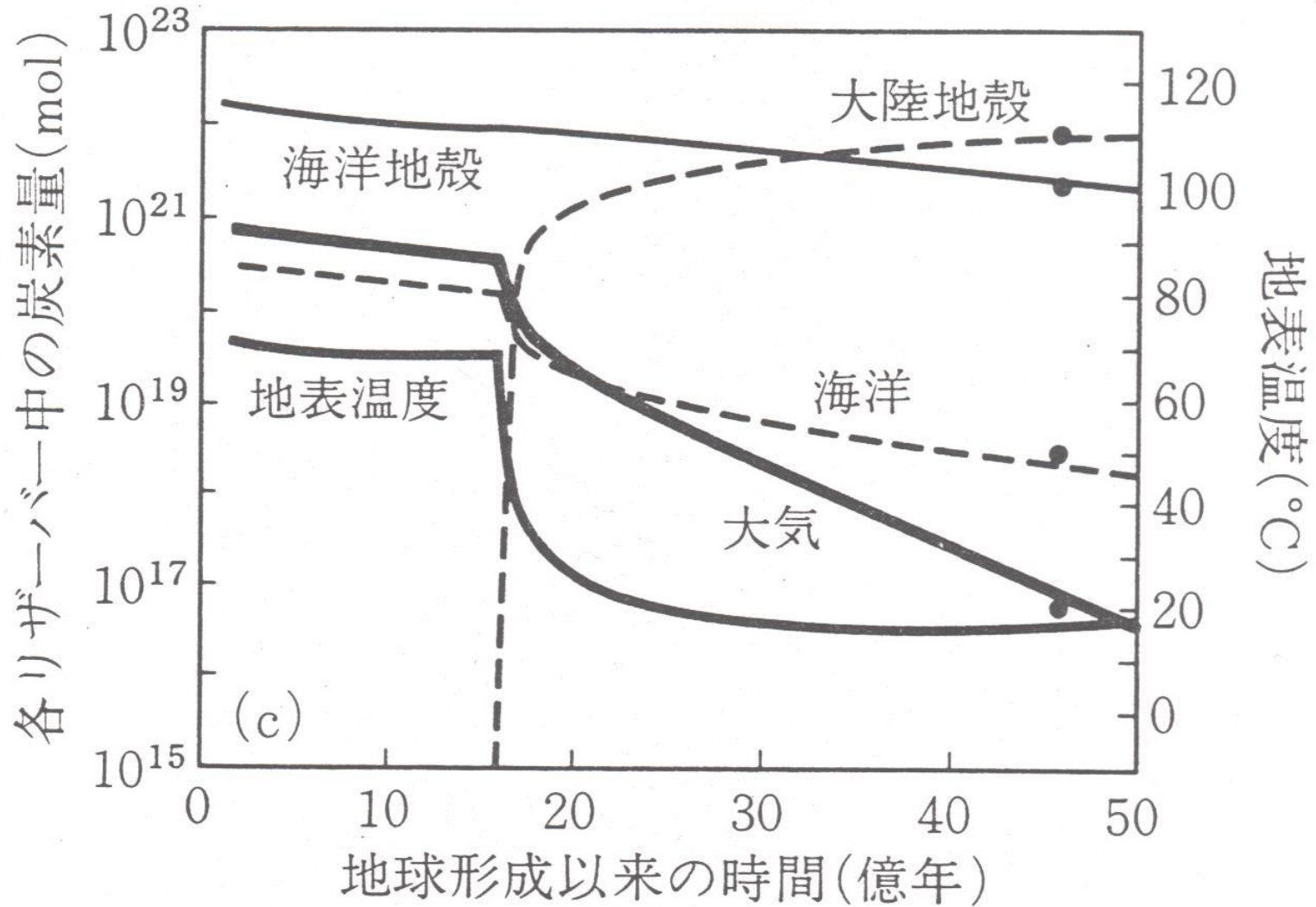
時間スケール: 数億年



地学図表P.205



# 大気海洋の化学進化



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