

# 地球惑星科学II

## 第六回

2017年11月09日

# 前回のミニレポート

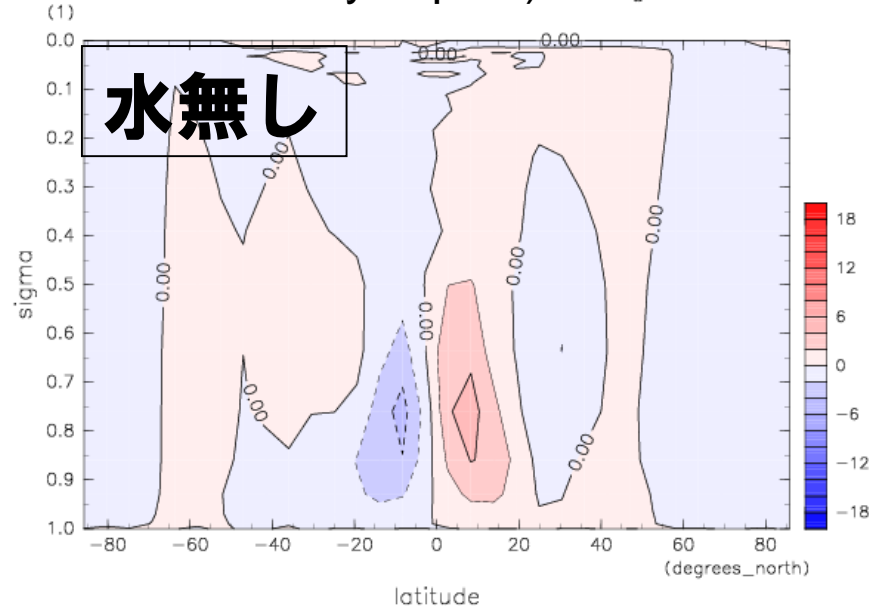
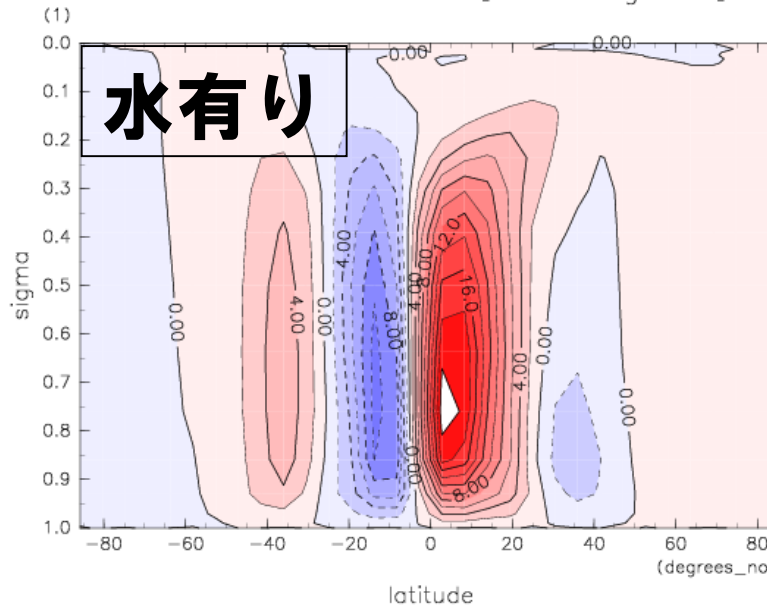
- 地球から水が無くなると大気のエネルギー収支・温度分布・物質分布・循環・その他はどのように変化するか
- 解答例
  - 大気循環が起こらなくなる. エネルギー源の凝結熱が無くなるから
  - 回轉の効果はあるので大気循環はあまり変わらない
  - 雲ができないため太陽放射がそのまま地表に届くため気温が上昇する
  - 雲の温室効果がなくなるので寒冷化する

# 水有り/無しの数値計算

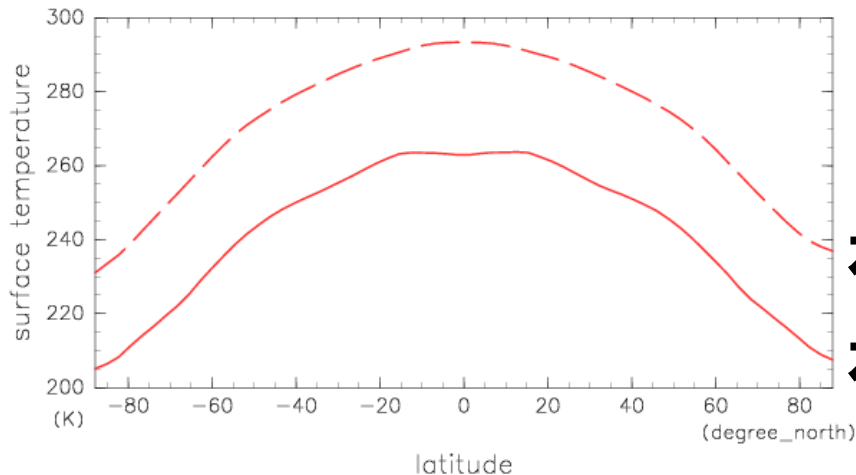
- 計算結果:

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)



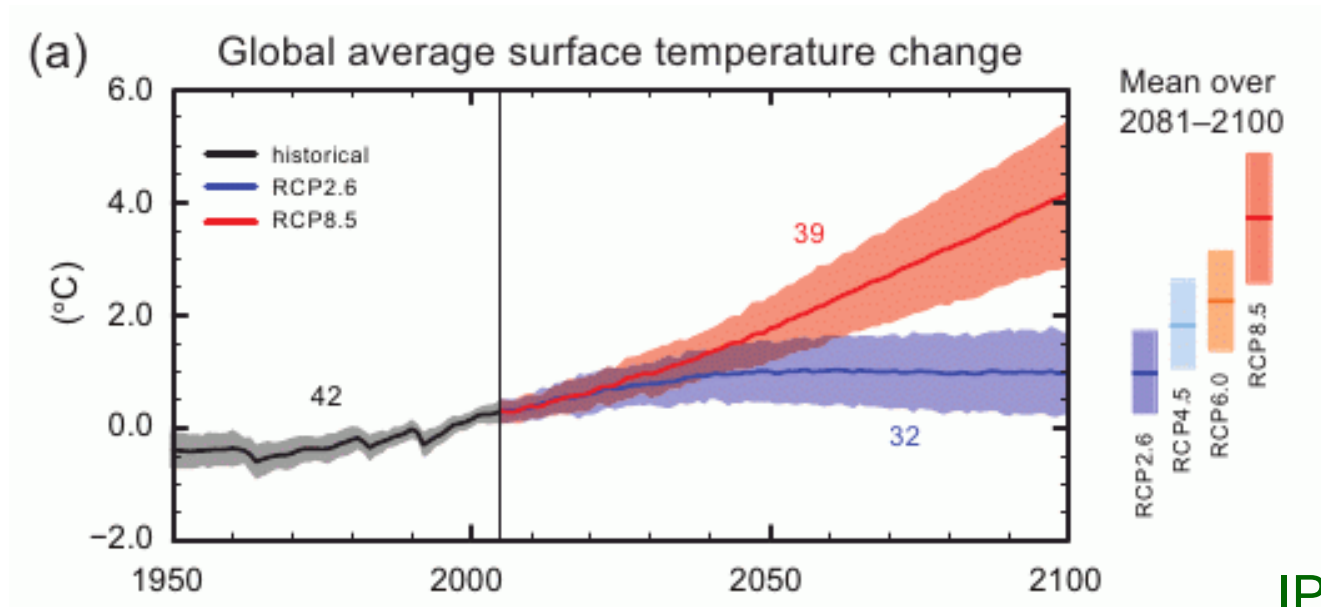
水有りの場合  
水無しの場合

# 前回のミニレポート

- その他の意見
  - 空の色が変わる
  - 扇状地とか三角州とか，流水の働きでできる地形ができなくなる
  - 水滴での反射・屈折がなくなり，虹がかからなくなる
  - 津波や洪水の被害が無くなる
  - 水がないとお風呂にも入れない
  - 人間は死ぬ．そうだ，火星に行こう．
  - 水が無い状況で分布とか循環とかを考える余裕はないと思う

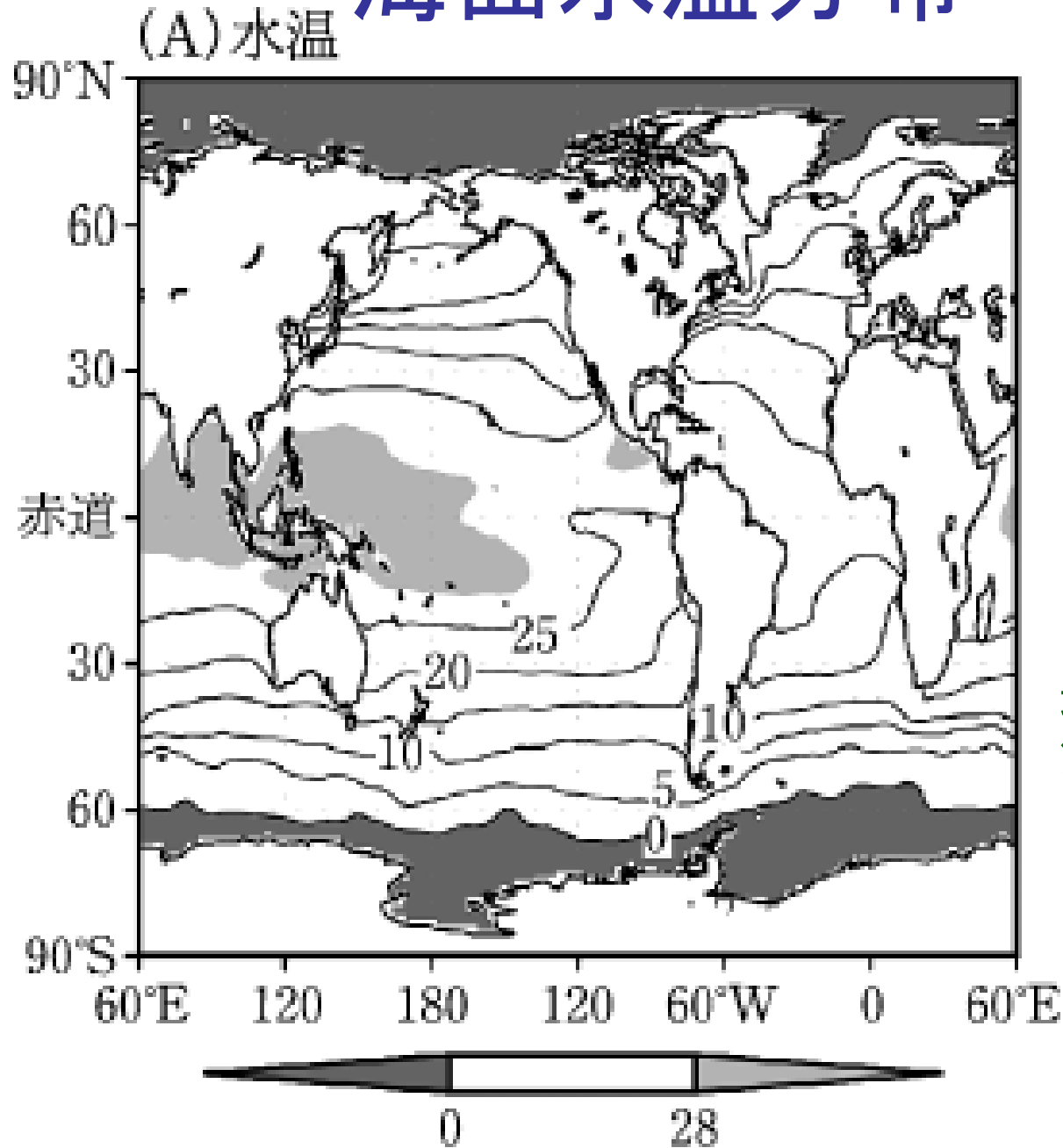
# 今日のテーマ

- 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

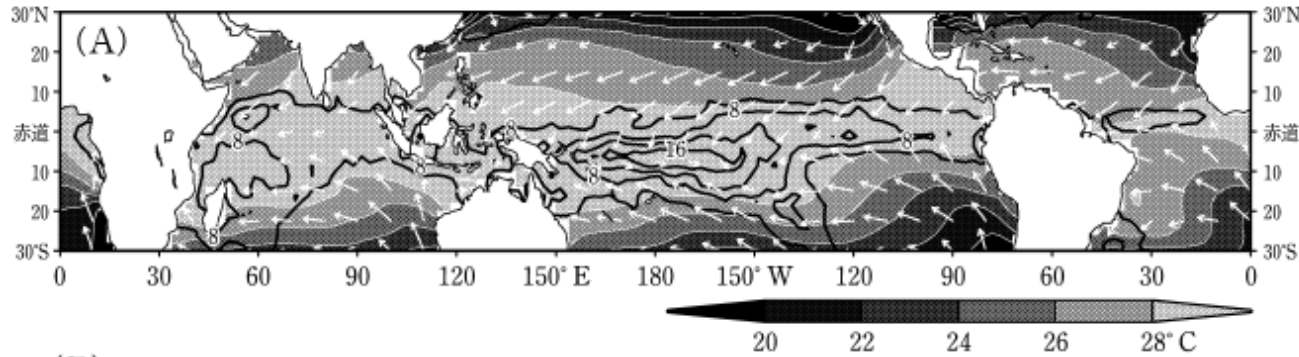


地球惑星科学入門  
第2版p279

# エルニーニョとラニーニャ

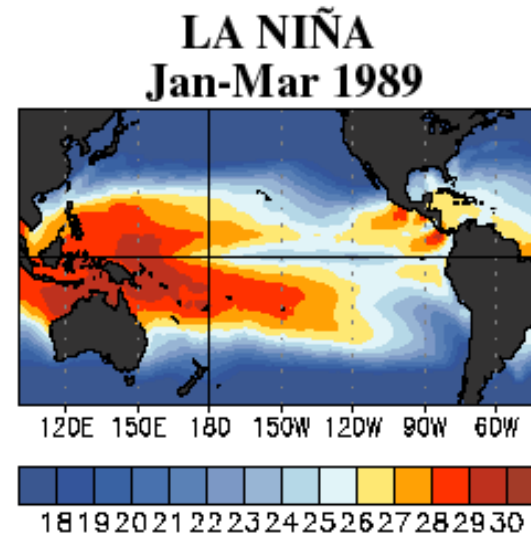
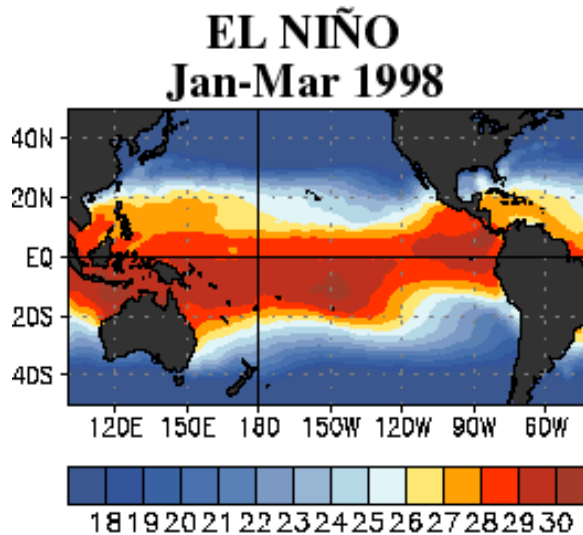
時間スケール: 数年

## エルニーニョ時の場合



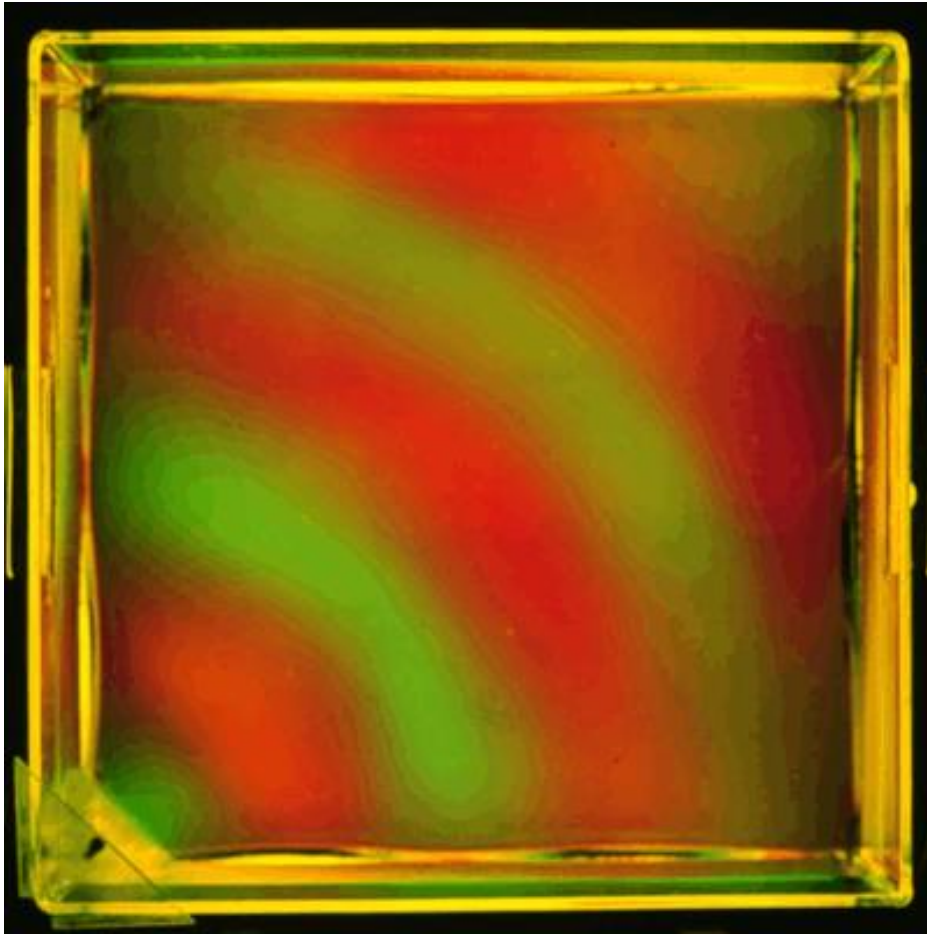
地球惑星科学入門第2版p326

海面  
温度

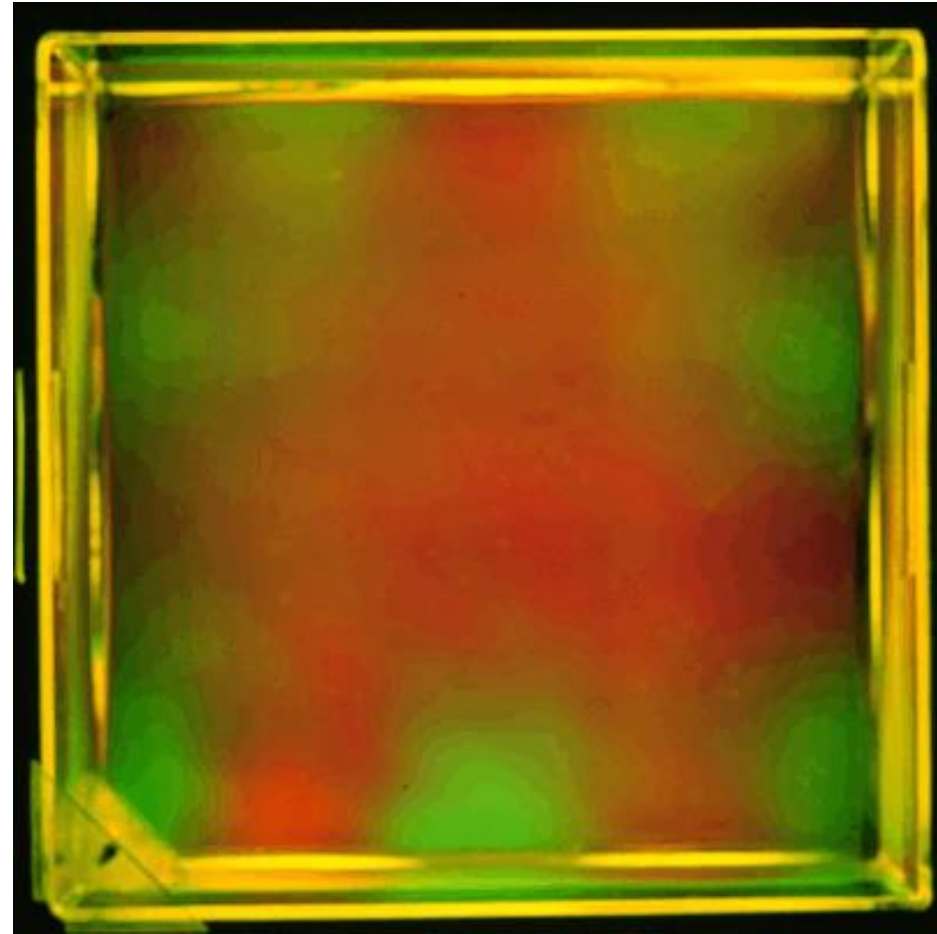


[http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensocycle/ensocycle.shtml](http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/ensocycle.shtml) より転載

# 赤道の波



重力波  
(系が回転していない)



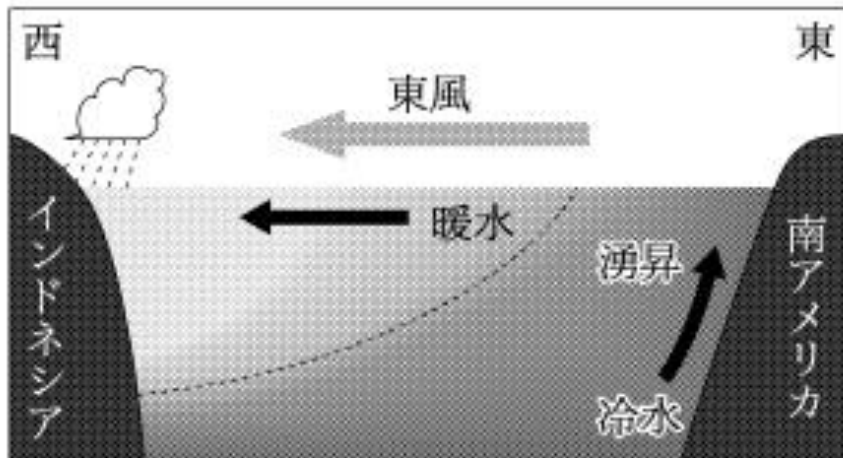
ケルビン波  
(系が回転している)

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

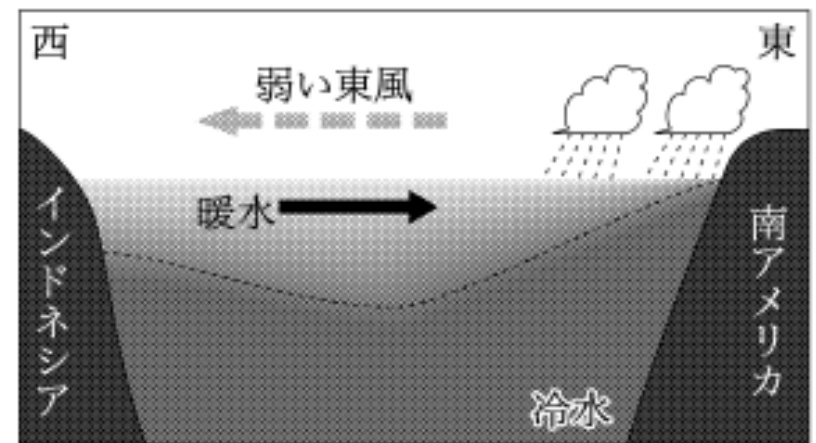


# エルニーニョとラニーニャの力学

## 通常の場合



## エルニーニョ時の場合

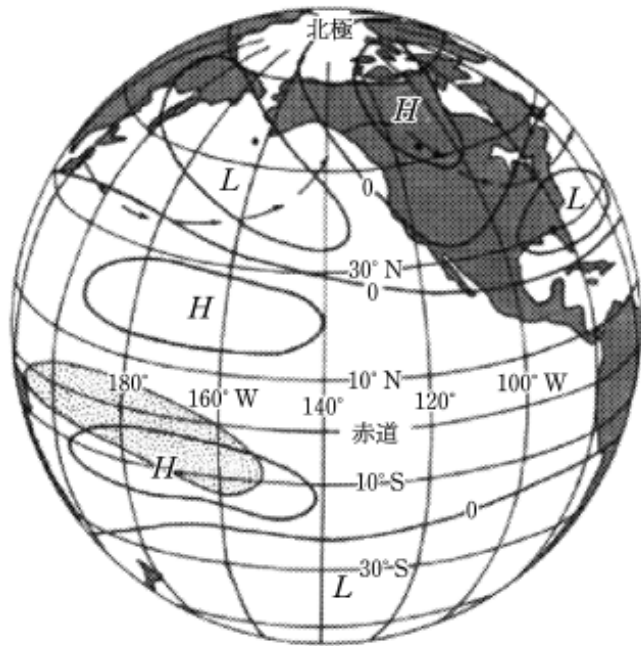


地球惑星科学入門第2版p326, p329

# 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

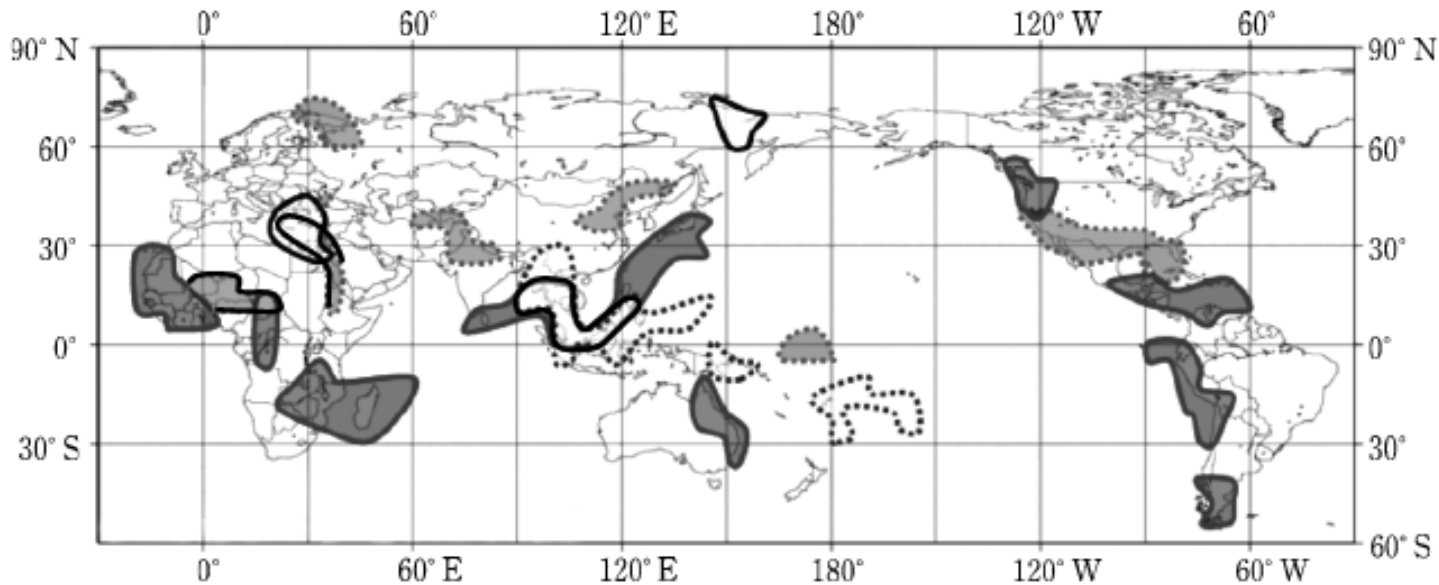
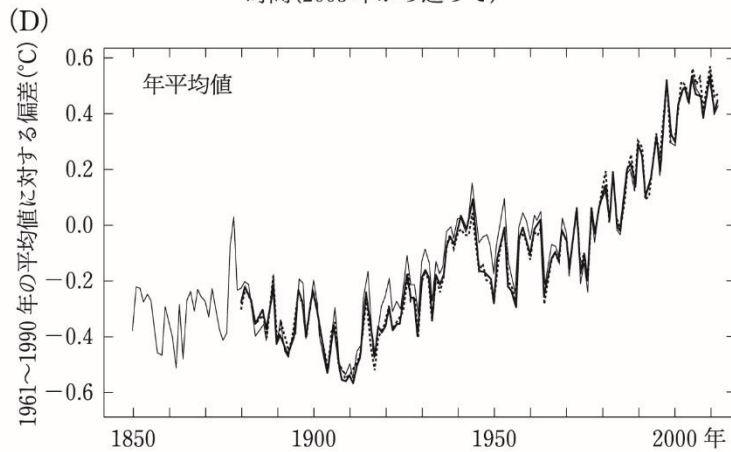
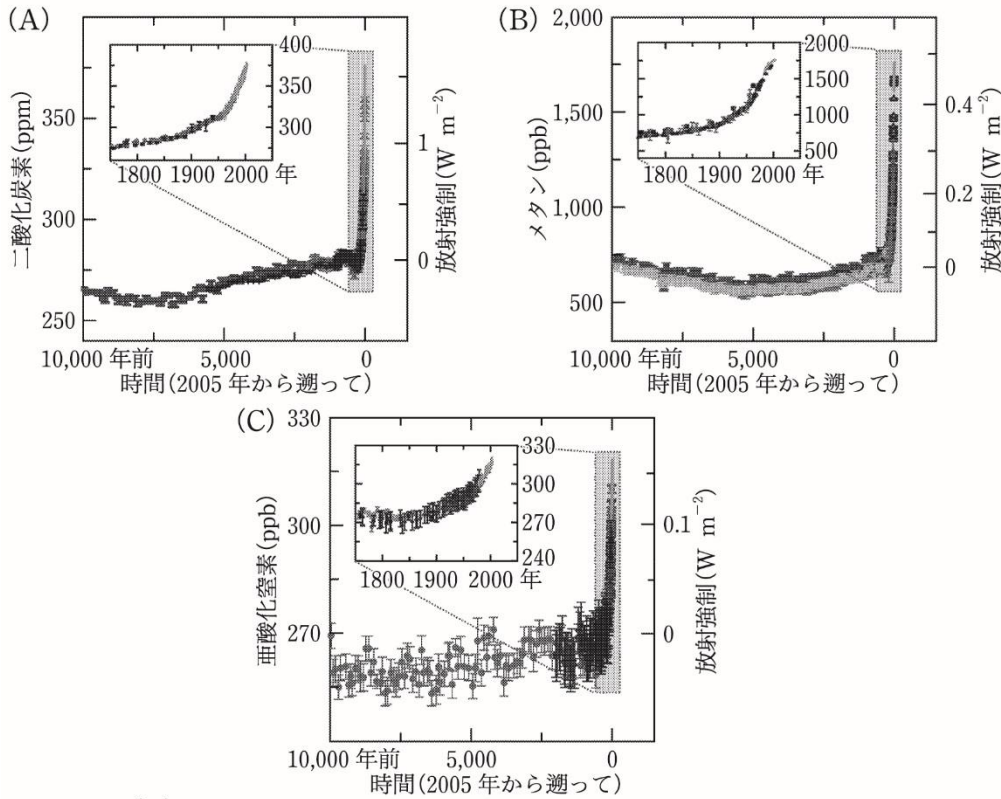


図 28.4 エル・ニーニョ時に発生する世界各地の気候変化。エル・ニーニョ発生時(3~5月)。● 高温 ○ 低温 ● 多雨 ○ 少雨

# 地球温暖化

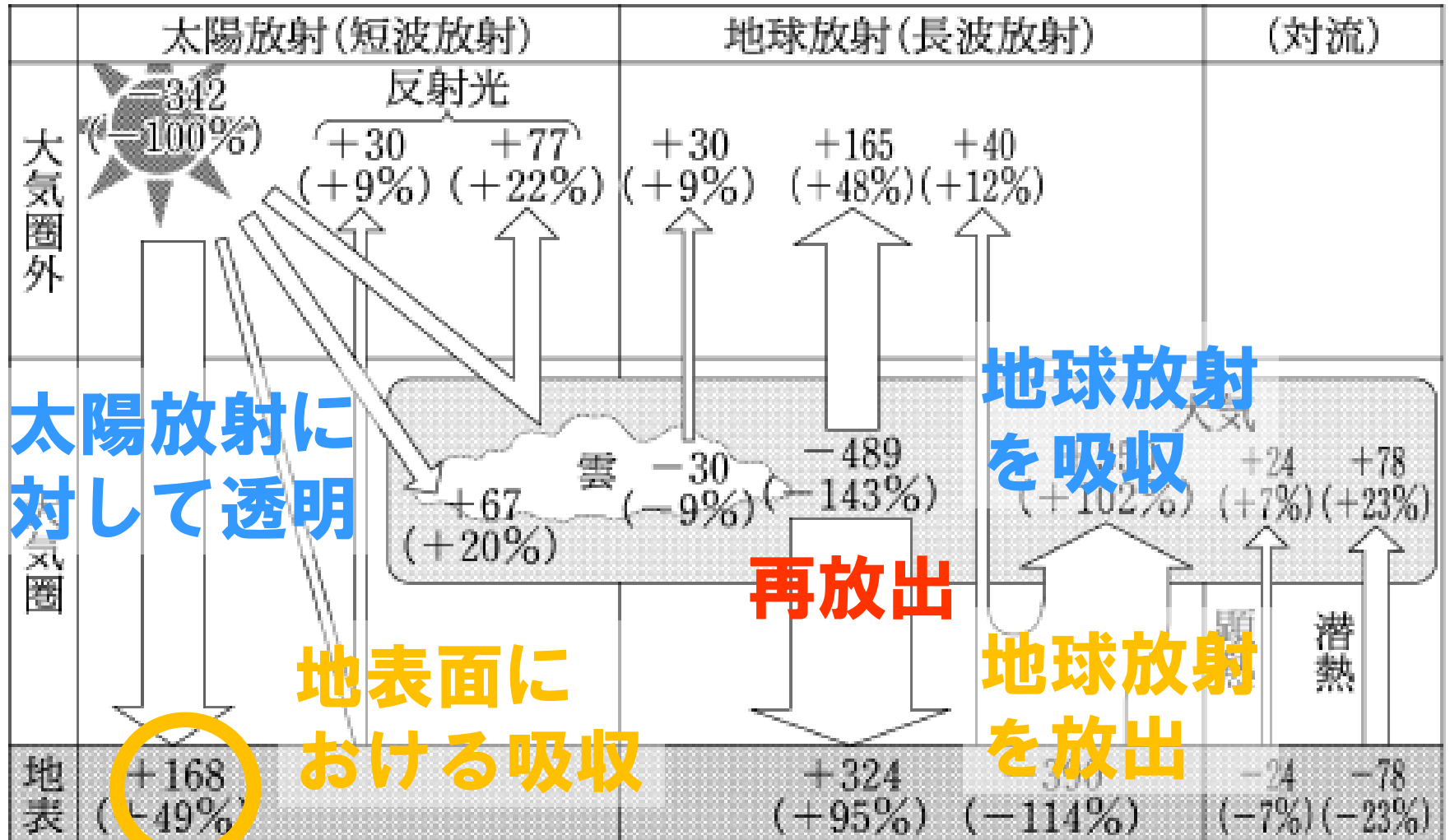
時間スケール: 数10年



地球惑星科学入門第2版p338

# 温室効果

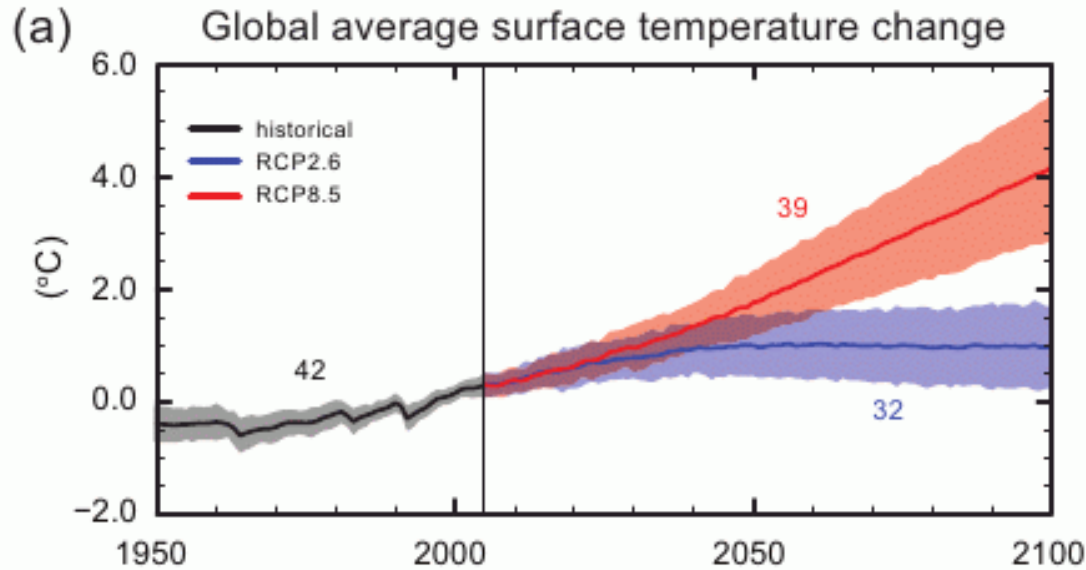
地球惑星科学入門P.224



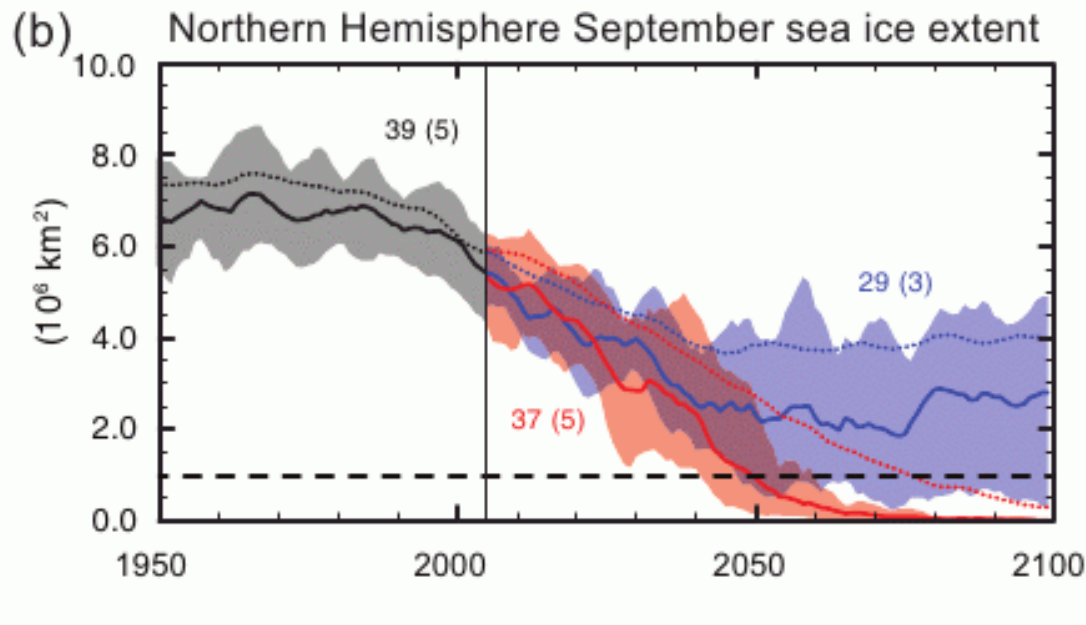
# 温暖化予測

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

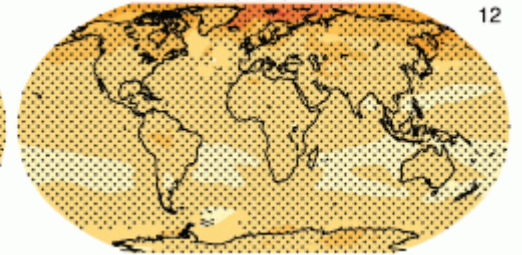
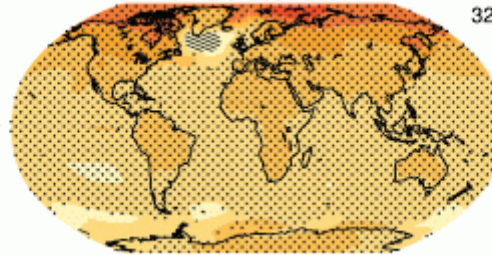
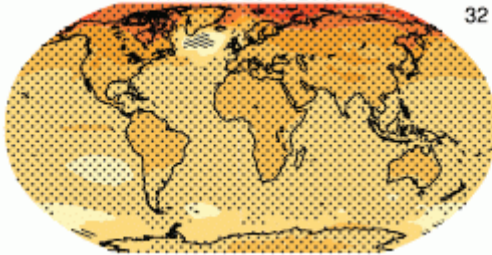
2181-2200

RCP2.6: 2046-2065

RCP2.6: 2081-2100

RCP2.6: 2181-2200

RCP2.6

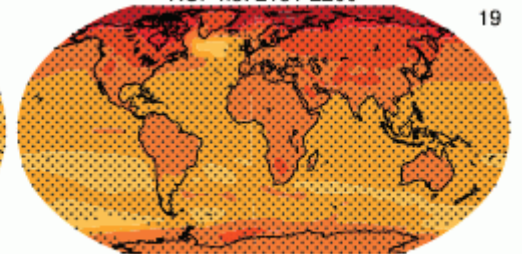
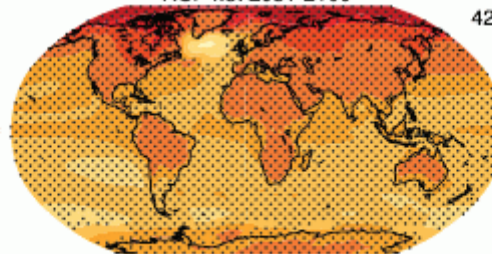
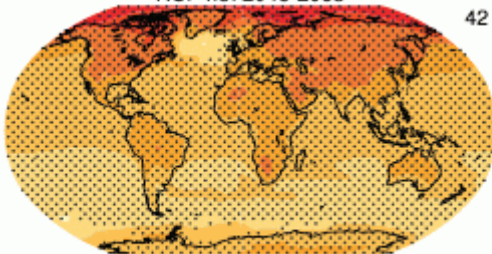


RCP4.5: 2046-2065

RCP4.5: 2081-2100

RCP4.5: 2181-2200

RCP4.5

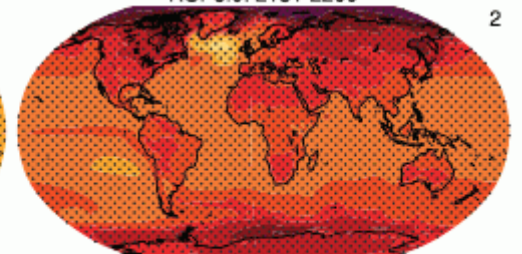
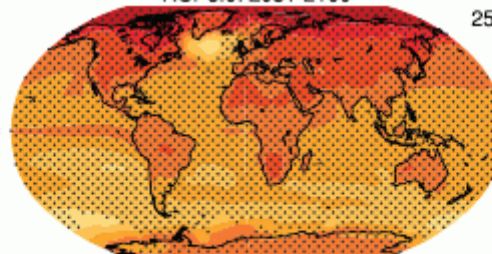
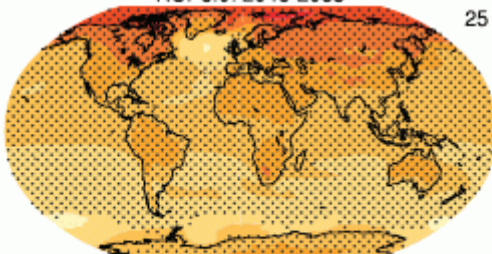


RCP6.0: 2046-2065

RCP6.0: 2081-2100

RCP6.0: 2181-2200

RCP6.0

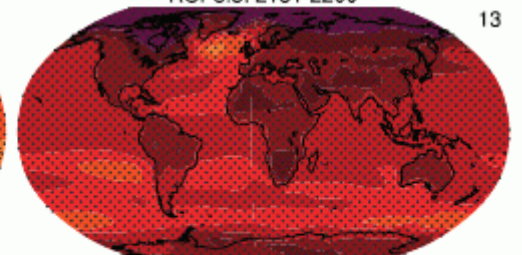
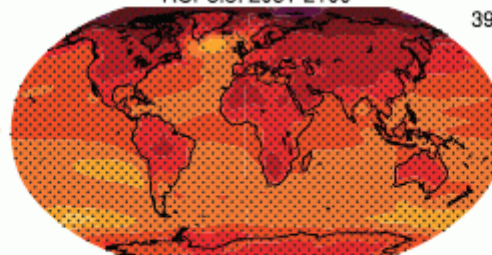
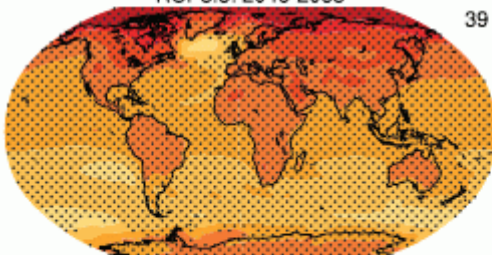


RCP8.5: 2046-2065

RCP8.5: 2081-2100

RCP8.5: 2181-2200

RCP8.5

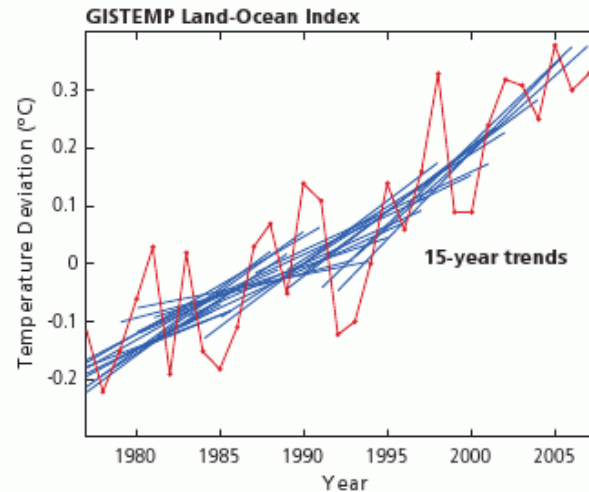
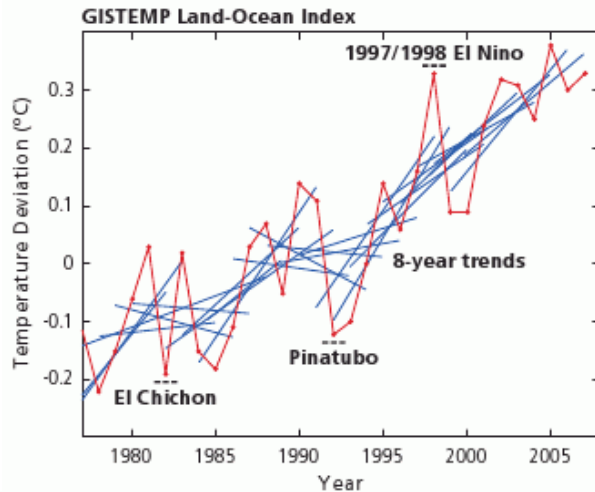


(°C)

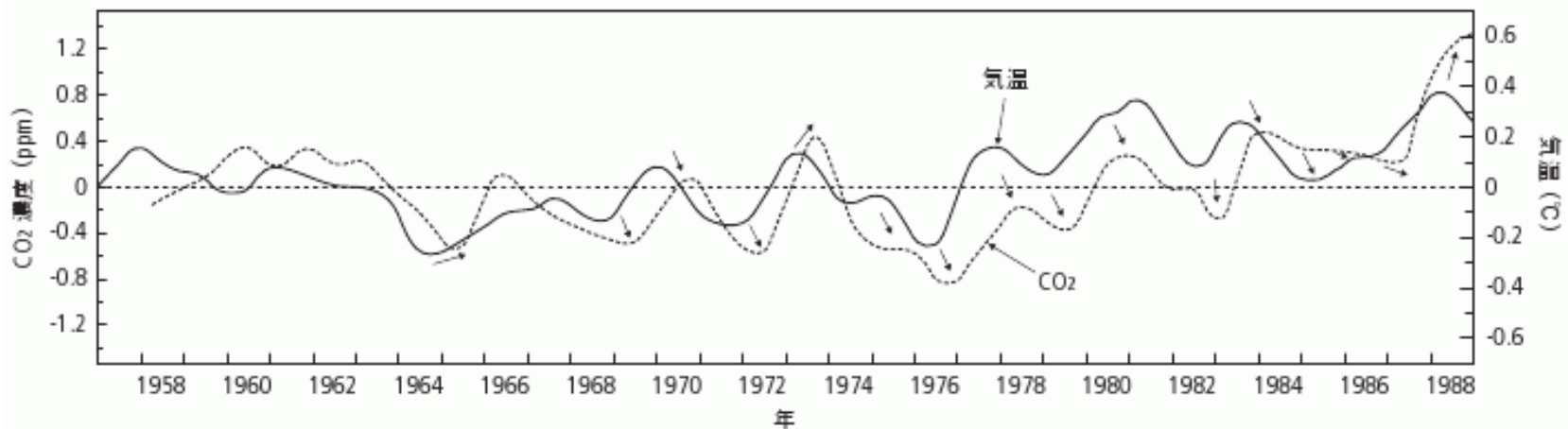
IPCC(2013)

# 温暖化懐疑論

- 2001年以降、気温上昇が止まっている
- 温度の上昇がCO2増加の原因である、等々



明日香他(2009)





# 氷期・間氷期サイクル

時間スケール: 数万年

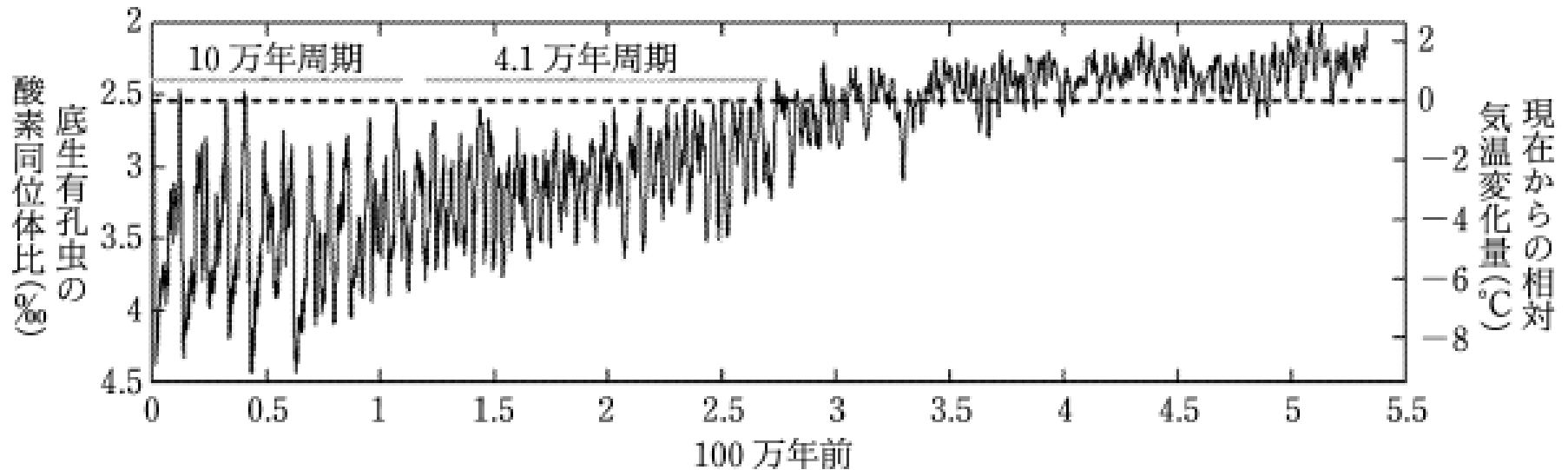
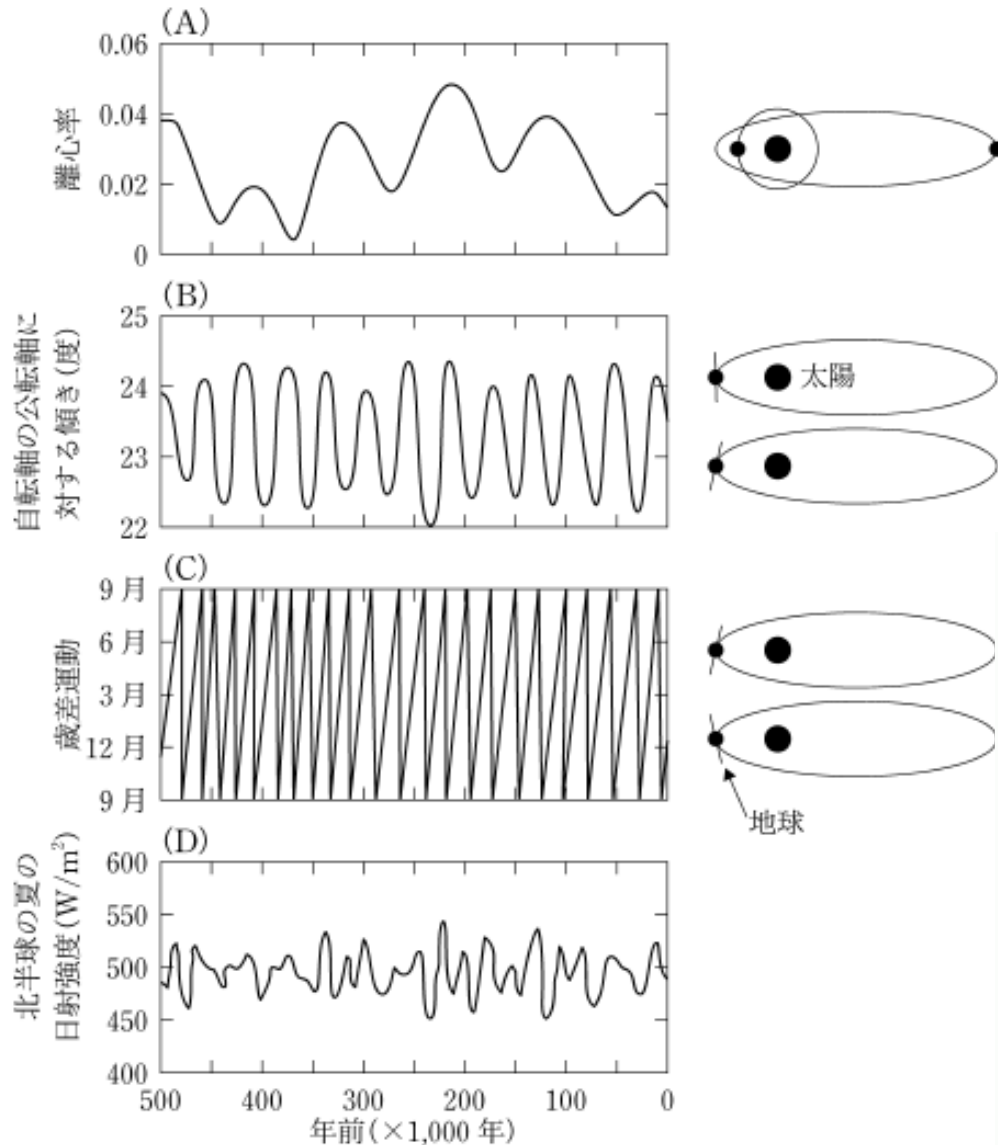


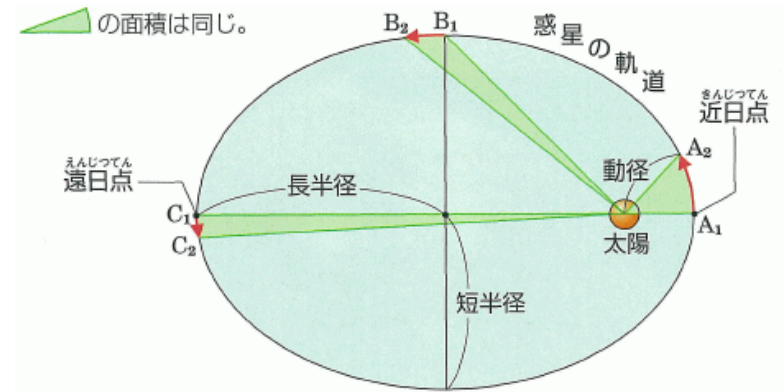
図 27.6 世界各地の海底コアの底生有孔虫による過去 500 万年間の酸素同位体比( $\delta^{18}\text{O}$  ‰)の変化とそれを指標とした相対的気温変化(Lisiecki and Raymo, 2005 をもとに作成)

地球惑星科学入門第2版p324

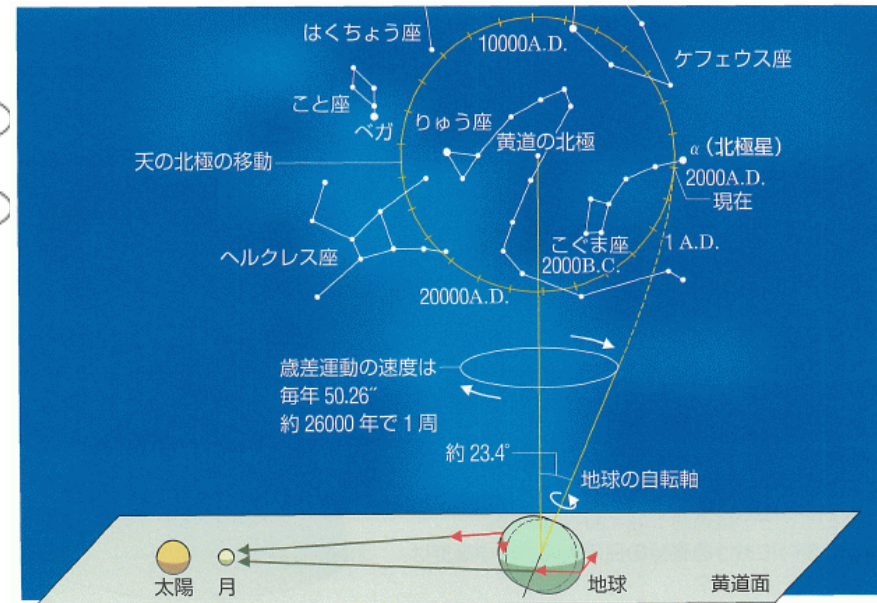
# ミランコビッチサイクル



地球惑星科学入門第2版p208



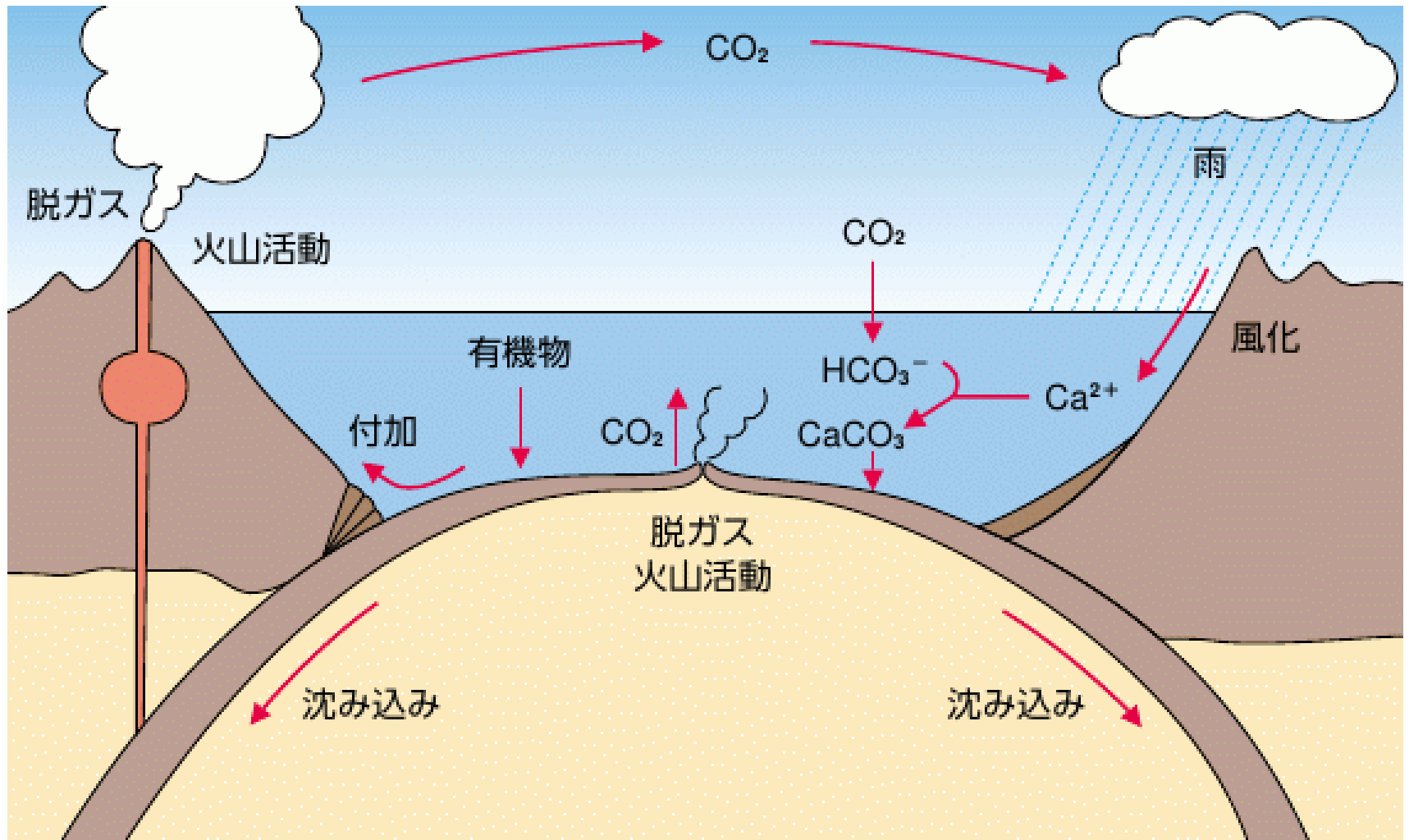
地学図表P.53



地学図表P.49

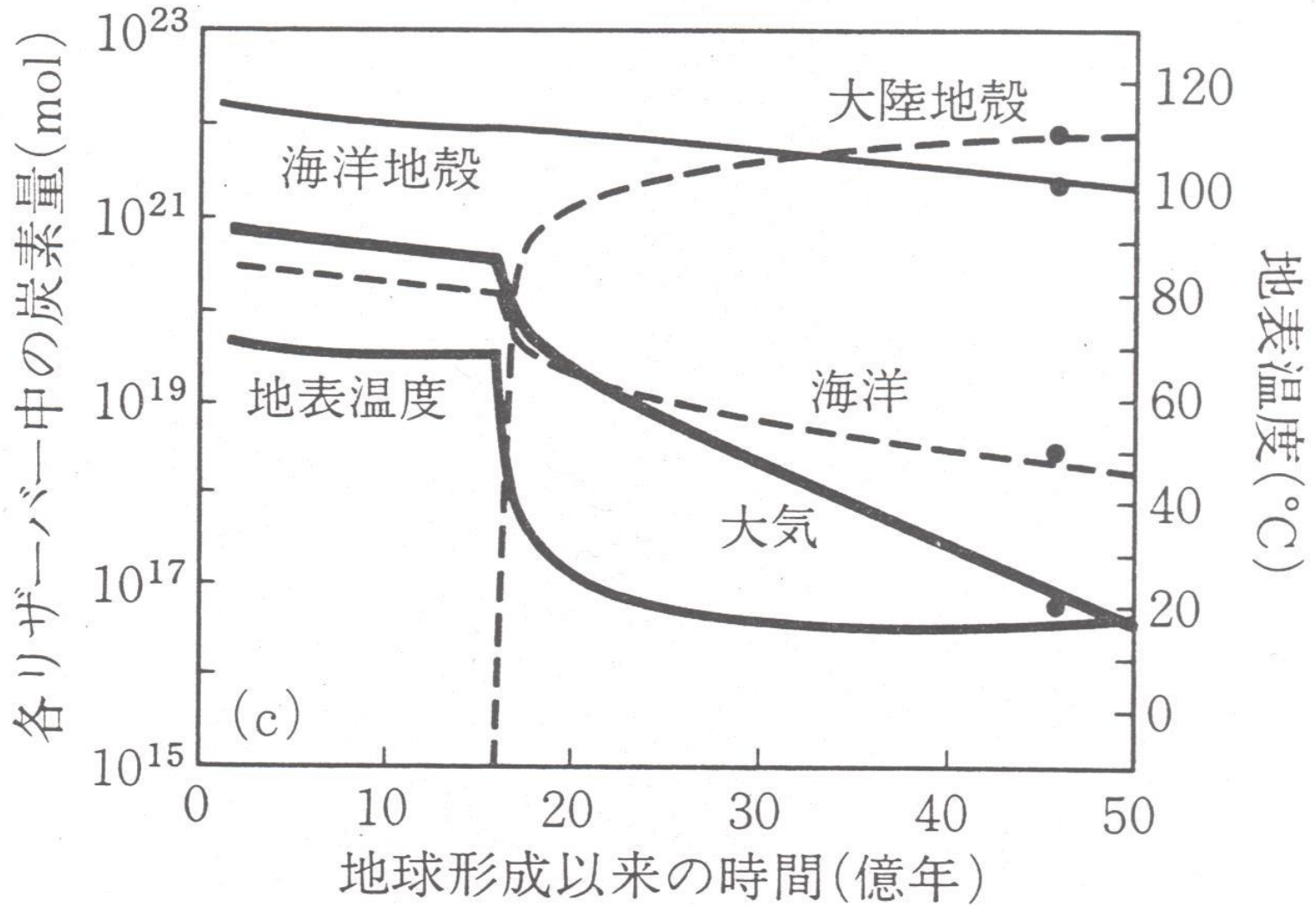
# 炭素循環

時間スケール: 数億年



地学図表P.183

# 大気海洋の化学進化

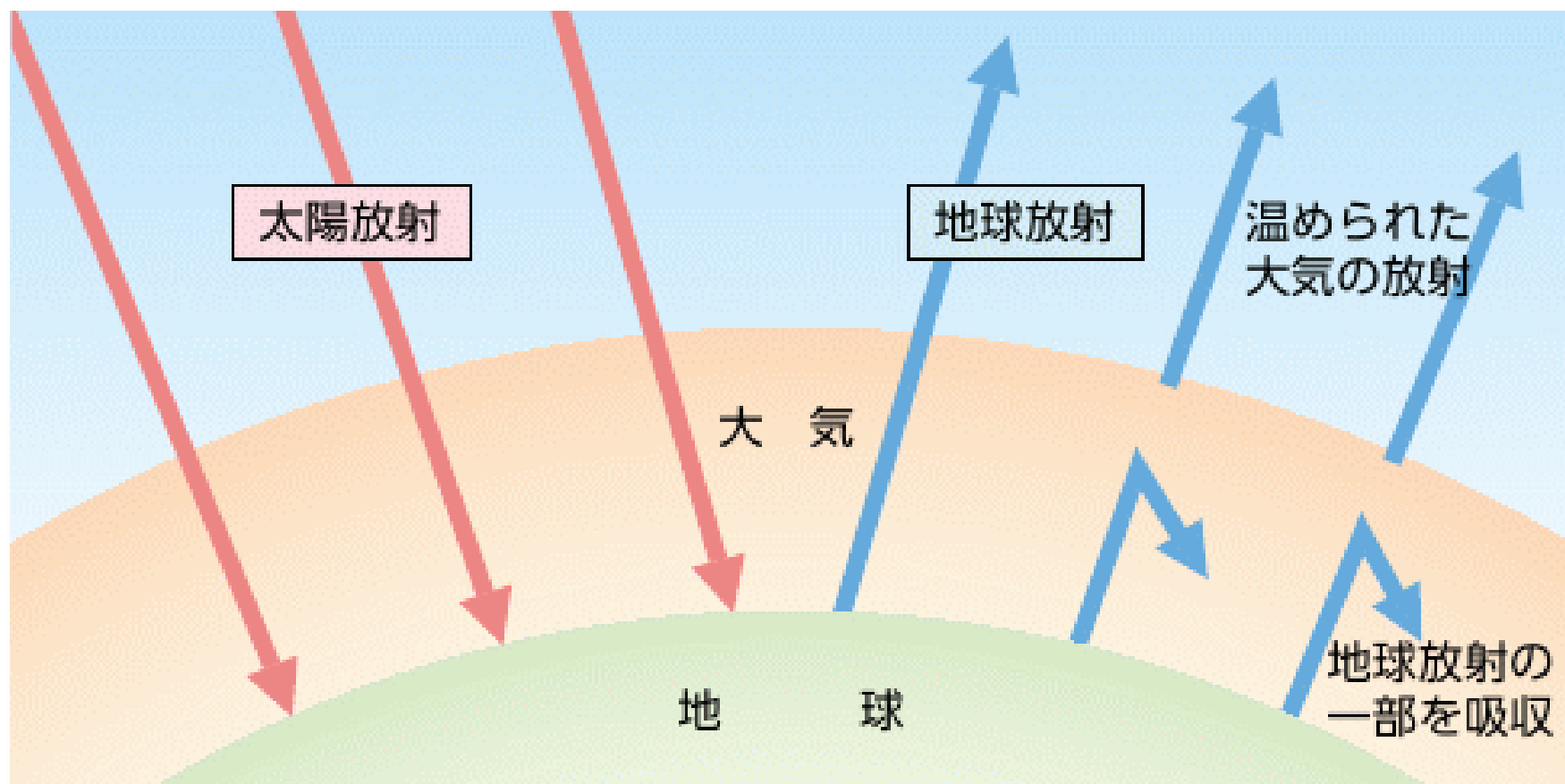


Tajika and Matsui (1990) Origin of the Earth, 347



# 温室効果

地学図表P.184



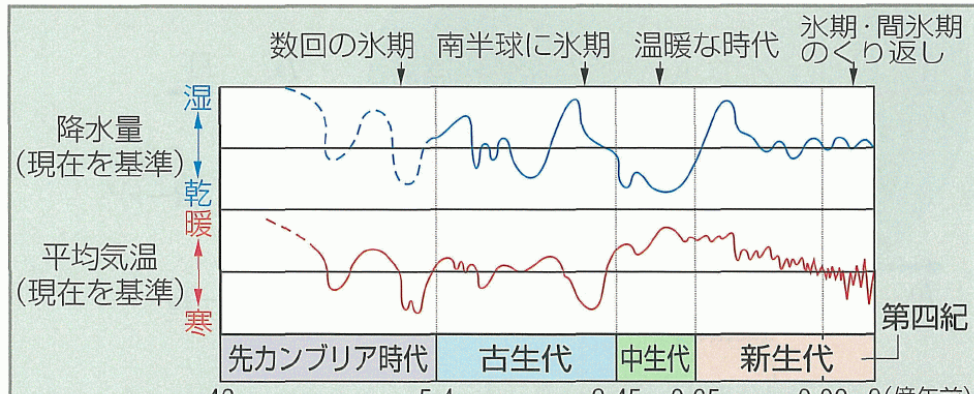
# ミニレポートの文章に対する注意

- 単語の選び方が良くない文章がいくつかある
  - 水の熱輸送が無くなるので地球全体の熱が偏る
  - 循環が、水があるときよりへる
  - 水がなくなると温度分布は現在よりも極端になる

# 長期の気候変化

温度の長期変化の図がなくなった!!!!

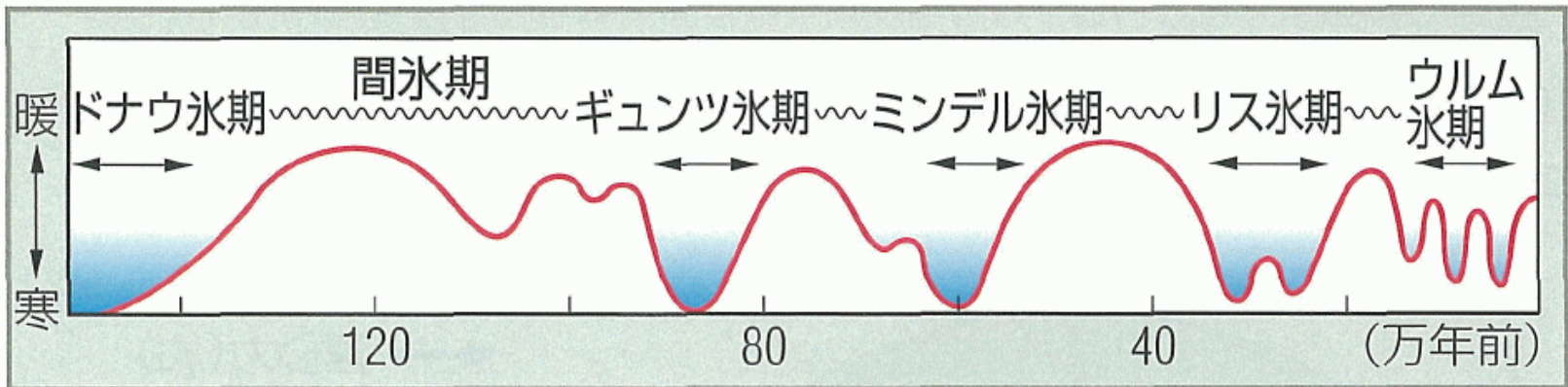
## 地質時代の気候変化



地学図表P.108

## 氷河時代の気候変化

「知っておきたい異常気象」による

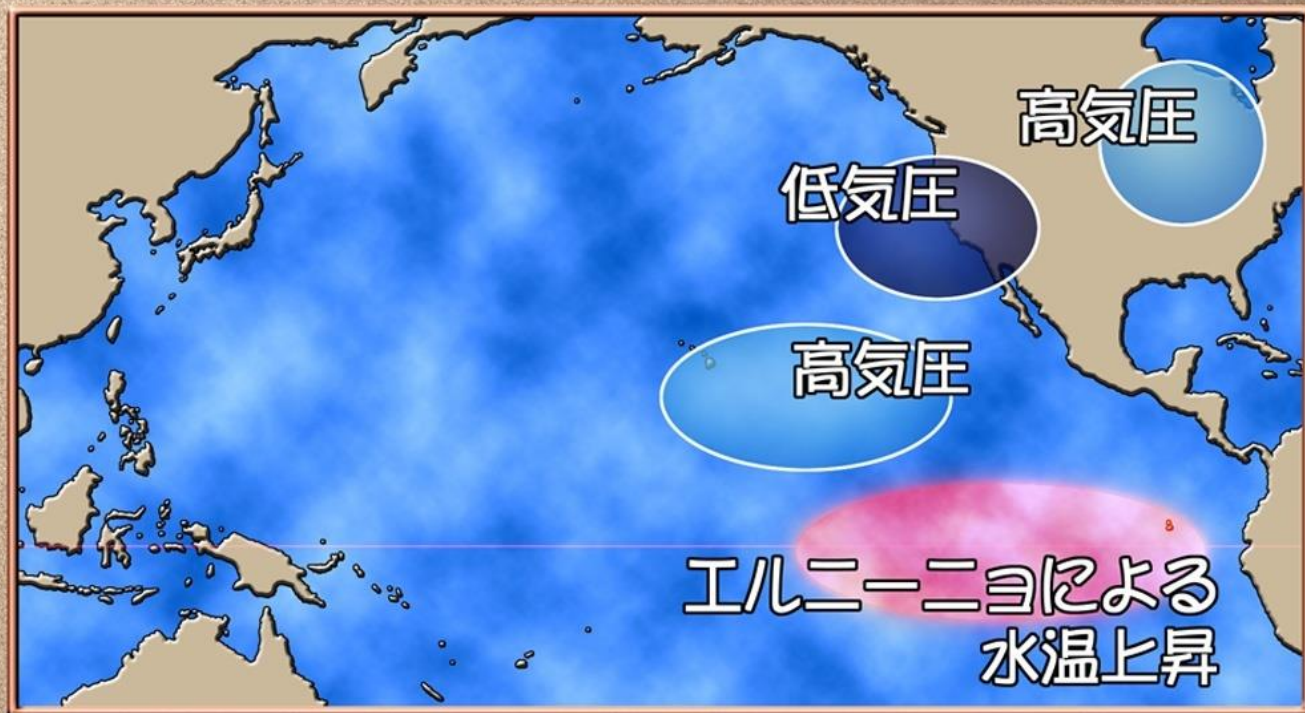


地学図表P.108



# エルニーニョがもたらす異常気象

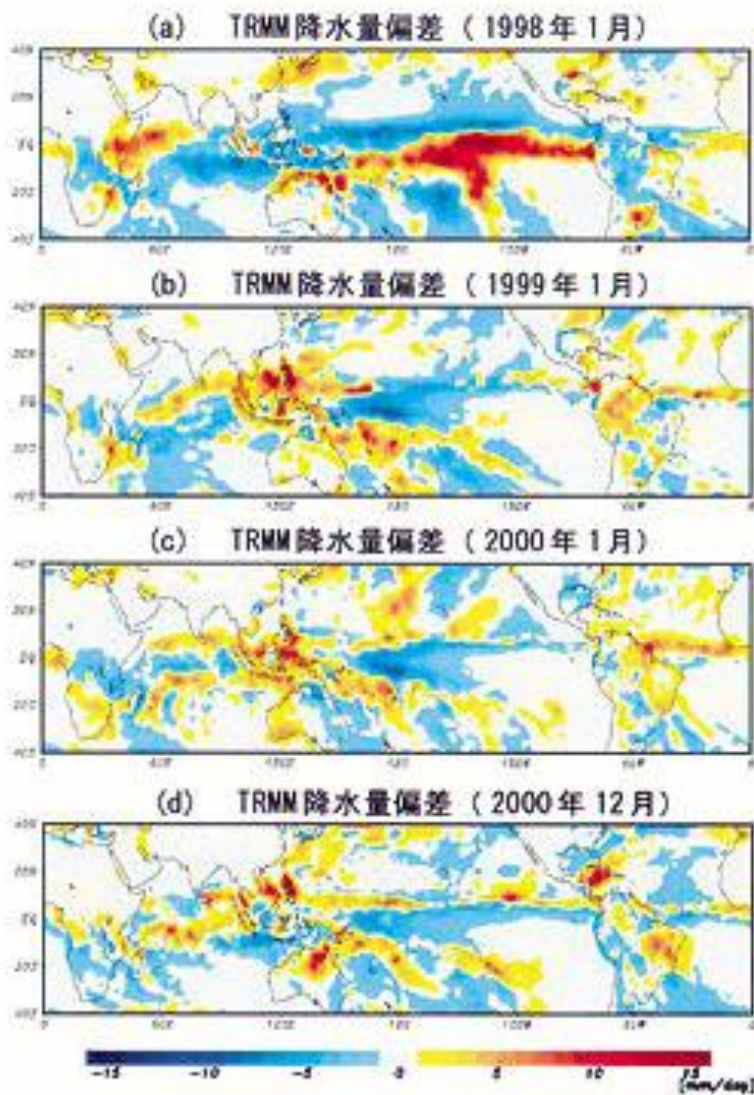
## エルニーニョの影響の例



## PNA パターンの場合

PNA: (Pacific North America)

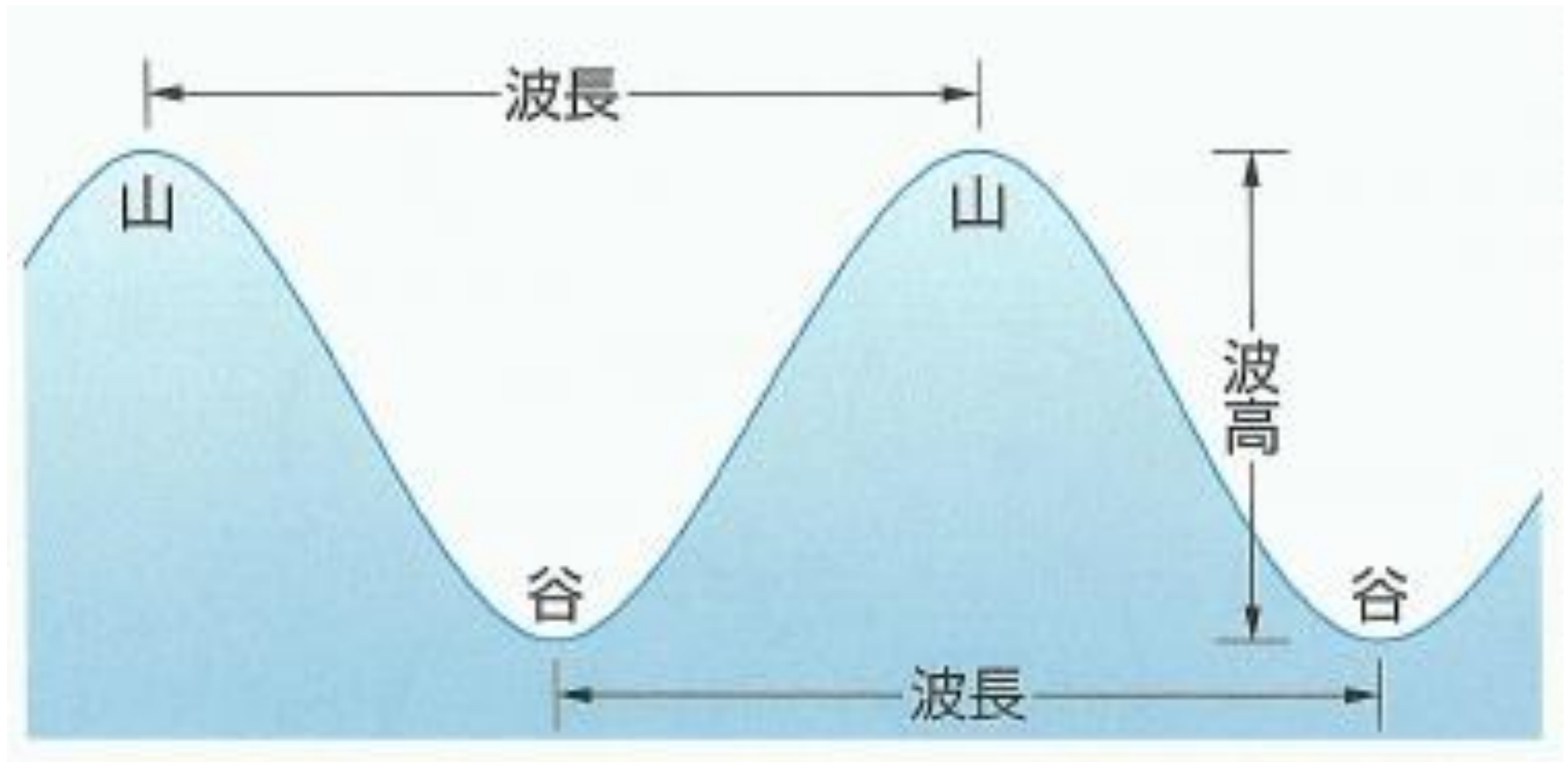
# 今日の計算問題



- エルニーニョ時の熱源の大きさを計算しよう
  - 降水量偏差: 20mm/日
  - 水の密度  $1000\text{Kg/m}^3$
  - 水の潜熱  $2.5 \times 10^6\text{J/Kg}$

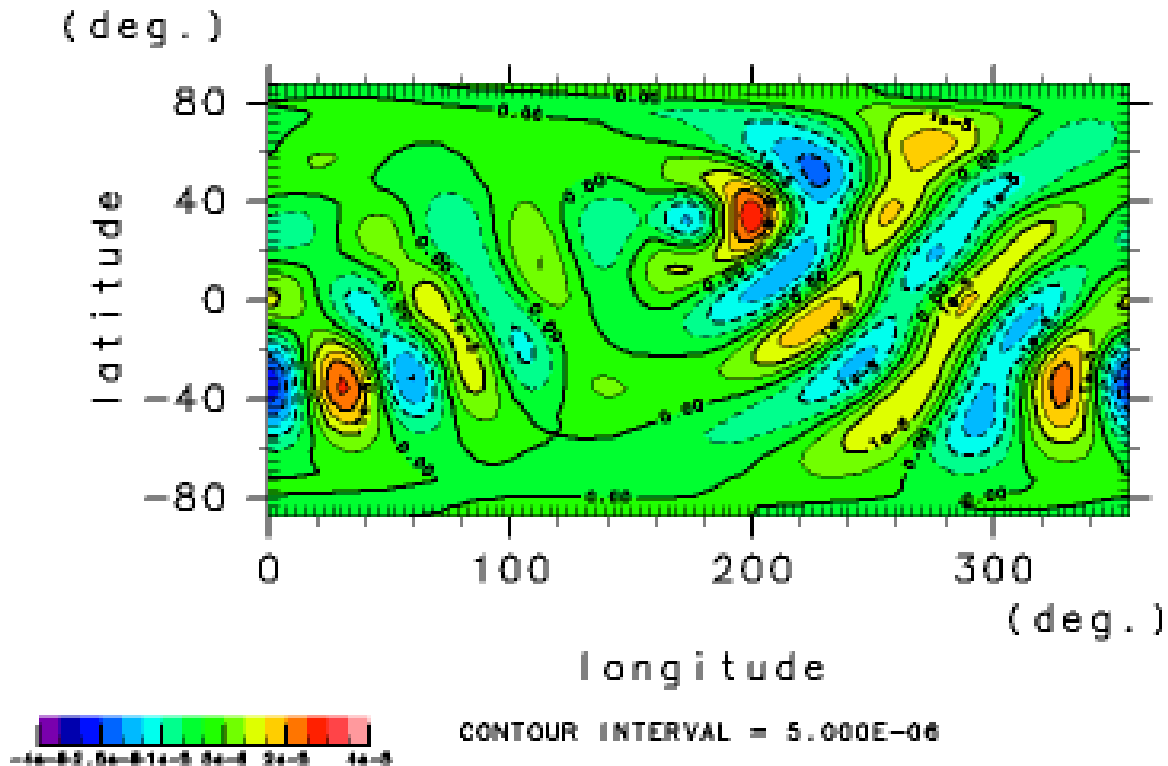
# 大気・海洋の大規模波動

- 波動：復元力によって生じる流体運動
  - 浮力
  - 回転の効果



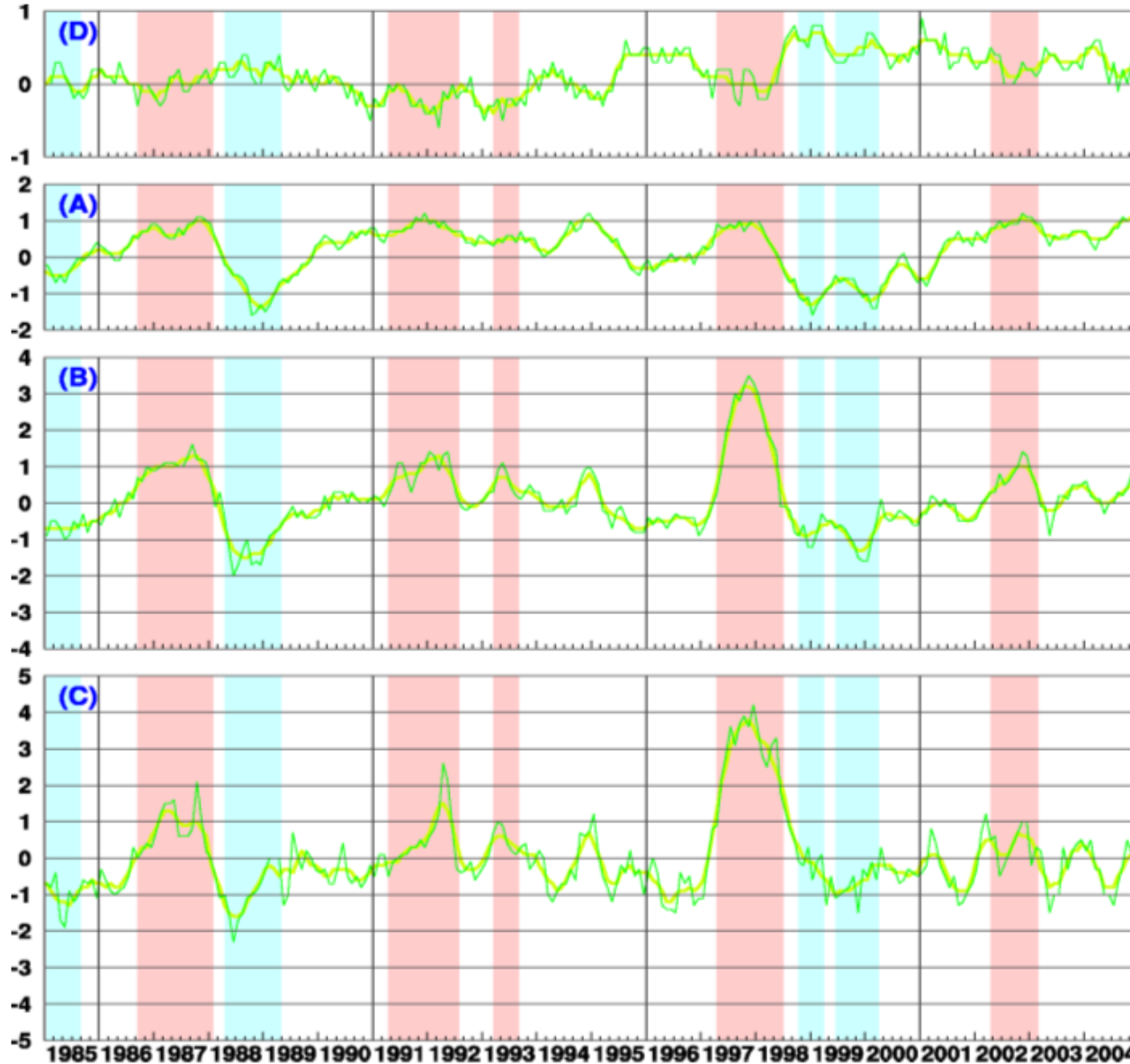
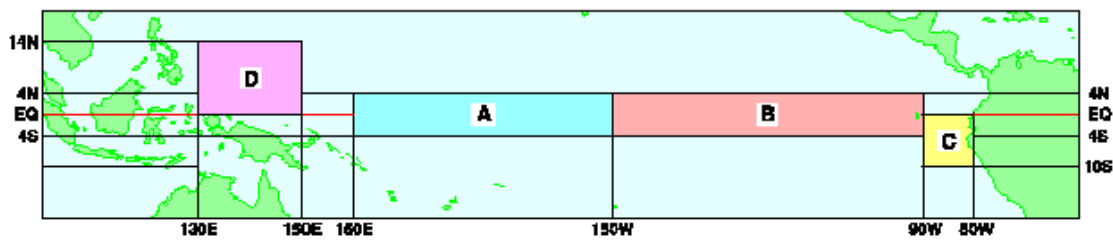
# ロスビー波

vorticity [1/s]



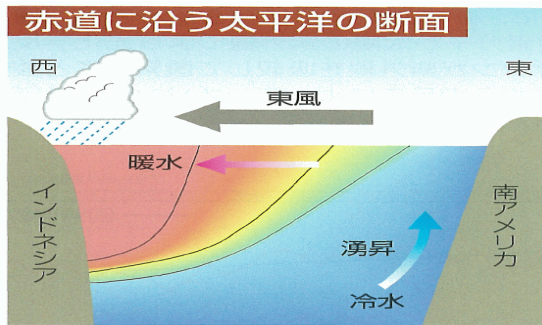
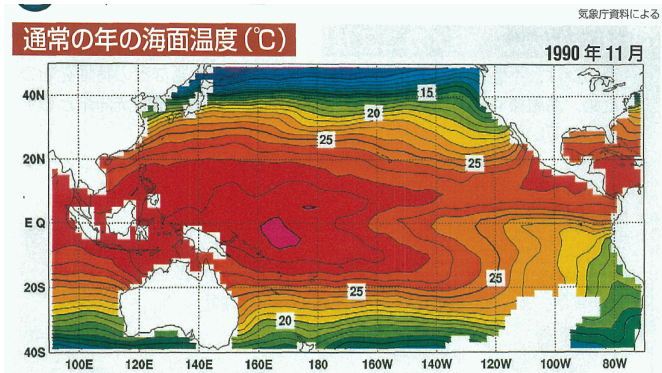
- 緯度30度、経度180度に半径45度の山が存在する
- 西風(東向きの流れ)を与える

# 南方振動



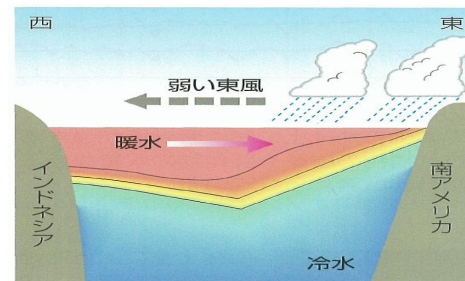
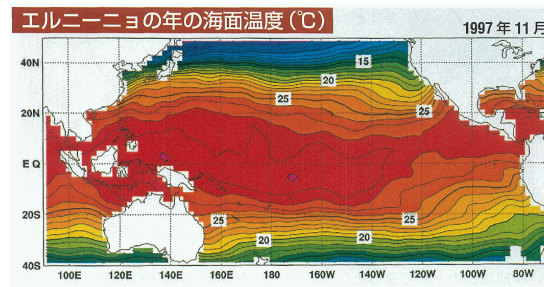
[http://www.data.kishou.go.jp/Climate/cpdinfo/climate\\_change/2005/1.5.1.html](http://www.data.kishou.go.jp/Climate/cpdinfo/climate_change/2005/1.5.1.html) より転載

# 「通常」の 場合の 海洋の 構造



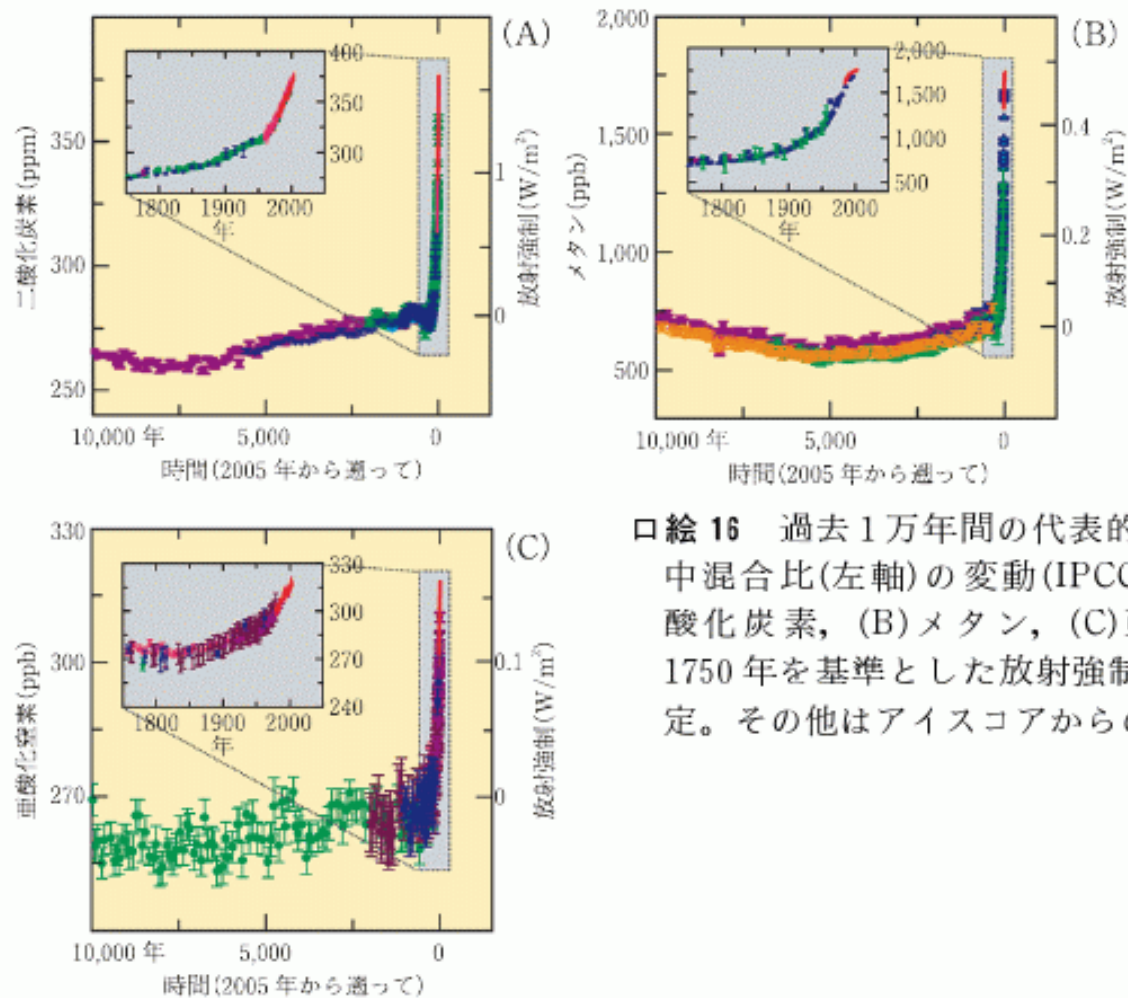
地学図表P.109

# エルニー ニョの場合 の海洋 の構造



地学図表P.109

# 地上気温の変化



口絵 16 過去1万年間の代表的温室効果ガスの大気中混合比(左軸)の変動(IPCC, 2007より)。(A)二酸化炭素、(B)メタン、(C)亜酸化窒素。右軸は1750年を基準とした放射強制。赤は大気の詳細測定。その他はアイスコアからの間接測定。

# 地上気温の変化

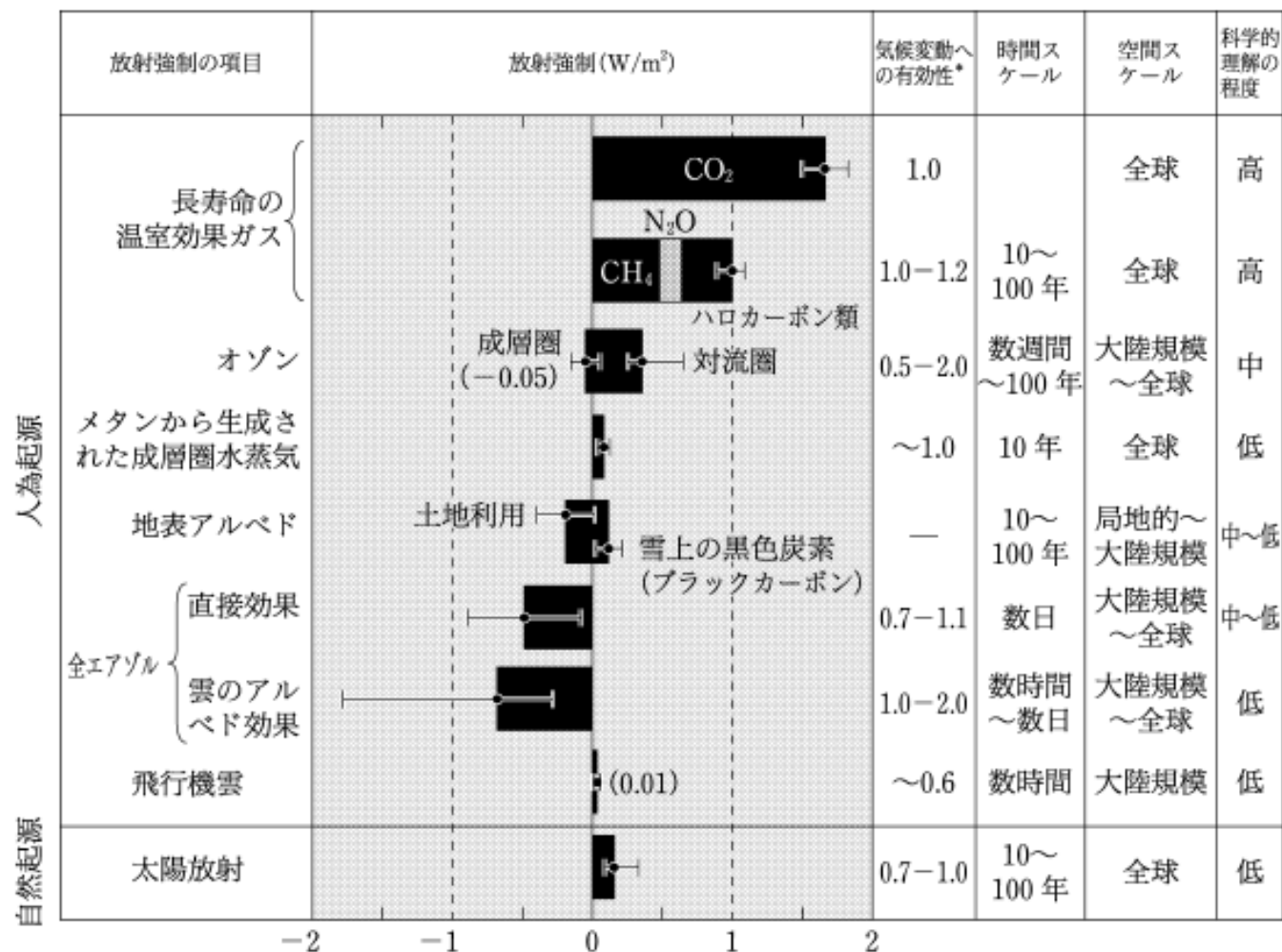
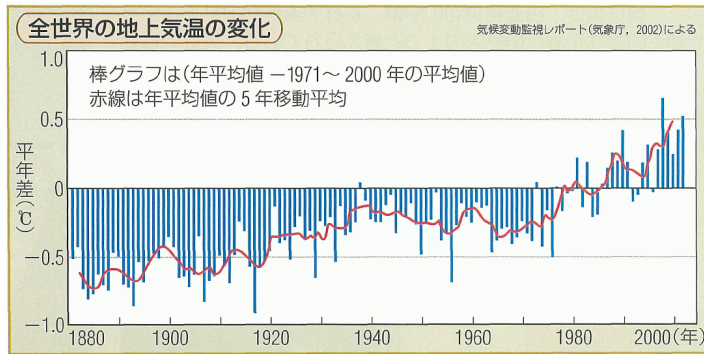


図 29.2 1750~2005 年の中で評価した各種環境要因の放射強制 (IPCC, 2007 より)。

\*二酸化炭素を 1 としたときの値

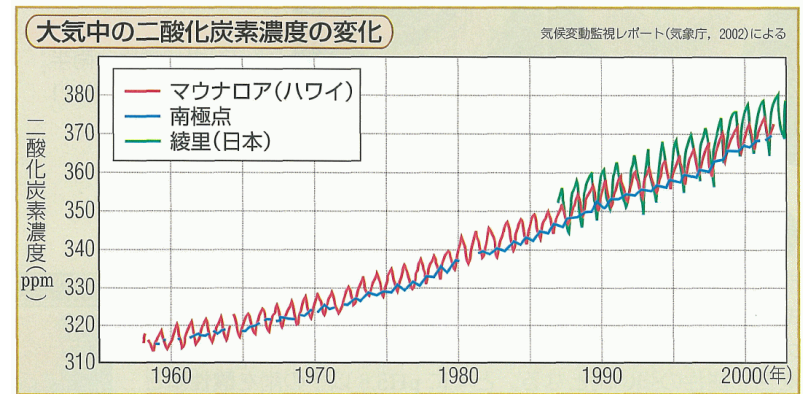


# 地上気温の変化



地学図表P.109

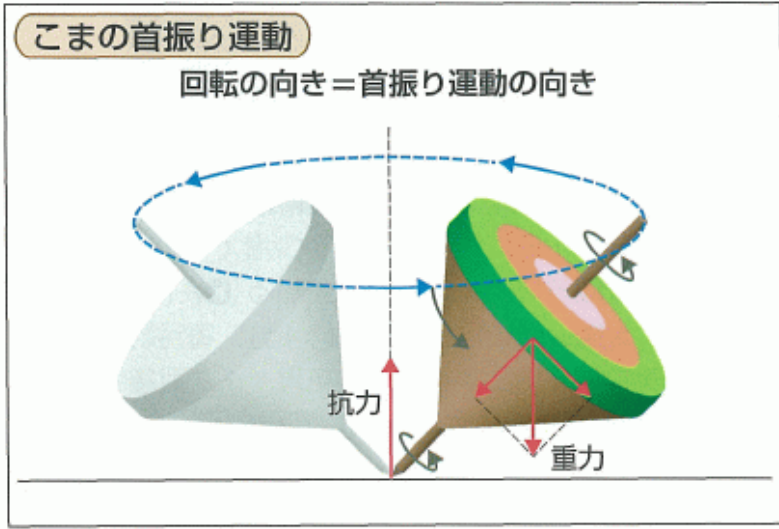
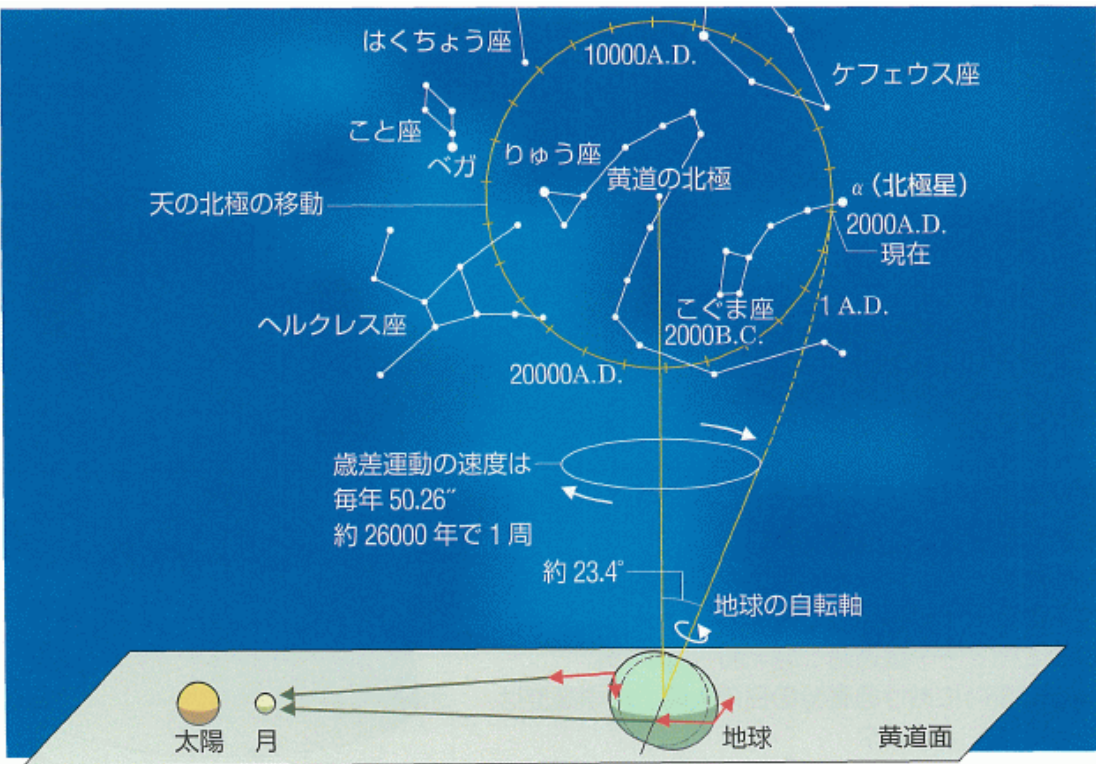
# 大気中の二酸化炭素濃度の変化



地学図表P.109

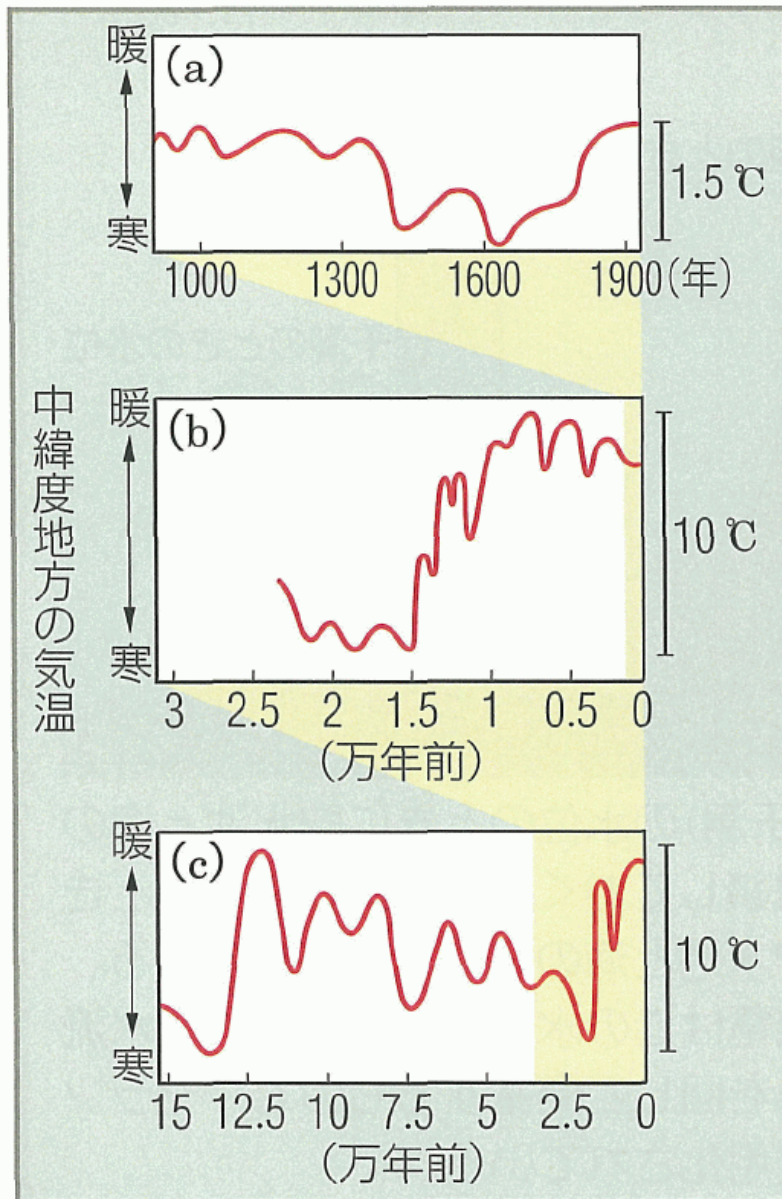
# 歳差運動

地学図表P.127



こまの首振り運動

# 15万年前以後の気温の変化



National Academy of Science による

地学図表P.108

# レポート

- 地球温暖化が起こると海洋の状態(流れや温度分布・塩分分布など)がどのように変化すると考えられるか？