

# 地球惑星科学 II

## 第6回

2023年11月09日

# 連絡

- 11/30は教室での授業はおこないません
- その週に授業動画を視聴してください
- ミニレポート出題します

# 前回のミニレポート

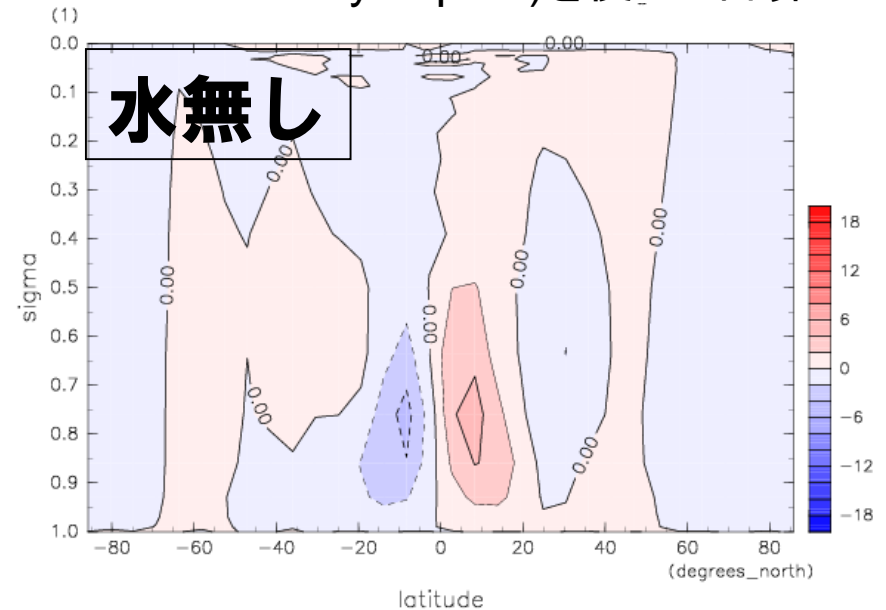
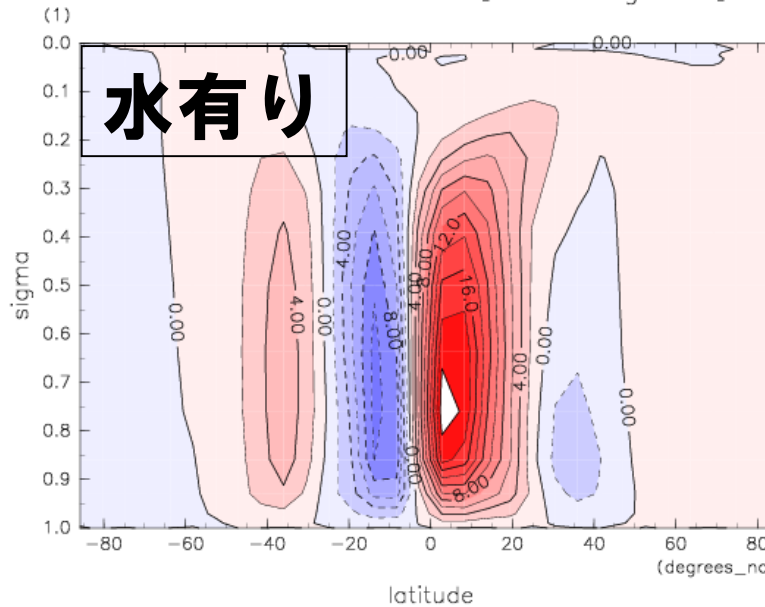
- 地球から水が無くなると気のエネルギー収支・温度分布・物質分布・循環・その他はどのように変化するか
- 解答例
  - 大気の大循環(ハドレー循環、フェレル循環)が発生しなくなる。大気の循環は水の相変化により生じるので
  - 大気大循環は変化しない。自転は続く上に、日射は全ての地域で強くなるためにその割合は変化しない
  - 太陽の光がそのまま地上に降り注ぐため温度が上昇する。温室効果がなくなり寒冷化する。よってプラスマイナスゼロで温度は変わらない
  - 海洋プレートが海の重さによる圧力や摩擦から解放されてより速く移動する。噴火活動や造山活動が活発になる

# 水有り/無しの数値計算

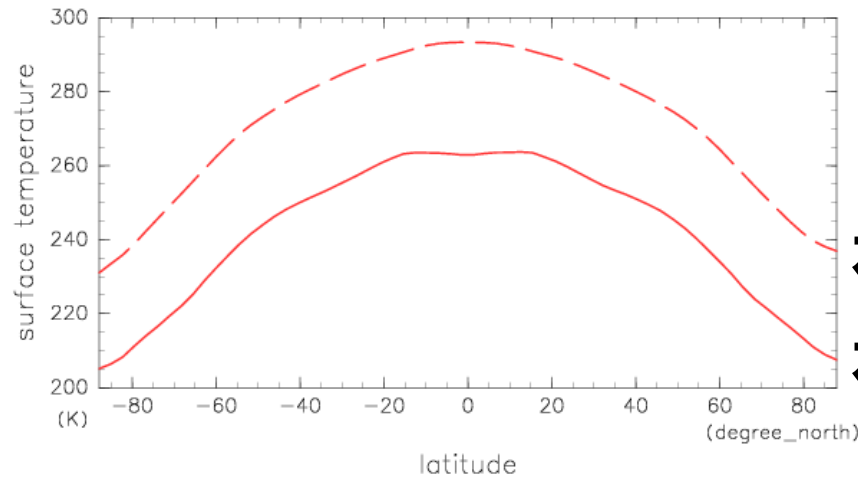
- 計算結果:

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

質量  
流線  
関数



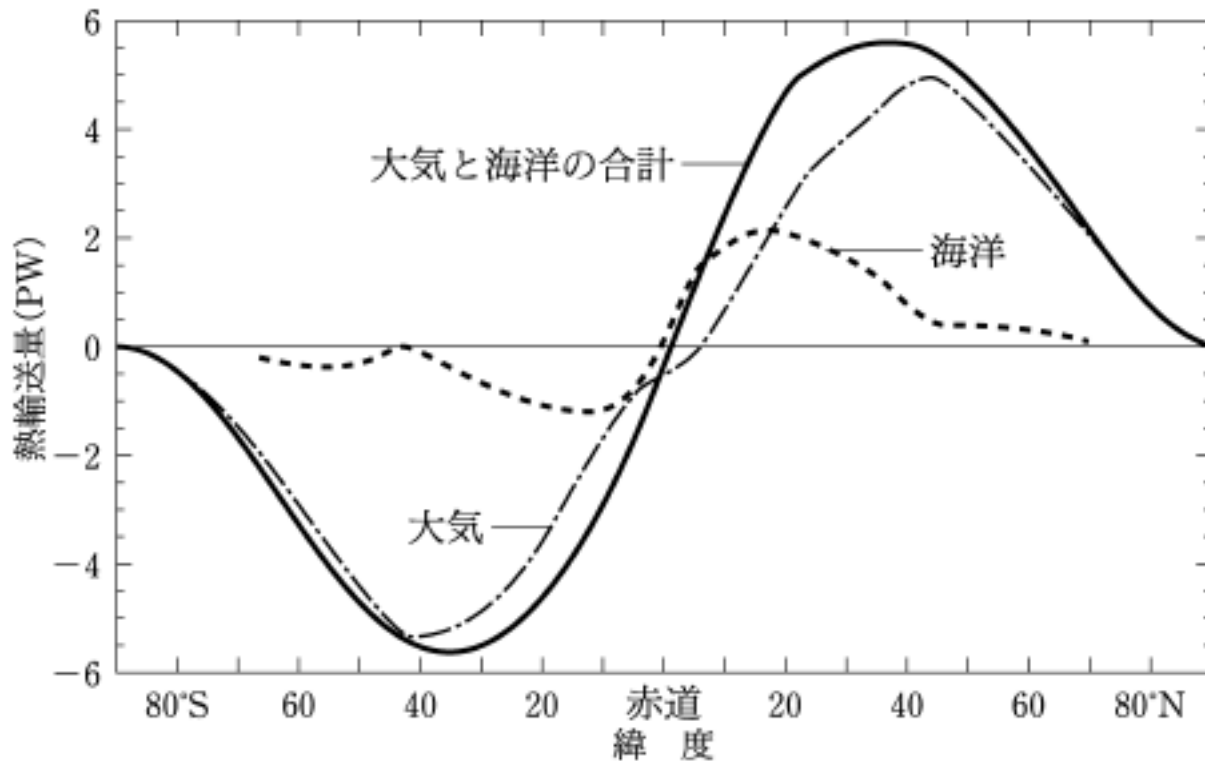
表面温度  
(東西平均)



水有りの場合  
水無しの場合

# 今日のテーマ

- 海の流れはどのように生じるか？
- 参照：地球惑星科学入門23章、24章、25章



# 海水の量・組成

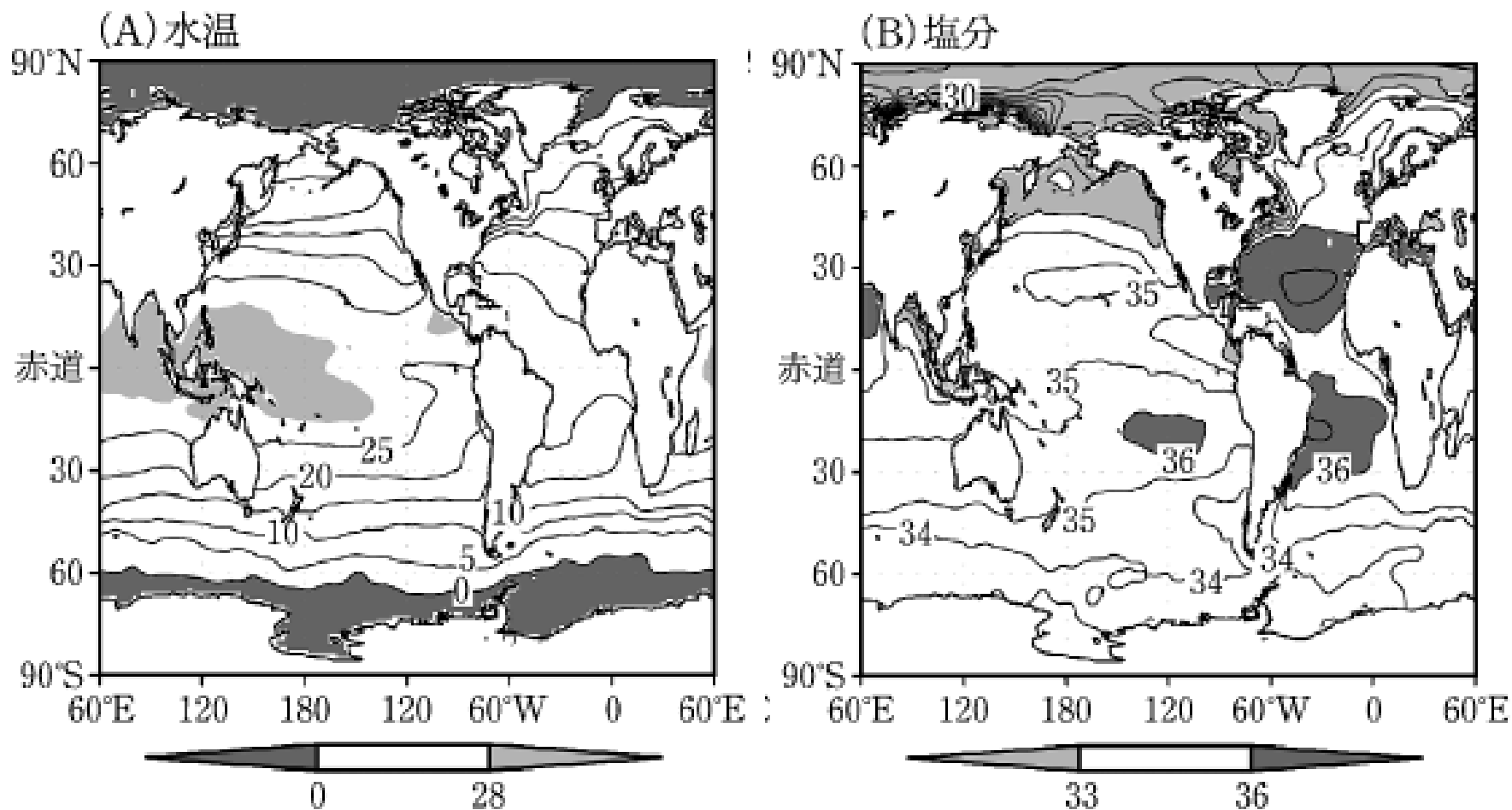
- 海洋の質量
  - 海洋:  $10^{21}$ kg (大気:  $10^{18}$ kg)
- 海洋の組成

表 23.2 海水の平均化学組成。単位は  $g\ kg^{-1}$  である。

陽イオン		陰イオン	
$Na^+$	10.773	$Cl^-$	19.344
$Mg^{2+}$	1.294	$SO_4^{2-}$	2.712
$Ca^{2+}$	0.412	$HCO_3^-$	0.142
$K^+$	0.399	$Br^-$	0.0674

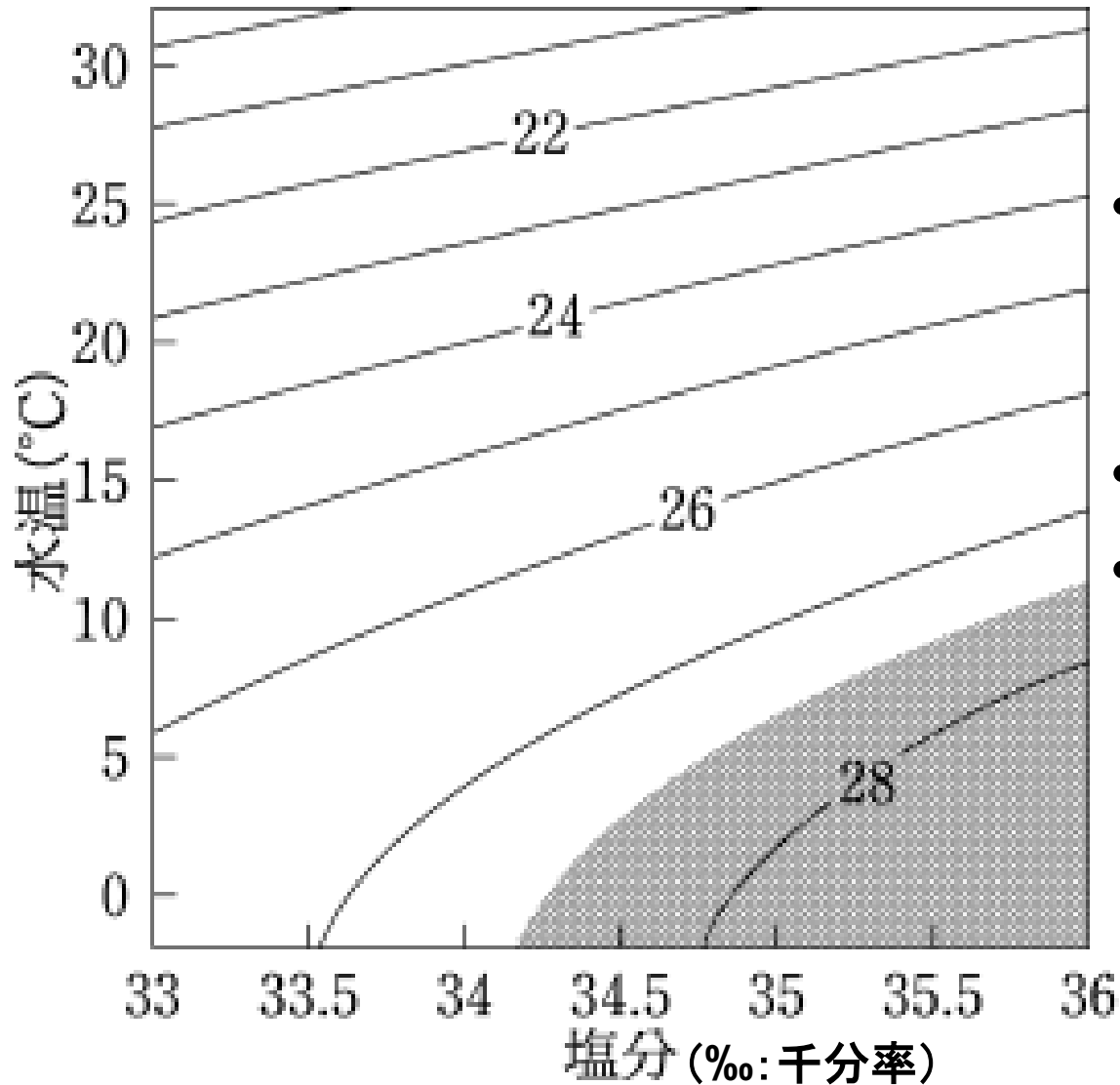
地球惑星科学入門p272

# 海面水温・海面塩分



地球惑星科学入門p279

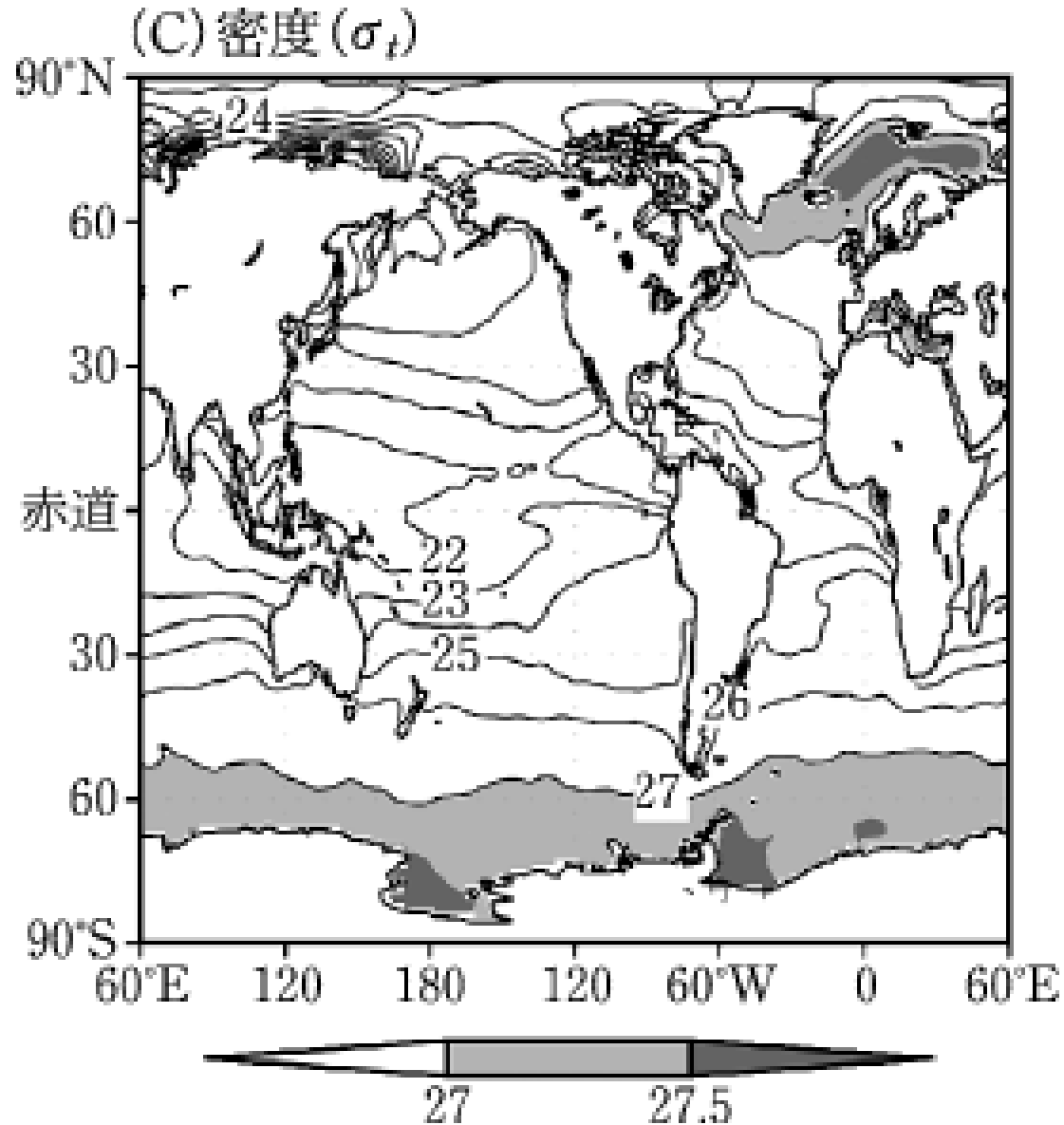
# 海水の密度



- 図に描かれているのは  
(密度-1000)kg/m<sup>3</sup>
- 高塩分で高密度
- 低水温で高密度  
(0°C付近以外)



# 海面の密度分布



# 海洋の鉛直構造

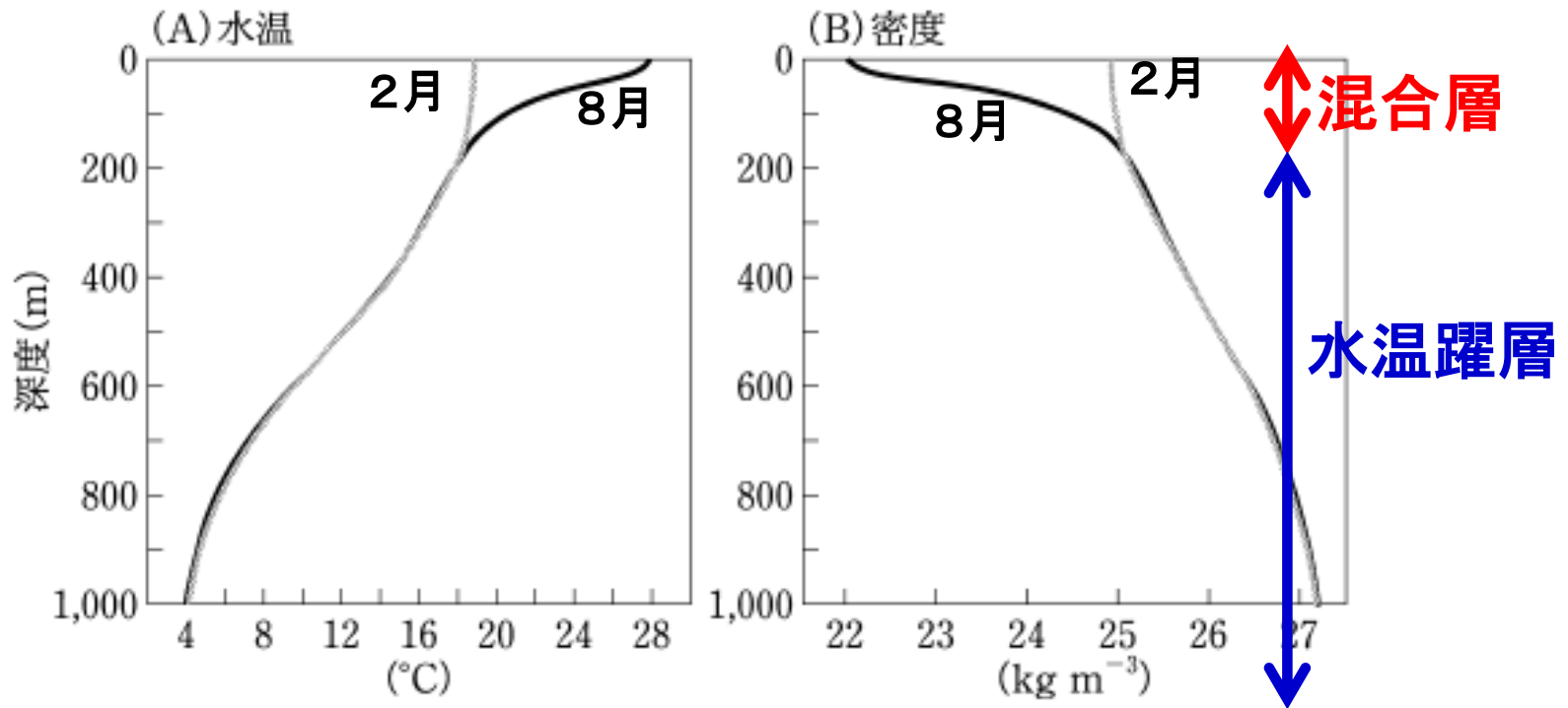
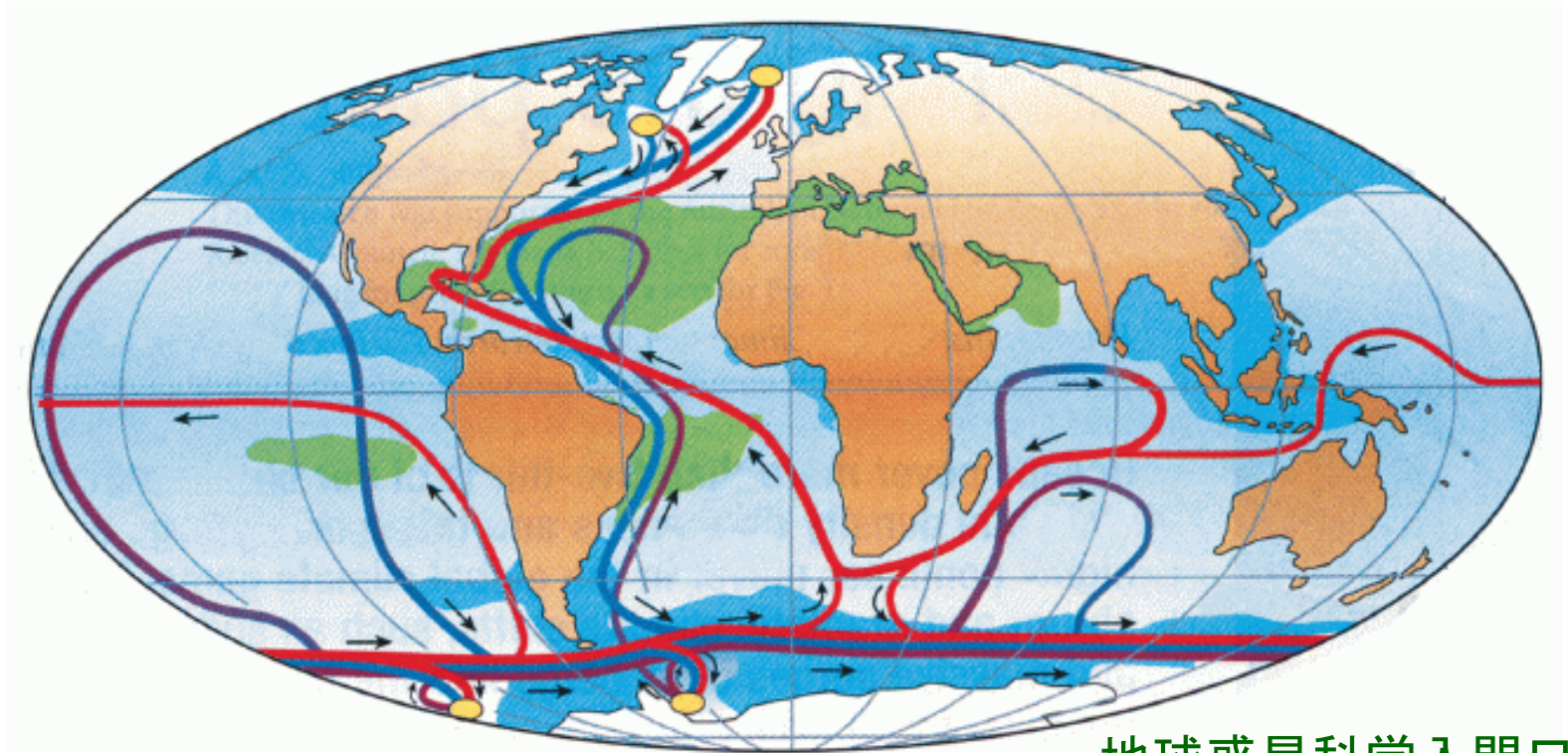


図 23.2 日本南方(30°N, 140°E)での、2月(灰色線)と8月(黒線)における平均的な(A)水温と(B)密度( $\sigma_t$ )の鉛直分布

地球惑星科学入門p278

# 海水の大循環

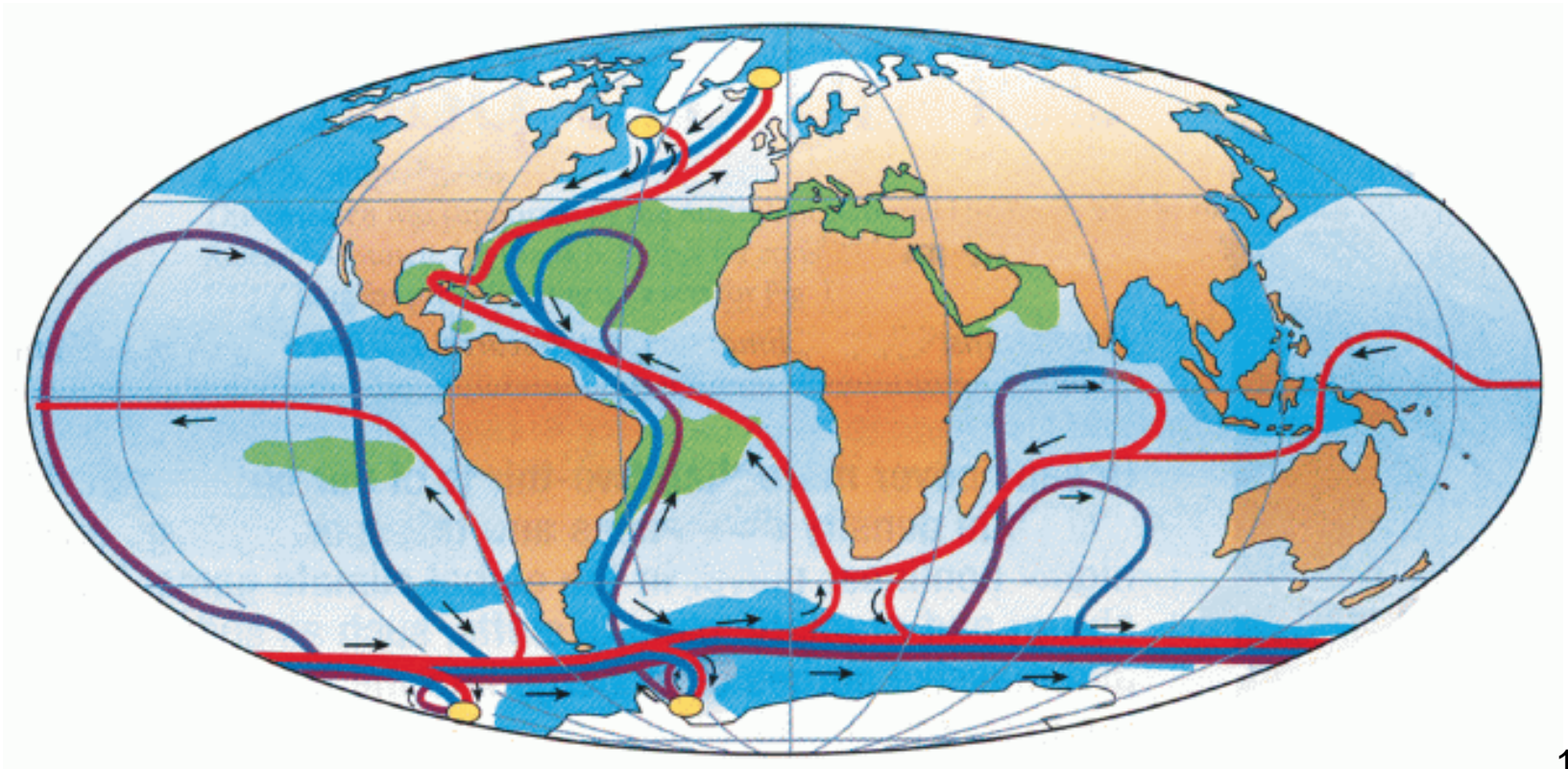


地球惑星科学入門口絵20

- ブロッカーのコンベヤーベルト
- 南極大陸周辺とグリーンランド沖で沈み込む
- 深層の水は再び表面に湧き上がる(湧昇)

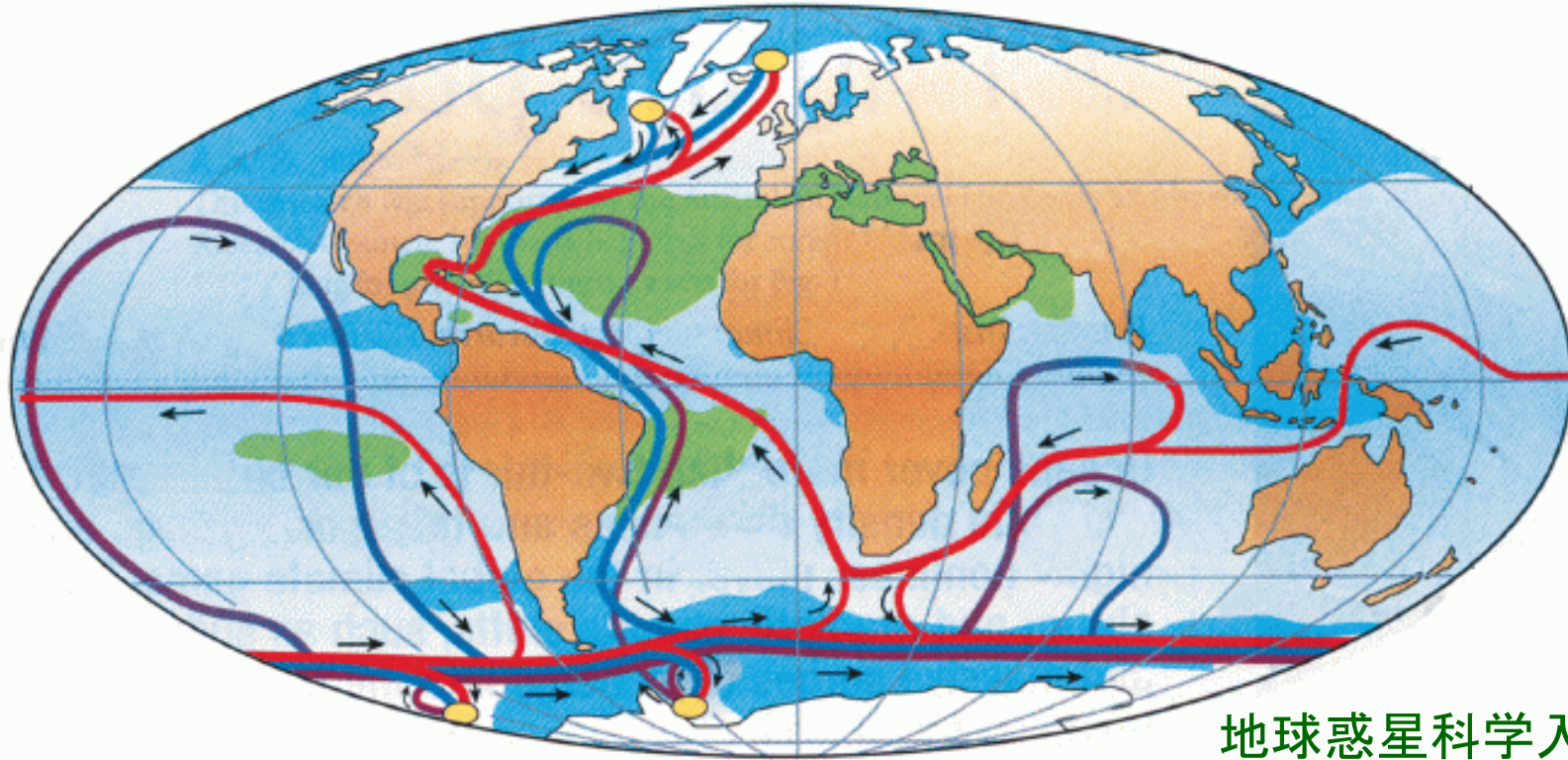
# 今日の計算問題

- 深層水の流れのタイムスケールを求めなさい
  - 深層水の水平方向流速:  $1 \text{ cm/sec}$
  - 地球1周は $40000 \text{ km}$





# 計算問題の解答例

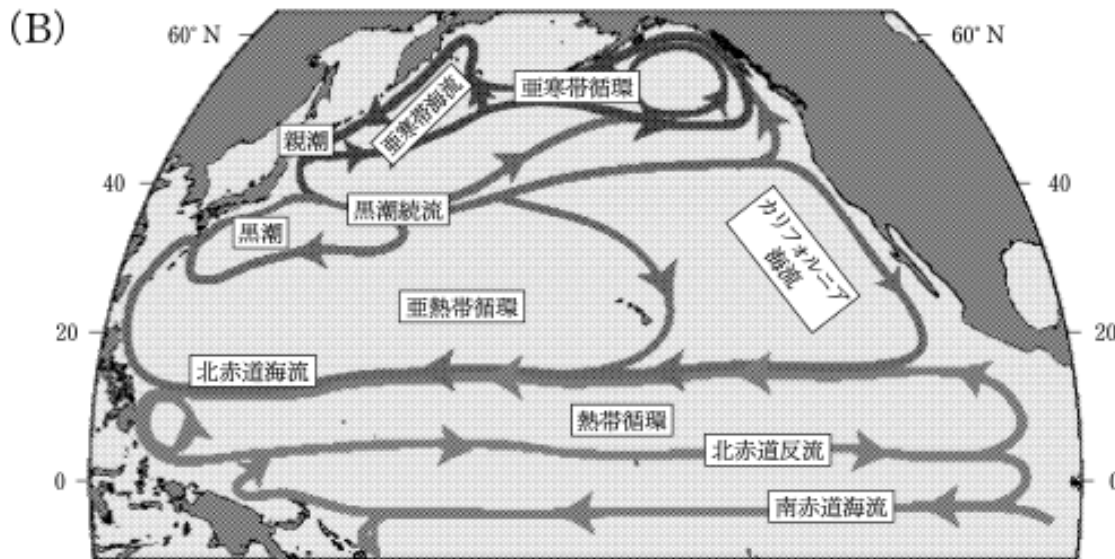
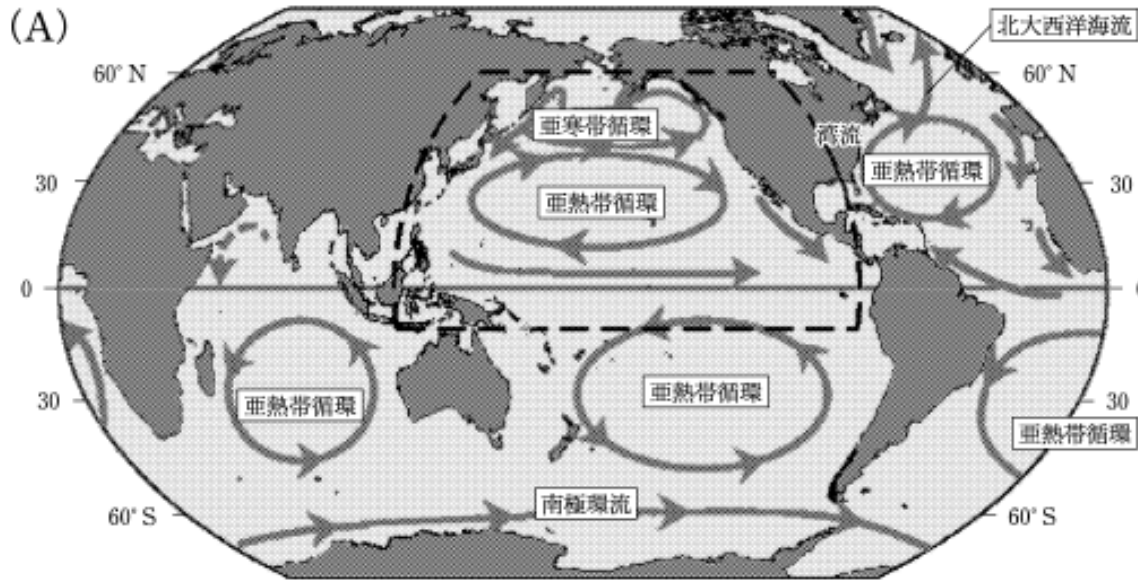


地球惑星科学入門口絵20

- 地球を4周程度すると考えると

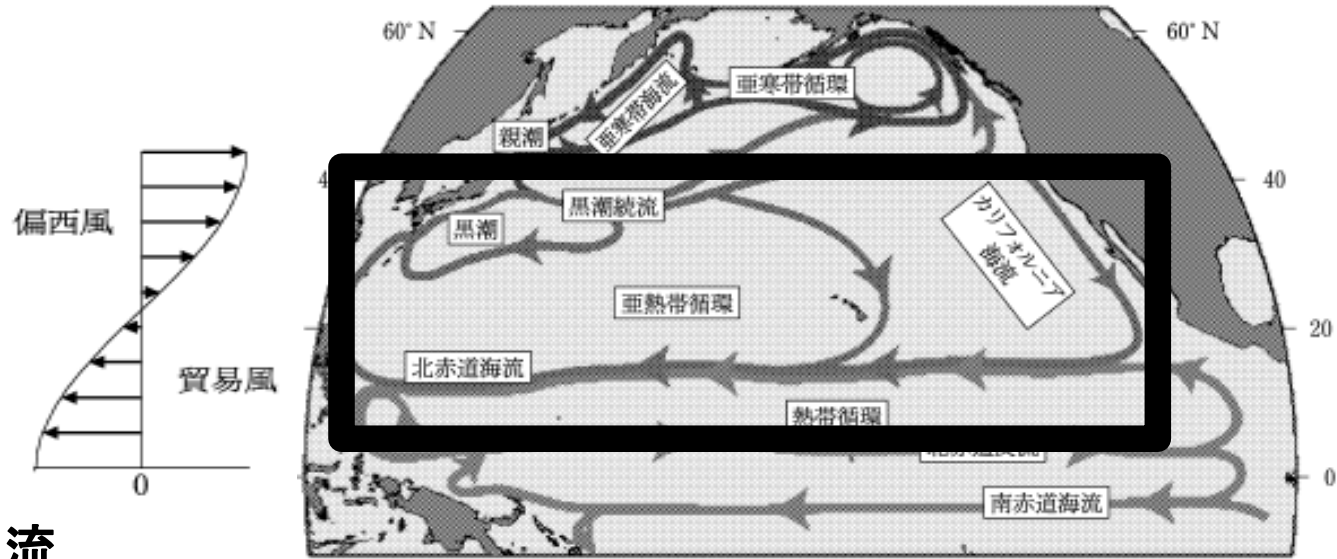
$$T = \frac{4 \times 4 \times 10^7 \text{ m}}{0.01 \text{ m/sec}} = 4 \times 4 \times 10^9 \text{ sec} = 4 \times 4 \times 10^9 \times \frac{1}{86400 \times 365} \text{ 年} = 4 \times 126 \text{ 年}$$

# 海洋の表層の循環：風成循環

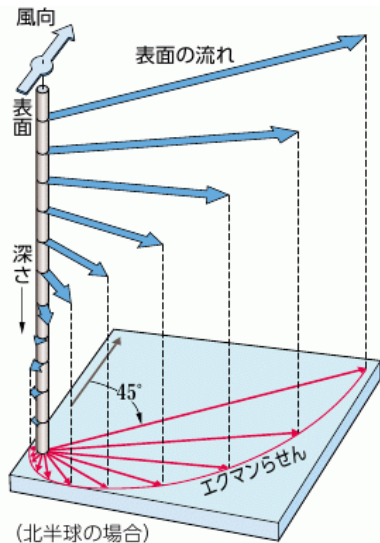


地球惑星科学入門p284

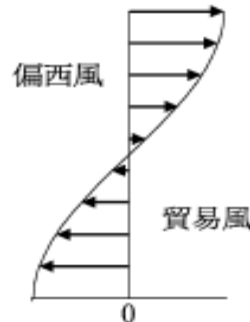
# 風成循環の成因：海面高度差の形成



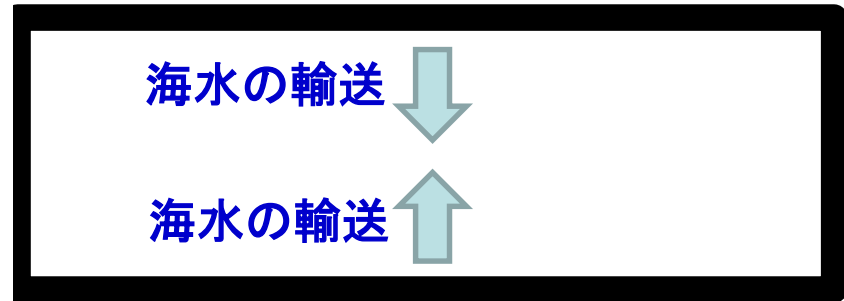
## エクマン吹送流



エクマン層内で平均すると風に対して直角右方向(北半球)への輸送



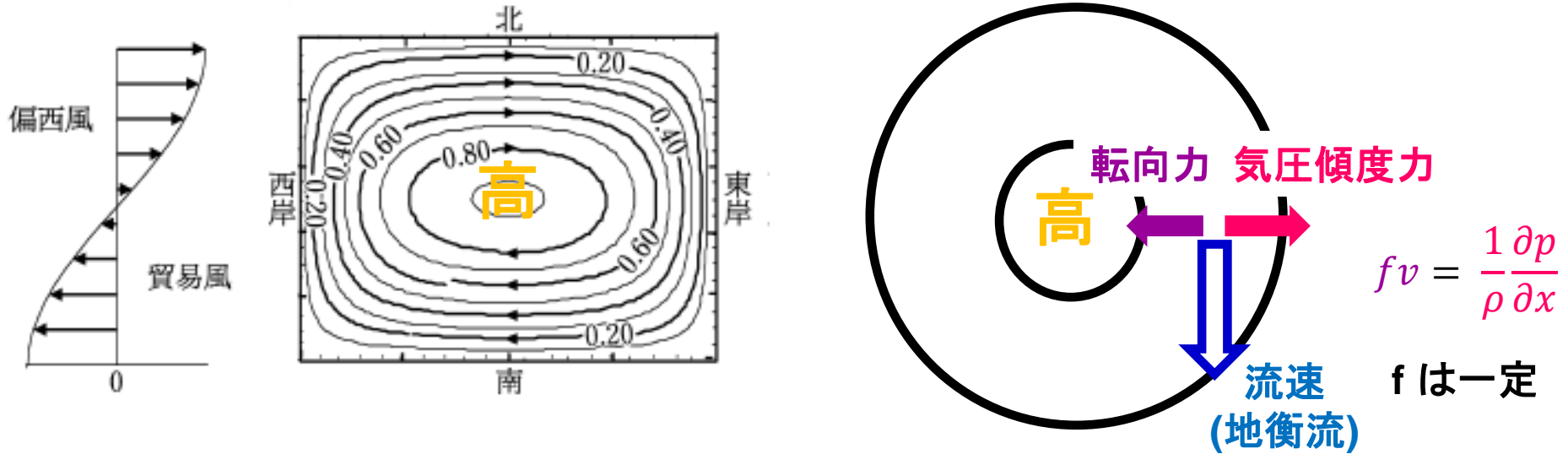
地球惑星科学入門p284



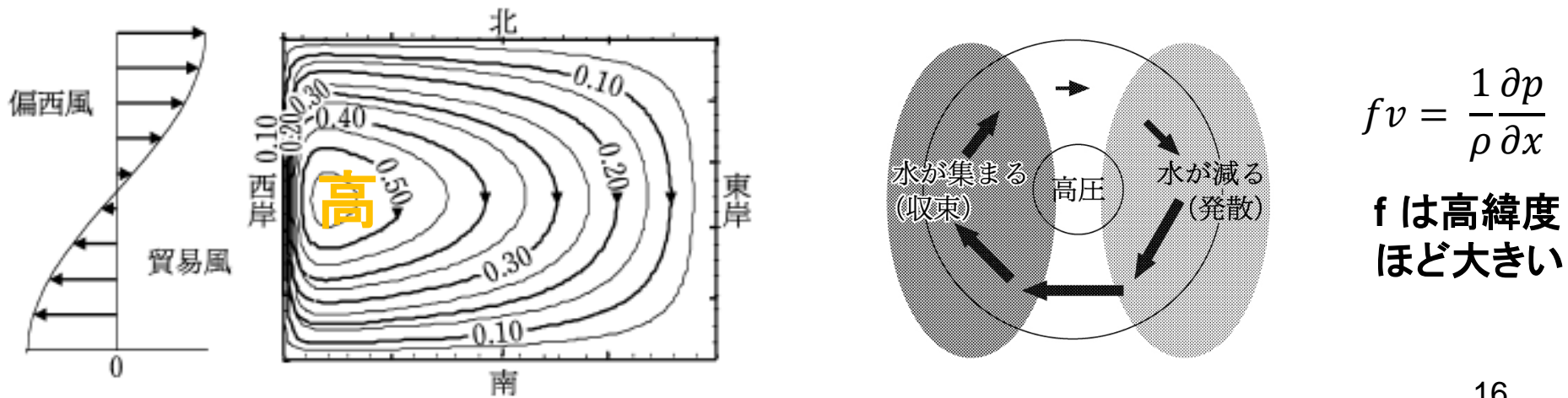


# 風成循環の成因：地衡流

回転効果の緯度変化が無い場合(回転平面上の場合)

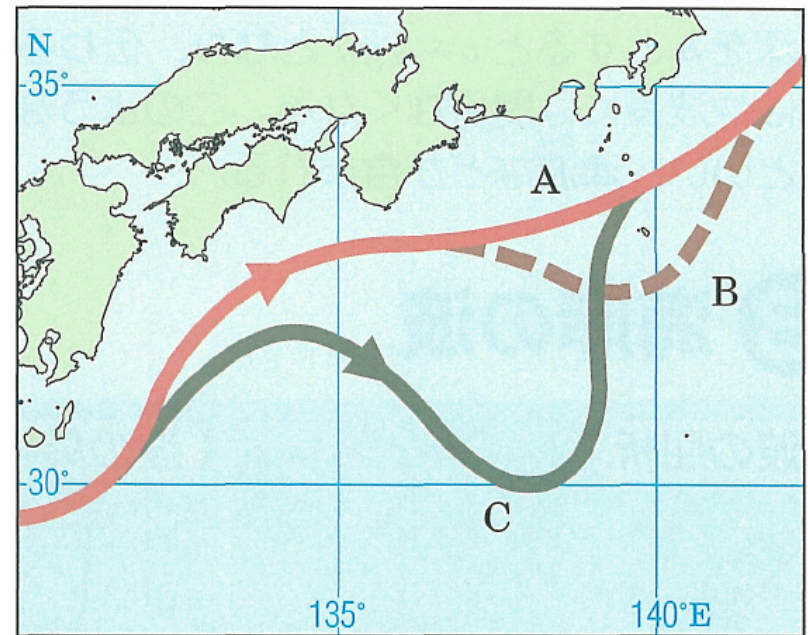
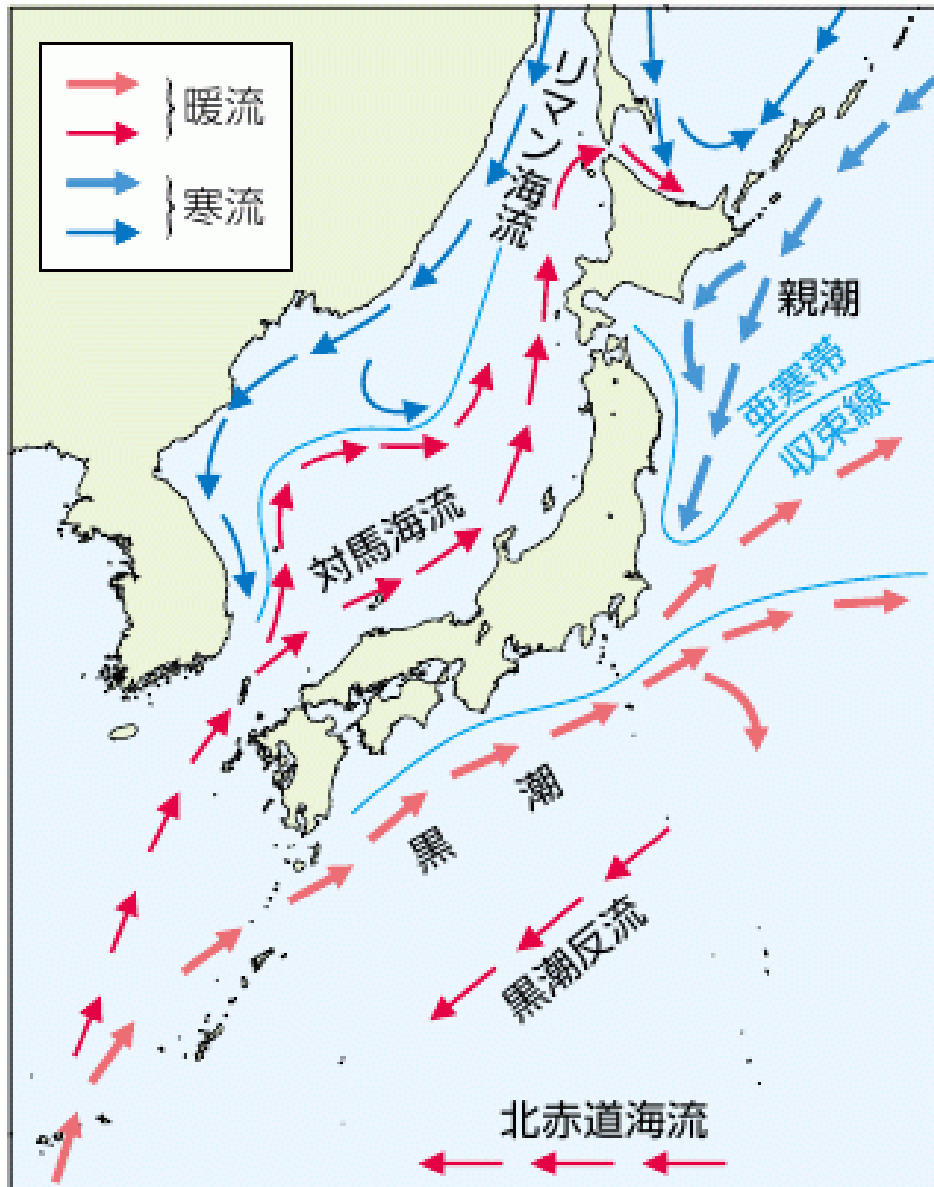


回転効果の緯度変化が有る場合(回転球面上の場合)





# 日本付近の海流

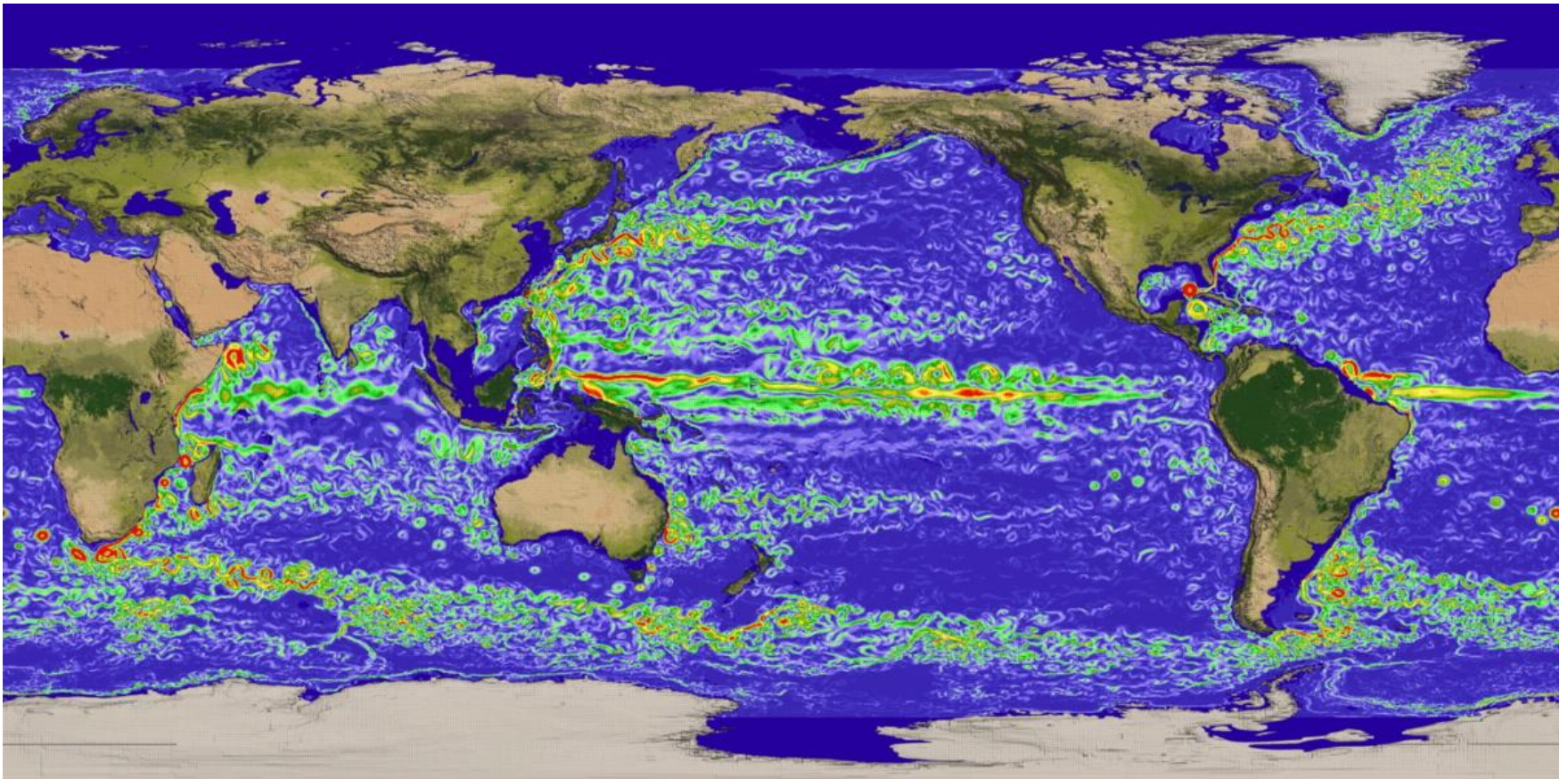


地学図表P.196  
二訂版地学図表P.100

# 「実際の」海洋の流れ

## 地球シミュレータを使った計算結果

0.1 度メッシュ計算で得られた水深100mにおける流速の瞬間値  
寒色ほど遅く、暖色ほど速い





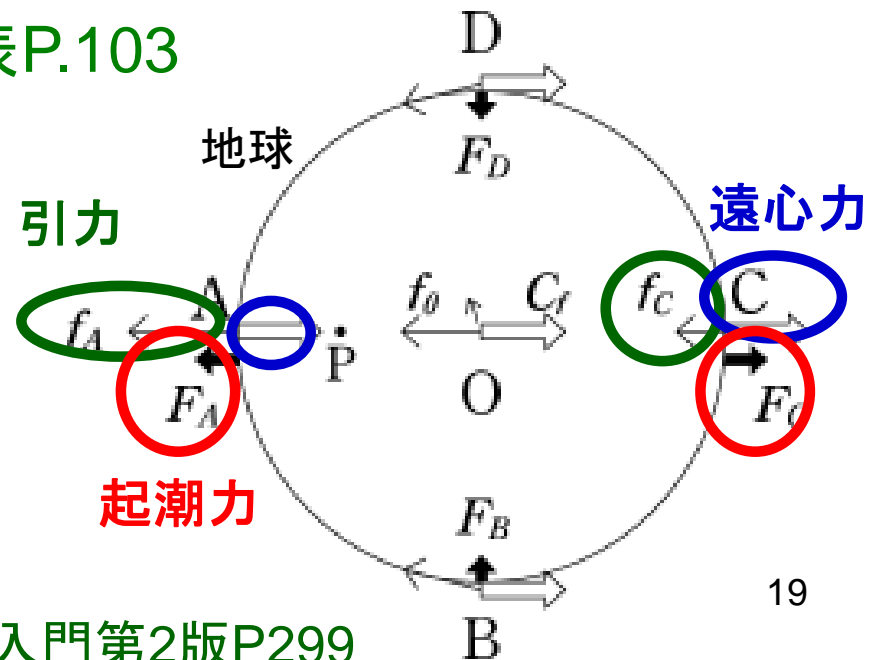
# 潮汐

潮汐による  
生じる  
現象の例



地学図表P.199  
二訂版地学図表P.103

潮汐現象  
の説明



地球惑星科学入門第2版P299