

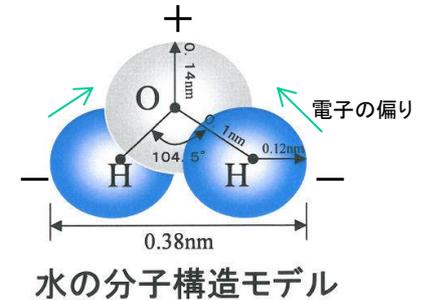
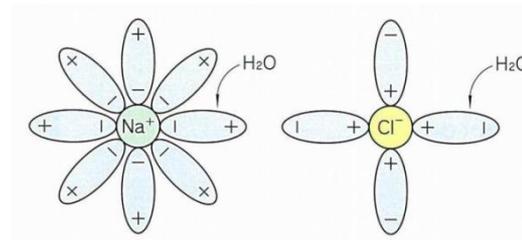
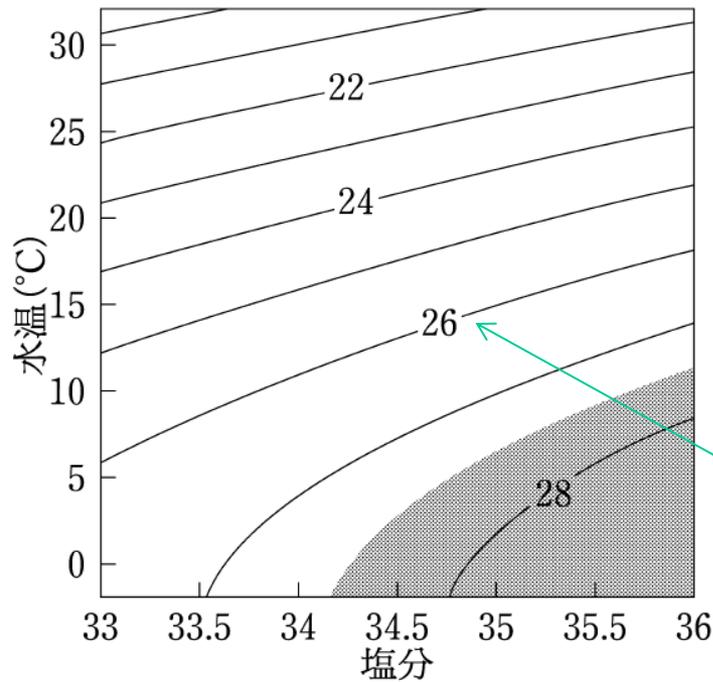
地球惑星科学Ⅱ

- (1) 大気の構造と地球の熱収支
- (2) 地球大気の循環
- (3) 大気の運動
- (4) 大気の熱力学と雲・降水形成過程
- (5) 海洋の組成と構造
- (6) 海洋の循環
- (7) 地球環境変動
- (8) 宇宙とその進化
- (9) 太陽系の成り立ちと運動
- (10) 惑星と衛星
- (11) 太陽
- (12) 宇宙空間

<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~shw/space2/>

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



密度から 1000kg/m^3 を除いた値

図 23.1 水温・塩分の関数としての密度 (σ_t)。 σ_t が 27.5 kg m^{-3} 以上の領域に影を付けている。

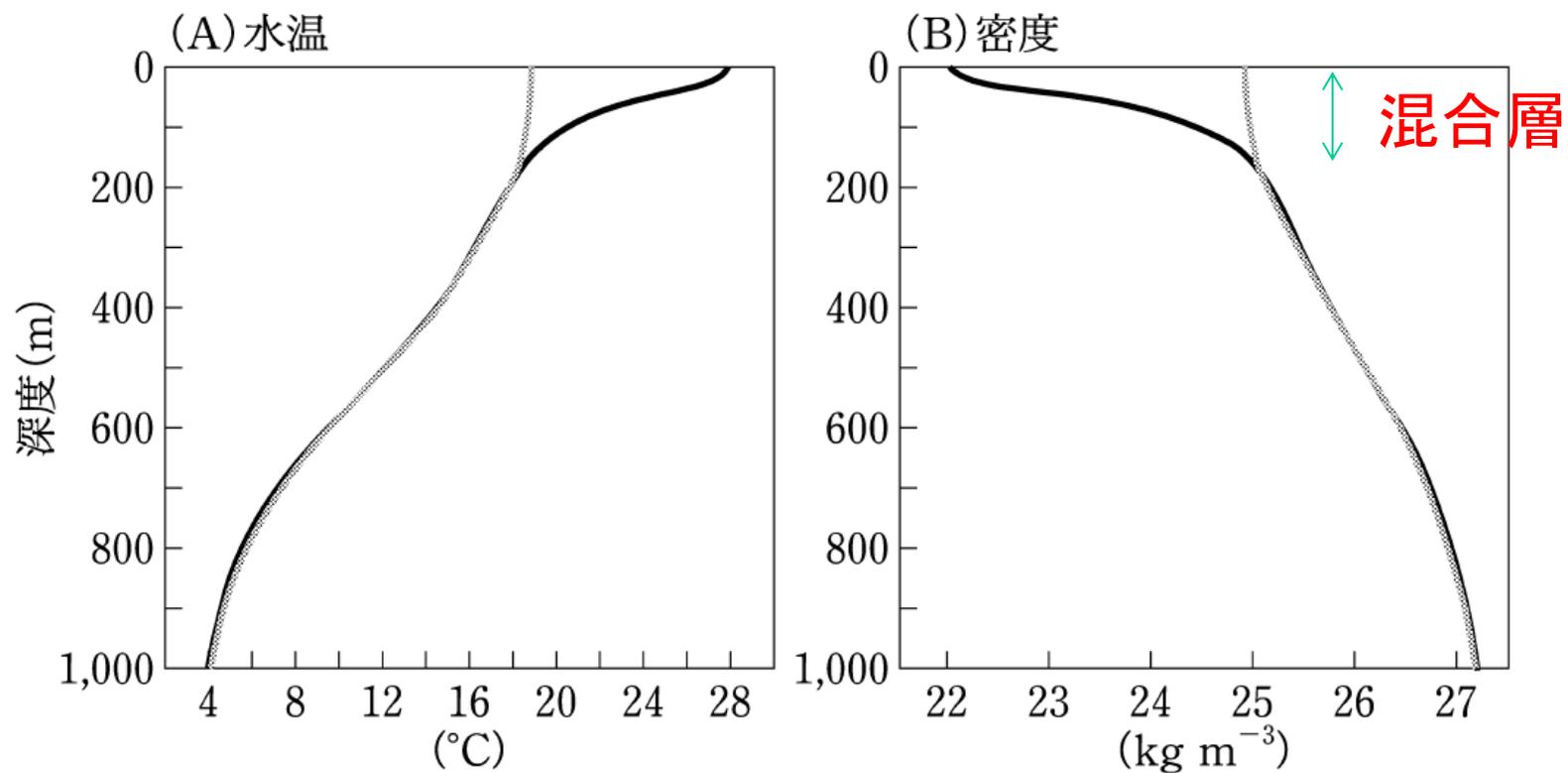


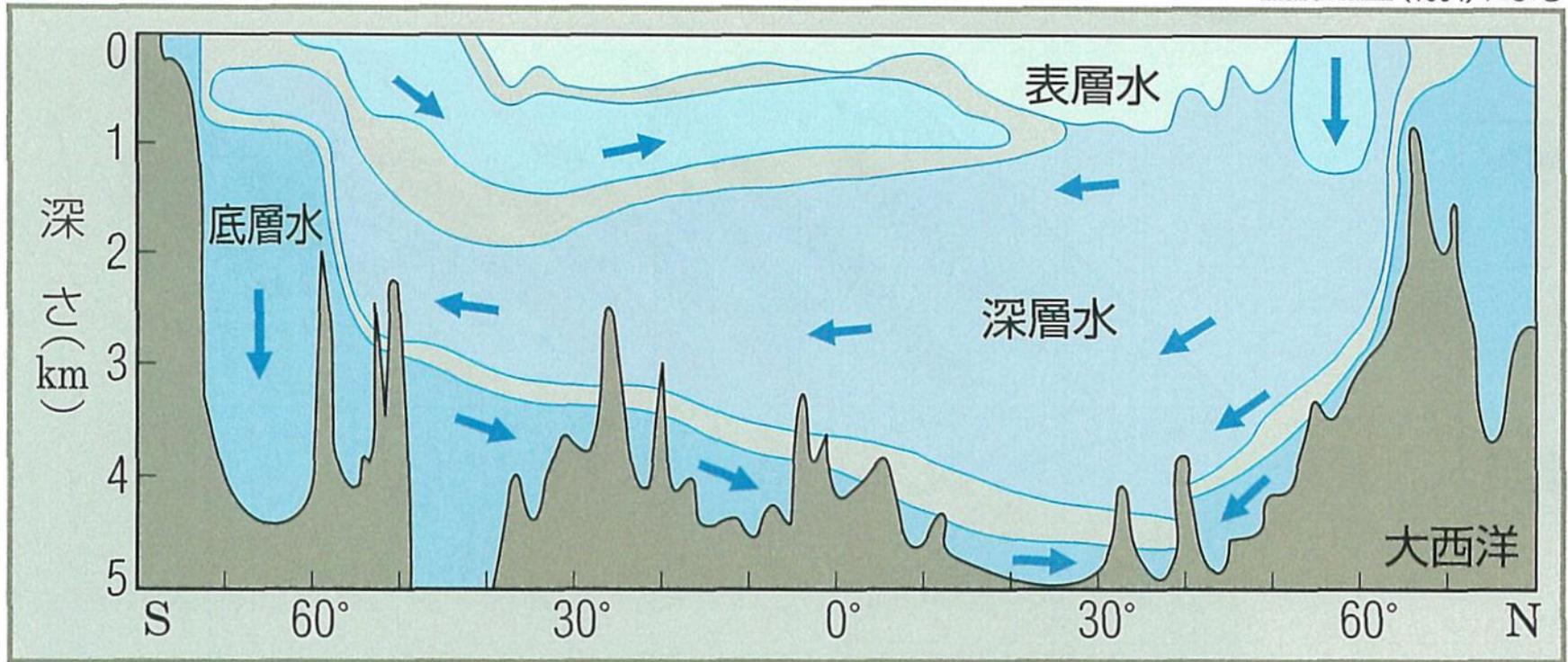
図 23.2 日本南方(30°N, 140°E)での、2月(灰色線)と8月(黒線)における平均的な(A)水温と(B)密度(σ_t)の鉛直分布

地球規模の海水循環

- 表層での風成循環
- 深層での熱塩循環

(低温で塩分が多く密度が高い極地域の海水は深層に沈み込む)

Hartmann (1994) による



海水の大循環

熱と塩の密度差により駆動する熱塩循環
約2000年かけて一巡する

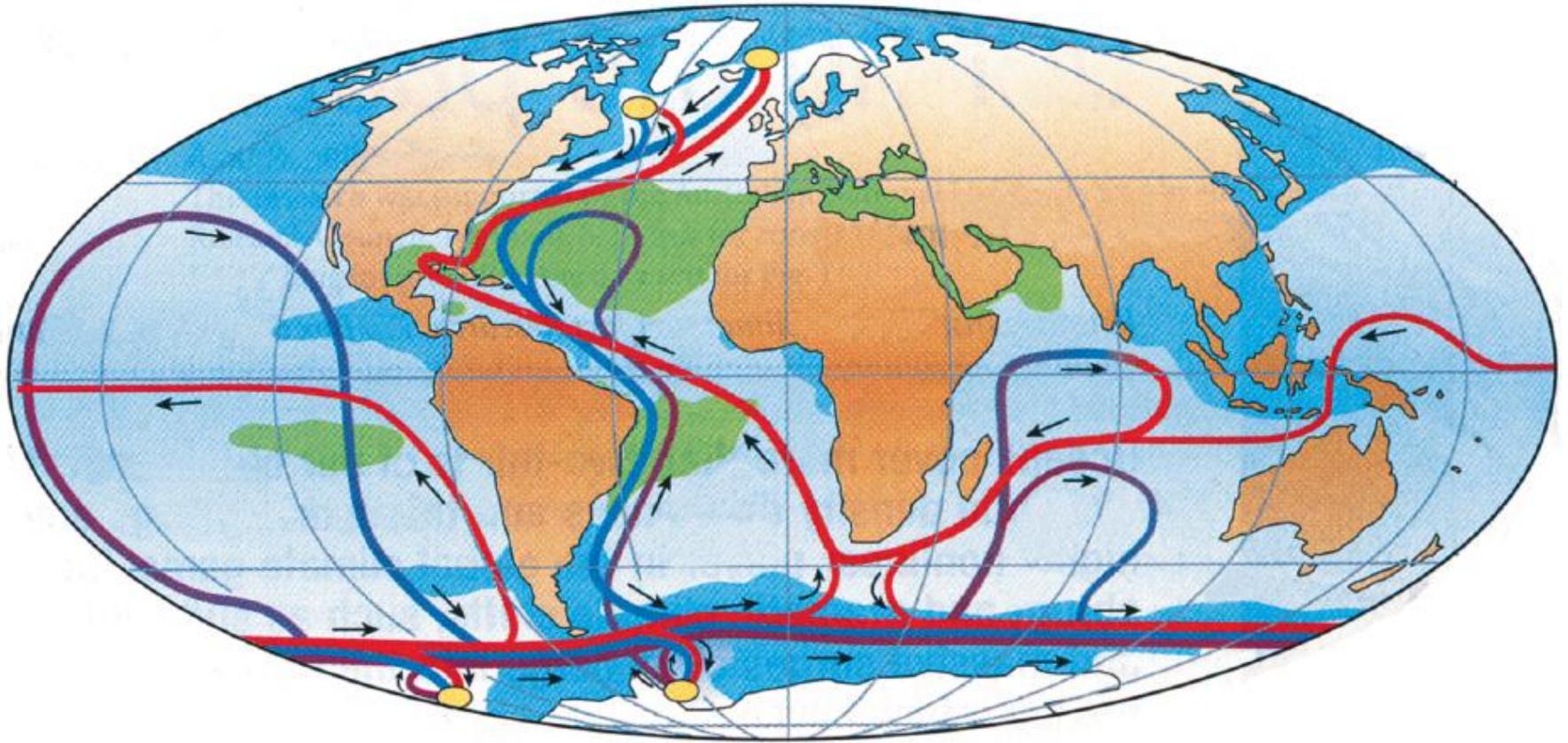
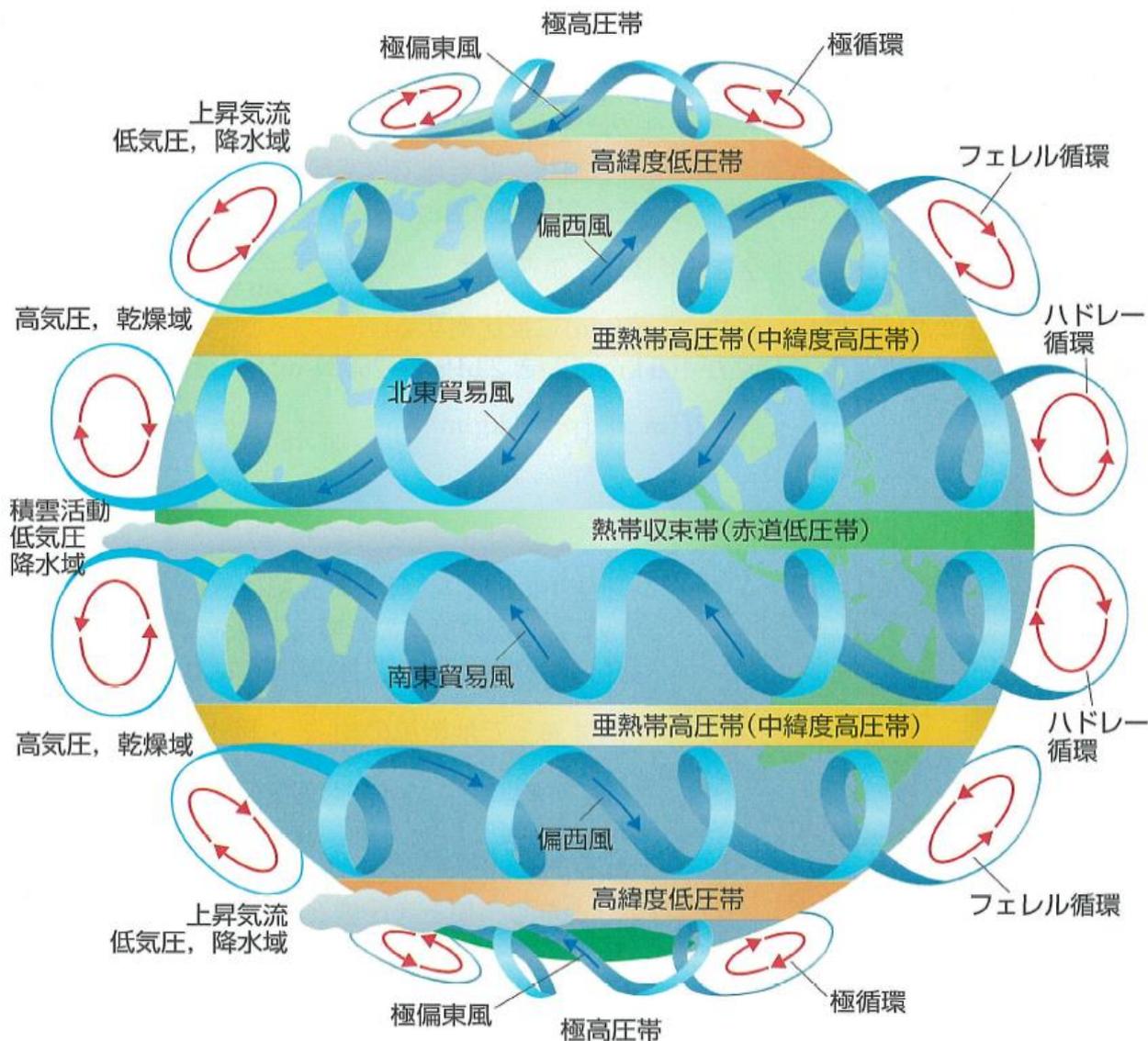
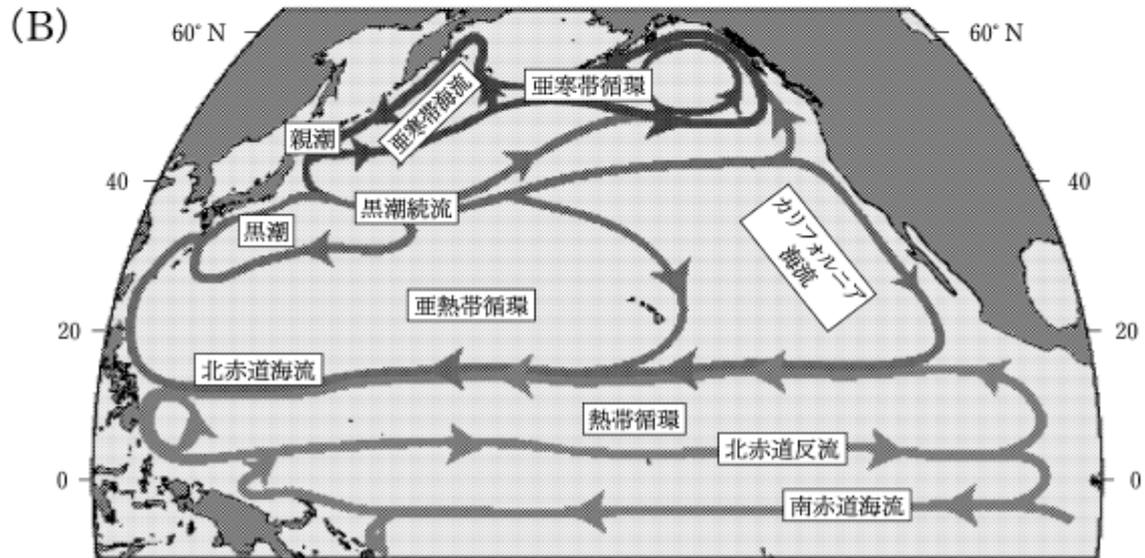
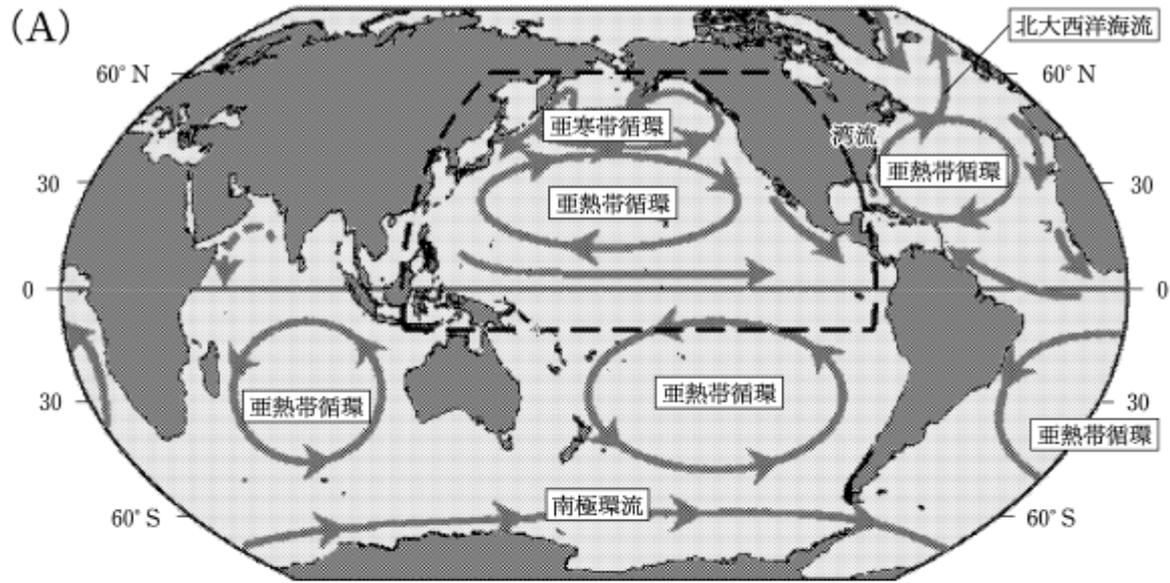


図 15 海洋コンベヤー・ベルト(全球熱塩循環)の模式図(Rahmsdorf, 2002 より)。赤線は表層水, 青線は深層水, 紫線は低層水, 黄色円は深層水形成海域を表す。緑色部は塩分が36%より大きく, 青色部は34%より小さい。

大気大循環





地衡流：コリオリ力と圧力傾度力が釣り合った流れ

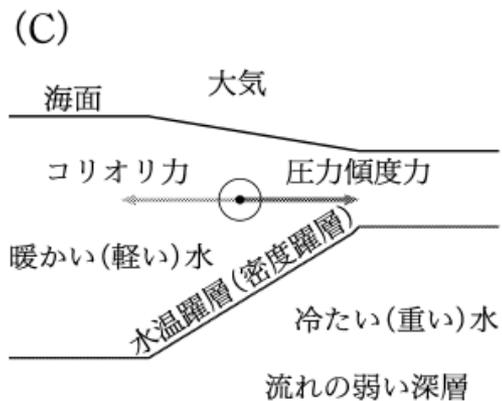
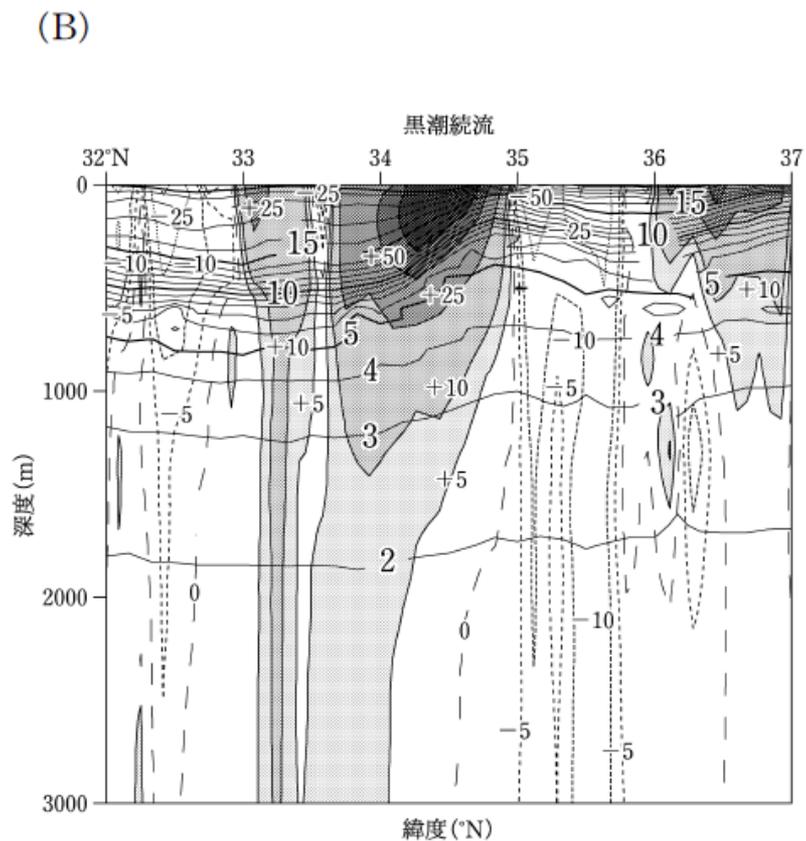
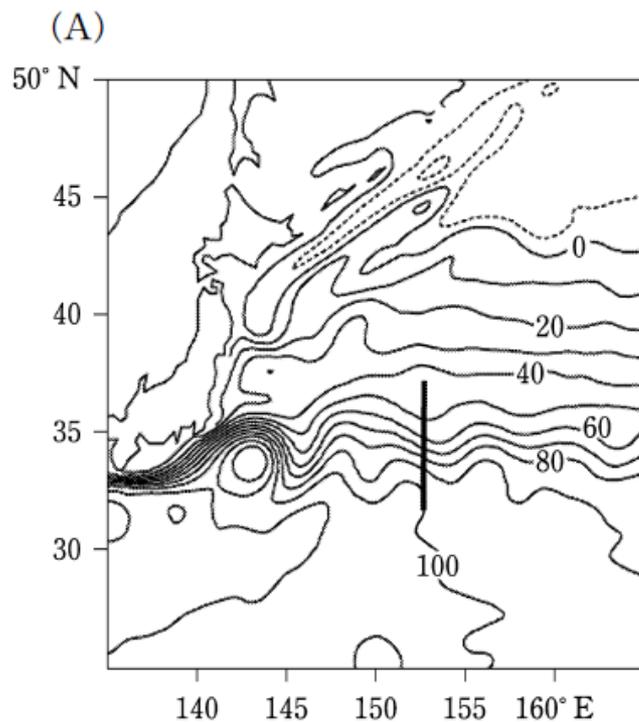


図 24.3 海流の鉛直構造と水温分布。(A)観測した測線(南北の太線)とこの海域のおよその海面高度分布(cm)。(B)水温(実線:°C)と流速(cm s^{-1})。プラスは東向き、マイナスは西向きを表す。Yoshikawa *et al.* (2004)をもとに作成。(C)地衡流と海面高度と水温躍層深度の関係。◎は紙面からこちら向きの流れ(地衡流)であることを意味する。北半球の場合

海洋表層の流れ

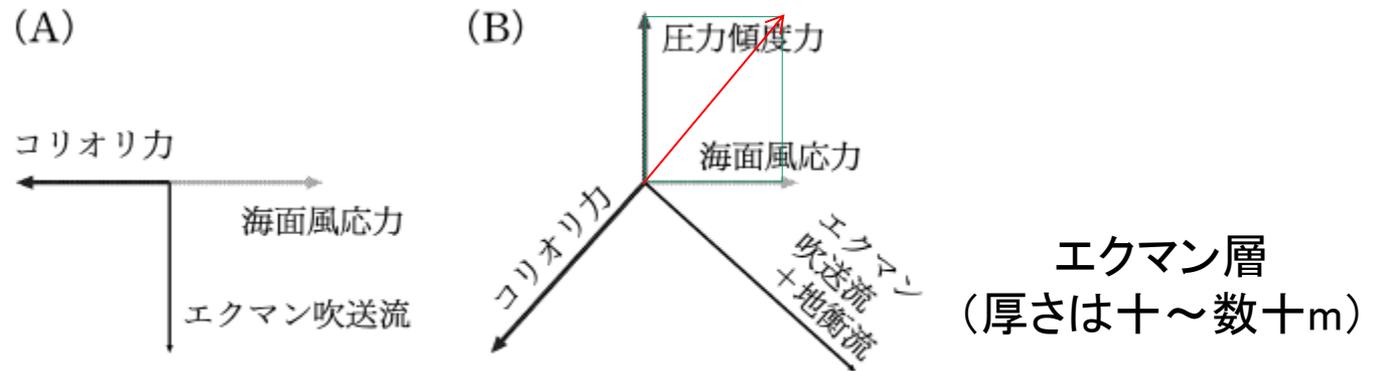
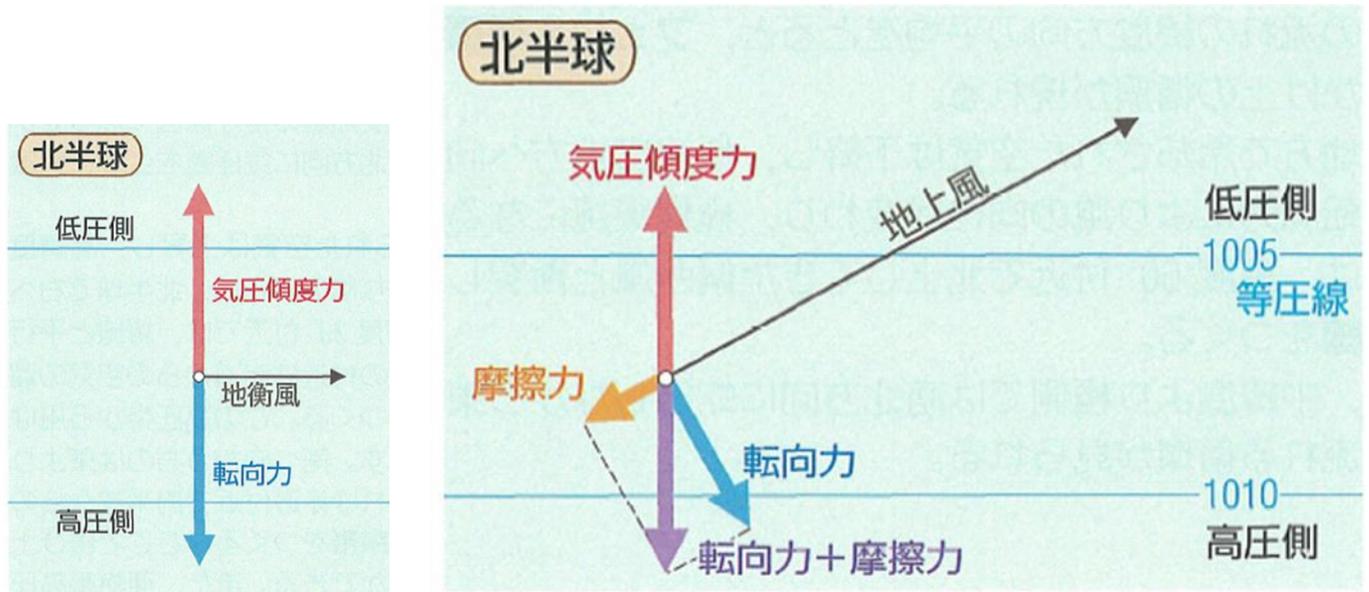


図 24.4 風による海洋表層の流れ(北半球)。(A)海面風応力とコリオリカの釣り合い。(B)地衡流がある場合の表層の流れ

風



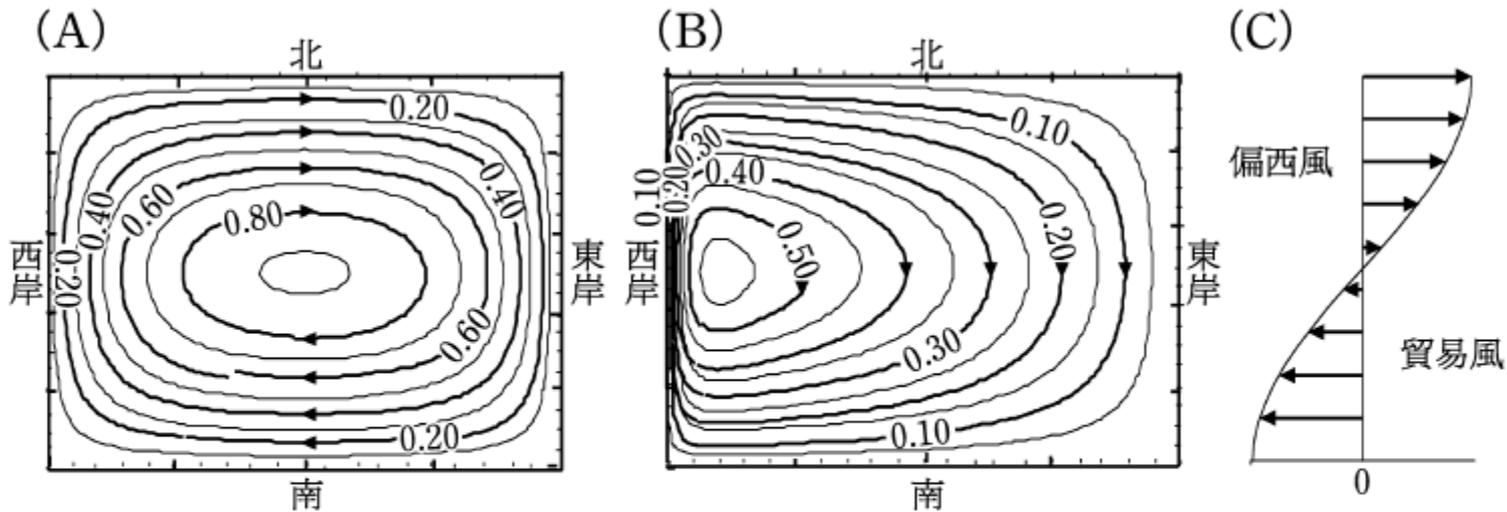


図 24.5 簡単な理論モデルによる海洋循環の様子。図は海洋上層の圧力の水平分布を表す(大きさは最大を1としている)。流れは等圧線にそって時計回りに回る。(A)コリオリ因子一定。(B)コリオリ因子が緯度の関数。(C)計算に用いた海面風応力の南北分布

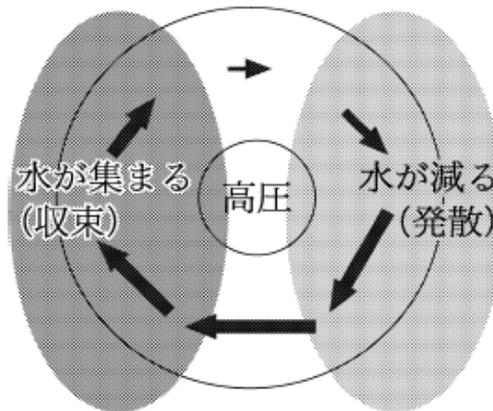
運動方程式 (p241-242)

$$\frac{du}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + fv$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - fu$$

$$f = 2\Omega \sin \phi \quad \text{コリオリ因子}$$

$$\text{地衡風(流)} \quad u_g = -\frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial y}, \quad v_g = -\frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial x}$$



西進する渦的な波動 = **ロスビー波**

コリオリ因子の緯度による違いの
流れへの影響 = **β効果**

$$f = f_0 + \beta y$$

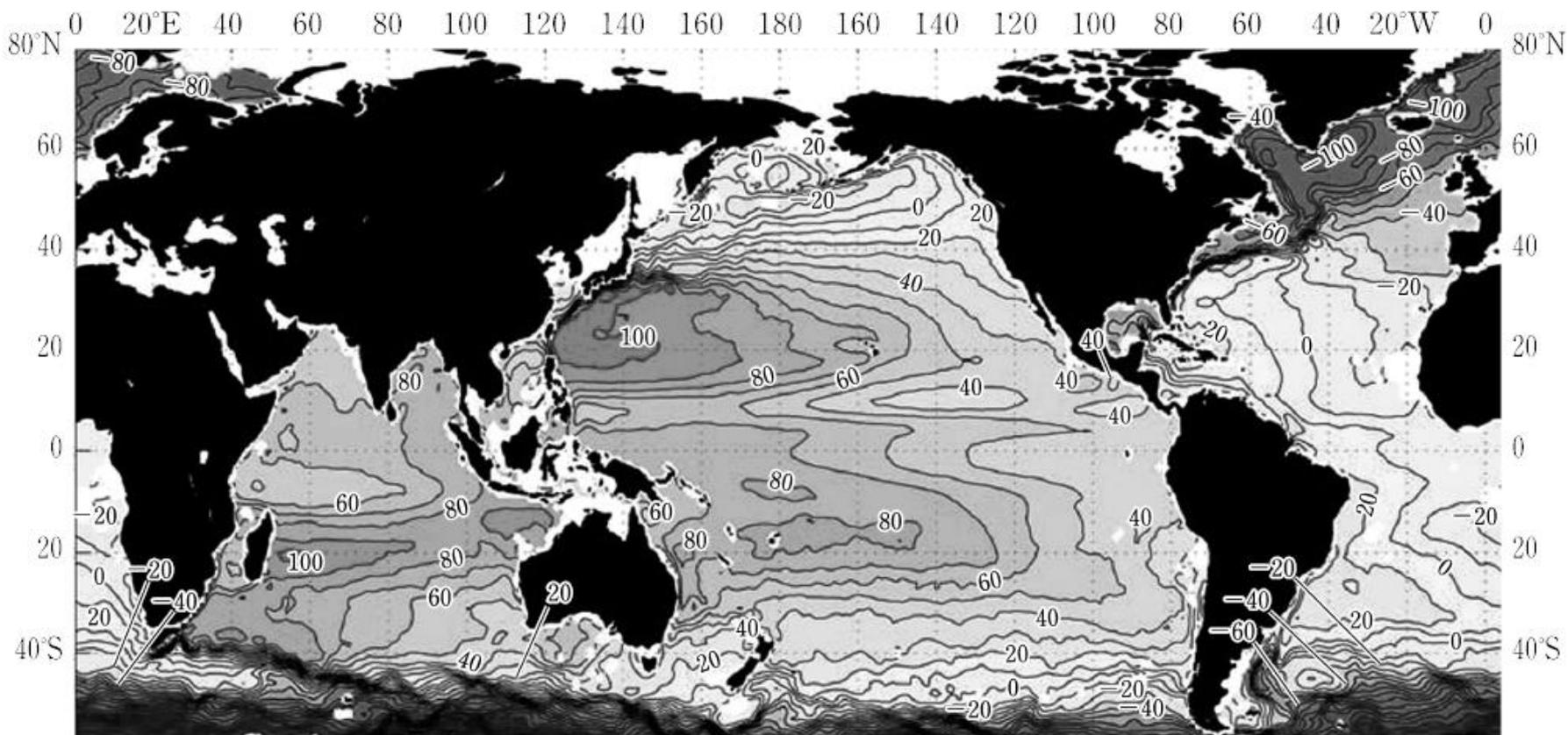
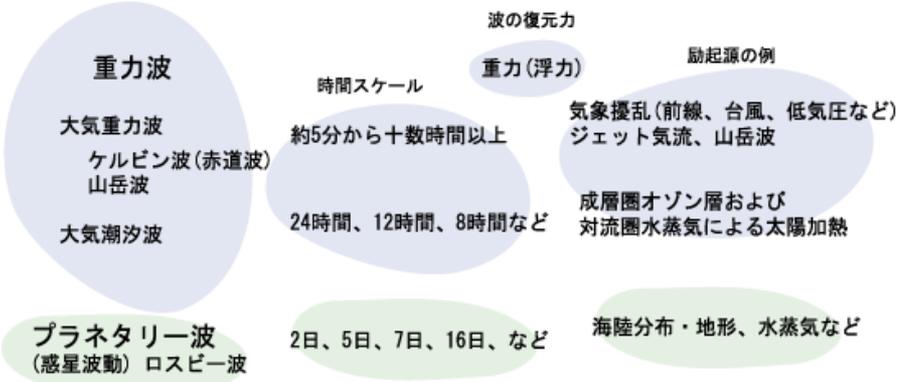
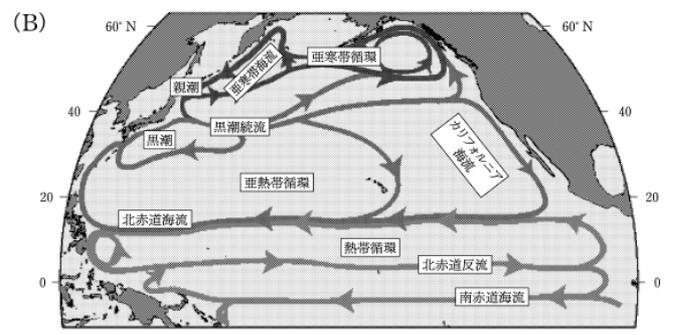
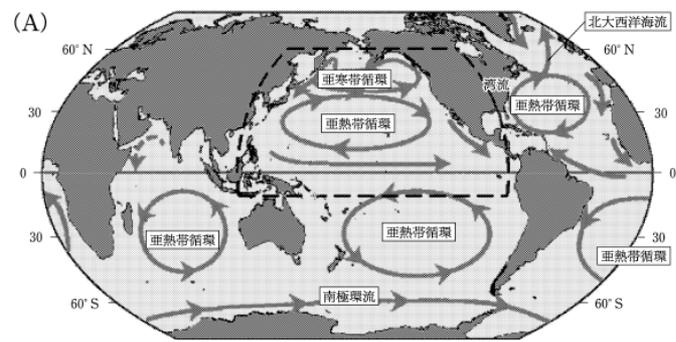
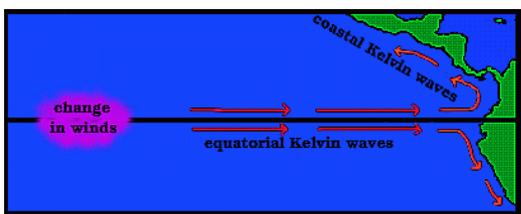
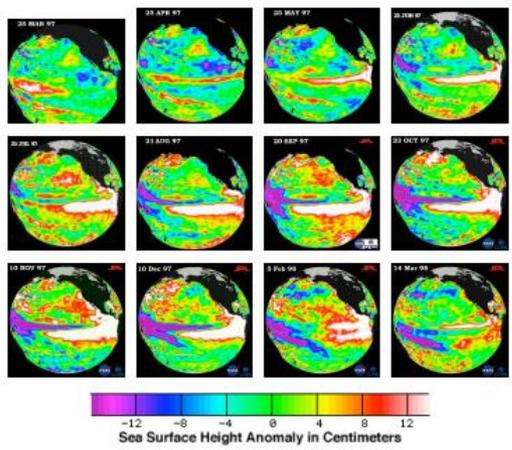


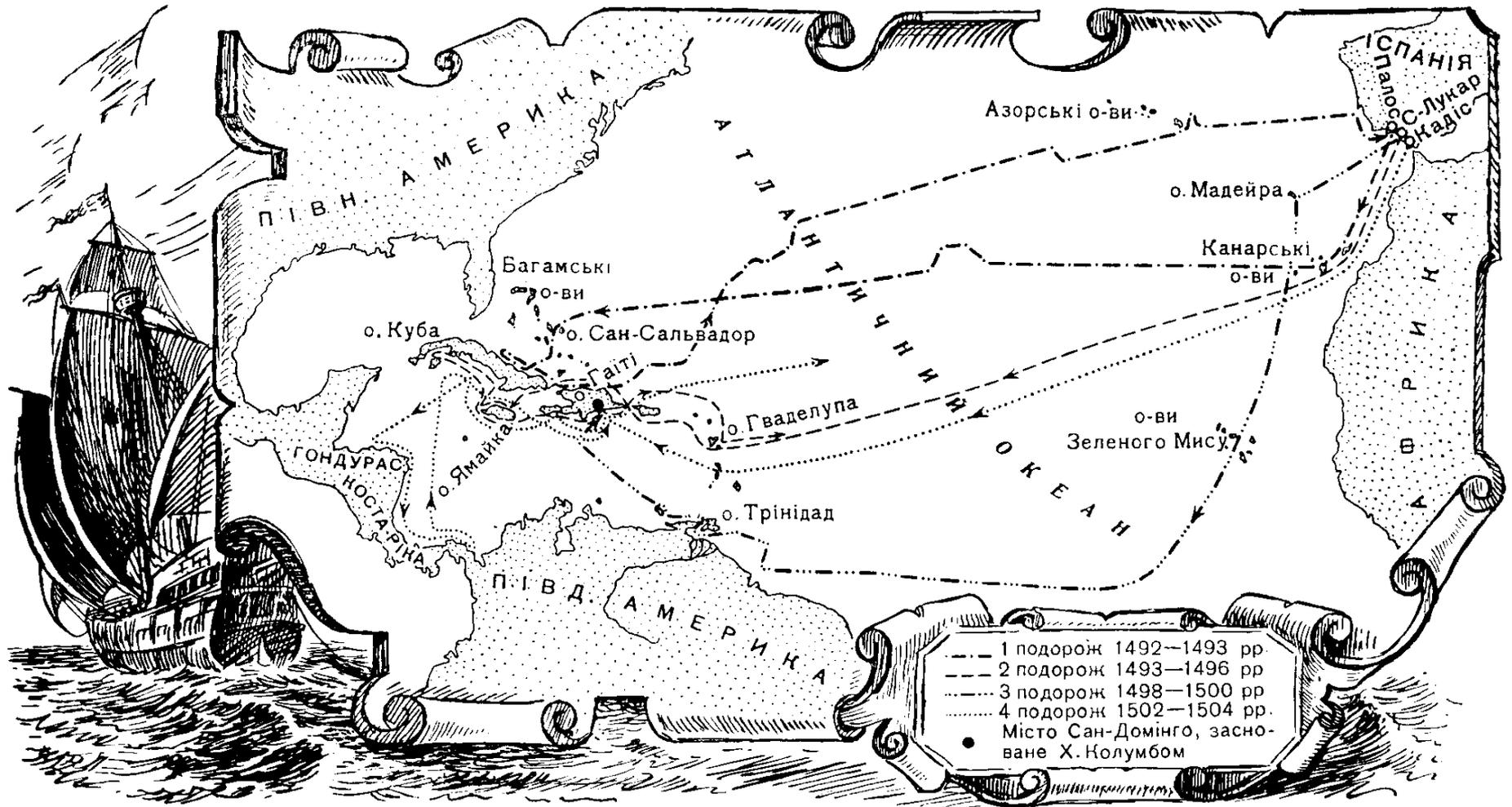
図 24.2 ジオイドを基準とした海面高度の分布(cm) (Niiler *et al.*, 2003 をもとに作成)。
 灰色が濃いほど海面が高い。



地球の回転効果(慣性力)

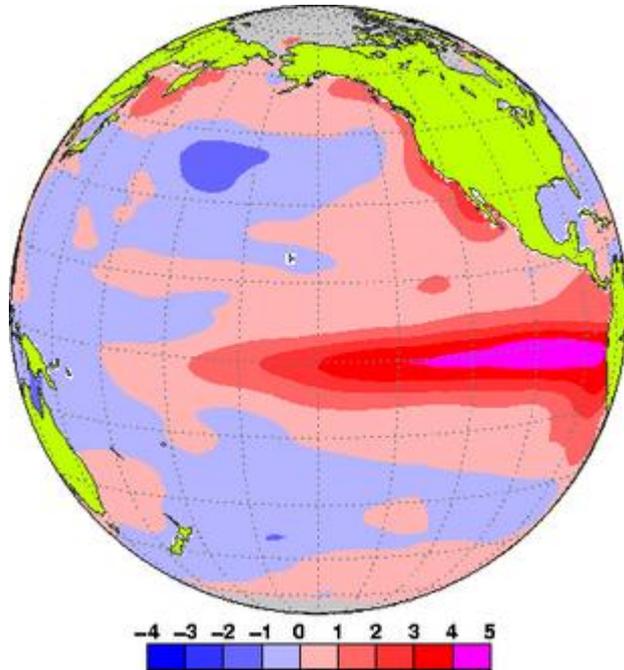


Колумбуса 航路 1492年

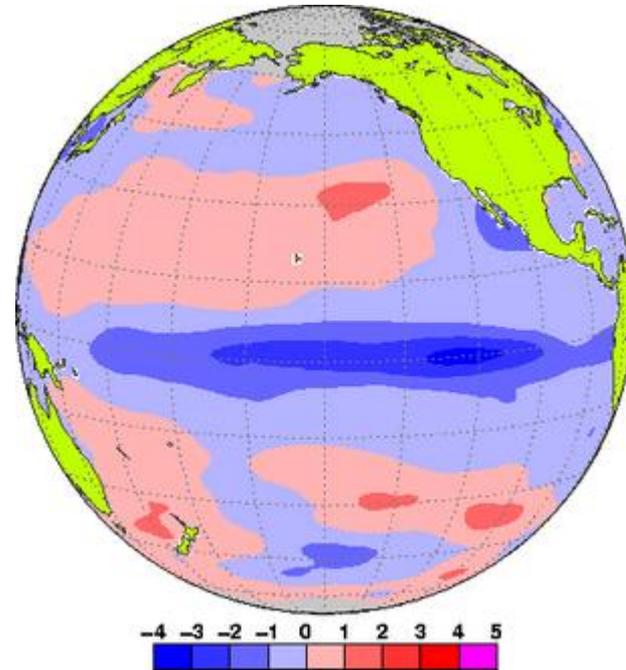


Карта плавань Христофора Колумба.

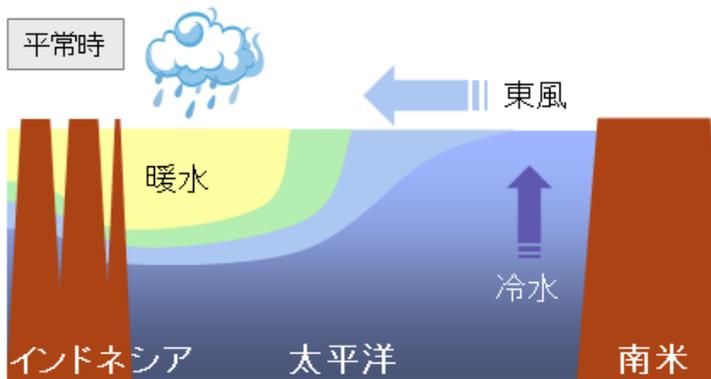
エルニーニョ/ラニーニャ



1997年11月の月平均海面水温平年偏差(左)

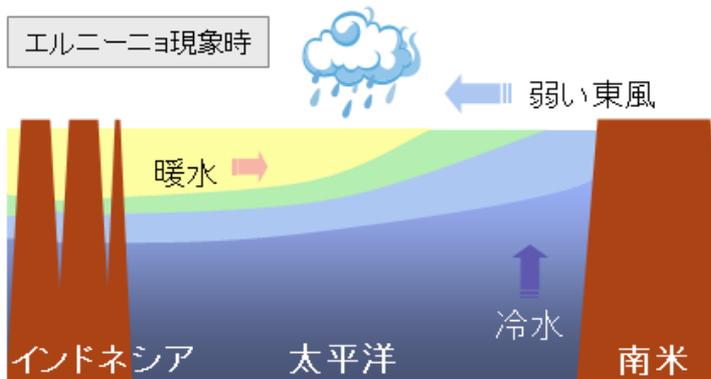


1988年12月の月平均海面水温平年偏差(右)



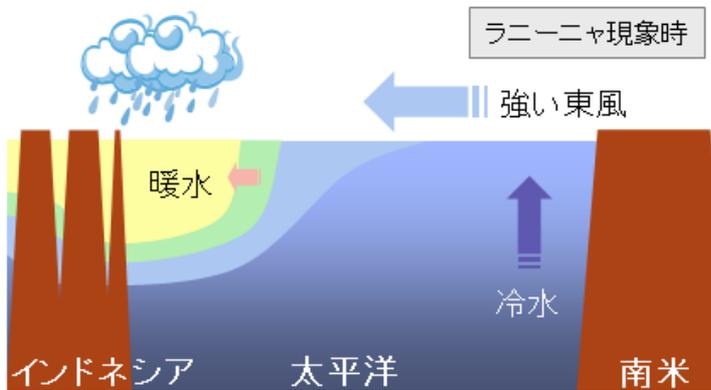
平常時の状態

海面水温の高い太平洋西部では、海面からの蒸発が盛んで、大気中に大量の水蒸気が供給され、上空で積乱雲が盛んに発生する。



エルニーニョ現象時の状態

積乱雲が盛んに発生する海域が平常時より東へ移る。



ラニーニャ現象時の状態

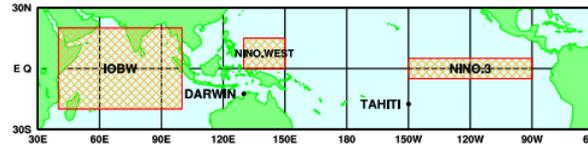
インドネシア近海の海上では積乱雲がいつも以上に盛んに発生する。

エルニーニョ/ラニーニャ情報

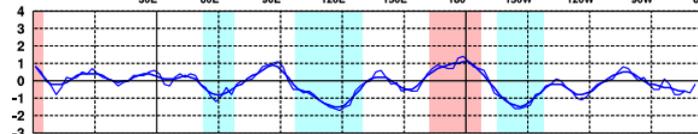
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/elnino/>

エルニーニョ監視海域の海面水温の基準値との差は -0.2°C

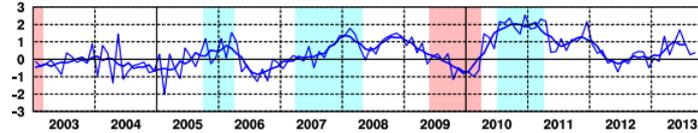
エルニーニョ現象等監視海域
NINO.3: エルニーニョ監視海域
NINO.WEST: 西太平洋熱帯域
IOBW: インド洋熱帯域



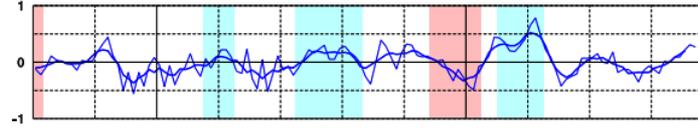
(a) エルニーニョ監視海域の海面水温の基準値*との差 ($^{\circ}\text{C}$)



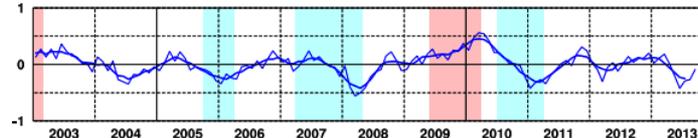
(b) 南方振動指数**



(c) 西太平洋熱帯域の海面水温の基準値*との差 ($^{\circ}\text{C}$)



(d) インド洋熱帯域の海面水温の基準値*との差 ($^{\circ}\text{C}$)

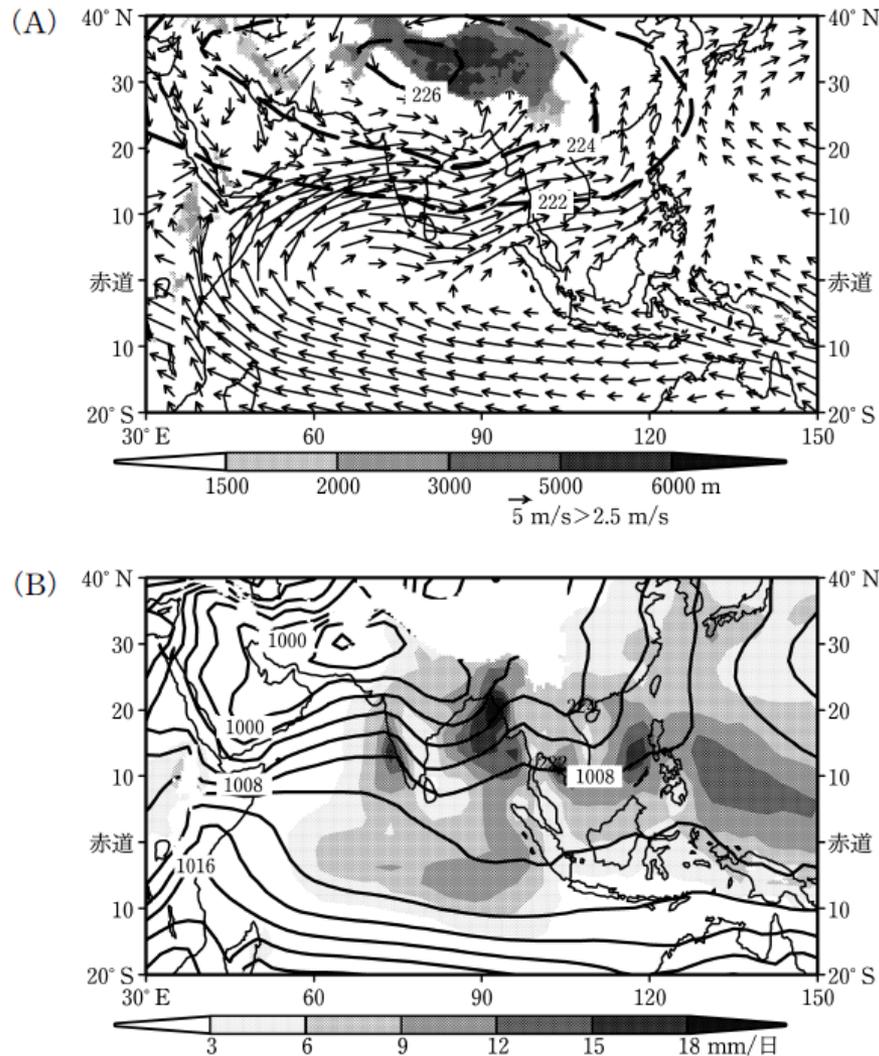


折線は月平均値, 滑らかな太線は5か月移動平均値. 赤色の陰影はエルニーニョ現象の発生期間. 青色の陰影はラニーニャ現象の発生期間.

* 基準値: その年の前年までの30年間の各月の平均値

** 南方振動指数はタヒチとダーウィンの地上気圧の差を指数化したもの. 正(負)の値は貿易風が強い(弱い).

大気 - 海洋 - 陸面相互作用



モンスーン(季節風):
風向が季節ごとに大規模に変わる現象

図 28.5 夏季アジアモンスーンの気候値。(A)地表面高度(陰影, m), 6~8月 850 hPa 面(高度 1,500 m 付近)の風向と風速(矢印, m s^{-1})。6月の対流圏上部の気温(破線等値線, K)。(B)6~8月の降水(陰影, mm/日)。6~8月の海面気圧(等値線, hPa)

問題

エルニーニョとラニーニャについて簡潔に説明せよ。また、エルニーニョが発達したときの日本付近の気象変化についても述べよ。