

# 惑星地球科学2 (第三回目)

## 海洋

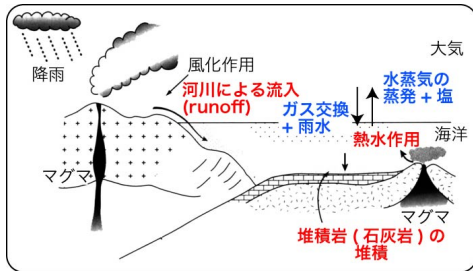
東京大学総合文化研究科：  
小宮 剛 准教授  
2014/10/28

### 地球：大気・海洋を持つ惑星



現在海洋を持つ地球型(固体)惑星は地球だけ

### (1) 海洋: 海洋への物質の流入・流出



- (1) 大陸地殻(河川による)の流入(浸食・風化・運搬)
- (2) 中央海嶺における熱水変質作用
- (3) 堆積物(石灰岩・泥岩・チャート・Mnノジュール)の堆積
- (4) 大気とのガス交換や雨水による流入。蒸発

### ① 垂直構造

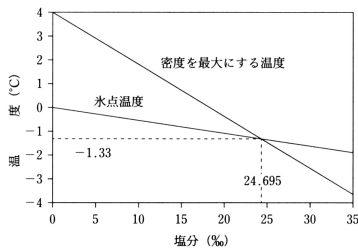
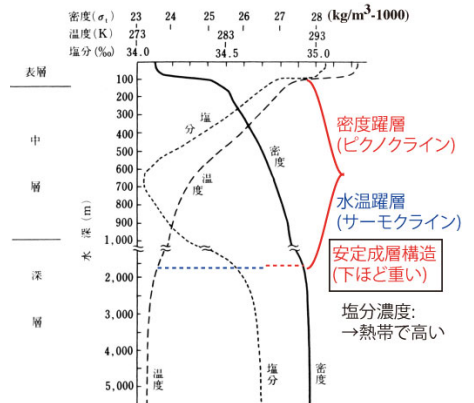
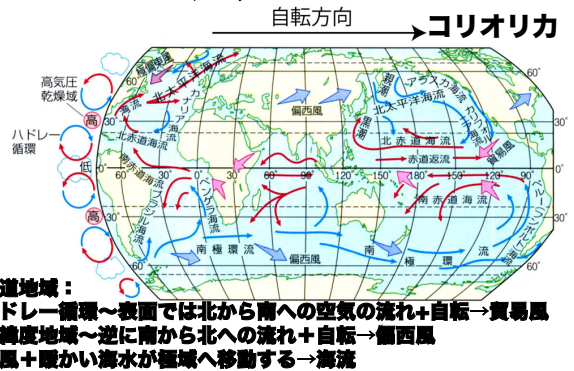


図 5-17 密度を最大にする温度と氷点温度との関係

陸水では4°Cの時に最高密度(氷が浮く)。表面から凍結。  
海水の場合、低温ほど高密度。  
密度成層しやすい。表面から冷やされると、海水全体が氷点以下になるまで凍結しない。

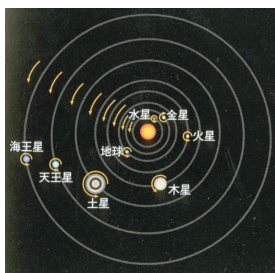
### 海洋の循環(2つのタイプがある)

#### ②-1 海洋表面での循環(海流, 風成循環: 深さ1000m位まで)

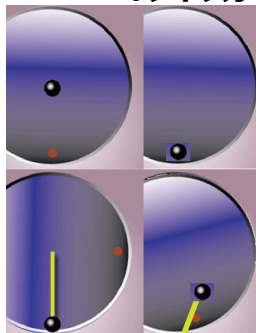


赤道地域：  
ハドレー循環～表面では北から南への空気の流れ+自転→貿易風  
中緯度地域～逆に南から北への流れ+自転→偏西風  
→風+暖かい海水が極域へ移動する→海流

### 海洋の循環(2つのタイプがある)

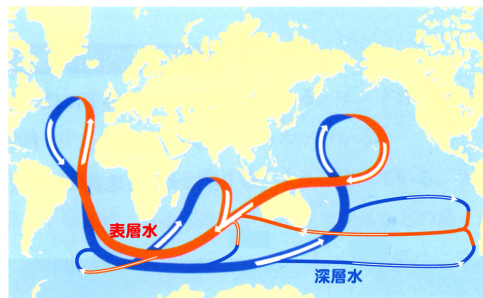


### コリオリカ



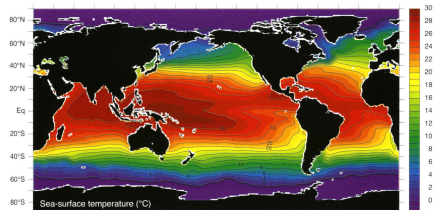
#### ②-2

#### 海洋大循環(熱塩循環、Broeckerのベルトコンベアーモデル)

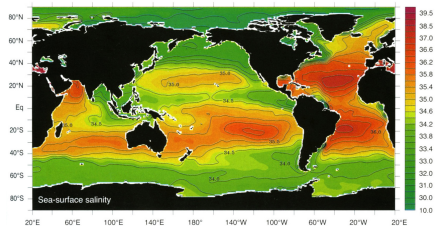


① Stommel(1961)によって提唱され、Broeckerによって海水の年代を<sup>14</sup>Cを用いて測ることによって実証された。  
→最も古い年代は北太平洋深層水で約2000年(数千年規模で循環)

### ②-2A 海洋表面の温度分布



### ②-2B 海洋表面での塩分濃度分布



### ②-3A 海洋大循環(熱塩循環)の駆動力(密度による循環)

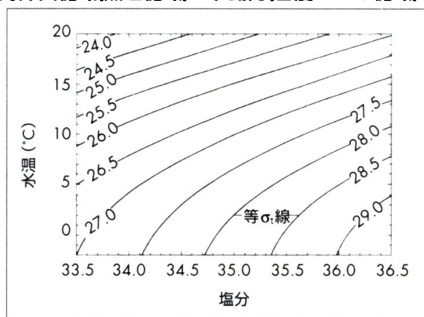


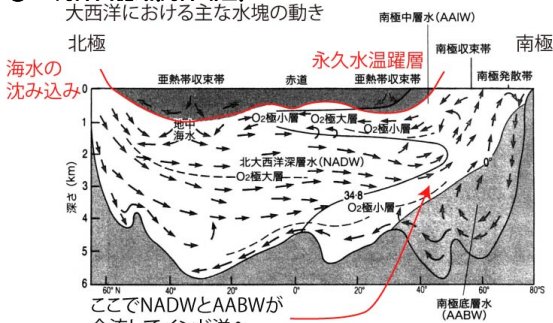
図 2.14 水温 (T)、塩分 (S)、密度の関係を示す T-S 図

$\sigma_t$  は (密度-1) × 1000

海水密度は温度と塩分濃度によってコントロール

### ②-3 海洋大循環(海洋断面)

大西洋における主な水塊の動き



ここでNADWとAABWが合流してインド洋へ

極域で、一気に4000~6000mまで沈み込み深層を移動  
南極周辺の深海の水:S=34.65‰, 水温=-0.5°C, 密度: 1.027g/cm3  
→世界で最も重い海水

### ③-1 湧昇域

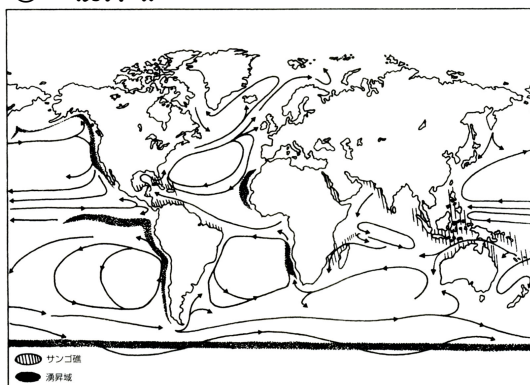
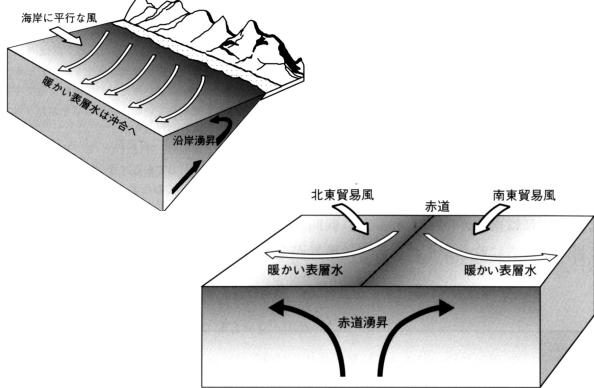
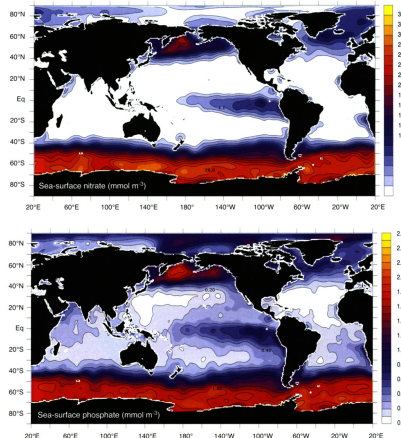


図 3.10 世界の海洋における湧昇域とサンゴ環の分布

### ③-1 湧昇域



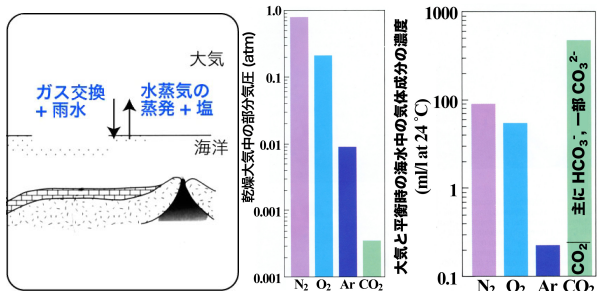
### ④ 海洋表面の栄養塩の濃度分布 2大重要栄養塩(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P)



### (5) 溶存ガス -大気とのガス交換+雨水-

#### (1) 大気とのガス交換

気体が液体に溶け込む量: ヘンリーの法則に則る

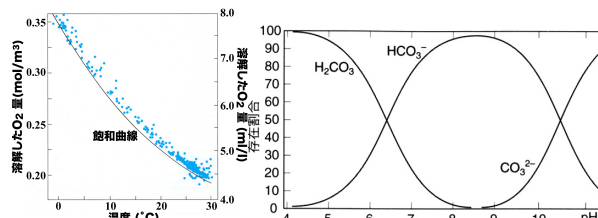


### (5) 溶存ガス

#### -大気とのガス交換+雨水-

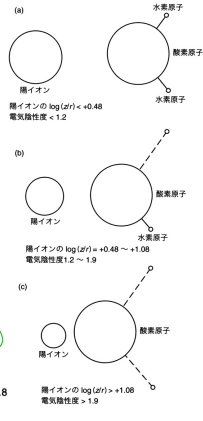
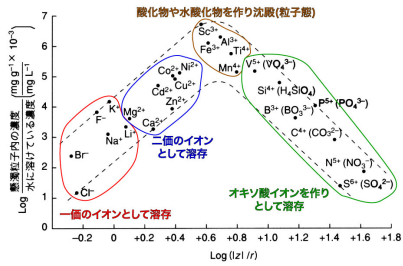
#### (1) 大気とのガス交換

気体が液体に溶け込む量: ヘンリーの法則に則る



**溶存元素**

- ①イオン(+錯体),無機錯体や有機錯体
- ②粒子態~  
有機物,水酸化物や酸化物等



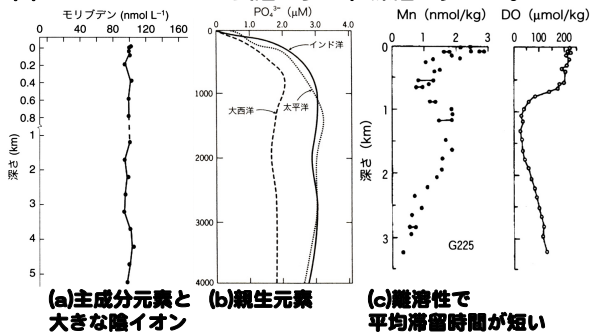
海水中の主なイオンの濃度と滞留時間

イオン	濃度(μM)	滞留時間(万年)
Cl <sup>-</sup>	5.6x10 <sup>5</sup>	9,000
Na <sup>+</sup>	4.8x10 <sup>5</sup>	6,000
Mg <sup>2+</sup>	5.5x10 <sup>4</sup>	1,000
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.9x10 <sup>4</sup>	900
Ca <sup>2+</sup>	1.1x10 <sup>4</sup>	100
K <sup>+</sup>	1.0x10 <sup>4</sup>	1,000
C(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , CO <sub>2</sub> )	2-2.4x10 <sup>3</sup>	8
Br <sup>-</sup>	8.6x10 <sup>2</sup>	10,000
B(B(OH) <sub>3</sub> , B(OH) <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	4.3x10 <sup>2</sup>	1,000
Cu (CuCO <sub>3</sub> , Cu <sup>2+</sup> , Co(OH) <sup>+</sup> )	0.02-1x10 <sup>-3</sup>	0.05
Si(OH) <sub>4</sub>	0-3x10 <sup>-3</sup>	7
Fe (Fe(OH) <sub>3</sub> )	0.5-6x10 <sup>-3</sup>	0.5
P (NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , MgHPO <sub>4</sub> )	0-0.18x10 <sup>-3</sup>	2
Mn (Mn <sup>2+</sup> , MnCl <sup>+</sup> )	0.08-3x10 <sup>-3</sup>	0.006
Al (Al(OH) <sub>3</sub> , Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup> )	0-4x10 <sup>-2</sup>	0.02
Ce(CeCO <sub>3</sub> <sup>+</sup> , Ce <sup>2+</sup> , CeCl <sup>2+</sup> )	3-80x10 <sup>-6</sup>	0.01
Nd(NdCO <sub>3</sub> <sup>+</sup> , Nd <sup>2+</sup> , NdSO <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	7-50x10 <sup>-6</sup>	0.06
可溶性(アルカリ)	SR <sup>+</sup>	91
アルカリ土類	Rb <sup>+</sup>	1.4
可溶性(オキシ陰)	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.07x10 <sup>-1</sup>
	UO <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> <sup>4-</sup>	1.4x10 <sup>-2</sup>
		1.4
		300
		80
		40

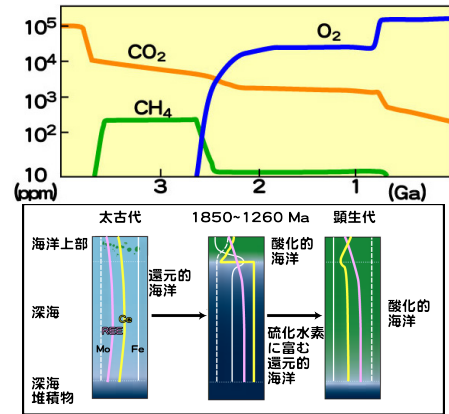
平均滞留時間(τ)≡(海水中の全量 mol)/(流入量 mol/y)  
タイムスケール: 熱塩循環(数千年), 海流(数ヶ月)

**③ 海水組成の鉛直分布**

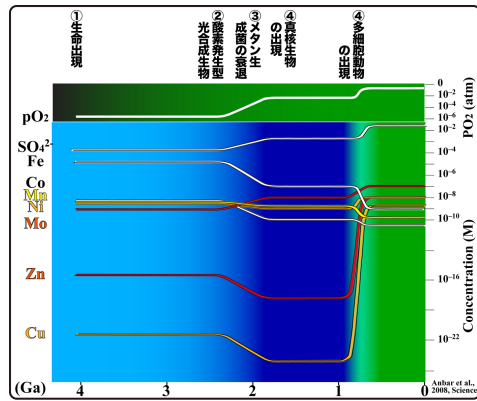
- (a) 保存性成分型 ~鉛直方向で濃度が変化しない
- (b) リサイクル型 ~表層が低く、深層で高い
- (c) スキャベンジ型 ~表層が多く、深層で少ない



大気・海洋の酸素濃度の上昇



海水の組成と生命進化(生命進化と海洋組成変化の関連)



**(3) 縞状鉄鉱層型**

**(1) 鉄**



**縞状鉄鉱層**

18億年前以前にのみ存在  
(例外は7億年前頃)

海水中のFe<sup>2+</sup>が酸化されて、Fe<sup>3+</sup>になり、沈殿(FeO(OH))

**縞状マンガン層**

23億年前

海水中のMn<sup>2+</sup>が酸化されて、Mn<sup>3+</sup>またはMn<sup>4+</sup>になり、沈殿



縞状鉄鉱層(BIFs)の形成時期 (Klein & Beukes, 1992)

