

惑星地球科学2 (第3回目)

海洋+炭素循環と物質循環

東京大学総合文化研究科：
小宮 剛 准教授

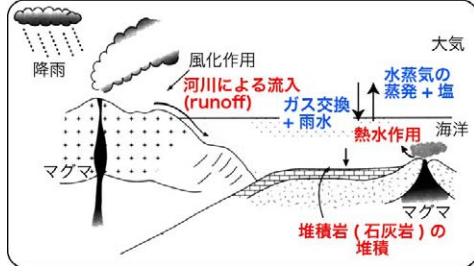
2017/10/18

komiya@ea.c.u-tokyo.ac.jp
http://www43.tok2.com/home/isua/

水循環



(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

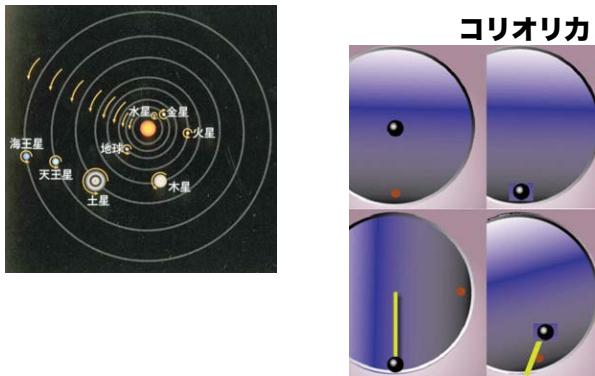
海洋の循環(2つのタイプがある)

②-1 海洋表面での循環(海流, 風成循環: 深さ1000m位まで)

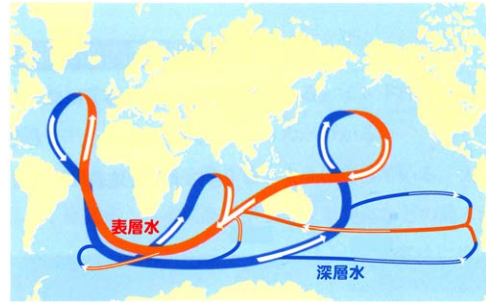


赤道地域:
ハドレー循環～表面では北から南への流れ+自転→貿易風
中緯度地域～逆に南から北への流れ+自転→偏西風
→風+暖かい海水が極域へ移動する→海流

海洋の循環(2つのタイプがある)

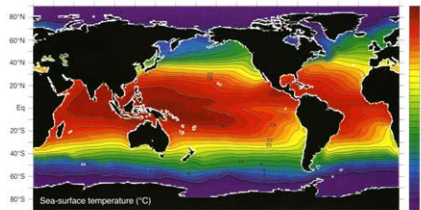


②-2 海洋大循環(熱塩循環、Broeckerのベルトコンベアーモデル)

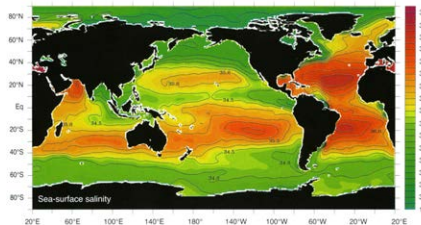


① Stommel(1961)によって提唱され、Broeckerによって海水の年代を¹⁴Cを用いて測ることによって実証された。
→最も古い年代は北太平洋深層水で約2000年(数千年規模で循環)

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)

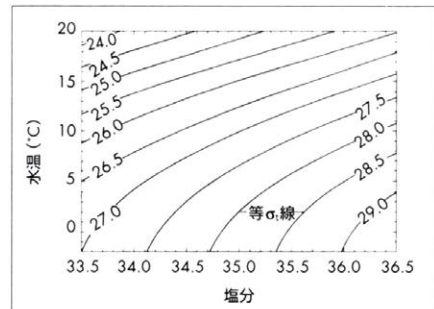


図 2.14 水温 (T), 塩分 (S), 密度の関係を示す T-S 図

σ_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

③-1 湧昇域

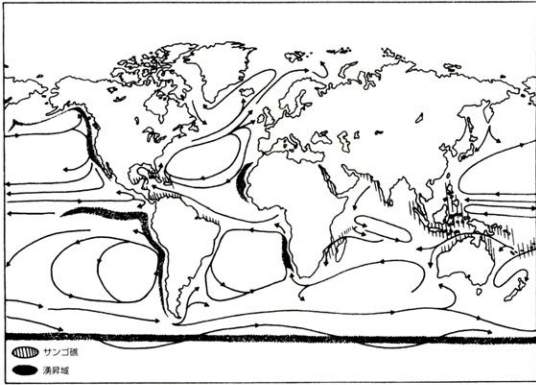
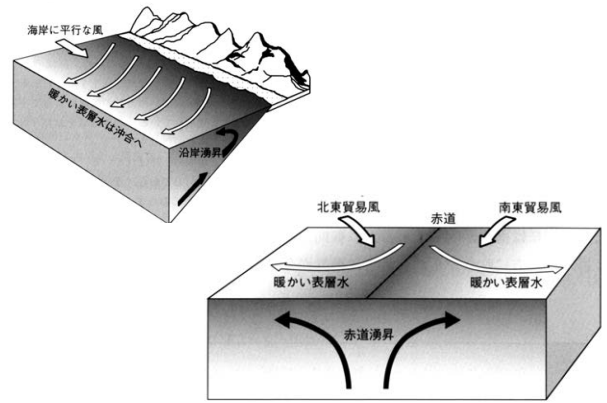


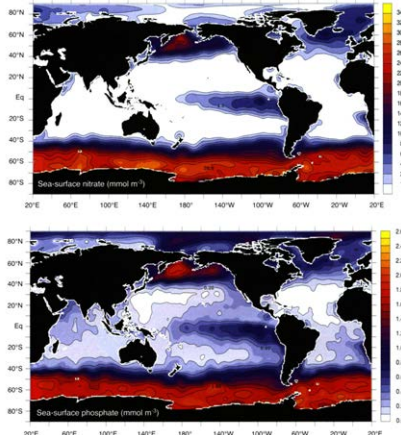
図 3.10 世界の海洋における湧昇域とサンゴ域の分布

③-1 湧昇域

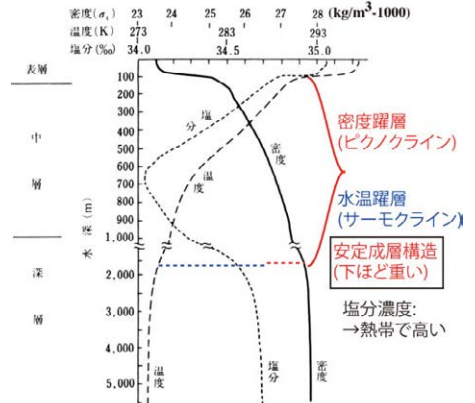


④ 海洋表層の栄養塩の濃度分布

2大重要栄養塩 (NO₃⁻, P)



① 垂直構造

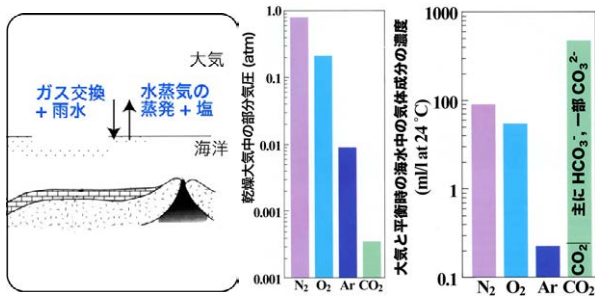


(5) 溶存ガス

-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

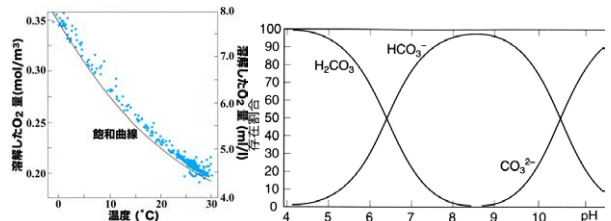


(5) 溶存ガス

-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

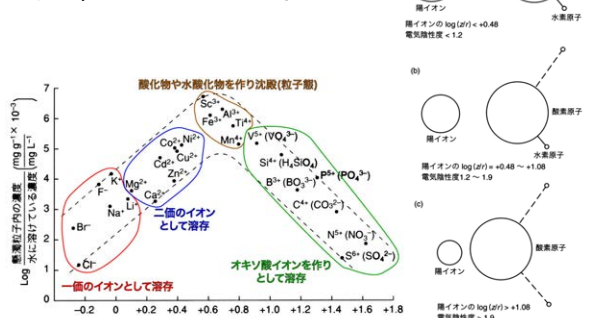


溶存元素

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



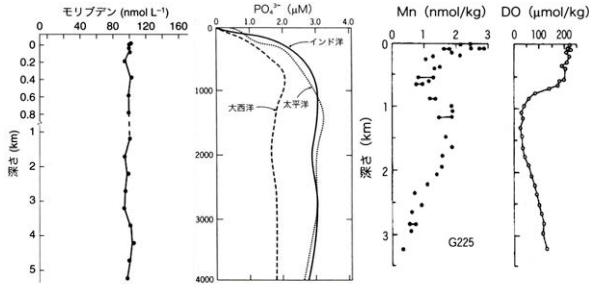
海水中の主なイオンの濃度と滞留時間

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

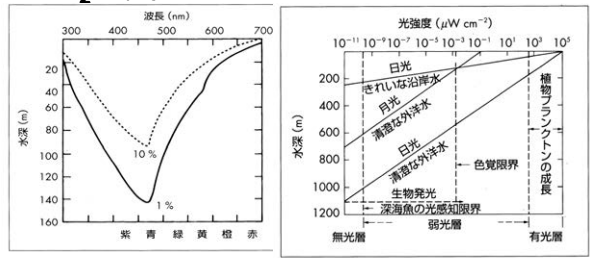
③ 海水組成の鉛直分布

- (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。

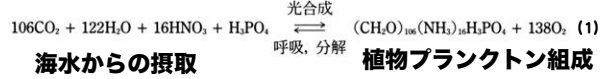


(a)主成分元素と (b)親生元素 大きな陰イオン (c)難溶性で 平均滞留時間が短い

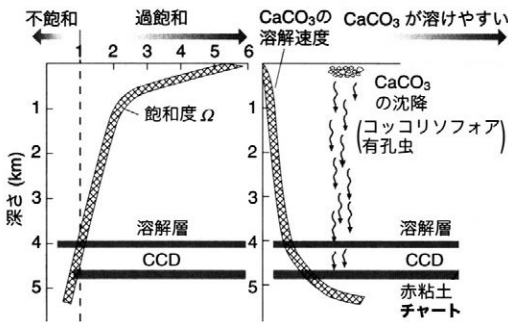
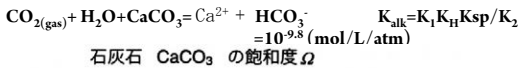
(9) 生物ポンプと物理 (無機, アルカリ) ポンプ ~CO₂を深海に運ぶプロセス~



(1) 植物プランクトンの元素組成比 C:N:P=106:16:1 (Redfield比)



⑤ CaCO₃の溶解と水深



⑥ 生物ポンプと無機 (物理, アルカリ) ポンプまとめ

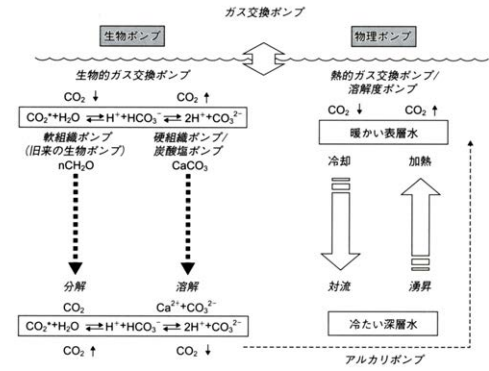
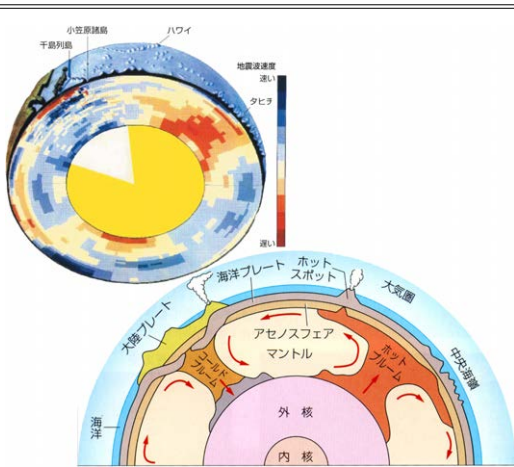
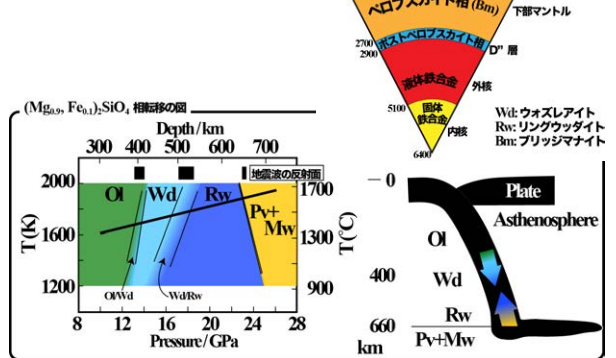


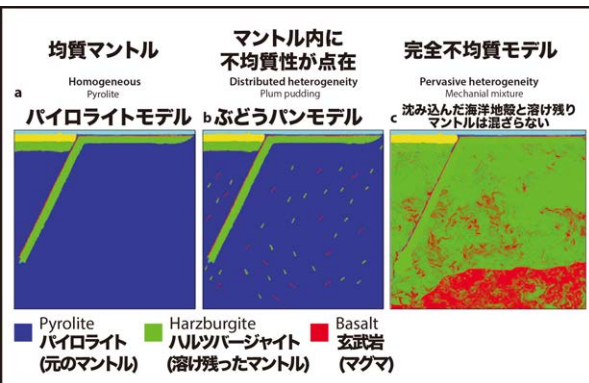
図 1.3.9 生物ポンプと物理ポンプのまとめ。



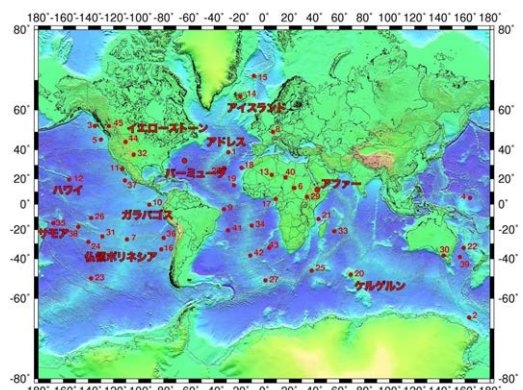
地球内部への物質循環 マントルダイナミクス (地球大物質循環)



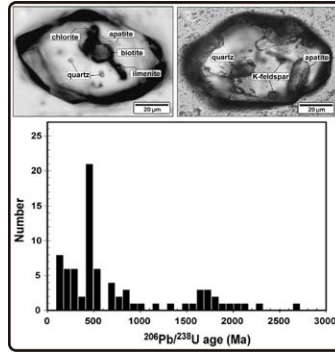
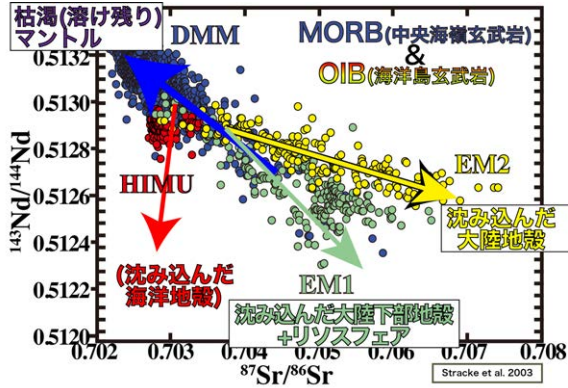
沈み込んだ物質はどうなるのか??



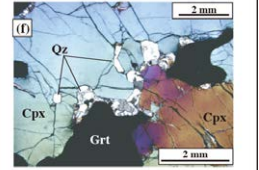
ホットスポット



中央海嶺玄武岩とホットスポットマグマの同位体組成の多様性とその特徴



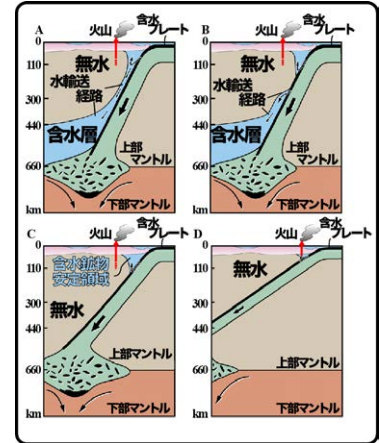
ホットスポットマグマ中に
取り込まれた
エクロジャイト捕獲岩中:
沈み込んだ物質の証拠
(ソロモン諸島:マライタ島)



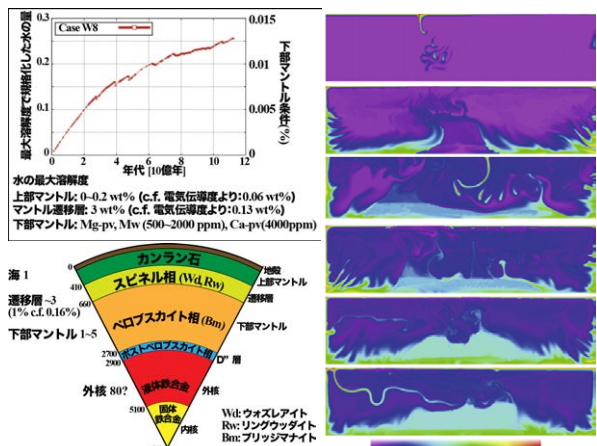
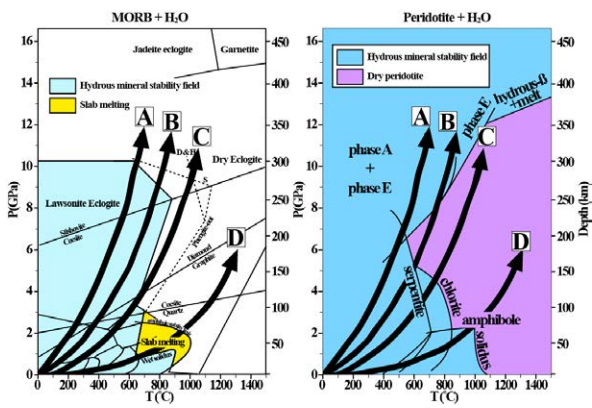
地球内部の化学的構造モデル



水の循環

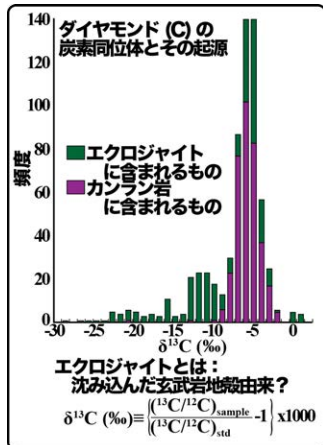
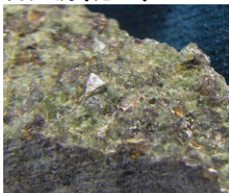


水の循環



ダイヤモンドの炭素同位体

①エクロジャイト(沈み込んだ海洋地殻物質に伴う)型ダイヤモンドは生物起源(化石)?



コア・マンテル境界の物質学

