

堆積学(夏学期, 水曜2限(10:30~12:00))

炭酸塩堆積物3 (炭酸塩岩から過去を解読(Proxyの話))

- 4月11日 堆積学史、堆積粒子の起源
- 4月18日 風化・浸食・運搬過程
- 4月25日 碎屑性堆積物 (浅海成相)
- 5月2日 碎屑性堆積物 (深海成相)
- 5月9日 蒸発岩・化学沈殿岩
- 5月16日 堆積成鉱床
- 5月23日 河川成相
- 5月30日 風成相・氷河成相
- 6月6日 炭酸塩堆積物1 (基礎的なこと)
- 6月13日 炭酸塩堆積物2 (堆積場と炭酸塩岩と続成作用)
- 6月20日 炭酸塩岩から過去を解読 (Proxyの話)
- 6月27日 碎屑岩の続成作用
- 7月4日 予備日 (試験)

酸素同位体

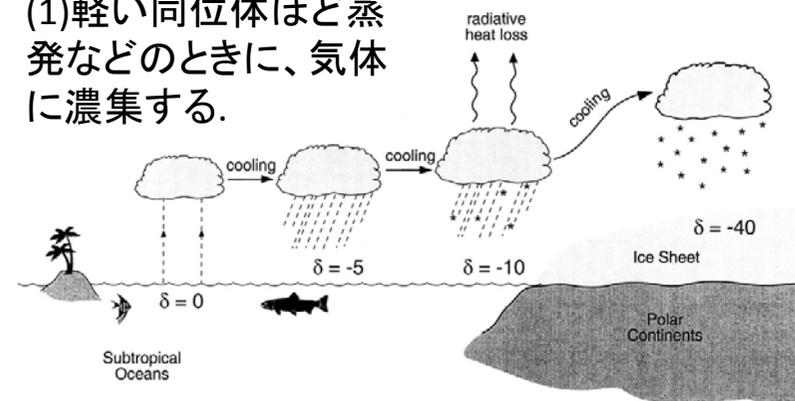
表 4-1 液体の水に対する水素および酸素同位体分別係数

| 相 | 温度 (°C) | $10^3 \ln \alpha = \Delta(\text{‰})$ D/H | $10^3 \ln \alpha = \Delta(\text{‰})$ $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ | 文献 |
|---------|---------|---|---|-----|
| 氷 - 水 | 0 | 19 | 3.1 | (1) |
| 水蒸気 - 水 | 0 | -106 | -11.6 | (2) |
| | 25 | -76 | -9.3 | (2) |
| | 100 | -27 | -5.0 | (2) |

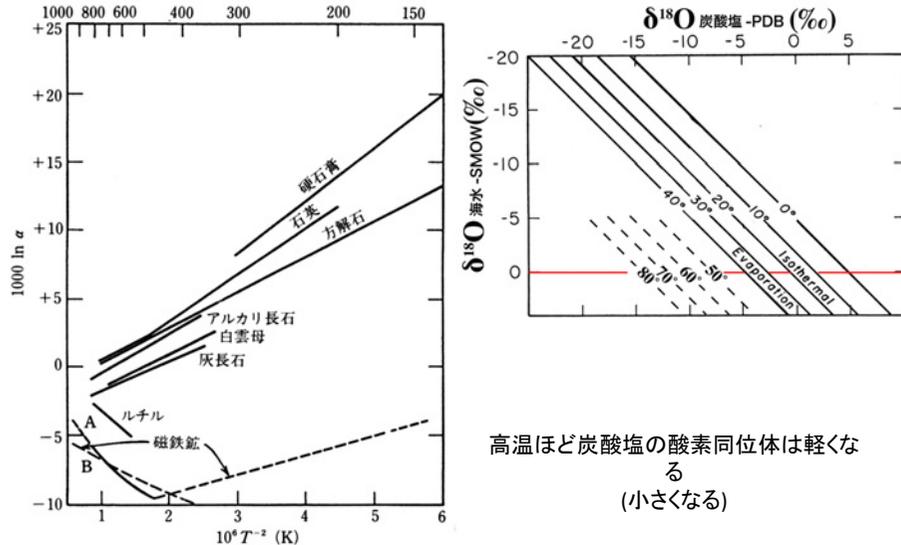
(1) O'Neil, 1968 ; (2) Majoube, 1971 (これらの文献については, Friedman and O'Neil, 1977 を参照のこと).

$$\text{酸素} : 10^3 \ln \alpha = -\frac{1137}{T^2} \times 10^4 + \frac{415.6}{T} + 2.07$$

(1) 軽い同位体ほど蒸発などのときに、気体に濃集する。



鉱物と水との酸素同位体分別



高温ほど炭酸塩の酸素同位体は軽くなる (小さくなる)

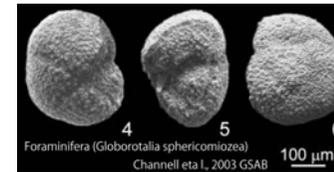
図 8-4 鉱物と水との酸素同位体平衡分別係数の温度依存性 (Faure, 1977)
 $\alpha = (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{鉱物}} / (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{水}}$

(1) 酸素同位体と温度

^{16}O (99.763%), ^{17}O (0.0735%), ^{18}O (0.1995%)

$$\delta^{18}\text{O} = \left\{ \frac{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{sample}}}{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{SMOW or PDB}}} - 1 \right\} \times 1000 (\text{‰})$$

Carbonate
(CaCO_3)
fossils

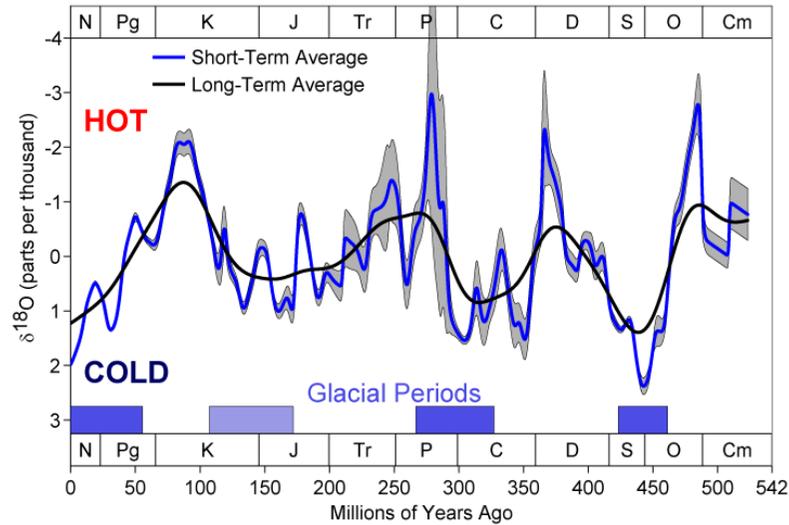


$$\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}} = \frac{1.803 \times 10^4}{T} - 32.67 - \delta^{18}\text{O}_{\text{Water}}$$

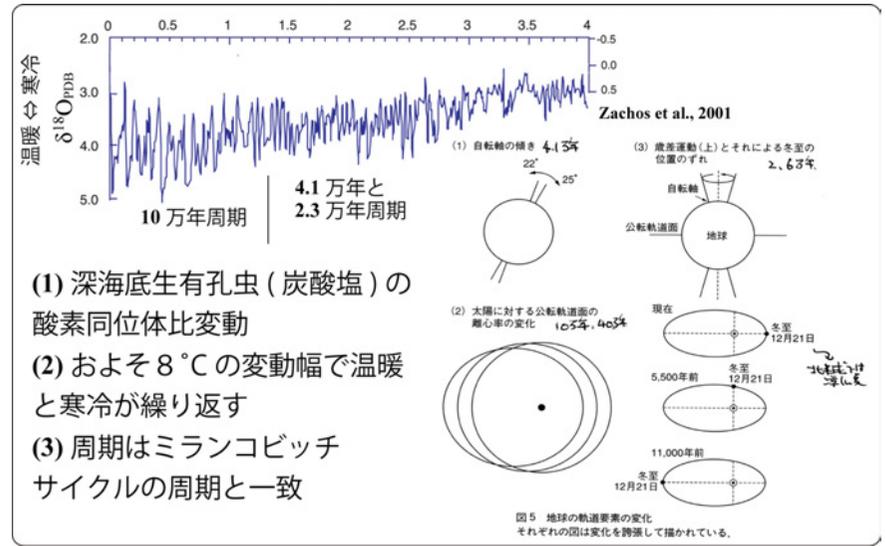
(Kim & O'Neil, 1997)
(Zachos et al., 2001)

顕生代の氷河期

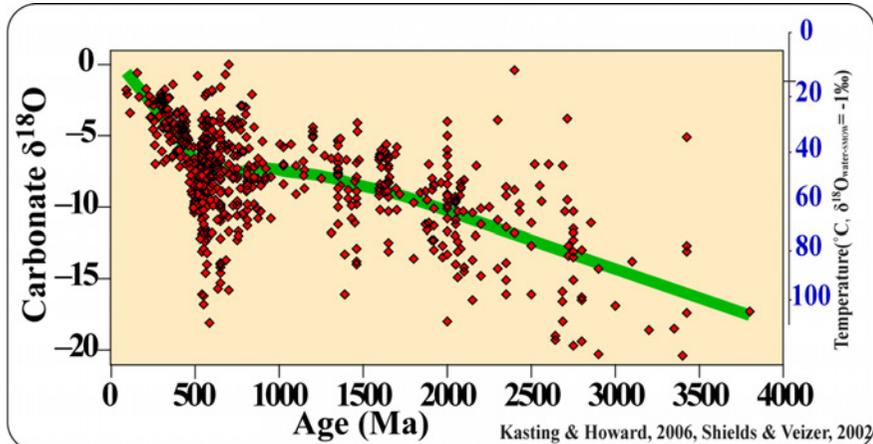
Phanerozoic Climate Change



地球表層温度とミランコビッチサイクル

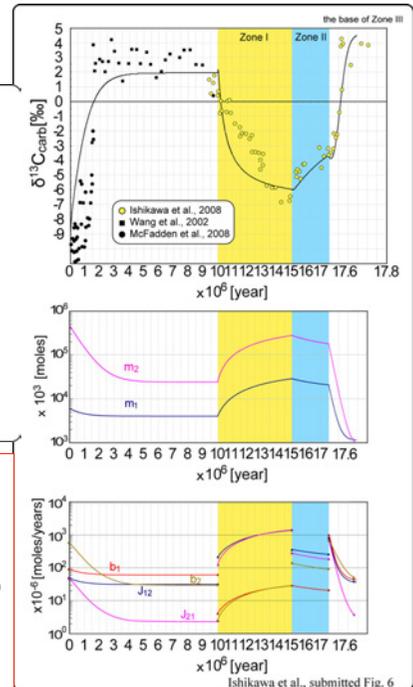
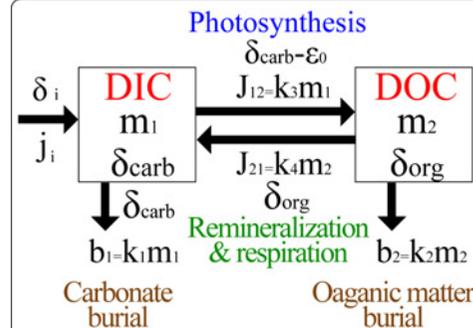


Carbonateの酸素同位体と温度



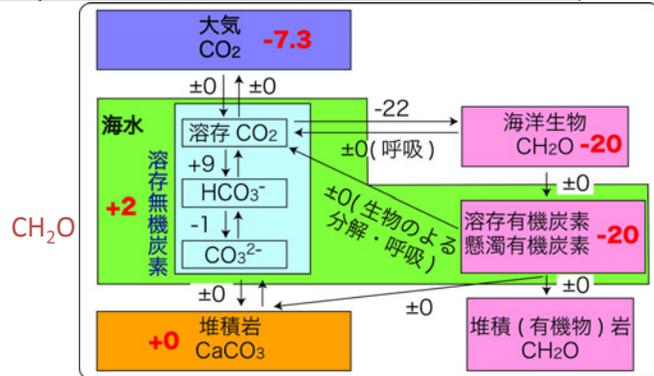
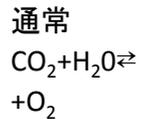
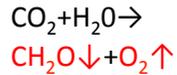
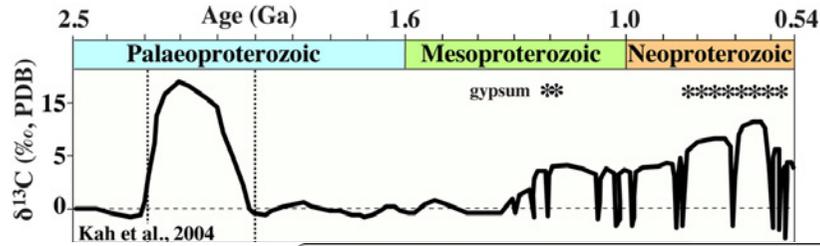
- (1) 海水の酸素同位体の経年変化？
(Veizer et al., 1999; Wallmann, 2001)
⇔ 海洋地殻の酸素同位体 (Muehlenbachs 1998 など)
- (2) 炭酸塩の二次的な酸素同位体移動

炭素同位体

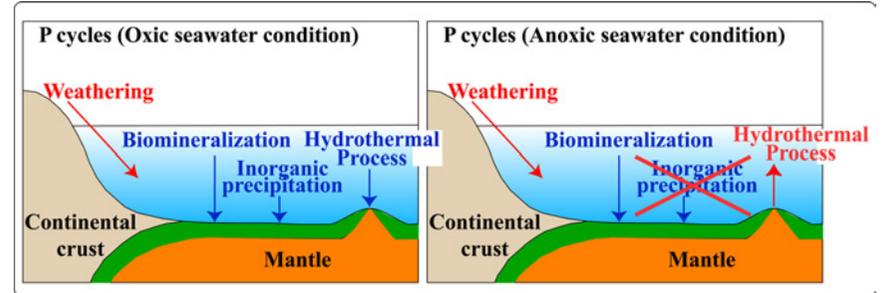


- (1) δ_i が変化する → メタンハイドレートの分解等
- (2) J_i が変化する → 氷期等
- (3) ϵ_0 が変化する：一次生産生物の変化
- (4) それぞれの比率が変化する。

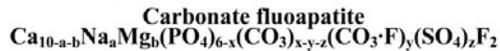
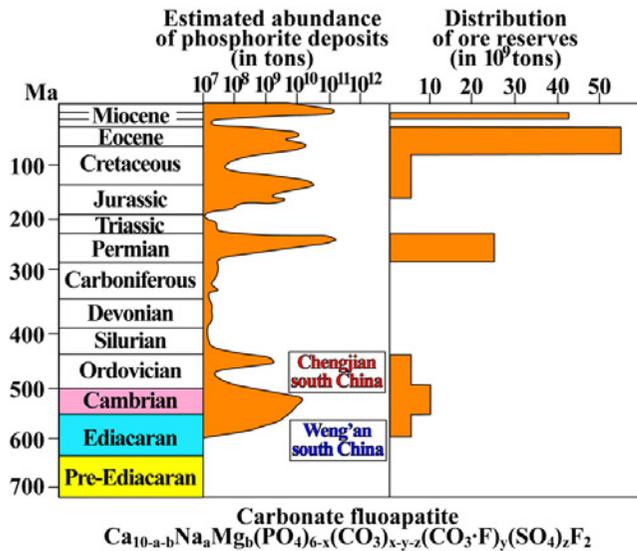
22億年前の炭酸塩岩の炭素同位体比の正異常



リンサイクル



原生代後期、リン酸塩岩の堆積と生命進化



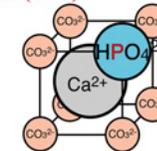
炭酸塩鉱物中のリン濃度から海水のリン濃度を推定

炭酸塩鉱物中のリン濃度の局所分析 - 海水中のリン濃度を推定する -

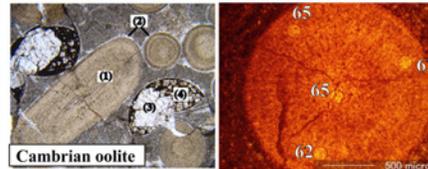
(1) 炭酸塩固溶リン: Carbonate-associated-phosphorus (CAP)

(CO_3^{2-} と HPO_4^{2-} の固溶体)

炭酸塩中の P 濃度は海水中の P 濃度と相関 (Montagna et al., 2006)



(2) 炭酸塩中の均質な P 濃度分布は P が炭酸塩中の格子中に固溶していることを示す

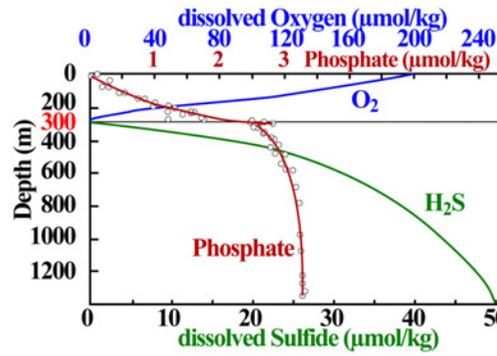


(3) LA-ICP-MS による局所分析の重要性 炭酸塩岩は炭酸塩のみならずリン酸塩やリンを吸着した酸化物等を含む

現在の地球にある“太古”の海

(1) 酸素に乏しい海

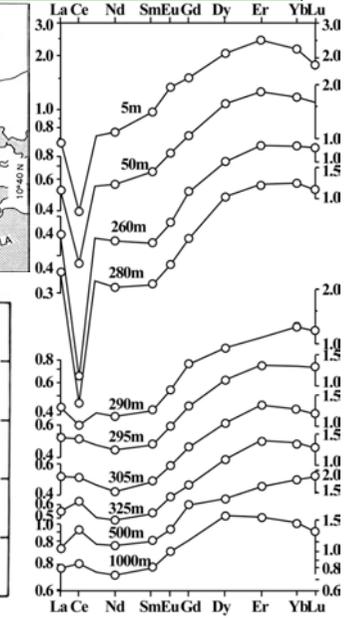
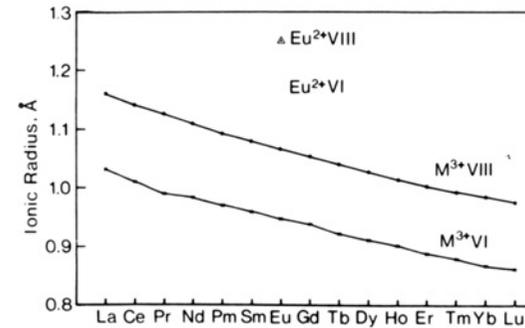
① Cariaco Trenchの例



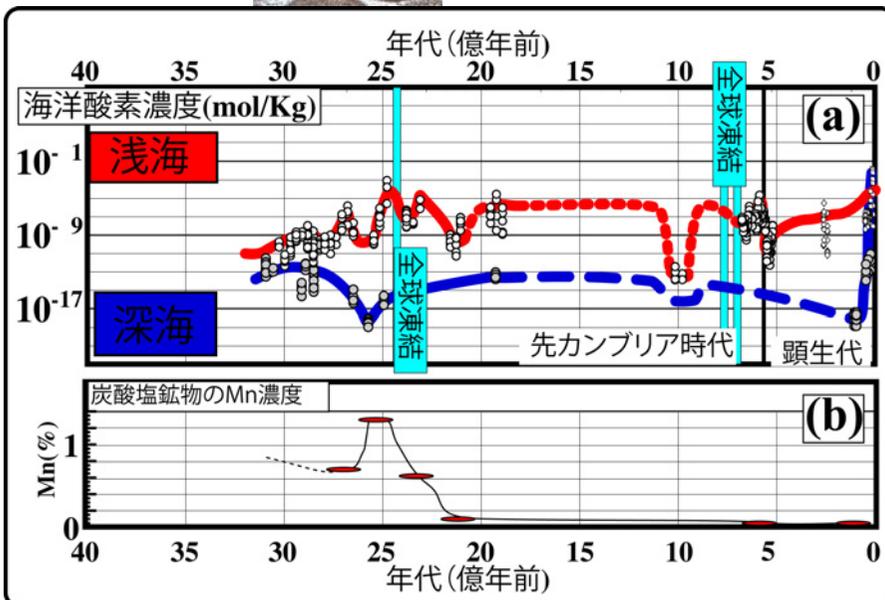
② Black Sea の例

希土類元素の挙動と海洋中の酸化還元

Cariaco Trenchの例



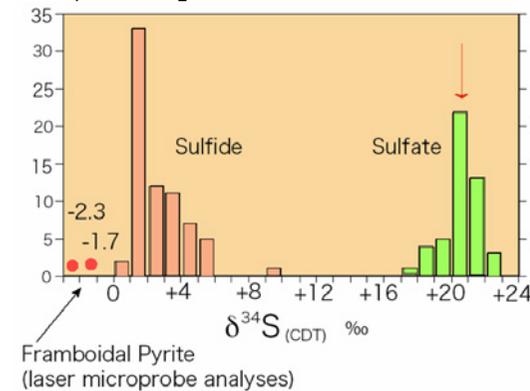
炭酸塩の組成から推定する古海水組成



海洋イオウ同位体と硫酸還元細菌

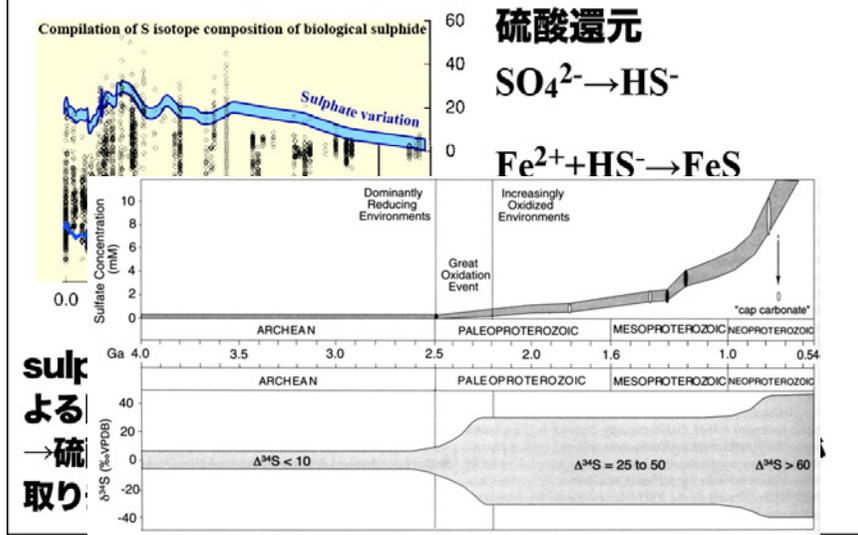
→硫酸還元(硫酸呼吸)~硫酸を使って、CH₂Oを酸化してATPを得る。
嫌気呼吸:1グルコースから2ATP生成

(1) CH₂O + SO₄²⁻ + 2H⁺ → nCO₂ + mH₂O + H₂S (reduced condition)
δ³⁴S はSO₄²⁻ よりH₂Sの方が高くなる。

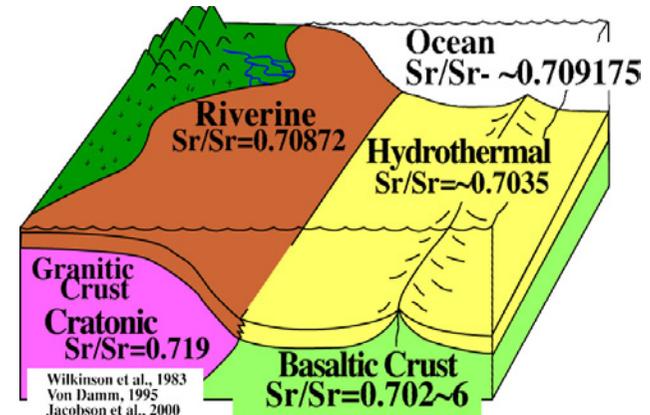


BIFの堆積の終了と海洋酸素濃度 (CloudモデルとCanfieldモデル)

Canfield model (Canfield, 1998, Nature)

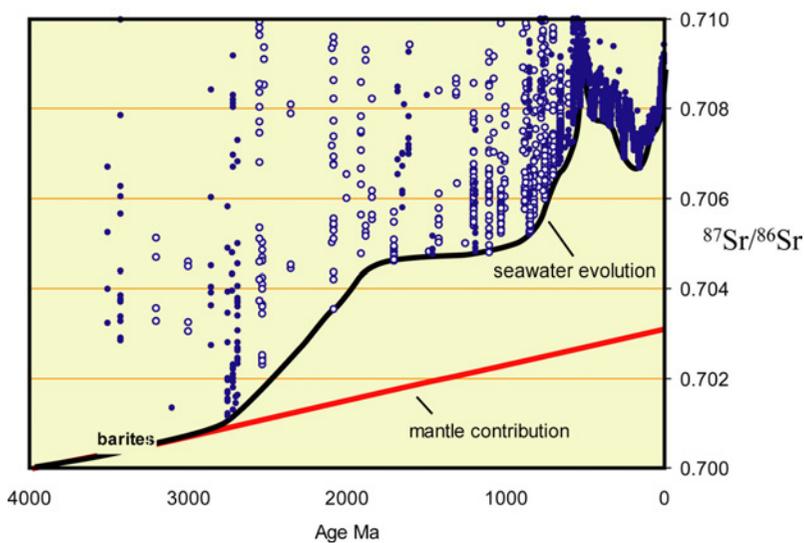


Sr 同位体変動 -大陸からの供給量を推定-

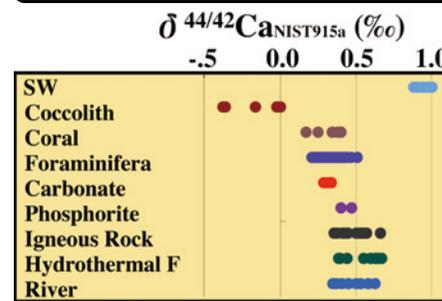


海水(炭酸塩鉱物)の高 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比
 →大陸からの高供給量
 →大陸起源栄養塩(P, Fe---)の供給が高い

Sr 同位体変動 -大陸からの供給量を推定-

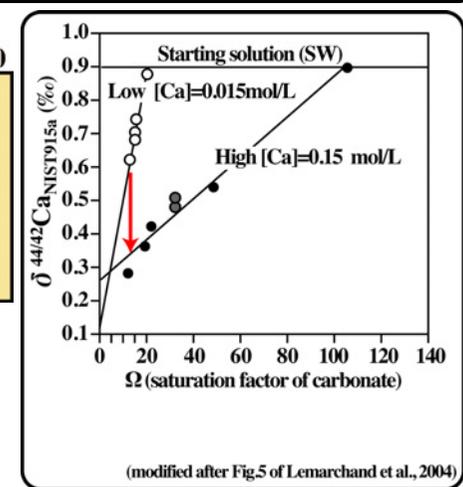


Ca 同位体分別

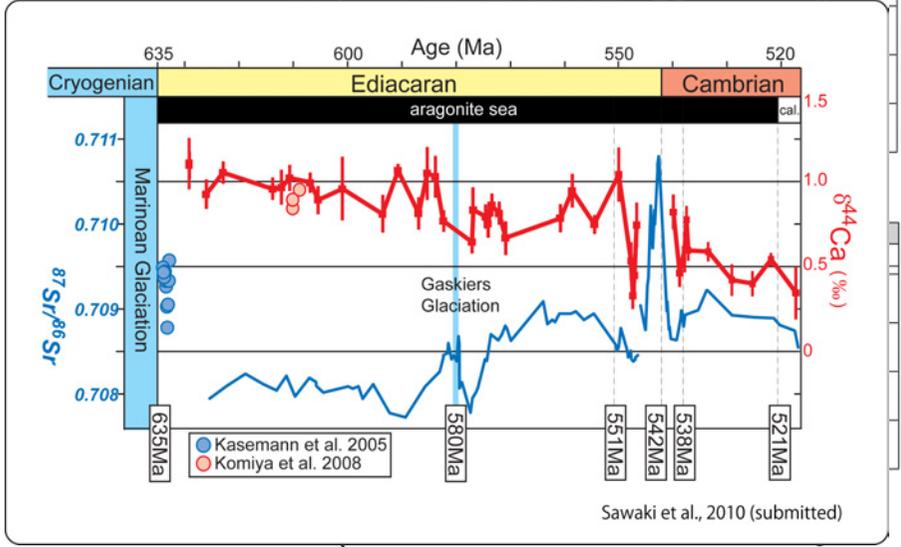
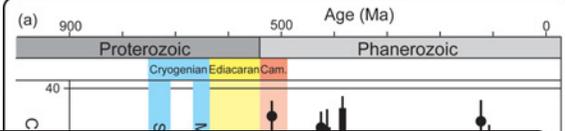


生物や無機沈殿物は軽い ^{42}Ca を選択的に取り込む

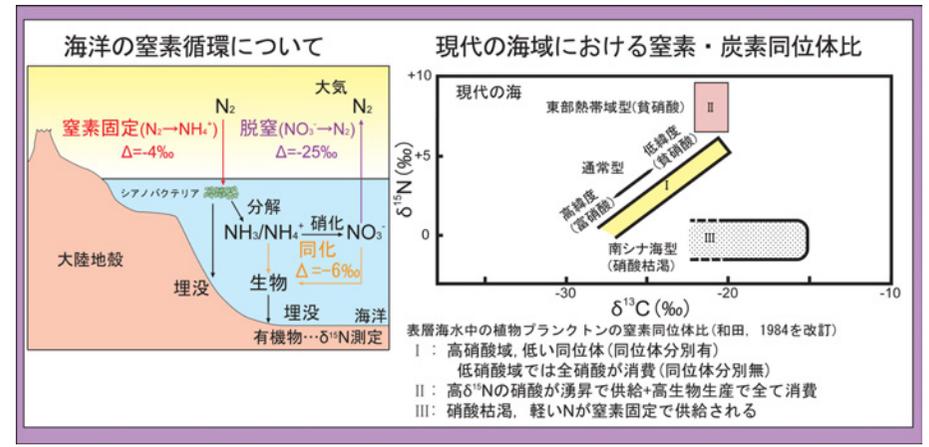
↓
 高 Ca^{2+} 量、無機沈殿物の $^{44/42}Ca^{2+}$ 比は低くなる。 Ca^{2+} 量が不足するにつれ、海水値へ



Ca isotope excursions

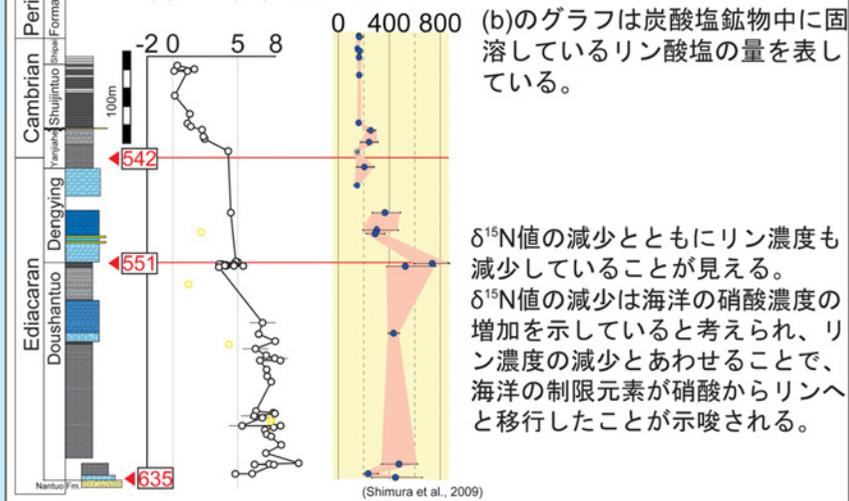


窒素同位体



堆積物中の有機窒素の $^{15}/^{14}\text{N}$ 比から海水中の NO_3^- 量を推定

生物生産を制限していた元素の推定
(a) $\delta^{15}\text{N}$ (‰) (b) P (ppm) in carb.



生物鉱化作用の進化と海水組成

