

堆積学(夏学期, 水曜2限(10:30~12:00))

proxyと古環境解読

①4月9日	堆積学史、堆積粒子の起源	(多田①)
②4月16日	風化・浸食・運搬過程	(多田②)
③4月23日	碎屑性堆積物(浅海成相)	(多田③)
④5月7日	碎屑性堆積物(深海成相)	(多田④)
⑤5月14日	河川成相	(多田⑤)
⑥5月21日	化学沈殿岩	(小宮①)
⑦5月28日	風成相・氷河成相	(多田⑥)
⑧6月4日	碎屑岩の続成作用	(多田⑦)
⑨6月11日	堆積成鉱床	(小宮②)
⑩6月18日	堆積成鉱床と蒸発岩	(小宮③)
⑪6月25日	炭酸塩堆積物と炭酸塩岩	(小宮④)
⑫7月2日	proxyと古環境解読	(小宮⑤)
⑬7月16日	試験	

炭素と同位体について

同位体: ^{12}C (98.89%), ^{13}C (1.11%), (^{14}C 放射性同位体)

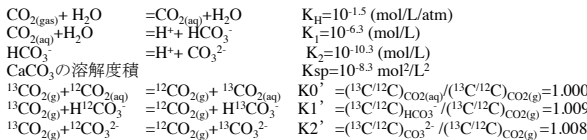
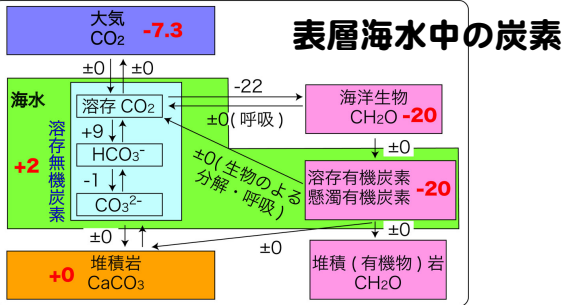
$$\delta^{13}\text{C} = \left\{ \frac{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{sample}}}{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{PDB}}} - 1 \right\} \times 1000 (\text{‰})$$

PDBとは

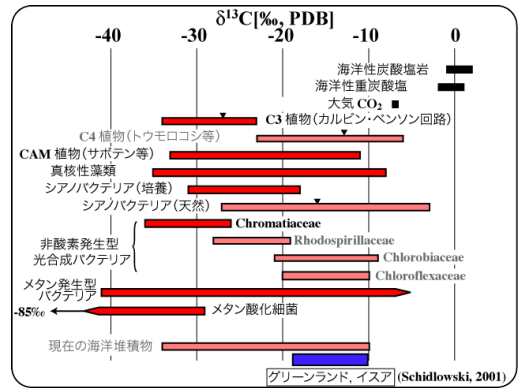
Pee Dee Belemnite
米国、サウスカロライナ州
の白亜紀のPee Dee層に
存在するBelemnite
方解石 CaCO_3 からなる。



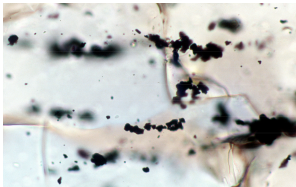
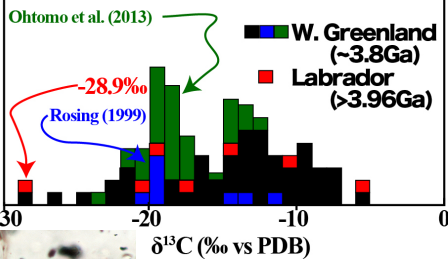
表層海水中の炭素



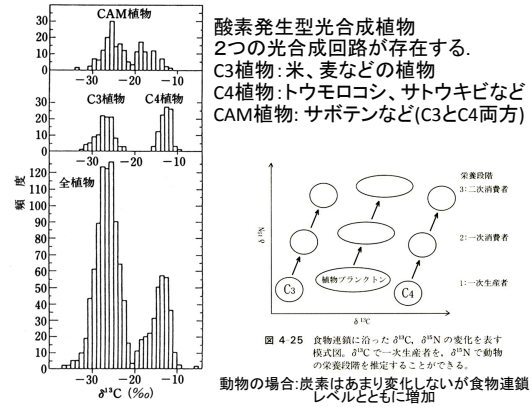
その他の生命の同位体比



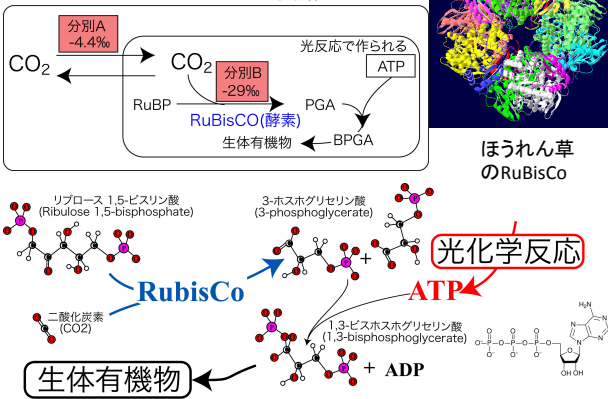
The oldest evidence for life



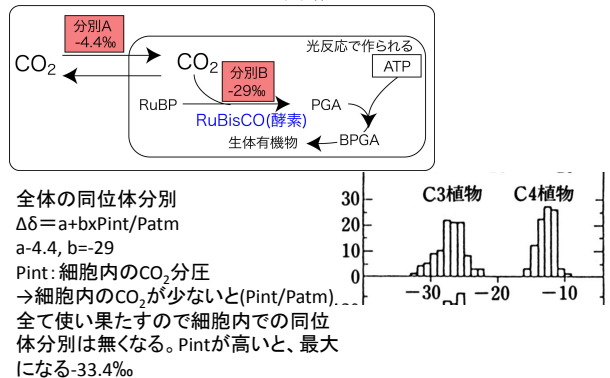
植物の炭素同位体分別



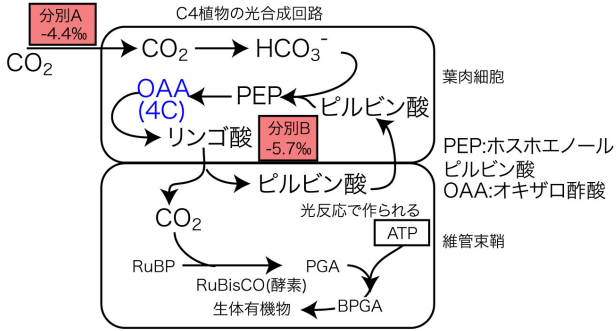
C3植物の場合
カルビンベンソン回路



C3植物の場合
カルビンベンソン回路

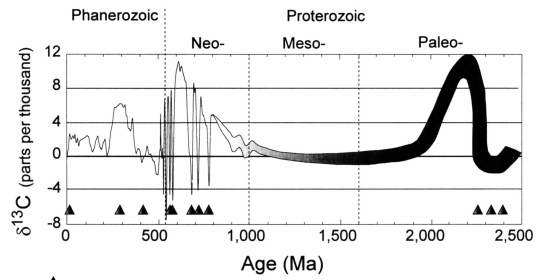


C4植物の場合



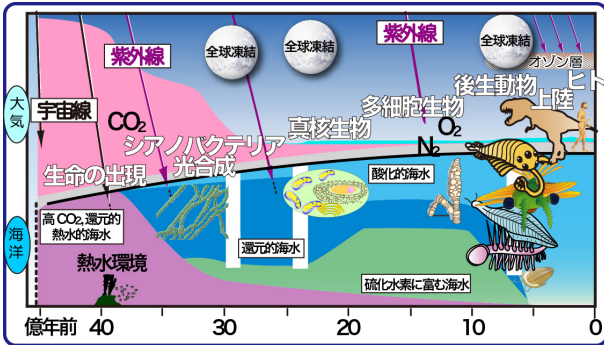
上部は、CO₂濃縮回路、カルビンベンソン回路部ではCO₂を全て使い果たすので同位体分別をしない。

海水の炭素同位体比の歴史



▲ 氷河期または全球凍結

- ①2500Maの正変動：負の同位体比をもった生命起源の炭質物が埋没された。
→O₂と反応せずに埋没することになるので、大気中のO₂の増加を引き起こす。
- ②原生代末の炭素同位体に負異常。
→全球凍結の直後：メタンハイドレート分解や火山ガスの蓄積による。
- ③原生代頃の炭素同位体の正への変動→生命活動による???
③ 原生代一頭生代境界(540Ma)の負異常：生命の絶滅による?

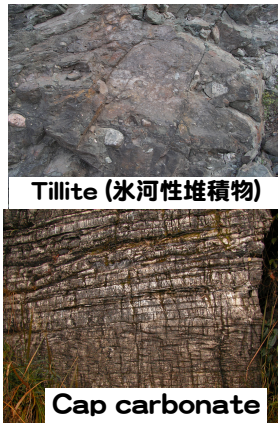
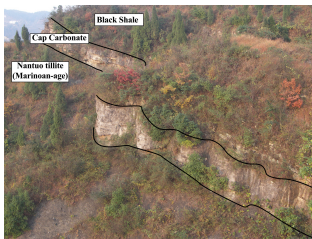


全地球凍結とは

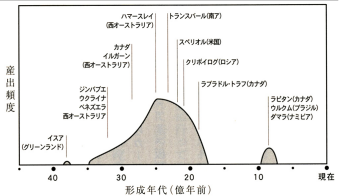
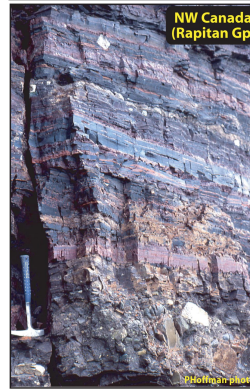
スノーボールアース (Snowball Earth、全球凍結、全地球凍結) とは、地球全体が赤道付近も含め完全に氷床に覆われた状態をいう。

- 氷河期**：地球の気候が長期に渡って寒冷化する期間で、極地の氷床や山地の氷河群が拡大する時代である。
- (1) 南半球と北半球に氷床がある時期。現在も氷河期。
 - (2) 北アメリカとヨーロッパ大陸に氷床が拡大した寒冷期について用いられる。最後の氷河期は1万年前に終了した。
- (1) の定義を採用し、氷河期の中の寒い時期を氷期、暖かい時期に間氷期という。

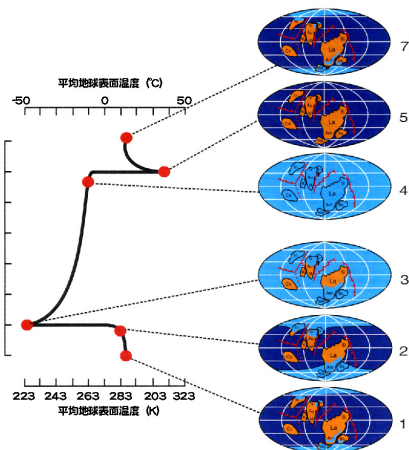
氷河性堆積物(寒冷)と炭酸塩岩(温暖)が伴う



全球凍結により海洋循環が停止：綫状鉄鉱層の堆積



還元的な(Fe²⁺に富む)海水が間欠的に表層近くの酸化的な水と反応するとFe³⁺になり、Fe(OH)₃やFeO(OH)で沈殿



最終氷期の氷床分布 (北半球)

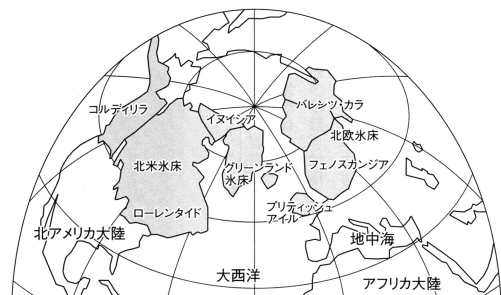
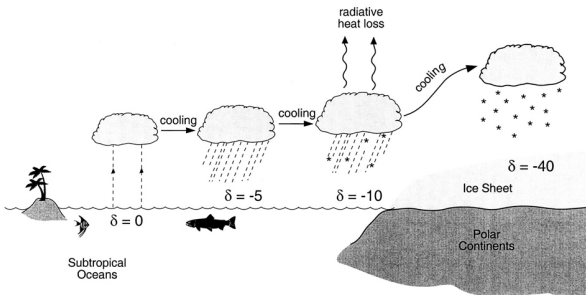


図2 最終氷期最盛期の頃の北半球に存在した巨大な氷床
アメリカ大陸や北欧は、厚さが2 km以上あるような氷床にすっぽりと覆われていた。(Denton and Hughes, 1981 改変)

酸素同位体

(1) 軽い同位体ほど蒸発などのときに、気体に濃集する。

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



鉱物と水との酸素同位体分別

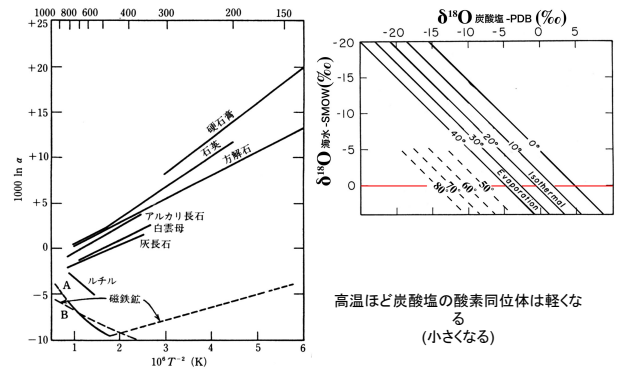
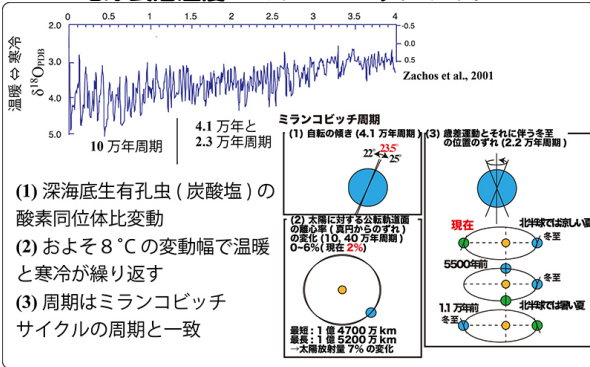


図8-4 鉱物と水との酸素同位体平衡分別係数の温度依存性 (Faure, 1977)
 $\alpha = (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{鉱物}} / (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{水}}$

高温ほど炭酸塩の酸素同位体は軽くなる (小さくなる)

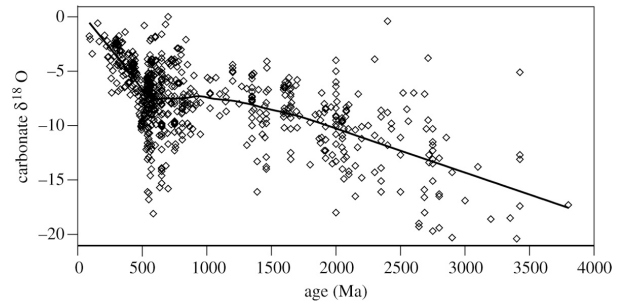
地球表層温度とミランコビッチサイクル



- (1) 深海底生有孔虫 (炭酸塩) の酸素同位体比変動
- (2) およそ 8°C の変動幅で温暖と寒冷が繰り返す
- (3) 周期はミランコビッチサイクルの周期と一致

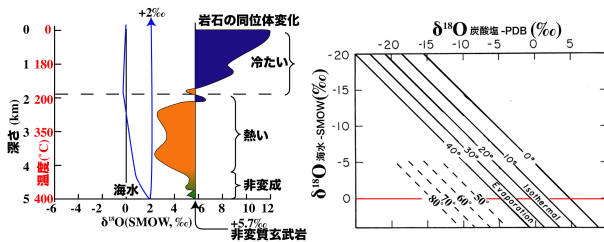
地球全体の太陽定数は変化しないので、なぜ北半球の寒冷時が地球全体の寒冷期になるのかは不明

炭酸塩岩の酸素同位体の経年変化



30億年前の海水は 70±15°C??

海水の酸素同位体比の経年変化?



熱水場から現在よりも低い同位体比を持つ大量の熱水が噴出、海水の同位体比をより低く。
 ←マンツルの温度が高いため、熱い玄武岩地殻が中央海嶺で形成されたから

酸素同位体とリザーバーについて

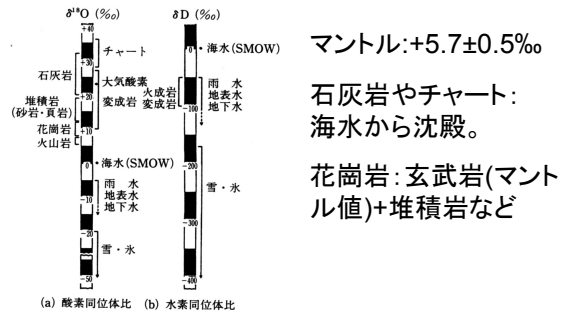


図8-1 岩石や各種の水の酸素・水素同位体比の比較
 標準平均海水 (SMOW) を基準にした千分率偏差値 ($\delta^{18}\text{O}$ 値, δD 値, 単位パーミル) で表わしてある。

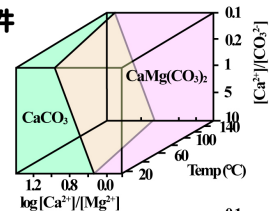
(12) 続成作用(ドロマイト化作用)

①炭酸塩晶出の原則: 飽和していても、晶出しやすい炭酸塩には順序がある
 方解石>アラゴナイト>ドロマイト
 →ドロマイトが晶出するには、ドロマイトに飽和、方解石・アラゴナイトに不飽和の条件が必要

(12) 続成作用(ドロマイト化作用)

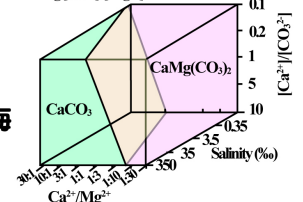
ドロマイト形成の一般的条件

- ①Mgの供給
- ②高濃度のCO₂
- ③高温水溶液
- ④高塩濃度
- ⑤低硫酸(SO₄²⁻)

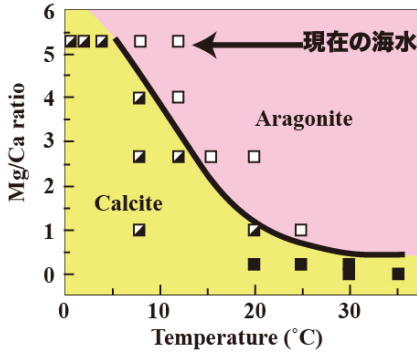


現在のドロストーン

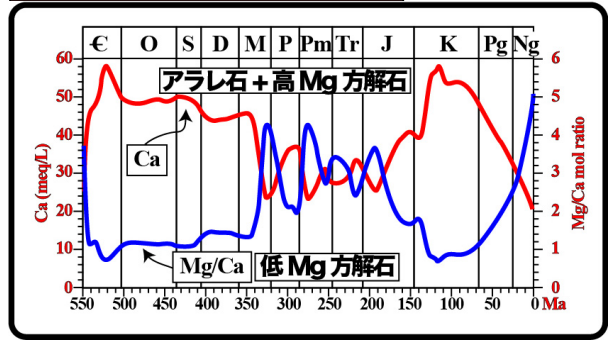
- ①高塩分濃度湖や乾燥帯 (Sabhka)
- ②非常に有機物に富む深海堆積物
- ③沖縄などのラグーン



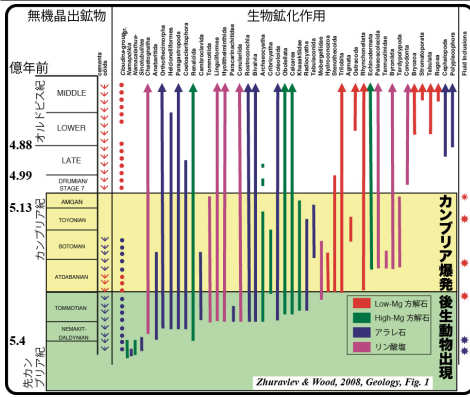
生物鉱化作用の進化と海水組成



Ca/arg seaと海水組成

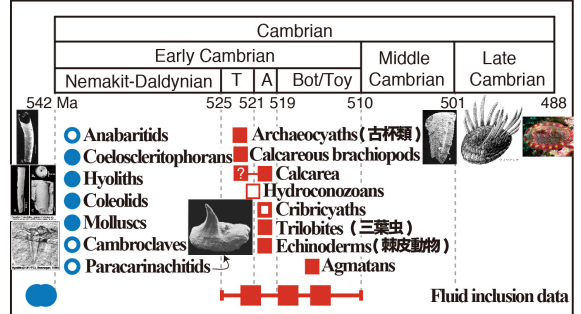


生物鉱化作用の進化と海水組成



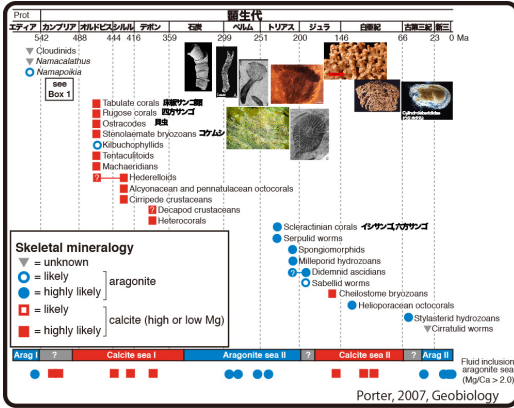
生物鉱化作用の進化と海水組成

Cambrianの生物出現と biomineralogy



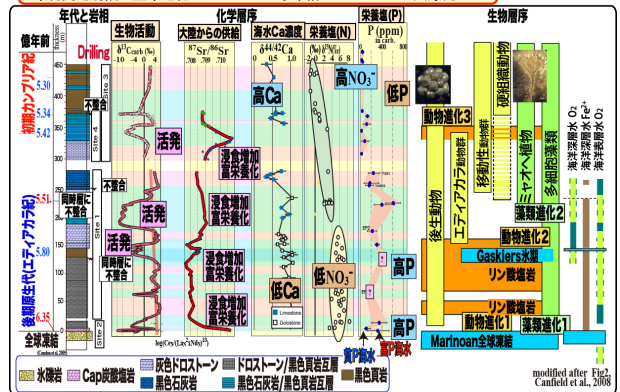
Porter, 2007, Geobiology

生物鉱化作用の進化と海水組成



Porter, 2007, Geobiology

環境変動解読と生命進化: マリノアン全球凍結からカンブリア大爆発まで



modified after Fig.2, Canfield et al., 2008

Sr同位体進化

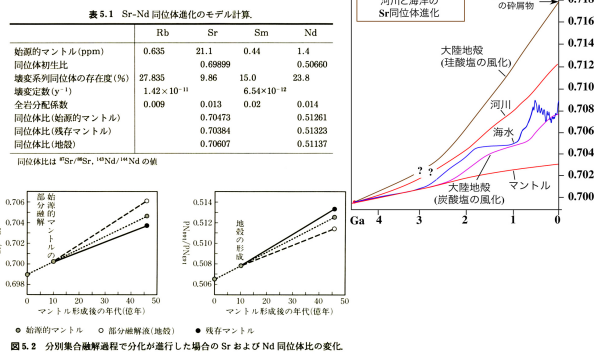
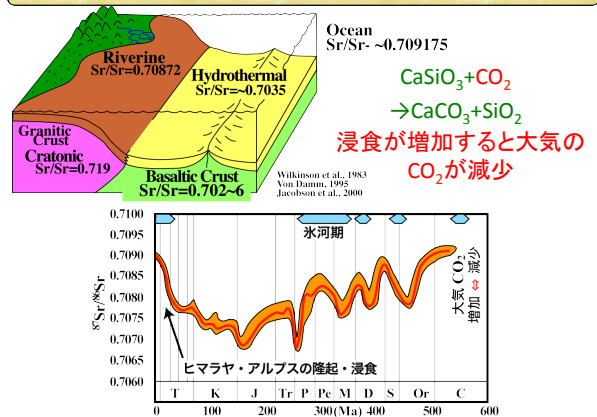
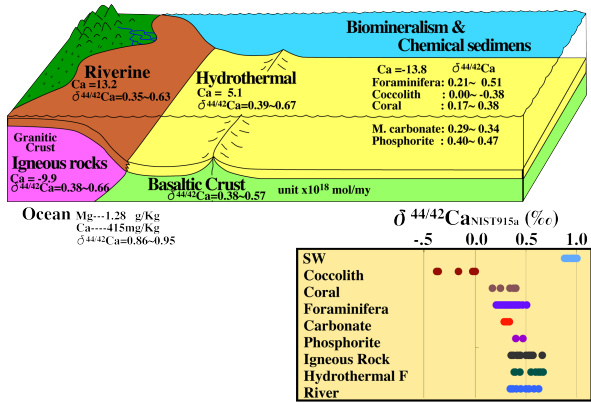


図 5.2 分別集合融解過程で分化が進行した場合の Sr および Nd 同位体比の変化

海水の Sr 同位体進化

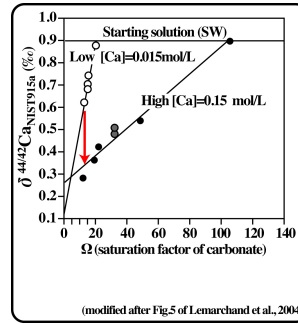


Ca 同位体分別



Ca 同位体分別

平衡分別 + CO₃²⁻ や (Ca²⁺) の拡散の効果 (Lemarchand et al., 2004)

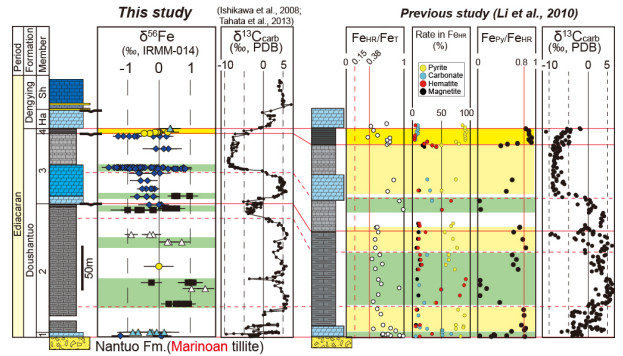
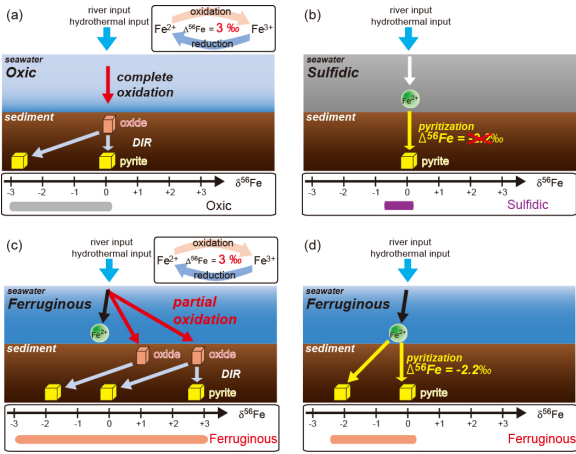
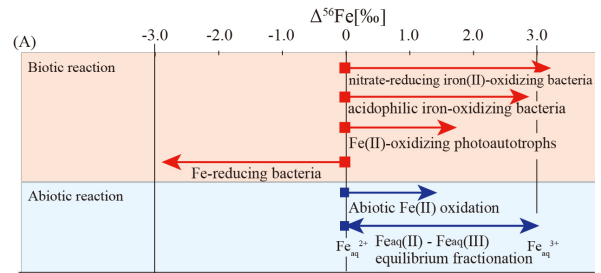
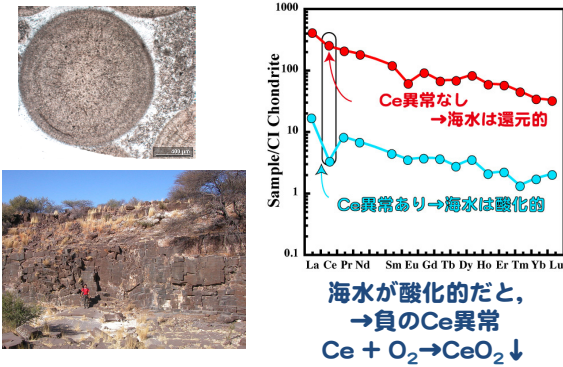


高 [Ca²⁺] 濃度
→ 同位体分別が
大きくなる

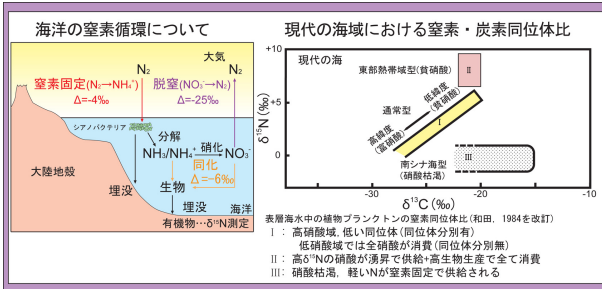
→ 低 $\delta^{44/42}\text{Ca}$

- 海水酸素濃度の経年変化 -

炭酸塩の組成に基づく古海水組成の復元



窒素同位体



堆積物中の有機窒素同位体比から海水の硝酸濃度を推定

