

進化理論 ～地球科学に基づく 生命・地球環境進化～

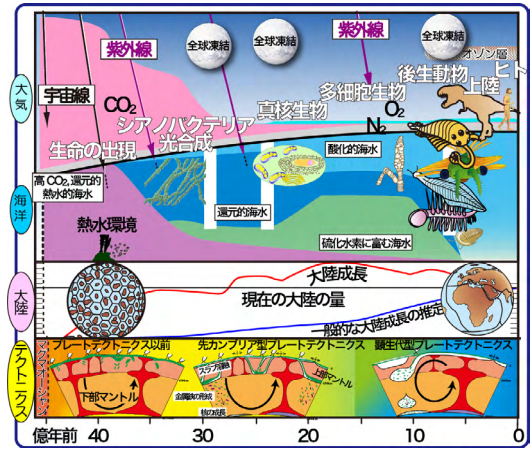
東京大学総合文化研究科：
小宮 剛 教授

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

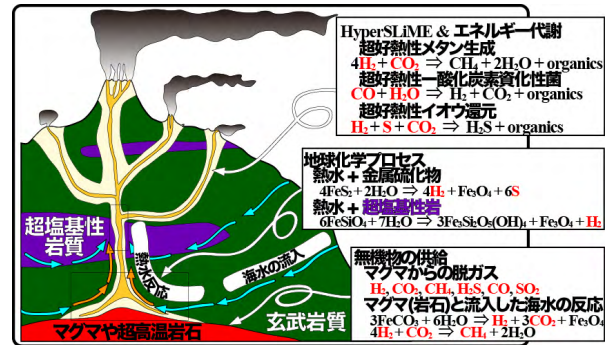
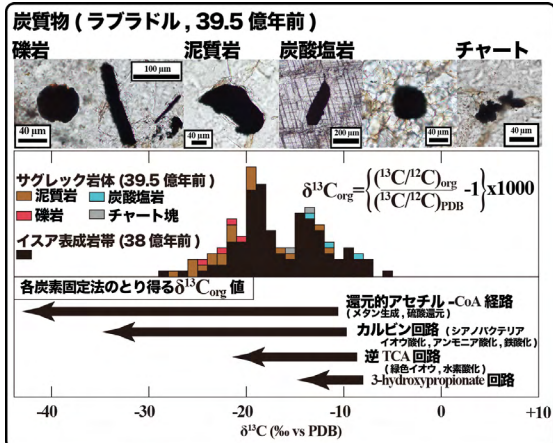
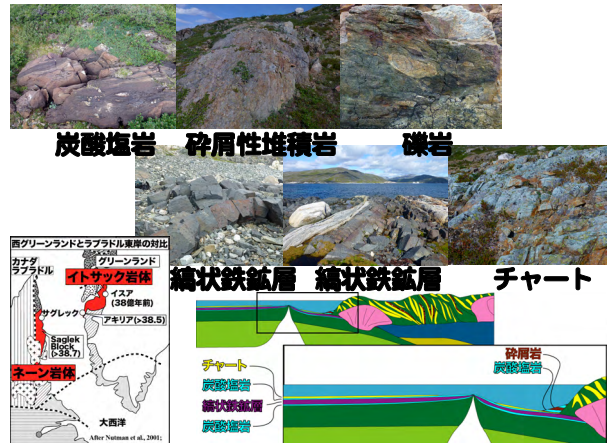
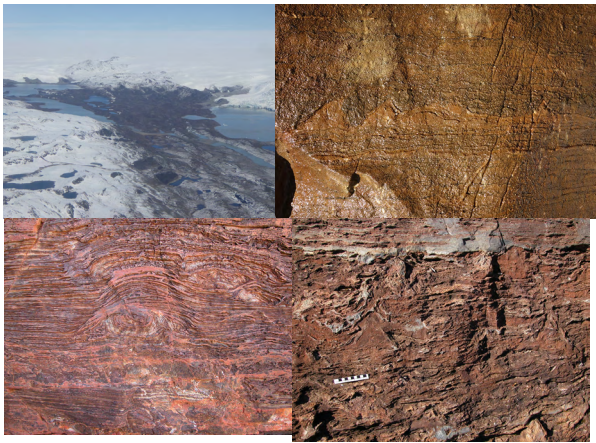
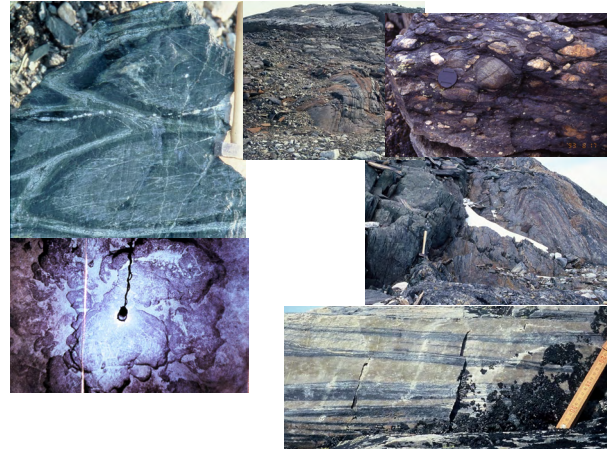
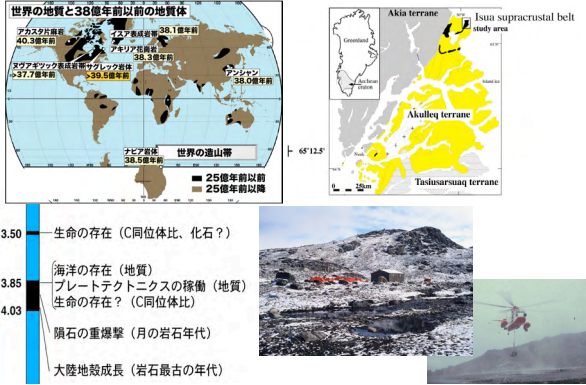
進化理論

授業の内容 (水曜日：5限(16:50~18:35), 担当, 小宮)

- (1) 初期生命
- (2) 地球と生命の共進化
- (3) 全球凍結, 後生動物の出現とカンブリア爆発



イヌア地質(グリーンランド, 38億年前) -プレートテクトニクスの開始、海洋の存在と生命の痕跡-



有機物の微生物による分解

好気的分解
 $(\text{CH}_2\text{O})_n \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 2n\text{O}_2 \Rightarrow 10n\text{CO}_2 + 16n\text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^- + 10n\text{H}_2\text{O}$

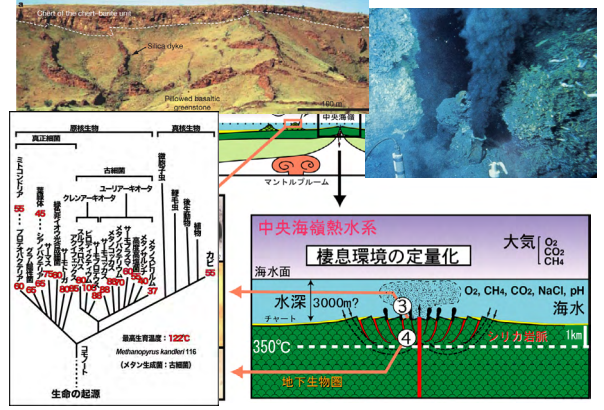
嫌気的分解
メタン生成
 $(\text{CH}_2\text{O})_n \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 2n\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 33n\text{CO}_2 + 12n\text{H}_2 + 48n\text{HCO}_3^- + 16n\text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-} + 212n\text{H}^+$
 $(\text{CH}_2\text{O})_n \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 2n\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 7.2n\text{CO}_2 + 98.8n\text{HCO}_3^- + 16n\text{H}^+ + 42.4n\text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-} + 49n\text{H}_2\text{O}$
硫酸還元
 $(\text{CH}_2\text{O})_n \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 424n(\text{OH})^- + 756n\text{CO}_2 \Rightarrow 862n\text{HCO}_3^- + 16n\text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-} + 424n\text{H}^+ + 304n\text{H}_2\text{O}$
硫酸還元
 $(\text{CH}_2\text{O})_n \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 258n\text{S} \Rightarrow 39n\text{CO}_2 + 678n\text{HCO}_3^- + 678n\text{CO}_2 + 16n\text{H}^+ + 42.4n\text{H}^+ + 531n\text{S} + 391n\text{H}_2\text{O}$
メタン生成 (硫酸還元)
 $(\text{CH}_2\text{O})_n \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{S} \Rightarrow 39n\text{CO}_2 + 14n\text{CO}_2 + 53n\text{CH}_4 + 16n\text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$

発酵
 $12\text{H}(\text{CH}_2\text{O})_n \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \Rightarrow 18\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + 18\text{CH}_3\text{COOH} + 212\text{CH}_3\text{CHOH} + 318\text{CO}_2 + 162\text{H}^+ + 192\text{NH}_4^+ + 12\text{H}_2\text{O}$

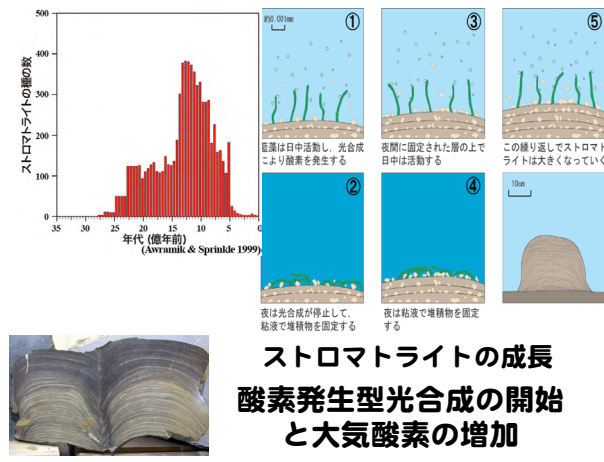
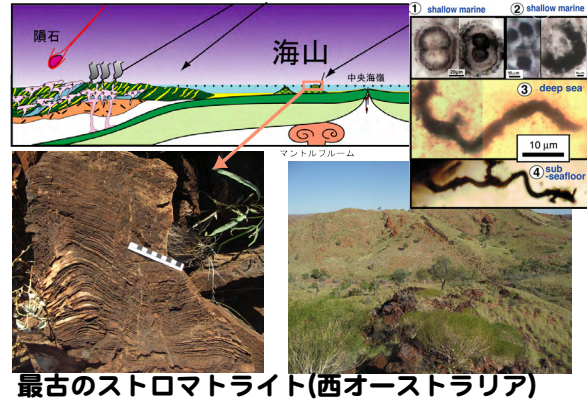
イオンを含む代謝系
 $2\text{S}^{2-} + 2\text{CH}_4\text{O} \Rightarrow \text{H}_2\text{S} + 2\text{HCO}_3^-$ 硫酸還元
 $2\text{S}^{2-} + 2\text{CH}_4\text{O} + 4\text{H}^+ \Rightarrow 2\text{H}_2\text{S} + 2\text{HCO}_3^-$ 硫酸還元
 $4\text{S}^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ イオン不飽和反応
 $2\text{S}^{2-} + 2\text{H}^+ \Rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{S}_2\text{O}_4^{2-}$ 硫酸還元
 $2\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{SO}_4^{2-}$ イオン不飽和反応
メタンを含む代謝系
 $\text{CH}_4 + \text{S}^{2-} \Rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S}$ メタン酸化 (好氣的メタン酸化)
 $\text{CH}_4 + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CH}_4 + \text{HCO}_3^-$ メタン生成 (硫酸還元型メタン生成)

微生物による有機物の固定
窒素固定
 $\text{N}_2 + 8\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 2\text{NH}_4^+ + 2\text{OH}^- + 1.5\text{O}_2$
硫酸還元
光合成 (F₂) 酸化
 $4\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \Rightarrow 4\text{Fe}^{3+} + \text{C}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+$ 嫌氣的な光合成-硫酸還元
 $4\text{Fe}^{2+} + \text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 4\text{Fe}^{3+} + \text{C}(\text{OH})_2 + 4\text{H}^+$ 嫌氣的な光合成-硫酸還元
嫌氣的な化学合成 (F₂) 酸化
 $\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2 \Rightarrow \text{HSCo}(\text{OH})_2 + \text{N}_2 + 18\text{H}^+$
光合成
 $10n\text{CO}_2 + 12n\text{H}_2\text{O} + 16n\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- \Rightarrow (\text{CH}_2\text{O})_n (\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4 + 18n\text{O}_2$ 酸素発生型光合成
イオンを含む代謝系
 $2\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2 \Rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{S}^{2-}$ 嫌氣的な光合成-硫酸還元
 $\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow 3\text{CH}_4 + 2\text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 嫌氣的な光合成-イオン酸化
メタンを含む代謝系
 $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \Rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ メタン生成 (嫌氣的メタン生成)
 $\text{HCO}_3^- + \text{HS}^- + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ メタン生成 (嫌氣的メタン生成)
化学合成/硫酸還元
 $4\text{Fe}^{2+} + \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \Rightarrow 4\text{Fe}^{3+} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 化学合成-硫酸還元
 $\text{Mn}^{2+} + \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \Rightarrow \text{Mn}^{3+} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 化学合成-硫酸還元
 $\text{CH}_4 + \text{SO}_4^{2-} \Rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{HS}^- + \text{H}_2\text{O}$ メタン酸化 (嫌氣的メタン酸化)

40~35億年前ー深海からー



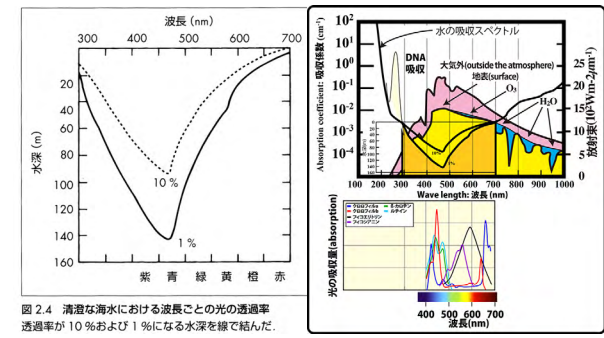
35億年前ー生命の多様化, 光合成の開始ー



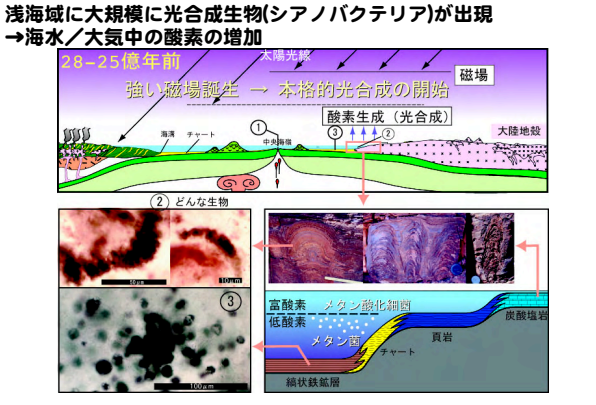
現在の地球にある“太古”の海



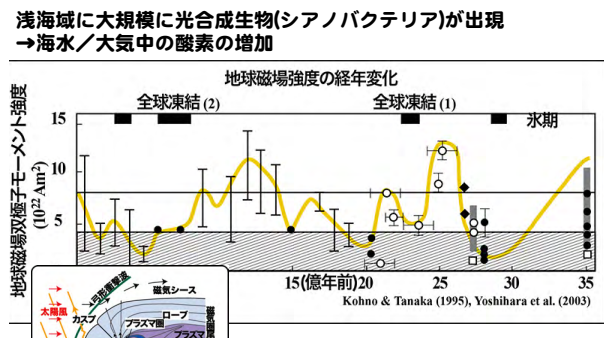
(4) 植物プランクトンと光合成



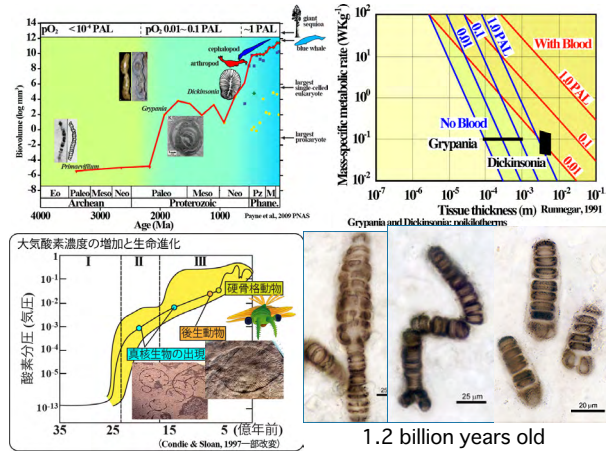
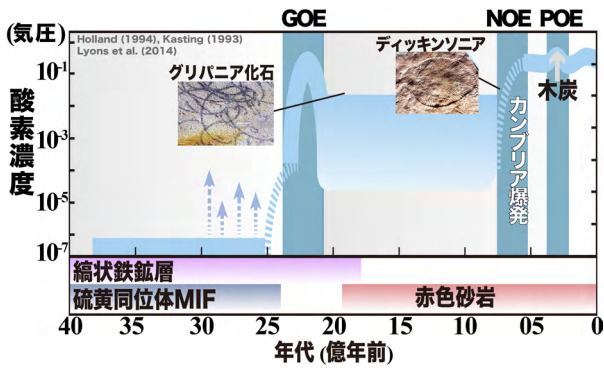
27億年前頃の地球磁場の発達



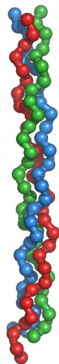
27億年前頃の地球磁場の発達



大気中の酸素濃度の経年変化

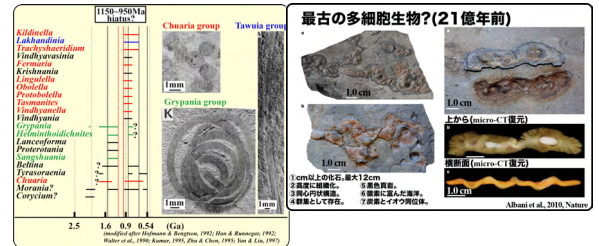


多細胞生物とコラーゲンとセルロース



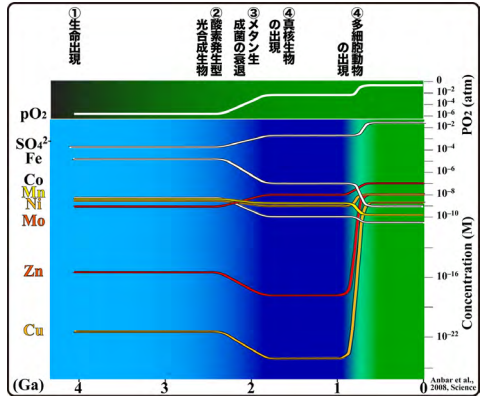
- ①細胞外基質の主成分で細胞の結合 (+増殖+分化の信号伝達)
- ②多細胞動物(後生動物)はコラーゲンをを用いる
- ③植物はセルロース
- ④合成に大量の酸素が必要

19億年前、macrofossilsの出現。



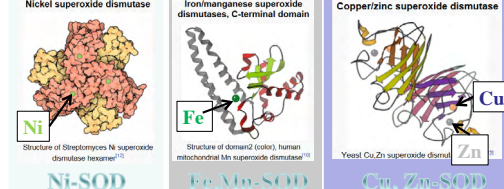
大きき的にも真核生物

海水の組成と生命進化(生命進化と海洋組成変化の関連)



真核生物と海洋微量元素 (possible linkage between eukaryote and marine trace metal)

SOD(Superoxide dismutase)・・・細胞内に発生した活性酸素を分解する酵素

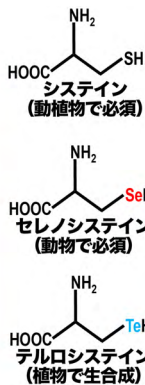
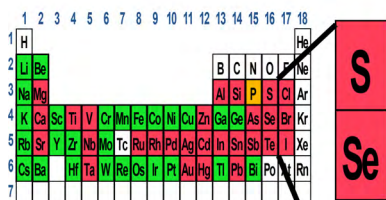


原核生物に含まれる。 原核生物や原生生物に含まれる。 全ての真核生物に含まれる。
Included in prokaryote. Included in prokaryote & protist. Included in all eukaryote.

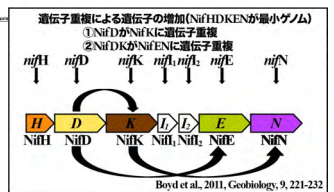
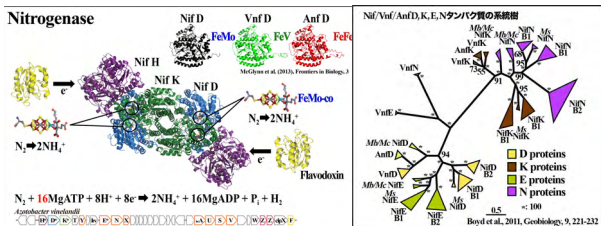
	Fe, Mn	Cu, Zn
還元的海洋	海水中に存在	硫化物として沈殿
酸化的海洋	酸化物として沈殿	海水中に存在

古原生代の銅、亜鉛濃度は?

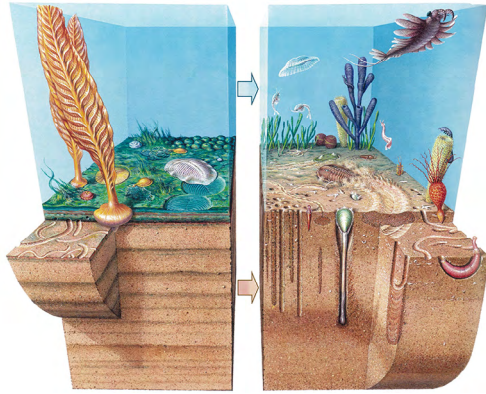
「大気海洋の酸化→Cu,Znが増加→真核生物の増加?」



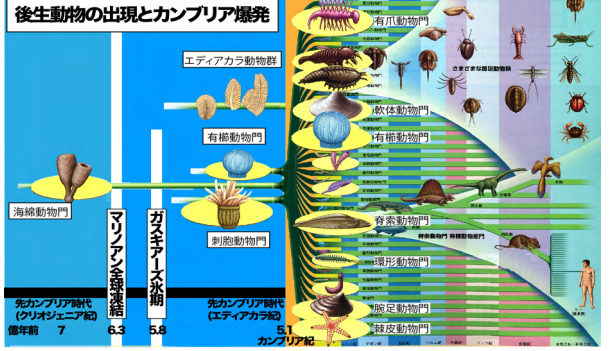
動物はいつからセレンを硫黄の代わりに使うようになったのか? 動物はテルルを使うように進化するのか?



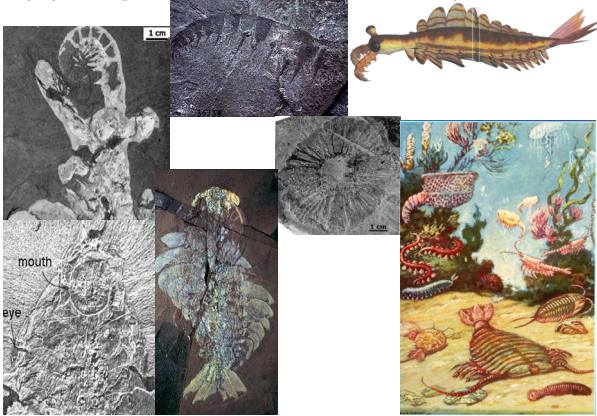
エディアカラ型からカンブリア型の生態系へ



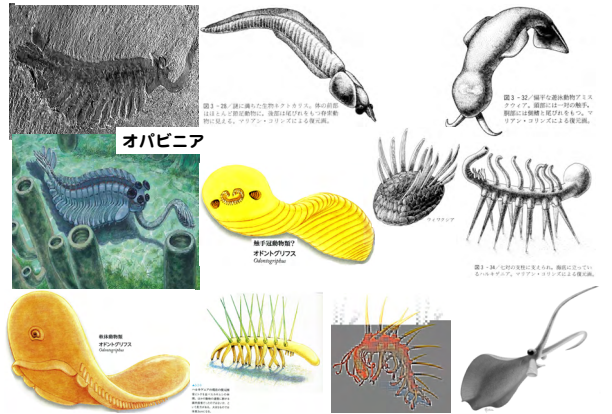
カンブリア爆発とは『カンブリア紀と先カンブリア時代の境にあたる。およそ5億4千万年前の地層から多種動物の化石が突如出現し、現在の門に相当する動物が出そろった。これらの動物は数百万年という、極めて短期間に爆発的に出現した。このことをカンブリア爆発という。』(進化化学事典)



(3) Burgess動物群(アノマロカリス)



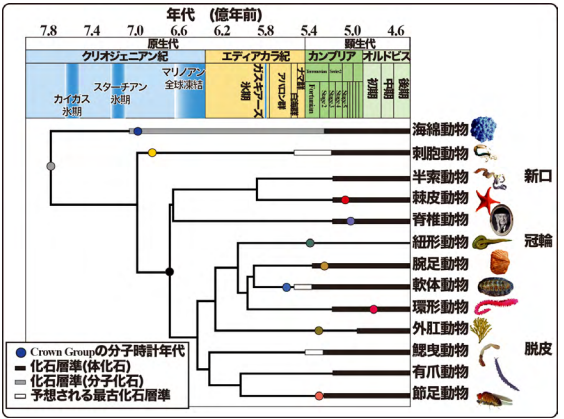
カンブリア大爆発 現世にない門が頻出。



カンブリア大爆発の原因



カンブリア大爆発の原因

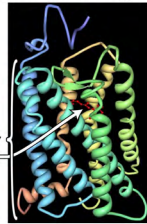
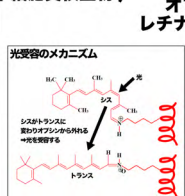
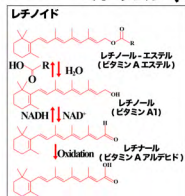


眼の起源

- ①眼を発現させる：眼の位置決定のツールキット遺伝子 (PAX6 遺伝子)
- ②光感受性器官：光受容体細胞：ロドプシン (オプシンとレチナール)

ロドプシン遺伝子

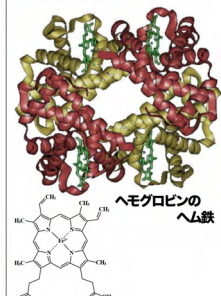
ウスベンモウソウ (渦鞭毛藻：単細胞藻類)
ミドリムシ (単細胞真核生物)



ヘモシアニン

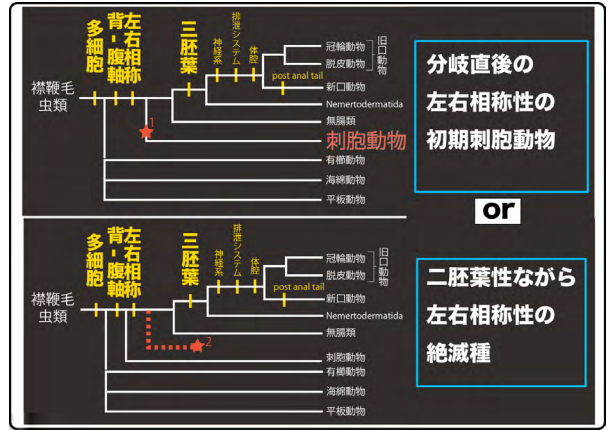
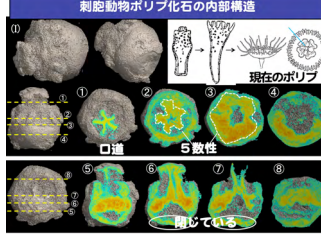
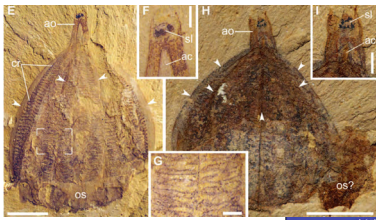


ヘモグロビン

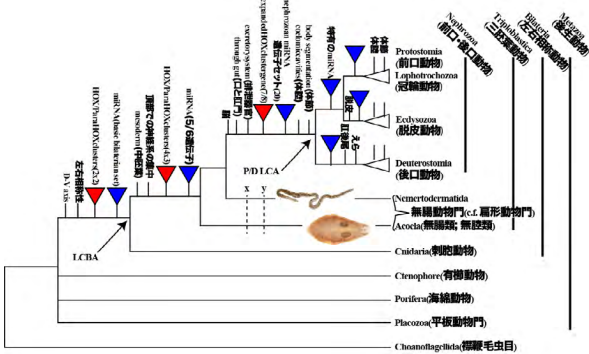


ミニヘモグロビンの分子系統樹

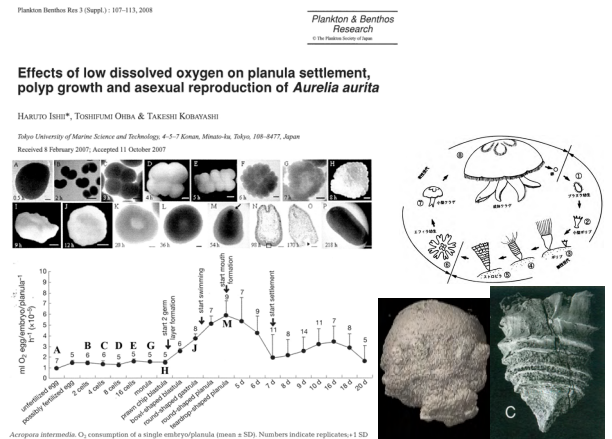
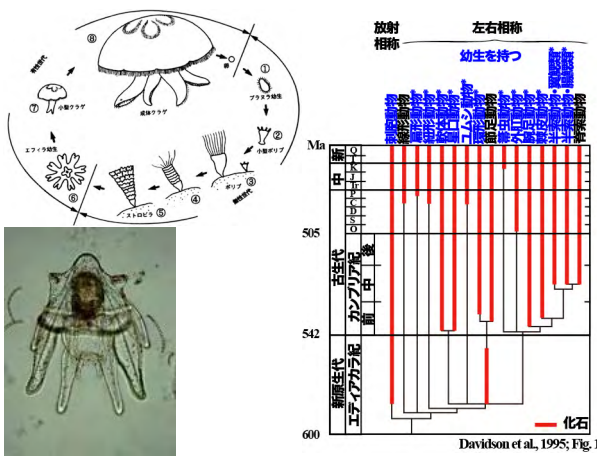




刺胞動物の形態遺伝子セット



多細胞生物の進化



環境変動解読と生命進化: マリノア全球凍結からカンブリア大爆発まで

