

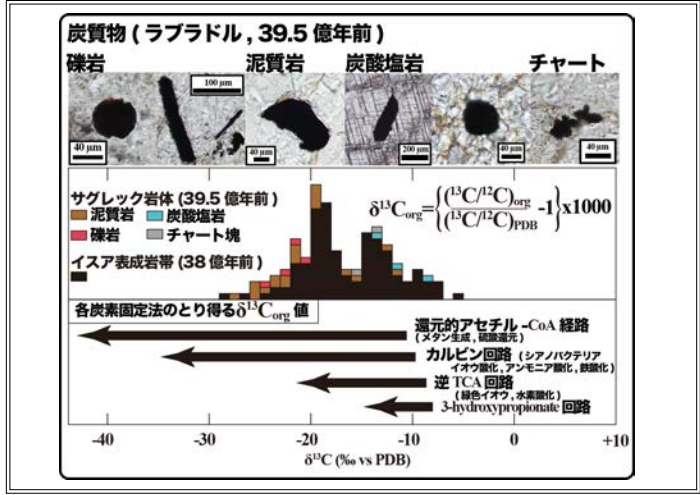
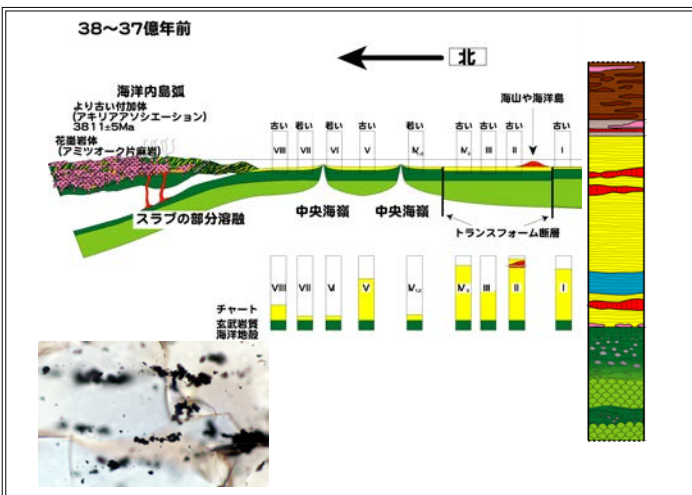
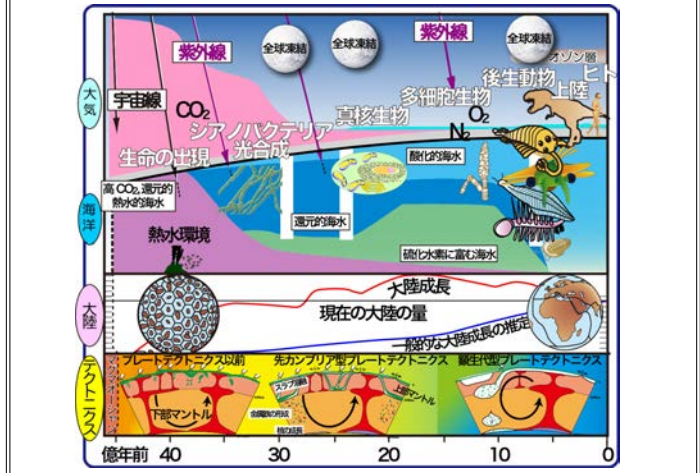
生物多様性学II ~生命・地球環境進化~ (第七回目)

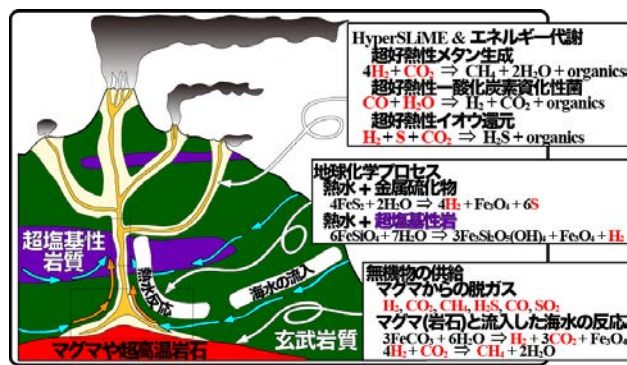
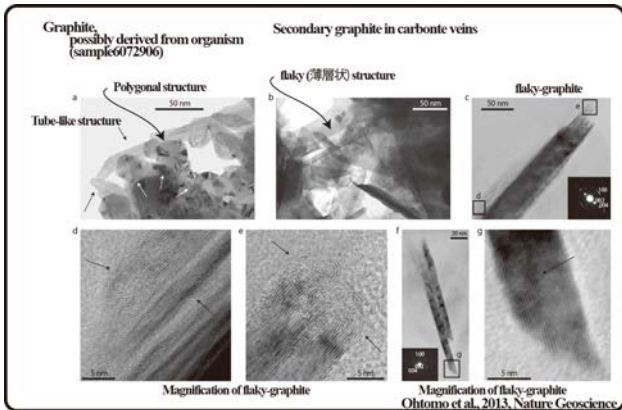
-太古代~原生代の生命進化-

東京大学総合文化研究科：

小宮 剛 准教授

2016/11/30





有機物の微生物による分解

鉄還元

$$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{N}(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{PO}_4 + 424\text{Fe}(\text{OH})_2 + 756\text{CO}_2 \Rightarrow 862\text{HCO}_2^- + 16\text{NH}_4^+ + \text{HPO}_4^{2-} + 424\text{Fe}^{2+} + 304\text{H}_2\text{O}$$

メタン生成 (炭酸還元)

$$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{N}(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{PO}_4 + 14\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 39\text{CO}_2 + 14\text{HCO}_2^- + 53\text{CH}_4 + 16\text{NH}_4^+ + \text{HPO}_4^{2-}$$

完全

$$12(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{N}(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{PO}_4 \Rightarrow 106\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + 106\text{CH}_3\text{COOH} + 212\text{CH}_3\text{CHOH} + 318\text{CO}_2 + 102\text{H}_2 + 192\text{NH}_3 + 12\text{H}_3\text{PO}_4$$

イオウを含む代謝系

$$4\text{S} + 4\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 3\text{HS}^- + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$$

メタンを含む代謝系

$$\text{CH}_3\text{COO} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CH}_4 + \text{HCO}_2^-$$

メタン生成 (酢酸開裂型メタン生成)

微生物による有機物の固定

鉄還元

$$4\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_2 + (\text{CH}_2\text{O}) + 7\text{H}^+$$

光合成 (Fe²⁺) 酸化

$$4\text{Fe}^{2+} + \text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CH}_2\text{O} + 4\text{Fe}(\text{OH})_2 + 8\text{H}^+$$

メタン生成 (炭酸還元)

$$2\text{HS}^- + \text{CO}_2 \Rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{S}^{2-}$$

イオウを含む代謝系

$$\text{H}_2\text{S} + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow 2\text{CH}_2\text{O} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$$

メタンを含む代謝系

$$2\text{S}^{2-} + 3\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 3\text{CH}_2\text{O} + 2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$$

メタン生成 (炭酸還元型メタン生成)

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 (水素還元型メタン生成)

有機物の微生物による分解

好氧的分解

$$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{N}(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{PO}_4 + 28\text{O}_2 \Rightarrow 186\text{CO}_2 + 16\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + 166\text{H}_2\text{O}$$

嫌氧的分解

マンガン還元

$$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{N}(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{PO}_4 + 2(\text{Mn}^{2+}) + 33\text{CO}_2 + 13\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 48\text{HCO}_2^- + 16\text{NH}_4^+ + \text{HPO}_4^{2-} + 212\text{Mn}^{2+}$$

鉄還元

$$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{N}(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{PO}_4 + 52\text{Fe}^{2+} \Rightarrow 7.2\text{CO}_2 + 98\text{HCO}_2^- + 16\text{NH}_4^+ + 42.4\text{Fe}^{2+} + \text{HPO}_4^{2-} + 49\text{H}_2\text{O}$$

硫酸還元

$$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{N}(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{PO}_4 + 424\text{Fe}(\text{OH})_2 + 756\text{CO}_2 \Rightarrow 862\text{HCO}_2^- + 16\text{NH}_4^+ + \text{HPO}_4^{2-} + 424\text{Fe}^{2+} + 304\text{H}_2\text{O}$$

メタン生成 (炭酸還元)

$$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{N}(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{PO}_4 + 14\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 39\text{CO}_2 + 14\text{HCO}_2^- + 53\text{CH}_4 + 16\text{NH}_4^+ + \text{HPO}_4^{2-}$$

完全

$$12(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{N}(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{PO}_4 \Rightarrow 106\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + 106\text{CH}_3\text{COOH} + 212\text{CH}_3\text{CHOH} + 318\text{CO}_2 + 102\text{H}_2 + 192\text{NH}_3 + 12\text{H}_3\text{PO}_4$$

イオウを含む代謝系

$$4\text{S} + 4\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 3\text{HS}^- + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$$

メタンを含む代謝系

$$\text{CH}_3\text{COO} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CH}_4 + \text{HCO}_2^-$$

メタン生成 (酢酸開裂型メタン生成)

微生物による有機物の固定

鉄還元

$$4\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_2 + (\text{CH}_2\text{O}) + 7\text{H}^+$$

光合成 (Fe²⁺) 酸化

$$4\text{Fe}^{2+} + \text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CH}_2\text{O} + 4\text{Fe}(\text{OH})_2 + 8\text{H}^+$$

メタン生成 (炭酸還元)

$$2\text{HS}^- + \text{CO}_2 \Rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{S}^{2-}$$

イオウを含む代謝系

$$\text{H}_2\text{S} + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow 2\text{CH}_2\text{O} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$$

メタンを含む代謝系

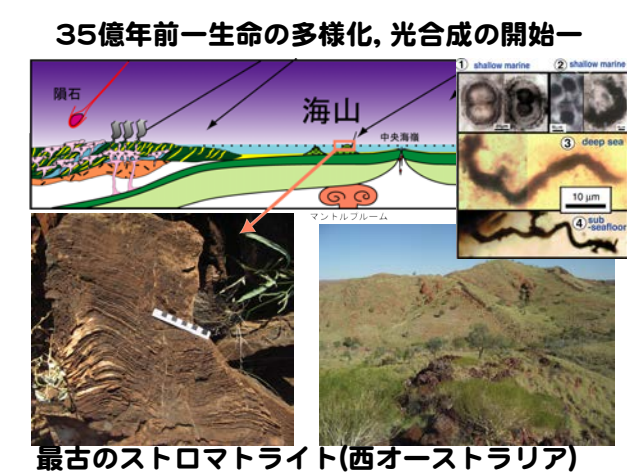
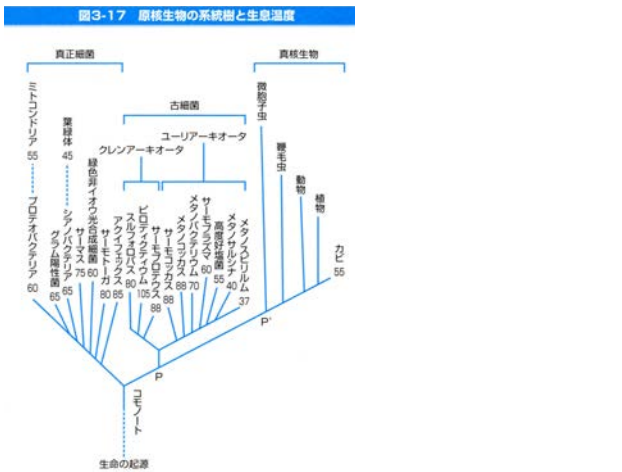
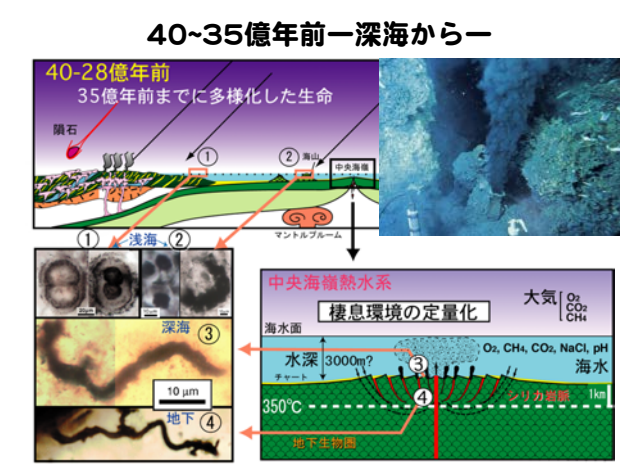
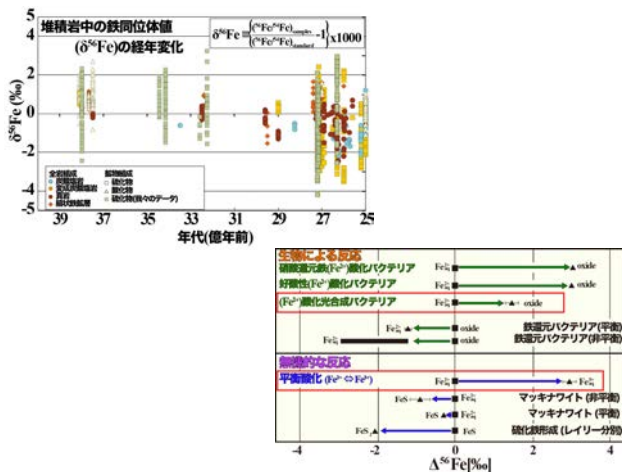
$$2\text{S}^{2-} + 3\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 3\text{CH}_2\text{O} + 2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$$

メタン生成 (炭酸還元型メタン生成)

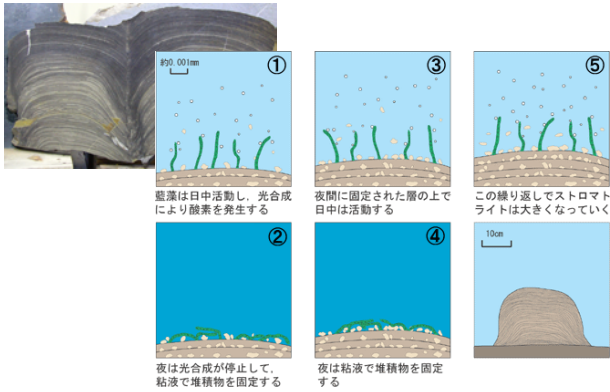
メタンを含む代謝系

$$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \Rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$

メタン生成 (水素還元型メタン生成)

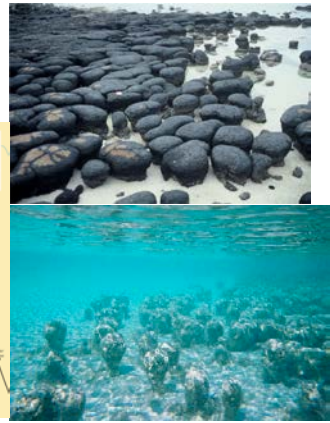


ストロマトライト —酸素発生型光合成細菌：シアノバクテリア—



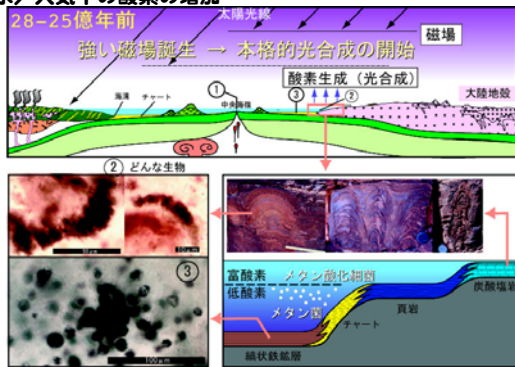
現在の地球にある“太古”の海

(1) 高塩分濃度
—シアノバクテリア
ストロマトライト—



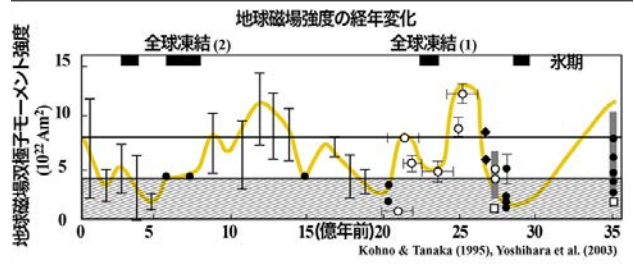
27億年前頃の地球磁場の発達

浅海域に大規模に光合成生物(シアノバクテリア)が出現
→海水/大気中の酸素の増加

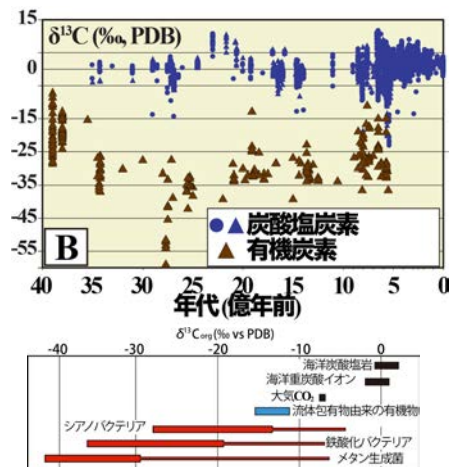
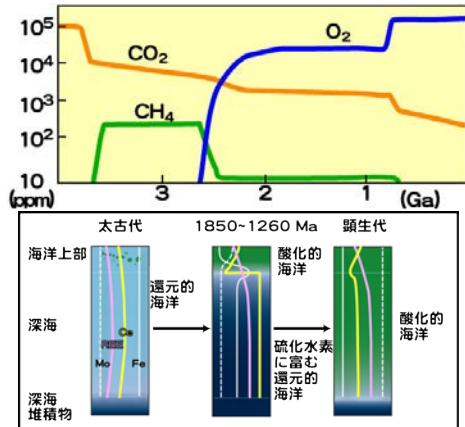


27億年前頃の地球磁場の発達

浅海域に大規模に光合成生物(シアノバクテリア)が出現
→海水/大気中の酸素の増加



大気・海洋の酸素濃度の上昇



(3) 縞状鉄鉱層型

(1) 鉄



縞状鉄鉱層

18億年前以前に見られる

海水中のFe²⁺が酸化されて、Fe³⁺になり、沈殿(FeO(OH))

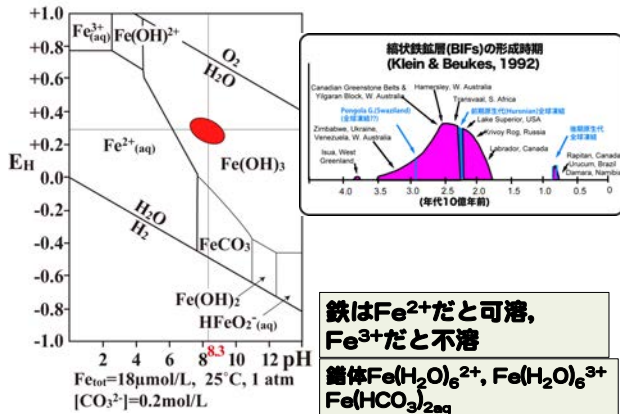
縞状マンガン層

23億年前

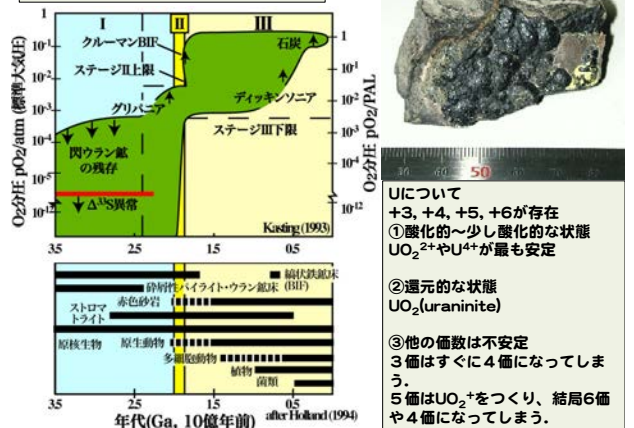
海水中のMn²⁺が酸化されて、Mn³⁺またはMn⁴⁺になり、沈殿



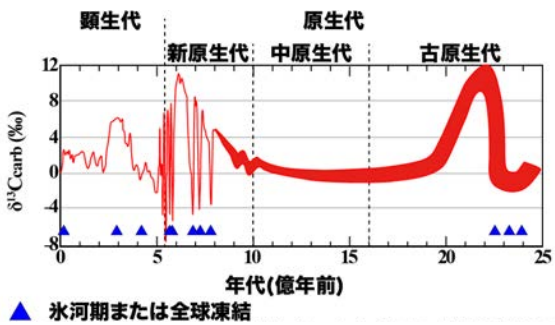
Feについて



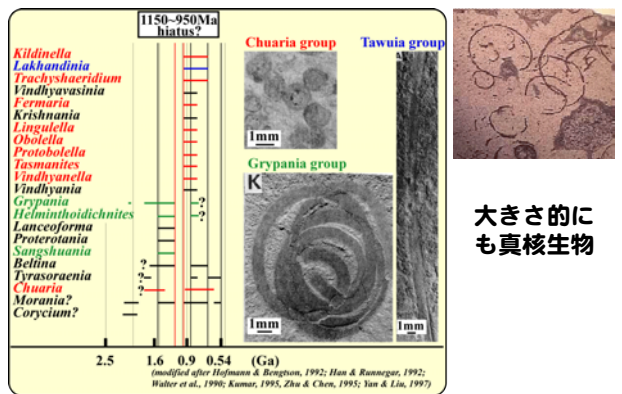
大気・海洋の酸素濃度の上昇



海水(炭酸塩)の炭素同位体比の歴史



19億年前、macrofossilsの出現。



真核生物—DNAが核に保管

細胞内共生と水平進化

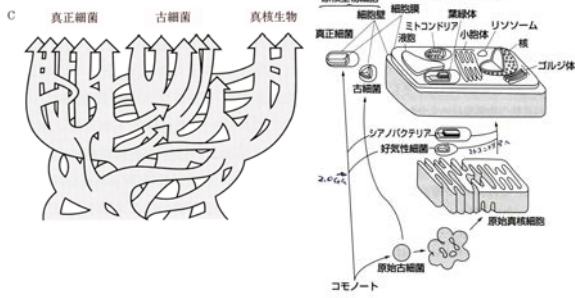
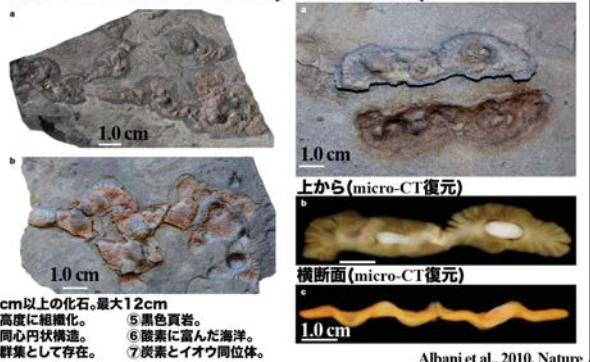
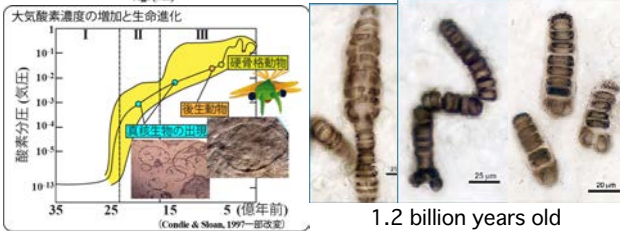
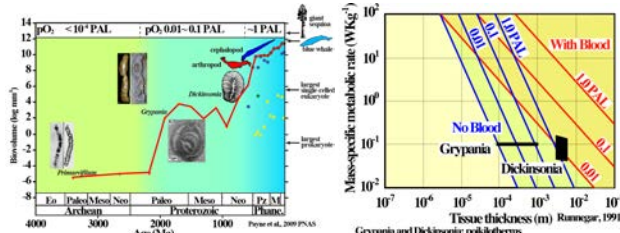


図3 真核生物の形成過程と細胞構造の模式図。原始古細菌は細胞融合によって巨大細胞を形成して原始真核生物となり(仮説)。それに好気性細菌(グラム陰性細菌)が細胞内共生してミトコンドリアとなり、シアノバクテリアが細胞内共生して葉緑体となった。現在の真正細菌、古細菌にははっきりとした細胞内構造はない(参考文献10より転載)。

最古の多細胞生物?(21億年前)



Albani et al., 2010, Nature



海水の組成と生命進化(生命進化と海洋組成変化の関連)

