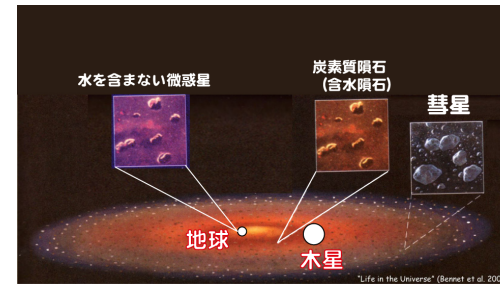


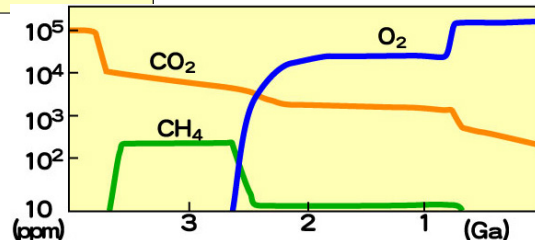
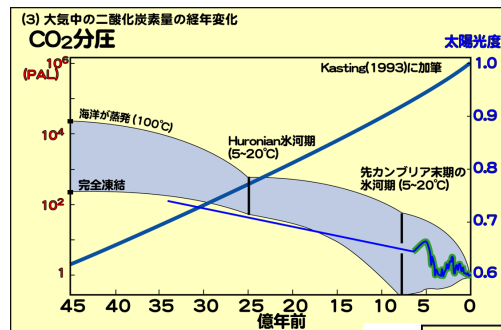
## 水 (海) の起源 二次大気モデル(衝突脱ガス)



成分	濃度 (bars)	存在比 (%)
金星 (Venus)	CO <sub>2</sub> 86.4	96
	N <sub>2</sub> 3.2	3.5
	H <sub>2</sub> O 0.009	1×10 <sup>-2</sup>
	Ar 0.0063	7×10 <sup>-3</sup>
地球 (Earth)	N <sub>2</sub> 78	77
	O <sub>2</sub> 21	21
	H <sub>2</sub> O 0.01	1
	Ar 0.0094	0.93
	CO <sub>2</sub> 3.55×10 <sup>-4</sup>	3.5×10 <sup>-4</sup>
火星 (Mars)	CO <sub>2</sub> 0.0062	95
	N <sub>2</sub> 0.00018	2.7
	Ar 0.00010	1.6
	H <sub>2</sub> O 3.9×10 <sup>-7</sup>	6×10 <sup>-3</sup>
	CO, O <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	<1

一次大気が見直されている。  
マグマオーシャンと一次大気

## 惑星の大気—CO<sub>2</sub>の減少と気温—

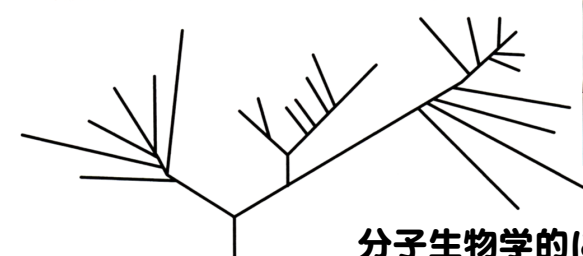


温室効果ガス(CO<sub>2</sub>)と太陽光度の上昇が相補的

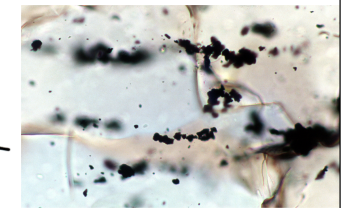
## 生命とは

- (1) 細胞膜の存在  
→半開放的な境界膜に包まれている
- (2) 自己複製/自己増殖
- (3) 自己維持機能をもつ(代謝をする)
- (4) 進化をする

A 真正細菌 古細菌 真核生物



分子生物学的に3つのドメイン



# 生命の起源—化学進化—

化学進化の進み方

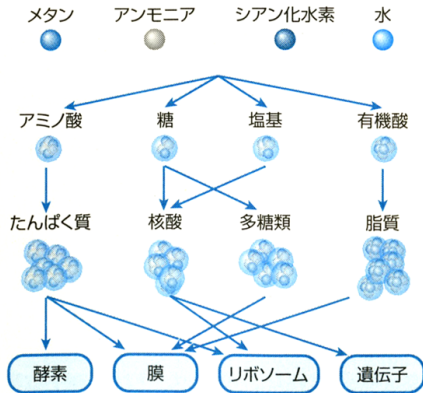
原始地球上の  
出発材料

初期の有機物

複雑な高分子

原始生物細胞での役割

活躍する分子



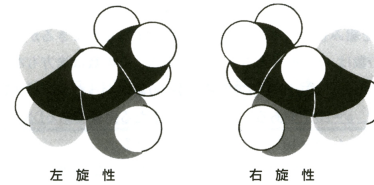
メタン、アンモニア、シアン化水素、水から、アミノ酸、糖、塩基、有機酸が合成される。これらからたんぱく質、核酸、多糖類、脂質がつけられ、酵素、膜、リボソーム、遺伝子といった生命体をつくる物質になる。

## 無機物質→生命へ

# 生命の原材料物質—アミノ酸—

生命はたった20種の  
アミノ酸しか使っていない

生命のアミノ酸はすべて左旋性



〈図3.1〉アラニンの鏡像異性体。鏡像異性体とは、同等な分子式をもち、互いに鏡像関係にある分子のことである。アラニンはタンパク質を構成するすべてのアミノ酸(グリシリンを除く)と同様、自然界では、左手型のキラリティのもの(図で左側に描いたもの)しか存在しない。

グリシン(Gly)	$\begin{matrix} H \\   \\ H-C-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$	アスパラギン酸(Asp)	$\begin{matrix} O \\    \\ H_2N-C-CH_2-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$
アラニン(Ala)	$\begin{matrix} H \\   \\ CH_3-C-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$	アスパラギン(Asn)	$\begin{matrix} O \\    \\ H_2N-C-CH_2-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$
バリン(Val)	$\begin{matrix} CH_3 \\   \\ CH-C-C \\   \quad   \\ CH_3 \quad NH_2 \quad OH \end{matrix}$	グルタミン酸(Glu)	$\begin{matrix} O \\    \\ HO-C-CH_2-CH_2-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$
ロイシン(Leu)	$\begin{matrix} CH_3 \\   \\ CH-CH_2-C-C \\   \quad   \\ CH_3 \quad NH_2 \quad OH \end{matrix}$	グルタミン(Gln)	$\begin{matrix} O \\    \\ C-CH_2-CH_2-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$
イソロイシン(Ile)	$\begin{matrix} H \\   \\ CH-CH_2-CH-C-C \\   \quad   \\ CH_3 \quad NH_2 \quad OH \end{matrix}$	フェニルアラニン(Phe)	$\begin{matrix} H \\   \\ C-CH_2-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$
セリン(Ser)	$\begin{matrix} H \\   \\ OH-CH_2-C-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$	チロシン(Tyr)	$\begin{matrix} H \\   \\ HO-C_6H_4-CH_2-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$
トレオニン(Thr)	$\begin{matrix} H \\   \\ CH_2-CH-C-C \\   \quad   \\ OH \quad NH_2 \quad OH \end{matrix}$	トリプトファン(Trp)	$\begin{matrix} H \\   \\ C-CH_2-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$
システイン(Cys)	$\begin{matrix} H \\   \\ HS-CH_2-C-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$	ヒスチジン(His)	$\begin{matrix} H \\   \\ H_2C=C-CH_2-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$
メチオニン(Met)	$\begin{matrix} H \\   \\ CH_3-S-CH_2-CH_2-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$	リジン(Lys)	$\begin{matrix} H \\   \\ NH_2-CH_2-CH_2-CH_2-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$
プロリン(Pro)	$\begin{matrix} H \\   \\ CH_2-CH_2-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$	アルギニン(Arg)	$\begin{matrix} H \\   \\ NH_2-C-NH-CH_2-CH_2-CH_2-C \\   \quad   \\ NH_2 \quad OH \end{matrix}$

# 生命の原材料物質—核酸—

1. 核酸, DNA, RNA, ヌクレオチド

2. アミノ酸

(1) 各成分の結合

(2) DNAの二重らせん内部の塩基対

(3) 塩基

(4) ATP

3. 糖類

AGCT (3) 塩基

AGCU

アミノ酸の一般式

グリシン Gly (G)

L-アラニン Ala (A)

L-バリン Val (V)

L-ロイシン Leu (L)

L-セリン Ser (S)

L-トレオニン Thr (T)

L-アスパラギン酸 Asp (D)

L-グルタミン酸 Glu (E)

L-アスパラギン酸 Asn (B)

L-グルタミン Glu (Q)

L-リジン Lys (K)

L-アルギニン Arg (R)

L-プロリン Pro (P)

L-チロシン Tyr (Y)

L-トリプトファン Trp (W)

L-メチオニン Met (M)

アミノ酸の一般式

グリシン Gly (G)

L-アラニン Ala (A)

L-バリン Val (V)

L-ロイシン Leu (L)

L-セリン Ser (S)

L-トレオニン Thr (T)

L-アスパラギン酸 Asp (D)

L-グルタミン酸 Glu (E)

L-アスパラギン酸 Asn (B)

L-グルタミン Glu (Q)

L-リジン Lys (K)

L-アルギニン Arg (R)

L-プロリン Pro (P)

L-チロシン Tyr (Y)

L-トリプトファン Trp (W)

L-メチオニン Met (M)

アミノ酸の一般式

グリシン Gly (G)

L-アラニン Ala (A)

L-バリン Val (V)

L-ロイシン Leu (L)

L-セリン Ser (S)

L-トレオニン Thr (T)

L-アスパラギン酸 Asp (D)

L-グルタミン酸 Glu (E)

L-アスパラギン酸 Asn (B)

L-グルタミン Glu (Q)

L-リジン Lys (K)

L-アルギニン Arg (R)

L-プロリン Pro (P)

L-チロシン Tyr (Y)

L-トリプトファン Trp (W)

L-メチオニン Met (M)

アミノ酸の一般式

グリシン Gly (G)

L-アラニン Ala (A)

L-バリン Val (V)

L-ロイシン Leu (L)

L-セリン Ser (S)

L-トレオニン Thr (T)

L-アスパラギン酸 Asp (D)

L-グルタミン酸 Glu (E)

L-アスパラギン酸 Asn (B)

L-グルタミン Glu (Q)

L-リジン Lys (K)

L-アルギニン Arg (R)

L-プロリン Pro (P)

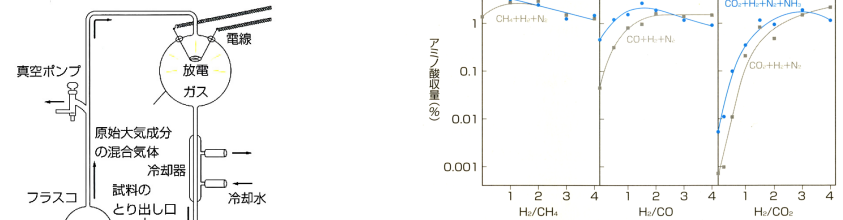
L-チロシン Tyr (Y)

L-トリプトファン Trp (W)

L-メチオニン Met (M)

# アミノ酸の合成

図2 ミラーの実験



窒素0.1316気圧に、メタン、一酸化炭素、あるいは二酸化炭素を0.1316気圧ずつ混合した気体に、さまざまな割合で水素を加えた気体を準備し、ミラーの行った実験で生成したアミノ酸の収量。縦軸は実験前の炭素量に対するアミノ酸中の炭素の割合、いずれの場合も水素の濃度が低くなるに著しく収量が悪くなる。Schopf "Major Events in the History of Life" (1992) に基づく。

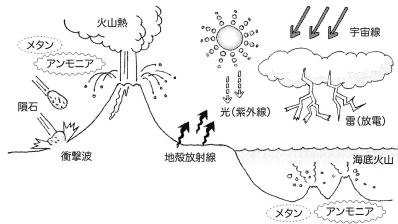


図3 原始地球上での化学進化のエネルギー源

水素を含む様な還元  
的な条件でアミノ酸  
が形成される



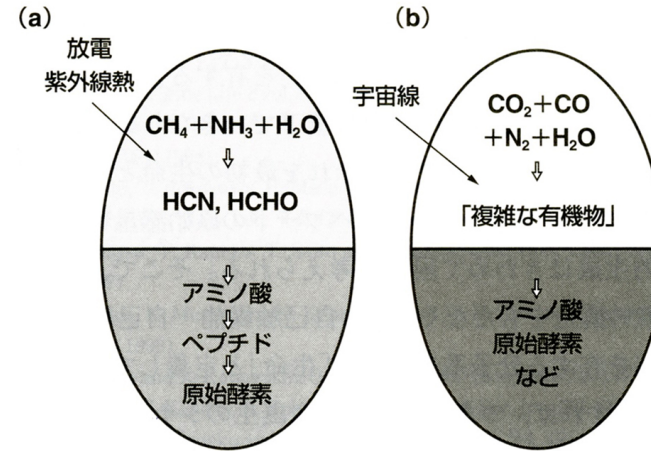
# 生命原材料物質は宇宙起源？ —パンスペルミア—



マーチソン隕石

隕石の有機物と放電実験比較		
アミノ酸	マーチソン隕石	放電
グリシン	○○○○	○○○○
アラニン	○○○○	○○○○
α-アミノ-n-酪酸	○○○	○○○○
α-アミノ酪酸	○○○○	○○
バリン	○○○	○○
ノルバリン	○○○	○○○
イソバリン	○○	○○
プロリン	○○○	○
ピベコリン酸	○	×
アスパラギン酸	○○○	○○○
グルタミン酸	○○○	○○
β-アラニン	○○	○○
β-アミノ-n-酪酸	○	○
β-アミノ酪酸	○	○
γ-アミノ酪酸	○	○○
サルコシン	○○	○○○
N-エチルグリシン	○○	○○○
N-メチルアラニン	○○	○○

# 有機物から生命へ

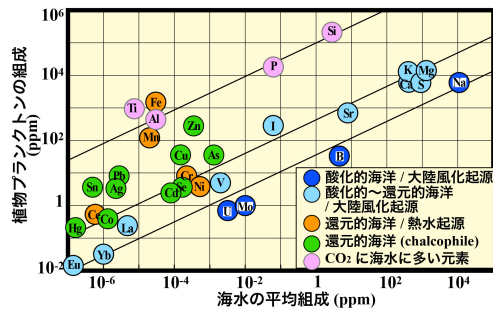
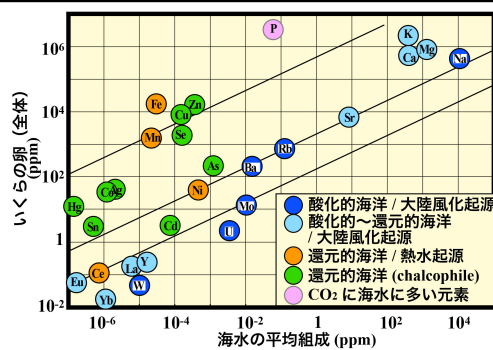


〈図2.3〉生体分子の前生物的生成のシナリオ。(a)古典的シナリオ, (b)がらくたワールドのシナリオ。

## 生物の化学組成と海水組成の比較

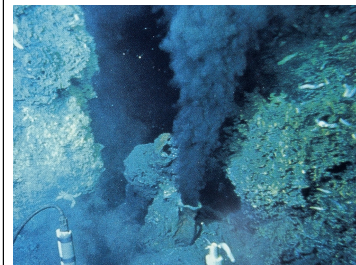
(1) リンの問題

(2) カリウム



## 最初の海の組成

- ① 還元的 ② 低pH(極酸性) ClやFなどのハロゲン
- ③ その他の元素は？



生命誕生の場(海底熱水?)

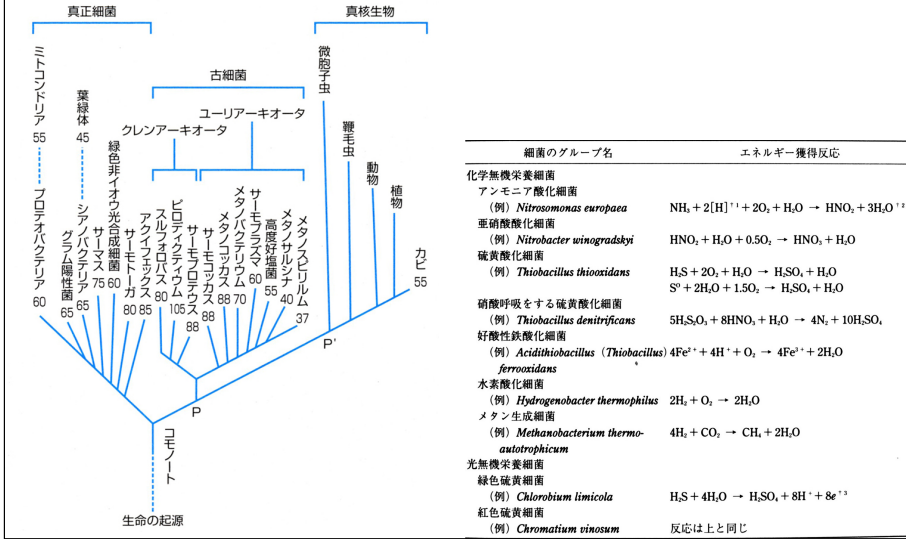


生命誕生の場(陸上の温泉など)

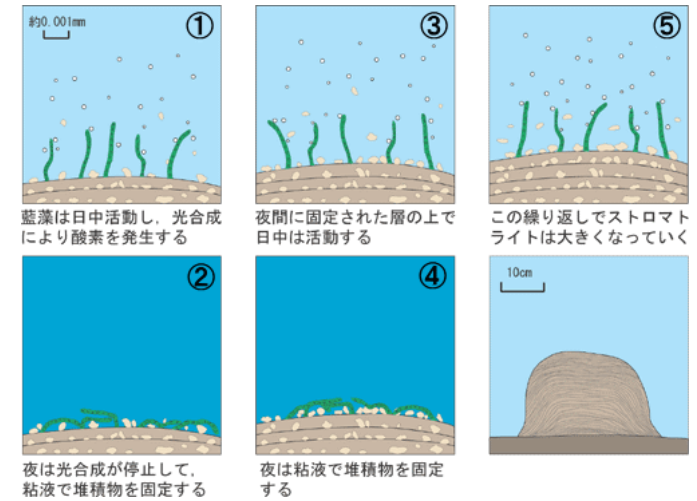
	還元地帯	海
リン濃イオン	存在している	存在している
材料の濃縮	しやすい	しにくい
反応のきっかけ	紫外線	熱

# 40~35億年前—深海から—

図3-17 原核生物の系統樹と生息温度

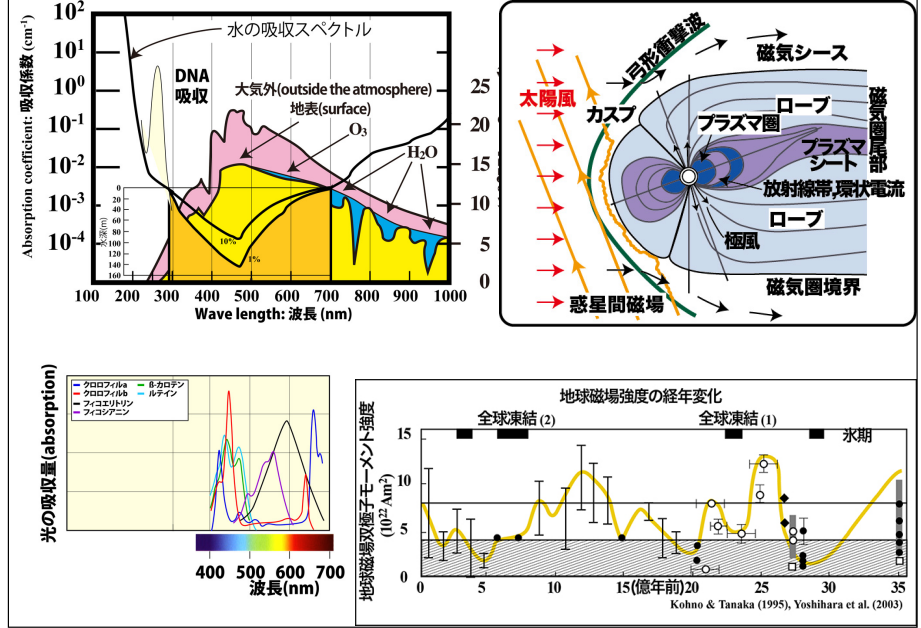


# ストロマトライトの成長

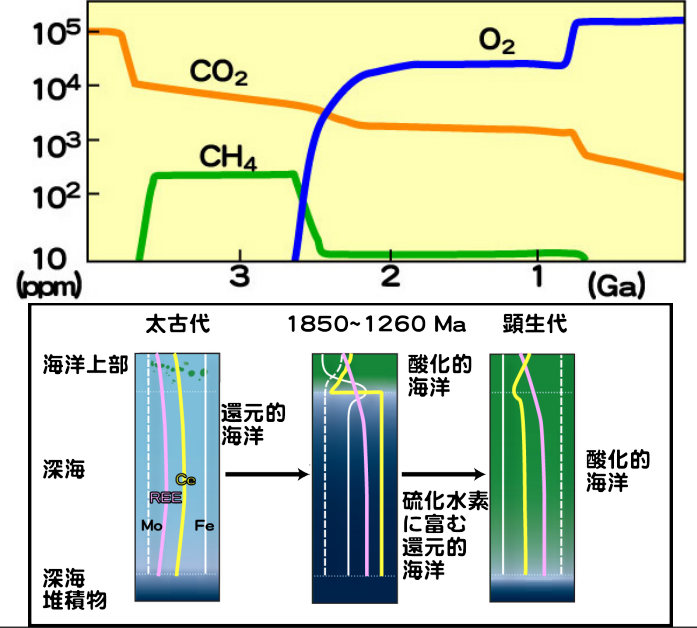


# 酸素発生型光合成の開始と大気酸素の増加

# (4) 植物プランクトンと光合成



# 大気・海洋の酸素濃度の上昇





# 縞状鉄鉱層

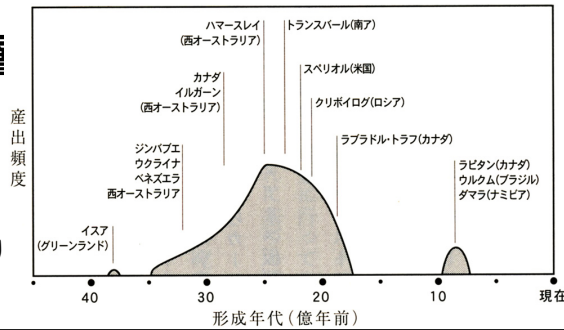
25億年前

海水中の $Fe^{2+}$ が酸化されて、 $Fe^{3+}$ になり、沈殿( $Fe_2O_3$ ,  $FeO(OH)$ )

# 縞状マンガン層

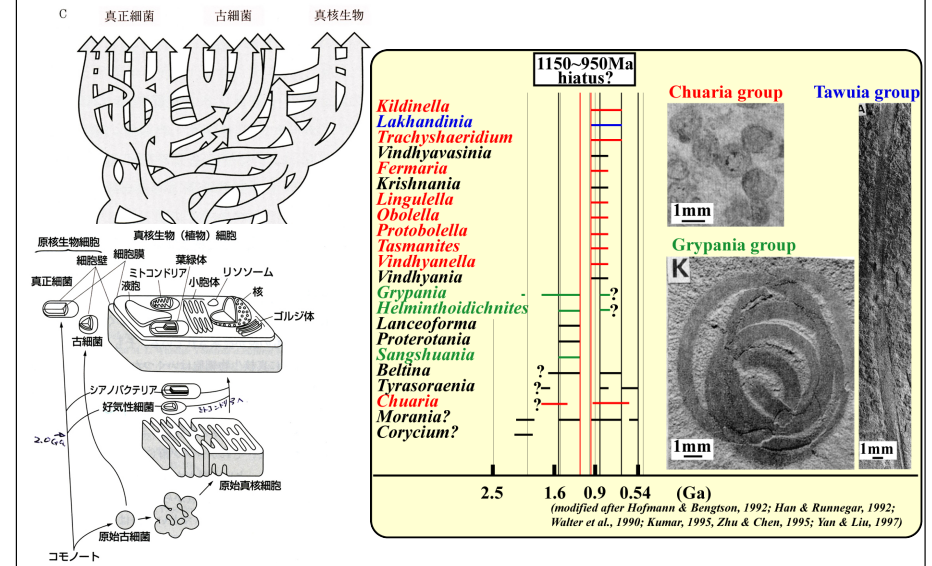
23億年前

海水中の $Mn^{2+}$ が酸化されて、 $Mn^{3+}$ または $Mn^{4+}$ になり沈殿

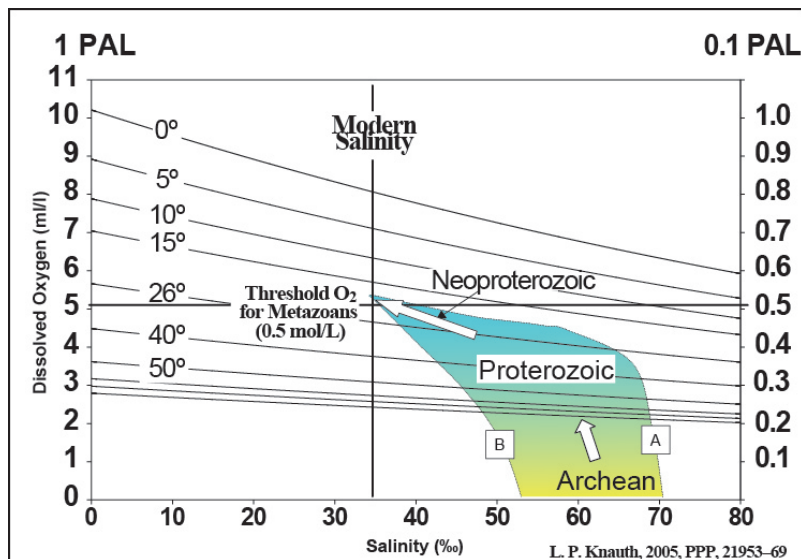


# 真核生物—DNAが核に保管

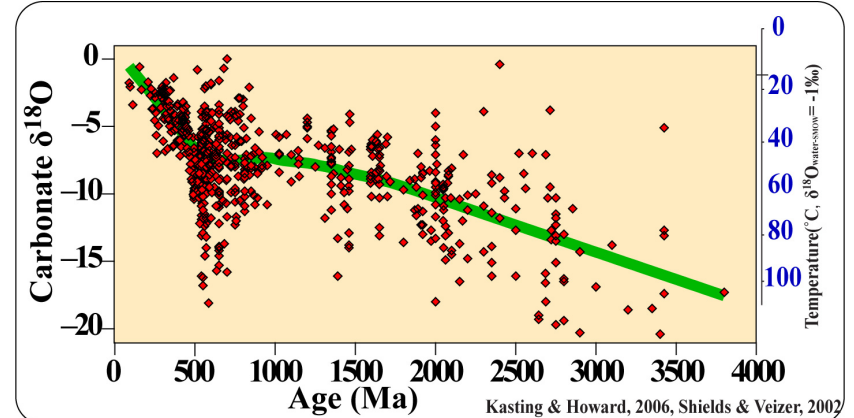
## 細胞内共生と水平進化



# 古海水の塩濃度組成の変化

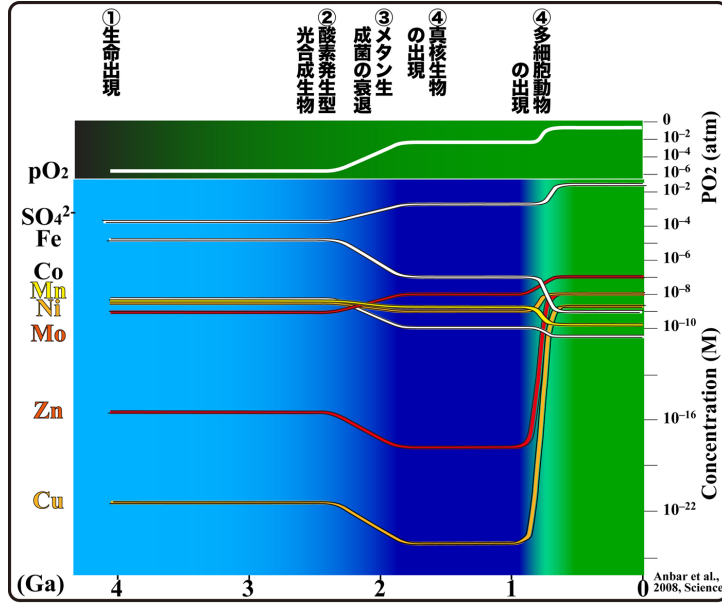


# Carbonateの酸素同位体と温度



- (0) 昔は海水温が高かった?
- (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

# 海水の組成と生命進化(生命進化と海洋組成変化の関連)



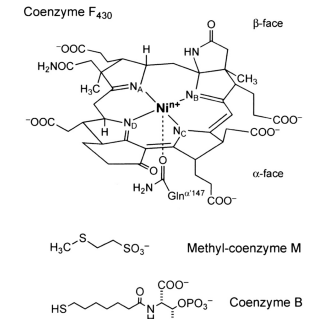
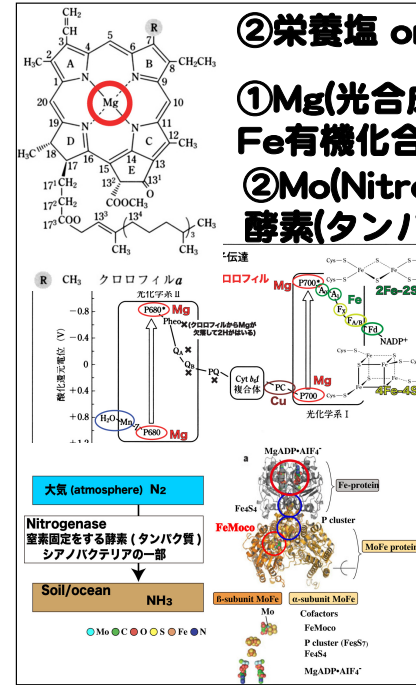
Anbar et al., 2008, Science

## ②栄養塩 or 生命必須元素、無機金属元素

①Mg(光合成色素、クロロフィル)と Fe有機化合物

②Mo(Nitrogenase, 窒素固定に使われる酵素(タンパク質))

③Ni(メタン生成菌やメタン酸化菌(タンパク質))



# 全地球凍結後の生命の爆発的進化



Brasier & Antcliffe, 2004 (Ediacara Fauna)  
 Hofmann et al., 1990 (Ediacaran fossil under the Marinoan glaciation)  
 Narbonne et al., 1997 (Ediacaran fossil above PCC boundary)  
 Cao & Zhu, 2001 (Sponge, Weng'an)  
 Xiao et al., 1998 (Embryo, Weng'an)  
 Xiao et al., 1998 (multicellular algae, Weng'an)  
 Chen et al., 2002 (cnidaria, Weng'an)  
 Chen et al., 2004 (Bilaterian, Weng'an)  
 Komiya et al., 2008 (embryos, Weng'an for Ca isotope study)  
 Murakami, 2008 (multicellular algae & Bilaterian, Weng'an for biotigraphic study)  
 McFadden et al., 2008 (Multicellular algae, embryo, acritarchs)

# カンブリア紀に現世の生物の祖先がほぼ出揃うーカンブリア大爆発, Cambrian explosionー

