

# 広域システム概論

## 生命地球史： 生命出現からカンブリア爆発まで

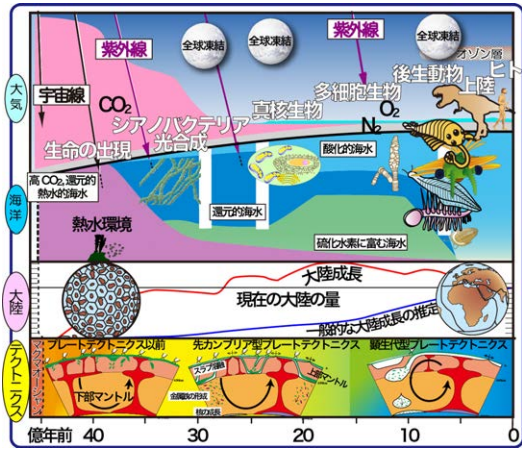
東京大学総合文化研究科：

小宮 剛 准教授

2017/9/26

komiya@ea.c.u-tokyo.ac.jp

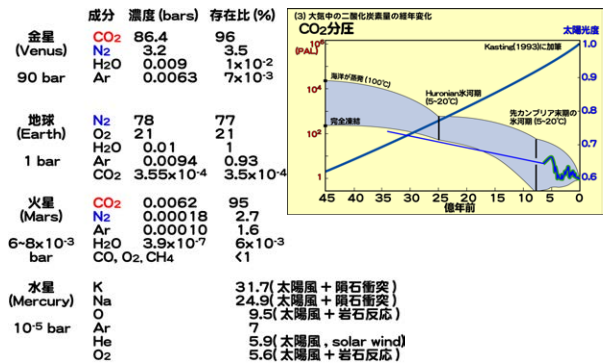
http://www43.tok2.com/home/isua/



No.	日程	教員氏名	コース	分野	講義題目
1	9/26	小宮剛	広シ	地球史	生命地球史概論
2	10/3	鈴木健	広シ	宇宙科学	天体現象の数値シミュレーション
3	10/10	蜂巣泉	広シ	宇宙科学	元素の起源と恒星進化
4	10/17	池上高志	広シ	複雑系の科学	生命と進化の理論
5	10/24	斎藤晴雄	広シ	物質科学	陽電子とガンマ線の物理学
6	10/31	佐藤守俊	広シ	生化学	光を使って生命現象を操る
7	11/7	瀬川浩司	広シ	物質化学	光エネルギー変換の学理と技術
8	11/21	磯崎行雄	広シ	地球生命史	銀河宇宙線と地球生命史
9	11/28	嶋田正和	広シ	進化生態学	迅速な適応性：可塑性とエピジェネティクス
10	12/5	増田建	広シ	分子生物学	光合成による物質生産
11	12/12	伊藤元己	広シ	多様性生物学	生物多様性情報学
12	12/19	山口和紀	情報	情報科学	データモデル
13	1/9	金井崇	情報	メディア情報学	CG物理シミュレーションの世界
14	1/23	テスト	/	/	/

備考

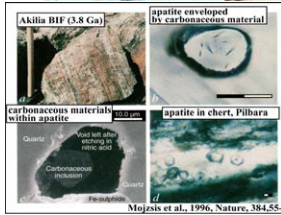
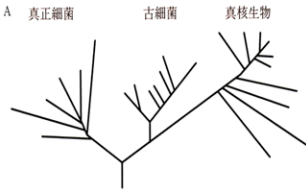
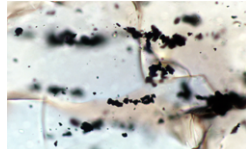
- (1) 毎回、出席を兼ね、ミニテストを行い、理解度を確認する。
- (2) 1月23日に、試験を行う。



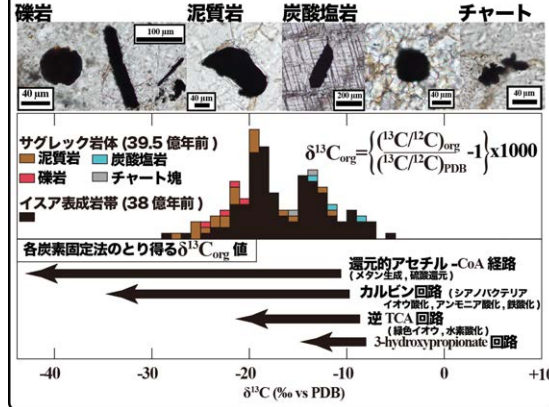
他の惑星はCO<sub>2</sub>が多い。地球大気はO<sub>2</sub>が特徴的

- (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

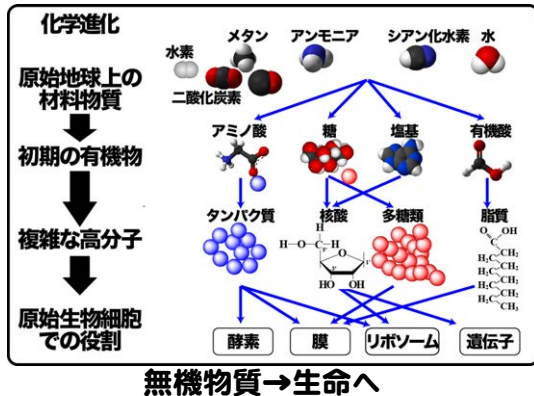
### -38億年前西グリーンランド・イスアー



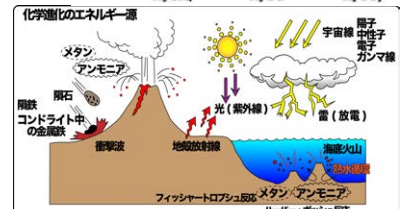
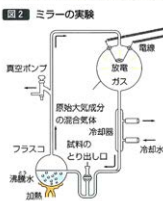
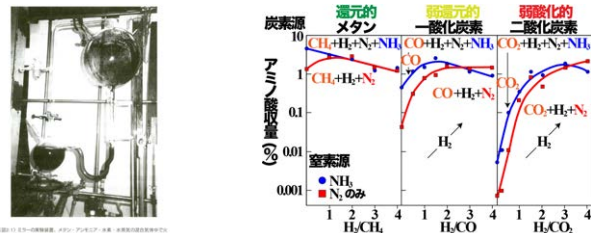
### 炭質物 (ラブラドル, 39.5 億年前)



### 生命の起源—化学進化—

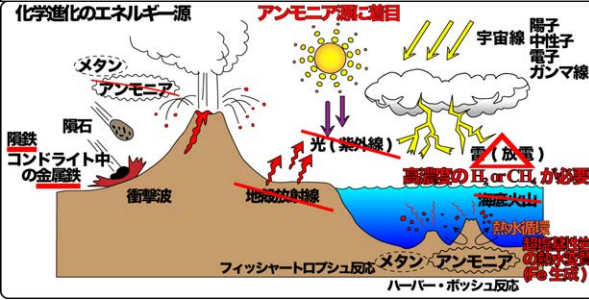


無機物質→生命へ



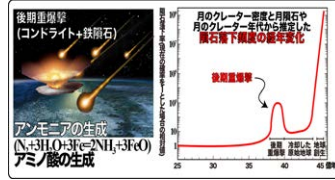
## ①宇宙線照射によるアンモニアと有機化合物合成

窒素分子の解離  $N_2 \rightarrow N+N$  945 (kJ/mol, 127 nm, 真空紫外〜極端紫外)  
 アンモニア分子の解離  $NH_3 \rightarrow NH_2+H$  386 (kJ/mol, 310nm 紫外線)  
 イオン化  $N_2 \rightarrow N_2^++e$



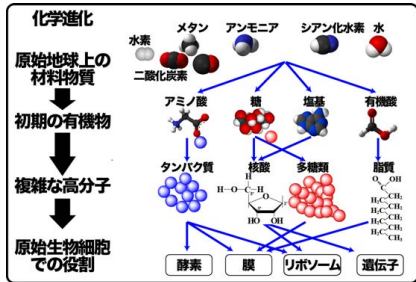
## ②隕石衝突モデル

①衝撃波によるアミノ酸合成  
 ②還元物質(Fe)の供給によるアンモニア合成



試料名	実験試料 (‰)	実験試料 (NH <sub>4</sub> )	
Fe (mg)	200	200	
Ni (mg)	20	20	
<sup>60</sup> Co (mg)	30	30	
出発試料			
H <sub>2</sub> O (mg)	130	130	
NH <sub>4</sub> Cl (mmol)	0	1.95	
N <sub>2</sub> (μmol)	15	15	
衝突速度 (km/s)	0.9	0.9	
衝突速度 (km/s)	<sup>13</sup> C-エタン酸	1360	2200
	<sup>13</sup> C-プロパン酸	440	1020
	<sup>13</sup> C-ブタン酸	88	136
カルボン酸	<sup>13</sup> C-ペンタン酸	24	22
	<sup>13</sup> C-ヘキサン酸	ND	ND
	<sup>13</sup> C-2-メチルプロパン酸	検出	検出
生成物 (pmol)	<sup>13</sup> C-メチルアミン	7430	16700
	<sup>13</sup> C-エチルアミン	280	945
アミン	<sup>13</sup> C-プロピルアミン	12	89
	<sup>13</sup> C-ブチルアミン	未検出	微量検出
アミノ酸	<sup>13</sup> C-グリシン	未検出	24

## 生命の起源物質の合成は可能？問題点は



- ①初期大気の問題
- ②加水分解の問題
- ③高度の実験
- ④最適なpHなどの条件
- ⑤阻害分子の除去
- ⑥アンプホット合成とステップワイス合成
- ⑦正しい結合を必要とする。異性体が多く生じる。
- ⑧光学異性体

## 生命原材料物質は宇宙起源？ —パンスペルミア—



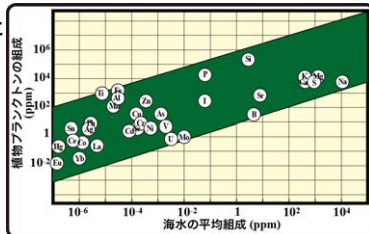
マーチソン隕石

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

## 生物と海水組成の比較

- ①生物組成と海水組成には相関が見られる。
- ②P, Si, Fe, Mn, Znなどが多い。
- ③KがNaに比べて多い。

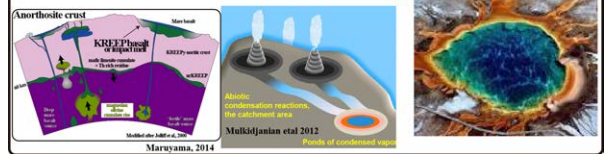
(Komiya et al., 2008)



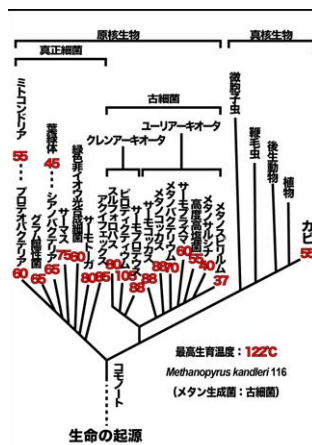
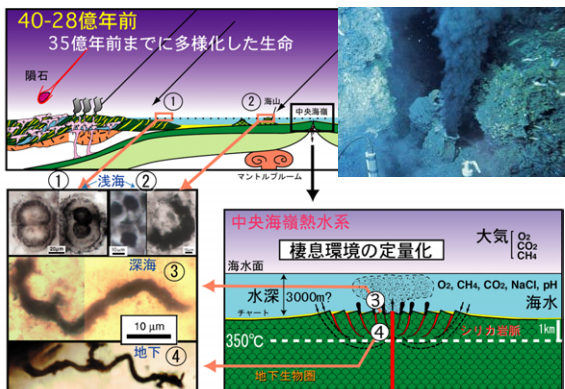
- ①なぜ、生命は海水に少ないPを核酸など重要な部分に使ったのか？
- ②なぜ、生命のK/Naは低いのか？ (cf. ナトリウムポンプ)

## 生命出現の場所

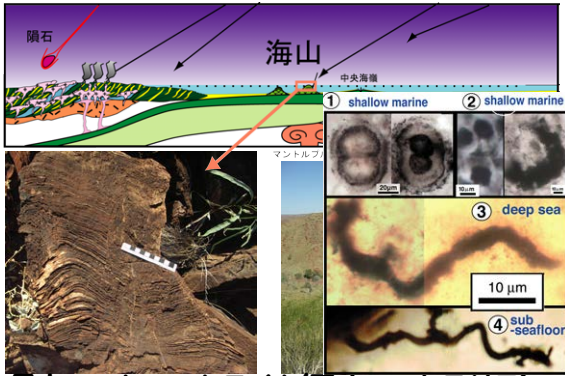
- ① 深海・熱水環境 **脱水縮合反応**
- ①' 海底の粘土層 **紫外線**
- ② 干潟→prebiotic moleculeの形成 (粘土鉱物, 脱水縮合)
- ③ 陸上の熱水環境 (Yellowstone)
- ③' 陸上の熱水環境 **仮想的環境**  
+ 気液分離 & 気相濃集泥湖沼
- ④ 初期大陸 (斜長岩 + KREEP)



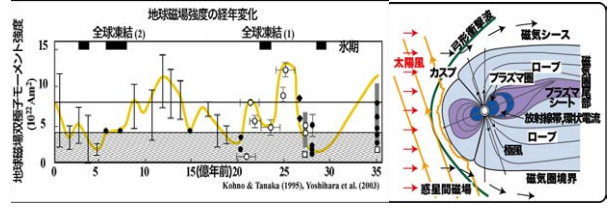
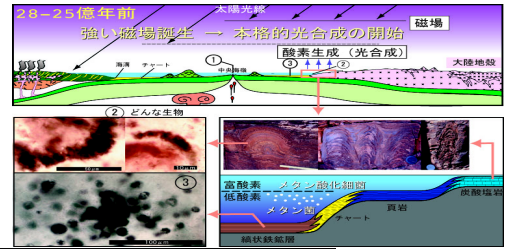
## 40~35億年前—深海から—



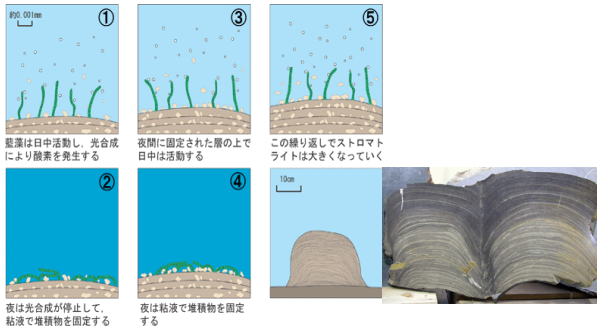
### 35億年前—生命の多様化, 光合成の開始—



最古のストロマトライト(西オーストラリア)



### ストロマトライトの成長



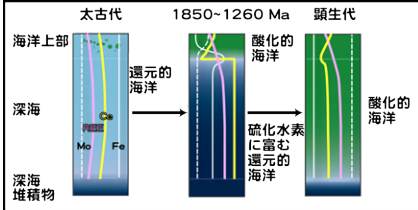
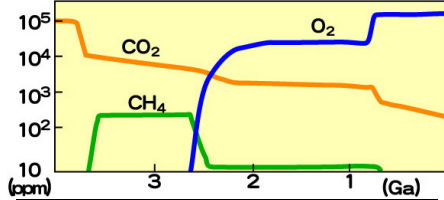
酸素発生型光合成の開始と大気酸素の増加

### 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—



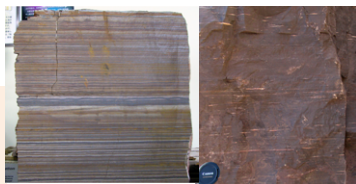
### 大気・海洋の酸素濃度の上昇



### 縞状鉄鉱層

18億年前以前

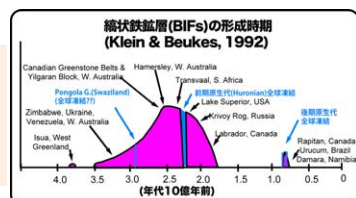
海水中の $Fe^{2+}$ が酸化されて、 $Fe^{3+}$ になり、沈殿( $FeO(OH)$ )



### 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

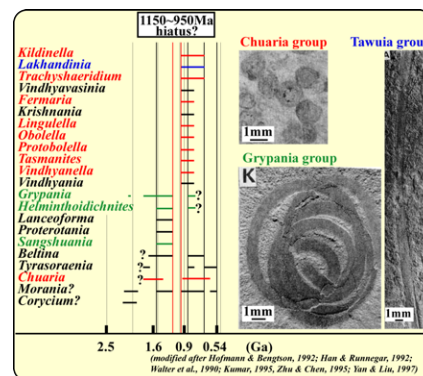


### (3) 縞状鉄鉱層型

### (1) 鉄



### 19億年前、macrofossilsの出現。

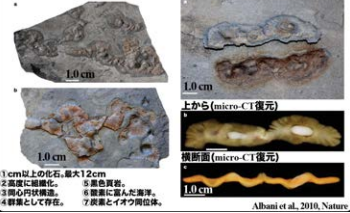


大きさ的にも真核生物



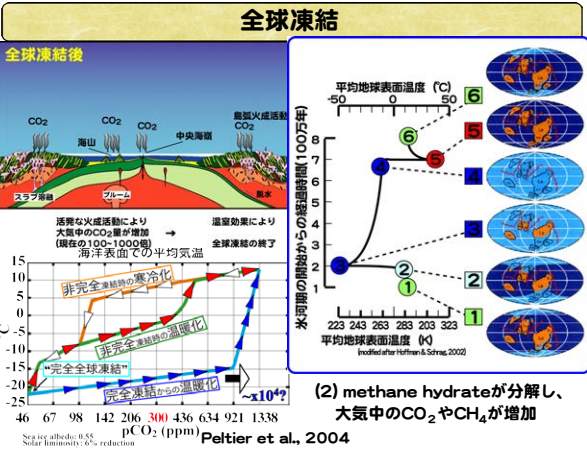
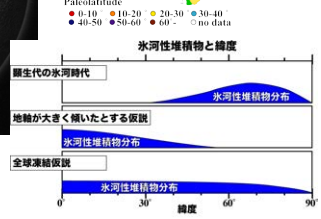
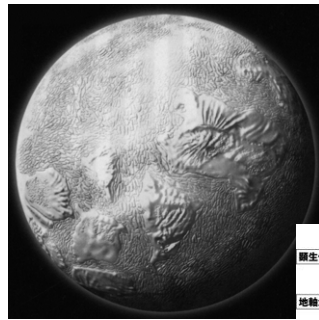
These fossils of *Bangiomorpha pubescens* are 1.2 billion years old. 1250- to 750-million-year-old Hunting Formation, Somerset Island, arctic Canada: modern bangiophyte red algaに似ている (Butterfield, 2000).

最古の多細胞生物?(21億年前)



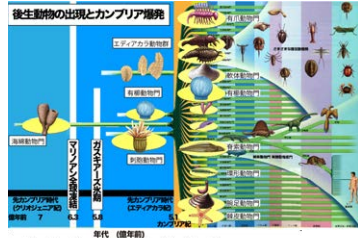
Albani et al., 2010, Nature

全球凍結 (6.4億年前)

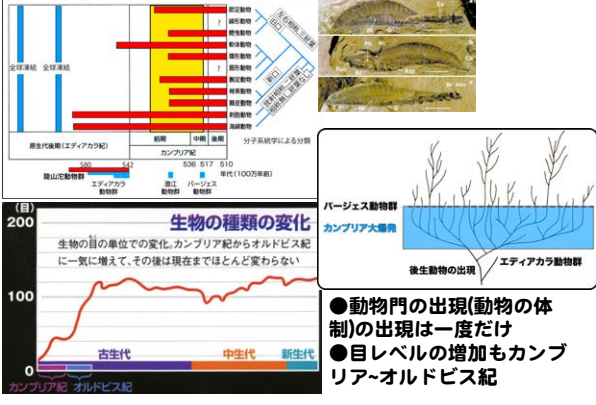


(2) methane hydrateが分解し、大気中のCO<sub>2</sub>やCH<sub>4</sub>が増加

Peltier et al., 2004



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



- 動物門の出現(動物の体制)の出現は一度だけ
- 目レベルの増加もカンブリア~オルドビス紀