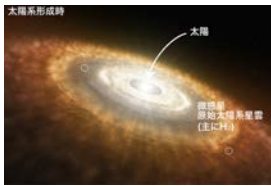


惑星地球科学 II (第六回目)

生命地球史2：表層環境と生命進化

東京大学総合文化研究科：
小宮 剛 准教授
2016/11/9

地球型惑星大気の形成過程 一次大気モデル

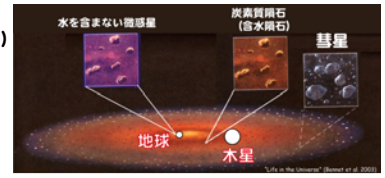


CH₄, H₂, NH₃を主体とした大気(ガス惑星)



太陽系星雲ガス(H₂)とマグマオーシャン(O)が反応してH₂Oを生じる。
H₂+O(rock)=H₂O

水(海)の起源 二次大気モデル(衝突脱ガス)

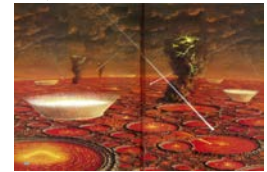


太陽-地球(1AU) 太陽-火星(1.5AU)
太陽-含水隕石(>2AU) 太陽-木星(5AU)

微惑星の衝突による成長(0.4地球半径で大気の形成)

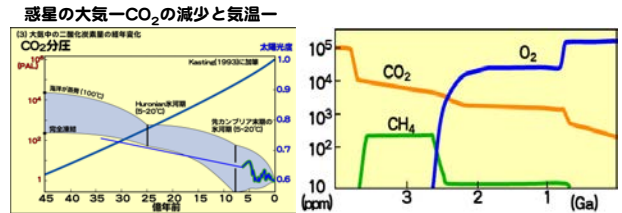


衝突した微惑星から大気成分が揮発性物質(大気成分)が放出され、大気・海洋が形成



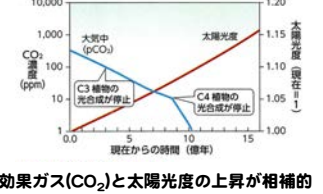
CO₂(CO), H₂O, N₂を主体とした大気

惑星の大気-CO₂の減少と気温- 一次大気モデル



成分	濃度 (bars)	存在比 (%)
金星 (Venus)	CO ₂ 86.4 N ₂ 3.2 H ₂ O 0.009 Ar 0.0063	96 3.5 1x10 ⁻² 7x10 ⁻³
地球 (Earth)	N ₂ 78 O ₂ 21 H ₂ O 0.01 Ar 0.0094 CO ₂ 3.55x10 ⁻⁴	77 21 1 1 3.5x10 ⁻⁴
火星 (Mars)	CO ₂ 0.0062 N ₂ 0.00018 Ar 0.00010 H ₂ O 3.9x10 ⁻⁷ CO, O ₂ , CH ₄ <1	95 2.7 1.6 6x10 ⁻³ <1

植物絶滅のシナリオ



なぜ水

(1) 水分子の構造

→極端な電荷の偏り→水素結合, 結合水

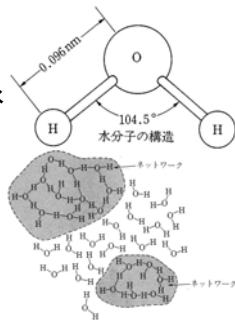
① 水素結合

→軽分子なのに常温で液体で存在：著しく高い沸点(c.f. H₂S: -60.7°C)
→比熱が大きく、大きな潜熱
外界の温度が変わっても細胞内は急激に変化しない

② 結合水の形成

→水分子は帯電しているため、溶質と静電的に結合しやすい
→融点が高い

(2) いろいろなものを溶かす→物質を拡散で移動させる媒体に。
(3) 粘性があまり高くない：ものを運ぶのに好都合
(4) 生命の高温限界: 約120°C(疎水性相互作用がなくなる)
(5) 解離し、水素イオンを生成: pHの変化と膜内外で電位を生



(2) 生命の自然発生説とパストールの実験

① プーシェ(ルーアン自然史博物館(仏)館長)

→枯れ草を入れたフラスコを密閉し、放置した後に枯草菌が発生する。

② パストール(1822-1895)

→パストールの**自然発生説の否定**の論文(1860年)
→微生物であっても自然発生することはない



(3) ダーウィンと生物進化+生命の起源

① ダーウィン(1809-1882)

→『**種の起源**』(1859年11月)
→生物は単純なものから高等なものへと進化した。
→最も、単純なものとはなに? その先は (生命の起源)?

② アレニウス(1859-1927)

→**パンスペルミア説**(1908年, 『宇宙の始まり』)
→宇宙空間に微生物の微小な萌芽が広く分散していて、それが宇宙空間を移動して地球にやってきた

問題点
① その宇宙に広がっている生命はどのようにして生じたのか?
② 微生物が宇宙空間で生き続けられるのか?

生命とは

(1)

(2)

(3)



(1) 生命は無機物から、生じるのか? ~生命の自然発生説~

- ① 古代ギリシア時代: アリストテレス(384~322BC)
→『動物誌』~動物植物を問わず氣から発生するもの他に、自然発生するものが存在する(昆虫やネズミ等)
- ② 17世紀: レディ(1626-1698), イタリア
→『**昆虫の発生に関する実験**』
→蓋をしたフラスコからはウジは発生せず、蓋の空いたフラスコからのみウジが生じた(ハエの出入りがあった)
→昆虫も自然発生しない
- c.f. 微生物の発見~1674年
- ③ スパランツァーニ(イタリア)
→フラスコにスープをいれ煮沸、密封。→微生物は発生せず(1768)。⇨空気(や生気)が入らないためとの反論
- ④ 19世紀:
全ての生物に自然発生はない。Vs 微生物ならある。

(4) 生命の起源(地球上)についての科学的考察

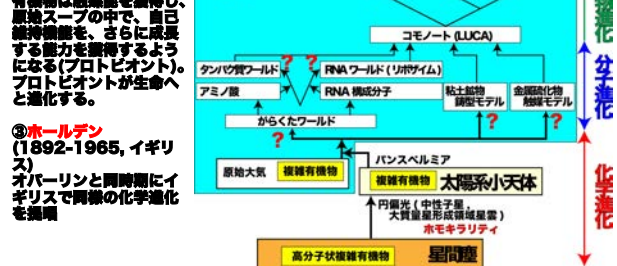
① エングルス(1820-1895)

→1870年代~物質の進化的発展のみが生命起源を説明し得ると置く

② オパーリン(1894-1980, ロシア, 化学者)

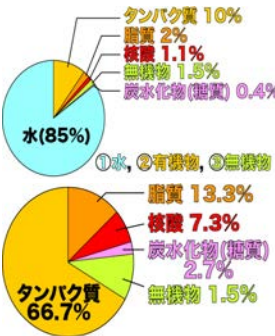
→化学的に生命の起源を考察『**生命の起源**』(1924年)
→①還元的大気条件(メタン, アンモニア, 水素)で有機物が生じ、さらにそれが海洋に流れ込み、複雑化し、コアセルベートのような細胞状の構造体が生じる。

② その中に取り込まれた

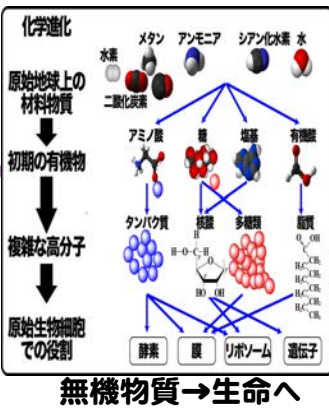


生物の組成を作る組成

- ①水 ②タンパク質(アミノ酸)
- ③脂質(細胞膜) ④核酸(DNA, RNA)
- ⑤炭水化物(糖質, DNA, RNA, エネルギー) ⑥無機物

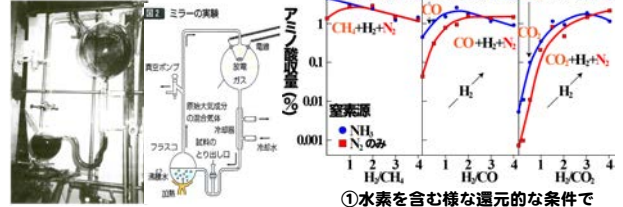


生命の起源—化学進化—

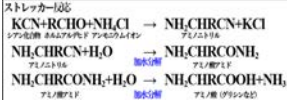
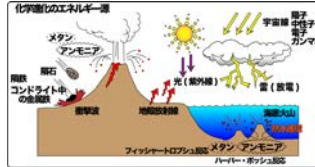


無機物質→生命へ

アミノ酸の合成



- ①水素を含む様な還元的な条件下でアミノ酸が形成される
- ②生成物を系から除く機構 → 非平衡(平衡だと逆反応)



生命の起源における有機物の関与は重要なポイントは

- 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リンの問題
- ⑦正しい結合を必要とする
- ⑧異性体が多く生じる
- ⑨光学異性体



マーチソン隕石

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-酪氨酸	○○○○	○○○○
α-アミノ-酪氨酸	○○○○	○○○○
バリン	○○○○	○○○○
ノルバリン	○○○○	○○○○
イソバリン	○○○○	○○○○
プロリン	○○○○	○○○○
ヒベコリン酸	○	×
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	○○○○	○○○○

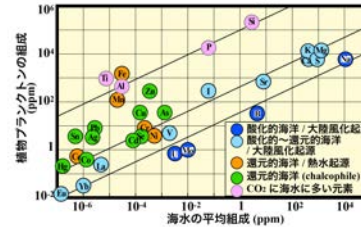
生命出現の場所

- ① 深海・熱水環境
- 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)
- ④ 初期大陸 (斜長岩 + KREEP)

- (1) 様々な元素が含まれる。
- (2) 最初期の生命の生息場
- (3) 脱水縮合が起りにくい

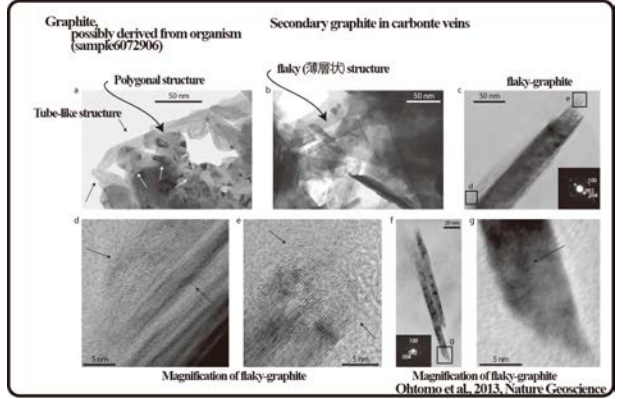
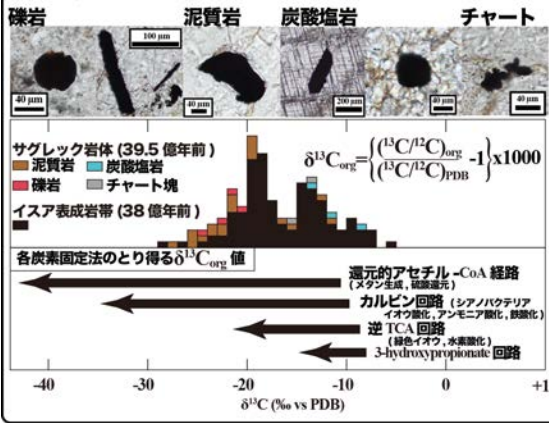
干潟: 干上がる→脱水縮合. 粘土鉱物: 元素を吸着+型枠となる

陸上温泉: 干上がる→脱水縮合. 高PO₄³⁻, 高K/Na比



- (1) リンの問題
- (2) カリウム

炭質物 (ラブラドル, 39.5 億年前)



HyperSLIME & エネルギー代謝

超増殖性メタン生成
超増殖性一酸化炭素酸化性菌
超増殖性イオウ還元

地殻化学プロセス
熱水 + 遊離硫化物
熱水 + 遊離鉄
熱水 + 遊離銅

無機物の脱ガス
H₂, CO, CH₄, H₂S, CO₂, SO₂

マグマ(岩)と混入した熱水の反応
3FeC₂O₄·2H₂O + H₂ + 3CO₂ + Fe₂O₃
4FeC₂O₄·2H₂O ⇒ CH₄ + 2H₂O

有機物の微生物による分解

還元性
メタン生成 (異化還元)
CH₃CO₂(NH₄)₂·H₂PO₄ + 14H₂O ⇒ 39CO₂ + 14HCO₃⁻ + 53CH₄ + 16NH₄⁺ + HPO₄³⁻

発酵
12CH₃CO₂(NH₄)₂·H₂PO₄ ⇒ 106CH₃CH₂COOH + 106CH₃COOH + 212CH₃CH₂OH + 318CO₂ + 102H₂ + 192NH₃ + 12H₂PO₄⁻

イオウを含む代謝
2HS + H₂O ⇒ 2H₂S + SO₄²⁻ + 2H⁺

メタンを含む代謝
CH₃COO + H₂O ⇒ CH₄ + HCO₂⁻

微生物による有機物の固定

光合成 (F₆P₂) 酸化
4F₆P₂ + H₂O ⇒ 4F₆P₂ + H₂O

4F₆P₂ + CO₂ + 11H₂O ⇒ 4F₆P₂ + CO₂ + 11H₂O

イオウを含む代謝
2HS + CO₂ ⇒ 2CH₃S + H₂O

HS + 2CO₂ + H₂O ⇒ 2CH₃S + SO₄²⁻ + 2H⁺

メタンを含む代謝
2S + 3CO₂ + 5H₂O ⇒ 2CH₄ + 3H₂SO₄

CO₂ + 4H₂ ⇒ CH₄ + 2H₂O

有機的光合成-鉄酸化
2FeS + CO₂ + H₂O ⇒ 2FeS + CO₂ + H₂O

2S + CO₂ + 5H₂O ⇒ 2CH₃S + SO₄²⁻ + 2H⁺

有機的光合成-硫酸化
2S + CO₂ + 5H₂O ⇒ 2CH₃S + SO₄²⁻ + 2H⁺

メタン生成 (炭酸還元型メタン生成)
CO₂ + 4H₂ ⇒ CH₄ + 2H₂O

有機物の微生物による分解

還元性
メタン生成 (異化還元)
CH₃CO₂(NH₄)₂·H₂PO₄ + 14H₂O ⇒ 39CO₂ + 14HCO₃⁻ + 53CH₄ + 16NH₄⁺ + HPO₄³⁻

発酵
12CH₃CO₂(NH₄)₂·H₂PO₄ ⇒ 106CH₃CH₂COOH + 106CH₃COOH + 212CH₃CH₂OH + 318CO₂ + 102H₂ + 192NH₃ + 12H₂PO₄⁻

イオウを含む代謝
2HS + H₂O ⇒ 2H₂S + SO₄²⁻ + 2H⁺

メタンを含む代謝
CH₃COO + H₂O ⇒ CH₄ + HCO₂⁻

微生物による有機物の固定

光合成 (F₆P₂) 酸化
4F₆P₂ + H₂O ⇒ 4F₆P₂ + H₂O

4F₆P₂ + CO₂ + 11H₂O ⇒ 4F₆P₂ + CO₂ + 11H₂O

イオウを含む代謝
2HS + CO₂ ⇒ 2CH₃S + H₂O

HS + 2CO₂ + H₂O ⇒ 2CH₃S + SO₄²⁻ + 2H⁺

メタンを含む代謝
2S + 3CO₂ + 5H₂O ⇒ 2CH₄ + 3H₂SO₄

CO₂ + 4H₂ ⇒ CH₄ + 2H₂O

有機的光合成-鉄酸化
2FeS + CO₂ + H₂O ⇒ 2FeS + CO₂ + H₂O

2S + CO₂ + 5H₂O ⇒ 2CH₃S + SO₄²⁻ + 2H⁺

有機的光合成-硫酸化
2S + CO₂ + 5H₂O ⇒ 2CH₃S + SO₄²⁻ + 2H⁺

メタン生成 (炭酸還元型メタン生成)
CO₂ + 4H₂ ⇒ CH₄ + 2H₂O

