

宇宙での生命の起原と進化

山岸明彦
東京薬科大学
生命科学部

Are we alone in the universe?

生命は、宇宙で我々だけか？

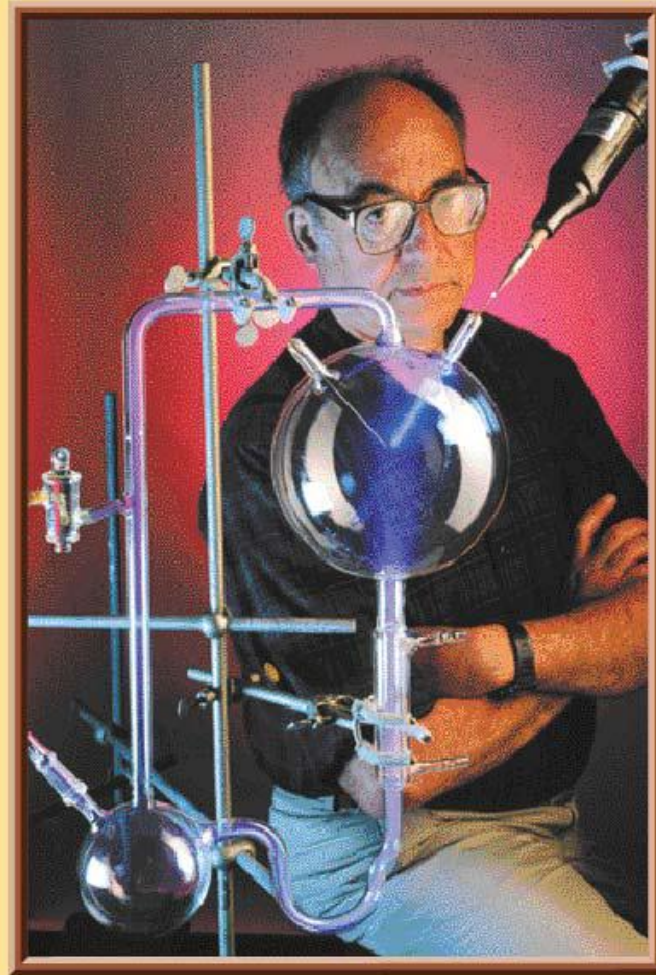
アストロバイオロジー

- 天文学
- 惑星科学、地球物理学
- 地球化学、化学進化
- 地学的証拠
- 生化学的研究
- 熱水地帯の微生物生態
- 遺伝子の証拠、分子進化学
- 宇宙での微生物探査
- 知的生命体探査

化学進化

生命誕生前の
有機物合成

ミラーの実験装置



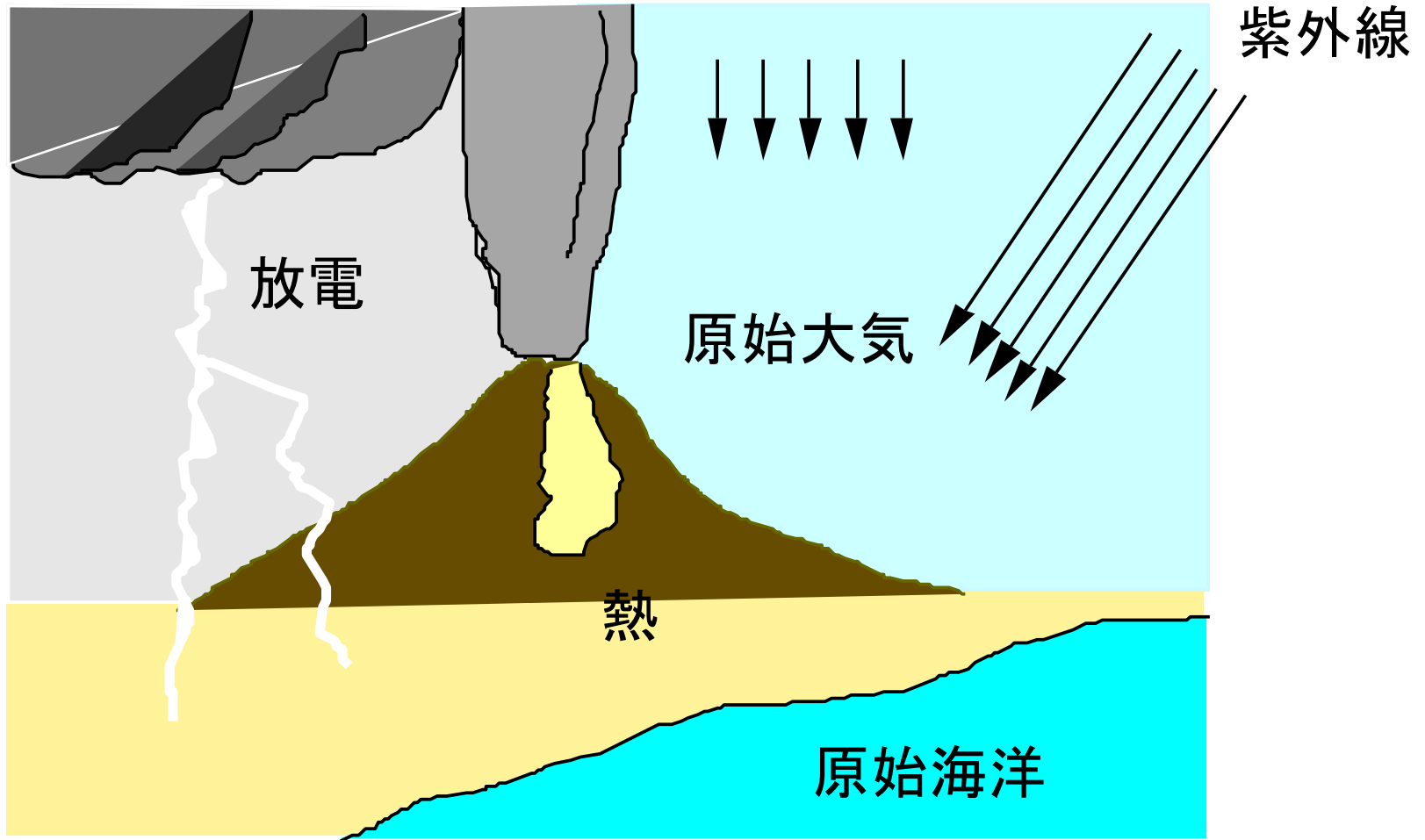
アンモニア
メタン
水素
水
の混合気体
で放電

放電により生じる有機化合物

化合物	収量 (%)
グリシン [†]	2.1
グリコール酸	1.9
サルコシン	0.25
アラニン [†]	1.7
乳酸	1.6
N-メチルアラニン	0.07
β -アラニン	0.76
コハク酸	0.27
アスパラギン酸 [†]	0.024
グルタミン酸 [†]	0.051
ギ酸	4.0
酢酸	0.51
プロピオン酸	0.66

タンパク質の材料となるアミノ酸は無生物的に合成される

有機化合物の無生物的合成 宇宙線



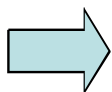
いろいろな材料ができた。

アミノ酸
核酸塩基
糖？

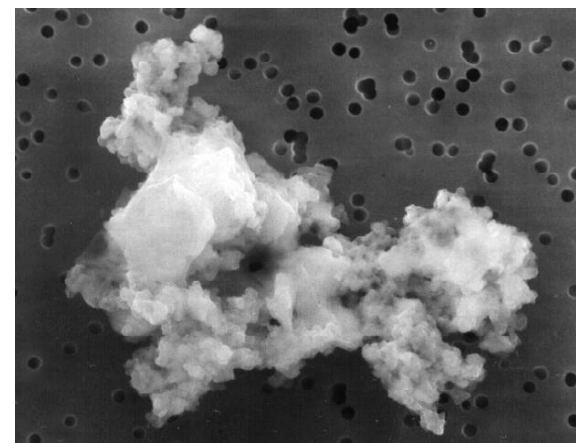
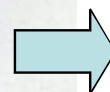
宇宙空間での有機物の生成



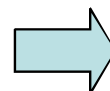
分子雲有機物



隕石有機物

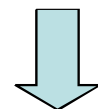


惑星間塵有機物



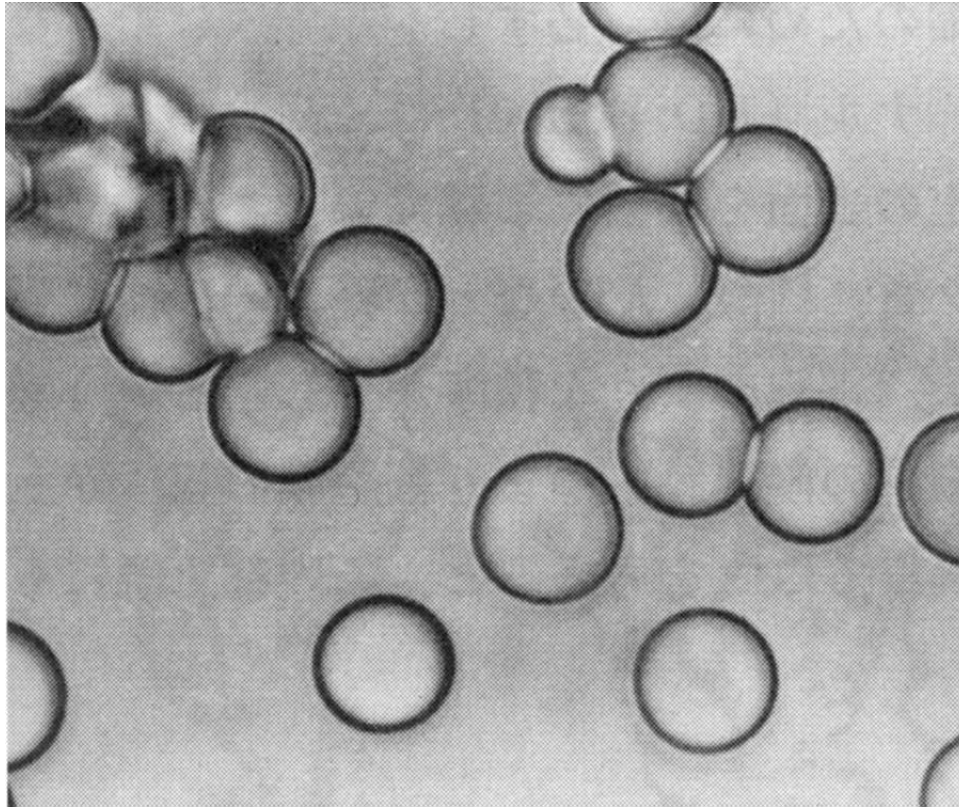
生成

彗星有機物



地球へ

アミノ酸を熱するとプロテノイド
(タンパク質モドキ) ができる。



プロテノイド・ミクروسフェア

タンパク質モドキでできた、球状の構造 (K. Harada)

化学進化のまとめ

- アミノ酸はできる。
- プロティノイド・ミクロスフェア
- 核酸は？
- 合成の量は？
- 化学進化の環境は？
- 実際にできる分子は高分子
- 加水分解してアミノ酸や有機酸

核酸重合には単量体活性化

核酸重合体 + 水 \rightarrow 核酸単量体

活性型核酸(リン酸化核酸)

\rightarrow 核酸重合体

核酸の活性型ができたか？

グリコール
アルデヒド

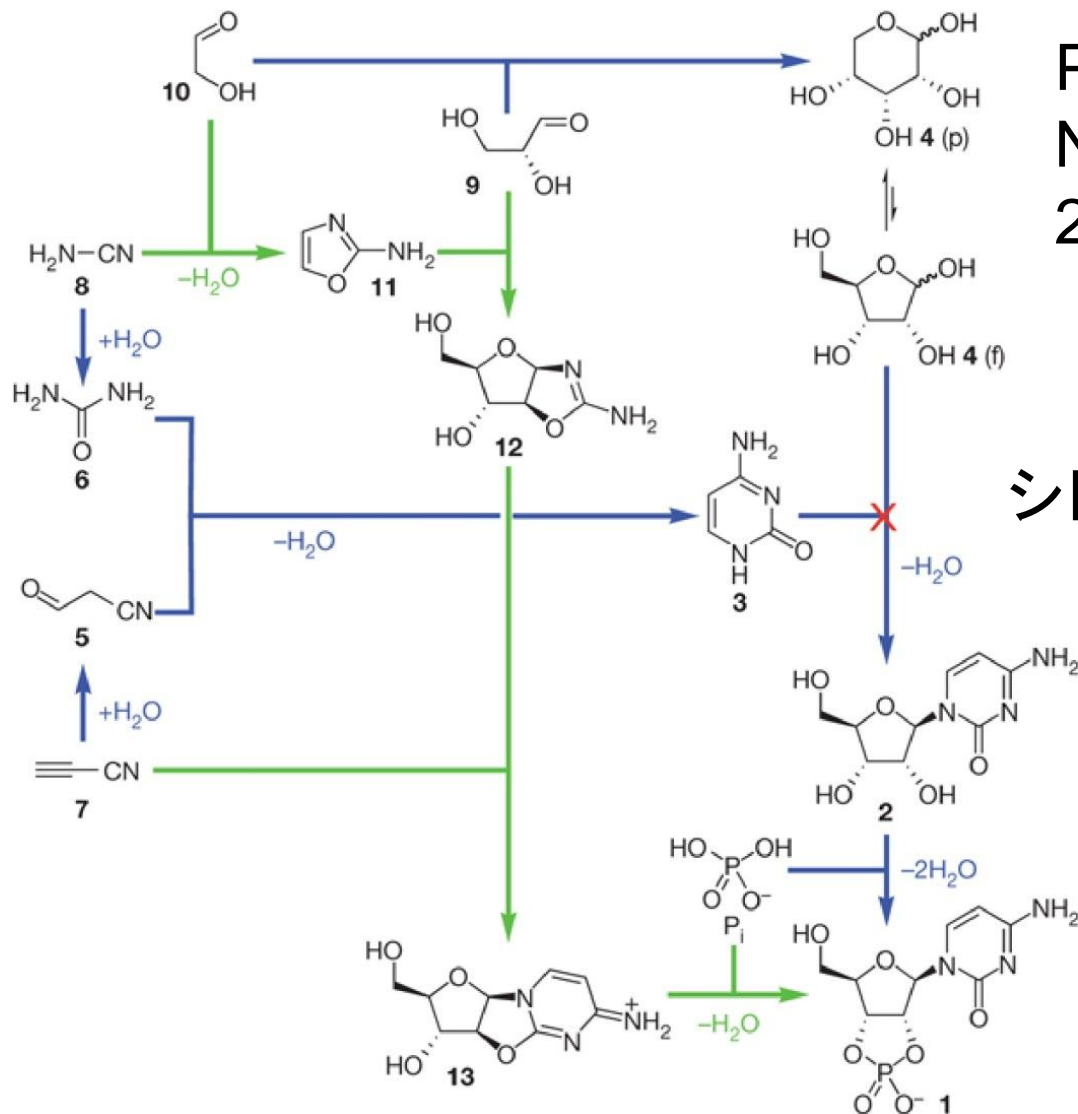
シアンアミド

尿素

シアノ
アセト
アルデヒド

シアノ
アセチレン

Powner et al.
Nature 459,
239-241 (2009)

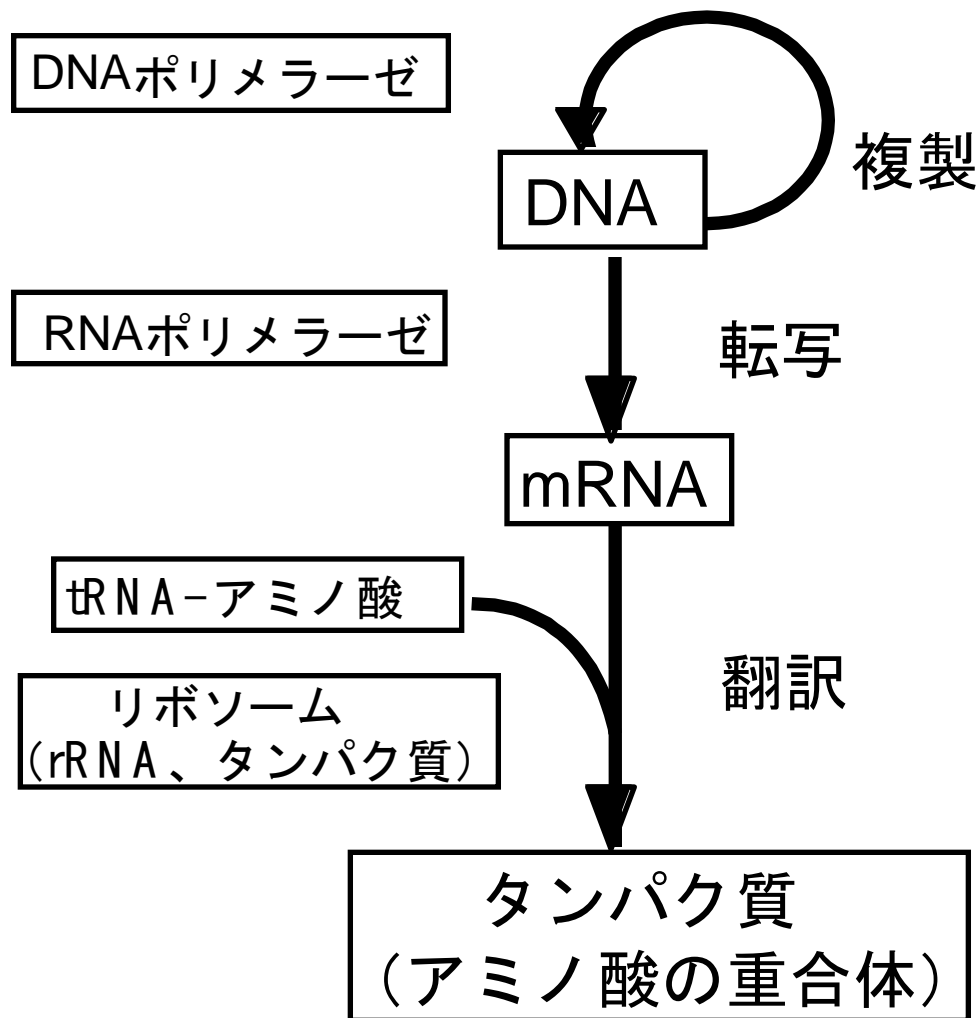


シトシン

生化学的研究

RNAワールド

生物の遺伝の仕組み



自己複製系形成過程の矛盾

- DNAからDNAへの複製
- DNAからRNAへの転写
- RNAからタンパク質への翻訳
- 反応や代謝の触媒はタンパク質

RNAはDNAの代わり？

- RNAをゲノムとして持つウィルス
- 核酸単量体の合成はRNAからDNA
- 現在もRNAからタンパク質ができる
(mRNA, tRNA, rRNA)

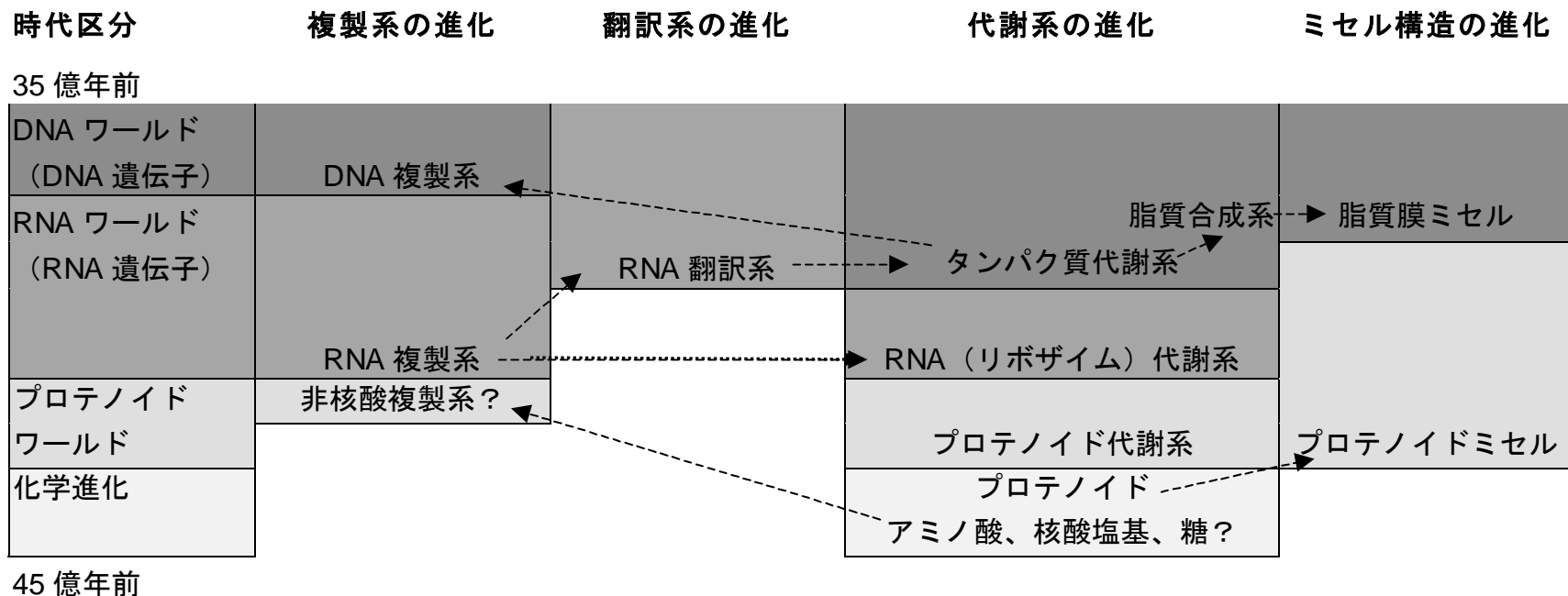
RNAがタンパク質の代わり？

- リボザイムの発見
 - イントロンが自己触媒的に除去される (Cech, T. R.)
- 酵素の補酵素にRNAやその誘導体
 - ATP, CTP, NAD, FAD
- タンパク質合成はRNAが行っている
- リボソームの中でタンパク質合成はRNAが行っている。

RNAワールドの問題点

- RNAができたか
 - 活性化されたか
 - ベシクルはいらないか
 - すべての反応はできない
-
- 生命誕生の場は

DNA複製生物誕生のモデル



山岸明彦：第一章 地球上における細胞の起源(2004)
シリーズ進化学 第3巻「化学進化・細胞進化」岩波書店

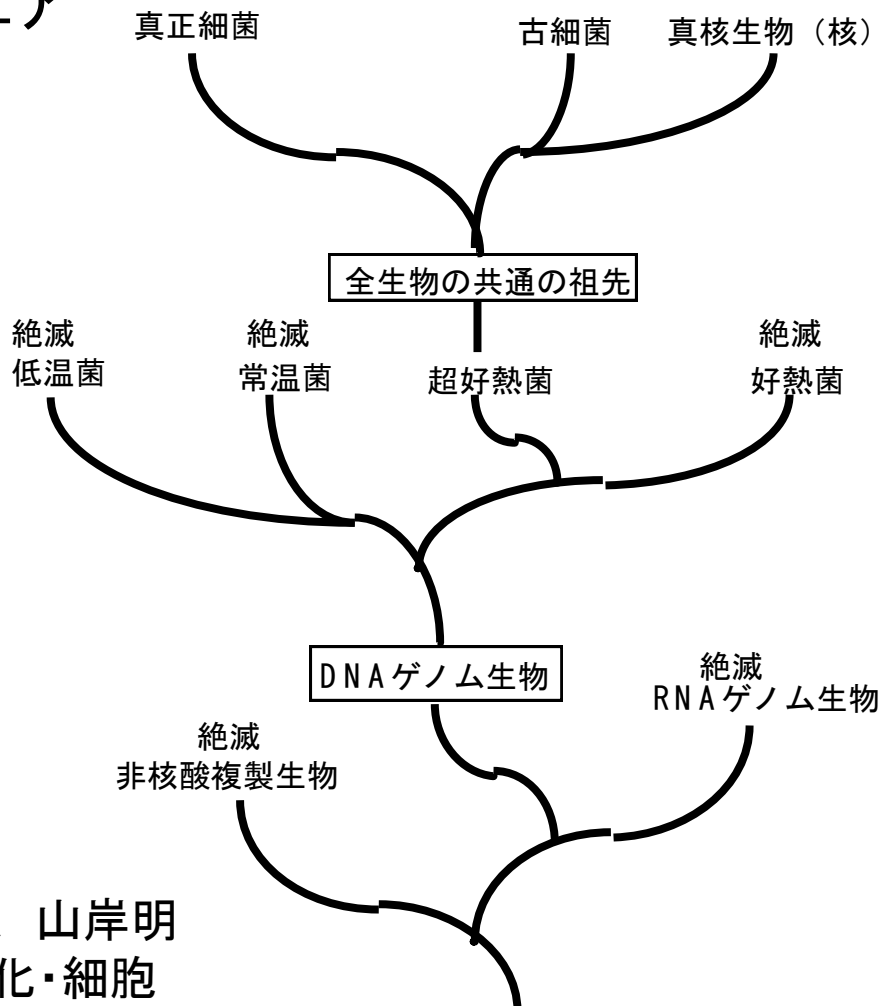
各種生命の起源説

- ベシクルを重視する説
 - コアセルベート(オパーリン)
 - プロティノイドミクロスフェア (Harada, Fox)
 - マリグラニュール(柳川、江上)
 - 高分子態構造体(小林)
 - 隕石抽出脂肪酸(Deamer)
- 反応を重視する説(メタボリズム)
 - 鉄硫黄(Weichtershauser、他)
 - GADV仮説(池原)
- 遺伝情報を重視する説
 - RNAワールド

鉄硫黄ワールド説

- 鉄硫黄のベシクルができて増える
 - 鉄硫黄を含む酵素が生物酵素に多数ある
 - 生化学的基本反応を鉄硫黄でできる。
 - 熱水環境に多い
-
- 問題点：遺伝の仕組みとのつながりは？

プロティノイド・ミクロスフェア と全生物の共通の祖先 の間が不明



プロティノイド・ミクロスフェア

第一章 地球上における細胞の起源 山岸明彦 シリーズ進化学 第3巻「化学進化・細胞進化」岩波書店 (2004)より改変

生命誕生の場：諸説

- 重要な点：濃縮、反応の推進
- 暖かい海
- 粘土
- 熱水噴出孔：鉄硫黄
- 地下
- 火星
- 個人的には五色沼
- 結論：まったくわからない

Mulkidjanian et al. Proc.Natl.Acad.Scie. Early ed.

- 細胞内 K^+/Na^+ 高い
- Chemistry conservation principle
- 海水は K^+/Na^+ 低い、リン酸、Mn, Zn薄い
- 陸上地熱地帯、蒸気相
 - K^+/Na^+ 高い
 - H_2S , CO_2 ,
- 池に ZnS が蓄積、光化学反応、UVシールド

参考文献

- Powner, Matthew W.; Gerland, Béatrice; Sutherland, John D., 2009: Synthesis of activated pyrimidine ribonucleotides in prebiotically plausible conditions, *Nature*, 459, 239-241
- 山岸明彦, 2004: 石川統, 山岸明彦, 河野重行, 渡辺雄一郎, 大島泰郎, シリーズ進化学 第3巻「化学進化・細胞進化」岩波書店
- Y Mulkidjanian, Michael Y Galperin, 2010: On the abundance of zinc in the evolutionarily old protein domains, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* , 107, E137-E138