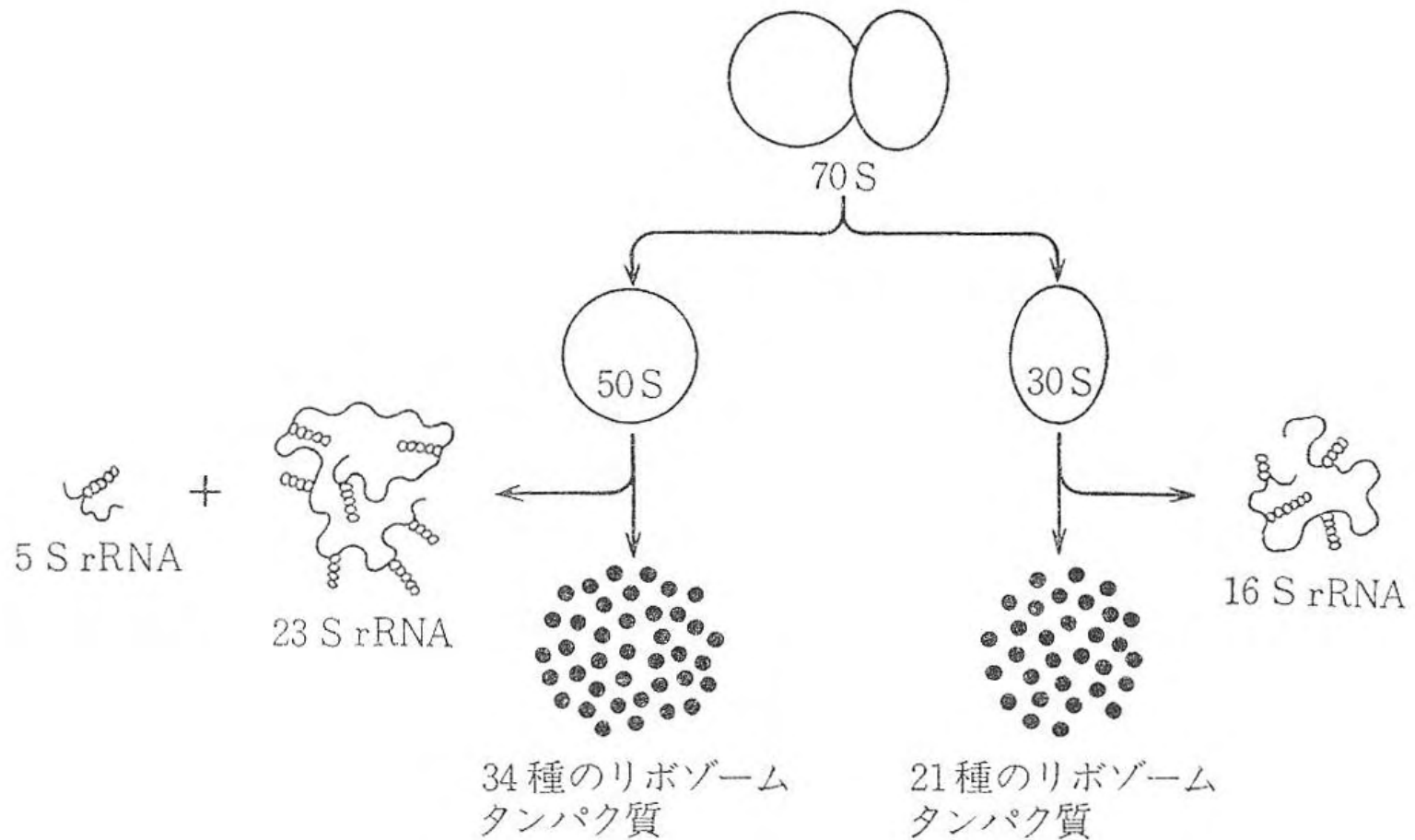


塩基・アミノ酸の対応表(暗号)

1 番目の塩基	2 番目の塩基				3 番目の塩基
	U	C	A	G	
U	UUU } フェニルアラニン UUC } UUA } ロイシン UUG }	UCU } セリン UCC } UCA } UCG }	UAU } チロシン UAC } UAA } (停止) UAG }	UGU } システイン UGC } UGA (停止) UGG トリプトファン	U C A G
C	CUU } ロイシン CUC } CUA } CUG }	CCU } プロリン CCC } CCA } CCG }	CAU } ヒスチジン CAC } CAA } グルタミン CAG }	CGU } アルギニン CGC } CGA } CGG }	U C A G
A	AUU } イソロイシン AUC } AUA } AUG メチオニン(開始)	ACU } トレオニン ACC } ACA } ACG }	AAU } アスパラギン AAC } AAA } リジン AAG }	AGU } セリン AGC } AGA } アルギニン AGG }	U C A G
G	GUU } バリン GUC } GUA } GUG }	GCU } アラニン GCC } GCA } GCG }	GAU } アスパラギン酸 GAC } GAA } グルタミン酸 GAG }	GGU } グリシン GGC } GGA } GGG }	U C A G

翻訳装置(リボソーム)の構成部品

—タンパク質と核酸—

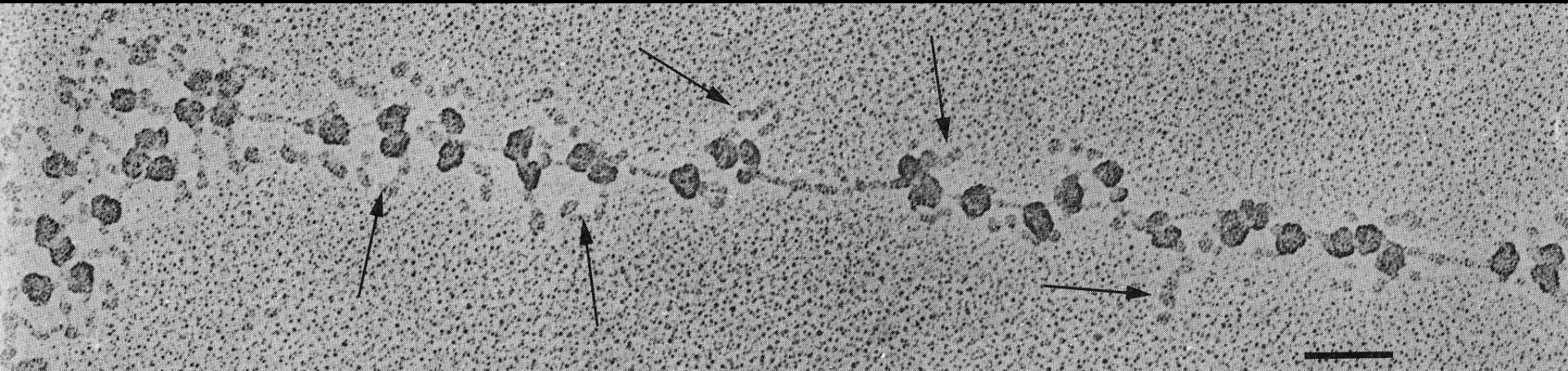


リボソームの構成(まとめ)

－大腸菌の場合－

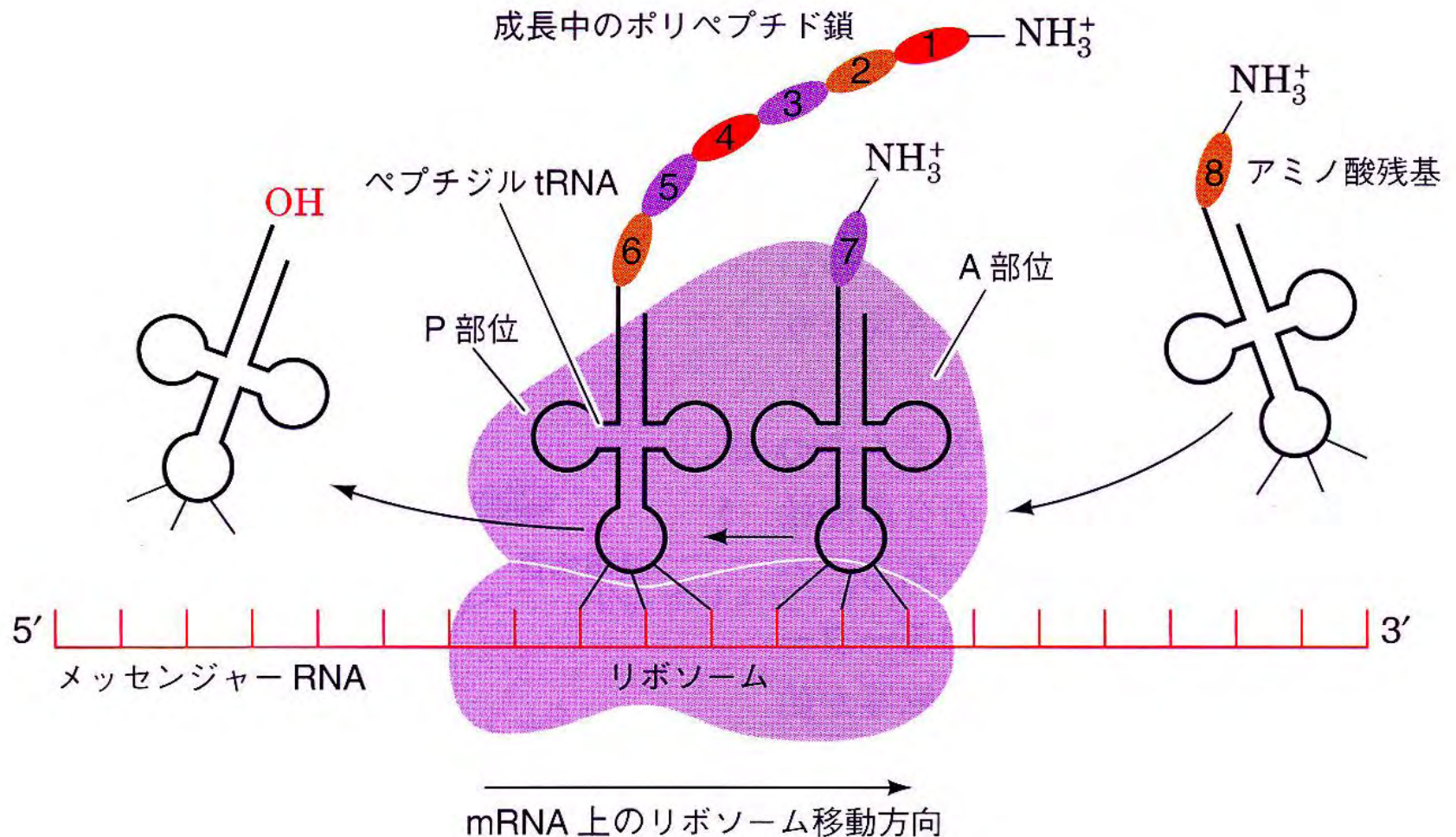
- 全体 70S (分子量約252万) (34%がタンパク質・66%がRNA)
 - 大サブユニット 50S(約159万) (30%がタンパク質)
 - 約30種類のタンパク質
 - 約2900塩基のRNA(23S-rRNA)
 - 約120塩基のRNA(5S-rRNA)
 - 小サブユニット 30S(約93万) (40%がタンパク質)
 - 約20種類のタンパク質
 - 約1900塩基のRNA(16S-rRNA)

翻訳中のリボソームの電子顕微鏡像

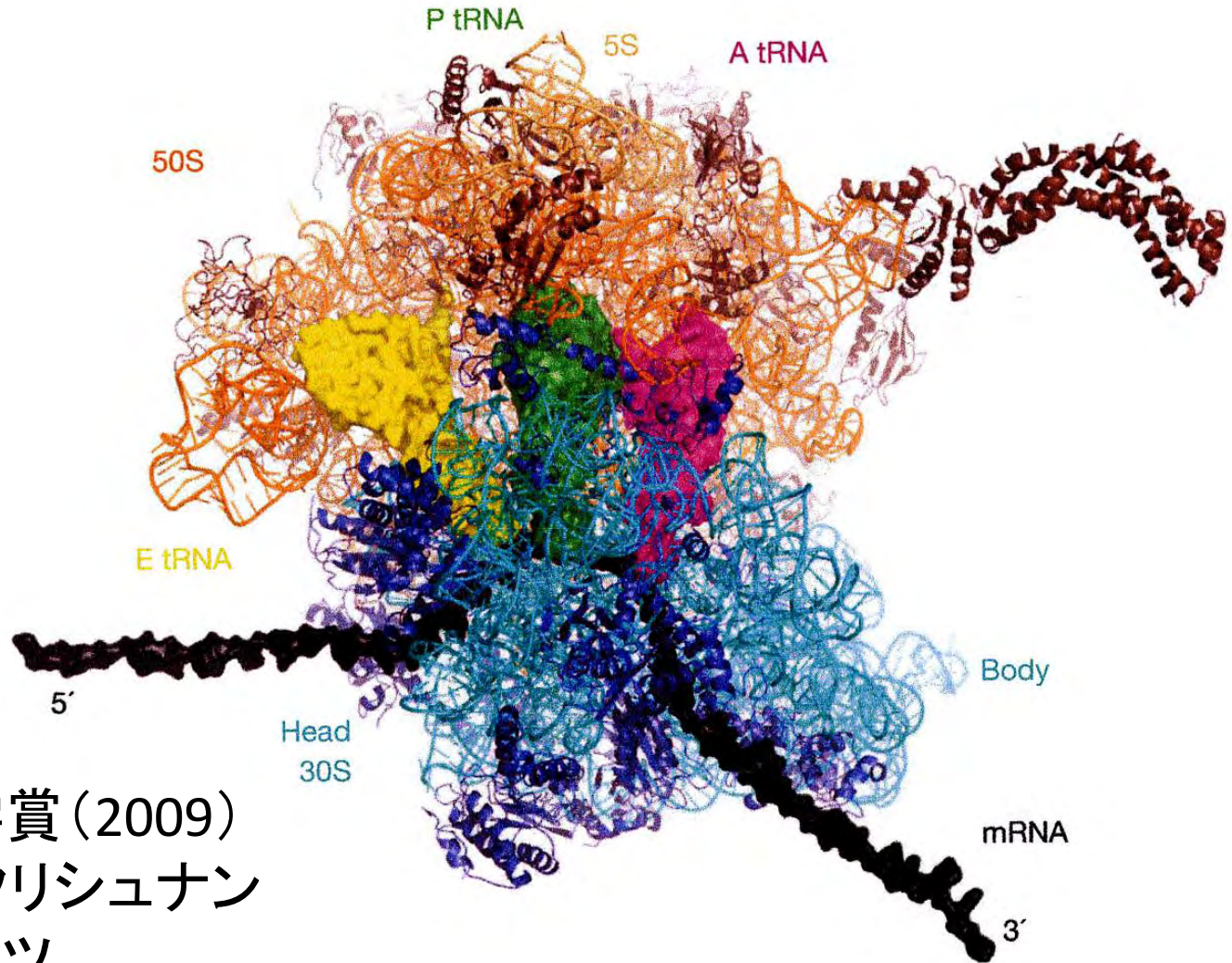


“—”の長さは0.1 μ m

翻訳過程のモデル

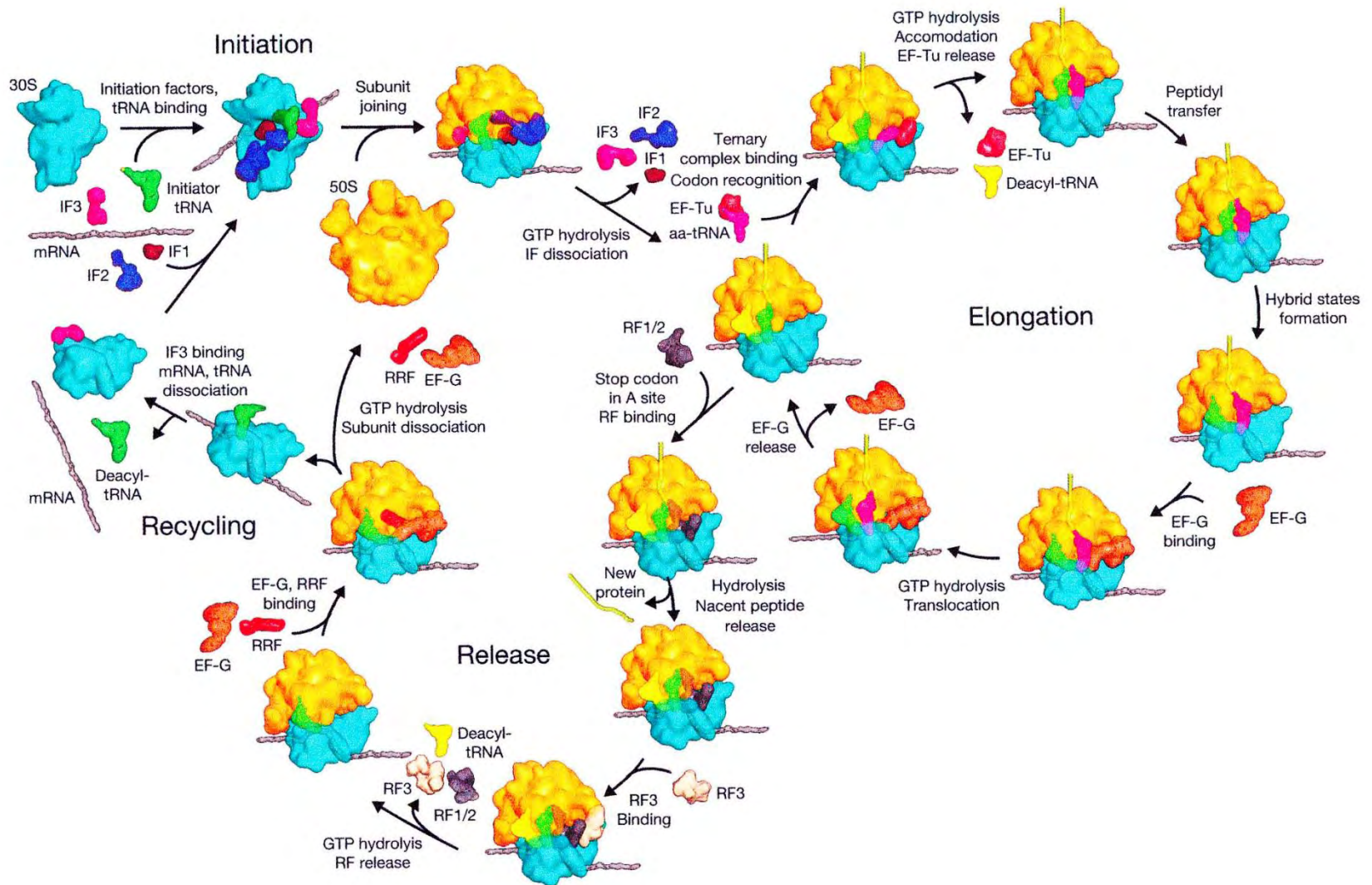


リボソームの構造



ノーベル化学賞(2009)
V. ラマクリシュナン
T. スタイツ
A. ヨナス

翻訳サイクル



この仕組みは、基本的には、
すべての生物に共通！

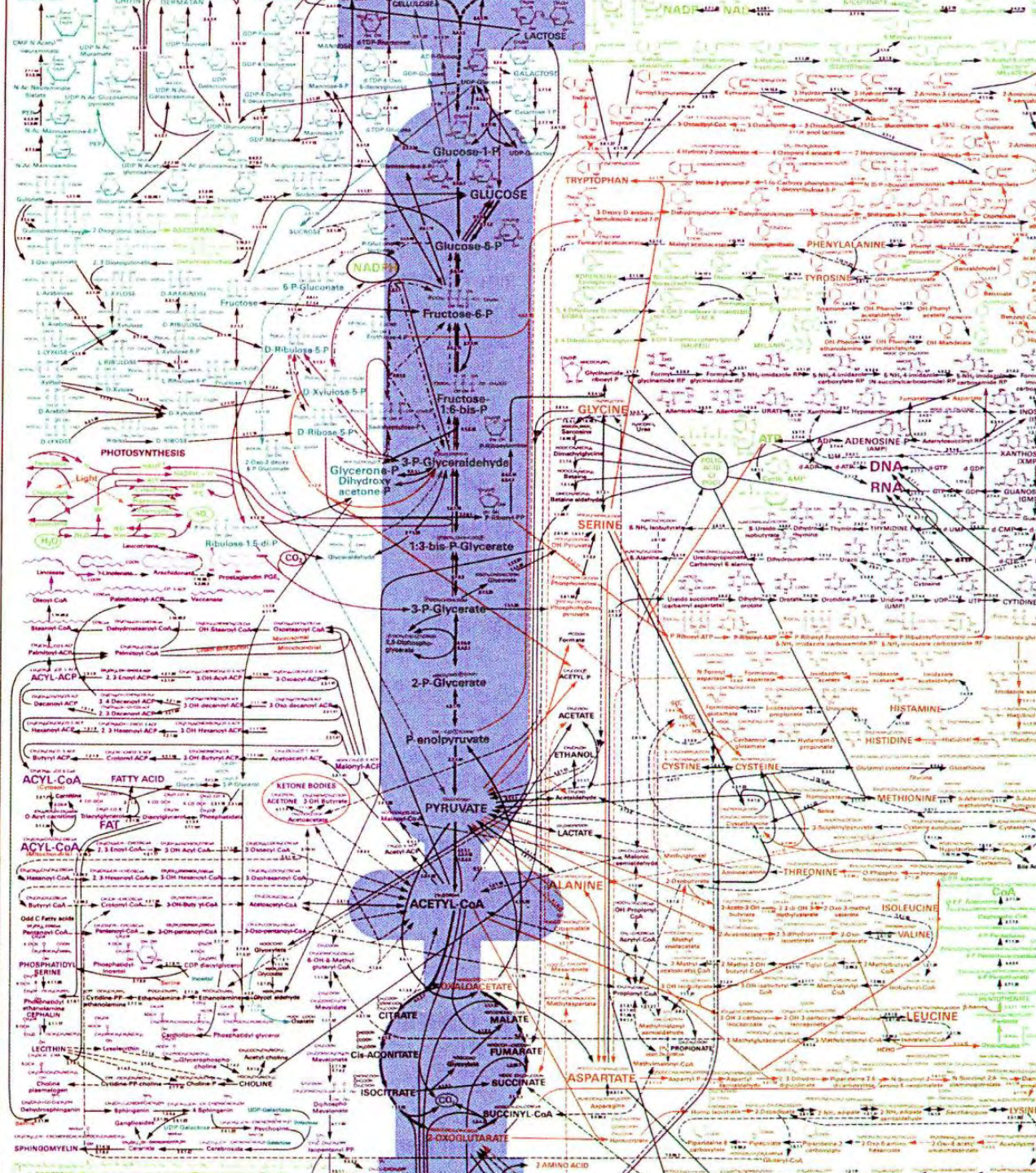
すべての生物は
1つの起源？

物質代謝のネットワーク

(合成・分解)
(同化・異化)

(動的平衡)
(酵素による触媒)

合目的的な
調節(自己保存)
のシステム!



—アデノシン三リン酸(ATP)—



エネルギー獲得の仕組み

エネルギー獲得の反応ー

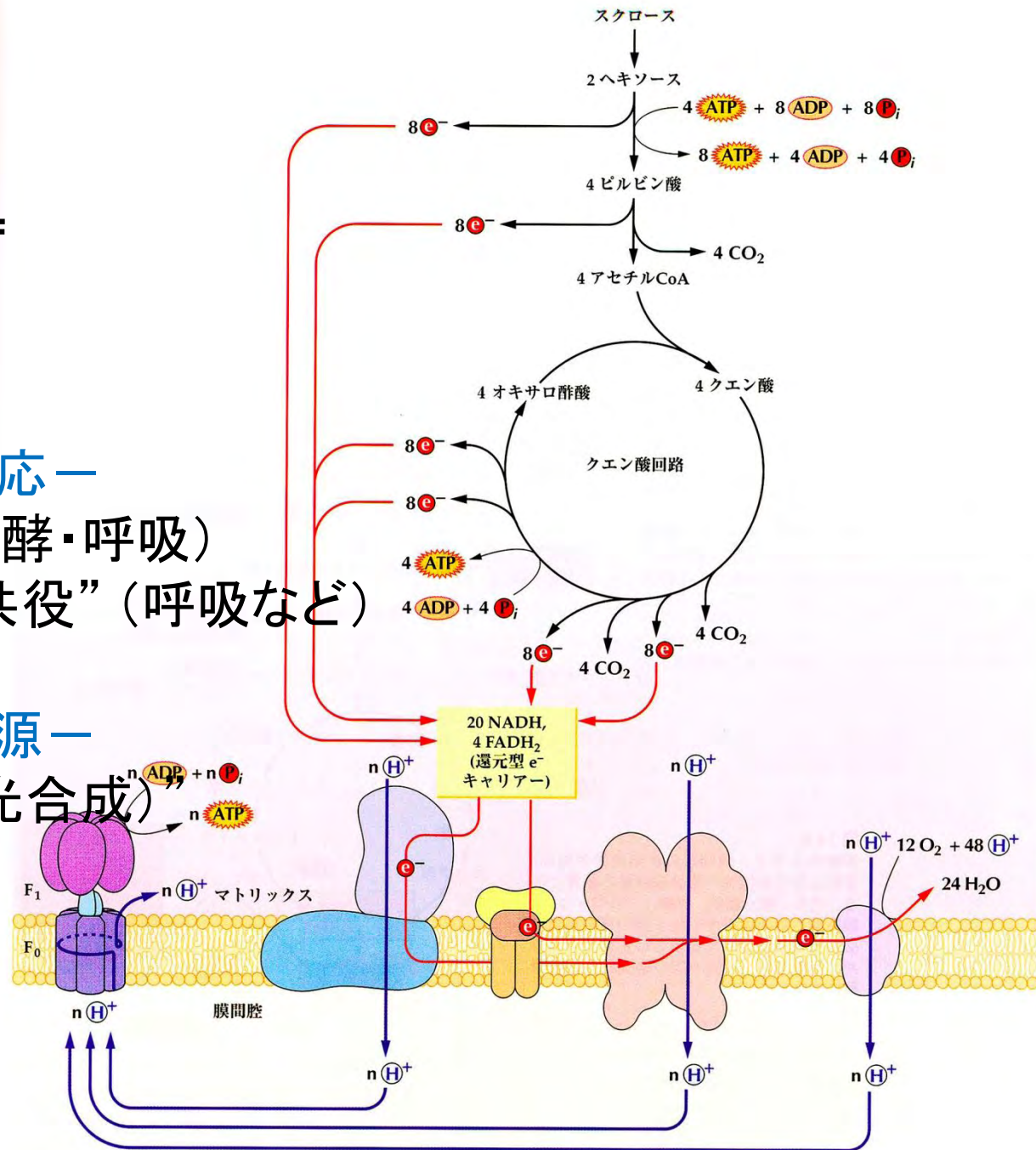
“基質レベル”（発酵・呼吸）

“膜ポテンシャル共役”（呼吸など）

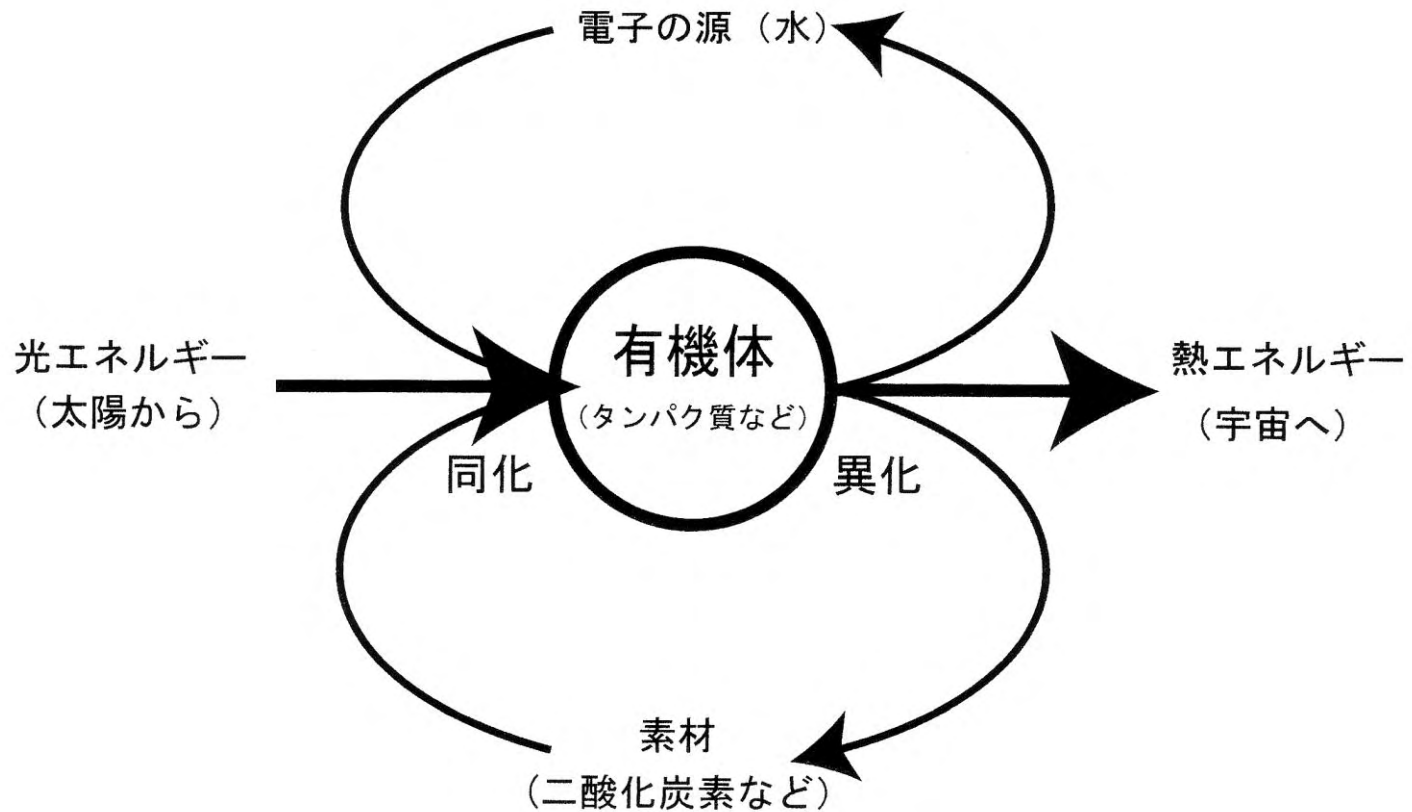
最終的なエネルギー源ー

“光エネルギー（光合成）”

“化学エネルギー（化学合成）”



物質とエネルギーの流れ (光合成型)



合成素材とエネルギーの獲得様式

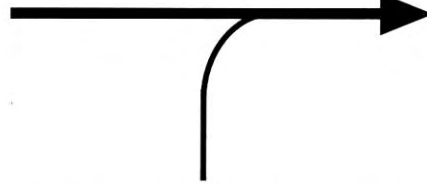
- 従属栄養生物
 - 発酵
 - 呼吸(酸素、無機物)
- 独立栄養生物
 - 光合成
 - 化学合成
- ATP合成の様式
 - 基質レベル
 - エネルギー共役(膜?)
 - 電子伝達系(膜)
- 電子の源
 - 有機物、無機物(特に、水)
- 有機物合成の素材
 - 有機物、無機物(C・N・S・・)

“代謝”における多様性！

(個体の発生)

(生物の進化)

単純な系



複雑な系

外界からエネルギー

(秩序)

(食物連鎖)

太陽の光エネルギー (光合成)

(または化学エネルギー (化学合成))

生物の進化

進化の証拠

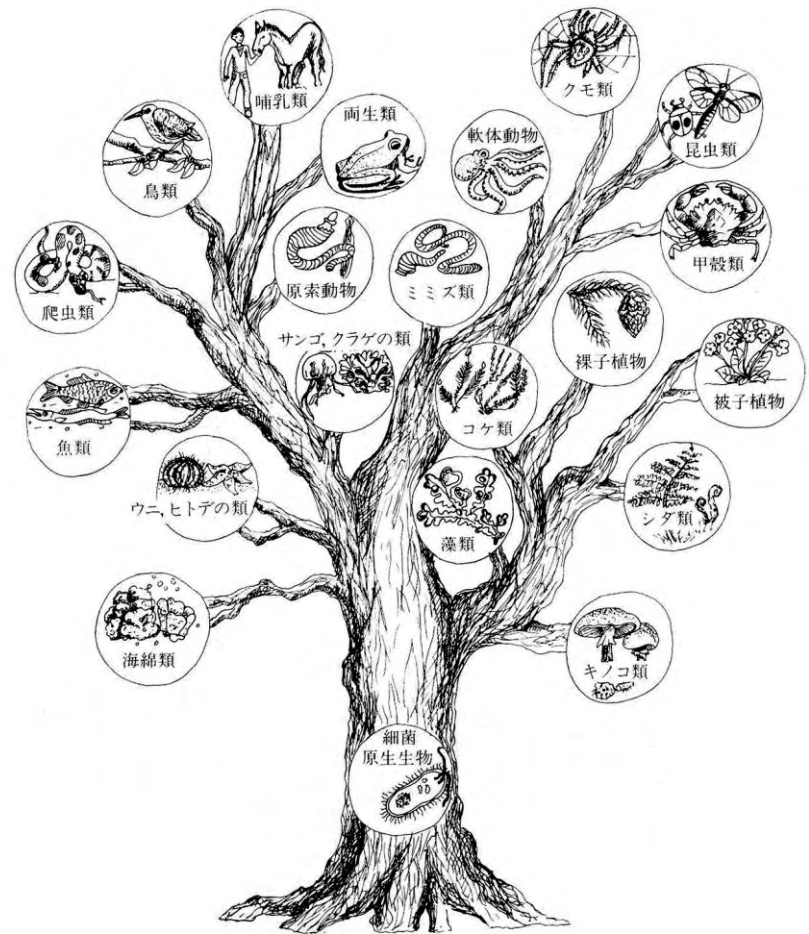
C. リンネ(1735)

“自然の体系”

C. ダーウィン(1859)

“種の起源”

- 古生物学的な証拠
(化石・化学化石)
- 発生学的な証拠
- 解剖学的な証拠
- 比較生理・生化学的な証拠
- 分子生物学的な証拠
— 遺伝子に刻まれた証拠 —
-



生物種の進化系統樹

ダーウィンの進化論

—“変異”と“淘汰”—

“ランダムな変化を取捨選択する！”

“物質の複雑化の流れの中で、
単純なものから複雑なものへと
発展する（背景となる普遍的な考え）”

“進化はなんら生物の特性ではなく、
生物の特性である保存機構の不完全さに
根ざしている（J. モノー）“

変異の仕組み

遺伝子の突然(偶然)変異

DNA上の塩基置換、重複、挿入、欠失、転位・・・
染色体の組み換え、倍化・・・

遺伝子の水平伝搬(種から種へ、ウイルスから?)
ゲノムの取り込み(共生から細胞器官獲得へ)
・・・

淘汰

生物としての自己保存(生存)目的への
適合性による選択！

適合性(主要要素)－

長寿命であること

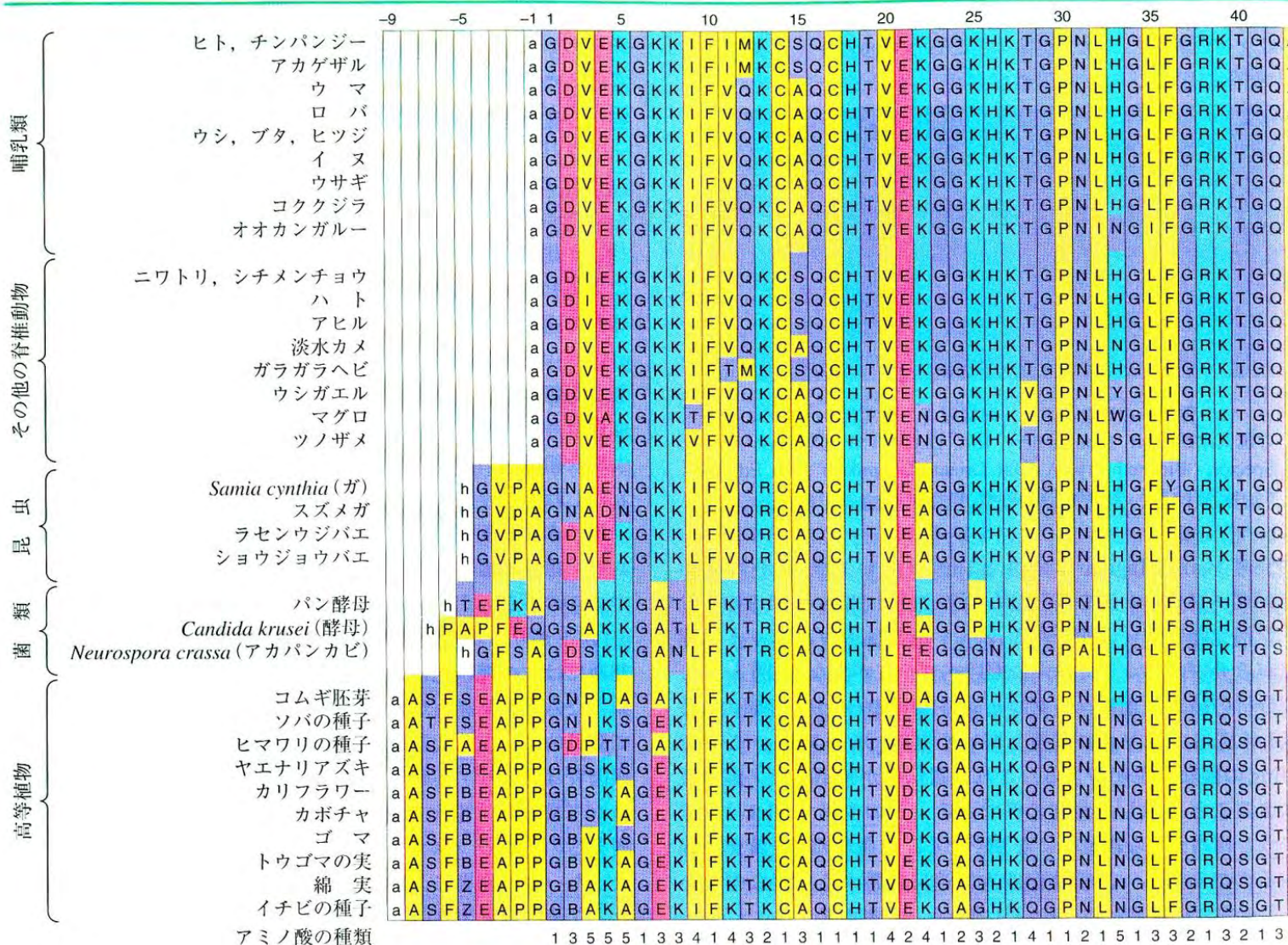
繁殖頻度が高いこと

複製が正確であること

偶然と必然！

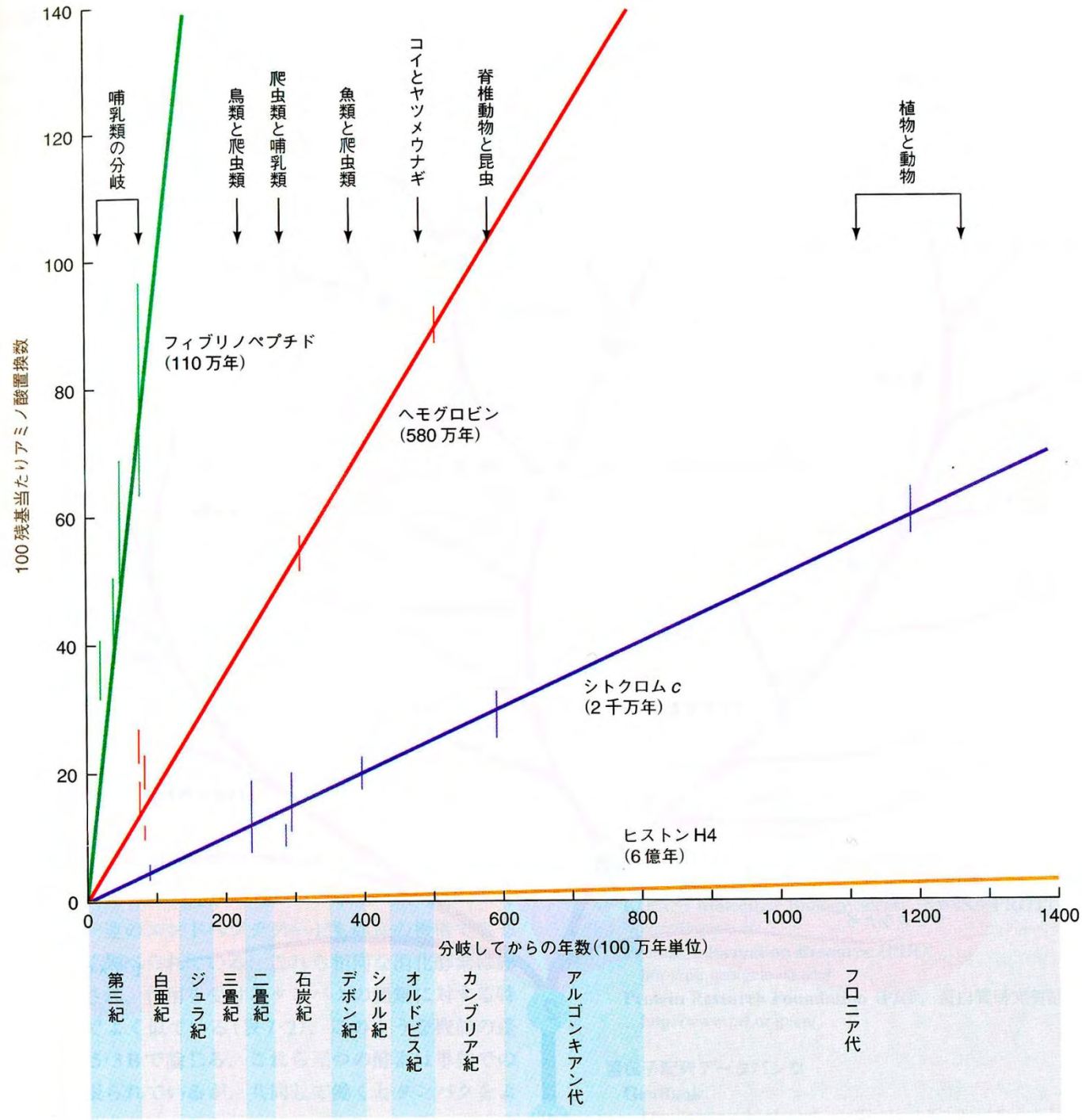
進化を辿る

— シトクロムcに見られるアミノ酸置換(例) —

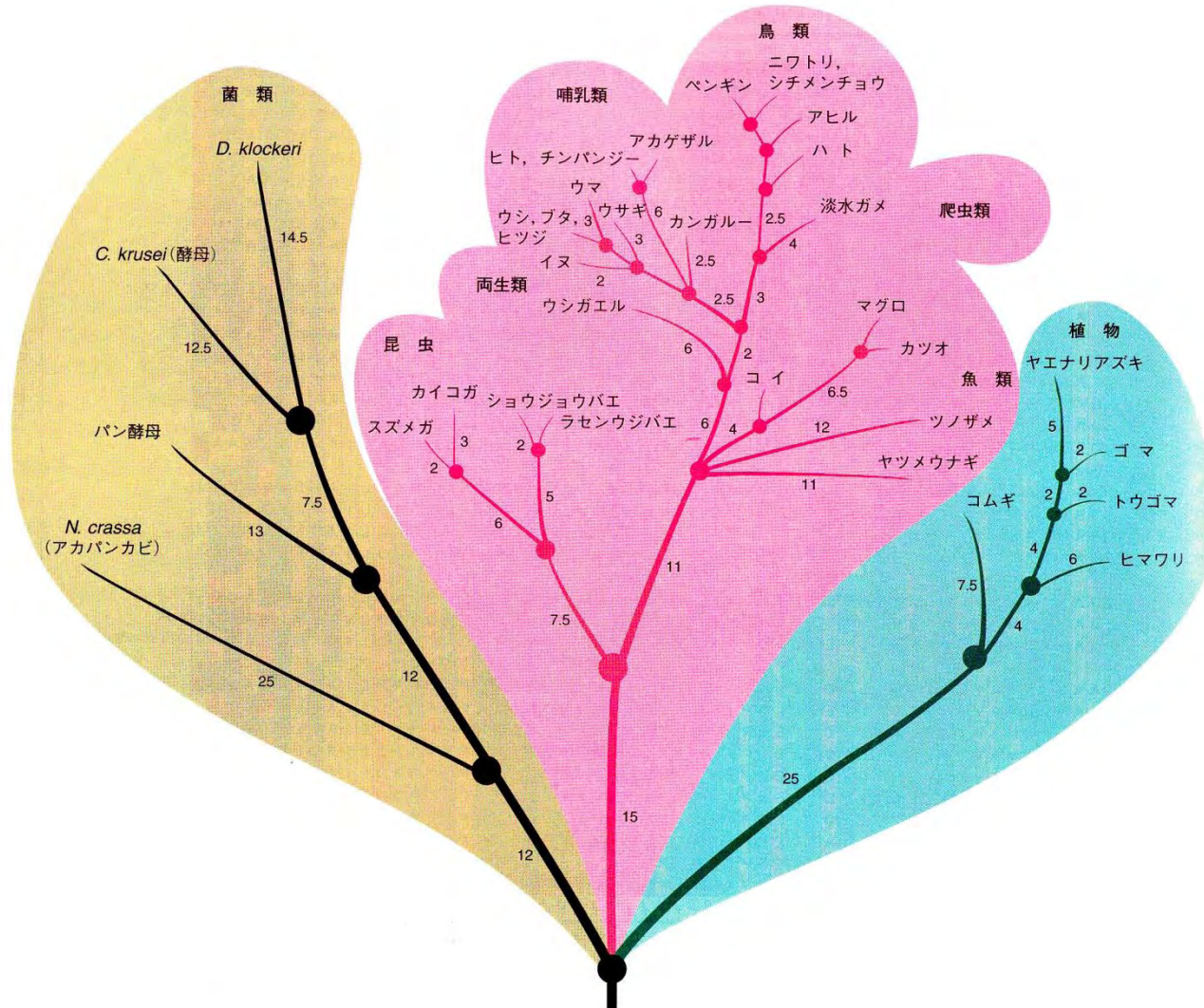


進化の速度

アミノ酸の
置換数が時間に
比例している！

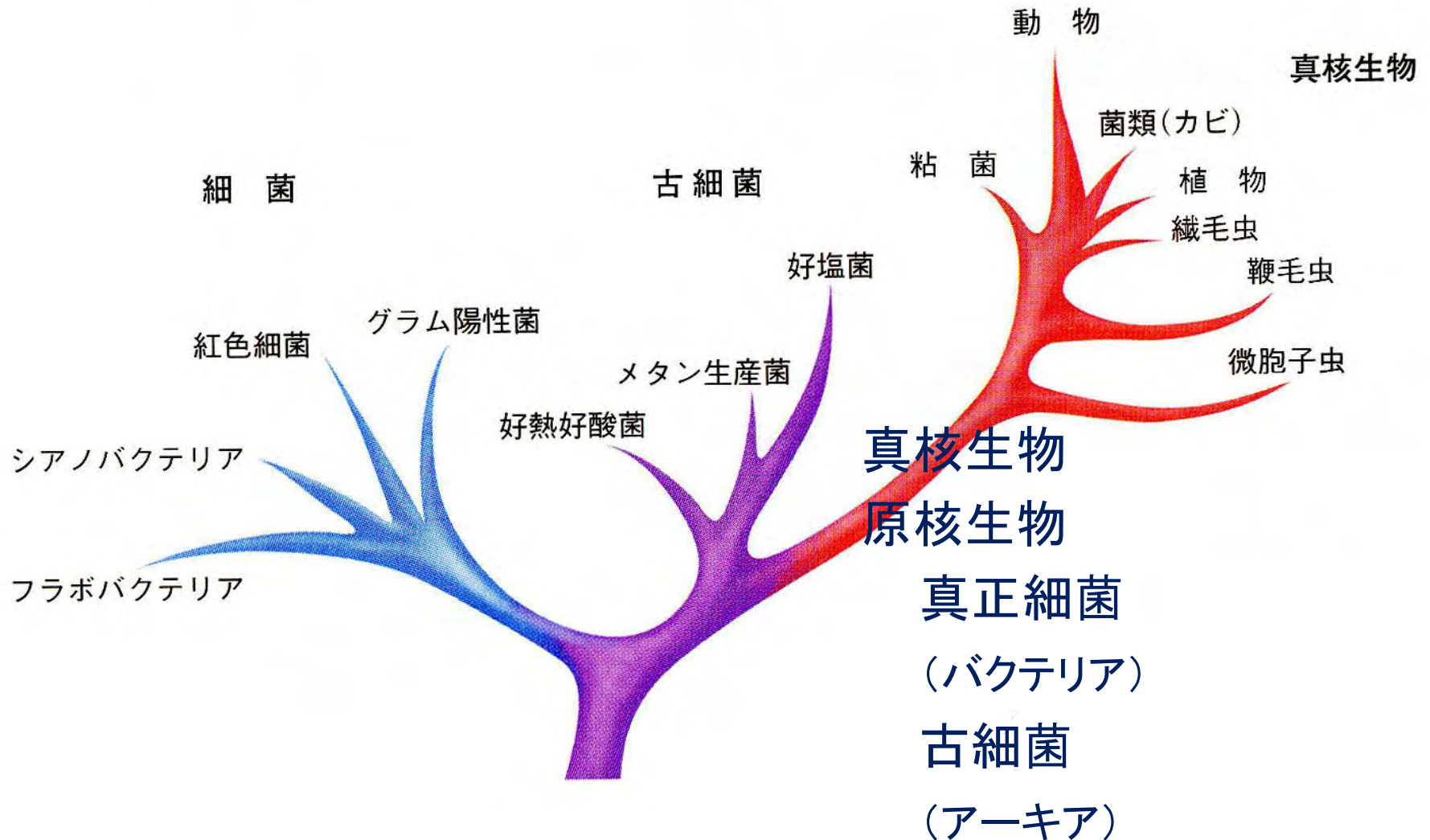


シトクロムcの分子系統樹



全生物の系統樹(1)

(16S-rRNA)



“生物三界説”

真核生物(原核生物起源)

原核生物

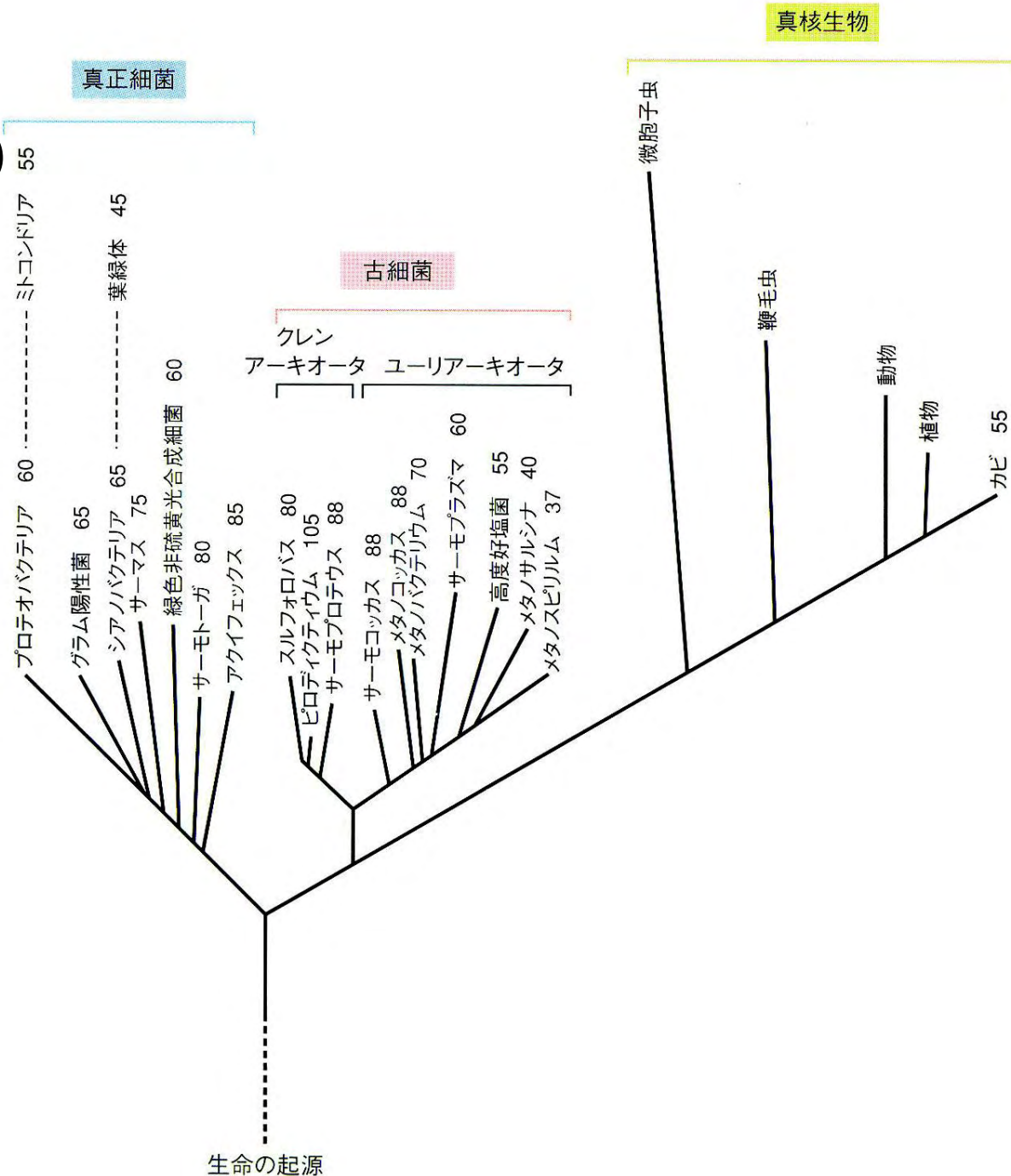
アーキア(古細菌)

バクテリア(真正細菌)

全生物の系統樹(2) (16S-rRNA)

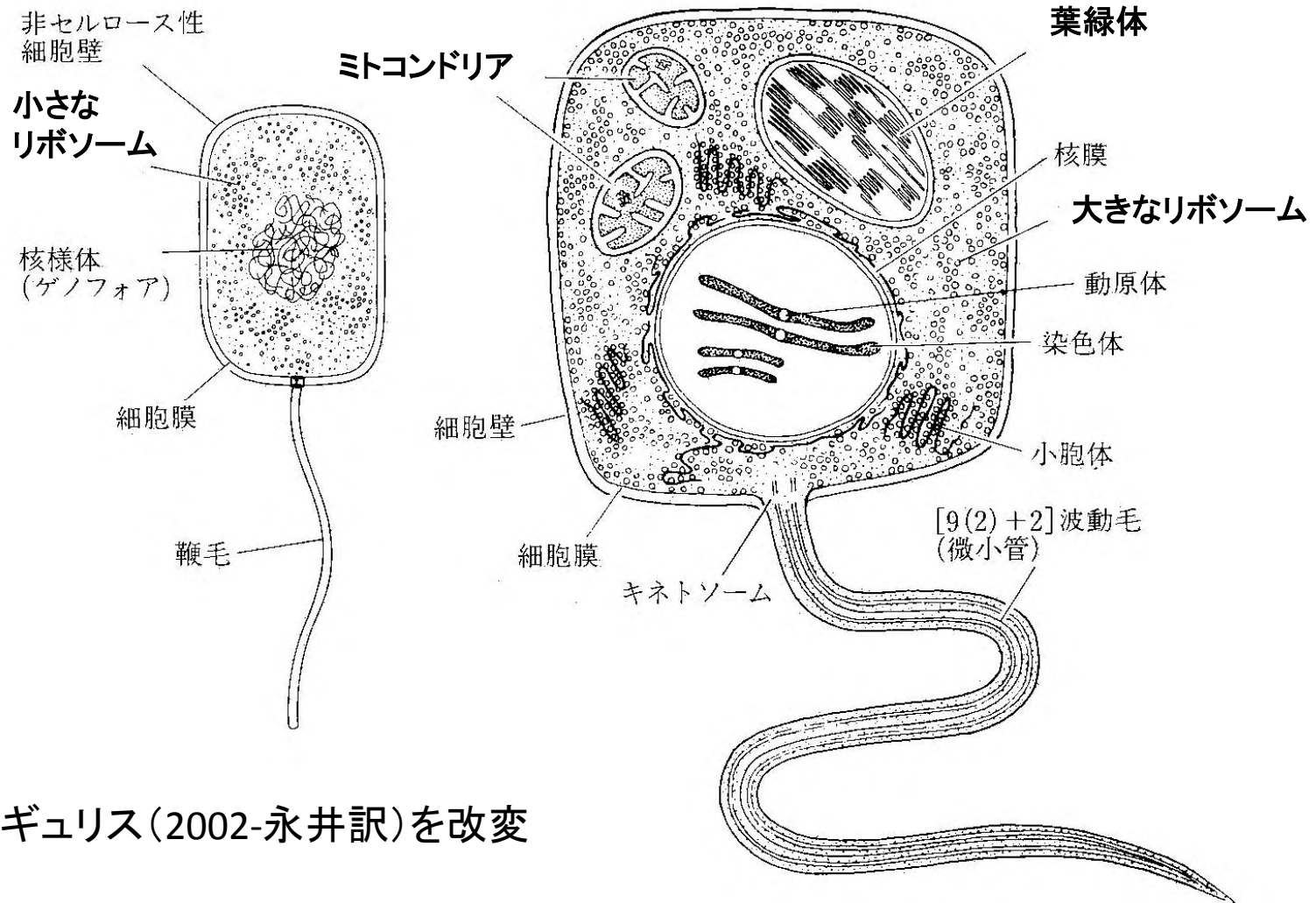
生育温度(°C)

山岸(2009)を改変



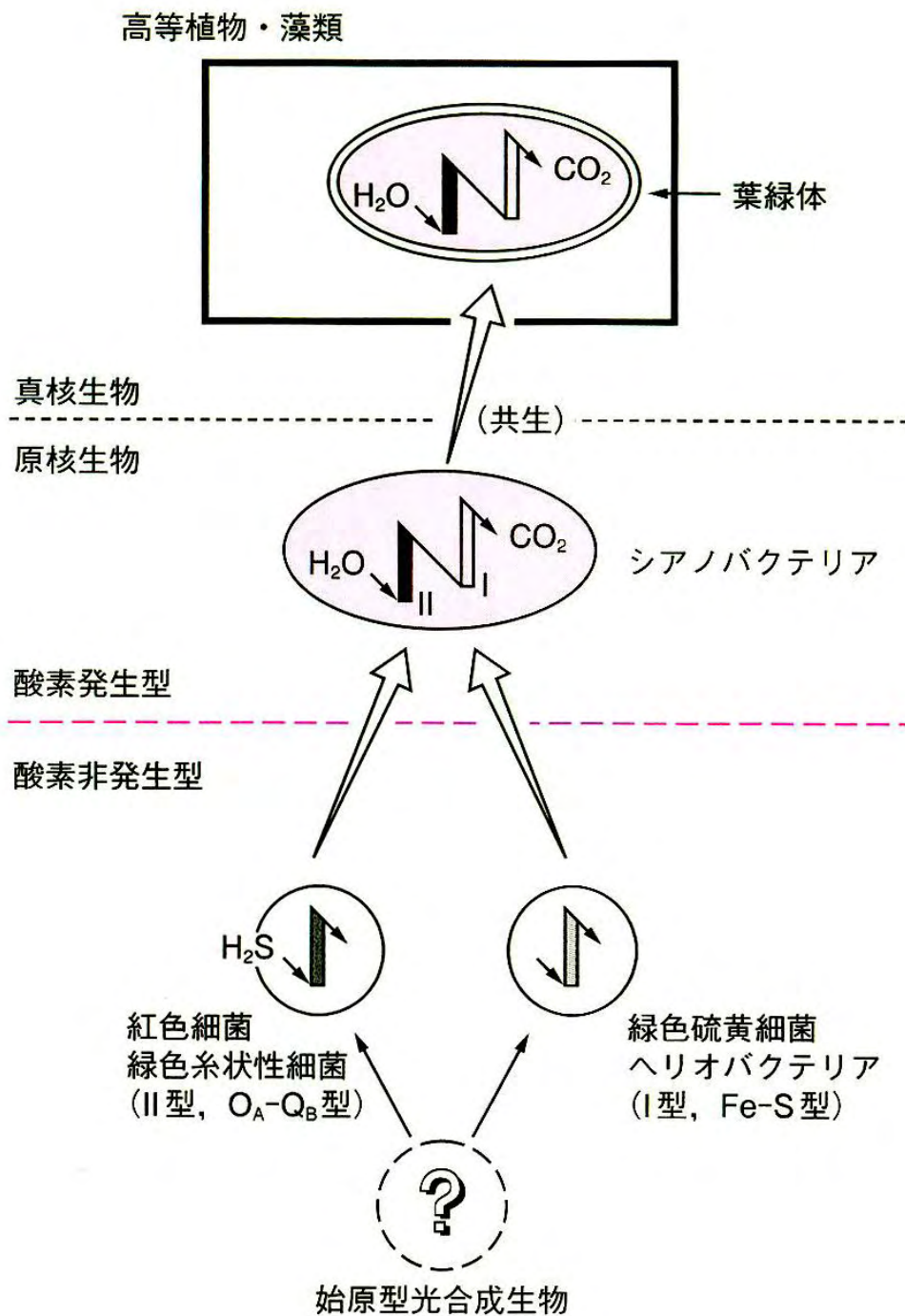
原核生物と真核生物

—“ミトコンドリア”や“葉緑体”の起源—



L. マーギュリス(2002-永井訳)を改変

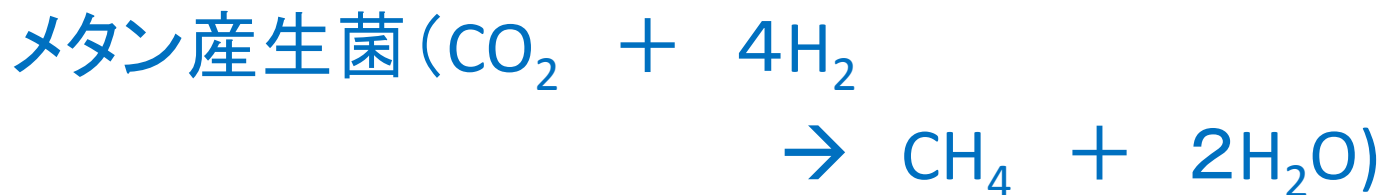
光合成系に見る 原核から真核 への進化



アーキア(古細菌)の不思議

- 独特な脂質膜
- 特色ある糖代謝・エネルギー代謝
- ゲノムサイズが小さい(遺伝子数が少ない)
- 極限環境に生息するものがある

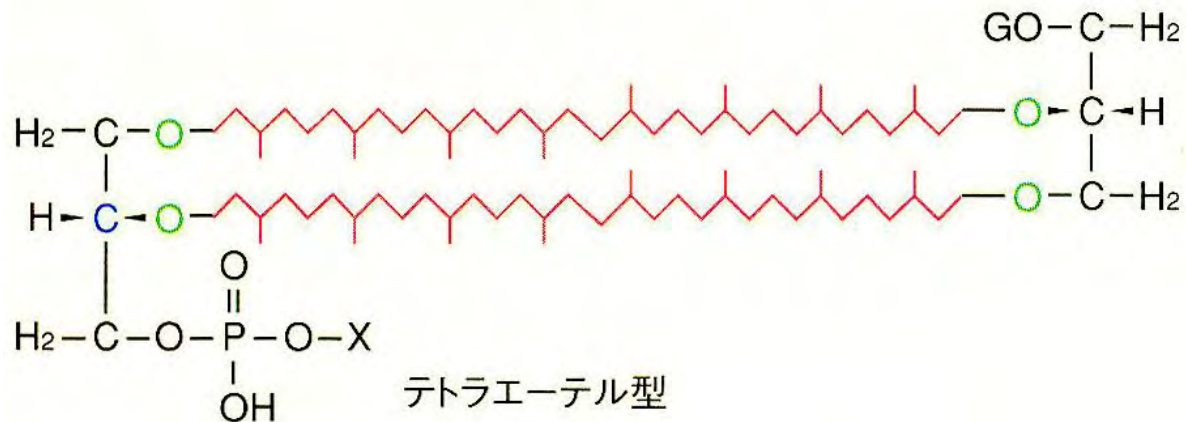
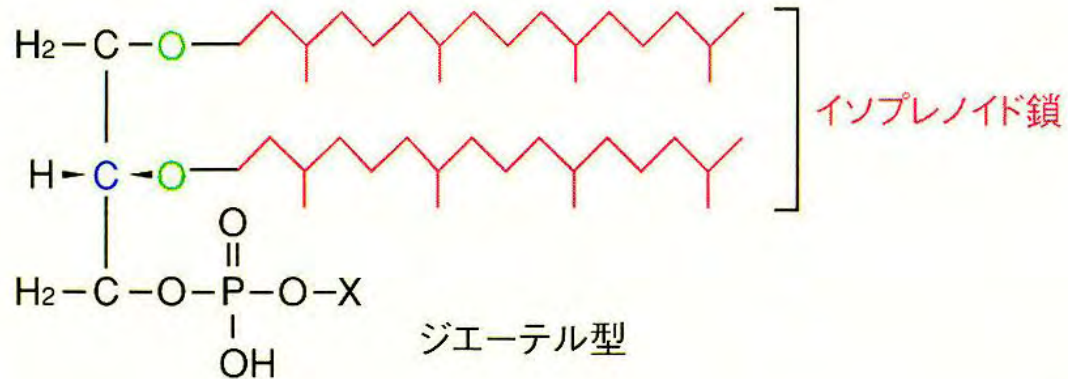
生命の起源に近い生物か？



好塩菌

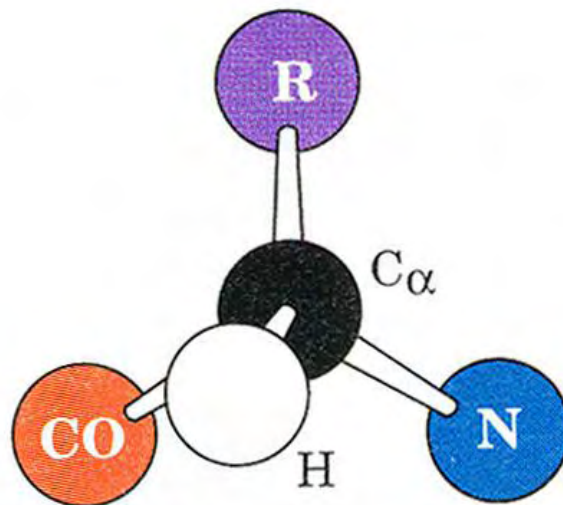
好熱好酸菌

アーキアの脂質



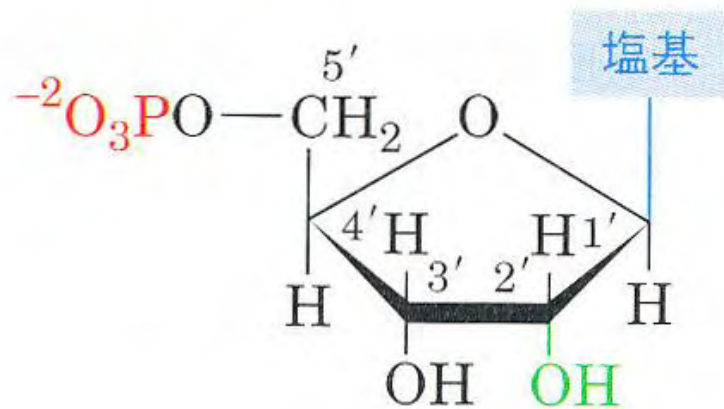
古賀(2009)より

立体異性(アミノ酸)



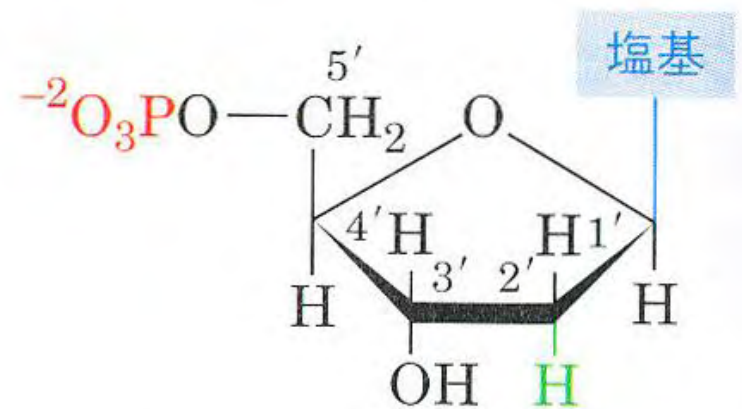
立体異性体(リボース、デキシリボース)

(a)



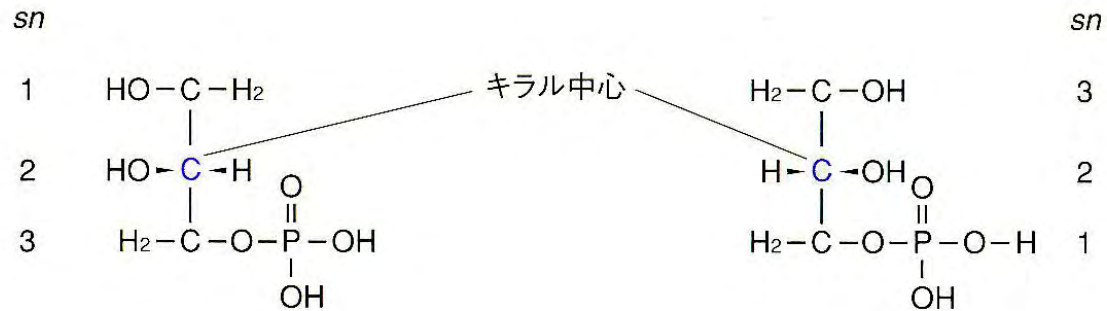
リボヌクレオチド

(b)



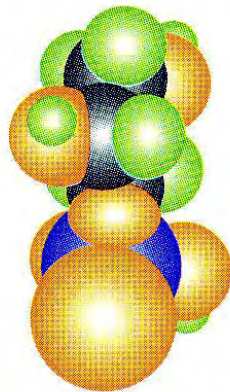
デオキシリボヌクレオチド

立体異性体(脂質)

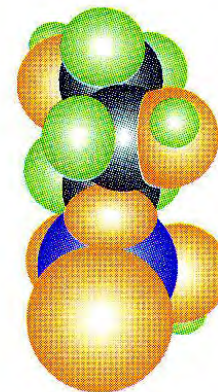


sn-グリセロール3-リン酸

sn-グリセロール1-リン酸



真正細菌

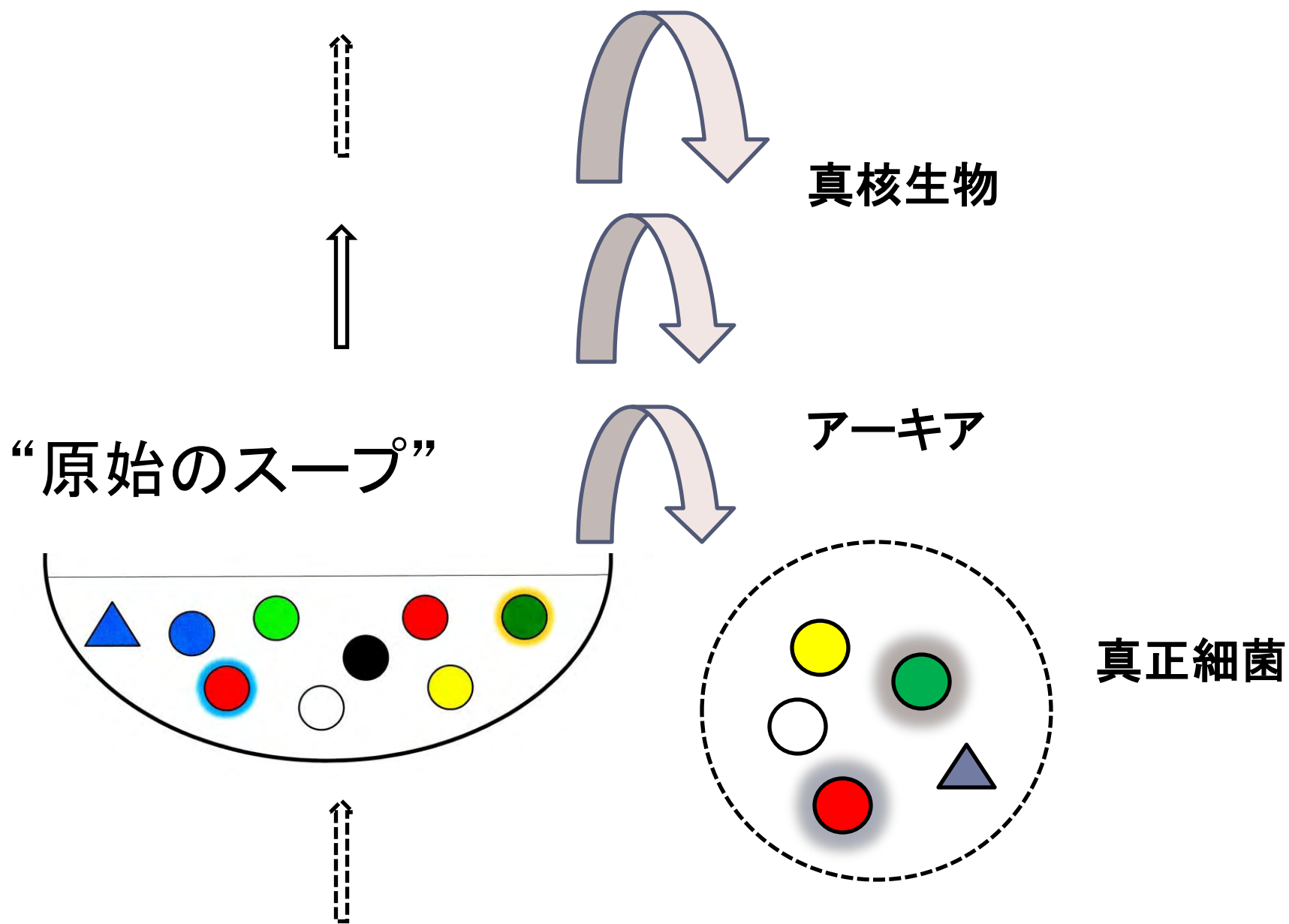


アーキア

古賀(2009)より

系統樹から辿れる

“最初の生命体(LUCA)”は？



“RNAワールド”の可能性

- 酵素（エンザイム）

“酵母の中で働くもの”

酵素はすべてタンパク質である！

- リボザイム

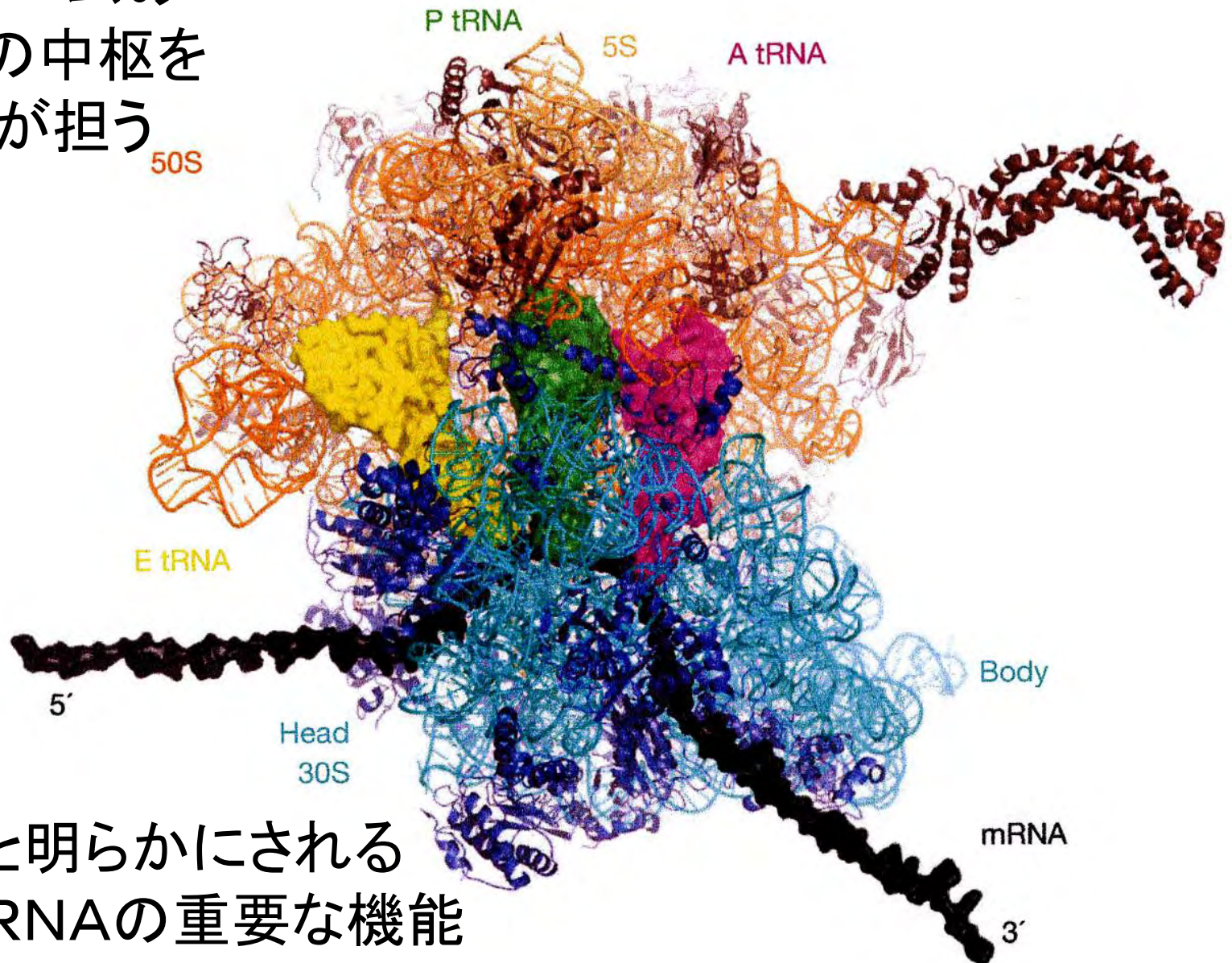
触媒能をもつRNA！

T. チェック・A. ツァウグ（1986）

W. ギルバート（1986）

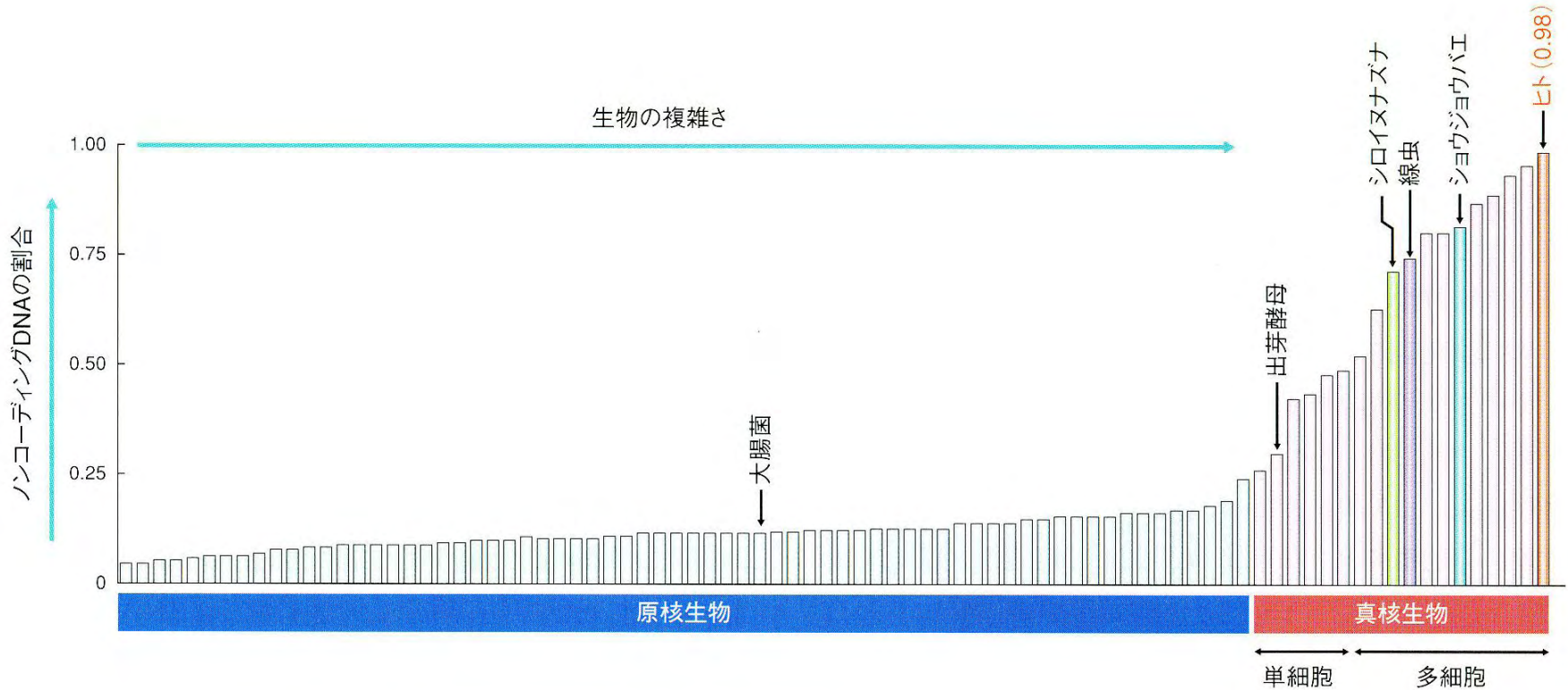
- デオキシリボザイム

リボソームの 機能の中枢を RNAが担う



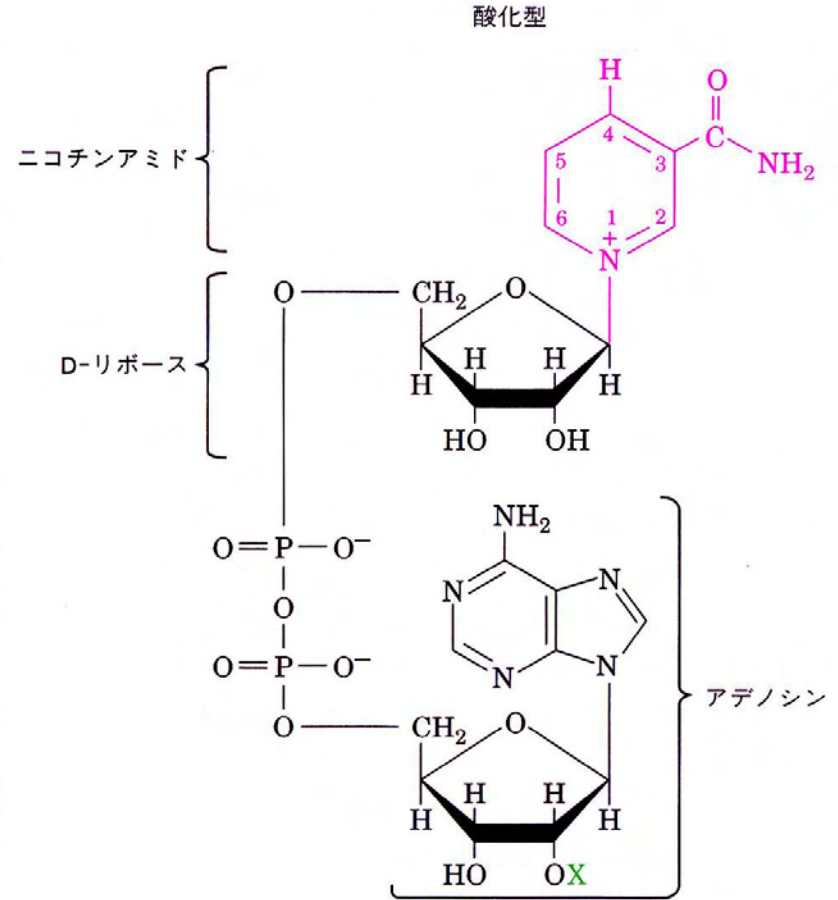
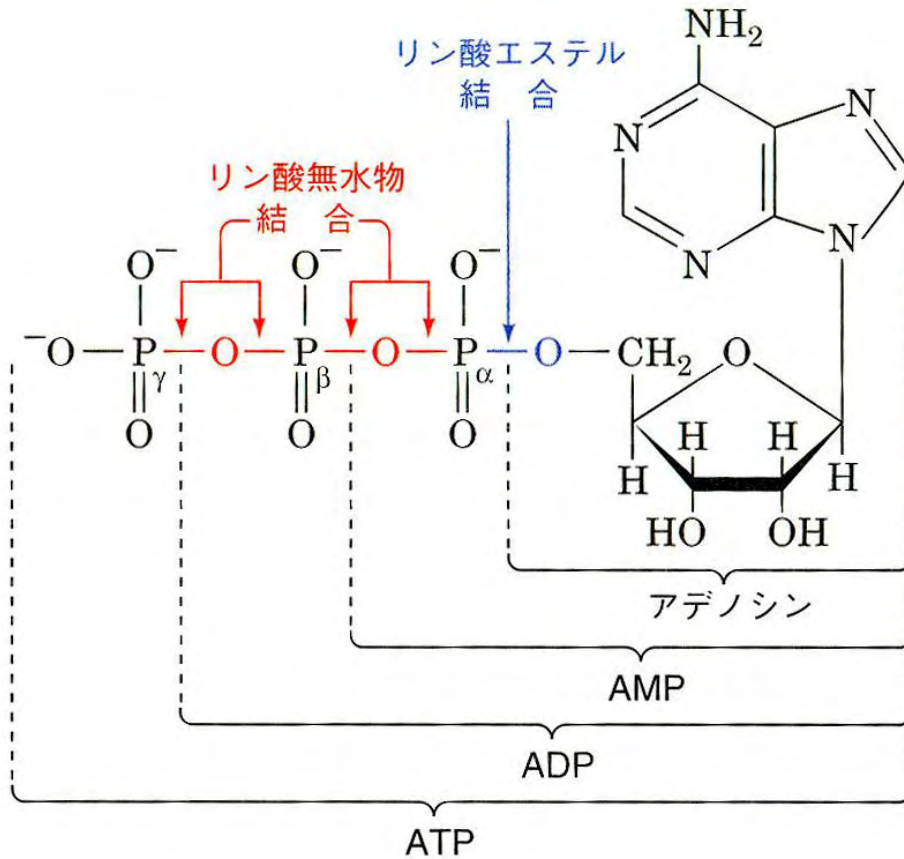
続々と明らかにされる
小形RNAの重要な機能

タンパク質をコードしないDNAの割合 (多くの部分がmRNAとして転写)



塩見(2008)より

エネルギー分子(ATP)、電子伝達分子(NAD)と情報分子(DNA・RNA)の類似性



RNAウイルス(例)

—レトロ型、mRNA型—

タバコモザイクウイルス(1898)

トリインフルエンザウイルス(1901)

ポリオウイルス(1948?)

HIV(エイズウイルス)(1983)

C型肝炎ウイルス(1989)

SARSウイルス(2003)

...

地球上の生物の起源

一般的な信念

宇宙で進行する物質複雑化の
流れの中で
“生命”が誕生した！

T. ド・チャルダン(1916)

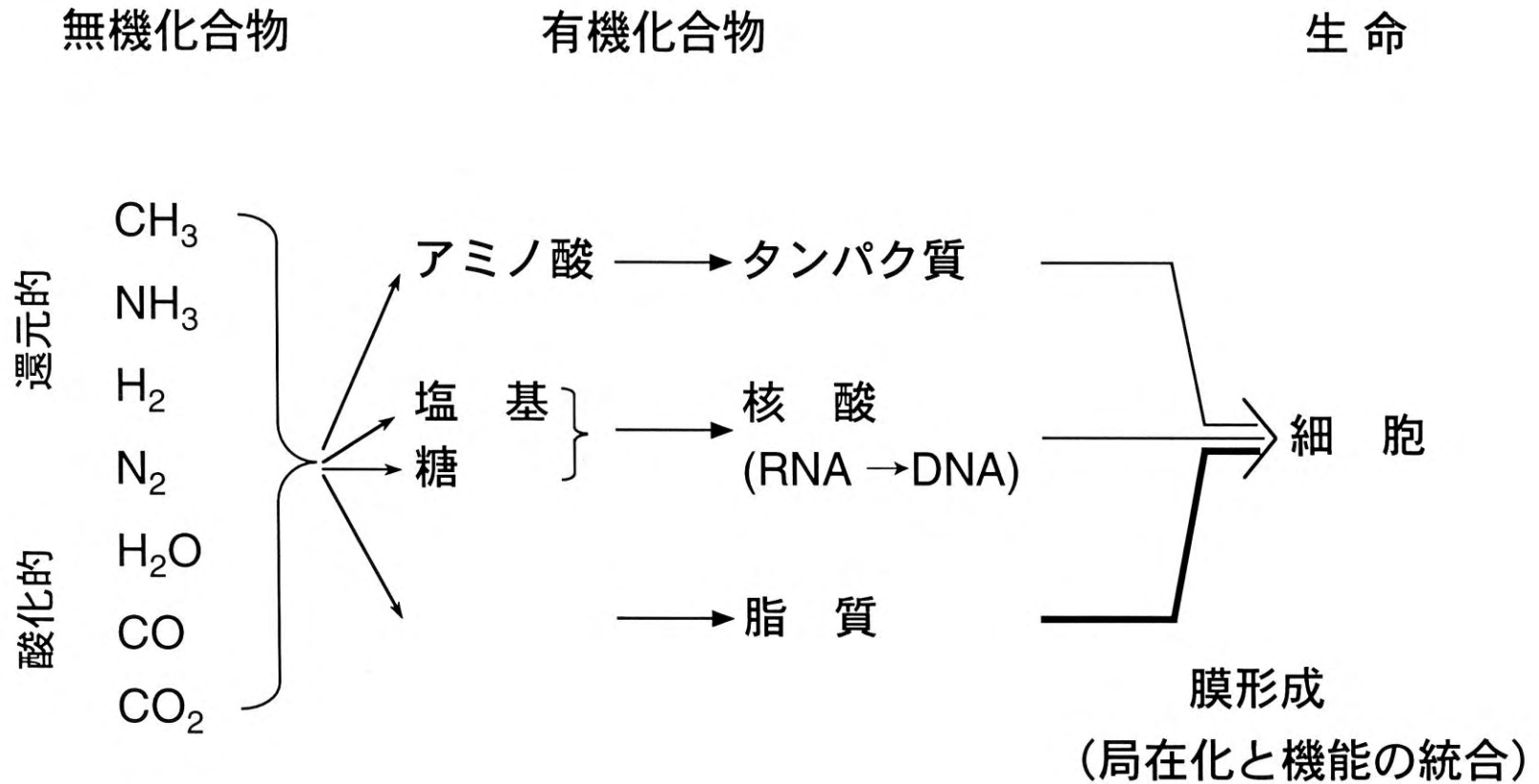
A. I. オパーリン(1924)

J. B. S. ホールデン(1927)

起源は？

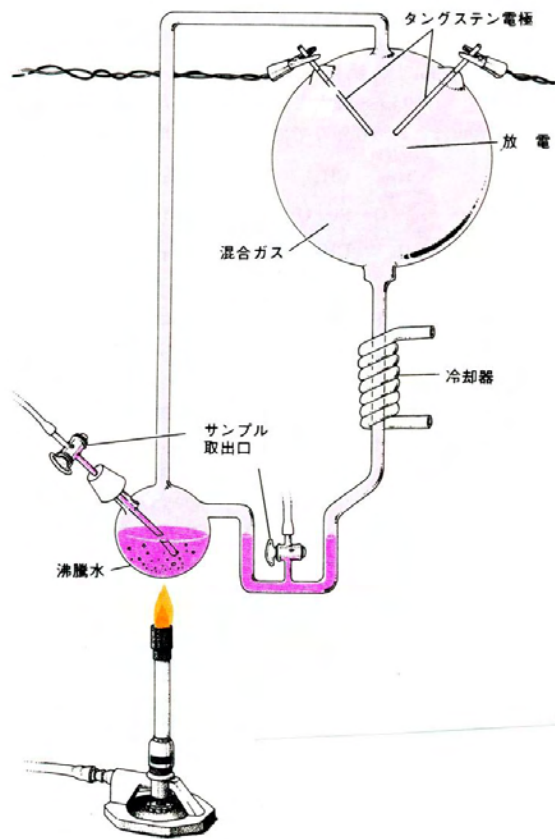
- 他の天体から飛来した
生命体の形で(パンスペルミン説)
有機物の形で
“火星由来の隕石ALH84001に
微生物痕を発見か”！
- 地球上で誕生した
複雑な環境中に出現する簡単な生きもの
“従属栄養生物”起源説
単純な環境中に出現する複雑な(?)生きもの
“独立(化学)栄養生物”起源説

物質から生命へ



ミラー・ユーレイの実験(1953)

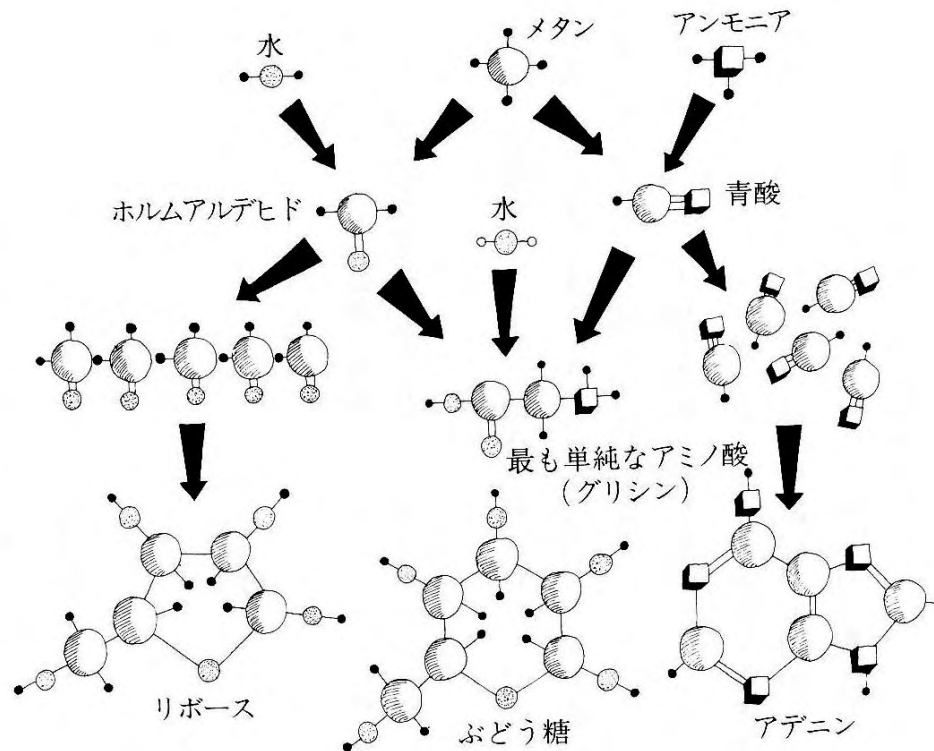
(水、メタン、アンモニア、水素)



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
2-アミノ酪酸	0.34
2-アミノイソ酪酸	0.007
2-ヒドロキシ酪酸	0.34
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
イミノ二酢酸	0.37
3-(カルボキシメチルアミノ)プロピオン酸	0.13
ギ 酸	4.0
酢 酸	0.51
プロピオン酸	0.66
尿 素	0.034
N-メチル尿素	0.051

分子の系統樹(化学進化)

H_2 , CO , N_2 , H_2O , CO_2



ポリヌクレオチド(核酸)、ポリペプチド(タンパク質)、ポリグルコシド(多糖類)、脂質

化学進化の課題

- エネルギー源
- 出発物質（原始大気の組成など）
- 反応条件
 - 気相・液相・界面・触媒分子
 - （条件の変動一例、乾湿サイクル）
- “生命”への壁
 - “自己複製能”の獲得（“進化能”？）
 - “代謝能”の獲得
 - “限界膜・選択輸送系”の獲得

“鍵”となるステップ

- 自己複製能をもつ高分子の形成(RNA?)
- “RNAワールド”から
“タンパク質・DNAワールド”への転換
- 選択透過性をもつ脂質膜による囲い込み

化学独立栄養仮説

- J. バーナル(1959)
- M. ヤカス(1955)
- G. ヴェヒターショイザー(1988)
“表面代謝説”



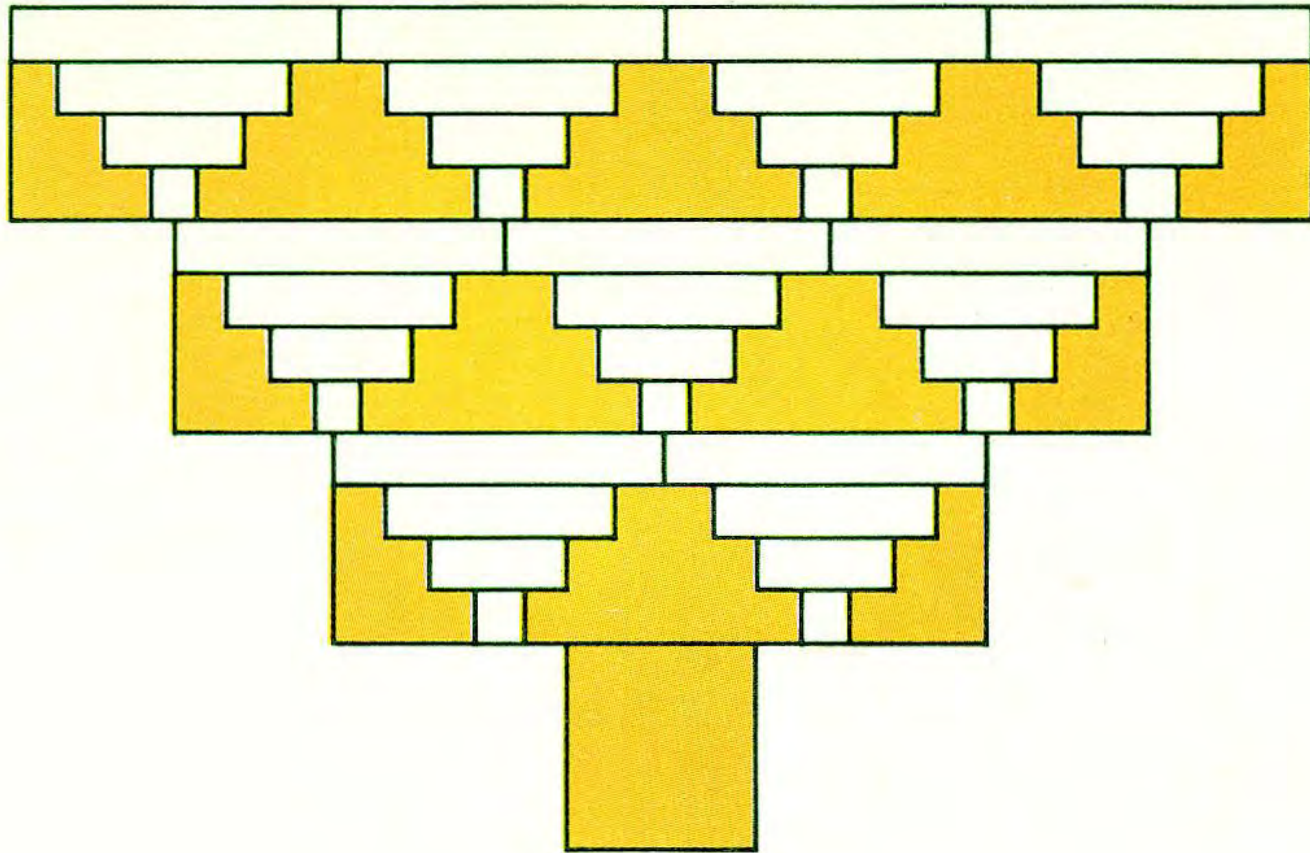
生命は

生まれるべくして生まれたか？

それとも

偶然の産物か？

“科学”の逆ピラミッド構造



D. カーク(1975)より

本講演で使⽤した図は
主に下記の著書から借用しました

- D. ヴォート・J. G. ヴォート著 (⽥宮他訳)
生化学ー第2、3版 (東京化学同人)

