

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

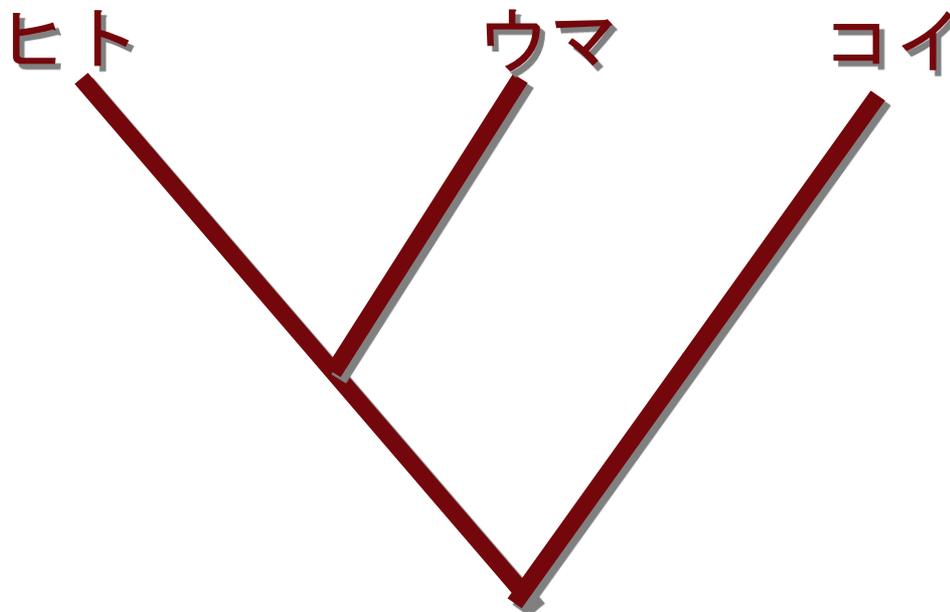
- 天文学
- 惑星科学、地球物理学
- 地球化学、化学進化
- 地学的証拠
- 生化学的研究
- 熱水地帯の微生物生態
- 遺伝子の証拠、分子進化学
- 宇宙での微生物探査
- 知的生命体探査

遺伝子の証拠

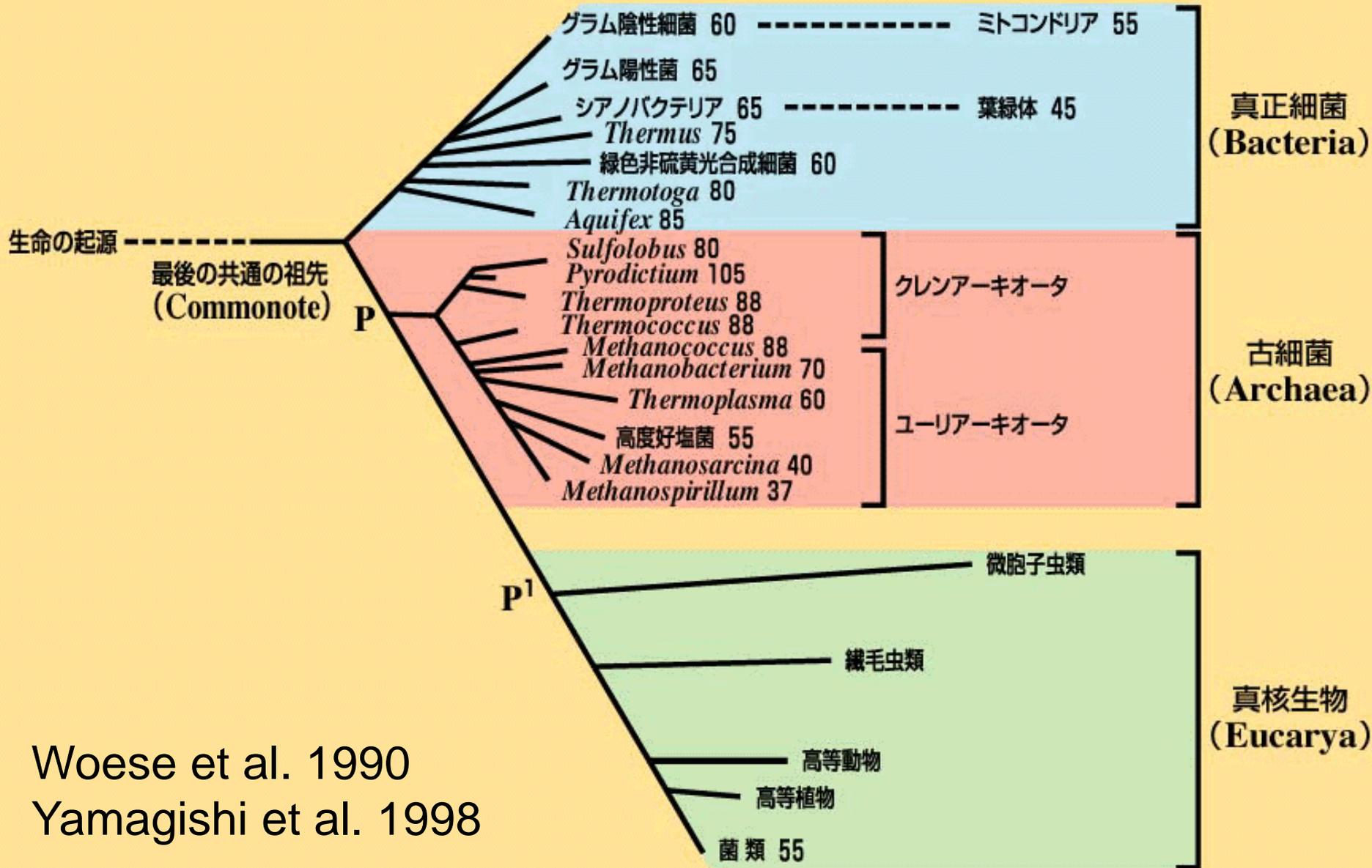
分子進化学

現存する生物の遺伝子を比較すると進化系統樹を推定できる。

ヒト	VLSPADKTNVKAAWGKVGAGHAGEYGAEALERMF LAFPTTKTYFPHF
ウマ	VLSAADKTNVKAAWSKVGGHAGEYGAEALERMFLGFPTTKTYFPHF
コイ	SLSDKSKAAVKIAWAKISPKADDIGAEALGRMLTVYPQTKTYFAHW



全生物の進化系統樹



Woese et al. 1990

Yamagishi et al. 1998

Progenote:

まだ遺伝の仕組みがきちんとしていなかった生き物。

Woese 1985

Commonote:

最後の共通の祖先種:

ひとつの遺伝子プールを持っている。

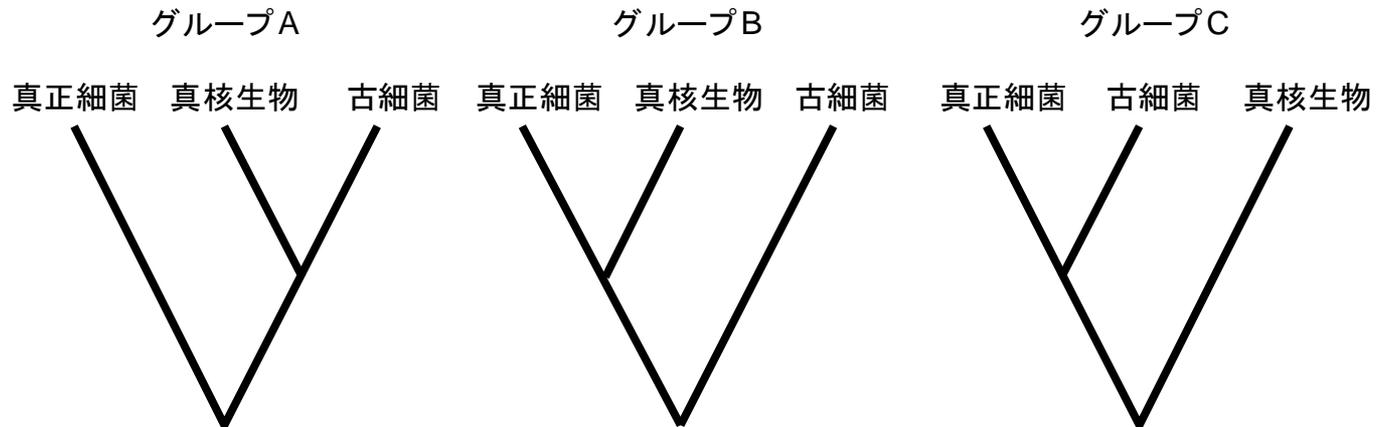
Yamagishi et al. 1998

分岐年代の推定に用いられた化石に基づく分岐年代 (Feng et al. 1997)

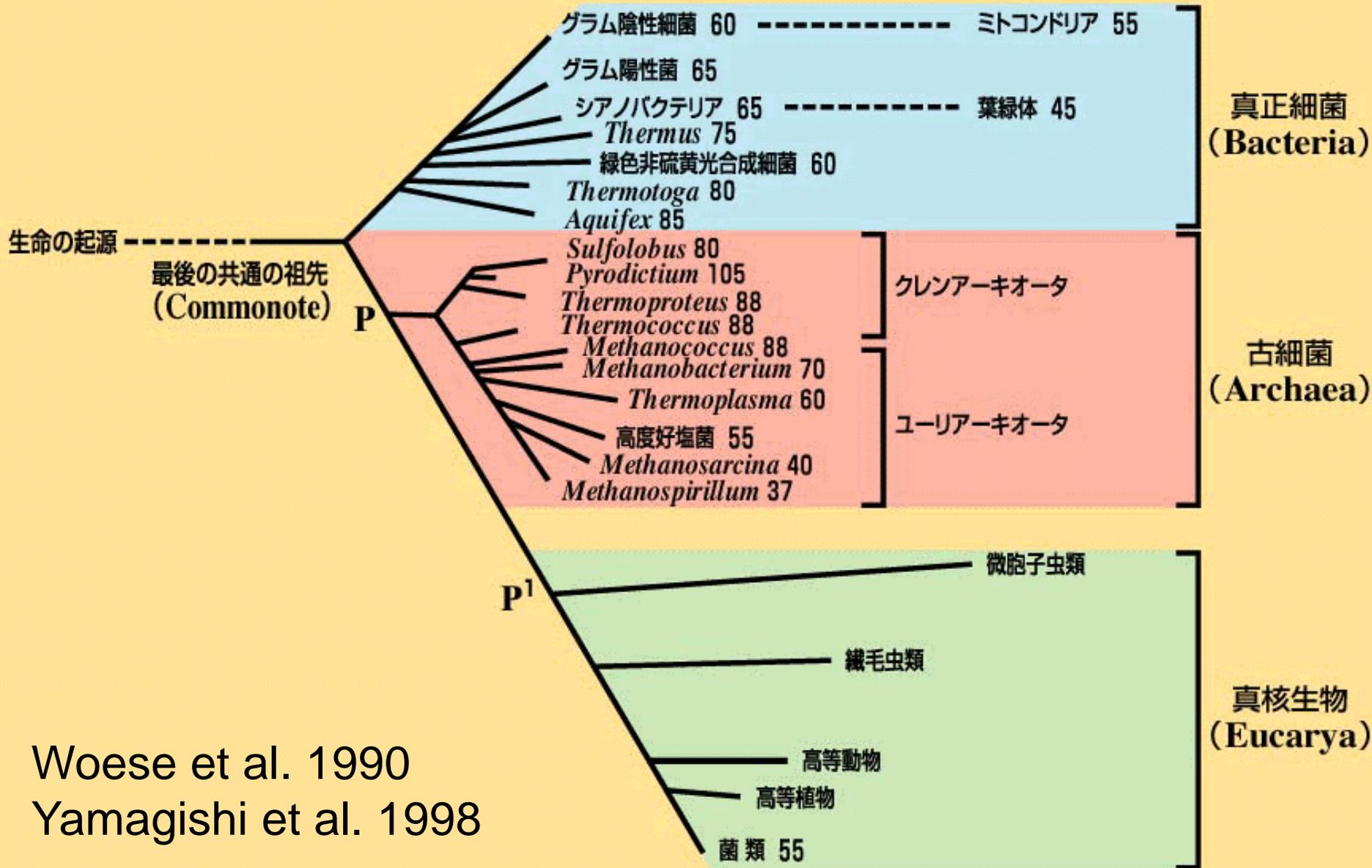
比較	遺伝子の数	化石に基づく最後の共通の祖先 (億年)
哺乳類/哺乳類	48	1.00
有胎盤類/有袋類	3	1.30
哺乳類/鳥類-爬虫類	16	3.00
羊膜類/両生類	11	3.65
4足類/魚類	15	4.05
有顎類/ヤツメウナギ	1	4.50

生物の分岐年代の推定値 (Feng et al. 1997)

生物群	推定分岐年代 (億年)
棘皮動物/脊索動物	5.9
後口動物/前口動物	8.5
裂体腔動物/偽体腔体腔動物	10.5
菌類/動物	11.3-12.7
植物/動物	12.0-12.2
原生動物/後生動物	15.5
古細菌/真核生物 (グループ A)	24.1
真正細菌/真核生物 (グループ B)	21.9
古細菌/真正細菌 (グループ A と B)	37.8 (33-40)



全生物の進化系統樹



Woese et al. 1990

Yamagishi et al. 1998

祖先超好熱菌說

Woese, C. R. (1987)

Pace, N. R. (1991)

Nisbet, E. G. and Fowler, C. M. R. (1996)

Yamagishi, A., Kon, T., Takahashi, G., and Oshima, T. (1998)

非好熱菌說

Miller, S. L. & Lazcano, A. (1995)

Forterre, P. (1996)

Galtier, N., Taurasse, N. & Gouy, M. (1999)

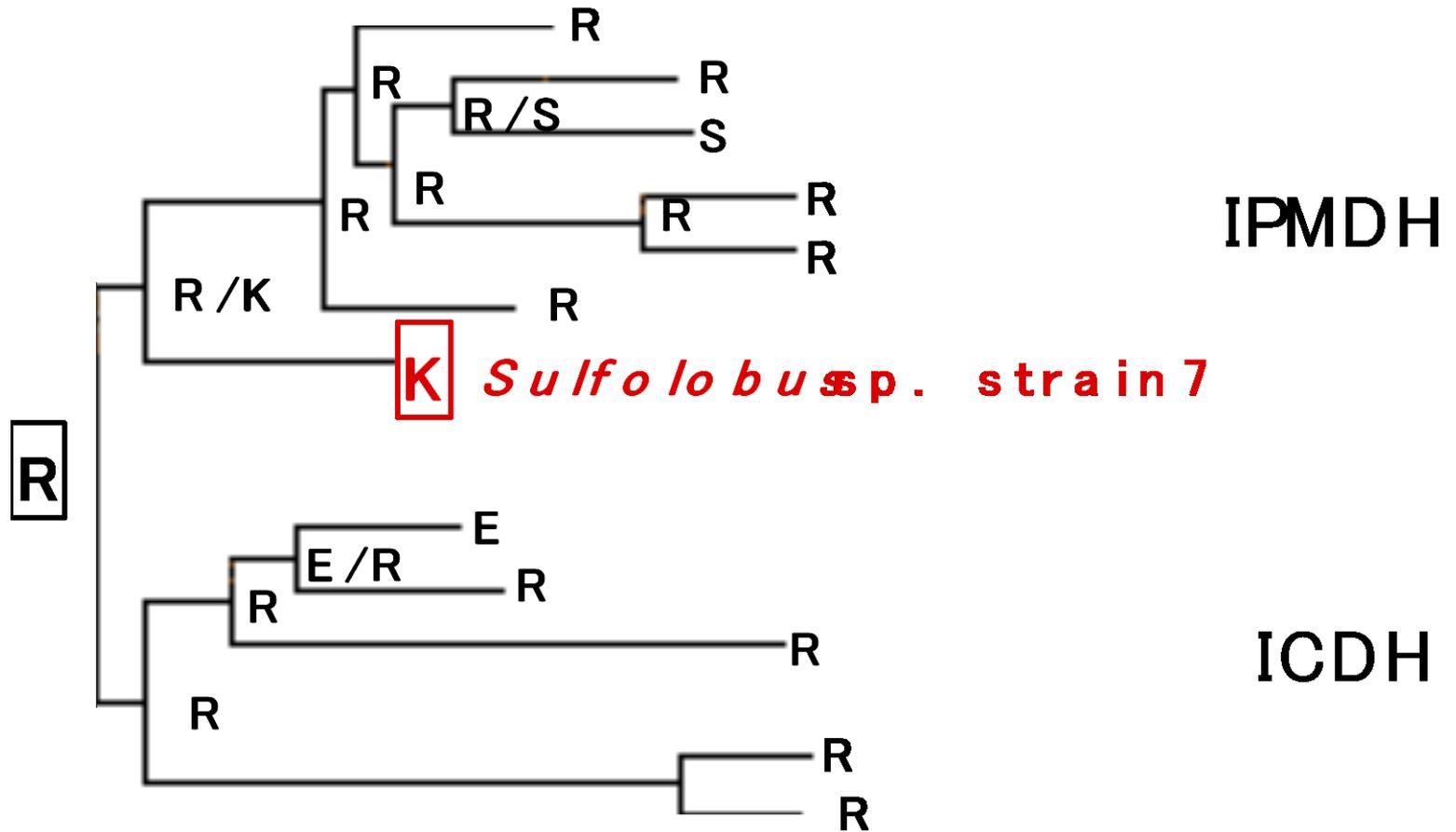
実験的検証

全生物の共通の祖先は超好熱菌か？

祖先酵素の全合成

NDKのアライメント

祖先型アミノ酸推定法



NDKのアライメント

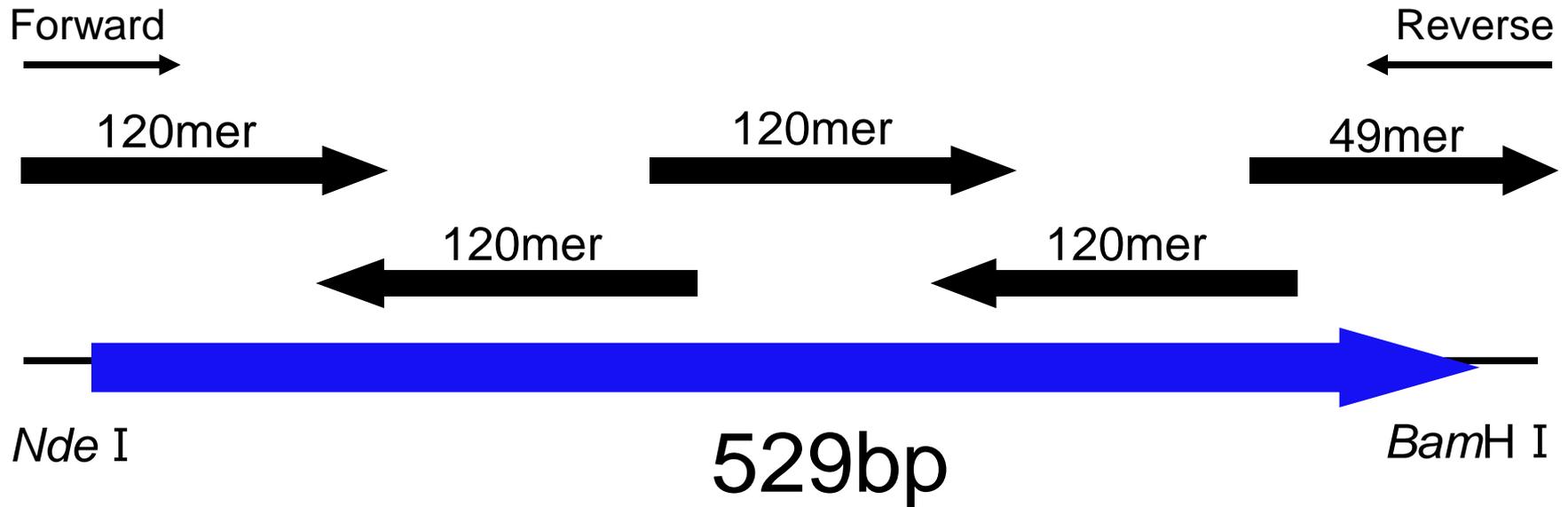
祖先型遺伝子をつくる

遺伝子からタンパク質を作る

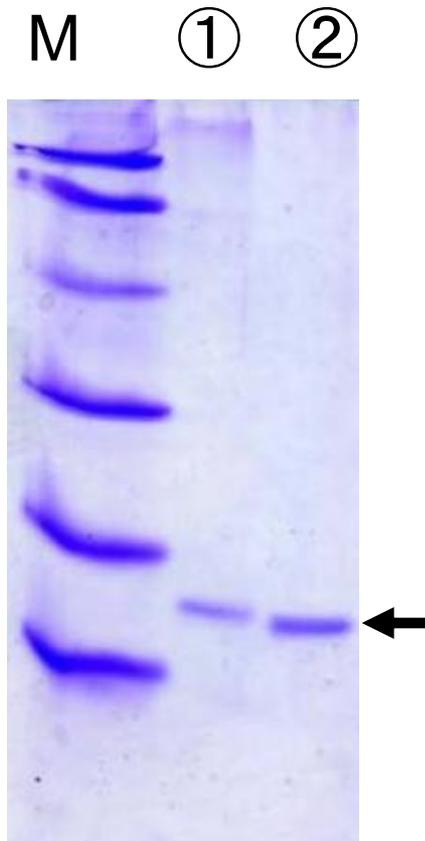
- ↓ PCRにより祖先型NDK遺伝子の全合成
- ↓ pET21cベクターに導入
- ↓ 大腸菌JM109を形質転換
- ↓ シークエンシングで遺伝子配列の確認
- ↓ 大腸菌Rosetta(DE3)内で大量発現
- ↓ 精製
 - 菌体破碎
 - 熱処理(80 °C 20min)
 - DE52 (KPi buffer pH7.4)
 - Resource Q (Tris buffer pH9.0)

祖先型遺伝子の全合成

推定した祖先型遺伝子配列を120塩基ごとに区切り、PCRにより結合

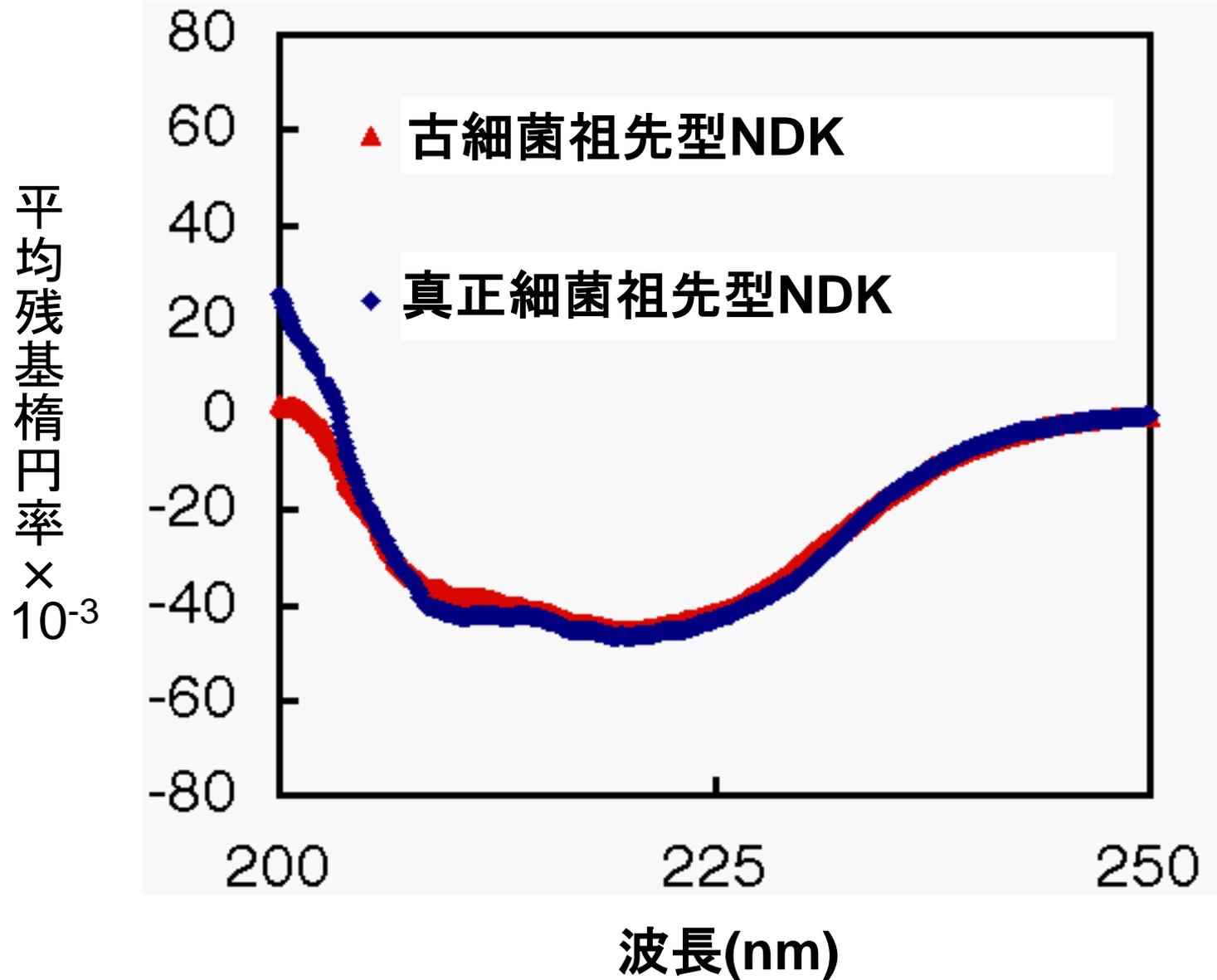


祖先NDK遺伝子全合成と精製

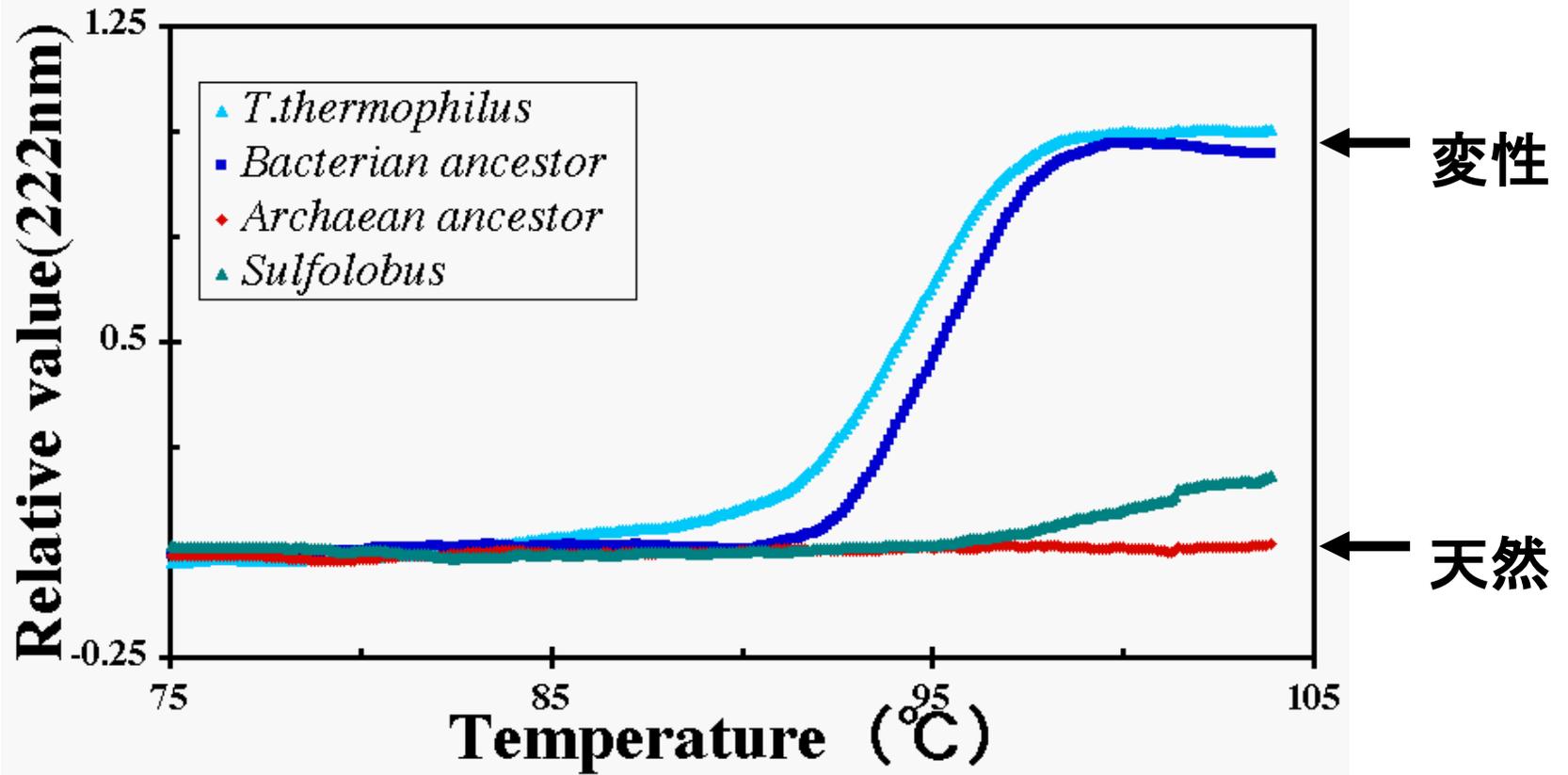


- ↓ 祖先型NDK遺伝子の全合成
- ↓ 大腸菌Rosetta(DE3)内で大量発現
- ↓ 菌体破碎
- ↓ 熱処理 80°C 20min
- ↓ DE52
- ↓ Resource Q

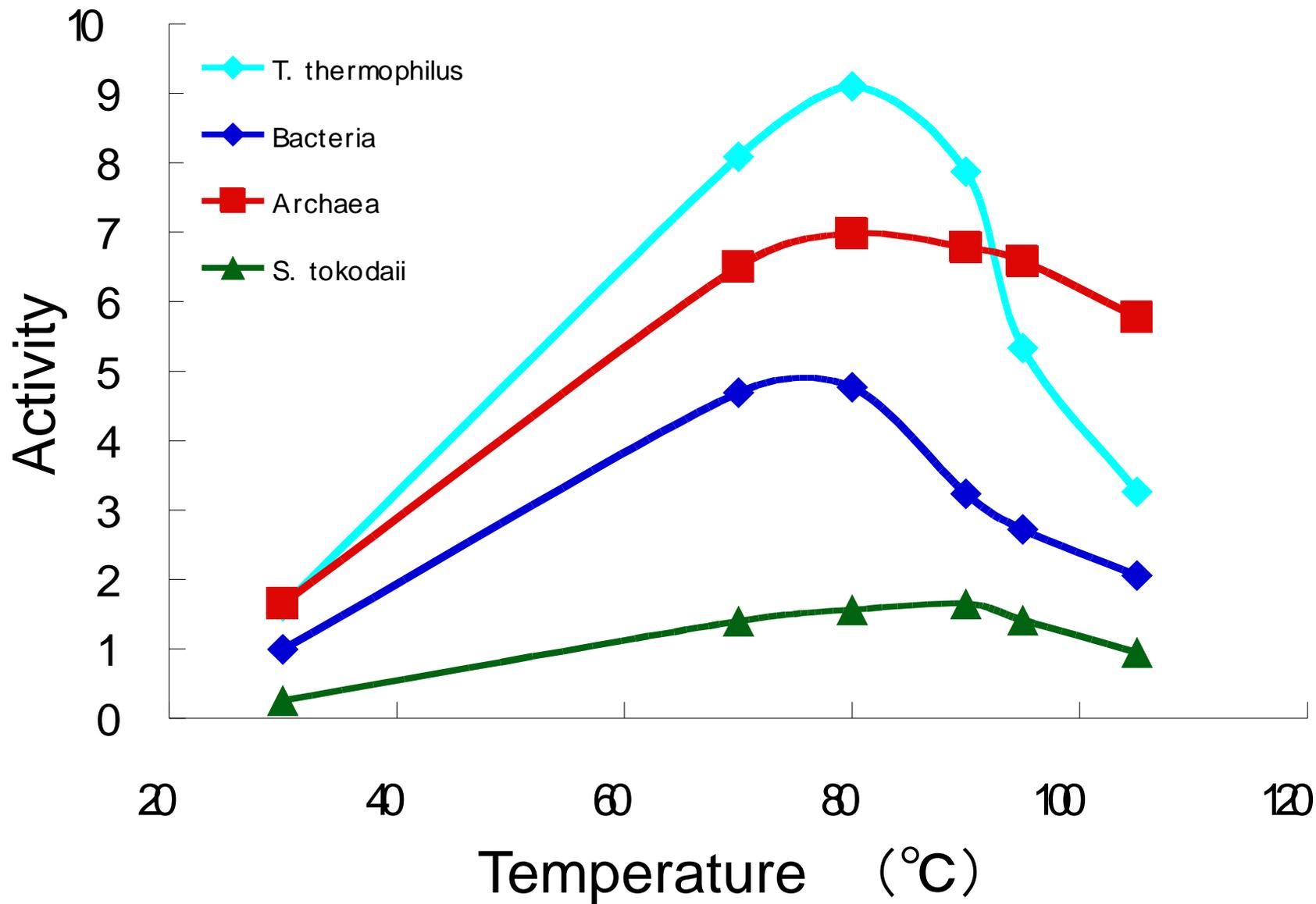
祖先型NDKの二次構造



熱安定性の比較



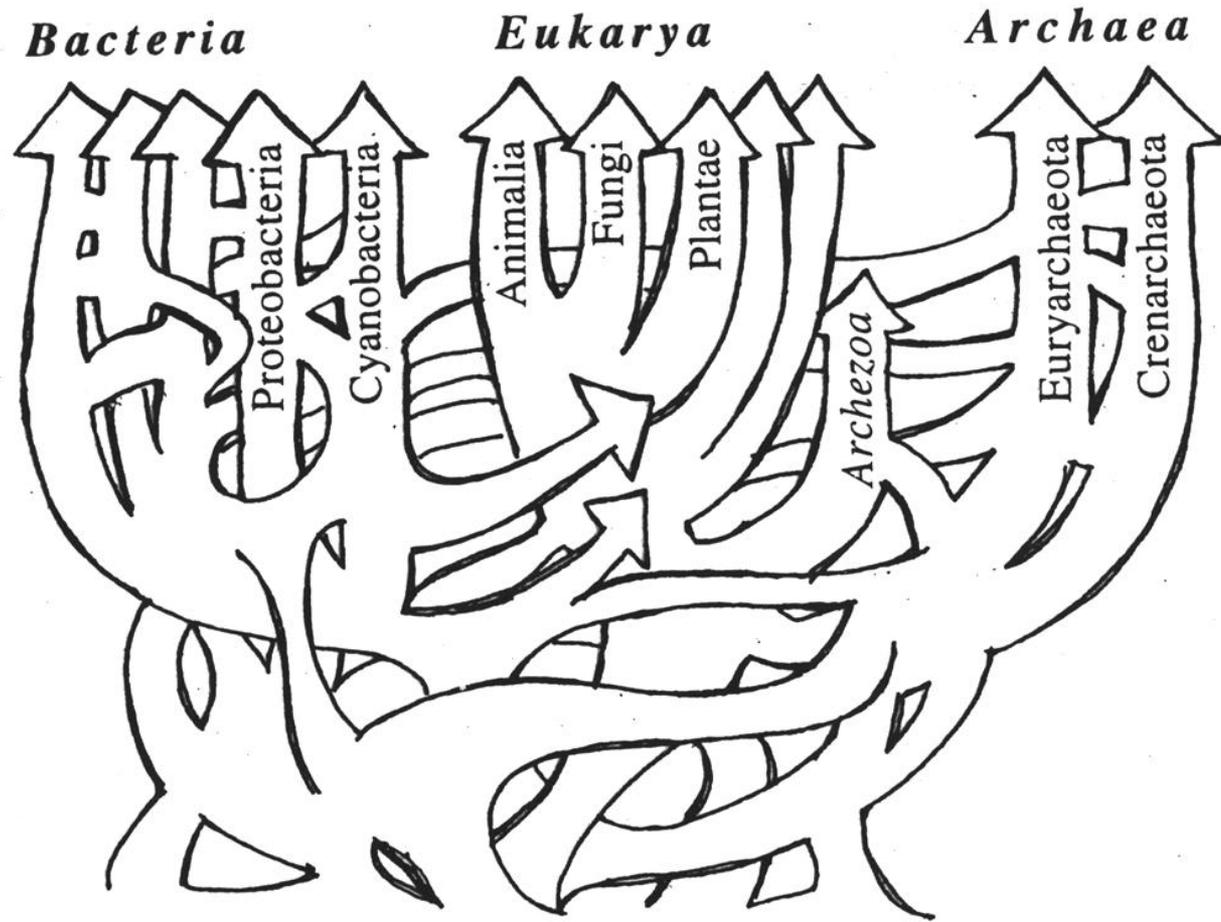
活性の温度依存性



Arc1:
Archaeal ancestral NDK

Bac 1:
Bacteria ancestral NDK

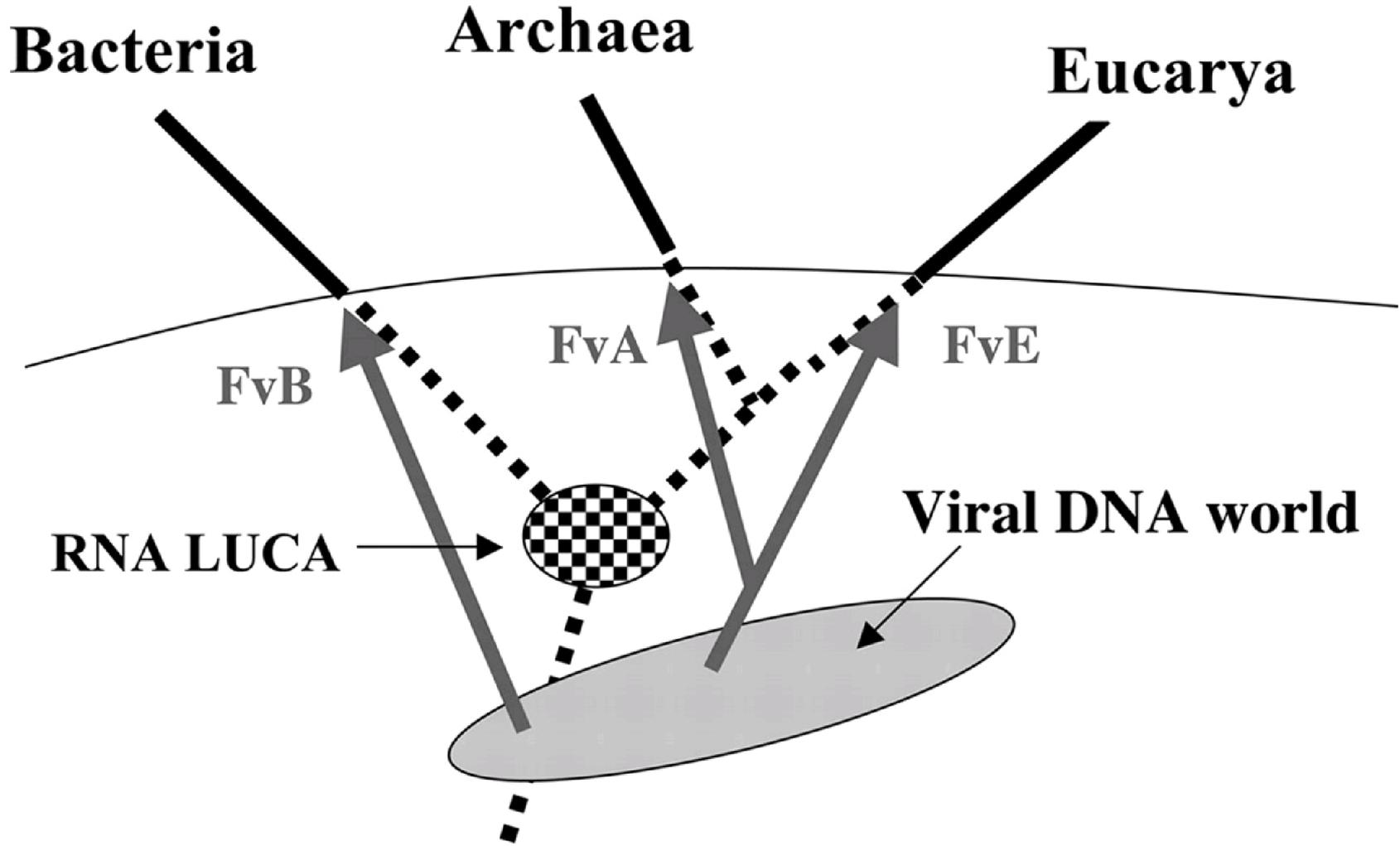
共通の祖先は多数いたという主張もある。



W. Ford Doolittle, 1999, *Science* 284: 2124

W. Martin, 1999, *BioEssays* 21: 99

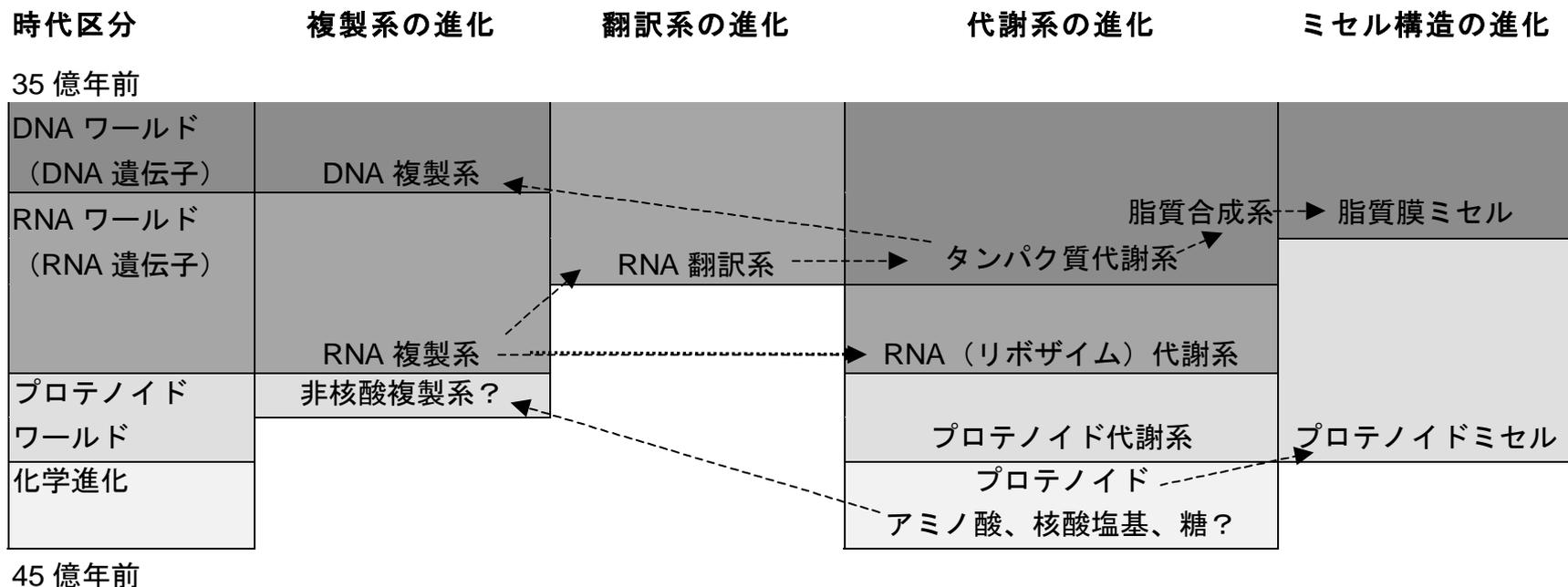
全生物の共通の祖先RNA生物説



共通の祖先

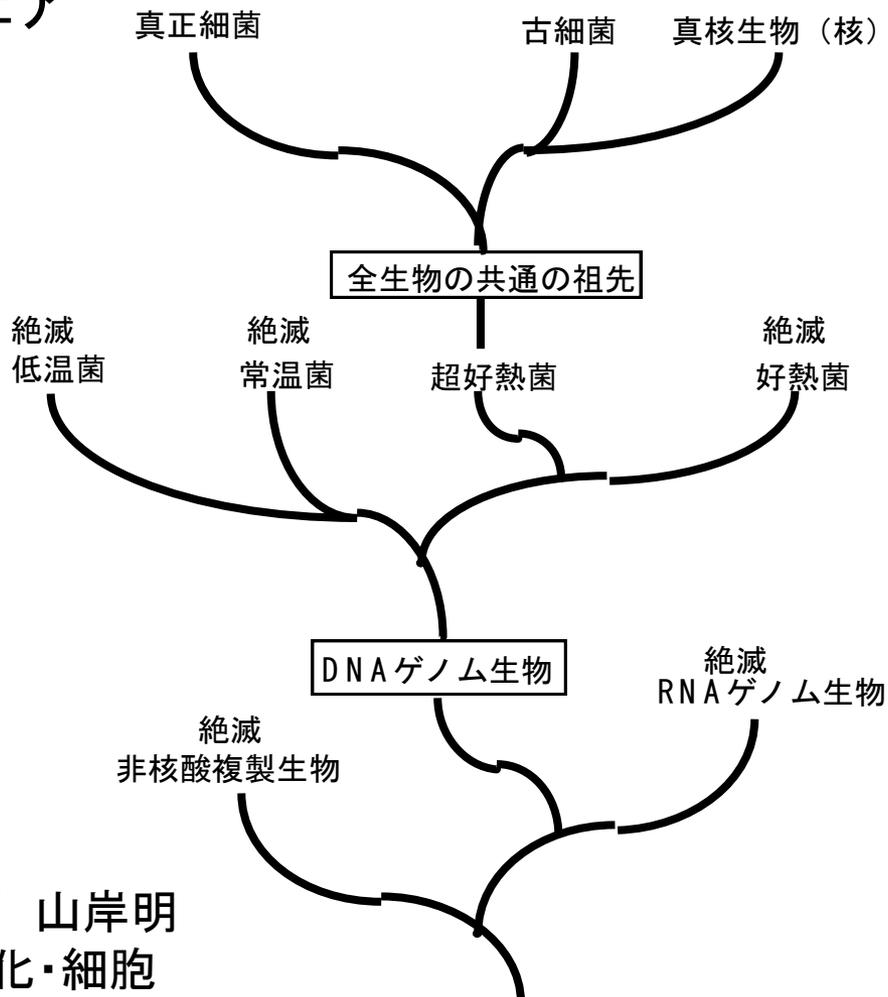
- 超好熱菌
- だけど一種類か？
- RNA生物か？
- できる限り多くの共通の祖先遺伝子を解析する。
- 全生物の共通の祖先を生き返らせる？
- 最初のDNA生物との関係はわからない。
- 化石との関係はわからない。

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

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

参考文献

- C R Woese, O Kandler, and M L Wheelis, June 1, 1990 : Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya, PNAS vol. 87 no. 12 4576-4579
- Francesca D. Ciccarelli, Tobias Doerks, Christian von Mering, Christopher J. Creevey, Berend Snel and Peer Bork, 3 March 2006 : Toward Automatic Reconstruction of a Highly Resolved Tree of Life
, Science Vol. 311 no. 5765 pp. 1283-1287
- Da-Fei Feng, Glen Cho, and Russell F. Doolittle, November 25, 1997 : Determining divergence times with a protein clock: Update and reevaluation, PNAS vol. 94 no. 24 13028-13033
- C R Woese, 1987 : Bacterial evolution, Microbiol. Rev. 51(2):221
- Pace, 1991 : Origin of life--facing up to the physical setting, Cell, 65(4):531-3]

参考文献

- Nisbet, E. G., Fowler, C. M. R.. 1996 : Early life - Some liked it hot., Nature, Vol. 382, No. 6590, p. 404-405.
- Yamagishi, A., T. Kon, G. Takahashi, and T. Oshima, 1998 : From the common ancestor of all living organisms to protoeukaryotic cell, "Thermophiles: The key to molecular evolution and the origin of life?" J. Wiegell, and M. Adams, Taylor & Francis Ltd., pp. 287-295
- S L Miller, A Lazcano, 1995 : The origin of life--did it occur at high temperatures?, Journal of molecular evolution 41():689-92.
- Forterre P, 1996 : A hot topic: the origin of hyperthermophiles., Cell 85(6):789-92
- Nicolas Galtier, Nicolas Tourasse and Manolo Gouy, 8 January 1999 : A Nonhyperthermophilic Common Ancestor to Extant Life Forms, Science Vol. 283 no. 5399 pp. 220-221

参考文献

- W. Food Doolittle, 1999 : Phylogenetic Classification and the Universal Tree, Science Vol. 284 no. 5423 pp. 2124-2128
- W. Martin, 1999 : Mosaic bacterial chromosomes: a challenge en route to a tree of genomes, BioEssays , John Wiley & Sons, Inc. 21:99–104
- 山岸明彦, 2004 : 第一章 地球上における細胞の起源, シリーズ進化学 第3巻 「化学進化・細胞進化」, 岩波書店