

アミノアシル tRNA 合成酵素の分子系統樹から見た真核生物の起源 Origin of Eukarya based on phylogenetic trees of aminoacyl-tRNA synthetase

古川 龍太郎^{1*}; 横堀 伸一²; 山岸 明彦²

FURUKAWA, Ryutaro^{1*}; YOKOBORI, Shin-ichi²; YAMAGISHI, Akihiko²

¹ 東京薬科大学大学院生命科学研究科, ² 東京薬科大学生命科学部

¹Grad. sch. life sci., Tokyo Univ. of Pharm. life sci., ²Sch. life sci., Tokyo Univ. of Pharm. life sci.

Woese ら (1990; PNAS 87:4576-4579) は、16S/18S rRNA に基づいた分子系統樹を作成し、全生物を3つのドメイン (真正細菌、古細菌、真核生物) に分類した。この3ドメイン間の系統関係、特に真核生物の系統学的位置については、真核生物が古細菌とは独立に進化したとする3ドメイン説と、古細菌から進化したとする2分岐説の間で議論されているが、結論は出てない。近年ではゲノムデータの増加に伴い、多くの遺伝子を同時に用いた全生物の系統解析が報告され、2分岐説を示す結果が多く得られている (Guy & Ettema 2011; Trends Microbiol. 19:580-587, Williams et al. 2012; Proc. Biol. Sci. 279:4870-4879, Williams et al. 2013; Nature 504:231-236, Williams & Martin Embley 2014; Genome Biol. Evol. 6:474-481)。しかしながら、真核生物と最も近縁な生物種については複数の可能性が示されている (Thiergart et al. 2012; Genome Biol. Evol. 4:466-485, Rochette et al. 2014; Mol. Biol. Evol. 31:832-845)。これらの結果から、真核生物起源の成立過程は複数提案されており、未だに議論が続いている。

本研究では、23種のアミノアシル tRNA 合成酵素 (ARS) の遺伝子の分子系統樹を作成し、それを比較することで全生物の系統関係を議論した。現存する生物は全て翻訳系をもっており、少なくとも全生物共通祖先以前にこのシステムが成立したと考えられることから、ARS の進化を調べる事は生命の初期進化の本質的理解に繋がる。真核生物は、細胞質で使用される ARS とミトコンドリアや葉緑体で使用される ARS を別々の遺伝子として持ち、それぞれが別の進化経路を辿っていることが知られている。今回は、真核生物の起源が持っていたと考えられる細胞質型の ARS の系統的位置と近縁な生物種に注目した。

まず、BLAST 検索を用いて23種の ARS のアミノ酸配列データ (118種:真正細菌 57:古細菌 23:真核生物 38) を収集し、23種のデータセットを構築した。それぞれのデータセットについてアライメントを行い、最尤法 (RAxML) とベイズ法 (PhyloBayes) を用いてそれぞれの遺伝子系統樹を作成した。また、近縁な ARS 同士を用いて複合系統樹を作成し、それぞれの遺伝子系統樹の根の位置を推定した。

解析の結果、23種の系統樹の内、13種の系統樹では真核生物の細胞質型 ARS が単系統であり、7種の系統樹では多系統であった。残り3種の系統樹のうち、2種は真核生物の細胞質型 ARS が存在せず、1種は細胞質型 ARS が真正細菌群と姉妹群であったため、考察から除外した。真核生物の細胞質型 ARS が単系統であった13種の系統樹の内、真核生物の系統学的位置は9種の系統樹で古細菌の内群となり、4種の系統樹で真正細菌の内群となった。多系統となった7種の系統樹でも、細胞質型 ARS は古細菌もしくは真正細菌の内群となった。これら20種の系統樹から2分岐説が支持された。

9種の系統樹の内3種では、細胞質型 ARS は TACK superphylum に属する古細菌と最も近縁であったが、別の3種では Euryarchaeota と近縁であった。これらの結果は、真核生物が TACK superphylum と Euryarchaeota の双方に由来することを示し、両者の起源が融合した生物が真核生物の起源であったのではないかとすることを提案する。また、真正細菌の内群となった4種の細胞質型 ARS は、全て別々の真正細菌と最も近縁だった。このことは、別々の真正細菌のゲノムから真核生物起源の核ゲノムへ独立した遺伝子水平伝播が起こり、伝播された遺伝子が真核生物起源の細胞質型に置き換わったことを示す。さらに、細胞質型 ARS が多系統になった7種の系統樹は、真核生物の進化の過程において古細菌もしくは真正細菌由来の独立した遺伝子水平伝播が細胞質型 ARS の置き換わりを起こしたということを示す。

以上を総括すると、真核生物の祖先は TACK superphylum の起源と Euryarchaeota の起源が融合した後に、様々な真正細菌由来の遺伝子水平伝播の影響を受け進化した生物であったと考えられる。

キーワード: 分子系統解析, アミノアシル tRNA 合成酵素, 初期進化, 真核生物の起源

Keywords: phylogenetic analysis, aminoacyl tRNA synthetase, early evolution, origin of Eukarya