

タンパク質の起源に纏わる「鶏と卵のパラドックス」の解決による地球と宇宙での生命誕生場の推定

赤沼哲史¹, 木賀大介¹, 古川龍太郎¹, 横堀伸一²

1: 早稲田大学, 2: 東京薬科大学

タンパク質の起源に纏わる「鶏と卵のパラドックス」の一つに「タンパク質の誕生が先か、材料であるアミノ酸の合成系の成立が先か」という疑問がある。本サテライト研究では、原始地球においてタンパク質誕生時にあり得たアミノ酸組成を探求することによって、この疑問を解き明かすことを試みている。さらに中長期的には、原始タンパク質が合成された環境、すなわち、生命誕生に適した環境条件を推定することまでを視野に入れている。加えて、宇宙においてあり得る地球生物とは異なるアミノ酸組成を検討することも本サテライト研究の目的とした。

2020 年度には、原始タンパク質にあり得た、あるいは、宇宙においてあり得るかもしれない、現存の地球型生物とは異なる少数種アミノ酸組成を探索するため、過去の研究[1]で再構成した祖先型スクレオシドニリン酸キナーゼ(NDK)から系統的にアミノ酸種類を減らす実験を実施した。2019 年度には、マーチソン隕石中から見つかった 8 種を含む 10 アミノ酸種から安定な立体構造を持つ NDK を再構成できることを報告したが[2]、2020 年度は、ミラーの実験で生成が確認され、しばしばプレバイオティックアミノ酸として参照される 10 種類のアミノ酸に 2 種類の塩基性アミノ酸を加えた 12 アミノ酸種から触媒活性を持つ NDK を再構成できること、さらに塩基性アミノ酸のうちのアルギニンをすべてリジンに置換し欠損させた 11 種類のアミノ酸から再構成した NDK も触媒活性を保持できることを明らかにした。

RNA 結合タンパク質とフェレドキシンを用いた実験からも、プレバイオティックアミノ酸を主成分としたタンパク質の合成が可能であることを示した。プレバイオティックアミノ酸を主成分として再構成したフェレドキシンの吸収スペクトルを図1に示す。

加えて、アミノアシル tRNA 合成酵素の分子系統解析、祖先配列推定とアミノ酸特異性解析の結果を論文にまとめ投稿した[3]。さらに、少数アミノ酸種のみを指定する遺伝暗号システムを用いた単純化翻訳系により、アミノ酸組成単純化 NDK の実験室内進化実験もおこない、宇宙における各種環境下で発生した原始的なタンパク質の進化可能性を示した。

本サテライト研究から、隕石中から見つかったアミノ酸、すなわち、宇宙において容易に合成され宇宙に普遍的に存在すると予測されるアミノ酸種は、タンパク質の安定な立体構造形成に重要であることを明らかにした。したがって、宇宙スケールでの生命起源の場としても、タンパク質やタンパク質に代わる生命機能を司る高分子の安定な立体構造形成に必須な 10 種類程度のビルディングブロックが利用可能な地域・天体が有力であると予想できる。

また、2020 年 12 月と 2021 年 3 月にアストロバイオロジー分野の研究者を招待したワークショップ(オンライン開催)を2件企画・共催した。

参考文献:

- [1] Akanuma, S. et al.: 2013, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **110**, 11067-11072
- [2] Kimura, M. & Akanuma, S.: 2020, *J. Mol. Evol.*, **88**, 372-381
- [3] Furukawa, R. et al.: 2022, *J. Mol. Evol.*, 掲載決定

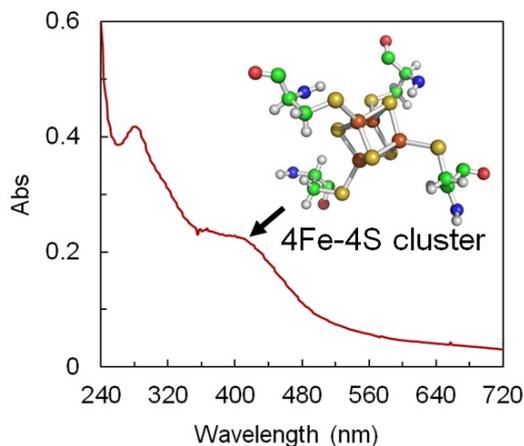


図1: プレバイオティックアミノ酸を主成分として再構成したフェレドキシンの吸収スペクトル。410 nm 付近に見られる肩は 4Fe-4S クラスターの形成を示唆する。