

初期地球と初期太陽系の前生物環境に適応したリボ核酸構成分子の生成

理学研究科地学専攻 博士課程後期 3年 平川祐太

初期地球における非生物的な有機分子の形成は、生命の起源において不可欠なステップである。1950年代に行われたミラーの実験以降、初期の地球の条件を模したアミノ酸の形成を始め、非生物的な有機分子の形成に関する多くの研究が行われてきた。数ある有機分子の中でも、リボ核酸は遺伝情報を保持し触媒として機能することから、生命の起源における重要な分子として多くの研究者の注目を集めている。これまでの研究では、リボ核酸の構成要素の有機化学的な合成が試みられ、リボヌクレオチドとその前駆体の合成に成功している。しかし、実験的なシミュレーションと地球化学的な研究によって推定される天然環境との間には大きなギャップがあり、多くの先行研究では、初期地球に豊富に存在したとは想定しにくい分子を使用して、目的となる分子を形成してきた。一方で、初期地球および初期太陽系では、当時の環境に豊富に存在していた分子を出発点とする化学反応が駆動していたはずである。このギャップを埋めるために、本研究では初期地球および初期太陽系において、地球化学的にありうる分子から様々なリボ核酸の前駆体の形成について研究を行なった。

本博士研究の成果は以下の4つである。

- ・ホルモース型反応による六炭糖の生成及び六炭糖のリン酸化により、リボ核酸の構成要素を生合成するのに必要な糖リン酸を生成可能であることを示した。初期地球の蒸発環境において、リボ核酸の構成要素を供給する原始的な代謝反応が駆動していた可能性を示唆している (Hirakawa et al., 2024)。
- ・初期地球に豊富に存在したと考えられるアルデヒド及びアンモニアから、一段階の反応で、糖、核酸塩基類似物、ヌクレオシド類似物が生成することを示した。この結果は、初期地球に誕生した原始的なヌクレオシドが現在の生命とは異なる分子を塩基として用いていた可能性を示唆している。
- ・隕石の母天体と考えられる小惑星中の水質変質を模擬した実験により、隕石中から発見されている核酸塩基を全て生成可能であることを示した。隕石中から発見される核酸塩基が、小惑星中の水質変質によって生成した可能性を示唆している。
- ・アミドリリン酸が供給される環境において、糖と核酸塩基が反応し、一段階で現在の生命が用いるヌクレオチドが生成されることを示した。アミドリリン酸が供給されうると考えられる原始的な島弧近傍において、現在の生命が用いるヌクレオチドが誕生していた可能性が示唆される。

これらの結果は、リボヌクレオチドを構成する分子が、初期地球および初期太陽系にて生成し、それらが初期地球の特定の環境、特に乾燥環境において互いに反応し、リボヌクレオチドを構成したという可能性を支持しており、リボ核酸が同様の環境で誕生したという可能性を示唆している。