

エンケラドスの内部海における生命探査計画

第21回 君が作る宇宙ミッション Phaethon班：

稲田 孟 (高2) 【桐朋高等学校】、遠藤 綾乃 (高1) 【広島市立基町高等学校】、川崎 琉菜 (高1) 【静岡県立磐田南高等学校】、後藤 充希 (高2) 【神奈川県立小田原高等学校】、古川 こと葉 (高1) 【四天王寺高等学校】、矢尾 海心 (高1) 【広尾学園高等学校】

要旨

初の地球外生命の発見を目的とし、エンケラドス内部海の熱水噴出孔にて採取した水を調査する探査計画を提案する。独自に考えた生命の定義に基づきATP、細胞膜、DNAの有無を調べることで生命自体を検出する。

1. 背景・目的

地球上の生命の起源は未解明である。仮説の1つに、地球外に生命の起源があるとする説がある。実際に、地球以外の惑星や衛星でも、生命が生存可能な環境が存在する可能性が示唆されてきた。生命の発見が実現すれば生命起源の解明に繋がらう。生命探査は現在JUICE計画などいくつか考案されているが、その多くは生命自体ではなく、生命の痕跡の調査を目的としている。

生命が存在する可能性がある有力な探査対象として、エンケラドスがある。図1.のように、エンケラドスは氷で覆われた直径約500kmの土星の衛星で、内部には熱源があり、内部海が存在すると推察されている。加えて、衛星表面には間欠泉があり、噴出した水には有機物が含まれていることが、今までの探査から明らかとなった[2]。これらの証拠よりエンケラドスが生命にとって適切な環境を持つことから、生命探査に最適な調査対象であると考えた。そのため、我々は生命自体の発見を目的とした、エンケラドス内部海の探査ミッションを考えた。

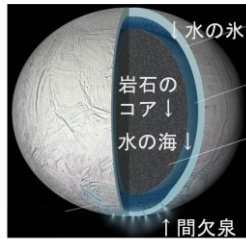


図1. エンケラドスのイメージ図 (一部改変) [1]

2. 生命の定義

現在明確な生命の定義は定まっていない。本研究では探査対象を絞るため、地球生命と異なる特性をもつ可能性については考慮せず、地球の生物が広く持つ以下の3つの特性を生命の定義とする。

- 体内でエネルギーを生成する(代謝する)
- 自己複製・生殖をする
- 有機物の構造を持つ

3. 探査手法

本計画では、エンケラドス内部海の水のサンプル採取をし、地上に引き上げ分析を行うという2つのフェーズに分けて探査をする。

第1フェーズでは、生命が存在する可能性が高いと考えられる熱水噴出孔の場所を特定し、サンプルを採取する。熱水噴出孔は熱源として機能すると同時に、多くの化学物質を噴出する。この噴出成分にはCO₂が5%含まれていることから、地球同様に熱水噴出孔は酸性かつCO₂濃度が高いと予想した。そこで、pH-CO₂センサー[3]を用いて酸性かつ高CO₂濃度の領域を探す。また、地球にて深海の水温を測定するConductivity-Temperature-Depth profiler (CTD) [4]を応用して高温領域を探す。

第2フェーズでは採取した水のサンプルについて、2章の定義に基づいた3つの方法で生命の検出を行う。

A.の定義に関連するATPは、エネルギーの貯蔵・利用に関わる物質で、検出されれば代謝が行われていることを示すことができる。ATPはルシフェラーゼと反応する際の発光を利用して検出できる。B.の定義に関連する細胞膜は、細胞の中と外を仕切る生命特有の有機物構造である。検体をSYTO24とプロピジウムイオダイトという2つの染色液を用いて染色し、蛍光顕微鏡で観察する。前者は細胞膜を透過して細胞内の有機物を緑色に、後者は細胞膜を透過せず細胞外の有機物のみを赤色に染色する。これにより膜構造をもつ細胞を検出できる[5]。C.の定義に関連するDNAは、自己複製のために必要な物質で、リン酸、塩基、デオキシリボースからなる。そのうち、生命のみに存在するデオキシリボースを、ジフェニルアミン反応の発光を利用して検出する[6]。

4. まとめと今後の検討点

生命発見を目的としたエンケラドス内部海探査として、熱水噴出孔における水サンプル採取、調査を計画した。第1フェーズでは高温・高CO₂濃度でpHが低く、生命が存在しやすい熱水噴出孔でサンプルを採取する。第2フェーズでは、採取したサンプルから、本研究での生命の定義に基づき、ATP、細胞膜、DNAといった生命の特徴であるものを探す。

本計画では以下の点をさらに検討する必要がある。

- 内部海から地上に引き上がる際の紫外線などによるサンプルへの干渉
- 太陽光発電に代わる電力源としての原子力電池の利用の検討
- 地球の物質をエンケラドスへ持ち込むことによる天体の汚染
- 計画終了後の探査機未回収による内部海の汚染

参考文献

- [1]NASA, "NASA/JPL-Caltech", <https://www.jpl.nasa.gov/> (2023年1月19日参照)
- [2]J. Hunter Waite, et al., Science Vol.356 Issue 6334, pp.155-159, 2017.
- [3]中野善之, 「海洋の環境影響調査に用いられる現場環境観測技術 - pH-CO₂ハイブリッドセンサ」、日本マリンエンジニアリング学会誌 第56巻、第1号、p.131,2021.
- [4]JAMSTEC, 「海水を調べる」、<https://www.jamstec.go.jp/j/about/equipment/observe/seawater.html> (2023年1月15日参照)
- [5]吉村義隆他, 「火星生命探査のための生命探査顕微鏡の開発」、日本惑星科学会誌 Vol.27, No.3, p.149, 2018.
- [6]小畑秀一、加藤智美、坂田剛、中村和生、西村真由子, 「第II編生化学実験2. 核酸(DNA) 生物学実験マニュアル第8版」、裳華房、pp.64-75, 2014.