

陸棲藍藻が有人宇宙活動導入生物として活躍する可能性

木村 駿太¹・富田-横谷 香織²

昨今、金星探査機「あかつき」の金星周回軌道投入成功や油井亀美也宇宙飛行士の国際宇宙ステーションでの活躍など、普段の生活の中にも宇宙に関する話題が増え、宇宙は馴染みのある分野になりつつある。今後人類が宇宙をどのように利用するか、その共通の認識は、NASAやJAXAなど世界の14の機関で構成される国際宇宙探査共同グループが作成する国際宇宙探査ロードマップに委ねられており、その第二版（2013年）における最終目標は、2030年以降の有人火星探査であるとして、長期有人探査戦略がまとめられている¹⁾。将来、より遠方で有人宇宙活動を行うために、人工の閉鎖生態系の作出も必要となるだろう。本稿は、火星を想定した有人宇宙活動を行う過程で必要となると考えられる閉鎖生態系構築に有用な生物の一つとして注目される、陸棲藍藻とその利用の可能性について紹介する。

現在、人間が宇宙で生活するための環境制御と生命維持システムは、必要な物資を再補給するタイプ（消費型）と再生するタイプ（再生型）に分けられている。再生型は初期質量は大きい、長期間のミッションの場合には、消費型よりも結果的に必要質量が小さくて済む。900日を超える長期ミッションとなる有人火星活動を想定するならば、必要物資や食糧を地球から補給することも容易ではないことから、利用される物資は、現場の閉鎖系内で持続的に再生・循環させて食糧生産を行うことが求められる²⁾。そこで注目されるのが、陸棲藍藻である。

藍藻は、シアノバクテリアとも呼ばれる原核生物で、水棲藍藻と陸棲藍藻が全世界に分布している³⁾。水棲藍藻は、地球上で初めて酸素発生の光合成を行い、大気に酸素を蓄積させたと考えられている³⁾。藍藻による地球大気酸化の働きにより大気上層でオゾン層が形成されて短波長の紫外光が遮断されることで、水中から陸上への生物の進出の条件が整えられた。陸上に進出した藍藻は乾燥耐性を備え、数十年～百年ほどの間乾燥に曝されても、加水することで蘇生する⁴⁾。火星導入生物として、休眠状態で長期間の運搬にも耐えうる可能性が高い。陸棲藍藻は、土壌表面に施用すると、土壌に有機態炭素・窒素を与えることができる。また、生育過程で保水効果の高い多糖類を生産するため、土壌表面の水分蒸発の抑制や、被覆による地温の調節が可能で、地球上の荒廃土壌修復や砂漠化抑制への応用が期待されている生物であ

る⁴⁾。このように陸棲藍藻は、生物の存在がまだ証明されていない火星のレゴリス（表面に分布する細粒物からなる堆積層）を土壌化できる可能性を備えている。

火星レゴリスがMg, P, K, Ca, Feなどの元素を含有していることは1990年代から知られてきた。陸棲藍藻の一種*Nostoc* sp. HK-01は、火星レゴリスの無機環境を模擬した培地上で長期間の生育がすでに確認され、炭素源、窒素源を含まない火星レゴリス上で繁茂できる可能性が強く示唆されている⁵⁾。国際宇宙探査ロードマップの有人探査戦略の最終目標に関わる宇宙農業構想は、①閉鎖ドームの建設と太陽電池パネルの設置、②ドーム内の大気と水の調整、③火星レゴリスの土壌化を行うことを提唱している⁶⁾。太古の地球において、光合成と窒素固定により多量の有機物を陸上にもたらし、陸の表面を岩石から土壌へと変化させ、植物が生育可能な環境を整えたと考えられている陸棲藍藻のその機能は、地球の環境への貢献に止まらず、火星の閉鎖生態系内で食糧生産を行うための環境整備に利用できる可能性を備えている。火星における水の存在は重要だが、火星表層近くにおける水（水素）の分布や、流れる液体（過塩素酸塩溶液）の噴出が複数の観測と分析から証明されている。さらに、最近、硝酸塩の存在が報告されたことから、以前より火星における不足が懸念されていた窒素源確保が可能となるだろう。陸棲藍藻が火星で繁茂するための現地資源は揃いつつある。

宇宙というきわめて過酷な圏外環境を生命活動の可能な環境に改変する工学は、農学や理学の各分野の学問領域の多くが関連する。その研究成果は有人探査を支えるばかりでなく、現在の地球の食糧問題や環境問題解決にも十分に貢献することになるだろうと期待できる。

- 1) 国際宇宙探査協働グループ：国際宇宙探査ロードマップ (2013).
- 2) 大政謙次ら：閉鎖生態系・生態工学ハンドブック、アドスリー (2015).
- 3) 池内昌彦ら：生物の科学 遺伝, **60**, 13 (2006).
- 4) 大森正之ら：化学と生物, **42**, 192 (2004).
- 5) Verseux, C. *et al.*: *Int. J. Astrobiology*, **15**, 65 (2016).
- 6) 山下雅道：宇宙農業
<https://sites.google.com/site/spaceagriculture/home>
(2016/03/23)

著者紹介 ¹筑波大学大学院生命環境科学研究科生物資源科学専攻（博士後期課程） E-mail: s1630270@u.tsukuba.ac.jp

²筑波大学生命環境系（講師） E-mail: yokotani.kaori.fn@u.tsukuba.ac.jp