



宇宙での光合成

分子科学研究所 正岡重行

太陽系外惑星探査の急速な発展により、宇宙には多くの地球型惑星が存在することが明らかとなってきた。主星からの距離が適切で、惑星表面に液体の水を保持できる「生命居住可能領域」にあると考えられる惑星も、地球以外に数多く存在していることがわかってきている。系外惑星の研究が進展していく中、宇宙に存在する地球以外の生命居住可能惑星（ハビタブル惑星）において、どのような生命進化が可能か、またどのような化合物が宇宙生命の兆候（バイオマーカー）になりうるのかを理論的・実験的に予測することは重要な研究課題となっている。加えて 2020 年代には 30 m 望遠鏡 TMT の稼働が予定されており、太陽系近傍のハビタブル惑星の大気の組成を調査することが可能になる。すなわち、宇宙に生命の兆候を探することは SF の世界の話ではなく、現実のものとなりつつある。

ハビタブル惑星の探査において主なターゲットとなるのは、太陽系近傍にある低温度星（約 5800 K の太陽と異なり、3000 K-4000 K 前後の主系列星）である。宇宙における恒星の大多数は低温度星であり、最近では低温度星の周りを公転する多くのハビタブル惑星が発見されている。また、可視光を主に輻射する太陽と異なり、低温度星は近赤外光を主に放射する。そのため、低温度星周りのハビタブル惑星において光合成生物が進化する場合、近赤外光を駆動力として光合成をする生物が存在する可能性がある。

光合成とは、光エネルギーを貯蔵可能な化学エネルギーに変換する反応である。この光／化学エネルギー変換は、電気化学エネルギーを媒介した逐次的なエネルギー変換により達成されている。そして光／電気化学エネルギー変換を行うためには適切な「色素」が必要であり、電気化学／化学エネルギー変換を行うためには適切な「触媒」

が必要である。「色素」と「触媒」を用いた光／化学エネルギー変換は、地球上での光合成反応のみならず、人工光合成反応や太陽系外惑星での光合成反応を考える上でも重要な概念である。

筆者は、上記の概念を「光合成の一般化」と位置づけ、この概念を主軸に、低温度星周りのハビタブル惑星において起こり得る光合成反応について分子科学的な検証を行っている。これまでに、これらの惑星において合理的に生成しうると考えられる「色素」を用いて、近赤外光を吸収し電気化学エネルギーに変換できることを明らかにし、新たな光合成反応の可能性を示した¹⁾。また、これらハビタブル惑星に豊富に存在しうる金属イオンである鉄イオンを有した金属錯体が良好な酸素発生「触媒」として機能することを見出しており²⁾、マンガンイオンの存在を必要としない光合成系の可能性が示唆された。

また我々は、宇宙生命の兆候を探る鍵であるバイオマーカーに関する研究も行っている。地球上の歴史では、光合成生物がその環境を大きく変え、火星や金星とは全く異なる酸素の豊富な大気をもたらした。これまで、地球における酸素発生型光合成生物からの類推によって、酸素は有力なバイオマーカーであるとされてきた。しかしながら、我々の研究により太陽系外のハビタブル惑星において酸素が非生物的に生成しうることが示唆された³⁾。この結果は、酸素がバイオマーカーとして必ずしも正確に機能しないことを示すものであり、今後、酸素に代わる普遍的な新たなバイオマーカーの提唱が求められる。

本稿は、筆者が推進している国立天文台、広島大との共同研究について記したものである。自然科学研究機構からの研究費支援ならびに共同研究者の皆様へ感謝致します。

1) Enomoto *et al.*, *J. Phys. Chem. C*, **2018**, *122*, 11282.

2) Okamura *et al.*, *Nature*, **2016**, *530*, 465.

3) Narita *et al.*, *Sci. Rep.*, **2015**, *5*, 13977.