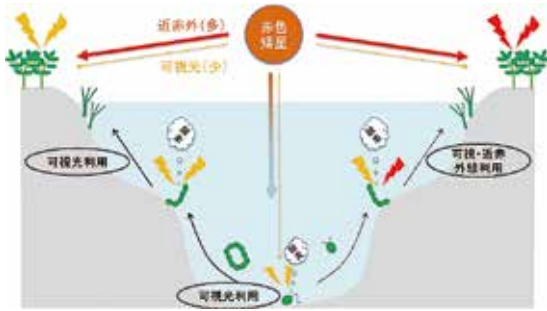


地球と地球外の光合成 アストロバイオロジー (滝澤)



生命は地球以外の惑星にも存在するのだろうか？太陽系外惑星の相次ぐ発見により、この問いかけは科学的に検証可能になりつつある。太陽系近傍の系外惑星に地球と同じような“植物”が存在するとすれば、大気中の酸素の透過光スペクトルや植生特有の反射スペクトルを次世代超大型望遠鏡により観測することができる。太陽と異なり、可視光より赤外線を多く照射する赤色矮星のまわりで進化する場合の光合成生物の特性を推定し、期待される生物指標を予測する。

赤外線利用型光合成生物進化の検証

アストロバイオロジーセンターでは2027年に稼働が予定されている次世代の30メートル望遠鏡（TMT）などを用いて生命居住可能（液体の水が存在できる）領域にある太陽系外惑星の直接撮像を目標としている。基礎生物学研究所に拠点を置く生物部門では観測のターゲットとなる赤色矮星周りで検出が期待される生物指標を予測するための研究を進めている。

技術的に観測可能性が高い系外惑星の生物指標として大気中の酸素濃度と陸上植生に特有の反射スペクトルがあり、どちらも光合成反応に利用される光の波長により決定される。赤色矮星の周りの光環境を推定すると、地表では近赤外線が豊富な反面、水中に到達する光は可視光のみとなり、大きなギャップが存在する（図1）。進化の過程で酸素を発生する最初の光合成生物が水中で誕生する場合、地球と同様に可視光を利用する可能性が高い。酸素濃度の上昇によりオゾン層が形成された後陸上への進化が期待できるが、水陸境界領域では激しい光強度とスペクトルの変化に曝される。可視光利用型から近赤外線利用型への転換は変動する光環境への対応に不利なため、陸上への進化が近赤外線利用型への進化に先行すると予想される（上図）。

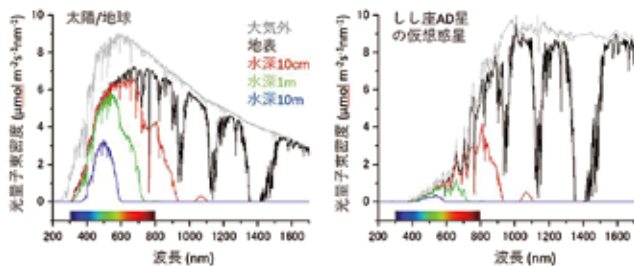


図1. 惑星表面と水中の光子束密度スペクトル
地球（左）と仮想系外惑星（右）の光環境を比較。しし座AD星の生命居住可能領域に地球と同じ惑星が存在する場合を想定した。

近赤外線利用型の光合成反応として様々な仮説が提唱されているが、地球と同じ可視光利用型から進化可能な反応機構は限定される。二つの反応中心がそれぞれ可視光・近赤外線を利用する過渡的な反応は比較的簡単に実現できるが、近赤外線をより有効に利用するためには電子伝達経路の変換が必要になるため、実現可能性をより詳細に検討する必要がある（図2）。

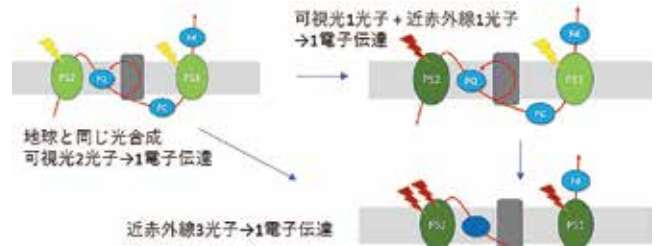


図2. 可視光利用型電子伝達から赤外線利用型への転換

野外光合成測定試験

太陽系外惑星での植物特性を検討する手がかりを得るため、様々な自然環境下で多様な植物の光合成反応測定を実施。

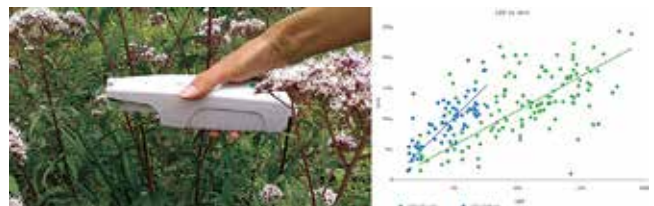


図3. 野外測定用分光光度計（MultispeQ）による測定と解析例

参考文献

Takizawa, K., Minagawa, J., Tamura, M., Kusakabe, N., and Narita, N. (2017). Red-edge position of habitable exoplanets around M-dwarfs. Sci. Rep. 7, 7561.

特任准教授
滝澤 謙二



自然科学研究機構
アストロバイオロジーセンター