

藻類の光合成を支える二酸化炭素濃縮システムを解明

生命科学研究科 山野隆志助教、福澤秀哉教授らは、ミドリムシの一種の単細胞緑藻クラミドモナスで、水中における光合成で必須な二酸化炭素濃縮システムを明らかにしました。本研究成果は、2015年5月26日（米国時間）に米国学術誌「Proceedings of the National Academy of Science USA」（米国科学アカデミー紀要）のオンライン速報版で公開されました。

ポイント

- ・ 細胞膜と葉緑体包膜に局在する2つの輸送体が協調して、重炭酸イオンを細胞の外から葉緑体内部に輸送・濃縮することで、微細藻の光合成の効率が高くなっていることを明らかにした。
- ・ 今回明らかにした2つの重炭酸イオン輸送体からなる二酸化炭素濃縮システムは、CO₂削減に向けて高い光合成能を持つ藻類・植物の創出に活用できると期待される。

概要

光合成で生育する植物にとって必要なCO₂を効率よく細胞内に取り込むことは、植物の生存に必須です。陸上で生活するイネやダイズといった陸上植物は、空気中のCO₂を光合成の行われる葉緑体まで拡散によって得ています。一方、水中ではCO₂の拡散速度は大気中の10,000分の1であることが知られており、水中に生息する藻類は陸上植物型のCO₂輸送システムでは十分に光合成が行えません。また、水中ではCO₂は水と反応して重炭酸イオン(HCO₃⁻)の形で多く存在することが知られています。CO₂とは異なり、電荷を帯びた重炭酸イオンは細胞や葉緑体を覆う生体膜を通過することができません。以上のことから、水中ではCO₂を細胞内に十分に取り込むことが難しく、光合成に不利なCO₂欠乏環境にさらされます。このような環境においても光合成を維持し生存するために、藻類は細胞膜と葉緑体包膜という二つの障壁を乗り越えて積極的に重炭酸イオンを取り込み、細胞内に濃縮することで光合成を行うと考えられています。藻類がこのようなCO₂濃縮系（重炭酸イオン輸送系）を持つという性質は1980年に発見されましたが、その輸送を担っている分子の詳細は長らく不明であり、藻類の光合成の仕組みを解明するうえで非常に重要な問題として残されていました。

本研究グループは、淡水中や土壌に生息するミドリムシの一種である単細胞緑藻クラミドモナスをモデル生物として選び、細胞膜と葉緑体包膜に局在する重炭酸イオン輸送体の同定を試みました。これまでに蓄積した大規模な遺伝子発現情報や遺伝子破壊等の解析手

法を通して、細胞膜にはタンパク質 HLA3 が、葉緑体包膜には LCIA タンパク質が局在し、互いに協調して重炭酸イオンを輸送することを明らかにしました。これら 2 つの輸送体の重要性は、遺伝子破壊株と同時過剰発現株を作出して証明する事ができました。これまで海水に生息する珪藻において、細胞膜に局在する重炭酸イオン輸送体が明らかになっていますが、本研究で、淡水に生息する藻類が共通して持つ、葉緑体包膜と細胞膜の 2 段階からなる重炭酸イオン輸送経路を初めて解明しました。

地球の大気に存在する酸素は、光合成により水が分解されて生じましたが、逆に CO_2 は光合成によって固定され続けてきました。光合成によって長い年月蓄えられてきた化石燃料を燃やすことで、大気中の二酸化炭素 (CO_2) 濃度は 400 ppm に増加し、現在の地球環境は温暖化・食糧不足・エネルギー枯渇などの様々な問題を抱えています。これに対して、藻類が持つ遺伝子を利用・改変し、光合成の能力を極限まで高めたスーパー植物を創出することで、これらの問題を解決しようとする試みが世界的な競争のなかで進められています。本研究で明らかになった藻類の重炭酸イオン輸送体をイネやコムギなどの主要作物に導入することで CO_2 の吸収量と生産量を高め、上記の問題のブレイクスルーにつながる事が期待されます。

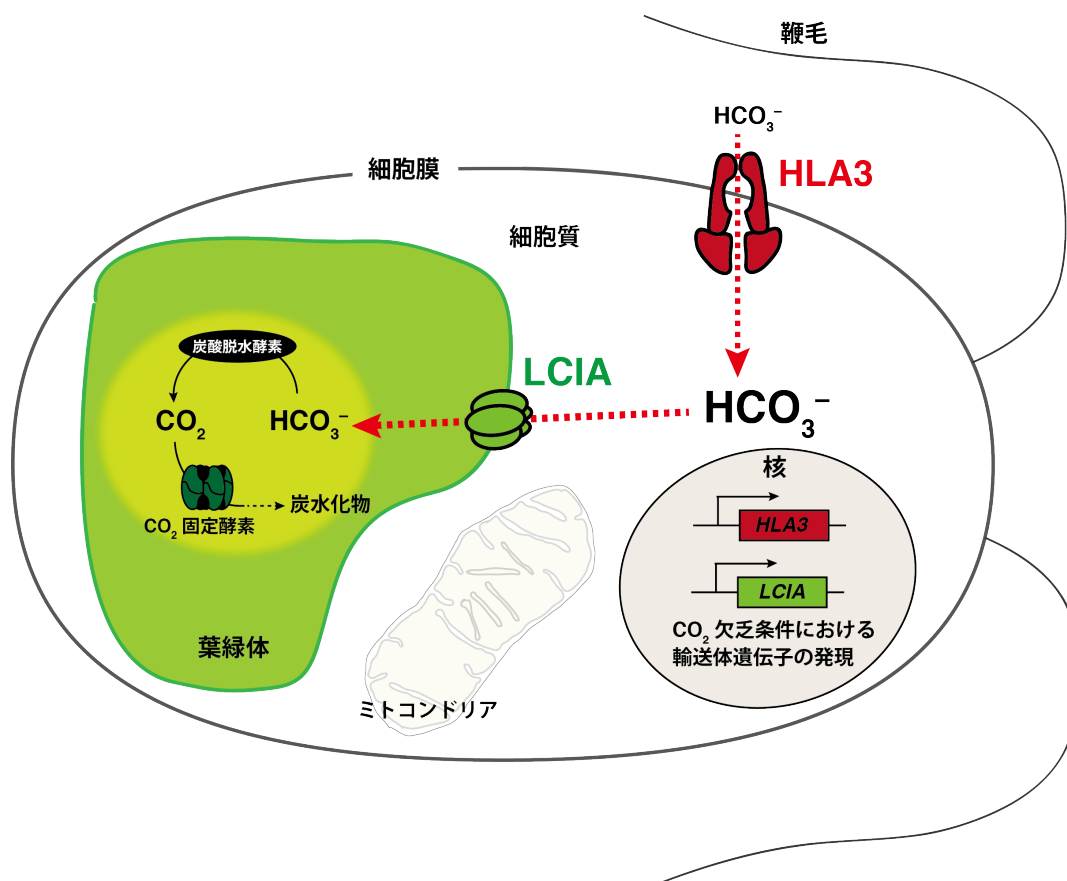


図. 緑藻クラミドモナスのモデル図と、今回明らかにした HLA3 と LCIA による重炭酸イオンの輸送経路 (赤点線)

研究室の URL: <http://www.molecule.lif.kyoto-u.ac.jp/>