



光合成の進化の再現に成功

研究成果のポイント

- ・ 特異な光合成装置を持つラン藻の進化の再現に成功。
- ・ 二つの遺伝子の変異だけで新たな光合成装置が獲得できることを実証。
- ・ 進化の中間体が現存しない理由は、光に弱く生存に不利であることを解明。
- ・ 実験進化学の有効性を提案。

研究成果の概要

ラン藻の中にプロクロロコッカスと呼ばれるグループがあり、海洋の一次生産者として重要な位置を占めています。プロクロロコッカスは通常の光合成生物とは異なるクロロフィルを持っているため、光の少ない深海でも効率よく光合成が行えると考えられています。北海道大学低温科学研究所（古川義純 所長）の伊藤寿助教、田中歩教授は通常のラン藻の遺伝子を二つ改変するだけでプロクロロコッカスと同じクロロフィルを利用できるラン藻の作出に成功しました。

本研究の成果は、米国科学アカデミー紀要（PNAS）のオンライン速報版で 2011 年 10 月 17 日の週に公開されました。

論文発表の概要

研究論文名：Evolution of a divinyl chlorophyll-based photosystem in Prochlorococcus
（プロクロロコッカスにおけるジビニルクロロフィル型の光合成装置の進化）

著者：伊藤寿（北海道大学）、田中歩（北海道大学）

公表雑誌：米国科学アカデミー紀要（PNAS）

公表日：日本時間（現地時間）2011 年 10 月 18 日午前 4 時（米国東部時間 2011 年 10 月 17 日午後 3 時）

研究成果の概要

（背景）

プロクロロコッカスは約 1 億 5 千万年前に出現したと考えられているラン藻です。最初に光合成を行い酸素を発生する生物としてラン藻が地球上に出現したのは約 27 億年前と考えられていますので、プロクロロコッカスが進化したのは比較的最近です。しかし、現在では貧栄養の外洋域では主要な光合成生物であり、例えば南大西洋外洋域では海面から水深 100 メートルまで海水 1 mL 中に約 10 万個体生息しています。海洋での光合成による炭素固定量は地上に匹敵すると考えられていますので、プロクロロコッカスによる光合成は地球環境に大きな影響を与えていると考えられます。

プロクロロコッカスは通常のクロロフィルとは構造の異なるジビニルクロロフィルを持っています。ジビニルクロロフィルは青い光を効率よく吸収できます。水中では青い光が深いところまで届きますの

で、プロクロロコッカスは競争に有利だったと考えられます。

このような特徴的なプロクロロコッカスの光合成装置がどのようにして通常のラン藻の光合成装置から進化してきたのかを、実験的に検証することを目的として研究を行いました。

(研究手法)

通常のラン藻とプロクロロコッカスのゲノムを比較し、プロクロロコッカスの進化の過程を予測し、それを実験室で再現することによりプロクロロコッカスの光合成の進化を解析しました。

(研究成果)

通常のラン藻のクロロフィル合成系の遺伝子を一つ破壊することにより、プロクロロコッカスと同じジビニルクロロフィルを持つラン藻が作出できました。しかしこのラン藻は光障害を起こしやすく、薄暗いところでしか生存できませんでした。この時、光合成装置の反応中心のタンパク質が損傷を受けやすいことがわかりました。そこで、遺伝子の解析から、進化の過程で最初に起こったと予測される変異を反応中心のタンパク質に導入したところ、光障害を回避できることがわかりました（参考図）。

この結果には以下の三つの意義があります。

(1) 新しい光合成装置の獲得のためには遺伝子を二つ改変するだけでよく、容易であったことが示されました。

(2) クロロフィルのみを改変した場合、光障害を起こしやすいことが示されましたので、現在進化の中間体が存在しない理由が説明できます。

(3) 進化の中間体を作出することができましたので、これを解析することにより光合成装置の最適化の検証が可能となりました。

(今後への期待)

本研究において、進化の中間体を利用することにより、進化の多様な可能性の中から現存生物への進化の必然性を検証することができました。本研究ではこのような実験進化学の手法を主要な光合成生物に適用することができましたが、今後はこの手法を利用することにより、地球環境に重要な光合成の進化の過程の解明が進み、それを基盤として光合成の理解が深まると期待されます。

お問い合わせ先

北海道大学低温科学研究所・助教・伊藤 寿（いとう ひさし）

TEL: 011-706-5496 FAX :011-706-5493 E-mail: ito98@lowtem.hokudai.ac.jp

ホームページ: <http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/plantadapt/>

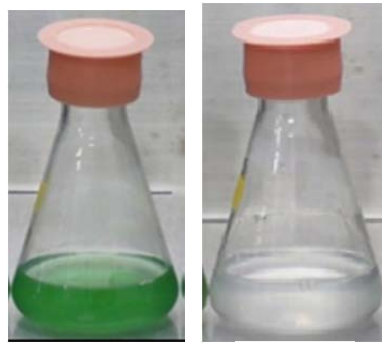
【参考図】

①祖先型



進化
→

②進化の中間体



弱光

強光

進化
→

③現在



弱光

強光

- ①祖先型：ラン藻は通常の光合成装置を持っていました
- ②進化の中間体：クロロフィルが変化したものは強い光の下では生存できません
- ③現在：さらにクロロフィルタンパク質に変異が入ると強い光の下でも増殖できます