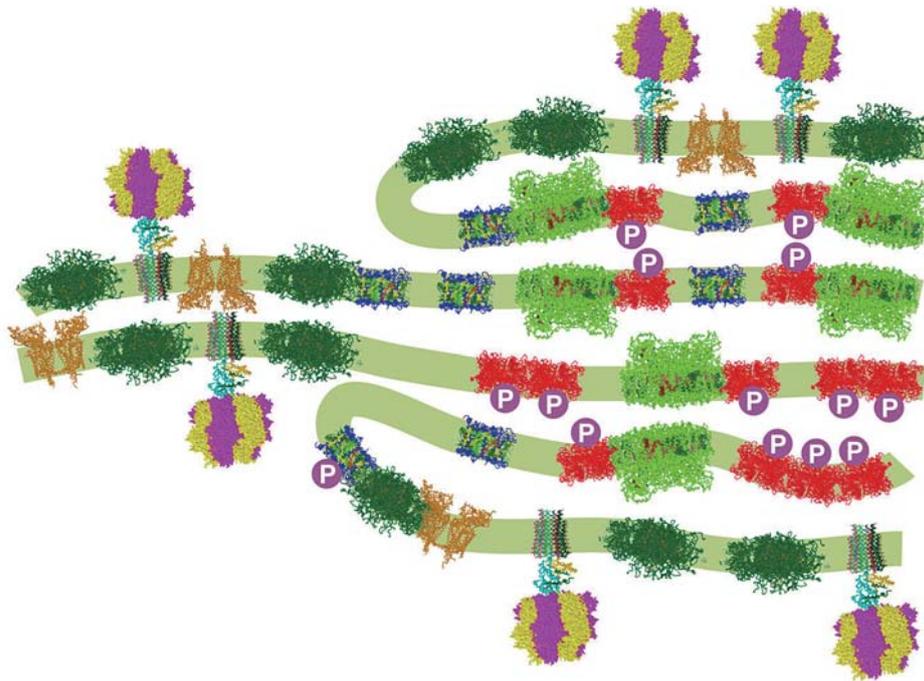


植物が光を集める仕組みを探る

植物は、環境の変化に自らを順化適応させることで生き残りをはかる。太陽光を集め、利用可能なエネルギーへの変換を行う光合成においても、さまざまなレベルの光環境適応が行われている。本部門では、単細胞緑藻クラミドモナスを中心としたモデル藻類を用いて、生化学、分子遺伝学、分光学的手法、ライブイメージングなどを駆使し、光合成装置がいかに効率よく光を集めるのか、そのしくみの研究を行っている。また、得られた基礎的知見をもとに、サンゴやイソギンチャクと共生する褐虫藻など、環境において重要な光合成生物が生態系の中でいかに光合成を行っているのか、その理解も目指している。



新しい状態遷移モデルによる状態2状態のチラコイド膜 (上)

全ての植物は光化学系 1/ 光化学系 2(PSI/PSII) と呼ばれる 2つの光化学系を用いて、光エネルギーを電子の流れへと変換する。状態遷移のしくみにより、光環境が変化しても2つの光化学系はバランスよく光を吸収する。

産卵するサンゴ (コクビミドリイシ) (下左)

サンゴは褐虫藻を細胞内に共生させ、その光合成産物を利用する。この共生が破綻した状態が環境問題として知られる“白化”である。年に一度、夏の満月の夜にみられる一斉産卵の機会に卵と精子を採集し受精させるとプラナラ幼生を得ることができる。コクビミドリイシはこのプラナラ幼生や、それから発生した初期ポリプ時のみ、褐虫藻を取り込む。

褐虫藻との共生体として注目されるセイタカイソギンチャク (下右)

育てやすく、褐虫藻の出し入れが可能なセイタカイソギンチャクは、動物 - 植物共生系のモデルとして注目されている。触手の内部には、共生している褐虫藻細胞を“つぶ”状に見ることができる。

Members

教授
皆川 純

准教授
高橋 俊一

助教
得津 隆太郎

技術課技術職員
野田 千代

NIBB リサーチフェロー
相原 悠介

博士研究員
鎌田 このみ
河合 寿子
佐藤 諒一
Raymond Burton-Smith

日本学術振興会
外国人特別研究員
Eunchul Kim

総合研究大学院大学
大学院生
Yousef Yari Kamrani
加藤 弘樹
小菅 晃太郎
岡島 圭佑
渡邊 顕正
谷中 綾子

技術支援員
米沢 晴美
門脇 たまか
植野 靖子

事務支援員
小島 洋子
外山 麻実

合成装置の環境適応

植物は環境やその変化に応じて光合成装置を変化させ、光合成を最適化する。その最も顕著な変化は、光を集める“アンテナ”LHCにみられる。本研究部門では、LHCに注目し、光環境適応メカニズムの分子レベルでの解明をめざしている。単細胞緑藻であるクラミドモナス (*Chlamydomonas reinhardtii*) をモデルに、生化学解析 (膜タンパク質複合体の単離) と物理学解析 (電子顕微鏡を用いた画像解析や蛍光寿命解析など) を組み合わせ、先進的な研究を進めている。光環境に応じた光化学系超複合体の構造と機能の変化を同時に捉えることで、光環境適応機構を分子レベルで解析できるようになっている。私たちの研究成果は、これまでの光環境適応機構を一新する包括モデルの提案に至った (文献5)。

最近では、光環境に応じて、余分な光エネルギーを消去する“熱放散” q E にも注目し、その分子機構の解明を進めている。私たちは、(1) q E が光化学系 II 超複合体に結合した LHCSR タンパク質によるエネルギー散逸に起因すること (図1; 文献4)、さらに (2) LHCSR タンパク質の発現が光受容体のフォトトロピンによって制御されていることを世界に先駆けて明らかにした (文献2)。これらの知見により、q E 活性化機構の全容が見えてきた。最近では、これらの最新の技術や知見を応用に利用しようと、屋外環境での藻類バイオマスの増加を目指す研究も企業と協力し合いながら進めている。

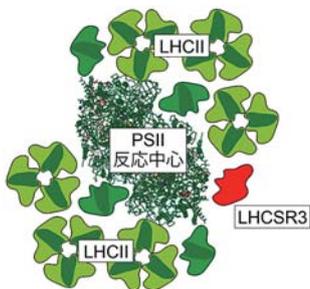


図1. 強光適応時のチラコイド膜に発見された PSII-LHCII-LHCSR3 超複合体

光化学系IIは強すぎる光に対して特に脆弱だが、LHCSR3 と呼ばれるタンパク質 (赤) を結合し、これがプロトン化された時、過剰なエネルギーを安全に消去することができるようになり、強光にも耐えることができる。

サンゴ礁を支える褐虫藻の光合成

熱帯や亜熱帯の沿岸に広がるサンゴ礁には、生物多様性に富んだ生態系が築かれている。この生態系の主な生産者は、サンゴに共生する褐虫藻 (共生能力を持つ渦鞭毛藻の総称) である。そのため、褐虫藻の光合成で生み出されるエネルギー (糖) は、サンゴ礁に生息する生物全体の生活を支えている。近年、海水温の上昇によるサンゴの白化が世界規模で頻繁に起こっており、それによるサンゴ礁の減少が懸念されている。その原因の一つは、高温ストレスによる褐虫藻の光阻害であ

る。光阻害の高温感受性は褐虫藻種 (タイプ) により異なるため、どの褐虫藻種を共生させるかにより、サンゴの白化感受性は変化する。本研究部門では、単離培養された褐虫藻やイソギンチャク (サンゴと同様に褐虫藻を共生させる) をモデルに、高温ストレスによる光阻害機構やその感受性機構の解明をめざして研究を進めている (文献3)。モデル生物の光合成研究で蓄積された知見や技術を応用することで、この分野の発展に貢献する。

サンゴは環境変化に伴い新たな褐虫藻を取り込むことで環境適応する (図2)。しかし、それぞれのサンゴ種はどの褐虫藻種とも共生関係を結べるわけではなく (種特異性)、これがサンゴの環境適応を大きく制限している。私たちは、イソギンチャクと褐虫藻のモデル共生系を用い、この種特異性機構を初めて明らかにした (文献1)。本研究部門では、環境適応メカニズムのさらなる理解とその応用をめざした研究を進めている。

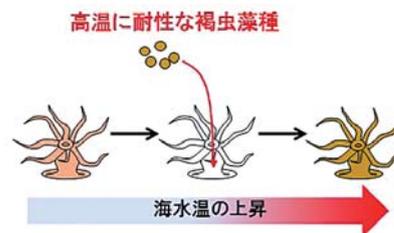


図2. 新たな褐虫藻の取り込みによる高温環境適応
褐虫藻は種 (タイプ) により高温ストレス耐性が異なる。そのため、高温耐性な褐虫藻を共生させることで、サンゴなどの宿主動物は高温環境に適応できると考えられている。

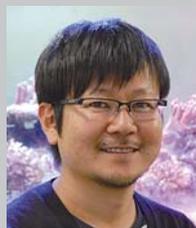
参考文献

1. Biquad, E., Okubo, N., Aihara, Y., Rolland, V., Hayward, D., Hatta, M., Minagawa, J., Maruyama, T., Takahashi, S. (2017). Acceptable symbiont cell size differs among cnidarian species and may limit symbiont diversity. ISME J., (in press)
2. Petroustos, D., Tokutsu, R., Maruyama, S., Flori, S., Greiner, A., Magneschi, L., Cusant, L., Kotke, T., Mittag, M., Hegemann, P., Minagawa, J., Finazzi, G. (2016). A blue-light photoreceptor mediates the feedback regulation of photosynthesis. Nature 537: 563-566.
3. Aihara, Y., Takahashi, S., and Minagawa, J. (2016). Heat induction of cyclic electron flow around photosystem I in the symbiotic dinoflagellate Symbiodinium. Plant Physiol. 171: 522-529, 2016.
4. Minagawa, J., and Tokutsu, R. (2015). Dynamic Regulation of Photosynthesis in *Chlamydomonas reinhardtii*. Plant J., 82: 413-428.
5. Nagy, G., Ünneper, R., Zsiros, O., Tokutsu, R., Takizawa, K., Porcar, L., Moyet, L., Petroustos, D., Garab, G., Finazzi, G., and Minagawa, J. (2014). Chloroplast remodeling during state transitions in *Chlamydomonas reinhardtii* as revealed by non-invasive techniques *in vivo*. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 111, 5042-5047.

教授
皆川 純



准教授
高橋 俊一



助教
得津 隆太郎

