



班員から

レチナールタンパク質にもっと光を！

A01 班 須藤 雄気

植物における光合成は、太陽光のエネルギーを用いて、水 (H_2O) の酸化により酸素 (O_2) を作り出す。また、同時に NADPH_2^+ と ATP を作り出し、二酸化炭素 (CO_2) を還元して糖を合成する。このような光合成反応には、多段階の化学反応が含まれ、かつ巨大なタンパク質複合体を必要とする。ここで光を吸収する実体は、クロロフィル色素であり、主に青色光 (400~450 nm) と赤色光 (630~670 nm) を吸収することができる (図 1)。クロロフィルが吸収できない光 (450~630 nm) は、カロテノイド類やフィコビリן類などの「光捕集系アンテナ分子」が吸収し、エネルギー移動を通じて光合成反応に利用される。

『レチナールタンパク質』とは、全トランス型のレチナール (ビタミン A アルデヒド) を発色団とする光受容タンパク質の総称で、植物を除く動物から微生物までの幅広い生物種に、万を越える種類が分布している。レチナールタンパク質は、クロロフィルが吸収しない波長の光 (460~620 nm) を吸収し (図 1)、イオン輸送体や光センサーとして機能するが、カロテノイド類やフィコビリן類などの「光捕集系アンテナ」を持たない比較的単純な生体分子である。私達の研究室では、レチナールタンパク質の基礎 (探索と精密解析) から応用 (生命現象の光操作ツールの開発) まで、幅広い研究を行っている。本新学術領域研究では、A01 班「光捕集機能を有する人工光合成システム」の公募班として、レチナールタンパク質とカロテノイドの複合体を創成し、通常単独で機能するレチナールタンパク質の光吸収能と光反応特性の向上を通じて、太陽光エネルギーの利用法の拡張を目指している (図 1)。

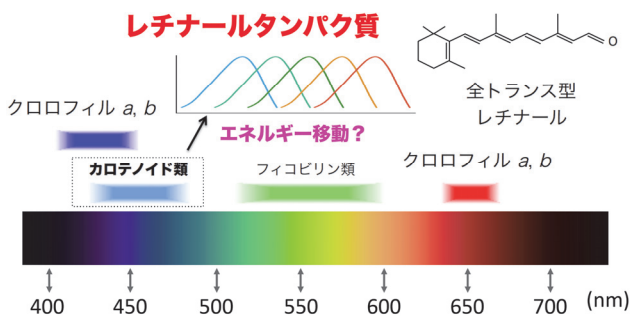


図 1. 可視光と光受容分子の吸収領域の対応：本研究では、カロテノイドを光捕集系としたレチナールタンパク質の創成を目指している。

これまで述べたように、光合成 (主に植物) とレチナールタンパク質 (動物・微生物) には、接点が無いように思われる。しかしながら、私達は、光合成生物である藍藻のレチナールタンパク質が、フィコビリן類の量を光依存的に調節していることを明らかにし^[1]、レチナールタンパク質と光捕集系色素との意外な関係を明らかにした。また、レチナールタンパク質による細胞膜を介した光駆動プロトン移動^[2]は、 ATP 合成に利用されることが知られており、この反応を単純な光合成様反応にとらえることもできる。

最近、私達は、カロテノイド類を含む環境に生息する微生物が持つサーモフィリックロドプシン：TR^[3]に着目し、精製 TR を脂質メソフェーズ法で結晶化後、2.8 Å 分解能で構造を決定した^[4]。その結果、予想通り、推定カロテノイド結合部位が確認された^[4] (図 2A)。TR は、レチナールタンパク質の中で最も安定であり、かつ高い光神経抑制活性を有することも示された^[4] (図 2B, C)。今後は、カロテノイドとの複合体を創出し、吸収波長領域の拡張や光利用効率の大幅な向上を行う。また、私達が得意とする分光特性の改変^[5-7]を行い、様々な生命現象を光で操作可能なツールの開発にもつなげていきたい。

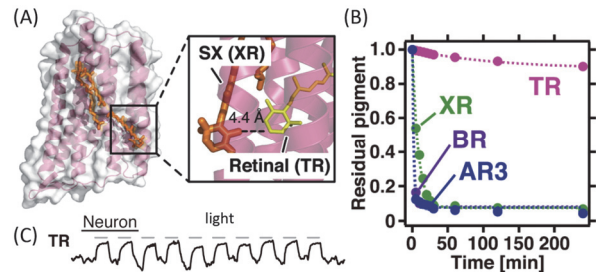


図 2. TR の構造と特性：(A) TR とカロテノイドの重ね合わせ構造, (B) 高い熱安定性, (C) 高い神経抑制能。

発表論文

- [1] H. Irieda *et al.*, *J. Biol. Chem.* **2012**, 287, 32485-32493.
- [2] Y. Sudo and S. Yoshizawa, *Photochem. Photobiol.* **2016**, 92, 420-427.
- [3] T. Tsukamoto *et al.*, *J. Biol. Chem.* **2013**, 288, 21581-21592.
- [4] T. Tsukamoto *et al.*, *J. Biol. Chem.* **2016**, in press.
- [5] H. Yomoda *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, 53, 6960-6964.
- [6] K. Inoue *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **2015**, 137, 3291-3299.
- [7] H.E. Kato *et al.*, *Nat. Commun.* **2015**, 6, 7177.

新学術領域「人工光合成」ニュースレター

第 4 巻・第 3 号 (通算第 39 号) 平成 28 年 6 月 1 日発行

発行責任者：井上晴夫 (首都大学東京 都市環境科学研究科)

編集責任者：八木政行 (新潟大学 自然科学系)

<http://artificial-photosynthesis.net/>