

理学専攻

生物化学研究室

Biochemistry Lab.

教授

Prof.

佐賀 佳央

Yoshitaka Saga

キーワード

光エネルギー変換、光合成、光合成タンパク質、クロロフィル

Light-energy conversion, photosynthesis, photosynthetic protein, chlorophyll

研究内容

光合成は太陽光エネルギーを高効率で変換する自然界の優れた光エネルギー変換システムである。この光合成システムの原理を理解し、システムを人為的に制御したり、作動原理を抽出し模倣した人工システムを構築できれば、現在のエネルギー問題、資源問題、環境問題、食糧問題の解決の一助となる可能性が期待できる。そこで、光合成システムで重要な光機能タンパク質やそれらの集積構造体の光機能の解明と制御を目指した研究を推進している。

天然光合成の初期過程では、光捕集タンパク質といわれる色素タンパク質が、光合成反応に必要な光エネルギーの大部分を吸収し、そのエネルギーを電荷分離反応をおこす反応中心タンパク質に高効率で伝達する。この光捕集タンパク質の構造機能相関の解明とエネルギー移動制御は、光合成の基礎研究として重要であるとともに、上記のような重要課題に取り組むうえでも興味深い。

当研究室では、紅色光合成細菌の辺縁光捕集タンパク質を主な研究対象として、結合色素改変による機能解明と光機能制御を指向した研究を進めている。これらのタンパク質では主要色素であるバクテリオクロロフィル (BChl) *a* は 2 種類の状態で存在している。そのうち、800 nm 付近に Q_y 吸収帯を有しエネルギー供与体として機能している B800 BChl *a* の改変に成功した。B800 BChl *a* を改変する第 1 の戦略として、B800 BChl *a* をタンパク質から選択的に脱離させ[1][2]、その色素結合部位へ異種の (バクテリオ) クロロフィル色素を導入することに成功している[3]~[8]。このような色素置換によって、タンパク質が吸収できる光の波長領域やエネルギー移動速度の改変を達成した。色素置換による改変は、酸素発生型光合成生物の光捕集タンパク質でも成功している[9]。また、B800 BChl *a* を改変する第 2 の戦略として、タンパク質に結合した状態の B800 BChl *a* を酸化し、BChl *a* のテトラピロール環構造を直接改変することに成功している[10]~[12]。この直接改変によって、2 種類のエネルギー供与体をタンパク質に同時に生成させることも可能となった。

最近の業績

[1] "Reversible Changes in the Structural Features of Photosynthetic Light-harvesting Complex 2 by Removal and Reconstitution of B800 Bacteriochlorophyll *a* Pigments", Y. Saga, K. Hirota, H. Asakawa, K. Takao, T. Fukuma,

Biochemistry **2017**, *56*, 3484–3491.

- [2] "Selective Removal of B800 Bacteriochlorophyll *a* from Light-harvesting Complex 2 of the Purple Photosynthetic Bacterium *Phaeospirillum molischianum*", Y. Saga, K. Hirota, S. Matsui, H. Asakawa, H. Ishikita, K. Saito, *Biochemistry* **2018**, *57*, 3075–3083.
- [3] "Characterization of 3-Acetyl Chlorophyll *a* and 3-Acetyl Protochlorophyll *a* Accommodated in the B800 Binding Sites of Photosynthetic Light-Harvesting Complex 2 in the Purple Photosynthetic Bacterium *Rhodoblastus acidophilus*", Y. Saga, K. Miyagi, *Photochem. Photobiol.* **2018**, *94*, 698–704.
- [4] "Reconstitution of Chlorophyll *d* into the Bacterial Photosynthetic Light-harvesting Protein LH2" Y. Saga, M. Yamashita, M. Imanishi, Y. Kimura, *Chem. Lett.* **2018**, *47*, 1071–1074.
- [5] "In situ Conversion of Chlorophyll *b* Reconstituted into Photosynthetic Protein LH2" Y. Saga, M. Yamashita, S. Nakagawa, *Chem. Lett.* **2019**, *48*, 1270–1273.
- [6] "Reconstitution of 3-Acetyl Chlorophyll *a* into Light-harvesting Complex 2 from the Purple Photosynthetic Bacterium *Phaeospirillum molischianum*" Y. Saga, M. Yamashita, M. Imanishi, Y. Kimura, Y. Masaoka, T. Hidaka, Y. Nagasawa, *ACS Omega* **2020**, *5*, 6817–6825.
- [7] "Excitation Energy Transfer from Bacteriochlorophyll *b* in the B800 Site to B850 Bacteriochlorophyll *a* in Light-harvesting Complex 2" Y. Saga, M. Yamashita, Y. Masaoka, T. Hidaka, M. Imanishi, Y. Kimura, Y. Nagasawa, *J. Phys. Chem. B* **2021**, *125*, 2009–2017.
- [8] "Spectral Properties of Chlorophyll *f* in the B800 Cavity of Light-harvesting Complex 2 from the Purple Photosynthetic Bacterium *Rhodoblastus acidophilus*" Y. Saga, A. Tanaka, M. Yamashita, T. Shinoda, T. Tomo, Y. Kimura, *Photochem. Photobiol.* **2022**, *98*, 169–174.
- [9] "Functional Harvesting of Far-red Light in Plant Antenna Complexes Incorporating Chlorophyll *d*" E. Elias, N. Liguori, Y. Saga, J. Schäfers, R. Croce, *Biomacromolecules* **2021**, *22*, 3313–3322.
- [10] "Selective Oxidation of B800 Bacteriochlorophyll *a* in Photosynthetic Light-harvesting Protein LH2" Y. Saga, S. Kawano, Y. Otsuka, M. Imanishi, Y. Kimura, S. Matsui, H. Asakawa, *Sci. Rep.* **2019**, *9*, 3636.
- [11] "In situ Formation of Photoactive B-ring Reduced Chlorophyll Isomer in Photosynthetic Protein LH2" Y. Saga, Y. Otsuka, D. Funakoshi, Y. Masaoka, Y. Kihara, T. Hidaka, H. Hatano, H. Asakawa, Y. Nagasawa, H. Tamiaki, *Sci. Rep.* **2020**, *10*, 19383.
- [12] "Energy Transfer Dynamics in Light-harvesting Complex 2 Variants Possessing Oxidized B800 Bacteriochlorophyll *a*" Y. Saga, Y. Otsuka, A. Tanaka, Y. Masaoka, T. Hidaka, Y. Nagasawa, *J. Phys. Chem. B* **2021**, *125*, 6830–6836.