

# 渡辺研究室

## [光合成の分子メカニズム解析]

生産技術研究所 サステナブル材料国際研究センター  
International Research Centre for Sustainable Materials

http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/Labs/wata\_lab/watanabej.html

生体機能関連化学

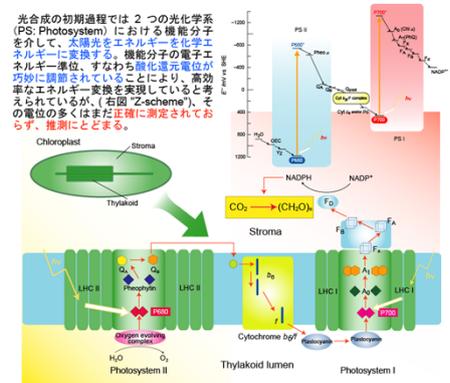
化学生命工学専攻

# 光合成の分子メカニズム解析

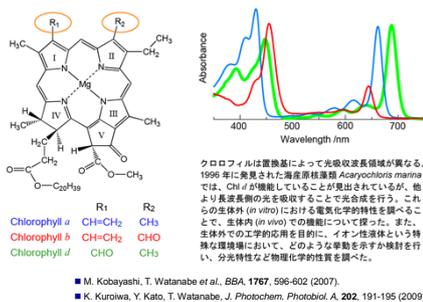
Molecular Mechanism of Photosynthesis

あらゆる食糧・化学燃料の源をなす光合成は、光→電子→化学エネルギー変換を行う分子システムといえる。このエネルギー変換の効率は非常に高く、人工的な光変換デバイスを設計する上でも貴重な手本となるが、分子レベルでみるとメカニズムにまだ不明な点が多い。当研究室では以下のような側面から光合成のミクロな素顔に迫っている。

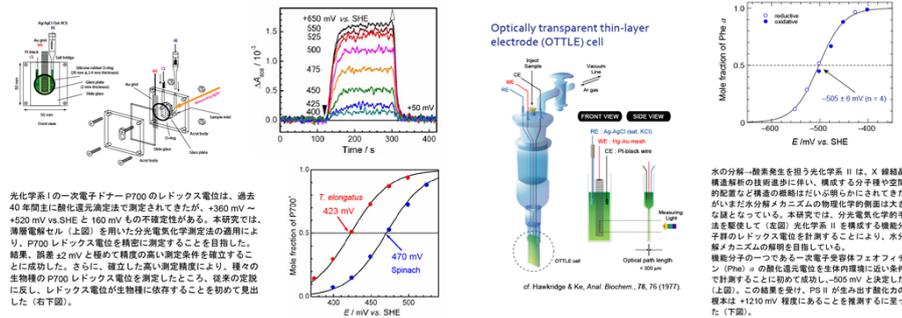
- ①光エネルギー変換を担う光合成反応中心の分子解明
- ②反応中心電子伝達鎖のエネルギー準位(レドックス電位)相関の解明
- ③光合成による水の酸化→酸素発生メカニズムの解明
- ④光合成色素分子(クロロフィル類)の生体外(in vitro)での物理化学的特性
- ⑤光合成系/半導体電極界面における光電気化学プロセスの解析と応用



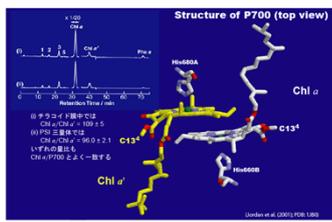
### 光合成色素分子の物理化学的特性



### 電子伝達鎖のレドックス電位相関解明



### 光合成反応中心の分子解明



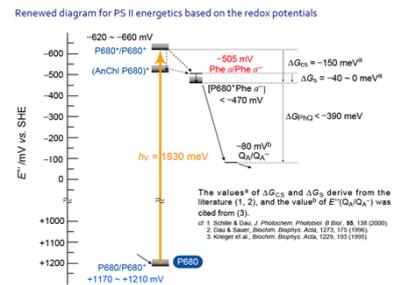
シアノバクテリア *Thermosynechococcus elongatus* の光化学系 (PS) I 反応中心の分子組成を高速度液体クロマトグラフィー (HPLC) で分離した結果、反応中心コアには 1 分子の Chl *a* (多量集 Chl *a* の C13<sup>2</sup> エピマー) が存在することを確認した (左上)。その後、X 線結晶構造解析の結果 (Jordanら 2001 年に Nature 誌で報告) 反応中心一次電子供与体 P700 の必須部品であることが判明した。

Species	Classification	E° (mV vs. SHE)	Electron donor
<i>Gloeobacter violaceus</i>	Cyanobacterium	+360 ± 4	Cyt c <sub>2</sub> P <sub>700</sub>
<i>Spirulina japonica</i>	Cyanobacterium	+414 ± 1	Cyt c <sub>2</sub>
<i>T. elongatus</i>	Cyanobacterium	+423 ± 2	Cyt c <sub>2</sub>
<i>Cyanidium caldaratum</i>	Red alga	+430 ± 3	Cyt c <sub>2</sub>
<i>Phaenocystis caroliniana</i>	Red alga	+425 ± 4	Cyt c <sub>2</sub>
<i>Anabaena variabilis</i>	Cyanobacterium	+441 ± 1	Cyt c <sub>2</sub> P <sub>700</sub>
<i>Synechococcus PCC6803</i>	Cyanobacterium	+452 ± 1	Cyt c <sub>2</sub> P <sub>700</sub>
<i>Synechocystis PCC6803</i>	Cyanobacterium	+455 ± 4	Cyt c <sub>2</sub> P <sub>700</sub>
<i>Chlorella vulgaris</i>	Green alga	+458 ± 3	Cyt c <sub>2</sub> P <sub>700</sub>
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	Green alga	+465 ± 3	Cyt c <sub>2</sub> P <sub>700</sub>
Barkley	Higher plant	+468 ± 2	P <sub>700</sub>
Spruce	Higher plant	+469 ± 2	P <sub>700</sub>

\* Cyt c<sub>2</sub>: Cytochrome c<sub>2</sub>; P<sub>700</sub>: Photosystem

一連の酸素発生型光合成生物の P700 レドックス電位を計測したところ、生物種によって P700 レドックス電位が異なることが見出された (左表)。おおよそ P700 レドックス電位はシアノバクテリア<紅藻<緑藻<高等植物の順に上がることが分かった。進化の過程に沿って P700 レドックス電位が (+) にシフトしているものと考えられる。生体内において、光動員したのち酸化した P700<sup>+</sup>は、電子供与体である水溶性電子伝達タンパク質シクロロム α あるいはプラストシアニンによって還元される (右図)。生物種によって水溶性タンパク質の種類は異なるが (両方する生物もある)、この種類と P700 酸化還元電位に相関が見られた。

- A. Nakamura, T. Suzawa, Y. Watanabe et al., *Chem. Lett.*, 33, 688-689 (2004).
- A. Nakamura, T. Suzawa, Y. Kato, T. Watanabe, *FEBS Lett.*, 579, 2273-2276 (2005).
- Y. Zhang, A. Nakamura, K. Kuroiwa, Y. Kato, T. Watanabe, *FEBS Lett.*, 582, 1123-1128 (2008).
- T. Tomo, Y. Kato, T. Watanabe et al., *J. Biol. Chem.*, 283, 18198-18209 (2008).
- A. Nakamura, T. Suzawa, Y. Kato, T. Watanabe, *Plant Cell Physiol.* in press (2011).



- T. Shibamoto, Y. Kato, T. Watanabe, *FEBS Lett.*, 582, 1490-1494 (2008).
- Y. Kato, M. Sugura, A. Oda, T. Watanabe, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 106, 17365-17370 (2009).
- T. Shibamoto, Y. Kato, M. Sugura, T. Watanabe, *Biochemistry*, 48, 10682-10684 (2009).
- T. Shibamoto, Y. Kato, T. Tomo, T. Watanabe et al., *FEBS Lett.*, 584, 1526-1530 (2010).