

光合成の環境ストレス耐性強化に向けた分子基盤の構築

プロジェクト代表者：西山佳孝（理工学研究科・准教授）

1 研究の目的

光合成の修復・再生を担うタンパク質合成系の環境応答、および環境ストレス耐性のメカニズムを分子レベルで解明すること目的とした。また、この研究を推進するために、行政機関や民間の科学研究費公募に積極的に申請し、多くの外部資金を獲得することも目指した。

2 研究の進め方

強光ストレスによる光化学系 II 複合体の失活は光阻害と呼ばれる。この現象は植物の生長を妨げる主な要因と考えられていることから、植物生理学や農学できわめて重要な研究課題になっている。これまでにプロジェクト代表者らの研究によって、光化学系 II 複合体の光による損傷は、その複合体の一部である酸素発生系マンガククラスターの光吸収と崩壊によって引き起こされ、強光によって発生する活性酸素はこの複合体を修復・再生するプロセスを阻害することが明らかにされている。さらに、後者の阻害過程では、光化学系 II の修復に必要なタンパク質合成が活性酸素によって阻害されること、タンパク質合成系の中で翻訳因子 EF-G が活性酸素の主要な標的となっていることが示唆されている。

本研究では、研究材料としてラン藻 *Synechocystis* sp. PCC 6803 を用いて、活性酸素によって EF-G が酸化されるメカニズム、および酸化された EF-G を還元するメカニズムを解析し、EF-G の酸化還元（レドックス）機構と光合成の環境応答との関係を調べた。

3 研究の成果

活性酸素による EF-G の失活のメカニズムを生化学的手法を用いて解析した。その結果、EF-G の失活は、特定の2つのシステイン残基の酸化とそれに伴うジスルフィド結合の形成によることが明らかになった。さらに、このジスルフィド結合が、酸化還元酵素のチオレドキシニンによって還元され、EF-G が再活性化されることもわかった。これらの結果から、活性酸素による酸化と失活、およびチオレドキシニンによる還元と活性化が、EF-G のシステイン残基のレドックス状態に依存していることが明らかになった。したがって、EF-G がチオレドキシニンを介したレドックス調節を受け、タンパク質合成を制御していることが考えられる。さらに、チオレドキシニンの還元力は主に光合成の電子伝達に由来しているため、光合成電子伝達と翻訳系がチオレドキシニンと EF-G を介してリンクしていることが示唆される（図1）。

これまでの研究によって、光合成系の修復・再生が翻訳系によって制御されていることが明らかになっている。したがって、本研究の成果と組み合わせると、光合成と翻訳系がレドックス調節によって互いに制御し合っていることが示唆される。この発見は、光による翻訳制御機構を分子レベルで初めて明らかにした例である。研究成果を論文にまとめ、米国生化学会の著名な学術誌 *Journal of Biological Chemistry* に投稿したところ、高く評価され受理された。

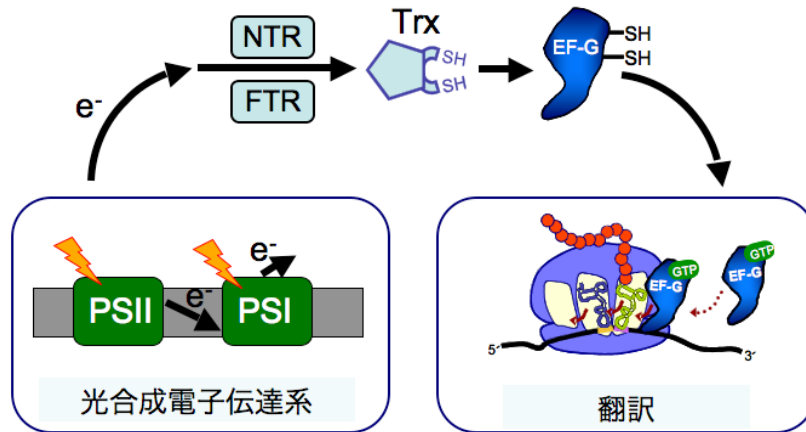


図1. 光合成電子伝達系から翻訳装置に至るレドックスシグナルの流れ (モデル図)。光合成電子伝達系で生じた還元力は、NADPH-チオレドキシ還元酵素 (NTR) とフェレドキシ還元酵素 (FTR) の働きによってチオレドキシ (Trx) を還元する。還元型のチオレドキシは翻訳因子 EF-G を還元して、翻訳装置を活性化する。

外部資金獲得の面では、2008年度に4件の研究費申請を行い、そのうち科学研究費補助金基盤研究(C)を獲得することができた。

基盤研究(C)「光合成における翻訳のレドックス制御と環境応答の分子機構」(21570033) 研究代表者 (平成21～23年度)

3 発表論文

1. Kojima, K., Oshita, M., Hayashi, H., Nishiyama, Y. (2008) Role of elongation factor G in the inhibition of the synthesis of the D1 protein of photosystem II under oxidative stress. *In* Photosynthesis. Energy from the Sun: 14th International Congress on Photosynthesis, Springer, pp. 1319-1322.
2. Kojima, K., Motohashi, K., Morota, T., Oshita, M., Hisabori, T., Hayashi, H. and Nishiyama, Y. (2009) Regulation of translation by the redox state of elongation factor G in the cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC 6803. *J. Biol. Chem.*, 284 (28): 18685-18691.
3. Nishiyama, Y. and Hisabori, T. (2009) Physiological impact of thioredoxin- and glutaredoxin-mediated redox regulation in cyanobacteria. *In* Advances in Botanical Research (Jean-Pierre Jacquot, ed), Elsevier, in press.