



光合成機能を夜に抑制するタンパク質酸化制御の分子機構

細胞レベルから個体レベルの生物学
およびその関連分野

研究者所属・職名 : 科学技術創成研究院・准教授

ふりがな よしだ けいすけ

氏名 : 吉田 啓亮

主な採択課題 :

- [基盤研究\(B\)「葉緑体機能を支えるレドックス制御システムの包括的解析」\(2019-2022\)](#)
- [挑戦的研究\(萌芽\)「植物が眠るしくみ：タンパク質酸化システムによる光合成抑制機構の解明」\(2020-2021\)](#)

分野 : 植物生化学、植物生理学

キーワード : 光合成、レドックス制御、タンパク質翻訳後修飾、光環境応答、シロイヌナズナ

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

移動能力を欠く植物が、絶えず変化する光環境の下で光合成による物質生産を行うためには、光合成の場である葉緑体において光合成反応を支えているタンパク質群の機能を柔軟かつ精密に制御することが重要である。酸化還元を介したタンパク質翻訳後修飾であるレドックス制御は、明/暗に応じた光合成機能のオン/オフ制御に重要な役割を果たしている(図1)。光が当たった時(日中)に光合成系タンパク質を還元して活性化するしくみは古くから知られている一方で、光が途切れた時(夜間)にそれらを酸化して不活性化するしくみはレドックス制御の研究分野の最大の謎とされていた。

●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

これまで明らかにされていない光合成機能を夜に抑制するタンパク質酸化制御の分子機構の解明を目指して研究を行った。具体的には、試験管内での構成的解析によってタンパク質酸化の反応経路を明らかにしつつ、変異株植物の解析からその経路が生きた植物内で光合成の機能抑制に働いていることを明らかにした。

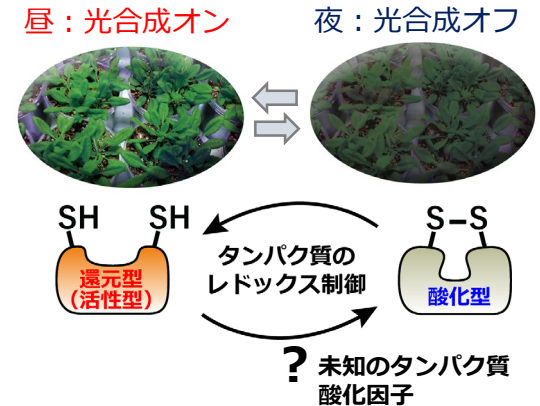


図1 光合成機能のレドックス制御のイメージ



光合成機能を夜に抑制するタンパク質酸化制御の分子機構

細胞レベルから個体レベルの生物学およびその関連分野

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

レドックス制御の鍵因子として働くのがチオレドキシンのタンパク質である。すべての生物がチオレドキシンのタンパク質を持っているが、植物は数多くのチオレドキシンの分子種を持つ点において非常に特徴的である。私は、モデル植物シロイヌナズナのタンパク質データベースからチオレドキシンのようなアミノ酸配列を持つ機能未知タンパク質“TrxL2”を見つけ出し、その機能特性を生化学的に解析した。その結果、TrxL2は典型的なチオレドキシンのように還元力伝達活性を持つものの、その酸化還元電位が酸化側に大きく偏っていることを見出した。そして、TrxL2は標的のタンパク質から還元力を抜き取って酸化する能力を持つことを実証し、自身が受け取った還元力をペルオキシレドキシンの1つである2CPを介して過酸化水素へと流して消去していることも明らかにした。さらには、このタンパク質酸化のための還元力伝達経路が植物葉緑体内で実際に働いていることを、この経路を欠損させた変異株植物を用いた解析によって明らかにした。これらにより、半世紀にわたってブラックボックスとなっていたレドックス制御の酸化側を支える分子装置（TrxL2/2CP経路）を発見することができた（図2）。

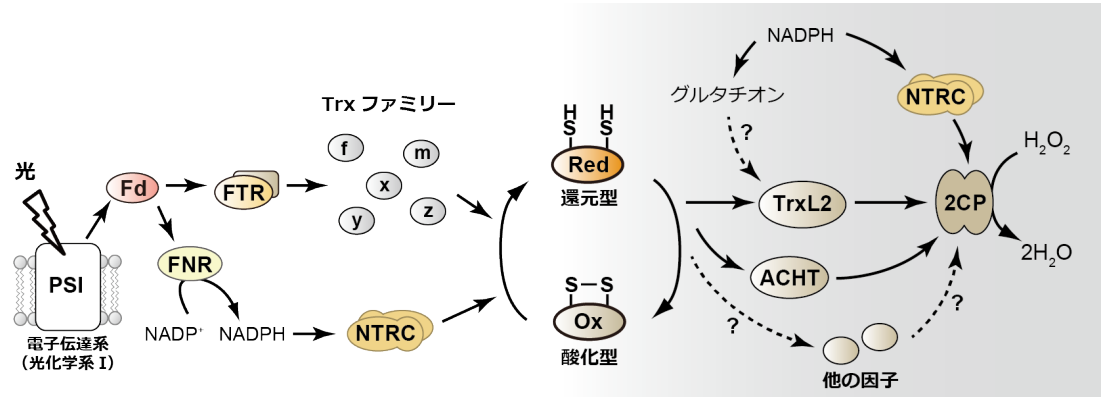


図2 新たに見えてきた葉緑体レドックス制御系の実体

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

今回の発見をきっかけとして、今後レドックス制御の研究に新たな潮流が生まれることが期待される。実際に私達はその後の解析でTrxL2以外のタンパク質酸化因子も同定しており、今まで手付かずにあったレドックス制御の酸化側が少しずつ明らかになってきている（図2）。また、ゲノム編集を用いてタンパク質の酸化・不活性化制御を行えなくすると、植物は自然環境を再現したような変動光環境ではうまく成長できなくなること分かってきた（図3）。これらの知見を活用してレドックス制御系を改変することで、農作物の収量増加につながる可能性がある。

野生株



変異株



図3 タンパク質酸化制御に異常を持つ変異株植物は変動光環境では生育が抑制される