

氏名	小川 由
授与した学位	博士
専攻分野の名称	農学
学位授与番号	博甲第 7071 号
学位授与の日付	2024年 3月 25日
学位授与の要件	環境生命科学研究科 農生命科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	シロイヌナズナの FZL タンパク質による葉緑体膜リモデリングの遺伝生理学的解析
論文審査委員	教授 河野洋治 教授 且原真木 教授 坂本 亘
学位論文内容の要旨	
<p>光合成電子伝達は、地球上のほぼ全ての生物を養う重要なエネルギー変換反応であり、植物葉緑体の中の脂質膜構造チラコイド膜で行われる。そして特に維管束植物のチラコイド膜はその形状が特徴的であり、積み重なったディスク状のグラナと呼ばれる構造が、扁平なストロマラメラと呼ばれる構造でネットワーク状に繋がられている。本研究では、チラコイド膜に働きかけて変形させることが期待される膜リモデリングタンパク質の一つ FZL の機能解析を遺伝学的に行なった。葉緑体膜分画実験および GFP 融合タンパク質の観察から、FZL は葉緑体の中でグラナの端に集中分布することを確認した。また、<i>fl</i> 欠損変異株のチラコイド膜では、野生株に比べて、グラナの膜の積み重なりがずれており、グラナとストロマラメラの繋がりが少なかった。これらの結果は、FZL がグラナの端を周りのストロマラメラと融合・連結するという過去に提唱されたモデルと辻褃が合った。<i>fl</i> 欠損変異株の光合成の異常を調べると、まず、全体的な電子伝達が滞っていた。そして、様々な時間スケールの光合成電子伝達制御機構にも異常があった。具体的には、リアルタイム～秒スケールで誘導される過剰光エネルギー散逸機構 NPQ および電子伝達のブレーキに相当する photosynthetic control が過剰に促進されやすくなっていた。また、分～時間スケールで光化学系 II の効率的な電子伝達を維持するための光化学系 II の修復サイクルでは、その全ての過程すなわち光化学系 II の損傷・分解・合成の速度が野生株と異なっていた。損傷・分解は促進されており、合成は逆に阻まれやすくなっていた。日～週スケールの長期的な光順応過程でも、光化学系 II の過剰な分解が示唆された。以上のように FZL は効率的な光合成に寄与することが示されたが、そのみならず、チラコイド膜の安定自体にも働くことも多重変異体のチラコイド膜の観察から示唆された。これらの結果から、FZL の機能について詳細に議論する。</p>	

論文審査結果の要旨

光合成によるエネルギー転換反応は、複雑な構造をしたチラコイド膜の上で行われる。維管束植物では、ディスク状にチラコイド膜が積み重なるグラナと単層のストロマラメラが複雑に連絡した膜にタンパク質複合体が局在し、光合成反応を最適化している。チラコイド膜を形作るタンパク質の実態に関しては、最近、研究が進み、膜の変形や融合に関わるリモデリング分子が明らかになってきた。本研究では、この中でFZLと呼ばれるダイナミンタンパク質に着目し、FZLを欠損する*fz1-3*を中心とする変異体、および他の光合成関連変異体との多重変異体におけるチラコイド膜構造および光合成活性の解析を行なった。

まず、FZLはグラナ周縁部に局在することを示し、*fz1-3*チラコイド膜の電子顕微鏡観察からFZLがグラナの積み重なりとストロマラメラとの融合に関わる可能性を示した。加えて*fz1-3*変異体と他の変異体を掛け合わせた個体とクロロフィル蛍光を用いた光合成電子伝達の解析から、異なる時間スケールで光合成制御に関する適応に変化が生じており、リアルタイムスケールでのLHCIIアンテナにおける非光化学エネルギー消光(NPQ)、および、チトクローム*b6f*複合体におけるPhotosynthetic controlが過剰に促進される傾向があることを示した。加えて、より長期的な応答として光化学系IIの修復、タンパク質複合体の蓄積量などにも多面的に影響することから、FZLの解析を通して膜リモデリング分子の生理的な作用について新たな知見を提供することができた。

以上の成果は、国内外の学会で発表するとともに、査読付き英文学術誌でも公表しており、他にも本講座での規定を全て満たしている。以上の審査結果に基づき、本研究は、博士学位を付与するに相応しいと結論した。