

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	シロイヌナズナの強光順化に関する因子の機能解析
Title(English)	
著者(和文)	佐藤諒一
Author(English)	Ryouichi Satou
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10293号, 授与年月日:2016年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:増田 真二,太田 啓之,久堀 徹,田中 寛,若林 憲一,増田 建
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10293号, Conferred date:2016/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	佐藤 諒一		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	増田 真二	准教授		若林 憲一	准教授
	審査員	太田 啓之	教授	審査員	増田 建	教授
		久堀 徹	教授			
		田中 寛	教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「シロイヌナズナの強光順化に関わる因子の機能解析」と題し、植物が強光条件下において光合成の効率を適切に調節する新たな仕組みを明らかにしたもので、3章で構成されている。

第1章では、本博士論文研究の背景を、これまでの光合成の調節機構に関する研究の変遷と共に概説している。具体的には、1) 植物の葉緑体は酸素発生型光合成を最初に始めたシアノバクテリアの細胞内共生により誕生したこと、2) その光合成電子伝達反応はシアノバクテリアのそれと類似していること、3) 植物が強光に晒されると短時間(数秒~数十秒)の間に「熱放散」と呼ばれる光エネルギー散逸機構が働くこと、4) 熱放散の誘導に関与することがわかっている因子の詳細、等から、強光時における光合成の順化反応の誘導は、光合成電子伝達反応によって形成されるチラコイド膜を隔てたプロトンの濃度勾配の形成が引き金になっていることを述べている。またプロトンの濃度勾配の形成は、チラコイド膜ルーメン側の特定のタンパク質のプロトン化を誘引し、その結果カロテノイドの組成変化や光捕集色素系の構造変化を誘起することで、クロロフィルで吸収した過剰な光エネルギーを熱として安全に消去する熱放散反応が誘発されることを述べている。また、プロトンの濃度勾配の過剰な形成は、二酸化炭素固定反応などに関与する多くの酵素群の活性を抑制することから、その制御機構は光合成反応の制御のみならず葉緑体の恒常性維持に重要と考えられるが、その詳細は不明な点が多いと述べている。

第2章では、プロトンの濃度勾配形成機構を明らかにする目的で行った光合成電子伝達反応のコンピューターシミュレーションの結果を述べている。葉緑体における光合成電子伝達反応には、水分解により得られた電子を  $\text{NADP}^+$  に伝える「直線的電子伝達」と、水由来の電子をプラストキノンへ再び戻す「循環的電子伝達」の2種類の経路が存在することが知られている。それぞれの電子伝達に関与する多くの因子も明らかになっているが、この2つの電子伝達経路のそれぞれが、プロトンの濃度勾配の形成にどれくらい寄与しているのかはよくわかっていない。そこで、「熱放散」の誘導機構の詳細を理解するために、それぞれの電子伝達の寄与率を推定することが重要と考え、まず、葉緑体の光合成電子伝達反応に関与する因子の酵素学的パラメーターを過去に発表された文献を基に調べ上げ、それらの値からチラコイド膜を隔てたプロトンの濃度勾配形成の時間変化を追跡するシミュレーションモデルを構築している。次に、野生型と循環的電子伝達反応の中心的役割を果たす PGR5 の変異体シロイヌナズナ(循環的電子伝達反応のほとんどを欠損している)の熱放散を、パルス変調クロロフィル蛍光測定法により測定している。得られた熱放散誘

導値をシミュレーションモデルの結果と照らし合わせ、1) 光合成誘導直後では85~95%の電子が循環的電子伝達反応に寄与する、2) その値は光強度にあまり依存しない、3) 光照射後時間経過とともに寄与率が減少し最終的に60%ほどに落ち着くこと、を明らかにしている。以上の結果から、プロトンの濃度勾配形成に対して、循環的電子伝達経路は直線的電子伝達経路に比し、1.2~4倍高い寄与を持つと結論している。

第3章では、シロイヌナズナの熱放散の制御に関与する新規因子の同定と解析について報告している。まず利用可能なデータベースを駆使し、1) 葉緑体移行シグナルを有する、2) 熱放散に関与する遺伝子と似た発現パターンを示す、3) そのホモログが酸素発生型光合成生物に特異的に保存されている、という3つの条件を満たすシロイヌナズナの遺伝子を探索し、機能未知の新規因子(Light Acclimation Protein1; LAP1と命名)を同定している。その機能解析を行い、1) LAP1は葉緑体のチラコイド膜と包膜の両方に局在する、2) LAP1変異体は変動光化でのみ薄緑の表現型を示し、クロロフィル量と葉緑体数が減少する、3) LAP1変異体は野生型に比し熱放散が過剰に誘導されている、4) LAP1変異体は、ルーメン側の酸性化によって誘導されるカロテノイド組成の変化が野生型よりも強く誘発される、5) シアノバクテリアのLAP1変異体は、光照射時に見られるプロトンの細胞外への排出が野生型に比べ過剰に誘導されていること等を明らかにしている。これらのことから、LAP1は、チラコイド膜と包膜の両方において、プロトンの取り込みと排出を担う未知のトランスポーターの活性を制御することで、葉緑体中のプロトン濃度の恒常性維持に重要な働きをする新規因子であると考察している。得られた結果を総括し、酸素発生型光合成生物のプロトン濃度調節機構が、光合成生物の進化の歴史の中で果たしてきた役割を議論すると共に、植物の熱放散の新規制御機構モデルを提案している。

以上を要するに、本論文は、シアノバクテリアのプロトン濃度制御システムが熱放散の制御因子として細胞内共生による葉緑体の成立とともに進化してきた様子を示すと同時に、チラコイド膜を隔てたプロトンの濃度勾配の形成に関与する光合成電子伝達反応の寄与率を初めて明らかにしたものであり、理学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。