

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	クレブソルミディウムおよびゼニゴケにおけるオリゴガラクト脂質合成に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	清水信介
Author(English)	Shinsuke Shimizu
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12834号, 授与年月日:2024年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:下嶋 美恵,本郷 裕一,増田 真二,加藤 明,吉田 啓亮,太田 啓之
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12834号, Conferred date:2024/9/20, 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		清水 信介	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	下嶋 美恵		准教授		吉田 啓亮	准教授
	審査員	本郷 裕一		教授	審査員	太田 啓之	株式会社フ ァイトリピ ッド・テク ノロジーズ 代表取締役 CEO
		増田 真二		教授			
		加藤 明		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「クレブソルミディウムおよびゼニゴケにおけるオリゴガラクト脂質合成に関する研究」と題し、車軸藻植物門クレブソルミディウム (*Klebsormidium nitens*) およびコケ植物ゼニゴケ (*Marchantia polymorpha*) のオリゴガラクト脂質合成について、まず合成酵素遺伝子の探索を行い、さらにゼニゴケでは同定したオリゴガラクト脂質合成酵素欠損株の解析により、ゼニゴケの酸性ストレス耐性にはオリゴガラクト脂質合成が必須であることを明らかにした論文である。本論文は4つの章から構成されている。

第一章「序論」では、モデル種子植物シロイヌナズナの変異体解析を中心に解明されてきた、2つの主要ガラクト脂質モノガラクトシルジアシルグリセロールおよびジガラクトシルジアシルグリセロールの植物生育における重要な役割について述べている。また、これまでに種子植物におけるオリゴガラクト脂質の蓄積は凍結や乾燥など脱水ストレス耐性と相関性があることが示唆されていることから、ゼニゴケを含む陸上植物全般における脱水ストレス応答についての知見を概説している。さらに、これまでにシロイヌナズナにおいて明らかになっているオリゴガラクト脂質生合成の制御機構、またオリゴガラクト脂質合成が欠損した変異体が表す凍結ストレス耐性の低下についても概説している。オリゴガラクト脂質の蓄積はシアノバクテリアや渦鞭毛藻類でも見られるが、その生理的意義については不明な点が多い。そこで本研究では、種子植物以外の植物種におけるオリゴガラクト脂質合成の解析を行うことで、その生理的意義が植物種間で保存されているのかどうかを明らかにすることを目的としている。

第二章「車軸藻植物門クレブソルミディウムにおけるオリゴガラクト脂質合成に関する研究」では、まずシロイヌナズナ SFR2 (GGGT) タンパク質との相同性および類似性からクレブソルミディウムのオリゴガラクト脂質合成酵素 (GGGT) の3つの候補タンパク質 KnGGGT1, KnGGGT2 および KnGGGT3 に着目し、それぞれのタンパク質を GFP との融合タンパク質としてベンサミアナタバコ葉において一過的に発現させている。各 GFP 融合タンパク質の細胞内局在およびオリゴガラクト脂質合成能の解析を行った結果、KnGGGT1 および KnGGGT2 はシロイヌナズナ SFR2 と同様、葉緑体包膜に局在する様子が観察されたが、オリゴガラクト脂質合成は検出されなかった。申請者が所属する研究室の先行研究により、クレブソルミディウムは通常生育条件下においてもオリゴガラクト脂質を蓄積していることが知られている。シロイヌナズナで報告されたオリゴガラクト脂質合成の活性化条件である酢酸処理を KnGGGT1, KnGGGT2 発現葉に行っても、オリゴガラクト脂質の蓄積が見られなかったことから、クレブソルミディウムではシロイヌナズナとは異なる機構でオリゴガラクト脂質生合成が制御されている可能性があると結論付けている。

第三章「ゼニゴケにおけるオリゴガラクト脂質合成に関する研究」では、まずゼニゴケの2つのシロイヌナズナ SFR2 (GGGT) 類似タンパク質、MpGGGT1, MpGGGT2 をそれぞれ GFP 融合タンパク質としてベンサミアナタバコ葉で一過的発現させ、細胞内局在解析およびオリゴガラクト脂質合成能の解析を行っている。その結果、MpGGGT1-GFP が葉緑体包膜に局在し、オリゴガラクト脂質合成能を有することが示された。また、MpGGGT1-GFP 発現葉に酢酸処理を行うと、シロイヌナズナ SFR2 (GGGT) と同様、オリゴガラクト脂質蓄積量が増大することが示された。さらに申請者は、ゲノム編集により MpGGGT1 または MpGGGT2 を機能欠損したゼニゴケ変異株を作出し、MpGGGT1 変異体ではオリゴガラクト脂質の蓄積が見られなくなること、また MpGGGT2 変異体では野生株と同様にオリゴガラクト脂質の

蓄積が見られること、すなわち MpGGGT1 がゼニゴケのオリゴガラクト脂質合成酵素であることを明らかにした。さらに、ゼニゴケ野生株と MpGGGT1 変異体の生育比較を行ったところ、変異体は酢酸処理後に葉状体の一部が枯死し、生育が抑制されることが示された。透過型電子顕微鏡を用いて酢酸処理がゼニゴケに与える影響を細胞レベルで解析したところ、酢酸処理の細胞への損傷度合いは野生株と変異株で同程度に著しいが、変異株が野生株と比較して個体への損傷が若干著しい様子が観察されたため、酢酸処理時の GGGT の活性化は、酢酸処理時に起こる葉緑体の損傷を抑制する働きがあると考察している。また、植物の陸上化に際しては、枯死した植物によって形成された酸性土壌に適応する必要があったと考えられていることを考慮すると、ゼニゴケにおける GGGT の役割は生育上重要であったのではないかと考察している。

第四章「総合考察」では、本研究の結果から、種子植物だけでなくクレブソルミディウムやゼニゴケでもオリゴガラクト脂質が蓄積していること、またゼニゴケにおいては酸性ストレス下での生育にオリゴガラクト脂質合成が必要であることが明らかになったことから、植物の高度な環境適応能力の要因の1つとしてオリゴガラクト脂質合成能が考えられるのではないかと論じている。

以上を要するに、本論文は植物の環境ストレス耐性におけるオリゴガラクト脂質合成の重要性が、植物種に広く保存されている可能性を強く示唆したものであり、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。