

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	・富 太一 (よしとみ たいち)
○学位の種類	博士 (理学)
○授与番号	甲 第 771 号
○授与年月日	2011 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	Glycolipids in the green sulfur photosynthetic bacterium <i>Chlorobium tepidum</i> (緑色硫黄細菌 <i>Chlorobium tepidum</i> の糖脂質に関する研究)
○審査委員	(主査) 民秋 均 (立命館大学薬学部教授) 前田 大光 (立命館大学薬学部准教授) 溝口 正 (立命館大学生命科学部准教授)

<論文の内容の要旨>

緑色硫黄細菌はクロロゾームと呼ばれる特徴的な集光装置を有しており、以下のような特徴がある。クロロゾームは細胞膜の内側に接着した形で存在し、一分子膜とその内在タンパク質で構成される外皮膜に覆われたミセル状のナノ構造体である。この膜外ナノ構造体であるクロロゾーム一器官あたり、約十萬個のバクテリオクロフィル色素が存在すると見積もられ、それらが水素結合、配位結合、 π - π スタッキングによって秩序立った自己会合体を形成し、タンパク質の補助を受けていない。従ってクロロゾームは、色素-タンパク相互作用によって光収穫部を構成している、他の光合成生物で確認される光収穫アンテナ系と大きく異なっている。これまでにクロロゾームの外皮膜を構成するタンパク質の種類や機能については、分子生物学的観点から活発に研究がなされている。一方で、外皮膜のもう一つの構成成分である脂質に関しては、その分子レベルでの研究が立ち遅れている。今回の研究において吉富氏は、好熱性緑色硫黄細菌 *Chlorobium (Chl.) tepidum* のクロロゾームから糖脂質を抽出・精製し、ELSD-LC/ESI-MS と $^1\text{H}/^{13}\text{C}$ -NMR によって分子構造を改変せずに構造決定を行った。

Chl. tepidum の外皮膜に含まれる糖脂質は、sn-1 位にシクロプロパン環脂肪酸・sn-2 位に飽和脂肪酸を有するモノガラクトシルジアシルグリセロール(MGDG)とラムノシルガラクトシルジアシルグリセロール(RGDG)が主成分であり、培養定常期では、これらが 70%以上であることを見出した。また、培養温度や時間に依存して、糖脂質構造における糖部と脂

脂肪酸部の組成が変化することも見出した。これらの結果に基づき、*Chl. tepidum* における糖脂質の合成経路とその生理学的意義についても検討を加えた。

<論文審査の結果の要旨>

緑色光合成硫黄細菌には、膜接着型の光収穫型アンテナ器官（クロロゾーム）が存在している。クロロゾームは、多量のクロロフィル色素分子の自己集積体を脂質1分子膜が取り巻いて構成されており、その構造が極めて特異的である。このクロロゾームの内部構造については、多くの研究がなされているが、膜構造に関する分子科学的な検討はほとんどなされていない。そこで学位申請者は、緑色光合成硫黄細菌の一つである中温性の *Chlorobium tepidum* におけるクロロゾームの外皮膜を主として構成する糖脂質に注目して、その分子構造の解明と、その構造に基づいた生合成経路と生理学的意義を検討した。

以上のことを踏まえて、論文評価の詳細を以下に示す。

- (1) *Chlorobium tepidum* のクロロゾームにおける糖脂質は、グリコジアシルグリセロールであり、培養至適温度の 45°Cでの培養定常期には、1位に炭素-炭素二重結合にメチレンが挿入したパルミトレイン酸誘導体、2位にパルミチン酸がエステル結合し、3位には二糖のラムノシルガラクトシルを有する糖脂質が主成分であることを明らかにした。この際に、液体クロマトグラフィーによる単離精製できたことと、各種分光法と化学反応性を駆使して同定を行ったことは、特筆される。
- (2) 上記の菌体の培養途中の糖脂質組成を詳細に検討することで、パルミトレイン酸・パルミチン酸・ガラクトースを有する糖脂質分子から、まず、シクロプロパン環の構築が起こり、続いてラムノシル基の転移が生じていることを明らかにできたことは、評価に値する。
- (3) 生育至適温度よりも低温（25°C）での培養では、糖脂質のアシル基成分に、シクロプロパン環の生成が見られなかった。このことより、より高温の至適温度での培養には、シクロプロパン環形成が必須であり、膜構成分子の分子改変によって熱耐性を獲得している可能性が示されたことは、特筆される。

本論文の審査に関して、2011年8月6日（土）14時00分～15時00分イーストウイング6F生命科学部・薬学部演習室1において公聴会を開催し、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は申請者に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より質疑がなされたが、いずれの質問に対しても申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、本論文提出者と本学大学院理工学研究科総合理工学専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出

後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

本論文提出者は、本学学位規程第 18 条第 1 項該当者であり、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、本論文提出者が十分な学識を有し、課程博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、本論文提出者に対し、「博士（理学 立命館大学）」の学位を授与することを適当と判断する。