

氏名	升本 宙		
学位の種類	博 士（理学）		
学位記番号	博 甲 第 9 4 4 8 号		
学位授与年月日	令和 2 年 3 月 2 5 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Taxonomic Studies on Lichenized Basidiomycetes and their Photobionts in Japan: Towards the Establishment of a Model Co-culture System of Lichen Symbiosis (日本産地衣化担子菌類およびそれらの共生藻の分類学的研究: 地衣共生のモデル共培養系の確立に向けて)		
主査	筑波大学准教授	博士（理学）	出川 洋介
副査	筑波大学准教授	博士（生命科学）	中野 裕昭
副査	筑波大学准教授	博士（理学）	中山 剛
副査	筑波大学教授（連携大学院）	博士（理学）	細矢 剛

論 文 の 要 旨

本論文において著者は、地衣共生のメカニズムを解明するために必要なモデルとなる共培養系を確立する目的で、日本各地で地衣化担子菌類とその共生藻を採集、同定、培養し、もっとも成長が早い地衣化担子菌類とその共生藻について、実験室条件下で地衣体の形成が操作可能な共培養条件を探索した。地衣共生は菌類と藻類（緑藻やシアノバクテリア）との間で営まれる細胞外共生の一つであり、菌類と藻類の共生が確立すると地衣体が形成される。この共生において、藻類は共生藻と呼ばれ、自身の光合成産物を菌類に提供することが知られている。一方で、菌類は菌糸で共生藻を包み込むことにより、共生藻を乾燥や紫外線などの外部環境の変化から物理的に保護する役割を持つことが知られている。ところが、菌類から共生藻への栄養の移動や、地衣共生の成立に必要な遺伝的基盤については不明であり、地衣共生のメカニズムに関する我々の理解はまだ部分的なものに留まっている。地衣共生を行う菌類は系統的に子囊菌門と担子菌門に分かれて存在するが、前者（地衣化子囊菌類）は一般に成長が極めて遅く、実験室条件下で扱うのが困難であった。一方で、後者（地衣化担子菌類）は一般に短期間に菌糸のみからなる季節性の子実体を形成する性質を持ち、成長が早いことが期待された。そこで著者は、実験室条件下で地衣体形成の操作が可能となる共培養系を確立できれば、それをモデルとして地衣共生のメカニズムの解明を進める足がかりになると考え、地衣化担子菌類を用いた地衣共生のモデル共培養系の確立を試みた。

著者は本論文の第二章から第四章において、日本産の地衣化担子菌類とその共生藻の採集および同定を行い、同時に地衣化担子菌類と共生藻の各々の単独培養株の確立も試みた。その結果、担子菌門ハラタケ綱の 3 目にまたがる 5 属 9 種の地衣化担子菌類を同定することができ、そのうち、5 属 7 種の地衣化担子菌類の培養株確立に成功した。採集した地衣化担子菌類の中には、2 種の未記載種と 3 種の日本新産種が含まれていた。一方で、採集した地衣化担子菌類 5 属 9 種全てにおいて共生藻の培養株確立に成功した。その中で、*Multiclavula mucida* という地衣化担子菌類はもっとも早い成長を示し、以後の共培養実験に供試する菌類として選定された。*M. mucida* の共生藻は不明であったため、地衣体に含まれている状態の共生藻と地衣体から分離培養した藻類株について、両者の細胞内微細構造を透過型電子顕微鏡（TEM）で比較して、その同一性を示すことで、

より正確な共生藻の同定を試みた。その結果、*M. mucida* の共生藻はトレブクシア藻綱に属する *Elliptochloris subsphaerica* という緑藻であると同定された。

本論文の第五章で著者は、*M. mucida* と *E. subsphaerica* について、様々な培養条件下での共培養実験を行い、地衣体形成が誘導される培養条件を探索した。その結果、コーンミール寒天培地上にバルサ木材片を置き、その上で両者を共培養した条件において、再現性のある安定した地衣体形成が誘導されることが判明した。したがって、*M. mucida*–*E. subsphaerica* 共生系を用いて、実験室条件下で地衣体形成の操作が可能な共培養系を確立することに成功した。また同時に、地衣体形成の誘導時には、共生藻の葉緑体が同一条件下での単独培養時と比較して明らかに発達するという結果が得られた。この事実は、地衣共生時に、菌類側が藻類側の生理的状態を変化させることを意味している。従来、地衣共生において、菌類側から藻類側への具体的な作用の詳細は不明であった。しかし、本研究で確立した *M. mucida*–*E. subsphaerica* 共培養系は、地衣共生時の遺伝子発現解析などを通して菌類側から藻類側への作用を詳しく解析するための土台となる。さらに、*M. mucida* の本来の共生藻 (*E. subsphaerica*) との地衣体形成が誘導された条件下において、*M. mucida* と本来の共生藻とは同属別種の藻類 (*E. bilobata*) を共培養した場合、地衣体形成は全く誘導されない結果となり、*M. mucida* は共生相手の藻類を種レベルで認識していることが判明した。したがって、本共生系は地衣共生における共生相手を認識するメカニズムを調査するという目的にも適している。ゆえに、本研究で確立した *M. mucida*–*E. subsphaerica* 共培養系は、地衣共生において未だ解明されていない菌類側から藻類側への作用や、共生の成立に必要な相手を認識するという機構の解明に適しており、地衣共生のメカニズムを解明するためのモデルになりうるといえる。

審 査 の 要 旨

本論文の著者が地衣化担子菌類に注目し、実験室条件下で地衣体形成の誘導が操作可能な共培養系の確立に成功した点は高く評価できる。特に、本共培養系での地衣共生時に、共生藻の葉緑体が明確に発達するという現象を発見したことは、未だ解明されていない地衣共生における菌類側から藻類側への作用を解明するための足がかりを提示したという点で、革新的な成果だといえる。また、著者は系統的に地衣化の起源が異なる複数の地衣化担子菌類とそれらの共生藻の単独培養にも成功しており、本研究で確立したアプローチをこれらにも適用することで、地衣共生の多様性の解明がさらに進展することが期待され、これらの点を踏まえても本論文の学術的価値は高い。

令和2年1月27日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。