



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Organic geochemical study on the life history of lichen and fungi: Search for the molecular fossils and the reconstruction of fungal flora evolution [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	池田, 雅志
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第15281号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89549
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Masashi_Ikeda_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士 (理 学) 氏 名 池田 雅志

学 位 論 文 題 名

Organic geochemical study on the life history of lichen and fungi:
Search for the molecular fossils and the reconstruction of fungal flora evolution
(地衣類・菌類の有機地球化学的手法による地球生命史研究
：分子化石の探索と菌類フロラの変遷史復元)

菌類と藻類の共生体である地衣類は、現在においては陸上の約 10%を被覆していると考えられており、極域や裸地といった環境においては優占種である場合も多い。特に地衣類は植生遷移における先駆種の代表格で、裸地における風化を促進し、高等植物の生育に必要な土壌を形成することが知られている。陸上生態系におけるこの地衣類の役割に着目し、初期の陸上植物の出現に先行して、地衣類が最初の陸上生命であった可能性が古くから議論されてきた。菌類が藻類と共生する(地衣化)という生存戦略は、菌類の進化史においても重要であり、菌類、特に地衣類の地質時代における古生態や出現・進化に関する地球生命史研究は主に分子時計を用いて行われてきた。一方で、化石記録の乏しさや系統解析上の問題から、研究間で異なる結果が生じている。特に地衣類化石においては、生体試料を用いたタフオノミーの研究によれば、地衣類を特徴づける形態は容易に失われるため、さらなる化石記録による時間較正は容易ではない。

そこで本研究では、有機地球化学的手法を用いて、分子化石の検討や菌類フロラを復元するための指標を開発し、地衣類・菌類の進化史の解読に新たな視点からアプローチすることを目指した。

生体試料からは炭素数 13 (C_{13}) から C_{42} の n -アルカンが検出された他、*diploptene* や *femene* 異性体が多く試料から共通して検出された。一方、地衣類バイオマーカーとして提唱されていた長鎖の分枝アルカン(3-methyl alkane) は一部の地衣類からのみ検出される結果となった。また、本研究では複数のアルケンが主要成分として検出された。特に多くの試料から C_{17} の 2 不飽和アルカジエン($n-C_{17:2}$) が顕著に検出された。*Cladonia* 属と *Stereocaulon* 属を除く *Lecanorales*, *Teloschistales* および *Caliciales* 目に属する地衣類からは 1,8-heptadecadiene が共通して検出され、*Cladonia* 属, *Stereocaulon* 属および *Peltigerales* 目 *Lobaria* 属の地衣類からは 6,9-heptadecadiene が検出された。これらの地衣類は緑藻と共生し、前者には概して共生藻として緑藻の *Trebouxia* 属が、後者には *Asterochloris* 属や *Symbiochloris* 属を共生藻として持つこと、また、共生藻としてシアノバクテリア(*Nostoc* 属)を持つ *Collema* 属と *Peltigera* 属の地衣類からは $n-C_{17:2}$ アルケンが検出されず、1-octadecene や 5-nonadecene が顕著に検出された。これらの結果から、地衣類のアルケン組成は共生藻の種に大きく影響を受けていることが推察された。現在報告されている地衣類の約 85%が緑藻を共生藻として持ち、その大部分が陸域環境では地衣類との共生状態でのみ報告されている *Trebouxia* 属と *Asterochloris* 属に属することから、特に 1,8-heptadecadiene と 6,9-heptadecadiene はこれらの化合物が保存される近過去の堆積物においては地衣類バイオマーカーとして利用できる可能性が示唆された。また、試料からは複数の含酸素芳香族化合物が検出された。特にジベンジフラン類は堆積岩中からも検出される。地衣類起源のジベンジフラン類の多くは 1 位にアルキル鎖を有するため、1-メチルジベンジフラン(1-MDBF)を用いた地衣類指標の検討を環境擾乱イベントとして知られている海洋無酸素事変(OAE)2 の堆積岩試料を用いて行った。試料には北海道苫前地域大曲沢川に分布する上部白亜系蝦夷層群佐久層、およびアメリカ・カリフォルニア州北部 North Fork Cottonwood Creek (NFCC)に分布する Great Valley Sequence (GVS), Budden Canyon Formation の Cenomanian-Turonian 境界期の堆積岩を用いた。高等植物指標として被子/裸子比を示す ar-AGI、針葉樹植生の拡大を示す HPP を、また菌類の寄与指標として木材腐朽菌や外生菌根菌に起因する Perylene を用いてそれぞれの変動を明らかにした。植生指標からは

大曲沢セクションと NFCC セクションでは環境擾乱期に対して異なる変動を示したが、これは後背地の元々の植生が大きく異なるためであると考えられる。一方、Perylene 指標からは、大曲沢において腐朽菌類の変動は環境擾乱期の木本植生の減少と連動した。しかし NFCC セクションでは必ずしも連動せず、OAE 終盤の被子優勢の植生から針葉樹優勢の植生への過渡期に大きく減退する傾向が見られた。このことから両セクションにおいて菌類は木本-草本植生の変動よりも気候変動に大きく影響を受けたことが示唆される。また菌類パリノモルフ(有機質微化石)の結果も指標とおおまかに同調的であることを確認した。特に他サイトにおける菌類パリノモルフと植生データとの比較から、NFCC の OAE 終盤において草本優勢のサバンナ植生から針葉樹優勢の木本植生に変化し菌類フロラが大きく変化したことが考えられた。一方で、1-MDBF 指標からは両サイトとも異性体比はほとんど変化せず、菌類バイオマーカーおよび高等植物起源の芳香族テルペノイドとの比を用いた指標は菌類や植生の変動時に大きな値を取った。特に NFCC で寒冷化イベント(Plenus Cold Event)が報告されている層準では高いピークを示したことから、この環境擾乱において陸上生態系の減衰に対して強い耐性を示した地衣類が相対的に増大した可能性を示唆した。

芳香族フラン類を用いた地衣類分子化石の適用を検討するために、中原生界堆積岩での検討も行った。用いた試料、グリーンランド北西部に分布する Baffin Bay Group, Qaanaaq Formation の頁岩からは複数の芳香族フランが検出された。高熟成の堆積岩($R_o > 1.0\%$)においてはジベンゾフランのアルキル鎖はメチルシフトによって起源物質の情報が失われていることが考えられるが、熟成度とアルキルジベンゾフランの異性体比が熟成度の変化と連動しないことから、熟成度の影響よりも、堆積当時の起源物質の寄与の変化に起因すると考えられる。また、パリノモルフ分析による微化石群集の変化から陸源のインプットが高い層準ほど芳香族フラン類の濃度が高く、TOC とは逆のトレンドをとった。ジベンゾフランの起源として議論されているもののうち、高等植物の起源を棄却できること、またセルロースやリグニン、糖類も加熱実験を行った先行研究によってジベンゾフランは生成されたものの、アルキル基を持つジベンゾフラン類は生成されなかったことが報告されていることから、多糖類起源の可能性も低いと考えている。これらの結果は芳香族フラン構造をもともと持つ化合物、ひいては特定の地衣類などの真の初期陸上生命に由来する可能性がある。