

従属栄養性有殻渦鞭毛藻プロトペリディニウム科の系統分類学的研究

A Phylogenetic Study on the Armored Heterotrophic Dinoflagellate Family Protopteridiniaceae

長崎大学大学院生産科学研究科
川見 寿枝

渦鞭毛藻は約 2000 種の現生種を含み、形態的にも生態的にも非常に多様性に富んだ単細胞生物群であることから、生物進化や種多様性の研究材料として注目されている。また、渦鞭毛藻は沿岸域における主要な基礎生産者であるとともに、有毒有害種を含むことから水産分野においても生態・生理学的研究が盛んにおこなわれてきた。そのため、これらの研究の基礎となる分類学的研究は必須である。近年では系統に即した自然分類体系の構築を目指し、分子系統解析による既存の分類体系の再検討が精力的に推進されている。一方、化石を用いて自然史学的観点から系統進化が解析され、化石種の形態を考慮した系統分類も試みられている。しかしながら自然分類体系の構築に向けて、分子系統研究では培養が困難な種の遺伝子情報を増加させること、化石研究では渦鞭毛藻化石のほとんどが休眠細胞（シスト）のため、より多くの現生渦鞭毛藻シストと遊泳細胞の対応関係の確立が不可欠である。それに向けて、現生渦鞭毛藻のシストや遊泳細胞の形態およびそれらの遺伝子配列の決定は系統分類や進化を考察するうえでさらに有用な情報を提供すると期待される。

従属栄養性渦鞭毛藻類で最大の分類群としてプロトペリディニウム科（Family Protopteridiniaceae）がある。プロトペリディニウム科には *Protopteridinium* 属の約 250 種と *Diplopsalis* 類と呼ばれる約 8 属 25 種が所属している。近年の分子系統解析の結果によると *Protopteridinium* 属では鎧板の形態に基づいた「節」が系統を反映している一方、鎧板枚数や配列の違いに基づいた「亜属」は多系統であることが示唆されている。また、*Diplopsalis* 類では 4 属 5 種が SSU rDNA の系統解析で単系統になること、2 種が LSU rDNA の系統解析で *Protopteridinium* 属の祖先であることが示唆されている。

本論文では、渦鞭毛藻綱でのプロトペリディニウム科の系統的位置の解明と系統に基づく自然分類体系の確立を目的とした。

第 1 章では西日本海域およびカナダ・バンクーバー島沿岸域の試料から得られたプロトペリディニウム科の栄養細胞とシストから遺伝子を増幅し、分子系統解析をおこなった。*Protopteridinium* 属 13 種の SSU rDNA 配列と 4 種の LSU rDNA 配列、*Diplopsalis* 類 6 属 10 種の SSU rDNA 配列と 5 属 7 種の LSU rDNA 配列を決定した。分子系統解析の結果、同科の構成種は以下のような高いブートストラップ値で支持された 9 単系統群を形成した。1) *Protopteridinium* 属のタイプ種 *Protop. pellucidum* を含む種群（狭義の *Protopteridinium* 分岐群）、2) *Protopteridinium* 属 *Oceanica* 節と *Testeria* 亜属に含まれる種群（*Oceanica* 分岐

群), 3) *Protopteridinium* 属”Group Monovela Abé 1936”の特徴をもつ種群 (Monovela 分岐群), 4) *Diplopsalis* 類の *Diplopsalis lebourae*, *Diplopsalopsis bomba*, *Gotoius excentricus*, *Oblea acanthocysta*, *Oblea torta* で構成された種群 (*Diplopsalopsis* 分岐群), 5) *Diplopsalis lenticula*, 6) *Prepteridinium meunieri*, 7) *Prepteridinium perlatum*, 8) *Lebouraia pusilla*, 9) *Oblea baculifera*, である. その結果, *Protopteridinium* 属, *Diplopsalis* 属, *Prepteridinium* 属, *Oblea* 属のそれぞれが単系統にならないことから鎧板配列に基づく従来の定義による属の見直しが示唆された.

第2章ではこれまでの分類基準であった鎧板枚数ではなく, 新たな系統を反映した形態形質探索のために縦溝翼片, 横溝翼片肋の有無, 縦溝の幅について検討した. *Diplopsalis lenticula* の左縦溝翼片は第一後帯板右端の伸長部と後縦溝板伸長部の2枚によって構成され, *Diplopsalis lebourae* では第一後帯板右端の伸長部のみで構成されていた. *D. lebourae* を含む分岐群構成種ではこの形質を共有することから左縦溝翼片の発達程度が *Diplopsalopsis* 分岐群を特徴づける形態形質であると判断した. Monovela 分岐群の構成種は1) 縦溝が深く陥入しない, 2) 縦溝縁に装飾をもたない, 3) 後縦溝板が幅広のV字状, 4) 右縦溝板の左端に鞭毛孔を覆う翼片をもつ, など共通した特徴を縦溝にもつことが判明した. このことから, Monovela 分岐群構成種は他の分岐群からも識別可能な形態を備えており, 狭義の *Protopteridinium* 属からは独立した分類群と認識すべきと判断した. また, プロトペリディニウム科の共有派生形質として認識されてきた横溝板の枚数 (3枚 (3c) と移行板 (transitional plate : t) の 3c+t) が Monovela 分岐群では 3c+t, 4c, 3c と枚数に変異のあることが判明した. シストの重要な形態形質である発芽孔に注目すると, 頂板型発芽孔をもつ種 (*Protop. americanum*, *Protop. parthenopes*, *Protop. tricingulatum*) が互いに近縁となることから, 発芽孔形成部位と形状が系統を反映した形態形質であると推察した. *Protopteridinium* と *Diplopsalis* 類のシストを識別する形質とされていた saphopylic 型発芽孔と therophylic 型発芽孔については *Protopteridinium* 系統の種に両方の型がみられることから, 上記2グループの系統を反映した形質ではないことが明確になった.

第3章では第1章と第2章に示した研究結果および既存文献での形態と系統に関する資料に基づき, *Protopteridinium* 属, *Diplopsalis* 属, *Diplopsalopsis* 属, *Oblea* 属, *Prepteridinium* 属を再定義した.

第4章では, 第1章から第3章までに議論したプロトペリディニウム科の分子系統解析と形態形質の再評価結果を総合して考察し, プロトペリディニウム科を3グループに再編する必要があると結論した.