

学位論文題名

A taxonomic study of the Japanese Elachistaceae  
(Phaeophyceae)

(日本産褐藻ナミマクラ科の分類学的研究)

学位論文内容の要旨

褐藻ナミマクラ科 Elachistaceae (広義のシオミドロ目 Ectocarpales sensu lato) は他の大形藻や海草の上に生育する体長 1 cm ほどの小形の着生藻である。日本産ナミマクラ科には 3 属 21 種が記載されている。これらの種は詳細な比較の行われることのないまま、わずかな形態的違いにより区別されてきており、本科における種分類の混乱の原因となっている。本研究では 21 種の日本産ナミマクラ科植物について天然および培養藻体を用いて、詳細な形態観察と分子系統学的解析を行い、各形態形質の分類学的重要性および個々の種の独立性について再評価を行った。

日本沿岸において *Elachista taeniaeformis* Yamada, *E. flaccida* (Dillwyn) Fries および *Myriactula clavata* (Takamatsu) J. Feldmann は同化系の先細りの度合いと褐藻毛および側系の有無により区別されてきた。しかし、培養条件下ではこれらの形質は培養条件や藻体齢により変化し、これら 3 種を形態により区別することは困難であった。核のリボソーム DNA の ITS 領域 (ITS1, 5.8S rDNA および ITS2) に基づく分子系統学的解析もこれら 3 種の同種性を支持した。したがって、*M. clavata* を *E. taeniaeformis* の異名とし、ヨーロッパ原産の *E. flaccida* を日本の海藻相から除外した。*Elachista vellosa* Takamatsu は分子系統学的には *E. taeniaeformis* に近縁だったが、わずかに先細りし、次第にくびれる基部をもつという同化系の形態の違いにより別種として区別できた。

*Elachista nigra* Takamatsu と *E. orbicularis* (Ohta) Skinner は複子嚢と側系を形成する直立系の形成パターンの違いにより区別されてきたが、本研究で用いた日本各地の標本には両種の間接型が多くみられた。ITS2 に基づく分子系統解析においても複子嚢と側系を形成する直立系の形成パターンは系統を反映しておらず、両種は区別できなかった。よって、*E. orbicularis* を *E. nigra* の異名とした。挿入/欠失および塩基置換の比較から、日本沿岸に分布している本種の個体群の ITS2 領域は日本海側と太平洋側で大きく異なっていることがわかった。

*Elachista nipponica* Umezaki, *E. sargassicola* Noda および *E. tenuis*

Yamada は全長にわたって等しい幅の同化糸をもつ点において互いに似ている。このうち *E. sargassicola* は重要な特徴とされていた褐藻毛の形成が培養下で不安定であったことと、ITS 領域の塩基配列が *E. tenuis* とほぼ同じであったことから、*E. tenuis* の異名とした。一方 *E. nipponica* は基部の半球体内部の円柱形の細胞と ITS 領域に基づく分子系統解析の結果から *E. tenuis* と区別できた。*Elachista nipponica* のもう一つの特徴とされていた同化糸上に介在的に形成される複子嚢は、タイプ標本を再観察した結果、*E. nipponica* のものではなく *Leptonematella fasciculata* (Reinke) Silva のものを誤同定したことが判明し、*E. nipponica* の特徴から除くべきとした。

日本新産種 *Elachista fucicola* (Velley) Areschoug を記載し、形態的に類似している日本産 3 種、*E. coccophorae* Takamatsu、*E. mollis* Takamatsu および *E. okamurae* Yoshida との比較を行った。これら 4 種は (1) 同化糸の介在分裂部の位置、(2) 側糸の形態、(3) 基部半球体内部の仮根状細胞系の有無、(4) 匍匐糸状の複子嚢の形態、および、(5) 直立体上に形成される複子嚢から放出された遊走細胞の発芽体の形態、により区別できた。

日本産ソメワケグサ属 *Halothrix* には同化糸における細胞のサイズの違いにより 4 種が区別されてきた。しかし、今回日本各地から得た標本では、細胞のサイズは 4 種の記載値を含んでしまう広い幅を示し、また培養下でも藻体齢により変化した。さらにこれらの標本はほぼ同じ塩基配列の ITS 領域をもっていた。結論として、日本沿岸には *H. ambigua* Yamada の一種のみを認め、*H. sadoensis* Noda と *H. tortuosa* Takamatsu を *H. ambigua* の異名とし、ヨーロッパ原産の *H. lumbricalis* (Kützinger) Reinke を日本の海藻相から除外した。南オーストラリアから記載された *H. ephemeralis* Skinner も形態的類似から *H. ambigua* の異名とした。

本研究の結果、日本産ナミマクラ科藻類として 11 種を認めた。これら 11 種は同化糸全体の形態、側糸の形態、同化糸の側壁の厚さ、宿主への着生のパターン（藻体基部の形態）、およびいくつかの生活史ステージにおける形態の違いにより区別される。この分類は ITS 領域に基づく分子系統解析によって裏付けられた。従来このグループの分類で用いられてきた同化糸の細胞のサイズや褐藻毛の有無は変異の幅が広く、有用な分類形質とみなすことはできなかった。日本産ナミマクラ属 *Elachista* 9 種の生活史は互いに類似している上に、ヨーロッパ産の同属種とも似ており、有性生殖は確認できなかった。また、日本産 *Elachista* の生活史には単子嚢および直立糸形成における培養条件（温度）に対する反応の違いにより 4 つのパターンが認められた。

# 学位論文審査の要旨

|    |     |      |
|----|-----|------|
| 主査 | 教授  | 増田道夫 |
| 副査 | 教授  | 片倉晴雄 |
| 副査 | 教授  | 市村輝宜 |
| 副査 | 助教授 | 堀口健雄 |
| 副査 | 助教授 | 小亀一弘 |

学位論文題名

## A taxonomic study of the Japanese Elachistaceae (Phaeophyceae)

(日本産褐藻ナミマクラ科の分類学的研究)

小形の着生褐藻ナミマクラ科 Elachistaceae の 3 属 21 種の日本産分類群について、天然および培養藻体を用い、詳細な形態学的観察と核のリボソーマル DNA の ITS 領域 (ITS1, 5.8S rDNA 及び ITS2) の分子系統学的解析に基づいて、各形態学的形質の分類学的重要性および個々の種の独立性について再評価を行ったものであり、多くの新知見を得た。

分類学的形質として、同化糸全体の形態、側糸の形態、同化糸の側壁の厚さ、宿主への着生のパターン (藻体基部の形態)、及びいくつかの生活史のステージにおける形態が重要であり、従来用いられてきた同化糸の細胞のサイズや褐藻毛の有無は変異の幅が広く、有用な分類学的形質ではないことを明らかにし、日本産ナミマクラ科藻類として 3 属 11 種を認めた。

*Elachista taeniaeformis*, *E. flaccida*, 及び *Myriactula clavata* の 3 種は、同化糸の先細りの度合いと褐藻毛及び側糸の有無により区別されてきたが、これらの形質は培養条件や藻体齢により変化することから、適当な分類学的形質ではないことを明らかにし、分子系統解析によってこれら 3 種の同種性を証明した。結論として、*M. clavata* を *E. taeniaeformis* の異名とし、ヨーロッパ原産の *E. flaccida* を日本の海藻相から除外した。*Elachista vellosa* は分子系統学的には *E. taeniaeformis* に近縁であるが、わずかに先細りし、次第にくびれる基部をもつという同化糸の形態の違いにより別種として区別された。

複子嚢と側糸を形成する直立糸の形成パターンの違いにより区別されてきた 2 種 *Elachista nigra* と *E. orbicularis* の日本各地の標本には両者の中間型が多くみられたこ

と、並びに分子系統解析においても両者は区別できなかったことから後者を前者の異名とした。

全長にわたって等しい幅の同化糸をもつ点において互いに類似している3種 *Elachista nipponica*, *E. sargassicola*, 及び *E. tenuis* のうち *E. sargassicola* は重要な特徴とされていた褐藻毛の形成が培養下で不安定であったことと ITS 領域の塩基配列が *E. tenuis* とほぼ同じであったことから、*E. tenuis* の異名とした。*E. nipponica* は基部の半球体内部の円柱形の細胞と分子系統解析の結果から、*E. tenuis* とは区別された。*Elachista nipponica* のもう一つの特徴とされていた同化糸上に介在的に形成される複子嚢は、タイプ標本を再観察した結果、*E. nipponica* のものではなく *Leptonematella fasciculata* のものであることが判明し、*E. nipponica* の特徴から除いた。

日本新産種 *Elachista fucicola* を記載し、形態的に類似している日本産3種 *E. coccophorae*, *E. mollis*, 及び *E. okamurae* との比較を行った。これら4種は (1) 同化糸の介在分裂部の位置, (2) 側糸の形態, (3) 基部半球体内部の仮根状細胞糸の有無, (4) 匍匐糸状の複子嚢の形態, 及び(5) 直立体上に形成される複子嚢から放出された遊走細胞の発芽体の形態などにより区別された。

同化糸における細胞のサイズの違いにより4種が区別されてきたソメワケグサ属 *Halothrix* の日本各地から得た標本では、細胞のサイズは広い変異幅を示し、培養下でも藻体齢により変化することから適当な分類学的形質ではないことを明らかにした。さらに、これらの標本はほぼ同じ塩基配列の ITS 領域をもっていたことから、日本沿岸には *H. ambigua* 1 種のみが認められ、*H. sadoensis* と *H. tortuosa* を *H. ambigua* の異名とし、ヨーロッパ原産の *H. lumbricalis* を日本の海藻相から除外した。

これを要するに、著者は培養実験によって生活史の進行に伴って発現する形態学的形質の比較に分子系統学的解析を加えて、ナミマクラ科の種の特徴と類縁関係を明らかにしたことによって、系統分類学を推進したものであり、生物学に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。