



A taxonomic study of Spirogyra and related genera (Zygnematophyceae, Streptophyta) based on morphological comparison and molecular phylogenetic analyses using cultured material

高野, 智之

(Degree)

博士 (理学)

(Date of Degree)

2022-03-25

(Date of Publication)

2025-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第8289号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1008289>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



Doctoral Dissertation (Summary)

博士論文(要約)

**A taxonomic study of *Spirogyra* and related genera
(Zygnematophyceae, Streptophyta) based on morphological
comparison and molecular phylogenetic analyses using
cultured material**

(培養株を用いた形態比較と分子系統解析に基づくアオミドロ属及び近縁属

(ストレプト植物門・ホシミドロ藻綱) の分類学的研究)

January 2022

令和4年1月

Graduate School of Science, Kobe University

神戸大学大学院理学研究科

Tomoyuki Takano

高野 智之

アオミドロ属 (*Spirogyra*) とその近縁属であるシロゴニウム属 (*Sirogonium*) とテムノギラ属 (*Temnogyra*) (以下、アオミドロ類と呼ぶ) は陸上植物を含むストレプト植物に属する藻類であり、ホシミドロ藻綱・ホシミドロ科に分類される。アオミドロ類はおもに淡水域に広く生育し、世界各地から約 570 種が記載されており日本では 84 種が知られていた。本藻類は特徴的な螺旋を描くリボン状の葉緑体を持つ円筒形の細胞が連なった糸状の形態をしている。アオミドロ類が含まれるホシミドロ藻綱は、鞭毛をもたない不動配偶子による接合という特徴的な有性生殖を行うことから接合藻類と呼ばれる。アオミドロ属の場合は 2 つの細胞が接合管を伸ばして接着し、鞭毛のない配偶子が一方のオス側からもう一方のメス側へ移動し接合胞子を形成する。

アオミドロ類の 3 属は有性生殖の特徴によって区別されている。アオミドロ属は全ての細胞が配偶子嚢に分化しうるのに対して、シロゴニウム属とテムノギラ属は配偶子嚢形成時の細胞分裂で接合に関与しない不稔細胞を生じる。近年の葉緑体 DNA 配列に基づく分子系統解析の結果、アオミドロ類は主に 7 つのクレードに分けられ、シロゴニウム属の 3 種だけがアオミドロ属の一部の種とクレードを形成することが示されたが、テムノギラ属の種は未解析であり、アオミドロ類の各クレード間の系統関係は不明であった。

アオミドロ類の分類において、特に有性生殖や成熟した接合胞子の特徴が正確な種および属レベルの同定に必要である。これまでの分類学的研究では、野外から直接採集された成熟した接合胞子を持つ個体を用いて種同定が実施されていた。しかし、成熟した接合胞子の生じる時期には多様な季節性が知られており、成熟した接合胞子を持つ個体を採集することは困難な場合が多い。そのため、成熟個体に基づいて種同定された種の分子系統学的研究は非常に限られていた。したがって、アオミドロ類において有性生殖を誘導するための再現性のある方法の確立が分類学的体系の構築には必要である。近年、先行研究によってアオミドロ属の数株において寒天培地を用いた接合誘導法が確立され、得られた成熟接合胞子の特徴に基づいた種同定が行われている。

本研究では、接合誘導法を改良するとともに、より多くのアオミドロ類の種を有性生殖の形態に基づいて正確に種同定し、それらの系統関係を分子データに基づき明らかにすることによってアオミドロ類の分類学的再検討を実施した。日本において広範な野外調査を行い、505 株の培養株を新たに確立した。それらのうち、接合中の野外サンプルや接合誘導によって観察された接合形態に基づいて、51 種の種同定に成功した。そのうち 13 種は日本新産種であり、4 種については未記載種であった。(第 1 章)。

また、ホシミドロ藻綱における有性生殖には、単一のクローン内で接合胞子を形成するもの (ホモタリック株) と、異なるクローン間で接合胞子を形成するも

の（ヘテロタリック株）が知られている。アオミドロ属は広範な淡水環境に生育しており、その接合過程に関してよく研究されている。しかしながら、アオミドロ属では接合誘導が実験的に困難であったため、ヘテロタリック株はこれまで報告されていなかった。本研究の中で、私は接合誘導によってアオミドロ属のヘテロタリック株を初めて発見した。これらの株は *Spirogyra fluviatilis* と種同定され、接合には遺伝的に異なる 2 つの株が必要であった。これらの株を用いた掛け合わせ実験では、これらの株において性が遺伝的に決定されていること、および接合胞子から発芽した F1 株は一方の親株のみと接合することが明らかとなった。さらに分子系統解析の結果、これらのヘテロタリック系統はいくつかのホモタリック系統と単系統群を形成した（第 2 章）。

さらに、アオミドロ類の主要な系統群間の系統関係と形態形質の進化過程を明らかにするために、主要な 32 系統群の葉緑体全ゲノム配列を決定し、多遺伝子に基づく分子系統解析を実施した。葉緑体 73 遺伝子に基づく分子系統解析の結果、アオミドロ類の各クレード間の系統関係は高い統計的支持率で支持され、シロゴニウム属とテムノギラ属は系統的に離れており、アオミドロ型の祖先種からそれぞれ進化したと推測された。（第 3 章）。

本研究では、新たな培養株の確立と接合誘導の改良の結果、日本新産種 13 種と未記載種 4 種を含む 51 種の種同定をおこなった。また、アオミドロ類で初めてヘテロタリック系統株を発見した。多遺伝子を用いた系統解析の結果、シロゴニウム属はアオミドロ属の中で多系統群となり、テムノギラ属もアオミドロ属のクレードに含まれた。以上のことからアオミドロ類 3 属は、すべてアオミドロ属に帰属させるべきであると結論した。今後、アオミドロ類全体の分類体系を改訂するためにシロゴニウム属とテムノギラ属のタイプ種を含むより多くの分類群を用いた同様の分類学的研究が必要である。また、本研究で確立された多くの培養株や有性生殖に関する知見は、今後、アオミドロ類をモデルに用いたストレプト植物における性決定システムの進化の解明等、様々な研究へ発展することが期待される。