

氏名・（本籍）	たか　はし　えい　じ 高　橋　永　治
学位の種類	理　学　博　士
学位記番号	理　第　4　6　7　号
学位授与年月日	昭和50年　7月　2日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最終学歴	昭和31年3月 山形大学農学部卒業
学位論文題目	Electron microscopical studies of the Synuraceae (Chrysophyceae) in Japan from a view-point of taxonomy. (日本産黄色鞭毛藻綱シヌラ科植物の電子顕微鏡による分類学的研究)
論文審査委員	(主査) 教　授　菅　谷　貞　男　　教　授　柴　岡　孝　雄 教　授　飯　泉　　茂

論　文　目　次

- I　緒　　言
- II　材料と方法
- III　結果と論議
 - 1. 細胞外附属物の構造
 - 2. 種の記載
 - 3. 日本および世界における分布
- IV　要約と結論
- V　謝　　辞
- VI　参 考 文 献

論文内容要旨

黄色鞭毛藻綱は、珪酸質の被囊を内生的に形成し、黄金色の色素体を持ち、羽状型鞭毛をもつことなどを特徴とするが、そのうちのシヌラ科 (*Synuraceae*) は、細胞が珪酸質の鱗片あるいは輪で被われる特徴をもち、9属を含む。日本では、筆者がシヌラ科の多くの種の鱗片と剛刺の電子顕微鏡写真を最初に発表し、それらの微細構造には電顕的種の特徴をもつことを示した1959年当時は、この科の *Synura* 属と *Mallomonas* 属の数種についての光学顕微鏡観察記録があったのみであった。外国では Fott (1955, 1956), Harris & Bradley (1956) Petersen & Hansen (1956, 1958) らにより光顕により設定されたシヌラ科の種は電顕による再検討が必要であることが強調された。

筆者は山形県鶴岡市公園にある3池を選び1961年9月から1962年9月までの1年間、毎月2回の採水を行ない、シヌラ科各種の出現、分布などの定量的、定性的研究を行なった。同時に日本に産するシヌラ科の出現種とその分布を知るために、山形県、福島県をはじめ、北海道から九州までに分布する96個の栄養段階や環境の異なる湖沼から採水し、得られた多数の材料を光顕・電顕双方を用いて研究した。また、1968—69年の第10次南極観測参加の際に、西オーストラリア、南アフリカ共和国の数個の湖沼から採水し本科の5種を検出できた。ここに得られたシヌラ科植物の形態学、分類学についての知見を報告する。

第1章には、鞭毛、被殻、鱗片、剛刺、被囊の微細構造の解析と、他の藻類群の細胞附属物の構造との比較を行なった。

シヌラ科植物の長い主鞭毛は、鞭毛軸の両側に各1列の細い先端糸のある附属糸をもつ羽状型である。もう1本の短い副鞭毛は一般に附属糸のない単純鞭毛であるが、シヌラ属の副鞭毛は、長さはほぼ主鞭毛に近く、先細の長い先端糸をもつ尾状型である。黄色鞭毛藻綱植物のうちさらに12種の鞭毛が羽状型であることを確認した。また、9+2型を示す鞭毛の外側の軸糸は真直か、ゆるく回転して走ることが直接像で認められ、さらに解離した材料により、*Spiniferomonas* の1種の鞭毛も9+2型であることを確認した。さらに緑藻綱の *Volvox aureus*, *Carteria* sp., *Pteromonas angulosa*, *Spermatozopsis* sp. の鞭毛は単純鞭毛か、あるいは尾状型であり、ユーグレナ綱の *Euglena* sp. の鞭毛は片羽根型であることを観察した。既に Vilk (1938) らが指摘しているように鞭毛は、系統・分類学上重要な形質を示すものであることを確認した。

黄色鞭毛藻綱植物の被殻は、真正被殻と鱗片被殻の2種に分類される。*Dinobryon divergens*, *Dinobryopsis suecicum* var. *longispina*, *Chrysolykos*

planktonicus にみられる真正被殻は微細繊維が複雑に編まれて作られており、*Bicoeca* cf. *crystaris* の釣鐘型被殻は渦巻状に走る $0.3\ \mu\text{m}$ 巾のペクチン質に富む長い1条片から作られており、類似の被殻をもつ *Stokesiella* 属と共に非常に特徴的である。

シヌラ科植物等にもみられる鱗片被殻は、多数の鱗片、あるいは剛刺を備えた鱗片が覆瓦状に重なり合って作られている。*Epipyxis utriculus* (Dinobryaceae) の鱗片は平滑で円形あるいは楕円形であり、他の藻類の鱗片の中で最も簡単な構造で、多くのペクチン質と少ない珪酸質からなる。一方シヌラ科所属各種の鱗片は強く珪質化し、複雑な模様で飾られ、属により、種により特徴的である。日本から得られた *Mallomonopsis*, *Mallomonas*, *Synura*, *Chryso-sphaerella*, *Spiniferomonas*, *Paraphysomonas* の6属・55種類の鱗片を透過型・走査型両電顕により観察し、その基本構造、ならびに針状、鋸歯状、ヘルメット型各種の剛刺の構造を明らかにした。さらに、他の藻類群に所属する *Trachelomonas* sp., *Euglena* sp., *Phacus pleuronectes*, *Pteromonas angulosa* の被殻、周皮、外皮等の構造上の特徴が、属や種の形質として重要なものであることを明らかにした。

被囊の形態も種的な特徴を示すが、*Uroglena volvox* や *Dinobryon sociale* の被囊壁構造は、その高い電子密度のために解明が十分にできなかった。

第2章には日本産シヌラ科植物の6属55種類についての種の記載を行なった。

これまで光顕観察に基づいて本科は世界で8属131種類 (112種, 18変種, 1品種) が記録されている。1955年以降、電顕により再検された種, 26種, 2変種と、新種として発表された種, 59種, 14変種, 10品種は、計111種類, 85種16変種, 10品種にのぼる。これまで筆者により電顕を用いて同定された日本産シヌラ科植物は総数55, 即ち6属, 46種, 4変種, 5品種, そのうちわけは下記のようなものである。

Mallomonopsis 属, 4種・1変種・*Chryso-sphaerella* 属, 2種・*Mallomonas* 属, 22種・2変種・2品種・*Spiniferomonas* 属, 7種・*Synura* 属, 7種・1変種・3品種・*Paraphysomonas* 属, 4種。

これらのうち、*Spiniferomonas* 属は7新種とともに、筆者が1973年に創設した単細胞性の新属で、この他に、*Mullomonas grata*, *M. eoa* (1963年), *M. actinoloma* (1969年), *M. recticostata*, *Synura mammillosa* (1972年) を新種として発表し、さらに *Mallomonas harrisae*, *Paraphysomonas bandaiensis*, *P. inconspicua* を新種として本論文中に発表した。これら15種の新種と、既に日本に記録されている *Mallomonas fastigata* (*M. caudata* を含む) *M. tonsurata*, *M. acaroides*, *Synura uvella* を除く36種類、

即ち 27 種, 4 変種, 5 品種はすべて日本新産である。

さらに, *Mallomonopsis* 属, 4 種 1 変種 (日本新産) の特徴を明らかにし, 特に, *M. elliptica* の未熟鱗片の構造について新知見を得た。*M. peroneides*, *M. paxillata* は世界で 2 番目の記録である。出現湖沼, 出現数ともに世界的に少ない。

Mallomonas 属, 22 種, 2 変種, 2 品種 (5 新種, 3 既記録種以外は日本新産) の特徴を明らかにした。本属は鱗片の構造を主な準拠として 4 系に分けられているが, 筆者により発見された *M. grata* は *Quadratae* と *Torquatae* 両系の間種と認められ, 前者を *Torquatae* 系に含めることを提唱した。*M. fastigata* と *M. caudata* は Conrad (1927) の記載した 2 叉剛刺が未発見である点を除いて他の形質では同一種と認められる見解に達し, Fott (1959) の意見を裏付けした。月山弥陀原湿原池沼群産の *M. akrokomos* は細胞も鱗片も円形化したものであり, *M. papillosa* は細胞, 鱗片とも小形化し, 剛刺が太く短かく, 不揃いの大きい鋸歯をもち, 日本および世界の他の産地のものと異なるので, 新品種として認めた。10 種の鱗片をレプリカ法で観察し表裏構造ならびに中間層構造を明らかにした。これは珪藻植物の殻構造とよく類似し, 両者の近縁の証拠の 1 つとした。*M. areolata*, *M. annulata* は各々の原産地について日本は第 2 の産地である。前者の鱗片構造をレプリカではじめて観察した。被殻の直接像, 暗視野像で鱗片が斜めに配置し規則的に排列することを明らかにしたが, *M. reginae* では鱗片は横に配置して鱗片の輪を作る。また, *M. lelymene* のそれは, ゆるい重なり合いをしていることを走査型電顕により明らかにした。*M. recticostata* らを含む *Torquatae* 系の種は, 光顕下ではよく類似し, 細胞や鱗片の形, 大きさ, 剛刺の長さ, 末端刺の長さにおいて各種の変異の中は重複し分類が不可能であるが, 電顕下では種の同定も可能となる。*M. eoa* や *M. akrokomos* 等鶴岡市公園池産の主要 7 種の 1 年間に得られた全細胞の大きさを測定した。*Torquatae* 系の種のように襟構造を持つ種では, 伸長生長のみが著しく, 丸い鱗片をもつ *M. fastigata* では伸長・肥大両生長の間にはかなりの相関的な関係が認められることから, 生長の Mode は被殻の構造, 特に襟構造の有無と密接な関係があるものと思われる。多くの種において, これまで記録のない丸型やより小さい細胞の存在が確かめられた。

Synura 属では, *S. uvella* と 1 新種を除く 5 種, 1 変種, 3 品種が日本新産である。*S. spinosa*, *S. sphagnicola*, *S. mammillosa* の標本中にこれまで記録のない棒状鱗片を見出した。これはこの属の *Synura* 節の特徴の 1 つである。本属の基本種で最も普通な種とされている *S. uvella* の分布・出現数は英国と同様に日本でも少なく, かつて *S. petersenii* や *S. spinosa* が普通にみられる種であることから本種を水質指標生物

から除くことを提唱した。

Chryso-sphaerella 属の2種は日本新産の珍稀なもので、*Ch. multispina* の鱗片構造をレプリカで、*Ch. brevispina* の剛刺構造を走査型電顕ではじめて明らかにした。

Spiniferomonas 属、筆者により設立された本属の7新種、*S. bourrellii* ,
S. abei , *S. bilacunosa* , *S. trioralis* , *S. conica* , *S. alata* ,
S. crucigera の細胞は3 μm から10 μm と小さく、鱗片と剛刺とに種の特徴が示される。
S. trioralis は本属中日本で最も広く分布し、さらに南アフリカ共和国にて採集の材料からも検出された。この属もまた汎世界的に分布することを示す。

Paraphysomonas 属は単細胞性、無色のものを含み、長い間、1属1種であった。1968年以后、海産の新種8種が発表されている。本属の基本種、*P. vestita* は本科の植物中で最も広く淡水域に分布する。淡水産の新種、*P. bandaiensis* を裏磐梯湖沼の柳沼、弥六沼から、*P. inconspicua* を大垣市マルアイ池から見出した。本属淡水産として2番目と3番目の種である。また、海産種の1つ *P. butcheri* を淡水域(大垣市マルアイ池)から見出した。これは本種の淡水域からの初発見である。この属所属の11種は、鱗片の構造上の特徴から3つの異なる属に分けるべきと考えられるが、しかし近縁の属、*Monas* 属、*Spumella* 属、*Ochromonas* 属などについての電顕観察が殆どないので、さらに多くの研究結果に集積をまって論議すべきである。

第3章には本科の植物の日本と世界での分布について述べる。日本に分布する96湖沼のうち、火山性の無機酸性湖1と、その他4池沼を除く81湖沼に本科の種が見出されたので、本科の分布は全国的であることが判った。さらに各湖沼共通の種が多い。

日本における本科の出現種と電顕により研究が行なわれた12カ国に産する本科の種を属毎に比較すると、

Mallomonopsis 属、4種2変種のうち日本4種1変種(83%)

Mallomonas 属、49種13変種2品種のうち22種2変種2品種(41%)

Synura 属、11種1変種8品種のうち7種1変種3品種(55%)

Chryso-sphaerella 属、3種のうち2種(67%)

Spiniferomonas 属、7種の全部(100%)

Paraphysomonas 属、11種のうち4種(36%)

であり、総数111種類のうち55種類(49.5%)が分布する日本は、英国と共に出現種数において世界第一位である。日本に分布するもののうち数種の固有種を除いて汎世界種である。

本科の既知の分布は主としてヨーロッパで北半球に偏るが、筆者が西オーストラリアと南アフリカ共和国から本科の5種を見出し、南半球にも共通種が分布することを明らかにし、さらに韓国からも5種を見出した。

最後に、多数の採集品の中にシヌラ科に所属すると思われる多数の鱗片が電顕下に見出された。このことは日本の淡水域になお多くの見逃がされている種が存在していることを示すものである。

論文審査の結果の要旨

本論文は、日本産の黄色鞭毛藻綱シヌラ科植物に関して、透過、走査両電子顕微鏡観察を主として分類学的研究を行ったもので、過去の光学顕微鏡により報告された若干種の再検討も行った。まず本科植物を特徴づける細胞附属物の鞭毛、被殻、鱗片、剛刺、包囊等の微細構造を、他の藻類群の細胞附属物の構造とを比較しながら精細に検討した。鞭毛は軸糸が9+2型を基本とすること、長い羽状型1本と短い尾状型1本とがあるが、*Synura* 属では2本が略等長であること、外側の軸糸は真直か、ゆるく回旋していることを確かめた。鱗片は強く珪質化し、複雑な模様があって属種により特徴的であることを認め、剛刺については針状、鋸歯状、ヘルメット状等の構造を明らかにし、包囊の形態も種的な特徴を有することを示した。これらの諸形質に準拠して日本から本科植物6属、46種4変種、5品種が産することを明らかにした。これらのうち *Spiniferomonas* 属は高橋が新設(1973)、7新種を発表したもので、その他 *Mallomonas* 属の4新種、*Synura* 属の1新種は既に発表したものであるが、本論文中で *Mallomonas* の1新種、*Paraphysomonas* の2新種を発表した。これらの15の新種と、既に記録されている *Mallomonas* の3種、*Synura* の1種を除く27種、4変種、5品種はすべて日本新産である。*Mallomonopsis perneides*、*M. paxillata*、*Mallomonas areolata*、*M. annulata* は世界第2の産地で、出現湖沼、出現数共に稀少である。*Mallomonas* 属の4系の中で、*Quadratae* と *Torquatae* の中間的形質を示す *M. grata* の存在から前者は後者に含めるべきことを提唱した。また本属鱗片のレプリカ像は、珪藻植物の殻構造との類似を示し、両者の近縁性を示すものと考えた。さらに *Synura* 属の3種から棒状鱗片を見出しシヌラ節の1特徴と見做した。*S. uvella* は英国同様日本でも分布が限られ出現数も少なく水質指標生物からは除外すべきであると提唱した。鶴岡市公園池産の7種の年間を通じて全細胞の大きさを測定し、細胞の生長のmodeは被殻、特に襟構造の有無に密接な関係があることを明らかにした。

全国96湖沼中、81湖沼から本科植物を見出し、分布は全国的であること、各湖沼に共通種が多いことが判った。本科の既知総数111種類中、55種類が日本に産し英国と共に世界第1位である。若干の固有種を除いて他は汎世界的種であり、更に欧州を主として北半球に分布が偏っていたが、高橋は西オーストラリア、南アフリカから本科の5種を見出しており南半球にも共通種が分布することを明らかにした。なお未同定の多数の鱗片があり、見逃がされている種の存在を示している。

以上、日本産シヌラ科植物に関し多くの知見を得て、その分類に寄与する所大きく、よって高橋永治提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認められる。