

ダム湖のモニタリングにおいて同定上の注意を要する種

1. 珪藻

Problematic freshwater diatom taxa for the monitoring of Japanese artificial reservoirs

国立科学博物館・植物研究部 研究主幹 辻 彰 洋
研究第三部 上席主任研究員 一 柳 英 隆

ダム湖に優占することが多いが誤同定されやすい *Aulacoseira pusilla* 種群 (*A. pusilla*, *A. tenella*), *Aulacoseira ambigua* f. *ambigua*, *Aulacoseira ambigua* f. *japonica*, *Ulnaria japonica*, *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa*, *Acanthoceras zachariasii* および *Urosolenia* sp. について分類学的現状についてレビューを行った。

キーワード: *Aulacoseira pusilla*, *Aulacoseira tenella*, *Aulacoseira ambigua*, *Aulacoseira ambigua* f. *japonica*, *Ulnaria japonica*, *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa*, *Acanthoceras zachariasii*, *Urosolenia* sp.

For *Aulacoseira pusilla* species complex (*A. pusilla*, *A. tenella*), *Aulacoseira ambigua* f. *ambigua*, *Aulacoseira ambigua* f. *japonica*, *Ulnaria japonica*, *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa*, *Acanthoceras zachariasii* and *Urosolenia* sp., which are dominant in dam lakes of Japan but are often misidentified, we reviewed the taxonomical situation.

Key words: *Aulacoseira pusilla*, *Aulacoseira tenella*, *Aulacoseira ambigua*, *Aulacoseira ambigua* f. *japonica*, *Ulnaria japonica*, *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa*, *Acanthoceras zachariasii*, *Urosolenia* sp.

1. はじめに

河川水辺の国勢調査スクリーニング委員会・動植物プランクトンスクリーニンググループ(以下スクリーニンググループとする)では、本邦のダム湖に出現する動植物プランクトンについて、分類学的に検討を行い、モニタリングが適切かつ円滑に実施できるよう検討を重ねてきた。その一環として、植物性プランクトンに関しては2012年にモニタリングで準拠すべきチェックリストを提案し、国立科学博物館のホームページで公開する(辻 & 新山 2013-2018)とともに、学会などで紹介し、改善を図ってきた。このチェックリストに基づく同定は2017年度から本番移行し、現在ではダム湖の植物性プランクトンの同定にあたっては、このチェックリストに基づいて行うことになっている。

一方、スクリーニンググループにおいて、同定上の問題として指摘された分類群については、過去の経緯を引きずっているものが多く、毎年のように同じ指摘事項が繰り返されている。また、スクリーニンググループの改善意見に対して、過去との継続性を理由に疑問が呈されることもある。そこで、本論では「ダム

湖のモニタリングにおいて同定上の注意を要する種」として、過去のスクリーニンググループにおいて問題になった種についてその分類学的現状について検討した。

2. 問題となる珪藻種の分類学的検討

(1) *Aulacoseira pusilla*種群

本邦のダム湖等の調和型水域にプランクトンとして出現する小型の*Aulacoseira*属種については、*A. distans*, *A. nivalis*, *A. pfaffiana*等、あるいはSimonsen (1979)による組み換え以前の*Melosira*属名など、様々な学名で同定されてきた。これらの種は直径が10 μ m以下で、殻面にランダムな胞紋が見られる事が特徴で、形態的特徴に乏しく、正確な同定には走査型電子顕微鏡(SEM)が必要である。また、これらの種群は、過去に*A. distans*の変種として扱われたため、分類が不明なときに全ての変種を含むものとして*A. distans*に当てることが行われてきた。そのために問題が複雑化している。*A. distans*は、有名なC. G. Ehrenbergが珪藻土から化石として記載した。タイプは、すでに調べられていて(Crawford & Likhoshway 1999; 辻

2006)、現生では出現しないとされている。*A. nivalis*、*A. pfafliana* についても著者ら (Tuji 2010; Tuji & Williams 2006) によってタイプが調べられていて、両種はシノニム関係であり、本邦では屋久島や尾瀬の湿原で出現するとされている。しかし、*A. nivalis*、*A. pfafliana*については本邦のダム湖を含む調和型水域での出現報告が多かったため、スクリーニンググループにおいて本当にダム湖で出現しないかどうか疑問が呈された。そのため、財団法人ダム水源地環境整備センター (当時) および水源地生態研究会の協力の下、全国の109カ所のダム湖から集めた試水をSEMを用いて、網羅的に小型の*Aulacoseira*属種について検討した (Tuji 2015)。その結果、ダム湖からは*A. pusilla*が42ダム湖 (図1-5, 14, 15)、*A. tenella*が12ダム湖 (図6-11, 12, 13) から出現したが、*A. nivalis*、*A. pfafliana*を含む他の小型の*Aulacoseira*属種は見いだされず、過去の両種の報告は誤同定の可能性が高いと考えられた。両種は酸処理を行い永久プレパラートを作成したときには殻縁の胞紋数と偽隔壁の有無によって明確に区別できる (図1-15) が、チェックリストの前提条件である未処理試料を用い40倍の対物レンズで観察する条件では区別が難しいと考えられたため、スクリーニンググループのチェックリストでは両者を含めて「401-5 *Aulacoseira pusilla*群」として扱うことにした。「日本の水道生物」 (日本水道協会 1993) で*A. distans*とされているものは、*A. pusilla*である。

(2) *Aulacoseira ambigua - italica* 問題

この*Aulacoseira ambigua - italica* 問題については、小林ら (小林 & 野沢 1981; 1982) が詳しく議論している。この問題は日本で幅広く用いられてきたHustedtのモノグラフ (Hustedt 1930) の図に問題があり、*A. ambigua*が*A. italica*と誤同定をされたことに起因する。1960年代から1970年代にかけてほとんどの解説が、*A. ambigua*を*A. italica*として紹介していた。この問題に関しては、小林らの80年代初頭の研究でひとまずは解決したが、応用的にはその後も誤用が続いた。「日本の水道生物」 (日本水道協会 1993) で*A. italica*とされているものも、*A. ambigua*である。*A. italica*は、本邦では釧路湿原等の湿原や腐植性湖沼において、付着性珪藻として出現する。この様に生態が明らかに異なる種を混同することは、生態情報の蓄積という面でも大きな弊害がある。

(3) *Melosira japonica*問題

本邦の螺旋型を形成する*Aulacoseira*分類群につい

ては、長年、*Melosira granulata* var. *angustissima* f. *spiralis*あるいはそれを組み換えた*Aulacoseira granulata* var. *angustissima* f. *spiralis*と同定されてきた (日本水道協会 1993)。この問題もHustedtのモノグラフ (Hustedt 1930) において螺旋型の群体を描かれた図が*Melosira granulata* var. *angustissima* f. *spiralis*のみであった事に起因すると考えられる。このHustedtの図も殻端に棘が描かれていないことから記載ミスと考えられる。一方、Hustedtのモノグラフの後継となるKrammer & Lange-Bertalot (2000) も螺旋型群体としては*A. granulata*のみを掲載している。しかし、Krammer & Lange-Bertalotの示す写真では殻端に棘が存在することから、*A. granulata*であることが分かる。Krammer & Lange-Bertalotには、*A. ambigua*の螺旋型群体の写真は掲載されていない。辻 & 伯耆 (2001) は、琵琶湖の螺旋型群体を形成するものは、微細構造から見て全て*A. ambigua*であるとした。また、*A. pusilla*の検討で用いた109カ所のダム湖から集めた試水からも*A. granulata*の螺旋型群体は見つからず、螺旋型群体は全て*A. ambigua* (図16) であった (辻 未公表)。一方で辻は印旛沼からやや不規則な螺旋型群体 (図17) を形成し殻端に棘 (図18) が存在する本物の*Aulacoseira granulata* f. *spiralis* を見つけている (辻 2006)。そのため、本邦の*Aulacoseira granulata* var. *angustissima* f. *spiralis*の出現記録をすべて*A. ambigua*と読み替えるのは不正確である。また、現在までに明らかに*Aulacoseira granulata* f. *spiralis*と同定できるのはこの印旛沼の報告のみである。

一方、Meister (1914) は諏訪湖からこの螺旋型群体を*M. japonica*として記載している。そのため、*M. japonica*の名前が*A. ambigua*の螺旋型群体に対して用いられる事もあった。*Aulacoseira granulata* var. *angustissima* f. *spiralis*とされてきた*A. ambigua*の螺旋型群体と直線状群体を形成する個体では、微細構造に違いは見つからない。そのため、Krammer & Lange-Bertalot (2000) では螺旋型群体と直線状群体を同じ分類群としている。しかし、両者では螺旋型群体を形成するものがより浅い富栄養化した水域で見られる事から、Tuji & Williams (2007) は螺旋型群体を形成するものを*Aulacoseira ambigua* f. *japonica* (F. Meister) Tuji & D.M.Williamsとして組み換えた。Meisterの*M. japonica*が後続異名であったことから、現在は*Aulacoseira ambigua* f. *japonica* Tuji & D.M.Williamsとして扱われている。

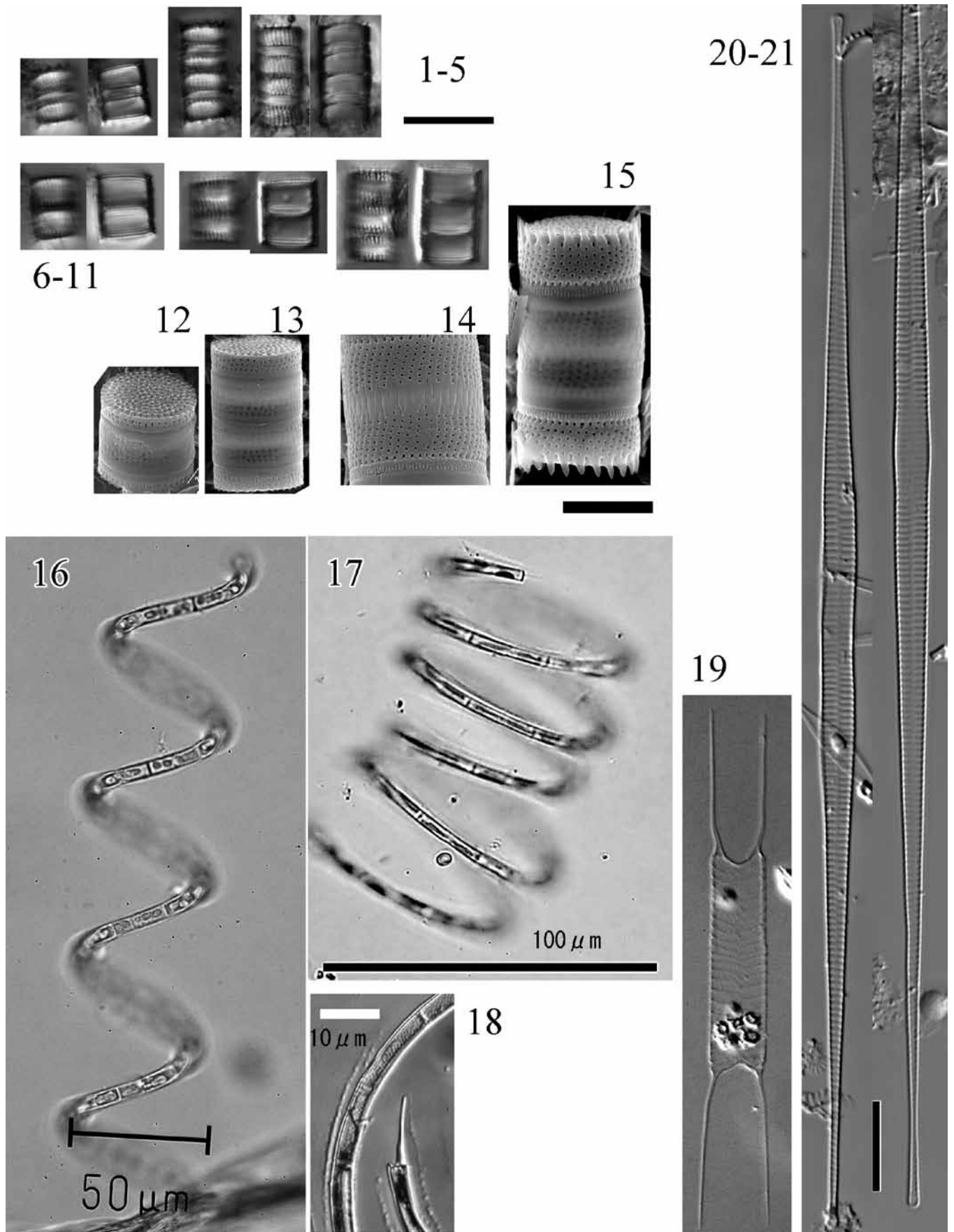


図 1-15. *Aulacoseira pusilla* 種群. 1-5, 14-15 *A. pusilla*, 6-11, 12, 13 *A. tenella*
 16-18 螺旋型群体を形成する *Aulacoseira* 属の種. 16 *Aulacoseira ambigua* f. *japonica*, 17-18 *Aulacoseira granulata* f. *spiralis*
 19 *Acanthoceras zachariasii*
 20-21 *Ulnaria japonica*
 1-11, 20-21 LM (bar=10 μ m), 12-15 SEM (bar=5 μ m), 16-19 LM.

(4) *Synedra delicatissima* var.

*angustissima*と*Ulnaria japonica*

調和型水域にプランクトンとして出現し、群体を形成せず針状の形態を持つ*Ulnaria*属は従来、*Synedra acus* (var. *angustissima*を含む)あるいは*Synedra delicatissima* var. *angustissima*と同定されてきた。*Synedra acus* (var. *angustissima*を含む)の同定はHustedtのモノグラフ (Hustedt 1930) によるものと考えられる。*Synedra delicatissima* var. *angustissima*の同定はPatrick & Reimer (1966) の「北米の珪藻」によると考えられる。*Synedra delicatissima* var. *angustissima*のタイプも*A. pusilla*と同様、Tuji & Williams (2007) によって調査され、同分類群は*Synedra delicatissima* var. *delicatissima*のシノニムとされた。近年、Lange-Bertalot & Ulrich (2014) は、ドイツで*Synedra delicatissima* var. *angustissima*と扱われてきたと思われる分類群を種レベルで新種記載したが、これは本邦の分類群とは明確に異なる。Tuji & Williams (2007) は、本邦の分類群についてMeister (1914)が記載した*S. japonica*と同定し、後に*Ulnaria*属への組み替えを行った (Tuji 2009)。Patrick & Reimer (1966) によって*Synedra delicatissima* var. *delicatissima*と同定された北米の分類群も*U. japonica*である (辻 未公表)。*U. acus* var. *acus*は付着性種であり、近年、Lange-Bertalot & Ulrich (2014) によってタイプ指定が行われた。形態的にも*U. japonica*とは明らかに異なる。本邦には、*U. japonica* (図20-21) より殻端部が太く、かつ膨らむことにより区別できる*U. delicatissima* var. *delicatissima*も出現する (Tuji 2009) が、後者はより浅い水域に出現するようで、ダム湖に出現することは稀だと考えられる。

(5) *Fragilaria crotonensis*と*Asterionella formosa* (*A. gracillima*を含む)

*Fragilaria crotonensis*と*Asterionella formosa* (*A. gracillima*を含む) は、本邦のダム湖で春と秋の循環期に優占種として出現することが多い。小島 & 小林 (1976) は、本邦の*Fragilaria crotonensis*に複数の形態を持つものが含まれていることを報告している。著者らも殻の外形や群体のねじれ方に複数の違いがあり、隠蔽種の可能性が高いと考えているが、現在までに詳細な分類学的検討を行う事が出来ていない。*Asterionella formosa*についても小島 & 小林 (1976) は、*A. gracillima*との区別が不明瞭であると指摘している。北米 (Patrick & Reimer 1966) やヨーロッパ (Patrick & Reimer 1966) のモノグラフに描かれてい

る*Asterionella formosa*は、両殻端の膨らみの違いが本邦のものより顕著であり、*A. gracillima*との区別がより明瞭である。本邦の*Asterionella*属についても隠蔽種の可能性も視野に入れながら、タイプ調査や分子系統解析を行う必要があるが、いまだ、出来ていない。そのため、スクリーニンググループのチェックリストでは「405-1 *Asterionella formosa*群 *A. gracillima*を含む」として両分類群を区別せずに扱っている (辻 & 新山 2013-2018)。

(6) *Acanthoceras zachariasii*と

Urosolenia sp.

*Acanthoceras zachariasii*と*Urosolenia* sp.は、従来は、*Atteya zachariasii*, *Rhizosolenia longiseta*と呼ばれていた種である。ダム湖では普通に出現し、優占することもあるが、報告例は少ない。殻が極めて薄く、光学顕微鏡下で見落としやすい。球形の黄緑色の葉緑体が目立つため、緑藻などほかの藻類と誤同定されているのかもしれない。また、通常の珪藻観察のための酸処理では殻が壊れ、消えてしまう。微分干渉顕微鏡や位相差顕微鏡があると観察しやすいが、慣れれば特徴的な葉緑体から通常の明視野顕微鏡でも容易に区別できる。あるいはカバーガラスに検体を一滴たらし乾燥させ、四隅のみを固定する、空気スライドによって観察することも良く行われる (辻 & 新山 2013-2018)。

3. おわりに

上述したように本邦における淡水域の浮遊珪藻研究の初期において、Hustedtのモノグラフ (Hustedt 1930) にもとづいた同定が行われ、その成果が広く普及されたことや、その後の研究が分類学的検討にSEMを用いる必要がある小型のタラシオシラ科の中心類珪藻が中心になった (Kobayasi & Kobayashi 1987) ことから、湖沼で優占するような普通種の分類学的検討が遅れた。近年、欧米の博物館に収められているタイプについての写真等の情報が蓄積してきたことから、本邦の種との直接比較が可能になり、本邦の普通種の分類学的検討が進んだ (辻彰洋 2009)。しかしながら、植物プランクトンモニタリングの現場において、旧来の学名と新しく提案された学名が混在している状況が続いている。著者らはその解決のためにスクリーニンググループのチェックリスト (辻彰洋 & 新山優子 2013-2018) を作成し公開されてきたが、未だに旧来の学名での報告が見られる。そのため、本報では、新しく提案された学名の背景について、旧来の

学名と比較しながら論じた。この報告が、植物プランクトンモニタリングの改善につながれば幸いである。

謝辞

本研究は、水源地環境センターが事務局を行う水源地生態研究会・データ活用研究グループ(中村太士グループ長)において、高村典子氏(国立環境研究所)が委員として参画したプランクトンモニタリングの手法改善と精度管理に関するプロジェクトの一環として行われ、水源地環境センターから助成を受けた。植物プランクトンのチェックリスト作成については、全国の国土交通省および水資源機構管理のダムから採水の協力をいただいた。また、本論は水源地環境センターで実施された「河川水辺の国勢調査(ダム)の同定(動植物プランクトン)に関する勉強会」において、辻が講演した内容をもとに加筆修正したものである。水源地環境センター、水源地研究会及び各ダム管理事務所の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Crawford R-M, Likhoshway Y (1999) The frustule structure of original material of *Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen. *Diatom Research* 14 (2) : 239-250.
- 2) Hustedt F (1930) *Bacillariophyta (Diatomaceae)*, vol 10. Gustav Fischer, Jena, 466 pp.
- 3) Kobayasi H, Kobayashi H (1987) Fine structure and taxonomy of The small and tiny *Stephanodiscus* Bacillariophyceae species in Japan 5. *Stephanodiscus-delicatus* Genkel and the characters useful in identifying five small species. *Japanese Journal of Phycology* 35 (4) : 268-276.
- 4) Krammer K, Lange-Bertalot H (2000) *Bacillariophyceae*. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2: 598.
- 5) Lange-Bertalot H, Ulrich S (2014) Contributions to the taxonomy of needle-shaped *Fragilaria* and *Ulnaria* species. *Lauterbornia* 78: 1-73 + 30 pls.
- 6) Meister F (1914) Beiträge zur Bacillariaceenflora Japan. *Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde* 9: 226-232.
- 7) Patrick R, Reimer CW (1966) The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii. *Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, Philadelphia.
- 8) Simonsen R (1979) The diatom system: Ideas on phylogeny. *Bacillaria* 2 (0) : 9-72.
- 9) Tuji A (2009) The transfer of two Japanese *Synedra* species (Bacillariophyceae) to the genus *Ulnaria*. *Bulletin of the National Science Museum*, Ser B 35: 11-16.
- 10) Tuji A (2010) Examination of type material of *Melosira nivalis* W.Sm. (Bacillariophyceae) and its synonymy with *Aulacoseira pfaffiana* (Reinsch) Krammer. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science*, Series B 36: 161-164.
- 11) Tuji A (2015) Distribution and taxonomy of the *Aulacoseira distans* species complex found in Japanese harmonic artificial reservoirs.
- 12) Tuji A, Williams DM (2006) Examination of type material for *Aulacoseira pfaffiana* (Bacillariophyceae) with special reference to the position of its rimoportula. *Bulletin of National Science Museum, Tokyo, Series, B* 32: 117-121.
- 13) Tuji A, Williams DM (2007) Type examination of Japanese diatoms described by Friedrich Meister (1913) from Lake Suwa. *Bulletin of National Science Museum, Tokyo, Series, B* 33: 69-79.
- 14) 小島貞男, 小林弘 (1976) 素顔の水処理生物 総集版 I, vol 18. 月刊「水」発行所, 東京, 96 pp.
- 15) 小林弘, 野沢美智子 (1981) 淡水産中心類珪藻 *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Sim. の微細構造について. *藻類* 29: 121-128.
- 16) 小林弘, 野沢美智子 (1982) 淡水産中心類珪藻 *Aulacoseira italica* (Ehr.) Sim. の微細構造について. *藻類* 30: 139-146.
- 17) 辻彰洋 (2006) *Aulacoseira distans* (Ehrenb.) Simonsen の唇状突起と棘の形態について. *Diatom* 22: 74-75.
- 18) 辻彰洋 (2006) *Aulacoseira granulata* f. *spiralis* (Hust.) Reinke の本邦での出現について. *Diatom* 22: 76-77.
- 19) 辻彰洋 (2009) 珪藻の環境指標研究と分類学の発展. *Diatom* 25: 15-20.
- 20) 辻彰洋, 新山優子 (2013-2018) ダム湖のプランクトン. Available at: <http://www.kahaku.go.jp/research/db/botany/dam/about.html>
- 21) 辻彰洋, 伯耆晶子 (2001) 琵琶湖の中心目珪藻. *Lake Biwa Study Monographs* 7: 1-90.
- 22) 日本水道協会 (1993) 日本水道生物. 日本水道協会, 東京, 273 pp.