

岩手県二戸市・青森県三戸町の海成上部中新統から産出した 淡水湖沼生化石珪藻 *Mesodictyon japonicum* Yanagisawa & H.Tanaka

柳沢 幸夫^{1,*}

YANAGISAWA Yukio (2021) Fossil freshwater centric diatom *Mesodictyon japonicum* Yanagisawa & H.Tanaka from the upper Miocene marine deposits distributed in the Ninohe-Sannohe area, near the boundary between Iwate and Aomori prefectures, Northeast Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 72 (6), p. 479-493, 5 figs, 1 table, 3 plates.

Abstract: Modern freshwater planktonic diatom assemblages appeared near the middle/late Miocene boundary when the nonmarine *Actinocyclus* was replaced by the genera of the family Stephanodiscaceae. The genus *Mesodictyon* was a frontier that first entered the lake environment in this turnover among the family Stephanodiscaceae. In this study, *Mesodictyon japonicum* Yanagisawa & H.Tanaka, an important constituent of late Miocene lacustrine planktonic diatom assemblage in Japan, is reported from the Neogene marine deposits of the Shitazaki and Kubo formations distributed in the Ninohe City (Iwate Prefecture) and Sannohe Town (Aomori Prefecture). The first occurrence of this species was recognized in the lower part of the diatom zone NPD6B (*Thalassionema schraderi* Zone) and was dated at ca. 8.3 Ma. Fossil evidence from this study and previous researches in Japan indicates that the first occurrence of *M. japonicum* in Japan is confined within relatively limited time range of 8.2-8.7 Ma, implying possible isochroneity of this diatom biohorizon. *Mesodictyon japonicum* seems to appear in geological record at around 8.6-8.7 Ma near the base of the NPD6B.

Keywords: diatom, freshwater, *Mesodictyon*, upper Miocene

要 旨

現生の淡水プランクトン珪藻群集で優占するStephanodiscaceae科の珪藻は、後期中新世に、それまで繁栄していた淡水生の*Actinocyclus*属の珪藻に取って代わって出現した。*Mesodictyon*属は、この交代期に最初に湖沼環境に入ってきたStephanodiscaceae科の重要な珪藻グループである。本研究は、岩手県二戸市と青森県三戸町に分布する海成上部中新統の舌崎層と久保層から淡水湖沼生珪藻*Mesodictyon japonicum* Yanagisawa & H.Tanakaの産出を確認し、その初産出層準が海生珪藻化石層序のNPD6B帯(*Thalassionema schraderi*帯)内(約8.3 Ma)にあることを示した。また、これまでに産出報告のある地域での本種の産出年代を吟味し、本種の初産出層準が8.7-8.2 Maの狭い年代範囲に収まり、東日本においてはある程度の同時性を示すことを明らかにした。現在までに得られたデータに基づく、*M. japonicum*の出現時期はNPD6B帯の下限付近の8.7-8.6 Ma前後と推定される。

1. はじめに

陸域湖沼のプランクトン珪藻群集は、地質時代を通じて地球環境の変化に応じて組成が大きく変化してきたことが、湖成堆積物に保存された記録から復元されている(Krebs *et al.*, 1987; Krebs, 1990; Bradbury and Krebs, 1995; 谷村, 1999; 齋藤・林, 2009)。それらによれば、中新世から現世の年代範囲では、以下のような陸域湖沼のプランクトン珪藻群集の変化が起こったことが明らかにされている。まず、前期-中期中新世の湖沼のプランクトン珪藻群集は、*Aulacoseira*属及び*Actinocyclus*属などによって占められていた。このうち、*Aulacoseira*属は群集の主要なメンバーとして現世まで繁栄を続けてきたが、*Actinocyclus*属は中期中新世末から後期中新世にかけてほとんど産出しなくなり、替わって後期中新世以降、Stephanodiscaceae科に属する珪藻属が次々に出現し、現在の湖沼生プランクトン珪藻群集へと変化してきた。この後期中新世に起こったこのプランクトン珪藻の属レベルでの入れ替わり(turnover)は、世界各地で認められて

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

* Corresponding author: YANAGISAWA, Y., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: y.yanagisawa@aist.go.jp

おり、汎世界的な現象である (Hayashi *et al.*, 2018).

*Mesodictyon*属 (Theriot and Bradbury, 1987) は、この大きな群集組成の入れ替わりにおいて、Stephanodiscaceae科の中で最初に湖沼環境に進出した重要な珪藻グループである (Krebs *et al.*, 1987; Krebs, 1990). 本属は未記載種を含めて現在世界で15種が知られており (柳沢・田中, 2016), 日本からは *Mesodictyon japonicum* Yanagisawa & H.Tanaka (Yanagisawa and Tanaka, 2014) と *M. yanagisawae* H.Tanaka (Houk *et al.*, 2014) の2種が産出している. このうち新潟県阿賀町津川地域の海成層 (上部中新統野村層) から記載された *M. japonicum* は、新潟県内各地に分布する海成層から産出するほか (柳沢ほか, 2003a, b, 2010; 柳沢・工藤, 2011, Yanagisawa and Tanaka, 2014, 柳沢・渡辺, 2017), 秋田県内の海成層 (柳沢・渡辺, 2011) や、茨城県内の海成層 (柳沢ほか, 2004; 柳沢・安藤, 2020) から報告されている (第1図). 淡水生種と推察される本種は当初海成層からの報告が相次いだ、その後福島県郡山市の高玉カルデラの湖成堆積物からも見つかり、淡水生種であることが確かめられた (柳沢・田中, 2016).

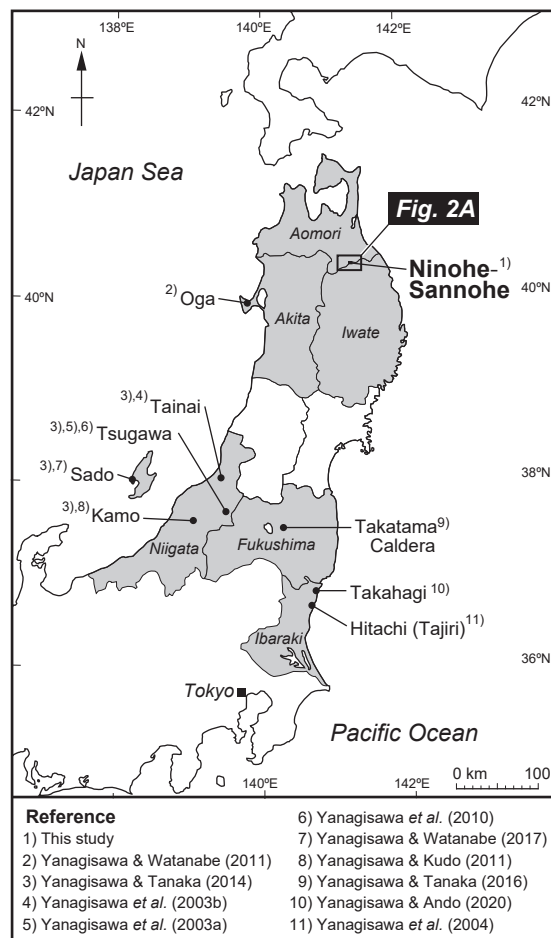
現在までに判明している情報から、*M. japonicum* は後期中新世に東日本の相当広い範囲に生育していたことがわかる (第1図). しかし、その産出地は一部地域に偏っており、*M. japonicum* の地理的分布範囲や産出年代は確定できてはなかった. 本研究では、*M. japonicum* の地理的分布の広がりやを調べるため、これまでに本種が報告されていない岩手・青森県内の海成層を対象として分析を行った. その結果、岩手県二戸市と青森県三戸郡三戸町に分布する海成新第三系から *M. japonicum* の産出を確認し、その初産出層準が海生珪藻化石層序のNPD6B帯内 (約8.3 Ma) にあることを明らかにできた.

2. 材料と方法

分析試料は、岩手県二戸市北部の釜沢集落西方の、岩手県二戸市と青森県三戸町の境界 (県境) となっている沢 (釜沢セクション) で採取した (第2図). このルートでは、すでに Maruyama (1984) によって珪藻化石分析がなされており、*M. japonicum* の産出が期待できる層準が露出していることがわかっていた.

二戸市から三戸町にかけての地域 (二戸・三戸地域) には、新第三系が広く分布しており、下位より仁左平層、組ノ山層、四ッ役層、門ノ沢層、末ノ松山層、十文字層、柳沢層、舌崎層、久保層及び斗川層に区分される (鎮西, 1958a, b; Chinzei, 1966; 辻野ほか, 2018). このうち、本研究で試料を採取したのは舌崎層と久保層である (第3図). 舌崎層は上目時砂岩部層・主部シルト岩層・釜沢砂岩シルト岩部層から、久保層は釜沢凝灰岩部層と久保砂岩部層からなる.

試料を採取した釜沢セクションには、舌崎層の主部シルト岩層・釜沢砂岩シルト岩層と、久保層の釜沢凝灰岩

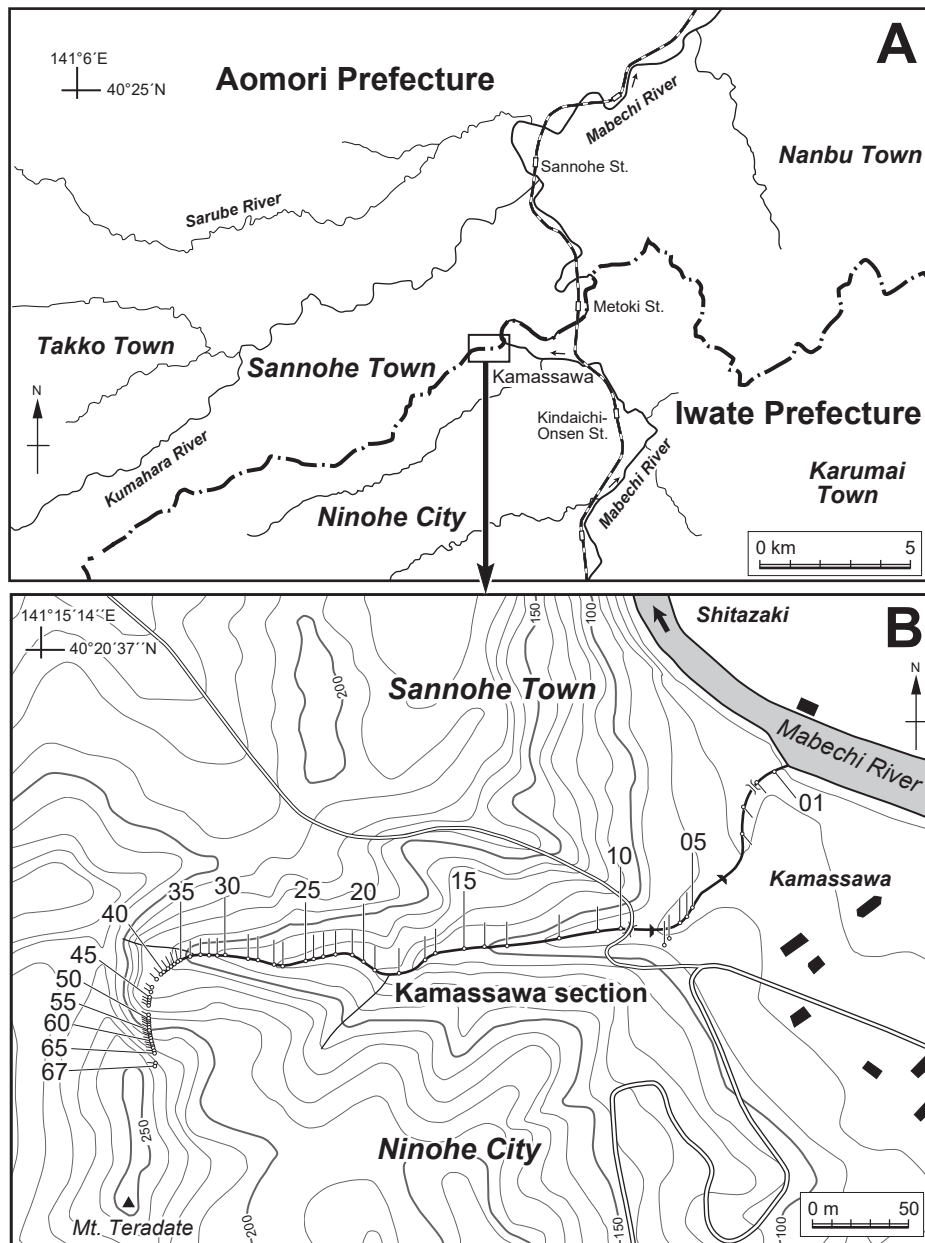


第1図 *Mesodictyon japonicum* の産出地.

Fig. 1 Map showing locations of *Mesodictyon japonicum*.

部層最下部が露出する. 舌崎層の主部シルト岩層は、主に無層理のシルト岩及び砂質シルト岩からなり、最上部には厚さ数十cm～数mの塊状の細粒砂岩層を数枚挟む. 釜沢砂岩シルト岩層の主な岩相は、生物擾乱作用を強く受けた泥質細～極細粒砂岩であるが、中部はやや細粒化して砂質シルト岩となっている. また、本部層下部では、貝化石層が9層準に発達するほか、一部で生痕化石 *Rosselia* *isp.* が見られる. 本部層中には多数のシルト粒度の珪長質細粒凝灰岩層が挟在しており、とくに本部層中部には、厚さ10 mの厚い凝灰岩層が挟まっている. 久保層の釜沢凝灰岩部層は、黒灰色を呈する凝灰質の細～粗粒砂岩層からなる. 全体に平行層理が発達するが、一部で斜交層理が見られる (第4図A). また、2層準で生痕化石 *Rosselia* *isp.* が認められる (第4図B).

試料は、馬淵川との合流地点から最上流部の寺館山の中腹までの区間で、合計67個採取した (第2図). 全層厚は約210 mで、試料は平均2-3 m間隔で採取した. しかし、最上部の久保層の釜沢凝灰岩部層では、岩相が粗粒かつ



第2図 試料採取位置図. 国土地理院発行2万5千分の1地形図「三戸」を元に作成.

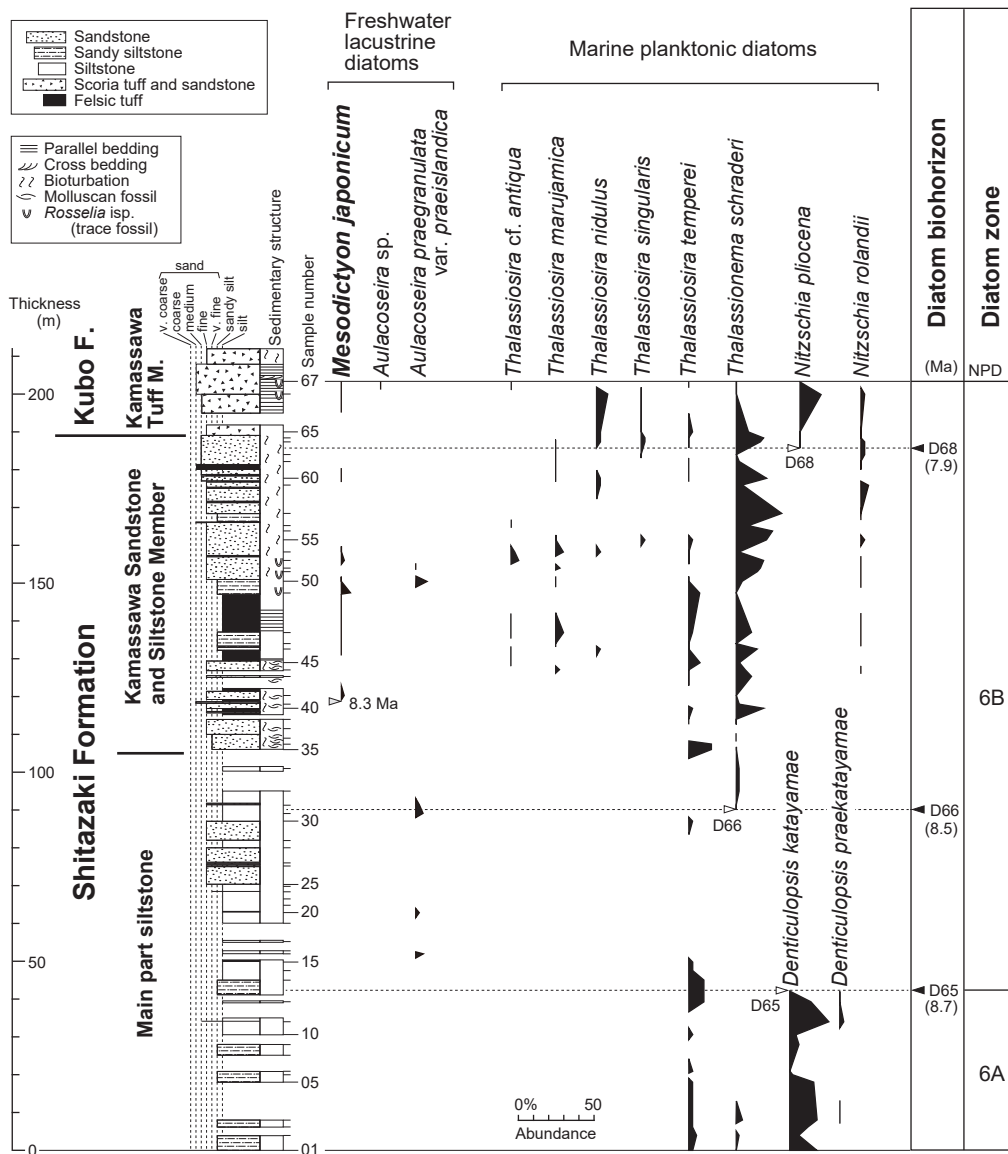
Fig. 2 Sample locality map based on geographical map “Sannohe” (1:25,000 in scale) published by the Geospatial Information Authority of Japan.

凝灰質で、珪藻化石の含有が期待できないと判断されたため、泥質の生痕化石である *Rosselia* isp. を2層準で採取したのみである。

採取した試料は、Akiba (1986) の unprocessed strewn slide の方法を用いてプレパラートを作成した。詳しい方法は柳沢 (1999) に記述されている。珪藻殻の計数は、生物顕微鏡600倍の倍率下で、*Chaetoceros* 属の休眠胞子を除いて、観察されたすべての種の蓋殻が50になるまで行った。その後、さらにカバーガラスの幅5 mmの範囲

を走査し、その過程で新たに認められた種、及び破片としてのみ認められた種は present (+) として記録した。

珪藻化石帯区分は、Akiba (1986) と Yanagisawa and Akiba (1998) の新第三紀北太平洋珪藻化石帯区分を適用し、化石帯はNPDコード、生層準はDコード(D10-D120)を用いた。年代はWatanabe and Yanagisawa (2005) を用いて修正し、Raffi *et al.* (2020) の地磁気極性年代尺度に合わせて調整した。



第3図 釜沢層序セクションにおける主な珪藻の層序学的分布. 岩相層序区分は鎮西 (1958b) 及び辻野ほか (2018) による.

Fig. 3 Stratigraphic occurrence of diatoms in Kamassawa stratigraphic section. Lithostratigraphy is based on Chinzei (1958b) and Tsujino *et al.* (2018).

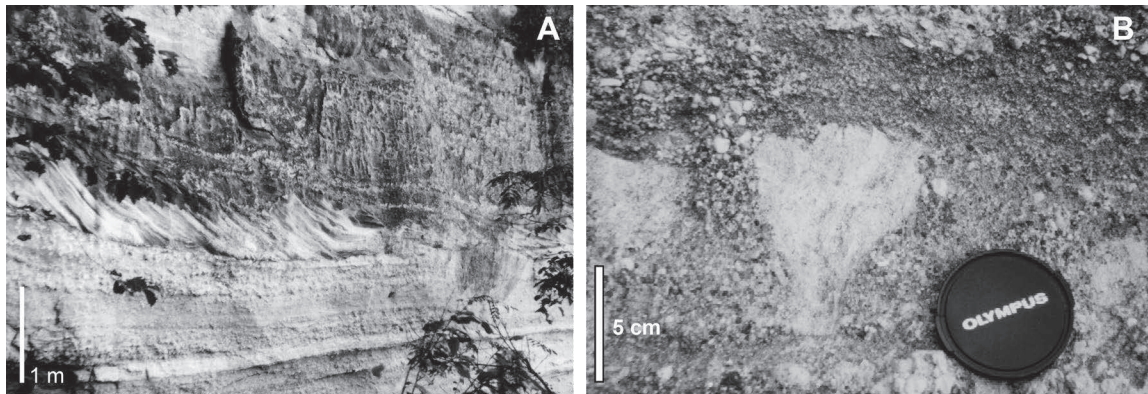
3. 結果

採取した67個のうち、試料8, 21, 29の3試料を除く64個から珪藻化石が産出した(第1表). 淡水の湖沼生珪藻では、*Mesodictyon japonicum*のほか、*Aulacoseira* sp.と*Aulacoseira praegr anulata* var. *praeislandica* (Jousé) Moisseevaが産出した(図版1). 一方、海生種としては85分類群が産出した. 主な種を図版2と図版3に示す.

海生の化石帯指標種としては、*Denticulopsis katayamae* Maruyama, *Thalassionema schraderi* Akiba及び*Nitzschia pliocena* (Brun) Merzが産出し、*D. katayamae*の終産出

層準(生層準D65, 8.7 Ma), *T. schraderi*の初多産出層準(D66, 8.5 Ma), *N. pliocena*の初産出層準(D68, 7.9 Ma)が認められた(第3図). これらの生層準から、釜沢セクションに露出する舌崎層の主要シルト岩部層・釜沢砂岩シルト岩部層と久保層の釜沢凝灰岩部層最下部は、珪藻化石帯のNPD6A帯(*D. katayamae*帯)とNPD6B帯(*T. schraderi*帯)に相当することが確認された. これはMaruyama (1984)の分析結果と一致する.

産出した*M. japonicum*は、殻は円盤形で、直径は12–22 μm, 殻面は同心円状にうねっており、殻中心が凹の殻(図版1の1, 3, 8)と凸の殻(図版1の2, 4–7, 9, 10)



第4図 久保層釜沢凝灰岩部層の露頭写真(釜沢ルート)。A: 斜交層理と平行層理の発達した凝灰質粗粒砂岩層(試料67)。B: 生痕化石 *Rosselia* isp. (試料66)。

Fig. 4 Photographs of the Kamassawa Tuff Member of the Kubo Formation at Kamassawa stratigraphic section. A: Cross and parallel bedded tuffaceous coarse-grained sandstone (Sample 67). B: Trace fossil *Rosselia* isp. (Sample 66).

が認められる。単列の点紋列が放射状に分布し、その数は $10\ \mu\text{m}$ に6–10列、点紋列を構成する点紋は $10\ \mu\text{m}$ に約8–14個である。本研究で見出された標本については、走査型電子顕微鏡(SEM)による微細構造の確認は行っていないが、光学顕微鏡で観察できる形質で判断する限り、Yanagisawa and Tanaka (2014)によって新潟県津川地域の野村層から記載された *M. japonicum* と同一種と判断できる。

釜沢セクションでは、*M. japonicum* の初産出はNPD6B帯の生層準D66 (8.5 Ma)とD68 (7.9 Ma)に挟まれた区間に認められる(第3図)。両生層準の年代を基にこの区間での堆積速度が一定だと仮定して作成した堆積速度曲線により、釜沢セクションでの *M. japonicum* の初産出の年代は約8.3 Maと算定される。

4. 考察

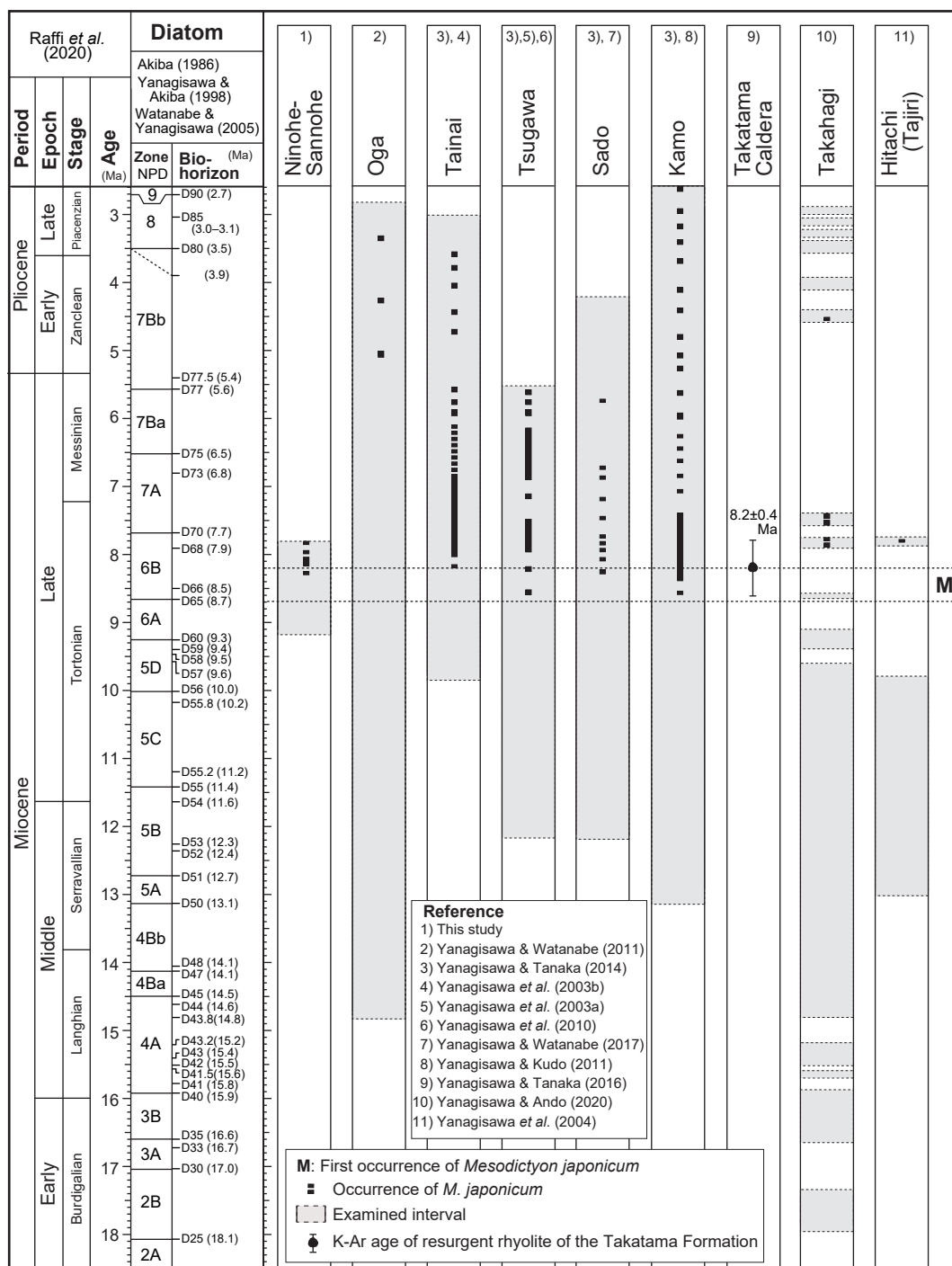
本研究によって、岩手・青森県内の海成新第三系でも *M. japonicum* が確認され、産出地域は計9地域となり、分布範囲がさらに広いことがわかった(第1図)。また、二戸・三戸地域では、本種の初産出は海生珪藻化石層序のNPD6B帯内の約8.3 Maの層準にあることが明らかになった。本研究による二戸・三戸地域の情報を含めて、各地域での本種の産出年代範囲を第5図にまとめた。

海成層中の淡水湖沼生珪藻化石は、死後あまり時間が経たない時期に、生育域から直接海域に運ばれるだけでなく、一旦陸域の湖成堆積物に保存された後に、侵食されて海域へ運搬され保存された異地性の化石である。その後、一部はその地層が隆起して侵食される際に、そこから洗いだされて運搬され、新期の海成層に再度堆積することもある。こうした再堆積があるため、海成層中の淡水湖沼生珪藻化石では、終産出層準は意味がなく、初産出層準のみが意味を持っている。そこで、ここでは

第5図を基に、本種の初産出層準の年代について検討する。ただし、初産出層準は、珪藻の殻が陸域湖沼から海域へ運搬され始めた層準を示しているにすぎず、その珪藻の真の出現時期よりも多少とも遅れていることに留意する必要がある。

秋田県の男鹿地域では、本種は下部鮮新統の海成層(船川層最上部、南平沢層及び西水口層)から極わずかに検出されているが(柳沢・渡辺, 2011)、産出量が極めて少なく、その初産出層準を議論することは難しい(第5図)。

新潟県内では各地の海成層から本種が報告されている。まず、胎内地域では、上部中新統～下部鮮新統の海成層である内須川層で *M. japonicum* の産出が認められ、その初産出はNPD6B帯内の約8.2 Ma付近の層準にある(柳沢ほか, 2003b; Yanagisawa and Tanaka, 2014)。また、阿賀町の津川地域では、*M. japonicum* は海成上部中新統の野村層と常浪層から産出し、初産出層準はNPD6B帯最下部の8.6 Maの層準に存在する(柳沢ほか, 2003a, 2010; Yanagisawa and Tanaka, 2014)。一方、佐渡地域では大佐渡南部に分布する海成上部中新統の中山層と最上部中新統～下部鮮新統の野坂層の下部から *M. japonicum* が検出される(Yanagisawa and Tanaka, 2014; 柳沢・渡辺, 2017)。海生珪藻化石層序に基づいて作成した堆積速度曲線から、佐渡地域での本種の初産出層準は8.3 Maと算定できる。加茂地域でも、数多くの層序セクションの海成層で *M. japonicum* の産出が確認されている(柳沢・工藤, 2011; Yanagisawa and Tanaka, 2014)。本種は南五百川層上部のNPD6B帯で産出しており、最も古い産出は生層準D65 (8.7 Ma)とD66 (8.5 Ma)の間にある。しかし、この試料の周辺は流紋岩の貫入で層理が乱れていて柱状図を作成することができないため、これ以上の年代の絞り込みはできない。したがって、加茂地域での本種の初産出の年代は8.7–8.5 Maと推定される。加茂地域では、



第5図 *Mesodictyon japonicum* の層序学的産出範囲。珪藻化石帯はAkiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) 及びWatanabe and Yanagisawa (2005) による。

Fig. 5 Stratigraphic range of *Mesodictyon japonicum*. Diatom zonation follows Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998), and Watanabe and Yanagisawa (2005).

NPD6B帯より上位の区間では、NPD9帯まで *M. japonicum* が産出する。また、生層準D65より下位の区間では本種は全く検出されない。

福島県では郡山市の高玉カルデラの淡水湖沼成堆積物から *M. japonicum* が産出し、本種が淡水生種であることが確認された(柳沢・田中, 2016)。湖沼成堆積物の堆積中または未固結の状態のところ貫入したと推定される流紋岩のK-Ar年代として、 8.2 ± 0.4 Maの年代値が報告されており(Seki, 1993)、この年代値がほぼ高玉カルデラの湖沼成堆積物の堆積年代を示していると推定される。

茨城県ではこれまでに、2地域から *M. japonicum* の産出報告がある。まず、柳沢・安藤(2020)は高萩地域に分布する多賀層群のうち、最上部の海底地すべり痕埋積物である小貝ヶ浜ユニットのサブユニット1と2から、それぞれ *M. japonicum* を報告している。サブユニット1は、NPD6B帯の生層準D68 (7.9 Ma)とD70 (7.7 Ma)の間、サブユニット2は、NPD7A帯の生層準D70 (7.7 Ma)とD73 (6.8 Ma)の間に位置づけられる。また、彼らはNPD7Bb帯に属する日立層群の海底谷埋積物にもわずかに *M. japonicum* が含まれていると報告している。一方、柳沢ほか(2004)は、日立市の田尻地域の海底地すべり痕埋積物のうちNPD6B帯の生層準D68 (7.9 Ma)とD70 (7.7 Ma)の間の区間から *M. japonicum* の産出を記載している。

以上の考察から、*M. japonicum* の初産出層準については、次のようにまとめられる。1) *M. japonicum* の初産出層準の年代が推定可能な二戸・三戸、胎内、津川、佐渡及び加茂地域のデータを総合すると、本種の初産出層準は8.7–8.2 Maの年代範囲に限定される。2) それ以外の地域でも、本種の産出層準は上述の初産出年代よりも若く、この初産出年代とは矛盾しない。3) いずれの地域においても、8.7 Maより下位からは、*M. japonicum* は全く産出していない。4) 以上のことから、現段階では日本での *M. japonicum* の出現時期はNPD6B帯の下限付近の8.7–8.6 Ma前後としておくのが妥当である。

ところで、後期中新世から現世にかけて、東日本に広大な湖が存在した証拠はなく、高玉カルデラ湖のような大きさ数~十数km規模の火山性の湖が点在していたと推定されるので(例えば、吉田ほか, 2020)、東日本各地の海成層に含まれている *M. japonicum* の化石は、それぞれ近傍の別々の比較的小規模な湖から海域に供給されたと想定される。このことは、こうした多くの湖に *M. japonicum* を含む共通した組成を持つ珪藻群集が生育していた可能性を示す。

上述のように日本の海成層中における本種の初産出の年代には、8.7–8.2 Maと数十万年の幅がある。しかし、長期にわたる陸域湖沼生珪藻の進化史の中でみれば、この数十万年という比較的狭い年代範囲に限定される *M. japonicum* の初産出層準には、むしろ同時性があるとみ

ることもできる。そして、それが異地性の化石であり、かつ供給源が個々の独立した湖であったことを考慮すれば、この同時性はむしろ驚くべきことなのかもしれない。

現段階のデータに基づく限り、日本での *M. japonicum* の出現時期はNPD6B帯の下限付近の8.7–8.6 Ma前後としか限定できないが、今後、陸域の湖成層の珪藻群集や年代の研究も含めて、更に多くの地域のデータを追加することで、本種の真の出現年代に漸近できるのではないかとと思われる。

5. おわりに

本研究では、岩手県二戸市と青森県三戸町に分布する海成新第三系から淡水湖沼生珪藻 *Mesodictyon japonicum* の産出を確認し、その初産出層準が海生珪藻化石層序のNPD6B帯内(約8.3 Ma)にあること、そして本種の分布がさらに広範囲にわたることを明らかにした。また、これまでに本種が産出した9地域での本種の産出年代を吟味し、本種の初産出層準が8.7–8.2 Maの年代範囲に収まり、産出報告のある東日本の範囲ではある程度の同時性を示すことを示した。現段階のデータに基づく、*M. japonicum* の出現時期はNPD6B帯の下限付近の8.7–8.6 Ma前後と推定される。

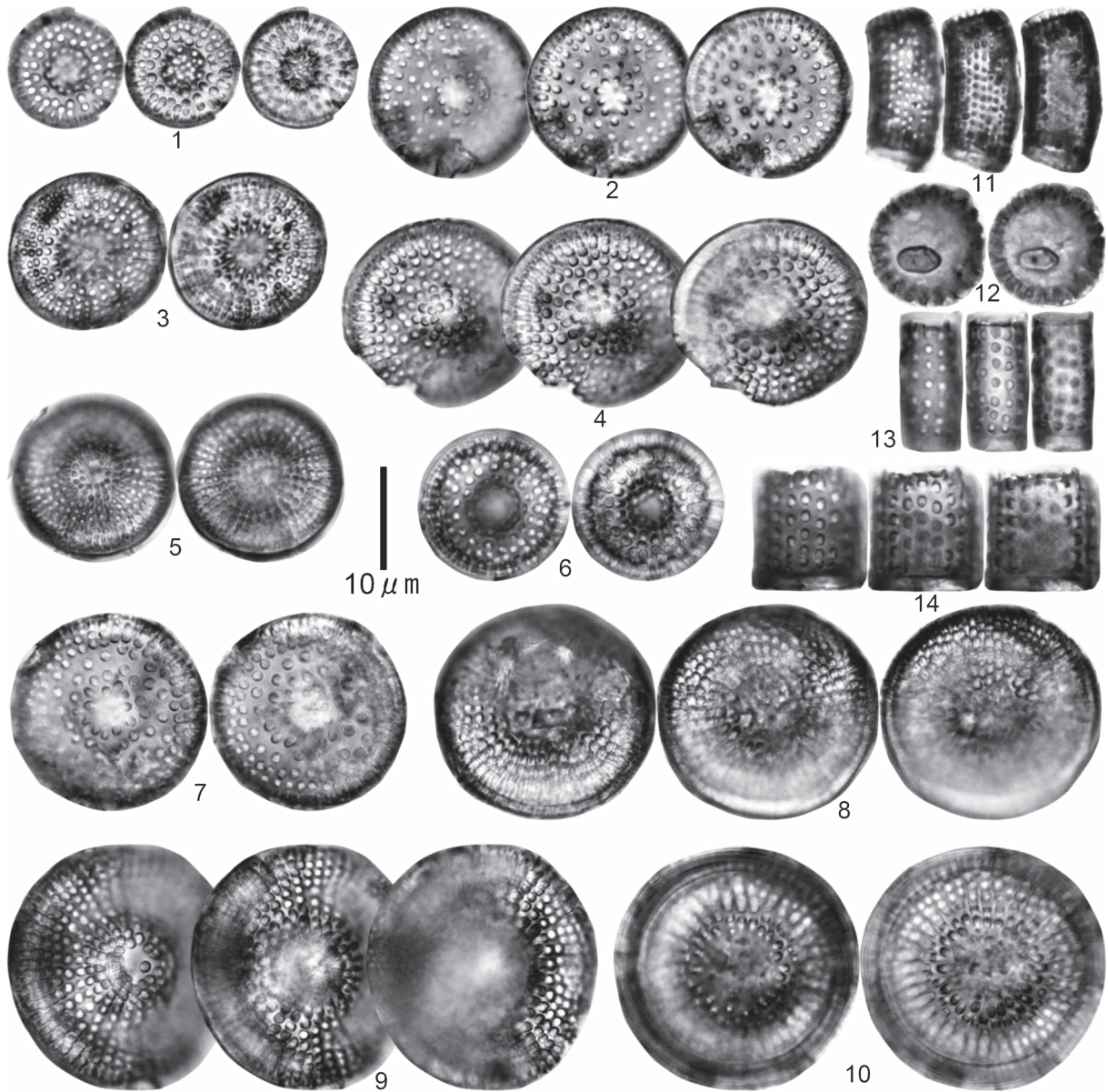
謝辞：地質情報研究部門の工藤 崇博士には、二戸・三戸地域の地質に関してご教示いただいた。査読者である地質情報研究部門の納谷友規博士と編集担当である地質情報研究部門の長森英明博士には、原稿を改良する上で有益なアドバイスをいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

文献

- Akiba, F. (1986) Middle Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy in the Nankai Trough and Japan Trench, and modified Lower Miocene through Quaternary diatom zones for middle-to-high latitudes of the North Pacific. In Kagami, H., Karig, D. E., Coulbourn, W. T. *et al.*, *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **87**, U. S. Government Printing Office, Washington D. C., 393–480.
- Bradbury, J. P. and Krebs, W. N. (1995) Fossil continental diatoms: paleolimnology, evolution, and biochronology. *Short Courses in Paleontology*, no. 8, 119–138.
- 鎮西清高(1958a)岩手県福岡町附近の新第三系について—北上山地北縁の新生界I—。地学雑誌, **67**, 1–30.
- 鎮西清高(1958b)北上山地北端部鮮新統の層序—北上山地北縁の新生界II—。地質学雑誌, **64**, 526–536.
- Chinzei, K. (1966) Younger Tertiary geology of the Mabechi River valley, Northeast Honshu, Japan. *Journal of the Faculty of Science, University of Tokyo, Section II, Geology, Mineralogy, Geography, Seismology*, **16**, 161–208.

- Hayashi T., Krebs W. N., Saito-Kato, M. and Tanimura Y. (2018) The turnover of continental planktonic diatoms near the middle/late Miocene boundary and their Cenozoic evolution. *PLoS ONE*, **13**, ae0198003.
- Houk, V., Klee, R. and Tanaka, H. (2014) Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions Part IV. Stephanodiscaceae B, *Stephanodiscus*, *Cyclostephanos*, *Pliocaenicus*, *Hemistephanos*, *Stephanocostis*, *Mesodictyon* & *Spicaticribra*. In Poulíčková, A. ed., *Fottea*, **14** Supplement, Czech Phycological Society, Olomouc, 530p.
- Krebs, W. N. (1990) The biochronology of freshwater planktonic diatom communities in western North America. In Kociolek, J. P. ed., *Proceedings of the 11th International Diatom Symposium*, California Academy of Sciences, San Francisco, 485–499.
- Krebs, W. N., Bradbury, J. P. and Theriot, E. (1987) Neogene and Quaternary lacustrine diatom biochronology, western USA. *Palaios*, **2**, 505–513.
- Maruyama, T. (1984) Miocene diatom biostratigraphy of onshore sequences on the Pacific side of Northeast Japan, with reference to DSDP Hole 438A (Part 2). *Science Reports of the Tohoku University, Sendai, Second Series (Geology)*, **55**, 77–140.
- Raffi, I., Wade, B. S. and Pälike, H. (2020) Chapter 29, The Neogene Period. In Gradstein, F. M. et al. eds. *Geologic Time Scale 2020*, Elsevier, Amsterdam, Oxford, Cambridge, 1141–1215.
- 齋藤めぐみ・林 辰弥(2009) 湖沼の珪藻化石を考える。化石, no. 86, 79–86.
- Seki, Y. (1993) Geologic settings of the Takatama gold deposit, Japan: an example of caldera-related epithermal gold mineralization. *Resource Geology Special Issue*, no. 14, 123–136.
- 谷村好洋(1999) 珪藻化石による年代決定とその応用。月刊地球/号外, no. 29, 212–218.
- Theriot, E. and Bradbury, J. P. (1987) *Mesodictyon*, a new fossil genus of the centric diatom family Thalassiosiraceae from the Miocene Chalk Hills Formation, western Snake River plain, Idaho. *Micropaleontology*, **33**, 356–367.
- 辻野 匠・工藤 崇・中江 訓・近藤玲介・西岡芳晴・植木岳雪(2018) 一戸地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 161p.
- Watanabe, M. and Yanagisawa, Y. (2005) Refined Early Miocene to Middle Miocene diatom biochronology for the middle- to high-latitude North Pacific. *Island Arc*, **14**, 91–101.
- 柳沢幸夫(1999) 金沢市南部地域に分布する中新統の珪藻化石層序。地質調査所月報, **50**, 49–65.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1998) Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *Journal of the Geological Society of Japan*, **104**, 395–414.
- 柳沢幸夫・安藤寿男(2020) 茨城県北茨城・高萩地域の第三系多賀層群と日立層群：岩相層序と珪藻化石層序から復元した陸棚—陸棚斜面堆積物・海底谷埋積物・海底地すべり痕埋積物の複合体。地質調査研究報告, **71**, 85–199.
- 柳沢幸夫・工藤 崇(2011) 5万分の1地質図幅「加茂」地域(新潟県)の第三紀及び第四紀の珪藻化石層序資料。産総研地質調査総合センター研究資料集, no. 537, 1–59.
- Yanagisawa, Y. and Tanaka, H. (2014) *Mesodictyon japonicum*, a new fossil diatom species from the Miocene marine sediments distributed in the Niigata area, central Japan. *Diatom*, **30**, 147–156.
- 柳沢幸夫・田中宏之(2016) 後期中新世高玉カルデラ(福島県郡山市)の湖成堆積物から産出した化石珪藻 *Mesodictyon japonicum* Yanagisawa & H. Tanaka. *Diatom*, **32**, 11–23.
- 柳沢幸夫・渡辺真人(2011) 5万分の1地質図幅「戸賀及び船川」地域(男鹿半島)の第三紀及び第四紀の珪藻化石層序資料。産総研地質調査総合センター研究資料集, no. 533, 1–17.
- 柳沢幸夫・渡辺真人(2017) 大佐渡地域南部に分布する第三系の海生珪藻化石層序。地質調査研究報告, **68**, 287–339.
- 柳沢幸夫・平中宏典・黒川勝己(2003a) 新潟県津川地域の中部～上部中新統の珪藻化石層序およびテフラ層序に基づく年代層序。地球科学, **57**, 205–220.
- 柳沢幸夫・平中宏典・黒川勝己(2003b) 新潟県新発田市北東部地域の中新統の珪藻化石層序とテフラ層序の対応関係。地球科学, **57**, 299–313.
- 柳沢幸夫・田中裕一郎・高橋雅紀・岡田利典・須藤 斎(2004) 常磐地域日立市に分布する中新統多賀層群の複合年代層序。地球科学, **58**, 90–104.
- 柳沢幸夫・平中宏典・黒川勝己(2010) 新潟県津川地域の中部～上部中新統野村層と常浪層の珪藻化石層序。地質調査研究報告, **61**, 417–443.
- 吉田武義・高嶋礼詩・工藤 健・プリマオキディッキ A・前田純伶・吉田圭祐・岡田知己・三浦 哲・高橋友啓・長橋良隆・片岡香子(2020) 東北日本弧における後期新生代の火成活動と地殻構造—内陸地震活動の背景—。地学雑誌, **129**, 529–563.

(受 付 : 2020年8月17日 ; 受 理 : 2021年11月26日)



図版1 釜沢層序セクションから産出した淡水湖沼生珪藻化石.

Plate 1 Freshwater lacustrine diatom fossils from Kamassawa stratigraphic section.

1–10. *Mesodictyon japonicum* Yanagisawa & H.Tanaka [1: Sample42; 2: Sample53; 3: Sample49; 4: Sample46;
5–7: Sample50; 8, Sample49; 9: Sample48; 10: Sample49].

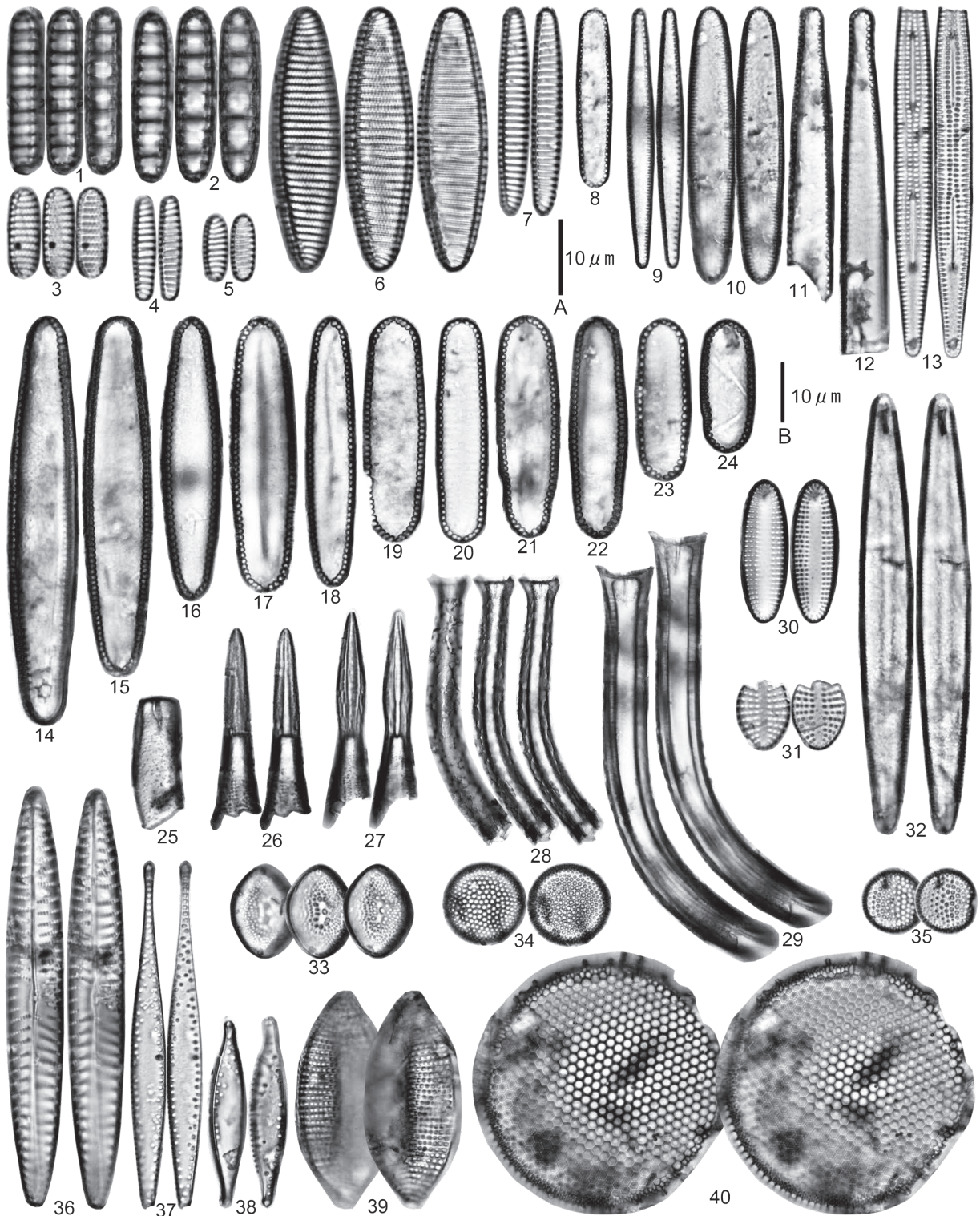
11. *Aulacoseira* sp. [Sample67].

12–14. *Aulacoseira praegranulata* var. *praeislandica* (Jousé) Moisseeva [10, 11: Sample31; 12: Sample32].

図版2 釜沢層序セクションから産出した海生珪藻化石。

Plate 2 Marine diatom fossils from Kamassawa stratigraphic section. Scale bars A and B for figs 1–7 and 8–40, respectively.

- 1, 2: *Denticulopsis katayamae* Maruyama [Sample11]
- 3: *Nitzschia* cf. *porteri* Frenguelli [Sample45]
- 4, 5: *Nitzschia rolandii* Schrader emend. Koizumi [4: Sample53; 5: Sample63]
- 6: *Nitzschia pliocena* (Brun) Merz [Sample63]
- 7: *Nitzschia rolandii* Schrader emend. Koizumi [Sample59]
- 8: *Thalassionema hirosakiensis* (Kanaya) Schrader [Sample63]
- 9: *Thalassionema* sp. (lanceolate) [Sample63]
- 10: *Cavitatus linearis* (Sheshukova) Akiba & Yanagisawa [Sample52]
- 11, 12: *Thalassionema* sp. A (sakiboso) [11: Sample66; 12: Sample65]
- 13: *Rouxia californica* Perag. [Sample63]
- 14–24: *Thalassionema schraderi* Akiba [14: Sample63; 15: Sample44; 16: Sample53; 17: Sample52; 18: Sample59; 19: Sample64; 20: Sample63; 21: Sample45; 22: Sample62; 23: Sample65; 24: Sample55]
- 25: *Proboscia alata* (Bright.) Sundstöm [Sample53]
- 26: *Rhizosolenia* sp. A [Sample64]
- 27: *Rhizosolenia* sp. B [Sample59]
- 28: *Proboscia barboi* (Brun) Jordan & Priddle var. 1 [Sample62]
- 29: *Proboscia barboi* (Brun) Jordan & Priddle [Sample57]
- 30: *Delphineis* cf. *surirella* (Ehrenb.) G.W.Andrews [Sample62]
- 31: *Delphineis surirella* (Ehrenb.) G.W.Andrews [Sample59]
- 32: *Cavitatus jouseanus* (Sheshukova) D.M.Williams [Sample64]
- 33: *Hemidiscus ovalis* Lohman [Sample55]
- 34, 35: *Actinocyclus* sp. A [34: Sample55; 35: Sample49]
- 36: *Navicula* sp. [Sample55]
- 37, 38: *Cymatosira debyi* Temp. & Brun [37: Sample65; 38: Sample59]
- 39: *Tryblionella granulata* (Grunow) D.G.Mann [Sample53]
- 40: *Thalassiosira* sp. A [Sample53]



図版3 釜沢層序セクションから産出した海生珪藻化石.

Plate 3 Marine diatom fossils from Kamassawa stratigraphic section.

- 1: *Thalassiosira temperei* (Brun) Akiba & Yanagisawa [Sample55]
- 2: *Thalassiosira singularis* Sheshukova [Sample63]
- 3: *Odontella aurita* (Lyngb.) J.A.Agardh [Sample53]
- 4, 5: *Thalassiosira* cf. *antiqua* (Grunow) Cleve-Euler [Sample45]
- 6: *Thalassiosira marujamica* Sheshukova [Sample63]
- 7, 8: *Actinocyclus* cf. *curvatulus* C.Janisch [7: Sample63; 8: Sample62]
- 9, 10: *Thalassiosira* sp. A [9: Sample63; 10: Sample45]
- 11: *Stellarima microtrias* (Ehrenb) Hasle & A.P.Sims [Sample44]
- 12: *Hemidiscus cuneiformis* G.G.Wall. [Sample64]
- 13: *Thalassiosira brunii* Akiba & Yanagisawa [Sample10]
- 14: *Thalassiosira* sp. (convex) [Sample59]
- 15: *Actinocyclus ellipticus* Grunow [Sample15]

