

新潟県上越地域西部に分布する鮮新統の珪藻化石層序と古海洋環境

柳沢幸夫¹・天野和孝²

Yukio Yanagisawa and Kazutaka Amano (2003) Diatom biostratigraphy and paleoceanography of the Pliocene sequence in the western part of Joetsu City, Niigata Prefecture, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 54 (1/2), p. 63-93, 9 figs., 3 tables, 4 plates.

Abstract: Marine diatom biostratigraphy is established for the Pliocene sequence in the western part of Joetsu City, Niigata Prefecture, central Japan. The Kawazume Formation is composed mainly of conglomerate and sandstone and contains diatom assemblages correlative with the diatom zones NPD 7Bb of Yanagisawa and Akiba's (1998) North Pacific diatom zonation. The overlying Nadachi Formation consists of gray mudstone, and is correlated to the diatom zones NPD 7Bb to NPD 9. The Tanihama Formation is composed of greenish gray tuffaceous mudstone containing diatoms correlative with the zone NPD 9. The Tanihama Formation also yields age-diagnostic warm water diatoms, and is assigned to the diatom zone NPD 15 of Barron's (1985) low-latitude diatom zonation. Diatom chronology and tephrochronology indicate that the Kawazume, Nadachi and Tanihama Formations were deposited during the latest early Pliocene to the earliest late Pliocene (3.9-3.6 Ma~3.2 Ma), the early late Pliocene (3.2-2.4 Ma) and the late late Pliocene (2.4-2.0 Ma), respectively. Diatom assemblages from the Kawazume Formation and the upper Nadachi Formation (including the lowest Tanihama Formation) are characterized by cold water diatoms without any warm water taxa, suggesting that cold water condition was prevailing during these times. On the contrary, diatom floras from the lower Nadachi Formation and the main part of the Tanihama Formation are admixtures of both warm and cold water species. The occurrences of such warm water diatoms as *Thalassiosira convexa*, *Nitzschia fossilis*, *N. reinholdii* and *Rhizosolenia praebergonii* reflect incursions of warm water masses into the Sea of Japan during times of climatic warming in the mid Pliocene and latest Pliocene time.

Keywords: diatom, biostratigraphy, paleoceanography, Pliocene, Neogene, Joetsu, Niigata, Japan

要 旨

上越地域西部の鮮新統の珪藻化石層序を検討した。Yanagisawa and Akiba (1998)の北太平洋珪藻化石帯区分を適用すれば、川詰層はNPD 7Bb帯に、名立層はNPD 7B-NPD 9帯に、そして谷浜層はNPD 9帯に相当する。また谷浜層上部は低緯度珪藻化石帯区分(Barron, 1985)のNTD 15Cに含まれる。認定された珪藻化石帯の年代と火山灰層の年代から、川詰層は前期鮮新世末期から後期鮮新世初頭(3.9-3.6 Maから3.2 Ma前後)、名立層は後期鮮新世の前期(3.2-2.4 Ma)、谷浜層は後期鮮新世の後期(2.4 Maから2.1-2.0 Ma)の堆積物であると推定できる。また、寒暖両流系の外洋性浮遊珪藻の層序学的分布と浮遊性有孔虫および軟体動物群から、本地域は川詰層堆積期(3.9-3.6~3.2 Ma)と名立層上部から谷浜層最下部堆積期(2.7~2.4Ma)には、寒流域に置かれ、暖流はほとんど流入していなかったと推定される。一方、名立層下部堆積期(3.2~2.7 Ma)と谷浜層主部堆積期(2.7~2.0 Ma)には、本地域は前線帯(混合水域)に置かれ、暖流が流入してい

たと推定できる。

1. はじめに

新潟県の上越市西部地域(第1図)は、地質学的には北部フォッサマグナ地域から新潟堆積盆地へと連続する地域にあたり、両堆積盆地の新第三系の対比と地質構造発達史を明らかにする上で非常に重要な地域である。

本地域の新第三系の岩相層序と地質構造は、大村(1930)、兼子(1944)、藤本ほか(1951)、高橋(1953)、西田ほか(1966, 1974)、正谷・市村(1970)、赤羽(1975)、津田ほか(1981)、遠藤・立石(1985)、赤羽・加藤(1989)によって明らかにされてきた。また、本地域の新第三系の年代と対比については、詳細な火山灰層序学的研究によって、新潟堆積盆地の標準層序との対応関係が明らかにされている(青木・黒川, 1996; 黒川・金子, 1992; 黒川ほか, 1994, 1998; 黒川, 1999)。また、火山灰層のフィッシュトラック年代の測定も行われている(村松, 1989)。さらに、大村(2000)は、本地域の鮮新統について堆積シーケンスと生痕化石群集、マセラル組成比の変化および海水準変動との

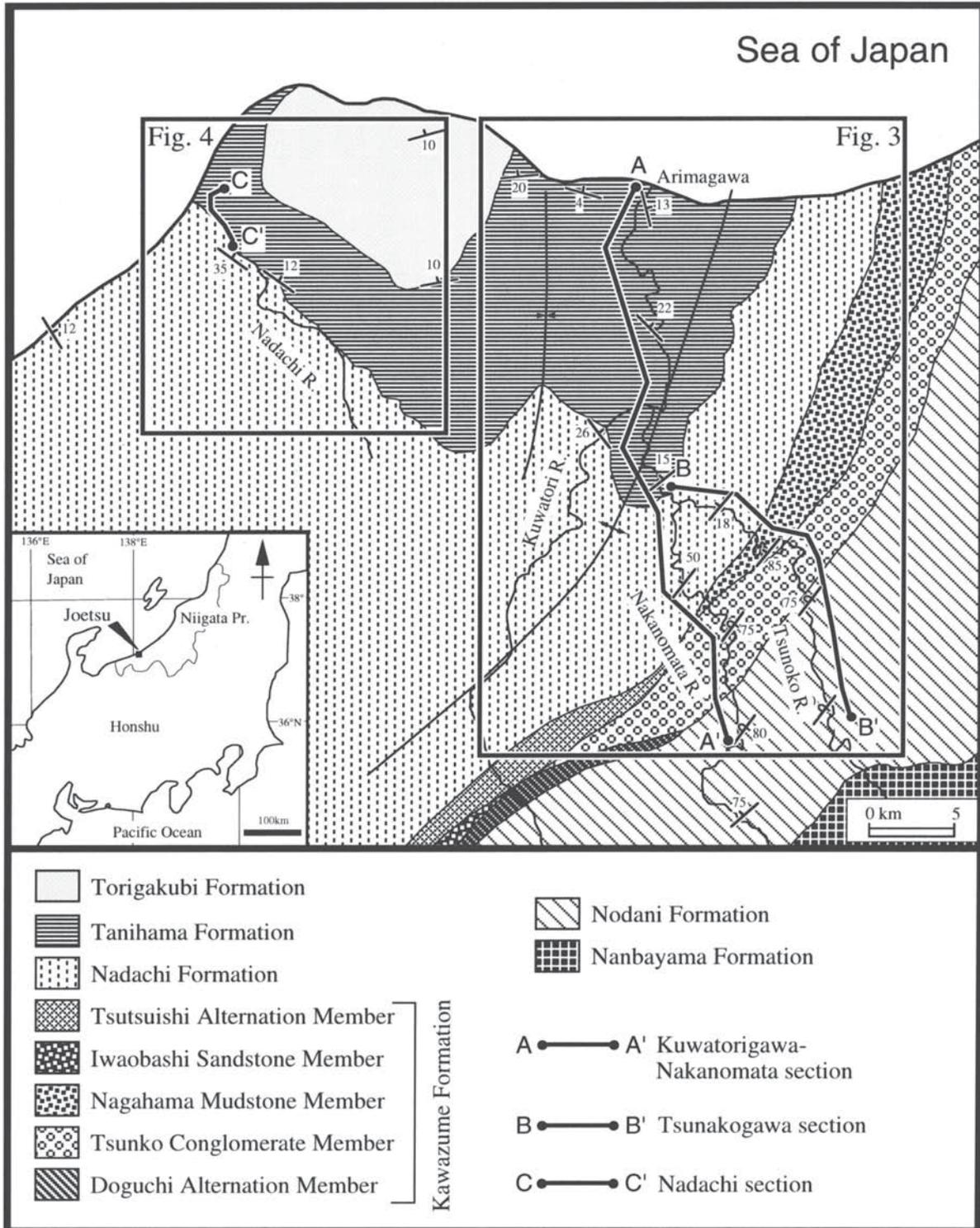
¹ 地球科学情報研究部門(Institute of Geoscience, GSJ)

² 上越教育大学地質学教室 (Department of Geoscience, Joetsu University of Education, Joetsu City, Niigata Pref. 943-8512 Japan)

関係を明らかにした。

一方、本地域の新第三系および更新統下部から比較的豊富に産出する軟体動物化石群については、天野とその共同研究者による一連の研究(Amano *et al.*, 1985; 天野ほか, 1987; 1988; 1990; 水野・天野, 1988; 天野・菅野,

1991)によって、化石群集の変化とそれに基づく古水深・古海洋環境の詳細な変遷過程が明らかにされている。また、本地域の底生有孔虫層序については、渡辺(1976)、内尾(1976)および谷口(1980)によって研究され、新潟堆積盆地の標準層序との対比が議論されている。しかし、珪藻化



第1図 上越市西部の地質図. 赤羽・加藤(1989)による。

Fig. 1 Geologic map of the western area of Joetsu City after Akahane and Kato (1989).

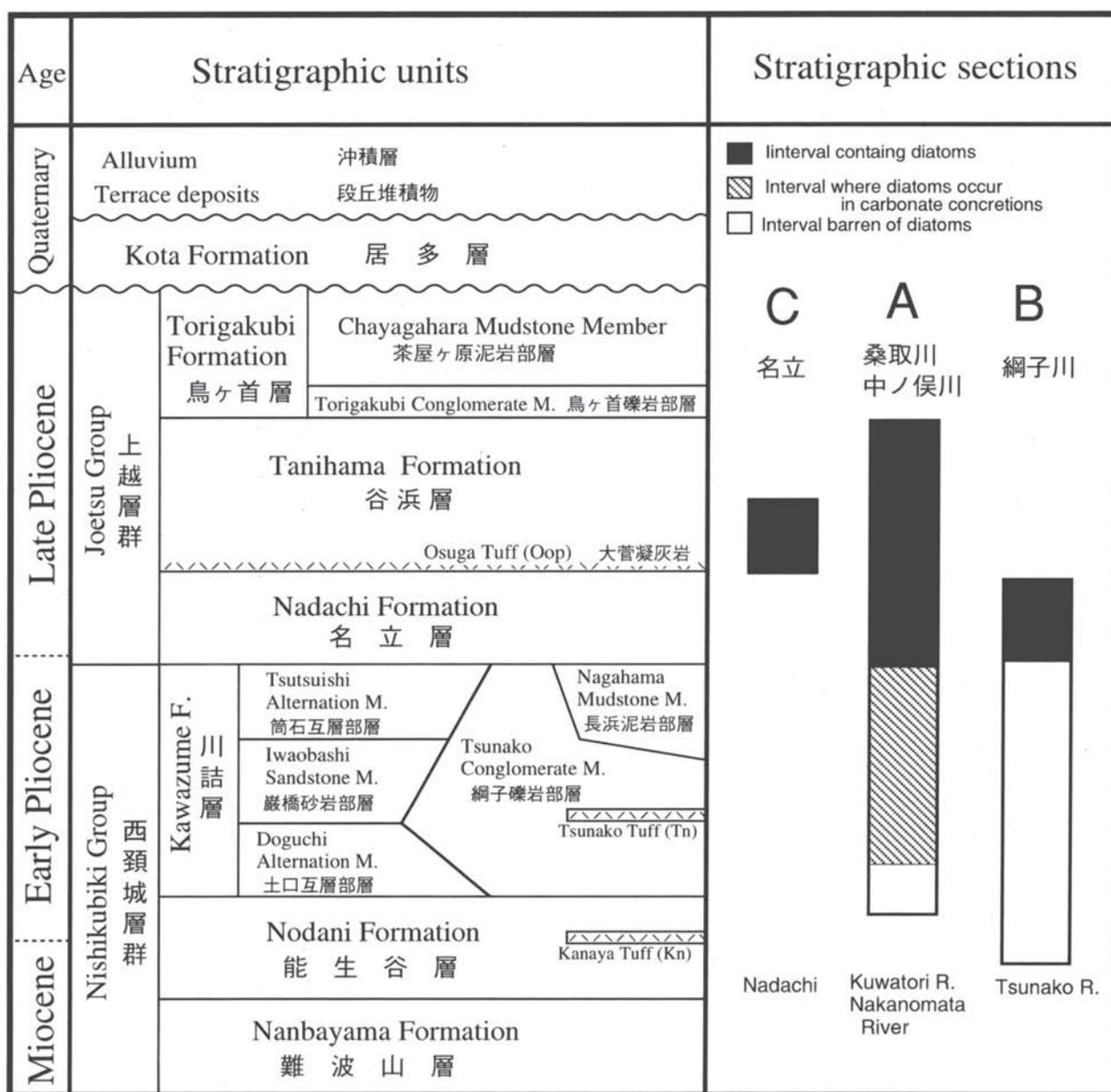
石については、藤田(1997)の報告があるものの、詳しい研究は全くなされていない。

近年、浮遊性海生珪藻化石に基づく化石層序学は急速に進歩し、とくに北太平洋中一高緯度地域で設定された化石帯区分は、日本海側および東北・北海道地域のような寒流の卓越する地域の新第三紀および第四紀海成層の地質時代決定において、非常に有力な手段であることが実証されてきた(Koizumi, 1985; Akiba, 1986; Yanagisawa and Akiba, 1998など)。この論文は浮遊性海生珪藻層序学の観点から、本地域新第三系の上部から産出した珪藻化石を検討し、これらの地層の地質年代と海洋表層の古環境の変遷を明らかにしたものである。

なお、実際の珪藻化石分析は1986年に行われ、珪藻化石層序の概要については、すでに天野ほか(1987, 1988, 1990)および天野・菅野(1991)で紹介されている。この論文は、その後の珪藻化石層序と珪藻分類学の進歩を踏まえた上で試料の再検討を行い、その成果をまとめたものである。

2. 層序の概要

上越市西部地域に分布する新第三系は、赤羽・加藤(1989)によれば、下位より西頸城層群の難波山層・能生谷層・川詰層と、上越層群の名立層・谷浜層・鳥ヶ首層に分けられる(第2図)。このうち今回珪藻化石分析を行ったのは、



第2図 上越市西部新第三系・第四系の層序(赤羽・加藤, 1989)。

Fig. 2 Stratigraphy of the Neogene and Quaternary sequences in the western area of Joetsu City after Akahane and Kato (1989).

能生谷層・川詰層・名立層・谷浜層の4層である。

能生谷層は泥質のフリッシュ型砂岩泥岩互層と泥岩からなり、これに塊状の砂岩を挟む。本層中部には、金谷凝灰岩(Kt)が挟在する。

川詰層は能生谷層を整合に覆い、礫岩・砂岩を主とする粗粒堆積物からなる。本層は岩相の側方変化が著しく、赤羽(1975)によって6部層に分けられている(第2図)。今回調査した中ノ俣川・綱子川地域では、このうちの綱子礫岩部層と長浜泥岩部層が分布する。綱子礫岩部層は含礫泥岩および礫岩を主とし、泥岩および砂岩を挟んでいる。この岩相は中ノ俣川・綱子川付近でもっとも厚く発達し、南方に急激に薄くなって尖滅する。綱子礫岩部層は、海底扇状地の堆積物であり、礫質碎屑岩は東南東—南東に近接していた隆起山塊から供給されたと推定される(遠藤・立石, 1985)。綱子礫岩部層の上位に位置する長浜泥岩部層は、泥岩および砂岩泥岩互層からなる。川詰層中には、虫生岩戸パミス(Msp)、瀬戸凝灰岩(St)および綱子凝灰岩(Tn)などの火山灰層が挟まれている(第6図参照, 青木・黒川, 1996)。

名立層は、川詰層を整合に覆う層理に乏しい灰色泥岩およびシルト岩であり、場所によっては砂岩泥岩互層を挟む。

谷浜層は名立層を整合に覆うやや凝灰質の緑灰色シルト岩で、一部に砂岩泥岩互層と凝灰岩を挟む。なお、赤羽・加藤(1989)では、本層と名立層の関係は不整合とされているが、ここでは天野ほか(1988)に従って、両層の関係は整合と考える。本層の基底には大菅凝灰岩(Oop)が挟まれている。このほか、いさざ川ガラス質結晶質火山灰(Isc)、桑取川含アラナイト火山灰ゾーン(KAZ)、有間川ガラス質結晶質火山灰(Arm)などが本層中に挟在する(第6図参照, 青木・黒川, 1996)。

鳥ヶ首層は、谷浜層を整合に覆い、基底の鳥ヶ首礫岩部層と本層の主体を占める茶屋ヶ原泥岩部層からなる。

なお、大村(2000)は能生谷層から谷浜層までのシーケンス層序の解析を行い、その結果に基づいて名立層の下限の定義を変更した(第5図参照)。しかし、本論文では混乱を避けるため、地層の定義は赤羽・加藤(1989)に従うこととする。

3. 試料・方法と結果

珪藻化石試料の採取を行ったのは、桑取川・中ノ俣川ルート・綱子川ルート、および名立ルートの3ルートである(第1図, 第3図, 第4図)。このほかに4地点で個別試料を採取した。

試料処理およびスライドの作成は、Akiba(1986)のun-processed strewn-slide法に従って行った。ただし石灰質団塊の試料は希塩酸を用いて処理した。

スライドは各試料につき1枚ずつ作成した。分析は超広視野生物顕微鏡を用いて、600倍の倍率で行った。分析では原則として算定蓋殻数が100個になるまでスライド面を走査

し、検出された種の蓋殻数を記録した。破片としてのみ検出された種、および更にスライド全面を走査してその過程で初めて認められた種はpresent (+)として記録した。

分析を行った124個の試料のうち、58個から珪藻化石が産出した。分析結果を第1表および第2表に示す。

現在、北太平洋地域で適用できる新第三紀—第四紀珪藻化石帯区分には2つの独立した体系がある。1つはKoizumi(1973a, b)によって最初の枠組みがつくられ、その後Koizumi(1975, 1985), Barron(1980, 1985), 秋葉ほか(1982), Maruyama(1984), Akiba(1986), Barron and Gladenkov(1995), Yanagisawa and Akiba(1998)などによって改訂・改良が加えられてきた北太平洋珪藻化石帯区分(North Pacific diatom zonation)である。この化石帯区分は主として寒流系珪藻種の層序学的分布に基づいており、寒流の卓越する北太平洋の中—高緯度地域で適用が可能である。もう一つの体系はBurckle(1972)によって設定され、Barron(1983, 1985)によって完成された低緯度珪藻化石帯区分(Low latitude diatom zonation)である。この化石帯区分は化石帯の指標種として暖流系珪藻種を用いており、主に暖流の流れる低緯度地域で適用される。

今回分析した上越市西方山地の新第三系上部からは、北太平洋および低緯度の珪藻化石帯区分の指標珪藻種がともに産出している(第5図)。しかし低緯度珪藻化石帯区分の指標種は産出が比較的少なく、また川詰層や名立層上部からはほとんど産出していない。これに対し、北太平洋珪藻化石帯の指標種は、川詰層以上の全層準からほぼ連続的に産出している(第5図)。そこでこの報告では、基本的には北太平洋珪藻化石帯区分(Yanagisawa and Akiba, 1998)を適用し、これに低緯度珪藻化石帯区分(Barron, 1985)を補助的に用いながら、本地域の新第三系上部の珪藻化石層序を検討する。

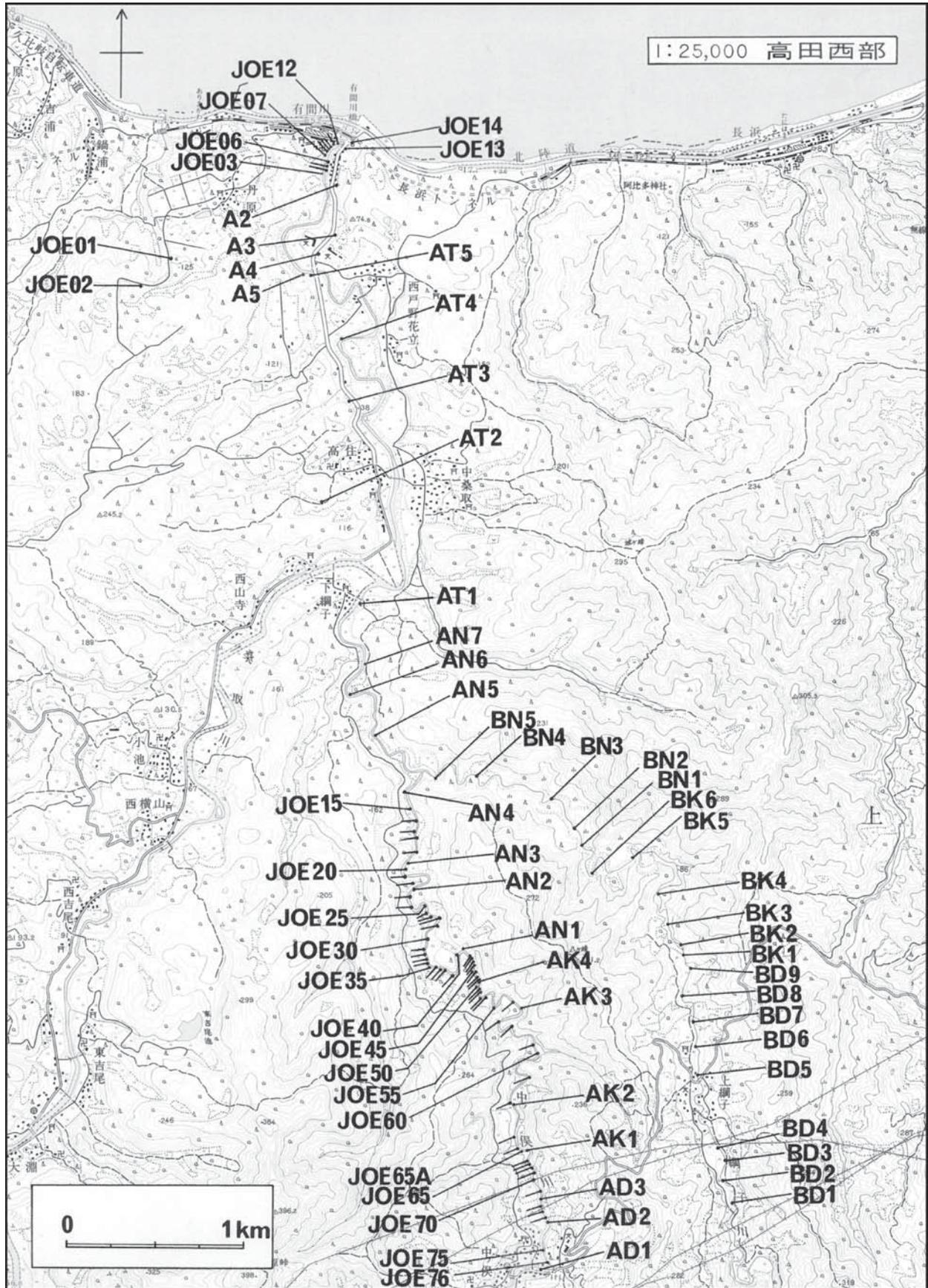
4. 珪藻化石層序

4.1 桑取川—中ノ俣川セクション

桑取川・中ノ俣川セクション(第5図)は能生谷層から谷浜層までを含む。92個の試料を分析し、そのうち44個から珪藻が検出された(第1表)。

珪藻化石は谷浜層・名立層および川詰層長浜泥岩部層からは普遍的に産出した。しかし、この部分で処理した37個の試料中15個の試料では、珪藻の含有量が極めて小さいか、あるいは全く珪藻化石が含まれておらず、分析できなかった。一方、下位の川詰層綱子礫岩部層と能生谷層の通常の泥岩からは珪藻化石はほとんど産出しなかった。これは、続成作用のために珪藻殻をつくるオパールAがオパールCTに変化したためと考えられる。ただし綱子礫岩部層から採取した3つの炭酸塩団塊(JOE 58, 60, 65A)からは珪藻化石が産出した。

北太平洋珪藻化石帯区分(Yanagisawa and Akiba,



第3図 桑取川・中ノ俣川セクションおよび綱子川セクションにおける試料採取位置図。国土地理院発行、2万5千分の1地形図「高田西部」を使用。
 Fig. 3 Map showing sample locations in the Kuwatorigawa-Nakanomatagawa and Tsunakogawa sections. Topographic map "Takada-seibu" at 1:25,000 in scale by Geographical Survey Institute of Japan.

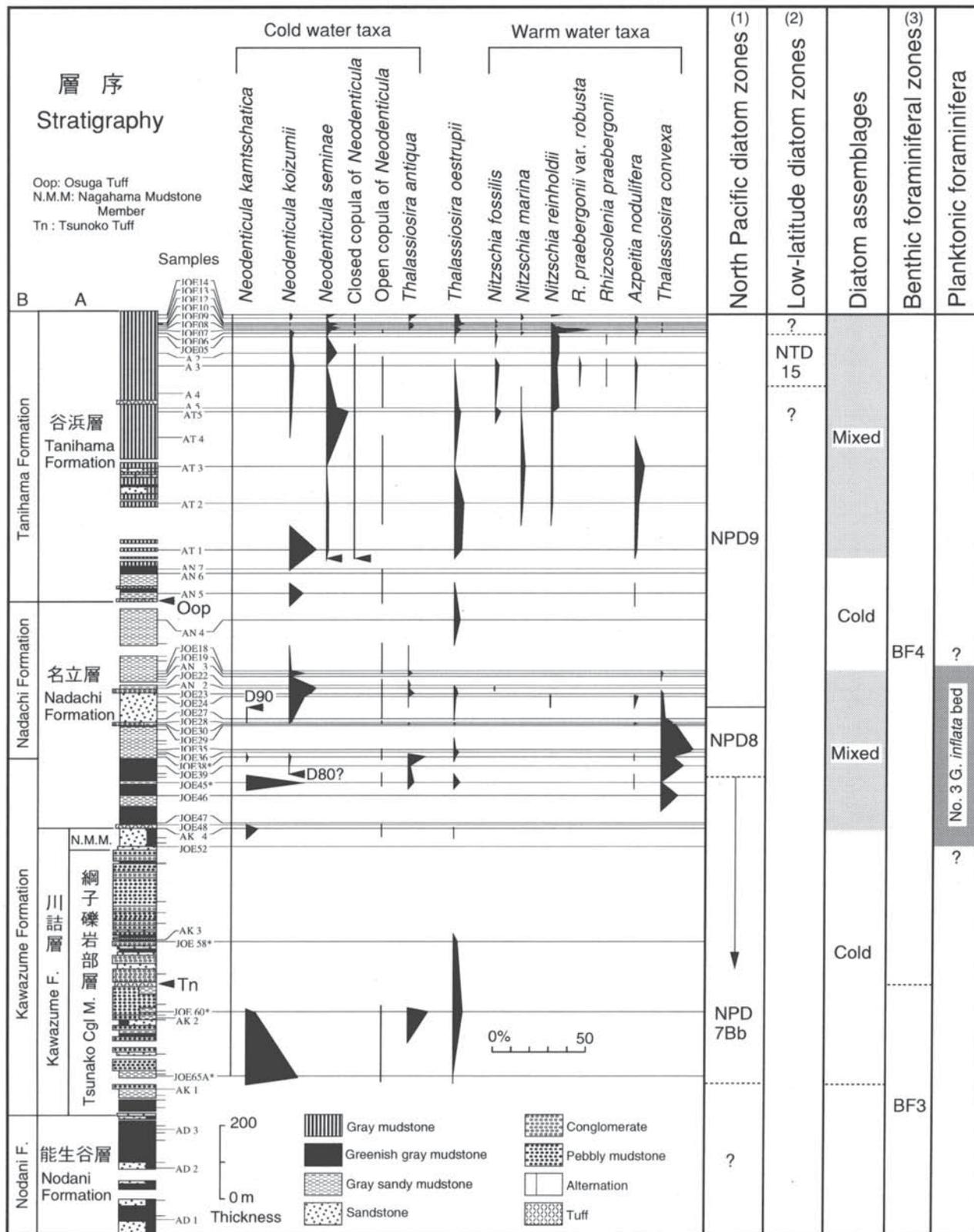


第4図 名立セクションにおける試料採取位置図。国土地理院発行、2万5千分の1地形図「名立大町」を使用。
 Fig.4 Map showing sample locations in the Nadachi section. Topographic map "Nadachi-omachi" at 1: 25,000 in scale by Geographical Survey Institute of Japan.

1998)の指標種である*Neodenticula kamtschatica*, *Neodenticula koizumii*, *Neodenticula seminae*, *Thalassiosira oestrupii* s. l., *Thalassiosira antiqua* の層序学的分布は第5図に示す通りである。まず, *N. kamtschatica* は川詰層下部から名立層中部まで断続的に産出し, その終産出(D90)は名立層中部にある。一方, *N. koizumii*はその初産出(D80)が名立層最下部にあって, ここから谷浜層の最上部まで産出している。また *N. seminae*の初産出は谷浜層の最下部に認められる。さらに, *T. oestrupii* s. l.は川詰層の基底から谷浜層の上部まで, このセクションを通じて産出する。また, *T. antiqua*も, 断続的ながらも川詰層下部から谷浜層の最上部まで産出する。以上の指標種の産出状況から, 川詰層および名立層最下

部までが北太平洋珪藻化石帯区分(Yanagisawa and Akiba, 1998)における*Neodenticula kamtschatica*帯(NPD 7B)の*Thalassiosira oestrupii*亜帯(NPD 7Bb)に, 名立最下部が*Neodenticula koizumii* - *N. kamtschatica* 帯(NPD 8)に, そして名立層中上部および谷浜層は*Neodenticula koizumii* 帯(NPD 9)と認定できる(第5図)。

一方, 低緯度珪藻化石帯区分(Barron, 1985)の指標種である暖流系種は, 名立層の下部と谷浜層から産出する(第5図)。しかし, 川詰層と名立層の上部からは, ほとんどあるいは全く産出しない。名立層下部では暖流系種としては, *Thalassiosira convexa*と*Nitzschia reinholdii*が産出する。このうち*T. convexa*がとくに多く産出し, 最大で全群集



第5図 桑取川・中ノ俣川セクションにおける主な珪藻種の層序学的分布・珪藻生層準および珪藻化石帯。A: 赤羽・加藤 (1989) , B: 大村 (2000) , (1) Yanagisawa and Akiba (1998) , (2) Barron (1985) , (3) Matsunaga (1963) .

Fig. 5 Stratigraphic distribution of selected diatom species, diatom biohorizons and diatom zones in the Kuwatorigawa-Nakanomatagawa section. A: Akahane and Kato (1989) , B: Omura (2000) , (1) Yanagisawa and Akiba (1998) , (2) Barron (1985) , (3) Matsunaga (1963) .

の17%に達する。しかし、この2種は産出年代範囲が長く、他の指標種の産出がないため、名立層下部での低緯度珪藻化石帯の認定は困難である。これに対して、谷浜層では *Nitzschia fossilis*, *Nitzschia marina*, *N. reinholdii*, *Rhizosolenia praebergonii*, *R. praebergonii* var. *robusta*, *Azpeitia nodulifera*, *T. convexa* など多様な暖流系種が産出している。とくに谷浜層上部から産出する *R. praebergonii* は、その初産出が低緯度化石帯区分の *R. praebergonii* 帯 (NTD 15) の下限を規定する。谷浜層上部では、*R. praebergonii* が産出し、*Pseudoeunotia doliolus* が産出しないことから、*R. praebergonii* 帯 (NTD 15) に相当する(第6図参照)。

4.2 その他の試料

綱子川セクション、名立セクションおよびその他の試料については、珪藻の算出した試料が数少ないので、産出表(第2表)を提示するにとどめる。

綱子川セクション(第3図)は、能生谷層中部から名立層上部までを含む。分析した20個の試料のうち、珪藻化石が検出されたのは名立層から採取されたわずか4個のみである(第2表)。名立層最下部のBN1は、*Neodenticula* 属の産出がなく、化石帯の認定はできなかった。名立層最下部のBN2は北太平洋珪藻化石帯区分のNPD 7Bbに、名立層下部のBN4とBN5はNPD 9にあたる。なおこのセクションでは、NPD 8に相当すると推定される層準からは、珪藻を含む試料が採取されていない。低緯度珪藻化石帯区分は、指標数の産出が少なく、このセクションでは適用が困難である。

名立セクション(第4図)は谷浜層の下部に当たる。分析した5個の試料のうち4個から珪藻化石が検出された。いずれも北太平洋珪藻化石帯区分のNPD 9と認定される。なおこのセクションでも指標種の産出が少ないため、低緯度珪藻化石帯区分は適用できない。

JOE 01, 02は上越市丹原南東の林道沿いで採取されたスポット試料で、層準は谷浜層上部である。このうち珪藻化石の産出したJOE 02は、北太平洋珪藻化石帯区分のNTD 9、低緯度珪藻化石帯区分のNTD 15と認定される(第2表)。

OSG-LおよびOSG-Uは、名立町大菅橋付近に分布する大菅凝灰岩(谷浜層の基底)の下部および上部から採取した試料である(第4図)。したがってOSG-Lは名立層最上部、OSG-Uは谷浜層最下部に位置する。両試料とも産出した珪藻化石から、北太平洋珪藻化石帯区分のNPD 9に含まれる(第2表)。

以上の試料の分析結果は、桑取川・中ノ俣川セクションでの結果とよく一致するので、本地域の鮮新統の珪藻化石層序は、桑取川・中ノ俣川セクションで代表することができる。

4.3 珪藻化石層序のまとめ

以上の珪藻化石層序の結果をまとめると、以下のとおりである(第6図)。

(1) 北太平洋珪藻化石帯区分(Yanagisawa and Akiba, 1998)では、川詰層および名立層最下部までが *N. kamtschatica* 帯の *T. oestrupii* 亜帯(NPD 7Bb)に、名立層下部が *N. koizumii* - *N. kamtschatica* 帯(NPD 8)に、名立層上部および谷浜層は *N. koizumii* 帯(NPD 9)と認定できる。

(2) 低緯度化石帯区分(Barron, 1985)では、谷浜層上部が *R. praebergonii* 帯(NTD 15)と認定される。

5. 有孔虫化石層序および火山灰層序との対比

5.1 有孔虫化石層序

渡辺(1976)は、本研究と同じ桑取川—綱子川沿いのルートにおいて有孔虫化石を分析しているの、ここでは彼の有孔虫層序と今回の珪藻化石層序との対比を行う。

渡辺(1976)によれば、能生谷層最上部から川詰層下部が底生有孔虫化石帯(Matsunaga, 1963)の *Miliammina echigoensis* 帯(BF3帯)に、綱子凝灰岩より上位の川詰層上部と名立層および谷浜層が *Uvigerina subperegrina* (BF4帯)にあたる(第5図)。

一方、浮遊性有孔虫については、筒石部落南方の川詰層から *Globorotalia inflata* が産出し、これが綱子川ルートの綱子礫岩部層の上位に相当すること、また桑取川沿いの大淵—増沢間でも *G. inflata* が産出し、この層準は名立層の中部にあたるとしている(渡辺, 1976)。これらのデータを総合すると、川詰層の綱子礫岩部層の上位から名立層の下部にかけての区間で、*G. inflata* が産出することがわかる(第5図)。

新潟地域の上部鮮新統から下部更新統にかけては、*G. inflata* とその近縁種が特徴的に産出する層準が3つ認められ、上位からNo. 1, No. 2, No. 3 *G. inflata* bedと名付けられている(工藤, 1967)。本地域において名立層下部から川詰層最上部に認められる *G. inflata* の産出区間は、*U. subperegrina* (BF4帯)の下部にあるので、米谷(1978)に基づけば、No. 3 *G. inflata* bedに對比される。このことから、浮遊性有孔虫層序のNo. 3 *G. inflata* bedは、本地域では珪藻化石層序の *N. koizumii* - *N. kamtschatica* 帯(NPD 8)を挟む上下の層準に対比されることがわかる。

平松・三輪(1998)および三輪ほか(2002)によれば、新潟県北蒲原地域に分布する鍬江層や安野川層で確認される *G. inflata* bedの層準から産出する珪藻化石は、*N. koizumii* - *N. kamtschatica* 帯(NPD 8)であり、上越市西部の名立層下部での関係とほぼ一致する。

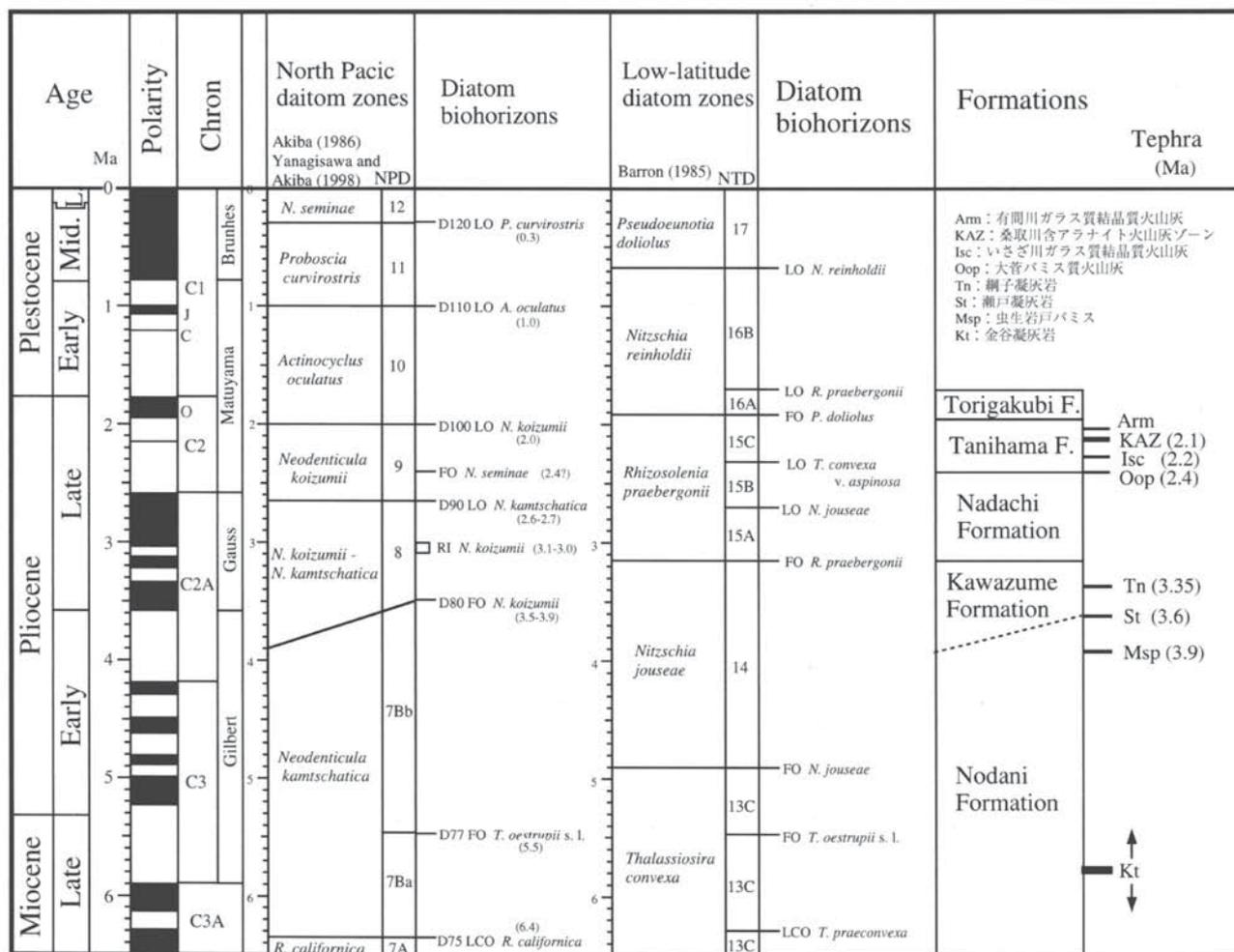
5.2 火山灰層序

本地域の新第三系—第四系の火山灰層序は、黒川・金子(1992)、黒川ほか(1994, 1998)、青木・黒川(1996)、黒

新潟県上越地域西部に分布する鮮新統の珪藻化石層序 (柳沢・天野)

Stratigraphic sections	B				C				Others		
	Nadachi F.				Tanihama F.				Tanihama	Nd	
	NPD 9	8	?		NPD 9				NPD 9		
GSJ R-	37,566	37,565	37,563	37,562	37,522	37,524	37,525	37,526	37,570	37,568	37,567
Sample number	BN 5	BN 4	BN 2	BN 1	N 1	N 3	N 4	N 5	JOE02	OSGU	OSGL
Preservation	M	P	P	P	M	M	P	P	G	M	P
Abundance	C	R	R	R	C	R	R	R	A	P	R
<i>Actinocyclus curvatus</i> Janisch	-	3	-	-	+	3	-	-	+	2	3
<i>A. ingens</i> f. <i>ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>A. octonarius</i> Ehrenberg	1	1	5	1	+	+	+	2	1	1	1
<i>Actinoptvchus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	-	-	4	6	2	-	-	-	+	1	2
<i>A. splendens</i> (Shadbolt) Ralfs	-	-	-	-	+	-	-	-	-	1	-
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	3	-	3	1	-	-	-	-	-	-	2
<i>Azpeitia nodulifera</i> (Schmidt) Fryxell et Sims	-	-	-	-	+	-	+	-	-	2	9
<i>Bacillaria paxillifer</i> (O. Müller) Hendey	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Cocconeis californica</i> Grunow	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. costata</i> Gregory	-	-	-	-	+	-	-	5	-	-	-
<i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. scutellum</i> Ehrenberg	6	1	+	-	-	-	-	1	1	3	-
<i>C. vitrea</i> Brun	1	1	+	-	+	-	-	-	-	1	-
<i>C. ssp.</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg	-	-	1	+	-	-	3	3	2	-	6
<i>C. radiatus</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	1	1	2	-	-	-
<i>C. ssp.</i>	-	8	-	1	+	-	-	6	2	2	-
<i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Cycrotella</i> sp.	3	10	1	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Delphineis angustata</i> (Pantocsek) Andrews	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	1
<i>D. surirella</i> (Ehrenberg) Andrews	-	1	1	-	1	-	-	-	2	-	1
<i>Diploneis bombus</i> Ehrenberg	3	-	-	1	1	3	-	-	-	1	-
<i>D. fusca</i> var. <i>pseudofusca</i> (Pantocsek) Cleve	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>D. smithii</i> (Brébisson) Cleve	3	2	2	1	1	-	3	1	1	4	4
<i>Epithemia</i> spp.	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Grammatophora</i> spp.	1	2	-	-	2	1	-	-	-	2	-
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova	-	-	-	-	+	-	-	-	1	-	-
<i>H. radiatus</i> (Omeara) Grunow	-	-	3	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Koizumia tatsunokuchiensis</i> (Koizumi) Yanagisawa	-	-	+	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Mastogloia splendida</i> (Gregory) Cleve	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Melosira westii</i> W. Smith	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Neodelphineis pelagica</i> Takano	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
<i>Neodenticula kamtschatica</i> (Zabelina) Akiba et Yanagisawa	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>N. koizumii</i> Akiba et Yanagisawa	13	1	-	-	1	25	29	8	-	1	1
<i>N. seminae</i> (Simonsen et Kayana) Akiba et Yanagisawa	-	-	-	-	1	4	-	-	2	-	-
Open cupula of <i>Neodenticula</i>	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
Closed cupula of <i>Neodenticula</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Navicula circumsecta</i> Grunow	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>N. lyra</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>N. spectabilis</i> Gregory	-	-	-	+	-	1	-	-	-	12	1
<i>N. ssp.</i>	1	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-
<i>Nitzschia</i> cf. <i>extincta</i> Kozurenko et Sheshukova	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	1
<i>N. fossilis</i> (Frenguelli) Kanava et Koizumi	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>N. marina</i> Grunow in Cleve et Grunow	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>N. panduriformis</i> Gregory	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>N. punctata</i> (W. Smith) Grunow	-	1	-	-	+	1	-	-	-	-	-
<i>N. reinholdii</i> Kanava ex Barron et Baldauf	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	1
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	6	31	52	52	31	36	17	-	19	6	20
<i>Plagiogramma stauruphorum</i> (Gregory) Heiberg	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-
<i>Proboscia barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle	-	1	-	+	-	-	+	-	+	+	-
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye) Kützing	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Rhaphoneis amphiceros</i> Ehrenberg	-	1	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizolenia praebergonii</i> Muchina	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>R. setigera</i> Brightwell	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>R. styliformis</i> Brightwell	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Roperia tessellata</i> (Roper) Grunow	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Stellarima microtrias</i> (Ehrenberg) Hasle et Sims	-	-	-	+	-	-	2	-	-	-	-
<i>Stephanopyxis dimorpha</i> Schrader	3	1	-	1	-	-	-	-	1	-	6
<i>S. ssp.</i>	2	4	9	5	-	1	-	1	1	1	3
<i>Surirella fastusa</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Thalassionema bacillaris</i> (Heiden) Kolbe	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>T. nitzschioides</i> (Grunow) H. et M. Peragallo	45	31	15	27	56	20	42	54	39	23	24
<i>Thalassiosira antiqua</i> (Grunow) Cleve-Euler	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	4
<i>T. convexa</i> Muchina	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>T. decipiens</i> (Grunow) Joergensen	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
<i>T. eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	-	-	+	-	-	-	2	-	-
<i>T. cf. eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-
<i>T. leptopus</i> (Grunow) Hasle et Fryxell	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>T. nordenskiöldii</i> Cleve	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>T. ostrupii</i> (Ostenfeld) Proshkina-Labrenko s. l.	1	-	-	-	-	-	-	1	3	-	1
<i>T. trifulta</i> Fryxell	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
<i>T. sp. A</i>	2	-	-	-	-	1	-	-	2	-	2
<i>T. ssp.</i>	-	-	-	1	2	1	-	6	-	+	-
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	-	-	+	-	-	2	-	-	-
MISCELLANEOUS	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Total number of valves counted	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

第2表 綱子川および名立セクションにおける珪藻産出表. 保存;G:良好,M:中,P:不良.産出量;A:豊産,C:普通,R:稀産.産出,+ :存在.
Table 2 Occurrence chart of diatoms in the Tsunakogawa and Nadachi sections. Preservation, G: good, M: moderate, P: poor; Abundance, A: abundant, C: common, R: rare; Occurrence, +: present.



第6図 上越市西部の鮮新統の年代層序.

Fig. 6 Geochronology of the Pliocene sequence in the western area of Joetsu City.

川(1999)によって明らかにされ、新潟堆積盆地や中部地方に分布する広域火山灰層に対比されている(第6図および第7図)。

能生谷層上部の金谷凝灰岩(Kt)は、西山油帯の寺泊層最上部に挟まれる夏戸パミス(Ndp)質凝灰岩ゾーンにに対比される(黒川ほか, 1994; 黒川, 1999)。

川詰層では、基底部の虫生岩戸パミス(Msp)が、中央・西山油帯の吉川パミス質火山灰(Ykp)に対比され(青木・黒川, 1996)、同じく同層下部の瀬戸凝灰岩(St)は、東頸城丘陵の上岡凝灰岩層、中央油帯の小木ノ木白色ガラス質火山灰層(Ojw-1)、西山油帯の山田パミス質火山灰層(Ymp)に相当する(黒川・金子, 1992)。

川詰層中部の綱子凝灰岩(Tn)は、東頸城丘陵における板山凝灰岩、中央・西山油帯の西山ミガキ砂火山灰(Nym)に対比され(黒川・金子, 1992)、さらにこれらの火山灰層は、富山県氷見層群の藪田層基底のYT3火山灰層(渡辺, 1990)と同一の火山灰層であると推定される(黒川

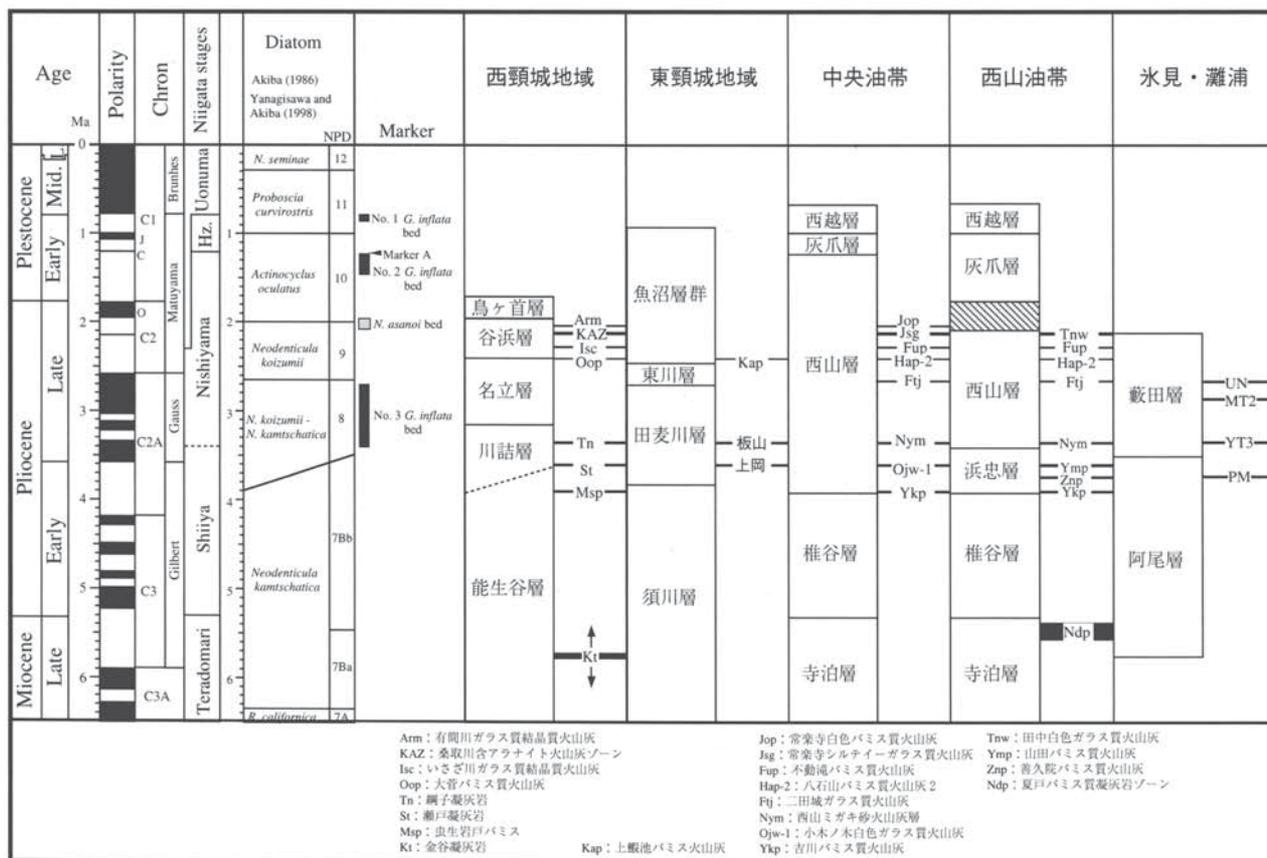
ほか, 1998)。

谷浜層では基底の大菅凝灰岩(大菅パミス質火山灰; Oop)が、東頸城地域の上鰻池パミス火山灰(Kap)と、八石・中央・西山油帯に広く分布する八石山パミス質火山灰2(Hap-2)に対比される(青木・黒川, 1996; 黒川, 1999)。また、谷浜層下部のいさざ川ガラス質結晶質火山灰(Isc)は、中央・西山油帯の不動滝パミス質火山灰(Fup)に、桑取川含アラナイト火山灰ゾーン(KAZ)は、中央油帯の常楽寺シルテイーガラス質火山灰(Jsg)に、そして、有間川ガラス質結晶質火山灰(Arm)は中央油帯の常楽寺白色パミス質火山灰(Jop)にそれぞれ対比される(青木・黒川, 1996)。

5.3 珪藻年代と火山灰層の年代

以下では、珪藻年代と火山灰層の年代を基にして、本地域鮮新統の地質年代を議論する(第6図)。

まず珪藻化石年代について総括する。北太平洋珪藻化石帯区分では、川詰層はT. oestrupii亜帯(NPD 7Bb)に、



第7図 新潟堆積盆における火山灰層の対比. 黒川(1999)に基づく.

Fig. 7 Correlation of volcanic ash beds in the Neogene Niigata sedimentary basin (Kurokawa, 1999).

名立層はNPD 7Bから*N. koizumii* - *N. kamtschatica*帯 (NPD 8) および*N. koizumii*帯 (NPD 9) までに、そして谷浜層は*N. koizumii*帯 (NPD 9) にそれぞれ対比される。また谷浜層上部は、低緯度珪藻化石帯区分 (Barron, 1985) のNTD 15に相当する (第6図)。

Yanagisawa and Akiba (1998)によれば、*T. oestrupii* 垂帯 (NPD 7Bb) の下限は5.3 Ma、*N. koizumii* - *N. kamtschatica*帯 (NPD 8) の下限は3.5-3.9 Ma、*N. koizumii*帯 (NPD 9) の下限は2.7-2.6 Ma、そして*N. koizumii*帯 (NPD 9) の上限は2.0 Maと推定される。また、同様に谷浜層の最下部に認められる*N. seminae*の初産出層準は約2.4 Maとされている。

次に火山灰層序に基づく地質年代と珪藻化石年代の関係について考察する。

能生谷層上部に挟在する金谷凝灰岩は、 6.1 ± 0.4 Ma (誤差は1σ) のK-Ar年代値が報告されている長野市西部の裾花 (高桑) 凝灰岩層上部 (加藤・赤羽, 1986) に対比される (黒川ほか, 1994)。一方、金谷凝灰岩 (Kt) は、微化石年代からその年代が約5.4 Maと推定される寺泊層と椎谷層との境界 (花方ほか, 2001) の直下に挟まれる夏戸パミス

(Ndp) 質凝灰岩ゾーンに対比される (第7図; 黒川ほか, 1994; 黒川, 1999)。したがって、金谷凝灰岩の年代は、放射年代と微化石年代による推定が一致せず、問題が残る。しかし、いずれにしてもこの層準は後期中新世の末期であることは確かである。

川詰層基底部の虫生岩戸パミス (Msp) に相当する中央・西山油帯の吉川パミス質火山灰 (Ykp) は、約3.9 Ma前後の年代が推定される。また、瀬戸凝灰岩層 (St) に対比されるYmp-上岡火山灰層に対しては、3.6 Maの年代が推定されている (黒川, 1999)。一方、綱子凝灰岩層 (Tn) に対比されるNym-板山凝灰岩層の年代は、3.35 Ma (黒川, 1999)、あるいは3.4 Ma (里口ほか, 1999) とされている。

谷浜層に挟在する大菅凝灰岩 (大菅パミス質火山灰; Oop)、いさざ川ガラス質結晶質火山灰 (Isc) および桑取川含アラナイト火山灰ゾーン (KAZ) は、それぞれ2.4、2.2、2.1 Maの年代が推定される (黒川, 1999)。

以上の火山灰層の推定年代のうち、ほとんどの年代は、珪藻化石年代とは調和的である (第6図)。しかし、綱子凝灰岩層 (Tn) の年代だけは、珪藻化石年代と明らかに矛盾する。すなわち、綱子凝灰岩層 (Tn) は *T. oestrupii* 垂帯

(NPD 7Bb)の中にあるので、この凝灰岩層の年代はこの珪藻化石帯の上限の年代3.5-3.9 Maよりも古いはずである。しかし、綱子凝灰岩層(Tn)には、珪藻化石年代の限界の年代値3.5Maよりも若い約3.35ないし3.4 Maの年代が与えられている(黒川, 1999; 里口ほか, 1999)。

綱子凝灰岩層(Tn)の年代推定は、この凝灰岩層に対比される東海層群の佐布里・長久手火山灰層の古地磁気層序に基づいている。佐布里・長久手火山灰層は、古地磁気層序のガウスクロン最下部の正磁極期(Chron C2An.3n, 3.33-3.58 Ma)に対比される正磁極帯の上部にあることが明らかにされている(中山・吉川, 1990)。これに基づいて、綱子凝灰岩層(Tn)の年代は、このクロンの上限に近い年代3.35 Ma(黒川, 1999)、あるいは3.4 Ma(里口ほか, 1999)が推定されている。

このように珪藻化石年代と古地磁気層序に基づく綱子凝灰岩層(Tn)の年代には明らかな食い違いが存在する。この食い違いは、次に述べるように、富山県の氷見・灘浦地域の鮮新統における最近の研究(渡辺, 2002)によって明らかになってきた*N. koizumii*の産出パターンに起因する可能性が高いと思われる。

富山県氷見・灘浦地域には、上越地域とほぼ同じ年代を示す鮮新統の藪田層が分布しており、これまでに珪藻化石層序(渡辺, 1990など)、火山灰層序(黒川ほか, 1998; Kurokawa and Tomita, 2000; 富田・黒川, 1999)および古地磁気層序(伊藤・渡辺, 1997)に関する詳細な研究が行われてきた。しかし、藪田層下部の年代推定に関しては、珪藻化石層序と火山灰層序に基づく年代にやや大きな年代の食い違いが存在すること指摘されていた(里口ほか, 1999)。

そこで、渡辺(2002)は、この矛盾を解決するために藪田層の珪藻化石層序の再検討を行った。その結果、*N. koizumii*の初産出層準(D80)から上位40万年程度の区間では、一般に*N. koizumii*の産出が極めてまれで散点的であり、この生層準を正確に認識するには極めて注意深い検討が必要であることが判明した。実際、渡辺(2002)による再検討では、*N. koizumii*の初産出層準は、綱子凝灰岩(Tn)に対比される藪田層基底のYT3火山灰層の直上に認められたが、以前の研究(渡辺, 1990)では、検討した試料数も少なかったためもあるが、*N. koizumii*の初産出層準を実際よりも90m以上も上位の層準に認定していた。また、渡辺(2002)によれば、約3.1-3.0 Maの年代層準に、*N. koizumii*が急増する層準(約3.0-3.1 Ma)が存在し、これが実際には認識しやすく、むしろ生層序的には有効であることが判明した。さらに、保存状態が悪かったり、または*Neodenticula*の産出量が低い場合には、これを*N. koizumii*の初産出層準と誤認する可能性があるという。

このような藪田層における*N. koizumii*の産出パターンを考慮すると、上越市西部の鮮新統における珪藻化石年代と綱子凝灰岩層(Tn)の年代の矛盾も、藪田層の例と同様に

*N. koizumii*の産出状況に起因している可能性が高い。すなわち、名立層下部に認められる*N. koizumii*の初産出層準は、むしろ*N. koizumii*の急増層準であり、これより下位では珪藻の保存状態も悪く、また指標となる*Neodenticula*属の含有量も極めて低いために、実際の*N. koizumii*の初産出層準を捉えることができなかったと考えられる。川詰層の綱子凝灰岩(Tn)は氷見・灘浦地域のYT3火山灰層に対比されるので(黒川ほか, 1998)、もし*N. koizumii*の産出パターンが上越地域と氷見・灘浦地域でほぼ同じであるならば、*N. koizumii*の初産出層準は実際には綱子凝灰岩(Tn)の近傍に存在するのではないかと予想される。いずれにしる、珪藻化石年代と綱子凝灰岩層(Tn)の年代の矛盾については、さらに詳しい検討が必要である。

なお、村松(1989)は、綱子凝灰岩(Tn)と大菅凝灰岩(Oop)のフィッシュトラック年代として、それぞれ4.84 Maと3.24±0.16 Ma(誤差は1σ)を報告しているが、いずれの年代も珪藻化石層序および火山灰層序に基づく年代よりも80万年以上も古く、食い違いが大きい。

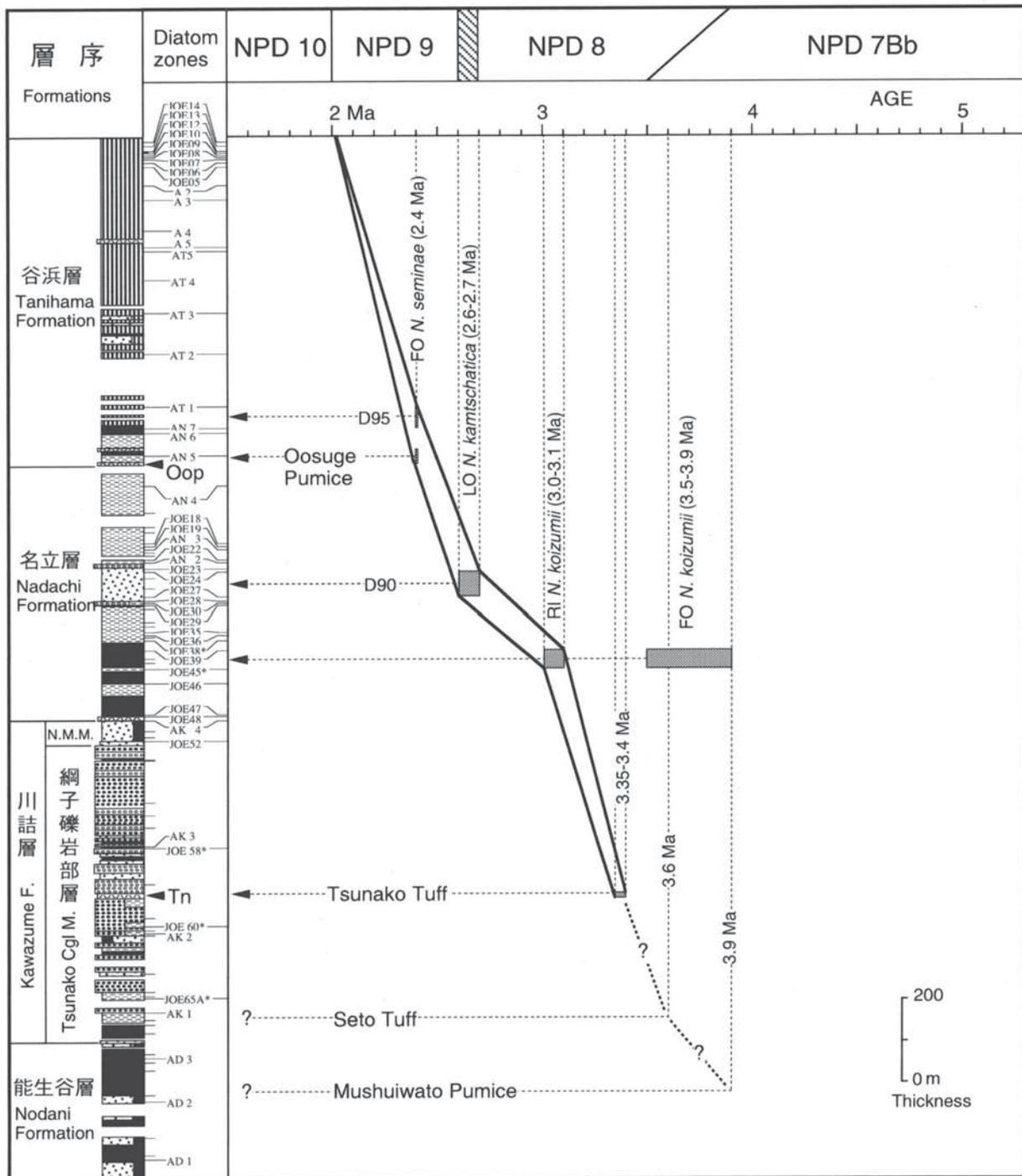
5.4 堆積速度と地層の年代

次にこれらの年代値を基にして、本地域の鮮新統の堆積曲線を作成した(第8図)。使用した年代コントロールポイントは、下位より綱子凝灰岩(3.35-3.4 Ma)、*N. koizumii*の急増層準(3.0-3.1 Ma)、*N. kamtschatica*の終産出(D90, 3.6-3.7 Ma)、大菅凝灰岩(2.4 Ma)、*N. seminae*の初産出(2.4 Ma)である。このほかの火山灰層については、その正確な層序学的位置がこの柱状図では不明なのでここでは使用しなかった。

以上の珪藻化石帯および火山灰層の年代と堆積速度曲線から、各層の地質年代は以下のように推定される(第6図)。川詰層の基底は、北部の海岸沿いでは、虫生岩戸パミス(Msp, 3.9 Ma)にほぼ一致するが、南部地域では川詰層の基底は瀬戸凝灰岩(St, 3.6 Ma)とほぼ同層準となる(青木・黒川, 1996)。したがって、川詰層の基底は時間面に斜交しており、その年代は3.9から3.6 Maの間にあると推定できる。一方、川詰層の上限は、第8図の堆積速度曲線からほぼ3.2Ma前後と算定される。以上から、川詰層の年代は、3.9-3.6 Maから3.2 Ma前後となり、時代は前期鮮新世末期から後期鮮新世初頭となる。

名立層の上限は、*N. seminae*の初産出層準(2.4 Ma)の直下であり、大菅パミス質火山灰層(2.4 Ma)にほぼ一致するので、約2.4 Maと推定できる。したがって、名立層の年代は3.2 Maから2.4 Maとなり、地質時代は後期鮮新世の前期である。

谷浜層の上限の年代は、*N. koizumii*の終産出層準(2.0 Ma)が谷浜層に認められないことから、2.0 Maには届いていないと判断される。一方、年代が2.1 Maである桑取川含アラナイト火山灰ゾーン(KAZ)が本層の上部に挟在することから、谷浜層の上限の年代は2.1と2.0 Maの間にある



第8図 桑取川・中ノ俣川セクションの堆積速度曲線。

Fig. 8 Sediment accumulation rate curve for the Kuwatorigawa-Nakanomatagawa section.

と推定できる。以上から谷浜層の年代は2.4 Maから2.1-2.0 Maであり、地質時代は後期鮮新世の後期であるといえる。

6. 古海洋環境の変遷

次に今回明らかになった珪藻化石群集を軸に、既存の研

究で明らかになっている浮遊性有孔虫と軟体動物化石群集のデータを併せて、本地域鮮新世の海洋環境の変遷についてまとめる。

6.1 珪藻温度指標

寒流系および暖流系の珪藻種の底質における分布は、それぞれ表層における寒流の分布によく対応する。したがって、堆積物中に残されたこれらの珪藻種を分析することによって、過去の海況を復元できる (Kanaya and Koizumi, 1966; Tanimura, 1981; 谷村, 1981, 1983)。

寒流系および暖流系の珪藻種の頻度の変化に表れた古水温の変化をさらに明瞭にみるため、ここでは珪藻温度指標 (Td値) を算出する。Kanaya and Koizumi (1966) によって導入された珪藻温度指標は、暖流系種と寒流系種の比から、海洋表層の水温の相対的な変化を示す指標であり、第四紀後期の中—高緯度域での海洋古環境の変遷を明らかにする上で、その威力を発揮してきた (Tanimura, 1981; 谷村, 1981, 1983)。

珪藻温度指標 (Td値) は次の式で計算される。

$$Td = Tw / (Tw + Tc)$$

ここで、TwとTcはそれぞれ暖流系および寒流系珪藻種の頻度の合計を示す。しかし、この指標は現生種を基にしているため、絶滅種を含む鮮新世の珪藻群集にはそのままでは適用できない。そこで、ここでは古屋 (1995) に習って、以下に示す一定の基準を設けた上で、絶滅種であっても寒流系か暖流系種と判断できる種は、珪藻温度指標の算定に

繰り入れた (第3表)。

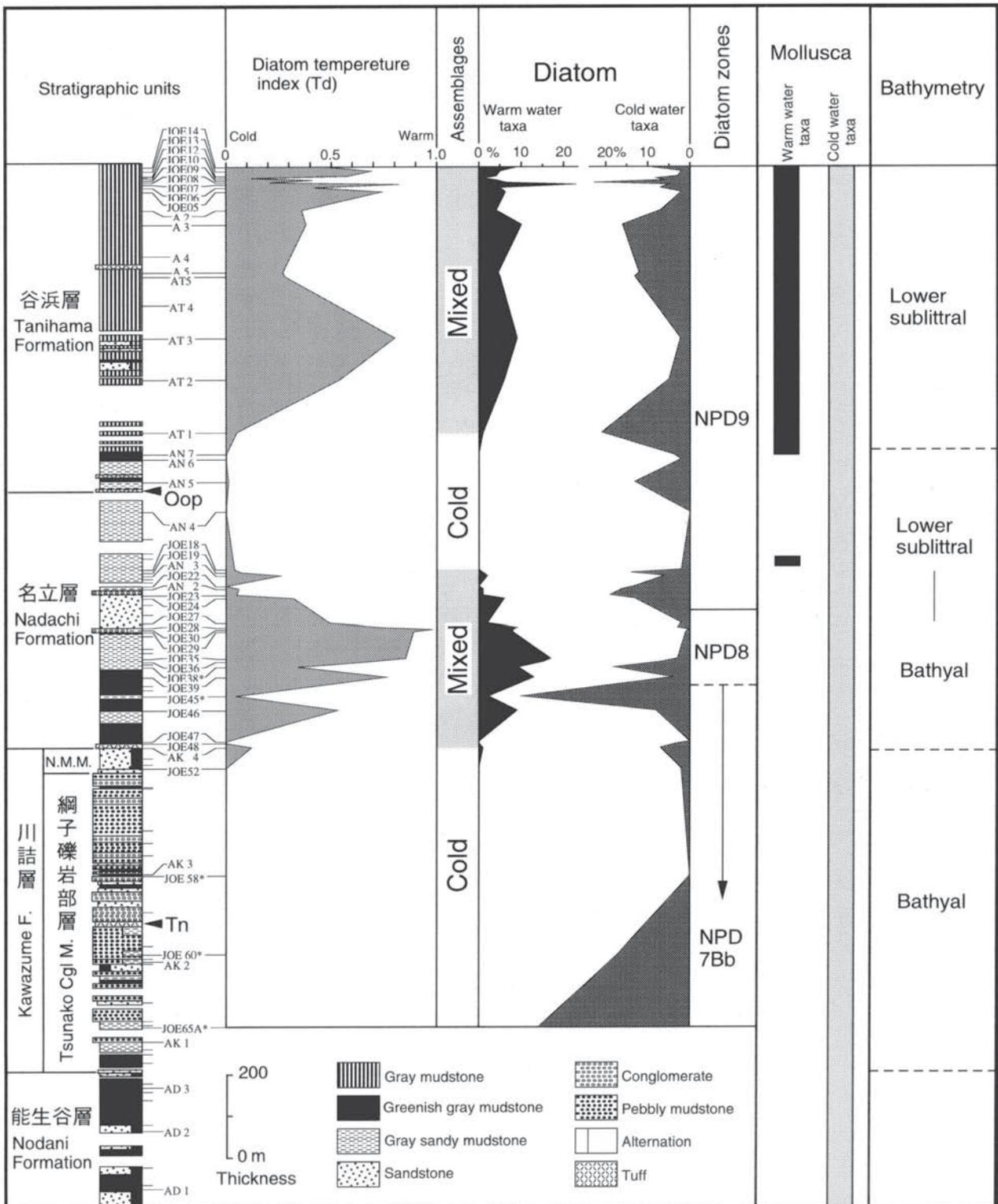
第3表で、W₁またはC₁とした種は、Kanaya and Koizumi (1966) で暖流系種または寒流系種とされた現生種を示す。W₁'またはC₁'とした種は、それ以外の種で、Tanimura (1981) において暖流系種または寒流系種とされた現生種である。また、W₂またはC₂とした種は、暖流系種または寒流系種とされた現生種に対応する先祖の絶滅種である。さらに、W₃またはC₃とした種は、その地理的な分布特性から明らかに暖流系種または寒流系種と判断できる絶滅種である。

なお、*Thalassiosira oestrupii* は、Kanaya and Koizumi (1966) や Tanimura (1981) では、暖流系種に近い特性を示すものとされているが、Barron (1992) では暖流系ではなく漸移種 (transitional) として扱われている。本種は、最近蓋殻の微細構造の違いに基づいて、多くの種に分割された (Bodén, 1992; Shiono, 2000; Shiono and Koizumi, 2000, 2001)。しかし、これらの種の多くは、同定基準が蓋殻の微細構造に基づいているので、通常の光学顕微鏡観察では識別が難しい。このため、今回上越市西部の鮮新統において *T. oestrupii* s. 1. と同定したものが現生の *T. oestrupii* と同じ種である保証はなく、その分布特性も現生

第3表 寒流系および暖流系の珪藻種のリスト。C₁とW₁': Kanaya and Koizumi (1966) でそれぞれ寒流系および暖流系とされた現生珪藻タクサ; C₁'とW₁': Tanimura (1981) においてそれぞれ寒流系および暖流系とされた現生珪藻タクサ; C₂とW₂: Kanaya and Koizumi (1966) でそれぞれ寒流系および暖流系とされた現生珪藻タクサの先祖にあたる絶滅珪藻タクサ; C₃とW₃: 地理的分布パターンからそれぞれ寒流系および暖流系と判断される絶滅珪藻タクサ。

Table 3 List of cold and warm water diatom taxa. C₁ and W₁: Extant diatom taxa regarded as cold water and warm water taxa in Kanaya and Koizumi (1966); C₁' and W₁': Extant diatom taxa regarded as cold water and warm water taxa in Tanimura (1981); C₂ and W₂: Extinct diatom taxa whose descendant taxa regarded as cold water taxa and warm water taxa in Kanaya and Koizumi (1966); C₃ and W₃: Extinct diatom taxa regarded as cold water taxa and warm water taxa based on their geographic distribution pattern.

Cold water species	Warm water species
C ₁ <i>Actinocyclus curvatus</i> Janisch	W ₁ <i>Azpeitia nodulifera</i> (Schmidt) Fryxell et Hasle
C ₁ <i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg	W ₁ <i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich
C ₃ <i>Melosira albicans</i> Sheshukova	W ₂ <i>Nitzschia fossilis</i> (Frenguelli) Kanaya ex Schrader
C ₂ <i>Neodenticula kamtschatica</i> (Zabelina) Akiba et Yanagisawa	W ₁ <i>Nitzschia kolaczchii</i> Grunow
C ₂ <i>Neodenticula koizumii</i> Akiba et Yanagisawa	W ₁ <i>Nitzschia marina</i> Grunow
C ₁ <i>Neodenticula seminae</i> (Simonsen et Kanaya) Akiba et Yanagisawa	W ₂ <i>Nitzschia reinholdii</i> Kanaya ex Barron et Baldauf
C ₃ <i>Nitzschia</i> cf. <i>extincta</i> Kozurenko et Sheshukova	W ₁ ' <i>Nitzschia sicula</i> (Castracane) Hustedt
C ₁ <i>Nitzschia grunowii</i> Hasle	W ₁ <i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Shut
C ₁ <i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh	W ₁ <i>Rhizosolenia bergonii</i> Peragallo
C ₃ <i>Proboscia barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle	W ₂ <i>Rhizosolenia matuyamai</i> Burckle
C ₃ <i>Thalassiosira antiqua</i> (Grunow) Cleve-Euler	W ₂ <i>Rhizosolenia praebergonii</i> Burckle
C ₁ <i>Thalassiosira hyalina</i> (Grunow) Gran	W ₂ <i>Rhizosolenia praebergonii</i> var. <i>robusta</i> Burckle et Trainer
C ₃ <i>Thalassiosira jacksonii</i> Koizumi et Barron	W ₁ <i>Roperia tessellata</i> (Roper) Grunow
C ₃ <i>Thalassiosira nidulus</i> (Tempère et Brun) Jousé	W ₁ ' <i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff
C ₃ <i>Thalassiosira marujamica</i> Sheshukova	W ₁ ' <i>Thalassionema nitzschioides</i> var. <i>parva</i> Heiden et Kolbe
C ₁ <i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve	W ₃ <i>Thalassiosira convexa</i> Muchina
C ₁ ' <i>Thalassiosira trifulta</i> Fryxell et Hasle	W ₁ ' <i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve



第9図 桑取川・中ノ俣川セクションにおける暖流系および寒流系珪藻の頻度変化と珪藻温度指数の変化。
 Fig. 9 Change in frequency of warm and cold water diatoms and diatom temperature index in the Kuwatorigawa-Nakanomatagawa section.

の*T. oestrupii*とのそれと同じであるとは限らない。そこで、この論文では*T. oestrupii* s. l.はTd値の算定には含めなかった。

こうして分類された寒流系種と暖流系種の合計頻度の変化を第9図に示した。本地域における寒暖の2つの外洋性珪藻種群の層序学的分布をみると、寒流系種群は、大きな頻度変化を示すものの、全体としては10%以上の頻度で、川詰層下部から谷浜層上部まで切れ目なく産出する。とくに、*N. kamtschatica*, *N. koizumii*, *N. seminae*の3種の*Neodenticula*属の種の頻度が高い(第5図)。これに対し、暖流系種群は名立層下部と谷浜層に産出が限られ、川詰層と名立層上部では全くあるいはほとんど産出しない。

名立層下部における暖流系種の産出範囲は、名立層の基底(川詰層最上部のAK4を含む)から名立層中部のJOE18までの区間である。ここでは、*Nitzschia reinholdii*と*Azpeitia nodulifera*をわずかに伴うものの、*Thalassiosira convexa*が暖流系種の産出頻度のほとんどを占めており、いわば“*T. convexa* bed”とう言うべき産出を示す(第5図)。一方、谷浜層では、*Nitzschia marina*, *Nitzschia fossilis*, *N. reinholdii*, *A. nodulifera*, *Rhizosolenia praebergonii*など多様な暖流系種が産出する。

珪藻群集としては、川詰層および名立層上部から谷浜層最下部では、暖流系珪藻を含まない寒流系群集であり、この時期は本地域は寒流域におかれていたと推定できる。一方、名立層下部と谷浜層主部では、寒流系種と暖流系珪藻種とが共産する混合群集であり、上越地域は寒流域と暖流域の間にある前線帯(混合水域)内にあったと考えられる。珪藻温度指標(Td値)の変化をみると、寒流系群集で占められる川詰層では、値は0であるが、暖流系珪藻が産出しはじめる名立層基底部からTd値が上昇しはじめ、名立層基底から約250-300 mの区間で最大となった後、名立層基底から460 mの層準でほとんど0になる。この変化から、名立層下部に、全体として一回の温暖化のサイクルが読みとれる。しかし、Td値の変化は必ずしも滑らかではなく、名立層基底から約250 mまでの区間では鋸歯状の細かな変化を伴っている。こうした、細かなTd値の変動の原因は現状では不明であるが、より短い時間スケールの環境変動を反映している可能性は考えられる。

名立層上部(基底から460 m以上)と谷浜層の最下部(基底から約140 mまで)は、暖流系珪藻がほとんど産出しないため、Td値はほとんど0であり、この時期には寒流が卓越していたことがわかる。

その上位の谷浜層の主部では、再びTd値は細かな変動を伴いつつ、比較的大きな値を示す。ただし、谷浜層では試料間隔が粗いので、Td値の細かな変化は現状のデータでは議論できない。

以上のように、改良した珪藻温度指標(Td値)は、上越市西部地域の鮮新統における海洋表層の温度変化を推定す

るために有効であることがわかる。

6.2 浮遊性有孔虫群集

すでに述べたように日本海側の鮮新統一更新統からは、*Globorotalia inflata*が3つの特定の層準から産出し、それぞれ上位からNo. 1, No. 2, No. 3 *G. inflata* bedと命名されている(工藤, 1967)。*G. inflata*とその類縁タクサからなる*G. inflata*系列の種は温帯種と考えられているが、主として寒流種からなる日本海側地域の鮮新世—更新世浮遊性有孔虫群集においては、日本海への暖流の流入を指示する指標とみなされ、それぞれの*G. inflata* bedは、日本海に暖流(対馬暖流)が流れ込んでいた時期に相当すると解釈されてきた(Maiya et al., 1976; 米谷, 1988)。

第9図に示すように、上越市西部地域の名立層下部に認められるNo. 3 *G. inflata* bedは、珪藻化石群集において暖流系珪藻が産出する区間(混合群集)にほぼ一致する。このことは*G. inflata*系列の種が暖流の指標とみなしうという解釈を支持する。

ただし、No. 2 *G. inflata* bedの認められる石川県金沢地域の大桑層では*G. inflata*は必ずしも暖流が日本海に流入した間氷期すべてで産出するわけではないことがわかってきた(北村ほか, 2001)。このことは、*G. inflata*が産出すれば、暖流が流れ込んでいたと言えるが、その逆に*G. inflata*が産出しないからといって暖流が日本海に流入していなかったとは言えないことを示す。温暖で暖流が流入していた間氷期に必ずしも*G. inflata*が産出しない理由について、北村ほか(2001)は、暖流が流れ込む対馬海峡あるいは東シナ海が隆起または埋積などによって浅海化したために、やや深い水深に棲む*G. inflata*が日本海へ侵入できなかったためではないかと推定しているものの、未だその原因はよくわかっていない。

平松・三輪(1998)によれば、新潟県北蒲原地域の鍬江層や安野川層でも、すでに述べたようにNo. 3 *G. inflata* bedの層準は*N. koizumii*-*N. kamtschatica*帯(NPD 8)にあたり、しかも*T. convexa*や*N. reinholdii*などの暖流系珪藻が産出する。これは上越市西部地域での結果と一致する。また、最近、三輪ほか(2002)は、鍬江層の浮遊性有孔虫化石を再検討し、鍬江層のNo. 3 *G. inflata* bedでは、*G. inflata* s. l.の産出は連続的ではなく、幾つか区間に分かれて産出が断続的であることを明らかにした。同様な*G. inflata* s. l.の断続的産出パターンは、No. 2 *G. inflata* bedの認められる石川県金沢地域の大桑層でも認められ、これは氷期—間氷期のサイクルを反映していることがわかっていく(北村ほか, 2001)。このことは、No. 3 *G. inflata* bedでも同様に氷期—間氷期のサイクルに伴って相対的に温かい水塊の流入が断続的に起った可能性を示唆する。また、先に述べた名立層下部におけるTd値に見られる鋸歯状の短い時間スケールの変化も、こうした氷期—間氷期のサイクルによって生じている可能性も考えられる。

ところで、既述のように、谷浜層主部でも多様な暖流系珪藻が産出しており、この時期に上越地域に暖流が流れていたことは確かである(第5図)。したがって、この区間でも名立層下部と同様に*G. inflata*が産出してもおかしくはない。これまでのところ谷浜層主部の層準である後期鮮新世の後期に、上越市西部を含めて新潟地域では*G. inflata*の産出は知られていない。ただし、平松(1998)によれば、秋田県の由利原油・ガス油田の坑井では、一般的に認められている3つの*G. inflata* bedのほかに、No. 3とNo. 2 *G. inflata* bedのほぼ中間に*G. inflata*が産出する層準が存在する。この*G. inflata* bedの層準が、上越市西部地域における谷浜層の暖流系珪藻産出層準に相当しているのかもしれない。しかし、暖流の流れ込んでいたことが確かな谷浜層主部堆積期(後期鮮新世の後期)に新潟および秋田地域のいずれの地域でも、*G. inflata*が多産しないことは確かである。この温暖期における*G. inflata*の非産出は、北村ほか(2001)が推定したように*G. inflata*の生態と対馬海峡周辺の古地理が原因なのかもしれないが、今のところよくわかっていない。

6.3 軟体動物群集

本地域の鮮新統の軟体動物群集については、一連の研究(Amano *et al.*, 1985; 天野ほか, 1987; 1988; 1990; 天野・菅野, 1991)によって、化石群集の変化が明らかにされているので、これらのデータを珪藻化石群集の変化を対比しながら、古水深・古海洋環境の変遷過程を検討してゆく。

川詰層の軟体動物群集は寒流系種のみで暖流系種は認められない(天野ほか, 1990)。これは、珪藻群集の結果と合致する(第9図)。

名立層の軟体動物化石はほとんど寒流系種からなるが、名立層中部の1産地から暖流系種*Megacardita ferruginosa* (Adams et Reeve)が産出している(天野・菅野, 1991)。この暖流系種の産出層準は、中ノ俣川ルートにおける名立層下部の暖流系珪藻産出区間の最上部に相当する。したがって、この暖流系軟体動物化石の産出は、珪藻群集における暖流系種の産出に対応していると考えられる。ただ、中ノ俣川セクションにおいて暖流系珪藻が最も多産した区間から産出する軟体動物群集は寒流系種のみであり(天野・菅野, 1991)、これは珪藻化石群集による古海洋環境推定とは異なる。この違いの原因は、この時期には、まだ上越市西部地域では堆積深度が漸深海帯から下部浅海帯にあって(天野・菅野, 1991)、相対的に深度が深いために、表層の暖流の影響が海底の軟体動物群集にほとんど及んでいなかったためと考えられる。なお、名立層下部とほぼ同時期の地層である秋田県太平山地域の天徳寺層と新潟県北蒲原地域の鍬江層からは、暖流系と判断できる軟体動物化石が産出しており(天野ほか, 2000a, 2000b)、この時期に暖流が日本海に流れ込んでいたことは、軟体動物群集からも支持される。

名立層と谷浜層の境界にあたる名立町大菅橋下の大菅凝灰岩(Oop)の層準では、6種の暖流系軟体動物種が産出している(天野ほか, 1988)。この大菅橋下の暖流系軟体動物種が産出した層準は、今回分析した試料OSG-LとOSG-Uと全く同じ層準である。両試料からは*A. nodulifera*や*N. reinholdii*などの暖流系珪藻が産出しており(第2表)、軟体動物群集の結果と矛盾しない。なお、中ノ俣セクションの大菅凝灰岩(Oop)の上位20 mの試料(AN5)では、暖流系珪藻の*A. nodulifera*をわずかに含むものの、珪藻群集全体としては寒流系が卓越しており、名立町大菅橋下の大菅凝灰岩(Oop)の層準の珪藻群集とはやや組成が異なる。この違いの原因については、この論文のデータのみでは詳しいことはわからない。しかし、両セクションで試料採取層準が厳密には同じではないので、あるいはより細かなオーダーの寒暖の変動が存在し、わずかに層準が異なるだけで、珪藻群集中の寒暖両系の珪藻の頻度が大きく異なる可能性も否定できない。今後の検討が必要である。

谷浜層の主部からは、寒流系軟体動物種とともに多様な暖流系軟体動物種が多産する。これは、寒暖両系の珪藻種が産出する谷浜層の珪藻群集の特徴とよく一致する。このことから、谷浜層堆積時に、本地域が寒流域と暖流域の間にある前線帯(混合水域)内にあったことが、異なる生物群(珪藻および軟体動物群)のデータによって確かめられたことになる。なお、同じく温暖期であった名立層下部では、表層の珪藻群集では暖流系種が多産するのに対し、底層の軟体動物群集ではほとんど寒流系種から構成されていたのとは異なり、谷浜層主部では珪藻でも軟体動物群でも共に暖流系種が産出している。これは、谷浜層の堆積深度が下部浅海帯以下と浅くなり(天野・菅野, 1991)、表層の暖流の影響が底生生物の軟体動物まで影響を及ぼすようになったとためと考えられる。

6.4 鮮新世における古海洋環境の変遷

本研究より、寒暖両流系の外洋性浮遊珪藻の層序学的分布と浮遊性有孔虫および軟体動物群から、鮮新世における上越市西部地域の古海洋環境の概略が明らかになった。

まず、川詰層堆積期(3.9-3.6 3.2 Ma)の珪藻群集および軟体動物群集は、いずれも寒流系種のみからなり、この地域は寒流域に置かれ、暖流はほとんど流入していなかったと推定される。

一方、名立層下部堆積期(3.2-2.7 Ma)になると、珪藻群集は寒暖両系の珪藻種を含む混合群集となり、この時期に本地域は前線帯(混合水域)に置かれ、暖流が流入してその影響を受けていたと推定できる。ただし、この時期には、表層に棲む珪藻や浮遊性有孔虫群集には暖流の影響がはっきり認められるのに対し、底層の軟体動物群集には暖流の影響がほとんど認められない。これは、この時期の堆積深度が漸深海帯から下部浅海帯にあって深度が深いた

めに、表層の暖流の影響が海底の軟体動物群集にほとんど及んでいなかったためと推定される。

名立層上部から谷浜層最下部堆積期(2.7-2.4Ma)には珪藻群集および軟体動物群集は、再び寒流系種のみからなり、暖流はほとんど流入していなかったと推定される。

谷浜層主部堆積期(2.7-2.0 Ma)になると、多様な暖流系珪藻が含まれるようになり、珪藻群集は寒暖両系の珪藻種を含む混合群集となる。したがって、この時期に本地域は再び前線帯(混合水域)に置かれ、暖流が流入していたと推定できる。この時期には堆積盆が埋積されて、表層の暖流の影響を受ける程度に堆積深度が浅くなったため、海底の軟体動物群集も多様な暖流系種を含むようになった。

以上のように、微化石および火山灰層序に基づく正確で高精度の年代の枠組を基盤として、海洋表層の珪藻および浮遊性有孔虫群集と、海底に棲む軟体動物群集の変化を総合することにより、上越市西部地域における鮮新世の古海洋環境の変化を海洋構造を含めて詳細に復元することができた。このような海洋環境の変化は、大村(2000)が議論しているように、グローバルな古気候変動や海水準変動に関連している可能性が高いが、それについては、紙面の都合もあり機会を改めて議論したい。

7. まとめ

この研究では、上越地域西部に分布する鮮新統の珪藻化石層序を検討した。

(1) 本地域新第三系のうち、川詰層、名立層および谷浜層から珪藻化石が産出した。Yanagisawa and Akiba (1998)の北太平洋珪藻化石帯区分を適用すれば、川詰層はNPD 7Bbに、名立層はNPD 7B-NPD 9に、そして谷浜層はNPD 9に相当する。また谷浜層上部は低緯度珪藻化石帯区分(Barron, 1985)のNTD 15Cに含まれる。

(2) 認定された珪藻化石帯の年代と火山灰層の年代から、川詰層は前期鮮新世末期から後期鮮新世初頭(3.9-3.6 Maから3.2 Ma前後)、名立層は後期鮮新世の前期(3.2-2.4 Ma)、谷浜層は後期鮮新世の後期(2.4 Maから2.1-2.0 Ma)の堆積物であることがわかった。

(3) 寒暖両流系の外洋性浮遊珪藻の層序学的分布と浮遊性有孔虫および軟体動物群から、本地域は川詰層堆積期(3.9-3.6~3.2 Ma)と名立層上部から谷浜層最下部堆積期(2.7~2.4Ma)には、寒流域に置かれ、暖流はほとんど流入していなかったと推定される。一方、名立層下部堆積期(3.2~2.7 Ma)と谷浜層主部堆積期(2.7~2.0 Ma)には、本地域は前線帯(混合水域)に置かれ、暖流が流入していたと推定できる。

謝辞:この研究をまとめるにあたり、石油資源開発株式会社技術研究所の秋葉文雄主任研究員および三輪美智子研究員には、初期の原稿の校閲と有益な助言、および上越地

域における浮遊性有孔虫化石の産出状況についてのコメントをそれぞれいただいた。また筑波大学名誉教授・上越教育大学名誉教授の菅野三郎博士には層序に関して、新潟大学教育人間科学部の黒川勝己教授には火山灰層序に関して、それぞれ種々御討論・御助言いただいた。地球科学情報研究部門の渡辺真人博士と中江 訓博士には査読を通じて有益なコメントをいただいた。ここに深く感謝する。

文献

- 赤羽貞幸(1975)新潟県上越市西部山地における新第三系の層序と地質構造. 地質雑, **81**, 737-754
- 赤羽貞幸・加藤碩一(1989)高田西部の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 89p.
- 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. et al., *Init. Rep. Deep Sea Drilling Project*, 87, Washington (U. S. Govt. Printing Office), 393-481.
- 秋葉文雄・柳沢幸夫・石井武政(1982)宮城県松島周辺に分布する新第三系の珪藻化石層序. 地調月報, **33**, 215-239.
- 天野和孝・市川敦子・小金沢五月(1988)西頸城郡名立町大菅橋付近の名立層産軟体動物群—新潟県上越地域西部の軟体動物化石の研究(その3)—. 上越教育大学研究紀要, **7**, 第3分冊, 63-71.
- 天野和孝・菅野三郎(1991)新潟県上越市西部の鮮新世貝化石群集の構成と構造. 化石, no. 51, 1-14.
- Amano, K., Kanno, S. and Mizuno, T. (1985) Studies on the molluscan fossils from the western part of Joetsu district, Niigata Prefecture (Part 1) —Molluscan fossils from the Nodani Formation along the Iwato River—. *Bull. Joetsu Univ. Education*, no. 4, 197-214.
- 天野和孝・菅野三郎・市川敦子・柳沢幸夫(1987)上越市西部の谷浜層産軟体動物群—新潟県上越地域西部の軟体動物化石の研究(その2)—. 上越教育大学研究紀要, **6**, 第3分冊, 157-170.
- 天野和孝・菅野三郎・永井 浩・佐々部典子・伴 浩光(1990)上越市西部の川詰層産軟体動物群—新潟県上越地域西部の軟体動物化石の研究(その5)—. 上越教育大学研究紀要, **9**, 第3分冊, 67-75.
- 天野和孝・佐藤時幸・小池高司(2000a)日本海中部沿岸域における鮮新世中期の古海況—新潟県新発田市の鍬江層産軟体動物群—. 地質雑, **106**, 883-894.
- 天野和孝・鈴木政憲・佐藤時幸(2000b)鮮新世中期にお

- る暖流の日本海への流入—秋田県太平山周辺の天徳寺層産軟体動物群—. 地質雑, **106**, 299-306.
- 青木豊樹・黒川勝己(1996)新潟県西頸城地域の鮮新統—下部更新統の火山灰層とその対比. 地球科学, **50**, 341-361.
- Barron, J. A. (1980) Lower Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy of Leg 57, off northern Japan, Deep Sea Drilling Project. In Scientific Party, *Init. Rep. Deep Sea Drilling Project*, **56** & **57**, Part 2, Washington (U. S. Govt. Printing Office), 641-685.
- Barron, J. A. (1983) Latest Oligocene through early Middle Miocene diatom biostratigraphy of the eastern tropical Pacific. *Marine Micropaleont.* **7**, 497-515.
- Barron, J. A. (1985) Miocene to Holocene planktic diatoms. In Bolli, H. M. *et al.*, eds., *Plankton stratigraphy*, Cambridge (Cambridge Univ. Press), 763-809.
- Barron, J. A. (1992) Pliocene paleoclimatic interpretation of DSDP Site 580 (NW Pacific) using diatoms. *Marine Micropaleont.*, **20**, 23-44.
- Barron, J. A. and Gladenkov, A. Y. (1995) Early Miocene to Pleistocene diatom biostratigraphy of Leg 145. In Rea, D. K., Basov, I. A., Scholl, D. W. and Allan, J. F. eds., *Proc. Ocean Drilling Program, Sci. Results*, College Station TX (Ocean Drilling Program), **145**, 3-19.
- Bodén, P. (1992) Quantitative biostratigraphy of Neogene diatoms from the Norwegian Sea, North Atlantic and North Pacific. *Stockholm Contribution in Geology*, **42**, 123-202.
- Burckle, L. H. (1972) Late Cenozoic planktonic diatom zones from the eastern equatorial Pacific. *Nova Hedwegia Beih.* **39**, 217-246.
- 遠藤正孝・立石雅昭 (1985) 西頸城北東部の新第三系上部—特に綱子礫岩の堆積環境について—. 新潟大理学部地質教室研究報告, no. 5, 33-48.
- 藤本信治・藤田和夫・駒谷郁夫・森下 晶・沢井 清・隅田実(1951)新潟県西頸城郡下の新生代層について. 地学, no. 3, 23-30.
- 藤田 剛(1997)ケイソウ化石. 名立町史編さん専門委員会編, 名立町史, 名立町, 28-33.
- 花方 聡・本山 功・三輪美智子(2001)日本海地域における底生有孔虫 *Spirosigmoillina compressa* の消滅と *Milliammina echigoensis* の出現の年代およびその古海洋学的意義—中新世—鮮新世の海水準変動との関連—. 地質雑, **107**, 101-116.
- 平松 力・三輪美智子(1998)新潟県北蒲原地域の新第三系微化石層序と鍬江層基底の不整合形態. 石油技誌, **63**, 301-314.
- 平松 力(1998)石油探鉱における石灰質ナノ化石の役割—その生層序学, シーケンス層序学および古海洋学的有効性—. 石油技誌, **63**, 258-265.
- 伊藤康人・渡辺真人(1997)富山県水見地域に分布する新第三系の古地磁気層序. 地調月報, **48**, 339-346.
- Kanaya, T. and Koizumi, I. (1966) Interpretation of diatom thanatocoenoses from the North Pacific applied to a study of core V20-130 (studies of a deep-sea core V20-130, part IV). *Sci. Rep. Tohoku Univ., Second ser. (Geol.)*, **37**, 90-130.
- 兼子 勝(1944)新潟県郷津油田(大日本帝国油田第四十八区)地形及び地質図説明書. 地質調査所, 26p.
- 加藤碩一・赤羽貞幸(1986)長野地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 120p.
- 北村晃寿・高野 修・俵 寛子(2001)日本海第四系の高分解能シーケンス生層序学. 石油技誌, **66**, 265-277.
- Koizumi, I. (1973a) The stratigraphic ranges of marine planktonic diatoms and diatom biostratigraphy in Japan. *Mem. Geol. Soc. Japan*, no. 8, 35-44.
- Koizumi, I. (1973b) The Late Cenozoic diatoms of Sites 183-193, Leg 19, Deep Sea Drilling Project. In Creager, J. S., Scholl, D. W., *et al.*, *Init. Rep. Deep Sea Drilling Project*, U. S. Govt. Printing Office, Washington D. C., **19**, 805-855.
- Koizumi, I. (1975) Late Cenozoic diatom biostratigraphy in the circum-North Pacific region. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **81**, 611-627.
- Koizumi, I. (1985) Diatom biochronology for late Cenozoic Northwest Pacific. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **91**, 195-211.
- 古屋克江(1995)東北日本三陸沖DSDPコアの珪藻化石群集に記録された鮮新世後期以降の海洋環境の変遷. 地質雑, **101**, 148-161.
- 工藤哲朗, 1967: 新潟ベースンにおけるForaminiferal Ratioの利用について(講演要旨). 石油技誌, **32**, 304-305.
- 黒川勝己(1999)新潟地域における七谷層—魚沼層群の火山灰層序. 石油技誌, **64**, 80-93.
- 黒川勝己・金子 顕(1992)新潟地域における上岡凝灰岩および板山凝灰岩の対比について—上越地域から下越地域まで海底を流走した火山灰の検証—. 新潟大理地質研究報告, no. 7, 57-72.
- Kurokawa, K. and Tomita, Y. (2000) The UN-MD2 Ash: a late Pliocene widespread tephra deposit in central Japan. *Earth Sci. (Chikyu Kagaku)*, **54**, 337-341.

- 黒川勝己・富田裕子・金子 顕(1998)新潟県の板山—Nym火山灰層,氷見層群のYT3火山灰層および東海層群の佐布里火山灰層の対比:中央日本における鮮新世の広域火山灰層の検出. *地球科学*, **52**, 292-300.
- 黒川勝己・潤間新一・佐藤正隆・吉田裕介・島田律子・富田裕子(1994)新潟地域における金谷凝灰岩の対比—西頸城地域から中越地域にわたる寺泊層最上部層準の指標. *新潟大教育紀要(自然科学)*, **35**, 155-178.
- 米谷盛壽郎(1978)東北日本油田地域における上部新生界の浮遊性有孔虫層序. *日本の新生代地質(池辺展生教授記念論文集)*, 36-60.
- 米谷盛壽郎(1988)有孔虫化石群の変遷に見られる新第三紀イベント. 土 隆一ほか編, *新第三紀における生物の進化・変遷とそれに関するイベント*, 大阪市立自然史博物館特別出版物, 31-48.
- Maiya, S., Saito, T. and Sato, T. (1976) Late Cenozoic planktonic foraminiferal biostratigraphy of north-west Pacific sedimentary sequences. In Takayanagi, Y. and Saito, T. eds., *Progress in Micropaleontology (Selected papers in honor of Prof. Kiyoshi Asano)*, Micropaleontology Press, 395-422.
- Maruyama, T. (1984) Miocene diatom biostratigraphy of onshore sequences on the Pacific side of north-east Japan, with reference to DSDP Hole 438A (Part 2). *Sci. Rep. Tohoku Univ., Second Ser. (Geol.)*, **55**, 77-140.
- 正谷 清・市村隆三(1970)フォッサマグナ地域北部の石油地質. *石油技誌*, **35**, 1-12.
- Matsunaga, T. (1963) Benthonic smaller foraminifera from the oil field of northern Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Second Ser. (Geol.)*, **35**, 67-122.
- 三輪美智子・山田 桂・入月俊明・田中裕一郎・庄司真弓・渡辺真人・柳沢幸夫(2002)新潟県胎内川の鮮新統鍬江層の浮遊性有孔虫化石群集(予報)—とくにNo.3 *Globorotalia inflata* bedについて—. *日本古生物学会第2002年年会講演要旨*, 94.
- 水野敏明・天野和孝(1988)上越市の居多層産軟体動物群—新潟県上越市西部の軟体動物化石の研究(その4)—. *瑞浪化石博研究報告*, no. 14, 73-88.
- 村松敏雄(1989)上越地域の新第三系～第四系のフィッシュントラック年代. *新潟県地学教育研究会誌*, **23**, 52-54.
- 中山勝博・吉川周作(1990)東海層群の古地磁気層序. *地質雑*, **96**, 967-976.
- 西田彰一・津田禾粒・市村隆三(1966)フォッサマグナ最北部の新第三系—いわゆる難波山層に関する研究(その1)—. *新潟大理学部地質教室研究報告*, no. 1, 1-14.
- 西田彰一・津田禾粒・市村隆三(1974)フォッサマグナ最北部の新第三系(その1)—いわゆる難波山層に関する研究—. *地調報告*, no. 250-1, 155-168.
- 大村亜希子(2000)新潟県西頸城地域に分布する鮮新統の第3オーダー堆積シーケンスと堆積有機物組成. *地質雑*, **106**, 534-547.
- 大村一蔵(1930)越後油田の地質及び鉱床. *地質雑*, **37**, 775-792.
- 里口保文・長橋良隆・黒川勝己・吉川周作(1999)本州中央部に分布する鮮新—下部更新統の火山灰層序. *地球科学*, **63**, 275-290.
- Shiono, M. (2000) Three new species in the *Thalassiosira trifulta* group in late Neogene sediments from the northwest Pacific Ocean. *Diatom Res.*, **15**, 131-148.
- Shiono, M. and Koizumi, I. (2000) Taxonomy of the *Thalassiosira trifulta* group in late Neogene sediments from the northwest Pacific Ocean. *Diatom Res.*, **15**, 347-374.
- Shiono, M. and Koizumi, I. (2001) Phylogenetic evolution of the *Thalassiosira trifulta* group (Bacillariophyceae) in the northwestern Pacific Ocean. *Bull. Geol. Soc. Japan*, **107**, 496-514.
- 高橋正五(1953)高田平原西方山地の地質構造(第1報). *Sci. Rep. Yokohama National Univ., Sec. 2*, no. 2, 15-30.
- 谷口 広(1980)桑取川及び中ノ俣川流域に分布する新第三紀層—有孔虫化石群集について—. *新潟県立教育センター研究報告*, no. 35, 95-102.
- Tanimura, Y. (1981) Late Quaternary diatoms of the Sea of Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Second Ser. (Geol.)*, **51**, 1-37.
- 谷村好洋(1981)日本海の後期第四紀珪藻と古海況. *第四紀研究*, **20**, 231-242.
- 谷村好洋(1983)日本海底質中の珪藻—その地理的分布と層位分布について—. *月刊海洋科学*, **15**, 78-84.
- 富田裕子・黒川勝己(1999)中央日本における2.7 Ma頃の広域火山灰;土生滝I(大阪層群)—MT2(氷見層群)—Arg-2(西山層)火山灰層の対比. *地質雑*, **105**, 63-71.
- 津田禾粒・白井建裕・長谷川美行・新川 公(1989)表層地質図,土地分類基本調査,5万分の1「高田西部」,新潟県, 29-41.
- 内尾高保(1976)新潟県西頸城郡能生川流域のいわゆる難波山層の有孔虫化石層序(予報). *新潟大理学部地質教室研究報告*, no. 4, 191-195.
- 渡辺其久男(1976)新潟県頸城地域の含油新第三系の有孔虫層序. *新潟大理学部地質教室研究報告*, no. 4, 179-190.

渡辺真人(1990)富山県氷見・灘浦地域の新第三系の層序
—とくに姿累層とその上位層との間の時間間隙につ
いて—. 地質雑, **96**, 915-936.

渡辺真人(2002)富山県氷見・灘浦地域の鮮新統の珪藻化
石層序と年代層序の再検討—とくに広域火山灰層と
No. 3 *Globorotalia inflata* (浮遊性有孔虫) bedの
年代について—. 地質雑, **108**, 449-509.

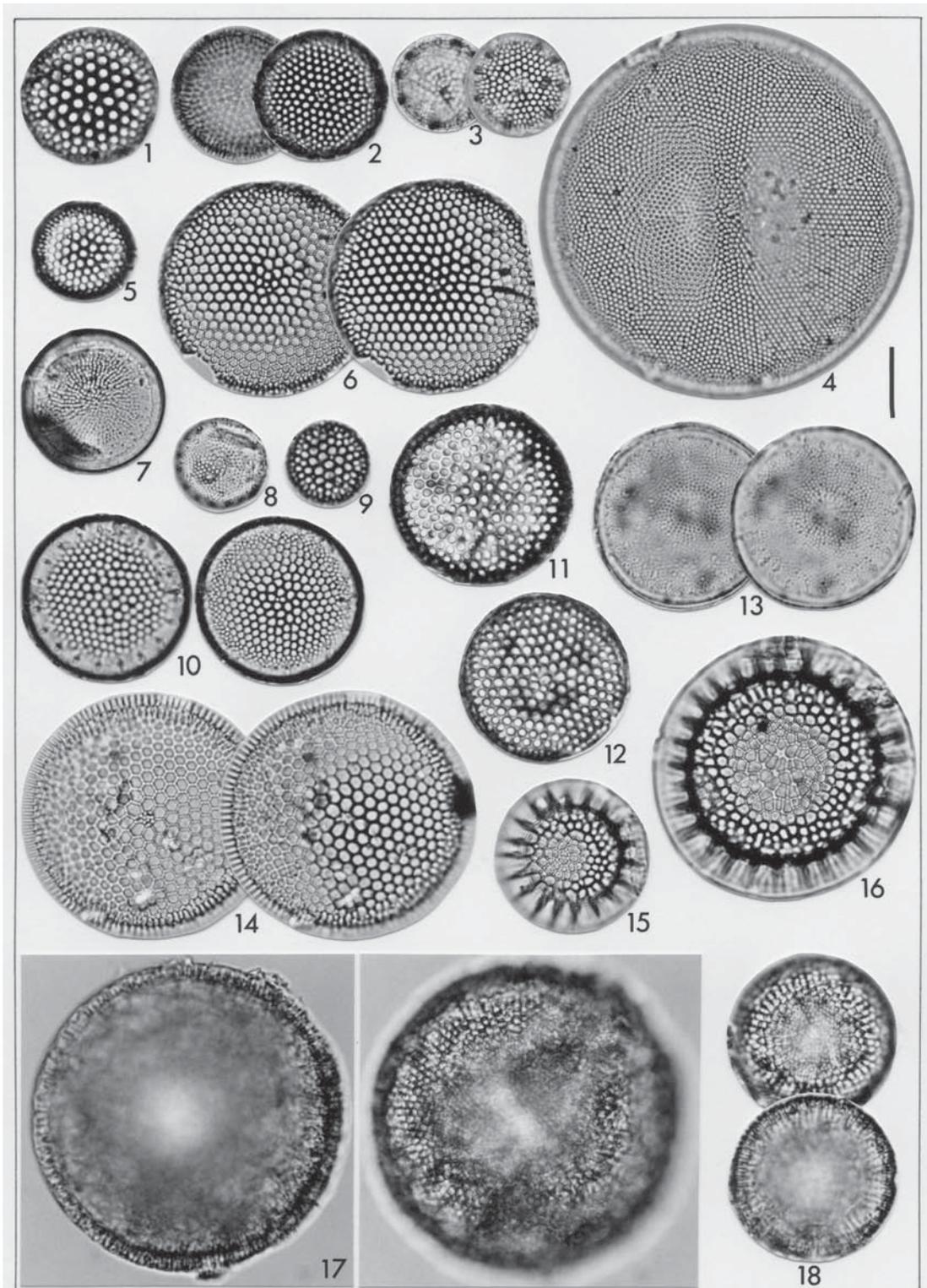
Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1998) Revised Neogene
diatom biostratigraphy for the northwest Pacific
around Japan, with an introduction of code num-
bers for selected diatom biohorizons. *Jour. Geol.
Soc. Japan*, **104**, p. 395-414.

(受付:2002年8月14日;受理:2003年1月22日)

図版1 上越地域から産出した鮮新世珪藻(I). スケールバーは10 μ mを示す.

Plate 1. Pliocene diatoms from Joetsu area (I). Scale bar represents 10 μ m.

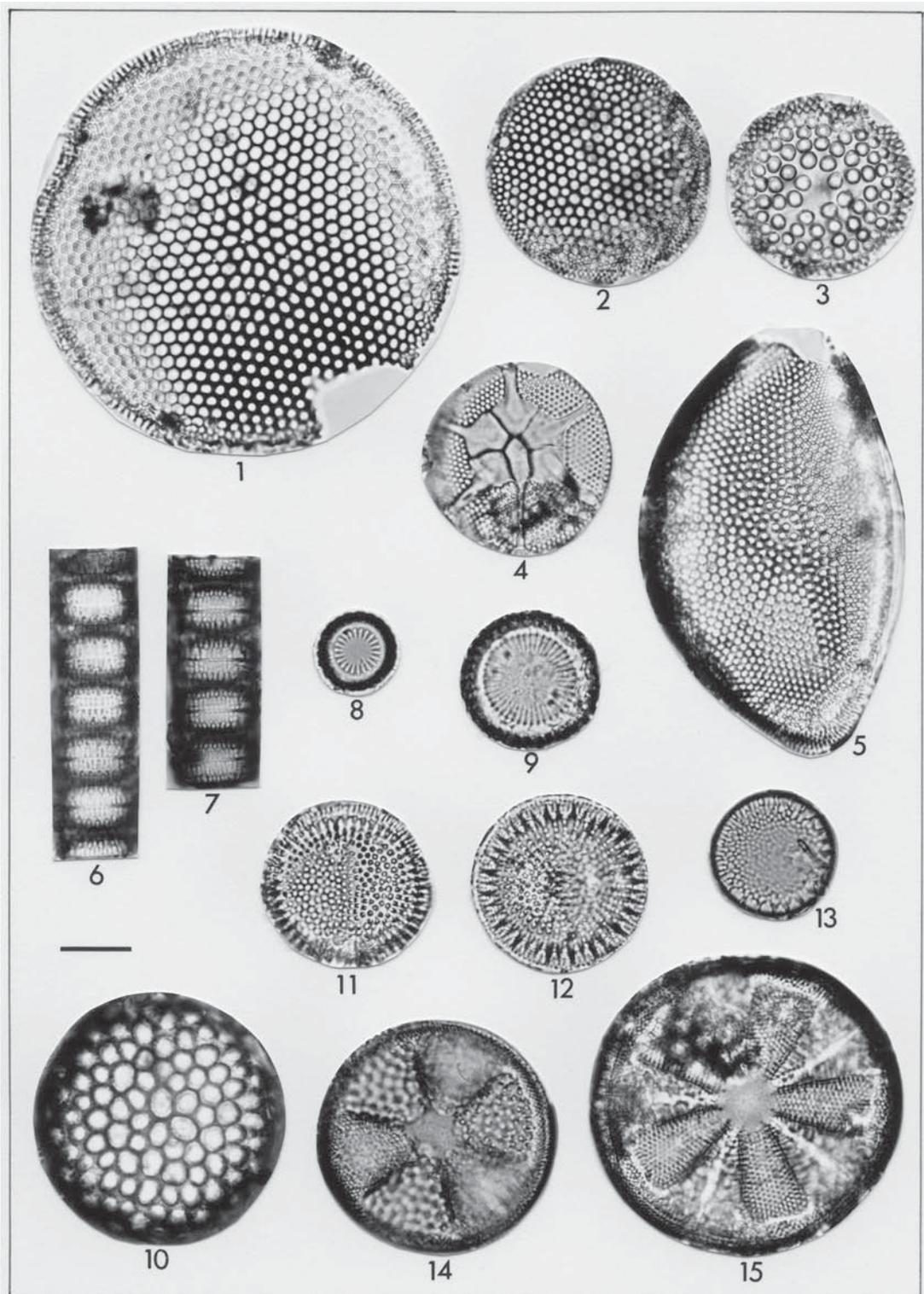
- 1, 5, 9 *Thalassiosira oestrupii* (Ostenfeld) Proshukina-Lavrenko s. l.
[1: JOE 02, 5: JOE 13, 9: JOE 14, Tanihama Formation]
- 2, 3 *Thalassiosira marujamica* Sheshukova
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 4 *Thalassiosira* cf. *plicata* Schader
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 6 *Thalassiosira trifulta* Fryxell et Hasle
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 7 *Thalassiosira manifesta* Sheshukova
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 8 *Thalassiosira jacksonii* Koizumi et Barron
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 10 *Thalassiosira decipiens* (Grunow) Jorgensen
[JOE 45, Nadachi Formation]
- 11,12 *Stephanopyxis dimorpha* Schrader
[11: JOE 14, 12: JOE 06, Tanihama Formation]
- 13 *Thalassiosira nordenskioldii* Cleve
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 14 *Thalassiosira antiqua* (Grunow) Cleve-Euler
[JOE 45, Nadachi Formation]
- 15, 16 *Thalassiosira nidulus* (Tempère et Brun) Jousé
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 17, 18 *Thalassiosira convexa* Muchina
[17: JOE 38, 18: JOE 45, Nadachi Formation]



図版2 上越地域から産出した鮮新世珪藻(II). スケールバーは10 μ mを示す.

Plate 2. Pliocene diatoms from Joetsu area (II). Scale bar represents 10 μ m.

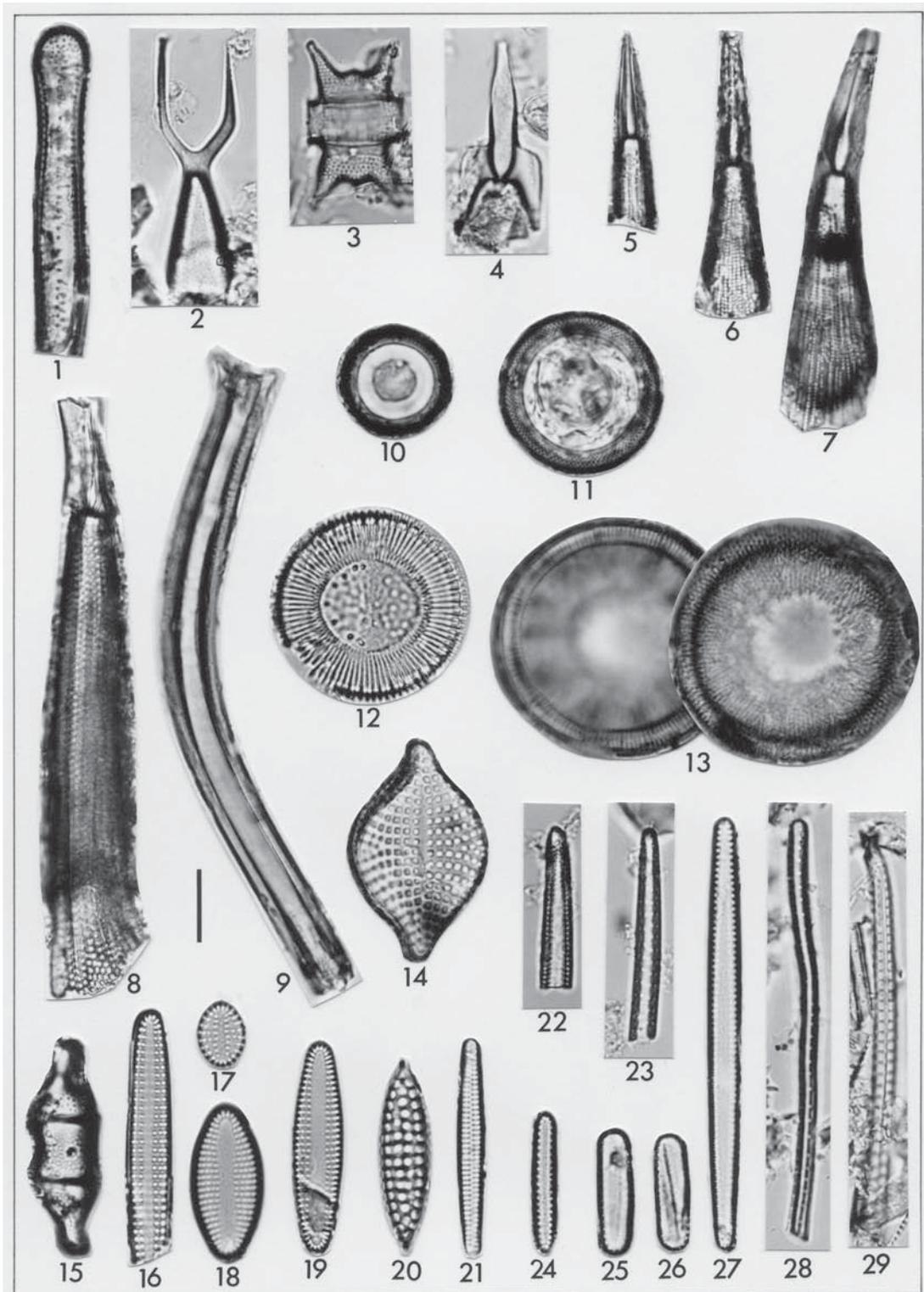
- 1 *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve
[JOE 02, Tanihama Formation]
- 2 *Roperia tessellata* (Roper) Grunow
[JOE 02, Tanihama Formation]
- 3 *Actinocyclus ingens* Rattray
[JOE 14, Tanihama Formation]
- 4 *Asteromphalus* cf. *flabellatus* (Brébisson) Greville
[JOE 45, Nadachi Formation]
- 5 *Hemidiscus cuneiformis* Wallich
[JOE 14, Tanihama Formation]
- 6-9 *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve
[6: JOE 14, 7: JOE 07, 8: AT 2, Tanihama Formation; 9: AN 7, Nadachi Formation]
- 10 *Coscinodiscus marginatus* Ehrenberg
[JOE 09, Tanihama Formation]
- 11, 12 *Cyclotella* sp.
[11: AT 2, Tanihama Formation; 12: BN 5, Nadachi Formation]
- 13 *Melosira albicans* Sheshukova
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 14 *Actinoptychus senarius* (Ehrenberg) Ehrenberg
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 15 *Actinoptychus splendens* (Shadbolt) Ralfs
[AT 2, Tanihama Formation]



図版3 上越地域から産出した鮮新世珪藻(III). スケールバーは10 μ mを示す.

Plate 3. Pliocene diatoms from Joetsu area (III). Scale bar represents 10 μ m.

- 1 *Clavicula polymorpha* Grunow et Pantocsek
[JOE 08, Tanihama Formation]
- 2 *Pseudopyxilla americana* (Ehrenberg) Forti
[AK 4, Kawazume Formation]
- 3 *Odontella aurita* (Lyngbye) Agardh
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 4 *Rhizosolenia styliformis* Brightwell
[JOE 06, Tanihama Formation]
- 5 *Rhizosolenia* sp.
[JOE 27, Nadachi Formation]
- 6 *Rhizosolenia bergonii* Peragallo
[JOE 09, Tanihama Formation]
- 7 *Rhizosolenia matuyamai* Burckle
[JOE 39, Nadachi Formation]
- 8 *Rhizosolenia praebergonii* var. *robusta* Burckle et Trainer
[A 3, Tanihama Formation]
- 9 *Proboscia barboi* (Brun) Jordan et Priddle
[JOE 08, Tanihama Formation]
- 10, 11 *Melosira westii* W. Smith
[10: JOE 07, 11: JOE 14, Tanihama Formation]
- 12 *Cyclotella striata* (Kützing) Grunow
[A 2, Tanihama Formation]
- 13 *Hyalodiscus radiatus* (O'Meara) Grunow
[JOE 48, Nadachi Formation]
- 14 *Rhaphoneis amphicerus* (Ehrenberg) Ehrenberg
[JOE 13, Tanihama Formation]
- 15 *Anaulus birostratus* Grunow
[AT 5, Tanihama Formation]
- 16 *Delphineis angustata* (Pantocsek) Andrews
[AT 5, Tanihama Formation]
- 17-19 *Dephineis surirella* (Ehrenberg) Andrews
[17: JOE 14, Tanihama Formation; 18: JOE 65A, Kawazume Formation; 19: OSG-U, Tanihama Formation]
- 20 *Koizumia tatsunokuchiensis* (Koizumi) Yanagisawa
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 21 *Neodelphineis pelagica* Takano
[JOE 45, Nadachi Formation]
- 22 *Thalassiothrix longissima* Cleve et Grunow
[JOE 48, Nadachi Formation]
- 23 *Thalassiothrix frauenfeldii* (Grunow) Hallegraeff
[JOE 13, Tanihama Formation]
- 24, 27 *Thalassionema nitzschioides* H. et M. Peragallo
[24: AT 5, Tanihama Formation; 27: JOE 45, Nadachi Formation]
- 25, 26 *Thalassionema nitzschioides* var. *parva* Henden et Kolbe
[JOE 14, Tanihama Formation]
- 28 *Thalassionema bacillaris* (Heden) Kolbe
[JEO 02, Tanihama Formation]
- 29 *Thalassiothrix acuta* Karsten
[JEO 45, Nadachi Formation]



図版4 上越地域から産出した鮮新世珪藻(IV).
スケールバーは10 μ mを示す.スケールAは第20-30図,スケールBは第1-19図に当てはまる.

Plate 4. Pliocene diatoms from Joetsu area (IV)

Scale bars represent 10 μ m. Scale A for Figs. 20-35 and scale B for Figs. 1-19.

- 1, 2 *Nitzschia reinholdii* Kanaya ex Barron et Baldauf
[1: JOE 14, 2: JOE 07, Tanihama Formation]
- 3, 4 *Nitzschia marina* Grunow
[3: JOE 07, 4: AT 3, Tanihama Formation]
- 5, 6 *Nitzschia* cf. *extincta* Kozurenko et Sheshukova
[5: JOE 45, Nadachi Formation; 6: JOE 14, Tanihama Formation]
- 7 *Nitzschia fossilis* (Frenguelli) Kanaya ex Schrader
[A 3, Tanihama Formation]
- 8 *Plagiogramma staurophorum* (Gregory) Heiberg
[JOE 09, Tanihama Formation]
- 9 *Cocconeis placentula* var. *eugypta* (Ehrenberg) Cleve
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 10 *Trachyneis aspera* (Ehrenberg) Cleve
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 11 *Diploneis smithii* (Brébisson) Cleve
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 12 *Cocconeis californica* Grunow
[JOE 12, Tanihama Formation]
- 13 *Cocconeis costata* Gregory
[AT 1, Tanihama Formation]
- 14 *Nitzschia tryblionella* var. *victoriae* (Grunow) Grunow
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 15 *Nitzschia panduriformis* var. *minor* Grunow
[JOE 13, Tanihama Formation]
- 16 *Navicula jamalinensis* var. *simiaevultus* (Brun) Cleve
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 17 *Diploneis smithii* f. *rhombica* Mereschkowsky
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 18 *Diploneis bombus* Ehrenberg
[JOE 30, Nadachi Formation]
- 19 *Diploneis papula* (A. Schmidt) Cleve
[JOE 65A, Kawazume Formation]
- 20 *Neodenticula koizumii* Akiba et Yanagisawa
[T 4, Tanihama Formation]
- 21, 22 Isolated open copula of *Neodenticula*
[21: JOE 36, 22: JOE 23, Nadachi Formation]
- 23, 24 Isolated closed copula of *Neodenticula*
[23: AT 1, 24: JOE 14, Tanihama Formation]
- 25-29 *Neodenticula seminae* (Simonse et Kanaya) Akiba et Yanagisawa
[25: AT 1, 26: JOE 14, 27: N 3, 26: JOE 08, 29: JOE 14, Tanihama Formation]
- 30 *Neodenticula koizumii* Akiba et Yanagisawa
[JOE 23, Nadachi Formation]
- 31-35 *Neodenticula kamtschatica* (Zabelina) Akiba et Yanagisawa
[31: AK 4, 32-35: JOE 65A, Kawazume Formation]

