

秋田県大仙市下荒川に分布する中新統上部の船川層における 暖流系石灰質微化石産出層準の珪藻年代

柳沢 幸夫^{1,*}

YANAGISAWA Yukio (2021) Diatom biochronology of the horizon of warm water calcareous microfossils in the upper Miocene Funakawa Formation distributed in Shimo-arakawa, Daisen City, Akita Prefecture, Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 72 (6), p. 459-477, 10 figs, 3 tables, 2 plates.

Abstract: The paleoceanic environment of the Japan Sea during the middle to late Miocene has been previously considered to be dominated by cold water masses. However, calcareous microfossil data indicate the presence of short-term warm periods with intermittent warm current inflows into the Japan Sea during this period. One of evidence for this short-term warm period is provided by planktonic foraminifera and calcareous nannofossils from the Funakawa Formation in Shimo-arakawa, Daisen City, Akita Prefecture. Diatom chronostratigraphic analysis of this study confirms that this warm-water calcareous microfossil assemblage can be assigned near the upper limit of the diatom zone NPD6A at ca 8.7 Ma. The occurrence of warm-water diatoms shows that this warm period corresponds to the interval from the uppermost NPD6A to the lowermost NPD6B, and roughly correlated to the O-1 assemblage, which is one of the calcareous foraminiferal assemblages including warm-water species in the Japan Sea. This suggests that weak warm currents flowed from the Pacific Ocean side into the Japan Sea, where cold surface water was dominant at that time.

Keywords: diatom biochronology, marine, Funakawa Formation, Miocene, Neogene, Daisen City, Japan

要 旨

中新世中期～中新世後期の日本海の古海洋環境は、従来、寒流水塊が卓越していたと考えられてきたが、石灰質微化石の証拠から、この時期に何度か間欠的に暖流が日本海に流入した短い温暖期の存在が知られるようになった。それを示す証拠の1つが秋田県大仙市下荒川の船川層から報告された暖流系の浮遊性有孔虫及び石灰質ナノ化石であるが、その年代は不確定のままであった。本研究では珪藻年代分析に基づき、この暖流系微化石の産出層準が珪藻化石帯のNPD6A帯の上限付近(8.7 Ma)にあることを確認した。暖流系珪藻の産出状況も加味すると、この温暖期は、NPD6A帯最上部からNPD6B帯最下部に相当する。この温暖系微化石群集は、日本海側地域で見つかっている暖流系微化石を伴う3つの石灰質有孔虫群集のうち、最上位のO-1群集にほぼ対比される。浮遊性有孔虫、石灰質ナノ化石及び浮遊性珪藻の群集は、寒流種が主体で暖流系種がわずかに付随する。このことは、寒冷な表層水が支配的であった当時の日本海に、太平洋側から微弱な暖流が流入したことを示唆する。

1. はじめに

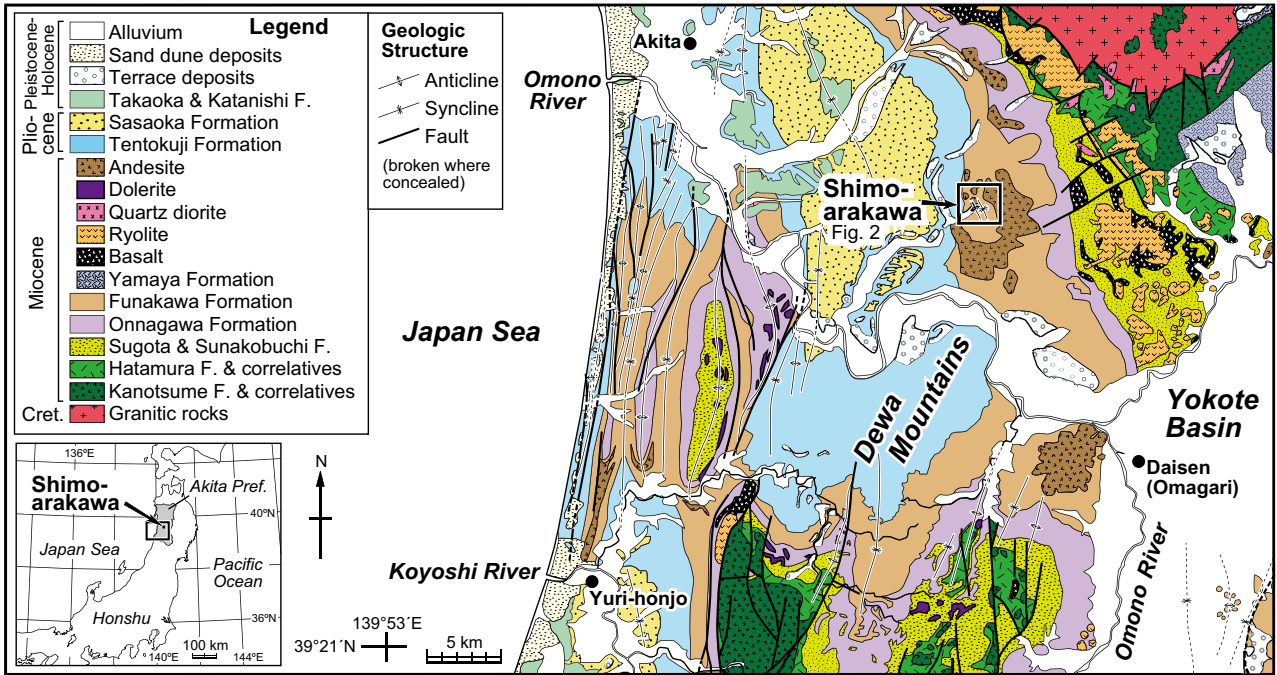
秋田地域の女川期～船川期または新潟地域の寺泊期にあたる中新世中期～中新世後期の日本海は、寒流系が卓越する古海洋環境だったと一般には考えられてきた(例えば、米谷, 1988)。しかし、石灰質ナノ化石や有孔虫のデータから、この時期に何度か間欠的に暖流が流入した短い温暖期の存在が知られるようになった。

新潟地域では下部寺泊層中に、浮遊性有孔虫を伴い、砂質の底生有孔虫と石灰質の底生有孔虫が共産する特徴的な底生有孔虫群集が産出する層準が知られており、“Blue zone”と呼ばれていた(渡辺, 1976)。一方、岡田(1981)は北海道日高地域の中新統からOkada and Bukry(1980)のCN9帯の石灰質ナノ化石群集を報告し、群集中に暖流系の*Discoaster*属が含まれることから、この時期の暖流の北上を指摘した。また、岡田(1988)はCN9帯に認定される石灰質ナノ化石群集を、秋田県と山形県の中新統から検出し、これを「暖流のスパイク」と呼んだ。

その後、秋田県や山形県の中新統から、暖流系種を含む浮遊性有孔虫群集や石灰質ナノ化石群集の報告が追加

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



第1図 秋田県出羽山地及び周辺の地質図。大沢・須田(1980)及び大沢ほか(1988)を簡略化。白田ほか(1978)及び白石ほか(1993)に基づいて一部修正。

Fig. 1 Geological map of the Dewa Mountains and its environs in Akita Prefecture, simplified from Ozawa and Suda (1980) and Ozawa *et al.* (1988) with minor modification based on Usuta *et al.* (1978) and Shiraishi *et al.* (1993).

された(井上, 1995; 三輪ほか, 1995; 加藤ほか, 1995; 平松ほか, 1997). また, 加藤・井上(1997)は, 高橋(1972)の研究を踏まえて, 秋田県南部にある多数の石油坑井の女川層で, 3つの石灰質底生有孔虫群集の産出区間を確認し, それらを上位よりO-1, O-2及びO-3群集と命名した. そして, これらは, 日本海側地域への暖流の一時的流入か, 短い温暖期の存在を示唆すると考えた.

加藤・井上(1997)はこれらの群集の年代を, 既存の浮遊性有孔虫層序やフィッシュン・トラック(FT)年代から推定したが, その後, ストロンチウム同位体層序年代(加藤・中野, 1999)や新たなFT年代測定値(加藤ほか, 2008)に基づいて年代を改訂した. また, FT年代に基づき, 新潟地域の“Blue zone”(渡辺, 1976)の年代は約8.2 Ma前後と推定され(加藤ほか, 2004), 秋田地域の女川層のO-1群集に対比された(加藤ほか, 2008; 井上ほか, 2008). これらの群集に対比される群集は, 山形県新庄盆地の中新統からも見つかっている(井上ほか, 2012).

以上のように, 間欠的に暖流が流入した短い温暖イベントは, 日本海の高古海洋環境を復元する上で無視できない重要な現象であることが認識されるようになってきた. しかし, これらのイベントの年代は, 必ずしも正確ではなく, また各地の温暖期イベントの対比にも曖昧さが残っている.

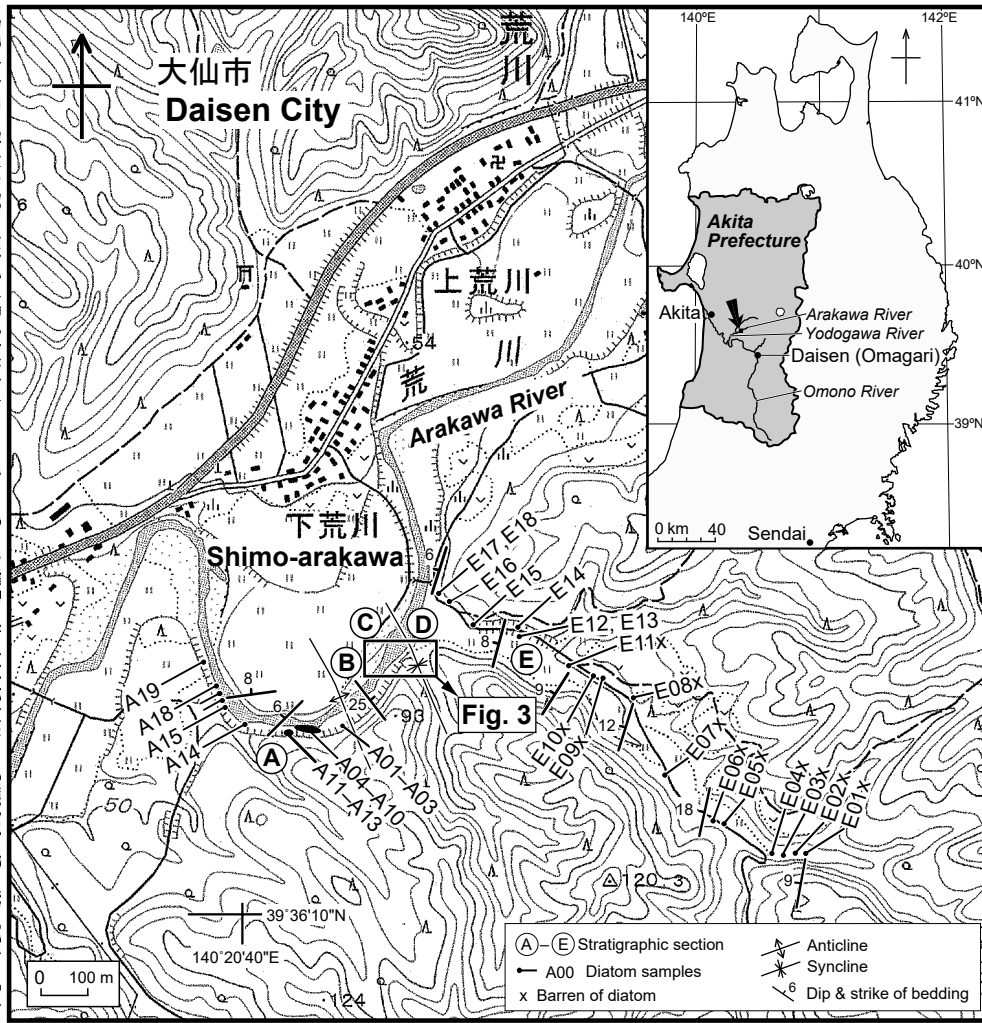
そうした年代が不確かな温暖期が見つかっている場

所の1つが, 秋田県中部の大仙市下荒川(旧河辺郡協和町)の荒川沿いに露出する船川層の露頭である(第1図, 第2図). ここからは, 石灰質底生有孔虫と暖流系の浮遊性有孔虫及び石灰質ナノ化石が報告されている(井上, 1995; 三輪ほか, 1995; 平松ほか, 1997). この地点からは珪藻化石も産出し, 三輪ほか(1995)と平松ほか(1997)は, 珪藻化石層序に基づいて暖流の流入年代を推定しているが, 両者の解釈には違いがある. また, 平松ほか(1997)の解釈は, この地点の周辺から珪藻化石年代を報告している土谷・吉川(1994)とも食い違いが認められる. このため, この暖流系石灰質微化石の産出層準の正確な年代は確定していなかった.

下荒川の船川層から産出した暖流系種を含む石灰質微化石群集は, 中新世における古海洋環境, とくに暖流流入イベントを復元する上で非常に重要である. そこで, この研究では, 暖流流入イベントの正確な年代を明らかにするため, 石灰質微化石産出地点及び周辺で試料を採取して珪藻年代分析を行った.

2. 試料・方法

試料を採取したのは大仙市下荒川南方の荒川左岸の露頭とその周辺である(第2図). 荒川は雄物川支流の淀川の支流である. 試料採取地点周辺には船川層が分布し, 北西-南東方向の一对の向斜と背斜が認められる. この



第2図 秋田県大仙市下荒川付近の船川層の珪藻試料採取位置。国土地理院発行2万5千分の1地形図「羽後境」を使用。

Fig. 2 Map showing the location of diatom samples of the Funakawa Formation at Shimo-arakawa, Daisen City, Akita Prefecture. Geographical map “Ugosakai” (1:25,000 in scale) published by the Geospatial Information Authority of Japan.

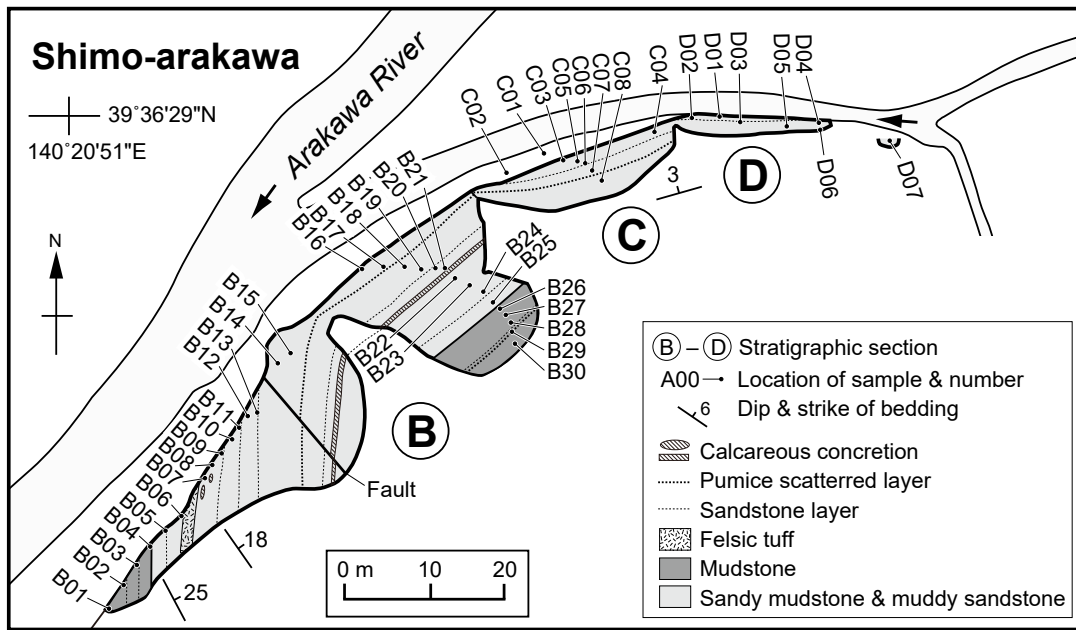
付近の船川層は、下位の女川層の硬質泥岩を整合に覆い、下部は暗灰色泥岩・シルト岩、上部は主に灰色泥岩からなり、上位の天徳寺層に整合(一部不整合)に覆われる(土谷・吉川, 1994)。

第1回目の試料採取は2007年6月17日に行った。特に井上(1995), 三輪ほか(1995)及び平松ほか(1997)が石灰質微化石を報告した地点については、平松ほか(1997)の試料採取位置図(図3)を基にして付近を探索し、有孔虫試料を採取した痕と推定される河床付近の泥岩中に掘られた直径約30 cmの浅い凹みを見いだして、そこから試料を採取した(第3図の試料C01とC02)。しかし、2018年10月15日に追加試料を採取するため再訪した時には、露頭状況は激変し、河道が西方に遷移して支流との合流点が南西に移動し、それまでの河床は埋積されて石灰質微化石が産出した痕は確認できなかった。この変化は前

年の2017年7月22日～23日の大洪水によって引き起こされたものと推定される。

採取試料は合計82個で、層序セクション(A-E)ごとに分けて、それぞれ下位から試料番号をつけ直した(第4図)。

試料の処理は、Akiba (1986)のunprocessed strewn slideの方法で行った。乾燥試料は新聞紙でくるみ、ハンマーで砕いた後、約1 gを100 mlピーカーに入れ、試料が浸る程度に純水を注ぎ入れ、一昼夜放置する。この過程で試料はほとんど泥化する。次にピーカーに純水を加えて約100 mlの懸濁液とし、約20秒間放置して粗粒物が底に沈むのを待ち、上澄みの懸濁液からマイクロピペットで0.5 mlを取り出し、18 x 18 mmのカバーガラスに滴下する。これをホットプレートで加熱・乾燥後、アルコールで薄めたPleurax (封入剤)をカバーガラスに滴下し、さらに加熱・乾燥させてアルコール分を蒸発させる。



第3図 層序セクションB, C及びDのルートマップ。

Fig. 3 Route map of the stratigraphic sections B, C and D.

最後に、このカバーガラスをホットプレートで温めたスライドガラスに貼付する。

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100または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の範囲を走査して、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。休眠胞子については、上記蓋殻計数時に認められた総数を別途記録した。

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。珪藻年代は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。なお、ここでは記載の都合上、NPD6B帯を帯内の生層準によって暫定的に6B1、6B2、6B3の3つの区間に細分して用いる。

3. 結果

3.1 セクションA

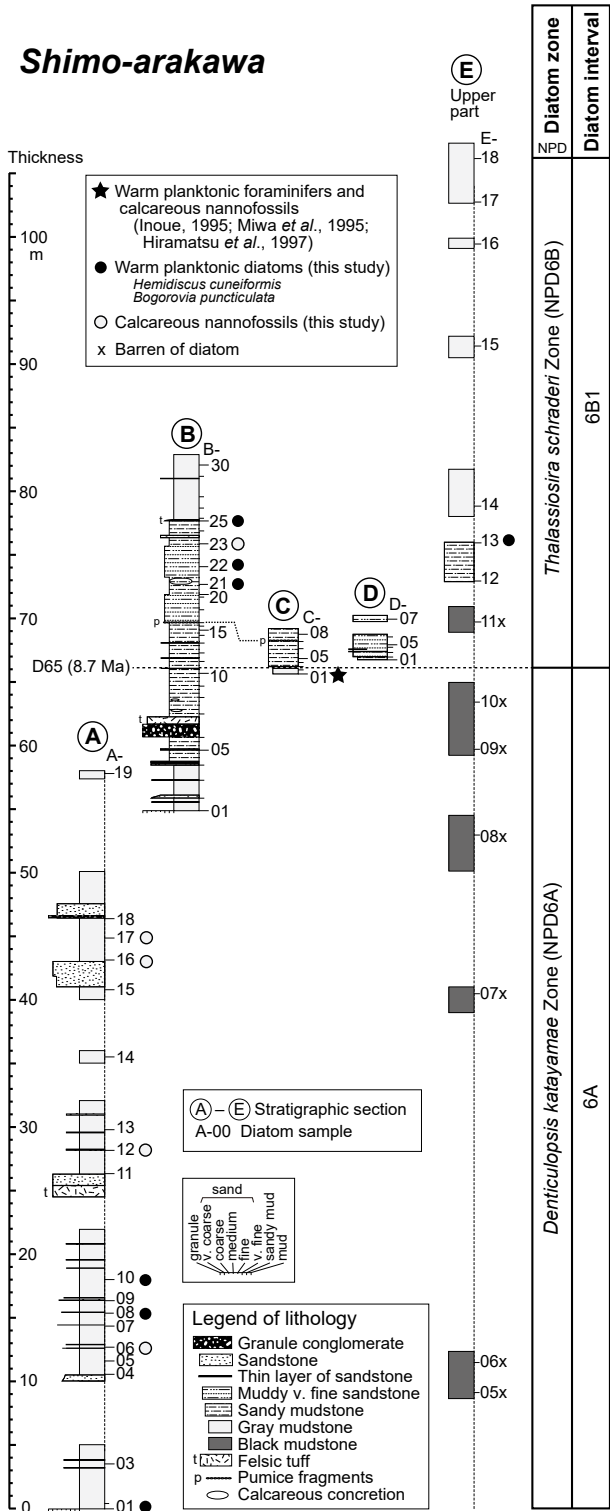
本セクションは荒川左岸に沿ったルートである(第2図)。層厚は約58 mで、主に塊状泥岩からなり、厚さ数cmから2 mの細～極粗粒砂岩層を数10 cmから2、3 mおきに挟む(第5図)。いずれの砂岩層も固結度は低く、凝灰質で軽石を含む。試料A04の直下、試料A15の直上及び試料A18の直上の厚い砂岩層は石灰質で貝殻片や有孔虫を含む。

本セクションでは試料A01-A19を分析した(第1表)。試料A01-A19は、*Denticulopsis katayamae*が多産し、*D. dimorpha*が2試料を除いて含まれていないことから、NPD6A帯(*Denticulopsis katayamae* Zone)に属すると判断した。試料A02とA10は、わずかに*D. dimorpha* var. *dimorpha*を含むことからNPD5D帯の最上部と認定される可能性はある、しかし、その他の試料からは、*D. dimorpha* var. *dimorpha*が全く検出されないこと、また、本セクションからは再堆積と考えられる*D. crassa*、*D. praedimorpha* var. *praedimorpha*、*D. hyalina*、*D. hustedtii*が散点的に産出することから、*D. dimorpha* var. *dimorpha*も再堆積と判断した。

試料A06、12、16、17には石灰質ナノ化石が含まれている。また、試料A01、A08、A10からは暖流系珪藻の*Hemidiscus cuneiformis*が検出される。

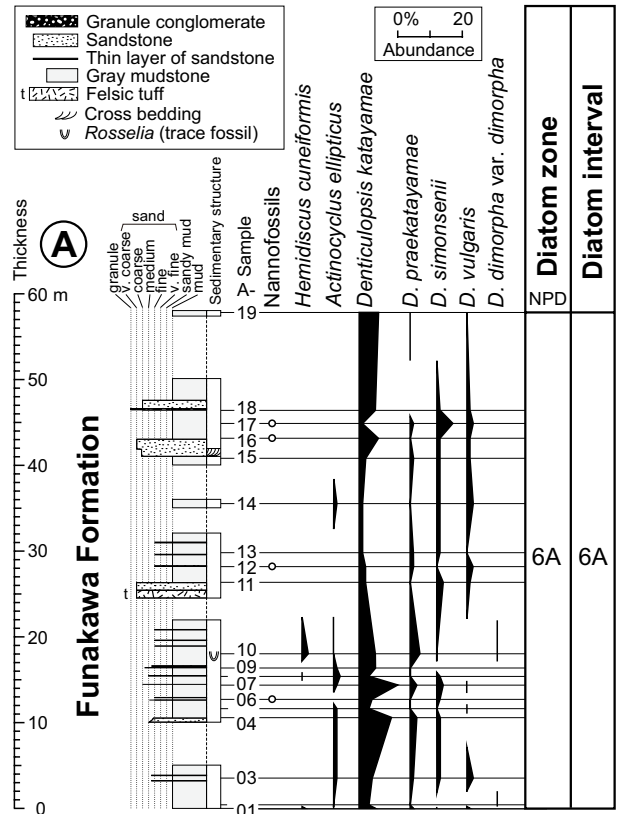
3.2 セクションB

本セクションはセクションAの上流の露頭である(第2図、第3図)。層厚は約28 mで、最下部約4 mと最上部約5 mは塊状の泥岩からなるが、大部分は生物擾乱作用を受けた塊状の砂質泥岩ないし泥質極細粒砂岩からなる(第6図)。セクションの下限から約6 mの層準に、層厚80 cmの細礫層と層厚60 cmの成層した極粗～粗粒の珪長質凝灰岩が挟在する。また、下限から15 mの層準には、厚さ数cmで、細礫大の丸い軽石の散在する層(第6図の柱状図のp)があり、これが次のセクションCとの対比に役立つ鍵層となる。また、下限から23 mの層準に、厚



第4図 層序セクションA-Eの柱状図の対比. 層序セクションEの最下部は省略.

Fig. 4 Correlation of columnar sections of the stratigraphic sections A-E. The lowermost part of the stratigraphic section E is omitted.



第5図 層序セクションAにおける主な珪藻の層序学的分布.
Fig. 5 Stratigraphic occurrence of diatoms in the stratigraphic section A.

さ7 cmの白色珪長質細粒凝灰岩が挟まれている。

本セクションでは試料B01-B30を分析した(第2表). このうち試料B01-B10は, *D. katayamae*が連続産出し, かつ*D. dimorpha*を含まないことから, NPD6A帯と判定できる. 一方, 試料B11-B30は, NPD6A帯の上位にあって*D. katayamae*が産出せず, かつ*Thalassionema schraderi*が産出しないことから, NPD6B帯(*T. schraderi*帯)最下部の区間NPD6B1, すなわち, 生層準D65 (*D. katayamae*の終産出)からD66 (*T. schraderi*の初多産出)の間に当たると判断される.

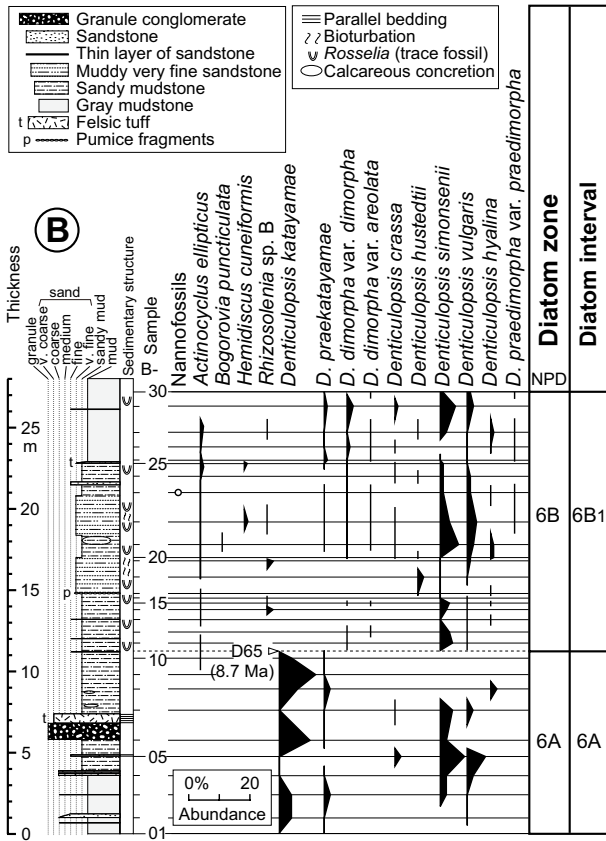
試料B14, B16, B19及びB22から産出する*Rhizosolenia* sp. Bは, 未記載種ではあるが, 殻先端の突起(process)にある耳(otarium)が左右に広がり, 突起全体が蠟燭の炎のような外形を持つので, 識別が容易である(図版1の23). 本種はNPD6B帯最下部に初産出があって, この化石帯内に産出が限定されることが知られている(柳沢, 2012, 柳沢・渡辺, 2017). したがって, この種が産出することは, 試料B11-B30がNPD6B帯に属することを強く支持する.

試料B11-B30では, *Denticulopsis simonsenii*と*D. vulgaris*が連続産出し, 量は少ないものの, *D. praedimorpha* var. *praedimorpha*, *D. hustedtii*, *D. dimorpha* var. *dimorpha*, *D.*

第1表 層序セクションAから産出した珪藻化石.

Table 1 Fossil diatoms from the stratigraphic section A.

| Diatom zone (Diatom interval) | NPD | 6A (6A) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | A- | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Sample number | A- | 87 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 |
| Original sample number (Kiyw-) | | 87 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 |
| Preservation (P: poor, M: moderate, G: good) | | G | P | P | M | G | M | M | M | M | M | M | M | P | P | P | P | P | P | P |
| Abundance (R: rare, C: common, A: abundant) | | C | C | C | A | C | C | C | C | C | A | R | C | C | C | R | R | R | R | R |
| <i>Actinocyclus ellipticus</i> Grunow | | + | + | 1 | 1 | 1 | - | 1 | 2 | 1 | + | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| <i>A. ingens</i> f. <i>ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader | | 6 | 18 | 16 | 4 | 12 | 10 | 3 | 11 | 12 | 7 | 10 | 10 | 30 | 14 | 2 | 2 | 8 | 4 | 5 |
| <i>A. sp. A</i> | | 1 | - | 5 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 3 | - | 1 | 1 | - | - |
| <i>Actinocyclus senarius</i> (Ehrenb.) Ehrenb. | | 5 | 2 | 12 | 2 | 9 | 8 | 6 | 3 | 2 | 4 | 6 | 6 | 8 | 2 | 7 | 9 | 3 | 5 | 6 |
| <i>Adoneis pacifica</i> G.W.Andrews et Rivera | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Arachnoidiscus</i> spp. | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 2 | - | - |
| <i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) P.A.Sims et G.A.Fryxell | | + | - | + | - | + | - | - | 1 | - | 1 | - | + | - | 1 | - | 1 | 2 | + | 1 |
| <i>A. nodulifera</i> (A.W.F.Schmidt) G.A.Fryxell et P.A.Sims | | - | 1 | - | 2 | - | 2 | - | + | - | 3 | 1 | - | - | 2 | 1 | 1 | - | - | - |
| <i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) D.M.Williams | | - | - | + | + | - | 1 | + | + | - | - | + | - | - | - | + | + | - | + | - |
| <i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa | | - | - | - | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| <i>Cestodiscus peplum</i> Brun | | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Cocconeis californica</i> Grunow | | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | 1 | - | - | - |
| <i>C. costata</i> Greg. | | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>C. curviturunda</i> Brun et Temp. | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 1 | - |
| <i>C. scutellum</i> Ehrenb. | | - | 1 | - | - | 1 | + | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - |
| <i>C. vitrea</i> Brun | | 1 | - | 1 | - | 1 | - | 1 | 1 | 1 | + | - | 2 | - | - | 2 | - | 2 | - | 1 |
| <i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenb. | | - | 1 | + | 2 | 1 | - | - | + | - | 1 | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 8 | 3 | 1 | 5 |
| <i>C. radiatus</i> Ehrenb. | | - | + | - | - | 1 | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Delphineis surirella</i> (Ehrenb.) G.W.Andrews | | - | 1 | 1 | - | 1 | - | - | 1 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - |
| <i>Delphineis</i> ? sp. | | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Denticulopsis crassa</i> Yanagisawa et Akiba | | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - |
| <i>D. dimorpha</i> var. <i>dimorpha</i> (Schrader) Simonsen (Closed copula) | | - | - | + | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>D. praedimorpha</i> var. <i>praedimorpha</i> Barron ex Akiba (Closed copula) | | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | + | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| <i>D. hustedtii</i> (Simonsen et Kanaya) Simonsen | | - | - | - | - | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>D. hyalina</i> (Schrader) Simonsen | | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | 1 | - | - | - | 1 | - | - | + | - |
| <i>D. katayamae</i> Maruyama | | 5 | 3 | 4 | 10 | 3 | 4 | 12 | 3 | 5 | 5 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 | 1 | 5 | 6 |
| <i>D. praekatayamae</i> Yanagisawa et Akiba | | 1 | + | 1 | 2 | + | + | 2 | + | + | 3 | + | 1 | 1 | + | 1 | + | 1 | - | + |
| <i>D. simonsenii</i> Yanagisawa et Akiba | | + | - | 1 | 1 | + | 1 | 2 | 1 | - | + | 2 | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | - |
| <i>D. vulgaris</i> (Okuno) Yanagisawa et Akiba | | 1 | - | 2 | - | + | - | + | - | - | 1 | 2 | - | + | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | + |
| S-type girdle view of <i>D. simonsenii</i> group | | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | 1 | 1 | 3 | 2 | - | - |
| D-type girdle view of <i>D. simonsenii</i> group | | 1 | 1 | 1 | 5 | + | 1 | 8 | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 4 |
| <i>Diploneis bombus</i> Ehrenb. | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - |
| <i>D. smithii</i> (Bréb.) Cleve | | 1 | + | - | - | 1 | - | - | 2 | - | - | 1 | 1 | 1 | 2 | - | 1 | 1 | 1 | - |
| <i>Eucampia</i> sp. A (= <i>Hemiaulus polymorphus</i> Grunow) | | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Goniothecium rogersii</i> Ehr. | | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| <i>Grammatophora</i> spp. | | + | 1 | + | - | 1 | - | 1 | - | + | 4 | - | 1 | - | + | + | + | + | 1 | 2 |
| <i>Hemidiscus cuneiformis</i> G.G.Wall. | | 1 | - | - | - | - | - | + | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova | | 2 | 9 | 5 | 5 | 4 | 6 | 9 | 4 | 7 | 4 | 14 | 13 | 6 | 13 | 9 | 15 | 5 | 15 | 17 |
| <i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba | | - | - | - | - | + | - | - | + | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Mastogloia splendida</i> (Grev.) Cleve | | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - |
| <i>M. sol</i> (Ehrenb.) Kützing | | - | - | - | - | - | + | - | 1 | - | + | 1 | - | - | - | - | - | 4 | - | 3 |
| <i>Nitzschia grunowii</i> Hasle | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - |
| <i>N. heteropolica</i> Schrader | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| <i>N. praeereinholdii</i> Schrader | | + | + | + | + | + | 1 | + | 2 | + | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) J.A.Agardh | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Paralia sulcata</i> (Ehrenb.) Cleve | | 13 | 36 | 13 | 12 | 18 | 15 | 12 | 17 | 23 | 6 | 33 | 30 | 25 | 25 | 48 | 30 | 38 | 40 | 35 |
| <i>Proboscia alata</i> (Bright.) Sundstöm | | 2 | 1 | - | - | - | 1 | - | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>P. barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle | | + | 1 | 2 | 2 | 2 | - | - | 1 | 5 | 2 | 2 | 3 | 11 | 12 | 2 | 3 | + | 1 | 4 |
| <i>Rhabdonema japonicum</i> Temp. et Brun | | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>hiemalis</i> Gran | | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - |
| <i>R. miocenica</i> Schrader | | + | 2 | - | 2 | 1 | - | 2 | + | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>R. styliformis</i> Brightw. | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>R. sp. C</i> | | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Rouxia californica</i> Perag. | | + | - | - | + | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| <i>Stellarima microtrias</i> (Ehrenb.) Hasle et P.A.Sims | | 1 | 1 | 1 | 2 | - | - | - | 2 | - | 1 | - | - | - | - | 1 | - | 1 | - | - |
| <i>Stephanogonia hanzawae</i> Kanaya | | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 1 | - | - | - |
| <i>Stephanopyxis</i> spp. | | - | - | - | 1 | 2 | 1 | 1 | - | + | 1 | 2 | 2 | 3 | - | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| <i>Thalassionema hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader | | 1 | 1 | 2 | + | + | - | 1 | - | + | 2 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | + | + |
| <i>T. nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky | | 55 | 18 | 29 | 46 | 38 | 47 | 31 | 42 | 42 | 44 | 20 | 17 | 6 | 9 | 13 | 9 | 11 | 17 | 7 |
| <i>T. schraderi</i> Akiba | | + | + | - | - | 1 | + | - | + | + | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| <i>Thalassiosira brunii</i> Akiba et Yanagisawa | | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>T. grunowii</i> Akiba et Yanagisawa | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 1 |
| <i>T. leptopus</i> (Grunow) Hasle et G.A.Fryxell | | - | - | + | - | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>T. manifesta</i> Sheshukova | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - |
| <i>T. marujamica</i> Sheshukova | | - | - | - | - | - | - | - | 1 | + | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - |
| <i>T. minutissima</i> Oreshkina | | + | - | - | - | - | - | 3 | - | - | 2 | - | + | 2 | - | - | - | - | - | - |
| <i>T. temperei</i> (Brun) Akiba et Yanagisawa | | + | + | + | - | - | - | - | - | - | + | - | - | 2 | 1 | - | 1 | 1 | - | - |
| <i>T. sp. A</i> | | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>T. sp. B</i> | | - | - | - | - | - | + | - | 1 | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow | | - | - | - | - | - | + | - | - | + | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| <i>Triceratium condecorum</i> Brightw. | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| <i>T. arcticum</i> Brightw. | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | + | - | - | - |
| <i>Aulacoseira</i> sp. | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - |
| Total number of valves counted | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Resting spore of Chaetoceros | | 2 | 14 | 37 | 14 | 5 | 20 | 22 | 15 | 22 | 12 | 23 | 29 | 21 | 28 | 22 | 36 | 21 | 33 | 24 |
| Nannofossils | | - | - | - | - | - | ● | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ● | - | ● | - |



第6図 層序セクションBにおける主な珪藻の層序学的分布。
Fig. 6 Stratigraphic occurrence of diatoms in the stratigraphic section B.

dimorpha var. *areolata*, *D. crassa*, *D. praekatayamae*など、NPD6B帯以前に絶滅した種が産出する。このため、試料によっては、NPD5C帯(*Thalassiosira yabei*帯)またはNPD5D帯(*D. dimorpha*帯)と誤認定されてしまう可能性がある。しかし、これらの種は、すべて再堆積であると判断される。

試料B23は石灰質ナノ化石を含む。また、試料B22とB25から暖流系珪藻*Hemidiscus cuneiformis*が、試料B21から同じく暖流系と推定される*Bogorovia puncticulata*が産出した。

3.3 セクションC

本セクションは、セクションBの北東に連続する露頭で、荒川左岸の支流と本流の合流点の北東に位置する(第3図)。層厚は約3.6 mで、生物擾乱作用を受けた塊状の砂質泥岩からなる(第7図)。下限から約2.5 m上位に細礫大の軽石片が散在する層(第7図のp)があり、これによってセクションBと対比することができる(第4図)。

このセクションでは試料C01–C08を分析した(第3表)。最下部の試料C01とC02は、*D. katayamae*が産出して*D. dimorpha*を含まないことから、NPD6A帯と認定され

る。上位の試料C03–C08は、NPD6A帯の上位にあって*D. katayamae*が産出しないことからNPD6B帯最下部の区間NPD6B1と判断される。この結果は、鍵層に基づくセクションBとの岩相対比と整合的である(第4図)。

試料C01とC02は、前述のように、有孔虫試料を採取した痕と推定される河床にあった凹みから採取した試料で、平松ほか(1997)の試料採取位置図(図3)から判断して、どちらかの試料が井上(1995)、三輪ほか(1995)及び平松ほか(1997)が石灰質微化石を報告した試料と同じ層準に相当するものと思われる。ただし、今回の分析では、石灰質ナノ化石や有孔虫はいずれの試料からも検出されなかった。

3.4 セクションD

セクションDは、セクションCの東に隣接する露頭で(第3図)、岩相の対比ではセクションCの中上部に相当する(第4図)。ただし、セクションBとCにおいて対比の鍵層となった軽石散在層はセクションDでは見られない(第8図)。層厚は約3.6 mで、最下部20 cmの砂質泥岩を除くと、主体は生物擾乱作用を強く受けた塊状泥質極細粒砂岩からなる。分析した7試料(D01–D07)は、*D. simonsenii*と*D. vulgaris*がほぼ連続的に産出するが、*D. katayamae*は含まれていない(第3表)。この内容は、隣接するセクションCの中上部と共通し、NPD6B帯の区間NPD6B1に当たると判断される。*D. crassa*と*D. dimorpha* var. *dimorpha*が一部の試料から産出するが、これらは再堆積と推定される。

3.5 セクションE

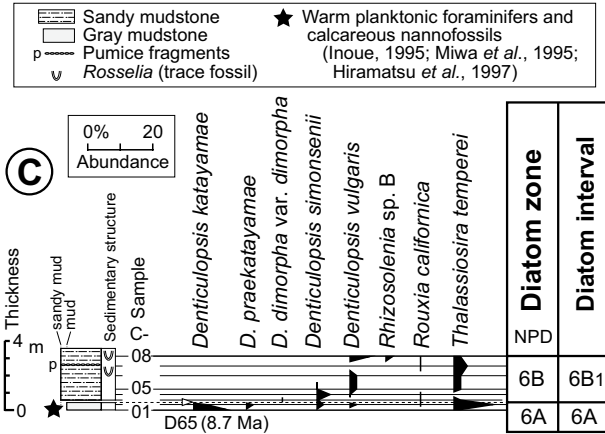
セクションEは、荒川から南東方向に伸びる支沢に沿った道路沿いのルートである(第2図)。層厚は約150 mで、最下部に珪長質凝灰岩があり、その上位は下部及び中部が帯紫色黒色泥岩、上部が灰色泥岩からなる(第9図)。18試料(E01–E18)を採取したが、珪藻化石が産出したのは上部の灰色泥岩から採取した7試料(E12–E18)のみで(第3表)、下部及び中部の帯紫色黒色泥岩の試料(E01–E11)からは珪藻は産出しなかった。

試料E12–E18からは、*D. simonsenii*と*D. vulgaris*がほぼ連続産出し、試料E13–E15から*D. dimorpha* var. *dimorpha*も産出することから、NPD5D帯と認定されてしまう恐れがある。しかし、セクションBと同様にNPD6B帯内に産出が限定される*Rhizosolenia* sp. Bが試料E12とE16から産出することから、試料E12–E18は、NPD6B帯最下部の区間NPD6B1に相当すると判断され、*D. dimorpha* var. *dimorpha*は再堆積と思われる。

4. 考察

4.1 石灰質微化石産出層準の年代

本項では、下荒川の石灰質微化石産出層準の珪藻化石



第7図 層序セクションCにおける主な珪藻の層序学的分布.
Fig. 7 Stratigraphic occurrence of diatoms in the stratigraphic section C.

層序について、本研究の結果と既報の研究を比較し、さらに浮遊性有孔虫及び石灰質ナノ化石層序も考慮して、その年代を確定する。

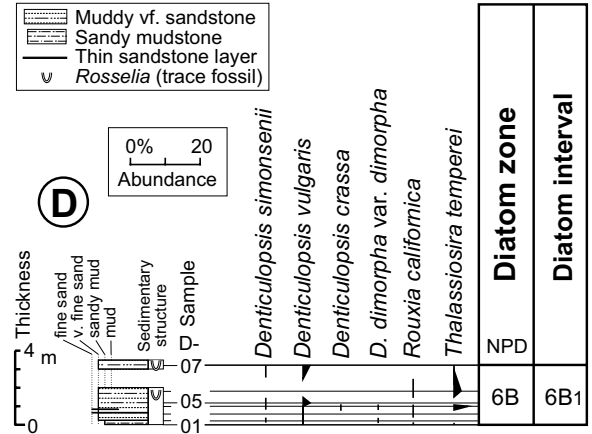
本研究によって、石灰質微化石が産出した場所とほぼ同じ所から採取した試料C01とC02はNPD6A帯に属することが明らかとなった。しかも、この2試料の直上数10 cm以内にはNPD6A帯とNPD6B帯の境界、すなわち生層準D66 (*D. katayamae*の終産出層準, 8.7 Ma)が存在する(第7図)。したがって、下荒川の暖流系の石灰質微化石を産する層準の年代は、両珪藻化石帯の境界の年代8.7 Maで近似できる(第10図)。

三輪ほか(1995)は石灰質微化石を産する試料から、*Thalassionema nitzschioides*, *Paralia sulcata*, *D. katayamae*などを主とし、*D. dimorpha*がわずかに付随する珪藻群集を報告し、これをNPD6A帯とした。一方、平松ほか(1997)は、*D. dimorpha*の産出を重視し、この試料を*D. dimorpha*と*D. katayamae*が共産するNPD5D帯と認定した。

本研究でも、試料C01とC02から*D. katayamae*を含む珪藻群集を検出したが、*D. dimorpha*は見いだせなかった。前述のように、これらの試料の数十cm上位に、生層準D66が存在するので、石灰質微化石が産した層準は、NPD6A帯の上限付近であることは確かである(第7図)。したがって、石灰質微化石産出試料から検出されたと思われる*D. dimorpha*は再堆積と思われる。

本研究においても、NPD6A帯の試料で、再堆積したと推定される*D. dimorpha*を含む試料(セクションAの試料A02とA10)が認められる(第5図)。また、セクションB-EのNPD6B帯に属する多くの試料から、再堆積したと判断される*D. dimorpha*が検出されている(第6図～第9図)。これらのことは、石灰質微化石産出試料から産出した*D. dimorpha*が再堆積であるという推定を裏付けている。

土谷・吉川(1994)は、本研究のセクションAの試料



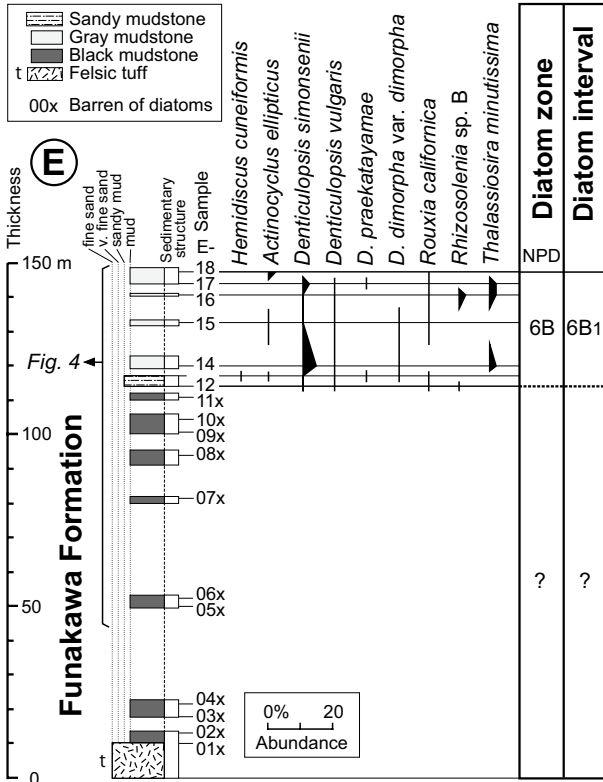
第8図 層序セクションDにおける主な珪藻の層序学的分布.
Fig. 8 Stratigraphic occurrence of diatoms in the stratigraphic section D.

A04の採取地点付近(第2図)から、NPD6A帯の珪藻群集を報告しており、これは本研究の結果と一致する。また、土谷・吉川(1994)は、本研究のセクションEの上部にあたる試料E17及びE14採取地点付近(第2図)からも珪藻化石を検出し、化石帯指標種が産出しなかったためか、化石帯は認定していないが、群集組成は本研究のものとよく似ている。

次に、暖流系の石灰質微化石が産出した層準の浮遊性有孔虫層序と石灰質ナノ化石層序について検討する。井上(1995)は下荒川の船川層から、暖流系種を含む浮遊性有孔虫を報告しているが、珪藻化石層序に言及しているだけで、浮遊性有孔虫層序には触れていない。一方、秋田県矢島地域の女川層から産出した類似する組成を持つ浮遊性有孔虫群集については、その組成からBlow(1969)のN.16帯に相当するとしている。下荒川と矢島地域の群集は似てはいるが多少組成が異なり、同一層準のものかどうかについて、井上(1995)には記述はないが、仮に両者が対比され、下荒川の群集もN.16帯に相当するとしても、これは本研究で明らかになった珪藻化石年代とは矛盾しない(第10図)。

三輪ほか(1995)は下荒川の試料から産出した石灰質ナノ化石について、*Sphenolithus neoabies*が検出されたことを根拠にして、Okada and Bukry(1980)のCN5-CN11帯に対比している。一方、平松ほか(1997)は、化石帯認定に有効な種が認められないとしつつ、*Discoaster braarudii*の産出と、有孔虫化石及び珪藻化石の分析結果を総合して、暖流系の石灰質微化石の産出試料をCN8帯に対比できるとしている。いずれの石灰質ナノ化石層序の認定も、本研究で確定した珪藻化石年代とは矛盾しない(第10図)。

以上のように、下荒川で暖流系の石灰質微化石が産出した層準は、珪藻化石層序ではNPD6A帯の上限付近で



第9図 層序セクションEにおける主な珪藻の層序学的分布。
Fig. 9 Stratigraphic occurrence of diatoms in the stratigraphic section E.

あり、その年代は約8.7 Maと推定される。これは、浮遊性有孔虫や石灰質ナノ化石年代とも矛盾しない。

4.2 暖流系種を含む微化石群集の内容

次に下荒川で産出した暖流系種を含む微化石群集の組成について考察する。

井上(1995)は下荒川の船川層から、寒流系の左巻 *Neogloboquadrina pachyderma* が豊富産し、暖流系種の *Globorotalia cf. linguaensis*, *G. cf. scitula* 及び *Globigerinoides* spp. が付随する浮遊性有孔虫群集を報告している。また、平松ほか(1997)によれば、石灰質ナノ化石群集は、*Coccolithus pelagicus* を主体とし、これに *Reticulofenestra gelida* を伴うことで特徴づけられ、それに低頻度の *Sphanolithus abies*, *Discoaster braarudii*, *D. brouweri*, *D. variabilis* などの暖流系種を伴う組成である。以上のように、下荒川の船川層の浮遊性有孔虫及び石灰質ナノ化石群集は、基本的には寒流系であり、それにわずかに暖流系種が混じる組成であることがわかる。

珪藻化石では、*Paralia sulcata*, *Hyalodiscus obsoletus*, *Actinopterychus senarius*, *Melosira sol* などの沿岸性種が多産し、これらに次いで沖合と沿岸域の漸移帯で優占する *Thalassionema nitzschioides* も産出しており、基本的

には沿岸性の群集組成である。沖合の浮遊性種としては、*Denticulopsis* spp., *Actinocyclus ingens*, *Coscinodiscus marginatus* が比較的多く産出している。これらは、いずれも中-高緯度域を中心に分布する種であり(Barron, 1985)、寒流系と推定できる。一方、下荒川の船川層から産出した珪藻の中で明確に暖流系浮遊性種と断定できるのは、Kanaya and Koizumi (1966)が暖流系種とした *Hemidiscus cuneiformis* と、Yanagisawa (1995)が暖流系とした *Bogorovia puncticulata* のみである。*H. cuneiformis* の産出は散点的で、セクションAのNPD6A帯の試料A01, A08, A10 (第5図)、セクションBのNPD6B帯の試料B22, B25 (第6図)及びセクションEのNPD6B帯の試料E13 (第9図)から、わずかに検出されただけである(第1表~第3表)。また、*B. puncticulata* はセクションBのNPD6B帯の試料B21から産出したのみである(第6図)。このように、浮遊性珪藻群集においても寒流系が優占し、わずかに暖流系が散点的に含まれるという組成である。

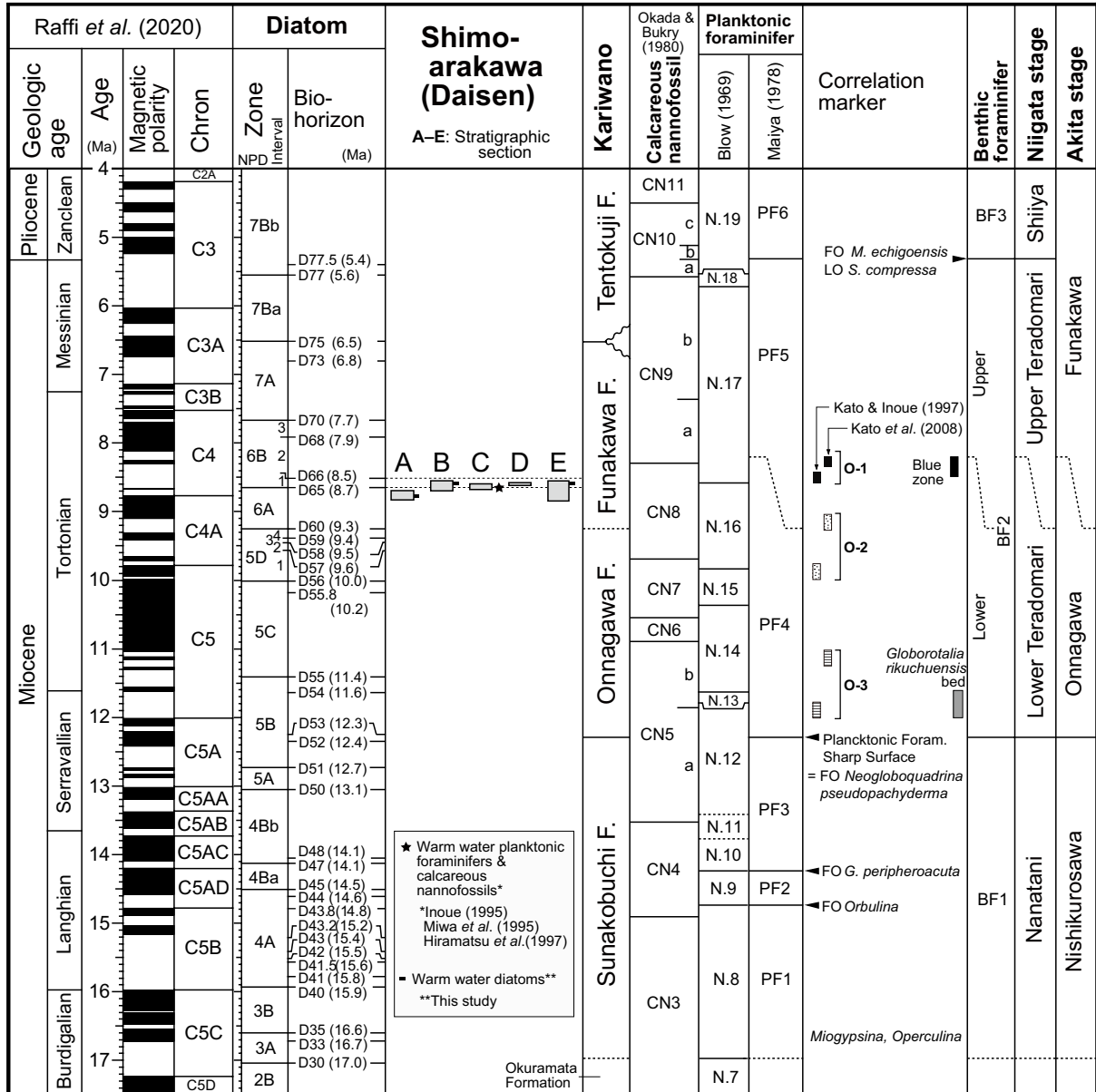
以上から、浮遊性有孔虫、石灰質ナノ化石及び浮遊性珪藻の3種類の浮遊性微化石群集は共通して基本的に寒流種が主体で、それに暖流系種がわずかに付随するという群集組成であることがわかる。このことは、寒冷な表層水が支配的であった当時の日本海に、太平洋側から微弱な暖流が流入し、それに含まれていた暖流系種が、寒流系種の優占する群集に混じり込んだことを示唆している。

この暖流の流入イベントは、暖流系珪藻の *H. cuneiformis* や *B. puncticulata* の産出状況も考慮すると、暖流系石灰質微化石が検出されたNPD6A帯の上限付近に限定されるのではなく、少なくともNPD6A帯上部からNPD6B帯下部にわたる区間と判断される。ただし、本研究で検討した年代区間は限られているので、暖流の流入イベントの下限及び上限の年代を確定することはできない。

4.3 暖流系石灰質微化石産出層準の対比と年代

次に日本海側を含む東日本各地で記録されている女川階及び船川階における暖流の一時的流入イベントの対比について考察する。

暖流の一時的流入を示唆する石灰質微化石の産出層準として、前述のように、秋田地域では上位からO-1, O-2及びO-3群集が認められる(第10図; 加藤・井上, 1997)。このうちO-1群集が最も広く分布し、新潟地域の“Blue zone”(渡辺, 1976)にも対比される可能性が高い(加藤ほか, 2004)。加藤・井上(1997)は、微化石データやFT年代から、O-1, O-2及びO-3群集の年代を、それぞれ約8.5 Ma, 約10 Ma及び約12 Maと推定した(第10図)。その後、加藤ほか(2008)は、ストロンチウム同位体層序年代(加藤・中野, 1999)と、追加FT年代値(加藤ほか, 2008)を加味して、O-1, O-2及びO-3群集の年代を、それぞれ約



第10図 秋田県大仙市下荒川付近の船川層の珪藻化石年代。地磁気極性年代尺度：Raffi et al. (2020)；珪藻化石帯：Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998), 年代はWatanabe and Yanagisawa (2005)で改訂；刘和野図幅地域の層序：土谷・吉川 (1994)；石灰質ナノ化石帯：Okada and Bukry (1980)；浮遊性有孔虫化石帯：Blow (1969), 米谷 (1978)；底生有孔虫化石帯：Matsunaga (1963), 米谷 (1987)。

Fig. 10 Diatom chronology of the Funakawa Formation distributed around Shimo-arakawa, Daisen City, Akita Prefecture. Geomagnetic polarity time scale: Raffi et al. (2020); Diatom zonation: Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998), partly revised by Watanabe and Yanagisawa (2005); Lithostratigraphy in the Kariwano district: Tsuchiya and Yoshikawa (1994); Nannofossil zonation: Okada and Bukry (1980); Planktonic foraminiferal zonation: Blow (1969) and Maiya (1978); Benthic foraminiferal zonation: Matsunaga (1963) and Maiya (1987).

8.2 Ma, 約9 Ma, 及び約11 Maに改めた。

下荒川で認められた暖流系の微化石産出層準は、珪藻化石層序のNPD6A帯最上部からNPD6B帯最下部にわたり、やや年代にずれは認められるものの、O-1群集にほぼ対比できる(第10図)。

ところで、下荒川での暖流系の微化石産出層準は船川

層であるのに対し、加藤・井上(1997)が定義したO-1群集は女川層の最上部に含まれ、両者で属する地層が異なっている。この食い違いは、的場(1992)が指摘するように、女川層と船川層の境界の年代が地域によりずれていることに起因している可能性が高い。

5. まとめ

本研究では、従来年代が曖昧であった秋田県大仙市下荒川の船川層から見いだされた暖流系の浮遊性有孔虫及び石灰質ナノ化石の産出層準の正確な年代を決めるため、珪藻化石分析を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 暖流系石灰質微化石の産出層準は、珪藻化石帯のNPD6A帯の上限付近(8.7 Ma)に位置づけられることが確定した。暖流系珪藻の*Hemidiscus cuneiformis*や*Bogorovia pucticulata*の産出状況を加味すると、この付近の暖流系微化石の産出区間は、NPD6A帯最上部からNPD6B帯最下部下部に相当する。
- 2) 日本海側地域で見つかっている暖流系微化石を伴う3つの石灰質有孔虫群集、すなわちO-1群集(=“Blue zone”), O-2群集, O-3群集のうち、下荒川の群集はほぼO-1群集に対比される。
- 3) 浮遊性有孔虫、石灰質ナノ化石及び浮遊性珪藻の群集は、寒流種が主体で暖流系種がわずかに付随する組成であり、このことは、寒冷な表層水が支配的であった当時の日本海に、太平洋側から微弱な暖流が流入したことを示唆する。

謝辞: 地質調査総合センター研究戦略部の渡辺真人博士及び地質情報研究部門の板木拓也博士からは、原稿に関連して有益な助言を受けた。また、査読者である地質情報研究部門の宇都宮正志博士及び担当編集委員である地質情報研究部門の納谷友規博士による建設的なコメントにより、本稿は大きく改善された。深く感謝の意を表する。

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**, 393–480. U. S. Government Printing Office, Washington D. C.
- Barron, J. A. (1985) Miocene to Holocene planktic diatoms. *In* Bolli *et al.*, eds. *Plankton Stratigraphy*, Cambridge Univ. Press, 763–809.
- Blow, W. H. (1969) Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *In* Brönnimann, P. and Renz, H. H. eds., *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils* (Geneve, 1976), Leiden, no. 1, 199–421.
- 平松 力・三輪美智子・井上洋子・深沢知恵(1997) 東北地方の日本海沿岸地域における中新統の石灰質ナノ化石層序. 瑞浪市化石博物館研究報告, no. 24,

27–38.

- 井上洋子(1995) 東北日本油田地域における中～後期中新世の暖海性浮遊性有孔虫化石. 平成7年度石油技術協会春期講演会シンポジウム・個人講演要旨集, 64.
- 井上洋子・加藤 進・三輪美智子(2008) 新潟地域の寺泊層下部の有孔虫化石群集. 瑞浪市化石博物館研究報告, no. 34, 99–110.
- 井上洋子・加藤 進・三輪美智子(2012) 山形県新庄盆地北西部における草薙層および古口層の地質年代. 瑞浪市化石博物館研究報告, no. 38, 83–97.
- 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), *Science Reports of the Tohoku University, Sendai, Second Series (Geology)*, **37**, 89–130.
- 加藤 進・井上洋子(1997) 秋田県鮎川—由利原地域の女川層の有孔虫化石. 瑞浪市化石博物館研究報告, no. 24, 39–49.
- 加藤 進・中野孝教(1999) 石油探鉱におけるストロンチウム同位体層序. 石油技術協会誌, **64**, 72–79.
- 加藤 進・井上洋子・一ノ関鉄郎(1995) 山形県新庄盆地の中部中新統からの浮遊性有孔虫化石の産出とそれらの年代および古環境. 瑞浪市化石博物館研究報告, no. 22, 9–18.
- 加藤 進・小田 浩・檀原 徹(2004) 寺泊層底生有孔虫マーカーの年代. 石油技術協会誌, **69**, 385–394.
- 加藤 進・檀原 徹・小田 浩(2008) 秋田県鮎川—由利原地域の中新統のフィッシュン・トラック年代. 石油技術協会誌, **73**, 397–406.
- 米谷盛寿郎(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), 35–60.
- 米谷盛寿郎(1987) 裏日本油田地域における底生有孔虫化石帯区分の現状と問題点. 石油技術協会誌, **52**, 351.
- 米谷盛寿郎(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進化・変遷とそれに関連するイベント(大阪市立自然史博物館特別出版物), 31–48.
- 的場保望(1992) 秋田油田新第三系・第四系層序に関する最近の変革. 石油技術協会誌, **57**, 315–333.
- Matsunaga, T. (1963) Benthic smaller Foraminifera from the oil fields of northern Japan. *Science Reports of the Tohoku University, Sendai, Second Series (Geology)*, **35**, 67–122.
- 三輪美智子・秋葉文雄・平松 力(1995) 秋田県河辺郡協和町船川層からの底生有孔虫化石群集. 日本古生物学会1995年年会予稿集, 94.
- 岡田尚武(1981) 28.北海道平取地域. 土 隆一編, 日本

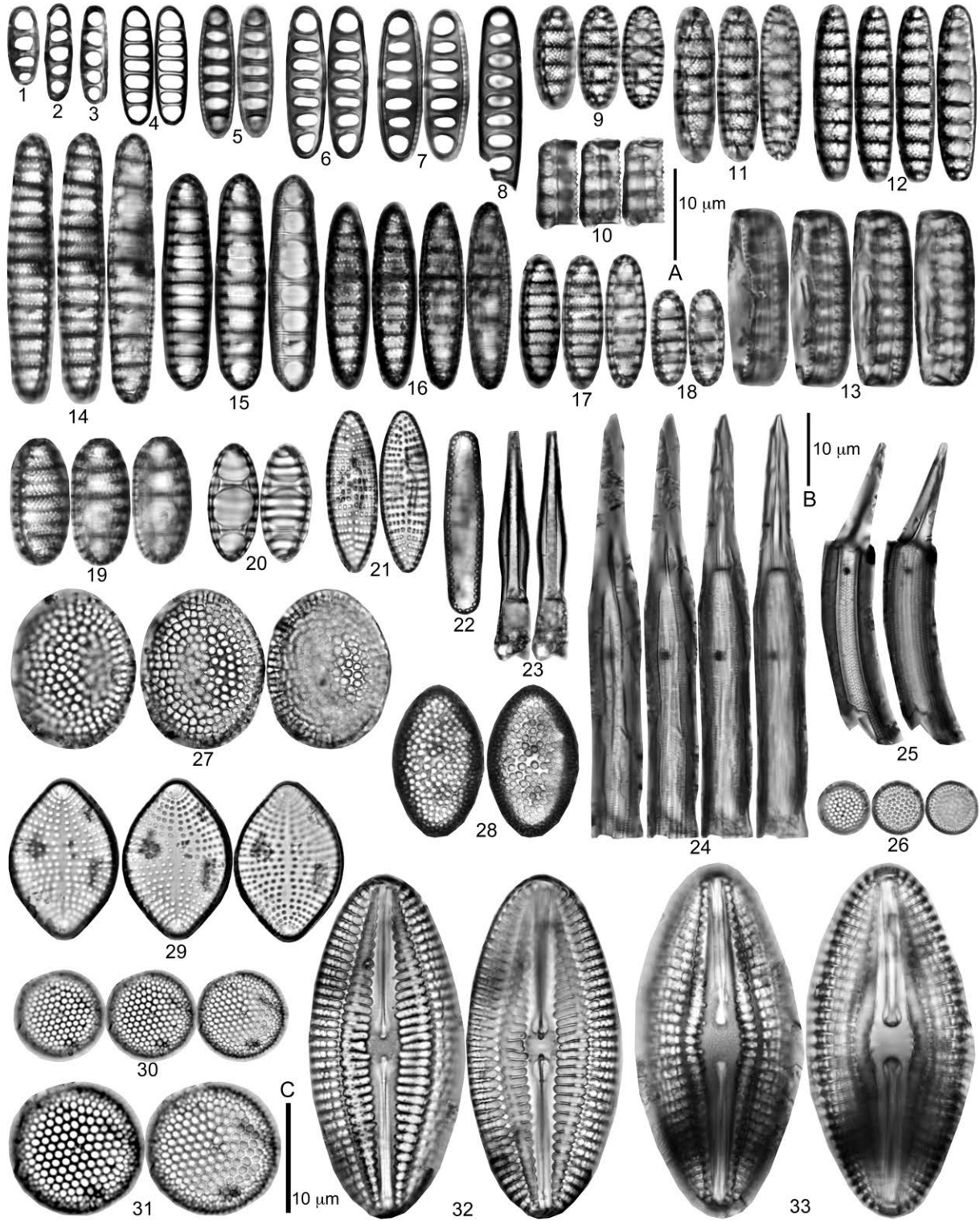
- の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料[続編], 80.
- 岡田尚武(1988)東北日本北部の新第三系における石灰質ナノ化石層序. 飯島 東編, 第三紀珪質頁岩層の総合研究, 81-86.
- Okada, H. and Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Marine Micropaleontology*, **5**, 321-325.
- 大沢 穠・須田芳朗(1980)20万分の1地質図幅[秋田及び男鹿]. 地質調査所.
- 大沢 穠・広島俊男・駒沢正夫・須田芳朗(1988)20万分の1地質図幅[新庄及び酒田]. 地質調査所.
- Raffi, I., Wade, B. S. and Pälke, H. (2020) Chapter 29, The Neogene Period. In Gradstein, F. M. *et al.* eds. *Geologic Time Scale 2020*, 1141-1215. Elsevier, Amsterdam, Oxford, Cambridge.
- 白石建雄・臼田雅郎・的場保望・岡本金一(1993)第5章新第三系・第四系, 5.13 秋田地域. 日本の地質[東北地方]編集委員会編, 日本の地質2 東北地方, 共立出版, 163-169.
- 高橋 清(1972)秋田油田地域における西黒沢—女川層の有孔虫化石群集について. 石油資源開発(株)技研所報, **16**, 88-112.
- 土谷信之・吉川敏之(1994)刈羽野地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 72p.
- 臼田雅郎・村山 進・白石建雄・高安泰助・乗富一雄(1978)5万分の1総合地質図幅[大曲]及び説明書. 秋田県, 100p.
- 渡辺其久男(1976)新潟県頸城地域の含油新第三系の有孔虫化石層序. 新潟大学理学部地質鉱物学教室研究報告, no. 4, 179-190.
- 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.
- Yanagisawa, Y. (1995) Cenozoic diatom genus *Bogorovia* Jousé: An emended description. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 177, 21-42.
- 柳沢幸夫(2012)佐渡島羽茂地域の後期中新世海生珪藻化石. 地質調査総合センター研究資料集, no. 568, 1-19.
- 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・渡辺真人(2017)大佐渡地域南部に分布する新第三系の海生珪藻化石層序. 地質調査研究報告, **68**, 287-339.

(受付: 2020年9月18日; 受理: 2021年10月1日)

図版1 下荒川の船川層から産出した珪藻化石。

Plate 1 Diatoms from the Funakawa Formation in the Shimo-arakawa area. Scale A: figs. 1–20; Scale B: figs. 21–30, 32, 33; Scale C: fig. 31

- 1–5: *Denticulopsis dimorpha* var. *dimorpha* (Schrader) Simonsen [closed copula]
[1: B22 (Kyw-09); 2: A02 (Kyw-21); 3: B28 (Kyw-15); 4: B15 (Kyw-20); 5: B20 (Kyw-07)]
- 6–8: *Denticulopsis dimorpha* var. *areolata* Yanagisawa et Akiba [closed copula]
[6: B28 (Kyw-15); 7: B12 (Kyw-19); 8: B22 (Kyw-09)]
- 9, 10: *Denticulopsis dimorpha* var. *dimorpha* (Schrader) Simonsen
[9: B20 (Kyw-07), valve; 10: B30 (Kyw-18), girdle view of valve and copula]
- 11–13: *Denticulopsis dimorpha* var. *areolata* Yanagisawa et Akiba
[11: B27 (Kyw-14), valve; 12: B15 (Kyw-20), valve; 13: B23 (Kyw-10), girdle view of valve and copula]
- 14, 16: *Denticulopsis praekatayamae* Yanagisawa et Akiba
[14: B21 (Kyw-08); 16: B22 (Kyw-09)]
- 15: *Denticulopsis vulgaris* (Okuno) Yanagisawa et Akiba [B12 (Kyw-19)]
- 17: *Denticulopsis simonsenii* Yanagisawa et Akiba [A05 (Kyw-24)]
- 18: *Denticulopsis katayamae* Maruyama [A07 (Kyw-26)]
- 19: *Denticulopsis crassa* Yanagisawa et Akiba [B27 (Kyw-14)]
- 20: *Denticulopsis hustedtii* (Simonsen et Kanaya) Simonsen [B20 (Kyw-07)]
- 21: *Delphineis?* sp. [A05 (Kyw-24)]
- 22: *Thalassionema hirosakiensis* (Kanaya) Schrader [D07 (Kyw-57)]
- 23: *Rhizosolenia* sp. B [B15 (Kyw-20)]
- 24: *Rhizosolenia* sp. C [A05 (Kyw-24)]
- 25: *Rhizosolenia miocenica* Schrader [A05 (Kyw-24)]
- 26: *Thalassiosira minutissima* Oreshkina [B26 (Kyw-13)]
- 27: *Thalassiosira temperei* (Brun) Akiba et Yanagisawa [D07 (Kyw-57)]
- 28: *Actinocyclus ellipticus* Grunow [B25 (Kyw-12)]
- 29: *Adoneis pacifica* G.W.Andrews et Rivera [B25 (Kyw-12)]
- 30, 31: *Thalassiosira* sp. [B12 (Kyw-19)]
- 32, 33: *Diploneis smithii* (Bréb) Cleve [32: B20 (Kyw-07); 33: B22 (Kyw-09)]



図版2 下荒川の船川層から産出した珪藻化石.

Plate 2 Diatoms from the Funakawa Formation in the Shimo-arakawa area. Scale A: figs. 1–8, 10–14; Scale B: fig. 9.

1a–1d, 2a–2d: *Hyalodiscus obsoletus* Sheshkova (with organic particles) [B22 (Kyw-09)]

3a–3d: Cluster of organic particles similar to those of figs. 1a–1d and 2a–2d [B22 (Kyw-09)]

4: *Hyalodiscus obsoletus* Sheshkova [B26 (Kyw-13)]

5: *Azpeitia nodulifera* (A.W.F. Schmidt) P.A. Sims et G.A. Fryxell [B22 (Kyw-09)]

6a–6c: *Diploneis smithii* (Bréb.) Cleve [B22 (Kyw-09)]

7: *Actinocyclus ingens* f. *ingens* (Rattrey) Whiting et Schrader [B22 (Kyw-09)]

8: *Lyrella* sp. [B22 (Kyw-09)]

9: *Cocconeis californica* Grunow [B22 (Kyw-09)]

10: *Denticulopsis praedimorpha* var. *praedimorpha* Barron ex Akiba [B22 (Kyw-09)]

11: *Hemidiscus cuneiformis* G.G. Wall. [B22 (Kyw-09)]

12: *Paralia sulcata* (Ehrenb.) Cleve [B22 (Kyw-09)]

13: *Bogorovia puncticulata* Yanagisawa [B21 (Kyw-08)]

14: *Actinoptychus senarius* (Ehrenb.) Ehrenb. [B22 (Kyw-09)]

15: *Grammatophora* sp. [B22 (Kyw-09)]

