

原著論文

北海道日高地方波恵川における平取断層付近の中
新統珪質微化石層序Miocene siliceous micro-biostratigraphy near the Biratori Fault, Hae River,
Hidaka District, Hokkaido, Japan.庄司絵利加^{1*}・秋葉文雄²・柴田 樹³・岩間崇将¹・萩野 穰¹・
吉村祐花⁴・佐藤南緒⁵・本山 功⁶
Erika Shoji^{1*}, Fumio Akiba², Miki Shibata³, Takamasa Iwama¹, Minori Hagino¹, Yuka
Yoshimura⁴, Nao Sato⁵ and Isao Motoyama⁶

Article

2022年12月6日 受付, 2023年2月28日 受理

要旨

従来の研究により、北海道日高地方波恵川本流付近では平取断層を挟んで中部中新統のアベツ層・二風谷層と上部中新統の荷葉層が接していると考えられているが、これまで露頭において断層は確認されていなかった。平取断層の存在が推定されている付近の地層は主に泥岩からなり、少量の砂岩・礫岩を伴うものの、岩相のみから地層区分を行うことは難しいため、放散虫および珪藻化石層序に基づいて、地層の年代と断層位置の特定を試みた。放散虫化石分析の結果、下位から *Lithocampe subligata* 帯, *Dendrospyrus sakaii* 帯, *Eucyrtidium inflatum* 帯の a 亜帯 および *Lychnocanoma magnacornuta* 帯の 4 帯を、珪藻化石分析の結果、下位から NPD3B 帯, NPD4A 帯, NPD4B 帯および NPD5C 帯を認定することができた。*Eucyrtidium inflatum* 帯の b 亜帯の欠損と NPD5A 帯と NPD5B 帯の欠損により示唆される断層の位置の河床の砂利を掘って岩盤を確認したところ、断層破碎帯を挟んでアベツ層と荷葉層が接している断層露頭を確認することができた。今回得られた地層の推定年代は、滝の上動物群の年代がブルディガリアン期に相当することを示唆している。

Abstract

According to previous studies, the Middle Miocene Abetsu and Nibutani Formations and the Upper Miocene Nina Formation are in contact with each other across the Biratori Fault in the vicinity of the Hae River, Hidaka District, Hokkaido. However, no exposure of the fault has been observed so far in this area, and it is difficult to classify strata on the basis of lithofacies alone, since the strata in this area are mainly composed of fairly monotonous mudstone although accompanied by minor sandstone and conglomerate. Therefore, we determined the age of the strata and fault locations, taking radiolarian and diatom stratigraphy into consideration. As a result, the radiolarian *Lithocampe subligata*, *Dendrospyrus sakaii*, lower *Eucyrtidium inflatum* and *Lychnocanoma magnacornuta* Zones and the diatom NPD3B, NPD4A, NPD4B and NPD5C Zones were recognized, with the lack of the upper part (subzone B) of the *E. inflatum* Zone and the NPD5A and NPD5B Zones approximating the location of the fault. By digging the gravel of the riverbed at the presumed location and observing the bedrock, we were able to confirm the fault outcrop where the Abetsu and Nina Formations are in contact with each other across the fault crush zone. The estimated age of the Sakae Formation indicates that the Takinoue Fauna is correlated with the Burdigalian stage.

キーワード：平取断層, 新第三紀, 放散虫, 珪藻, 生層序, 滝の上動物群

Keywords: Biratori Fault, Neogene, Radiolaria, diatom, biostratigraphy, Takinoue Fauna

- 1: 山形大学大学院理工学研究科, 山形県山形市小白川町 1-4-12
Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University, Yamagata 990-8560, Japan
- 2: (有)珪藻ミニラボ, 埼玉県飯能市岩沢 632-12
Diatom MiniLab Akiba Ltd., 632-12 Iwasawa, Hanno 357-0023, Japan
- 3: 中央開発株式会社東北支店, 宮城県仙台市若林区蒲町東 20-6
Chuo Kaihatsu Corporation, 20-6 Kabanomachi-Higashi, Wakabayashi-ku, Sendai 984-0016, Japan
- 4: 元山形大学理学部, 山形県山形市小白川町 1-4-12
Faculty of Science, Yamagata University, Yamagata 990-8560, Japan
- 5: 山形大学理学部, 山形県山形市小白川町 1-4-12
Faculty of Science, Yamagata University, Yamagata 990-8560, Japan
- 6: 山形大学学術研究院 (理学部), 山形県山形市小白川町 1-4-12
Faculty of Science, Yamagata University, Yamagata 990-8560, Japan

* Corresponding author E-mail address: erika1999@i.softbank.jp

はじめに

平取断層は日高衝突帯-前縁褶曲・衝上断層帯（伊藤, 2000）に属する衝上性の断層の一つであり, 地表では北は安平町追分付近から南は日高町厚賀付近まで総延長 60 km にわたって追跡される. これは千島弧と東北本州弧の衝突による地殻の短縮に伴って生じた断層とされ, 付随する褶曲構造とともに石狩-日高地域の新第三系中に油田構造を生じさせている（香東ほか, 2002）. 平取断層はむかわ町穂別の栄付近の露頭で断層の露出が確認されているが（今井・角, 1957）, それ以外では断層露頭は確認されておらず, 地表における断層の所在や性質の詳細は不明である.

日高町門別地区の波恵川流域には白亜系と新第三系が

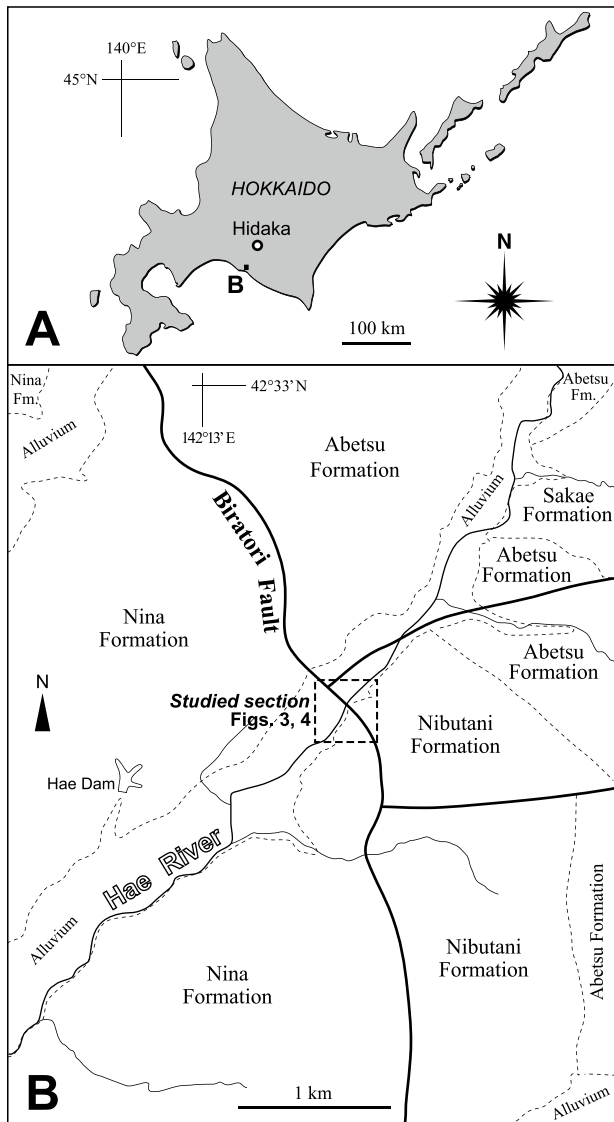


図 1. 位置図. 図 B の地質単位とその境界は今井・角 (1957) に基づく.

Fig. 1. Index map. Geological units and boundaries in figure B are after Imai and Sumi (1957).

分布し, 新第三系を二分するように平取断層が北西-南東方向に縦走する (図 1). 波恵川流域の新第三系は下位から栄層, アベツ層, 二風谷層, 荷葉層に区分され, 平取断層の北東側に栄層・アベツ層・二風谷層が, 南西側に荷葉層が分布しているとされる (今井・角, 1957) (図 1, 2). 波恵川流域の新第三系については, 珪藻化石による生層序学的研究がある (嵯峨山ほか, 1992; 丸山ほか, 2019). また, 波恵川中流から採取された鯨類化石を含む石灰質ノジュールの転石について放散虫化石と珪藻化石による年代分析がなされ, 荷葉層に相当する年代が示されている (本山ほか, 2016). これらの研究のうち丸山ほか (2019) は, 荷葉層から珪藻化石帯の NPD5B 帯, NPD5D 帯~NPD7B 帯を認め, NPD5C 帯が欠落する層準に平取断層が存在する可能性を示唆している. その層準は, 荷葉層の珪藻質泥岩の中に位置し岩相に顕著な変化は認められていない. またその場所は, 今井・角 (1957) の地質図に描かれている平取断層の位置から下流側へ 200 m あまりずれている. 以上を考慮に入れて, 本研究では波恵川本流における平取断層の位置の特定を目的として, 詳細な地質調査と珪質微化石による年代分析を行ったので, その結果について報告する.

地質

波恵川流域に分布する新第三系は砂岩や泥岩を主とした海成層からなり, 下位から栄層, アベツ層, 二風谷層, 荷葉層に区分されている (今井・角, 1957) (図 2). 栄層は大きく下部と上部に分けられ, 下部は礫岩・砂岩を主体として石炭を伴い, 上部は主に泥岩からなり, 下部の上部の砂岩からは滝の上動物群に属する貝化石が多産する (今井・角, 1957; 内村・間嶋, 1992; 安藤・湯口, 2020). アベツ層は栄層から整合漸移し, 全般に礫岩・砂岩・泥岩およびそれらの互層からなり (今井・角, 1957), 海底扇状地性のタービダイト相や重力流堆積物により特徴付けられる (川上ほか, 1999). 二風谷層はアベツ層から整合漸移し硬質泥岩を主とする地層で, 礫岩・珪藻質泥岩を伴う (今井・角, 1957). 荷葉層は珪藻質泥岩および細粒砂岩を主とする地層で, 波恵川付近においては平取断層を挟んでアベツ層・二風谷層と接するとされる (今井・角, 1957).

本研究の調査地域は, 今井・角 (1957) により図示された平取断層を中心にした約 550 m の範囲の波恵川本流である (図 1). 調査範囲の波恵川の流路は, かつての蛇行した流路を滑らかにするような河川改修が施されている. 両岸は一部を除いてほぼ全面にコンクリートブロッ

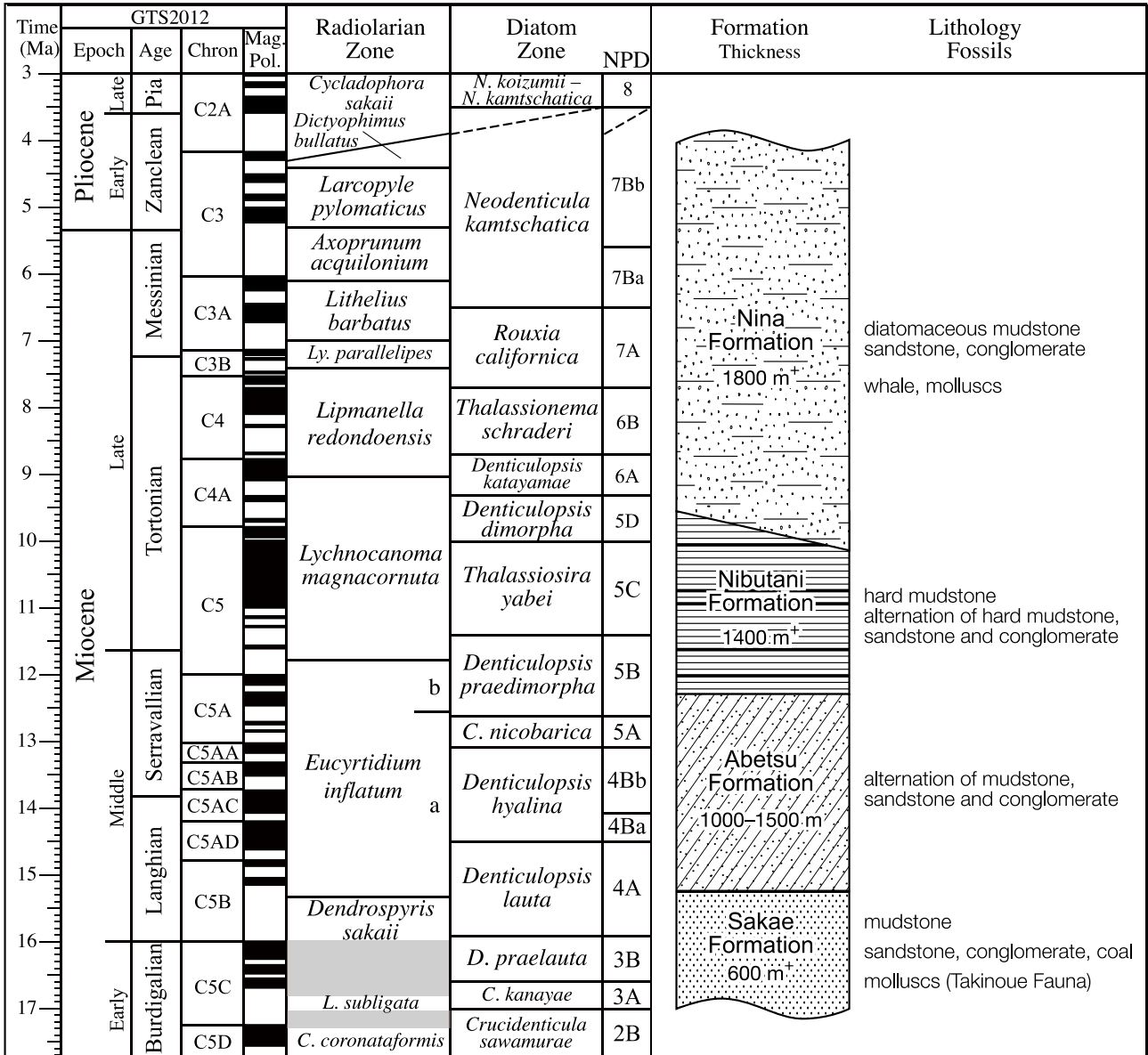


図 2. 日高北部地域の第三系層序 (今井・角, 1957) と地質年代 (嵯峨山ほか, 1992; 本山・川村, 2009). 放射虫化石帯は Shilov (1995), Kamikuri et al. (2007), 本山 (2019) に基づく. 珪藻化石帯は Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) に基づく. 地質年代尺度は Gradstein et al. (2012) に基づく.

Fig. 2. Neogene stratigraphy of the northern Hidaka district (Imai and Sumi, 1957) and geological ages of formations (Sagayama et al., 1992; Motoyama and Kawamura, 2009). Radiolarian zones are based on Shilov (1995), Kamikuri et al. (2007) and Motoyama (2019). Diatom zones are based on Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) and Yanagisawa and Watanabe (2017). Geologic time scale is after Gradstein et al. (2012).

クなどによって護岸されており、調査範囲の河岸の地層の露出は左岸の一部に限られていた。一方、川底は平滑な岩盤河床となっていることが多く、連続性のよい層序記録が得られるにもかかわらず、その大部分が水面下であるため層理や堆積構造を観察することは難しい。2021年6月と9月に一度目の現地調査を行い、その結果(微化石年代)を踏まえて2022年7月に二度目の現地調査を行った。作成した地質ルートマップを図3に、試料採取地点を図4と図5に、地質柱状図を図6に示す。

調査範囲の南西側(下流側)300mの範囲は、今井・

角(1957)の地質図に描かれた荷葉層の分布域に当たり、主に荷葉層に特徴的な珪藻質泥岩と砂質の珪藻質泥岩が認められた。この範囲の地層は北西-南東方向の走向で北東に75°~90°程度傾斜する逆転同斜構造を示す。珪藻質泥岩はやや緑味を帯びた灰色~暗灰色を呈し比較的硬質である。また全体的に塊状だが、薄い細粒~極細粒の砂岩層を挟み層状をなすことがある。砂質の珪藻質泥岩は珪藻質泥岩に細粒~極細粒砂が混じるものであり、暗緑灰色~暗灰色を呈し、珪藻質泥岩に比べて固結の程度は低い。珪藻質泥岩の中に一ヶ所断層と思われる、層理に

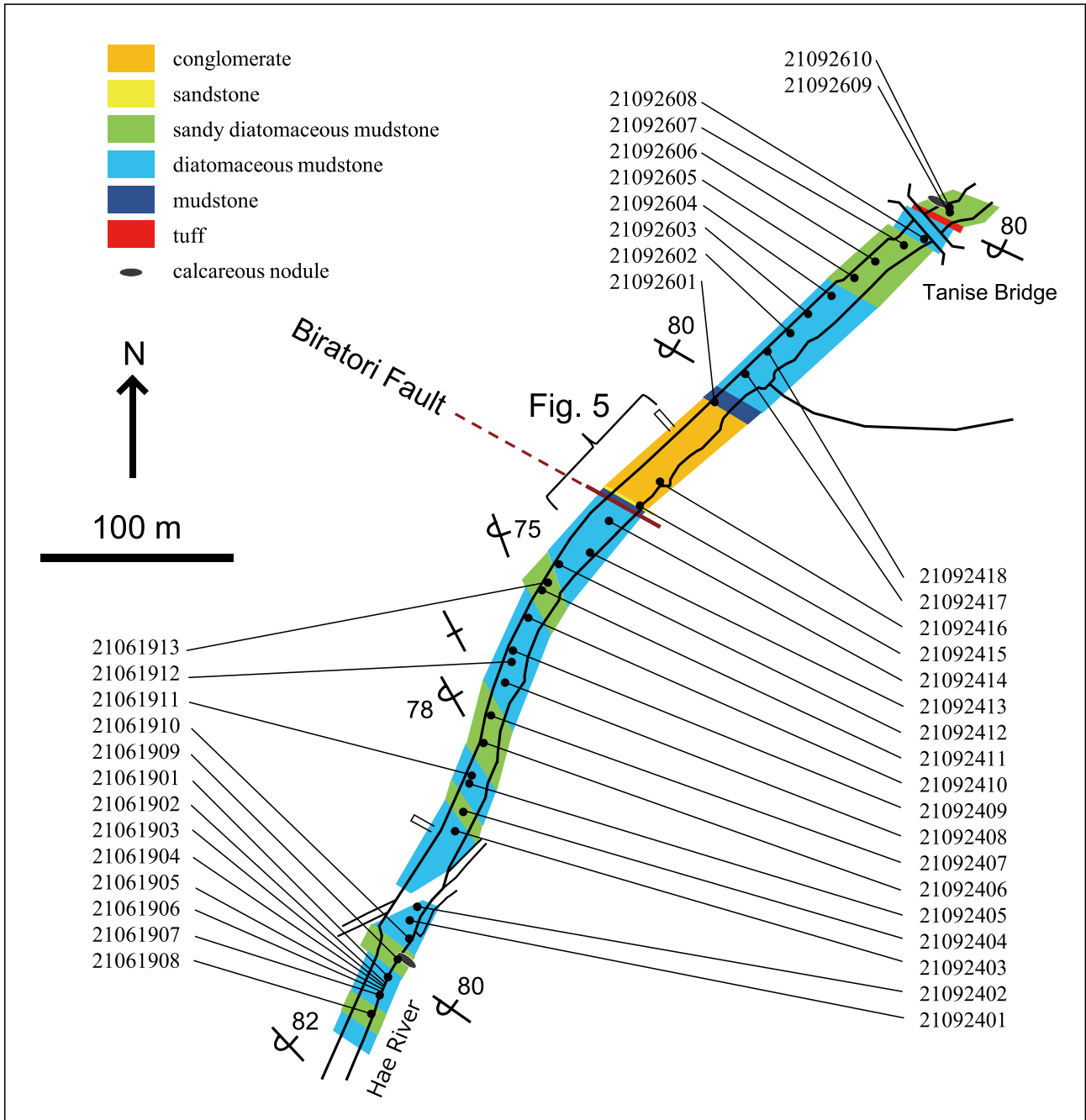


図 3. 調査セクションの地質ルートマップと試料採取地点.

Fig. 3. Geologic route map and sample localities along the studied section.

ほぼ平行な、幅 10 cm ほどの破碎帯が認められ（試料 21091903 と試料 21091904 の間）、その場所は丸山ほか（2019）によって断層の存在が示唆された場所におおむね一致していた。珩藻質泥岩・砂質珩藻質泥岩中には稀に石灰質ノジュールがみられた。

調査範囲の北東側（上流側）200 m の範囲は、今井・角（1957）によれば二風谷層に属する珩藻質泥岩の分布域とされている。本研究では後述する微化石年代も考慮に入れてアベツ層と栄層に区分する。この範囲の地層は、珩藻質泥岩を主とし、礫岩・砂岩・砂質の珩藻質泥岩・泥岩・

凝灰岩を伴う。これらは西北西-東南東方向の走向で北に 80°程度傾斜する逆転同斜構造を示す。珩藻質泥岩と砂質の珩藻質泥岩はやや緑味がかかった灰色～暗灰色を呈し、いずれもかなり硬質であり、丸山ほか（2019, fig. 3）のルートマップでは珩質硬質泥岩として表現されている。このような硬質化していながら珩質微化石が変質せずに保存されている珩藻質泥岩は稀である〔一般的に新第三系の硬質泥岩や珩質泥岩は、埋没続成作用に伴うオパール A からオパール CT への変質によって放散虫・珩藻などの珩質微化石は保存不良～無産出となる（たとえば、

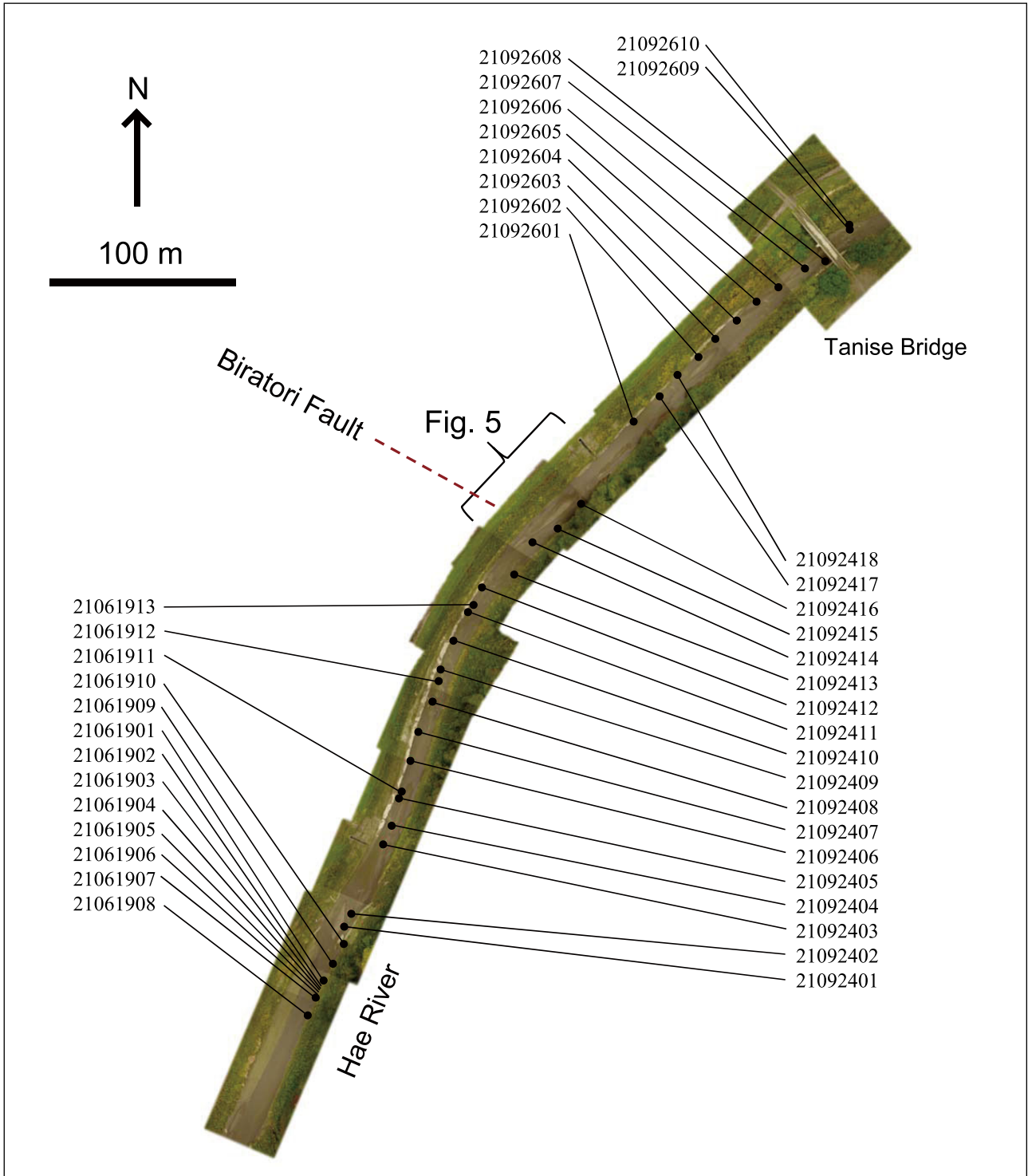


図 4. 試料採取地点の詳細。ドローンを用いた空中写真。2021 年 9 月 24 日撮影。

Fig. 4. Detailed map showing sampling localities (aerial photography with a drone, DJI Mavic Pro, taken on September 24, 2021).

Tada and Iijima, 1983)]. 泥岩は暗灰色～青灰色を呈し、硬さは中程度であり、穂別地域における川端層（アベツ層相当）の泥岩に類似する。礫岩は厚さが 60 m のものが 1 層認められた（図 3, 6）。構成礫は直径数 mm から 5 cm までの細円礫が多く、礫種は砂岩・泥岩（粘板岩）を主として少量の緑色岩やチャートを伴う。調査範囲内

の最上流部では灰色～暗灰色を呈する泥岩と葉理の発達した凝灰岩が認められ、泥岩中には直径数 10 cm ほどのレンズ状の石灰質ノジュールが含まれていた。

今井・角（1957）により平取断層が走るとされている地点付近では河床が砂利に覆われていて岩盤の露出がよくなかったため、2021 年に行った一度目の現地調査では

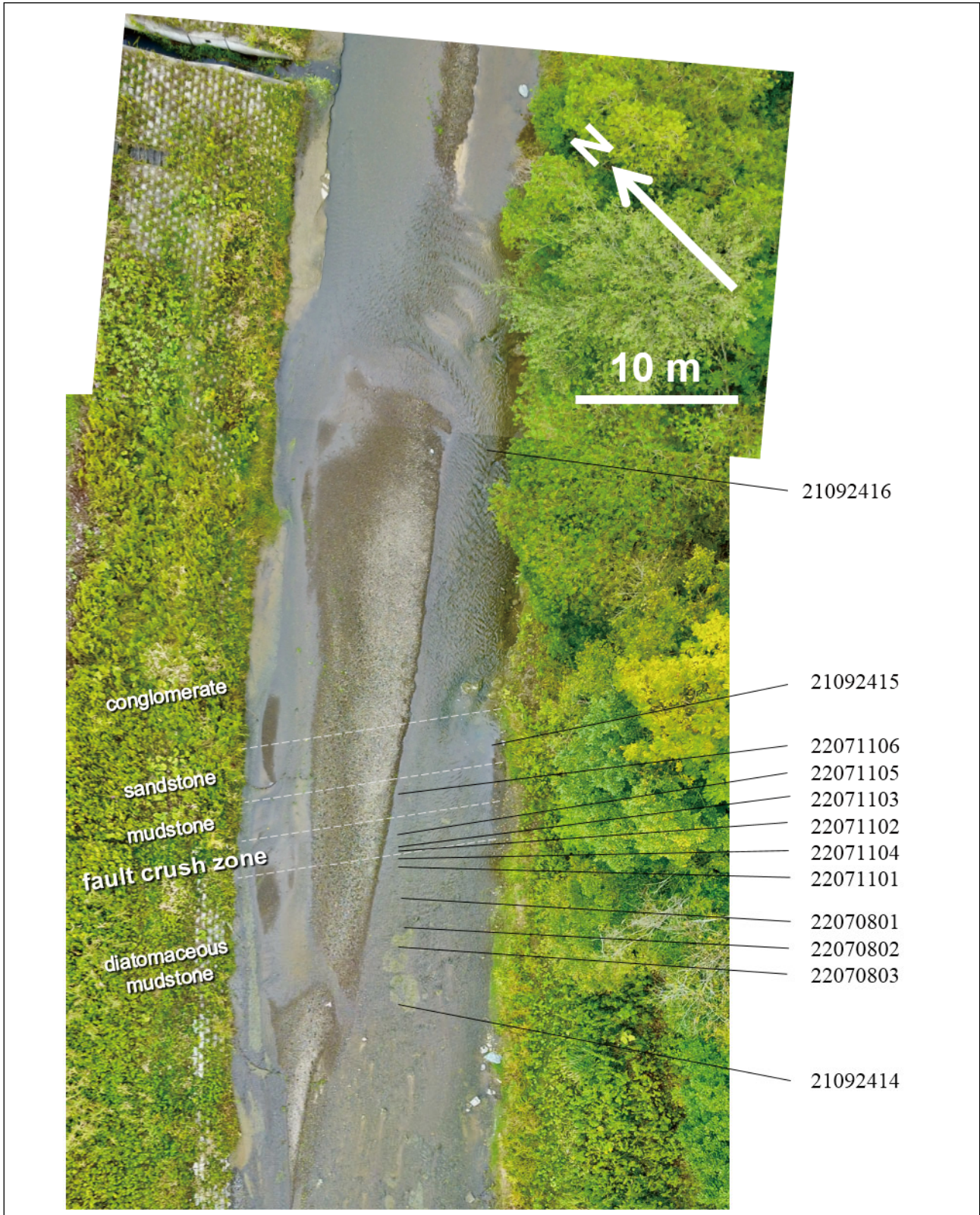


図 5. 平取断層近傍の試料採取地点の詳細。ドローンを用いた空中写真。2021 年 9 月 24 日撮影。

Fig. 5. Detailed map showing sampling localities near the Biratori Fault (aerial photography with a drone, DJI Mavic Pro, taken on September 24, 2021).

地層の変化の詳細や断層の存在を観察することはできなかった。一度目の調査結果（微化石分析）をもとに、礫岩層の下流側 20 m ほどの範囲に断層の存在が推定され

たため、2022 年に行った二度目の調査では、スコップで河床の砂利を取り除いて、水中のぞき眼鏡を用いて岩盤を観察した結果（図 7B）、下流側の灰色珩藻質泥岩（荷

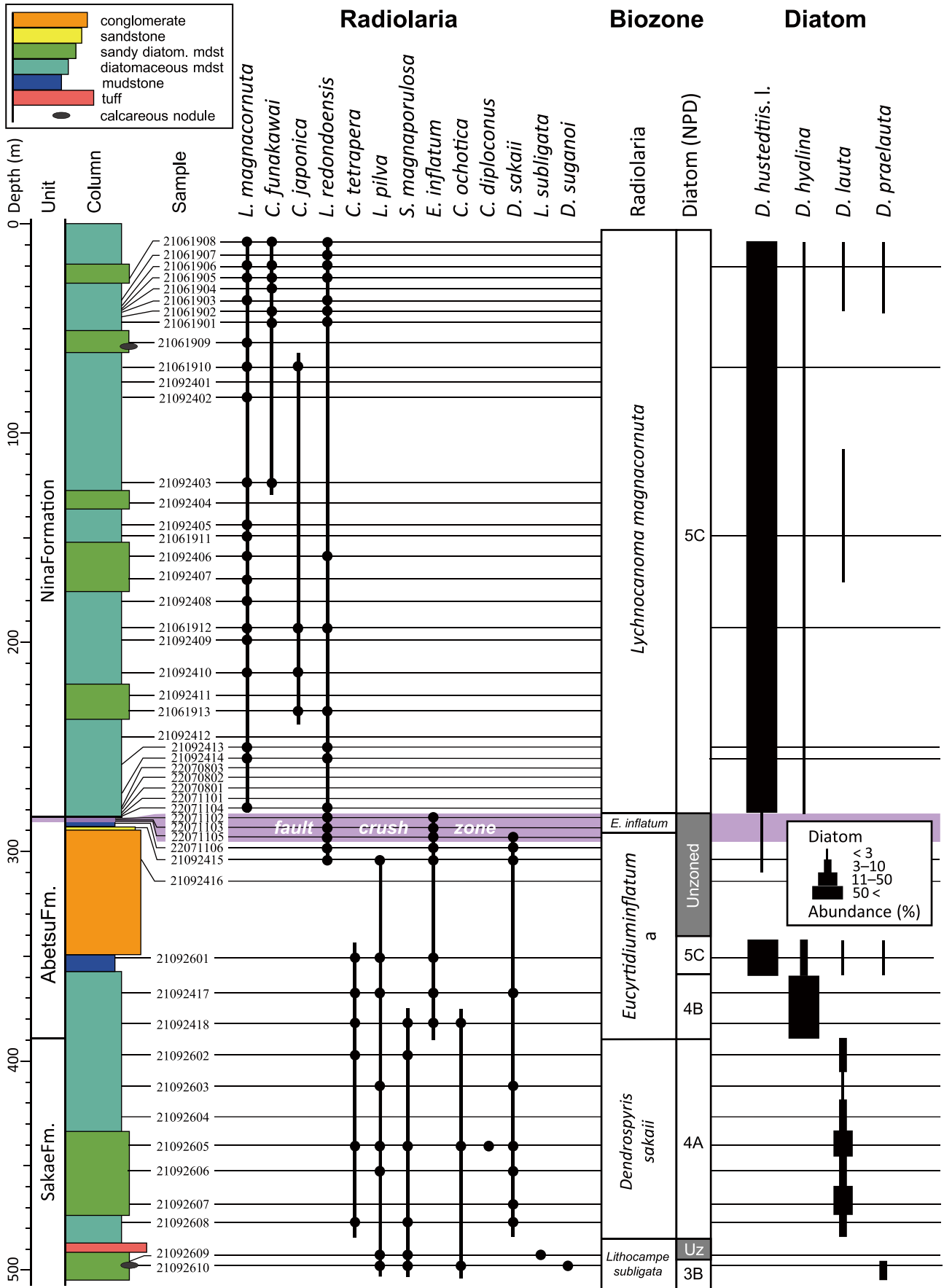


図 6. 地質柱状図と放射虫化石・珪藻化石特徴種の層位分布。

Fig. 6. Geologic column and stratigraphic distribution of characteristic radiolarian and diatom species.



図 7. 波恵川における平取断層の断層露頭の写真。A. 平取断層付近の写真。B. 水中のぞきめがねを使った調査の様子。C. 断層破碎帯と荷葉層。2022年7月11日撮影。

Fig. 7. Photographs of the Biratori Fault in the Hae River section taken on July 11, 2022. A. Photograph of the locality of the Biratori Fault. B. Underwater observation using a hydroscope. C. Fault crush zone and the Nina Formation.

菜層)と上流側の暗灰色泥岩(アベツ層)とが接する地点を特定することができた。それは、礫岩層の下流6mのところ当たる(図5, 7A)。上流側の暗灰色泥岩は角礫状の珪藻質泥岩を含むこと(図7C)、不規則なカルサイト脈を伴うこと(試料22071105)があるため、礫岩層の下流4mから6mにかけての幅約2mの間が断層破碎帯であると考えた(図5, 6, 7)。岩相からは、そこが平取断層に相当する可能性が高いと考えられたため、次に述べるようにその前後で密な試料採取を行った。

試料・研究手法

本調査地域において放散虫・珪藻化石分析用の試料採取を行った。一度目の現地調査では層厚にしておおむね10m間隔で採取した(21から始まる番号の41試料)。二度目の現地調査では範囲を限定してより密な間隔で採取した(22から始まる番号の9試料)。採取地点を図3~5に示す。主に珪藻質泥岩・砂質の珪藻質泥岩・泥岩を採取したが、礫岩・砂岩からも採取した。

波恵川では丸山ほか(2019)によって試料採取が行われていたが(HAEシリーズの試料)、今となっては精密に採取地点を再現することが難しい試料が多くある。その反省を踏まえて、本研究ではできる限り正確に試料採取地点の記録を残すためにドローン(DJI Mavic Pro)を用いて空撮を行った(図4, 5)。

放散虫化石分析手法

試料処理には八尾・本山(2000)の固結泥質岩用と固結石灰質岩用の手法を適用した。すなわち、固結堆積物には硫酸ナトリウム法とナフサ法(ただし灯油で代用)を用い、過酸化水素によるクリーニングを併用した。石灰質ノジュールは塩酸によって溶解させたあと、ナフサ法を用いて泥質分を除去、さらに過酸化水素を用いてクリーニングを行った。篩は開口径45 μ mのものを用いた。観察用プレパラートの作成には八尾・本山(2000)の乾燥散布法を用いた。すなわち、処理済みのサンプルをあらかじめのりを塗布したスライドガラス上に散布し、定着させた後にエンテランニューを用いて封入し観察用プレパラートとした。カバーガラスは24 \times 36mmのものを使用した。観察・同定は光学顕微鏡(オリンパス製BX50)下100~400倍の倍率で行い、種の産出の有無を記録した。放散虫化石帯はShilov(1995)とKamikuri *et al.*(2007)の区分に従い、化石帯や生層序イベントの数値年代については、Kamikuri *et al.*(2007)、Kamikuri(2010)、本山(2019)に準拠する。地質年代尺度はGTS2012(Gradstein *et al.*, 2012)に従う。

珪藻化石分析手法

試料は適量をカッターナイフで削って小片~粉末状にし、これをビーカーに入れて過酸化水素水を注いで泥化させ、さらに塩酸を加えて石灰質分を除去した。その後水ひ法で砂粒と粘土を除去し、残ったシルトサイズの泥水をスポイトで18 \times 18mmのカバーガラスに盛りつけ、乾燥後にプルーラックスで封入してプレパラートを

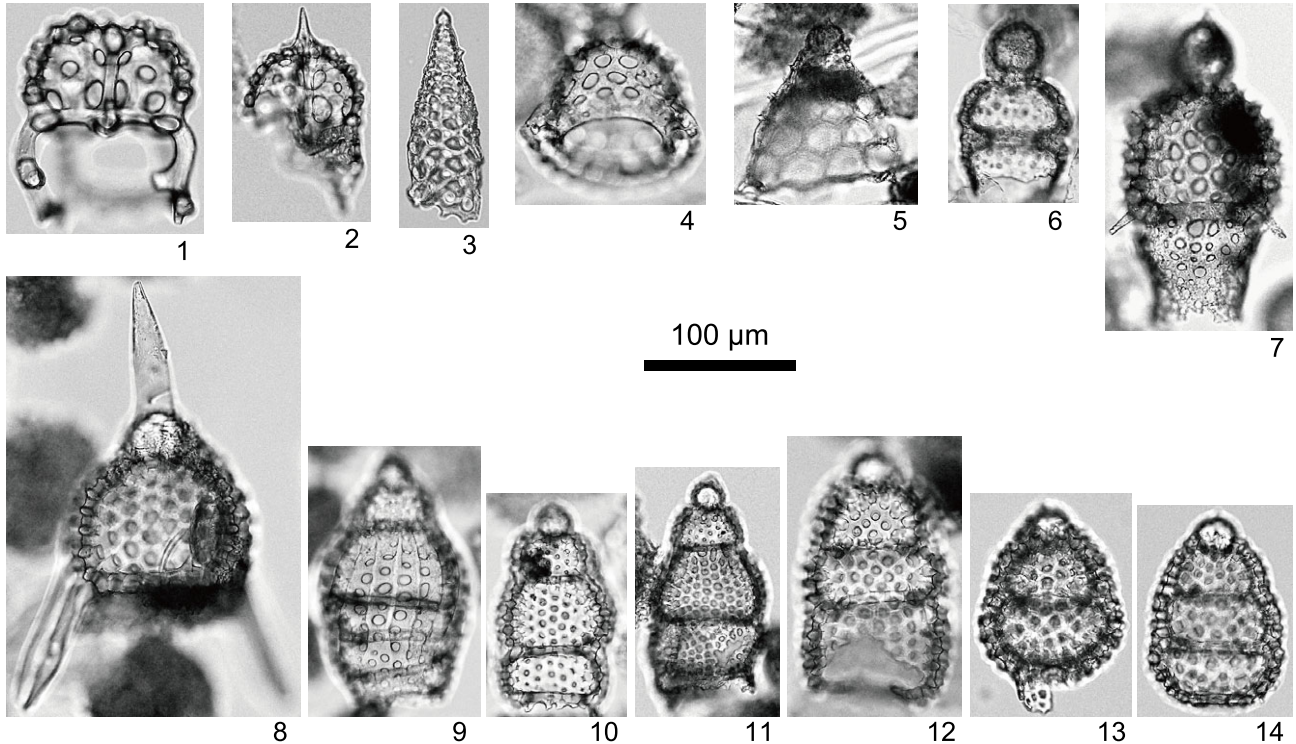


図 8. 放散虫化石の写真.

Fig. 8. Photographs of radiolarian fossils. 1, *Dendrospyris sakaii* Sugiyama and Furutani, Sample-21092605. 2, *Dendrospyris suganoi* Sugiyama and Furutani, Sample-21092610. 3, *Cornutella profunda* Ehrenberg, Sample-2021061906. 4, *Cycladophora ochotica* Vitukhin, Sample-21092418. 5, *Cycladophora funakawai* Kamikuri, Sample-21061906. 6, *Lipmanella pilva* Vitukhin, Sample-21092415. 7, *Lipmanella redondoensis* (Campbell and Clark), Sample-21061907. 8, *Lychnocanoma magnacornuta* Sakai, Sample-21061909. 9, *Eucyrtidium inflatum* Kling, Sample-21092417. 10, *Stichocorys delmontensis* (Campbell and Clark), Sample-21061905. 11, *Stichocorys peregrina* (Riedel), Sample-21092408. 12, *Lithocampe subligata* Stöhr, Sample-21092609. 13, *Cyrtocapsella japonica* (Nakaseko), Sample-21061912. 14, *Cyrtocapsella tetrapera* Haeckel, Sample-21092605.

で、保存状態は概ね良好だった。礫岩から採取した試料 (21092416) からは放散虫化石の産出は認められなかった。放散虫化石の産出リストを表 1 に、特徴種の層序分布を図 6 に、特徴種の写真を図 8 に示す。

放散虫の産出が認められた 49 試料のすべてから *Spongodiscus* spp. と *Stylodictya camerina* が産出し、大多数の試料から *Larcopyle buetschlii*, *Larcopyle polyacantha*, *Siphocampe arachnea* が産出した。その他に *Actinomma miocenica*, *Carpocanarium papillosum*, *Collosphaera reynoldsi*, *Cornutella profunda* は多くの試料から産出した。

本研究により、波恵川の下流から上流へ向かって (層序的に上位から下位へ向かって) *Lychnocanoma magnacornuta* 帯 (11.8~9.1 Ma), *Eucyrtidium inflatum* 帯 (15.3~11.8 Ma), *Dendrospyris sakaii* 帯 (16~16.8~15.3 Ma), *Lithocampe subligata* 帯 (約 17 Ma~16~16.8 Ma) の 4 化石帯を認定することができた (図 6)。

すなわち、試料 21061908 から試料 22071104 にかけて *L. magnacornuta* が産出したことにより、この層序区間は *L. magnacornuta* 帯に対比される。

試料 22071102 から 21092418 にかけて *E. inflatum* が産出する一方で *L. magnacornuta* は産出しなかった。これにより、この層序区間は *E. inflatum* 帯に対比される。加えてこの区間内の試料 22071105 から下位に向かって *D. sakaii* (生存期間は 16~16.8~14.8 Ma) の産出が、試料 21092601 から下位に向かって *Cyrtocapsella tetrapera* (出現は 22.84 Ma, 12.6 Ma に急減) の産出が認められた。さらに試料 21092618 から *Cycladophora ochotica* (生存期間は前期中新世~14.8 Ma) の産出が認められた。以上より試料 22071105~試料 21092418 の区間は *E. inflatum* 帯の a 亜帯に対比され、さらにそのうちの下部 (15.3~14.8 Ma) に相当する可能性が高い。

試料 21092602 から試料 21092608 にかけての層序区間は、*D. sakaii* の産出範囲に含まれるが、*E. inflatum*

の産出は認められなかったため *D. sakaii* 帯に対比される。この区間からは *C. tetraperya* や *C. ochotica* の産出も認められ、*D. sakaii* 帯の群集の特徴として矛盾はない。

試料 21092609 から *L. subligata* が、試料 21092610 からは *Dendrospyrus suganoi* (生存期間は前期中新世～15.0 Ma) が産出した。これら 2 つの試料からは *E. inflatum* と *D. sakaii* の産出は認められなかったことから、この 2 試料は *L. subligata* 帯に対比される。

珪藻化石

検鏡の結果、分析した 20 試料中 19 試料から珪藻化石の産出が認められた (表 2)。産出量は少量から極多産までわたるが普通の試料が多く、保存については全般に不良であった。ただし、石灰質団塊の試料 21092610 は保存度が普通で種の多様度も高い。示帯種の層序分布を図 6 に示す。

本研究により、上位から下位へ向かって (下流から上流へ向かって)、北太平洋珪藻化石帯 NPD5C 帯 (*Thalassiosira yabei* 帯, 11.4～10.0 Ma), NPD4B 帯 (*Denticulopsis hyalina* 帯, 14.5～13.1 Ma), NPD4A 帯 (*Denticulopsis lauta* 帯, 15.9～14.5 Ma), NPD3B 帯 (*Denticulopsis praelauta* 帯, 16.6～15.9 Ma) の 4 化石帯を認定することができた (図 6)。

検討した試料のうち上部の 6 試料 (21091906～21092414) から産出した珪藻群集は *Denticulopsis hustedtii* s.l. の多産により特徴付けられ、*Denticulopsis dimorpha* の産出は認められず、*Denticulopsis praedimorpha* はそのうちの 2 試料から産出したが極少量に過ぎなかった。これらことからこの 6 試料は NPD5C 帯に相当すると考えられる。試料 21092415 は保存不良の珪藻が極少量産出したにすぎないため化石帯は不明である。試料 21092416 から珪藻化石は産出なかった。試料 21092417 と試料 21092418 は *Denticulopsis hyalina* が卓越することから、NPD4B 帯に当たると考えられる。試料 21092602 から試料 21092608 にかけての層序区間からは *Denticulopsis*

lauta が特徴的に産出するが、*D. hyalina* を伴わない。そのためこの区間は NPD4A 帯に対比される。試料 21092609 は示帯種の産出が認められなかったため化石帯を特定することはできなかった。前記の石灰質団塊の試料 21092610 は、浅海浮遊性の *Kisseleviella carina* の多産で特徴付けられる多様性に富む特異な群集を産出するが、*Denticulopsis praelauta* を劣産し *D. lauta* を産出ししないことから、NPD3B 帯に相当すると考えられる。

複合微化石層序

上述のように、本調査セクションにおいて放散虫化石の *L. subligata* 帯から *L. magnacornuta* 帯に及ぶ化石帯が連続的に認められた。珪藻化石帯は NPD3B 帯, NPD4A 帯, NPD4B 帯, NPD5C 帯の存在が確認されたが、NPD5A 帯と NPD5B 帯は認められなかった。放散虫化石帯と珪藻化石帯を比較すると、1 試料 (21092601) を除いて互いに矛盾はない。すなわち、どちらの化石も、栄層からアベツ層下部にかけて (試料 21092417～21092610) は前期中新世末から中期中新世前半にかけての年代を示し、荷葉層については後期中新世前半の年代を示す。ただ一つアベツ層中部の試料 21092601 だけは、放散虫は中期中新世の *E. inflatum* 帯 a 垂帯を、珪藻は後期中新世の NPD5C 帯を示し、互いに矛盾する。

考 察

以上の岩相層序・微化石層序の結果をもとに、平取断層の所在、地層区分、および滝の上動物群の年代について議論する。

平取断層

地質の項で述べたように、岩相層序学的には荷葉層とアベツ層の境界で岩相が急変することが分かり、幅 2 m ほどの破碎帯も認められたことから、そこが平取断層の候補と考えられた。そして、放散虫・珪藻化石分析の結果も、次に述べるように、それと同じ場所 (層準) に微

表 2. 珪藻化石産出リスト。産出量：VA, 極多産；A, 多産；C, 普通；R, 少量；PD, 貧珪藻；ND, 無産出。保存：M, 普通；P, 不良；VP, 極不良。珪藻化石帯：5C, *Thalassiosira yabei*; 4B, *Denticulopsis hyalina*; 4A, *Denticulopsis lauta*; 3B, *Denticulopsis praelauta*。生態：p, 浮遊性；b, 底生；e, 絶滅。

Table 2. Occurrences of diatoms. Abundance: VA, very abundant; A, abundant; C, common; R, rare; PD, Poor diatoms. Preservation: M, moderate; P, poor; VP, very poor. Diatom zone: 5C, *Thalassiosira yabei*; 4B, *Denticulopsis hyalina*; 4A, *Denticulopsis lauta*; 3B, *Denticulopsis praelauta*. Ecology: p, planktonic; b, benthic; e, extinct.

化石層序学的なギャップが存在することを示すため、平取断層は試料 22071102 から試料 22071105 にかけての破碎帯に一致すると推定される。また、この破碎帯の下流側の荷菜層は北北西-南南東の走向を持つものに対して、破碎帯と上流側のアベツ層は西北西-東南東の走向であることは(図 3)、断層が荷菜層の層理面と斜交していることを示唆している。ただし、スコップで川底の砂利を除去することのできた範囲は幅の狭い線的な部分に過ぎず、面的な情報を得ることはできなかった。したがって、破碎帯と考えた部分の広がりや構造の詳細については確認できていない。

断層のもう一つの候補として、試料 21092601 (NPD5C 帯) と試料 21092417 (NPD4B 帯) の間(アベツ層の中)で NPD5A 帯と NPD5B 帯が欠如している可能性があり、ここにも断層が存在する可能性がある。その場合には、波恵川付近において平取断層は少なくとも 2 条の断層に分かれている可能性がある。

まず、荷菜層とアベツ層の境界について述べる。今回認められた *E. inflatum* 帯の大部分は a 亜帯に認定されたが、破碎帯内の試料 22071102 と試料 22071103 の 2 試料(層厚にして 20 cm 程度)だけは a 亜帯なのか b 亜帯なのか決めることができなかった。もしこれが a 亜帯であれば、試料 22071104 (荷菜層) と試料 22071102 (アベツ層) の間で少なくとも b 亜帯 (12.6~11.8 Ma) が欠如していると考えられる。さらに *L. magnacornuta* 帯に対比された試料 (21061908~22071104) からは *Hexacantium akitaensis* (生存期間は 11.4~10.9 Ma) と *Dendrospyrus uruyaensis* (生存期間は 11.8~10.1 Ma) の産出が認められなかった。この 2 種は *L. magnacornuta* 帯の下部に限定される種であり、北海道穂別地域に分布する二風谷層からも産出が知られているので(新澤ほか, 2009 の *Thecosphaera akitaensis* と *Dendrospyrus? sp.*), 生物地理的な理由で産出しないとは考えにくい。したがって、*L. magnacornuta* 帯の下部も欠如している可能性があり、それを考慮に入れると、試料 22071104 (荷菜層) と試料 22071102 (アベツ層) の間で少なくとも年代的に 12.6~10.9 Ma に相当する地層(ほぼ二風谷層に相当)が欠如していると見られる。一方、試料 22071102 と試料 22071103 の 2 試料が b 亜帯であった場合には、少なくとも *L. magnacornuta* 帯の下部(年代的に 11.8~10.9 Ma に相当。この場合もほぼ二風谷層に相当)が欠如していると考えられる。

次に珪藻化石から示唆されるアベツ層中のギャップについて述べる。上述のように、試料 21092601 (NPD5C 帯)

と試料 21092417 (NPD4B 帯) の間に NPD5A 帯と NPD5B 帯が認められなかった。この場所(層準)は、下流側(上位側)が暗灰色泥岩で、上流側(下位側)が硬質珪藻質泥岩であるため、その境界に断層が存在している可能性がある。今井・角(1957)の富川図幅には平取断層が複数の断層に分岐しているように描かれており、香東ほか(2002)の震探断面にも平取断層が地表付近で分岐している様子が描かれている。したがって、波恵川において断層が複数存在しても不思議ではない。ただし、複合微化石層序の項で述べたように、試料 21092601 の年代が珪藻化石と放散虫化石で矛盾しているため、放散虫化石からはギャップの存在を支持することはできない。そのため、詳細な露頭観察や追加の試料分析を行って、その矛盾を先に解決する必要があると考える。

丸山ほか(2019)によって荷菜層において NPD5C 帯が欠損している可能性が示され(試料 HAE54 と HAE55 の間)、本研究を開始するにあたって、その場所(層準)を平取断層の候補と考えていた。しかしながら、放散虫・珪藻化石ともに荷菜層中に化石帯の欠損を認めることはできなかった。とくに珪藻化石分析の結果は本研究の対象とした荷菜層全体が NPD5C 帯に属することを示している。したがって、予想された場所に規模の大きな断層を確認することはできなかった。

地層区分

本研究により、今井・角(1957)の富川図幅で二風谷層とされていた地層から *L. subligata* 帯、*D. sakaii* 帯、*E. inflatum* 帯の a 亜帯の存在が確認された。これらの化石帯が示す堆積年代は、従来考えられていた二風谷層の堆積年代(図 2)よりも明らかに古い。本研究では微化石年代も考慮に入れてこの地層を栄層とアベツ層に区分した。まず、*L. subligata* 帯と *D. sakaii* 帯に対比された珪藻質泥岩・砂質珪藻質泥岩主体の地層は年代的にも岩相的にも栄層(滝の上層)と呼んで差し支えないものである。一方その上位のアベツ層とした部分のうち礫岩とその上下の暗灰色泥岩・砂岩はアベツ層(川端層)の特徴と合致するが、下部の硬質珪藻質泥岩は岩相的にはむしろ栄層・二風谷層あるいは荷菜層に類似するものであり、野外観察に基づいてアベツ層(川端層)と認定するのは難しい。したがって、今井・角(1957)がこれを二風谷層に区分したのは妥当だったと言える。本研究でこれをアベツ層とした理由は、少なくとも穂別地域の二風谷層よりも明らかに堆積年代が古いためである。穂別地域のアベツ層の基底は *E. inflatum* の出現層準、

つまり *E. inflatum* 帯 a 亜帯の基底に一致するので (新澤ほか, 2009; 本山・川村, 2009), そのことを参考に本研究ではアベツ層の基底を *E. inflatum* 帯 a 亜帯の基底に当たる層準に位置付けた。ただし, これは暫定的な措置であり, 一つのルートだけでなくもう少し調査範囲を広げて広域的に地層分布を把握してから見直す必要があると考えられる。本来川端層および相当層の基底はタービダイト性の砂岩泥岩互層や粗粒な重力流堆積物が始まる層準により定義されるので, その定義を本研究に適用すると礫岩層の基底がアベツ層の基底ということになる。岩相層序単元の境界が時間面 (この場合微化石基準面) と斜交したとしても問題はないため, そのような区分も可能であることを付言しておく。

滝の上動物群の年代

石狩-日高地域に分布する滝の上層および相当層は砂岩を主とする下部と泥岩を主とする上部からなり, 下部からは滝の上動物群と呼ばれる軟体動物化石が多産する。滝の上動物群の年代については, これまで, たとえば, 渦鞭毛藻化石により前期中新世後期~中期中新世前期と推定されている (鈴木・栗田, 1998)。本研究によって波恵川の栄層 (滝の上層相当) から *L. subligata* 帯と NP3B 帯の存在が明らかになった。本研究の栄層は主に珪藻質泥岩・砂質珪藻質泥岩からなるため, 滝の上層の上部に相当すると考えられる。すなわち, その堆積年代が少なくとも *L. subligata* 帯・NP3B 帯にまで遡るといことは, 滝の上層の下部およびそこから産する滝の上動物群の年代が *L. subligata* 帯 (約 17 Ma~16.0~16.8 Ma)・NP3B 帯 (16.6~15.9 Ma) であるかそれよりも古いことを示唆する。*L. subligata* 帯の数値年代は精度よく求められていないが, その上限は少なくとも 16.0 Ma よりも若くはない。Gradstein *et al.* (2012) の地質年代尺度 (GTS2012) ではランギアン期 (Langhian) の下限の年代が 15.97 Ma と定められているため, *L. subligata* 帯はその下位のブルディガリアン期 (Burdigalian) に含まれる。したがって, GTS2012 に基づけば, 滝の上動物群の年代は前期中新世に絞られる可能性が高まった。波恵川の上流域に分布する栄層は滝の上動物群に属する軟体動物化石を多産するので (内村・間嶋, 1992), より直接的な証拠を得るために今後波恵川上流域の栄層を対象とした微化石層序学的研究が望まれる。

まとめ

北海道日高地方波恵川本流に露出する中新統の地質調査と放散虫・珪藻化石分析に基づいて, 波恵川における平取断層の所在を特定した。これにより平取断層を挟んで北東側にアベツ層が露出し, 南西側に荷菜層が露出することが明確になり, 断層によってほぼ二風谷層が欠如していると推定された。また, アベツ層の北東側に露出する栄層の年代が 16.0 Ma 以前に遡ることが明らかになり, 栄層の下部から産する滝の上動物群の年代が前期中新世に絞られることが示唆された。平取断層が数条に分岐している可能性の検証や, 滝の上動物群のより直接的な年代データを得るためにも, 今後周辺に調査範囲を広げて地質学的・生層序学的研究を行うことが望まれる。

謝辞 日高山脈博物館の東 豊土学芸員には, 本論文の当機関誌への投稿・掲載を許可していただいた。山形大学の Richard W. Jordan 博士には英文を添削していただいた。この場を借りて御礼申し上げる。本研究に科学研究費助成事業学術研究助成基金助成金 (No. 22K03791) を使用した。

引用文献

- 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., eds., *Init. Rept., DSDP, 87, Washington (U. S. Govt. Printing Office), 393-481.*
- 安藤寿男・湯口博満, 2020, 北海道中央部新第三系中新統フラヌイ層におけるカキ化石密集層のタフォノミーと古生態学的意義. *三笠市立博物館紀要*, **23**, 37-51.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D. and Ogg, G. M., eds., 2012, *The Geologic Time Scale 2012*, Elsevier BV, 1144p.
- 今井 功・角 靖夫, 1957, 5 万分の 1 地質図幅説明書『富川』. 北海道開発庁, 52p.
- 伊藤谷生, 2000, 日高衝突帯-前縁褶曲・衝上断層帯の地殻構造. *石油技術協会誌*, **65**, 103-109.
- Kamikuri, S., 2010, New late Neogene radiolarian species from the middle to high latitudes of the

- North Pacific. *Rev. Micropaléontol.*, **53**, 85–106.
- Kamikuri, S., Nishi, H. and Motoyama, I., 2007, Effects of late Neogene climatic cooling on North Pacific radiolarian assemblages and oceanographic conditions. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **249**, 370–392.
- 川上源太郎・吉田孝紀・白杵 直, 1999, 北海道中部穂別地域の中部中新統川端層: 堆積システムと供給源に関する予察的検討. *地質学雑誌*, **105**, 673–686.
- 香東卓郎・菊池伸輔・伊藤谷生, 2002, 日高衝突帯前縁褶曲・衝上断層帯の地下構造: 石油公団日高側線 (H91-2, 3) 反射記録の再処理と再解釈. *地震研究所彙報*, **77**, 97–109.
- 丸山俊明・本山 功・粕川 茜・秋山七海・石澤翔太・松崎賢史, 2019, 北海道日高地方波恵川鯨類化石産出地点周辺の中新統の珪藻化石層序. *山形大学紀要(自然科学)*, **19**, 15–24.
- 本山 功, 2019, 日本における過去 20 年間の新第三系放散虫化石層序学の進展. *地質調査研究報告*, **70**, 125–136.
- 本山 功・川村好毅, 2009, 北海道穂別地域の中新統の地質と放散虫化石層序. *むかわ町立穂別博物館研究報告*, **24**, 1–18.
- 本山 功・丸山俊明・西村智弘・櫻井和彦, 2016, 北海道波恵川産含鯨類化石転石炭酸塩団塊の放散虫・珪藻化石年代. *むかわ町立穂別博物館研究報告*, **31**, 1–6.
- 嵯峨山積・保柳康一・宮坂省吾, 1992, 中央北海道日高海岸地域の新第三系珪藻生層序と粗粒堆積物の形成期. *地質学雑誌*, **98**, 309–321.
- Shilov, V. V., 1995, Miocene-Pliocene radiolarians from Leg 145, North Pacific. *In* Rea, D. K., Basov, I. A., Scholl, D. W. and Allan, J. F., eds., *Proc. ODP, Sci. Results, 145, College Station TX (Ocean Drilling Program)*, 93–116.
- 新澤みどり・上栗伸一・本山 功, 2009, 北海道中央南部穂別地域の中新統から産出した放散虫化石. *大阪微化石研究会誌*, 特別号, **14**, 117–141.
- 鈴木明彦・栗田裕司, 1998, 中央北海道穂別町福山の中新統ニウ層から滝の上動物群の発見. *地質学雑誌*, **104**, 143–146.
- Tada, R. and Iijima, A., 1983, Petrology and diagenetic changes of Neogene siliceous rocks in northern Japan. *J. Sed. Petrol.*, **53**, 911–930.
- 内村竜一・間嶋隆一, 1992, 中期中新世初期の温暖性貝類と寒冷性貝類の混合海域: 中部北海道フラヌイ層を例として. *地質学雑誌*, **98**, 1129–1144.
- 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. *J. Geol. Soc. 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.
- 八尾 昭・本山 功, 2000, 放散虫類. 化石研究会編, *化石の研究法—採集から最新の解析法まで*, 共立出版, 73–77.

著者の役割 筆頭著者の庄司は地質調査・試料採取・放散虫分析・執筆など研究全般, 第二著者の秋葉は珪藻分析, 第三～第七著者(柴田・岩間・萩野・吉村・佐藤)は地質調査・試料採取, 最終著者の本山は研究全体の指揮・統括に従事した。