

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

新澤 みどり¹⁾・上栗 伸一²⁾・本山 功²⁾

Radiolarian fossils from the Miocene Series in the Hobetsu area, southern central Hokkaido, Japan

SHINZAWA Midori¹⁾, KAMIKURI Shin-ichi²⁾ and MOTOYAMA Isao²⁾

1) 元新潟大学自然科学研究科 (Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata 950-2181, Japan)

2) 筑波大学大学院生命環境科学研究科地球進化科学専攻 (Department of Earth Evolution Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan)

Corresponding author: I. Motoyama (isaomoto@sakura.cc.tsukuba.ac.jp)

(2007 年 5 月 28 日受付, 2007 年 6 月 5 日第一回査読終了, 2007 年 10 月 26 日受理)

Abstract

The Ishikari-Hidaka sedimentary basin which ranges from Iwamizawa to the coastal area of Hidaka District, Hokkaido, is occupied by thick Neogene sedimentary rocks. Of these Miocene rocks consist mainly of sandstone, mudstone, gravity flow deposits (sandstone and conglomerate), siliceous hard mudstone and diatomaceous mudstone, showing various vertical and lateral changes in lithofacies. For understanding the spatial and temporal sedimentary history of the basin, we preliminarily examined radiolarian assemblages from the Miocene Sakae, Abetsu, Nibutani and Nina Formations exposed in the southern part of Hobetsu Town and the northern part of Mukawa Town. Several age-diagnostic radiolarians of the mid-to-high latitude North Pacific, including *Stylosphaera? magnaporulosa*, *Dendrospyris? sakaii*, *Cycladophora nakasekoi*, *Eucyrtidium asanoi*, *Eucyrtidium inflatum* and *Lychnocanoma magnacornuta*, were identified in the examined samples. Based on their stratigraphic occurrence, the Abetsu Formation is correlated to the Middle Miocene (15.3 to ~12.5 Ma) and the Nibutani Formation to the upper Middle to lower Upper Miocene (~12.5 to ~9.7 Ma).

Key words: Miocene, Radiolaria, Hobetsu, Mukawa, Hokkaido, Sakae Formation, Abetsu Formation, Nibutani Formation, Nina Formation

はじめに

北海道中央南部の穂別町から鶴川町にかけての鶴川流域
帯には、海成新第三系が広く分布している。一般に、埋
没深度が増して続成作用が進行すると珪質化石の保存が悪
化するため、たとえば秋田県の女川層や新潟県の寺泊層な
どの中～上部中新統は珪藻や放散虫化石に乏しい(本山,
1999b)。これに対して、北海道日高海岸地域帯において
は中新統最下部の滝の上層にいたるまで放散虫化石の産出
が認められている(中世古・菅野, 1973; 長田・一ノ関,
1982)。そこで、1989 年以来筆者らはいくつかのルートを選び、
栄層(滝の上層)、アベツ層(川端層)、二風谷層(軽舞層)、

荷葉層の放散虫化石層序について検討を行ってきた。主要課
題の一つはこれらの地層の年代を正確に決めることであるが、
層や部層などの岩相ユニットの堆積開始・終了年代がいつで
あるかを議論するときに、地層境界の認定に違いがあったり、
あいまいなままであったりすると、研究者間あるいは地域間で
話がかみ合わなくなる危険性がある(Salvador, 1994)。実際
のところ、岩見沢付近から夕張、穂別を経て日高海岸地域に
かけて南北に細長く分布する新第三系は、ほぼ一連の堆積盆
に溜まった堆積体であると考えられている(松野, 1960; 保
柳ほか, 1986)にもかかわらず、しばしば 5 万分の 1 の地質
図幅ごとに異なった地層名が用いられている(Fig. 1)。その

穂別地域の中新統から産出した放散虫

岩見沢 Iwamizawa	夕張 Yubari	追分 Oiwake	早来・鶴川 Hayakita Mukawa	穂別 Hobetsu	富川 Tomikawa	静内・門別・比宇 Shizunai Monbetsu, Bui	春立 Harutachi	三石 Mitsuishi
松野ほか (1964)	佐々ほか (1964)	松野・秦 (1960)	松野・石田 (1960) 山口 (1960)	高橋・和田 (1987)	今井・角 (1957)	松野・山口 (1958) 山口 (1958) 吉田ほか (1959)	佐藤・山口 (1960)	和田ほか (1992)

鮮新統 Pliocene	峰延層 Minenobu F.	清真布層 Kiyomappu F.		萌別層 Moebetsu F.	荷菜層 Nina F.	荷菜層 Nina F.	厚賀層 Atsuga F.	舜別層 Shunbetsu F.	
	追分層 Oiwake F.	追分層 Oiwake F.	由仁層 Yuni F.				元神部層 Motokambe F.	静内層 Shizunai F.	静内層 Shizunai F.
	岩見沢層 Iwamizawa F.	岩見沢層 Iwamizawa F.	馬追山層 Umaoiyama F.	軽舞層 Karumai F.	軽舞層 Karumai F.	二風谷層 Nibutani F.			
	川端層 Kawabata F.	川端層 Kawabata F.	川端層 Kawabata F.	振老層 Fureoi F.	川端層 Kawabata F.	アベツ層 Abetsu F.	受乞層 Ukeko F.	アザミ沢層 Azamizawa F.	アザミ沢層 Azamisawa F.
	滝の上層 Takinoue F.	滝の上層 Takinoue F.	滝の上層 Takinoue F.	トニカ層 Tonika F.	滝の上層 Takinoue F.	栄層 Sakae F.	フラヌイ層 Furanui F.	農屋層 Noya F.	西川層 Nishikawa F.
朝日層 Asahi F.	朝日層 Asahi F.								
中新統 Miocene									

Fig. 1. Lithostratigraphic subdivisions of the Miocene to Pliocene deposits in the southern central Hokkaido.

主な理由は、砂岩や礫岩の性質や挟在頻度に地域差が認められ、岩相区分と年代層序区分がかなり斜交するためである。例えば、模式地付近の川端層は、時代的には本地域のアベツ層から荷菜層下部に相当すると考えられている(川上ほか, 2002)。そのような背景を反映して、これまでに也有孔虫化石や珪藻化石の検討が重ねられてきたが(土田, 1957-1958; 米谷ほか, 1981; 嵯峨山ほか, 1992; 川上ほか, 2002), 堆積盆全体にわたる岩相の時間的・空間的変化の全容解明には至っていない。本研究では、手始めに穂別地域を研究対象としたが、のちのち試料採集地点まで立ち戻って追試や比較が可能になるように、極ルートマップの作成に努めた。ここでは本報告を、微古生物学的・年代学的資料の蓄積に資するため、それらルートマップや試料採取地点図、および放散虫産出リストや化石写真といった一次データの公開の場としたい。

調査地域および地質概説

本研究の調査地域は北海道中央南部、胆振支庁東縁の穂別町と鶴川町内を流れる鶴川流域一帯であり(Fig. 2), 国土地理院発行の5万分の1地形図「穂別」と「富川」にまたがる。本地域の新第三系には、NW-SE方向の走向をもって背斜・向斜を繰り返す褶曲構造やそれに伴う断層が発達している(今井・角, 1957; 高橋・和田, 1987; 川上, 1997; 川上ほか, 1999)。図幅によって地層名が異なっているが(Fig. 1), 本研究では富川図幅(今井・角,

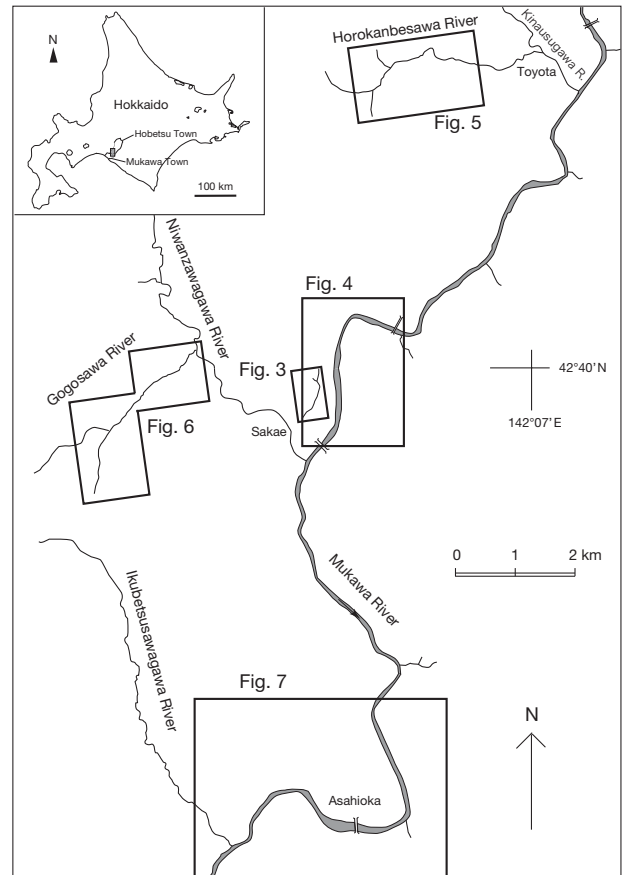


Fig. 2. Legend map showing the studied sections.

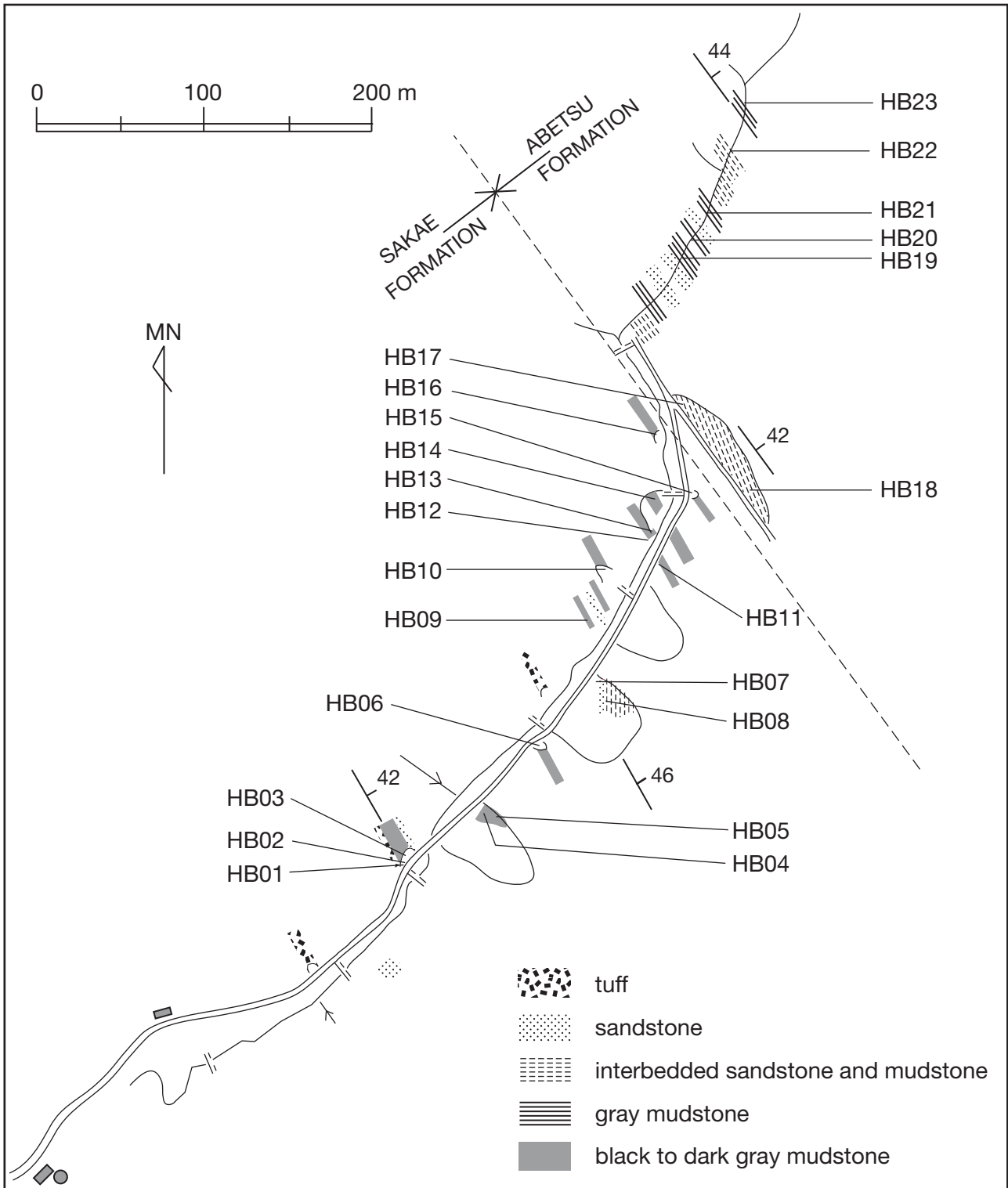


Fig. 3. Field map of the western part of the Sakae section.

1957) で用いられている地層名を使用する。すなわち、本調査地域の新第三系は下位より、中新統の栄層、アベツ層、二風谷層、および中新統～鮮新統の荷葉層の4つに区分される。これに対して、穂別図幅では、滝の上層、川端層、軽舞層、荷葉層の地層名が用いられているので (Fig. 1)、これらの地層名も必要に応じて併記する。

栄層は砂岩、凝灰岩、黒色泥岩からなり、アベツ層はタ

ービダイト性の砂岩泥岩互層を主体として礫岩を伴う。二風谷層もタービダイト性の砂岩泥岩互層を主体とするが硬質化 (ポーセラナイト化) しているのを特徴とし、これに礫岩、砂岩、砂質泥岩などを伴う。荷葉層は珪藻質泥岩と礫岩を主として砂岩を伴う。栄層、アベツ層、二風谷層は、石灰質ノジュールを含むが、その挟在頻度は高くない。石灰質ノジュールには、拳大球形のものから厚さ数 10 cm のレ

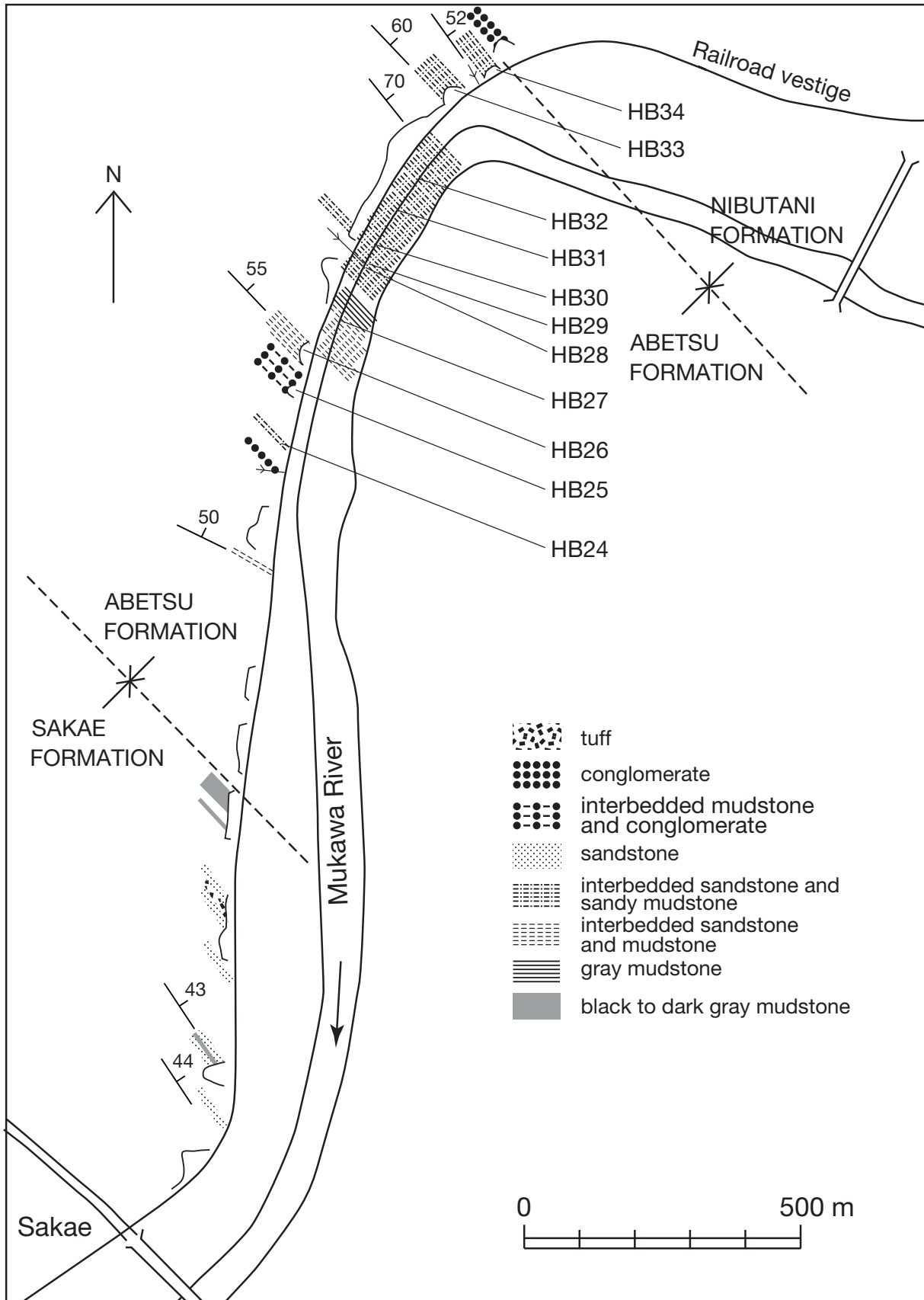


Fig. 4. Field map of the eastern part of the Sakae section.

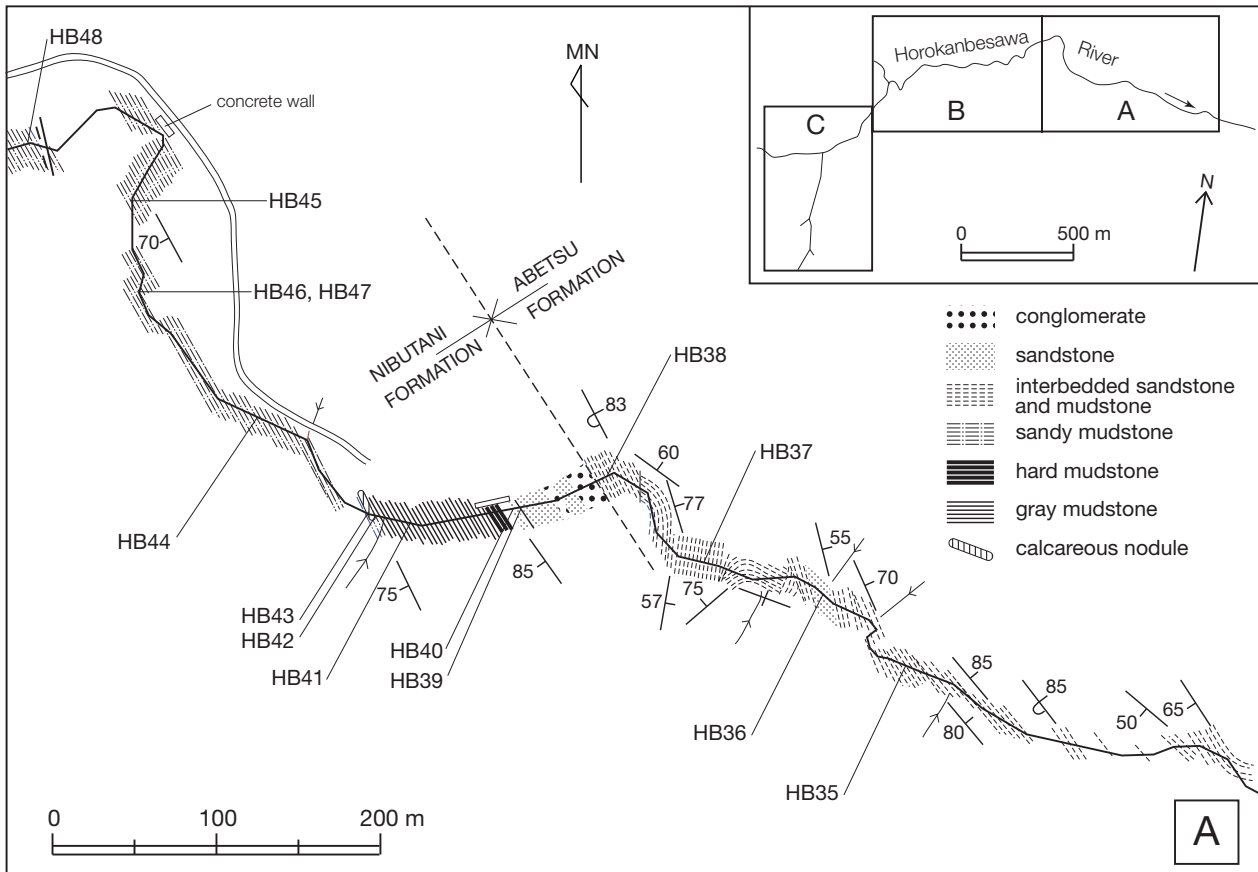


Fig. 5. Field map of the Horokanbe section.

ンズ状ないし層状のものまで、様々な形態が認められる。

調査は鷓川右岸の支流を中心に栄ルート、ホロカンベ沢ルート、五号沢ルート、旭岡ルートの4つのルートで実施し、旭岡ルートを除いて歩測によるルートマップを作成した(Figs. 3-7)。各調査ルートの地質柱状図を Fig. 8 に示す。

栄ルート (Figs. 3, 4) : 平取背斜の東翼。栄層とアベツ層、および二風谷層の一部が露出する。栄の集落の北側の小谷(栄ルート西部; Fig. 3)と旧国鉄富内線および鷓川河床(栄ルート東部; Fig. 4)からなる。栄層とアベツ層の境界は、黒色ないし暗灰色の泥岩から砂岩層を挟有する灰色泥岩へ移り変わる層準とした。

ホロカンベ沢ルート (Fig. 5) : キナウス川沿いに延びる背斜の西翼。アベツ層の上部と二風谷層が露出する。土田(1957-1958)によると幌寒別(ホロカンベツ)川という漢字が当てられている。1989年と1999年の調査時点では河床の露出は良好であったが、その後いくつか砂防ダムが建設されたため、2002年時点では露出の一部が失われていた。硬質泥岩が最初に現れる層準の直下に厚さ80mの礫岩～砂岩が認められたので、本研究ではこの礫岩～砂岩層の下限をアベツ層と二風谷層の境界とした。

五号沢ルート (Fig. 6) : 平取断層の西側。二風谷層と荷葉層が露出する。似湾沢川の支流の一つ。泥岩の性質が硬質から珪藻質へ移り変わる層準を荷葉層の下限とした。

旭岡ルート (Fig. 7) : 平取断層の西側、芭呂沢向斜(今井・角, 1957)の東翼に当たり、荷葉層が露出する。鷓川左岸の県道沿いと鷓川右岸の旧国鉄富内線沿いの露頭を調査した。

試料と分析方法

放散虫分析用に、調査ルートと同じく、栄、ホロカンベ沢、五号沢、旭岡の4つのルートから、それぞれ34試料、41試料、42試料、2試料の合計119試料を採取した(Table 1, Figs.3-8)。試料は主に泥質岩と石灰質ノジュールである。試料番号は、野外での採取時点では日付や地名の頭文字を利用していたが、その後系統的に改番したため、Table 1では前者をOriginal number, 後者をSample numberとして示した。Figs.3-8では全てSample numberを用いた。五号沢ルートの上部(HB95-HB117)については1試料おきに処理を行った。

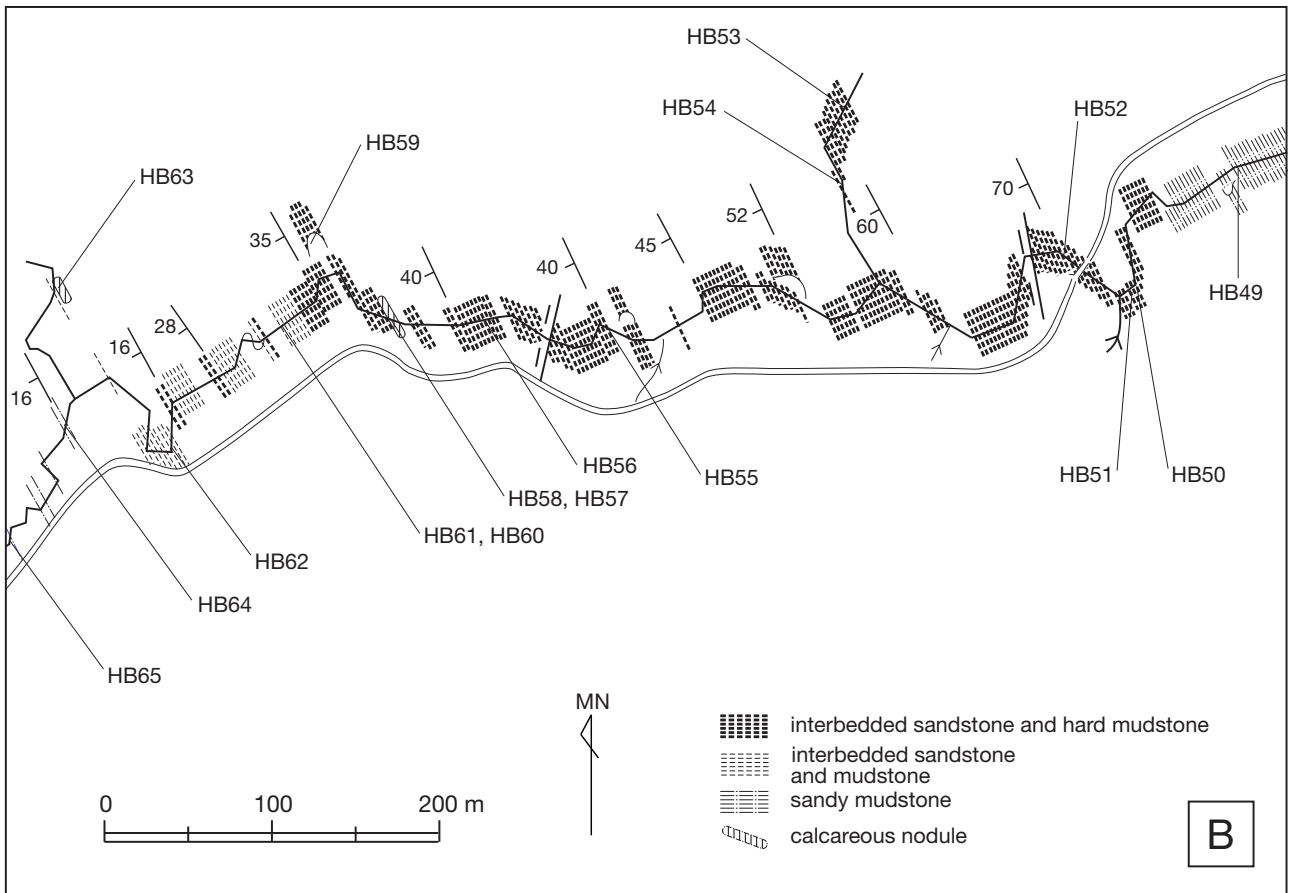


Fig. 5 (Continued).

試料処理には1試料当たり100g以上を用い、まずハンマーを用いて1cm角程度の大きさに砕いた。泥質岩試料の場合は、八尾・本山(2000)による固結泥質岩の処理法に準じて、硫酸ナトリウム法、ナフサ法、過酸化水素法を併用して処理を行った。石灰質ノジュールの処理では、まず八尾・本山(2000)の固結石灰質岩の処理法により塩酸処理を施し、さらに過酸化水素法を併用した。いずれも水洗には孔径63μmのふるいを用いた。残渣に砂粒が多量に含まれる場合は、板木(2003)の浮選法を適用して放散虫の濃度を高めるようにした。ただし、一般に中新世の放散虫は第四紀のものよりも大型で骨太なため沈降しやすいので、攪拌後の沈澱時間を5秒程度にまで短縮した。プレパラートの作成は八尾・本山(2000)の乾燥散布法によった。封入にはエンテランニューを用いた。観察には透過型の光学顕微鏡を用い、100~400倍で検鏡した。時間的な制約により、個体数の計測は一種につき5個体まで数え、それ以上は6個体以上として記録するにとどめた。

放散虫化石と堆積年代

処理の結果、栄ルート29試料、ホロカンベ沢ルート39試料および五号沢ルート31試料、旭岡ルート2試料から放散虫化石が産出した(Tables 2-4, Appendix)。全般に石灰質ノジュール試料からは比較的保存のよい個体が産出したが、石灰質ノジュール以外の試料については、程度には差はあるが溶解・破損・変形が認められ保存状態は不良であった。大多数の試料においてActinommidae科、Porodiscidae科、Spongodiscidae科およびLitheliidae科が優勢であった。また、*Stylosphaera? magnaporulosa*、*Dendrospyrus? sakaii*、*Cycladophora nakasekoi*、*Eucyrtidium asanoi*、*Eucyrtidium inflatum*、*Lychnocanoma magnacornuta*といった時代判定の役に立つ鍵種の産出が認められたので、それらの生層準をTable 5にリストアップした。すなわち、アベツ層の基底部には*E. inflatum*の初産出と*E. asanoi*の初産出が認められた。*D.? sakaii*の終産出

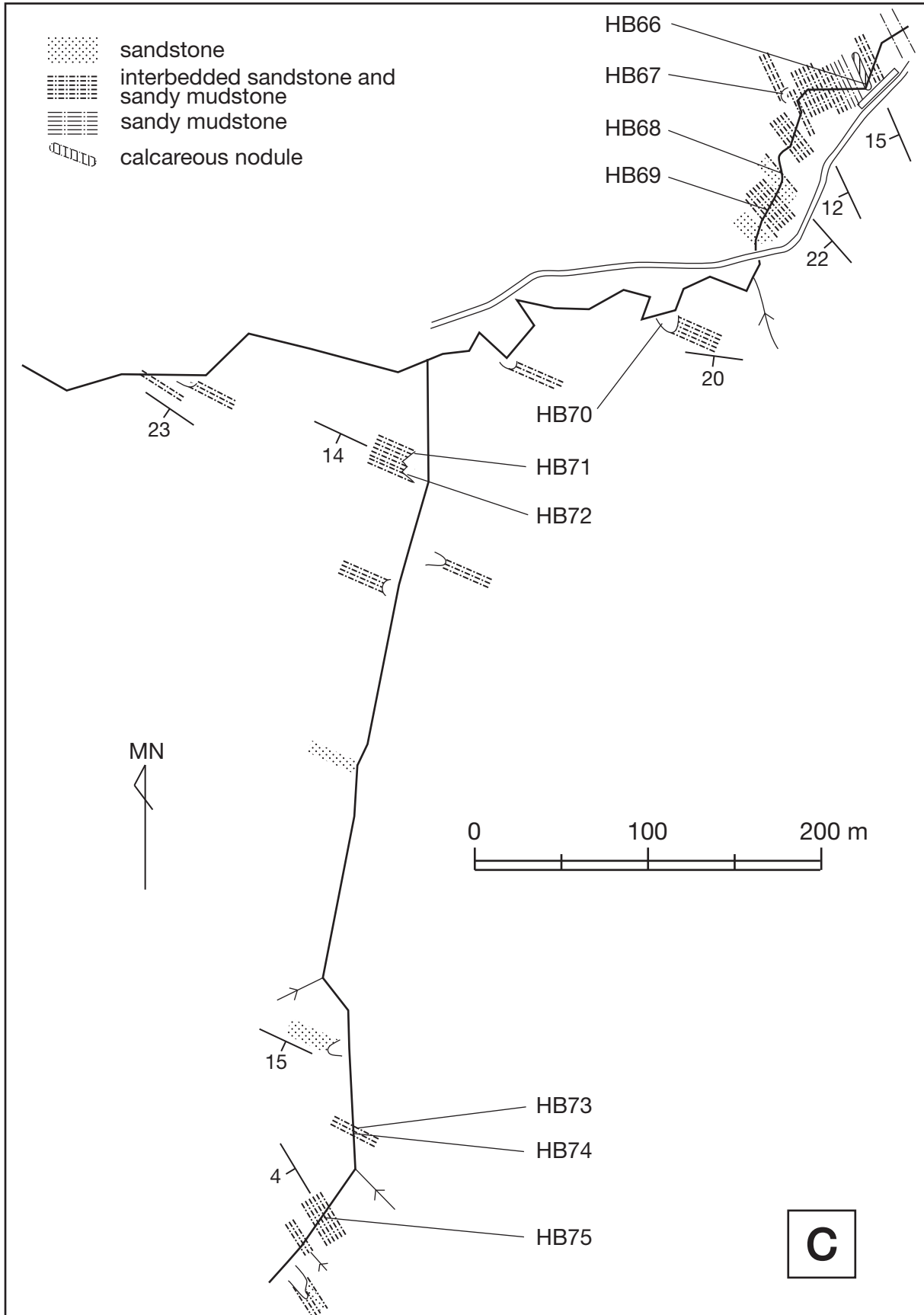


Fig. 5 (Continued).

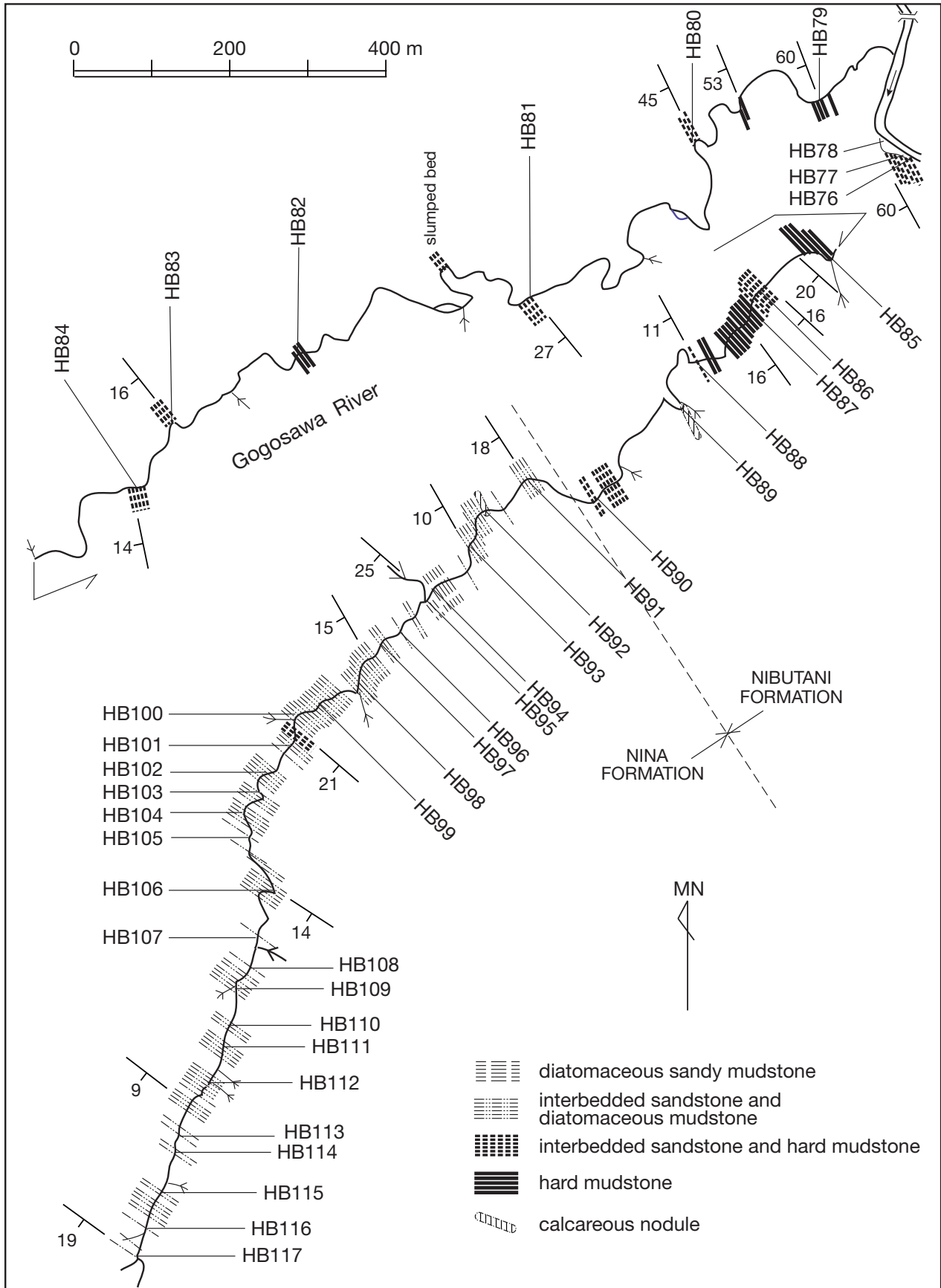


Fig. 6. Field map of the Gogosawa section.

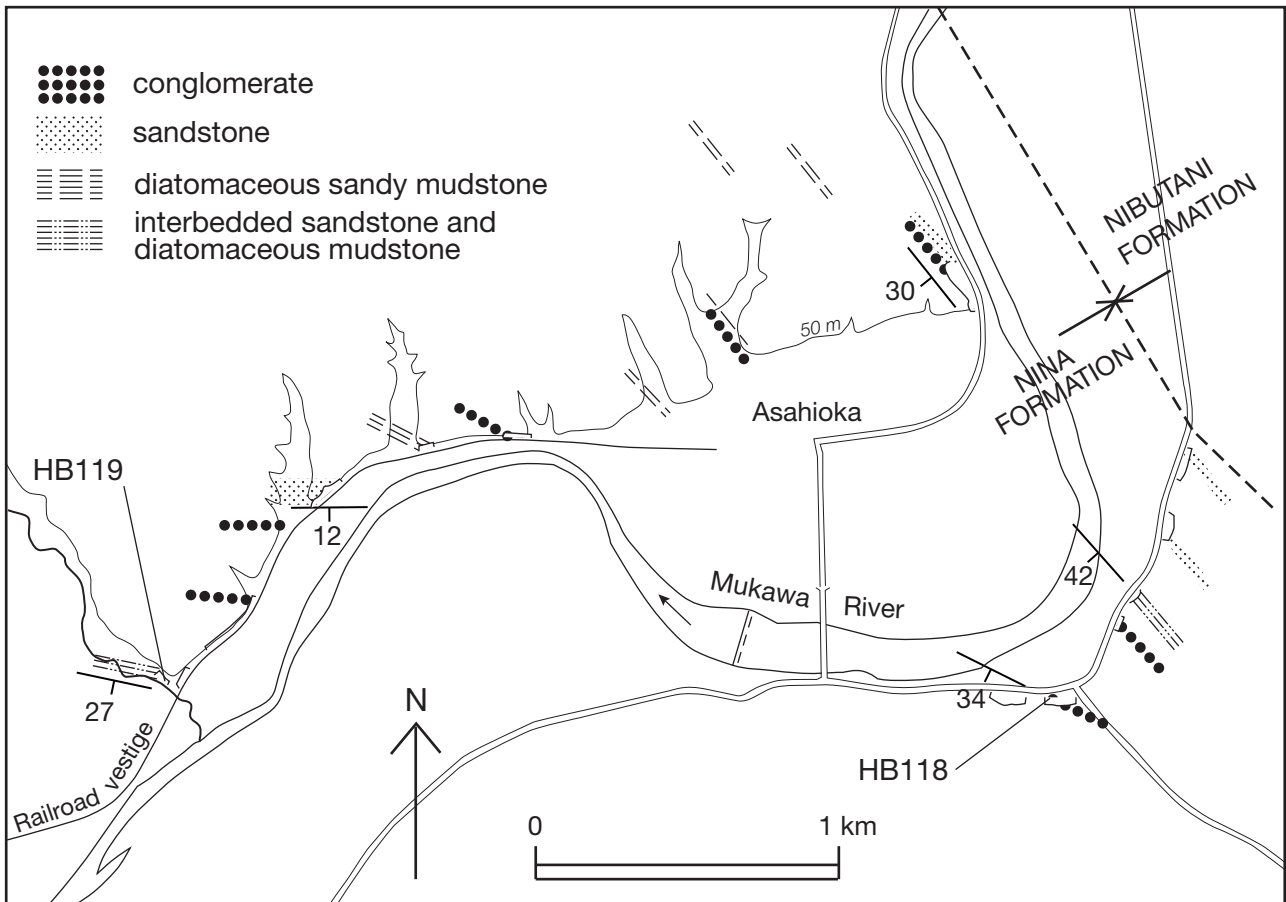


Fig. 7. Field map of the Asahioka section.

と *S. magnaporulosa* の終産出はアベツ層中に、また、*L. magnacornuta* の初産出が二風谷層下部に認められた。二風谷層最上部には *C. nakasekoi* の初産出が、荷葉層中には *L. magnacornuta* の連続的産出の上限が認められた。

珪藻など既存のデータも考慮に入れた時代判定に関する詳しい議論は別稿に譲るが、以上の放散虫生層準に基づく、栄層／アベツ層境界の年代は 15.3 Ma、アベツ層／二風谷層境界の年代は約 12.5 Ma、二風谷層／荷葉層境界の年代は約 9.7 Ma であると見積もられる。したがって栄層の堆積年代は中中新世初期以前 (15.3 Ma 以前)、アベツ層の堆積年代は中中新世の中頃 (15.3 ~ 約 12.5 Ma)、二風谷層の堆積年代は中中新世後期～後中新世前期 (約 12.5 ~ 約 9.7 Ma)、荷葉層の堆積年代は後中新世以降 (約 9.7 Ma ~) と考えられる。

おわりに

本地域を含むいわゆる日高海岸地域一帯において、珪藻質泥岩を含む荷葉層および相当層については、珪藻化石の

産出に恵まれているため、それにより地質年代が明らかにされてきた (米谷ほか, 1981; 嵯峨山ほか, 1992; 嵯峨山, 2000)。一方、栄層 (滝の上層)、アベツ層 (川端層)、二風谷層 (軽舞層) については、珪藻化石の産出はごく散点的であるのに対して (嵯峨山ほか, 1992)、同じ珪質微化石でも放散虫は比較的豊富な産出が知られ (長田・一ノ関, 1982)、今回、それが改めて確認できた。日本付近の中中新世放散虫化石帯の研究は過去 20 年ほどの間に急速な進歩を遂げてきたので (本山, 1999a; Kamikuri et al., 2004)、ここに示したデータを新しい化石帯や基準面の枠組みの中で解釈することにより、本調査地域の特に中部中新統について今まで以上に精度の良い年代推定が可能になるものと期待される。

謝辞: 査読者の鈴木紀毅氏 (東北大学) には有益なコメントを頂き原稿の改善に役立った。中戸章友 (日興建設コンサルタント)、仲村佐知子 (元琉球大学) のお二人には 1999 年の現地調査の際にご協力頂いた。研究費の一部に文部科学省科学研究費補助金 (課題番号 15540446) を使用した。

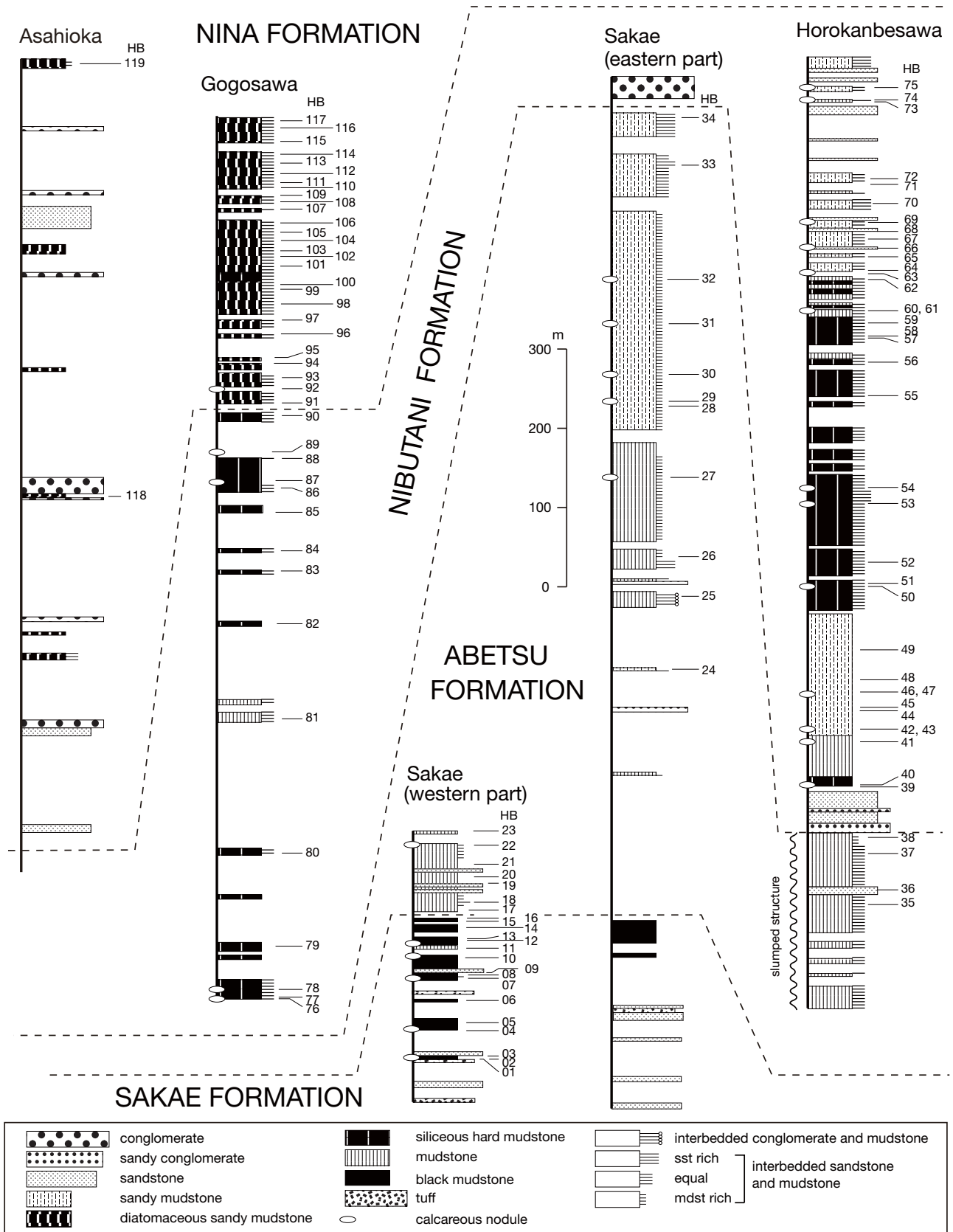


Fig. 8. Geologic columnar sections.

引用文献

- Campbell, A. S. and Clark, B. L., 1944, Miocene radiolarian faunas from southern California. *Geological Society of America Special Papers*, no. 51, 1-76.
- 舟川 哲, 1993, 北海道東部, 後期中新世の放散虫化石群集. 八尾昭 (編), 第4回放散虫研究会論文集, 大阪化石研究会誌 (NOM), 特別号, no. 9, 293-311.
- Funakawa, S., 2000, Internal skeletal structures of the Cenozoic genera *Gondwanaria*, *Lipmanella* and *Lithomelissa* (Plagiocanthidae, Nassellaria) and their taxonomy. *Micropaleontology*, **46**, 97-121.
- Goll, R. M. and Björklund, K. R., 1989, A new radiolarian biostratigraphy for the Neogene of the Norwegian Sea: ODP Leg 104. In Eldholm O., Thiede J., Taylor E., et al. eds., *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **104**, 697-737. College Station, TX (Ocean Drilling Program).
- Hays, J. D., 1970, Stratigraphy and evolutionary trends of Radiolaria in North Pacific deep-sea sediments. *The Geological Society of America, Memoir*, **126**, 185-218.
- 保柳康一・宮坂省吾・渡辺 寧・木村 学・松井 愈, 1986, “衝突帯”のタービダイト相形成とテクトニクス—中新世・中央北海道の例. 地学団体研究会専報, no. 31, 265-284.
- 板木拓也, 2003, 砂質堆積物からの放散虫殻の懸濁分離法. 化石, no. 73, 38-41.
- 今井 功・角 靖夫, 1957, 5万分の1地質図幅「富川」および同説明書. 北海道開発庁, 52pp.
- Kamikuri, S., Nishi, H. and Motoyama, I., 2007, Effects of late Neogene climatic cooling on North Pacific radiolarian assemblages and oceanographic conditions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **249**, 370-392.
- Kamikuri, S., Nishi, H., Motoyama, I. and Saito, S., 2004, Middle Miocene to Pleistocene radiolarian biostratigraphy in the Northwest Pacific, Ocean Drilling Program Leg 186. *The Island Arc*, **13**, 191-226.
- 川上源太郎, 1997, 北海道穂別地域に分布する, 中新世堆積岩類の岩相と堆積環境. 穂別町立博物館研究報告, no. 13, 27-42.
- 川上源太郎・塩野正道・川村信人・ト部暁子・小泉 格, 2002, 北海道中央部, 夕張山地に分布する中新統川端層の層序と堆積年代. 地質学雑誌, **108**, 186-200.
- 川上源太郎・吉田孝紀・白杵 直, 1999, 北海道中央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.
- Kling, S.A., 1973, Radiolaria from the eastern North Pacific, Deep Sea Drilling Project, Leg 18. In Kulm, L.D., von Huene R. et al. (eds.) *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **18**, 617-671. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Lazarus, D., Faust, K. and Popova-Goll, I., 2005, New species of prunoid radiolarians from the Antarctic Neogene. *Journal of Micropalaeontology*, **24**, 97-121.
- Ling, H.-Y., Stadum, C. J. and Welch, M. L., 1971, Polycystine Radiolaria from Bering Sea surface sediments. In Farinacci, A. ed., *Proceedings of the 2nd Planktonic Conference Roma 1970*, **2**, 705-729.
- Lombari, G. and Lazarus, D. B., 1988, Neogene cycladophorid radiolarians from North Atlantic, Antarctic, and North Pacific deep-sea sediments. *Micropaleontology*, **34**, 97-135.
- 米谷盛寿郎・秋葉文雄・一ノ関鉄郎, 1981, 11. 日高地域 (2) — 平取. 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」, 36-37, 黒船印刷, 静岡.
- 松野久也, 1960, 川端・古丹別両層の地質時代とその堆積間の地殻運動. 東北大理科報告 (地質学), 特別号, no. 4, 566-570.
- 松野久也・秦 光男, 1960, 5万分の1地質図幅「追分」および同説明書. 北海道開発庁, 34pp.
- 松野久也・石田正夫, 1960, 5万分の1地質図幅「早来」および同説明書. 北海道開発庁, 35pp.
- 松野久也・田中啓策・水野篤行・石田正夫, 1964, 5万分の1地質図幅「岩見沢」および同説明書. 北海道開発庁, 168pp.
- 松野久也・山口昇一, 1958, 5万分の1地質図幅「静内」および同説明書. 北海道開発庁, 36pp.
- Morley, J. J. and Nigrini, C., 1995, Miocene to Pleistocene radiolarian biostratigraphy of North Pacific Sites 881, 884, 885, 886, and 887. In Rea, D. K., Basov, I. A., Scholl, D. W. and Allan, J. F. eds., *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **145**, 55-91. College Station, TX (Ocean Drilling Program).
- Motoyama, I., 1996, Late Neogene radiolarian biostratigraphy in the subarctic Northwest Pacific. *Micropaleontology*, **42**, 221-262.
- Motoyama, I., 1997, Origin and evolution of *Cycladophora davisiana* Ehrenberg (Radiolaria) in DSDP Site 192, Northwest Pacific. *Marine Micropaleontology*, **30**, 45-63.
- 本山 功, 1999a, 本邦含油新第三系をめぐる放散虫化石層序の進歩—化石帯区分の進歩. 石油技術協会誌, **64**, 28-39.
- 本山 功, 1999b, 本邦含油新第三系をめぐる放散虫化石層序の進歩—石油探鉱への適用. 石油技術協会誌, **64**, 268-281.
- 本山 功・仲村佐知子, 2002, 北海道稚内市宇流谷川における中新統増幌層と稚内層の放散虫化石層序と不整合境界の再認定. 地質学雑誌, **108**, 219-234.
- Motoyama, I. and Nishimura, A., 2005, Distribution of radiolarians in North Pacific surface sediments along the 175°E meridian. *Paleontological Research*, **9**, 95-117.
- 長田享一・一ノ関鉄郎, 1982, 北海道道央部日高地域における微化石層序について. 石油資源開発技術研究所報告, **25**, 113-173.
- Nakaseko, K., 1955, Miocene radiolarian fossil assemblage from the southern Toyama Prefecture in Japan. *Science Reports, South and North College, Osaka University*, no. 4, 65-127.
- Nakaseko, K., 1971, On some species of the genus *Thecosphaera* from the Neogene formations, Japan. *Science Reports, College of General Education, Osaka University*, **20**, 59-66.
- 中世古幸次郎・菅野耕三, 1973, 日本新第三紀の化石放散虫分帯. 地質学論集, no. 8, 23-33.
- Nigrini, C. and Lombardi, G., 1984, A guide to Miocene Radiolaria. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication*, no. 22, i-xvii; S1-S102; N1-N206, 33 plates.
- Reynolds, R. A., 1980, Radiolarians from the western North Pacific, Leg 57, Deep Sea Drilling Project. In Scientific Party ed., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **56, 57**, part 2, 735-769. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- 嵯峨山 積, 2000, 北海道の新生界中部中新統—鮮新統層序と堆積盆の動き. 道立地質研究所報告, no. 71, 59-102.
- 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.
- Sakai, T., 1980, Radiolarians from Sites 434, 435, and 436, Northwest Pacific, Leg 56, Deep Sea Drilling Project. In Scientific Party ed., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **56, 57**, part 2, 695-733. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Salvador, A. ed., 1994, *International Stratigraphic Guide, Second Edition*. 214p. The Geological Society of America, Inc.
- Sanfilippo, A. and Riedel, W. R., 1970, Post-Eocene “closed” theoperid radiolarians. *Micropaleontology*, **16**, 446-462.
- 佐々保雄・田中啓策・秦 光男, 1964, 5万分の1地質図幅「夕張」および同説明書. 北海道開発庁, 184pp.
- 佐藤博之・山口昇一, 1960, 5万分の1地質図幅「春立」および同説明書. 地質調査所, 18pp.
- Shilov, V. V., 1995, Miocene–Pliocene radiolarians from Leg 145, North

穂別地域の中新統から産出した放散虫

- Pacific. In Rea, D. K., Basov., I. A., Scholl, D. W. and Allan, J. F. eds., *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **145**, 93-116. College Station, TX (Ocean Drilling Program).
- Sugiyama, K. and Furutani, H., 1992, Middle Miocene radiolarians from the Oidawara Formation, Mizunami Group, Gifu Prefecture, central Japan. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum*, no. 19, 199-213.
- 高橋功二・和田信彦, 1987, 5 万分の 1 地質図幅「穂別」および同説明書. 北海道立地下資源調査所, 40pp.
- 土田定次郎, 1957-1958, 北海道宗谷日高堆積盆地の微古生物学的研究 (その 1 ~ その 6). 石油技術協会誌, **22**, 156-162, 198-206 ; **23**, 1-15, 44-52, 81-89, 163-173.
- Vitukhin, D.I., 1993, Raschlenenie kainozoya Dalinego Bostoka Rossii po radiolariyam. *Geologicheskii Institut, Rossiiskaya Akademiya Nauk, Trudi*, **485**, 1-104. (in Russian with English abstract)
- 和田信彦・高橋功二・渡辺 順・蟹江康光, 1992, 5 万分の 1 地質図幅「三石」および同説明書. 北海道立地下資源調査所, 73pp.
- 山口昇一, 1958, 5 万分の 1 地質図幅「門別」および同説明書. 地質調査所, 20pp.
- 山口昇一, 1960, 5 万分の 1 地質図幅「鷓川」および同説明書. 地質調査所, 29pp.
- 八尾 昭・本山 功, 2000, II-1-4-3 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, 73-78.
- 吉田 尚・松野久也・佐藤博之・山口昇一, 1959, 5 万分の 1 地質図幅「比宇」および同説明書. 北海道開発庁, 47pp.

Appendix. Species list.

Order Spumellaria

Family Collosphaeridae

Collosphaera sp. A Reynolds, 1980, p. 761, pl. 1, figs. 1-4.

Family Actinommidae

- Actinomma antarcticum* Haeckel. Motoyama, 1996, p. 242, pl. 1, fig. 1.
Actinomma medianum Nigrini. Motoyama, 1996, p. 242, pl. 1, fig. 2.
Actinomma popofskii (Petrushevskaya). Motoyama and Nishimura, 2005, p. 111, figs. 8.3, 8.4.
Drupptractus irregularis Popofsky. Motoyama, 1996, p. 252, pl. 1, fig. 6.
Lithatractus santaecannae pusillus Campbell and Clark, 1944, p. 19, pl. 2, figs. 23-25.
Stylatractus universonis Hays, 1970, p. 215, pl. 1, figs. 1, 2.
Saturnalis circularis Haeckel. Sakai, 1980, p. 709, pl. 6, fig. 14.
Stylosphaera? magnaporulosa (Clark and Campbell). Sugiyama and Furutani, 1992, p. 202, pl. 12, figs. 5-7, 10; pl. 15, figs. 3, 4, 6, 7.
Stylosphaera? timmsi (Campbell and Clark). Sugiyama and Furutani, 1992, p. 202, pl. 12, figs. 3, 8; pl. 15, figs. 1, 2.
Thecosphaera akitaensis Nakaseko, 1971, p. 63, pl. 1, fig. 4.
Thecosphaera dedoensis Nakaseko, 1971, p. 61, pl. 1, fig. 2.
Thecosphaera miocenica Nakaseko, 1955, p. 73, pl. 2, fig. 1.
Thecosphaera pseudojaponica Nakaseko, 1971, p. 62, pl. 1, fig. 8.

Family Porodiscidae

- Amphymenium amphistylum* Haeckel. Morley and Nigrini, 1995, p. 78, pl. 1, figs. 8, 9.
Stylochlamydidium venustum (Bailey). Ling et al., 1971, p. 711, pl. 1, figs. 7, 8.
Stylodictya aculeata Jørgensen. Nigrini and Lombardi, 1984, p. S69, pl. 10, figs 1a, 1b.
Stylodictya camerina Campbell and Clark. Motoyama, 1996, p. 254, pl. 2, fig. 9.

Family Spongodiscidae

Spongopyle osculosa Dreyer. Nigrini and Lombardi, 1984, p. S77, pl. 11, figs 1a, 1b.

Family Litheliidae

- Larcopyle buetschlii* Dreyer. Motoyama, 1996, p. 254, pl. 3, figs. 3, 4.
Larcopyle polyacantha (Clark and Campbell). Lazarus et al., 2005, p. 106, pl. 2, figs. 1-17; pl. 3, figs. 1-12; pl. 4, figs. 1-10.
Larcospira moschkovskii Nigrini and Lombardi, 1984, p. S91, pl. 13, figs 2a, 2b.
Lithelius barbatus Motoyama, 1996, p. 243, pl. 3, figs. 11-14.
Lithelius minor Jørgensen. Nigrini and Lombardi, 1984, p. S95, pl. 14, figs. 1a, 1b.
Lithelius nauilooides Popofsky. Motoyama, 1996, p., 254, pl.3, fig. 10.
Spirema sp. Kling, 1973, p. 635, pl. 7, figs. 23-25.

Order Nassellaria

Suborder Spyrida

- Dendrospyris? sakaii* Sugiyama and Furutani, 1992, p. 204, pl. 13, figs. 3, 6; pl. 20, figs. 3, 4.
Dendrospyris? suganoi Sugiyama and Furutani, 1992, p. 204, pl. 13, figs. 4, 5; pl. 20, figs. 5, 6.
Dendrospyris? sp. Dendrospyris? sp. A Motoyama and Nakamura, 2002, pl. 1, figs. 15, 16.
Phormospyris stabilis stabilis (Goll). Nigrini and Lombardi, 1984, p. N59, pl. 19, fig. 7.

Suborder Cyrtida

Family Plagoniidae

- Ceratocyrtis stoermeri* Goll and Bjørklund, 1989, p. 731, pl. 5, figs. 5-9.
Gondwanaria cylindrica Funakawa, 2000, p. 101, pl. 1, figs. 2, 3; pl. 7, fig. 2; text-fig. 5.
Gondwanaria kirooensis Funakawa, 2000, p. 105, pl. 2, figs. 1, 2; pl. 7, fig. 3; text-fig. 6.
Lipmanella hister (Petrushevskaya). Sugiyama and Furutani, 1992, p. 209, pl. 13, figs. 7, 8.
Lipmanella pilva Vitukhin, 1993, p. 85, pl. 29, figs. 6, 7, 15.
Lipmanella redondoensis (Campbell and Clark). Funakawa, 2000, p. 108, pl. 4, figs. 2, 3; pl. 7, fig. 6; text-fig. 8.

Family Theoperidae

- Cornutella profunda* Ehrenberg. Nigrini and Lombardi, 1984, p. N93, pl. 22, fig. 1.
Cycladophora bicornis bicornis (Popofsky). Lombardi and Lazarus, 1988, p. 106, pl. 5, figs. 9-12.
Cycladophora bicornis klingi Lombardi and Lazarus, 1988, p. 108, pl. 4, figs. 1-5.
Cycladophora conica Lombardi and Lazarus, 1988, p. 105, pl. 3, figs. 1-16.
Cycladophora cornutooides Kling. Motoyama, 1997, p. 56, pl. 1, figs. 1-3.
Cycladophora cosma cosma Lombardi and Lazarus, 1988, p. 104, pl. 1, figs. 1-6.
Cycladophora nakasekoi Motoyama, 1996, p. 243, pl. 4, figs. 1-3.
Cycladophora ochotica Vitukhin, 1993, p. 81, pl. 26, figs. 1, 2; pl. 28, fig. 13.
Cycladophora sp. A Funakawa, 1993, pl. 1, figs. 5, 6; pl. 2, fig. 11.
Cyrtocapsella japonica (Nakaseko). Sanfilippo and Riedel, 1970, p. 452, pl. 1, figs. 13-15.
Cyrtocapsella tetrapera (Haeckel). Sanfilippo and Riedel, 1970, p. 453, pl. 1, figs. 16-18.
Cyrtolagena spp. This category comprises forms that belong to *Cyrtolagena*, *Cyrtopera* and *Stichopera*.
Dictyophimus hirundo (Haeckel) group. Motoyama, 1996, p. 256, pl. 6, figs. 6, 7.
Dictyophimus splendens (Campbell and Clark). Morley and Nigrini, 1995, p. 79, pl. 7, figs. 3, 4.
Eucyrtidium asanoi Sakai, 1980, p. 709, pl. 7, figs. 12-14.
Eucyrtidium calvertense Martin. Kling, 1973, p. 636, pl. 4, figs. 16, 18, 19; pl. 11, figs. 1-5.
Eucyrtidium inflatum Kling, 1973, p. 636, pl. 11, figs. 7, 8; pl. 15, figs. 7-10.
Eucyrtidium cienkowskii Haeckel group. Sakai, 1980, p. 710, pl. 7, figs. 8-10.
Lithocampe subligata Stöhr. Shilov, 1995, p. 108, pl. 2, fig. 3.
Lychnocanoma magnacornuta Sakai. Motoyama, 1996, p. 248, pl. 5, figs. 10, 11.
Stichocorys delmontensis (Campbell and Clark). Sanfilippo and Riedel, 1970, p. 451, pl. 1, fig. 9.
Stichocorys peregrina (Riedel). Sanfilippo and Riedel, 1970, p. 451, pl. 1, fig. 10.

Family Pterocoryiidae

- Lamprocyrtis hannai* (Campbell and Clark). Kling, 1973, p. 638, pl. 5, figs. 12-14; pl. 12, figs. 10-14.

穂別地域の中新統から産出した放散虫

Table 1. Sample list.

Sample no.	Original number	Formation	Lithology	Locality	Date
HB01	Sp04101601	Sakae. F.	black mudstone	Sakae (Fig. 3)	16-Oct-04
HB02	Sp04101602	Sakae. F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 3)	16-Oct-04
HB03	Sp04101603	Sakae. F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 3)	16-Oct-04
HB04	SK01n1	Sakae. F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 3)	10-Sep-00
HB05	SK01	Sakae. F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 3)	10-Sep-00
HB06	Sp04101611	Sakae. F.	black mudstone	Sakae (Fig. 3)	16-Oct-04
HB07	SK02no	Sakae. F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 3)	10-Sep-00
HB08	SK02	Sakae. F.	gray mudstone	Sakae (Fig. 3)	10-Sep-00
HB09	Sp04101604	Sakae. F.	black mudstone	Sakae (Fig. 3)	16-Oct-04
HB10	Sp04101605	Sakae. F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 3)	16-Oct-04
HB11	SK03	Sakae. F.	black mudstone	Sakae (Fig. 3)	10-Sep-00
HB12	Sp04101606	Sakae. F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 3)	16-Oct-04
HB13	Sp04101607	Sakae. F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 3)	16-Oct-04
HB14	Sp04101608	Sakae. F.	black mudstone	Sakae (Fig. 3)	16-Oct-04
HB15	Sp04101610	Sakae. F.	black mudstone	Sakae (Fig. 3)	16-Oct-04
HB16	Sp04101609	Sakae. F.	black mudstone	Sakae (Fig. 3)	16-Oct-04
HB17	SK04	Abetsu F.	gray mudstone	Sakae (Fig. 3)	10-Sep-00
HB18	SK05	Abetsu F.	gray mudstone	Sakae (Fig. 3)	10-Sep-00
HB19	SK06	Abetsu F.	gray mudstone	Sakae (Fig. 3)	10-Sep-00
HB20	SK07	Abetsu F.	gray mudstone	Sakae (Fig. 3)	10-Sep-00
HB21	SK10	Abetsu F.	gray mudstone	Sakae (Fig. 3)	10-Sep-00
HB22	SK09(n)	Abetsu F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 3)	10-Sep-00
HB23	SK08	Abetsu F.	gray mudstone	Sakae (Fig. 3)	10-Sep-00
HB24	SK14	Abetsu F.	gray mudstone	Sakae (Fig. 4)	10-Sep-00
HB25	SK15	Abetsu F.	gray mudstone	Sakae (Fig. 4)	10-Sep-00
HB26	SK17	Abetsu F.	gray mudstone	Sakae (Fig. 4)	10-Sep-00
HB27	Sp05072412	Abetsu F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 4)	24-Jul-05
HB28	Sp05072413	Abetsu F.	dark gray mudstone	Sakae (Fig. 4)	24-Jul-05
HB29	Sp05072411	Abetsu F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 4)	24-Jul-05
HB30	Sp05072410	Abetsu F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 4)	24-Jul-05
HB31	Sp05072409	Abetsu F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 4)	24-Jul-05
HB32	Sp05072408	Abetsu F.	calcareous nodule	Sakae (Fig. 4)	24-Jul-05
HB33	Sp05072414	Abetsu F.	gray mudstone	Sakae (Fig. 4)	24-Jul-05
HB34	Sp05072415	Abetsu F.	gray sandy mudstone	Sakae (Fig. 4)	24-Jul-05
HB35	HKB27	Abetsu F.	gray mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5A)	11-Aug-99
HB36	HKB26	Abetsu F.	mudclast	Horokanbesawa (Fig. 5A)	11-Aug-99
HB37	HKB25	Abetsu F.	gray mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5A)	11-Aug-99
HB38	HKB24	Abetsu F.	gray mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5A)	11-Aug-99
HB39	HKB23	Nibutani F.	gray mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5A)	11-Aug-99
HB40	HKB22(n)	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5A)	11-Aug-99

Table 1 (Continued)

Sample no.	Original number	Formation	Lithology	Locality	Date
HB41	Sp05072402	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5A)	24-Jul-05
HB42	Sp05072403	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5A)	24-Jul-05
HB43	Sp05072404	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5A)	24-Jul-05
HB44	HKB21	Nibutani F.	gray mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5A)	11-Aug-99
HB45	HKB31n	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5A)	11-Nov-02
HB46	HKB20(n)	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5A)	11-Aug-99
HB47	HKB30n	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5A)	11-Nov-02
HB48	HKB19	Nibutani F.	gray sandy mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5A)	11-Aug-99
HB49	HKB18	Nibutani F.	gray sandy mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Aug-99
HB50	HKB17(n)	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Aug-99
HB51	HKB16	Nibutani F.	hard mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Aug-99
HB52	HKB15	Nibutani F.	hard mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Aug-99
HB53	HKB32n	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Nov-02
HB54	HKB33	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Nov-02
HB55	HKB14	Nibutani F.	hard mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Aug-99
HB56	HKB13	Nibutani F.	hard mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Aug-99
HB57	HKB12(n)	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Aug-99
HB58	HKB11(n)	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Aug-99
HB59	HKB34n	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Nov-02
HB60	HKB10(n)	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Aug-99
HB61	HKB10	Nibutani F.	gray mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Aug-99
HB62	HKB09	Nibutani F.	gray mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Aug-99
HB63	HKB35n	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Nov-02
HB64	HKB08	Nibutani F.	gray sandy mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Aug-99
HB65	HKB07	Nibutani F.	gray sandy mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5B)	11-Aug-99
HB66	HKB06(n)	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5C)	11-Aug-99
HB67	HKB05	Nibutani F.	gray sandy mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5C)	11-Aug-99
HB68	HKB04	Nibutani F.	gray sandy mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5C)	11-Aug-99
HB69	HKB36n	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5C)	11-Nov-02
HB70	HKB03	Nibutani F.	gray sandy mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5C)	11-Aug-99
HB71	HKB02	Nibutani F.	gray sandy mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5C)	11-Aug-99
HB72	HKB01	Nibutani F.	gray sandy mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5C)	11-Aug-99
HB73	Sp05072405	Nibutani F.	dark gray mudstone	Horokanbesawa (Fig. 5C)	24-Jul-05
HB74	Sp05072406	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5C)	24-Jul-05
HB75	Sp05072407	Nibutani F.	calcareous nodule	Horokanbesawa (Fig. 5C)	24-Jul-05
HB76	NWG00	Nibutani F.	hard mudstone	Niwanzawagawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB77	NWG00n1	Nibutani F.	calcareous nodule	Niwanzawagawa (Fig. 6)	10-Nov-02
HB78	NWG00n2	Nibutani F.	calcareous nodule	Niwanzawagawa (Fig. 6)	10-Nov-02
HB79	NWG01	Nibutani F.	hard mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB80	NWG02	Nibutani F.	hard mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99

穂別地域の中新統から産出した放散虫

Table 1 (Continued)

Sample no.	Original number	Formation	Lithology	Locality	Date
HB81	NWG03	Nibutani F.	gray mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB82	NWG04	Nibutani F.	hard mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB83	NWG05	Nibutani F.	hard mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB84	NWG06	Nibutani F.	hard mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB85	NWG07	Nibutani F.	hard mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB86	NWG08	Nibutani F.	hard mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB87	NWG09(n)	Nibutani F.	calcareous nodule	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB88	NWG10	Nibutani F.	hard mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB89	NWG11(n)	Nibutani F.	calcareous nodule	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB90	NWG12	Nibutani F.	hard mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB91	NWG13	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB92	NWG14(n)	Nina F.	calcareous nodule	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB93	NWG15	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB94	NWG16	Nina F.	sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Aug-99
HB95	NWG17	Nina F.	mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	11-Sep-00
HB96	NWG18	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	11-Sep-00
HB97	NWG19	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	11-Sep-00
HB98	NWG20	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	11-Sep-00
HB99	NWG21	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB100	NWG22	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB101	NWG23	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB102	NWG24	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB103	NWG25	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB104	NWG26	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB105	NWG27	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB106	NWG28	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB107	NWG29	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB108	NWG30	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB109	NWG31	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB110	NWG32	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB111	NWG33	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB112	NWG34	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB113	NWG35	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB114	NWG36	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB115	NWG37	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB116	NWG38	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB117	NWG39	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Gogosawa (Fig. 6)	12-Sep-00
HB118	Sp05072416	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Asahioka (Fig. 7)	24-Jul-05
HB119	Sp05072417	Nina F.	diatomaceous sandy mudstone	Asahioka (Fig. 7)	24-Jul-05

穂別地域の中新統から産出した放射虫

Table 3. Radiolarian occurrences from the Horokanbe section. Solid circles indicate six or more specimens in a slide. Asterisks (*) indicate occurrence in a second slide.

Sample no. (HB)	Radiolarian taxa												specimens in a slide
	<i>Collosphaera</i> sp. A of Reynolds (1980)	<i>Actinomma antarcticum</i>	<i>Actinomma mediamum</i>	<i>Actinomma popofskii</i>	<i>Cenosphaera</i> spp.	<i>Sylatactus univertus</i>	<i>Thecosphaera akitaensis</i>	<i>Thecosphaera mtocentica</i>	<i>Thecosphaera pseudojaponica</i>	<i>Syladictya aculeata</i>	<i>Syladictya camerina</i>	<i>Spongyopyle osculosa</i>	
75	1	1											440
74													120
72													75
71													15
70													7
69													520
68													20
67													25
66													75
65													200
64													150
63													2800
62													175
61													250
60													775
59													2720
58													75
57													50
56													275
55													500
54													1060
53													640
52													200
51													225
50													25
49													250
48													250
47													560
46													150
45													700
44													50
43													280
42													220
40													1200
39													175
38													300
37													375
36													8
35													1400

Table 4. Radiolarian occurrences from the Gogosawa and Asahioka sections. Solid circles indicate six or more specimens in a slide. Asterisks (*) indicate occurrence in a second slide.

Table with columns for Sample no. (HB) and rows for various radiolarian genera and species. The table contains counts and symbols (solid circles and asterisks) indicating occurrences across different samples.

Table 5. Radiolarian events. Ages of bioevents are from Kamikuri et al. (2004) for the first occurrence of *C. nakasekoi* and from Kamikuri et al. (2007) for the others. Abbreviations: F, first occurrence; L, last occurrence; LC, last consistent occurrence.

Radiolarian events	Age (Ma)	Sakae	Horokanbesawa	Gogosawa-Asahioka
LC <i>Lychnocanoma magnacornuta</i>	9.0			HB117/HB118
F <i>Cycladophora nakasekoi</i>	9.9			HB86/HB87
F <i>Lychnocanoma magnacornuta</i>	11.7		HB52/HB53	HB80/HB81
L <i>Eucyrtidium inflatum</i>	11.7		HB40/HB42	HB77/HB78
L <i>Stylosphaera? magnaporulosa</i>	13.1	HB29/HB32		
L <i>Dendrospyrus? sakaii</i>	14.7	HB15/HB16		
F <i>Eucyrtidium asanoi</i>	15.3	HB17/HB18		
F <i>Eucyrtidium inflatum</i>	15.3	HB16/HB17		

Explanation of plates

Plate 1

Plate 2

1. *Actinomma medianum* Nigrini

(HB07, sl. 1, D51/0)

2. *Collosphaera* sp. A of Reynolds (1980)

(HB89, sl. 1, W54/0)

3. *Stylosphaera?* aff. *timmsi* (Campbell and Clark)

(HB87, sl. 3, M26/2)

4. *Stylosphaera?* *timmsi* (Campbell and Clark)

(HB04, sl. 1, J52/2)

5–6. *Thecosphaera akitaensis* Nakaseko

(5: HB57, sl. 1, J48/2, 6: HB60, sl. 1, B28/4)

7. *Thecosphaera miocenica* Nakaseko

(HB87, sl. 3, R46/2)

8. *Thecosphaera dedoensis* Nakaseko

(HB117, sl. 1, J38/4)

9, 10, 12–14. *Stylosphaera?* *magnaporulosa* (Clark and Campbell)

(9: HB04, sl. 1, A39/0, 10: HB04, sl. 1, J52/2, 12: HB04, sl. 1, Q49/1, 13: HB04, sl. 1, J52/3, 14: HB04, sl. 1, G50/2)

11. *Stylatractus universus* Hays

(HB07, sl. 1, W50/0)

1. *Saturnalis circularis* Haeckel

(HB89, sl. 1, H44/1)

2. *Amphymenium amphistylum* Haeckel

(HB10, sl. 1, K54/0)

3. *Stylodictya aculeata* Jørgensen

(HB75, sl. 1, V25/1)

4. *Stylodictya camerina* Campbell and Clark

(HB07, sl. 1, F24/0)

5. *Lithelius barbatus* Motoyama

(HB119, sl. 2, K29/3)

6. *Lithelius minor* Jørgensen

(HB87, sl. 3, X38/2)

7. *Lithelius nautiloides* Popofsky

(HB07, sl. 1, E41/2)

8. *Larcopyle polyacantha* (Campbell and Clark)

(HB87, sl. 3, R25/4)

9. *Larcospira moschkovskii* Kruglikova

(HB117, sl. 1, S23/1)

10. *Spirema* sp. of Kling (1973)

(HB04, sl. 1, J51/0)

11. *Spongopyle osculosa* Dreyer

(HB87, sl. 3, K40/1)

12–14. *Dendrospyrus? sakaii* Sugiyama and Furutani

(12: HB07, sl. 1, K39/1, 13: HB07, sl. 1, U42/0, 14: HB07, sl. 1, D43/1)

15–16. *Dendrospyris? suganoi* Sugiyama and Furutani

(15: HB10, sl. 1, D23/0, 16: HB10, sl. 1, A44/0)

17. *Dendrospyris?* sp.

(HB60, sl. 1, X52/2)

18. *Ceratocyrtis stoermeri* Goll and Björklund

(HB89, sl. 1, T54/2)

19. *Gondwanaria cylindrica* Funakawa

(HB89, sl. 1, U28/3)

20. *Gondwanaria kirooensis* Funakawa

(HB07, sl. 1, M40/1)

21. *Lipmanella hister* (Petrushevskaya)

(HB07, sl. 1, G27/2)

22. *Lipmanella pilva* Vitukhin

(HB07, sl. 1, L31/0)

23–24. *Lipmanella redondoensis* (Campbell and Clark)

(23: HB40, sl. 1, B33/0, 24: HB89, sl. 1, G25/0)

25. *Cornutella profunda* Ehrenberg

(HB10, sl. 1, G46/3)

26. *Peripyramis* sp.

(HB07, sl. 1, L33/3)

27. *Bathropyramis* sp.

(HB04, sl. 1, O41/0)

Plate 3

1–2. *Cycladophora ochotica* Vitukhin

(1: HB07, sl. 2, Q26/0, 2: HB07, sl. 2, V24/0)

3. *Cycladophora cosma cosma* Lombari and Lazarus

(HB10, sl. 1, K51/0)

4–5. *Cycladophora conica* Lombari and Lazarus

(4: HB10, sl. 1, L26/0, 5: HB74, sl. 1, B44/4)

6. *Cycladophora cornutoides* Kling

(HB87, sl. 3, N50/2)

7. *Cycladophora* sp. A of Funakawa (1993)

(HB87, sl. 3, F41/1)

8. *Cycladophora nakasekoi* Motoyama

(HB113, sl. 1, X36/2)

9. *Cycladophora bicornis klingi* Lombari and Lazarus

(HB117, sl. 1, M39/2)

10–11. *Cyrtocapsella tetrapera* Haeckel

(10: HB15, sl. 1, D39/0, 11: HB15, sl. 1, S40/2)

12–13. *Cyrtocapsella japonica* (Nakaseko)

(12: HB60, sl. 3, K45/3, 13: HB15, sl. 1, U52/2)

14. *Dictyophimus hirundo* Haeckel group

(HB07, sl. 1, E42/1)

15. *Stichocorys delmontensis* (Campbell and Clark)

(HB87, sl. 3, F30/0)

16. *Stichocorys peregrina* (Riedel)

(HB89, sl. 1, F28/4)

17. *Lithocampe subligata* Stöhr

(HB02, sl. 1, B47/0)

Plate 4

1–4. *Lychnocanoma magnacornuta* Sakai

(1: HB60, sl. 1, X20/2, 2: HB60, sl. 1, C28/0, 3: HB60, sl. 1, D54/0, 4: HB60, sl. 1, B25/0)

5. *Eucyrtidium asanoi* Sakai

(HB18, sl. 1, U37/1)

6. *Eucyrtidium cienkowskii* Haeckel group

(HB60, sl. 3, T40/3)

7–8. *Eucyrtidium inflatum* Kling

(7: HB40, sl. 1, N40/2, 8: HB40, sl. 1, L29/1)

9. *Cyrtolagena* sp.

(HB07, sl. 1, D38/3)

10. *Carpocaniidae* gen. et sp. indet.

(HB04, sl. 1, R26/1)

Plate 1

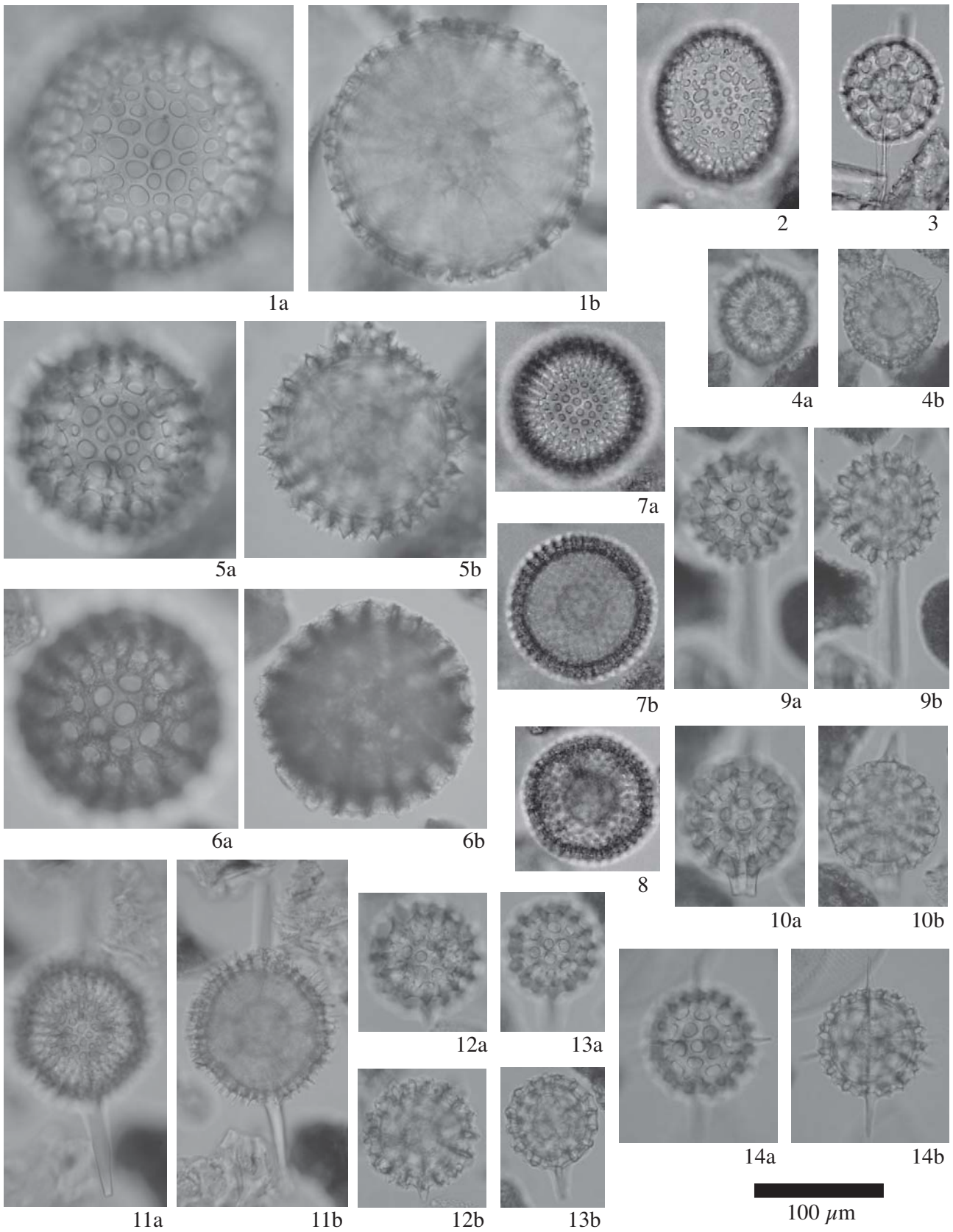


Plate 2

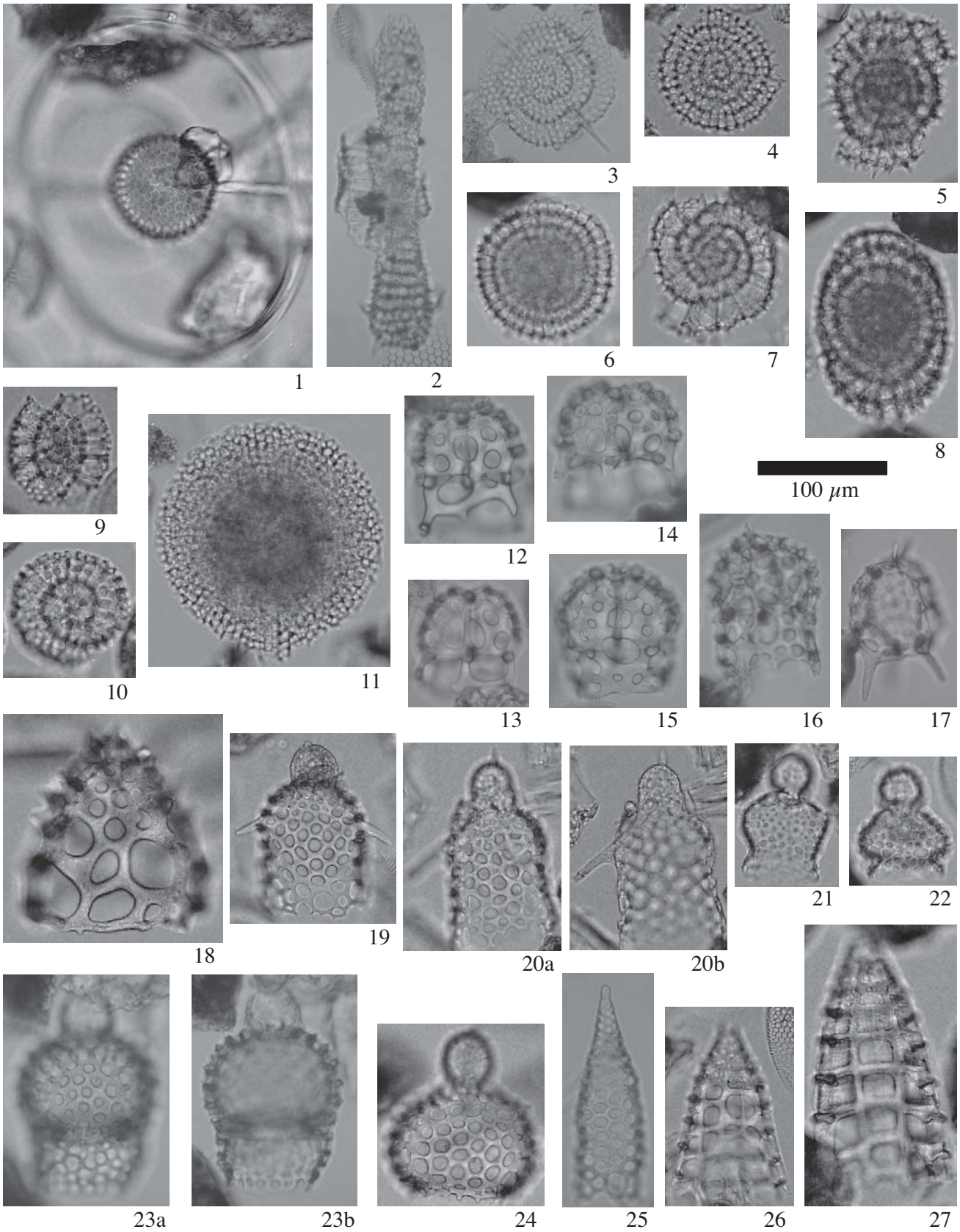
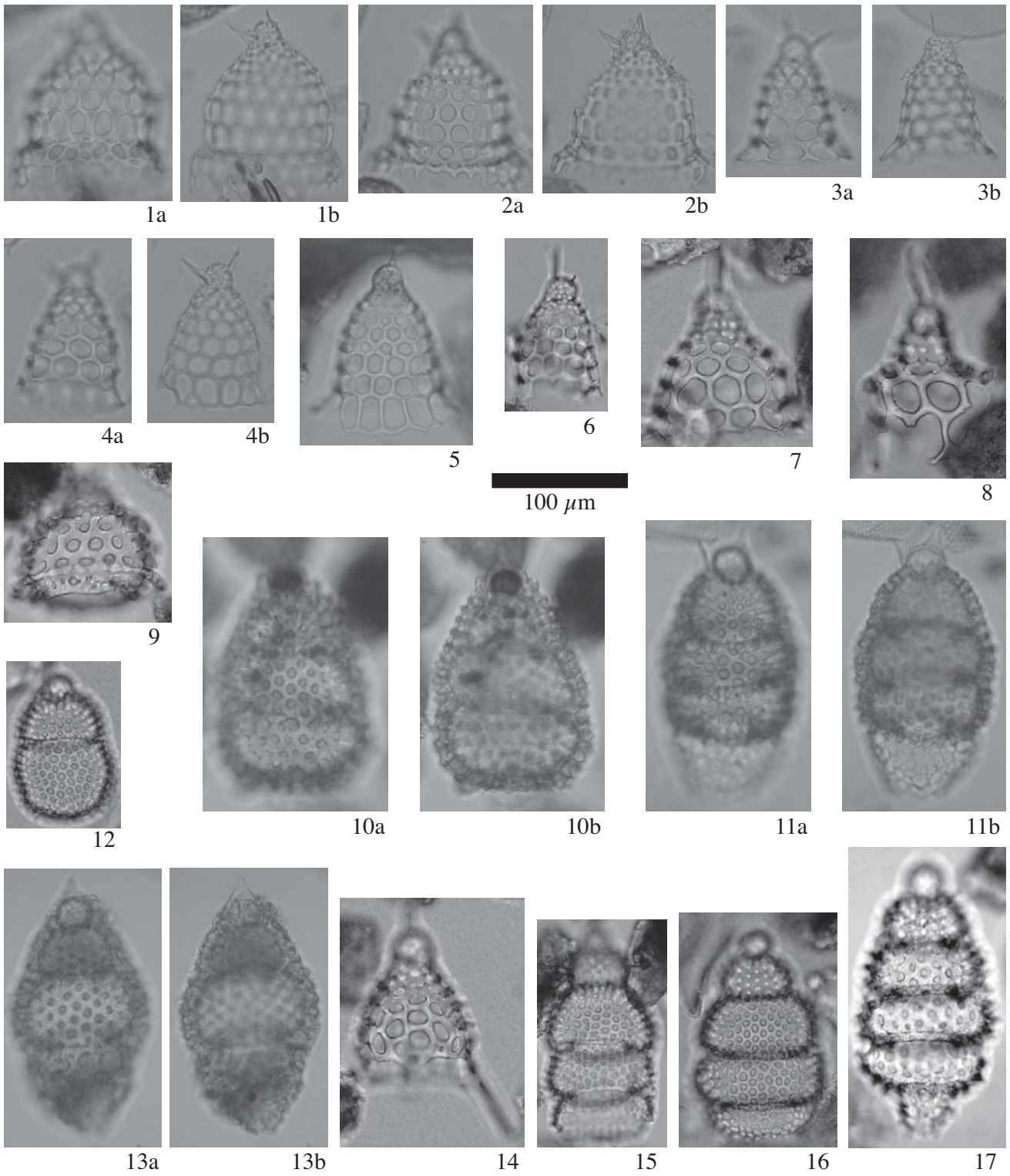
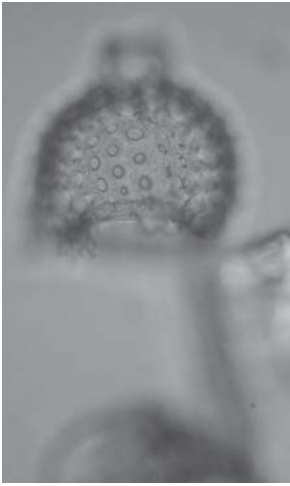
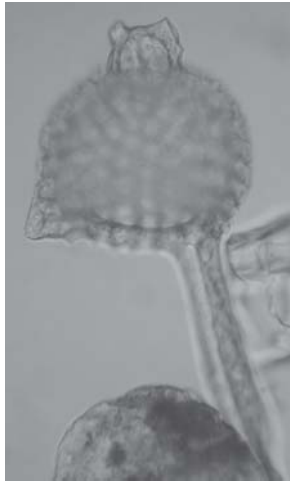


Plate 3

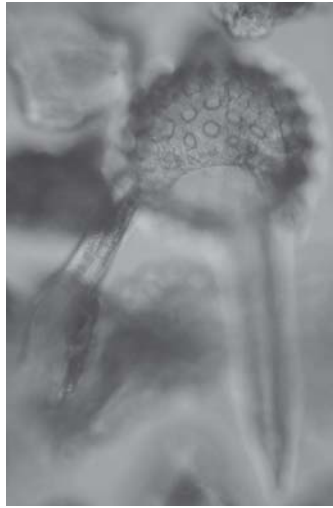




1a



1b



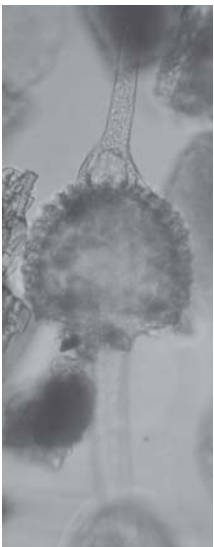
2a



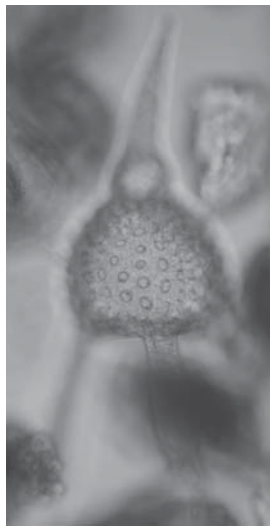
2b



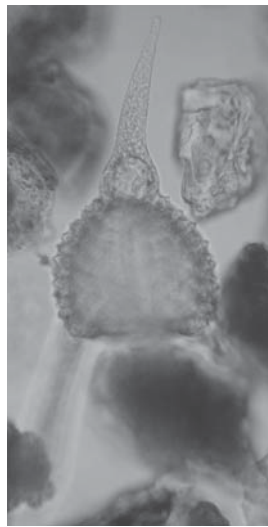
3a



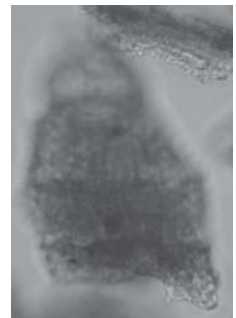
3b



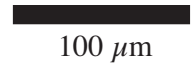
4a



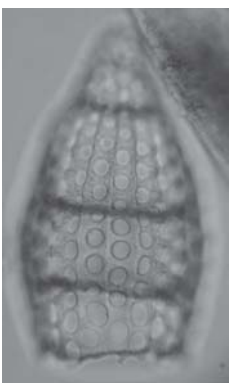
4b



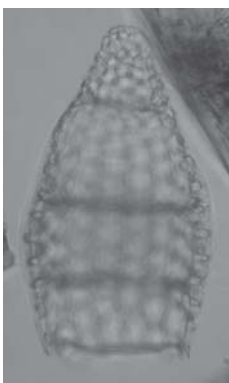
5



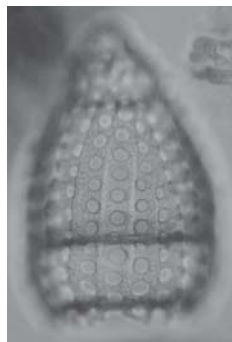
100 μm



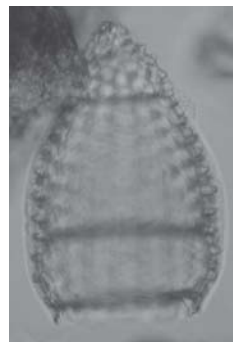
7a



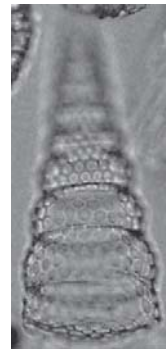
7b



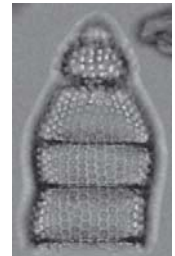
8a



8b



9



6



10

