

金沢市南部に分布する中新統“犀川層”の層序学的再検討

山田敏弘^{1,*}・手塚翔太¹・神谷隆宏¹・柳沢幸夫²

Toshihiro Yamada, Shota Teduka, Takahiro Kamiya and Yukio Yanagisawa (2017) Stratigraphic revision of the Miocene “Saikawa Formation” distributed in the southern Kanazawa area, Ishikawa Prefecture, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 68 (5), p. 183–221, 14 figs, 3 tables, 7 plates.

Abstract: The stratigraphy of the Miocene “Saikawa Formation” distributed in the southern Kanazawa area, Ishikawa Prefecture, is revised based on litho- and biostratigraphic studies. The previously defined “Saikawa Formation” is divided here into the Yamashina, Saikawa (redefined), and Koderayama formations in ascending order. The Yamashina Formation consists mainly of mudstone and contains diatoms which indicate ca.15.6–15.4 Ma within the diatom zone NPD4A. The Saikawa Formation is composed mainly of coarse-grained sandstone and the obtained diatoms were considered to be reworked. However, calcareous nannofossils of the zone CN5a (13.6–11.8 Ma) were reported from the Saikawa Formation in a previous study. These data indicate that the Saikawa Formation unconformably overlies the Yamashina Formation. The Koderayama Formation is characterized mainly by fine-grained sandstone with a basal conglomerate bed eroding the upper part of the Saikawa Formation. The Koderayama Formation in turn is eroded by a conglomerate bed of the overlying Pleistocene Omma Formation. The Koderayama Formation includes endocarps of *Carya* (Juglandaceae) which became extinct in Japan before 3 Ma. Therefore, the Omma Formation should unconformably overlie the Koderayama Formation with a sedimentary hiatus of more than 1.3 million years.

Keywords: Saikawa Formation, Miocene, diatom, biostratigraphy, Kanazawa, Ishikawa Prefecture

要 旨

石川県金沢市南部地域に分布する中新統“犀川層”の層序を岩相層序学・生層序学的研究から再検討した。ここでは、従来の“犀川層”を下位から、山科層、犀川層(再定義)、小寺山層に区分した。山科層は泥岩を主体とし、珪藻化石帯NPD4Aの約15.6–15.4 Maを示す珪藻化石を含む。犀川層は主に粗粒砂岩からなり、得られた珪藻化石は再堆積であると考えられる。しかし、以前の研究で、CN5a帯(13.6–11.8 Ma)の石灰質ナノ化石が報告されている。これらのことは、犀川層が山科層を不整合に覆うことを示す。小寺山層は、細粒砂岩を主体とし、その基底礫岩は犀川層上部を侵食している。また、小寺山層は上位の更新統大桑層の基底礫岩に侵食されている。小寺山層からは、日本では3 Maまでに絶滅したカリア属(クルミ科)の内果皮が産出した。従って、大桑層は不整合で小寺山層を覆い、両者の間には130万年以上の堆積間隙があると考えられる。

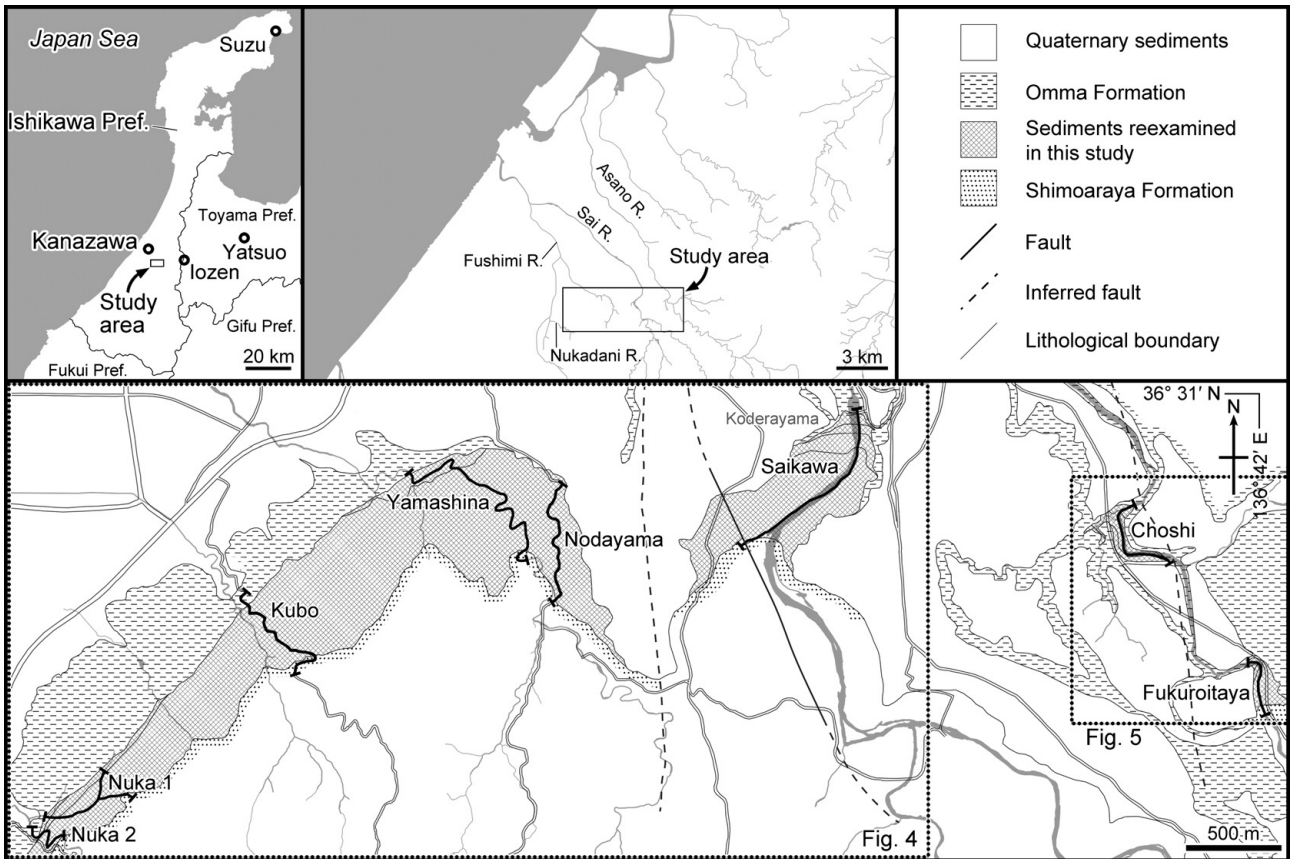
1. はじめに

石川県金沢市南部地域(第1図)の地質学・古生物学的研究は、Yoshiwara(1899)が大桑(現在の金沢市大桑町)の犀川河岸から“鮮新世”(当時の解釈)の棘皮動物化石を報告したことに始まる。その後、いくつかの古生物学的研究が行われ(Tokunaga, 1903; Yabe, 1920; 横山, 1926)、“鮮新世”の軟体動物化石については、Yokoyama(1927)によって包括的に研究された。一方、本地域の中新統～更新統は、望月(1930)によって下位から、犀川層、大桑層、卯辰山層に区分され(第2図)、その後、今井(1959)により、望月(1930)の犀川層は、八尾累層の砂子坂凝灰質互層、七曲凝灰岩層、朝屋泥岩層と、音川累層の下荒屋凝灰岩層、高窪泥岩層に細分された(第2図)。しかし、このうち高窪泥岩層については、金沢市南部地域と高窪泥岩層の模式地である福光地域(富山県西部)では、岩相と軟体動物化石群集組成が全く異なるので、金沢市南部地域の高窪泥岩層の地層名は犀川河床を模式地とする“犀川層”を用いることが望ましいという提案がなされた

¹ 金沢大学理工研究域自然システム学系 (School of Natural System, College of Science and Engineering, Kanazawa University, Kanazawa 920-1192 Japan)

² 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: T. Yamada, Email: ptilo@mb.infoweb.ne.jp



第1図 金沢市南部地域と本研究で調査したセクション(太線)。地質図(第4図, 第5図)の範囲を図中に示す。なお、本研究で示す断層・推定断層は第四系の下に伏在する。

Fig. 1 Map of the southern Kanazawa area showing stratigraphic sections examined in this study (thick lines). Areas of geological maps (Fig. 4 and Fig. 5) are also indicated in the map. Faults and inferred faults shown in this study are concealed by Quaternary sediments.

(Ogasawara, 1976)。その結果、金沢市南部地域の堆積岩類の層序としては、最下部の医王山層いおうせんを加えて、中新統の医王山層、砂子坂層、七曲層、朝ヶ屋層、下荒屋層、“犀川層”と、これを不整合に覆う更新統の大桑層と卯辰山層という区分が広く用いられてきた(第2図; 佐々木・小笠原, 1986; 粕野, 1993)。しかし、“犀川層”については、以下に示すように3点の層序学の問題点が未解決のまま残されていた。

1つは“犀川層”の岩相分布に関する問題点である。“犀川層”は、分布域中央部の野田山(第1図)より東側(模式地を含む)では泥岩主体の下部と砂岩主体の上部の2つの部分からなるのに対し、野田山以西では全体が泥岩主体の岩相からなる。粕野(1993)は模式地で見られる“犀川層”の砂岩主体の上部と、野田山附近で見られる“犀川層”の泥岩主体の岩相の少なくとも一部は、同じ年代に堆積したと解釈した。一方、堀ほか(2001)、陰地(2004)及び塚脇・陰地(2008)は、“犀川層”を2つに分けて、下部を高窪層または御峰層、上部を犀川層とした(第2図)。

しかし、両層の境界は“犀川層”の下部の泥岩と上部の砂岩の境界には一致せず、実際のところは両岩相の相互の関係はよくわかっていなかった。

第2の問題点は“犀川層”に関する微化石年代の食い違いである。高山ほか(1988)は模式地における砂岩主体の上部から13.5–11.8 Maの年代を示す石灰質ナノ化石を報告した。一方、伊東(1986)は“犀川層”上部で高山ほか(1988)が石灰質ナノ化石を検出した層準より上位の砂岩から約15.6–15.4 Ma前後と認定できる珪藻化石を報告した。さらに、柳沢(1999a)も野田山西方の泥岩主体の岩相から、これとほぼ同じ年代の珪藻化石を検出した。このように、“犀川層”の石灰質ナノ化石年代と珪藻化石年代は完全に食い違っており、この原因は究明されていない。

第3は、模式地における“犀川層”と大桑層の境界の不整合に関する問題点である。大桑層基底の不整合の形状や形成様式は、粕野・松浦(1964)と田中(1970)によって明らかにされたが、大桑層の模式地における不整合の

Mochizuki (1930)		Imai (1959)	Ogasawara (1976) Sasaki & Ogasawara (1986)	Tsukawaki & Ogawara (1996)	Kitamura (1997)	Hori <i>et al.</i> (2001)	Ooji (2004) Tsukawaki & Ooji (2008)	Yamada <i>et al.</i> (this study)
Udatsuyama Formation		Udatsuyama Formation	Udatsuyama Formation				Udatsuyama Formation	Udatsuyama Formation
Omna Formation		Omna Formation	Omna Formation	Omna Formation	Omna Formation	Omna Formation	Omna Formation	Omna Formation
Saikawa Formation	Otogawa Formation	Takakubo Mudstone Member	Saikawa Formation	Saikawa Formation	Saikawa Formation	Saikawa Formation	Saikawa Formation	Koderayama F. Saikawa F.
		Shimoaraya Tuff Member	Shimoaraya Formation		Takakubo Formation	Omine Formation	Yamashina Formation	
	Yatsuo Formation	Asagaya Mudstone Member	Asagaya Formation	Shimoaraya Formation	Shimoaraya Formation	Shimoaraya Formation	Shimoaraya Formation	Shimoaraya Formation
		Nanamagari Tuff Member	Nanamagari Formation	Asagaya Formation	Asagaya Formation	Asagaya Formation	Asagaya Formation	Asagaya Formation
		Sunagozaka Tuffaceous Alternation Member	Sunagozaka Formation	Nanamagari Formation	Nanamagari Formation	Nanamagari Formation	Nanamagari Formation	Nanamagari Formation
		lozen Formation	lozen Formation	Sunagozaka Formation	Sunagozaka Formation	Sunagozaka Formation	Sunagozaka Formation	Sunagozaka Formation

第2図 金沢市南部地域に分布する中新統及び更新統の層序区分の比較。直線は整合境界，波線は不整合境界を示す。また，卯辰山層を扱っていない研究については，便宜的に大桑層の上限を破線で示す。

Fig. 2 Comparison of stratigraphic frameworks proposed so far for the Miocene and Pleistocene sedimentary sequence in the southern Kanazawa area. Conformable and unconformable boundaries are symbolized by normal and wavy lines, respectively. Upper boundary of the Omna Formation is expediently indicated by a dashed line, when sediments comparable to the Udatsuyama Formation are not covered in a study.

位置については研究者によって異なる解釈がなされていた。大桑層の模式地では，“犀川層”上部層の粗粒砂岩を主体とする堆積物の上位に，厚さ約25 mの炭質物に富む細粒砂岩を主体とする堆積物（以下，未区分堆積物）が重なっている。この未区分堆積物の基底には細礫岩層があり，下位の“犀川層”の粗粒砂岩を削り込んで堆積している。また，未区分堆積物は，上位にある細礫岩層に削り込まれ，さらにその上位には更新世の軟体動物化石を含む細粒砂岩（＝確実な大桑層）が見られる。塚脇・大河原（1996）はこの未区分堆積物を大桑層の最下部とみなしたが，北村（1997）はこれを“犀川層”の上部とし，見解が食い違ったままであった（第2図）。

以上のように，大桑周辺の犀川河床は，大桑層及び“犀川層”の模式地として，古くから数多くの優れた研究が行われてきた重要な場所であるにも関わらず，そこに露出する堆積物の区分や年代が定まっていなかった部分があった。そこで，本研究では，Ogasawara（1976）以降の研究

で“犀川層”に区分されたことがある堆積物について，詳細な地表踏査を行い，その分布と岩相の特徴を把握し，さらに珪藻化石層序を検討した。

調査した地域は，金沢市南部の浅野川・犀川の中流域から，伏見川とその支流（額谷川など）の上流部にかかる地域である（第1図）。このうち，地質図を作成したのは，“犀川層”が分布する西部の犀川・伏見川沿いの小寺山から野田山，山科，窪及び額地区にかけての地域と，東部の浅野川沿いの袋板屋・銚子地域である。

調査・研究の結果，“犀川層”の泥岩主体の下部と砂岩主体の上部の層序関係が明らかになった。また，“犀川層”に関する微化石年代の矛盾も解消した。さらに，未区分堆積物に含まれる植物化石について検討した結果，模式地における“犀川層”の上限の問題も解決した。以上の成果を踏まえて，本報告では金沢市南部地域の中新統について新たな地層区分を提案する。

2. 地質概説

本研究では地質調査と珪藻分析・植物化石分析に基づき、従来の“犀川層”を、下部の泥岩主体の「山科層」(新称)と、上部の砂岩主体の「犀川層」(再定義)に細分した(第2図)。両層の関係は不整合である。また、犀川層を覆う炭質物に富む細粒砂岩を主体とする未区分堆積物を「小寺山層」(新称)として新たに独立した地層とした。これにより金沢地域の新第三系・第四系は、下位より、中新統の医王山層、砂子坂層、七曲層、朝ヶ屋層、下荒屋層、山科層及び犀川層、時代未詳の小寺山層と、これらを不整合に覆う更新統の大桑層と卯辰山層となった(第3図)。

最下部の医王山層は流紋岩火砕岩と溶岩を主体とする。その上位を整合で覆う砂子坂層は、砂岩・泥岩と凝灰岩からなる海進期の堆積物で、大型有孔虫と八尾動物群に対比される貝類化石群を産する(佐々木・小笠原, 1986)。七曲層は砂子坂層を整合に覆う凝灰岩・火山礫凝灰岩・凝灰角礫岩・軽石凝灰岩などの火砕岩を主体とし泥岩層を含む地層である。凝灰岩は多くは流紋岩質ないしデイサイト質であるが、一部に玄武岩火砕岩を挟む。朝ヶ屋層は七曲層に整合に重なる泥岩層で、基底付近に厚さ約2 mの海緑石砂岩層が発達する(柳沢, 1999a)。下荒屋層は朝ヶ屋層を整合に覆い、安山岩質ないし珪長質凝灰岩と凝灰質砂岩・細礫岩からなる。山科層は下荒屋層から整合に漸移する泥岩ないし砂質泥岩主体の海成層で、上部には軽石や植物片が多く含まれる。再定義された犀川層は、下位の山科層を不整合に覆い、中粒から粗粒の砂岩を主体とし、まれに細礫岩やシルト岩層を挟む。砂岩は軽石や木片に富む。小寺山層は犀川層の上位に不整合で重なり、主に極細～細粒砂岩からなる。砂岩は炭質物に富み、模式地では12枚の植物片密集層を挟む。

更新統の大桑層は、中新統の堆積岩類を不整合に覆い、砂岩及び泥岩からなる。卯辰山層は大桑層を整合に覆う礫、砂及び泥からなる陸成層である。

調査地域中新統は概ね北東-南西方向の走向で、北西に20°前後で傾斜する(第4図, 第5図)。ただし、調査地域東端の銚子付近においては、地層は北西-南東走向で、北東に20°前後で傾斜する(第5図)。また、調査地域西端の額地域では、地層は北東-南西方向の走向で、傾斜が80°以上に達する(第4図)。


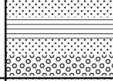
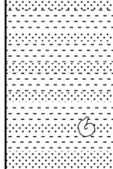

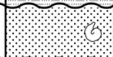
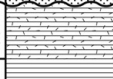

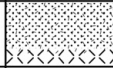

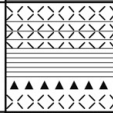
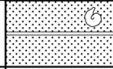
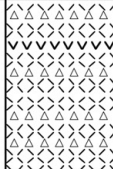
次章で、本研究で新称または再定義した層序単元の岩相層序について、詳述する。

3. 岩相層序

3.1 山科層 (Yamashina Formation)

命名 本研究。

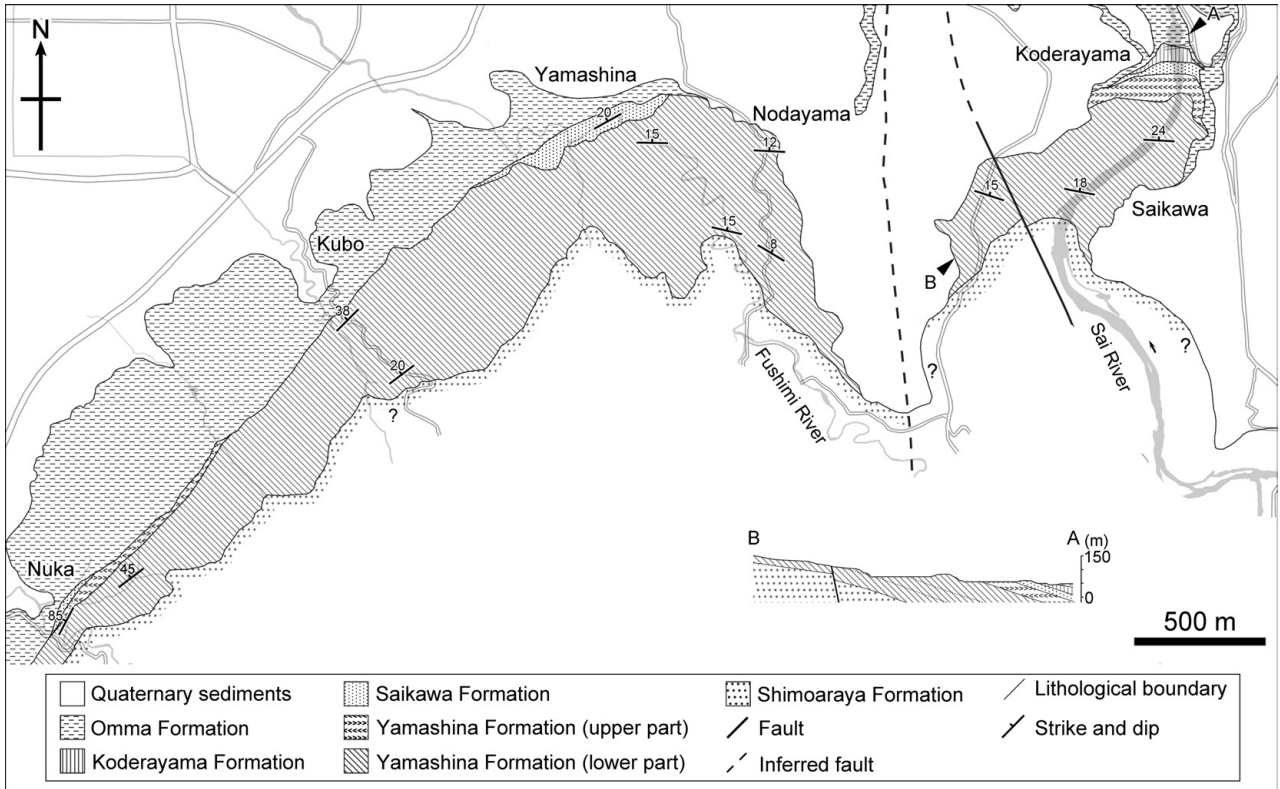
模式地 金沢市山科の伏見川流域(山科の地点YS002からYS011; 第6図)。

Age	Formation Thickness (m)	Column 	Lithology
Pleistocene	Utatsuyama 150		gravel, sand and mud
	Omma 110-150		sandstone and mudstone
?	Koderayama 25		very fine- to fine-grained sandstone
Middle Miocene	Saikawa 8-25		medium to coarse-grained sandstone
	Yamashina 75-210	upper 	mudstone with pumice and charcoal fragments
		lower 	mudstone sandy mudstone
	Shimoaraya 10-30		tuffaceous sandstone granule conglomerate andesite & felsic tuff
	Asagaya 160		mudstone glauconite sandstone
Early Miocene	Nanamagari 130		pumice tuff interbedded tuff & mudstone mudstone basalt pyroclastic rocks lapilli tuff and tuff breccia
	Sunagozaka 90		sandstone and mudstone tuff
	lozen 1000+		rhyolite volcanoclastics and lava

第3図 金沢南部地域の中新統～更新統の層序総括図。直線は整合境界、波線は不整合境界を示す。

Fig. 3 Stratigraphy of the Miocene to Pleistocene sedimentary sequence in the southern Kanazawa area. Conformable and unconformable boundaries are symbolized by normal and wavy lines, respectively.

対比 今井(1959)の高窪泥岩層の下部、Ogasawara (1976)及び佐々木・小笠原(1986)の犀川層の泥質部、堀ほか(2001)の犀川層の泥質部と高窪層を合わせたもの、塚脇・陰地(2008)の犀川層主部と御峰層を合わせたものに相当する(第2図)。後述するように本層の堆積年代は、ほぼ医王山地域における御峰層と一致する(第14図参照)。しかし、医王山地域の御峰層と金沢地域の山科層は分布域が離れていること、また医王山地域では、医



第4図 調査地域西部の地質図とA-B間の地質断面図。なお、本図に示す断層・推定断層は第四系の下に伏在する。

Fig. 4 Geological map of the western part of the studied area and geological profile between A and B. Faults and inferred faults shown in this figure are concealed by Quaternary sediments.

王山層と砂子坂層を除いて金沢地域とは異なる層序区分が用いられてきたことを考慮して、本研究では新たな地層名を付した。

分布 調査地域のほぼ全域に分布する(第4図, 第5図)。
層厚 75–210 m である。袋板屋で約75 m, 銚子で約15 m 以上, 犀川で210 m, 野田山で約200 m 前後, 模式地の山科で150 m, 窪で約145 m, 額付近で約90–140 m と算定される。

層序関係 下位の下荒屋層を整合に覆い, 上位の犀川層に不整合に覆われる。ただし, 窪付近では, 犀川層と小寺山層を欠き, 本層は大桑層に直接不整合で覆われると推定される(第7図)。

岩相 本層は生物擾乱を強く受けた青灰色の砂質泥岩または泥岩からなり, まれに石灰質団塊を含む。砂岩や礫岩の挟在は認められない。浅野川, 犀川及び額谷川流域では, 本層上部の泥岩中に, 最大径1 cm 以下の軽石や植物片が多く含まれる。本研究では便宜的に, この岩相を上部として, 軽石や植物片を含まない下部と区別する。ただし, 山科及び窪では, 上部に相当する岩相は確認できない(第7図)。本層上部の基底付近には, 生痕化石によって擾乱された厚さ8 cm 程度の白色珪長質の細粒凝灰岩層を挟む(第8図E)。

大型化石 額の額谷川河岸から *Portlandia tokunagai* (Yokoyama) (トクナガソデガイ) (地点NKR2-15) や *Liquidambar* sp. (フウ属の一種) の果序(地点NKR2-25) が産出した。また, 犀川の河岸(地点SG016A) から *Vitis* sp. (ブドウ属の一種) の種子が, 浅野川の河岸(地点AS008) からは *Carya* sp. (カリア属の一種) の内果皮が産出した。

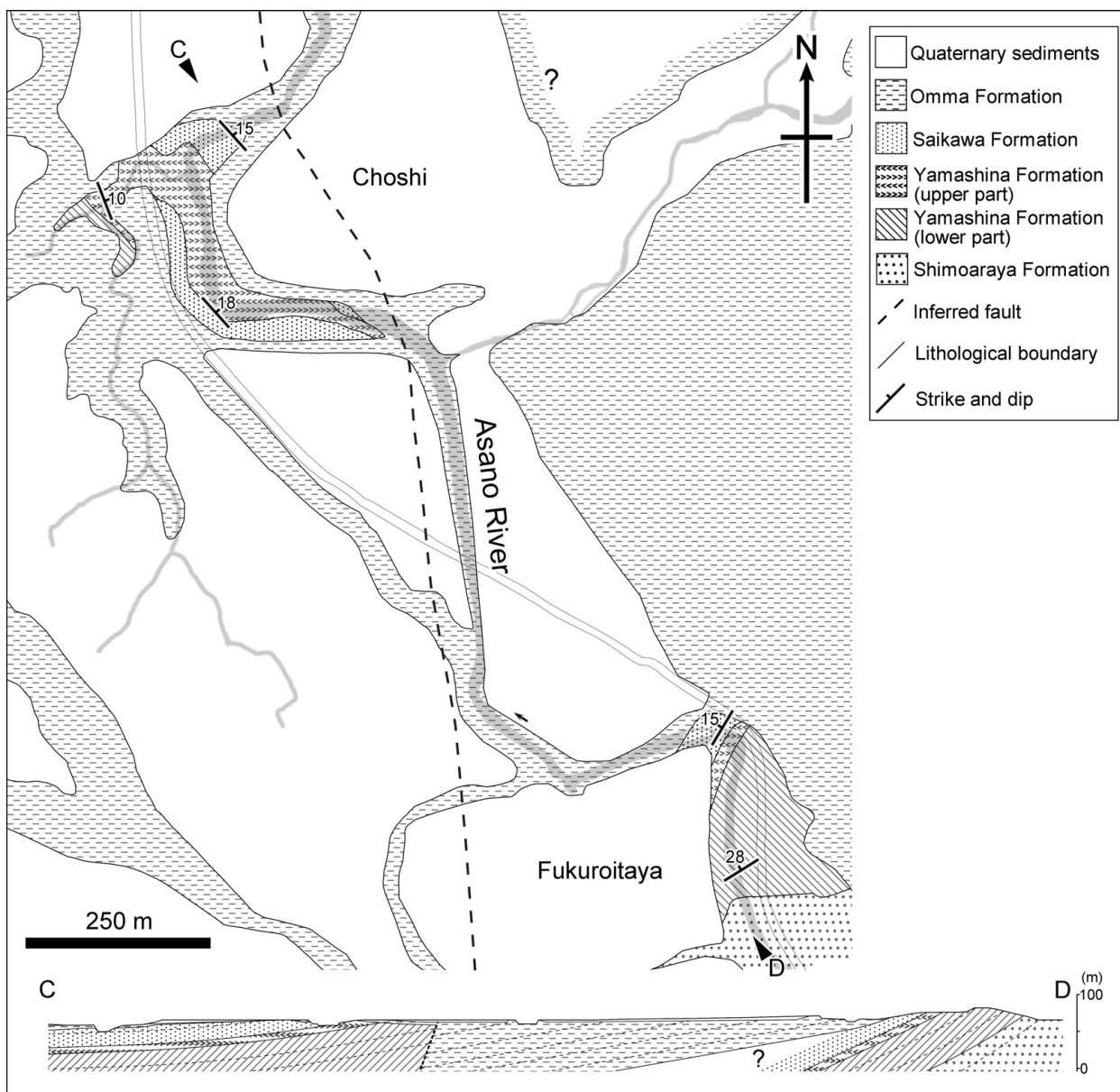
3. 2 犀川層(Saikawa Formation)

命名 望月(1930)が命名し, Ogasawara(1976)により再定義された。本研究では, 犀川層を砂岩主体の堆積物にさらに限定して再定義する。

模式地 金沢市大桑字小寺山付近の犀川流域(地点SG015A ~ SG011; 第6図, 第8図)。

対比 浅野川及び犀川流域では, Ogasawara(1976), 佐々木・小笠原(1986)及び堀ほか(2001)の犀川層砂質部に相当する。野田山以西の地域では, 今井(1959)の大桑層の下部, 塚脇・陰地(2008)の大桑層下部層に相当する。また, 全域において, 今井(1959)の高窪泥岩層の砂質部に相当する(第2図)。

分布 調査地域のほぼ全域に分布するが, 窪付近には分布が確認されていない(第4図, 第5図)。



第5図 調査地域東部の地質図とC-D間の地質断面図。なお、本図に示す断層・推定断層は第四系の下に伏在する。

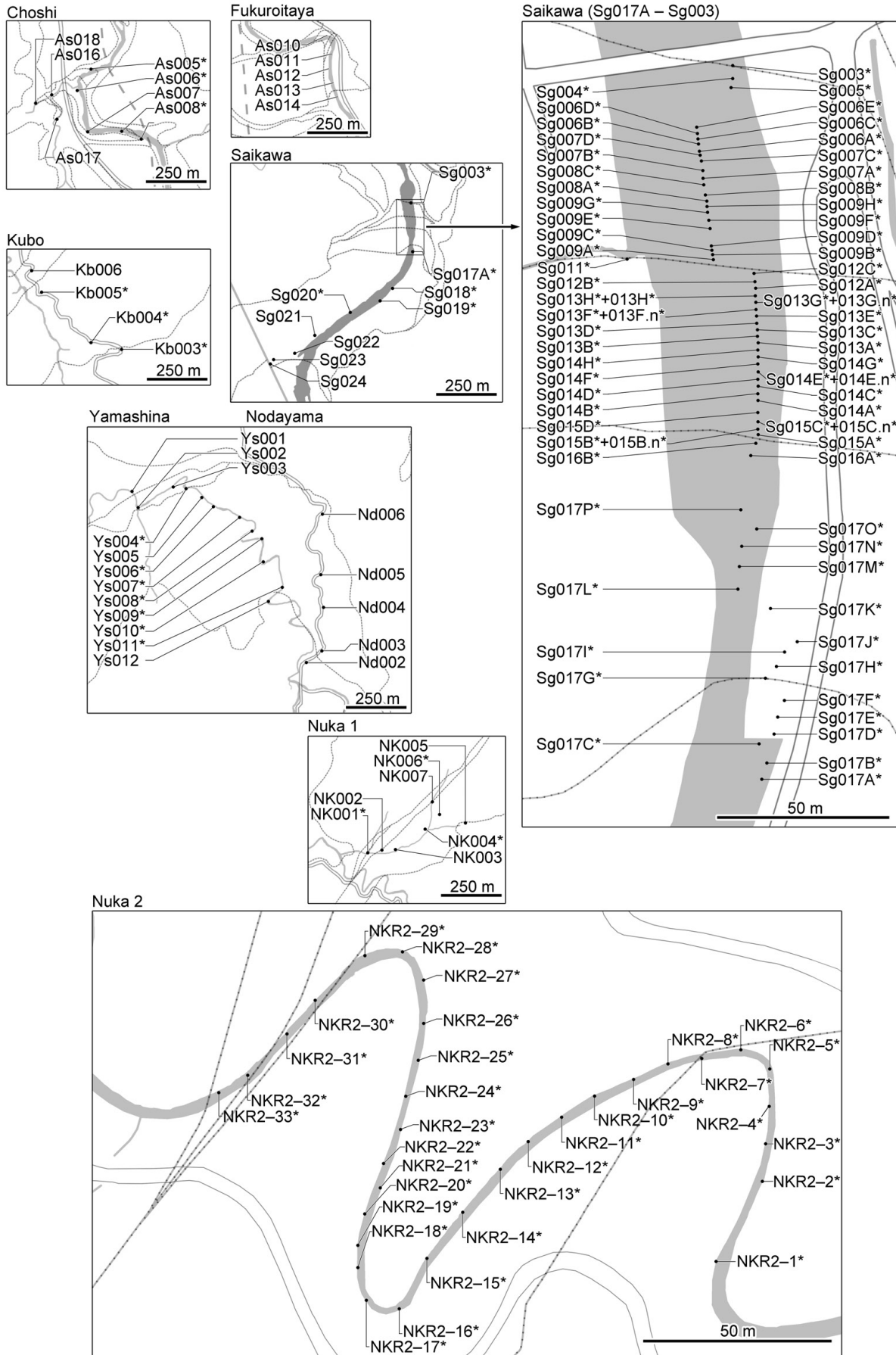
Fig. 5 Geological map of the eastern part of the studied area and geological profile between C and D. Faults and inferred faults shown in this figure are concealed by Quaternary sediments.

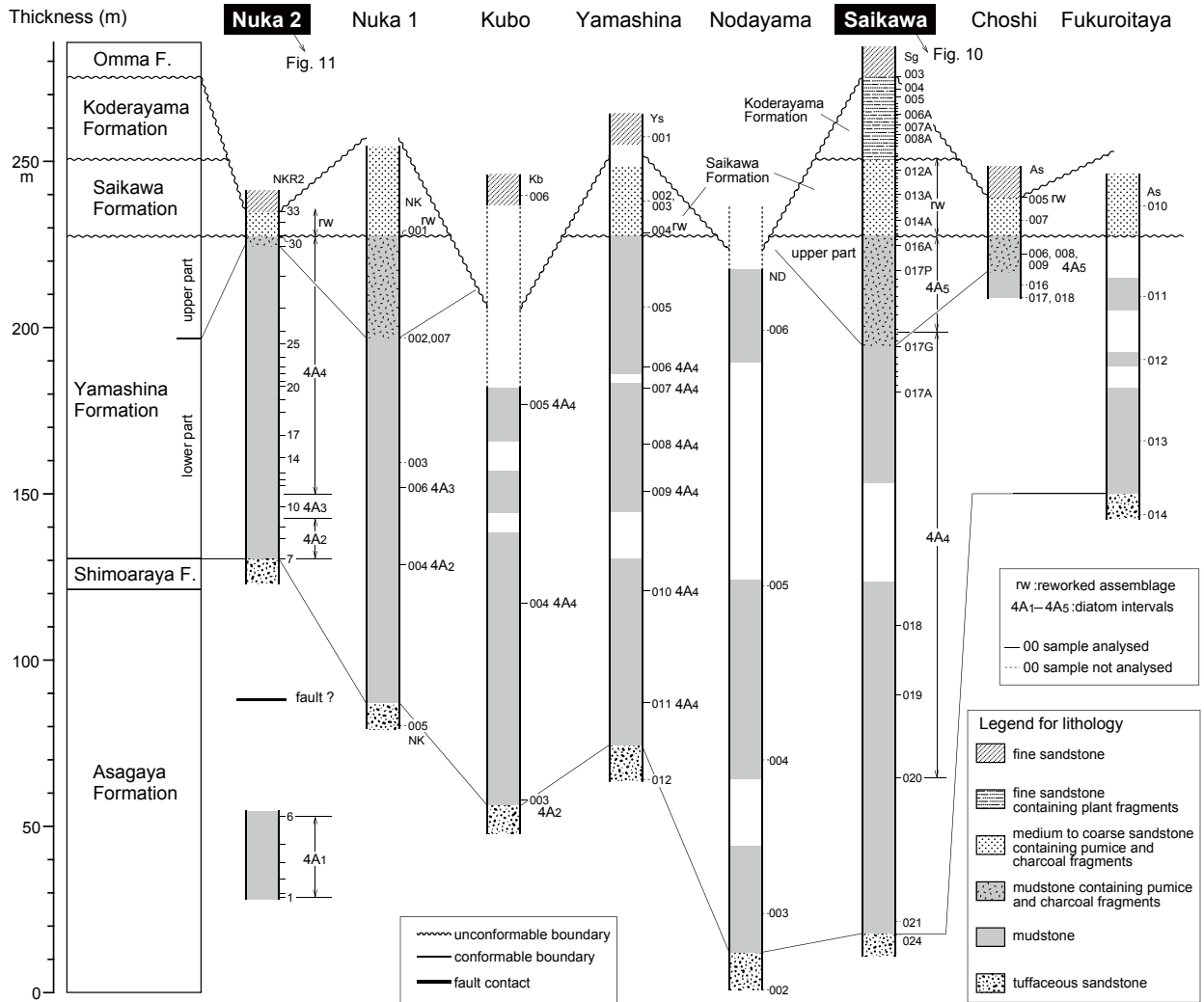
(p. 189 →)

第6図 各セクションにおける露頭地点及び試料採取地点の位置図。アスタリスク(*)のついた露頭地点は珪藻分析試料の採取地点(地点番号=試料番号)を示す。[.n]のついた番号は石灰質コンクリーション試料。地層境界を点線で示す。各セクションの位置については、第1図を参照のこと。

Fig. 6 Index map showing outcrop numbers and sample localities in each stratigraphic section. Outcrops marked with asterisk indicate diatom sample localities (point number = sample number). Samples denoted by ".n" indicate calcareous concretions. Formation boundaries are indicated by dotted lines. See Fig. 1 for locations of each section.

金沢市南部に分布する中新統“犀川層”の層序学的再検討 (山田ほか)





第7図 各層序セクション間の岩相対比。

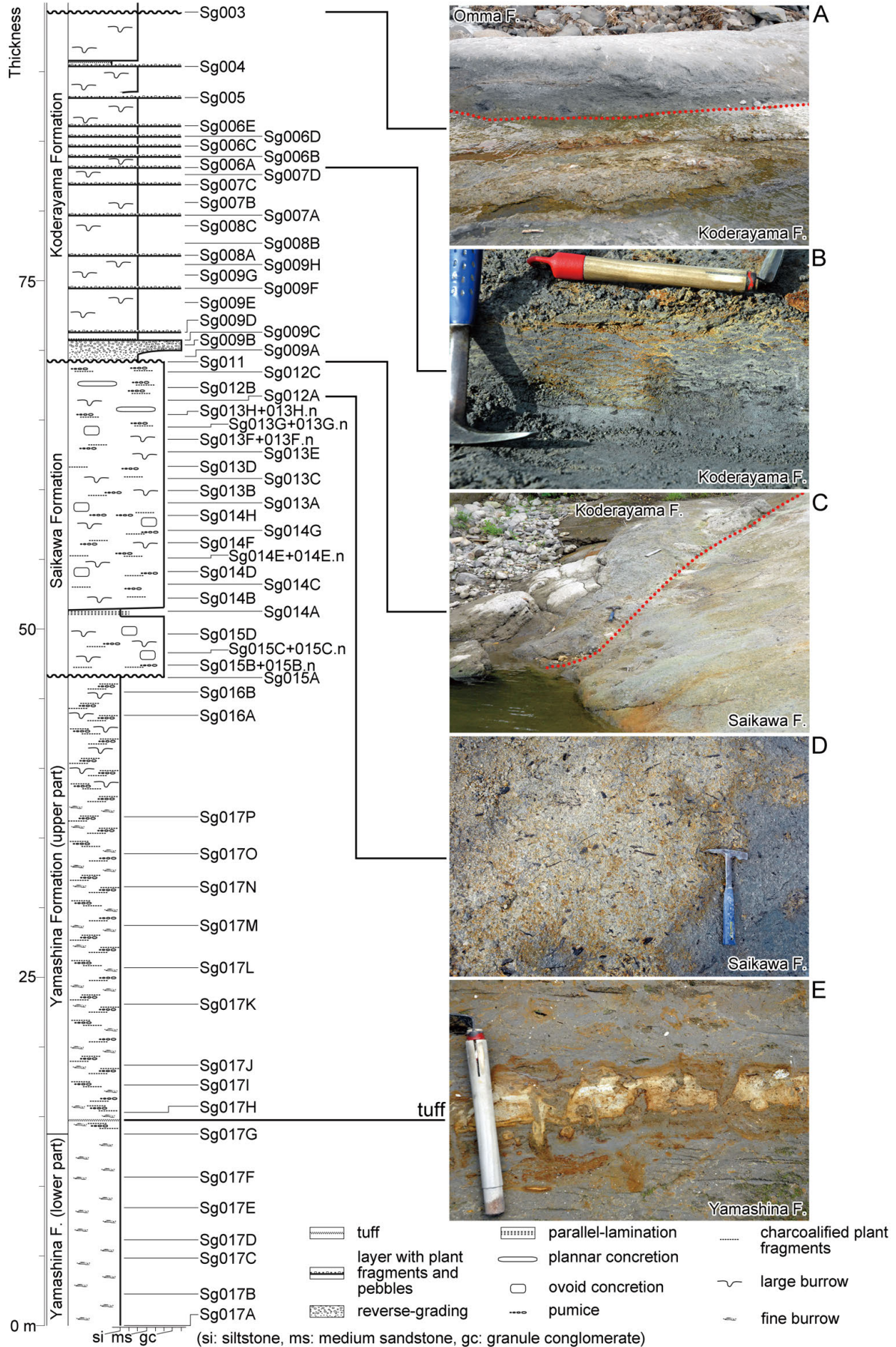
Fig. 7 Lithostratigraphic correlation among stratigraphic sections studied.

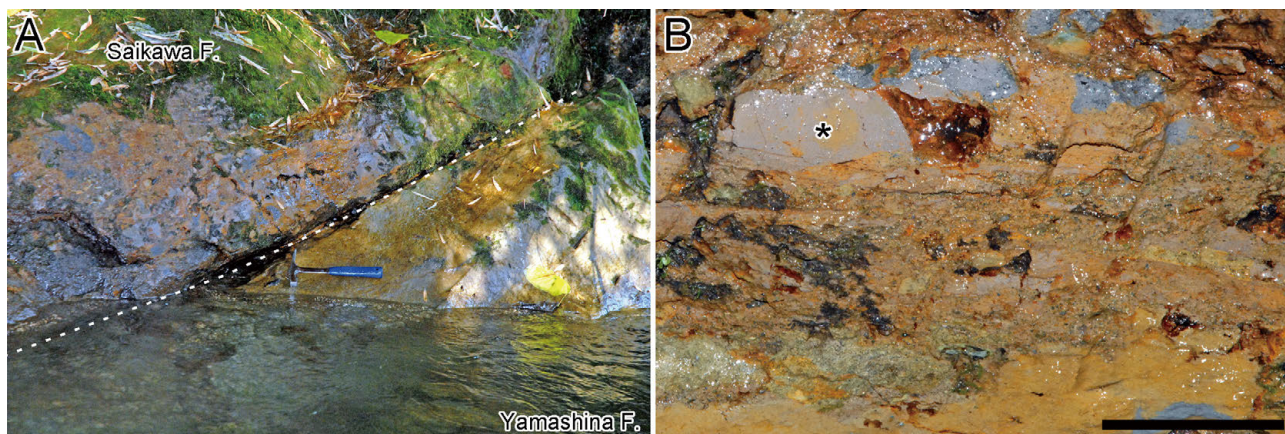
(p. 191 →)

第8図 金沢市小寺山附近の犀川河床に露出する山科層、犀川層及び小寺山層の地質柱状図。右側に各層準の岩相と層序境界の露頭写真を示す。ハンマーの長さは約33 cm、鎌の柄の長さは約22 cm。A: 小寺山層(細粒砂岩)と上位の大桑層(細粒砂岩)間の不整合面。点線は不整合面を示す。B: 小寺山層に見られるクライミングリップル葉理のある砂岩。C: 犀川層と小寺山層の境界(点線)。D: 犀川層の軽石や炭化木片に富む粗粒砂岩。E: 山科層に挟在する白色珪長質細粒凝灰岩層。

Fig. 8 Columnar section of the Yamashina, Saikawa and Koderayama formations exposed along the Saikawa River near Koderayama, Kanazawa City. Photographs on the right side indicate typical lithologies of each formation and formation boundaries. Length of hammer equals ca. 33 cm. Length of sickle handle equals ca. 22 cm. A: Unconformity (dashed line) between the Koderayama Formation (fine-grained sandstone) and the overlying Omma Formation (fine-grained sandstone). B: Climbing ripples in sandstone in the Koderayama Formation. C: Boundary (dashed line) between the Saikawa and Koderayama formations. D: Coarse-grained sandstone rich in pumice and charcoalfied plant fragments. E: White felsic fine-grained tuff bed in the Yamashina Formation.

金沢市南部に分布する中新統“犀川層”の層序学的再検討 (山田ほか)





第9図 山科セクションにおける山科層(泥岩)と犀川層(粗粒砂岩)の不整合(地点Ys004)。A: 露頭全景。点線は不整合面を示す。ハンマーの長さは約33 cm。B: 犀川層の基底礫岩中に見られる山科層由来の泥岩塊(*)。スケールバーは5 cm。

Fig. 9 Unconformity between the Yamashina Formation (mudstone) and Saikawa Formation (coarse-grained sandstone) in Yamashina stratigraphic section (locality Ys004). A: Photograph of the outcrop at Ys004. The unconformity is indicated by dashed line. Length of hammer = ca. 33 cm. B: Mud clasts (*) presumably derived from the Yamashina Formation are found in the basal conglomerate of the Saikawa Formation. Scale bar = 5 cm.

層厚 8–25 m。袋板屋で約25 m、銚子で約12 m、模式地の犀川で23 m、山科で約25 m、額1で約25 m、額2で約8 mである(第7図)。

層序関係 本層基底に侵食面が見られること、また、後述するように微化石年代層序から下位の山科層との間に200万年程度の時間間隙が存在することから、本層は山科層とは不整合関係にあると考えられる。山科の地点Ys004では、本層の基底部に厚さ約50 cmの礫岩層が見られる(第9図A)。この礫岩中には、削り込まれた山科層の泥岩も礫として含まれる(第9図B)。したがって、不整合面形成時に侵食が起こっていたことは確かである。しかし、犀川及び浅野川沿いのセクションでは、堆積後の生物擾乱によって、本層と山科層の境界は非常に不明瞭となっている。犀川セクションでは上位の小寺山層に覆われる。その他のセクションでは大桑層に不整合に覆われる(第7図)。

岩相 中粒から極粗粒の砂岩を主体とし、まれに細礫岩や泥岩層を挟む。砂岩は、青灰色で、最大径5 cm程度の軽石や木片に富む(第8図D)。また、巣穴化石が頻繁に見られ、生物擾乱により初生的な堆積構造は失われている。砂岩中には貝殻化石が散在する。また、本層上部には、大型の材木化石を含む長径1 m程度のコンクリーションが見られる。泥岩層は層厚約15–30 cmで、平行葉理が発達する。

大型化石 犀川セクションから産出する軟体動物化石については、既にOgasawara (1976)による報告があるが、今回新たに山科の地点Ys003で、*Mizuhopecten kimurai kagaensis* Ogasawara(カガホタテガイ)、*Cultellus*

izumoensis Yokoyama (イズモユキノアシタガイ)、*Mya cuneiformis* (Böhm) (クサビガタオオノガイ)、*Neverita kiritaniana* (Yokoyama) (キリタニツメタガイ)、*Dentalium yokoyamai* Makiyama (ヤスリツノガイ)などの軟体動物化石を得た(図版1の1–10)。これらは、Ogasawara (1976)が模式地の犀川沿いの犀川層から報告した種とほとんどが共通する。犀川層の軟体動物化石は、一部流されて集積した産状を示すものもあるが、合弁で生息姿勢のまま埋まっているものが圧倒的に多く、ほとんどは現地性と判断される。小笠原・増田(1989)の古水深指標に基づく、犀川層は*Mizuhopecten*属や*Mya*属が産出することから、水深30 m以浅の内部浅海帯(内側陸棚)の環境で堆積したと推定される。

このほか犀川セクションでは、*Pinus mikii* T. Yamada, M. Yamada et Tsukagoshi (ミキマツ)の球果、*Picea* sp. (トウヒ属の一種)の球果、*Fagus stuxbergii* (Nathorst) Tonai (ムカシブナ)の殻斗と果実、カリア属の一種の内果皮などの植物化石が産出した。

3.3 小寺山層(Koderayama Formation)

命名 本研究。

模式地 金沢市大桑字小寺山の犀川流域(地点SG011～SG003, 第6図, 第8図)。なお、高山ほか(1988)の犀川沿いのルートマップと柱状図から、彼らが試料を採取した1980年代後半には本層は露出していなかったことがわかる。本層の露頭が顕れたのは、1980年代後半から、塚脇・大河原(1996)が調査を行った1995年までの間と推察される。

対比 塚脇・大河原(1996)、陰地(2004)及び塚脇・陰地(2008)の犀川流域における大桑層最下部層、北村(1997)の犀川層の上部に相当する(第2図)。

分布 犀川流域のみに分布する(第4図)。

層厚 犀川で25 mである。

層序関係 本層の基底部には基質支持で淘汰不良の細礫岩層が見られ、下位の犀川層を削り込んで堆積している(第8図C)。また、後述するように小寺山層から産する花粉化石の組成は、犀川層のものとは明らかに異なっている。本研究では、両層の堆積年代に間隙があるかは明らかにできなかったものの、以上の理由から小寺山層は下位の犀川層とは不整合で接する可能性が高いと判断した。

上位の大桑層基底の細礫岩層には削り込まれること、また大桑層から本層を貫く穿孔孔による巣穴化石が見られること(北村, 1997)などから、本層は大桑層に不整合に覆われると考えられる。

岩相 極細～細粒砂岩からなり、砂質シルト岩層を挟む。これらの堆積物は、乾燥すると硫酸塩が析出し、黄色ないし橙色を呈する。砂岩は青灰色で炭質物に富み、模式地では12枚の植物片密集層を挟む。植物片密集層は層厚5–10 cmで、植物片のほか、中礫や脊椎動物化石を含む。砂岩中の堆積構造は生物擾乱により失われていることが多いが、まれに植物片密集層の上位にクライミングリップル葉理が観察されることがある(第8図B)。

本層の上部(地点Sg004の上位)には、層厚約50 cmと30 cmの2枚の平行葉理のある白色で珪長質の細粒凝灰岩層が挟まる。また、凝灰岩層の下位には最大径50 cm–1 mの石灰質団塊を含む層があり、石灰質団塊中には軟体動物化石や脊椎動物化石が含まれることがある。本層は、上位の大桑層の細礫岩層に削り込まれる(第8図A)。また、上位の大桑層から本層を貫く穿孔孔による巣穴化石が報告されている(北村, 1997)。

大型化石 軟骨魚類、鳥類及び海生哺乳類などの脊椎動物化石が産出した。軟体動物や有孔虫などの石灰質骨格は溶解により失われているが、*Mizuhopecten?* sp.(ホタテガイの一種)、*クサビガタオオノガイ*、*Spisula* sp.(ウバガイ属の一種)の印象化石が産出した。植物化石は既報のミキマツ(Yamada and Yamada, 2014)の球果のほか、*Tsuga* sp.(ツガ属の一種)の球果、*Fagus* sp.(ブナ属の一種)の殻斗と果実、*カリア*属の一種の内果皮(図版1の11, 12)、フウ属の一種の果序などが多産した。なお、このほか本層からはカリア属やフウ属の花粉化石が産出する(手塚・山田, 2016)。

4. 珪藻化石層序

4.1 試料・方法及び結果

本研究では、額1、額2、窪、山科、犀川及び銚子の

6セクションで珪藻化石層序の検討を行った(第6図、第7図)。ただし、稠密な試料採取を行って本格的に珪藻化石層序を検討したのは額2セクションと犀川セクションのみで、その他のセクションでは地層の対比を確認するために、第6図でアスタリスクを付した地点の試料を分析したにすぎない。これ以外に野田山と袋板屋セクションでも調査を行ったが、珪藻化石分析は行っていない。なお、野田山セクションでは柳沢(1999a)がすでに珪藻化石層序を検討している。

石灰質コンクリーションの試料以外の通常の試料の処理は、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 ビーカーに入れ、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。次にビ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 × 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。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。

石灰質コンクリーションの試料は、ハンマーで砕いた後、約1 gを100 ml ビーカーに入れ、数%以下の濃度の希塩酸に試料を一昼夜浸けて、反応がおさまった後、反応しなかった粗い残渣を取り出した。残りの泥化した試料について、純水を加えて100 mlとし、数時間放置した後、上澄みを捨て、この作業を8–10回繰り返して、ほぼ中性になるまで塩酸を希釈して濃度を下げた。その後は、上に示した通常の試料と同様な手順で、プレパラートを作成した。

珪藻殻の計数は、生物顕微鏡600倍の倍率下で行った。研究初期の予備的な検討では、*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になるまで計数し、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。しかし、その後詳しい検討を行った額2と犀川セクションの試料については、試料数が多いので研究を効率的に進めるために、カウント数を50蓋殻までとした。休眠胞子については、上記100ないし50蓋殻計数時に認められた総数を別途記録した。珪藻の保存状態(preservation)は、殻の破損・溶解の程度と頑丈な殻を持つ珪藻の頻度を基に、G(good)、M(moderate)、P(poor)の3段階に分けた。産出量(abundance)は100蓋殻に至るまでの走査線の数(50蓋殻カウントの場合は2倍)により、A(abundant) = 走査線1未満、C(common) = 走査線1以上3未満、R(rare) = 走査線3以上と区分した。

珪藻化石帯区分はAkiba (1986)とYanagisawa and Akiba (1998)の新第三紀北太平洋珪藻化石帯区分を適用し、化石帯はNPDコード、生層準はDコード(D10-D120)を用いた。年代はWatanabe and Yanagisawa (2005)を用いて修正し、Gradstein *et al.* (2012)の地磁気極性年代尺度に合わせて調整した。

なお、珪藻化石層序の記述を簡便にするため、NPD3A帯とNPD4A帯については、珪藻生層準を基準として、それぞれ区間3A1, 3A2と区間4A1-4A7を暫定的に導入する(第14図参照)。

分析結果を第1表～第3表に示す。また、産出した主な珪藻を図版2-7に示す。

4.2 犀川セクション

本セクションは犀川にかかる大桑貝殻橋からその上流約800 mまでのセクションで(第6図)、全層厚は約280 mである(第10図)。下位より下荒屋層、山科層、犀川層、小寺山層及び大桑層が露出している。試料は山科層下部から小寺山層まで採取し、山科層上部、犀川層及び小寺山層では、年代や層序関係を確かめるため、1-2.5 mの間隔で稠密サンプリングを行った(第8図)。なお、犀川層の地点Sg015B, 015C, 014E, 013F, 013G, 013Hでは、通常の試料のほかに、同一層準で石灰質コンクリーションの試料も併せて採取して分析した。第6図、第8図及び第1表で“n”を付した試料が石灰質コンクリーションの試料である。

処理した試料のうち山科層下部層(Sg020-017G)、山科層上部層(Sg017H-016B)及び犀川層の試料(Sg015A-011, 石灰質コンクリーションの試料も含む)のすべてから珪藻が産出したが、小寺山層の試料(Sg009A-003)からは全く珪藻は検出されなかった(第1表)。なお、同一層準で石灰質コンクリーション試料を分析している場合は、保存のよい石灰質コンクリーション試料の分析結果を基にして第10図を作成している。

山科層の試料(Sg020-016B)は、*Denticulopsis lauta*, *D. ichikawae*を産出し、*D. hyalina*を欠くことから、NPD4A帯(*Denticulopsis lauta*帯)に当たると判断される。このうち、試料Sg020-017Iは、*Cavitus lanceolatus*と*D. okunoi*を産出することから、NPD4A帯の中の区間4A4 (15.5-15.4 Ma)に相当する。一方、その上位の試料Sg017J-016Bは、*C. lanceolatus*を含み*D. okunoi*を欠くことから、区間4A5 (15.4-15.2 Ma)に当たると判断できる。

犀川層の試料Sg015A-011では、*D. lauta*, *D. ichikawae*, *C. lanceolatus*がほぼ連続産出する。この産出状況を珪藻化石帯区分に機械的に当てはめると、犀川層はNPD4A帯の区間4A5に当たることになる。しかし、山科層中で一旦消滅した*D. okunoi*や、NPD4A帯最下部の生層準D41で絶滅したはずの*D. praelauta*が犀川層基底部から産出しはじめ、それらは断続的ながら犀川層のほぼ全層準か

ら産出する。このほか、山科層の珪藻群集全体の特徴と犀川層試料中の泥質成分の産状などから、犀川層の珪藻化石は、山科層や朝ヶ屋層などの下位層からの再堆積と判断した。この点については、考察で他のセクションを含めて再度詳しく議論する。

4.3 額2セクション

額2セクションは伏見川の支流である額谷川の中流のセクションで(第6図)、全層厚は約150 mである(第11図)。下位より朝ヶ屋層、下荒屋層、山科層、犀川層及び大桑層が見られる。試料は朝ヶ屋層、山科層及び犀川層から33個採取した(NKR2-1-33)。分析したすべての試料から珪藻が産出した(第2表)。なお、以下では簡便のため試料番号はNKR2を省いて記述する。

朝ヶ屋層の試料1-6は*Denticulopsis lauta*が産出し、*D. hyalina*を含まないことからNPD4A帯と認定できる。さらに、これらの試料は*D. praelauta*が産出し、*D. ichikawae*, *Cavitus lanceolatus*を欠くので、NPD4A帯最下部の区間4A1 (15.9-15.8 Ma)に相当する。

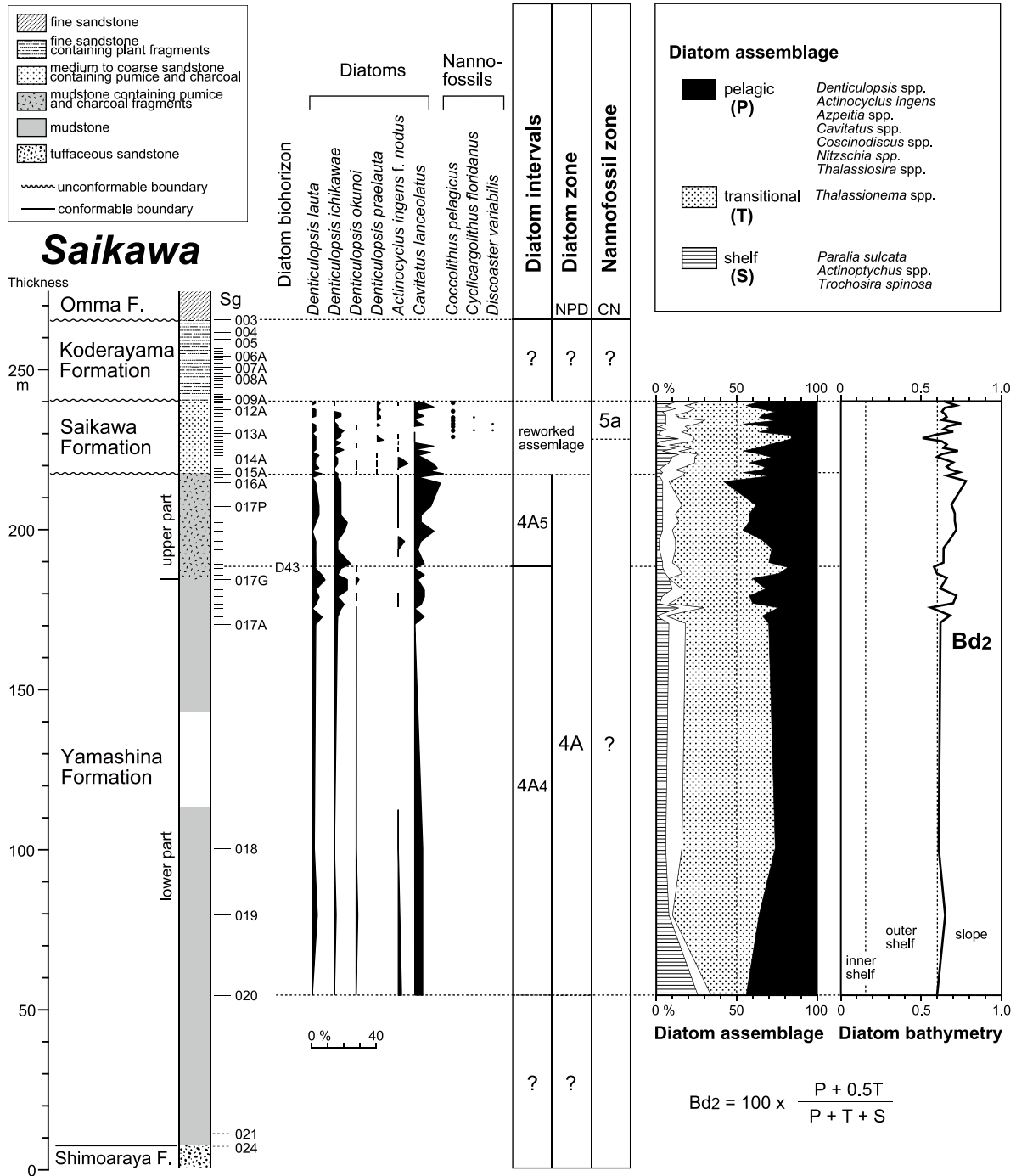
山科層の試料7-30も、*D. lauta*を産出し、*D. hyalina*を含まないことからNPD4A帯に当たる。このうち、試料7-9は*D. lauta*, *D. ichikawae*を含み、*C. lanceolatus*を含まないことから、区間4A2 (15.8-15.6 Ma)に、試料10は、*D. lauta*, *D. ichikawae*, *C. lanceolatus*を含み、*D. okunoi*を欠くので、区間4A3 (15.6-15.5 Ma)に相当する。試料11-30は、*D. lauta*, *D. ichikawae*, *C. lanceolatus*及び*D. okunoi*を産出するので、区間4A4 (15.5-15.4 Ma)に対比される。

犀川層の試料31-33は区間4A4の上位にあつて、*D. lauta*, *D. ichikawae*, *C. lanceolatus*を含み、*D. okunoi*を欠く。これを珪藻化石層序区分に当てはめると、犀川層は区間4A5 (15.4-15.2 Ma)となる。しかし、犀川セクションにおける犀川層と同様に、下位の層準で絶滅したはずの*D. praelauta*が試料32と33から検出されることから、額2セクションの犀川層から産出した珪藻化石も同様に再堆積であると推定される。

柳沢(1999a)によれば、下荒屋層の下位の朝ヶ屋層は、最下部を除いてその主部はNPD4A帯の区間4A2に相当する(第12図)。しかし、額2セクションの試料6と7の間には、この朝ヶ屋層の主部に相当する部分が存在しない。これは試料6と7の間のおそらく下荒屋層と朝ヶ屋層の間に、東側上がりの断層が存在するためではないかと思われるが、詳細は不明である。今後の詳しい調査が必要である。

4.4 その他のセクション

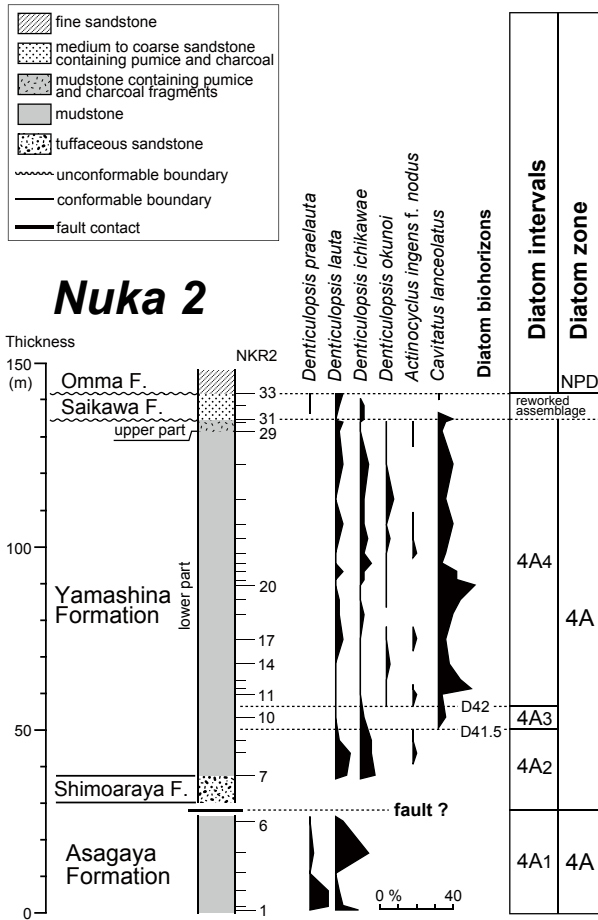
額1, 窪, 山科及び銚子の各セクションにおける珪藻分析結果は、まとめて第3表に示す。また、分析の結果



第10図 犀川セクションにおける珪藻化石層序・石灰質ナノ化石層序と珪藻化石群集組成・珪藻深度指標 (Bd2) の変化。珪藻化石層序は本研究に、石灰質ナノ化石層序は高山ほか (1988) に基づく。珪藻化石層序区分はAkiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) 及び Watanabe and Yanagisawa (2005), 石灰質ナノ化石帯区分は Okada and Bukry (1980) による。

Fig. 10 Diatom and calcareous nannofossil biostatigraphies and change in diatom assemblage with diatom bathymetry index (Bd2) in the Saikawa stratigraphic section.

Diatom and calcareous nannofossil stratigraphies of this section are based on this study and Takayama *et al.* (1988), respectively. Diatom zonation: Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) and Watanabe and Yanagisawa (2005). Calcareous nonnannofossil zonation: Okada and Bukry (1980).



第11図 額2セクションにおける珪藻化石層序。珪藻化石層序区分はAkiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) 及びWatanabe and Yanagisawa (2005) による。

Fig. 11 Diatom biostatigraphy in the Nuka 2 stratigraphic section. Diatom zonation: Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) and Watanabe and Yanagisawa (2005).

判明した各試料の珪藻区間を第7図に示した。

額1セクションで分析した山科層の試料NK004は *D. lauta*, *D. ichikawae* を含み, *C. lanceolatus* を含んでいないことから区間4A2と判定される。一方, 試料NK006は *D. lauta*, *D. ichikawae*, *C. lanceolatus* を含み, *D. okunoi* を欠き, 区間4A2の試料NK004の上位にあることから, 区間4A3に対比される。犀川層の試料 NK001は群集内容では区間4A3にも認定可能ではあるが, 犀川セクションと同様に下位層準で絶滅した *D. praelauta* を含んでいることから, この試料の珪藻化石群集も再堆積と推定される。

窪セクションでは, 採取した3試料のうち試料Kb003は *D. lauta*, *D. ichikawae* が認められるが, *C. lanceolatus* を含んでいないので NPD4A 帯の区間 4A2と判断され

る。一方, その上位の試料 Kb004と005は, *D. lauta*, *D. ichikawae*, *C. lanceolatus*, *D. okunoi* をすべて含み, NPD4A帯の区間4A4と認定できる。

山科セクションにおいて山科層から採取した試料 Ys011-006はいずれも, *D. lauta*, *D. ichikawae*, *C. lanceolatus*, *D. okunoi* を含むので NPD4A帯の区間4A4に対比できる。一方, 犀川層の試料 Ys004の珪藻化石群集には, 他のセクションと同様に朝ヶ屋層最下部で消滅したはずの *D. praelauta* がわずかに検出されるので, これも再堆積群集と思われる。

銚子セクションの山科層の試料 As008と006はいずれも *D. lauta*, *D. ichikawae*, *C. lanceolatus* を含み, *D. okunoi* を欠く。この内容だと NPD4A 帯の区間4A3か4A5に相当することになるが, これらの試料が山科層の上部の軽石を含む泥岩層の試料であり, この層準が隣接する犀川セクションの山科層最上部の区間4A5とされる岩相に対比されることから, 試料As008と006は4A5区間に当たると判断される。犀川層の試料As005から産出した珪藻化石群集は, 少量ではあるが下位層準で絶滅した *D. praelauta* を含むので, 他のセクションの犀川層の群集と同じく再堆積群集と推定される。

以上の結果は, 犀川及び額2セクションにおける珪藻化石層序と対比上矛盾しない。

4.5 微化石層序のまとめ

第12図に今回の研究結果と柳沢(1999a)の珪藻化石層序, それに高山ほか(1988)及び佐藤ほか(1991)の石灰質ナノ化石層序の研究結果をまとめて示した。

珪藻化石帯では, 七曲層中部から山科層の上限にかけて NPD3A 帯, NPD3B 帯及び NPD4A 帯が認められる。また, 珪藻生層準としては, D35からD43までが確認され, 珪藻区間では3A2から4A5までの区間が存在する。犀川層からも珪藻化石は産出するが, そのほとんどは再堆積であると推察される。

石灰質ナノ化石層序では, 砂子坂層に Okada and Bukry (1980) の CN3 帯(佐藤ほか, 1991), また犀川層上部に CN5a 帯(高山ほか, 1988)が確認されている。

小寺山層からは, 現在のところ珪藻も石灰質ナノ化石も産出していない。

5. 考察

5.1 野田山以西における犀川層の認定

これまで, 本研究で再定義した犀川層(従来の“犀川層”の砂質部)の分布は, 野田山以西では確認されていなかった(今井, 1959; 粕野, 1993; 堀ほか, 2001; 陰地, 2004; 塚脇・陰地, 2008)。そのため, 犀川流域に見られる“犀川層”の砂質部が, 野田山以西では“犀川層”の泥質部に変化すると考えられ, 両者は“犀川層”内の側方

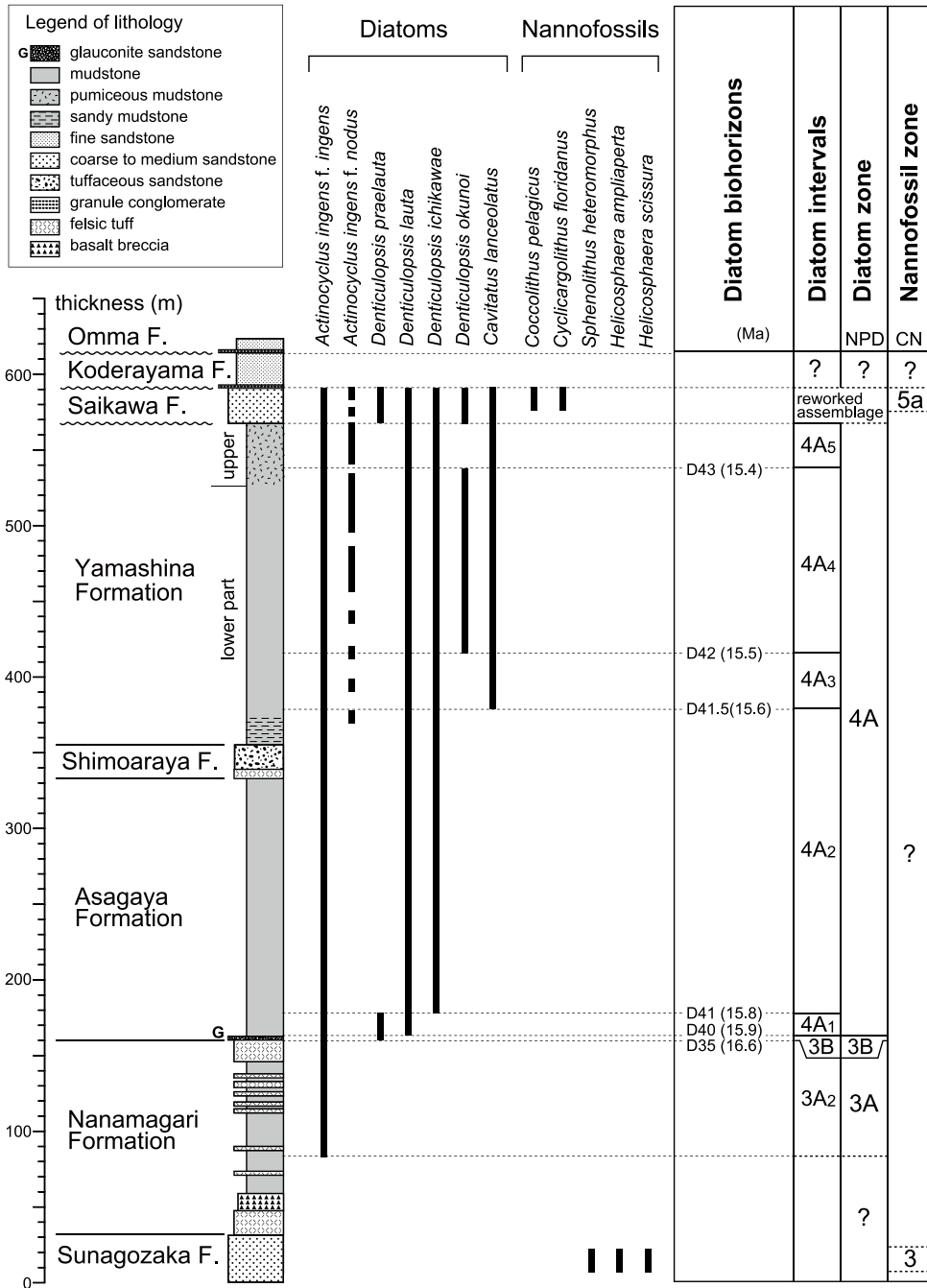
金沢市南部に分布する中新統“犀川層”の層序学的再検討（山田ほか）

第3表 額1, 窪, 山科及び銚子セクションにおける珪藻化石産出表.

Table 3 Occurrence chart of diatoms in the Nuka1, Kubo, Yamashina and Choshi stratigraphic sections.

Section	Nuka1			Kubo			Yamashina							Choshi			
	Ym.		Sk.	Yamashina F.			Yamashina F.						Sk.	Ym.		Sk.	
	4A	rw		4A			4A						rw	4A	rw		
Interval	4A2	4A3	rw	4A2	4A4		4A4							rw	4A5	rw	
Sample number	NK004	NK006	NK001	Kb003	Kb004	Kb005	Ys011	Ys010	Ys009	Ys008	Ys007	Ys006	Ys004	As008	As006	As005	
Preservation	G	P	P	M	P	P	M	P	P	P	P	M	P	P	P	P	
Abundance	C	R	R	C	R	R	C	C	C	C	C	R	R	R	R	R	
Marine diatoms																	
<i>Actinocyclus cf. curvatus</i> C.Janisch	+	-	2	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	
<i>A. ellipticus</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>A. ingens f. ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader	19	33	10	19	8	8	3	15	4	5	7	5	5	9	4	6	
<i>A. ingens f. nodus</i> (Baldauf) Whiting et Schrader	1	3	1	1	-	+	5	7	2	-	+	1	+	2	+	1	
<i>A. ingens f. planus</i> Whiting et Schrader	7	7	1	8	3	-	1	11	1	4	3	5	6	8	7	1	
<i>A. cf. kisselevii</i> Makarova	1	+	-	+	+	5	-	-	1	1	+	1	2	+	1	1	
<i>A. octonarius</i> Ehr.	+	-	1	+	2	3	-	-	+	+	2	-	-	+	-	+	
<i>Actinocyclus senarius</i> (Ehr.) Ehr.	5	2	5	9	15	2	6	2	4	6	4	1	3	1	2	2	
<i>A. vulgaris</i> Schum.	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	
<i>Apelitia endoi</i> (Kanaya) P.A.Sims et G.A.Fryxell	+	-	+	-	-	1	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	
<i>A. vetustissima</i> (Pant.) P.A.Sims	1	-	-	1	-	-	2	+	-	-	-	+	+	-	-	2	
<i>Cavitatus exiguus</i> Yanagisawa et Akiba	1	+	+	1	7	3	6	12	4	4	4	9	1	1	2	3	
<i>C. jouseanus</i> (Sheshukova) D.M.Williams	2	3	+	2	2	+	3	2	+	1	2	4	1	+	+	+	
<i>C. lanceolatus</i> Akiba et Hiramatsu	-	4	12	-	8	+	1	12	11	7	3	1	1	10	5	+	
<i>C. linearis</i> (Sheshukova) Akiba et Yanagisawa	1	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	1	-	2	+	1	
<i>Cestodiscus peplum</i> Brun	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Cocconeis vitrea</i> Brun	+	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Coccinodiscus lewisianus</i> Grev.	3	1	3	1	-	+	+	-	-	+	+	2	-	-	-	-	
<i>C. marginatus</i> Ehr.	5	26	5	4	12	4	2	10	1	1	+	1	3	3	1	4	
<i>C. perforatus</i> Ehr.	1	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
<i>C. radiatus</i> Ehr.	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	
<i>C. spp.</i>	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	
<i>Cymatosira cf. loretziana</i> Grunow	+	+	-	-	1	-	+	1	+	+	+	-	-	-	-	-	
<i>Delphineis angustata</i> (Pant.) G.W.Andrews	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	
<i>D. miocenica</i> (Schrader) G.W.Andrews	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	
<i>D. penelliptica</i> G.W.Andrews	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
<i>Denticula norvegica</i> Schrader	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	
<i>Denticulopsis ichikawae</i> Yanagisawa et Akiba	8	+	1	1	+	7	14	2	1	6	2	12	2	2	7	3	
<i>D. lauta</i> (Bailey) Simonsen	+	+	+	6	1	3	12	+	1	7	2	6	4	4	6	5	
<i>D. okunoi</i> Yanagisawa et Akiba	-	-	-	-	+	+	1	1	1	1	+	5	-	-	-	-	
<i>D. praelauta</i> Akiba et Koizumi	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	
Girdle view of <i>D. lauta</i> group	3	+	2	+	1	2	13	1	2	5	11	6	1	6	4	3	
<i>Diploneis</i> spp.	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Eucampia</i> sp. A (= <i>Hemiaulus polymorphus</i>)	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	
<i>Goniothecium rogersii</i> Ehr.	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Grammatophora</i> spp.	-	+	2	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova	+	+	-	1	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	1	
<i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	
<i>Kisseleviella carina</i> Sheshukova	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Mediaria magana</i> Yanagisawa	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>M. splendida</i> Sheshukova	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	
<i>Melosira scopos</i> A.Mann	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>M. sol</i> (Ehr.) Kützing	+	-	1	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	
<i>Nitzschia challengeri</i> Schrader	+	-	-	+	-	+	+	-	+	1	+	+	+	-	1	-	
<i>N. cf. grunowii</i> Hasle	+	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>N. maleinterpretaria</i> Schrader	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) J.A.Agardh	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	+	3	2	2	3	+	2	3	4	+	5	+	2	+	1	+	
<i>Proboscia alata</i> (Brightw.) Sundstöm	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	
<i>P. interposita</i> (Hajós) Jordan et Priddle	+	-	-	+	-	-	+	1	-	+	+	+	-	+	+	+	
<i>Pseudodimerogramma elliptica</i> Schrader	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	
<i>Raphidodiscus marylandicus</i> Christian	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	1	
<i>Rhabdonema japonicum</i> Temp. et Brun	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	
<i>Rhizosolenia hebetata f. hiemalis</i> Gran	-	+	-	-	-	-	+	1	-	-	-	-	-	1	1	-	
<i>R. miocenica</i> Schrader	-	+	-	-	+	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	
<i>R. styliformis</i> Brightw.	-	-	+	-	1	-	-	-	-	+	+	-	-	1	-	-	
<i>R. sp.</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Stellarima microtrias</i> (Ehr.) Hasle et P.A.Sims	+	-	-	2	+	-	+	1	-	-	+	-	+	1	-	-	
<i>Stephanogonia hanzawae</i> Kanaya	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Stephanopyxis</i> spp.	5	7	9	10	4	4	+	6	7	6	4	3	5	1	6	5	
<i>Thalassionema cf. hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	+	1	+	1	-	
<i>T. nitzschoides</i> (Grunow) H. Perag. et Perag.	28	10	37	26	31	49	26	11	50	43	44	37	49	45	46	52	
<i>T. obtusa</i> (Grunow) G.W.Andrews	+	-	+	+	-	2	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	
<i>Thalassiosira cf. grunowii</i> Akiba et Yanagisawa	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	
<i>T. miyamamiensis</i> Yanagisawa	+	-	-	1	-	-	-	-	+	-	-	+	2	-	+	-	
<i>T. sp.</i> (Matsushima)	+	+	2	-	+	-	+	-	1	1	-	+	-	-	-	-	
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow	1	-	+	+	+	-	+	+	-	1	-	-	-	-	-	-	
<i>Triceratium condecorum</i> Brightw.	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	
<i>Trochosira spinosa</i> Kitton	2	+	-	+	-	2	1	1	2	-	6	+	6	1	+	3	
Non-marine diatoms																	
<i>Aulacoseira</i> spp.	-	-	2	+	2	4	2	+	+	+	+	-	3	+	2	3	
<i>Anaulus birostratus</i> (Grunow) Grunow	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Diatoma</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	
<i>Navicula</i> spp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Tetracyclus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
Total number of valves counted	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Resting spore of Chaetoceros	17	15	8	32	10	22	10	11	21	27	31	21	24	37	34	18	

Ym: Yamashina F., Sk: Saikawa F. rw: rework
G: good, M: moderate, P: poor, A: abundant, C: common, R: rare.



第12図 金沢市南部地域の中新統の珪藻及び石灰質ナノ化石層序の総括図。珪藻化石層序は本研究及び柳沢(1999a)に、石灰質ナノ化石層序は高山ほか(1988)と佐藤ほか(1991)に基づく。珪藻化石層序区分はAkiba(1986)、Yanagisawa and Akiba(1998)及びWatanabe and Yanagisawa(2005)に、石灰質ナノ化石帯区分はOkada and Bukry(1980)による。

Fig. 12 Diatom and nannofossil biostratigraphies of the Miocene sequence in the southern Kanazawa area. Diatom biostratigraphy is based on this study and Yanagisawa (1999a) and calcareous nannofossil biostratigraphy is based on Takayama *et al.* (1988) and Sato *et al.* (1991). Diatom zonation: Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) and Watanabe and Yanagisawa (2005). Calcareous nannofossil zonation: Okada and Bukry (1980).

変異とする解釈が定着していた（今井，1959；Ogasawara，1976；佐々木・小笠原，1986；粕野，1993）。

しかし，本研究の結果，野田山以西にも粗粒砂岩を主体とする犀川層が分布し，それらが全セクションを通じて，山科層（“犀川層”の泥質部）の常に上位にあることがわかった（第7図）。しかも，犀川層は山科層を削り込んでいることが，山科セクションで観察された（第9図）。

ところで，野田山以西で確認された犀川層は，従来の研究では大桑層の最下部に含められてきた（今井，1959；粕野，1993；陰地，2004；塚脇・陰地，2008）。しかし，山科セクションの犀川層の地点Ys003から，犀川セクション（模式地）の犀川層から報告された軟体動物化石（Ogasawara，1976）と同様の軟体動物化石（図版1）が採集されたことから，野田山以西の粗粒砂岩を大桑層とする従来の解釈は明確に否定される。

5.2 犀川層における珪藻と石灰質ナノ化石層序の矛盾の解消

高山ほか（1988）は，犀川セクションに露出する犀川層から，Okada and Bukry（1980）のCN5a帯（13.5–11.8 Ma）と解釈される石灰質ナノ化石を報告した（第10図）。一方，伊東（1986）は犀川セクションにおいて，高山ほか（1988）の石灰質ナノ化石産出層準より上位の砂岩からNPD4A帯（15.9–14.5 Ma）と解釈できる珪藻化石を報告した。本研究でも犀川セクションの犀川層からやはりNPD4A帯（15.9–14.5 Ma）と認定可能な珪藻化石が産出した。

この石灰質ナノ化石年代と珪藻年代の不一致には，次の2つの解釈が考えられる。1つは，犀川層の堆積年代としては石灰質ナノ化石年代が正しく，犀川層の珪藻化石は下位層準の再堆積とする解釈である。もう1つは，珪藻化石の年代の方が正しく，産出した石灰質ナノ化石群集は示準種の頻度が小さく化石帯の認定に誤りがあるという説明である。これらの2つの解釈のうち，1)犀川層における珪藻化石帯示準種の産出状況，2)犀川層の珪藻化石群集の特徴，3)犀川層の粗粒砂岩中の泥質物の含有形態，及び4)石灰質ナノ化石の特性から，本研究では1番目の解釈を採用する。

まず，犀川層における珪藻化石帯示準種の産出状況では，*Denticulopsis okunoi* の産出状況が奇妙である（第10図）。本種は山科層の試料Sg017Iと017Jの間で一旦消滅する（生層準D43）。しかし，本種は犀川層基底の試料Sg015Aから再び産出しはじめ，散点的ではあるが犀川層の上部まで産出する。この産出パターンは，犀川層の珪藻化石が山科層からの再堆積であるとする，無理なく説明できる。また，*Denticulopsis praelauta* はNPD4A帯最下部の生層準D41（朝ヶ屋層の下部層準）で絶滅し，その上位の朝ヶ屋層上部や山科層では産出しない（第12図；柳沢，1999a）。しかしながら，犀川セクションでは，犀川層基底の試料Sg015Aから*D. praelauta* は突然産出

が始まり，犀川層の上限近くまで断続的に産出する（第10図）。また，額2セクション（第11図）や額1，山科及び銚子セクションの犀川層（第3表）でも*D. praelauta*が検出されている。この産出状況も，犀川層の珪藻化石が下位層準からの再堆積であると考えると理解できる。

犀川層の珪藻化石群集が示す異常な特徴として，犀川層は粗粒砂岩を主体とする粗粒な岩相からなり，軟体動物化石群集からも内側陸棚の浅い環境で堆積したと推定されるのに，珪藻化石群集組成は，泥岩主体で外側陸棚～陸棚斜面の環境で堆積した山科層のそれとほとんど変わらないという点が指摘できる。柳沢（2003）による栃木県鳥山地域の中新統の珪藻化石群集の解析では，泥岩からなる外側陸棚から陸棚斜面域で堆積した岩相では，*Denticulopsis* spp.，*Actinocyclus ingens*，*Azpeitia* spp.，*Coscinodiscus* spp.などの外洋生種が卓越する群集が産出するのに対し，砂岩を主体とする内側陸棚の浅海層では，*Paralia sulcata* や *Actinoptychus* spp.などの沿岸生珪藻が卓越する珪藻化石群集が産出する。そして，その中間域の岩相では，*Thalassionema* spp.が優占する漸移域の珪藻化石群集によって特徴づけられることが判明している。

金沢地域の山科層の珪藻化石群集では，漸移域の珪藻である *Thalassionema nitzschioides* が30–60%程度を占める（第10図）。これに *Denticulopsis* 属，*Actinocyclus ingens*，*Coscinodiscus* 属などの外洋性種が合わせて20–50%程度，沿岸種である *P. sulcata* や *Actinoptychus* spp.は数–20%程度伴っているので，山科層の珪藻化石群集は漸移域から外洋域にかけての群集の特徴を示す。また，柳沢（1999a）の七曲層上部と朝ヶ屋層の珪藻化石分析の結果を見ると，山科層と同様，漸移域から外洋域にかけての組成を示している。一方，犀川層は岩相や前述した貝類化石群集の組成から内側陸棚の堆積物と推定され，当然沿岸域の珪藻が優占すると期待されるが，実際には漸移種や外洋種が優占する山科層や朝ヶ屋層の群集によく似た群集が産出する。確かに犀川層の珪藻化石群集は，沿岸生の *P. sulcata* が数%程度と山科層や朝ヶ屋層に比べてやや多いものの，群集としては沿岸性群集とは決して言えない群集である。この異常な犀川層の珪藻化石群集の特性も，これらが山科層や朝ヶ屋層などの下位層からの再堆積群集であると考えたと説明可能である。

珪藻深度指標は柳沢（1996）によって提案された古水深指標で，沿岸水域から外洋水域への塩分の変化に伴って珪藻化石群集が変化し，それとほぼ平行して海底の水深が変化することを利用して，堆積岩の古水深を間接的に推定する指標である。柳沢（1996）はBd1とBd2の2種類の指標を提案したが，Bd2の方が適用深度範囲が広いので，本研究ではBd2を用いた。この指標は以下の式で計算される。

$$Bd2 = (P + 0.5T) / (P + T + S)$$

ここでP，T，Sはそれぞれ外洋域，漸移域及び陸棚域の

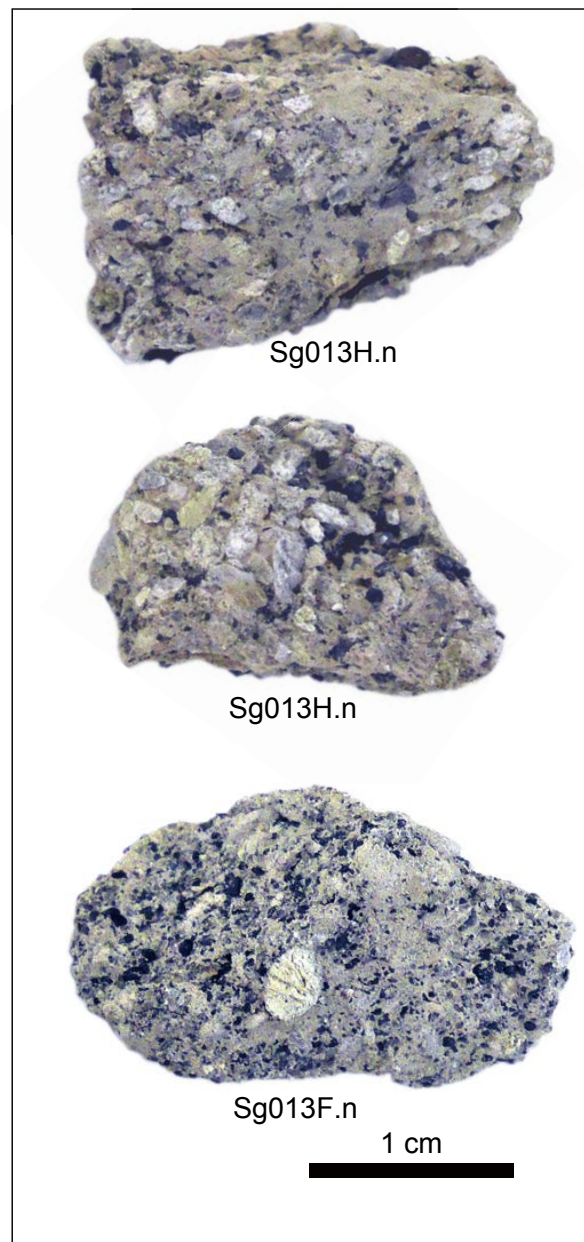
珪藻種の頻度の合計を示す。各水域の属種は第10図の右上に示した。柳沢(1996)によれば、Bd2値0.15以下が内側陸棚、0.15-0.6が外側陸棚、0.6以上が陸棚斜面ないしそれ以深とされる。

さて、第10図の犀川セクションの珪藻深度指標Bd2値の変化を見ると、山科層から犀川層へはほとんど変化はなく、両層とも見かけ上、外側陸棚と陸棚斜面の境界付近の深度を示している。すなわち、犀川層は内側陸棚の砂質底の環境が推定されるにもかかわらず、珪藻化石群集は陸棚と陸棚斜面の境界付近の深度を示している。このことも、犀川層の珪藻化石群集が再堆積群集であるとすれば十分に理解できる。

さらに、犀川層の珪藻化石群集が再堆積群集である根拠として、犀川層の粗粒砂岩中の泥質物の含有形態が指摘できる。犀川層の極粗粒砂岩や細礫岩では、珪藻が含まれている泥質部は、砂粒子間の基質としてではなく、泥質の「粒」、つまり泥岩礫ないし泥岩の砂粒として含まれている場合が観察される(第13図)。全ての試料について確認したわけではないが、これらの泥岩粒子が下位の山科層や朝ヶ屋層から供給されたと考え、犀川層の珪藻化石群集が山科層や朝ヶ屋層とよく似た組成を示し、岩相から予想される沿岸域の珪藻化石群集の特徴を示さないことを説明できる。また、犀川層の粗粒砂岩は陸域から運ばれたと思われる炭化木片を非常に多く含むが、これも陸域からの再堆積粒子の運搬を示唆している。

以上のように、犀川層の珪藻化石群集はさまざまな性質から下位層からの再堆積であることが強く示唆されるが、そうであるとする石炭質ナノ化石についても再堆積の可能性があることになる。しかし、一般に炭酸カルシウムからなる石灰質微化石は地表において風化に弱く、容易に溶解してしまうため、侵食による上位層への再堆積は極めて稀である。これに対し、シリカからなる珪藻殻や放散虫殻は風化に強く、上位層への再堆積が多くみられる。例えば日本の新生界では、とくに鮮新世～第四紀にかけて山地・丘陵の隆起運動が激しく、これによって新第三紀の堆積層が地表に現れて浸食され、珪藻殻は碎屑物の一部として堆積域に運ばれ、鮮新世～第四紀の堆積物中に多く含まれている。また、新潟県の加茂地域の鮮新統には、後期中新世で絶滅した *Denticulopsis* 属や *Actinocyclus ingens* などの中新世の珪藻が、鮮新世の地層中に数%以上の頻度で連続産出しており(例えば、柳沢・工藤, 2011)、これらは明らかに再堆積であると判断できる。しかし、石灰質ナノ化石などの石灰質微化石については、ごく稀にわずかな再堆積が認められることはあるものの(例えば、高山ほか, 1988)、珪藻に見られるような多量の再堆積現象は知られていない。

以上のように、犀川層の珪藻化石は再堆積であっても、石灰質ナノ化石は現地性である可能性が高いと言える。高山ほか(1988)が報告した犀川層の石灰質ナノ化石は、



第13図 犀川層の細礫岩(Sg013H.n)及び極粗粒砂岩(Sg013F.n)の写真。白色粒子は軽石、黒色粒子は岩片ないし炭化木片、灰色粒子は泥岩クラスト。

Fig. 13 Photographs of granule conglomerate (Sg013H.n) and very coarse-grained sandstone (Sg013F.n) of the Saikawa Formation. White particles: pumice fragments. Black particles: lithic fragments or charcoalfied plant fragments. Gray particles: mudstone clasts.

保存は悪いものの、化石帯指標種の産出に異常は見られない。仮に石灰質ナノ化石でも山科層及びその下位層からの再堆積があるとすれば、山科層～砂子坂層の年代

に相当するCN3帯とCN4帯の指標種である *Sphaenolithus heteromorphus* が含まれていなければならないが、犀川層からはこの種は全く検出されておらず、石灰質ナノ化石では再堆積がないことを示唆している。一方、石灰質ナノ化石層序の CN5a帯は、珪藻化石層序の NPD4Bb帯上部から NPD5C帯下部に相当するが(第14図)、これらの珪藻化石帯を示す珪藻が犀川層からは全く検出されない。このことは、犀川層から産する珪藻化石はほとんどが再堆積であることを示している。

以上考察してきたことから、犀川層の堆積年代としては石灰質ナノ化石年代を採用するのがよいと判断する。

5.3 新称「小寺山層」について

本研究で新たに小寺山層と命名した堆積物は、従来の研究では大桑層下部(塚脇・大河原, 1996; 陰地, 2004; 塚脇・陰地, 2008)または犀川層上部(北村, 1997)とされてきた(第2図)。

まず、本層と上位の大桑層との層序関係について考察する。本研究では、既報のミキマツの球果(Yamada and Yamada, 2014)に加え、小寺山層からカリア属の内果皮(図版1の11, 12)やフウ属の果序を得た。また、小寺山層からは、カリアやフウの花粉化石が報告されている(手塚・山田, 2016)。現生のカリア属は中国及び北米に隔離分布し、日本では3 Maまでに絶滅した(Momohara, 1989; 百原, 2010)。現生のフウ属も中国と北米に隔離分布し、日本においては、中部・近畿地方で2.2 Ma頃に、中越地方でも2 Maまでには絶滅した(山野井・新戸部, 1970; Onishi, 1978)。ミキマツは日本の固有化石種であるが、1.75 Ma頃まで残存した武蔵野台地周辺を除き、3 Maまでに絶滅した(Yamada *et al.*, 2014)。一方、大桑層の最下部の年代値は、古く見積もっても1.7 Ma程度である(山本・小沢, 1996; Kitamura and Kimoto, 2007)。実際、これらの大型植物化石は大桑層からは見つかっておらず、カリア属やフウ属の花粉の産出も知られていない(藤・堀, 1989)。従って、小寺山層と大桑層の堆積年代に間隙があることは明らかである。また、小寺山層と上位の大桑層境界では、小寺山層の砂岩は、穿孔貝の巣穴を伴う細礫岩層によって削り込まれている(北村, 1997)。以上から、両層は不整合の関係にあると判断できる。

次に小寺山層と下位の犀川層との層序関係であるが、小寺山層の基底部には、下位の犀川層を削り込む細礫岩層がある(塚脇・大河原, 1996; 陰地, 2004; 第8図C)が、両者の堆積年代に間隙があるかは本研究では明らかにできなかった。ただし、小寺山層から産する花粉化石の組成は、寒冷種を多く含む点において、犀川層のものとは明らかに異なっている(手塚・山田, 2016)。また、小寺山層は細粒砂岩を主体とし、粗粒砂岩を主体とする犀川層とは岩相的にはっきり識別できる。さらに、再堆積であるが珪藻化石が多く産する犀川層と異なり、小寺山層

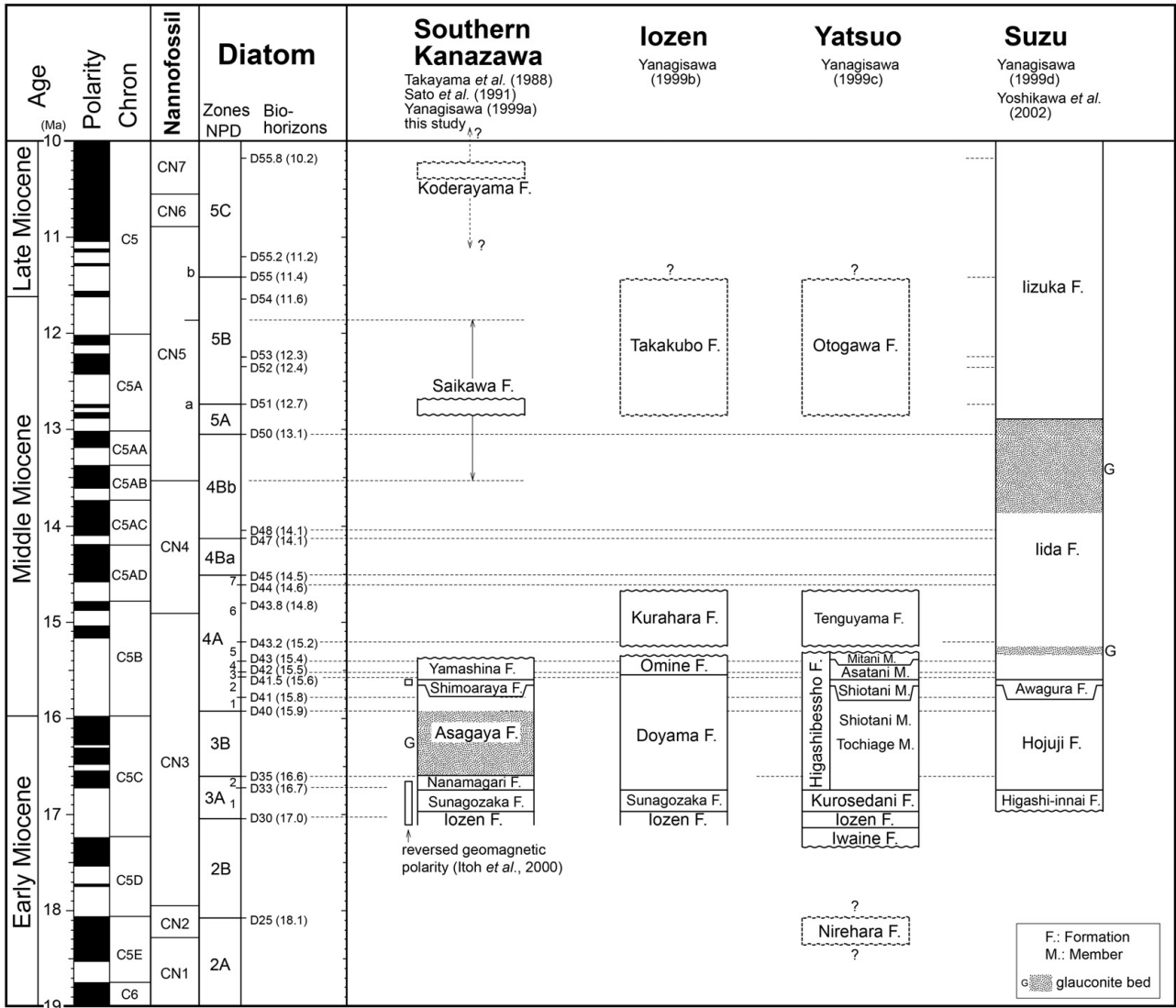
では泥質の細粒砂岩からなり、珪藻化石が産出し得る粒度の堆積物であるにもかかわらず、珪藻化石が全く含まれていないという特徴でも犀川層とは異なる。以上のことから、本研究では小寺山層を独立した地層として、大桑層や犀川層とは区別することが適切であると判断した。

5.4 年代層序のまとめと隣接地域の中新統との対比

本研究とこれまでの研究を基に、金沢市南部地域の中新統の年代層序を総括する(第14図)。その上で、本研究で検討した山科層、犀川層及び小寺山層を、隣接する北陸地方の医王山、八尾及び珠洲地域(第1図)に分布する中新統と対比する。

金沢市南部地域の中新統のうち、医王山層から山科層までは、珪藻化石層序(柳沢, 1999a; 本研究)、石灰質ナノ化石層序(佐藤ほか, 1991)及び古地磁気層序(伊藤ほか, 2000)に基づき、第14図に示すような年代層序の枠組みに位置づけられる。このうち、本報告で新たに命名した山科層中には生層準 D41.5(15.6 Ma)、D42(15.5 Ma)、D43(15.4 Ma)が認められ、堆積年代としては約15.6 Maから約15.3 Maまでの年代が推定される。山科層を不整合に覆う犀川層からはCN5a帯(13.5–11.8 Ma)の石灰質ナノ化石が産出しており(高山ほか, 1988)、本層の堆積年代はこの年代範囲内にあることは確かであるが、これ以上の年代の限定はできない。小寺山層については、現状では確かな年代データがなく、その堆積年代は不明である。ただし、3 Ma以前に絶滅した植物化石を含むので、その堆積年代の上限は3 Maよりも古い。一方、下限の年代も曖昧であるが、本層は下位の犀川層を不整合に覆う可能性が高く、おそらくその堆積年代は犀川層の年代とはある程度の差があるものと見られる。以上を考慮すると、小寺山層の堆積年代は、現状では後期中新世から鮮新世程度と考えておくのが妥当であると思われる。

石川・富山県境に位置する医王山地域の中新統は下位より医王山層、砂子坂層、^{とやま}土山層、御峰層、蔵原層、高窪層からなる(例えば、柳沢, 1999b)。このうち、御峰層が金沢市南部地域の山科層に対比される(柳沢, 1999b)。医王山地域では、御峰層に蔵原層が不整合に重なり、蔵原層は生層準 D43.2(15.3–15.2 Ma)からNPD4A帯の上限の間に位置づけられている(柳沢, 1999b)。しかし、金沢市南部地域では、この区間の堆積物を欠き、山科層の上に石灰質ナノ化石層序のCN5a帯(13.5–11.8 Ma)を示す犀川層が不整合で重なっている。井上ほか(1964)によれば、医王山地域では、蔵原層は高窪層に不整合に覆われるので、堆積の順序からすると、金沢市南部地域の犀川層または小寺山層が高窪層に対比される可能性がある。高窪層からは年代を推定できる微化石や年代データが全く得られておらず、正確な年代は現時点では不明であるが、高窪層は八尾地域の音川層に岩相上対比され、音川層下部の年代は後述するように中期中新



第14図 金沢市南部地域の中新統の年代層序と北陸地域の中新統との対比。地磁気極性年代尺度はGradstein *et al.* (2012)に、珪藻化石層序区分はAkiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998)及びWatanabe and Yanagisawa (2005)に、石灰質ナノ化石帯区分はOkada and Bukry (1980)に基づく。

Fig. 14 Chronostratigraphy of the Miocene sedimentary sequence in the southern Kanazawa area, with correlation to the Miocene series in Hokuriku province. Geomagnetic time scale: Gradstein *et al.* (2012). Diatom zonation: Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) and Watanabe and Yanagisawa (2005). Calcareous nannofossil zonation: Okada and Bukry (1980).

世の後半とされる(中嶋ほか, 2016)。この対比が正しいとすると、年代的には、犀川層と高窪層がほぼ同時期の堆積物ということになる。そうであるならば、小寺山層は、それよりも上位の後期中新世ないしそれ以降の堆積物の可能性がある。しかし、岩相や微化石の産出状況の点で、小寺山層と高窪層には共通点もある。例えば、高窪層も小寺山層も植物片に富み、乾燥すると硫酸塩鉱物の黄色い粉が析出する(井上ほか, 1964)。高窪層は砂質泥岩からなり、粒度からすると珪藻化石が含まれていて

もよい細粒な岩相であるにもかかわらず、珪藻化石がほとんど含まれていないのが特徴である。小寺山層も泥質な砂岩であり、珪藻化石が産出し得る岩相であるにもかかわらず、珪藻化石は全く検出されなかった。また、どちらも石灰質ナノ化石が産出しない点でも共通する(山本・小沢, 1996; 柳沢, 1999b)。いずれにしても、今後小寺山層の年代を何らかの方法で明らかにする必要がある。

富山県中部の八尾地域に分布する中新統は、下位よ

り楡原層、岩稲層、医王山層、黒瀬谷層、東別所層（栃上泥岩部層、塩谷砂岩部層、浅谷シルト岩部層、三谷泥岩部層）、天狗山層及び音川層からなる（例えば、柳沢、1999c）。このうち、東別所層上部の浅谷シルト岩部層から三谷泥岩部層にかけて、生層準 D41.5、D42、D43 が認められるので、浅谷シルト岩部層と三谷泥岩部層を合わせたものが金沢市南部地域の山科層に対比される。その上位の天狗山層が、従来の見解（Ogasawara *et al.*, 1989；柳沢、1999a-c）どおり蔵原層に対比されるのであれば、金沢市南部地域には天狗山層に対比される堆積物がないことになる。また、音川層の下部に挟まれる OT1 凝灰岩の年代は中期中新世の後半とされることから（中嶋ほか、2016）、金沢市南部地域の犀川層は音川層の下部に対比される可能性がある。

石川県能登半島の珠洲地域に分布する中新世堆積岩類は、下位より東印内層、法住寺層、粟蔵層、飯田層及び飯塚層からなる（吉川ほか、2002）。粟蔵層上部には生層準 D41.5 と D42 が、飯田層下部に D43 が認められる（柳沢、1999d）。従って、金沢市南部地域の山科層は、粟蔵層上部から飯田層下部に対比される。また、珠洲地域においては“海緑石層”と飯塚層下部が、石灰質ナノ化石帯 CN5a に相当する時期の堆積物であり、金沢市南部地域の犀川層はこれらの堆積物のどこかに対比される。

6. まとめ

本研究では、金沢市南部地域で従来“犀川層”とされてきた堆積物について層序の再検討を行った。また、珪藻化石層序学的検討を加え、それらの堆積物の年代を推定した。

- 1) これまで“犀川層”とされてきた堆積物を、山科層（新称）、犀川層（再定義）、小寺山層（新称）の3層に区分した。山科層は泥岩、犀川層は粗粒砂岩、小寺山層は細粒砂岩を主体とする。
- 2) 従来の“犀川層”砂質部と“犀川層”泥質部は層準の異なる堆積物であり、両者が同時異相の関係にあるという解釈は支持されなかった。
- 3) 山科層中には、生層準 D41.5、D42、D43 が認められ、山科層の堆積年代としては、15.6–15.3 Ma が推定される。
- 4) 犀川層から得られた珪藻化石は再堆積の可能性が高く、犀川層の堆積年代としては、石灰質ナノ化石による年代（13.5–11.8 Ma）を採用するのが妥当である。
- 5) これまで、小寺山層を大桑層の下部層とする見解もあった。しかし、小寺山層は3 Ma までに絶滅した植物化石を多く含むため、1.7 Ma 以降に堆積を開始した大桑層とは明らかに堆積年代が異なるので区別される。小寺山層の正確な堆積年代は不明であるが、現在のところ後期中新世から鮮新世と考えておくのが妥当と思われる。

謝辞：本研究をまとめるにあたり、筑波大学名誉教授小笠原憲一郎博士には、本地域の層序ならびに軟体動物化石についてのご助言を頂いた。金沢大学自然システム学類の学生の方々には、植物化石採集への協力を頂いた。また、査読者及び担当編集委員には、細部にわたって原稿を吟味していただき、有益なコメントをいただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

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*, U. S. Government Printing Office, Washington D. C., **87**, 393–480.
- 藤 則雄・堀 みより (1989) 金沢地域の新第三系の花粉学的研究：北陸新第三系の花粉学的研究(5)。金沢大学教育学部紀要(自然科学), no. 38, 59–77.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. M., Schmitz, M. D. and Ogg, G. M. (2012) *The Geologic Time Scale 2012*. 1144p. Elsevier, Amsterdam, Boston.
- 堀 雄貴・陰地章人・塚脇真二 (2001) 石川県金沢市南部大桑～山川地域の地質。日本海域研究, no. 32, 29–53.
- 今井 功 (1959) 5万分の1地質図幅説明書「金沢」。地質調査所, 27p.
- 井上正昭・水野篤行・野沢 保 (1964) 5万分の1地質図幅説明書「城端」。地質調査所, 32p.
- 伊藤康人・山本朗子・岩野英樹・檀原 徹・渡辺真人 (2000) 金沢・医王山地域に分布する中新統の古地磁気とフィッシュン・トラック年代。地調月報, **51**, 495–504.
- 伊東佳彦 (1986) 北陸地方新第三系の珪藻化石層序。NOM (大阪微化石研究会機関誌), no. 14, 1–27.
- 粕野義夫 (1993) 新版石川県地質図(10万分の1)・石川県地質誌, 北陸地質研究所, 321p.
- 粕野義夫・松浦信臣 (1964) 金沢市周辺の大桑層(鮮新統)基底にみられる不整合と穿孔貝生痕。地質雑, **70**, 565–571.
- 北村晃寿 (1997) 模式露頭における下部更新統大桑層基底の不整合面と最下部の貝化石群集。地質雑, **103**, 763–769.
- Kitamura, A. and Kimoto, K. (2007) Eccentricity cycles shown by early Pleistocene planktonic foraminifers of the Omma Formation, Sea of Japan. *Glob. Planet. Change*, **55**, 273–283.

- 横山次郎(1926) 相利共棲孤立珊瑚三種の化石. 地質雑, 33, 1-13.
- 望月勝海(1930) 加賀美濃山地北端の地貌並びに地質構造. 地質雑, 37, 491-510.
- Momohara, A. (1989) Pliocene *Carya* nuts (Juglandaceae) from the Osaka Group, southwest Japan. *Jour. Phytogeogr. Taxon.*, 37, 107-102.
- 百原 新(2010) 中部ヨーロッパと中部日本の新第三紀から第四紀への植物化石群変化の時期: 気候変動との関連で. 第四紀研究, 49, 299-308.
- 中嶋 健・檀原 徹・岩野英樹・山下 透・佐脇貫幸・渡辺真人・中西 敏・三石裕之・山科起行・今堀誠一(2016) U-Pb及びFT年代測定による富山県八尾地域の第三系層序の再検討. 日本地質学会第123年学術大会講演要旨, 81.
- Ogasawara, K. (1976) Miocene mollusca from Ishikawa-Toyama area, Japan. *Sci. Repts. Tohoku Univ., Second Ser. (Geol.)*, 38, 1-161.
- Ogasawara, K., Ijima, S. and Kaseno, Y. (1989) Miocene molluscs from the Tengu-yama Formation, Toyama Prefecture, Hokuriku District, Japan. *Sci. Rep. Kanazawa Univ.*, 34, 67-93.
- 小笠原憲四郎・増田孝一郎(1989) 東北地方新第三系貝類化石の古水深指標とその適用. 地質学論集, no. 32, 217-227.
- Okada, H. and Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). *Marine Micropaleontol.*, 5, 321-325.
- Onishi, I. (1978) Pliocene and Pleistocene pollen stratigraphy in central and southwestern Japan. *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser. Geol. Mineral.*, 45, 1-54.
- 陰地章仁(2004) 石川県金沢市南部小立野～上辰巳地域における地質学的研究. 日本海域研究, no. 35, 65-108.
- 佐々木 理・小笠原憲四郎(1986) 北陸地方石川, 富山県境付近の中新統砂子坂層産潮間帯性貝類化石群. 国立科博専報, no. 19, 79-90.
- 佐藤時幸・馬場 敬・大口健志・高山俊昭(1991) 日本海側における海成下部中新統の発見と東北日本の台島期-西黒沢期における環境変動. 石油技誌, 56, 263-279.
- 高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗・佐藤時幸・亀尾浩司(1988) 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序 その2: 北陸堆積盆地. 石油技誌, 53, 9-27.
- 田中謙一(1970) 金沢周辺の大桑砂岩層(鮮新統)基底の不整合について. 地質雑, 76, 115-130.
- 手塚翔太・山田敏弘(2016) 石川県金沢市に分布する中新統犀川層の花粉末化石群集. 日本古生物学会2016年年会・総会予稿集, 53.
- Tokunaga S. (1903) On the fossil echinoids of Japan. *Jour. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo, Japan*, 17, 1-27.
- 塚脇真二・大河原正文(1996) 模式地における大桑層と犀川層との不整合について—“めがね橋”跡ボーリング試料の解析から—. 北陸地質研究所報告, no. 5, 187-209.
- 塚脇真二・陰地章仁(2008) 石川県金沢市ならびにその周辺地域の上部新生界層序. 日本海域研究, no. 39, 17-30.
- 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.
- Yabe, H. (1920) Occurrence of *Pleurotoma (Antiplanes) perversa* GABB. in the Tertiary and later deposits of Japan. *Jour. Geol. Soc. Tokyo*, 27, 77-81.
- Yamada, M. and Yamada, T. (2014) *Pinus fujiii* (Yasui) Miki from the Middle Miocene Saikawa Formation in Kanazawa, Ishikawa Prefecture, Japan. *Jour. Phytogeogr. Taxon.*, 62, 29-31.
- Yamada, T., Yamada, M. and Tsukagoshi, M. (2014) Fossil records of subsection *Pinus* (genus *Pinus*, Pinaceae) from the Cenozoic in Japan. *Jour. Plant Res.*, 127, 193-208.
- 山本裕雄・小沢広和(1996) 金沢市周辺の大桑層下部の石灰質ナンノ化石と地質年代. 北陸地質研究所報告, no. 5, 167-185.
- 山野井 徹・新戸部 隆(1970) 魚沼層群の花粉末層序学的研究—そのII. 十日町市西部地域—. 第四紀研究, 9, 53-64.
- 柳沢幸夫(1996) 水深指標としての珪藻群集. 堆積学研究, no. 43, 59-67.
- 柳沢幸夫(1999a) 金沢市南部に分布する中新統の珪藻化石層序. 地調月報, 50, 49-65.
- 柳沢幸夫(1999b) 富山・石川県境の医王山地域に分布する中新統の珪藻化石層序. 地調月報, 50, 67-81.
- 柳沢幸夫(1999c) 富山県八尾地域の下部—中部中新統の珪藻化石層序. 地調月報, 50, 139-165.
- 柳沢幸夫(1999d) 能登半島珠洲地域の中新統の珪藻化石層序. 地調月報, 50, 167-213.
- 柳沢幸夫(2003) 栃木県烏山地域に分布する中新統荒川層群上部の珪藻化石—その2. 古水深変化—. 地質調査研究報告, 54, 15-27.
- 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. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 104, 395-414.
- 柳沢幸夫・工藤 崇(2011) 5万分の1地質図幅「加茂」

金沢市南部に分布する中新統“犀川層”の層序学的再検討（山田ほか）

地域(新潟県)の新第三系及び第四系の珪藻化石層序資料. 産総研地質調査総合センター研究資料集, no. 537, 1-59.

Yokoyama, M. (1927) Fossil mollusca from Kaga. *Jour. Fac. Sci. Imp. Univ. Tokyo*, **2**, 165-182.

吉川敏之・鹿野和彦・柳沢幸夫・駒澤正夫・上嶋正人・木川栄一(2002) 珠洲岬, 能登飯田及び宝立山地

域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 76p.

Yoshiwara, S. (1899) On some new fossil echinoids of Japan. *Jour. Geol. Soc. Tokyo*, **6**, 1-4.

(受 付 : 2017年4月11日 ; 受 理 : 2017年10月11日)

図版1 山科セクションの犀川層(地点Ys003)から産出した軟体動物化石(1-10)及び犀川セクションの小寺山層(地点Sg004)から産出した植物化石(11, 12)。スケールバーは1 cm。犀川層産の軟体動物化石(1-10)の標本は地質調査総合センターの地質標本館に収蔵されている。[]内は地質標本館での登録番号を示す。

Plate 1 Molluscan fossils (1-10) from the outcrop Ys003 of the Saikawa Formation in Yamashina stratigraphic section and a plant fossil (11, 12) from the outcrop Sg004 of the Koderayama Formation in Saikawa stratigraphic section. Scale bars = 1 cm. Specimens of molluscan fossils from the Saikawa Formation (1-10) are saved in the repository of the Geological Museum of the Geological Survey of Japan, AIST. Code number in parentheses indicates a registration number of Geological Museum for each specimen.

1: *Ennucula praenipponica* Kamada [GSJ F18312]

2: *Anadara* sp. [GSJ F18313]

3: *Saccella* sp. [GSJ F18314]

4: *Mizuhopecten kimurai kagaensis* Ogasawara, right valve. [GSJ F18315]

5: *Mizuhopecten kimurai kagaensis* Ogasawara, left valve. [GSJ F18316]

6: *Cultellus izumoensis* Yokoyama [GSJ F18317]

7: *Mya cuneiformis* (Böhm) [GSJ F18318]

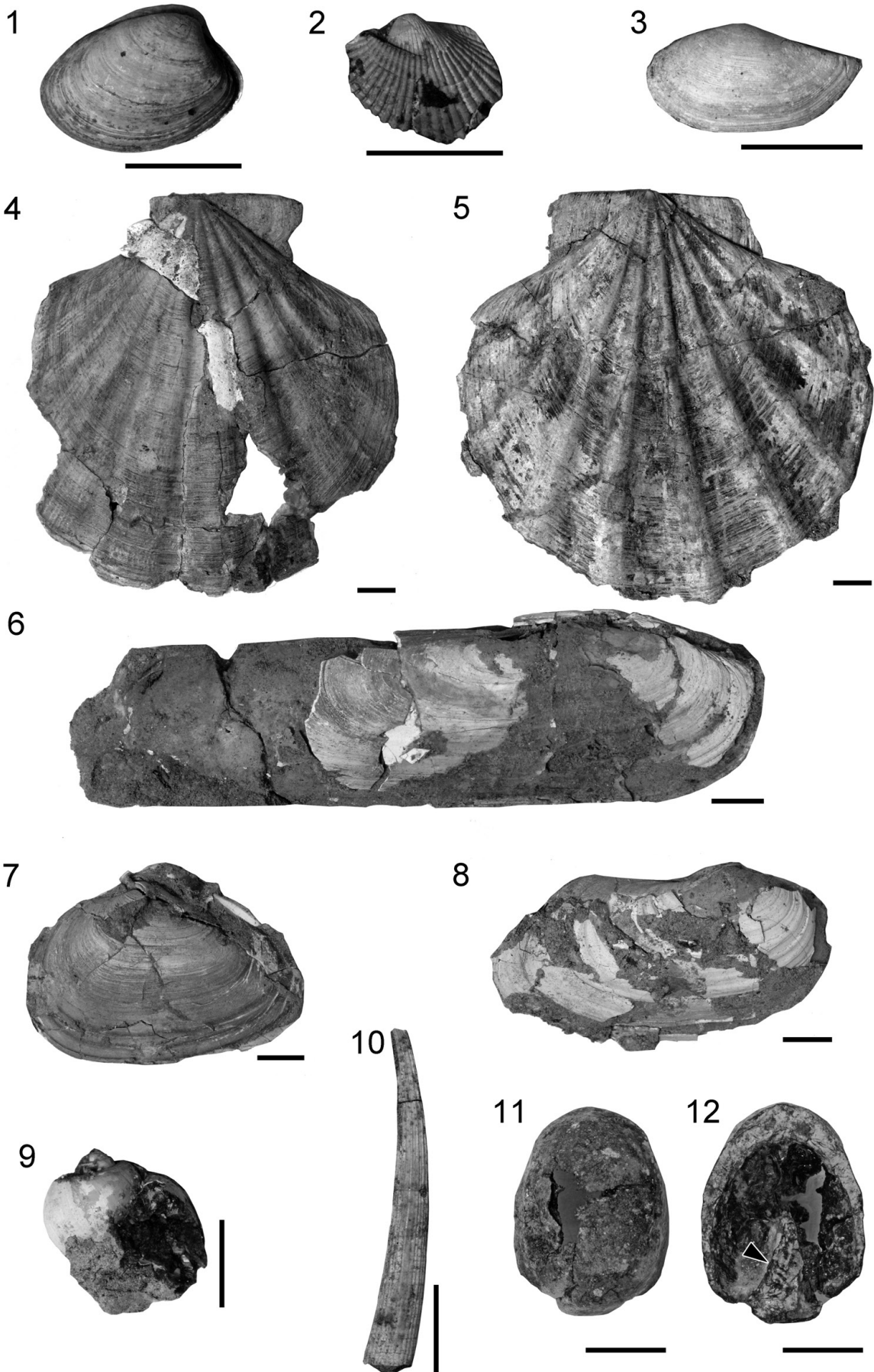
8: *Panope* cf. *nomurae* Kamada [GSJ F18319]

9: *Neverita kiritaniana* (Yokoyama) [GSJ F18320]

10: *Dentalium yokoyamai* Makiyama [GSJ F18321]

11: *Carya* sp. Outer face of valve.

12: *Carya* sp. Inner face of valve. Arrow indicates secondary septum.



図版2 山科層及び犀川層から産出した珪藻化石。 []内は試料番号を示す。

Plate 2 Diatom fossils from the Yamashina and Saikawa formations. Number in parentheses indicates sample number. (Scale bars A and B are for figs. 1–46 and 47–56, respectively.)

1, 2: *Denticulopsis praelauta* Akiba et Koizumi [1: NKR2-2, 2: NKR2-3]

3: *Denticulopsis ichikawae* Yanagisawa et Akiba [Sg017B]

4–9: *Denticulopsis lauta* (Bailey) Simonsen [4: NKR2-2, 5: NKR2-7, 6: Nk004, 7: Ys006, 8: Sg017A, 9: Nk004]

10–13: *Denticulopsis ichikawae* Yanagisawa et Akiba [10: Sg017L, 11: Sg017K, 12: Sg014D, 13: Sg017M]

14: *Denticulopsis lauta* (Bailey) Simonsen [NKR2-23]

15–32: *Denticulopsis okunoi* Yanagisawa et Akiba [15: Ys008, 16: NKR2-26, 17: NKR2-25, 18: Ys007, 19: Ys006, 20: NKR2-28, 21: NKR2-11, 22: Ys006, 23: NKR2-25, 24: NKR2-23, 25: NKR2-19, 26, 27: Ys006, 28: NKR2-23, 29: NKR2-27, 30: NKR2-23, 31: Ys006, 32: Ys009]

33: Initial valve of *Denticulopsis lauta* (Bailey) Simonsen or *D. ichikawae* Yanagisawa et Akiba [Sg014D]

34–36: *Nitzschia challnegeri* Schrader [34: NKR2-3, 35: Sg013C, 36: NK004]

37–40: *Nitzschia maleinterpretaria* Schrader [37, 38, 40: Nk004, 39: NKR2-9]

41, 42: *Crucidentacula kanayae* Akiba et Yanagisawa [NKR2-26]

43–47: *Nitzschia* cf. *grunowii* Hasle [43: NKR2-9; 44, 46, 47: Nk004, 45: Kb003]

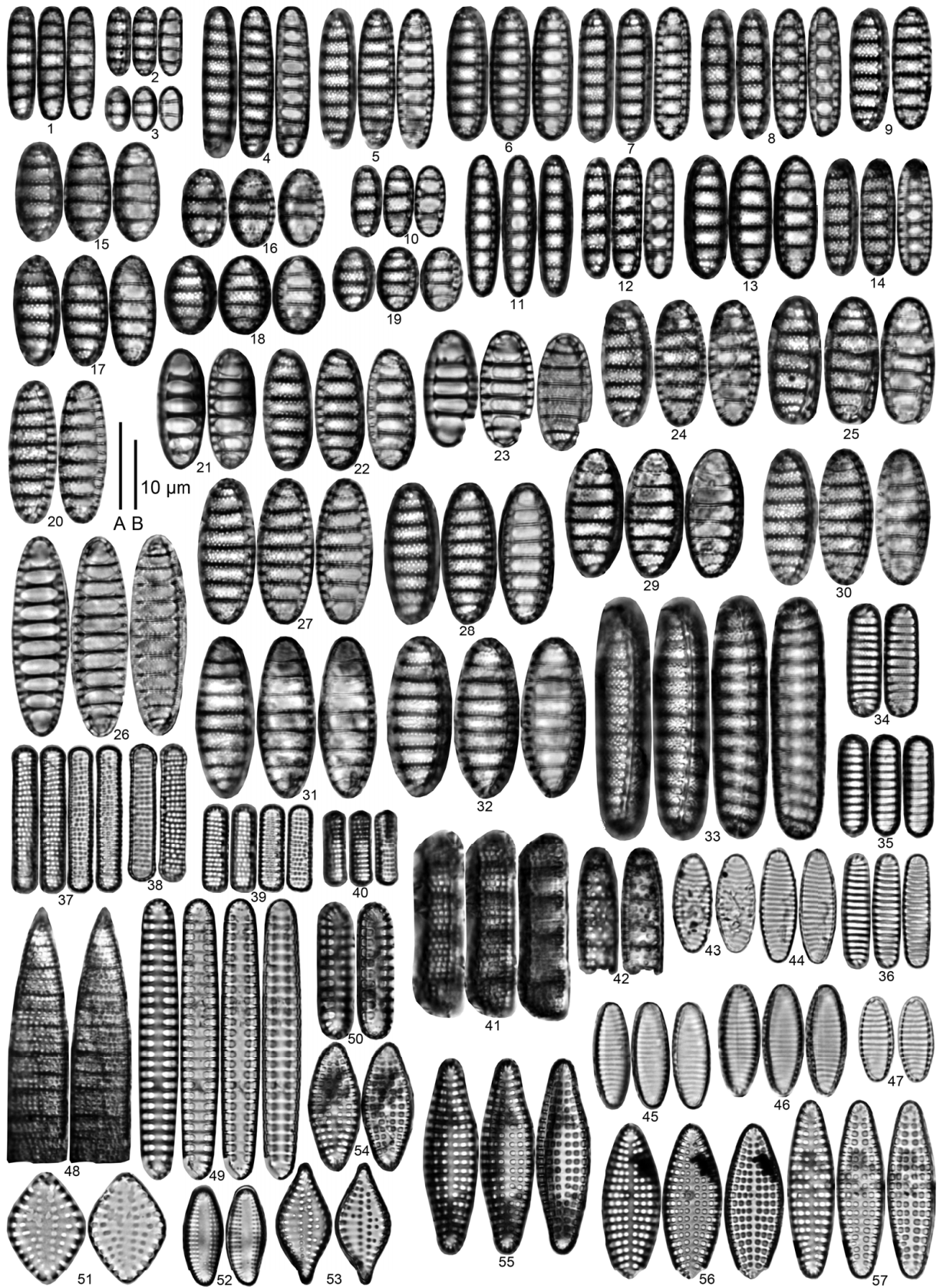
48: *Denticula norwegica* Schrader [NKR2-27]

49, 50: *Delphineis angustata* (Pantoscek) G. W. Andrews [49: Sg015B.n, 50: NKR2-9]

51, 53: *Delphineis miocenica* (Schrader) G. W. Andrews [51: Sg015C.n, 53: NKR2-31]

52: *Delphineis surirella* (Ehrenberg) G. W. Andrews [NKR2-9]

54–57: *Delphineis penelliptica* G. W. Andrews [54, 55: NKR2-19, 56: Sg017I, 57: NKR2-11]



図版3 山科層及び犀川層から産出した珪藻化石。 []内は試料番号を示す。

Plate 3 Diatom fossils from the Yamashina and Saikawa formations. Number in parentheses indicates sample number.

1–16: *Cavitatus lanceolatus* Akiba et Hiramatsu [1: Sg017B, 2: Sg017H, 3, 4: Sg015B, 5–7: Sg015C.n, 8: Ys006, 9: NKR2-17, 10: NKR2-27, 11: NKR2-26; 12, 13: Sg015B.n, 14: Sg017E, 15: Sg017B, 16: Ys007]

17, 18: *Cavitatus linearis* (Sheshukova) Akiba et Yanagisawa [17: NKR2-3, 18: Sg014C]

19–21: *Cavitatus jouseanus* (Sheshukova) D. M. Williams [19: Nk004, 20: Ys006, 21: Sg016A]

22, 23: *Cavitatus exiguus* Yanagisawa et Akiba [22: Ag017B, 23: Nk004]

24–28: *Cavitatus lanceolatus* Akiba et Hiramatsu [24: Sg015C.n, 25: Sg017J, 26: NKR2-28, 27: Sg017E, 28: Sg015B]

29: *Neodelphineis pelagica* Takano [NKR2-7]

30: *Cavitatus miocenica* (Schrader) Akiba et Yanagisawa [NK004]

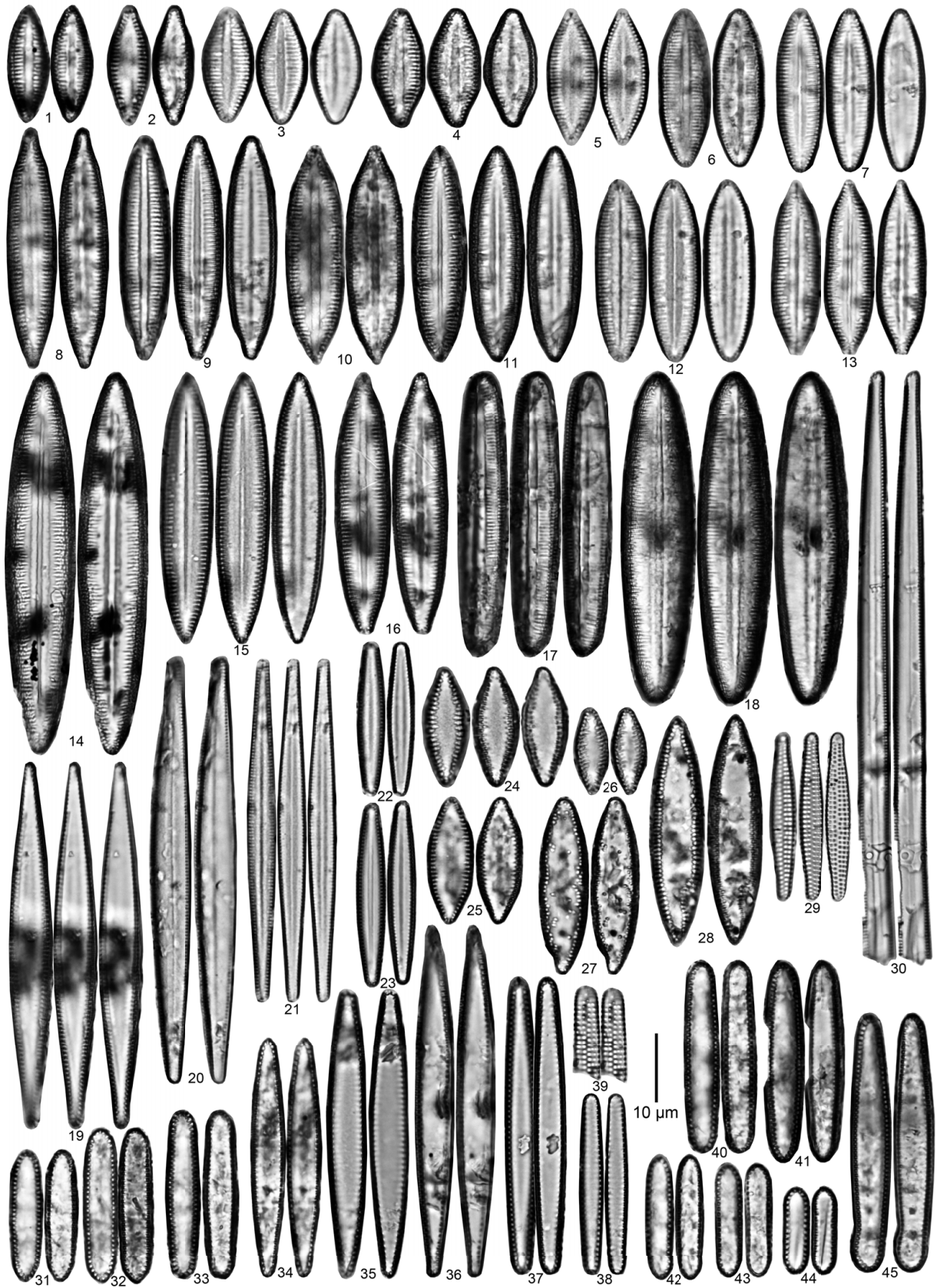
31–33: *Thalassionema* cf. *hirosakiensis* (Kanaya) Schrader [31: Sg017M, 32: NKR2-26, 33: NKR2-16]

34–36: *Thalassionema obtusa* (Grunow) G. W. Andrews [34: Sg017F, 35: Sg017L, 36: Sg013A]

37, 38: *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) H. et M. Peragallo [37: Ys006, 38: Sg013C]

39: *Pseudodimerogramma elliptica* Schrader [NKR2-27]

40–45: *Thalassionema* cf. *hirosakiensis* (Kanaya) Schrader [40: Sg017M, 41: Sg013B, 42: Nk001, 43: Sg017N, 44: Sg015C.n, 45: Sg013A]



図版4 山科層及び犀川層から産出した珪藻化石。 []内は試料番号を示す。

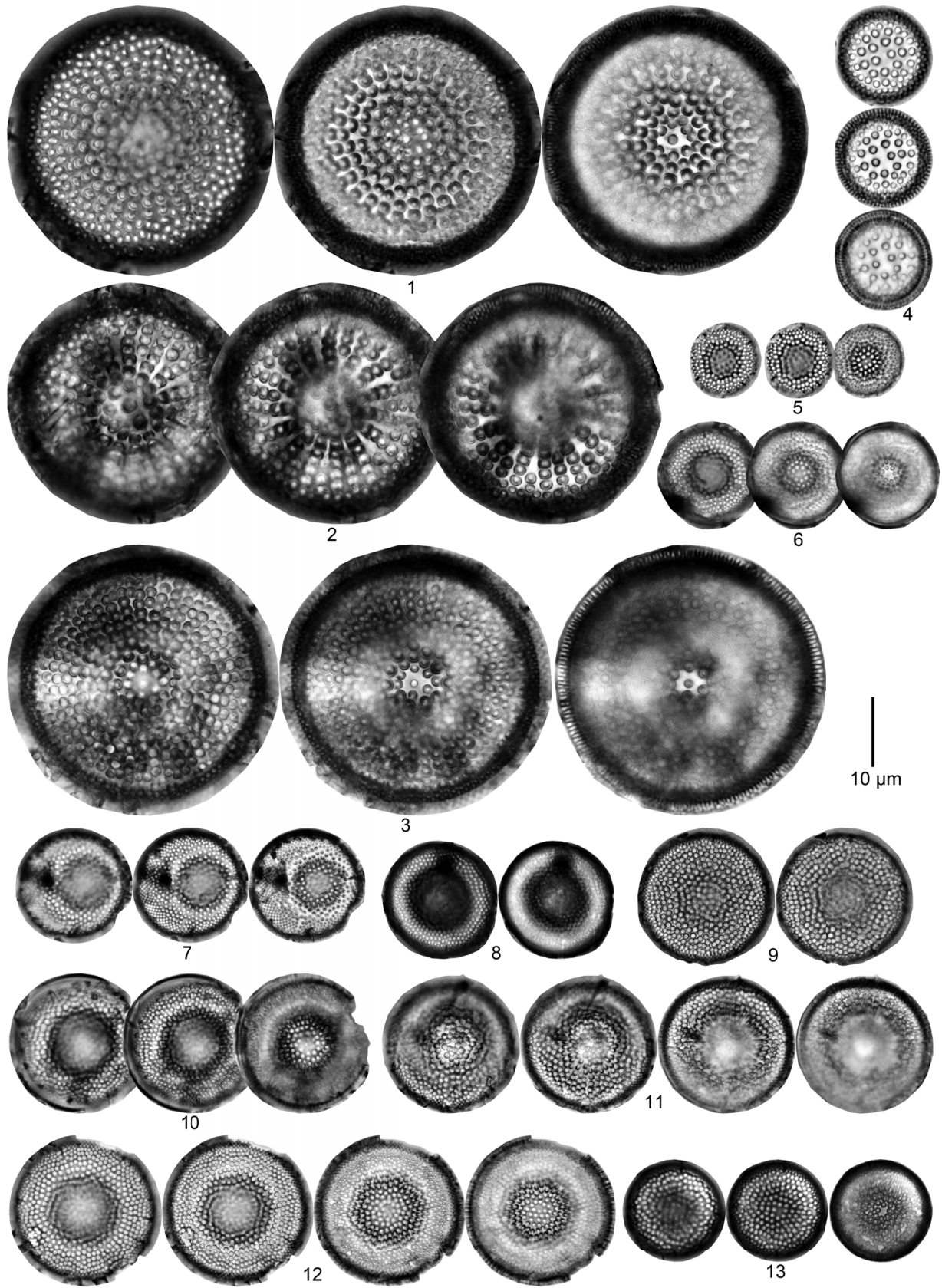
Plate 4 Diatom fossils from the Yamashina and Saikawa formations. Number in parentheses indicates sample number.

1: *Actinocyclus ingens* f. *ingens* (Rattrey) Whiting et Schrader [Nk004]

2, 3: *Actinocyclus ingens* f. *nodus* (Baldauf) Whiting et Schrader [2: NKR2-25, 3: Ys006]

4: *Actinocyclus ingens* f. *planus* Whiting et Schrader [Sg015C.n]

5–13: *Actinocyclus* cf. *kisselevii* Makarova [5: NKR2-14, 6: NKR2-12, 7: NKR2-9, 8: Kb004, 9: Nk004, 10: NKR2-13; 11, 12: Nk004, 13: Sg015B.n]



図版5 山科層及び犀川層から産出した珪藻化石。[]内は試料番号を示す。

Plate 5 Diatom fossils from the Yamashina and Saikawa formations. Number in parentheses indicates sample number.

1, 2: *Azpeitia endoi* (Kanaya) P. A. Sims et G. A. Fryxell [1: NKR2-9, 2: Sg017J]

3, 4: *Azpetia vetustissima* (Pantoscek) P. A. Sims [Nk004]

5: *Azpetia vetustissima* (Pantoscek) P. A. Sims (triangle form) [Sg013C]

6–8: *Coscinodiscus lewisianus* Greville [6, 8: Nk004, 7: NKR2-25]

9: *Coscinodiscus* sp. [Sg017D]

10, 11: *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve [10: Sg017M, 11: NKR2-26]

12–14: *Trochosira spinosa* Kitton [12: Sg017D, 13: Sg015C.n, 14: Nk004]

15: *Melosira scopos* A. Mann [Nk004]

16: *Stellarima microtrias* (Ehrenberg) Hasle et P. A. Sims [Nk004]

17: *Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg [Nk004]

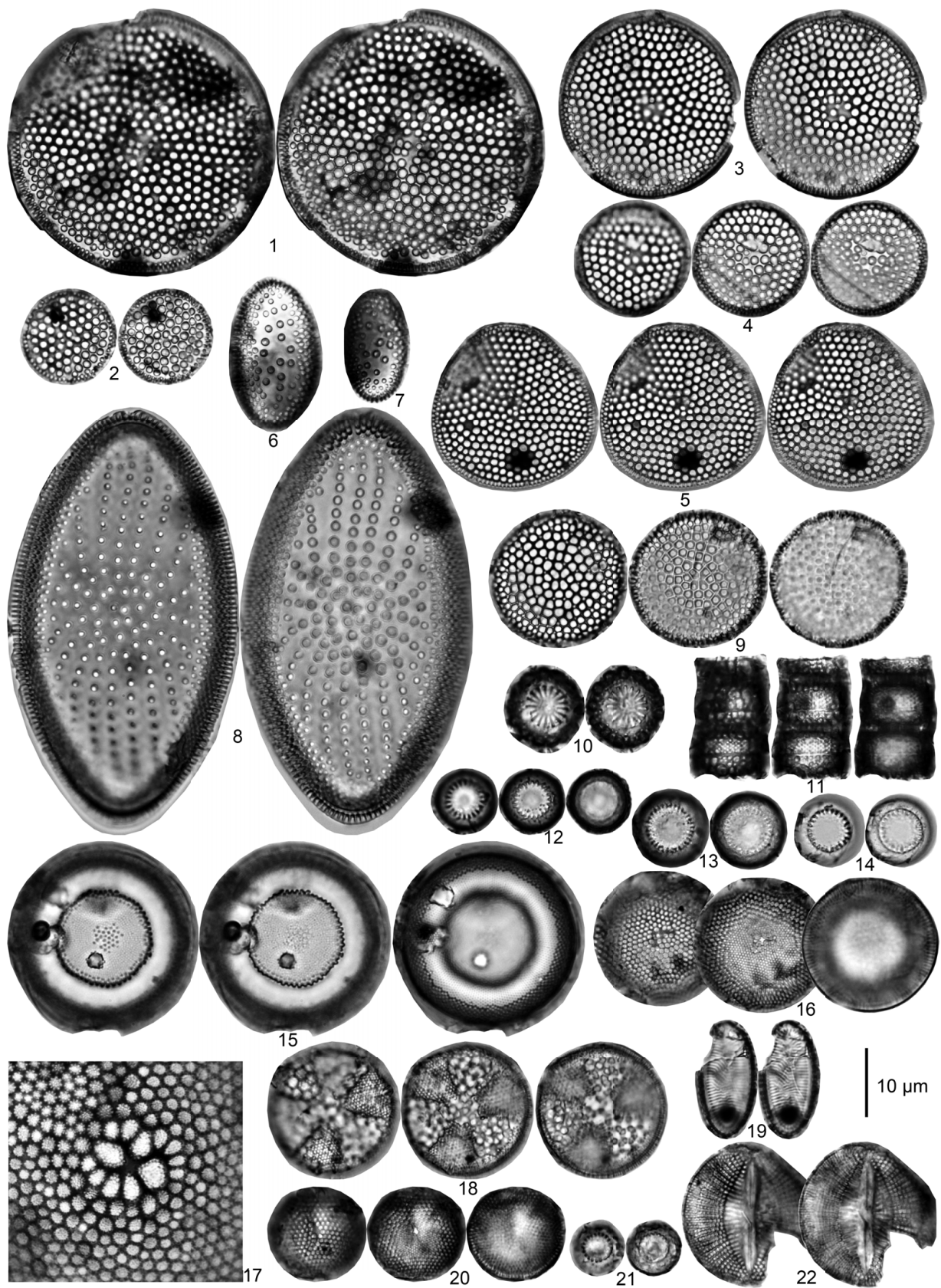
18: *Actinoptychus senarius* (Ehrenberg) Ehrenberg [Sg015C.n]

19: *Paralia* sp. [NKR2-25]

20: *Stellarima microtrias* (Ehrenberg) Hasle et P. A. Sims [Sg017O]

21: *Trochosira spinosa* Kitton [Sg015B]

22: *Raphidodiscus marylandicus* Christian [Nk006]



図版6 山科層及び犀川層から産出した珪藻化石。 []内は試料番号を示す。

Plate 6 Diatom fossils from the Yamashina and Saikawa formations. Number in parentheses indicates sample number.

1, 2: *Thalassiosira mizunamiensis* Yanagisawa [1: Sg015B.n, 2: Sg013B]

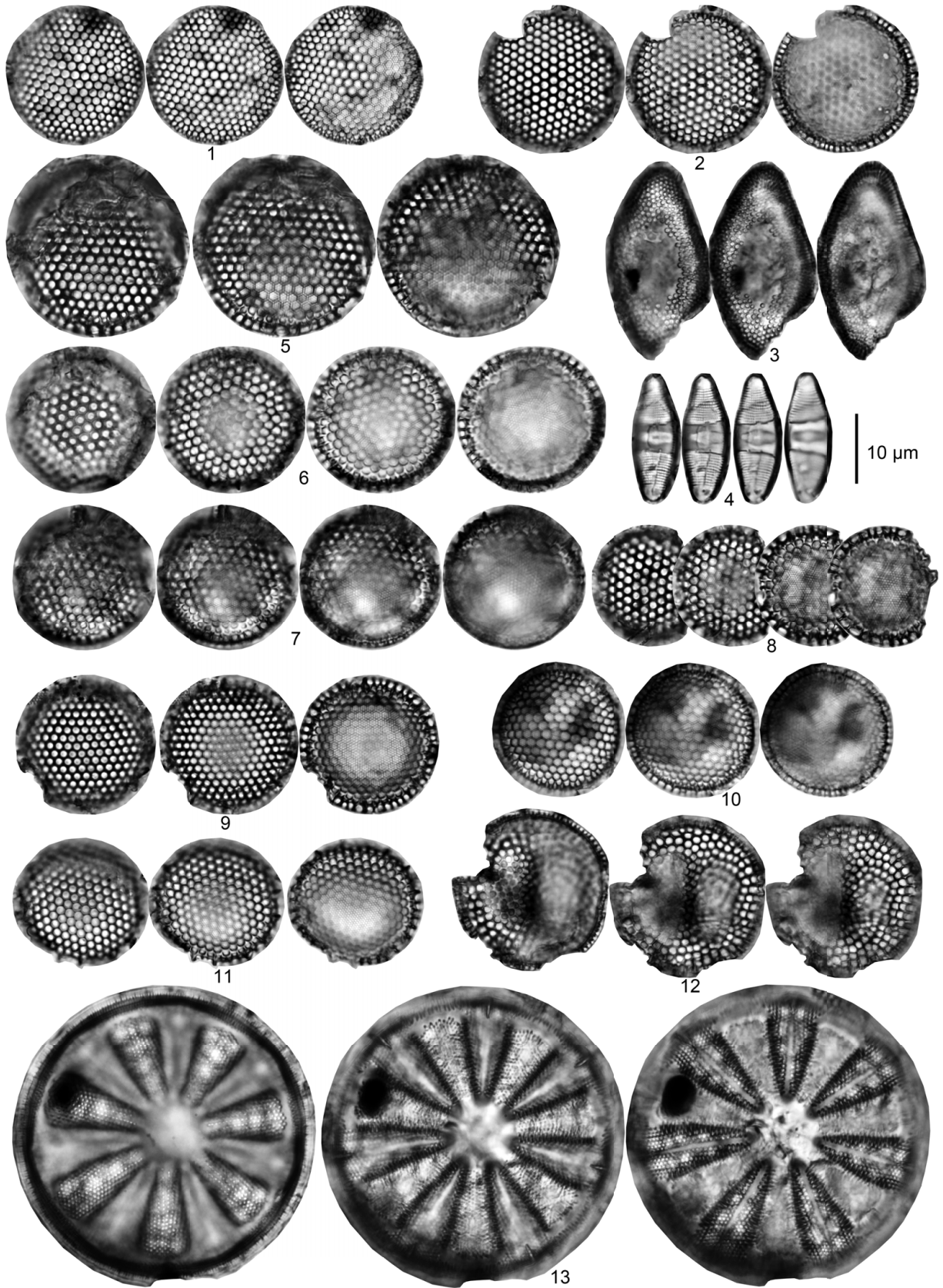
3: *Cestodiscus peplum* Brun [Nk004]

4: *Plagiogramma?* sp. [NKR2-21]

5–11: *Thalassiosira* sp. (Matsushima) [5: NKR2-25, 6: Nk004, 7: Ys006, 8: Sg017N, 9: NKR2-11; 10, 11: Nk004]

12: *Thalassiosira* cf. *grunowii* Akiba et Yanagisawa [Ys006]

13: *Actinoptychus vulgaris* Schumann [NKR2-28]



図版7 山科層及び犀川層から産出した珪藻化石。 []内は試料番号を示す。

Plate 7 Diatom fossils from the Yamashina and Saikawa formations. Number in parentheses indicates sample number.

1: *Goniothecium rogersii* Ehrenberg [NKR2-16]

2, 3: *Rhizosolenia miocenica* Schrader [2: Kb004, 3: Nk006]

4–6: *Aulacoseira* spp. [4, 5: Sg017D, 6: Sg015B]

7: *Mediaria splendida* Sheshukova [NKR2-7]

8, 9: *Cymatosira* cf. *loretziana* Grunow [8: NKR2-16, 9: Nk004]

10: *Rhizosoleina* sp. [NKR2-17]

11: *Rhizosoleina* sp. [NKR2-9]

12: *Anaulus birostratus* (Grunow) Grunow [Nk004]

13: *Rhizosolenia* sp. [Nk004]

14: *Rhaphoneis parilis* Hanna [Sg017N]

15: *Rhaphoneis amphiceros* Ehrenberg [Sg015C.n]

16, 17: *Pyxilla* sp. [16: NKR2-19, 17: NKR2-26]

18, 19: *Proboscia interposita* (Hajós) Jordan et Priddle [18: NKR2-21, 19: NKR2-10]

20: *Diatoma* sp. [As008]

