

金沢市南部地域に分布する中新統の珪藻化石層序

柳沢幸夫*

Yukio YANAGISAWA (1999) Diatom biostratigraphy of the Miocene sequence in the southern Kanazawa area, Ishikawa Prefecture, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 50 (1), p. 49-65., 9 figs., 2 tables.

Abstract: Diatom biostratigraphy is established for the middle Miocene sequence in the southern Kanazawa area, Hokuriku Province, central Japan. Diatom zones of the upper *Crucidentricula kanayae* Zone (NPD 3A), the *Denticulopsis praelauta* Zone (NPD 3B) through the middle *D. lauta* Zone (NPD 4A) are identified with a number of stratigraphically useful diatom biohorizons. The Miocene sequence in this area is composed of the Iozen, Sunagozaka, Nanamagari, Asagaya, Shimoaraya and Saikawa Formations in ascending order. The upper Nanamagari Formation is assigned to the upper *C. kanayae* Zone (NPD 3A). The *Denticulopsis praelauta* Zone (NPD 3B) is represented by a two-meter thick glauconite bed at the base of the Asagaya Formation. The Asagaya and Saikawa Formations are correlated to the lower *D. lauta* Zone (NPD 4A) below the last occurrence (LO) of *Cavitatus lanceolatus*. Useful diatom biohorizons including the first occurrence (FO) of *D. praelauta* (D35, 16.3 Ma), the FO of *D. lauta* (D40, 15.9 Ma) and the LO of *D. praelauta* (D41, 15.7 Ma) are recognized in the lowermost Asagaya Formation, and the FO of *C. lanceolatus* (D41.5, 15.6 Ma), the FO of *Denticulopsis okunoi* (D42, 15.5 Ma) and the LO of *D. okunoi* (D43, 15.4 Ma) are identified in the Saikawa Formation. Correlation of the diatom biostratigraphy to the magnetostratigraphy of Itoh and Ito (1989) is not concordant with Barron and Gladenkov' (1995) magnetobiostratigraphic framework. The glauconite bed at the base of the Asagaya Formation shows a very low sedimentation rate from 16.4 to 15.9 Ma. Biostratigraphic age for the top of the Saikawa Formation is discordant between diatom and calcareous nannofossil biostratigraphies, and thus further detailed lith- and biostratigraphic studies for this formation is requires.

要 旨

金沢市南部地域に分布する中新統の珪藻化石層序学的研究を行い, 高い時間分解能で年代層序を明らかにすることができた。本地域の中新統は下位より, 医王山層, 砂子坂層, 七曲層, 朝ヶ屋層, 下荒屋層および犀川層からなる。七曲層上部は, *Crucidentricula kanayae* 帯(NPD 3A)の上部, 朝ヶ屋層基底の海緑石砂岩層は, *Denticulopsis praelauta* 帯(NPD 3B)に, また, これより上位の朝ヶ屋層主部及び犀川層は *Denticulopsis lauta* 帯(NPD 4A)に対比される。広域対比可能な生層準として, *D. praelauta* の初産出(D35, 16.3 Ma), *D. lauta* の初産出(D40, 15.9Ma), *D. praelauta* の終産出(D41, 15.7 Ma)が朝ヶ屋層最下部に, *Cavitatus lanceolatus* の初産出(D41.5, 15.6 Ma), *Denticulopsis okunoi* の初産出(D42, 15.5 Ma), *D. okunoi* の終産出(D43, 15.4 Ma)が犀川層中に確認された。金沢市南部地域における珪藻化石層序と古地磁気層序の対比は, Barron and Gladenkov (1995)による地磁気生層序とは必ずしも整合的でなく,

再検討の必要を示唆する。*D. praelauta* 帯(16.3-15.9Ma)は, 朝ヶ屋層基底の厚さわずか2 mの海緑石層のみで代表され, この部分は上下の区間に比べ著しく堆積速度が低下しているか, 一部ハイエイタスのある可能性がある。犀川層の上限の年代に関しては, 珪藻と石灰質ナンノ化石による推定では食い違いが大きく, 層序学的な再検討が必要である。

1. はじめに

日本を含む北太平洋における新第三紀珪藻化石層序は, 近年急速に進歩し, 地層の広域対比や年代推定的手段として重要な役割を果たしてきた(Koizumi, 1985; Akiba, 1986など)。最近では, Barron and Gladenkov (1995)によって, 従来対応が不確かであった前期及び中期中新世の古地磁気層序と珪藻層序の直接対比が完成し, 年代決定の精度も向上した。さらに, Yanagisawa

Keywords: diatom, sedimentary rocks, glauconite, biostratigraphy, biochronology, magnetostratigraphy, Kanazawa, Ishikawa Prefecture, Hokuriku, Japan, Neogene, Miocene

*地質標本館 (Geological Museum, GSJ)

and Akiba (1998) は、生層序上有用な多数の生層準を見だし、中新世においても20-30万年オーダーの精度での対比を可能とする新たに珪藻化石層序を提案した。これによって、中新世の相対的海水準変動や、これに関連した古気候変化・構造運動についても新たな観点から考察する道が開けてきた。

本論文をはじめ、今後公表する一連の論文(柳沢, 1999 a,b,c)では、この精度の高い珪藻化石層序を用いて、北陸地域の中新統の精密な年代層序学的枠組みを構築し、中新世における詳細な地史を明らかにするための基礎的データを提供する。この論文では、その第1報として、石川県金沢市南部地域に分布する中新統の珪藻化石層序について報告する。

金沢市南部の中新統は、すでにその詳細な層序が確立され(今井, 1959; 杉本ほか, 1980; 杉本, 1981, 1983など)、それを基に軟体動物化石(大村, 1968; Ogasawara, 1976; 佐々木・小笠原, 1986; 斎藤, 1988)、花粉化石(藤・掘, 1989; 山野井, 1992)、古地磁気層序(Itoh and Ito, 1989)など、さまざまな分野の研究が行われており、北陸地域の層序と地質構造発達史・古環境の変遷を明らかにする上で重要なデータを提供している。その中で、珪藻化石層序に関しては、すでに伊東(1986)による研究があるが、今回の研究では、上述のような最新の珪藻化石層序学の成果を取り入れて、より精密な珪藻化石層序を確立できた。

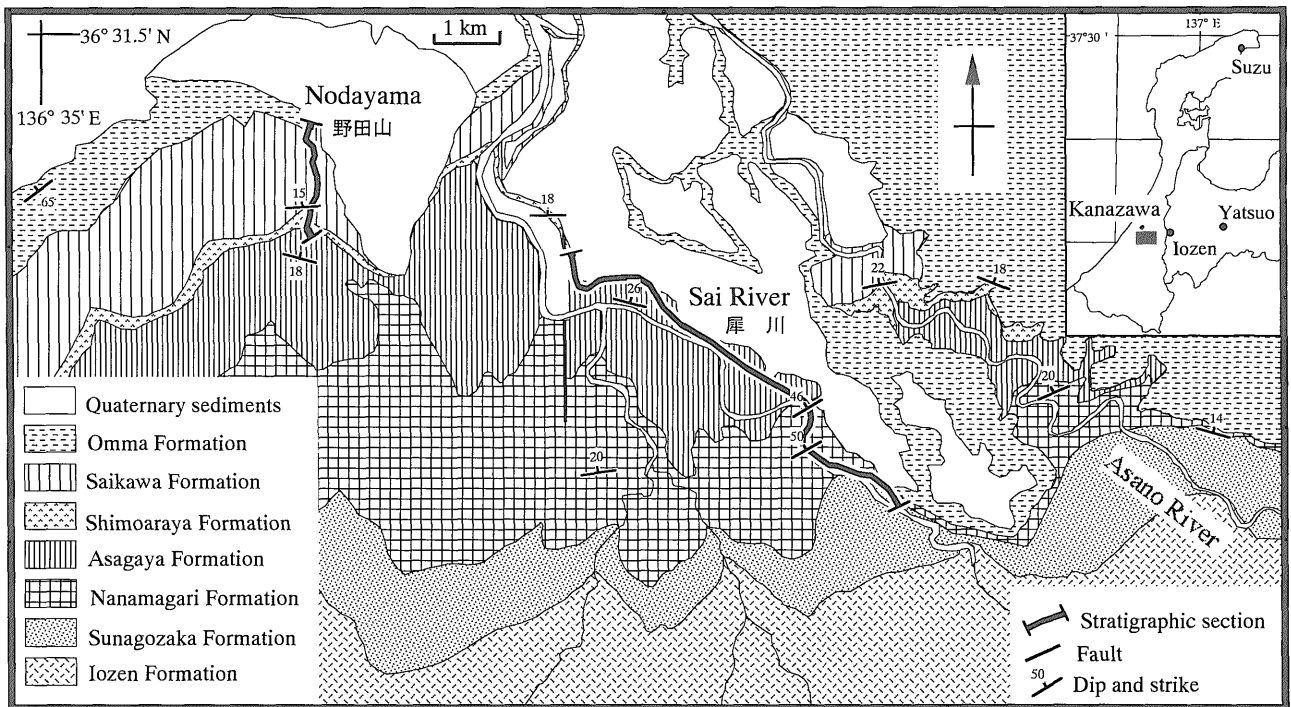
2. 層 序

金沢市南部地域の浅野川・犀川・伏見川流域には新第三系及び更新統が分布する(第1図)。この地域の新第三系の層序と構造についてはこれまでに多くの研究がなされてきた(今井, 1959; 鮎野, 1977, 1993; 鮎野・山田, 1988; 佐々木・小笠原, 1986など)。ここでは、中新統の層序について最も詳細な記載を行っている杉本の一連の研究(杉本ほか, 1980; 杉本, 1981, 1983; 杉本・平林, 1982; 杉本・馬淵, 1982)で確立された層序区分にほぼ従う。なお、ここで使用している地層については、そのうちの幾つかを部層として扱っている地層区分もあるが、医王山地域の珪藻化石層序(柳沢, 1999a)と対比する上での混乱を避けるため、すべてを層(Formation)に格上げして扱う。

金沢市南部の中新統は、下位より医王山層、^{すなござか}砂子坂層、七曲層、朝ヶ屋層、下荒屋層、犀川層からなり、更新統の大桑層及び卯辰山層に不整合に覆われる(第2図)。

医王山層は流紋岩火砕岩及び溶岩を主体とする地層である。この上位の砂子坂層は、砂岩・泥岩及び凝灰岩からなる海進期の堆積物で、杉本ほか(1980)及び杉本(1981)によれば、中部に挟在する白色珪長質凝灰岩(ST-1)を境として、下部層及び上部層に分けられる。大型有孔虫の *Operculina* 及び八尾動物群に対比される貝類化石群が産出する(佐々木・小笠原, 1986)。

七曲層は、砂子坂層を整合に覆う凝灰岩を主体とする



第1図 金沢市南部地域の地質図。主に佐々木・小笠原(1986)に基づく。

Fig. 1 Geologic map of the southern Kanazawa area (after Sasaki and Ogasawara, 1986).

Age	Formations	Column	Thickness (m)	Lithology	Remarks
Pleist.	Udatsuyama F. 卯辰山層		150+	Conglomerate, sandstone and mudstone	Unconformity
	Omma F. 大桑層		110-150	Sandstone and mudstone	
Middle Miocene	Saikawa F. 犀川層	Nd 野田山	200	Mudstone	Regression
	Shimoaraya F. 下荒屋層			10-30	
	Asagaya F. 朝ヶ屋層		Sa 犀川	160	
Early Miocene	Nanamagari Formation 七曲層	V		130	Pumice tuff
		IV	Interbedded tuff and mudstone		
		III	Mudstone Tuff and sandstone		
Early Miocene	Sunagozaka Formation 砂子坂層	II	90	Basalt pyroclastic rocks	Kurokabe Basalt
		I		Lapilli tuff and tuff breccia	
		U		Sandstone and mudstone	
Early Miocene	Iozen F. 医王山層	ST-1	1000+	Felsic tuff	Operculina Yatsuo Fauna
		L		Sandstone	

第2図 金沢市南部地域中新統の層序。Nd：野田山セクション；Sa：犀川セクション。

Fig. 2 Stratigraphy of the Neogene sequence in the southern Kanazawa area. Nd: Nodayama section; Sa: Sai River section.

地層で、杉本・平林 (1982)、杉本・馬淵 (1982) 及び杉本 (1983) によれば、下位より I-V の5部層に分けられる。凝灰岩の多くは流紋岩またはデイサイト質であるが、II部層中には、「黒壁玄武岩」(今井, 1959) または「黒壁火砕岩」(杉本・馬淵, 1982) と呼ばれる玄武岩火砕岩からなる岩相が挟まれている。この岩相は、南部の平沢川地域で厚く発達する(杉本・馬淵, 1982; 酒寄ほか, 1998)。

朝ヶ屋層は主として泥岩からなる地層であるが、下位の七曲層のV部層直上には厚さ約2mの海緑石濃集層が発達する。この海緑石濃集層は、「暗緑色-暗灰色の中粒砂岩-細礫質砂岩」(杉本・平林, 1982)、または「暗緑色中粒砂岩」(杉本・馬淵, 1982; 杉本, 1983) とされてきた岩相であるが、これまで海緑石の濃集については記載がなかった。この海緑石層は、杉本・平林 (1982) 及び杉本・馬淵 (1982) では七曲層の最上部に含められてい

たが、その後杉本 (1983) により朝ヶ屋層の最下部に位置づけられた。朝ヶ屋層は、犀川沿いでは下位の七曲層との間に構造的な差はないが、杉本・馬淵 (1982) は、金沢市南部の山川町北方から別所町地域では、朝ヶ屋層の基底が七曲層のより下位の部層を次々と覆うことから、七曲層と朝ヶ屋層の関係は不整合であり、さらにこの不整合は地殻変動によるものと考え、これを“朝ヶ屋変動”と呼んだ。

下荒屋層は、朝ヶ屋層を整合に覆い、凝灰岩及び斜交層理の発達した凝灰質砂岩からなる。杉本 (1998) によれば、本層の基底には巣穴生痕を伴い、一部で浸食がみられる。

犀川層は、下荒屋層を整合に覆う主として泥岩からなる地層であるが、下位の下荒屋層との境界部では砂質泥岩からなる。なお、犀川層は、杉本 (1981, 1983) では、

「高窪層」と呼ばれているが、珪藻化石層序からみて模式地(富山県福光町高窪)の高窪層には対比できない(伊東, 1986)ので, この論文では Ogasawara (1976) 及び佐々木・小笠原 (1986) に従い犀川層と呼ぶ。

3. 試料及び方法

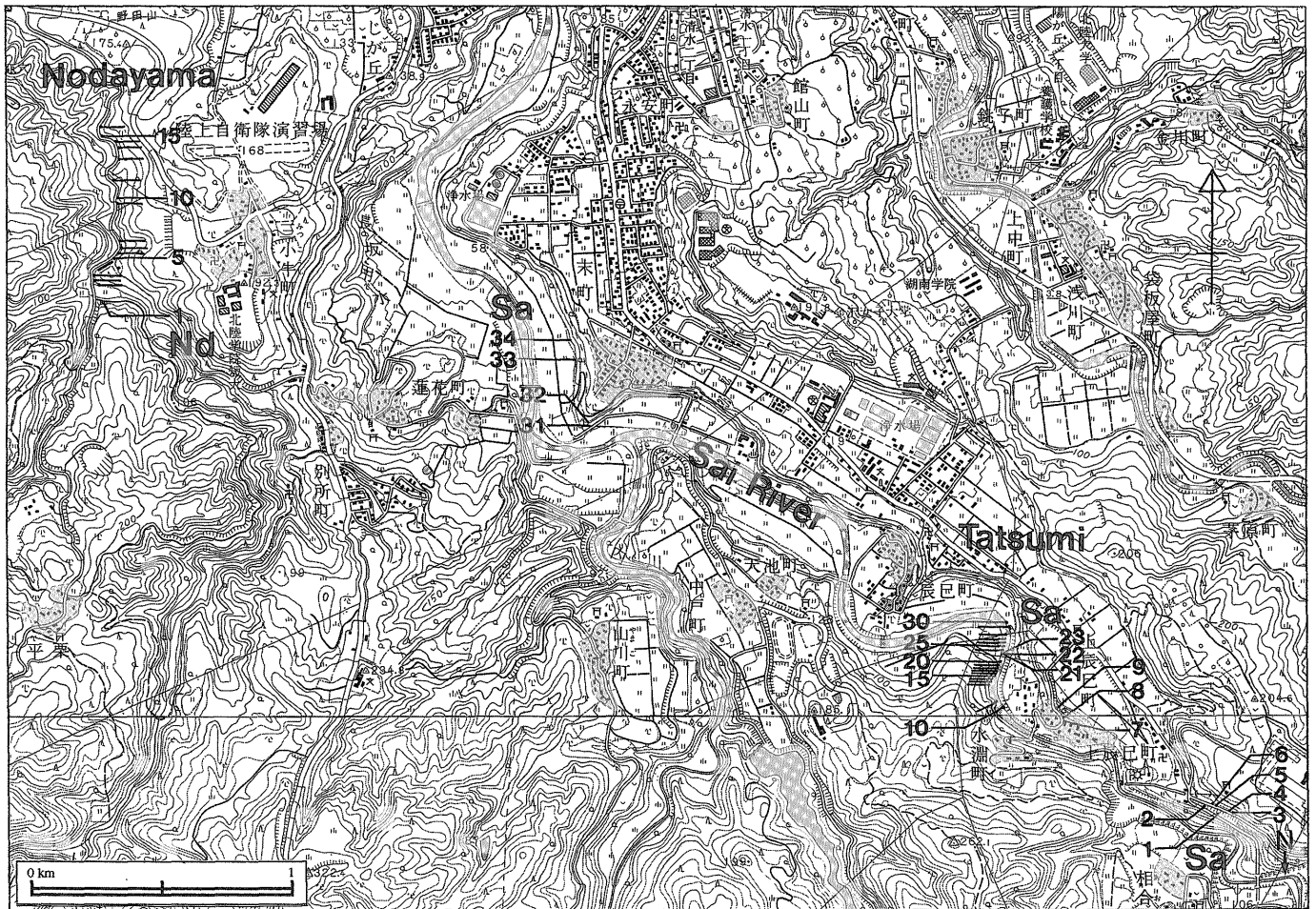
この研究では, 金沢市南部の犀川中流(犀川セクション)と, 伏見川流域の野田山付近(野田山セクション)において, それぞれ34個と16個の試料を採取した(第3図)。

試料の処理は, Akiba (1986) の unprocessed strewn slide の方法で行った。まず乾燥試料を新聞紙でくるみ, ハンマーで砕いた後, 約 1 g を 100cc 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 100cc 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ペットで 0.5cc を取り出し, 18×18mm 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アルコールランプで温めたスライドガラスに貼付する。

珪藻化石の算定は, 生物顕微鏡 600 倍の倍率下で行った。珪藻殻の算定は, *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 になるまで行った。その後, さらにカバーガラスの幅 5 mm の範囲を走査して, その過程で新たに認められた種は present (+) として産出表に記録した。また, 破片としてのみ認められた種も同様に present (+) とした。なお, 休眠胞子については, 上記 100 蓋殻算定時に認められた総数を別途記録した。

珪藻の保存状態は, 殻の破損・溶解の程度や, 頑丈な



第3図 試料採取位置図。国土地理院発行 2万5千分の1地形図「金沢」及び「鶴来」を使用。Nd: 野田山セクション; Sa: 犀川セクション。N: 佐藤ほか (1991) が砂子坂層中部から石灰質ナンノ化石を報告した地点。

Fig. 3 Map showing sample locations. Topographic maps "Kanazawa" and "Tsurugi" at 1: 25,000 in scale by Geographical Survey Institute of Japan. Nd: Nodayama section; Sa: Sai River section; N: Nannofossil locality (Sato et al., 1991).

殻を持つ珪藻の頻度などを総合的に判断して, G (good), M (moderate), P (poor) の3段階に分けて表示した。珪藻殻の産出量の評価は, 広視野光学顕微鏡600倍のもとで, カバーガラス上で100蓋殻に至るまでの走査線の数によって, 次の3段階に分けた。A (abundant) = 走査線1以下, C (common) = 走査線1-3, R (rare) = 走査線3以上。

4. 結果

珪藻化石の産出結果を第1表及び第2表に示す。また各セクションでの主な珪藻種の層序学的分布・生層準 (biohorizon) 及び珪藻化石帯を第4図及び第5図に示す。珪藻化石帯区分は, Akiba (1986) 及び Yanagisawa and Akiba (1998) の北太平洋中-高緯度珪藻化石帯をその NPD コード番号とともに用いる。また, 対比に有用な生層準は, Yanagisawa and Akiba (1998) の D コード番号を使用する。なお, 生層準については, この論文の図では以下のような略号を使う。FO (first occurrence, 初産出), LO (last occurrence, 終産出), FCO (first common occurrence, 初多産出), LCO (last common

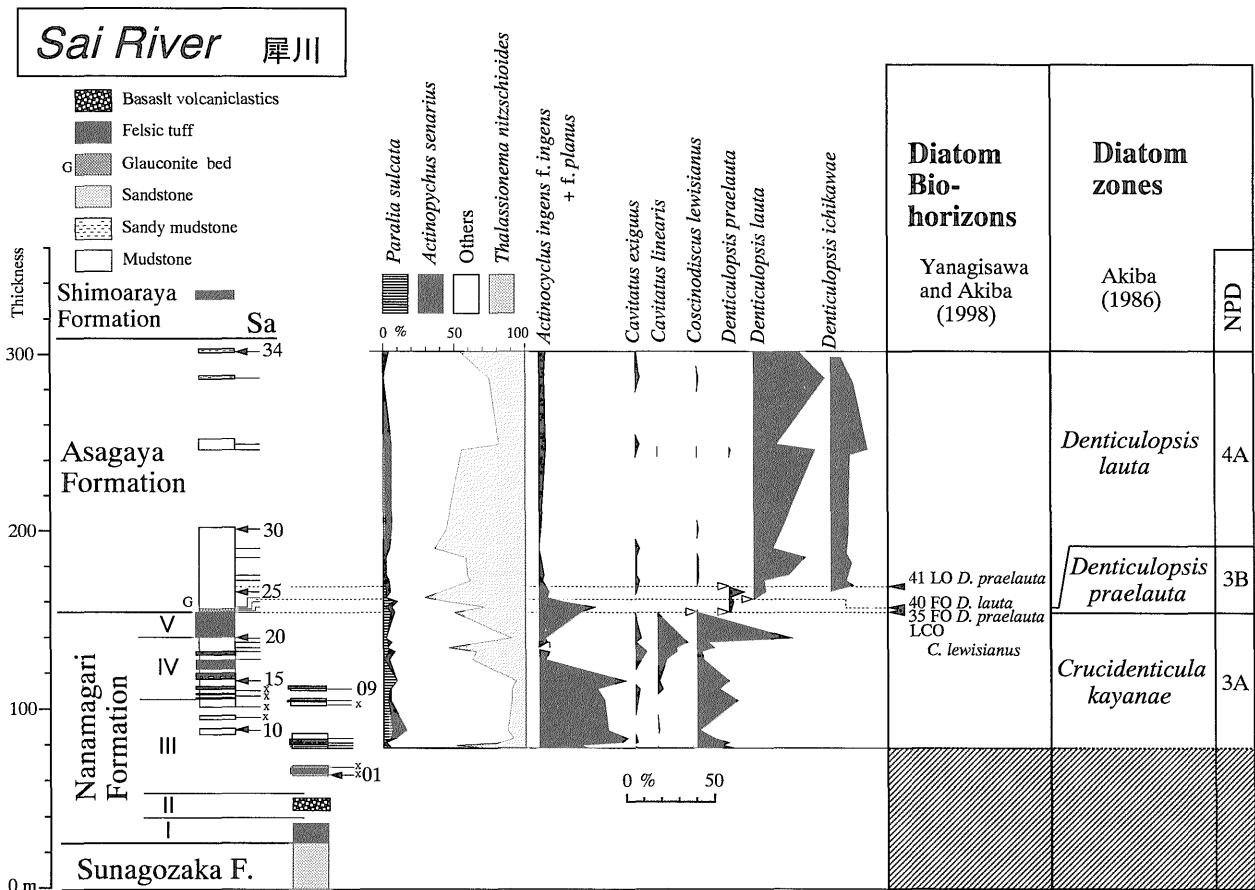
occurrence, 終多産出)。

4.1 犀川セクション

このセクションには, 砂子坂層上部から下荒屋層までの層準が露出する (第4図)。試料は七曲層のIII部層から朝ヶ屋層の最上部にかけて Sa01から34の試料を採取した。このうち27個から珪藻化石が産出した (第1表)。

七曲層では珪藻化石を含まない試料がいくつかあり, 保存状態も全体に不良である。本層から産出した珪藻群集は, *Denticulopsis* 属を欠き, かつ *Actinocyclus ingens* を産することから, *Crucidenticula kanayae* 帯 (NPD 3A) と判定され, さらに *C. kanayae* が産しないことから, *C. kanayae* 帯の上部, すなわち *C. kanayae* の終多産出層準 (D33) よりも上位に位置づけられる (第7図参照)。

朝ヶ屋層の試料はすべての試料から保存のよい珪藻化石が産出した。最下部に発達する厚さ2mの海緑石層から採取した3試料 (Sa21, 22, 23) は, *Denticulopsis praelauta* を含み *D. lauta* を伴わないので, *D. praelauta* 帯 (NPD 3B) と同定される。これより上位の朝ヶ屋層の泥岩層の試料 (Sa24-34) は, すべて *D. lauta* を産し,



第4図 犀川セクションにおける主な珪藻種の層序学的分布・珪藻生層準及び珪藻化石帯。

Fig. 4 Stratigraphic distribution of selected diatom species, diatom biohorizons and diatom zones in the Sai River stratigraphic section.

第1表 犀川セクションにおける珪藻産出表.

Table 1 Occurrence chart of diatom species in the Sai River stratigraphic section.

Preservation, G: good, M: moderate, P: poor; Abundance, A: abundant, C: common, R: rare. +: present.

Formations	Nanamagari Formation													Asagaya Formation														
	Crucidentricula kayanae Zone (NPD 3A)													Glaucanite B. <i>D. praelauta</i>		Denticulopsis lauta Zone (NPD 4A)												
Diatom zones														D35		D40		D41										
Neogene North Pacific Diatom biohorizons (Yanagisawa and Akiba, 1998)																												
Sample number	Sa-	3	4	5	6	10	8	9	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Original sample number	Noto-	808	807	805	806	836	813	812	831	830	829	828	827	826	825	824	823	822	821	820	819	818	817	816	840	839	841	842
Preservation		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	M	M	G	G	G	G	G	G	M	M
Abundance		C	C	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C	R	A	A	C	A	C	A	A	A	A	A
<i>Actinocyclus ingens</i> f. <i>ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader		16	11	29	27	24	25	22	28	-	1	-	-	2	10	23	10	2	5	1	2	1	+	1	3	4	2	2
<i>A. ingens</i> f. <i>planus</i> Whiting et Schrader		12	13	18	23	15	12	11	21	4	5	-	5	2	14	9	3	3	1	1	1	+	+	-	1	+	1	2
<i>A.</i> cf. <i>kisselevii</i> Makarova		5	-	-	2	-	7	3	3	7	4	1	6	1	-	5	3	1	2	6	2	4	+	1	2	1	4	2
<i>Actinopychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg		2	3	2	1	10	2	1	1	4	5	+	3	+	3	5	3	2	3	4	2	4	5	5	1	+	4	
<i>Aulacoseira</i> spp.		-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) Sims et Fryxell		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	3	1	+	-	+	1	+	+	-	+
<i>A. vetustissima</i> (Pantocsek) Sims		-	-	-	-	-	1	-	+	2	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cavitatus exiguus</i> Yanagisawa et Akiba		2	-	2	1	-	2	3	-	4	7	5	1	4	-	-	-	-	1	3	1	1	3	-	2	3	3	1
<i>C. jouseanus</i> (Sheshukova) Williams		1	2	1	2	3	7	1	-	1	2	4	1	-	2	6	5	4	2	5	6	1	2	1	5	3	5	2
<i>C. linearis</i> (Sheshukova) Akiba et Yanagisawa		1	-	-	-	1	-	3	1	5	11	11	17	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Cocconeis californica</i> Grunow		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. scutellum</i> Ehrenberg		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	1	-
<i>Coscinodiscus lewisianus</i> Greville		22	15	18	10	2	23	13	18	4	3	10	7	54	1	-	-	-	-	1	1	1	-	1	+	-	1	-
<i>C. marginatus</i> Ehrenberg		1	1	3	5	4	-	2	2	6	13	8	5	4	5	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>C. perforatus</i> Ehrenberg		2	1	+	5	3	3	2	-	6	4	-	1	3	-	-	-	2	-	1	-	+	-	1	1	+	+	+
<i>Clavícula polymorpha</i> Grunow et Pantocsek		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymatosira</i> cf. <i>loretziana</i> Grunow		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+	-	-	-
<i>Delphineis miocenica</i> (Schrader) Andrews		-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	5	+	-	-	1	4	1	-	1	2	+	-	-
<i>D. penelliptica</i> Andrews		3	2	-	-	-	2	-	-	1	+	-	-	-	-	1	+	-	1	+	1	1	1	+	1	1	+	2
<i>Denticulopsis ichikawae</i> Yanagisawa et Akiba		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	4	8	4	6	6	12	7	4
<i>D. lauta</i> (Bailey) Simonsen		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	6	10	9	19	5	10	7	20	21	18
<i>D. praelauta</i> Akiba et Koizumi		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	1	9	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Girdle view of <i>D. lauta</i> group		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	+	16	16	14	11	10	11	24	25	10
<i>Eucampia</i> sp. A (= <i>Hemiaulus polymorphus</i>)		-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	+
<i>Goniothecium odontella</i> Ehrenberg		-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Grammatophora</i> spp.		-	-	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova		-	-	1	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Kisseleviella carina</i> Sheshukova		-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Mediaria magana</i> Yanagisawa		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>M. splendida</i> Sheshukova		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	-	1	1	-	-	+	-	+	
<i>Melosira scopos</i> Mann		-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>M. sol</i> (Ehrenberg) Kützing		-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Nitzschia challengerii</i> Schrader		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	1	+	1	+	2	1	1	2
<i>N. cf. grunowii</i> Hasle		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh		-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve		3	1	-	5	6	3	4	9	-	3	3	3	2	5	1	7	-	2	-	-	-	-	1	1	-	+	-
<i>Planifolia tribranchiata</i> Emissee		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundstöm		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. interposita</i> (Hajós) Jordan et Priddle		-	-	1	1	2	-	4	1	1	1	-	1	-	1	3	1	1	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Pseudodimerogramma elliptica</i> Schrader		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	2	-	1	+	+	1	1	3	+	+
<i>Raphidodiscus marylandicus</i> Christian		-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Rhaphoneis amphiceros</i> Ehrenberg		-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>R. scalaris</i> Ehrenberg		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Rhizosolenia miocenica</i> Schrader		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>R. styliformis</i> Brightwell		-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-
<i>Rouxia naviculoides</i> Schrader		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	2	2	1	+	1	1	1	1
<i>Stellarima microtrias</i> (Ehrenberg) Hasle et Sims		-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	+	1	-	1	+	1	+	1	-
<i>Stephanopyxis</i> spp.		2	1	6	4	15	2	11	7	6	4	4	15	2	4	4	2	2	1	-	+	+	2	1	1	+	2	-
<i>Thalassionema</i> cf. <i>hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader		-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+	-	1	-	+	-	-	-
<i>T. nitzschiioides</i> (Grunow) H. et M. Peragallo		28	49	19	9	13	10	10	7	38	35	54	32	10	50	29	55	71	60	39	41	42	64	56	45	19	26	46
<i>T. obtusa</i> (Grunow) Andrews		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Thalassiosira</i> cf. <i>leptopus</i> (Grunow) Hasle et Fryxell		-	1	-	-	-	-	4	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>T. mizunamiensis</i> Yanagisawa		-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	1	-	-	+	+	+	2
<i>T.</i> sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	2	-	-
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow		-	-	-	+	-	-	+	+	1	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+
<i>Trochosira spinosa</i> Kitton		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total number of valves counted		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Resting spore of <i>Chaetoceros</i>		21	25	27	30	12	38	93	33	50	22	18	13	11	9	13	12	5	8	4	4	5	9	8	15	8	8	13

D. hyalina を含まないので、*D. lauta* 帯 (NPD 4A) であると判定される。広域に対比可能な生層準として、*D. praelauta* の初産出 (D35)、*D. lauta* の初産出 (D40) 及び *D. praelauta* の終産出 (D41) の各生層準が、朝ヶ屋層最下部に認められる。

七曲層の試料では、暖流系珪藻である *Coscinodiscus lewisianus* が、平均して20%程度の頻度で多産するのが特徴である。とくに試料 Sa 20では、その頻度は54%に達し、群集全体の50%を越える。しかし、*C. lewisianus* は、上位の朝ヶ屋層の基底の Sa21では急減し、これより上位では稀産するのみである。このように試料 Sa20と Sa21の間に認められる *C. lewisianus* の終多産出層準 (LCO) は、極めて明瞭である。この生層準は、八尾地域の東別所層や能登半島珠洲地域の法住寺珪藻質泥岩層でも認められ (柳沢, 1999b, c), 少なくとも北陸地域では、有用な地域的対比基準となりうる。*C. lewisianus* の終多産出層準は、犀川セクションでは *D. praelauta* の初産出層準と一致しているが、東別所層や法住寺珪藻質泥岩層では一致せず、*D. praelauta* の初産出層準よりも下位にあって、堆積速度曲線から16.4Ma 前後の年代が推定される (柳沢, 1999b, c)。

なお、*C. lewisianus* ほど明瞭ではないが、*Cavitatus*

linearis と *C. exiguus* も類似した産出パターンを示す (第4図)。

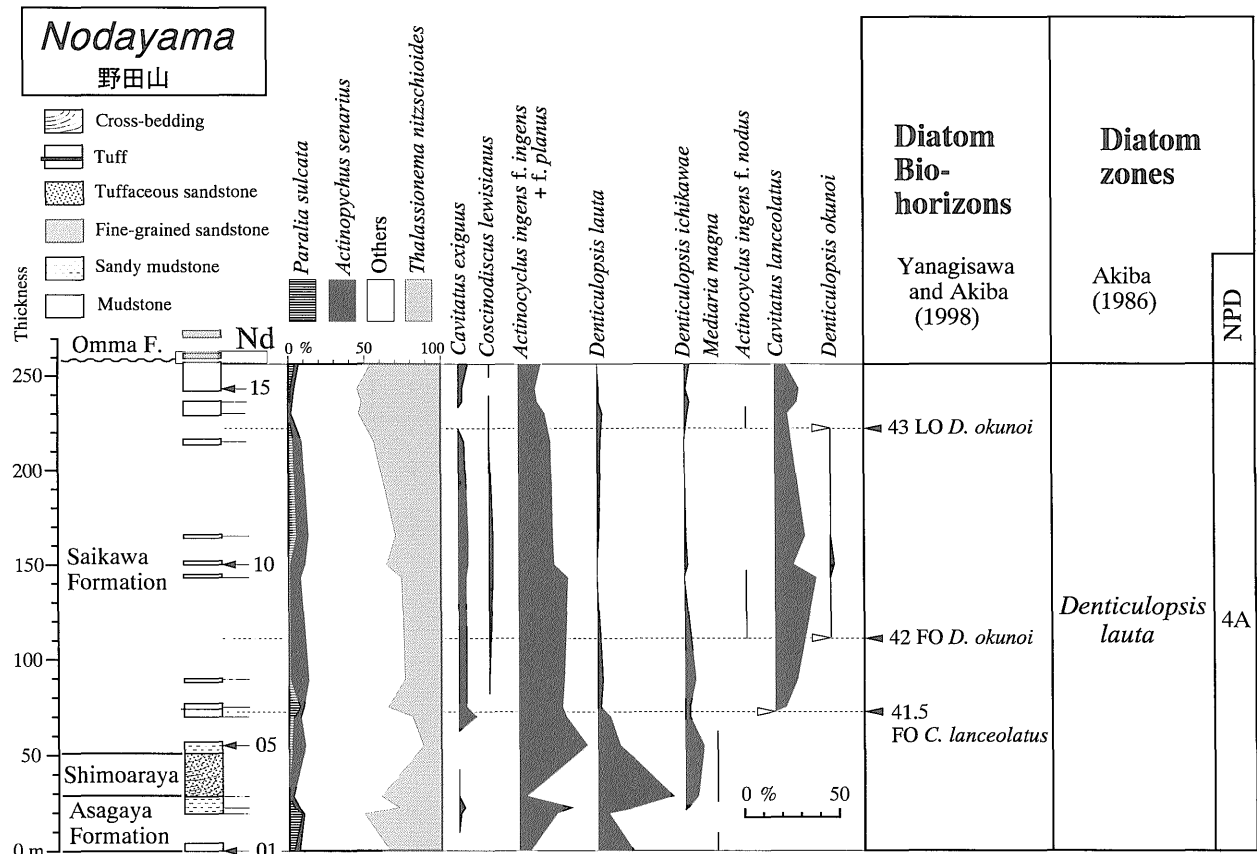
4.2 野田山セクション

このセクションでは、朝ヶ屋層上部と犀川層及びそれを不整合に覆う大桑層が露出する (第5図)。試料は朝ヶ屋層上部と犀川層から採取した (Nd 01-16)。分析の結果、採取したすべての試料から珪藻化石が産出した (第2表)。なお、下荒屋層は凝灰質粗粒砂岩からなり、珪藻化石の産出が期待されないので、この地層からは試料は採取しなかった。

朝ヶ屋層上部及び犀川層のすべての試料が、*Denticulopsis lauta* を含み、*D. hyalina* を欠くことから *D. lauta* 帯 (NPD 4A) と認定される。対比可能な生層準として、*Cavitatus lanceolatus* の初産出 (D41.5)、*Denticulopsis okunoi* の初産出 (D42) 及び *D. okunoi* の終産出 (D43) が、犀川層中に認められる。

4.3 対比と珪藻化石層序のまとめ

犀川セクション及び野田山セクションの対比を第6図に示す。七曲層のIII部層中部より上位は、*C. kanayae* 帯 (NPD 3A) の上部 (すなわち *C. kanayae* の終多産出層



第5図 野田山セクションにおける主な珪藻種の層序学的分布・珪藻生層準及び珪藻化石帯。

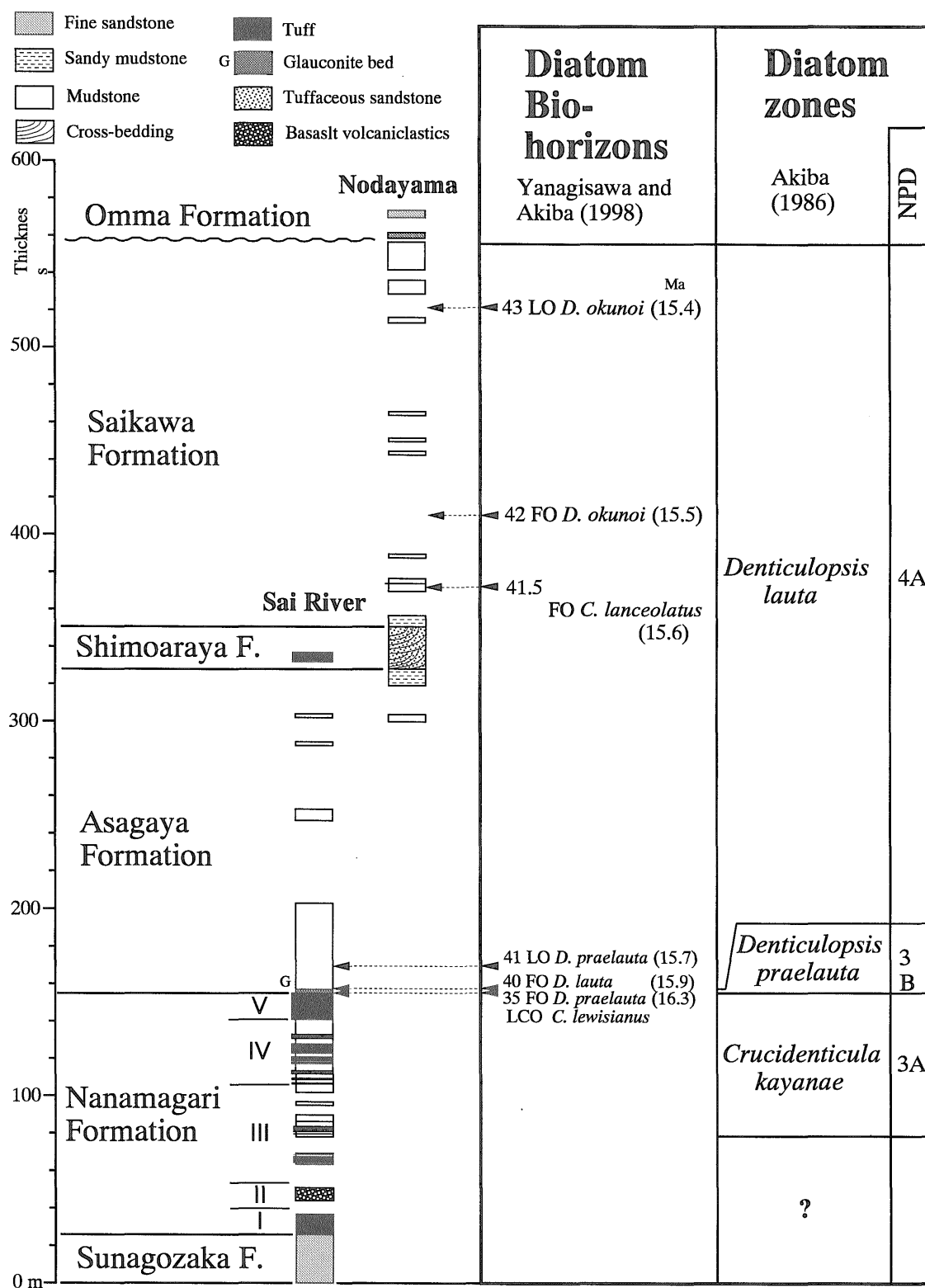
Fig. 5 Stratigraphic distribution of selected diatom species, diatom biohorizons and diatom zone in the Nodayama stratigraphic section.

第2表 野田山セクションにおける珪藻産出表。

Table 2 Occurrence chart of diatom species in the Nodayama stratigraphic section.

Preservation, G: good, M: moderate, P: poor; Abundance, A: abundant, C: common, R: rare. +: present.

Formations		Asagaya Formation						Saikawa Formation									
Diatom zone		Denticulopsis lauta Zone (NPD 4A)															
Neogene North Pacific Diatom biohorizons (Yanagisawa and Akiba, 1998)		D41.5						D42				D43					
Sample number	Nd-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Original sample number	Noto-	860	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857
Preservation		P	P	P	P	P	G	M	M	P	P	P	P	P	P	P	P
Abundance		A	R	C	C	C	C	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C
<i>Actinocyclus ingens</i> f. <i>ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader		4	12	22	1	16	13	3	7	9	8	7	10	8	4	3	8
<i>A. ingens</i> f. <i>nodus</i> (Baldauf) Whiting et Schrader		-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
<i>A. ingens</i> f. <i>planus</i> Whiting et Schrader		2	8	6	3	22	12	20	17	17	11	11	7	6	6	6	4
<i>A.</i> cf. <i>kisselevii</i> Makarova		-	-	-	-	3	4	3	5	-	1	1	4	2	1	2	2
<i>Actinopychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg		4	2	4	3	9	5	3	12	7	10	8	6	2	2	3	3
<i>A.</i> sp. (triangular)		2	+	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aulacoseira</i> spp.		2	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	2
<i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) Sims et Fryxell		-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	1	-
<i>A. vetustissima</i> (Pantocsek) Sims		-	-	-	-	-	2	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Cavitatus exiguus</i> Yanagisawa et Akiba		-	1	2	+	-	9	4	4	4	5	5	3	-	2	2	5
<i>C. jouseanus</i> (Sheshukova) Williams		2	1	+	2	1	3	1	1	-	2	+	3	5	1	4	5
<i>C. lanceolatus</i> Akiba et Hiramatsu		-	-	-	-	-	-	6	12	22	10	16	9	7	12	13	6
<i>C. linearis</i> (Sheshukova) Akiba et Yanagisawa		-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	+	-	-	-	
<i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa		+	4	2	7	-	1	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-
<i>Cestodiscus peplum</i> Brun		-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis californica</i> Grunow		-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>C. curviturunda</i> Brun et Tempère		-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	+	-	-	-	-
<i>C. scutellum</i> Ehrenberg		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Coscinodiscus lewisianus</i> Greville		-	-	-	-	-	-	-	+	2	2	2	+	+	+	+	+
<i>C. marginatus</i> Ehrenberg		-	1	-	1	1	+	-	1	5	2	-	-	3	2	-	1
<i>C. perforatus</i> Ehrenberg		-	-	-	-	-	1	1	2	-	2	-	+	-	1	-	-
<i>Cymatosira</i> cf. <i>loretziana</i> Grunow		-	-	-	-	-	1	-	+	-	+	2	+	+	+	+	+
<i>Delphineis angustata</i> (Pantocsek) Andrews		-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1	+	-	-	-
<i>D. miocenica</i> (Schrader) Andrews		+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	1	+	+	+
<i>D. penelliptica</i> Andrews		+	1	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	1	+	+	+
<i>Denticulopsis ichikawae</i> Yanagisawa et Akiba		-	-	2	4	8	2	3	5	+	2	1	+	1	3	1	1
<i>D. lauta</i> (Bailey) Simonsen		23	6	19	23	9	4	2	3	+	+	1	2	2	1	1	+
<i>D. okunoi</i> Yanagisawa et Akiba		-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2	+	+	-	-	-
<i>D. praelauta</i> Akiba et Koizumi		+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Girdle view of <i>D. lauta</i> group		5	-	1	20	5	4	-	1	-	-	-	+	2	-	+	3
<i>Eucampia</i> sp. A (= <i>Hemiaulus polymorphus</i>)		1	-	-	1	-	1	1	1	-	-	1	3	+	-	-	-
<i>Goniothecium odontella</i> Ehrenberg		-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Grammatophora</i> spp.		-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova		+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Kisseleviella carina</i> Sheshukova		-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-
<i>Mediaria magana</i> Yanagisawa		+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>M. splendida</i> Sheshukova		+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	-	1	+	1	-	-
<i>M. splendida</i> f. <i>tenera</i> Schrader		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Melosira scopos</i> Mann		-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>M. sol</i> (Ehrenberg) Kützing		-	-	-	-	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Nitzschia challengeri</i> Schrader		4	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>N.</i> cf. <i>grunowii</i> Hasle		-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve		3	8	3	-	2	3	7	1	1	1	5	3	-	1	1	4
<i>Planifolia tribranchiata</i> Emissee		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	+
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundstöm		-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. interposita</i> (Hajós) Jordan et Priddle		-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	+	-	1	2	2
<i>Pseudodimerogramma elliptica</i> Schrader		+	-	+	-	-	1	1	+	-	+	+	-	+	+	+	+
<i>Pyxilla</i> sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Raphidodiscus marylandicus</i> Christian		-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Rhaphoneis amphicerus</i> Ehrenberg		-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>R. scalaris</i> Ehrenberg		-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia miocenica</i> Schrader		-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>R. styliformis</i> Brightwell		-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	1
<i>R.</i> sp. A		-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rouxia naviculoides</i> Schrader		-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stellarima microtrias</i> (Ehrenberg) Hasle et Sims		-	-	1	1	1	2	3	-	-	-	+	+	-	1	-	1
<i>Stephanopyxis</i> spp.		1	+	2	1	2	6	2	-	5	1	7	+	1	2	2	3
<i>Thalassionema</i> cf. <i>hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	1	-	+
<i>T. nitzschioides</i> (Grunow) H. et M. Peragallo		34	51	28	30	12	19	35	24	26	36	30	44	54	52	55	46
<i>T. obtusa</i> (Grunow) Andrews		13	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Thalassiosira leptopus</i> (Grunow) Hasle et Fryxell		-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>T. mizunamiensis</i> Yanagisawa		+	1	2	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	1	-	-
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow		+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	1	+	+	-
<i>Triceratium condecorum</i> Brightwell		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	-	-
<i>Trochosira spinosa</i> Kitton		-	-	-	-	5	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	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 <i>Chaetoceros</i>		16	12	11	12	21	29	12	19	27	16	19	43	16	17	18	30



第 6 図 金沢市南部地域中新統の珪藻化石層序。

Fig. 6 Diatom biostratigraphy of the Miocene sequence in the southern Kanazawa area.

準(16.5Ma)よりも上位)である。朝ヶ屋層基底に発達する厚さ2mの海緑石砂岩層は、*Denticulopsis praelauta*帯(NPD3B)に、また、これより上位の朝ヶ屋層主部および犀川層は、*Denticulopsis lauta*帯(NPD4A)と認定される。

広域に対比可能な生層準として、下位より*D. praelauta*の初産出(16.3Ma)、*D. lauta*の初産出(15.9Ma)及び*D. praelauta*の終産出(15.7Ma)が朝ヶ屋層最下部に、また、*Cavitatus lanceolatus*の初産出(15.6Ma)、*Denticulopsis okunoi*の初産出(15.5Ma)及び*D. okunoi*の終産出(15.4Ma)が犀川層中に認められる。

5. 考察

5.1 珪藻化石層序研究との比較

今回の研究結果は、すでに本地域において珪藻層序学的研究を行っている伊東(1986)とは本質的には一致するが、現在指標種として使用されている種のうち幾つかが当時未記載であったこと、重要な生層準のうち幾つかが当時認識されていなかったこと、さらに試料採取の位置が本論文とは少し異なるために、両研究は見かけ上一致しない点もある。ここでは、誤解をさけるため、その違いを指摘しておく。

1) 伊東(1986)では、七曲層はKoizumi(1985)の*Actinocyclus ingens*帯に対比されるとしているが、*A. ingens*帯はAkiba(1986)の*C. kanayae*帯と全く同じ定義で、化石帯名が異なるだけである。

2) 伊東(1986)では、朝ヶ屋層は*D. lauta*帯に相当するとしていて、本論文で認定した*D. praelauta*帯について言及していない。この食い違いの原因は、*D. praelauta*帯に相当する朝ヶ屋層最下部の海緑石層の試料を伊東(1986)が分析していないためである。

3) 伊東(1986)では、犀川層中に認められる*Cavitatus lanceolatus*の初産出層準や、*Denticulopsis okunoi*の初産出及び終産出層準についての言及はないが、これは当時まだこれら2種が記載されていなかったためである。ただし、*C. lanceolatus*は、*Synedra jouseana* var. 1として識別されており、産出表に報告されたその産出状況は今回の研究と一致する。

なお、佐々木・小笠原(1986)のFig. 2とFig. 6では、朝ヶ屋層全体が*D. praelauta*帯に、犀川層が*D. lauta*帯に属するとされていて、朝ヶ屋層に関しては珪藻化石帯の認定が本論文の結果とは食い違っている。しかし、詳細が公表されていないので、この違いの原因がどこにあるのかは不明である。

5.2 古地磁気層序との対比

今回の研究で明らかになった珪藻生層準を用いて、金沢市南部地域の中新統を地磁気極性年代尺度(Cande

and Kent, 1995; Berggren *et al.*, 1995)に対比した(第7図)。

Itoh and Ito(1989)は、医王山層の最上部で1点、砂子坂層中部の凝灰岩ST-1で2点、そして七曲層のIV部層で4点の古地磁気測定を行い、いずれも逆帯磁の結果を報告している(第7図)。Itoh and Ito(1989)による古地磁気測定結果と、Barron and Gladenkov(1995)による珪藻化石層序と古地磁気層序の対比とを比較してみると、次の点が指摘できる。

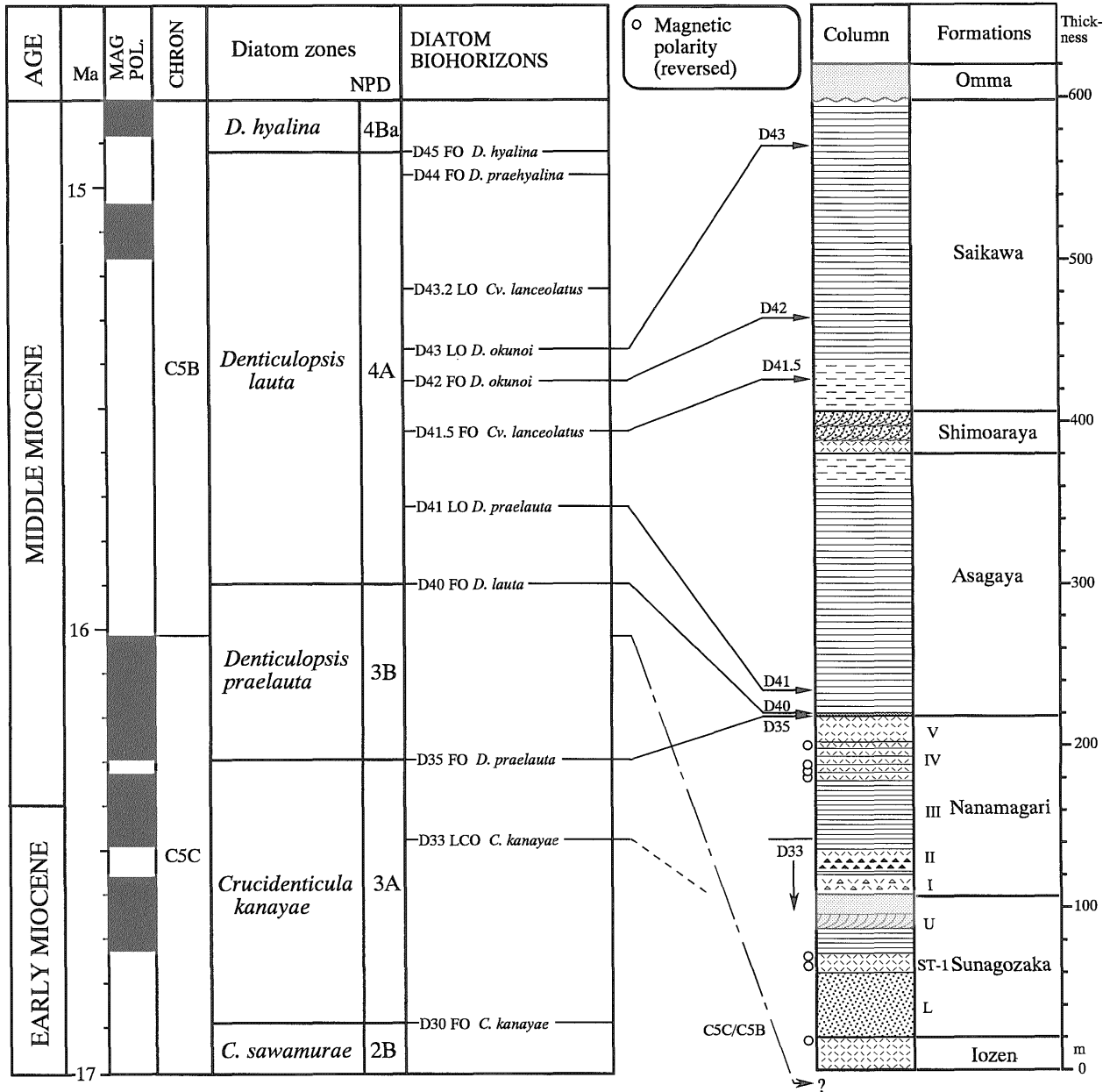
1) Barron and Gladenkov(1995)によれば、*C. kanayae*帯の上部はChron C5C後期の正磁極期に対比され、*C. kanayae*帯上部に対比される七曲層のIV部層は正帯磁が期待される。これに対し、Itoh and Ito(1989)では七曲層のIV部層の4地点すべてで逆帯磁の結果が得られている。

2) 砂子坂層及び医王山層の最上部についても、推定される堆積速度(第8図参照)から考えて、*C. kanayae*帯の中におさまる可能性があるが、Barron and Gladenkov(1995)の対比に基づけば、正帯磁が期待されるのに、Itoh and Ito(1989)の測定結果は逆帯磁のみである。

Itoh and Ito(1989)の測定点は連続的ではないので、逆帯磁の測定点がたまたまChron C5Cnの中の短い逆帯磁区間に相当している可能性も否定できなくはない。しかし、確率的にみて正帯磁が1つもないのは不自然だとも言える。以上から、金沢市南部地域の珪藻化石層序と古地磁気層序の対比は、Barron and Gladenkov(1995)による珪藻化石層序と古地磁気層序の対比とは必ずしも整合的ではないと考えられる。

ところで、伊藤・早川(1988,1989)は、富山県八尾地域の新第三系の古地磁気層序の検討を行い、医王山層の中部にChron C5CとC5Bの境界を対比した。この対比案は、第7図の対比線で示したように、金沢市南部地域の古地磁気層序とはむしろ整合的である。すなわち、もし、金沢市南部地域でも、Chron C5CとC5Bの境界が医王山層の中部にあるとすれば、医王山層の最上部、砂子坂層中部の凝灰岩、七曲層のIV部層の逆帯磁は、すべてChron C5Bに対比することができ、上述のような不自然さは解消する。

Barron and Gladenkov(1995)が珪藻化石層序と古地磁気層序の対比を行ったODP Site 884Bでは、前期中新世末から中期中新世初頭の*C. kanayae*帯から*D. lauta*帯にかけては、古地磁気層序の記録が不良で、極性不明の区間がかなりある。一方、OPD Site 887では逆にこの区間では古地磁気層序の記録は比較的よいものの、珪藻化石層序の*C. kanayae*帯及び*D. praelauta*帯が認定できていない。このように、Barron and Gladenkov(1995)では、*C. kanayae*帯から*D. lauta*帯にかけての層準は珪藻化石層序と古地磁気層序の対応は完全ではないので、その対比には解釈の余地があり、伊藤・早川



第7図 金沢市南部地域の中新統と地磁気極性年代及び珪藻化石年代尺度との対比。地磁気極性年代尺度は、Cande and Kent (1995)及び Berggren *et al.* (1995), 珪藻年代は Yanagisawa and Akiba (1998), 古地磁気のデータは Itoh and Ito (1989) による。

Fig. 7 Correlation of the Miocene sequence in the southern Kanazawa area to the magnetic polarity time scale of Cande and Kent (1995) and Berggren *et al.* (1995), and the diatom chronology of Yanagisawa and Akiba (1998). Paleomagnetic data are form Itoh and Ito (1989).

(1988, 1989) の示した対比も可能かもしれない。

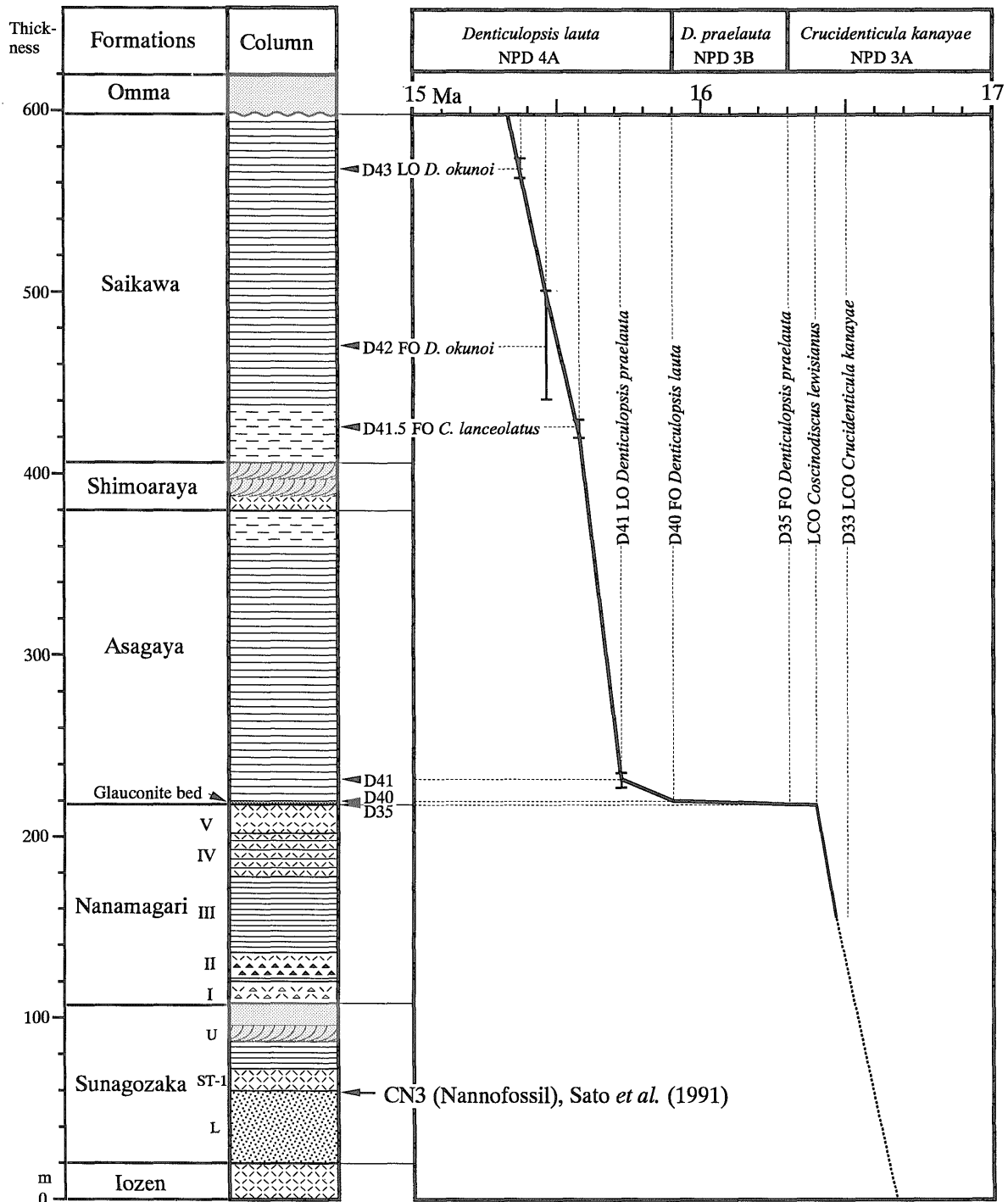
一方、宮城県松島地域に分布する中新統の珪藻化石層序(秋葉ほか, 1982)と古地磁気層序(Yamazaki, 1989)の対比では、Chron C5CとC5Bの境界は*D. praelauta*帯の中にあり、Barron and Gladenkov (1995)の対比を支持する。したがって、Barron and Gladenkov (1995)の解釈が不適切であるとは必ずしも言えない。

このように、前期中新世末から中期中新世初頭における古地磁気層序と珪藻化石層序の対比については、2つ

の解釈が可能であるが、現段階ではどちらが適当であるかは判断が難しい。この問題点を解決するには、さらに幾つかのセクションでの詳しい検討が必要であろう。

5.3 堆積速度の変化と海緑石層

第8図に、今回明らかになった生層準の位置とYanagisawa and Akiba (1998)による推定年代値を基にして、本地域の中新統の堆積速度の変遷を示した。なお、ここでは圧密による層厚の減少を考慮していないの



第8図 金沢市南部地域の中新統の堆積速度。

Fig. 8 Sediment accumulation rate curve for the Miocene sequence in the southern Kanazawa area.

で、以下の堆積速度はいずれも見かけの堆積速度である。

第8図をみると、七曲層中部-上部と朝ヶ屋層の主部から犀川層までは、堆積速度は平均で70-140cm/10³年程度である。これに対して、朝ヶ屋層最下部の海緑石層及びその直上10mの泥岩では、堆積速度が極端に低下し、10cm/10³年以下となっている。とくに海緑石層では、堆積速度は0.4cm/10³年以下しかない。

この著しい堆積速度の低下の原因に関しては2つの説

明がありうる。1つは朝ヶ屋層の基底に杉本・馬淵(1982)が想定した“朝ヶ屋変動”による浸食によって、*D. praelauta*帯の大部分が欠如し、見かけ上堆積速度が低下しているように見えるという解釈である。もう1つは、海緑石層堆積時に碎屑物の供給が極端に減少して、堆積速度が実際に低下したという説明である。

現段階では、筆者は後者の可能性が高いと考える。というのは、海緑石層の上位15mの *D. lauta* の初産出

(D40) から *D. praelauta* の終産出 (D41) までの区間の泥岩では、その上位の朝ヶ屋層の泥岩より著しく堆積速度が低下していること、また一般に海緑石層では堆積速度が極端に低下することが能登半島珠洲地域の中新統 (船山, 1988; 柳沢, 1999c) や氷見地域の中新統 (渡辺, 1990) で報告されていることからである。

しかしながら、杉本・馬淵 (1982) が示唆したような浸食が存在する可能性も否定できない。なぜならば、東別所層や法住寺珪藻質泥岩部層でみられる *C. lewisianus* の終産出層準 (16.4Ma) から *D. praelauta* の初産出層準 (16.3Ma) までの区間 (約10万年間) に相当する部分 (柳沢, 1999b,c) が、犀川セクションでは全く認められないことから、七曲層最上部の凝灰岩 (V 部層) の堆積後海緑石層の堆積までの間は、無堆積に近い状態であったと考えられるからである。実際、氷見地域の中新統では、海緑石層の形成を伴う低堆積速度区間の上位に長期間にわたるハイエイタスがある (渡辺, 1990)。

ところで、能登半島珠洲地域の中新統の海緑石層の基底の年代は、八尾地域の伊香浜不整合の形成時期とほとんど一致し、海緑石の生成は海退、すなわち海水準の低下と関連していることが明らかになっている (柳沢, 1999c)。したがって、朝ヶ屋層基底に見られる著しい堆積速度の低下は、海緑石の生成によるにしろ、浸食ないしハイエイタスによるものにして、相対的海水準の低下が関与している可能性が高い。実際、岩手県二戸市の門ノ沢層とその上位の末ノ松山層では、*D. praelauta* の初産出層準から顕著な海退が始まって堆積盆が浅海化し、*D. praelauta* 帯の中で浸食を伴う部分不整合が形成されている (鎮西, 1958; 入月・松原, 1994)。この浅海化と部分不整合は、ほぼ朝ヶ屋層基底と同時代にあたる。

5.4 石灰質ナンノ化石層序との対比について

本地域の中新統については、産出層準は限られるものの、高山ほか (1988) および佐藤ほか (1991) による石灰質ナンノ化石層序の研究がある。佐藤ほか (1991) は、犀川沿いの砂子坂層の中部 (ST-1凝灰岩の下位1-2m) から *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre, *Helicosphaera ampliaptera* Bramlette et Wilcoxon, *H. scissura* Miller を含む群集を報告した (第8図)。この群集は、*Sphenolithus belemnus* Bramlette et Wilcoxon を欠き、*S. heteromorphus*, *H. ampliaptera*, *H. scissura* を含むことから、Okada and Bukry (1980) の CN3 と確実に認定できる。この結果は、珪藻化石年代とは矛盾しない (第9図)。

また、犀川沿いの犀川層最上部 (層厚約15m) については、高山ほか (1988) が石灰質ナンノ化石の分析を行い、*S. heteromorphus* を含まず、*Cyclicargolithus floridanus* (Roth et Hay) Bukry を含む群集を報告した。*S. heteromorphus* の終産出層準は Okada and Bukry (1980) の

CN5a の下限を定義し、*C. floridanus* の終産出層準は CN5a の上限にほぼ一致するか (Bukry, 1975; 佐藤ほか, 1991)、または CN5a の中にある (尾田, 1986)。したがって、犀川沿いの犀川層の上限は、Okada and Bukry (1980) の CN5a の中に位置づけられ、Berggren *et al.* (1995) の年代尺度に基づけば、その年代は11.8から13.6Maの間にある (第9図)。

一方、本研究によって、犀川層は珪藻化石帯の *Denticulopsis lauta* 帯 (NPD 4A) に属し、少なくとも野田山セクションでは本層の上限は、D 4 3 (*D. okunoi* の終産出) から D43.2 (*C. lanceolatus* の終産出) の間にあることが明らかになった (第9図)。Yanagisawa and Akiba (1998) によれば、その推定年代は15.2から15.4 Maの間にある。また、伊東 (1986) は、犀川沿いの犀川層最上部 (犀川にかかかかる小橋の約20m 上流で採取された試料 AP8) から、*D. lauta* が多産し、*C. lanceolatus* (*Synedra jouseana* var. 1) を含む群集を報告している。この群集は、*D. lauta* 帯と認定され、*C. lanceolatus* の終産出層準 (D43.2) よりも下位に位置づけられる。この結果は、本研究による野田山セクションの結果と一致する。*1

第9図から明らかなように、犀川層の上限の年代についての珪藻化石による推定は、石灰質ナンノ化石のそれよりも、少なくとも160万年も古い。とくに伊東 (1986) の分析した犀川層の上限に近い試料 (AP8) は、採取位置図をみる限り、高山ほか (1988) が石灰質ナンノ化石を検出した層準よりも上位にあるので、珪藻と石灰質ナンノ化石層序の年代論は明らかに矛盾する。

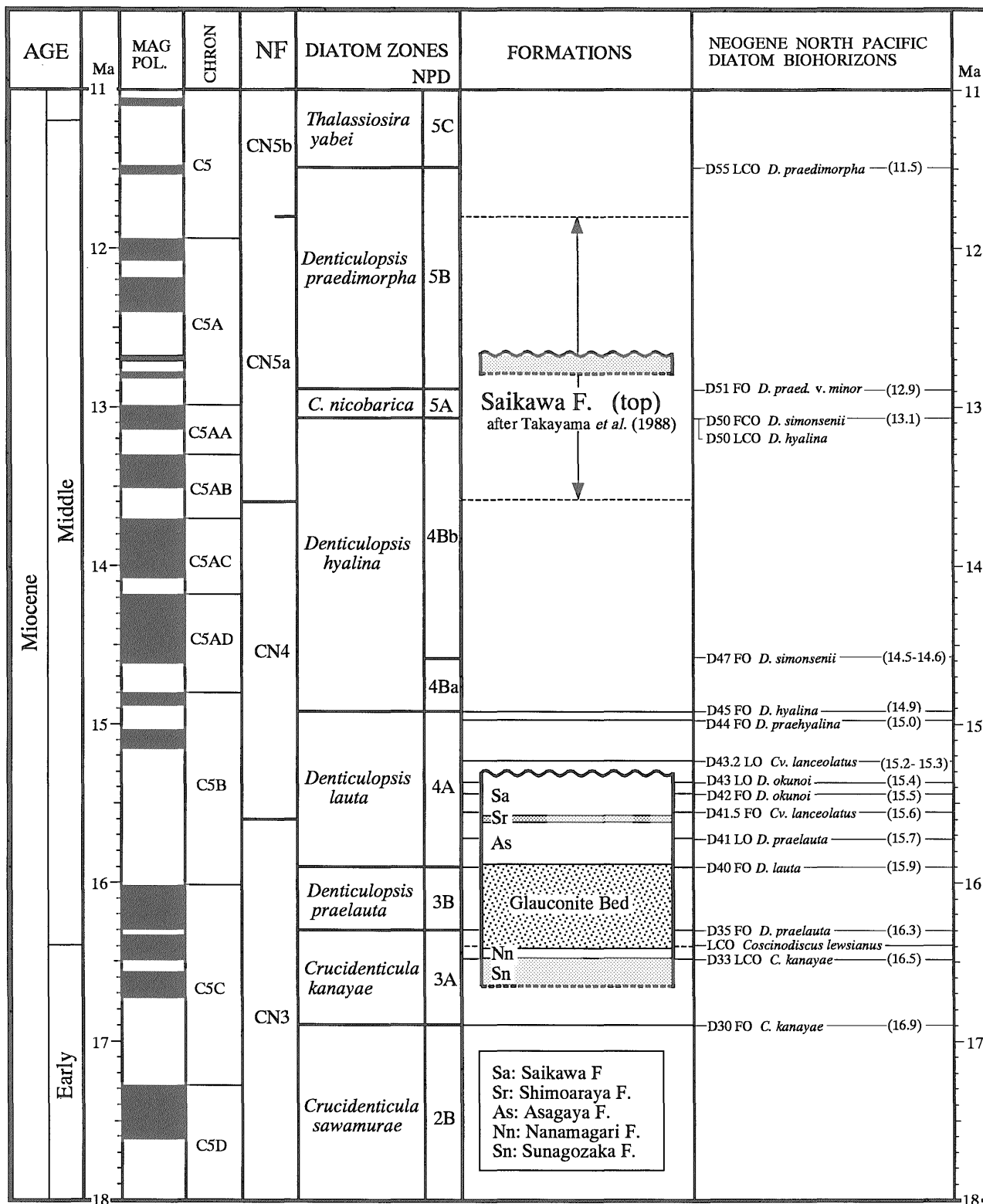
この食い違いの原因がどこにあるのかは、現在のところ不明である。いずれにしろ犀川層上限の層序と年代に関しては、犀川層最上部から産出している貝類化石群 (Ogasawara, 1976) の年代的位置づけも絡めて、新たな観点から再検討が必要であろう。

5.5 黒壁玄武岩の年代について

七曲層下部のII部層中に挟まる黒壁玄武岩と、それに関連していると考えられている玄武岩岩脈については、幾つかのK-Ar年代が報告されているので、ここでは、これらの年代と珪藻化石年代について考察する。

黒壁玄武岩の玄武岩溶岩については、金沢市山川町で 16.4 ± 3.1 Ma の K-Ar 年代 (中島ほか, 1990)、金沢市平栗で 12.4 ± 0.5 Ma の K-Ar 年代 (酒寄ほか, 1997) が、それぞれ測定されている。また、玄武岩岩脈では、金沢市水淵町で砂子坂層と七曲層下部を貫く玄武岩岩脈の

*1なお、犀川沿いの犀川層最上部の年代をさらに確かめるため、北村 (1997) が報告した犀川層最上部の試料の提供を受けて珪藻化石分析を行ったが、残念ながら珪藻化石は検出されなかった



第9図 金沢市南部地域の中新統の堆積年代。NF：石灰質ナノ化石帯区分 (Okada and Bukry, 1980)。

Fig. 9 Age of the Miocene sequence in the southern Kanazawa area. NF: Calcareous nannofossil zonation (Okada and Bukry, 1980).

K-Ar 年代として 13.0 ± 0.8 Ma (東野・清水, 1987), 金沢市坪野北西で黒壁玄武岩を貫く玄武岩岩脈の K-Ar 年代として, 12.8 ± 0.5 Ma (酒寄ほか, 1997) が報告されている。

以上の年代値のうち, 黒壁玄武岩の玄武岩溶岩の2つの年代 16.4 ± 3.1 Ma と 12.4 ± 0.5 Ma は, 誤差の範囲を越えて異なっている。このうち, 前者の年代値は, 珪藻および石灰質ナノ化石および貝類化石から推定される七曲層の年代 (16.4 - 16.5 Ma) と調和的である (第9図)。しかし, 後者の年代値は, 化石年代よりも400万年程度新しい。酒寄ほか (1997) によれば, 黒壁玄武岩の岩石はいずれも変質を受けていることから, 後者の K-Ar 年代は変質により若返っていると考えられる。

一方, 岩脈の年代値 13.0 ± 0.8 Ma と 12.8 ± 0.5 Ma は, 生層序から推定される七曲層の年代よりも新しいので, 層序的には矛盾はない。しかし, いずれの岩脈も岩質的に黒壁玄武岩と同質であり, 黒壁玄武岩とほぼ同時期の岩脈である可能性が高い。もしそうであるならば, これらの岩脈の K-Ar 年代も変質により若返っていると考えられる。

6. ま と め

金沢市南部地域に分布する中新統の珪藻化石層序学的検討を行った結果, Yanagisawa and Akiba (1998) の高分解能珪藻化石層序がこの地域でも適用可能であることがわかった。

1) 七曲層上部の泥岩は, *Crucidentricula kanayae* 帯 (NPD 3A) の上部, すなわち *C. kanayae* の終産出層準 (D33, 16.5 Ma) よりも上位に相当する。朝ヶ屋層基底の海緑石砂岩層は, *Denticulopsis praelauta* 帯 (NPD 3B) に, また, これより上位の朝ヶ屋層主部及び犀川層は *Denticulopsis lauta* 帯 (NPD 4A) と認定される。

2) 広域に対比可能な生層準として, *D. praelauta* の初産出 (D35, 16.3 Ma), *D. lauta* の初産出 (D40, 15.9 Ma) 及び *D. praelauta* の終産出 (D41, 15.7 Ma) が朝ヶ屋層最下部に, また, *Cavitatus lanceolatus* の初産出 (D41.5, 15.6 Ma), *Denticulopsis okunoi* の初産出 (D42, 15.5 Ma) 及び *D. okunoi* の終産出 (D43, 15.4 Ma) が犀川層中に確認され, 高分解能の対比が可能となった。

3) 金沢市南部地域における前期中新世末-中期中新世初頭での珪藻化石層序と古地磁気層序の対比は, Barron and Gladenkov (1995) による対比とは必ずしも整合的でなく, 今後さらに検討が必要である。

4) *D. praelauta* 帯 (16.3-15.9 Ma) は, 朝ヶ屋層基底の厚さわずか 2 m の海緑石層のみで代表される。この部分では上下の区間に比べ著しく堆積速度が低下しているか, 一部ハイエイタスのある可能性があり, おそらく相対的海水準の低下が関連している。

5) 犀川層の上限の年代に関しては, 珪藻と石灰質ナノ化石では食い違いが大きく, 層序学的な再検討が必要である。

金沢市南部の中新統については, 軟体動物化石や花粉化石など, さまざまな分野の研究が行われており, 今回明らかになった正確な年代層序学的枠組みの中にそれらのデータを位置づけることによって, 本地域における中新世の相対的海水準変動・古気候変化・構造運動などについて新たな観点から考察することが可能である。これらの点については, 機会を改めて論じることにしたい。

謝辞 石油資源開発株式会社技術研究所の秋葉文雄副主席研究員, 筑波大学の小笠原憲四郎教授, 資源エネルギー地質部の渡辺真人主任研究官, ならびに地質部の鹿野和彦研究室長には原稿を読んでいただき, 有益なコメントをいただいた。このほか, 小笠原憲四郎教授には金沢地域の貝類化石について御教示いただいた。また, 静岡大学の北村晃寿博士には犀川層最上部の試料を提供していただいた。以上の方々に深く御礼申し上げる。なお, この研究は工業技術院特別研究「島弧型炭化水素ポテンシャルの形成機構と予測手法に関する研究」の一環として行ったが, 分析した試料の一部は, 地質調査所経常研究「地質の研究」を実施した際に採取したものである。

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., *Init. Repts. Deep Sea Drilling Project*, U. S. Govt. Printing Office, Washington D. C., 87, 393-480.
- 秋葉文雄・柳沢幸夫・石井武政 (1982) 宮城県松島周辺に分布する新第三系の珪藻化石層序。地調月報, 33, 215-239.
- Barron, J. A. and Gladenkov, A. Y. (1995) Early Miocene to Pleistocene diatom biostratigraphy of Leg 145. In Rea, D. K., Basov, I. A., Scholl, D. W. and Allan, J. F. eds., *Proc. Ocean Drilling Program, Sci. Results*, College Station TX (Ocean Drilling Program), 145, 3-19.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C. III and Abury, M. -P. (1995) A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *SEPM Special Publ.*, no. 54, 129-212.

- Bukry, D. (1975) Coccolith and silicoflagellate stratigraphy, northwestern Pacific Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 32. In Larson, R. L., Moberly, R. *et al.*, *Init. Repts. Deep Sea Drilling Project*, U. S. Govt. Printing Office, Washington D. C., **32**, 677-701.
- Cande, S. C. and Kent, D. V. (1995) Revised calibration of geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Jour. Geophys. Res.*, **100**, 6093-6095.
- 鎮西清高 (1958) 岩手県福岡町付近の新第三系について—北上山地の北縁の新生界 I—。地質雑, **67**, 1-30.
- 藤 則雄・掘みより (1989) 金沢地域の第三系の花粉学的研究—北陸新第三系の花粉学的研究 (5)—。金沢大教育紀要(自然科学), no. 38, 59-77.
- 船山政昭 (1988) 能登半島珠洲地域の第三系の岩相および放射虫化石層序。東北大地質古生物研報, no. 91, 15-41.
- 東野外志男・清水 智 (1987) 金沢市水淵町の玄武岩岩脈の K-Ar 年代。石川県白山自然保護センター研究報告, no. 14, 121-123.
- 今井 功 (1959) 5 万分の 1 地質図幅説明書「金沢」。地質調査所, 27p.
- 入月俊明・松原尚志 (1994) 貝形虫化石群集解析に基づく下—中部中新統門ノ沢層の堆積環境の垂直変化。地質雑, **100**, 136-149.
- Itoh, Y. and Ito, Y. (1989) Confined ductile deformation in the Japan arc inferred from paleomagnetic studies. *Tectonophysics*, no. 167, 57-73.
- 伊藤康人・早川秀樹 (1988) 富山県八尾地域に分布する新第三系の古地磁気層序。地質雑, **94**, 515-525.
- 伊藤康人・早川秀樹 (1989) 富山県八尾地域の第三系における磁極期 C5B/C5C 境界について。地質雑, **95**, 133-136.
- 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.
- 紘野義夫 (1977) 10 万分の 1 石川県地質図。「石川県の自然環境・第 1 分冊, 地形・地質」, 石川県, 128p.
- 紘野義夫 (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.
- 紘野義夫・山田一雄 (1988) 表層地質図。土地分類基本調査, 5 万分の 1「鶴来」, 石川県, 19-26.
- 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.
- Koizumi, I. (1985) Diatom biochronology for late Cenozoic Northwest Pacific. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **91**, 195-211.
- 中島正志・沢田順弘・中川登美雄・林 昌代・板谷徹丸 (1990) 福井県北部新第三系の K-Ar 年代と古地磁気—西南日本ブロックの回転に関して—。岩鉱, **85**, 45-59.
- Ogasawara, K. (1976) Miocene mollusca from Ishikawa-Toyama area, Japan. *Sci. Repts. Tohoku Univ., Second Ser. (Geol.)*, **38**, 1-161.
- 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.
- 大村一夫 (1968) 金沢市近郊の新第三系について, その I, 大桑砂岩層に産出した植物化石, および下荒屋凝灰岩層に産出した海棲化石。金沢大教育紀要(自然科学), **5**, 87-94.
- 斎藤 毅 (1988) 金沢市南部の中新統七曲層産貝類化石。瑞浪化石博研究報告, no. 14, 139-144.
- 酒寄淳史・河村潤一・山岸智和・杉本幹博・吉田武義 (1997) 石川県の中新統七曲層中に産する玄武岩の岩石学的特徴—背弧側地域の低アルカリ玄武岩—。岩鉱, no. 92, 410-424.
- 酒寄淳史・北市朋子・仲川亜衣・杉本幹博 (1998) 北陸中新統“黒壁火砕岩類”の岩石と噴火様式。金沢大教育紀要(自然科学), no. 47, 37-47.
- 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.
- 杉本幹博 (1981) 金沢市犀川流域の砂子坂層—北陸新第三系砂子坂層の研究 [III]—。金沢大教育紀要(自然科学), no. 29, 15-29.
- 杉本幹博 (1983) 金沢市浅野川流域の七曲層の岩相層序区分—北陸新第三系七曲層の研究 [III]—。日本海域研究所報告, no. 159, 33-47.
- 杉本幹博 (1998) 金沢市高尾町南東で“下荒屋層”とされていた七曲層—北陸新第三系七曲層の研究 [XIII]—。金沢大教育紀要(自然科学), no. 47, 49-66.
- 杉本幹博・平林三代 (1982) 七曲層の標準的岩相層序区分—北陸新第三系七曲層の研究 [I]—。金沢大教育紀要(自然科学), no. 31, 1-15.

- 杉本幹博・馬淵孝一 (1982) “黒壁火砕岩類”の層序的位置について (1) —北陸新第三系七曲層の研究 [II] —. 金沢大教育紀要 (自然科学), no. 31, 17-29.
- 杉本幹博・中西乃里子・安川純子 (1980) 金沢市浅野川流域の砂子坂層—北陸新第三系砂子坂層の研究 [II] —. 金沢大教育紀要 (自然科学), no. 28, 51-67.
- 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.
- 山野井徹 (1992) 中部日本における中期中新世初期の花粉群集. 瑞浪化石博専報, no. 19, 103-112.
- Yamazaki, T. (1989) Paleomagnetism of Miocene sedimentary rocks around Matsu-shima Bay, Northeast Japan and its implication for the time of the rotation of Northeast Japan. *Jour. Geomag. Geoelectr.*, 41, 533-548.
- 柳沢幸夫 (1999a) 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 (1999b) 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 (3), 印刷中.
- 柳沢幸夫 (1999c) 能登半島珠洲地域の中新統の珪藻化石層序. 地調月報, 50 (3), 印刷中.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1998) Revised Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 106, 395-414.
- 渡辺真人 (1990) 富山県氷見・灘浦地域の新第三系の層序—とくに姿層とその上位層との間の時間間隙について—. 地質雑, 11, 915-936.

(受付: 1998年7月17日; 受理: 1998年10月16日)