

## 佐渡島羽茂地域の後期中新世海生珪藻化石

柳沢幸夫\*

Yukio Yanagisawa (2012) Late Miocene diatoms in the Hamochi area, Sado Island, Niigata Prefecture, Japan. *Open-File Report of the Geological Survey of Japan, AIST*, no. 568, p. 1-19, 6 figs., 1 table, 2 plates.

**Abstract:** Fossil marine diatom assemblages are examined from the upper Miocene Notayama and Yamadagawa formations along the Notayama stratigraphic section, Hamochi area, Sado Island, Niigata Prefecture, Japan. The Notayama Formation is correlated to the diatom zones NPD6B and NPD7A of the Neogene North Pacific diatom zonation, and its age can be estimated from 8.7 to 6.5 Ma. The Yamadagawa Formation is assigned to the diatom zone NPD7Ba (6.5-5.6 Ma). Chronostratigraphy of the Neogene sequence in the Hamochi area with a correlation to the standard chronostratigraphy in the Niigata sedimentary basin has been established. The abundant occurrence of *Stellarima microtrias* has been found in the middle part of the zone NPD6B where *S. microtrias* dominate diatom assemblage with a maximum of 49 % of the total assemblage. Similar mass occurrence of this species has been reported from the zone NPD6B in the Tsugawa and Shibata areas in the Niigata sedimentary basin, suggesting that it is possibly a widespread phenomenon. Taxonomic remarks are presented on some undescribed diatoms found in this study.

**Keywords :** diatom, marine, biostratigraphy, Miocene, Neogene, Hamochi, Sado, Niigata, Japan

\*地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and geoinformation)

### 要 旨

新潟県佐渡市羽茂地域の野田山（のたやま）セクションにおいて、中新統の野田山層と山田川層の珪藻化石層序を検討した。野田山層はNPD6B帯とNPD7A帯に対比され、その堆積年代は8.7～6.5 Maである。山田川層はNPD7Ba帯に含まれ、年代は6.5 Maから5.6 Maの間である。羽茂地域の中新統の年代層序を総括し、野田山層は新潟地域の標準坑井層序の下部寺泊階最上部から上部寺泊階下部に、山田川層は上部寺泊階に対比されることを明らかにした。また、野田山層のNPD6B帯中部に円心目珪藻の*Stellarima microtrias*の多産区間が存在し、これが新潟県津川地域や新発田地域でも確認される広域的な現象であることを指摘した。本研究で確認された未同定の珪藻種の幾つかについて簡単なコメントを付した。

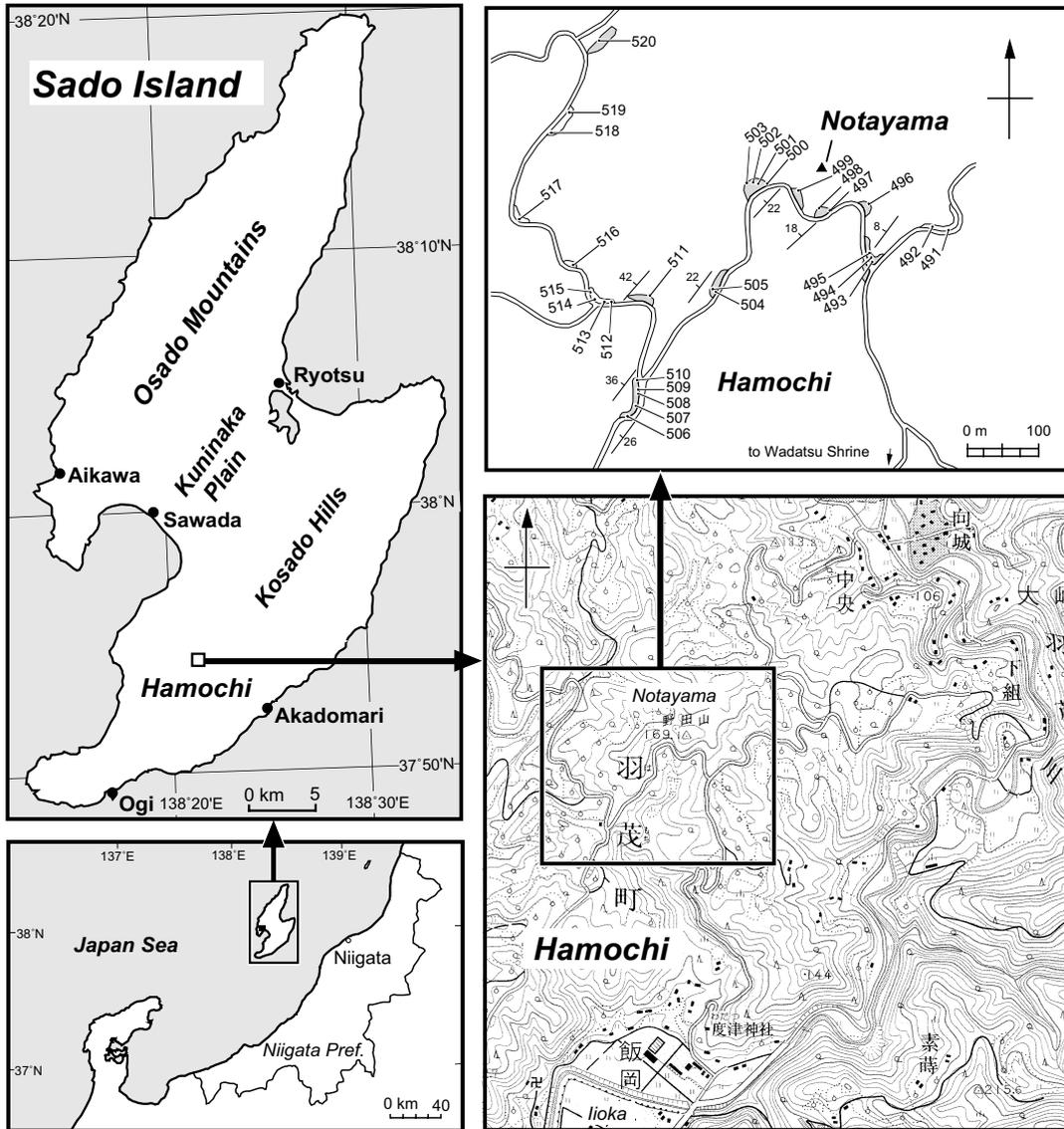
### 1. はじめに

新潟県の佐渡島（第1図）には、古第三紀～前期中新世の火山岩・火砕岩類とそれらを覆う中新世～第四紀の堆積物が広く分布している。こうした堆積物は日本海の生成・発展の歴史を詳しく記

録しており、日本海の地史を明らかにする上で重要である。

佐渡島は地形的には、北東—南西方向に伸びる大佐渡山地および小佐渡丘陵とそれらに挟まれた国中平野からなる（第1図）。このうち小佐渡丘陵に分布する新第三系に関する層序学的研究は、西田（1958）、島津ほか（1977）などによって進められ、小木団体研究グループ（1986）によって層序区分が総括された。その後、この層序区分が一部修正されて一般的に用いられている（小林・立石、1992；新潟県地質図改訂委員会、2000）。

小佐渡丘陵南部の羽茂地域（旧羽茂町、第1図）には、海生珪藻を含む地層が分布しており、渡辺・小林（1978）はその珪藻化石群集を分析して群集内容を明らかにした。また、小木団体研究グループ（1986）は、その結果に基づいてその当時の珪藻化石帯区分（秋葉ほか、1982）に対比した。しかし、その後、詳細な珪藻化石年代層序を確立したAkiba（1986）およびYanagisawa and Akiba（1998）の珪藻化石層序区分には正確に対比されておらず、この地域の新第三系の年代層序の一部には問題が残されていた。これらの珪藻を含む堆積物の年代を正確に明らかにすることは、佐渡島の地史ばかりでなく日本海の発達史を解き明かすためにも重



第1図 野田山ルート（佐渡市羽茂）の試料採取位置図. 国土地理院発行2万5千分1地形図「羽茂本郷」を使用.

Fig. 1 Map showing sample localities in the Notayama section, Hamochi, Sado Island.

要である。そこで今回、渡辺・小林 (1978) と同じルートでサンプリングを行い、珪藻化石年代と珪藻化石群集の詳細を明らかにしたので、その結果を報告する。

## 2. 地質概説

小木団体研究グループ (1986) によれば、小佐渡丘陵の新第三系は、下位より相川層、三瀬層、経塚山層、下戸層、鶴子層、野田山層および山田川層からなる (第2図)。このうち、下部の相川層、三瀬層および経塚山層は火山岩および火砕岩からなる陸成層である。

下戸層は経塚山層以下を不整合に覆う海進初期の堆積物で、海進前の侵食や断層運動で形成された谷状地形を埋積している (小佐渡団体研究グループ, 1977)。そのために厚さと層相の変化が著しいが、基本的には谷状地形を埋めたエスチュアリー (河口入江) 堆積物とその上位の浅海堆積物からなり、両者の間には海進に伴う侵食面が存在する。エスチュアリー堆積物は、下部に淘汰の悪い亜角礫岩、円礫岩が存在し、その上位に砂岩・泥岩が重なる。砂岩・泥岩は淘汰が悪く、炭質物が多く含まれており、バイオターベーションが見られることがある。この砂岩・泥岩中には *Anadara kakehataensis*, *Vicarya yokoyamai*, *Ostrea gravitesta* などの内湾～潮間帯を示す Arcid-Potamid 型の貝類化石群が産する (小佐渡団体研究グループ, 1977)。一方、上部の浅海成の砂岩は石灰質で、Pectinid 型の貝類化石群や *Miogyopsina kotoi*, *Operculina complanata japonica* などの大型有孔虫を含む。なお、海浜の環境を示す堆積物は、海進に伴う侵食によりほとんど失われている。

鶴子層は成層した硬質珪質泥岩を特徴とし、下位の下戸層とは整合であるが、両層の境界には海緑石が濃集した暗緑色の砂岩層 (海緑石砂岩層) が発達する。野田山層は鶴子層を整合に覆う珪藻質泥岩で、下部は葉理の発達する泥岩と無層理泥岩が繰り返す岩相からなるが、上部は無層理の塊状泥岩となる。山田川層は無層理塊状泥岩で、野田山層の塊状泥岩とは岩質が珪藻質でない点で異なる。なお、渡辺・小林 (1978) は、野田山層と山田川層を合わせて中山層としている。

## 3. 調査セクション・試料及び方法

試料は羽茂地域にある度津 (たどつ) 神社北方の野田山付近の農道沿い (野田山ルート) で採取した (第1図)。このルートは渡辺・小林 (1978) と

ほぼ同一である。このルートの新第三系堆積岩類は、走向が北東-南西で北西に 8-42° 傾斜している。試料は Sado491 から Sado520 まで合計 30 個採取した。なお、最下部の試料 Sado491 より下位には鶴子層の硬質泥岩が露出していたが、珪藻の産出は見込めないと判断し試料は採取しなかった。

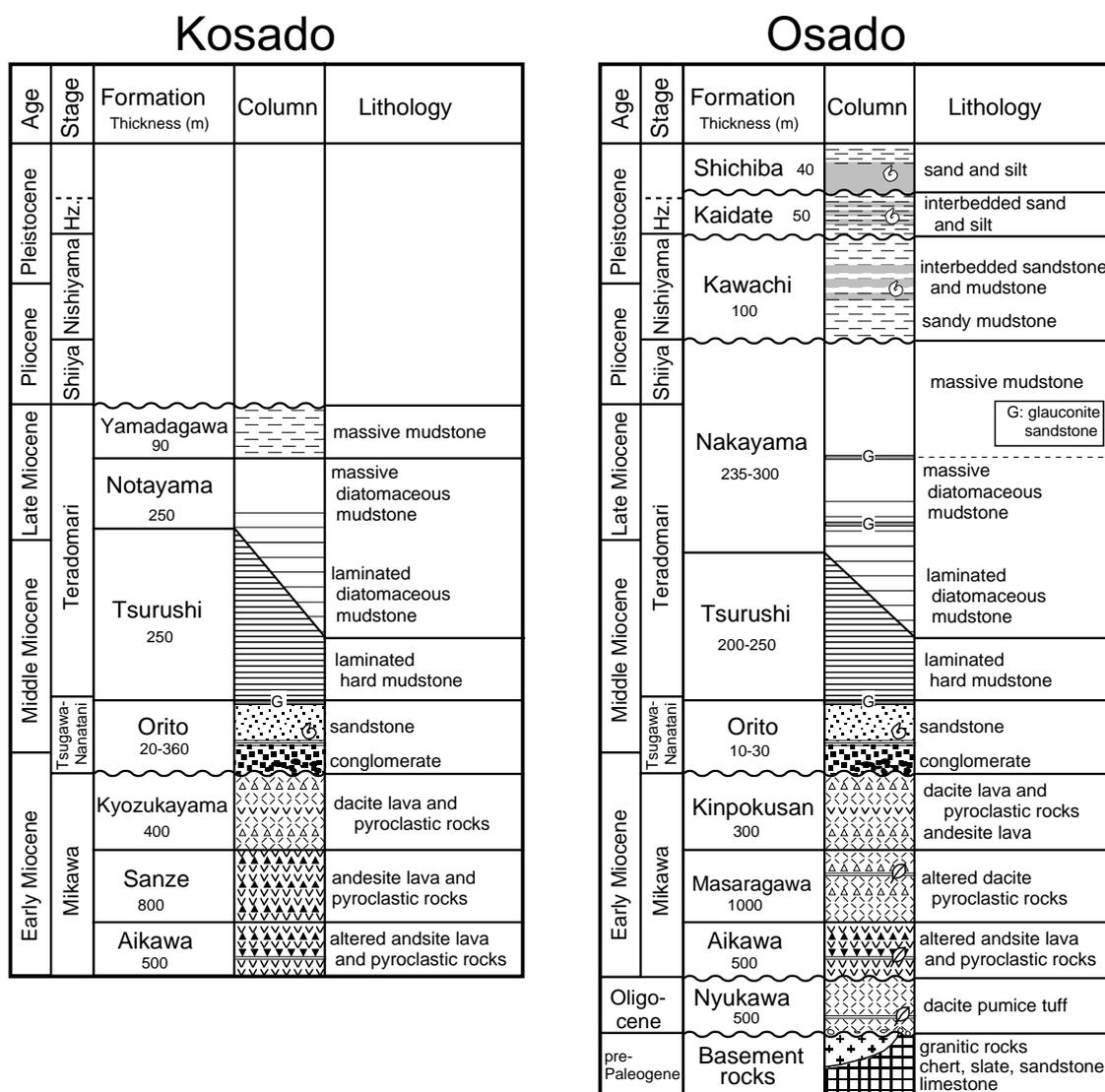
試料の処理は、Akiba (1986) の unprocessed strewn slide の方法で行った。乾燥試料は新聞紙でくるみ、ハンマーで砕いた後、約 1 g を 100 cc ビーカーに入れ、試料が浸る程度に純水を注ぎ入れ、一昼夜放置する。この過程で試料はほとんど泥化する。次にビーカーに純水を加えて約 100 cc の懸濁液とし、約 20 秒間放置して粗粒物が底に沈むのを待ち、上澄みの懸濁液からマイクロピペットで 0.5cc を取り出し、18 x 18 mm のカバーガラスに滴下する。これをホットプレートで加熱・乾燥後、アルコールで薄めた Pleurax (封入剤) をカバーガラスに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

珪藻殻の計数は、生物顕微鏡 600 倍の倍率下で行った。*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、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。なお、化石帯が決定できない場合は、さらにスライドを全面走査するか、さらにスライドを追加作成して走査した。休眠胞子については、上記 100 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。なお、生層準 D77, D85, D95 及び D105 のコードを暫定的に導入した (第4図の右下の付記を参照)。年代は Watanabe and Yanagisawa (2005) を用いて修正し、Gradstein *et al.* (2004) の地磁気極性年代尺度に合わせて調整した。

なお、記述を簡略化するために、コード番号のついた生層準を基準として、暫定的に各化石帯を細分して表示している (第4図参照)。本報告に関



第2図 小佐渡と大佐渡地域の新第三系及び第四系の層序.

Fig. 2 Lithostratigraphy of the Neogene and Quaternary sequences in the Kosado and Osado areas, Sado Island.

連する化石帯では, NPD6B 帯を 6B1, 6B2, 6B3 の 3 つに, NPD7A 帯を 7A1, 7A2 の 2 つに細分した。

#### 4. 珪藻化石層序

処理した30個すべての試料から珪藻化石が産出した(第1表)。野田山層では珪藻の保存は良好ないし中程度のものが多かったが, 山田川層では保存は不良であった。

珪藻化石層序の指標種としては, *Thalassionema schraderi*, *Nitzschia pliocena*, *Rouxia californica*, *Neodenticula kamschatica*が産出し, そのほか生層序学的に重要な種として *Cavitatus jouseanus*, *C. miocenicus*, *Thalassiosira temperei*などが見いだされた(第3図)。指標種にかかわる生層準としては, 下位より *Thalassionema schraderi*の初多産出(D66, 8.5 Ma), *Nitzschia pliocena*の初産出(D68, 7.9 Ma), *T. schraderi*の終産出(D70, 7.7 Ma), *N. pliocena*の終産出(D73, 6.8 Ma), *Rouxia californica*の終産出(D75, 6.5 Ma)が認められた。以上の生層準から, 野田山層はNPD6B帯(*Thalassionema schraderi*帯)とNPD7A帯(*R. californica*帯)に, 山田川層はNPD7B帯(*Neodenticula kamschatica*帯)のNPD7Ba亜帯(*Nitzschia rolandii* - *N. kamschatica*亜帯)に属することが判明した。野田山層と山田川層の境界はほぼNPD7A/7Ba境界に相当する。

以上の珪藻化石帯の年代から, 野田山層の堆積期間は8.7 Maから6.5 Maまでの約220万年間であることがわかる(第4図)。また山田川層については, 下限の年代は6.5 Maであり, 上限はNPD7Ba亜帯の上限である生層準D77(5.6 Ma; *Thalassiosira oestrupii*の初産出)に届いていないことから, その堆積年代は6.5 Maから5.6 Maの間であると推定できる。

### 5. 考察

#### 5.1 珪藻化石層序の比較

渡辺・小林(1978)は, 本研究と同じ野田山セクションで珪藻化石分析を行っている。その結果に基づいて, 小木団体研究グループ(1986)は, 野田山層を秋葉ほか(1982)の定義による *Thalassionema schraderi*帯に, 山田川層を同じく *Denticulopsis kamschatica*帯に対比した。

秋葉ほか(1982)の *T. schraderi*帯は, その後Akiba(1986)によって *T. schraderi*帯と *Rouxia californica*帯に分割されているので, 小木団体研究グループ(1986)の対比は基本的に本研究の結果と一致する。また, 秋葉ほか(1982)の *D. kamschatica*帯は,

その後化石帯承名種の属名の変更に伴い, Akiba(1986)によって *Neodenticula kamschatica*帯に名称が変更されているのみであり, この点でも小木団体研究グループ(1986)と今回の研究は一致している。ただし, 本研究では, 生層準レベルでさらに精密な年代目盛りを本地域の地層に対して与えることができた点で進歩したと言える。

#### 5.2 羽茂地域の新第三系の年代層序

次に, 本研究の成果と, これまでに報告のある年代データを基にして, 羽茂地域の新第三系の年代層序を総括する(第4図)。

下戸層からは八尾—門ノ沢動物群に属する Arcid-Potamid fauna が産出する。この動物群は Mid-Miocene Climatic Optimum の熱帯性気候を特徴づけるものである。柳沢(2011)によれば, 常磐地域におけるこの動物群の年代は, 酸素同位体比カーブで示される汎世界的な温暖期のピークに一致している。したがって, 日本各地で確認される本動物群は同時性が極めて高い年代指示化石群である可能性が高い。Arcid-Potamid fauna を産する下戸層の年代も, この Mid-Miocene Climatic Optimum のピークの年代, すなわち 17.1-16.7 Ma の間であると推定される。

鶴子層からは, 米谷(1978)および三輪ほか(2004)による日本海側浮遊性有孔虫化石帯の PF3 帯と PF4 帯下部に位置づけられる浮遊性有孔虫化石がわずかに産出している(渡辺, 1987)。後者は *Globorotalia rikuchuensis* を含む群集で, 新潟堆積盆の坑井層序における *G. rikuchuensis* bed に相当する群集である(第4図)。*G. rikuchuensis* の産出年代は, 岩手県一関の上黒沢層(林ほか, 1999)や栃木県烏山の大金層(Hayashi and Takahashi, 2002)での産出状況から, 約 12.3-11.5 Ma と推定されるので, 日本海側の *G. rikuchuensis* bed の年代も同程度の年代が推測される。

野田山層は本研究によって珪藻化石区分の NPD6B 帯と NPD7A 帯に対比され, その堆積年代は 8.7-6.5 Ma と推定できる。また, 山田川層は NPD7Ba 亜帯に対比され, その年代は 6.5 Ma から 5.6 Ma の間であると推定された。

#### 5.3 新潟標準坑井層序との対比

次に羽茂地域の中新統を有孔虫層序に基づく新潟堆積盆の標準坑井層序と対比した(第4図)。

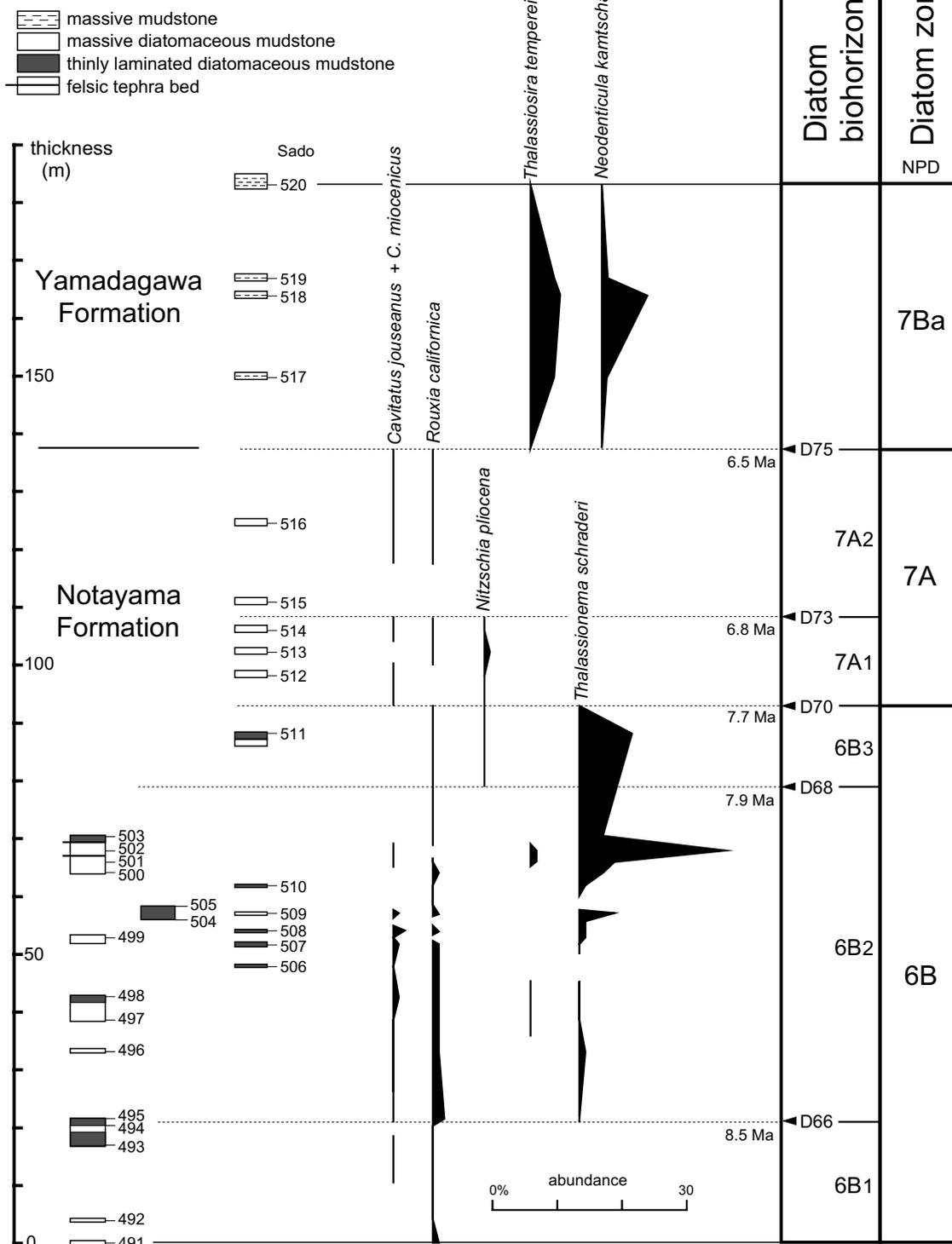
まず, 下戸層はその年代から七谷階の最下部に対比できる。

鶴子層の浮遊性有孔虫化石は, 七谷階上部の PF3 帯と, 下部寺泊階最下部の PF4 帯にある *G.*

第1表 野田山セクション (佐渡島羽茂) から産出した珪藻化石.  
Table 1 Occurrence chart of diatoms in the Notayama section, Hamochi, Sado Island.

Formation Diatom zones	Notayama Formation																	Yamadagawa														
	Thalassionema schraderi Zone (NPD6B)													NPD7A		NPD7Ba																
	6B1				6B2									6B3	7A1	7A2																
Sample number (Sado-)	491	492	493	494	495	496	497	498	506	507	499	508	504	509	505	510	500	501	502	503	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520		
Resistration number (GSJ R-)	103880	103881	103882	103883	103884	103885	103886	103887	103895	103896	103888	103897	103893	103898	103894	103899	103889	103890	103891	103892	103900	103901	103902	103903	103904	103905	103906	103907	103908	103909		
Preservation	M	P	M	G	M	P	G	G	P	M	G	G	P	G	P	P	P	P	P	G	G	M	P	P	P	P	P	P	P			
Abundance	C	R	C	C	R	R	A	A	R	A	C	A	R	C	C	C	R	C	R	A	A	A	R	C	R	R	R	R	R			
<i>Actinocyclus ellipticus</i> Grunow	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>A. ingens f. ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader	7	3	3	6	5	5	+	1	5	1	6	-	2	-	6	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>A. sp. A</i>	3	-	12	1	-	-	4	13	-	4	2	-	4	5	2	-	4	2	9	-	2	1	-	1	-	-	-	5	1	2	-	
<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	15	17	22	22	31	23	8	8	20	12	8	8	20	6	6	4	4	11	12	10	18	3	6	-	5	1	6	1	3	1		
<i>Azpeitia komurae</i> Akiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) Williams	1	-	-	+	2	1	1	1	1	-	-	+	-	1	+	+	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>C. linearis</i> (Sheshukova) Akiba et Yanagisawa	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	+	+	+	-	-	-	-			
<i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa	-	+	+	1	2	+	-	-	-	1	-	1	-	+	+	-	1	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Cocconeis</i> spp.	-	2	1	-	1	-	1	-	-	-	1	-	2	1	-	+	2	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	1	1	-	1	
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg	16	33	29	3	14	10	37	3	29	4	23	-	2	-	17	26	30	16	18	39	7	45	30	54	78	15	26	49	41	85		
<i>C. radiatus</i> Ehrenberg	4	-	-	11	-	-	-	-	-	4	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	
<i>C. sp. (small)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	8	+	-	-	-	-	-			
<i>C. spp.</i>	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	5	5	-	
<i>Delphineis surirella</i> (Ehrenberg) Andrews	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	+	1	-	+	-			
<i>Denticulopsis hyalina</i> (Schrader) Simonsen	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>D. lauta</i> (Bailey) Simonsen	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>D. praedimorpha</i> var. <i>praedimorpha</i> Barron ex Akiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>D. simonsenii</i> Yanagisawa et Akiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Diploneis</i> spp.	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	2	-	-	
<i>Eucampia</i> sp. A (= <i>Hemiaulus polymorphus</i> Grunow)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Grammatophora</i> spp.	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+		
<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>H. cuneiformis</i> var. 1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova	1	2	4	+	2	2	-	-	1	-	+	+	-	1	1	2	1	2	-	5	1	1	-	+	-	1	5	+	6	2		
<i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba	-	+	2	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Neodenticula kantschatica</i> (Zabelina) Akiba et Yanagisawa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	8	1	+	
<i>Nitzschia heteropolica</i> Schrader	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-			
<i>N. pliocena</i> (Brun) Merz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	1	+	-	-	-	-			
<i>N. cf. porteri</i> Frenguelli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-			
<i>N. rolandii</i> Schrader emend. Koizumi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	2	-	-	
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	17	11	6	8	7	9	3	7	3	4	9	6	4	10	6	13	16	14	4	11	2	6	3	4	4	4	20	15	25	9		
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundstöm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>P. barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle	6	17	1	27	22	32	12	+	27	7	17	+	27	19	30	41	21	22	16	19	16	26	28	30	2	6	1	-	-	-		
<i>P. barboi</i> var. 1	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Rhizosolenia</i> sp. A	+	-	2	5	3	1	1	-	1	-	-	-	2	+	-	-	-	-	-	-	1	+	-	6	3	-	-	-	-			
<i>R.</i> sp. B	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>R.</i> sp. C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-			
<i>R. styliformis</i> Brightwell	5	-	-	1	-	2	+	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4	1	-	-	
<i>Rouxia californica</i> Peragallo	-	+	+	+	+	+	+	1	+	1	+	2	-	1	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Stellarima microtrias</i> (Ehrenberg) Hasle et Sims	-	1	1	+	-	-	24	49	1	24	15	7	8	9	11	-	3	1	4	-	4	+	+	1	1	-	-	-	1	1	-	-
<i>Stephanopyxis</i> spp.	+	-	-	1	2	1	-	-	1	-	1	1	1	1	-	-	1	2	+	-	+	-	-	-	-	1	3	4	1	2	-	-
<i>Thalassionema hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader	1	-	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>T. nitzschiioides</i> (Grunow) H. et M. Peragallo	20	9	11	10	7	5	7	16	5	33	8	63	20	28	13	5	8	15	5	4	33	7	18	2	4	10	4	3	7	1		
<i>T. schraderi</i> Akiba	-	-	-	-	+	1	+	+	-	+	1	1	1	6	-	1	4	6	25	4	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>T. sp. A</i>	-	-	2	1	1	1	+	+	5	3	+	9	4	6	7	3	+	7	+	-	+	3	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Thalassiosira antiqua</i> (Grunow) Cleve-Euler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	+	+	
<i>T. leptopus</i> (Grunow) Hasle et Fryxell	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>T. manifesta</i> Sheshukova	1	-	1	1	+	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-			
<i>T. marujamica</i> Sheshukova	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>T. minutissima</i> Oreshkina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>T. opposita</i> Koizumi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>T. temperei</i> (Brun) Akiba et Yanagisawa	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5	4	+	
<i>T. sp. A</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>T. sp. B</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-			
<i>Trochosira concava</i> Sheshukova	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-			
<b>Non-marine diatoms</b>																																
<i>Aulacoseira</i> spp.	2	1	1	-	1	6	-	-	1	-	1	-	1	3	-	1	3	-	5	3	-	-	3	-	1	2	2	+	1	-	-	-
<i>Mesodyction</i> ? sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-																							

# Notayama (Hamochi, Sado)



第3図 野田山ルート（佐渡島羽茂）の珪藻化石層序。

Fig. 3 Diatom biostratigraphy in the Notayama section, Hamochi, Sado Island.



*rikuchuensis* bed に対比される。また、本層の上限（上位の野田山層の下限）の年代は約 8.7 Ma であるので、鶴子層全体としては七谷階最上部から下部寺泊階上部に相当することになる。

野田山層は本研究で明らかになった珪藻化石年代に基づき、下部寺泊階最上部から上部寺泊階下部に対比できる。また、最上部の山田川層は上部寺泊階上部に相当し、その上限は中新世/鮮新世境界、すなわち椎谷階の基底には届いていない。

以上、羽茂地域の中新統を新潟堆積盆の標準坑井層序に対比することができた。しかし、本地域の層序と対比に関しては、以下に示す 2 点の問題点が残っている。

1 つは、七谷階中下部（浮遊性有孔虫化石帯区分の PF1 帯および PF2 帯）を示す微化石が、佐渡島ではほとんど見つかっておらず、このために佐渡島と新潟堆積盆のこの時期の中新統の対比がよくわからない点である。

下戸層上部の石灰質砂岩からは PF1 帯に相当すると思われる貧弱な群集組成の有孔虫がわずかに報告されており、下戸層が七谷階に相当することは確かである（小木団体研究グループ, 1986; 渡辺, 1987）。しかし、その上位の鶴子層では、模式地である鶴子近傍の中山峠付近に分布する鶴子層でも、下限から上限まで産出するのは寺泊階を特徴づける有孔虫化石のみで、七谷階を示す有孔虫は検出されない（白井ほか, 1983）。

これに対して、新潟堆積盆では地表に露出する地層でも、多数存在する石油・天然ガス探鉱のための坑井でも、PF1 帯および PF2 帯の浮遊性有孔虫化石群集は、ほとんどの地域で普通に産出しており、その産出する層序区間もかなり厚いのが特徴である（たとえば、米谷, 1978; 渡辺, 1983 など）。このように七谷階中下部の PF1 帯および PF2 帯が佐渡島でほとんど見つからない原因としては、以下に示すように海緑石層がかかっている可能性がある。すなわち、鶴子層と下戸層の間にある海緑石砂岩層がこの七谷階中下部に相当し、この部分で極端に堆積速度が遅くなっているため、見かけ上 PF1 帯と PF2 帯が佐渡島では見つからないのではないかと考えられる。

日本本土から離れ、佐渡島と地質学的には類似した位置にある能登半島や男鹿半島でも、PF1 帯及び PF2 帯に相当する区間では、顕著な海緑石砂岩層が発達しており、わずか数十 cm〜数 m の海緑石砂岩層が 100-250 万年以上の年代を代表している部分も存在する（柳沢, 1999; 柳沢・渡辺, 2011）。したがって、佐渡島でも同様の現象が起っていた可能性がある。いずれにしろ、さらに詳

細な検討が必要である。

問題点の 2 つ目は、鶴子層と野田山層の境界が、非晶質シリカがオパール A の状態からオパール CT へと続成変化する層準であって、続成作用がおこる埋没深度までの違いから、その年代が場所により大きく異なっていることである。そもそも現状の鶴子層と野田山層との境界は続成作用による境界であって、初生的な岩相の境界ではなく、岩相層序区分としては不適切である。福沢 (1985) が北海道北部の稚内層・声問層の層序区分で行ったように、佐渡島の中新統においても、続成境界ではなく、堆積時の初生的な岩相の違いに基づいて新たに岩相層序を組み立てるか、あるいは鶴子層と野田山層を一括して 1 つの地層とするなど、層序区分を改訂する必要があると思われる。

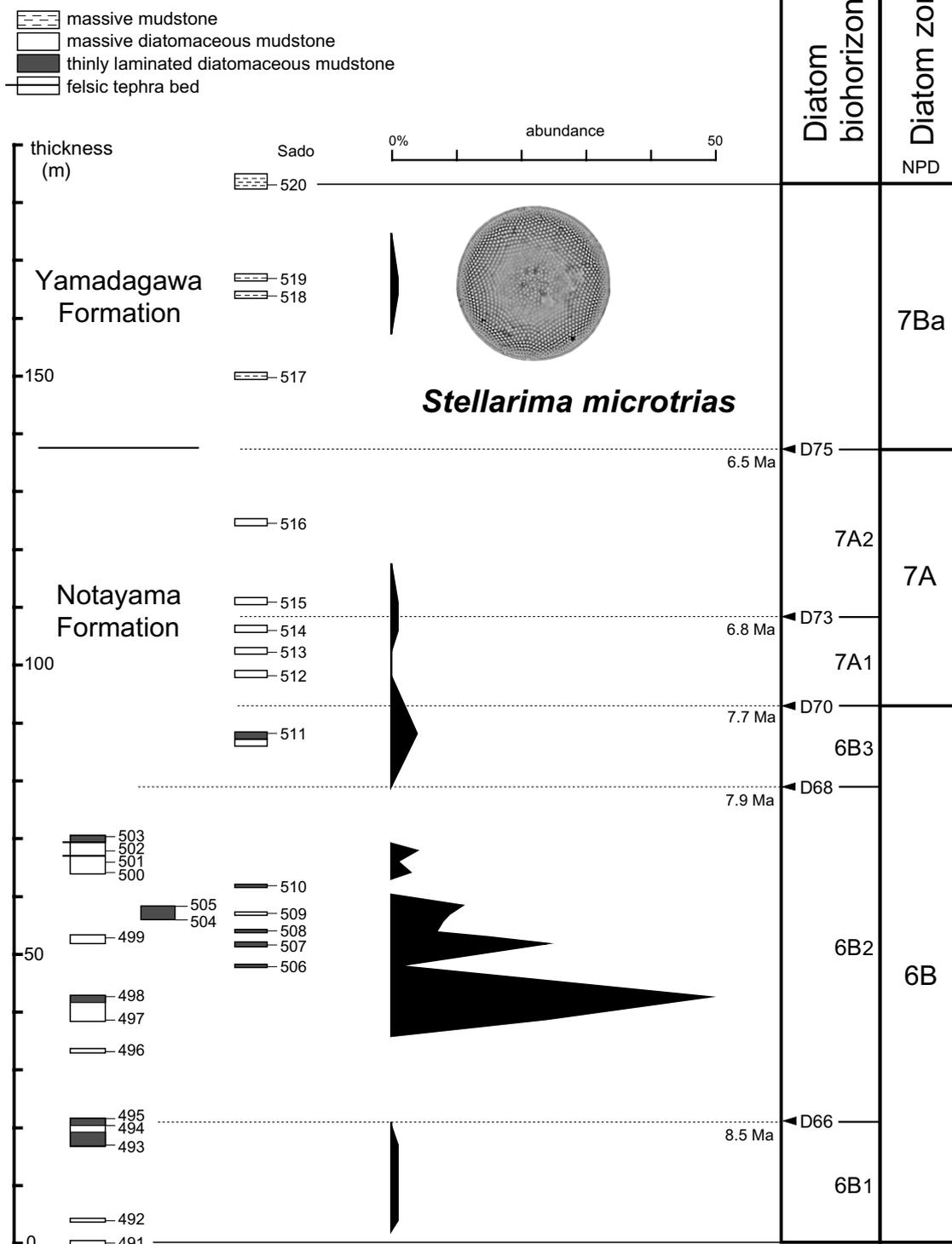
#### 5.4 *Stellarima microtrias* の多産イベント

野田山層下部には *Stellarima microtrias* が異常に多産する区間が認められた（第 5 図）。通常、この種は最大でも数%程度の頻度でしか産出しないが、野田山セクションでは、NPD6B 帯中部の 6B2 の区間で最大 49% もの高率（試料 Sado498）で産出している。この多産区間はこのセクションの堆積速度曲線から、下限が 8.35 Ma、上限が 8.1 Ma 程度の年代が見積もられ、継続時間は約 25 万年間と算定される。

全く同じ現象が、新潟県津川地域の野村層（柳沢ほか, 2010b, 第 12 図）や新発田市の内須川層（柳沢ほか, 2003, Appendix table 4）でも、同じ NPD6B 帯中部で確認されており、少なくともこの現象が新潟地域で広域的に広がっていたことがわかる。また、宮城県松島地域の大松沢層でも同じ層準に、*S. microtrias* の多産区間が見つまっている（柳沢, 未公表データ）。このことは、本種の多産現象が東北日本の広域にわたるイベントである可能性を示唆している。

この特異な現象の原因は現在のところわからない。これに類似した現象として、9.75-9.45 Ma 頃に起こった *Goniothecium rogersii* の多産現象が知られている（柳沢ほか, 2010a）。この現象は、新潟県内の津川（音無川, 品沢川）、新発田（菅谷）、佐渡（中山）、七谷（出戸）及び守門地域に分布する上部中新統において広く確認されており、その地理的な範囲も、*S. microtrias* の多産と似ている。おそらく、これら 2 つの多産現象は、ともにその時期に生じた何らかの特異な古海洋環境が関係しているのかもしれない。その地理的な広がりの確認も含めて、今後さらに検討する必要がある。

# Notayama (Hamochi, Sado)



第5図 野田山ルート (佐渡島羽茂) における *Stellarima microtrias* の多産区間.

Fig. 5 Abundant occurrence event of *Stellarima microtrias* in the Notayama section, Hamochi, Sado Island.

## 6. まとめ

本研究では、新潟県佐渡市羽茂地域の野田山セクションにおいて、中新統の野田山層と山田川層の珪藻化石層序を検討した。その結果、野田山層はNPD6B帯とNPD7A帯に対比され、その堆積年代は8.7–6.5 Maであることがわかった。また、山田川層はNPD7Ba帯に含まれ、年代は6.5 Maから5.6 Maの間であると推定された。以上の結果を含めて羽茂地域の中新統の年代層序を総括し、新潟地域の標準坑井層序との対応関係を明らかにした。また、鶴子層の年代や層序区分についての問題点を指摘した。そのほか、野田山層のNPD6B帯中部に *Stellarima microtrias* の多産区間が存在することを示し、この特異な現象が新潟県の津川地域や新発田地域でも確認される広域に広がった現象であることを指摘した。

本研究で確認された未同定の珪藻種の幾つかについて簡単なコメントを付した。

**謝辞：**(有) 珪藻ミナラボの秋葉文雄氏には、原稿を査読していただき、内容及び珪藻分類の関して極めて有益なご助言をいただいた。本研究の一部に科学研究費補助金基盤研究(C) 課題番号22540482 (研究代表者 柳沢幸夫) を使用した。ここに記して謝意を表する。

### Appendix: Taxonomic remarks on some diatoms

#### *Hemidiscus cuneiformis* var. 1

(Plate 1, Figs. 1-3)

**Remarks:** This variety differs from the nominate variety in its hyaline central area of valve face. This taxon is slightly similar to *Hemidiscus triangularis* (Jousé) Harwood et Maruyama, a species described and reported from the upper Miocene sediments in the Southern Ocean (Harwood and Maruyama, 1992; Censarek and Gersonde, 2002), in having a hyaline central area of valve face, but is different from the latter species by more slender valve outline. This taxon is also close to *Hemidiscus karstenii* Jousé (Akiba, 1982, p. 43, pl. 5, figs. 1-4), a Pleistocene marker diatom species in the Southern Ocean (Burckle et al., 1978), but is distinguished clearly from the latter by its distinct hyaline central area.

It is found only in one sample (Sado 492) in the lower part of the zone NPD6B in the Notayama section (Fig. 6).

#### *Proboscia barboi* var. 1

(Plate 2, Figs. 2, 3)

**Remarks:** This variety is differentiated from the nominate variety by its rough surface of process ornamented by numerous short spines. It is also resembles *Proboscia praebarboi* (Schrader) Jordan et Priddle (= *Rhizosolenia praebarboi* Schrader, 1973, p. 709, pl. 24, figs. 1-3), but differs from the latter in numerous short spines. It occurs in the middle part of the zone NPD7B in the Notayama section (Fig. 6).

#### *Rhizosolenia* sp. A

(Plate 2, Fig. 8)

*Rhizosolenia* sp.: Kanaya, 1959. Pl. 9, fig. 1.

*Rhizosolenia* sp. 1: Sheshukova-Poretzskaya, 1967, p. 204, pl. XXXIII, figs. 5a, b.

*Rhizosolenia hebetata* f. *hiemalis* Gran: Schrader, 1973, pl. 9, fig. 13.

*Rhizosolenia bergonii* Schrader: Utashiro et al., 1977, pl. III, fig. 5.

*Rhizosolenia hebetata* f. *hiemalis* Gran: Hasegawa, 1977, pl. XXII, fig. 8.

*Rhizosolenia* cf. *hebetata* f. *hiemalis* Gran: Akiba, 1986, pl. 17, figs. 10, 11.

**Remarks:** This species is similar to *Rhizosolenia hebetata* f. *hiemalis* Gran, but differs from the latter by not inflated and more delicate process.

#### *Rhizosolenia* sp. B

(Plate 2, Figs. 4-7)

*Rhizosolenia* sp.: Kanaya, 1959, pl. 9, fig. 2

**Remarks:** The species resembles *Rhizosolenia* sp. A, but is distinct from the latter species by its inflated process which looks like flame of candle. This species is found in the middle interval of the zone NPD6B in the Notayama section (Fig. 6).

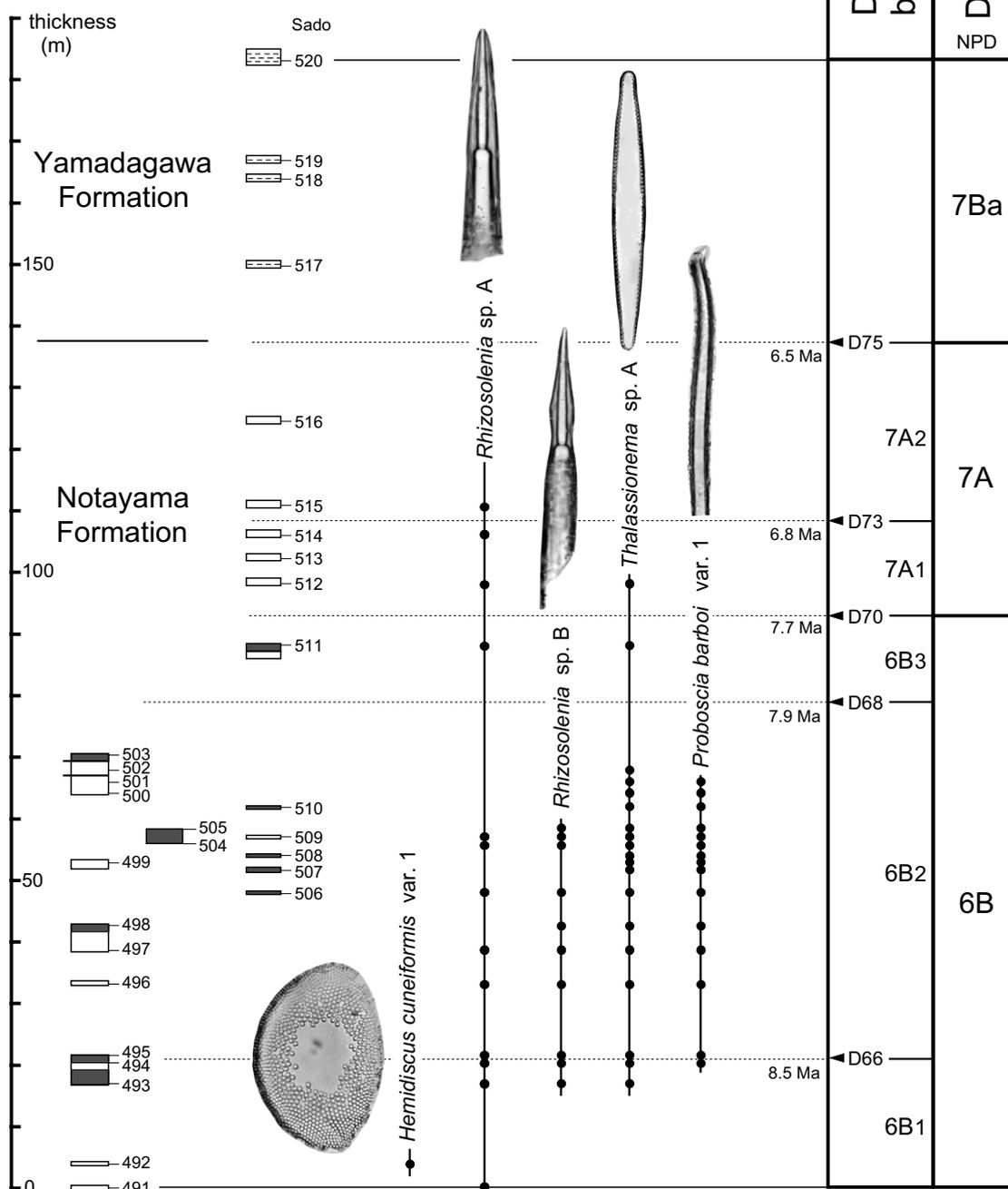
#### *Thalassionema* sp. A

(Plate 1, Figs. 13, 14)

**Remarks:** This taxon shows a resemblance to *Thalassionema schraderi* Akiba (Plate 1, Figs. 15-18), but differs from the latter in having a pointed apex with more slender and longer valve outline. This species also resembles *Thalassionema hirosakiensis* (Kanaya) Schrader, but differs by a pointed valve apex. *Thalassionema* sp. A is found from the lower part of the zone NPD6B to the lowest part of the zone NPD7A in the Notayama section (Fig. 6).

# Notayama (Hamochi, Sado)

-  massive mudstone
-  massive diatomaceous mudstone
-  thinly laminated diatomaceous mudstone
-  felsic tephra bed



第6図 野田山ルート（佐渡島羽茂）における未同定種の層序分布。

Fig. 6 Stratigraphic distribution of diatom taxa in the Notayama section, Hamochi, Sado Island.

文 献

- Akiba, F. (1982) Late Quaternary diatom biostratigraphy of the Bellingdhausen Sea, Antarctic Ocean. *Report of the Technology Research Center, J. N. O. C.*, no. 16, 31-74.
- 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. 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. 地質調査所月報, **33**, 215-239.
- Burckle, L. H., Clarke, D. B. and Schackleton, N. J. (1978) Isochronous last-abundant-appearance datum (LAAD) of the diatom *Hemidiscus karstenii* in the Sub-Antarctic. *Geology*, **6**, 243-246.
- Censarek, B and Gersonde, R. (2002) Miocene diatom biostratigraphy at ODP Site 689, 690, 1088, 1092 (Atlantic sector of the Southern Ocean). *Marine Micropaleontology*, **45**, 309-356.
- 福沢仁之 (1985) 北海道天北—羽幌地域の上部新第三系層序の再検討—とくに“稚内”・“声問”層について—. 地質雑, **91**, 833-849.
- Gradstein, F., Ogg, J. and Smith, A. (2004) *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 589p.
- Harwood, D. M. and Maruyama, T. (1992) Middle Eocene to Pleistocene diatom biostratigraphy of Southern Ocean sediments from Kerguelen Plateau, Leg 120. In Wise, S. W., Jr., Schlich, R. et al., (eds.) *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Sci. Results*, **120**, 682-733
- 長谷川康雄 (1977) 佐渡島後期中新世中山層の化石珪藻について. 佐渡博物館研究報告, no. 7, 77-101.
- Hayashi, H. and Takahashi, M. (2002) Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Miocene Arakawa Group in central Japan. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, **19**, 190-205.
- 林 広樹・柳沢幸夫・鈴木紀毅・田中裕一郎・斎藤常正 (1999) 岩手県一関市下黒沢地域に分布する中部中新統の複合微化石層序. 地質雑, **105**, 480-494.
- Kanaya, T. (1959) Miocene diatom assemblages from the Onnagawa Formation and their distribution in the correlative formations in Northeast Japan. *Sci. Repts. Tohoku Univ., Second Ser. (Geol.)*, **30**, 1-130.
- 小林巖雄・立石雅昭 (1992) 新潟地域における新第三系の層序と新第三紀古地理. 地質学論集, no. 37, 53-70.
- 小佐渡団体研究グループ (1977) 小佐渡西三川地域の下戸層. 地球科学, **31**, 193-203.
- 米谷盛寿郎 (1978) 東北日本油田地域における上部新生界の浮遊性有孔虫層序. 日本の新生代地質, 池辺展生教授記念論文集, 35-60.
- 三輪美智子・柳沢幸夫・山田 桂・入月俊明・庄司真弓・田中裕一郎 (2004) 新潟県北蒲原郡胎内川における鮮新統鋳江層の浮遊性有孔虫化石層序—No. 3 *Globorotalia inflata* bed 下限の年代について—. 石油技誌, **69**, 272-283.
- 新潟県地質図改訂委員会 (2000) 20 万分の 1 新潟県地質図 (2000 年版) および同説明書. 新潟県, 200p.
- 西田彰一 (1958) いわゆるグリーンタフ地域にまつわる諸問題. 新生代の研究, **27**, 8-21.
- 小木団体研究グループ (1986) 小佐渡山塊南部の新生界. 地球科学, **40**, 417-436.
- Schrader, H.-J. (1973) Cenozoic diatoms from the Northeast Pacific, Leg 18. In Kulm, L. D., von Huene, R. et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, U. S. Govt. Printing Office, Washington D. C., **18**, 673-797.
- Sheshukova-Poretsukaya, V. S. (1967) *Neogene Marine Diatoms of Sakhaline and Kamtchatka*. Leningrad (Izd. Leningrad Univ.), 429p.
- 白井健裕・前田洋子・高橋八千代 (1983) 佐渡島中山嶽地域に分布する鶴子層・中山層・河内層に関する 2・3 の考察. 新潟大学教育学部紀要, 自然科学編, **24**, 113-122.
- 島津光夫・金井克明・市橋紘一・佐々木正 (1977) 小佐渡の新第三系. 日本油田・ガス田図 11, 佐渡島地質図説明書, 地質調査所, 43-67.
- 歌代 勤・黒田一武・小林忠夫・西川 誠・長谷川康雄・藤田 剛・渡辺秀男 (1977) 新潟県佐渡郡佐和田地域第三系の層序と化石珪藻群集. 佐渡博物館研究報告, no. 7, 45-62.
- 渡辺悦子・小林巖雄 (1978) 小佐渡羽茂町中部地域に分布する新第三系の珪藻化石群. 斎藤

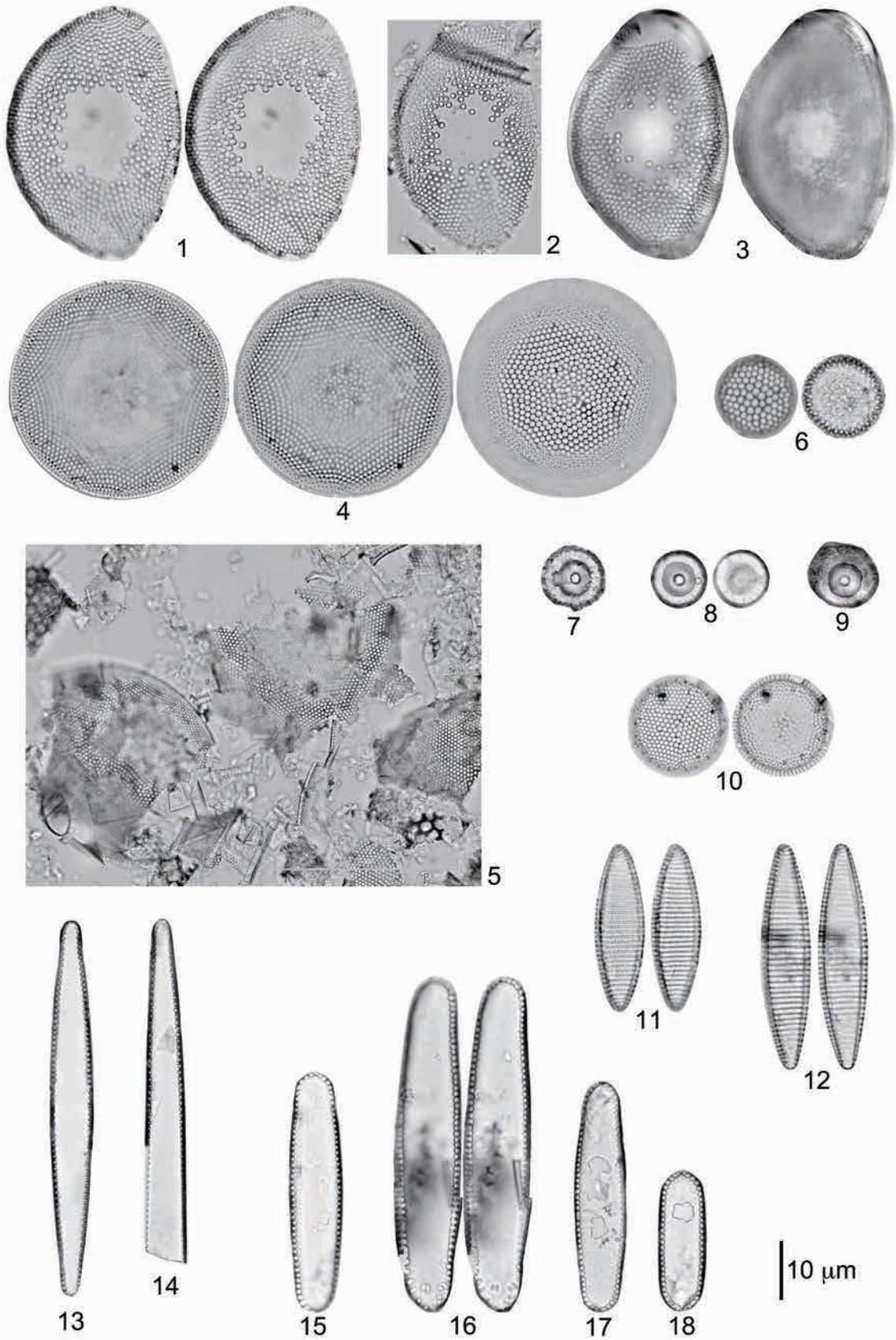
- 良二郎先生退職記念誌, 35-42.
- 渡辺其久男 (1983) 東北裏日本油田地域の年代層序の現状. 石油技誌, **48**, 88-92.
- 渡辺其久男 (1987) 佐渡島の有孔虫および放射虫について. 佐渡博物館研究報告, no. 9, 127-156.
- Watanabe, M. and Yanagisawa, Y. (2005) Refined Early Miocene to Middle Miocene diatom biochronology for the middle- to high-latitude North Pacific. *Island Arc*, **14**, 91-101.
- 柳沢幸夫 (1999) 能登半島珠洲地域の中新統の珪藻化石層序. 地質調査所月報, **50**, 167-213.
- 柳沢幸夫 (2011) 常磐地域の下部中新統湯長谷層群の珪藻化石層序. *Diatom*, **27**, 33-45.
- 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・平中宏典・黒川勝己 (2003) 新潟県新発田市北東部地域の中新統の珪藻化石層序とテフラ層序との対応関係. 地球科学, **57**, 299-313.
- 柳沢幸夫・平中宏典・黒川勝己 (2010a) 新潟県津川地域音無川ルートに分布する中部～上部中新統野村層の珪藻化石層序. 地質調査研究報告, **61**, 147-160.
- 柳沢幸夫・平中宏典・黒川勝己 (2010b) 新潟県津川地域の中部～上部中新統野村層と常浪層の珪藻化石層序. 地質調査研究報告, **61**, 417-443.
- 柳沢幸夫・渡辺真人 (2011) 5万分の1地質図幅「戸賀及び船川」地域(男鹿半島)の新第三紀及び第四紀の珪藻化石層序資料. 地質調査総合センター研究資料集, no. 533, 1-17.

## 図 版

**Plate 1** Late Miocene diatoms of the Notayama and Yamadagawa formations.

- 1-3** *Hemidiscus cuneiformis* var. 1 [Sado492]
- 4** *Stellarima microtrias* (Ehrenberg) Hasle et Sims [Sado494]
- 5** Abundant occurrence of *Stellarima microtrias* [Sado498]
- 6** *Coscinodiscus* sp. (small type) [Sado512]
- 7-9** Gen. et sp. indet. [Sado511]
- 10** *Thalassiosira* sp. B [Sado509]
- 11, 12** *Nitzschia pliocena* (Brun) Merz [Sado512]
- 13, 14** *Thalassionema* sp. A [Sado508]
- 15-18** *Thalassionema schraderi* Akiba [15, Sado498; 16-18, Sado511]

# Plate 1



**Plate 2** Late Miocene diatoms of the Notayama and Yamadagawa formations.

**1** *Proboscia barboi* (Brun) Jordan et Priddle [Sado511]

**2, 3** *Proboscia barboi* var. 1 [2, Sado494; 3, Sado509]

**4-7** *Rhizosolenia* sp. B [4, 5, Sado495; 6, Sado498; 7, Sado504]

**8** *Rhizosolenia* sp. A [Sado514]

## Plate 2

