

## 仙台層群の地質年代 —珪藻化石層序による再検討—

柳 沢 幸 夫\*

YANAGISAWA, Y. (1990) Diatom biostratigraphy of the Neogene Sendai Group, northeast Honshu, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 41(1), p. 1-25.

**Abstract** : The diatom biostratigraphy of the Sendai Group in Miyagi and Fukushima Prefectures was studied. The Tatsunokuchi Formation in the lower Sendai Group is assigned to the lower part of the *Neodenticula kamtschatica* Zone (NPD 7 B) of AKIBA's (1986) North Pacific diatom zonation. The Dainenji Formation in the upper Sendai Group is correlative with the interval from the uppermost part of the *N. kamtschatica* Zone (NPD 7 B) to the lower part of the *Neodenticula koizumii* Zone (NPD 9). On the basis of the diatom biostratigraphy of this study and MANABE's (1979, 1980) magnetostratigraphic study, the lower Sendai Group composed of the Kameoka and Tatsunokuchi Formations can be correlated to the magnetostratigraphic interval from Chron 5 to the Thvera Subchron of the Gilbert Chron (latest Miocene to earliest Pliocene in age). The boundary between the Miocene and Pliocene Epochs lies in the lowest part of the Tatsunokuchi Formation. The upper Sendai Group which consists of the Mukaiyama and Dainenji Formations in the Sendai area is correlative with the interval from the uppermost Gilbert Chron to the Mammoth Subchron of the Gauss Chron (latest Early Pliocene to Late Pliocene in age). The boundary between the Early and Late Pliocene nearly coincides with the base of the Dainenji Formation. This newly determined age of the Sendai Group is about 130-140 million years older than the previously accepted age.

### 1. はじめに

仙台層群は、東北日本太平洋岸の鮮新統を代表する地層群として知られ、南は福島県双葉地域から北は岩手県中部にかけて広範囲に分布している。本層群の地質年代を確定することは、これらの地域の陸域及び海域の新第三系の層序を確立する上で重要であるばかりでなく、本層群から産出する竜の口軟体動物群や仙台植物群をはじめとするさまざまな種類の動植物群の進化・変遷を明らかにする上で重要である。

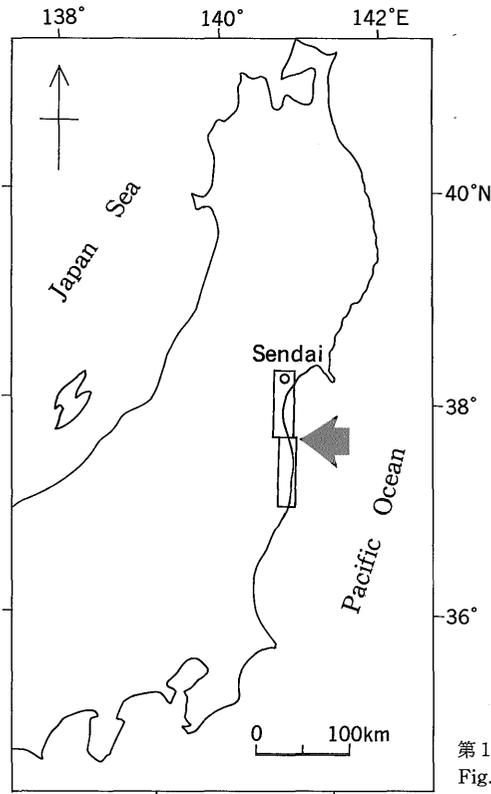
従来、本層群の年代は、珪藻化石 (KOIZUMI, 1972, 1973) と、それに関係づけられた古地磁気層序 (MANABE, 1979, 1980) を基にして推定されてきた (土編, 1979, 1981; KOIZUMI *et al.*, 1980; ISHIZAKI and TAKAYANAGI, 1981; 北村ほか, 1986; 石井, 1989 など)。しかし、本層群の珪藻化石層序については、KOIZUMI (1972, 1973) の結果と、松島地域に分布する仙台層群相当層の珪藻化石層序を明らかにした秋葉ほか (1982) との間には著しい食い違いが認められ、仙台層群の年代的

な位置づけは不明確なままであった。

模式地の仙台層群からは珪藻化石以外に時代決定に有効な微化石はほとんど産出しないため、本層群の年代的な位置づけを確定するためには、どうしても本層群の珪藻化石層序の問題点を解決することが必要である。そこで本研究では、模式地の仙台から福島県浜通り地方にかけて分布する仙台層群について、合計 11 のルートで試料を採取し、珪藻化石の分析を行った (第 1, 4 図)。その結果、仙台層群の珪藻化石層序については、秋葉ほか (1982) と整合的な結果が得られた。また今回の研究結果を基に MANABE (1979, 1980) の古地磁気層序を再解釈したところ、仙台層群の年代は KOIZUMI (1973) の珪藻化石層序に基づく従来の推定値よりも全体として約 130-140 万年も古くなり、本層群最下部は後期中新世末までさかのぼることが明らかになった。

研究にあたり、大阪大学教養部地学教室の小泉格助教授、石油資源開発株式会社技術研究所の秋葉文雄主任研究員、東北大学理学部地質学古生物学教室の小笠原憲四郎助教授には原稿を読んでいただき有益な御助言をいただいた。地質調査所海洋地質部の中村光一技官には、研

\* 地質部



第1図 調査地域の位置 長方形の枠は第4図に示す範囲。  
Fig.1 Location of studied area.

究に関して多くの有益な助言をいただいた。筑波大学の野田浩司教授には貝化石の文献について、また地質調査所地質標本館の佐藤喜男技官には仙台層群の貝化石について、それぞれ御教示いただいた。ここに深く感謝する。

## 2. 地質概説

模式地の仙台市周辺における仙台層群は、下位より亀岡、竜の口、向山及び大年寺の4層からなる(地団研仙台支部, 1980; 北村ほか, 1986)(第2図)。向山層の基底には不整合があり、この不整合によって本層群は下部(亀岡、竜の口層)と上部(向山、大年寺層)に分けることができる。

亀岡層は、砂岩、礫岩及び泥岩からなる陸成層で、3-4枚の亜炭層を挟む。また下部に酸性軽石凝灰岩を挟む。

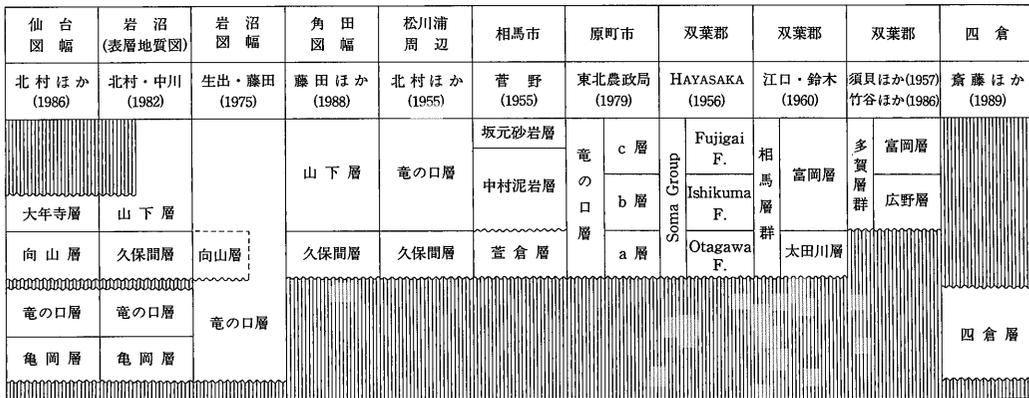
竜の口層は、亀岡層から漸移する海成層で、泥岩及び砂岩からなり、凝灰岩を挟む。本層からは、*Fortipecten takahashii*, *Anadara tatunokutiensis* を含む竜の口動物群が産出する。

向山層は、竜の口層を不整合に覆う陸成層で、砂岩、礫岩及び泥岩からなり、亜炭層を挟む。また下部に酸性

Age	地質系統 Geologic succession	動植物群 faunas and flora	フィッシュトラック年代 Fisson track ages (単位:Ma)
Q.	青葉山層 Aobayama F.		
Late Pliocene	仙台層群 Sendai Group	上部 大年寺層 Dainenji F.	大年寺動物群 Dainenji Fauna  竜の口動物群 Tatsunokuchi Fauna
		向山層 Mukaiyama F.	
Early Pliocene	仙台層群 Sendai Group	下部 竜の口層 Tatsunokuchi F.	← 8.5±1.6, 8.8±1.7
		亀岡層 Kameoka F.	← 8.1±1.4, 7.7±1.2
Late Miocene	秋保層群 Akiu G.	白沢層 Shirasawa F.	
		三滝層 Mitaki F.	
		梨野層 Nashino F.	
		湯元層 Yumoto F.	

∅ 仙台植物群 (Sendai Flora)  
⊗ 軟体動物群 (Molluscan fauna)

第2図 仙台地域における仙台層群の層序(北村ほか, 1986)  
Fig.2 Stratigraphic succession of the Sendai Group in Sendai area (after KITAMURA *et al.*, 1986).



第3図 宮城県南部及び福島県太平洋岸(浜通り地方)における仙台層群の対比

Fig. 3 Stratigraphic correlation of the Sendai Group in the type Sendai area with correlatives in the southern part of Miyagi Prefecture and coastal region of Fukushima Prefecture (Hamadōri region).

凝灰岩層(広瀬川凝灰岩部層)を挟在する。

大年寺層は、向山層を整合に覆う河口や浅海域の堆積物で、下部は砂岩から、上部は泥岩からなり、一部亜炭層を挟む。本層からは、竜の口層動物群とは異なる構成の貝化石群が産出する(OGASAWARA *et al.*, 1988)。

宮城県南部から福島県浜通り地方にかけて分布する仙台層群は、模式地の仙台付近との対比が確実でなかったため、仙台付近とは異なる地層名が一部で使われてきた(第3図)。しかし本報告では、珪藻化石層序によって対比が確実に行えるようになったので、模式地での地層名を本層群分布域全域で、統一的使用することにする。

宮城県亶理町以南の仙台層群は、原則として1堆積サイクルしか発達しない。従来このサイクルは、仙台層群下部に対比されていた(北村ほか, 1955; 北村, 1967)が、最近では仙台層群上部に相当するものと考えられている(北村・中川, 1982)。また、福島県原町市より南の双葉地域では、仙台層群相当層は、相馬層群または多賀層群とも呼ばれてきた(HAYASAKA, 1956; 須貝ほか, 1957; 江口・鈴木, 1960; 竹谷ほか, 1986)。なお、福島県いわき市四倉付近に分布する四倉層は、その珪藻化石群の組成(高柳ほか, 1988; 斎藤ほか, 1989)からみて、仙台層群下部に対比できる(柳沢ほか, 1989)。

### 3. 方法及び結果

試料の採取は、仙台周辺から福島県双葉郡にかけての地域から、11ルートを選んで行った(第4-7図)。試料の処理は、秋葉ほか(1982)のunprocessed strewn slideの作成法に従って行った。珪藻蓋殻の算定は、倍率1000倍で、1試料あたり100個までとし、それ以上の走査で

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。

研究の結果明らかになった珪藻化石層序を第7図にまとめた。また各層序セクションにおける主な珪藻種の層序的分布を第8-18図に示す。

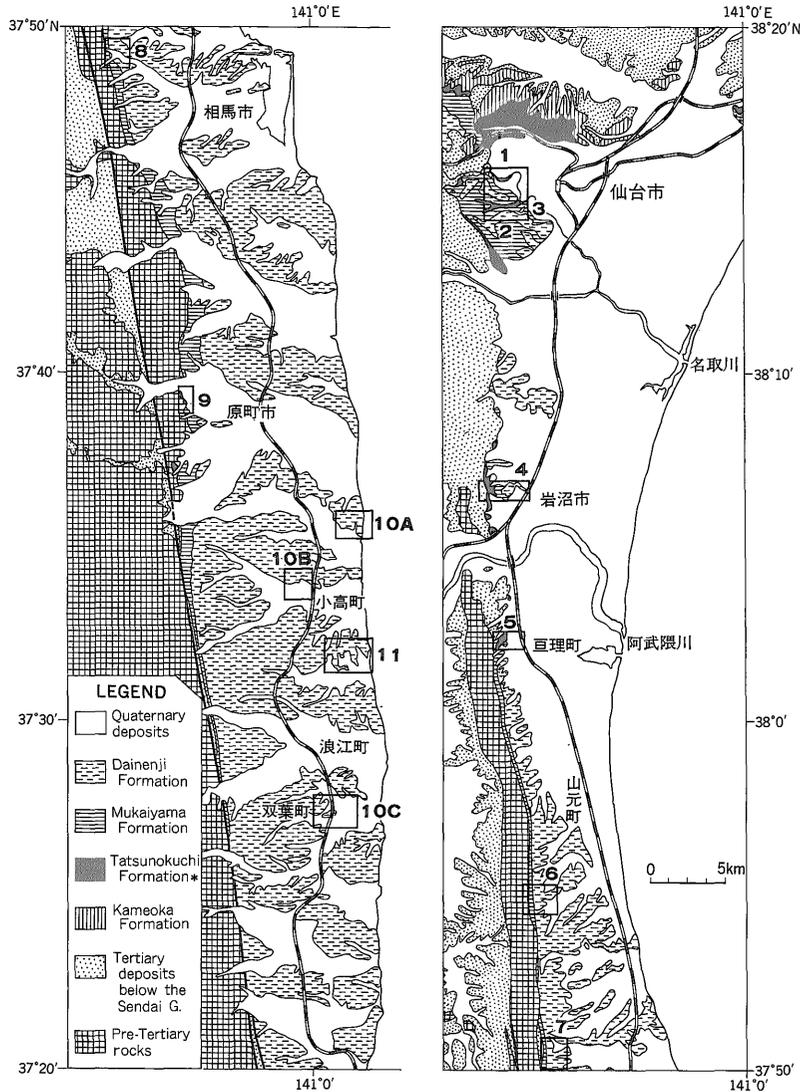
## 4. 珪藻化石群

### 4.1 竜の口層

本層については、澱橋、竜の口溪谷、岩沼、亶理及び信田沢の5セクションで珪藻化石の分析を行った(第8, 9, 11, 12, 16図)。

産出した珪藻化石群は、塩分濃度の比較的低い海水域を指示する *Paralia sulcata* が優占する。また、*Actinocyclus senarius* と *Thalassionema nitzschioides* も多く含まれる。一方、*Neodenticula kamtschatica*, *Thalassiosira antiqua*, *Actinocyclus curvatus* などの外洋性種の産出は、散点的かつまれである。以上のことは、竜の口層が、外洋水が多少入り込むような内湾で堆積したことを示す。なお、竜の口溪谷セクションの最上部(Ta 07より上位)では、*P. sulcata* はほとんど産出しなくなり、替わって外洋性の *N. kamtschatica* が連続的に産出するようになる(第9図)。おそらくこの部分は、海進が進んで内湾的環境から外洋的環境へと移り変わる漸移部と考えられる。

本層から産する外洋性珪藻種は、*N. kamtschatica*, *A. curvatus*, *Coscinodiscus marginatus*, *Thalassiosira antiqua*, *T. zabelinae* のような寒流系種がほとんどである。しかし、非常にまれではあるが、暖流系の *Nitzschia marina*, *N. reinholdii* 及び *Thalassiosira convexa* が検



第4図 宮城県及び福島県の太平洋岸に分布する仙台層群の地質図 以下の文献を基に作成。北村(1967), 北村ほか(1986), 生田・藤田(1975), 北村・中川(1982), 藤田ほか(1988), 北村ほか(1955), 東北農政局(1979), 島津ほか(1986), 山路ほか(1986), 江口・鈴木(1960), 久保ほか(印刷中)。四角の枠と番号は, 第5-7図に示す層序セクションの範囲と番号。\*: 岩沼市以南では亀岡層も含む。①: 澁橋; ②: 竜の口溪谷; ③: 向山; ④: 岩沼; ⑤: 亘理; ⑥: 久保間; ⑦: 椎木川; ⑧: 初野町; ⑨: 信田沢; ⑩A: 小浜; ⑩B: 小高; ⑩C: 双葉; ⑪: 姥沢。

Fig. 4 Geologic map of the Sendai Group exposed in coastal regions of Miyagi and Fukushima Prefectures, northeast Japan. Numbers indicate stratigraphic sections shown in Figs. 5-7.

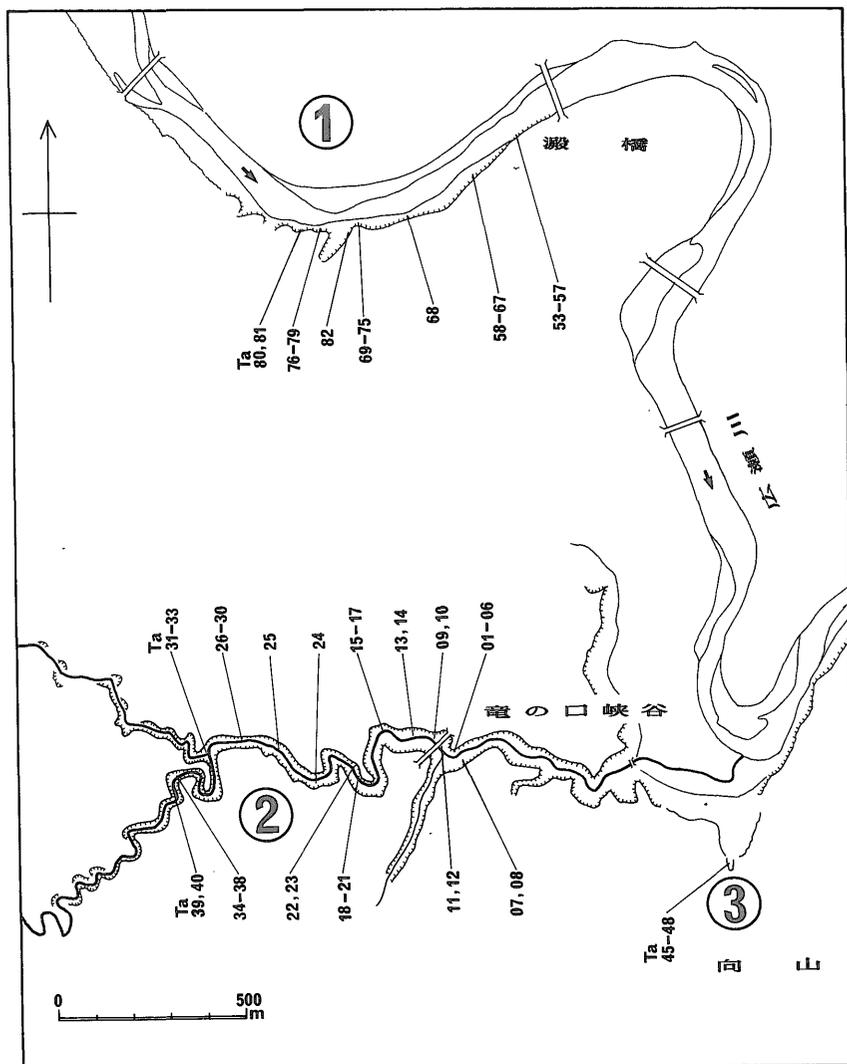
出され, 暖流の影響が僅かではあるが認められる。したがって, 本層堆積時の古海況としては, 寒流の卓越した混合水域が推定できる。

#### 4.2 大年寺層

大年寺層については, 向山, 岩沼, 久保間, 椎木川, 初野町, 小浜-小高-双葉, 及び姥沢の7セクションで珪藻化石の分析を行った(第10, 11, 13-15, 17, 18図)。

向山及び岩沼セクションにおける大年寺層の珪藻化石群(第10, 11図)は, *P. sulcata*, *T. nitzschoides* 及び *A. senarius* が多く, 外洋性の *N. kamtschatica* などは産出がまれである。したがって, これらの地域の大年寺層の堆積環境としては, 竜の口層と同様な外洋水が僅かに入り込む内湾のような環境が推定できる。

一方, 久保間以南のセクションにおける大年寺層の珪



第5図 仙台地域における試料の採取位置 ①：湯橋セクション (Ta 53-82)；②：竜の口溪谷セクション (Ta 01-40)；③：向山セクション (Ta 45-48)。

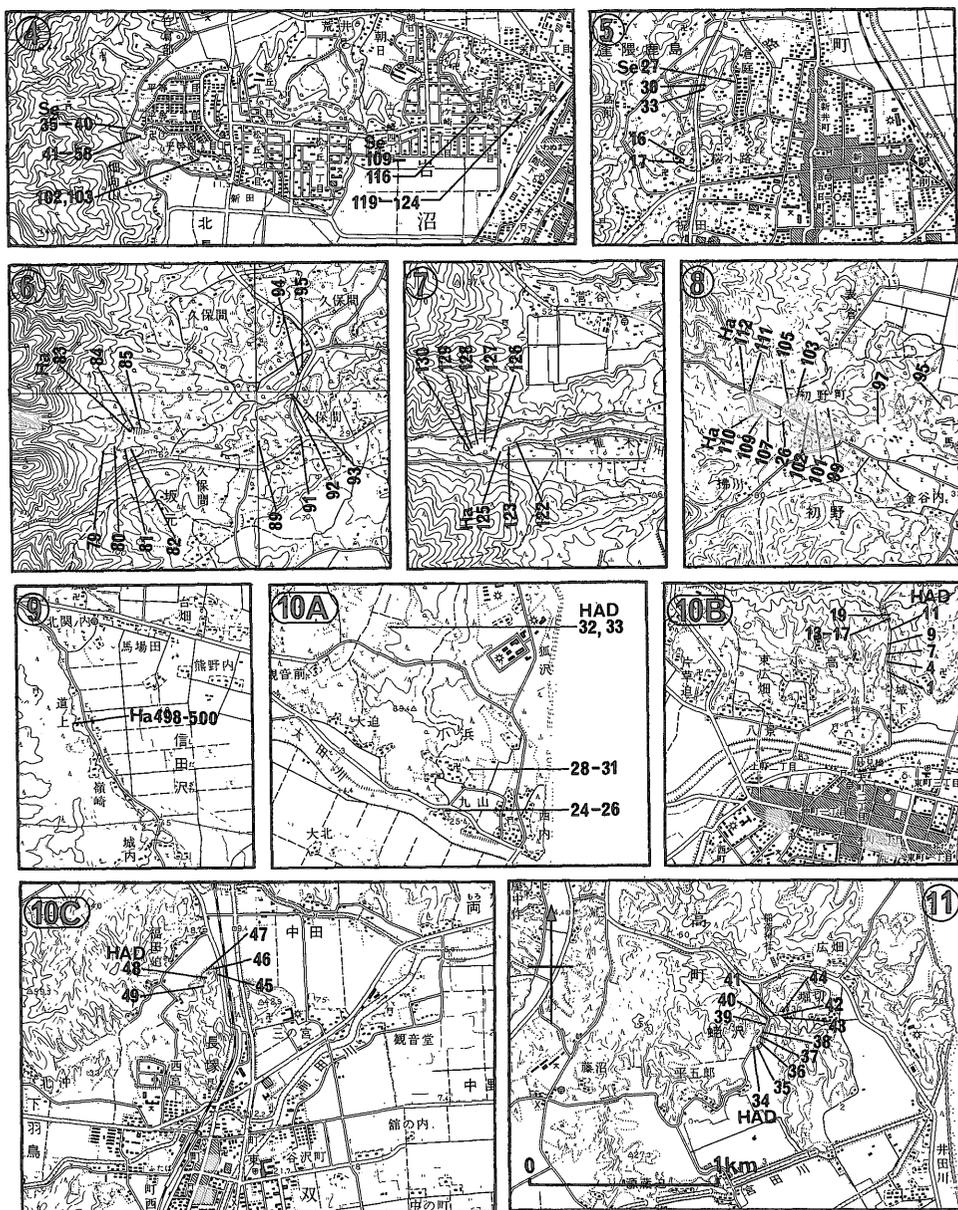
Fig. 5 Map of Sendai area, showing sample localities. ①: Yodomi-bashi section (Ta 53-82)；②: Tatsunokuchi-keikoku section (Ta 01-40)；③: Mukaiyama section (Ta 45-48).

藻群(第13-15, 17, 18図)は, *P. sulcata* 及び *A. senarius* の比率は少なく, 外洋性の *Neodenticula* 及び *Thalassiosira* 属が卓越している。このことは, この地域の大年寺層が外洋域で堆積したことを示す。

このように, 大年寺層の珪藻化石群は, 北方の仙台・岩沼地域では内湾性, 南方の久保間以南の浜通り地方では外洋性の堆積環境を示している。このことから, この2つの地域の境界にあたる宮城県亘理町付近に, 北方の内湾域と南方の外洋域を区切っていた砂州のようなもの

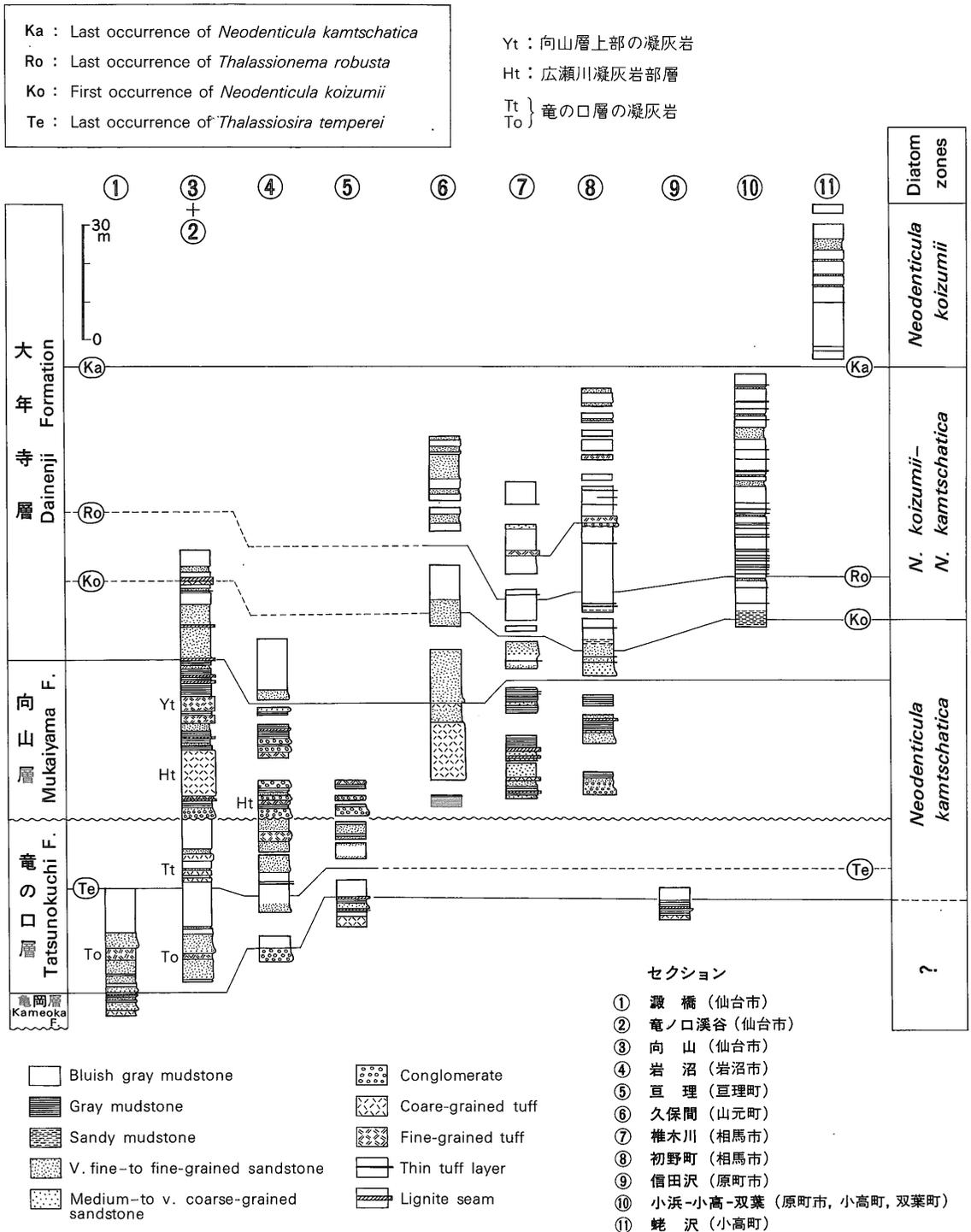
が存在したと推定できる。

大年寺層から産出する外洋性種の中からは, 寒流系の *N. kamtschatica*, *N. koizumii*, *N. sp. A* 及び *Thalassiosira antiqua* の比率が高い。このほかに寒流系種としては, *Actinocyclus curvatus*, *A. ochotensis*, *Bacterosira fragilis*, *Coscinodiscus marginatus*, *Nitzschia grunowii*, *Rhizosolenia barboi*, *Thalassiosira gravida*, *T. nidulus*, *T. nordenskiöldii*, *T. trifulta*, *T. zabelinae* など多数の種が産出する。一方暖流系種としては, *Azpeitia*



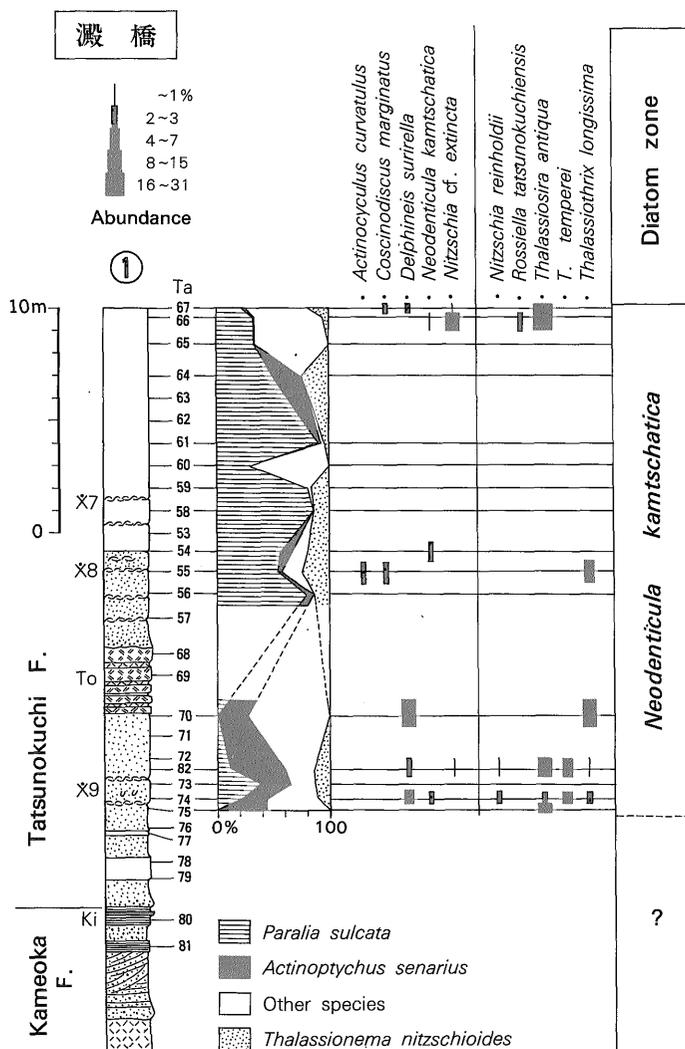
第6図 宮城県南部及び福島県太平洋岸地域(浜通り地方)における試料採取位置 国土地理院発行2万5千分の1地形図使用(以下使用した地形図名は「」内に示す)。スケール及び方位は⑪に示す(各図共通)。④:岩沼セクション(宮城県岩沼市,「岩沼」);⑤:亙理セクション(宮城県亙理郡亙理町,「亙理」);⑥:久保間セクション(宮城県亙理郡山元町,「山下」,「新地」,「角田」,「丸森」);⑦:椎木川セクション(福島県相馬市,「新地」);⑧:初野町セクション(福島県相馬市,「相馬中村」);⑨:信田沢セクション(福島県原町市,「原町」);⑩:小浜セクション(福島県原町市,「大甕」);⑩B:小高セクション(福島県相馬郡小高町,「小高」);⑩C:双葉セクション(福島県双葉郡双葉町,「浪江」);⑪:蛭沢セクション(福島県相馬郡小高町,「塚原」)。

Fig. 6 Sample localities in the southern part of Miyagi Prefecture and coastal region of Fukushima Prefecture. ④: Iwanuma section; ⑤: Watari section; ⑥: Kuboma section; ⑦: Shiiki-gawa section; ⑧: Hatsunomachi section; ⑨: Shidazawa section; ⑩A: Kohama section; ⑩B: Odaka section; ⑩C: Futaba section; ⑪: Ebisawa section.



第7図 仙台層群の地質柱状図

Fig. 7 Stratigraphic columns of the Sendai Group. ① : Yodomi-bashi section ; ② : Tatsunokuchi-keikoku section ; ③ : Mukaiyama section ; ④ : Iwanuma section ; ⑤ : Watari section ; ⑥ : Kuboma section ; ⑦ : Shiiki-gawa section ; ⑧ : Hatsunomachi section ; ⑨ : Shidazawa section ; ⑩ : Kohama-Odaka-Futaba composite section ; ⑪ : Ebisawa section.



第 8 図 澁橋セクション(宮城県仙台市)における主な珪藻種の層序的分布 柱状図の凡例は第 10 図と同じ。× 7-9 : 地団研仙台支部 (1980) による貝化石層の番号(ただし, × 9 は本報告で追加); Ki: 亀岡層最上部の亜炭層。To: 竜の口層下部の凝灰岩層。

Fig. 8 Stratigraphic distribution of selected diatom species in Yodomi-bashi section, Sendai City, Miyagi Prefecture. See Fig. 10 for legend of stratigraphic column.

*nodulifer*<sup>1)</sup>, *Hemidiscus cuneiformis*, *Nitzschia fossilis*, *N. jouseae*, *N. reinholdii*, *Thalassiosira convexa* が産出するが, 寒流系種に比べると種数及び産出量ともに劣っている。以上の産状は, 大年寺層が KOIZUMI (1972) が指摘しているように, 寒流の影響が相対的に強い寒暖混合水域で堆積したことを示す。

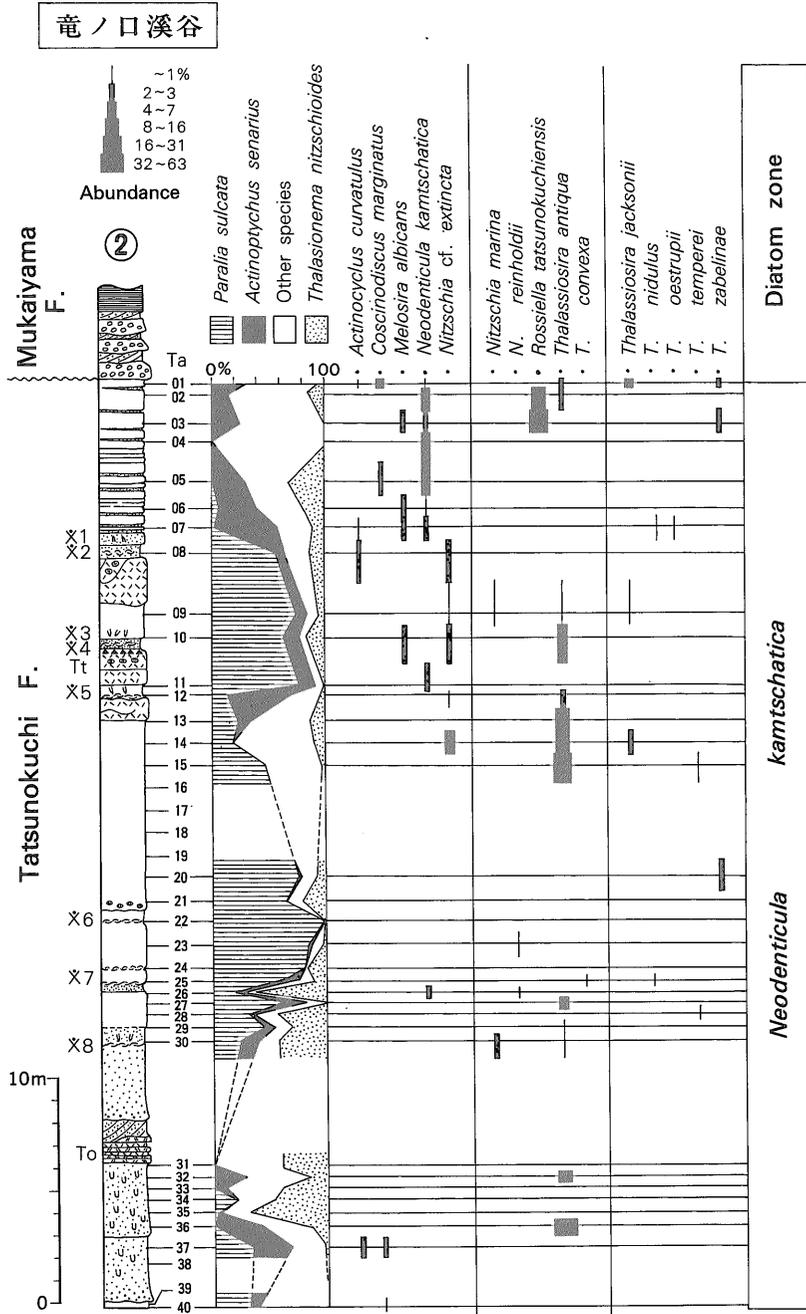
1) 本種の正しい種名は, ラテン語文法に従えば *A. nodulifera* である (高野秀昭, 私信)。

## 5. 珪藻化石層序

本報告では原則として AKIBA (1986) の北太平洋中-高緯度珪藻化石帯区分を使用する。

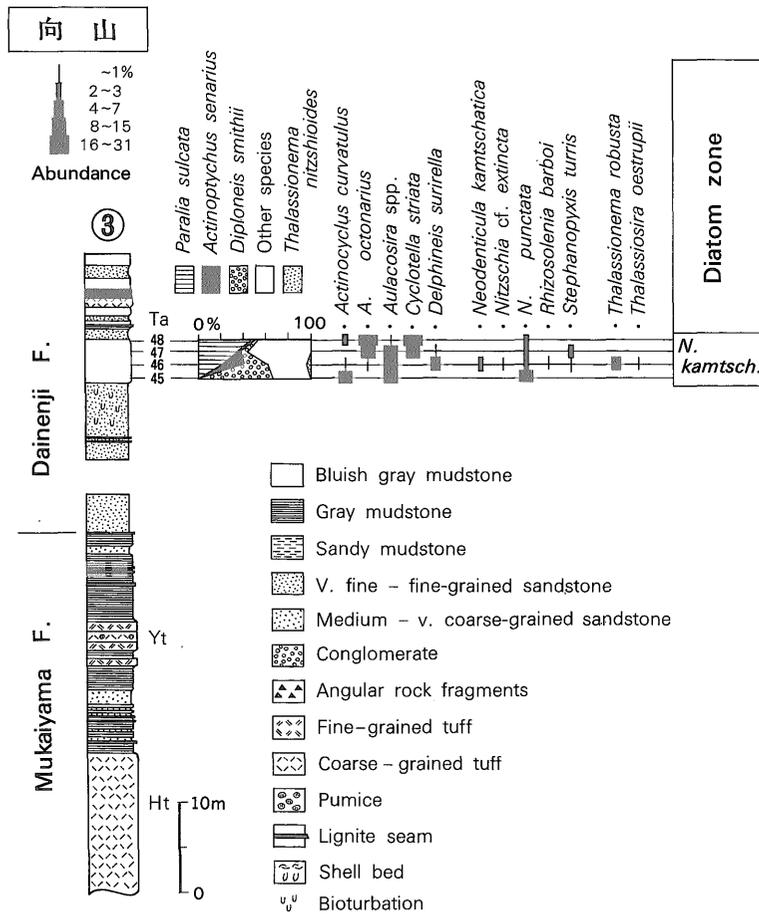
### 5.1 竜の口層

竜の口層は内湾的な堆積物であるため, 本層からは年代決定に有効な外洋性種は散点的かつまれにしか産出しない(第 8, 9, 11, 12, 16 図)。ただし, 最も重要な指



第9図 竜ノ口溪谷セクション(宮城県仙台市)における主な珪藻種の層序的分布 柱状図の凡例は第10図と同じ。×1-8: 地研研仙台支部(1980)による貝化石層の番号; To, Tt: 竜ノ口層の凝灰岩層。

Fig. 9 Stratigraphic distribution of selected diatom species in Tatsunokuchi-keikoku section, Sendai City, Miyagi Prefecture. See Fig. 10 for legend of stratigraphic column.



第10図 向山セクション(宮城県仙台市)における主な珪藻種の層序的分布 Ht: 広瀬川凝灰岩部層; Yt: 向山層上部の凝灰岩層。

Fig. 10 Stratigraphic distribution of selected diatom species in Mukaiyama section, Sendai City, Miyagi Prefecture.

標種である *N. kamtschatica* は、信田沢セクションを除く澁橋・竜の口溪谷・岩沼・亘理の4セクションから散点的ではあるが産出する。特に、竜の口溪谷セクションの最上部では、この種の産出はほぼ連続的である。しかし、KOIZUMI (1973) が、本層から産出するとした *Neodenticula seminae* 及び *N. koizumii* は全く検出されなかった。したがって、竜の口層は、AKIBA (1986) の *N. kamtschatica* Zone (NPD 7B) に属するといえる。

なお、*Thalassiosira temperei* は本層下部からは産出するが、本層上部からは全く検出されないため、本種の最終産出層準は竜の口層中部に存在するとみられる(第7図)。

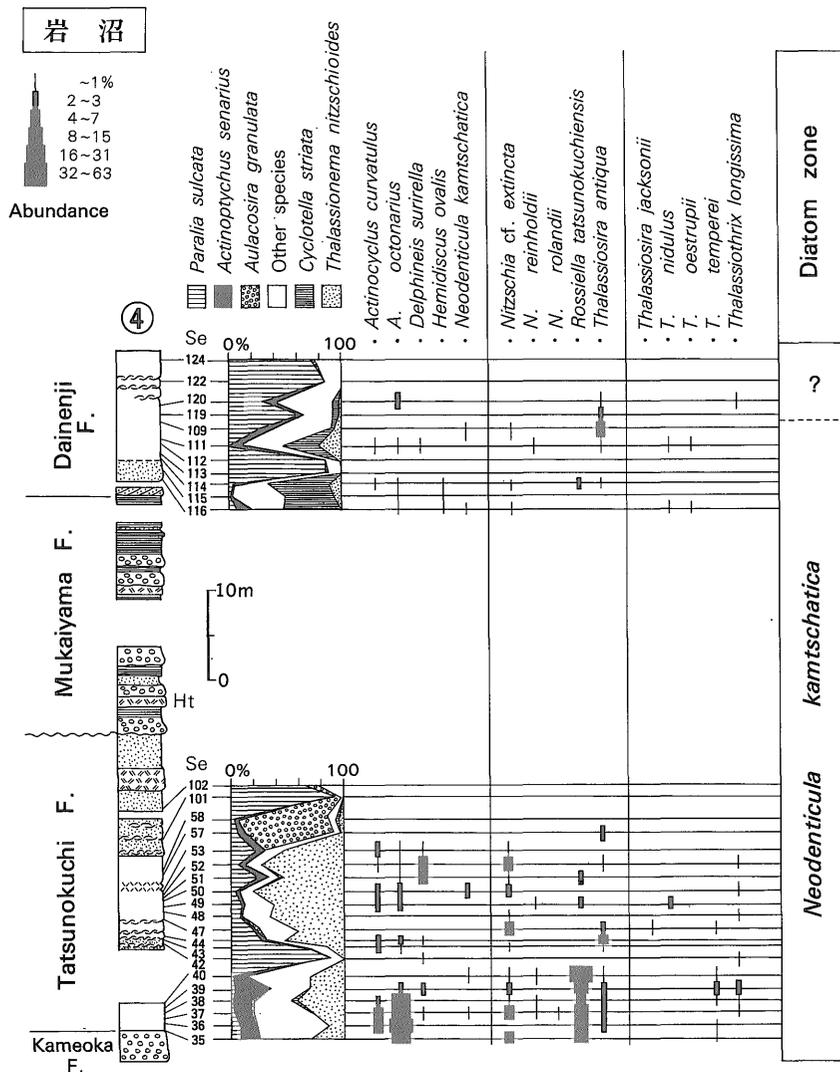
### 5.2 大年寺層

向山・岩沼両セクションでは、大年寺層の堆積環境は

内湾性のため、年代を決める外洋性種の産出は限られている。重要な指標種としては、*N. kamtschatica* が少量ながら本層下部から産出した。しかし、*N. koizumii* は全く産出しない(第10, 11図)。したがって、向山・岩沼両セクションの大年寺層は、少なくともその下部は *N. kamtschatica* Zone (NPD 7B) に属することは確かである。

一方、久保間、椎木川、初野町、小浜-小高-双葉及び蛭沢の5セクションの大年寺層では、珪藻化石帯の指標となる外洋性種は連続的に産出しており、特に年代決定の決め手となる *Neodenticula* 属は連続的かつ多量に産出する(第13-15, 17, 18図)。

上記の5セクションのうち、蛭沢セクションを除く4セクションの大年寺層は、*Neodenticula* 属の層序的分布



第 11 図 岩沼セクション(宮城県岩沼市)における主な珪藻種の層序的分布 柱状図の凡例は第 10 図と同じ。Ht: 広瀬川凝灰岩部層。竜の口層下部 (Se 44 付近)からは、貝化石 *Fortipecten takahashii* が多産する。

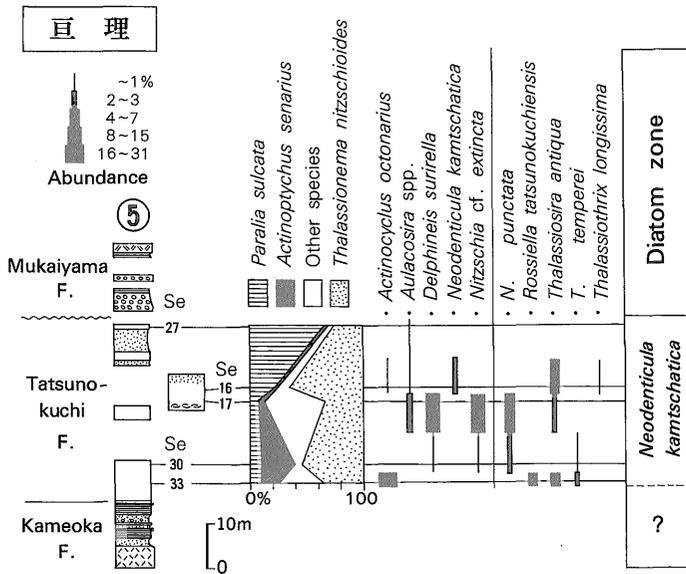
Fig. 11 Stratigraphic distribution of selected diatom species in Iwanuma section, Iwanuma City, Miyagi Prefecture. See Fig. 10 for legend of stratigraphic column.

から、下部が *N. kamtschatica* Zone (NPD 7B), 中-上部が *N. koizumii*-*N. kamtschatica* Zone (NPD 8) に対比できる (第 13-15, 17 図)。

姥沢セクションの大年寺層は、小浜-小高-双葉セクションの大年寺層よりも岩相層序的に上位にある。このセクションは、*N. kamtschatica* を欠き、*N. koizumii* 及び *N. sp. A* のみが産するので、*N. koizumii* Zone (NPD 9) に属する (第 18 図)。

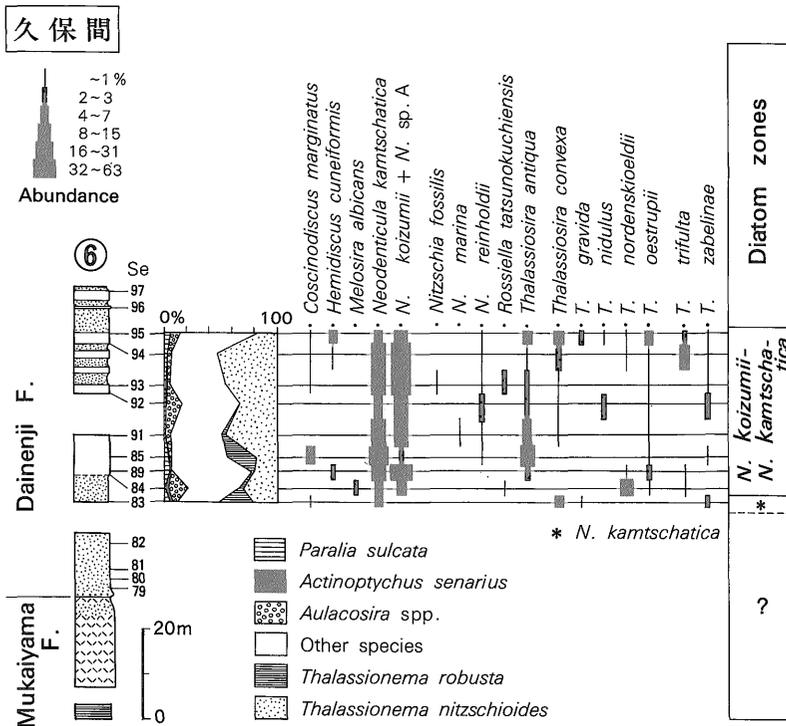
以上の結果から、大年寺層は全体としては下部が *N. kamtschatica* Zone (NPD 7B), 中部が *N. koizumii*-*N. kamtschatica* Zone (NPD 8), そして上部が *N. koizumii* Zone (NPD 9) に属するといえる。

この報告で大年寺層とした浜通り地方の海成層は、従来仙台地域の竜の口層に対比されてきた (北村ほか, 1955; 北村, 1967; 東北農政局, 1979) (第 3 図)。浪江地域において、竜の口動物群の特徴種とされる *Fortipecten*



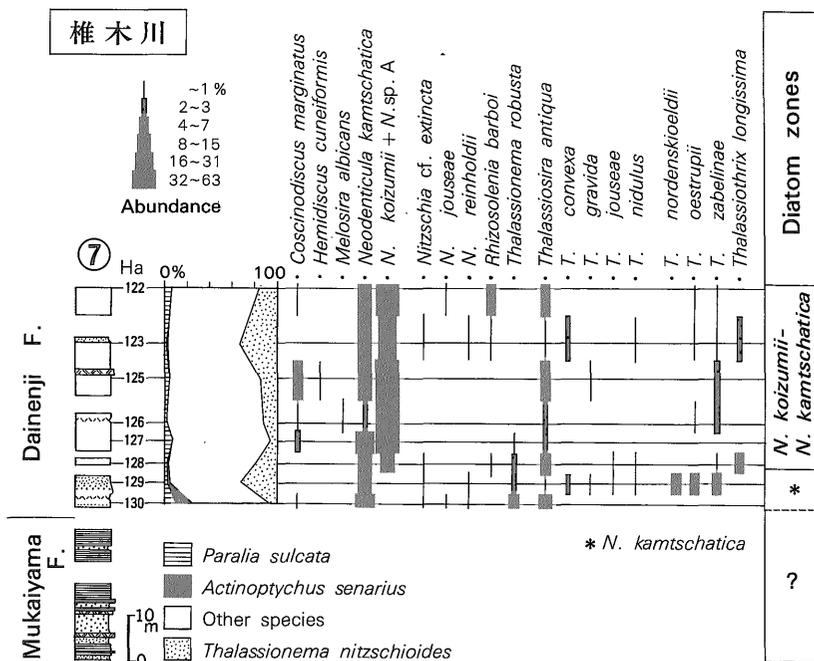
第12図 亶理セクション(宮城県亶理郡亶理町)における主な珪藻種の層序的分布 柱状図の凡例は第10図と同じ。Se17の下位の貝化石層からは、*Anadara latunokutiensis* 及び *Fortipecten takahashii* が産出する。

Fig.12 Stratigraphic distribution of selected diatom species in Watari section, Watari Town, Miyagi Prefecture. See Fig.10 for legend of stratigraphic column.



第13図 久保間セクション(宮城県亶理郡山元町)における主な珪藻種の層序的分布 柱状図の凡例は第10図と同じ。

Fig.13 Stratigraphic distribution of selected diatom species in Kuboma section, Yamamoto Town, Miyagi Prefecture. See Fig.10 for legend of stratigraphic column.



第 14 図 椎木川セクション (福島県相馬市) における主な珪藻種の層序的分布 柱状図の凡例は第 10 図と同じ。

Fig. 14 Stratigraphic distribution of selected diatom species in Shiiki-gawa section, Soma City, Fukushima Prefecture. See Fig. 10 for legend of stratigraphic column.

*takahashii* が、この地層から産出していること (HAYASAKA and HANGAI, 1966) も、上述の対比を裏づけるものとされた。しかし、北村・中川 (1982) は宮城県亘理町付近での岩相層序関係から、従来竜の口層と同層準の地層とされた地層は、実際には仙台地域の大年寺層相当層であるという見解を提示した。本研究の結果は、この考えを珪藻化石層序の上で裏づけることになった。珪藻化石層序による対比によれば、仙台及び岩沼地域の大年寺層は、浜通り地方に分布する大年寺層の下部に相当する (第 7 図)。

### 5.3 従来の研究との比較

従来の仙台層群の珪藻化石層序に関する研究と、本研

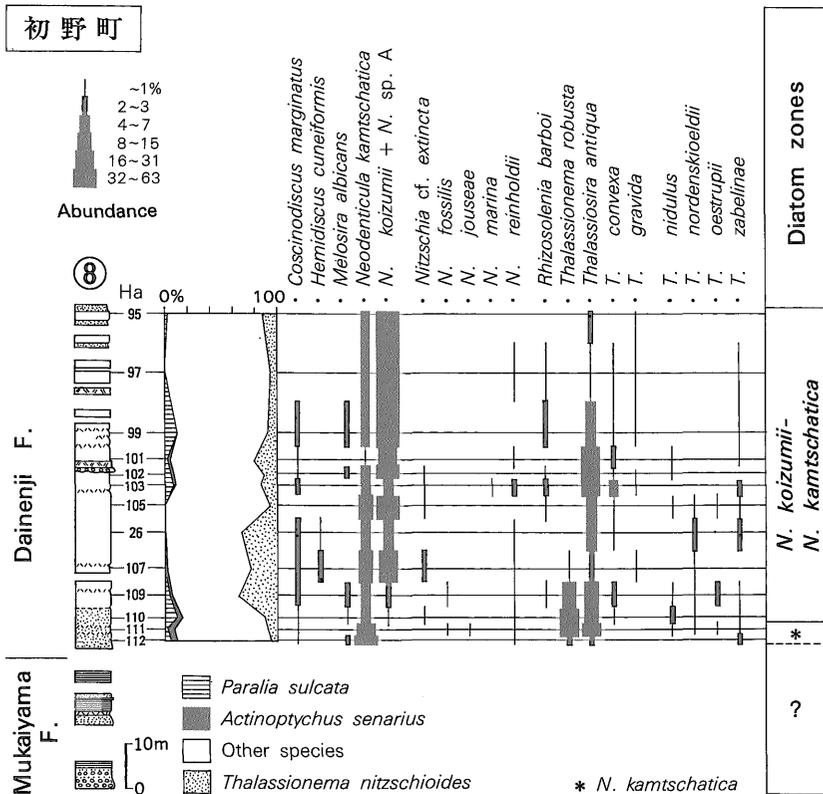
- 2) *Denticula kamtschatica* は SIMONSEN (1979) によって *Denticulopsis* 属に移され、さらに AKIBA and YANAGISAWA (1986) により、*Neodenticula* 属に移された。
- 3) KOIZUMI (1972) が報告した *Denticula seminae* は、現生の *D. seminae* とは形態が異なることから、KOIZUMI (1975) によって SCHRADER (1973) の *Denticula seminae* var. *fossilis* と同一変種とみなされ、珪藻化石層序上の重要な指標種とされた。その後 SIMONSEN (1979) は、これを *Denticulopsis* 属に移した。しかし、AKIBA and YANAGISAWA (1986) は、KOIZUMI (1975) のいう *D. seminae* var. *fossilis* が SCHRADER (1973) が記載した *D. seminae* var. *fossilis* とは全く別の taxon であることを明らかにし、これを種のランクに引き上げた上で、新たに *Neodenticula koizumii* と命名した。

究との対比を第 19 図に示す。

KOIZUMI (1972, 1973) は、それぞれ福島県浜通り地方、及び宮城県中部・北部に分布する竜の口層の珪藻化石を分析し、*Denticula kamtschatica*<sup>2)</sup> 及び *D. seminae*<sup>3)</sup> を含む珪藻群を報告した。そして、KOIZUMI et al. (1980) はこれらに基づいて、竜の口層を *Denticula seminae* var. *fossilis*-*D. kamtschatica* Zone (= *Neodenticula koizumii*-*N. kamtschatica* Zone) に対比した。

一方、秋葉ほか (1982) は、松島地域に分布する新第三系の珪藻化石分析を行い、この地域の竜の口層及び大年寺層相当の<sup>なわらにむ</sup> 俵庭層を、*Denticulopsis kamtschatica* Zone (= *Neodenticula kamtschatica* Zone) に含めた。

このように、仙台層群の珪藻化石層序及び年代的な位置づけは、KOIZUMI (1972, 1973) と秋葉ほか (1982) とでは食い違っている。両者の相違点は、*D. seminae* (= *D. seminae* var. *fossilis*) の産出の有無にある。すなわち、KOIZUMI (1972, 1973) では、竜の口層から *D. seminae* の産出を報告しているのに対し、秋葉ほか (1982) ではこの種が竜の口層から全く検出されていない。



第 15 図 初野町セクション (福島県相馬市) における主な珪藻種の層序的分布 柱状図の凡例は第 10 図と同じ。北村ほか (1955) 及び菅野 (1955) の地質図によれば, Ha 102 の直上の礫岩層より下位の部分は, 中新統の初野層または赤柴砂岩層とされている。しかし珪藻化石によればこの部分は明らかに鮮新統であり, 大年寺層に属する。このセクションにおける向山層のすぐ下位にはジュラ系の相馬中村層群が分布しており, 初野町セクションには中新統は分布しない。なお赤柴層は珪藻化石帯区分 (AKIBA, 1986) の *Thalassiosira yabei* Zone (NPD 5 C, 中期中新世後期) に相当する (柳沢, 未公表データ)。

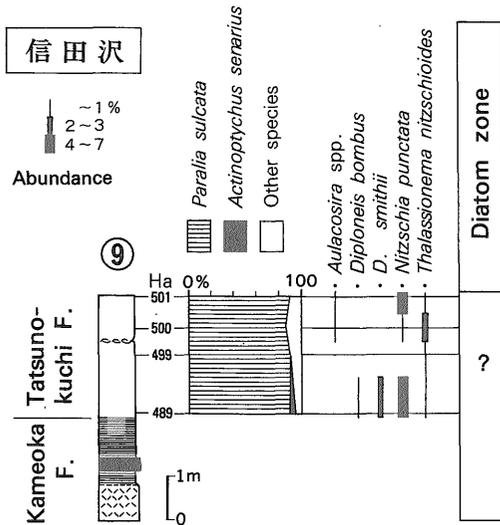
Fig. 15 Stratigraphic distribution of selected diatom species in Hatsunomachi section, Soma City, Fukushima Prefecture. See Fig. 10 for legend of stratigraphic column.

以上の研究のうち, KOIZUMI (1972) の結果は本報告の結果とは見かけ上異なっているが, 実際には彼が「竜の口層」と呼んでいる浜通り地方の地層は, すでに述べたように大年寺層であるので, その結果は本報告とは矛盾しない。また, 秋葉ほか (1982) の結論は, 本報告のそれと基本的に一致する。

これに対して, KOIZUMI (1973) は, 本研究と同じ模式地の仙台層群を扱っているにもかかわらず, その結果は本研究の結果とは明らかに異なっている。その相違点は, *D. seminae* の産出の有無である。すなわち, KOIZUMI (1973) では, 本種が竜の口層から産出するとされているのに対し, 本研究ではこの種は竜の口層からは全く検出されなかった。この食い違いは, *Denticula* 属に関する分

類的規準の混乱に起因している可能性が高い (小泉, 私信)。なぜならば, KOIZUMI (1972, 1973) が研究を行った 1970 年代初頭には, まだ本格的な珪藻化石帯区分は設定されておらず, 指標となる *Denticula* 属の系統・層序的分布に関する知識は限られ, その分類規準についても曖昧な部分が多かったためである。

なお竹谷ほか (1986) は, 双葉地域の広野層及び富岡層が, *N. kamschatica* Zone から *N. koizumii*-*N. kamschatica* Zone に属すると報告しているが, この 2 層は, 大年寺層の直接の延長であるので, この結果は本報告のそれとよく一致する (第 19 図)。また, いわき市四倉付近に分布する四倉層は, *Neodenticula kamschatica* Zone に相当し, *Thalassiosira temperi* を産出



第16図 信田沢セクション(福島県原町市)における主な珪藻種の層序的分布。柱状図の凡例は第10図と同じ。

Fig. 16 Stratigraphic distribution of selected diatom species in Shidazawa section, Haramachi City, Fukushima Prefecture. See Fig. 10 for legend of stratigraphic column.

する(高柳ほか, 1988; 斎藤ほか, 1989; 小泉, 私信)ので, 明らかに仙台層群下部に対比できる(柳沢ほか, 1989)(第19図)。

### 6. 古地磁気層序及び年代値

MANABE (1979, 1980) は, 仙台地域に分布する仙台層群の古地磁気層序を明らかにした。そして, 竜の口層の珪藻化石層序(KOIZUMI, 1973)と, 植物化石による会津地域の新第三系-第四系との対比を手がかりにして, 古地磁気年代尺度と仙台層群の古地磁気層序との対比を試みている。しかし, 今回の珪藻化石層序学的研究の結果は, KOIZUMI (1973)とは異なるので, 本層群における古地磁気層序の解釈については再検討が必要である(第20, 21図)。

#### 6.1 仙台層群下部の古地磁気層序

仙台層群下部において, 古地磁気年代尺度との対比に使用できる基準面としては, 竜の口層中部に認められる *Thalassiosira temperei* の最終産出があげられる。この基準面は, 東北日本の最も完全なセクションである DSDP Hole 438A では, Core 32-3 と 32-7 の間にあり (BARRON, 1980), 古地磁気年代尺度の Gilbert Epoch 前期 (Thvera Event以前) の逆磁極区間の中に位置づけられ

る (BARRON, 1985)。また, DSDP Hole 584 でも, *T. temperei* の最終産出層準の位置は全く同じである (AKIBA, 1986; NIITSUMA, 1986)。

MANABE (1979, 1980) は, 仙台層群下部を下位より SD-D 逆磁極帯と SD-C 正磁極帯に分け, 更に SD-D 帯の中に SD-D-1 正磁極亜帯を設けた。そして SD-D 帯を Gilbert Epoch の後期に, SD-C 帯を Gauss Epoch 初期に対比した。

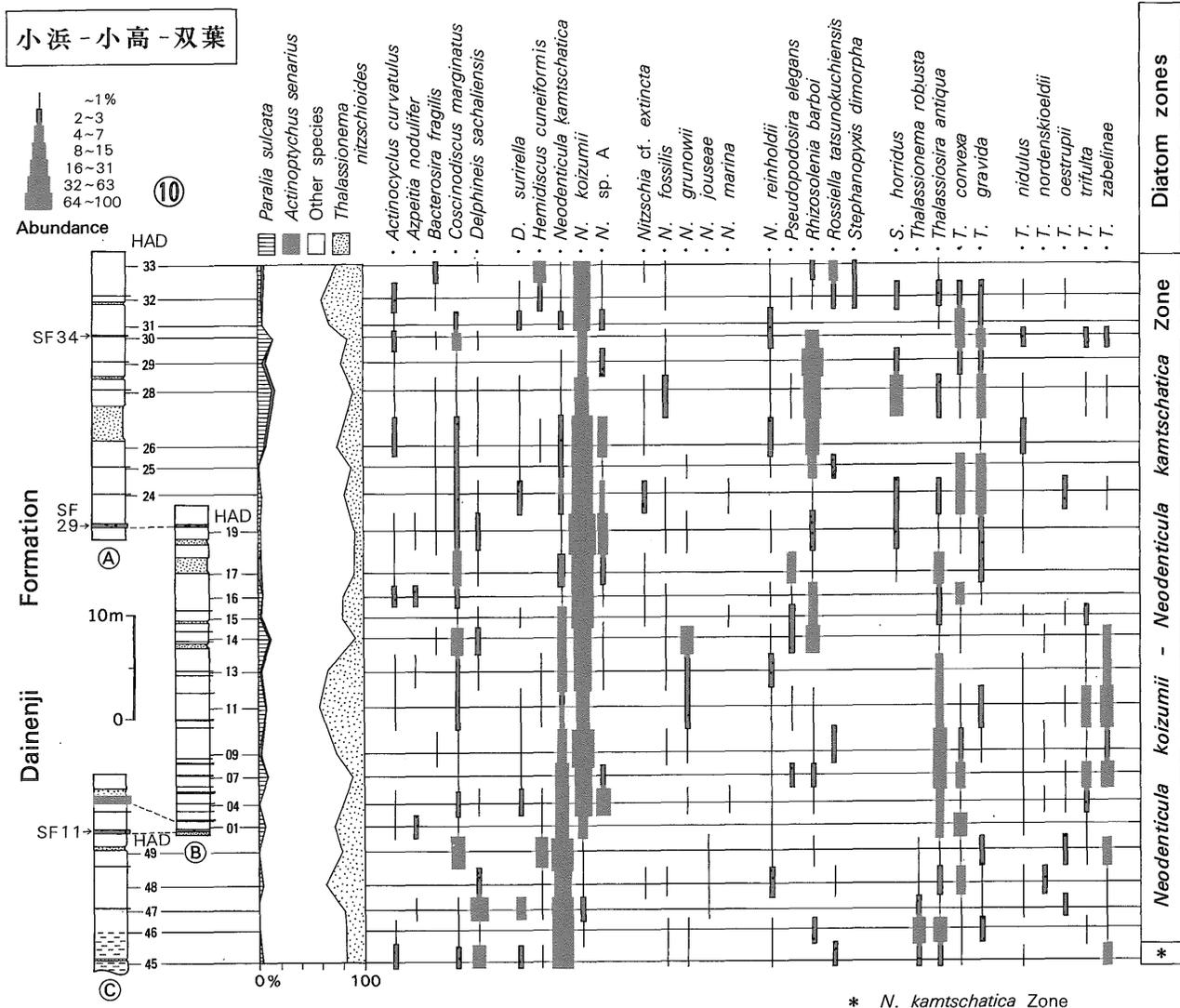
しかし, 上述のように *T. temperei* の最終産出が竜の口層中部すなわち SD-D 帯上部の逆磁極区間の中にあること, そしてこの基準面が DSDP Hole 438A 及び 584 においては, Gilbert Epoch 前期の逆磁極区間の中に位置することを考慮すれば, SD-D 帯上部の逆磁極区間は Gilbert Epoch 前期の逆磁極区間に対比するのが最も妥当である。したがって, SD-D-1 亜帯は Epoch 5 の後期に, また SD-C 帯は Gilbert Epoch の Thvera 正磁極 Event に対比できる。

中新世-鮮新世境界は, Gilbert Epoch と Epoch 5 の境界付近とされている (BERGGREN, *et al.*, 1985) ので, 上述の対比が正しいとすれば, 中新世-鮮新世境界は仙台付近の竜の口層の最下部(澁橋セクションの第9貝化石層の直下)に存在する。したがって, 竜岡層は最上部中新統に, 竜の口層は最上部中新統及び下部鮮新統の下部となる。

#### 6.2 仙台層群上部の古地磁気層序

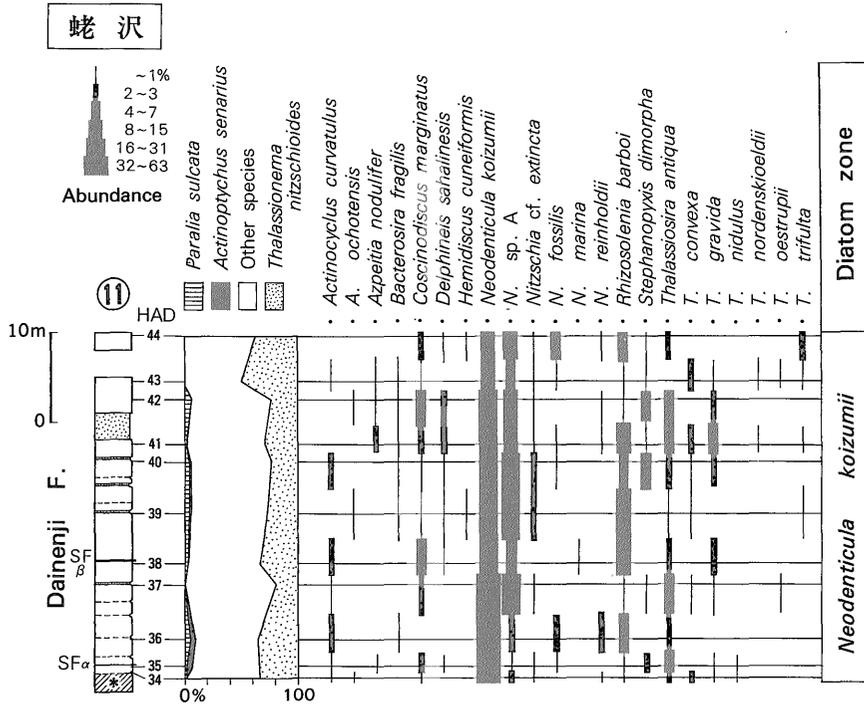
仙台層群上部で古地磁気年代尺度との対比に使えるのは, *N. koizumii*-*N. kamtschatica* Zone の下限を規定する *N. koizumii* の初産出である。この基準面は浜通り地方の大年寺層下部に認められる。一方仙台・岩沼地域では珪藻化石の産出が不良なので明確ではないが, 浜通り地方の大年寺層との対比及び層厚から判断して, この基準面は仙台・岩沼地域の大年寺層の中-上部に存在するものとみられる(第7図)。

*N. koizumii* の初産出は緯度によって年代が異なり, 高緯度ほど早くこの種が産出する。つまり diachronism を示すと考えられてきた (BARRON, 1980, 1985; KOIZUMI, 1985; KOIZUMI and TANIMURA, 1985; AKIBA, 1986; 尾田, 1986)。しかし, その根拠になっている BURCKLE and OPDYKE (1977) のデータや, DSDP Site 579 における *N. koizumii* の初産出の状況 (KOIZUMI and TANIMURA, 1985) について検討してみると, 幾つかの問題点があり, *N. koizumii* の初産出は顕著な diachronism を示さない可能性もある(詳細については別の機会に論じる)。ともかく, DSDP Site 440 (BARRON, 1980) や Site 578 (KOIZUMI and TANIMURA, 1985) など



第 17 図 小浜-小高-双葉セクションにおける主な珪藻種の層序的分布 柱状図の凡例は第 7 図と同じ。A：小浜セクション（福島県原町市）；B：小高セクション（福島県相馬郡小高町）；C：双葉セクション（福島県双葉郡双葉町）；SF 11, SF 29 及び SF 34 は、火山灰鍵層（久保ほか，印刷中）。

Fig. 17 Stratigraphic distribution of selected diatom species in Kohama-Odaka-Futaba composite section, Fukushima Prefecture. See Fig. 7 for legend of stratigraphic column. A : Kohama section (Haramachi City) ; B : Odaka section (Odaka Town) ; C : Futaba section (Futaba Town).



\* Slide block

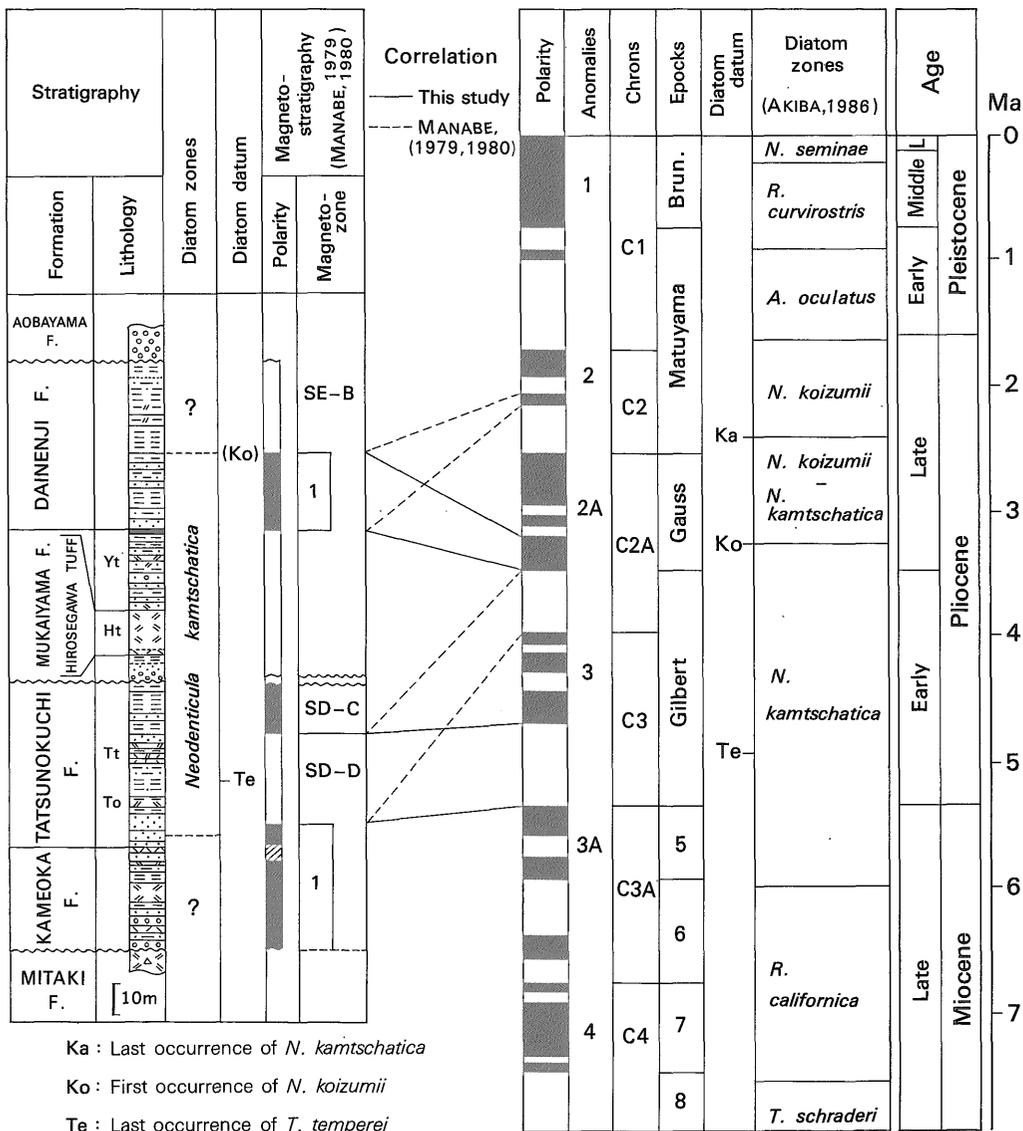
第18図 蛸沢セクション(福島県相馬郡小高町)における主な珪藻種の層序的分布 柱状図の凡例は第7図と同じ。SF $\alpha$ 及びSF $\beta$ は火山灰鍵層(久保ほか, 印刷中)。

Fig. 18 Stratigraphic distribution of selected diatom species in Ebisawa section, Odaka Town, Fukushima Prefecture. See Fig. 7 for legend of stratigraphic column.

Age	Diatom zones			This study YANAGISAWA (1990)		KOIZUMI (1972, 1973)	AKIBA <i>et al.</i> (1982)*	TAKETANI <i>et al.</i> (1986)	SAITO <i>et al.</i> (1989)
	KOIZUMI (1985)	AKIBA (1986)	NPD	Sendai Iwanuma ①~⑤	Hamadōri ⑥~⑪	Hamadōri Sendai	Matsushima	Futaba	Yotsukura
Quaternary	<i>D. seminae</i>	<i>N. seminae</i>	12						
	<i>R. curvirostris</i>	<i>R. curvirostris</i>	11						
	<i>A. oculus</i>	<i>A. oculus</i>	10						
Pliocene	Late	<i>D. seminae</i> <i>v. fossilis</i>	<i>N. koizumii</i>	9					
		<i>D. seminae</i> <i>v. fossilis</i>	<i>N. koizumii</i> <i>N. kamschatica</i>	8		*	Tatsunokuchi F.		Tomiooka F.
	Early	<i>D. kamschatica</i>			Dainenji F. Mukaiyama F.	Dainenji F. Mukaiyama F.		Tawaraniwa F. Omotezawa F.	Hirono F.
		<i>T. ostrupii</i>	<i>Neodenticula kamschatica</i>	7B	Tatsunokuchi F. Kameoka F.	Tatsunokuchi F. Kameoka F.		Tatsunokuchi F. Kameoka F.	Yotsukura F.
Miocene	Late	<i>Denticulopsis kamschatica</i>							
		<i>R. californica</i>	<i>Rouxia californica</i>	7A					

第19図 仙台層群の珪藻化石層序学的研究の比較 \* : 石井ほか (1982, 1983), 滝沢ほか (1984) の結果も全く同じである。\* は海底地すべりによる地層の欠如を示す。

Fig. 19 Correlation of the diatom biostratigraphy of the Sendai Group of this study with those of some previous studies.



第20図 古地磁気年代尺度と仙台層群の古地磁気層序との対比

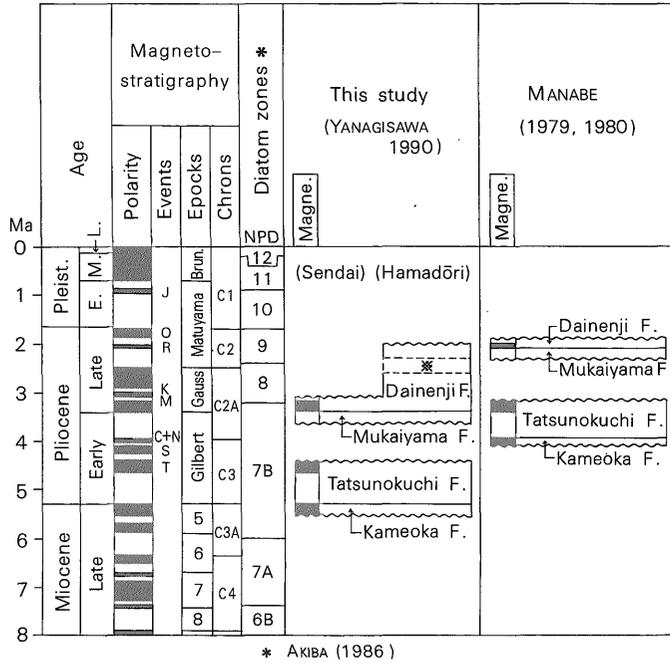
Fig. 20 Correlation of magnetostratigraphy of the Sendai Group with magnetostratigraphic time scale.

の中緯度セクションにおける *N. koizumii* の産状から判断すると、この基準面は少なくとも東北日本を含む中緯度地域では、Gauss Epoch 前期 (Mammoth Event 以前)の正磁極区間の中-後期に存在することは確実である (第22図)。

MANABE (1979, 1980) は、仙台層群上部を SE-B 逆磁極帯とし、大年寺層下部にさらに SE-B-1 正磁極帯を設け、SE-B 帯を Matuyama Epoch に、SE-B-1 帯をこの Epoch 前期にある Réunion Event に対比し

た。

しかし、*N. koizumii* の初産出が仙台地域の大年寺層の中-上部に認められ、かつ古地磁気層序の Gauss Epoch の前期 (Mammoth Event 以前)に位置することから判断すると、SE-B-1 帯の基底は Gauss Epoch の基底に対比するのが最も妥当である。前期鮮新世と後期鮮新世の境界は、Gauss Epoch の基底にある (BERGGREN, et al., 1985) ので、上述の対比が正しければ鮮新世の前期・後期の境界は、向山、大年寺両層の境界付近



第21図 仙台層群の年代 ※は海底地すべりによる地層の欠如を示す。

Fig. 21 Age of the Sendai Group. J: Jaramillo; O: Olduvai; R: Réunion; K: Kaena; M: Mammoth; C: Cochiti; N: Nunivak; S: Sidufjall; T: Thvera.

にあることになる。したがって、向山層は下部鮮新統最上部、大年寺層は上部鮮新統となる。

以上のように、本研究の珪藻化石層序に基づいて行った古地磁気層序の解釈によれば、仙台層群の年代はMANABE (1979, 1980) のそれに比べ全体として約130-140万年程度古くなる(第21図)。

なお、大年寺層最上部が更新世にかかる可能性が従来から指摘されてきた(AOKI, 1961; 土編, 1979; 北村ほか, 1986; OGASAWARA *et al.*, 1988; 石井, 1989)が、珪藻化石層序から見るかぎり、その可能性はほとんどない。

### 6.3 年代値

仙台地域の仙台層群については幾つかのフィッシュオントラック年代が報告されている(第2図)。まず、亀岡層の凝灰岩については、 $8.1 \pm 1.4$ ,  $7.7 \pm 1.2$  Ma, 竜の口層上部の凝灰岩について  $8.5 \pm 1.6$ ,  $8.8 \pm 1.7$  Ma の値がでている(TAMANYU, 1975)。これらの年代値は、生層序から推定される年代に比べ明らかに古すぎる値である。また、向山層下部の広瀬川凝灰岩部層のフィッシュオントラック年代として、 $5.4 \pm 1.6$ ,  $5.8 \pm 1.6$ ,  $4.5 \pm 0.9$ ,  $6.0 \pm 1.3$  Ma (TAMANYU, 1975),  $4.7 \pm 0.6$ ,  $5.0 \pm 0.6$ ,  $5.3 \pm 0.7$  Ma (北

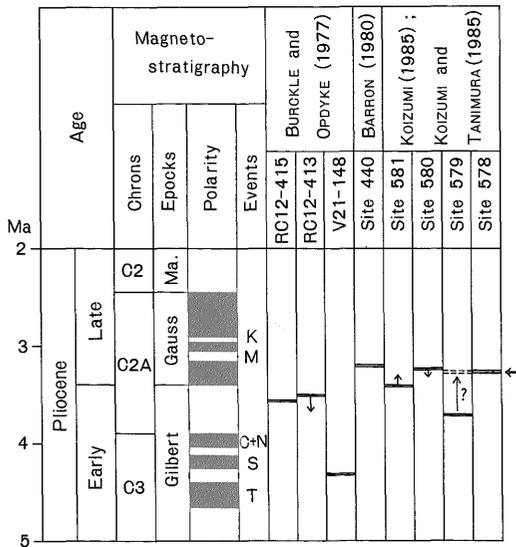
村ほか, 1986)が報告されている。これらの年代値も、本研究の珪藻化石層序及びそれに基づく古地磁気層序から推定される向山層の年代よりも古い。

仙台地域では、放射年代の値が微化石及び古地磁気層序による年代よりも系統的に古くなっていることが従来から指摘されていた(山路ほか, 1986)。上述の年代値も、従来の仙台層群の推定年代とは500-200万年以上もの大きな差があった。今回の新たに推定した仙台層群の年代は、放射年代との差は小さくはなっているが、依然として100年以上の差がある。この原因についてはさらに検討が必要である。

### 7. まとめ

従来問題のあった仙台層群の珪藻化石層序を再検討するため、模式地の仙台から福島県の太平洋岸(浜通り地方)にかけての地域から、11ルートを選んで珪藻化石の分析を行った。その結果以下のことが明らかになった。

(1) 仙台層群下部の竜の口層は、北太平洋珪藻化石帯区分(AKIBA, 1986)の *Neodenticula kamtschatica* Zone (NPD 7B) の下部に位置づけられる。また仙台層群上部の大年寺層は、下部が *N. kamtschatica* Zone (NPD 7B)



第 22 図 *Neodenticula koizumii* の初産出層準と古地磁気年代尺度との対応 Event の名称は第 21 図と同じ。

Fig. 22 Correlation of the first occurrence of *Neodenticula koizumii* with magnetostratigraphic time scale.

最上部, 中部が *N. koizumii*-*N. kamtschatica* Zone (NPD 8), そして上部が *N. koizumii* Zone (NPD 9) 下部に位置づけられる。この結果は秋葉ほか (1982) とは整合的であるが, KOIZUMI (1973) とは一致しない。

(2) 珪藻化石層序に基づいて, MANABE (1979, 1980) の古地磁気層序を再解釈すると, 仙台層群下部は Epoch 5 の後期から Gilbert Epoch の Threva Event まで (後期中新世末-前期鮮新世の前期) に対比され, 中新世-鮮新世境界は竜の口層最下部にある。また仙台地域の仙台層群上部は, Gilbert Epoch の末期から Gauss Epoch の Mammoth Event まで (前期鮮新世末-後期鮮新世初頭) に対比され, 鮮新世の前期と後期の境界は, ほぼ向山層と大年寺層の境界に一致する。これらの年代は従来の仙台層群の推定年代よりも, 全体として約 130-140 万年も古くなる。

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 lati-

tudes of the North Pacific. In KAGAMI, H., KARIG, D. E. and COULBOURN, W. T. et al., *Init. Rep. DSDP.*, vol. 87, U.S. Govt. Printing Office, Washington, p. 393-481.

— and YANAGISAWA, Y. (1986) Taxonomy, morphology and phylogeny of the Neogene diatom zonal marker species in the middle-to-high latitudes of the North Pacific. In KAGAMI, H., KARIG, D. E., COULBOURN, W. T. et al., *Init. Rep. DSDP.*, vol. 87, U.S. Govt. Printing Office, Washington, p. 483-554.

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, vol. 33, p. 215-239.

AOKI, N. (1961) Foraminifera from the Imozawagawa Formation in Sendai, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan.*, N. S., no. 41, p. 15-20.

BARRON, J. A. (1980) Lower Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy of Leg 57, off northeastern Japan, Deep Sea Drilling Project. In Scientific Party, *Init. Rep. DSDP.*, vol. 56 and 57, U.S. Govt. Printing Office, Washington, p. 641-685.

— (1985) Miocene to Holocene planktonic diatoms. In BOLLI et al. (eds.), *Plankton Stratigraphy*, Cambridge Univ. Press Cambridge, p. 763-809.

BERGGREN, W. A., KENT, D. V., FLYNN, J. J. and VAN COUVERING, J. A. (1985) Cenozoic geochronology. *Geol. Soc. Am. Bull.*, vol. 96, p. 1407-1418.

BURCKLE, L. H. and OPDYKE, N. D. (1977) Late Neogene diatom correlations in the circum-Pacific. In SAITO, T. and UJIE, H. (eds.), *Proceedings of the First International Congress on Pacific Neogene Stratigraphy*, Tokyo, 1976, Kaiyo Shuppan, Tokyo, p. 255-284.

地学団体研究会仙台支部 (1980) 新編仙台の地学. きた出版, 仙台, 177 p.

江口元起・鈴木舜一 (1960) 常磐炭田北端部における深部の層序および構造. 東北大理科報告 (地質学) 特別号, no. 4, p. 424-436.

- 藤田至則・加納 博・滝沢文教・八島隆一(1988) 角田地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 99 p.
- HAYASAKA, H. (1956) Pliocene mollusca from the Futaba district, Fukushima Prefecture, Japan. *Saito Ho-on Kai Museum Res. Bull.* no. 25, p. 13-20.
- and HANGAI, T. (1966) A new locality of *Fortipecten takahashii* (Yokoyama) in Fukushima Prefecture, with reference to its associated fauna. *Saito Ho-on Kai Museum Res. Bull.*, no. 34, p. 29-37.
- 石井武政(1989) 東北本州弧外側第三系の地質とその発達史. 地質学論集, no. 32, p. 113-132.
- ・柳沢幸夫・山口昇一(1983) 塩竈地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 112 p.
- ・————— ・————— ・寒川 旭・松野久也(1982) 松島地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 121 p.
- ISHIZAKI, K. and TAKAYANAGI, Y. (1981) Sendai area. In TSUCHI, R. (ed.), *Neogene of Japan*, IGCP-114 National working Group of Japan, Shizuoka, p. 53-56.
- 菅野三郎(1955) 北阿武隈金山付近の地質. 東京教育大地質研究報告, no. 4, p. 11-23.
- 北村 信(1967) 宮城県の地質. 宮城県商工労働部中小企業課, 32 p.
- ・石井武政・寒川 旭・中川久夫(1986) 仙台地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 134 p.
- ・中川久夫(1982) 表層地質図, 土地分類基本調査, 5万分の1「塩竈・岩沼」及び同説明書. 宮城県, p. 38-45.
- ・柴田豊吉・上田 朗(1955) 松川浦周辺地域の地質および構造. 東北大地質古生物教室邦文報告, no. 45, p. 84-96.
- KOIZUMI, I. (1972) Marine diatom flora of the Pliocene Tatsunokuchi Formation in Fukushima Prefecture. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 86, p. 340-359.
- (1973) Marine diatom flora of the Pliocene Tatsunokuchi Formation in Miyagi Prefecture. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 91, p. 126-136.
- (1975) Late Cenozoic diatom biostratigraphy in the circum-North Pacific region. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol. 81, p. 611-627.
- (1985) Diatom biochronology for late Cenozoic Northwest Pacific. *Jour. Geol. Soc. Japan*. vol. 91, p. 195-211.
- , BARRON, J. A. and HARPER, H. E., Jr. (1980) Diatom correlation of Legs 56 and 57 with onshore sequences in Japan. In Scientific Party, *Init. Rep. DSDP.*, vol. 56 and 57, (part 2), U. S. Govt. Printing Office, Washington, p. 687-693.
- and TANIMURA, Y. (1985) Neogene diatom biostratigraphy of the middle latitude western North Pacific, Deep Sea Drilling Project Leg 86. In HEATH G. R., BURCKLE, L. H. *et al.*, *Init. Rep. DSDP.*, vol. 86, U. S. Govt. Printing Office, Washington, p. 269-300.
- 久保和也・柳沢幸夫・吉岡敏和・滝沢文教・山元孝広 (印刷中) 原町及び大蓬地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所.
- MANABE, K. (1979) Magnetostratigraphy of the Yamato Group and the Sendai Group, northeast Honshu, Japan (I). *Sci. Rep. Fukushima Univ.*, no. 29, p. 51-65.
- (1980) Magnetostratigraphy of the Yamato Group and the Sendai Group, northeast Honshu, Japan (II). *Sci. Rep. Fukushima Univ.*, no. 30, p. 49-71.
- NIITSUMA, N. (1986) Paleomagnetic results, Nankai Trough and Japan Trench, Deep Sea Drilling Project Leg 87. In KAGAMI, H., KARIG, D. E., COULBOURN, W. T. *et al.*, *Init. Rep. DSDP.*, U. S. Govt. Printing Office, Washington, vol. 87, p. 757-786.
- 尾田太良(1986) 新第三紀の微化石年代尺度の現状と問題点—中部および東北日本を中心として—. 北村 信教授記念地質学論文集, p. 297-312.
- OGASAWARA, K., SASAKI, O. and CHIBA, N. (1988) The Dainenjian molluscan association

- from the environs of Sendai, northeast Honshu and its zoogeographic significance. *Saito Ho-on Kai Museum Nat. Hist. Res. Bull.*, no. 56, p. 1-15.
- 生出慶司・藤田至則(1975) 岩沼地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 27 p.
- 斎藤登志雄・根本直樹・柳沢一郎・根本 守・丸山俊明(1989) 常磐地域の第三系. 日本地質学会第96年学術大会見学旅行案内書, p. 87-103.
- SCHRADER, H. J. (1973) Stratigraphic distribution of marine *Denticula* species in Neogene North Pacific sediments. *Micropaleont.*, vol. 19, p. 417-430.
- 島津光夫・斎藤常正・天野一男・大槻憲四郎・柳沢幸夫・山路 敦(1986) 島弧横断ルート, no. 25 (荒川河口-小国-手ノ子, 赤湯-白石-角田). 北村 信編, 新生代東北日本弧地質資料集, 宝文堂, 仙台, vol. 3, no. 4.
- SIMONSEN, R. (1979) The diatom system: ideas on phylogeny. *Bacillairia*, vol. 2, p. 9-97.
- 須貝貫二・松井 寛・佐藤 茂・喜多河庸二・佐々木実・宮下美智夫・河内英幸(1957) 日本炭田図, 常磐炭田地質図及び説明書. 地質調査所, 143 p.
- 高柳洋吉・丸山俊明・本田信幸・嶋村 清・舟山政昭・長谷川善和・國府田良樹(1988) いわき市四倉町産鯨類化石の産出層準と地質時代について. いわき市教育文化事業団研究紀要, no. 1, p. 23-55.
- 竹谷陽二郎・相田 優・岡田尚武・尾田太良・長谷川四郎・丸山俊明・根本直樹(1986) 福島県双葉地域の多質層群より産する微化石調査報告. 福島県立博物館調査報告, 第12集—微化石調査—, 福島県教育委員会, 53 p.
- 滝沢文教・神戸信和・久保和也・秦 光男・寒川 旭・片田正人(1984) 石巻地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 103 p.
- TAMANYU, S. (1975) Fission-track age determination of accessory zircon from the Neogene Tertiary tuff samples, around Sendai City, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol. 81, p. 233-246.
- 東北農政局計画部(1979) 原町地区地盤沈下調査報告書, 161 p.
- 土 隆一編(1979) 日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料. IGCP-114, National Working Group of Japan, 156 p.
- (1981) 日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料, 続編. IGCP-114, National Working Group of Japan, 126 p.
- 山路 敦・天野一男・大槻憲四郎・石井武政(1986) 島弧横断ルート, no. 23 (粟島-温海-左沢-天童-作並-仙台). 北村 信編, 新生代東北日本弧地質資料集, 宝文堂, 仙台, vol. 3, no. 2.
- 柳沢幸夫・中村光一・鈴木祐一郎・沢村孝之助・吉田史郎・田中裕一郎・本田 裕・棚橋 学(1989) 常磐炭田北部双葉地域に分布する第三系の生層序と地下地質. 地調月報, vol. 40, p. 405-467.

(受付: 1989年7月11日; 受理: 1989年9月14日)

**PLATE**  
**AND**  
**EXPLANATION**

Plate 1

Scale bar = 10  $\mu$ m.

A for Figs. 1-7. B for Figs. 8-25.

- 1- 3 *Neodenticula kamschatica* (ZABELINA) AKIBA & YANAGISAWA  
[1 : Ha 111, Hatsunomachi section, Dainenji F. ; 2 : Se 116, Iwanuma section, Dainenji F. ; 3 : Se 50, Iwanuma section, Tatsunokuchi F.]
- 4 *Neodenticula koizumii* AKIBA & YANAGISAWA  
[HAD 09, Odaka section, Dainenji F.]
- 5 *Neodenticula kamschatica* (ZABELINA) AKIBA & YANAGISAWA  
[Ta 02, Tatsunokuchi-keikoku section, Tatsunokuchi F.]
- 6 *Nitzschia rolandii* SCHRADER  
[Se 37, Iwanuma section, Tatsunokuchi F.]
- 7 *Neodenticula* sp. A  
[HAD 34, Ebisawa section, Dainenji F.]
- 8 *Nitzschia* cf. *extincta* SHESHUKOVA  
[Se 37, Iwanuma section, Tatsunokuchi F.]
- 9 *Thalassiosira jacksonii* KOIZUMI & BARRON  
[Ta 01, Tatsunokuchi-keikoku section, Tatsunokuchi F.]
- 10 *Nitzschia jouseae* BURCKLE  
[Ha 111, Hatsunomachi section, Dainenji F.]
- 11 *Nitzschia marina* GRUNOW  
[HAD 15, Okada section, Dainenji F.]
- 12 *Rhizosolenia alata* BRIGHTWELL  
[Ta 26, Tatsunokuchi-keikoku section, Tatsunokuchi F.]
- 13-14 *Thalassionema robusta* SCHRADER  
[13 : HAD 46, Futaba section, Dainenji F. ; 14 : Ta 46, Mukaiyama section, Dainenji F.]
- 15 *Nitzschia reinholdii* KANAYA ex BARRON & BALDAUF  
[HAD 09, Okada section, Dainenji F.]
- 16 *Thalassiosira temperei* (BRUN) AKIBA & YANAGISAWA  
[Ta 82, Yodomi-bashi section, Tatsunokuchi F.]
- 17 *Thalassiosira nidulus* (TEMPÈRE & PERAGALLO) JOUSÉ  
[HAD 09, Odaka section, Dainenji F.]
- 18 *Thalassiosira convexa* MUCHINA  
[Ta 25, Tatsunokuchi-keikoku section, Tatsunokuchi F.]
- 19 *Thalassiosira gravida* CLEVE  
[HAD 19, Odaka section, Dainenji F.]
- 20 *Thalassiosira nordenskiöldii* CLEVE  
[HAD 09, Odaka section, Dainenji F.]
- 21 *Thalassiosira antiqua* GRUNOW) CLEVE-EULER  
[HAD 13, Odaka section, Dainenji F.]
- 22 *Rhizosolenia barboi* (BRUN) TEMPÈRE & PERAGALLO  
[HAD 07, Odaka section, Dainenji F.]
- 23 *Thalassiosira zabelinae* SHESHUKOVA.  
[HAD 45, Futaba section, Dainenji F.]
- 24 *Bacterosira fragilis* (GRAN) GRAN  
[HAD 09, Odaka section, Dainenji F.]
- 25 *Thalassiosira temperei* (BRUN) AKIBA & YANAGISAWA  
[Se 38, Iwanuma section, Tatsunokuchi F.]

