

## 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

柳沢幸夫<sup>1)</sup> 中村光一<sup>2)</sup> 鈴木祐一郎<sup>3)</sup> 沢村孝之助<sup>4)</sup>  
吉田史郎<sup>1)</sup> 田中裕一郎<sup>5)</sup> 本田 裕<sup>6)</sup> 棚橋 学<sup>2)</sup>

YANAGISAWA, Y., NAKAMURA, K., SUZUKI, Y., SAWAMURA, K., YOSHIDA, F., TANAKA, Y., HONDA, Y. and TANAHASHI, M. (1989) Tertiary biostratigraphy and subsurface geology of the Futaba district, Joban Coalfield, northeast Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 40(8), p. 405-467

**Abstract:** The Tertiary litho- and biostratigraphic frameworks of the Joban Coalfield in eastern Honshu of Japan were established based on the detailed biostratigraphic study of diatoms, silicoflagellates, radiolarians, planktonic foraminifers, calcareous nannofossils and molluscs from four on-land long cores drilled in the Futaba district of the Joban Coalfield, and one off-shore core recovered by the Geological Survey of Japan. The main results of this study are as follows:

(1) The Neogene strata, the "Taga Group", should be stratigraphically divided into Miocene and Pliocene sequences; namely the Miocene Taga Group and the Pliocene Sendai Group, which are separated by a sharp unconformity with a long Late Miocene hiatus.

(2) The Early Miocene Yunagaya Group, which has been believed to widely underlie the Taga Group in the Tomioka district, is missing probably due to a remarkable erosion before the deposition of the Taga Group.

(3) The lithology and time-and-space distribution of the Tertiary sedimentary sequences in the Joban Coalfield can well be explained by the global eustatic sea level change. The temporal distribution of sedimentation and hiatuses is well correlative with high- and low-stand sea levels, respectively. This good coincidence implies that the sedimentation in the Joban Coalfield during the Tertiary was strongly controlled by the global eustatic sea level change as well as by the tectonic movement.

### 1. はじめに

仙台沖から常磐沖にかけては、後期白亜紀から完新世に至る堆積盆地が存在する。この盆地の西縁部の堆積物は、新第三紀以降の構造運動の結果陸上に露出し、現在阿武隈山地東縁の太平洋岸に沿って狭長に分布している。その分布地域のほぼ中央に当たる常磐炭田地域は、東北日本太平洋側の白亜紀-第三紀層序の重要な模式地の一つであり、中村(1914)以来、数多くの層序学的研究がなされてきた。また、炭田開発に関連した調査研究や、豊富に産する動植物化石に関する研究報告も枚挙に暇がない。こうした数多くの研究成果を基にし、1950年代から1960年代初頭にかけて、半沢(1954)、須貝ほか(1957)、平山(1960, 1961)などによって常磐炭田全体の層序がまとめられた。また軟体動物化石については、

KAMADA (1962)によって総括が行われた。

その後、MITSUI (1971)及びTSUNEISHI (1978)は、こうした層序学的研究を基礎として、常磐炭田地域の地質構造の形成機構を解明し、後期白亜紀以降の構造発達史を明らかにした。また、MITSUI *et al.* (1973)は、新第三系最上部の多賀層群に関する新しい層序区分を提唱した。

1970年代の後半に入ると、このころ目ざましい進歩をとげつつあった浮遊性微化石層序の観点から、新たに年代・層序の再検討が行われるようになり、常磐炭田の第三系の年代層序は近年飛躍的に精度が向上してきている。(加藤, 1979; KATO, 1980; 小泉, 1981, 1986; MARUYAMA, 1984; 竹谷ほか, 1986)。

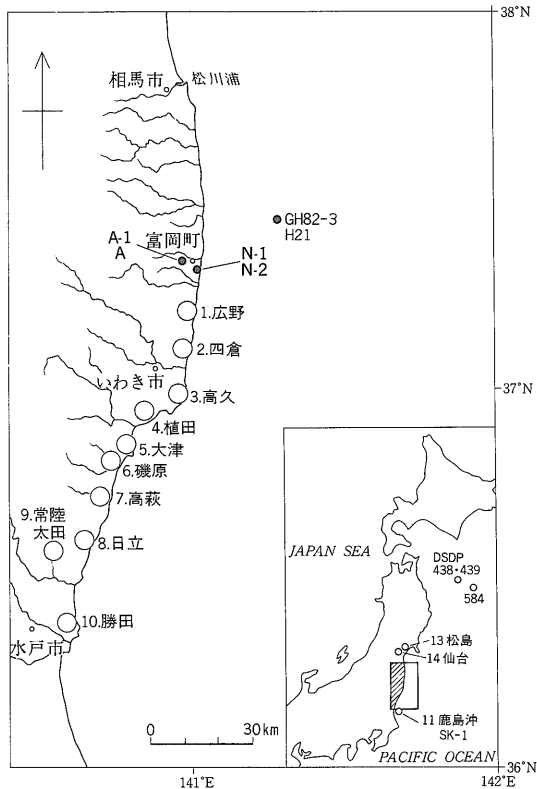
しかしながら、こうした微化石層序学的研究はそれぞれ第三系の限られた層準を扱っており、常磐炭田第三系全体の年代層序はまだまとまってはいない。また微化石層序が従来の層序区分と大きく矛盾し、層序全体が混乱

1)地質部 2)海洋地質部 3)燃料資源部 4)元所員  
5)東北大学 6)三重大学

に陥っている層準もでている。このため、微化石層序学的手法と岩相層序学的手法を組合せた厳密な研究法を用いて、常磐炭田全体の層序を再検討する必要も出てきている。筆者のうち柳沢・鈴木・吉田は、こうした観点から、常磐炭田を含む茨城・福島県の太平洋岸に分布する第三系の微化石層序学的研究を行ってきており、その研究成果の一部は既に報告した(柳沢・鈴木, 1987)。

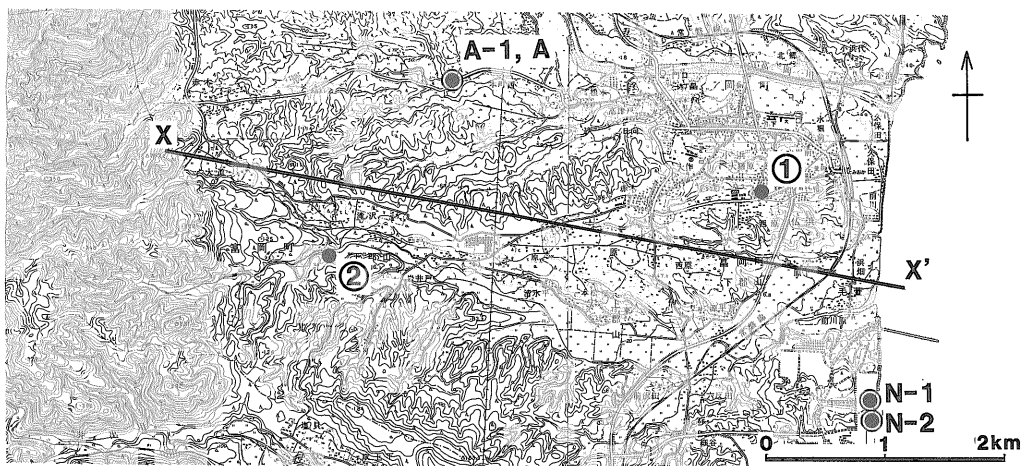
一方、仙台-常磐沖堆積盆地の中央部に当たる常磐沖の海域では、1973年にガス田が発見され、1984年からは「磐城沖ガス田」として生産が開始されている(武井, 1983)。しかしながら、その探鉱の資料、特に坑井の層序に関するデータは、今日に至るまで概略的なものしか公表されておらず(小松, 1979; 相場・円谷, 1981; 加藤, 1982; 武井, 1983)、海域の層序の詳細は明らかではない。また、海域と陸域の間では層序や不整合の位置に大きな不一致があることがわかっており、陸域と海域とをつなぐための年代層序学的検討の必要性が指摘されていた(小松, 1979)。

筆者のうち中村と棚橋は、仙台湾から常磐沖の海底地質図の作成のための調査(本座ほか, 1982)に参加し、その取りまとめに当たってきた(中村ほか, 印刷中)。しかし、上述のようにこの海域では、層序に関するデータの詳細が公表されておらず、また対比の基準となる陸域の年代層序にも不明確な点があるため、調査海域の層序を立てるための基準を新たに作る必要を迫られていた。そこで、海域の層序を確立するための方法として、沿岸陸域のボーリングの確実な層序を基準とし、沿岸部の音波



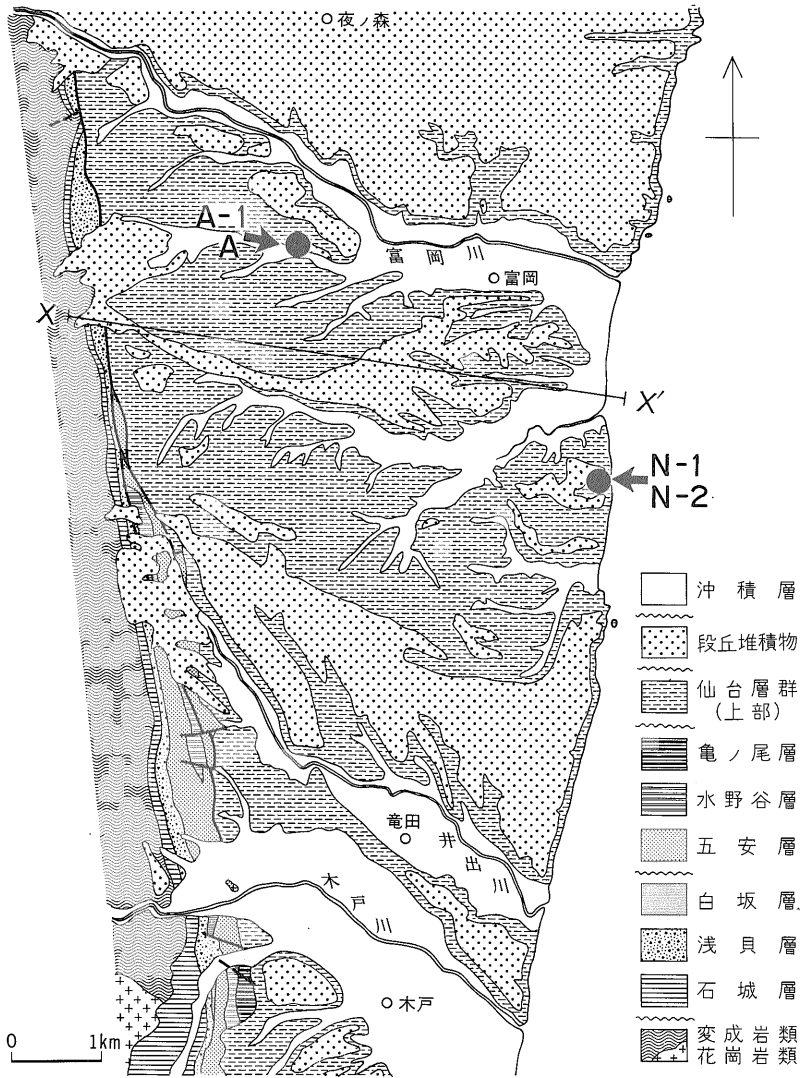
第1図 ボーリングコアの位置及び周辺の層序セクションの位置 番号は第13図と同じ。

Fig. 1 Map showing locations of studied borehole cores, and stratigraphic sections in the Joban Coalfield and its environs (1-14; each number coincides with that of Fig. 13).



第2図 富岡地域のボーリングコアの位置 A-1, A, N-1, N-2は本研究, ①大膳原, ②滝ノ沢は江口・鈴木(1960)が検討したコア。国土地理院発行、2万5千分の1地形図「磐城富岡」、「井出」、「夜の森」及び「成子内」を使用。

Fig. 2 Map showing the detailed locations of borehole cores in the Futaba district.



第3図 富岡地域の地質図 (須貝ほか, 1957による). X-X'は第16図の断面図の断面線の位置を示す.

Fig. 3 Geological map of the Tomioka district (after SUGAI *et al.*, 1957). Line X-X' shows location of the cross section in Fig. 18.

探査の記録を仲立ちにして、沖合い海域の層序と陸上の層序を接続するという方法を考えた。

以上のような経緯から、筆者らは、常磐炭田地域の陸域及び沖合い海域の年代層序の基礎となる精度の高い年代層序のデータを得ることを目的として、今回常磐炭田北部の双葉地域で掘られた深さ1000 mのコアを始めとする4本のボーリングコアと沖合いの1本のコア(第1, 2, 3図)について、詳しい生層序学的検討を行った。

本報告ではその分析の結果を報告し、更に現時点での常磐炭田第三系の年代層序についての総括を行って、海

域第三系の対比の基準ともなりうる本地域の年代層序の枠組みを確立した。また今回の研究結果を基に双葉地域における地下の第三系の層序と構造を明らかにした。

本研究は、地質調査所における海底地質層序構造に関する基礎研究、北関東の新生界の年代と古地理に関する研究及び炭田生成機構の研究(炭田堆積盆の古環境)の一環として行ったものである。

本研究の企画及び調整は中村が行った。コアの記載は、中村、鈴木、柳沢、棚橋が担当したが、一部のコアについては地質部の鹿野和彦技官の協力を得た。化石の

時代 Age	層群 Group	累層 Formation	層厚 Thick- ness (m)	柱状図 Columnar section	岩相 Lithology	
Quaternary	沖積層 Alluvium				Gravel, sand and silt	
	段丘堆積物 Terrace deposits				Gravel, sand and silt	
Pliocene	仙台層群 Sendai G.	上部 Upper	富岡層 Tomioka F.	100		Sandy mudstone
		下部 Lower	広野層 Hirono F.	220		Sandy mudstone Coarse-grained sandstone
Miocene	Late	多賀層群 Taga G.	四倉層 Yotsukura F.	50		Sandy mudstone
			南磯脇層 Minamiisowaki F.	40		Conglomerate Sandy mudstone
	Middle	高久層群 Takaku G.	下高久層 Shimotakaku F.	130		Mudstone
			沼之内層 Numanouchi F.	70		Fine-grained sandstone
	Early	白土層群 Shirado G.	上高久層 Kamitakaku F.	70		Coarse-grained sandstone
			中山層 Nakayama F.	170		Conglomerate, tuffaceous sandstone, mudstone and tuff Cross-bedded sandstone
		湯長谷層群 Yunagaya Group	平層 Taira F.	300		Mudstone
			湯長谷層群 Yunagaya Group			Sandstone and tuff breccia
			亀ノ尾層 Kamenoo F.	100		Thin-bedded mudstone
			水野谷層 Mizunoya F.	100		Sandstone and mudstone
			五安層 Goyasu F.	200		Sandstone
			滝層 Taki F.	150		Sandstone, mudstone lignite and tuff
Early Oligocene	白水層群 Shiramizu G.	白坂層 Shirasaka F.	150		Gray mudstone	
		浅貝層 Asagai F.	100		Fine-grained sandstone	
		石城層 Iwaki F.	250		Conglomerate, sandstone mudstone and coal	
Late Cretaceous	双葉層群 Futaba G.	玉山層 Tamayama F.	100		Coarse-grained sandstone	
		笠松層 Kasamatsu F.	140		Sandstone and mudstone	
		足沢層 Ashizawa F.	200		Fine-grained sandstone	
	阿武隈変成岩類・火成岩類 古生界				Amphibolite Sandstone limestone and slate Granitic rocks	

第 4 図 常磐炭田北部の層序区分 (須貝ほか, 1957; 竹谷ほか, 1986を一部修正)

Fig. 4 Stratigraphic succession in the northern area of Joban Coalfield (partly modified after SUGAI *et al.*, 1957 and TAKETANI *et al.*, 1986).

分析は、珪藻を柳沢が、珪質鞭毛藻を沢村が、放散虫を鈴木が、浮遊性有孔虫を吉田が、石灰質ナンノ化石を田中が、そして軟体動物化石を本田がそれぞれ担当した。報告の執筆は、化石分析の部分は各分担者が行い、それ以外の部分の執筆及び全体の取りまとめは柳沢・中村が行った。

## 2. 地質概説

本報告では、須貝ほか(1957)の層序区分を一部修正し

て用いる(第 4 図)。

常磐炭田では基盤岩(変成岩類、花崗岩類及び古生界)を不整合に覆って、下位より白亜系の双葉層群、古第三系の白水層群、新第三系の湯長谷・白土・高久・多賀・仙台層群の各層群が累重している。これらの層群はそれぞれ不整合で画されている。海岸及び河川沿いには、これらを不整合に覆って段丘堆積物及び沖積層が分布する。

白水層群は、下位より石城・浅貝・白坂の 3 層に区分



される。石城層は、礫岩・砂岩・泥岩及び石炭層からなる。本層の下部には特徴的な堆積輪廻が発達し、上部は主として砂岩からなる。浅貝層は細粒砂岩からなり、浅貝型の軟体動物群を産する。最上部の白坂層は灰色の泥岩である。

湯長谷層群は、下位より滝・五安・水野谷・亀ノ尾・平の5累層からなる。滝層は炭層を挟む砂岩・泥岩及び凝灰岩からなる地層で、最上部からは *Vicarya* を含む軟体動物化石及び阿仁合・台島混合型の植物化石が産出する。五安層は浅海成の砂岩で、滝層が発達しない所では、下位層を直接不整合で覆う。水野谷層は砂岩と泥岩の互層からなり、上位の亀ノ尾層に漸移する。亀ノ尾層は特徴的な薄葉理泥岩からなり、常磐炭田全域の層序を組み立てる上での、一種の鍵層となっている。最上部の平層は、下部は砂岩、中部は泥岩、上部は斜交層理のある砂岩から構成され、安山岩質の火砕岩を挟む。

白土層群は、中山層一層からなる。本層は礫岩・凝灰質泥岩・凝灰質砂岩からなり、全層準が酸性火砕岩に富むことで特徴づけられる。中山層からは、門ノ沢動物群に特有な軟体動物化石及び台島型植物群が報告されている。

高久層群は、下部の礫質粗粒砂岩からなる上高久層、中部の細粒砂岩の沼ノ内層、及び上部の泥岩からなる下高久層から構成される。

多賀層群は、主に常磐炭田南部の茨城県多賀地域に分布する。岩相は無層理の珪藻質泥岩ないし砂質泥岩からなり、一部に斜交層理の発達した砂岩を挟む。双葉地域で多賀層群に含まれるのは、久ノ浜港の北岸の小範囲に孤立して分布する南磯脇層(竹谷ほか, 1986)だけである。

仙台層群は、主に常磐炭田北部に分布し、四倉層、広野層及び富岡層からなる(須貝ほか, 1957; 竹谷ほか, 1986)。このうち、四倉層は模式地の仙台層群下部(亀岡・竜の口層)に、広野層及び富岡層は模式地の仙台層群上部(向山・大年寺層)に相当する。四倉層と広野・富岡層は分布地域が離れているので、両者の直接の層序関係はわからないが、その時代から不整合関係と考えられている(斎藤ほか, 1989)。四倉層は、基底層が礫岩から、主層は砂質泥岩からなる。広野層は最下部が粗粒な砂岩から、主層は珪藻質の砂質泥岩からなる。富岡層も同じく砂質泥岩からなり、広野層とは境界部に挟まれる砂岩層ないし砂岩泥岩互層の下限をもって分けられる。

なお、従来高久層群より上位の地層はすべていわゆる広い意味での「多賀層群」(本報告では、狭義の多賀層群との混乱を避けるために、従来の広義の多賀層群は

「多賀層群」と表記する)に含められてきた(須貝ほか, 1957)が、中新世の部分と鮮新世の部分(最下部は後期中新世末期にかかる)は傾斜不整合の関係にあり、両者の間には大きな時間間隙が存在することが今回の研究で明らかになった。そこで、本報告では、従来の広義の「多賀層群」のうち、中新世の部分のみを多賀層群(狭義)とし、鮮新世の部分は、そのまま仙台地域の仙台層群に連続するので、仙台層群と呼ぶことにした。

常磐炭田北部の双葉地域では、NNW-SSE 方向に走る双葉断層帯に沿って白水・湯長谷・白土の諸層群が急傾斜して撓曲帯を作り、これらを仙台層群が不整合に覆っている(第2図)。仙台層群は下位層との接触部では双葉断層帯に平行の走向で急傾斜するが、撓曲帯を離れると急速に緩傾斜となり、緩い波曲を伴いながら、3-5°の傾斜で東に傾いている。

### 3. コアの位置及び岩相

今回検討したのは、福島県双葉郡富岡町及び植葉町で掘られた4本のボーリングコアと、その沖合いの海底で得られた1本のコアの合計5本のコアである(第1-3図)。コアA-1(GSJ B326)とA(GSJ B327)は、海岸から約2.5 km 内陸に入った地点で掘られたものである。コアN-1(GSJ B328)とN-2(GSJ B329)は海岸に位置し、ごく近接している。コアGH82-3, H21(GSJ B330)は、富岡海岸の東約22 km の深さ107 m の海底から大型海底試錐機MD500Hによって掘削されたコアである(本座ほか, 1983)。

なお、このほかに福島県相馬市松川浦(第1図)で掘られたボーリングコア(GSJ B331, 332)(三本杉ほか, 1971; 三本杉, 1975)の基底部の試料についても検討を行ったが、化石は検出されなかった。

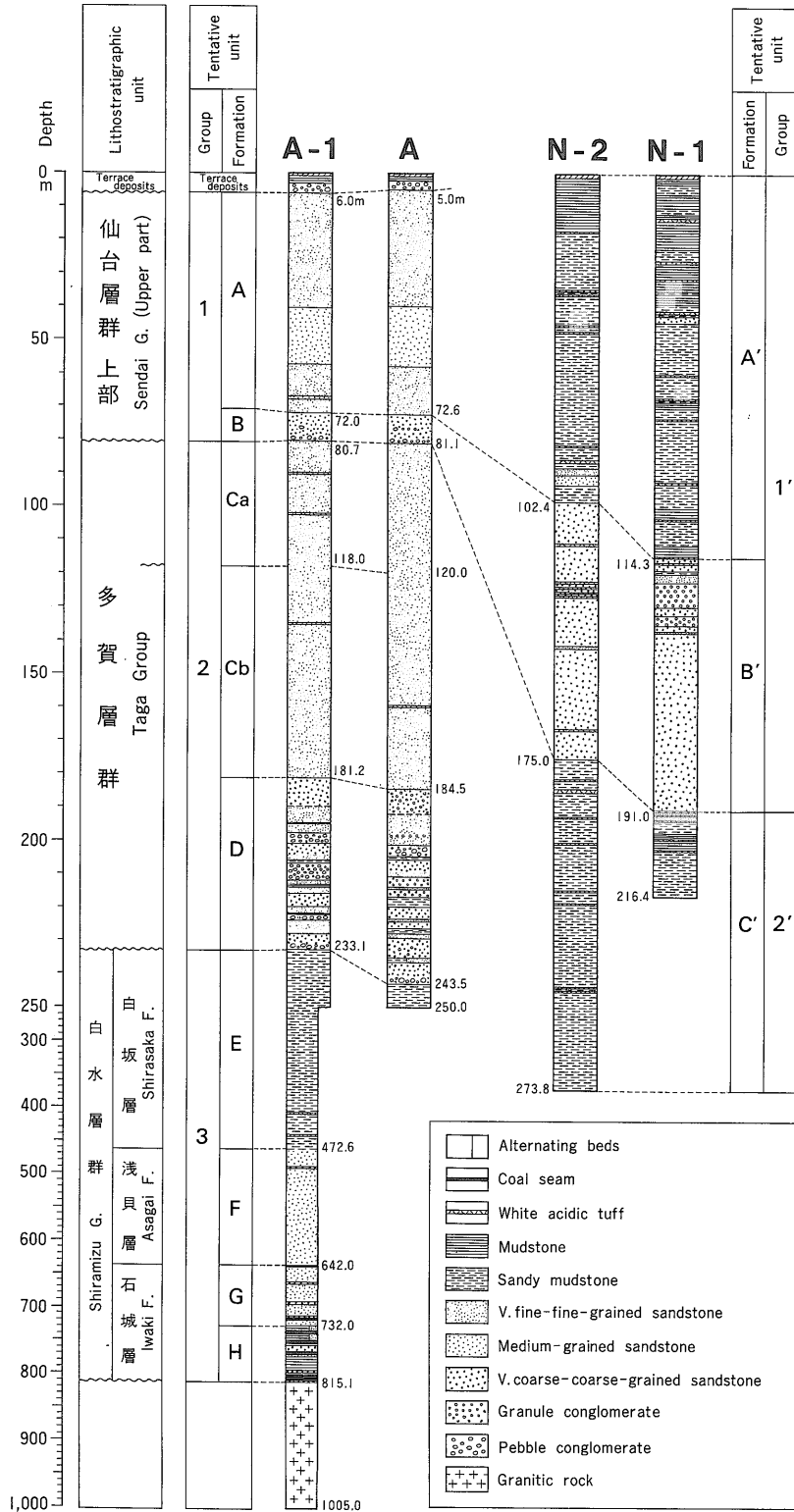
各コアの岩相を第5図に示す。なお記載の都合上、各コアについて暫定的な岩相層序学的ユニットを設定した。

#### コアA-1, A

A-1(GSJ B326)は標高50.4 m, 到達深度が1005 m で、深度815.1 m で花崗岩質岩に達している。コア最上部の0-6.0 m は表土及び段丘堆積物である。

深度6.0-815.1 m の堆積岩層は、岩相に基づいてA層からH層の8つのユニットに分けられる。またこれらのユニットは、それぞれ上方に粗粒化する3つの大きなサイクルにまとめられる。それらを上位から層群1(A-B層), 層群2(C-D層), 層群3(E-H層)とする。

層群1は深度6.0-80.7 m の区間に当たり、上部のA層と下部のB層とからなる。A層(深度6.0-72.0 m)は、



第 5 図 ボーリングコアの柱状図。

Fig. 5 Columnar sections of studied borehole cores.

雲母片を含む塊状のシルト質極細-細粒砂岩からなる。ただし中部の深度40.0-57.1 mは、軽石質の中-粗粒砂岩となっている。B層(深度72.0-80.7 m)の部分は、コアの回収率が悪いが、岩相は貝殻片と細礫の混入したルーズな石英質粗粒砂岩からなっている。その基底部には、中礫からなる礫質な岩相が発達し、直下のC層の細粒砂岩とはシャープな境界で接している。

層群2(深度80.7-233.5 m)はC層とD層からなる。C層(深度80.7-181.2 m)は、後述するように深度118.0 m付近に微化石の産出が急激に変化する層準があり、ここを境界にしてCa層とCb層の2層に分けられる。両層とも、塊状のシルト質極細-細粒砂岩からなり、ところにより軽石片、貝殻片、木片を混じえる。D層(深度181.2-133.5 m)は固結度が低く、細礫質の石英に富む粗粒砂岩と細礫岩からなり、1-2 mの腐植物の混入した砂質泥岩をとところどころに挟んでいる。最下部には厚さ約2 mの礫岩があり、直下のE層の砂質泥岩の上にシャープな境界をもって重なっている。

層群3は、深度233.1-815.1 mの区間である。E-Hの4層に分けられる。E層(深度233.1-472.6 m)は、比較的良く固まった灰色砂質泥岩からなる。最上部の233.5-274.0 mの部分は、不明瞭な葉理が見られるが、それ以外は無層理塊状である。ところどころに貝化石が含まれる。また白色凝灰岩の薄層を挟む。F層(深度472.6-642.8 m)は全般に炭質物の微細片を混入する塊状の極細-細粒砂岩からなり、貝化石を多産する。G層(深度642.0-732.0 m)は、シルト質の極細-細粒砂岩を主とし、部分的に細-中粒砂岩を挟み、また石炭層(深度642.0 m, 718.8 m)を挟んでいる。上位のF層とは、深度642.8 mの石炭層によって境される。最下部のH層(深度732.0-815.1 m)は、泥岩を主とし、これにアルコーズ質の中-粗粒砂岩、及び石炭層・炭質泥岩を挟んでいる。

コアA(GSJ B327)は到達深度250.0 mで、コアA-1と同じ層序が認められる。ただし、各ユニットの境界は、A-1の場合よりもやや下方にずれている。

なおコアA-1については、コアの検層が行われている(飯塚ほか, 1986)。

#### コアN-1, N-2

コアN-1(GSJ B328)は標高11.38 m, 深度216.4 m, N-2(GSJ, B329)は標高4.0 m, 深度273.8 mに達している。2つのコアは位置的には近接しており、岩相上対比が可能である。

コアN-1では表土(0-0.24 m)より下位の堆積岩層は、岩相に基づいて、上からA', B', C'層の3ユニットに分

けられる。またA-1と同様岩相変化のサイクルから、これらのユニットは、層群1'(A'層+B'層)と、層群2'(C'層)にまとめられる。

A'層(深度0.24-114.3 m)は、暗緑灰色の塊状砂質泥岩ないし泥岩からなり、ところどころに中-粗粒の砂岩層を挟む。また白色ないし灰白色の凝灰岩薄層をまれに挟む。

B'層(深度114.3-191.0 m)は、固結度の低い中-粗粒砂岩からなるが、上部の深度122-131 mの層準には中-細礫岩が発達する。また一部に砂質泥岩の薄層を挟む。砂岩中には貝化石、サンゴ化石が含まれる場合がある。

C'層(深度191.0-216.4 m)は、暗緑灰色の塊状砂質泥岩-泥岩で、中粒砂岩、白色凝灰岩の薄層を挟む。

コアN-2でもN-1と同じ層序が認められ、A'層(深度0.4-102.4 m), B'層(深度102.4-175.0 m), 及びC'層(深度175.0-273.8 m)に分けられる。

#### コアGH82-3 H21 (GSJ B330)

このコアの位置は、北緯37°26.48', 東経141°16.96', 長さは約1.8 mで、岩質は塊状の砂質泥岩である(第10図)。なおこのコアの上位には、未固結の第四紀層(?)が約4 mあったことが、掘削時の状況から推定されている(本座ほか, 1983)。

## 4. 化石分析

この研究では、珪藻、珪質鞭毛藻、放散虫、浮遊性有孔虫、石灰質ナンノ化石及び軟体動物化石の分析を行った。

### 4.1 珪藻化石

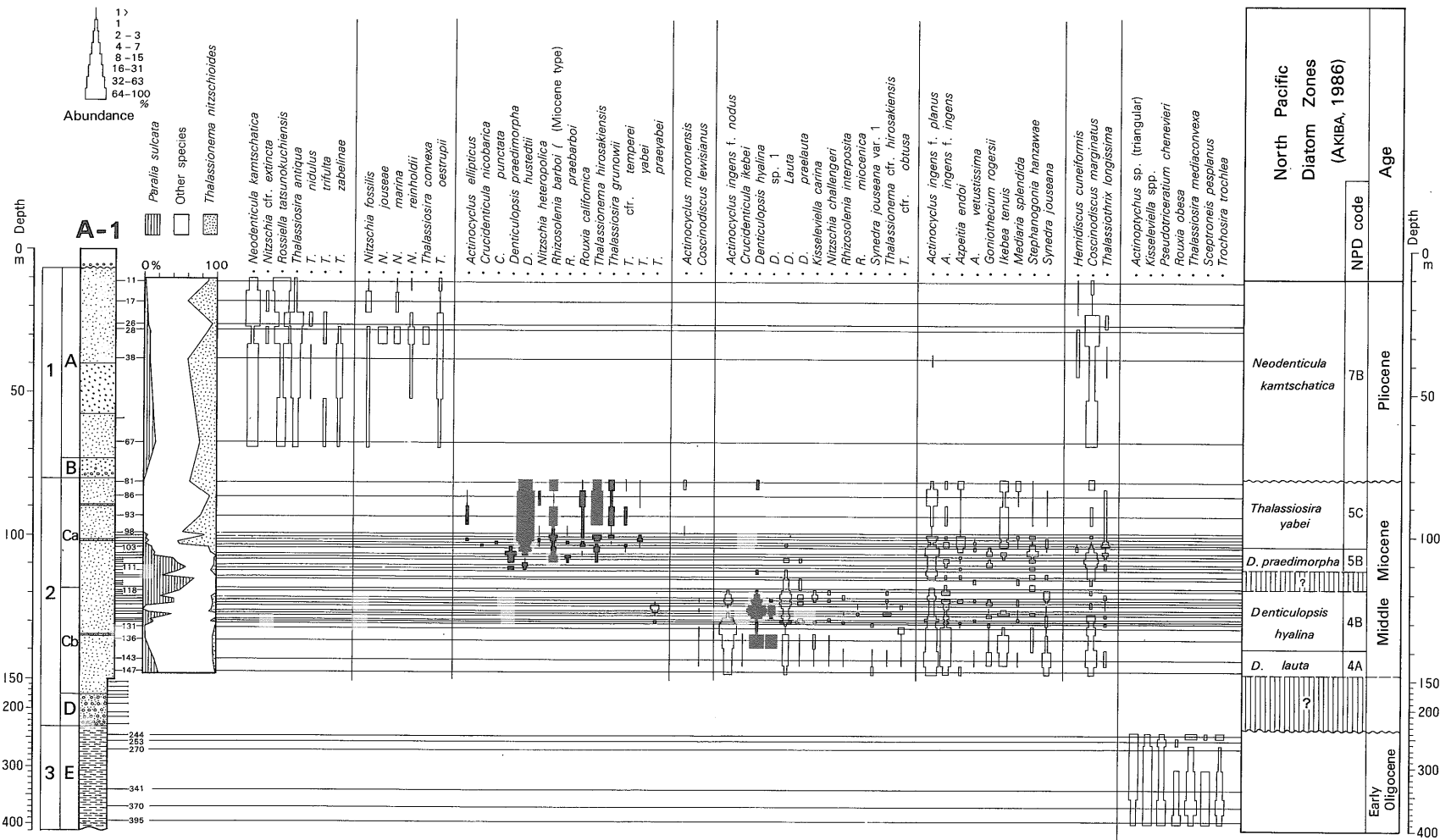
珪藻化石の分析は、AKIBA(1986)の処理及び算定方法に従って行った。珪藻の蓋殻は100個まで算定し、それ以上の走査で認められた種、及び破片としてのみ認められた種はpresentとした。なお今回は*Chaetoceros*属の休眠胞子の算定は行っていない。

分析の結果を時代ごとに、付表A1-3に示す。また、それぞれのコアにおける主な珪藻種の層序学的分布を、第6-10図に示す。

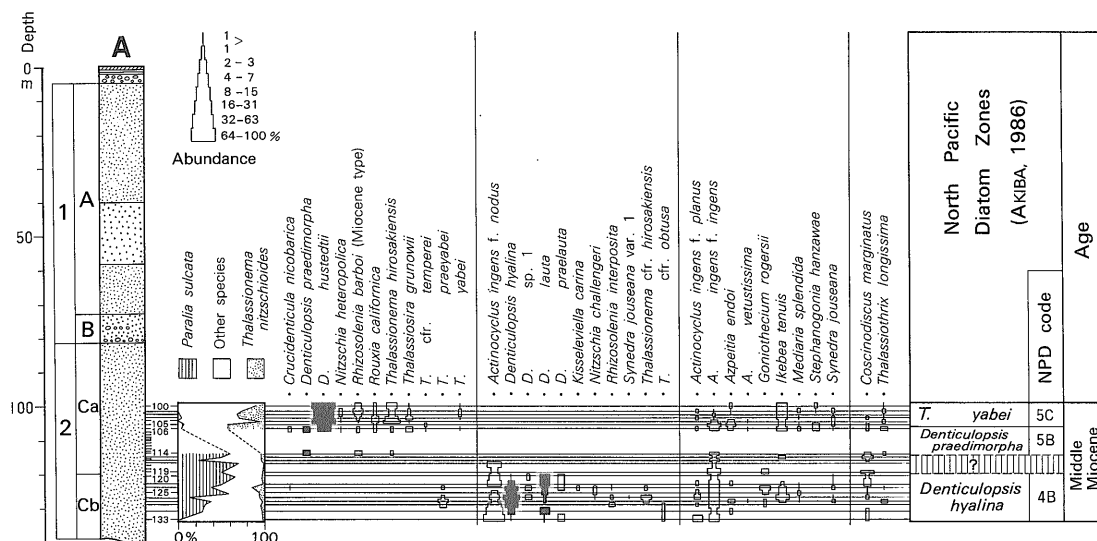
本報告ではAKIBA(1986)の北太平洋珪藻化石帯区分を用いる。ただし、BERGGREN *et al.*(1985)の新しい古地磁気層序に基づいた年代値を採用している尾田(1986)に従って、化石帯の年代値を一部修正した。

鮮新統については、一部BURCKLE(1972), BARRON(1985)の低緯度珪藻化石帯区分も適用可能なので、この区分も併用する。

化石帯の名称は、北太平洋珪藻化石帯区分ではAKIBA(1986)によるNPDコード(North Pacific Diatom



第 6 図 コア A-1 における主要珪藻種の層序学的分布と珪藻化石帯  
 Fig. 6 Stratigraphic distribution of selected diatom taxa and diatom zones in the A-1 core.



第7図 コア A における主要珪藻種の層序学的分布と珪藻化石帯  
 Fig. 7 Stratigraphic distribution of selected diatom taxa and diatom zones in the A core.

zone)を、また低緯度珪藻化石帯区分では BARRON (1985) による NTD コード (Neogene Tropical Diatom zone) を使用する。

コア A-1 (第6図)

このコアでは、地表から深度400 m 付近まで珪藻化石が産出した。

最上部の A 層の深度11-67 m は、珪藻化石帯の NPD 7 B (前期鮮新世) に相当する。B 層からは珪藻化石の産出はなかった。

Ca 層 (深度81-111 m) では、保存の良い珪藻化石が連続的に多産し、深度81-102 m は NPD 5C に、深度103-111 m は NPD 5B (いずれも中期中新世後期) に対比できる。

Ca 層最下部の深度111-118 m の区間は、珪藻化石の産出に乏しい砂岩となっており、指標種の産出がなく化石帯の認定はできない。なおこの区間では、低塩分環境を示す *Paralia sulcata* の比率が異常に高くなっているのが目立つ。

Cb 層上部 (深度118-147 m) からは、再び珪藻化石が豊富に産出した。このうち深度118-136 m は NPD 4B に、深度143-147 m は NPD 4A (いずれも中期中新世前期) に相当する。

Cb 層下部と D 層 (深度148-233 m) からは、珪藻化石の産出はなかった。

E 層中-上部 (深度244-395 m) からは、*Rouxia obesa*, *Thalassiosira mediacconvexa*, *Sceptroneis pesplanus*,

*Trochosira trochlea* などを含む珪藻化石群集が産出した。この群集は柳沢・鈴木 (1987) が報告した地表の白坂層の珪藻化石群集と全く同じ組成であり、時代は前期漸新世である。

このコアでは、3 層準で珪藻化石帯が欠如している。1 つ目は深度80 m の B 層の基底付近で、後期中新世から鮮新世初期にかけての4つの化石帯 (NPD 5D-7A) が欠けている。

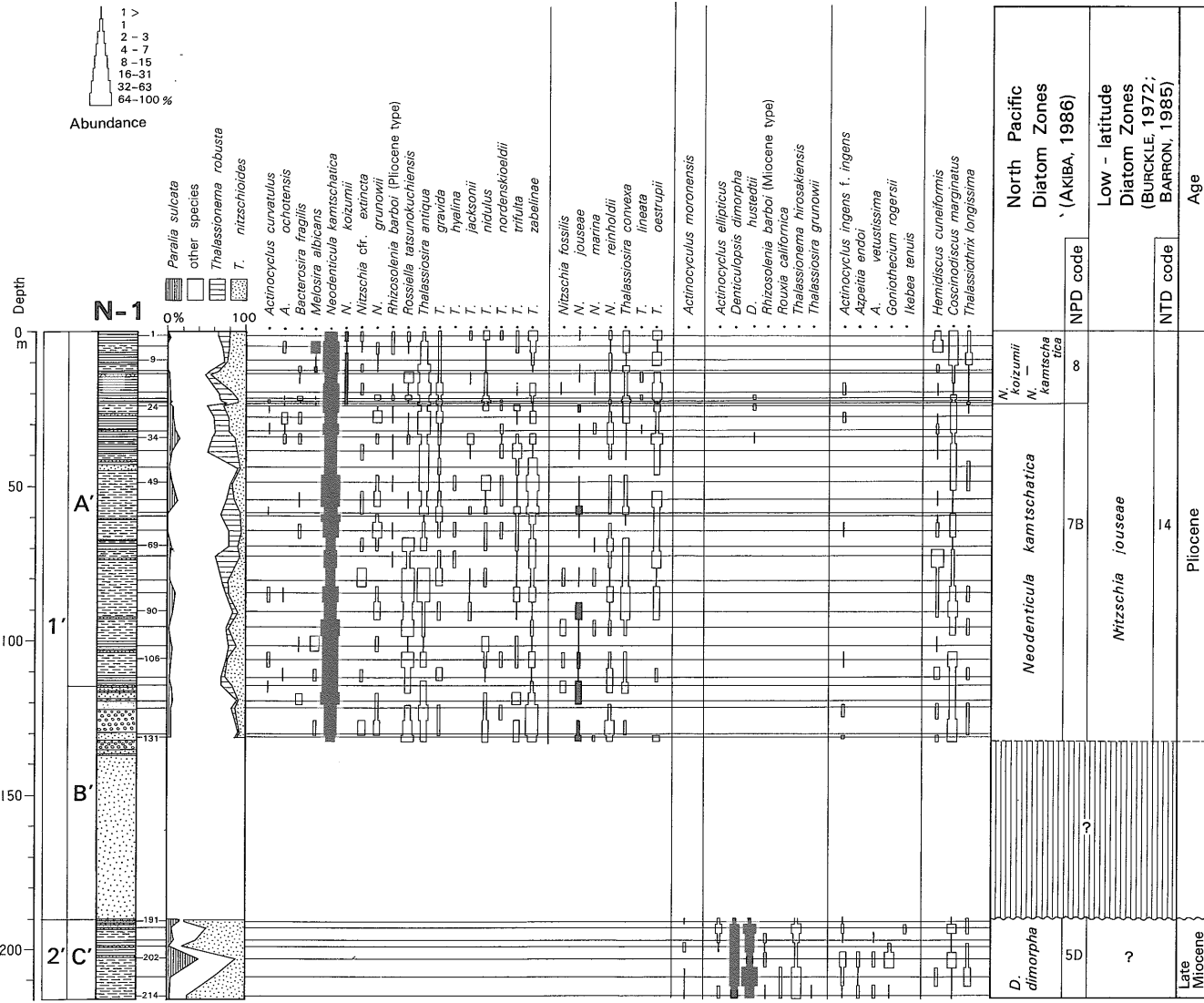
2 番目は Ca 層最下部の深度111-118 m の区間で、この層準は前述のように珪藻化石に乏しい砂岩からなっている。ここでは珪藻化石帯の NPD 5A が存在しない。

3 番目は深度233 m 付近にあり、ここでは後期漸新世から中期中新世初頭までの化石帯がすべて欠けている。

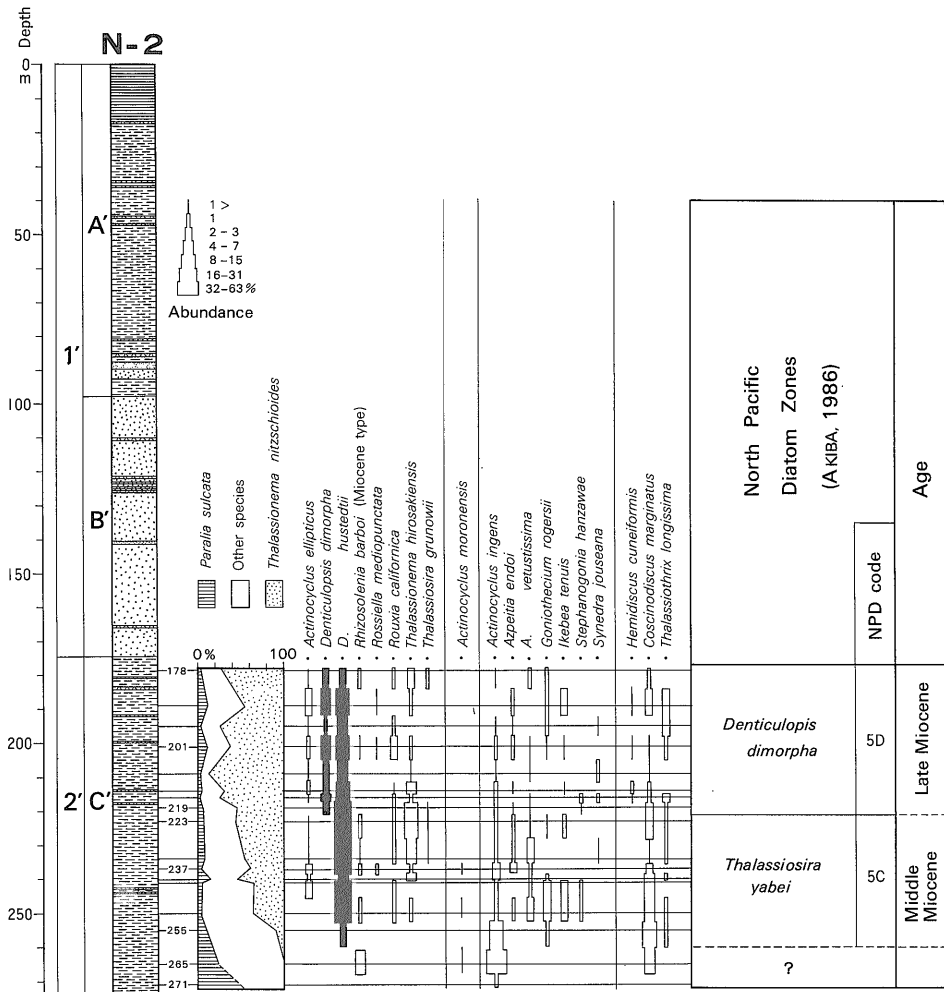
コア A (第7図)

このコアでは、A-1 で化石帯の認定が難しく、Ca 層と Cb 層の層序関係がよくわからなかった深度111-118 m 付近の層序を明らかにするため、問題の区間を含む厚さ33 m (深度133-100 m) のみの分析を行った。得られた結果は、化石帯の境界が A-1 よりも多少深くはなっているが、A-1 とほぼ同様であった。

すなわち、深度100-105 m は NPD 5C に、106-114 m は NPD 5B に、そして120-133 m は NPD 4B にそれぞれ対比できる。しかし114-119 m の区間は、化石帯の認定ができず、この区間では A-1 と同様 NPD 5A の化石帯が存在しない。またこの区間を含む上下20 m 弱の間では、やはり *Paralia sulcata* の割合が極めて高くなって



第 8 図 コア N-1 における主要珪藻種の層序学的分布と珪藻化石帯  
 Fig. 8 Stratigraphic distribution of selected diatom taxa and diatom zones in the N-1 core.



第9図 コアN-2における主要珪藻種の層序学的分布と珪藻化石帯  
Fig. 9 Stratigraphic distribution of selected diatom taxa and diatom zones in the N-2 core.

いる。

コアN-1 (第8図)

このコアでは、A'層-B'層最上部(深度1-131 m)、及びC'層(深度191-214 m)から珪藻化石が産出した。このうちA'層最上部の深度1-23 mの区間は、NPD 8(後期鮮新世)に相当する。一方A'層主部とB'層最上部(深度24-131 m)は、珪藻化石帯NPD 7B(前期鮮新世)に対比できる。更に深度1-131 mの区間は、低緯度化石帯区分ではNTD 14に当たる。

B'層主部(深度132-191 m)からは、珪藻化石の産出はなかった。

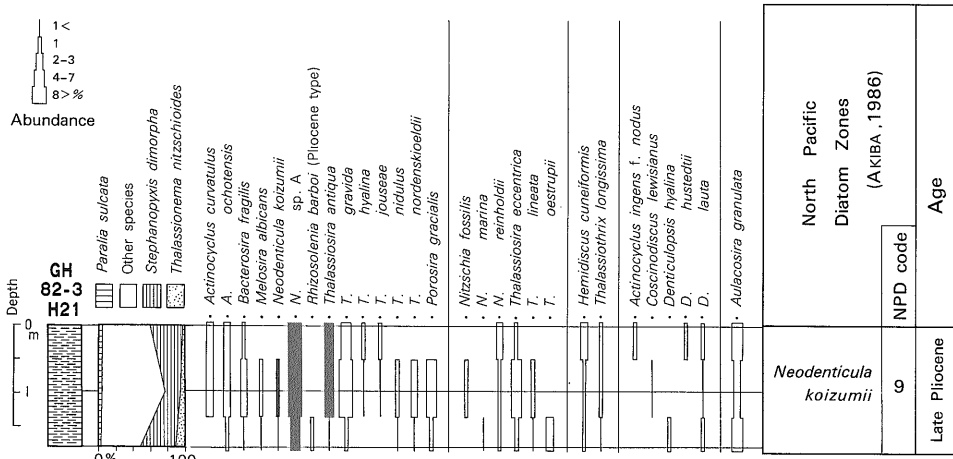
最下部のC'層(深度191-214 m)は、NPD 5D(後期中新世初期)に相当する。

このコアでは、深度191 m付近のB'層基底に岩相が細粒相から粗粒相へ急変する層準があり、ここではA-1と同様、後期中新世から鮮新世初期にかけての珪藻化石帯が欠けている。ただしこのコアでは、コアA-1では欠けていたNPD 5Dが認められ、欠如の範囲はA-1よりも小さくなっている。

コアN-2 (第9図)

N-2は全長が274 mのコアであるが、今回はその下部のC'層(深度178-271 m)のみの分析を行った。

分析の結果、C'層の上部(深度178-219 m)はNPD 5Dに、下部(深度223-155 m)はNPD 5Cに対比できることがわかった。なお、最下部の深度265-271 m区間は、指標種の産出がなく化石帯の認定はできなかった。



第10図 コア GH82-3 H21における主要珪藻種の層序学的分布と珪藻化石帯  
 Fig. 10 Stratigraphic distribution of selected diatom taxa and diatom zones in the GH82-3 H21 core.

コア GH82-3, H21 (第10図)

このコアの3つの試料は、すべて NP9 (後期鮮新世) に対比できる。

4.2 珪質鞭毛藻化石

珪質鞭毛藻については、41個の試料を検討した。珪質鞭毛藻は一般に含有量が少ないので、下記のような濃集方法を試みた。試料約10gを粉砕した後、5cmの高さに水を満たしたビーカーに加え、6分間放置後浮遊している粘土分を捨てる。これを数回繰り返す。次に3分以内に沈降する砂質分を捨てる。残った分はやや大型の珪藻に富むシルト質の部分である。これを、更に時計皿を用いて碗掛法で最も浮遊しやすい部分を分離し、これをスライドグラスにのせ、この上に22×26mm (ときには24×28mm)の大型カバーグラスをのせて、パルサムで封入する。

珪質鞭毛藻の検出は、不十分ではあるが50個体を目標にして、200倍の顕微鏡下で行い、その同定は400倍で行った。なおカバーグラスからはずれた部分にある個体の一部を毛筆で釣りだして単種スライドを作成し、これを写真用とした。これらのスライドは地質調査所に保管されている。

産出量の多少は、50個体の検出に必要なカバーグラス上の走査数で判断した。

珪質鞭毛藻の産出は付表 A-4 に、また主要な種の産出層準を重視した分布を第1表に示した。

コア A-1 の Ca 層 (深度81-114 m) は不明確ではあるが、*Corbisema triacantha* 及び *Dyctyochoa pseudofibula* が存在しないので、BUKRY (1974) の *Distephanus longispinus*

Zone (中期中新世) に相当するものと見られる。なお、深度118-121 m は珪質鞭毛藻の産出量が少なく、化石帯の認定はできない。

コア A-1 の Cb 層の上部 (深度124-147 m) には *Corbisema triacantha minor* と *Distephanus speculum patulus* が存在している。ここには前期中新世を示す *Naviculopsis quadrata* などが存在しない。したがってこの区間は BUKRY (1974), PERCH-NIELSEN (1985) の *C. triacantha* Zone (中期中新世) に相当する。

コア A-1 の E 層中-上部 (深度244-380 m) には、ほとんど古第三紀種のみがみられ、*Dyctyochoa deflandrei* が多産する。また *Mesocena* 属各種が認められ、*Naviculopsis biapiculata*, *N. trispinosa* の産出は少なく、更に *Dyctyochoa frenguelii* は産しない。したがって、この層準は BUKRY (1974) の高緯度地域珪質鞭毛藻化石帯区分に従えば、*D. deflandrei* Zone 中部の *Mesocena apiculata* Subzone に相当し、時代は前期漸新世である。なお、この層準は *Corbisema apiculata* がときには産出することからみると、PERCH-NIELSEN (1985) よる低緯度地域化石帯区分では *C. apiculata* Zone (前期漸新世) に相当する。

コア N-2 の C' 層 (深度178-271 m) は、*D. pseudofibula* が産出し、ときにはそれが豊富なので、BUKRY (1974) の *D. pseudofibula* Zone に相当する。

コア N-1 の C' 層 (深度191-214 m) も N-2 と同様で、*D. pseudofibula* Zone に相当する。

中新世の群集については、*Mesocena* 属各種の存在と、*Distephanus cf. pseudocrux* に注目して更に詳しく検討す





ると、a-gの群集が認定できる(第1表)。

コアA-1の *C. triacantha* Zone では、その下半には *Mesocena schulzii* を含み、ときには *Distephanus quinquantellus* (= *Distephanus speculum pentagonus*) に富み、*Distephanus crux*, *D. speculum* の多い a 群集が見られる。その上半には、*Mesocena elliptica*, *M. elliptica minoriformis* が豊富で、*Distephanus speculum* に乏しく、*M. schulzii* を欠く b 群集が認められる。

コアA-1の *Distephanus longispinus* Zone では、その下半は深度105.91 m を除いて珪質鞭毛藻に乏しいため不明瞭ではあるが、深度114-105 m の部分には *Mesocena diodon* を含有し、*M. elliptica minoriformis* に富み、*Distephanus longispinus*, *Distephanus crux* に富む群集(d群集)の存在がうかがえる。*D. longispinus* Zone の上半では、*Mesocena septenaria*, *M. hexalitha*, *M. circulus* が出現し、ここに *D. longispinus*, *D. stradneri*, *Dictyocha brevispina* のやや多い e 群集が認められる。

コアN-2の *Dictyocha pseudofibula* Zone でも、その下半分には、ときに *Distephanus pseudocrux* を産し、*Distephanus stradneri* が多く、*D. brevispina*, *D. longispinus* のやや多い f 群集がみられる。その上半及びコアN-1には、*Distephanus cf. pseudocrux* がしばしば豊富であり、*D. brevispina* が豊富で *D. rhombica* の多い g 群集が認められる。

ところで、コアA-1では d 群集の層準は珪質鞭毛藻

の産出量が少なく、群集の特徴が不鮮明であるが、第2表に示すように、宮城県松島地域の鹿島台層や北海道日高地域のアベツ層では、この *Mesocena diodon* を豊産する d 群集が明瞭な形で存在する。この d 群集は両地域とも珪藻化石帯では NPD 5B に対応しており(第2表)、これは本地域の結果とも一致している(第15図)。ところで、北海道の網走地域では、この NPD 5B の下位帯の NPD 5A に相当する層準の鱒浦層中に、*Distephanus longispinus* が極めて豊富な群集(c群集と呼ぶ)が見られる。しかし、本地域ではこの群集は認められない。

以上のように、この地域では BUKRY (1974) の珪質鞭毛藻化石帯区分がよく適用されるとともに、中新世の Zone ではそれよりも細かな、そしてそれぞれに特徴のある群集の存在が明らかになった。

前期漸新世には *Dictyocha deflandrei* Zone, 中期中新世には *Corbisema triacantha* Zone (a, b 群集), *Distephanus longispinus* Zone (d, e 群集) が認められ、更に中期-後期中新世には *Dictyocha pseudofibula* Zone (f, g 群集) が存在する。

更に他地域の例をみると、d 群集の下位には *Distephanus longispinus* の豊富な c 群集が存在し、*D. longispinus* Zone の最下部を占めているようであるが、この群集はこの地域では欠けている。このことは本地域では、b 群集と d 群集の間に Hiatus が存在する可能性を示唆している。またこのことは、この層準付近で

第2表 *Distephanus longispinus* Zone の中に認められる珪質鞭毛藻群集と北太平洋珪藻化石帯(AKIBA, 1986)との対比  
Table 2 Correlation of silicoflagellate *Distephanus longispinus* Zone with the North Pacific diatom zones of AKIBA (1986).

Area	Abashiri	Matsushima		Hidaka		
Formation	Masuura	Kashimadai		Abetsu	Niu	
Sample	5C-1	K99	K52	A305	N513	N594
<i>Mesocena circulus</i>	—	—	—	6	1	—
<i>M. diodon</i>	—	5	7	21	—	—
<i>M. elliptica minoriformis</i>	—	—	1	—	—	—
<i>M. hexalitha</i>	—	—	—	—	6	11
<i>Dictyocha aspera</i>	—	—	1	—	—	2
<i>D. fibula</i>	—	2	1	1	6	3
<i>Distephanus crux</i>	5	10	2	19	28	4
<i>D. longispinus</i>	43	20	3	3	—	—
<i>D. speculum</i>	2	2	—	—	9	18
<i>Cannopylus quintus</i>	—	1	—	—	—	—
Total number of specimens	50	40	15	50	50	50
Assemblages	c	d		e		
Silicoflagellate Zones BUKRY (1974)	<i>Distephanus longispinus</i>					
Diatom Zones AKIBA (1986)	NPD	5A	5B		5C	

珪質鞭毛藻の産出が極めて不良なことと関係がありそうである。

#### 4.3 放散虫化石

今回放散虫化石の分析を行ったのは、コア A-1 の 80 m から 143 m 間である。放散虫化石分析のための試料は固結度が低いため、希塩酸及び過酸化水素水で煮沸することにより泥化した。泥化した試料は 250 メッシュのふるい上で水洗し、メッシュ上の残渣を乾燥後、四塩化炭素を用いて浮選し、放散虫化石を濃集した。

濃集した放散虫化石は、カナダバルサムを用いて封入し、透過光学顕微鏡下で観察を行った。放散虫化石は、全体に産出量が少なく、また試料により個体数のばらつきが大きいので、今回は正確な定量は行わず、時代決定の指標となる種の存在に重点を置いて観察を行った。

結果は第 3 表に示した。

100 m の試料より、*Diartus pettersoni*, *Didymocyrtis laticonus* が産出する。DSDP を通じて確立された放散虫化石層序 (RIEDEL and SANFILIPPO, 1978) によれば、両種が同時に出現するのは、ほぼ *D. pettersoni* Zone に限られる。したがって 100 m の試料は *D. pettersoni* Zone (中期中新世後期) に属すと考えられる。

また、136 m の試料では *Cyrtocapsella tetrapera* が多産している。SAKAI (1980) による三陸沖での結果では *C. tetrapera* が多産するのは *Dorcadospyris alata* Zone の下部に限られており、*C. tetrapera* の産出の急減層が 12 Ma 付近に存在することが明らかにされている (尾田,

1986)。したがって 136 m の試料は *D. alata* Zone の下部 (中期中新世前期) に相当する。

なお、143 m より *C. tetrapera* が産出することから、今回の試料がすべて中新世以降の時代を示すことは明らかである。なお、他の試料は時代決定に有効な種が確認されなかったため、正確な時代決定はできなかった。

#### 4.4 浮遊性有孔虫化石

浮遊性有孔虫化石が産出したのは、コア A-1 のうち Cb 層の最上部 (深度 118-127 m) から採取した 6 試料である。この層準の上位 108-117 m 間、及び下位 128-133 m 間からも 10 数試料を採取し、浮遊性有孔虫化石の有無を予想的に検討したが、浮遊性有孔虫化石は全く含まれていなかった。

浮遊性有孔虫化石が含まれていた試料は 10-数 10 g をコアから採取し、蒸留水で煮沸したのち 200 メッシュのふるいで洗浄し、更に残渣を超音波洗浄器に数 10 秒さらし化石表面のクリーニングを行った。このようにして得られた残渣を 120 メッシュのふるいで選別し、鏡下において 120 メッシュ以上の残渣から浮遊性有孔虫化石を拾い出して同定した。

第 4 表に同定された 6 属 20 種の浮遊性有孔虫化石の一覧を示す。浮遊性有孔虫化石の産出量及び種類は、試料 1-4 では豊富であるが、試料 5, 6 では産出量・種類とも急速に乏しくなる。

浮遊性有孔虫化石群集は、*Globigerina* 属、*Globorotalia* 属、*Globigerinita* 属に富み、*Globigerinoides*,

第 3 表 コア A-1 産放散虫化石  
Table 3 Radiolarians from the A-1 core.

Tentative unit	Group Formation	2										
		Ca					Cb					
Core A-1	Depth (m)	81.23- 81.38	86.00- 86.15	93.13- 93.20	100.20- 100.35	116.26- 116.39	121.06- 121.20	129.20- 129.30	136.66- 136.75	143.00- 143.16		
<i>Cyrtocapsella tetrapera</i> HAECKEL					○		○	○	◎	○		
<i>C. japonica</i> (NAKASEKO)			○		◎				○			
<i>C. cornuta</i> HAECKEL									○			
<i>Stichocorys delmontensis</i> (CAMPBELL & CLARK)						○						
<i>Lychnocanoma elongata</i> (VINASSA & REGNY)								○				
<i>Diartus pettersoni</i> (RIEDEL & SANFILIPPO)					○							
<i>Didymocyrtis laticonus</i> (RIEDEL)					○							
<i>D. mamifera</i> (HAECKEL)									○			
<i>Spongodiscus</i> sp.		○										
<i>Thecospaera japonica</i> NAKASEKO		○										
<i>T. miocenica</i> NAKASEKO		○										
<i>Lychnocanoma nipponica</i> NAKASEKO			○	○				○	○			

◎: abundant, ○: present

第4表 コア A-1 産浮遊性有孔虫化石  
Table 4 Planktonic foraminifers from the A-1 core.

種名	1	2	3	4	5	6
1. <i>Globigerina angustumbilicata</i> BOLLI	*	*	*			*
2. <i>Globigerina bulloides</i> d'ORBIGNY		cf.	cf.	*		
3. <i>Globigerina druryi</i> AKERS		*	*	*		
4. <i>Globigerina falconensis</i> BLOW	*	*	*	*		
5. <i>Globigerina foliata</i> BOLLI	*	*	*	*		
6. <i>Globigerina praebulloides praebulloides</i> BLOW	*	*	*	*		
7. <i>Globigerina woodi</i> JENKINS	*	*	*	*	*	
8. <i>Globigerinoides quadrilobatus immaturus</i> LEROY	*			*		
9. <i>Globigerinoides quadrilobatus trilobus</i> (REUSS)		*		*		
10. <i>Globorotalia birnageae</i> BLOW	*		*	*		
11. <i>Globorotalia mayeri</i> CUSHMAN & ELLISOR	*	*	*	*	*	*
12. <i>Globorotalia peripheroronda</i> BLOW & BANNER	*	*	*	*		
13. <i>Globorotalia quinifalcata</i> SAITO & MAIYA	*	*	*	*	*	*
14. <i>Globorotalia scitula praescitula</i> BLOW	*	*	*	*	*	*
15. <i>Globorotalia scitula scitula</i> (BRADY)	*	*	*	*	*	*
16. <i>Globorotalia siakensis</i> LEROY		*		*		
17. <i>Globoquadrina altispira</i> (CUSHMAN & JARVIS)				*		
18. <i>Globigerinita glutinata</i> (EGGER)	*	*	*	*	*	*
19. <i>Globigerinita uvula</i> (EHRENBERG)	*					
20. <i>Prosphaeroidinella disjuncta</i> (FINLAY)		*	*	*	*	

1: 127.05-12 m 2: 126.40-45 m 3: 123.03-10 m 4: 121.89-94 m 5: 119.83-85 m 6: 118.60-65 m

*Globoquadrina*, *Prosphaeroidinella* の3属は極めて乏しい。優占種としては、試料1-4においては *Globigerina praebulloides praebulloides*, *Globorotalia scitula praescitula* の両種が20-30%前後, *Globigerinita glutinata* が10-20%の割合を占める。試料5・6では *Globigerinita glutinata* と *G. scitula praescitula* に富み、試料1-4において豊産する *G. praebulloides praebulloides* は全く産出しない。

今回浮遊性有孔虫化石が産出したのは、Cb層最上部の厚さ約5mの限られた層準である。産出した種のうち年代決定に有効な種を IKEBE and CHIJI (1981) や BLOW (1969) によって示された浮遊性有孔虫化石種の生存期間と比較対照すると、浮遊性有孔虫化石の産出層準は *Globorotalia birnageae*, *Globorotalia peripheroronda*, *G. scitula praescitula*, *Globigerina druryi* が共存し、*Globorotalia peripheroacuta* を欠くことから BLOW (1969) の N8-N9 に対比できる。群集中には N8 あるいは N9 を決定づける *Globigerinoides sicanius*, *Praeorbulina* 属, *Orbulina* 属が全く含まれないが、群集中に *G. praebulloides praebulloides* と *Globigerina bulloides*, *Globorotalia praescitula scitula* と *G. scitula scitula* が共存することから、浮遊性有孔虫化石の産出した Cb 層最上部は N9 に相当する可能性が高い。

#### 4.5 石灰質ナノ化石

試料処理は、竹谷ほか(1986)の石灰質ナノ化石の処理と同様な手順で行い、スミアスライドを作成した。検鏡は、偏光顕微鏡を用いて1500倍の倍率で観察し、同定を行った。

今回、ナノ化石が産出した13試料の石灰質ナノ化石の産出頻度はいずれも低く保存状態も不良である(第5表)。

コア A-1 では、Cb 層最上部の6試料からナノ化石が産出した。121.99-126.40 m の層準は、*Sphenolithus heteromorphus* の産出が認められる。したがって、OKADA and BUKRY (1980) の Zone CN3 ないし CN4 と認定され、下部中新統上部から中部中新統下部に相当する。CN3 と CN4 との境界は、*Helicosphaera ampliapertura* の消滅及び *Discoaster deflandrei* の多産の終るところをもって規定されるが、今回の試料には、*H. ampliapertura* の産出はみられず、また、*D. deflandrei* も121.99 m にわずかに認められただけである。しかしながら化石の保存状態及びその他の *Helicosphaera*, *Discoaster* 両属の産出状態をあわせて考慮しても、121.99-126.40 m の層準が CN3, CN4 のどちらかに属するのかは判断できない。

コア N-2 では、4試料からナノ化石が産出した。このうち C' 層の219.50-219.64 m では、*Catinaster*

第5表 コア N-1, N-2 及び A-1 産石灰質ナノ化石  
Table 5 Calcareous nannofossils from the N-1, N-2 and A-1 cores.

Core	N-1			N-2				A-1					
	Sample (m)	81.35-81.56	193.34-193.45	202.89-202.91	189.52-189.63	194.79-195.00	201.44-201.57	219.50-219.64	121.06-121.20	121.99	123.00	124.20	126.40
Abundance	F	VR	R	F	F	VR	R	VR	F	F	R	F	F
Preservation	M	VP	P	M-P	M-P	P	P	P	M	M	M-P	M	M
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (MURRAY & BLACKMAN) LOEBLICH & TAPPAN	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. macintyreii</i> (BUKRY & BRAMLETTE) LOEBLICH & TAPPAN	+		+	+	+				+			+	+
<i>Catinaster calyculus</i> MARTINI & BRAMLETTE							+						
<i>Ceratolithus rugosus</i> BUKRY & BRAMLETTE	+												
<i>Coccolithus miopelagicus</i> BUKRY											+	+	+
<i>C. pelagicus</i> (WALLICH) SCHILLER	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cyclicargolithus floridanus</i> (ROTH & HAY) BUKRY											+	+	+
<i>Dictyococcites antarcticus</i> HAQ			+	+	+			+	+	+	+	+	+
<i>D. productus</i> (KAMPTNER) BACKMAN			+		+								
<i>Discoaster asymmetricus</i> GARTNER	+												
<i>D. bellus</i> BUKRY & PERCIVAL						+	+						
<i>D. bollii</i> MARTINI & BRAMLETTE				+			+						
<i>D. brouweri</i> TAN SIN HOK	+	+	+	+		+	+						
<i>D. deflandrei</i> BRAMLETTE & RIEDEL									+				
<i>D. exilis</i> MARTINI & BRAMLETTE									+		+	+	
<i>D. cf. hamatus</i> MARTINI & BRAMLETTE						+							
<i>D. intercalaris</i> BUKRY			+	+									
<i>D. pentaradiatus</i> TAN SIN HOK	+		+	+									
<i>D. surculus</i> MARTINI & BRAMLETTE	+	+											
<i>D. tamalis</i> KAMPTNER	+												
<i>D. variabilis</i> MARTINI & BRAMLETTE	+		+				+		+		+	+	+
<i>Florisphaera profunda</i> OKADA & HONJO	+												
<i>Helicosphaera carteri</i> (WALLICH) KAMPTNER									+	+		+	+
<i>H. sp.</i>									+				
<i>Pontosphaera multipora</i> (KAMPTNER) ROTH									+				
<i>Reticulofenestra gelida</i> (GEITZENAUER) BACKMAN	+		+	+	+		+						
<i>R. minuta</i> ROTH	+		+	+	+				+	+	+	+	+
<i>R. minutula</i> (GARTNER) HAQ & BERGGREN	+		+	+	+				+			+	
<i>R. pseudumbilica</i> (GARTNER) GARTNER	+						+		+	+		+	+
<i>Rhabdosphaera claviger</i> MURRAY & BLACKMAN			+	+									

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 (柳沢 ほか)

第5表 (つづき)  
Table 5 (Continued)

Core	N-1			N-2			A-1						
	81.35-81.56	193.34-193.45	202.89-202.91	189.52-189.63	194.79-195.00	201.44-201.57	219.50-219.64	121.06-121.20	121.99	123.00	124.20	126.40	127.12
Sample (m)													
Abundance	F	VR	R	F	F	VR	R	F	F	R	R	F	F
Preservation	M	VP	P	M-P	M-P	P	P	M	M	M-P	M-P	M	M
<i>Sphenolithus abies</i> DEFLANDRE	+							+	+			+	+
<i>S. heteromorphus</i> DEFLANDRE													
<i>S. moriformis</i> (BRÖNNMANN & STRADNER) BRAM. & WIK.					+					+		+	+
<i>S. neobius</i> BURKY & BRAMLETTE													
<i>Umbilicosphaera sthoga</i> (WEBER-VAN BOSSE) GAARDER								+					+
Nannofossil zones (OKADA and BURKY, 1980)	11b						7a 8b	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4

Abundance F: few, R: rare, VR: very rare  
Preservation M: moderate, P: poor, VP: very poor

*calyculus* の産出が認められ, CN7b ないし CN8a と認定できる. したがって, この層準は, 上部中新統下部に相当する. この CN7b と CN8a の境界は, *Discoaster hamatus* の消滅によって規定されるが, 今回の試料には, *Discoaster* 属産出が認められるものの, その頻度は低く, CN7b と CN8a を区分することはできない.

コア N-1 では, 3 試料からナンノ化石の産出をみた. このうち A' 層の 81.35-81.56 m の試料は, *Reticulofenestra pseudumbilica*, *Ceratolithus rugosus*, *Discoaster tamalis* の 3 種の共在により, CN11b と認定され, 下部鮮新統の最上部に相当する. 他の 2 試料は, 時代決定に有効な種が見つからず, 化石帯の認定はできない.

#### 4.6 軟体動物化石

軟体動物化石はコア A-1 の G 層上部及び F 層における計 8 層準の細粒砂岩から, 二枚貝 5 属 4 種, 巻貝 2 属を同定した(第 6 表). 全層準ともほぼ同様の種を産し, 二枚貝の多くは合弁で密集し, 巻貝とともに, 保存状況は良好である. 以下にそれぞれの種の時空分布について述べる.

*Acila (Truncacila) oyamadensis* HIRAYAMA (Pl. 12-1 a, b) は常磐炭田の浅貝層から初めて記載され, 双葉地区の“五安層”(O'HARA and NEMOTO, 1982)からも報告されている.

*Cyclocardia laxata* (YOKOYAMA) (Pl. 12-3, 4) は, 同様に浅貝層から初めて記載され, 亀ノ尾層(YOKOYAMA, 1925), 北サハリンの“horizon 5 and 6 at Matchgar”(MAKIYAMA, 1934), ソ連東部 Koryak Upland の漸新統(VOLOBUEVA, 1986), 北海道中部の“Momijiyama Transitional Formation”(HAYASAKA and UOZUMI, 1954), 達布層群下記念層(大原, 1966), 釧路炭田の音別層群大曲・茶路層(本田, 1984), 秩父盆地の下部中新統赤平層(渡部ほか, 1950)・牛首峠層(KANNO, 1960), 九州の日南層群漸新統鹿久山層(加藤, 1985)からも報告されている.

*Clinocardium asagaiense* (MAKIYAMA) は浅貝層から初めて記載され, “五安層”(O'HARA and NEMOTO, 1982), Koryak Upland 及びカムチャッカの漸新統(DEVYATILOVA and VOLOBUEVA, 1981), サハリンの漸新統(KAFANOV and SAVITSKY, 1982), 秩父盆地の中新統平仁田層(HIRAYAMA, 1973)等からも報告されている.

*Profulvia harrimani* (DALL) (Pl. 12-5) はアラスカの始新-漸新統から初めて記載され, 浅貝層(MAKIYAMA, 1934 ほか), 釧路炭田の舌辛層・大曲層(MIZUNO,

第6表 コア A-1 産軟体動物化石  
Table 6 Fossil molluscs from the A-1 core.

Formation		浅貝層 Asagai F.				石城層 Iwaki F.			
		F 層				G 層			
Species	Depth (m)	544.20 -75	583.00 -20	590.37 -52	624.08 -36	675.00 -20	679.00 -20	680.10 -30	684.00 -20
<i>Acila (Truncacila) oyamadensis</i> HIRAYAMA		F						VA	
<i>Cyclocardia laxata</i> (YOKOYAMA)					R			F	
<i>Cyclocardia</i> sp.								R	R
<i>Clinocardium asagaiense</i> (MAKIYAMA)						C			
<i>Clinocardium</i> sp.								R	
<i>Profulvia harrimani</i> (DALL)									R
<i>Mya</i> sp.					R				
<i>Mya?</i> sp.			R						
<i>Turritella</i> sp.		F	VA	VA	R				C
<i>Neptunea</i> sp., indet.						R			
Gastropoda fam., gen. et sp., indet. shell fragments								R	

R, rare (one individual); F, few (2 to 4 individuals); C, common (5 to 9 individuals); VA, very abundant (20 or more individuals)

1964), 茶路層(本田, 1984), 下記念層(大原, 1966), 相野内層(UOZUMI, *et al.* 1966), 常呂層(成田・近江, 1975), Koryak Upland の漸新統(DEVYATILOVA and VOLOBUEVA, 1981), カムチャッカの中新統(KHOMENKO, 1933など), サハリンの漸新統 Matchgar 層(KRISHTOFOVICH in KRISHTOFOVICH and ILYINA, 1954) からも報告されている。

一方, *Turritella* sp. (Pl. 12-2) は全体の輪郭から, 浅貝層から報告されている *T. importuna* YOKOYAMA, あるいは *T. tokunagai* YOKOYAMA と思われるが, 分類の基準の一つである螺状脈の詳細が不明のため種名の同定はできなかった。また, *Neptunea* sp., indet. (Pl. 12-6) はおそらく新種である。

以上は, いずれも古第三紀漸新世の幌内動物群(MIZUNO, 1964; 浅貝-幌内動物群)を特徴づける種であり, 根本・大原(1979)によって報告された双葉地区における浅貝層の内湾の上・中浅海帯の環境を示す貝化石群集に酷似する。更に, いずれの属も現在の日本列島周辺の海のほぼ数10-数100 m の深さに生息し(HONDA, 1987 MS), 全体として温帯気候を指示する。

## 5. 層序・対比

### 5.1 化石分析の総括と地質時代の推定

以上の化石分析の結果を総合して, 各コアの地質時代について考察する。

#### コア A-1, A

コア A-1 における各化石の分析結果を第11図にまとめた。

コア最上部の A 層からは NPD 7B に相当する珪藻化石が産出し, その地質時代は前期鮮新世である。B 層からは化石の産出はなかったが, 岩相の連続性からみておそらく A 層と同じくその時代は前期鮮新世である。

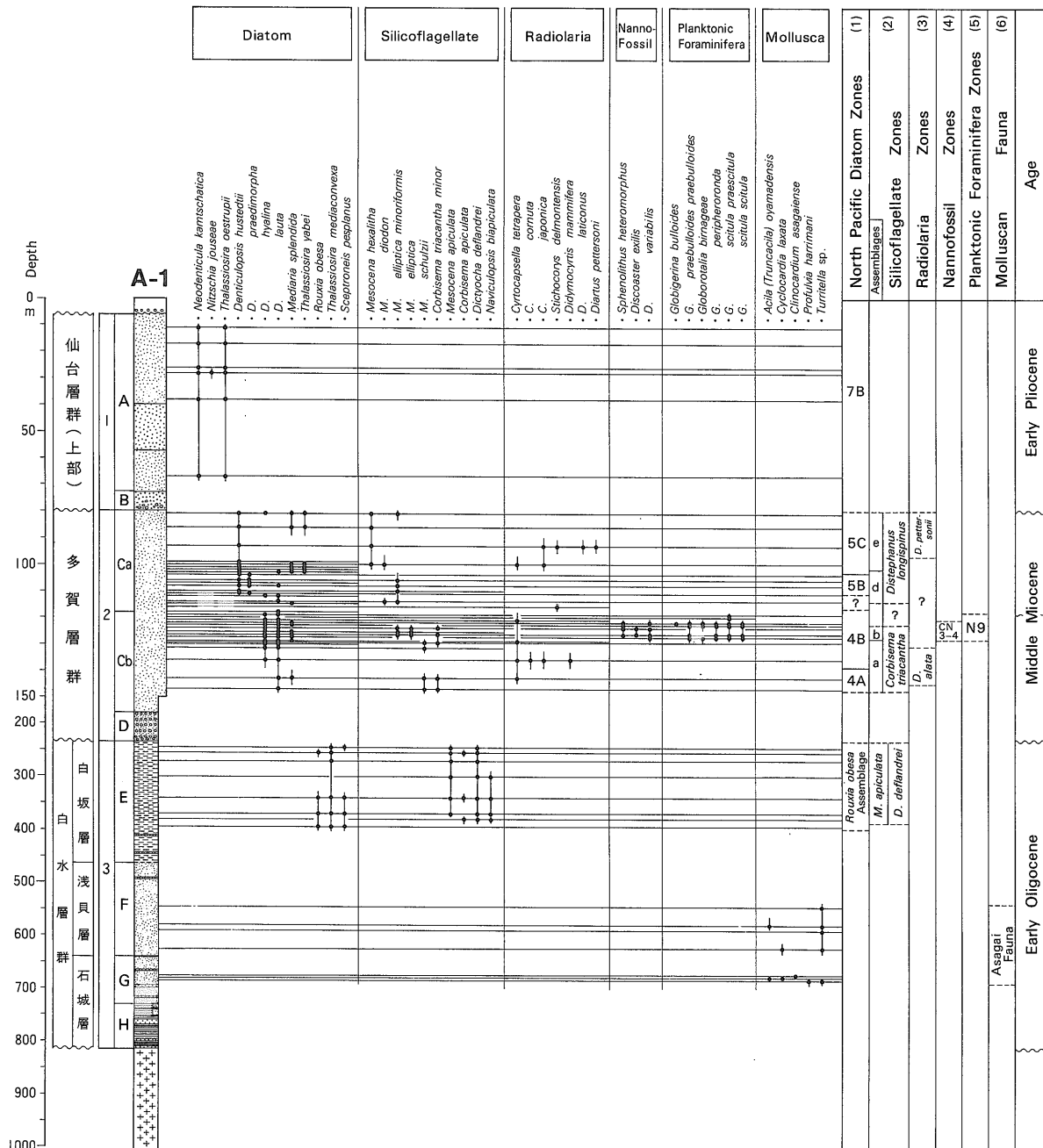
Ca 層の深度81-114 m は珪藻化石帯の NPD 5B-5C に, 珪質鞭毛藻化石帯区分では, *Distephanus longispinus* Zone に相当する。また放散虫化石帯区分では, この区間の上部は *Diartus petterssonii* Zone に当たる。したがって, Ca 層の時代は中期中新世後期である。

Ca 層最下部の深度114-118 m は, 微化石の産出頻度が低く, 地質時代の推定は困難である。

Cb 層上部の深度118-147 m の区間は, 珪藻化石では NPD 4A-4B に, 珪質鞭毛藻化石では *Corbisema triacantha* Zone に, また放散虫化石では *Dorcadospyrus alata* Zone に対比できる。また Cb 層最上部からは CN3-CN 4 に相当する石灰質ナノ化石と, N9 相当の浮遊性有孔虫化石が検出された。以上の結果から Cb 層上部の時代は, 中期中新世前期とみなすことができる。

Cb 層下部及び D 層(深度147-233 m) は, 全く化石が産出しないため, 時代の判定はできないが, 岩相変化の連続性からみて, おそらく上位の Cb 層上部と一連の堆積物である。

E 層の中-上部(深度244-380 m) は, 珪質鞭毛藻化石帯の *Dictyocha deflandrei* Zone の *Mesocena apiculata*



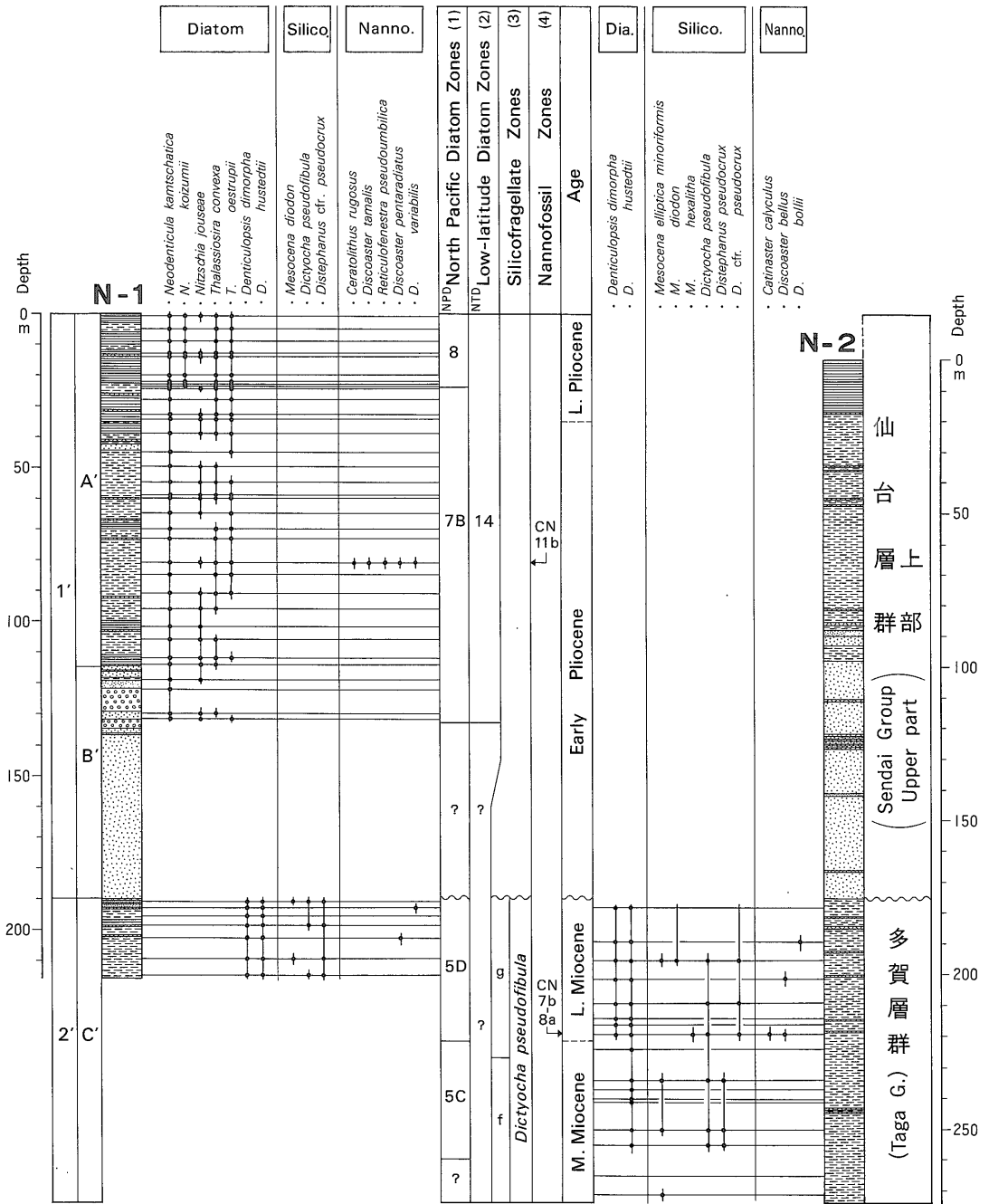
第11図 コア A-1 における生層序

Fig. 11 Biostratigraphy of the A-1 core. (1) AKIBA (1986), (2) BUKRY (1974), (3) RIEDEL and SANFILIPPO (1978), (4) OKADA and BUKRY (1980), (5) BLOW (1969), (6) MIZUNO (1964).

Subzone に相当する。また同区間からは、*Rouxia obesa* を含む前期漸新世の珪藻化石群集が産出する。したがってこの区間の時代は前期漸新世である。

コア下部の F 層及び G 層上部(深度 544-684 m)からは浅貝型動物群に属する軟体動物化石群集が産出している。この部分の時代は漸新世である。なお、これよ



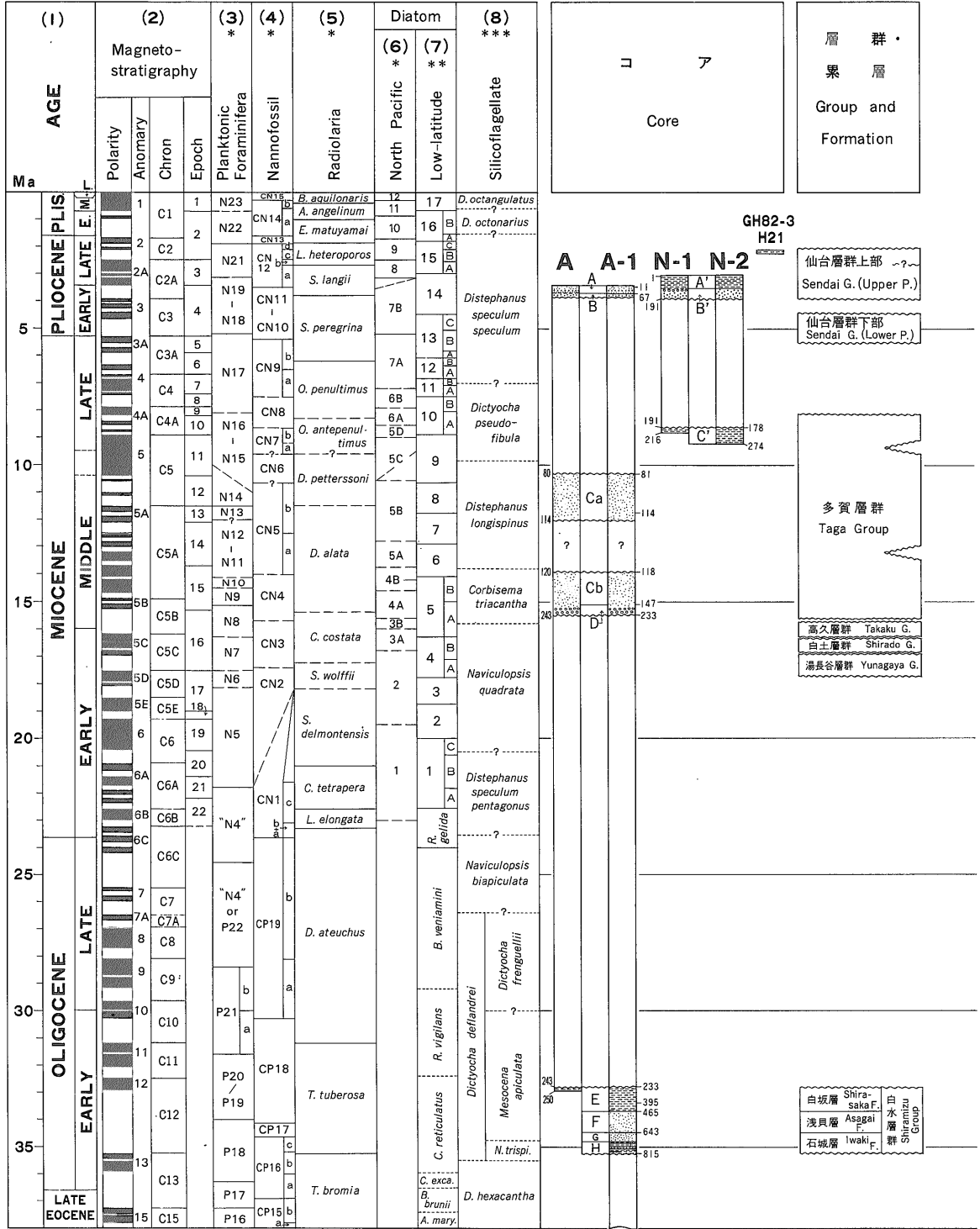


第12図 コア N-1 及び N-2 における生層序

Fig. 12 Biostratigraphy of the N-1 and N-2 cores. (1) AKIBA (1986), (2) BURCKLE (1972), BARRON (1985), (3) BUKRY (1974), (4) OKADA and BUKRY (1980).

り下位の G 層下部及び H 層からは化石の産出はないが、全体の岩相の連続性から一連の堆積物であると考えられる。

以上のことから、コア A-1 の深度 815 m 以上の碎屑岩層は、上位より層群 1 (A, B 層, 深度 6-81 m) が下部鮮新統、層群 2 (C, D 層, 深度 81-233 m) が中部中新

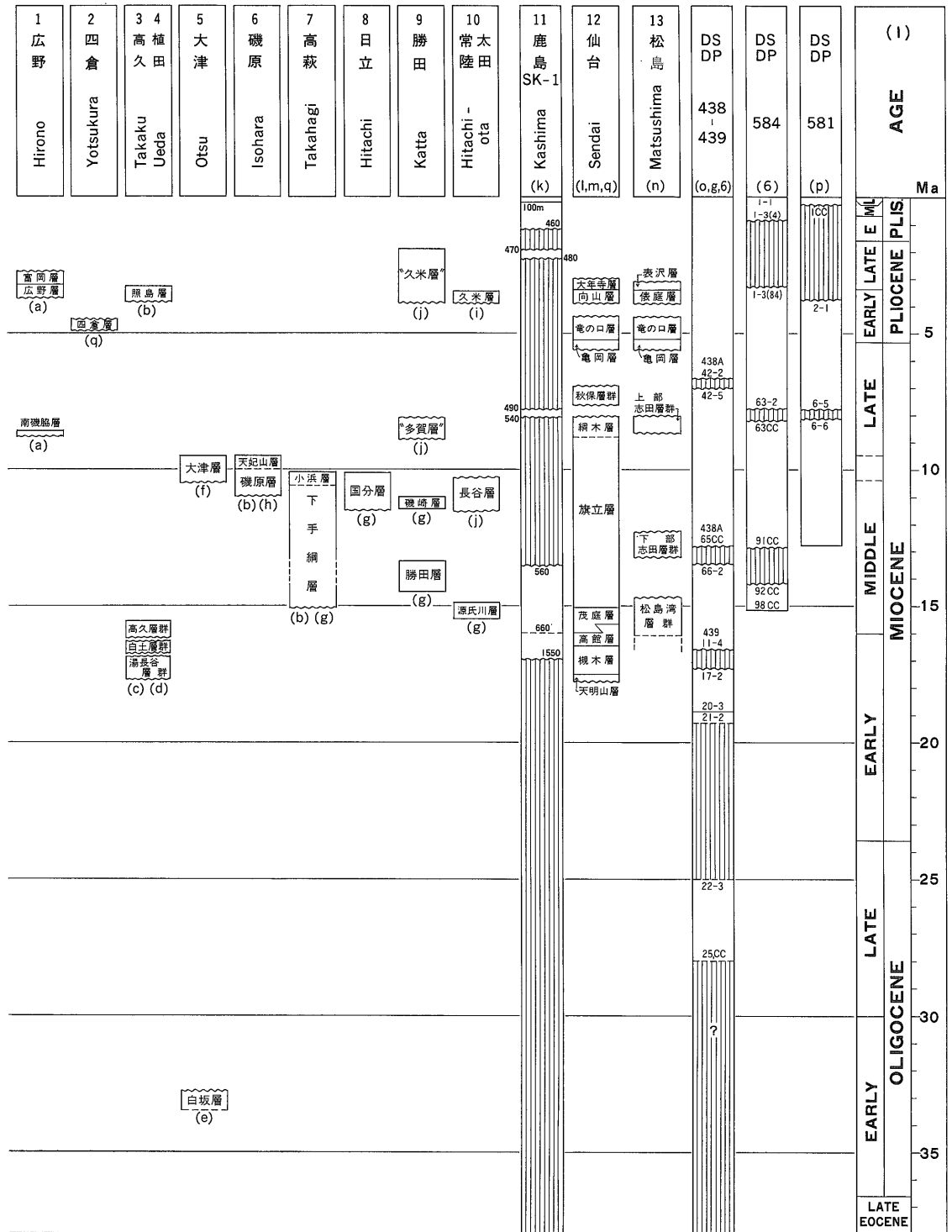


第13図 常磐炭田地域のボーリングコア及び地表地質(周辺地域を含む)の生層序に基づく対比

Fig. 13 Biostratigraphic correlation in the Joban Coalfield and its environs.

(1) Holocene is omitted, (2) BERGGREN *et al.* (1985), (3) BLOW (1969), (4) OKADA and BUKRY (1980), (5) RIEDEL and SANFILIPPO (1978), SAKAI (1980), REYNOLDS (1980), (6) AKIBA (1986), (7) BARRON (1985), FENNER (1985), (8) BUKRY (1974).

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 (柳沢 ほか)



\*古地磁気層序との対比は、新第三紀は尾田(1986)、古第三紀は BERGGREN *et al.* (1985) に基づく。

\*\*古地磁気層序との対比は、新第三紀は BARRON *et al.* (1985) による。古第三紀は FENNER (1985) によるナンノ化石層序との関係を用いて間接的に対比した。

\*\*\*化石帯の時代は PERCH-NIELSEN (1985), SHAW and CIESIELSKI (1983) により、ナンノ化石層序との関係を用いて間接的に推定した。不確実な点が多い。  
 (a)竹谷ほか (1986), (b)小泉 (1981), KOIZUMI *et al.* (1980), (c)小泉 (1986), (d)秋葉 (1985), (e)柳沢・鈴木 (1987), (f)加藤 (1979), KATO (1980), (g) MARUYAMA (1984), (h)丸山ほか (1987), (i)高橋 (1986), (j)柳沢 (未公表資料), (k)米谷ほか (1981, 1986), (l)尾田・酒井 (1977), 山路ほか (1986), (m) KOIZUMI (1972, 1973), (n)秋葉ほか (1982), (o) BARRON (1980), (p) KOIZUMI and TANIMURA (1985) (q)高柳ほか (1988), 斎藤ほか (1989)

統、及び層群3 (E-H層, 深度233-815 m)が下部漸新統であることがわかる。

コアA-1では、Hiatusが3層準に存在する。1つは深度81 m付近にある下部鮮新統と中部中新統の間にあるHiatusである。ここでは、後期中新世と鮮新世初頭の堆積物が欠如している。

2つ目は中部中新統のCa層とCb層の境界の深度114-118 mの間に想定できる。この層準では、中期中新世の珪藻化石帯のNPD 5B, 珪質鞭毛藻化石帯 *Distephanus longispinus* Zone 最下部(c群集)が認定できない。この層準の近傍では、1番目のHiatusの場合のようなはっきりした岩相の急変部は見あたらず、すべて一連の細極細粒砂岩からなっているように見える。しかしながら深度118 m付近では、それより下位では多量に産出していた石灰質微化石が突然含まれなくなり、またそれまで多く含まれていた外洋性種の珪藻の産出が急減するなど、微化石の産出状況の上での大きな変化が認められる。また低塩分環境を示す珪藻化石の *Paralia sulcata* がこの付近で異常に頻度が高くなる(第5・6図)ことは、ここで堆積環境が沿岸性となり堆積深度が浅くなっていったことを示している。以上のことから、この層準にHiatus, または非常に堆積速度の遅い区間(Compressed interval)が存在することは確実である。

3番目は中部中新統と下部漸新統の境界、すなわち深度233 mの岩相急変部付近にある。ここでは後期漸新世と前期中新世の堆積物が欠如している。

コアAでも、分析を行ったCa層下部とCb層上部(深度100-133 m)については、A-1と同様の結果が得られた。

#### コアN-1, N-2

この2つのコアの微化石の分析結果を第12図にまとめて示す。

コアN-1のA'層上部の深度1-23 mは北太平洋珪藻化石帯区分のNPD 8に、A'層主部とB'層最上部(24-131 m)はNPD 7Bにそれぞれ相当する。また深度1-131 m全体は低緯度珪藻化石帯区分ではNTD 14に当たる。更にA'層からはCN 11bに相当するナンノ化石が産出する。以上のことから、A'層とB'層最上部の時代は前期鮮新世の後期から後期鮮新世の初頭である。

B'層主部は化石の産出がなく、直接的には時代の判定はできないが、岩相が上位から漸移することからみて、おそらく上位のA'層と一連の堆積物である。

コアN-1の下部C'層は珪藻化石層序ではNPD 5D, 珪質鞭毛藻化石層序では *Dictyochoa pseudofibula* Zone のg群集に当たり、その時代は後期中新世初頭である。

コアN-2では、C'層の上部は珪藻化石帯のNPD 5Dに、下部は同じくNPD 5Cに相当する。また珪質鞭毛藻化石帯区分では、C'層の下部と上部はそれぞれ、*D. pseudofibula* Zone のg群集とf群集に対応する。更に深度219 mからCN 7b-8aに相当するナンノ化石が産出する。以上の化石分析の結果から、コアN-2のC'層の時代は、中期中新世末から後期中新世初頭にわたることがわかる。

以上のように、コアN-1及びN-2は、上位鮮新統層群1' (A', B'層)と、下位の中-上部中新統層群2' (C'層)とからなり、その間には後期中新世から鮮新世初頭にわたるHiatus (N-1では深度190 m, N-2では深度178 m付近にある)が存在する。

#### コアGH82-3, H21

このコアは珪藻化石帯のNPD 9に当たり(第10図)、時代は後期鮮新世後期である。

以上のようにして決定された各コアの年代を、地磁気化石年代尺度に当てはめると、第13図のとおりである。

#### 5.2 地表地質との対比

##### 常磐炭田第三系の地質時代

次に各コアの岩相・層序及び地質時代を基にして、地表の第三系との対比を行うが、その前に地表の第三系層序の時代論を総括しておく(第14図)。

古第三系の白水層群は、下位より石城、浅貝、白坂の3層からなる。最下部の石城層の時代は、哺乳動物 "*Anthracothema tsuchiyai* TAKAI (MS)" の産出により、Priabonian階とされ(TAKAI, 1961)、始新世末期と考えられてきた(斎藤ほか, 1984)。しかし最近、TOMIDA (1986)はTAKAI (1961)の標本を *Entelodon* 属と同定し、石城層の時代を前期漸新世に改めている。浅貝層に関しては、ASANO (1949)が底生有孔虫化石から、これを北米のZemorrian (=Rupelian)に対比したが、後にLatorfianに改めている(浅野, 1962)。また本層から産する浅貝型軟体動物群は、漸新世の群集であると考えられている(MIZUNO, 1964など)。最上部の白坂層は珪質鞭毛藻化石層序ではBUKRY (1974)による *Dictyochoa deflandrei* Zone の *Mesocena apiculata* Subzone に相当し、その時代は前期漸新世である(柳沢・鈴木, 1987)。また珪藻化石でも、*Rouxia obesa* などの産出から、同様に前期漸新世が支持される(柳沢・鈴木, 1987)。更に白坂層は *Rocella* 属が全く産出していないことからみて、低緯度珪藻化石帯区分(FENNER, 1985)の *Rocella vigilans* Zone よりも下位に相当する可能性が高い(第13図)。以上のことは、白水層群が全体として前期漸新世前期の堆積物であることを示す。なお、白坂層からは、29.1

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 (柳沢 ほか)

時代 Age	層群 Group	累層 Formation	Diatom		Radiolaria	Nannofossil		Other index fossils	Radiometric ages
			North Pacific	Low-latitude		CN	Z		
			NPD	NTD					
Pliocene	L. E.	仙台層群 Sendai G. 上部	富岡層 Tomioka F.	8	S. <i>langii</i>	12a	21		
			広野層 Hirono F.	14		11	19		
Miocene	Late	下部	四倉層 Yotsukura F.		7B	C. <i>costata</i>	7b	4 9 1 7	← Vicarya ← 台島型植物群
			南磯脇層 Minamiisowaki F.	5D					
	Middle	多賀層群 Taga G.		5C					
				5B					
				5A					
				4B					
				4A					
				3B					
	Early	高久層群 Takaku G.	下高久層 Shimotakaku F.	3A					
			沼之内層 Numanouchi F.						
			上高久層 Kamitakaku F.						
		白土層群 Shirado G.	中山層 Nakayama F.	2					
		湯長谷層群 Yunagaya Group	平層 Taira F.		4				
			亀ノ尾層 Kamenoo F.						
水野谷層 Mizunoya F.									
五安層 Goyasu F.									
滝層 Taki F.									
Oligocene	Early	白坂層 Shirasaka F.	Rouxia <i>obesa</i>				← Vicarya ← 阿仁合・台島混合型植物群 ← 阿仁合型植物群 ← <i>D. deflandrei</i> Zone ← <i>M. apiculata</i> Subzone (Silicoflagellate) ← 浅貝動物群 ← <i>Entelodon</i> (Mammal)	20.9 K-Ar 23.4 F.T.	
		白水層群 Shiramizu Group							
		浅貝層 Asagai F.							
		石城層 Iwaki F.							

第14図 常磐炭田第三系と生層序との対比

Fig. 14 Correlation of the Tertiary sequences in the Joban Coalfield with the biostratigraphic zonation.

Ma のフィッシュトラック年代が報告されているが (木村, 1988), これは化石層序から推定される年代よりもやや新しい。

湯長谷層群は下位より, 滝(夾炭)層(=平層), 五安層, 水野谷層, 亀ノ尾層, 平層からなる。この層群は現在常磐炭田の第三系の中では, 生層序学的研究が最も遅れており, その時代については不明確な点が少なくない。

最下部の滝層では, その下部からは阿仁合型の黒田・紫竹植物群が, 上部からは阿仁合・台島混合型の滝植物

群が産出する (鈴木, 1963; 大槻・北村, 1986)。北村編 (1986) では, 台島型の主要 Taxa が出そろった年代を, 放射年代などの対応から 17.5 Ma と推定しており, これに従うならば, 滝層は 17.5 Ma 前後の堆積物である (大槻・北村, 1986)。ただし鎌田 (1972) が指摘しているように, 滝層下部の阿仁合型植物群を含む層準が, 実は石城層相当層であり, これが滝層上部の阿仁合・台島混合型植物群を産する部分に不整合に覆われているとすれば, 上述の時代論は根拠を失う。また, 木村 (1988) によれば, 滝層からは 20.9 Ma (K-Ar), 23.4 Ma (フィッ

ントラック)の年代値が得られている。なお植田・八島(1980)は、四倉付近の滝層相当層中の流紋岩の K-Ar 年代として、13.5 Ma を報告しているが、この値はこれより上位の地層の微化石年代と比較して著しく若く、おそらく真の年代を示していない。滝層上部からは、軟体動物化石の *Vicarya* の産出が報告されている(水野・藤井, 1958; 鎌田, 1972)。

亀ノ尾層は、*Kisseleviella carina* を主とし、*Actinocyclus ingens* を欠く珪藻化石が産出することから、北太平洋珪藻化石帯区分の NPD 2 に相当する(秋葉, 1985)。また本層には、僅かに *Crucidenticula* sp. などの暖流系珪藻が含まれ(秋葉, 1985)、これを基に古地磁気層序との直接対応がついている低緯度珪藻化石帯区分(BARRON, 1985)に対比すると、亀ノ尾層は NTD 4B (16.7-16.0 Ma) に相当する。なお水野谷層も、*Crucidenticula* sp. が産出し(柳沢, 未公表データ)、NTD 4 に含まれる。

最上部の平層の珪藻化石群集は、小泉(1986)によると、やはり *A. ingens* を含まない珪藻化石が産出し、KOIZUMI (1985) の *K. carina* Zone に相当する。これは AKIBA (1986) の NPD 2 に当たる。

なお大槻・北村(1986)は *A. ingens* の初産出層準が水野谷層の中にあるとし、上記の秋葉(1985)及び小泉(1986)とは異なった見解を取っているが、ここでは、最も信頼性が高い亀ノ尾層の低緯度珪藻化石帯との対比を基に、湯長谷層群の時代を前期中新世末と考える。

白土層群の中山層の上部からは KOIZUMI (1985) の *A. ingens* Zone に相当する珪藻群集が産出する(小泉, 1986)。これは AKIBA (1986) の NPD 3A に相当する。また、本層からは *Vicarya* が産出する(高橋, 1984)。

高久層群は上高久・沼ノ内・下高久の3層からなる。小泉(1986)の珪藻化石の報告に基づけば、この層群は NPD 3A-3B に対比でき、NPD 3A と 3B の境界は下高久層の下部にある。一方、加藤(1979)及び KATO (1980)によれば、高久層群は浮遊性有孔虫層序(BLOW, 1969)では N7-N9 に、放散虫化石層序(RIEDEL and SANFILLIPO, 1978)では *Clocycletta costata* Zone に相当し、更に下高久層最上部からは MARTINI (1971) の NN5、すなわち OKADA and BUKRY (1980) の CN4 に対比されるナンノ化石が産出している。以上の微化石の産出状況は、浮遊性有孔虫年代の一部を除いて尾田(1986)の微化石年代尺度と矛盾せず、本層群の時代は前期中新世末から中期中新世初頭であることは確実である。

「多賀層群」は、岩質が単調なこともあって常磐炭田の各地域でそれぞれ地域的な層序が数多くたてられ、ま

た産出する微化石の示す時代も時として大変矛盾に満ちている場合があり、その層序及び年代論は混乱している。しかし、これまでの微化石の報告や筆者らの未公表データを用い、珪藻化石層序を中心にしてこの層群の時代の範囲をまとめてみると、従来の「多賀層群」は、時代的には中新世のものと鮮新世のもの(ただし、最下部は後期中新世末期にかかる)、すなわち狭義の多賀層群と仙台層群とははっきりと区別できることがわかる(第13図)。

このうち、狭義の多賀層群に含まれるのは、広野地域の南磯脇層、大津地域の天津層、磯原地域の磯浜・天妃山層、高萩地域の下手綱・小浜層、日立地域の国分層、勝田地域の勝田・磯崎層などである(加藤, 1979; KATO, 1980; KOIZUMI *et al.*, 1980; 小泉, 1981; MARUYAMA, 1984; 竹谷ほか, 1986; 丸山ほか, 1987)。その時代範囲は珪藻化石層序で表すと NPD 3B から NPD 5D にわたる。

一方仙台層群に属するのは、広野地域の広野・富岡層、四倉地域の四倉層、植田地域の照島層である。このうち四倉層は、珪藻化石層序の NPD 7B の下部に当たり(高柳ほか, 1988; 斎藤ほか, 1989)、珪藻化石層序による対比から模式地の仙台層群下部(亀岡・竜の口層)に相当する(柳沢, 投稿中)。その時代は後期中新世末から前期鮮新世初頭である。一方広野・富岡層は、珪藻化石では NPD 7B から NPD 8、放散虫化石では *S. langii* Zone、石灰質ナンノ化石層序では C N11-12a、浮遊性有孔虫では、N19-21 に当たり(竹谷ほか, 1986)、模式地の仙台層群上部(向山・大年寺層)に対比できる(柳沢, 投稿中)。両層の時代は前期鮮新世末から後期鮮新世の後期である。

狭義の多賀層群と仙台層群の間、すなわち後期中新世の後期を時代を示す堆積物は現在のところ常磐地域では見つかっておらず、ここには大きな Hiatus の存在が想定できる。

「多賀層群」が不整合によって中新世と鮮新世の2つの累層に分けられるという見解は、既に MITSUI and OUCHI (1972) 及び MITSUI *et al.* (1973) によって明確な形で打ち出され、微化石層序の上でも鮮新世と中新世の年代を示す「多賀層群」が存在することがわかっていた(KOIZUMI *et al.*, 1980 など)。しかしその後の微化石層序学的研究の結果、MITSUI *et al.* (1973) が、中新統と鮮新統とを分ける根拠とした常磐炭田各地の不整合の露頭の多くは、中新統内あるいは鮮新統内にあって、微化石層序学的には時間間隙があまりないか、または全くないことが判明している(小泉, 1981; 柳沢, 未公表資料)。

したがって現在のところ狭義の多賀層群と仙台層群の直接の層序関係は地表ではまだ確認されていない。なお、KOIZUMI *et al.* (1980)は、「多賀層群」が、不整合によって中部中新統、上部中新統及び鮮新統の3つに分けられるとしているが、その後の検討(柳沢, 未公表資料)では、KOIZUMI *et al.* (1980)が、上部中新統と考えた部分は中部中新統であることがわかっている。

狭義の多賀層群の中には、現在のところ、2つの層準に Hiatus または非常に堆積速度の遅いいわゆる Compressed interval が存在する可能性が指摘できる(第13図)。一つは中期中新世前期(珪藻化石帯では NPD 4B の上部から 5A にかけての層準)に、もう一つは中期中新世末(珪藻化石帯では NPD 5C の中)に想定される。前者は高萩地域の下手綱層の珪藻化石層序(MARUYAMA, 1984)から、後者は南磯脇層の基底の不整合及び天妃山層堆積時の浅海化によって、それぞれ示唆される。

#### コアと地表層序の対比

以上の地表及びコアの地質時代、岩相及び層序から、地表の第三系とコアの地層は第15図のように対比できる。

コア A 及び A-1 の最上部の層群 1 (A, B 層)、コア N-1 及び N-2 の層群 1' (A', B' 層)、及び GH82-3 H21 は鮮新統であり、地表の仙台層群(上部)に対比できる。また A 層と A' 層、B 層と B' 層は、岩相及び微化石年代から判断すると、同一の地層である。下位の B, B' 層は、粗粒な砂岩層からなり、地表の広野層最下部に発達する粗粒砂岩層(第4図)に対比できる。また上位の A, A' 層は、広野層主部と富岡層に当たる。

コア A-1 及び A の層群 2 (C, D 層)と、N-1 及び N-2 の層群 2' (C' 層)は、中-上部中新統であり、地表の多賀層群に対比できる。化石を含まない C 層下部と D 層は、高久層群を含んでいるかもしれないが、岩相から判断して欠如している可能性の方が高い。地表の南磯脇層は、C' 層上部に相当する。なお、コア N-2 の C' 層の下部と、コア A-1 の Ca 層の上部は、珪質鞭毛藻層序では異なる化石帯に属するので、C' 層と Ca 層では時代的に重複する部分はない。

コア A-1 の層群 3 は前期漸新世の堆積物であり、白水層群に対比できる。更に岩相から、E 層は白坂層に、F 層は浅貝層に、そして G 層・H 層は石城層にそれぞれ対比できる。なお G 層は石城層上部の砂岩を主とする部分に、また H 層は石城層下部の輪廻層が発達する部分にそれぞれ対応する。

以上のように本地域のうち少なくともコア A-1 付近の地下には、仙台層群上部、多賀層群、及び白水層群の

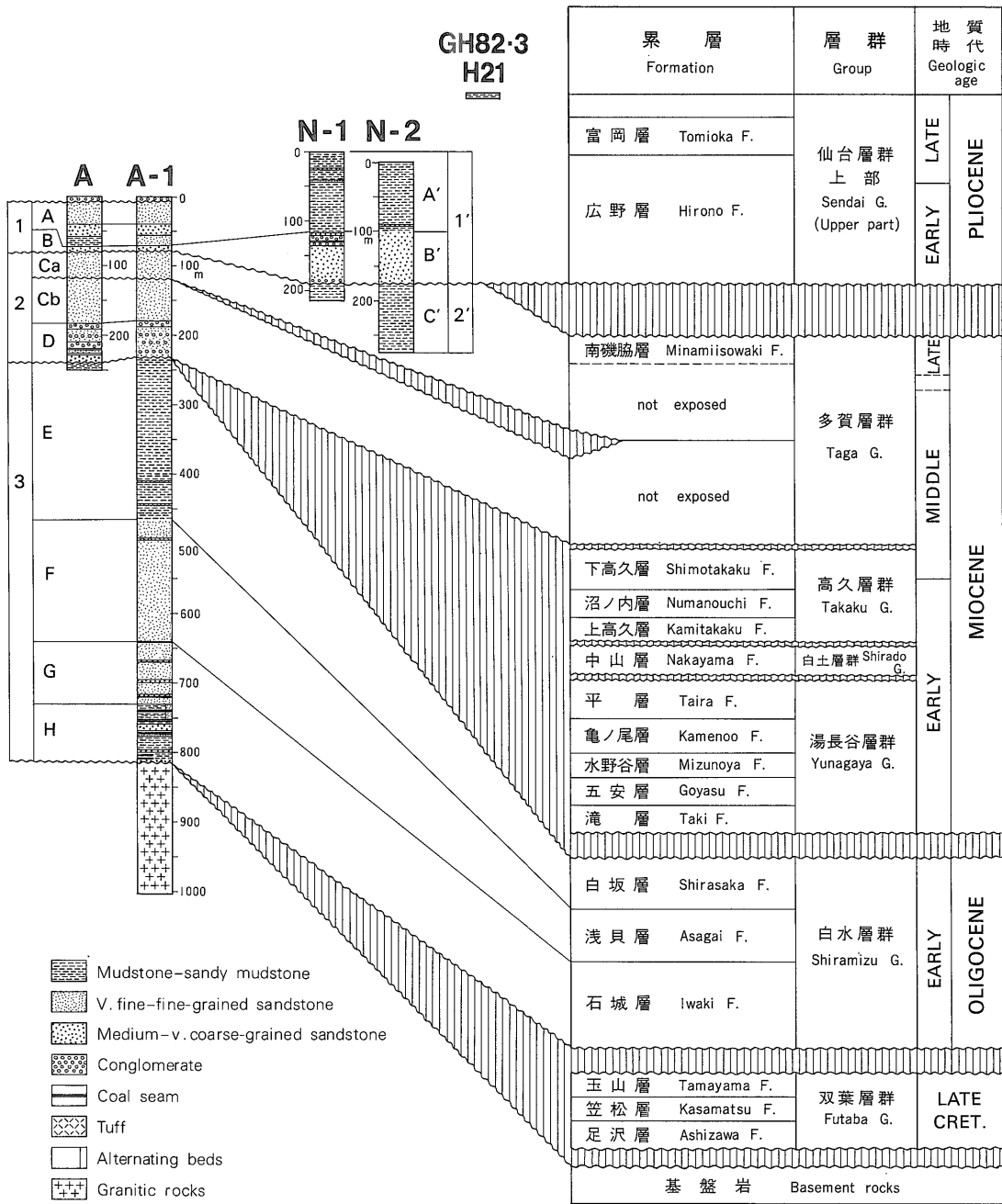
みが分布し、双葉層群、湯長谷層群、白土層群、及び仙台層群下部は欠如することが明らかになった。また、高久層群も欠如している可能性が高い。

#### Hiatus

第15図に示すように、本地域の地下の仙台層群上部、多賀層群及び白水層群は、明瞭な Hiatus によって画されていることがわかる。また多賀層群の中にも中期中新世前期の Hiatus または非常に堆積速度の遅い区間(Compressed interval)が存在する可能性がある。

仙台層群上部と多賀層群の境界を画する Hiatus は、前述の様に後期中新世から鮮新世初頭に及んでいる。欠如する地層の時代範囲は内陸に位置する A-1 及び A の方が、海岸部の N-1 及び N-2 よりも大きくなっている(第15図)。すなわち海岸部では後期中新世初頭の珪藻化石帯 NPD 5D が存在するのに対し、内陸ではこの化石帯は欠如し、その下位の NPD 5C の上に仙台層群上部が重なっている。また仙台層群上部の基底には礫岩を含む粗粒な岩相(B・B' 層)が発達し、これが下位の中新統の砂質泥岩ないし極細粒砂岩をシャープな岩相の差をもって覆っている。以上の事実は、この後期中新世の Hiatus が陸域での削剥によって形成された不整合であり、この不整合によって下位の多賀層群は陸側に向かって切頭(truncate)されていることを示す。また仙台層群上部の基底に発達する粗粒砂岩層(B, B' 層)は、海岸のコア N-1 と N-2 では約74-77 m の厚さを持つのにに対し、陸側のコア A-1 と A ではわずか9-10 m 以下に薄化している(第5, 15図)。このことは、仙台層群上部がこの不整合面に対して海側からオンラップしていることを示している。この Hiatus は東北日本全域で認められるいわゆる後期中新世の Hiatus・不整合に当たり、太平洋側では、鹿島 SK-1(米谷ほか, 1981, 1986)、仙台地域(山路ほか, 1986)、松島地域(秋葉ほか, 1982)、DSDP Site 438A (BARRON, 1980; 尾田, 1986)、Site 584 (AKIBA, 1986)、Site 581 (KOIZUMI and TANIMURA, 1985)にも認められる(第13図)。

多賀層群の中に想定される Hiatus、または Compressed interval は、これとは異なり、明瞭な岩相の急変部はない。またこの部分には低塩分を指示する珪藻 *Paralia sulcata* が多産し、沿岸性の環境になっていたとは考えられるが、陸成と思われる堆積物は存在しない。したがってもしこれが Hiatus であるとするれば、それは Marine hiatus である可能性が強い。この区間は地表の多賀層群の中期中新世前期に認められる Hiatus に対比できる。また DSDP Site 438A (BARRON, 1980; 尾田, 1986)、Site 584 (AKIBA, 1986)、鹿島 SK-1 (米谷ほか,



第15図 双葉-平地域の地表層序とボーリングコアの対比

Fig. 15 Correlation of the studied borehole cores with the stratigraphy in the Futaba and Taira districts.

1981, 1986), 松島地域(秋葉ほか, 1982)を初め, 東北日本の広い地域で認められる中期中新世の西黒沢-女川階境界の不整合・Hiatusに対比が可能である(第13図).

多賀層群と白水層群の間の Hiatus は, 多賀層群最下

部の粗粒な D 層が岩相から陸成層の可能性があり, 及び多賀層群基底部に発達する礫岩が直下の白坂層の砂質泥岩を顕著な岩相の差をもって覆うことから, 陸上での侵食による不整合であると考えられることができる. おそ



らくこの不整合を形成した侵食によって、本地域の少なくとも内陸部では湯長谷・白土・高久の各層群が失われたのであろう。

## 6. 地下地質構造

以上の対比を基に、本地域の東西方向の地下地質構造を推定した(第16図)。この断面図の作成には、江口・鈴木(1960)が用いたコアの一部を、層序の再解釈を行った上で使用した(鈴木, 私信1981, 1988)。

地下の第三系は全体として海側に緩く傾いているが、双葉断層の近くでは局部的に急傾斜となっている。

最下部の白水層群の石城・浅貝・白坂の3層は、ほぼ一定の厚さで東に緩く傾斜している。

多賀層群は、白水層群を不整合に覆い、陸側(西側)に向かって、層厚を減ずる。これは後期中新世の不整合によって、上限が陸側に向かって切頭されているためである。多賀層群の中に認められる中期中新世前期のHiatusの層準は、これを挟む上下の岩相の差異が小さいので、地下では岩相の対比だけで追跡するのは困難である。

最上位の仙台層群上部は、多賀層群を不整合に覆い、この不整合面に対して東からオンラップしている。このことから多賀層群と仙台層群上部の間には、地質構造上の差があり、両者の関係は明瞭な傾斜不整合であることがわかる。

今回の研究によって明らかになった地質断面図(第16図)は、既存の地質断面図(三田, 1951; 須貝ほか, 1957; 江口・鈴木, 1960)とは次の2つの点で大きく異なっている。

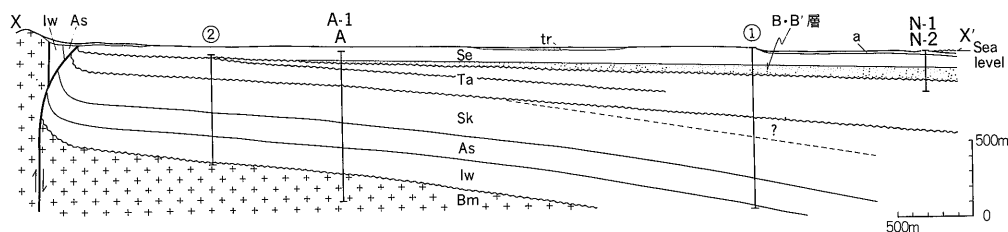
(1) 従来、一括されてきた地下のいわゆる「多賀層群」が、仙台層群上部と多賀層群(狭義)の2つに区分され、その間に大きな不整合が存在することが明らかにされた。

(2) これまで、本地域の地下に広く分布すると考えられてきた湯長谷層群が、今回の研究の結果、少なくともコアA-1周辺の内陸部では、全く存在しないことが分かった。

第2の点に関して、本研究と江口・鈴木(1960)を比べてみると、両者が異なった結果となったのは、石城層上限の石炭層(一番層)の上位にある厚さ170mの砂岩層についての層序学的解釈の違いに原因があることがわかる(第17図)。今回の報告では、第1にこの砂岩層から浅貝型貝化石群が産出すること、第2にその上位の泥岩層が白坂層と共通する前期漸新世の珪藻及び珪質鞭毛藻化石を産し白坂層に対比できることを根拠として、この砂岩層全体を浅貝層に対比した。これに対して、江口・鈴木(1960)は、この砂岩層中に不整合を推定し、これによってこの砂岩層を下位の浅貝層と上位の五安層に分割している。そしてこの砂岩層の上位にあり、本報告で白坂層とした厚い泥岩層を、湯長谷層群の水野谷・亀ノ尾層に相当するものとみなしている。

三田(1951)、須貝ほか(1957)、江口・鈴木(1960)などこれまでの研究がいずれも、富岡地域の地下に五安層を含む厚い湯長谷層群の存在を推定してきたのは、おそらく双葉断層帯沿いに浅貝層を不整合に覆って南北に細長く分布する“五安層”が露出しているためであろう。しかしながら、この“五安層”は、その貝化石群の組成がむしろ漸新統の浅貝層のそれに酷似し、中新世型の貝化石群を含む模式地の五安層に対比できるかどうか、すなわち、本当に五安層なのかどうか大いに疑問がもたれている(O'HARA and NEMOTO, 1982, 1984)。

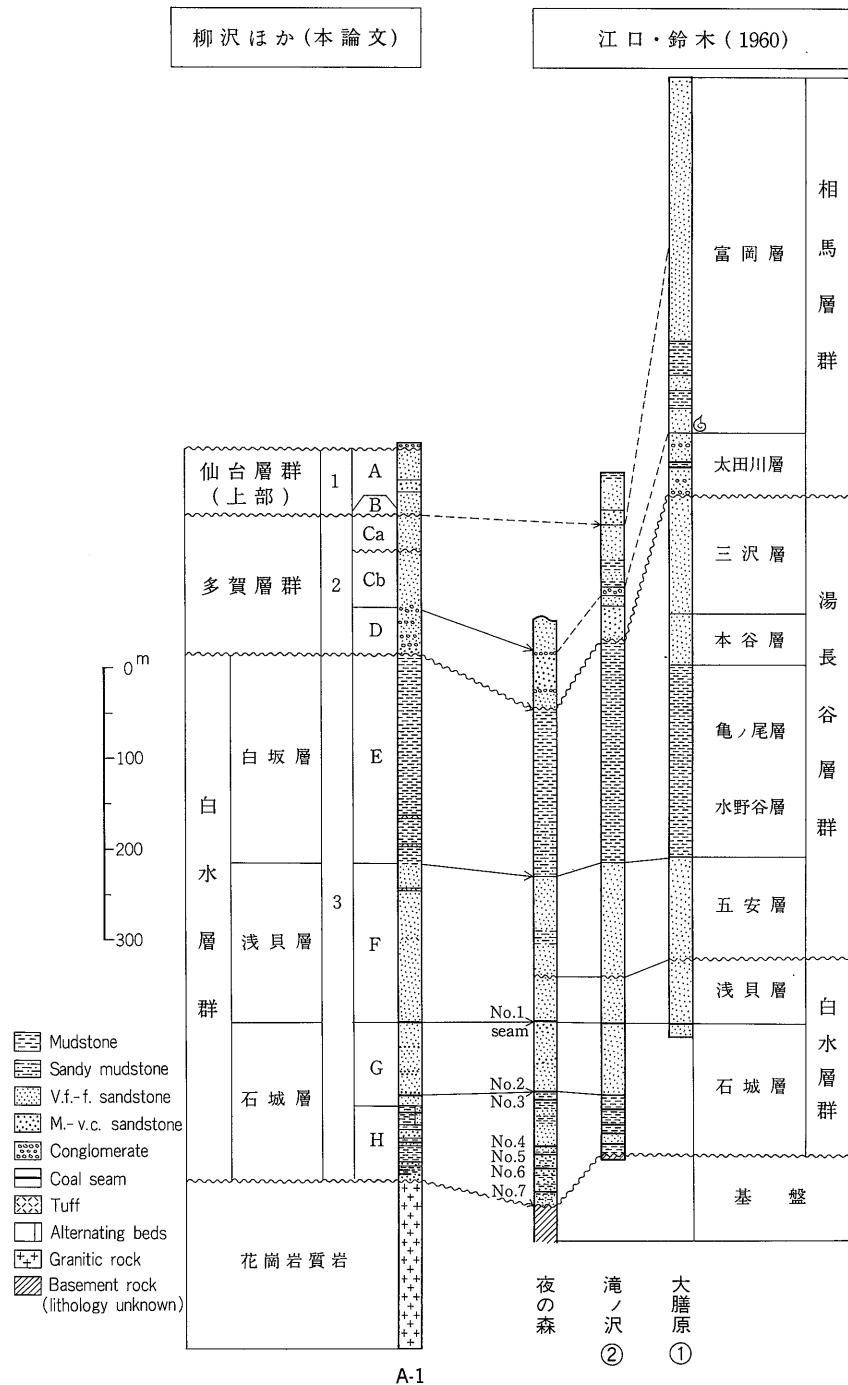
なお、大膳原試錐で、江口・鈴木(1960)が、本谷・三沢層に対比した砂岩層(第17図)は、多賀層群よりも下位にある地層であることは間違いないが、(1)白水層群白坂層の上位の海退相(地表には全く分布しない)、または(2)湯長谷層群の五安層に対比される可能性が考えられる



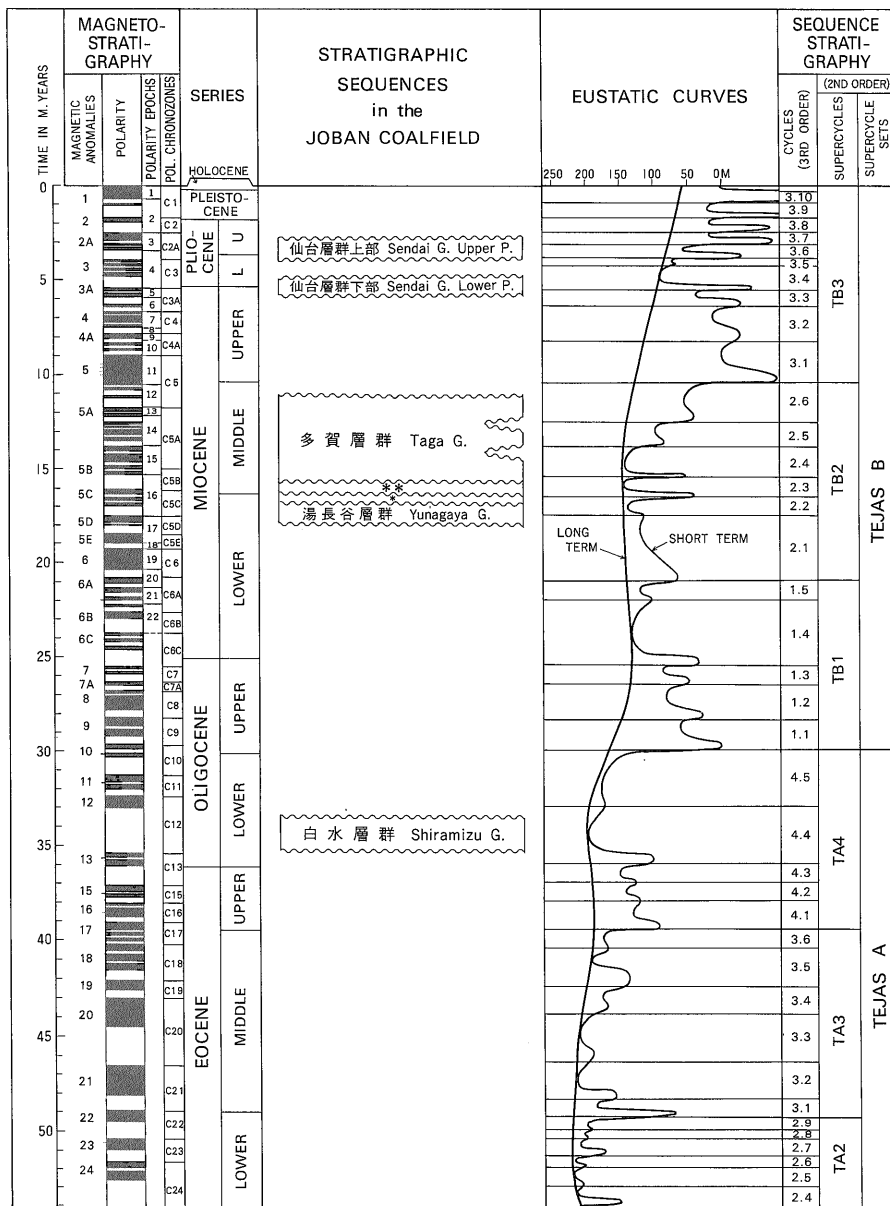
第16図 富岡地域の東西地下断面図 断面線及びコアの位置は第2, 3図に示す。ボーリングコアは断面線に投影。

Fig. 16 Cross section in the Tomioka district.

a: 沖積層 (Alluvium), tr: 段丘堆積物 (Terrace deposits), Se: 仙台層群上部 (Upper part of the Sendai Group), Ta: 多賀層群 (Taga Group), Sk: 白坂層 (Shirasaka Formation), As: 浅貝層 (Asagai Formation), Iw: 石城層 (Iwaki Formation), Bm: 基盤岩 (Basement rocks)



第17図 コア A-1と江口・鈴木(1960)に記載されたコアとの対比  
 Fig. 17 Correlation of the A-1 core with the cores described by EGUCHI and SUZUKI (1960).



\*\*）高久層群 (Takaku G.)  
 \*）白土層群 (Shirado G.)

第18図 常磐炭田の層序と海水準変動曲線 (HAQ *et al.*, 1988) との対比

Fig. 18 Correlation of stratigraphic sequences in the Joban Coalfield with global eustatic curves proposed by HAQ *et al.* (1988).

が、現状ではどちらとも判断し難い。

### 7. 海水準変動との対比

常磐炭田第三系の堆積や不整合の形成はこれまでは、主として構造運動だけで説明されてきた場合が多かった。しかし常磐炭田では、全般に変形の程度は東北地方

のほかの地域に比べると弱く、不整合や堆積期間は、構造運動とともに、むしろ凡世界的な海水準変動に規制されている可能性が大きい。

そこで、今回の研究及びこれまでの年代層序学的データを総合した結果明らかになった常磐炭田第三系の精密な時代の分布(第13図)と、海水準変動曲線(HAQ *et al.*,

1988)とを比較してみた。すると第18図に示すように、各地層群の堆積期間は海水準変動曲線の高海水準期によく一致し、Hiatusは海水準の低下期に対応していることがわかる。

まず前期漸新世の白水層群の堆積期は、超サイクルTA4のピークのサイクルに一致する。また湯長谷・白土・高久・多賀の3層群からなる中新世堆積物は、超サイクルTB2の高海水準期に当たり、更にTB2のいくつかのパルスの海水準低下期も各層群間、または層群内にあるHiatusによく一致している。また後期中新世のHiatusの下限は、後期中新世初頭の大きな海水準の低下期に対応する。更に仙台層群の時代も超サイクルTB3の高海水準期に対比できる。すなわち、仙台層群下部は、TB3のうち最も海水準の高い3.4の高海水準期に、また仙台層群上部は、3.6及び3.7の高海水準期に非常によく対応する。

以上のように常磐炭田第三系の堆積期間及び不整合・Hiatusは、凡世界的な海水準の変化に非常によく一致する。常磐炭田地域が仙台-常磐沖堆積盆地の縁辺部に相当し、堆積盆地の中では、海水準変動の影響を比較的受けやすいと考えられる浅海域に終始置かれていたことを考慮すると、この一致は偶然の結果ではなく、おそらく常磐炭田地域の第三紀における諸層群の堆積が、凡世界的な海水準変動に強く規制されてきたことを物語っているであろう。

ところで、常磐炭田を含む阿武隈山地東縁の地質構造を特徴づけるNS及びNW方向の断層群は、最初白亜紀中期に横すべり断層として形成され、長い休止期の後、新第三紀になってからは、前期中新世、後期中新世、及び後期鮮新世以降の3回にわたって縦すべりの断層として再活動したと考えられている(恒石, 1966, 1984; TSUNEISHI, 1978)。この3回の活動時期については、現在の年代層序学的観点から再検討する必要があるが、それらは間隙時間の長い大きなHiatusの期間に一致している(第18図)。このことは、この大きなHiatusの形成に、構造運動が関与したことを示しているともとれる。しかし、持続的な小さな変位がこうした長期間のHiatusの間に蓄積して、見かけ上Hiatusの上下の地層群の間に構造上の大きな差が生じ、これをこの時期の大きな構造運動の証拠であると解釈している可能性もある。いずれにしろ、今回の研究で明らかになった詳しい年代層序を踏まえた上で、常磐炭田地域の構造運動の活動時期に関しては、再検討してみる必要がある。その際には、特に常磐炭田地域の第三系の各地層群の時間範囲は、かつて考えられていたよりはるかに少なく、

むしろHiatus—すなわち堆積が起こらなかったか、または侵食により失われた時間の方が長いという事実を十分に考慮する必要がある。

## 9. まとめ

この研究では、常磐炭田北部の双葉地域において、陸域の4本、沖合いの1本のボーリングコアについて、生層序学的研究を行った。分析を行ったのは、珪藻、珪質鞭毛藻、放散虫、浮遊性有孔虫、石灰質ナンノ化石及び軟体動物化石である。その結果、以下のことが明らかになった。

(1)本研究及び従来が生層序学的研究の成果を総合し、陸域及び海域層序の対比の基準となる常磐炭田第三系の年代層序の枠組を作成することができた。

(2)地表の層序で混乱のあった従来の広義の「多賀層群」は、中新世の多賀層群(狭義)と鮮新世の仙台層群に明確に区別され、両者は後期中新世後期の長期間のHiatusを伴った明瞭な傾斜不整合によって画されていることが、初めて確認された。また、双葉地域の地表にはほとんど分布しない狭義の多賀層群が、地下には広く伏在することが明らかになった。

(3)双葉地域の地下には、上位より前-後期鮮新世の仙台層群上部、中-後期中新世の多賀層群及び前期漸新世の白水層群が分布するが、少なくとも本地域の内陸部では、後期中新世末期-前期鮮新世初頭の仙台層群下部、及び前-中期中新世の湯長谷・白土の両層群は欠如し、高久層群も欠如している可能性が高いことがわかった。これまで本地域の地下には、湯長谷層群のほぼ全層群が広く伏在すると信じられてきたが、これは誤りであることが明らかとなった。

(4)本研究によって明らかになった常磐炭田第三系各層群の詳細な時代的分布と凡世界的な海水準変動曲線とを比較すると、堆積が起こっている期間は高海水準期に、Hiatusや不整合の期間は低海水準期に非常によく一致する。このことは常磐炭田における第三紀の堆積作用が、構造運動ばかりでなく、凡世界的な海水準変動にも強く規制されていたことを示唆している。

謝辞 東北大学工学部資源工学科の鈴木舜一教授には、双葉地域の炭田ボーリングの資料について詳しく御教示いただいた。東北大学理学部地質学古生物学教室の高柳洋吉教授、同教養部地学教室の丸山俊明博士及び福島県立博物館の竹谷陽二郎博士には、原稿を読んでいただき、有益な助言をいただいた。また松川浦のボーリングコアの試料は、故三本杉已代治博士に提供していただい

た。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には、珪藻化石の同定について御指導いただいた。いわき市教育文化事業団の國府田良樹氏には、石城層の哺乳動物化石の文献について教えていただいた。東京電力株式会社及び鹿島建設株式会社の関係各位には研究に御協力いただいた。また、帝国石油株式会社の阿部正名・佐藤時幸・原 尊照の3氏には、本地域及び海域の層序に関して議論していただいた。以上の方々に深く謝意を表する。

地質調査所元所長の垣見俊弘博士には、研究の進め方等について種々御教示・御指導いただいた。また同所井上英二前所長には、相馬沖のコア GH82-3 H21を採取していただくとともに、研究に関してご指導いただいた。同所地殻物理部の金谷 弘技官からは松川浦のボーリング試料の提供を受けた。同所近畿・中部地域地質センターの滝沢文教所長には原稿を読んでいただき、助言をいただいた。同所国際協働室の藤井敬三室長並びに名古屋大学教養部地学教室の坂本 亨教授(前地質調査所地質標本館長)からは研究に有益な御助言をいただいた。地質調査所地質部の鹿野和彦技官には、コアの記載に際し御協力いただいた。同所地質標本館の佐藤喜男技官には常磐炭田の軟体動物群に関し御教示をいただいた。以上の方々に深く感謝する。

## 文 献

- 相場博一・円谷博明(1981) 三陸沖-常磐沖-千葉沖に見られる第三紀以降の不整合について。月刊海洋科学, vol. 3, p. 168-174.
- 秋葉文雄(1985) 亀ノ尾層(下部中新統)の珪藻化石群集: いわゆる *Kisseleviella carina* Zone と *Thalassiosira fraga* Zone の再検討。日本珪藻学会第6回大会講演要旨, p. 18.
- 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. *et al.*, *Init. Rep. DSDP*, U. S. Govt. Printing Office, Washington, vol. 87, p. 393-481.
- 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.
- ASANO, K. (1949) Foraminifera from the Asagai Formation (Tertiary) of Fukushima Prefecture, Japan. *Jour. Paleont.*, vol. 13, p. 473-478.
- 浅野 清(1962) 有孔虫化石群からみた日本の古第三系。東北大理地質古生物邦文報告, no. 57, p. 1-32.
- 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*, U. S. Govt. Printing Office, Washington, vol. 56, 57, p. 641-685.
- (1985) Miocene to Holocene planktonic diatoms. In BOLLI, H. M. *et al.* (eds.) *Plankton stratigraphy*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 763-809.
- , KELLER, G. and DUNN, D. A. (1985) A multiple microfossil biochronology for Miocene. *Geol. Soc. Am. Memoir*, no. 163, p. 21-36.
- 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.
- BLOW, W. H. (1969) Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In BRÖNNIMANN, P. and RENZ, H. H. (eds.) *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils*, vol. 1, p. 199-422, Leiden, Netherlands.
- BUKRY, D. (1974) Stratigraphic value of silicoflagellates in nontropical regions. *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 85, p. 1905-1906.
- BURCKLE, L. (1972) Late Cenozoic planktonic diatom zones from eastern equatorial Pacific. *Nova Hedwegia*, vol. 39, p. 217-246.
- DEVYATILOVA, A. D. and VOLOBUEVA, V. I. (1981) Atlas of Paleogene and Neogene fauna of the Northeast USSR. Ministry of Geology and RSFSR, Northeast Industrial Geological Society (Combine), Moscow, "Nadra", 219p., 55pls.
- 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.
- FENNER, J. (1985) Late Cretaceous to Oligocene planktonic diatoms. *In* BOLLI, H. M. *et al.* (eds.) *Plankton stratigraphy*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 713-762.
- 半沢正四郎(1954) 常磐炭田第三系. 日本地方地質誌 東北地方, 朝倉書店, p. 264-290.
- HAQ, B. U., HANDENBOL, J. and VAIL, P. R. (1988) Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. *S.E.P.M., Special Pub.* no. 42, p. 71-108.
- HAYASAKA, I. and UOZUMI, S. (1954) Molluscan fauna of the so-called "Momijiyama Transitional Formation." *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, vol. 8, p. 391-406, pls. 25-26.
- 平山勝美(1960, 1961) 阿武隈山地東縁に分布する第三系の地質学的研究. 立教大学研究報(自然), no. 7, p. 11-65, no. 8, p. 19-45.
- HIRAYAMA, K. (1973) Molluscan fauna from the Miocene Hiranita Formation, Chichibu Basin, Saitama Prefecture, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd ser. (Geol.)*, Spec. Vol., no. 6, (Hatai Mem. Vol.), p. 163-177.
- 本田 裕(1984) 釧路炭田古第三系貝類化石について. 齊藤常正ほか編, 日本の古第三系の生層序と国際対比, 山形大学, p. 59-63.
- HONDA, Y. (1987MS) Paleogene molluscan faunas from the Kushiro Coal Field, eastern Hokkaido. Unpublished Doctoral Thesis, Inst. Geol. Paleont. Tohoku Univ., 372p.
- 本座栄一・井上英二・有田正史・石原丈実(1982) 日本周辺海域の海洋地質調査活動—昭和56年度の白嶺丸による調査航海—. 地質ニュース, no. 331, p. 13-35.
- ・木下泰正・有田正史・井上英二(1983) 日本周辺海域の海洋調査活動—昭和57年度の白嶺丸による調査航海—. 地質ニュース, no. 343, p. 22-45.
- 飯塚節夫・太田外気晴・足立憲彦・高橋克也・広野進・石田 寛・戸井田克(1986) 富岡1,000 m地震観測孔における検層結果. 物理探査, vol. 39, p. 79-94.
- IKEBE, N. and CHIJI, M. (1981) Important datum-planes of the Western Pacific Neogene (revised) with remarks on the Neogene stages in Japan. *In* TSUCHI, R. (ed.) *Neogene of Japan*, p. 1-14, IGCP-114, National working Group of Japan, Shizuoka, Japan.
- KAFANOV, A. I. and SAVITSKY, V. O. (1982) Paleogene and Neogene *Ciliatocardium* (Bivalvia, Cardiidae) of Sakhalin. *Paleont. Zhur.*, no. 3, p. 53-61, pls. 5-6. (in Russian, title translated).
- KAMADA, Y. (1962) Tertiary marine mollusca from the Joban Coal-Field, Japan. *Spec. Papers. Paleont. Soc. Japan*, no. 8, p. 1-187.
- 鎌田泰彦(1972) 常磐炭田における櫛平層の設立と滝夾炭層の層位学的位置. 岩井淳一教授記念論文集, p. 389-402.
- KANNO, S. (1960) The Tertiary system of the Chichibu Basin, Saitama Prefecture, central Japan. Part. II, Paleontology. *Japan Soc. Prom. Sci. Tokyo*, p. 123-396, pls. 31-51.
- 加藤正和(1982) 日本周辺海域. 「日本の石油・天然ガス資源」改訂版作成委員会編, 日本の石油・天然ガス資源, p. 287-347. 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会.
- 加藤道雄(1979) 常磐地域(2)高萩, 磯原, 高久, 四倉. 土 隆一編, 日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料, p. 36-43.
- KATO, M. (1980) Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Takaku and Taga Groups in the Joban coal field, northeast Honshu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd ser. (Geol.)*, vol. 50, p. 35-95.
- 加藤高政(1985) 日南群層の層位学的研究. 東北大理地質古生物邦文報告, no. 87, p.1-23.
- KHOMENKO, I. P. (1933) On the age of the Tertiary formation along the coast of Korf Gulf, Kamtschatka. *Trans. Far East Geol. Prosp. Trust. USSR*, Fasc. 287, p. 1-32, pls. 1-6. (in Russian with English summary and conclusion).
- 北村 信編(1986) 新生代東北本州弧地質資料集, 3 vols. 宝文堂, 仙台.
- 木村勝弘(1988) 油田地域における基盤の地史的な

- 構造変化の研究. 石油公団石油開発技術センター年報(昭和62年度), p. 14-17.
- 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. 79, p. 126-136.
- 小泉 格(1981) 常磐地域(1)高萩, (2)磯原, (3)泉・植田, (4)江名, (5)四倉. 土 隆一編, 日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料(続編), p. 18-27.
- KOIZUMI, I. (1985) Diatom biochronology for late Cenozoic northwest Pacific. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol. 91, p. 195-211.
- 小泉 格(1986) 常磐炭田新第三系の珪藻年代層序一湯長谷・白土・高久層群一. 北村 信教授退官記念地質学論文集, p. 175-192.
- KOIZUMI, I., 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, U.S. Govt. Printing Office, Washington*, vol. 56, 57, 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. et al., Init. Rep. DSDP, U.S. Govt. Printing Office, Washington*, vol. 86, p. 269-300.
- 小松直幹(1979) 常磐・北上沖の堆積盆地について. 石油技誌, vol. 44, p. 268-271.
- KRISHTOFVICH, L. V. and ILYINA, A. P. (1954) Mollusks of the Tertiary deposits of south Sakhalin. *Works All-Union Pet. Sci. Res. Geol. Surv. Inst. (VNIGRI), Spec. Ser. Issue 10*, p. 1-327, 60 pls.
- 米谷盛壽郎・井上洋子・秋葉文雄(1981) 鹿島灘. 土 隆一編, 日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料(続編), p. 13-17.
- 米谷盛壽郎・秋葉文雄・井上洋子(1986) 微化石層序と古環境変化にもとづく本邦陸域および周辺海域における新第三紀の Hiatus について. 月刊海洋科学, vol. 18, p. 162-168.
- MAKIYAMA, J. (1934) The Asagaian molluscs of Yotukura and Matchgar. *Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., ser. B*, vol. 10, art. 6, p. 121-167, pls. 3-7.
- MARTINI, E. (1971) Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. *In FARINACCI, A. (ed.), Proceedings II planktonic Conference, Roma, 1970*, vol. 2, p. 739-785.
- MARUYAMA, T. (1984) Miocene diatom biostratigraphy of onshore sequences on the Pacific side of northeast Japan, with reference to DSDP Hole 438A (Part 2). *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd ser. (Geol.)*, vol. 55, p. 77-140.
- 丸山俊明・並川貴俊・高柳洋吉(1987) 多賀層群の珪藻化石層序と古海洋事件. 日本地質学会第94年学術大会講演要旨, p. 204.
- 三田正一(1951) 常磐炭田双葉地区北部地質調査報告. 地調報告, no. 140, 44p.
- MITSUI, S. (1971) Studies on the mechanism of deformation of sedimentary rocks in the Iwaki area of the Joban Coal-Field, Fukushima Prefecture. *Sci. Rep. Tohoku Univ. 2nd ser. (Geol.)*, vol. 42, p. 199-272.
- and OUCHI, K. (1972) On the so-called Taga Group in the Izumi-Ueda district of the Joban Coal-field, Fukushima Prefecture. *Res. Rep. Kochi Univ.*, vol. 21, p. 147-157.
- , ———, ENDO, S. and HASEGAWA, Y. (1973) Stratigraphy and geological age of the Taga Group in the Joban Coal-field of Fukushima and Ibaraki Prefectures. *Res. Rep. Kochi Univ.*, vol. 22, p. 103-124.
- MIZUNO, A. (1964) Summary of the Paleogene molluscan faunas in North Japan. *Rep. Geol. Surv. Japan*, no. 207, p. 1-28.
- 水野篤行・藤井昭二(1958) 滝夾炭泥岩砂岩層(常磐炭田)産の貝化石群と1新種の記載. *Venus*, vol. 19, p. 251-259.
- 中村光一・石原丈実・駒沢正夫(印刷中) 金華山沖

- 海底地質図。海洋地質図, no. 33, 地質調査所。
- 中村新太郎(1914) 常磐炭田第1区石城郡湯本地区地質図ならびに説明書, 地質調査所, 46p.
- 成田勝雄・近江康一(1975) 北見市周辺の動物化石について。北見郷土博物館紀要, 5-II, p. 1-19, pls.1-5.
- 根本修行・大原 隆(1979) 常磐炭田双葉地区の浅貝層の貝化石(福島県双葉郡広野町七曲付近の産状)。千葉大教養研報, B-12, p. 45-60, pls.1-2.
- 尾田太良(1986) 新第三紀の微化石年代尺度の現状と問題点—中部及び東北日本を中心として—。北村 信教授退官記念地質学論文集, p. 297-312.
- ・酒井豊三郎(1977) 旗立層中・下部の微化石層位—浮遊性有孔虫・放射虫—。藤岡一男教授退官記念論文集, p. 441-456.
- 大原 隆(1966) 雨龍炭田の第三系の層序と構造。千葉大文学部紀要, vol. 4, p. 617-630.
- O'HARA, S. and NEMOTO, N. (1982) Molluscan fossils from the "Goyasu Formation" in the Futaba district of the Joban Coalfield. *Jour. Coll. Arts & Sci., Chiba Univ.*, B-15, p. 57-64, pls. 1-3.
- and ——— (1984) Molluscan fossils from the type Goyasu Formation of the Joban Coalfield. *Jour. Coll. Arts & Sci., Chiba Univ.*, B-17, p. 45-61, pls. 1-2.
- OKADA, H. and BUKRY, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (BUKRY, 1973, 1975). *Marine Micropaleont.*, vol. 5, p. 321-325.
- 大槻憲四郎・北村 信(1986) 島弧横断ルート, no. 30(川治-塩原, 棚倉, 常磐)。北村信編, 新生代東北本州弧地質資料集, vol. 3, no. 9.
- PERCH-NIELSEN, K. (1985) Silicoflagellates. In BOLL, H. M. et al. (eds.) *Plankton Stratigraphy*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 811-846.
- REYNOLDS, R. A. (1980) Radiolarians from the western North Pacific, Leg 57, Deep Sea Drilling Project. In Scientific Party, *Init. Rep. DSDP*, U.S. Govt. Printing Office, Washington, vol. 56, 57, p. 735-769.
- RIEDEL, W. R. and SANFILIPPO, A. (1978) Stratigraphy and evolution of tropical Cenozoic radiolarians. *Micropaleont.*, vol. 23, p. 61-96.
- 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.
- 斎藤常正・岡田尚武・海保邦夫(編)(1984) 日本の古第三系の生層序と国際対比。山形大学理学部, 137p.
- SAKAI, T. (1980) Radiolarians from Site 434, 435, and 436, Northwest Pacific, Leg 56, Deep Sea Drilling Project. In Scientific Party, *Init. Rep. DSDP*, U.S. Govt. Printing Office, Washington, vol. 56, 57, p. 695-733.
- 三本杉巳代治(1975) 阿武隈山地北東縁, 相馬市松川浦沿岸に発達する新第三紀層に被覆されている花崗岩体に潜存する断層と温泉の関係。三本杉温泉開発研究所研究報告, no. 5, p. 5-11.
- ・三本杉トミ・厚海弘道・光井清森(1971) 福島県相馬市松川浦地域の温泉開発。三本杉温泉開発研究所研究報告, no. 1, p. 1-6.
- SHAW, C. A. and CIESIELSKI, P. F. (1983) Silicoflagellate biostratigraphy of Middle Eocene to Holocene subantarctic sediments recovered by Deep Sea Drilling Project Leg 71. In LUDWIG, W. J. et al., *Init. Rep. DSDP*, U.S. Govt. Printing Office, Washington, vol. 71, p. 687-737.
- 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I, 常磐炭田地質図及び説明書。地質調査所, 143p.
- 鈴木敬治(1963) 植物化石よりみた東北日本の第三系—中新統下部層と植物化石群—。化石, no. 5, p. 63-77.
- 高橋宏和(1984) 常磐炭田上遠野地域の中新統中山層産貝化石群集。化石, no. 36, p. 1-17.
- (1986) 茨城県常陸太田地域の鮮新統久米層産貝化石群集。瑞浪市化石博物館専報,



- no. 6, p. 91-103.
- TAKAI, F. (1961) A new Anthracothere from the Shiramizu Group in the Joban Coal-Field, Japan with notes of its geological age. *Proc. Japan Acad.*, vol. 37, p. 255-266.
- 高柳洋吉・丸山俊明・長谷川善和・國府田良樹(1988) 福島県浜通り産海棲哺乳類の微化石による地質年代について. 長谷川善和(編)日本産海生哺乳類化石の研究, p. 137-139.
- 武井友也(1983) 磐城沖ガス田開発計画. 石油開発時報, no. 54, p. 25-31.
- 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出する微化石調査報告. 福島県立博物館調査報告, 第12集, p. 1-53.
- TOMIDA, Y. (1986) Recognition of the genus *Entelodon* (Artiodactyla, Mammalia) from Joban Coalfield, Japan, and the age of the Iwaki Formation. *Bull. Nat. Sci. Mus., Tokyo, Ser. C*, vol. 12, p. 165-170.
- 恒石幸正(1966) 阿武隈山地広野地域の地質構造. 地震研究所彙報, vol. 44, p. 749-764.
- TSUNEISHI, Y. (1978) Geological and experimental studies on mechanism of block faulting. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, vol. 53, p. 173-242.
- 恒石幸正(1984) 断層. 木村敏雄(編)地質構造の科学, 朝倉書店, p. 67-116.
- 植田良夫・八島隆一(1980) 福島県いわき市四倉産新第三紀流紋岩の K-Ar 年代. 岩鉱, vol. 75, p. 279-280.
- UOZUMI, S., FUJIE, T. and MATSUI, M. (1966) Neogene molluscan fauna in Hokkaido. Part III. Description of the Aionai fauna associated with *Desmostylus* cfr. *minor* NAGAO, from Kitami district, East Hokkaido. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. 4*, vol. 13, p. 165-183, pls. 14-15.
- VOLOBUEVA, V. I. (1986) Oligocene bivalve mollusca from the eastern part of the Koryak Plateau. In KAFANOV, A. I., ed., *Paleogene and Neogene bivalve molluscs of the Far East and the eastern Paratethys*, p. 65-74, pls. 1-2 (in Russian).
- 渡部景隆・新井重三・林 唯一(1950) 秩父盆地第三紀層の地質学的研究. 秩父自然科学博研報, no. 1, p. 29-92, pls. 1-6.
- 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, 新生代東北本州弧地質資料集, vol. 3, no. 2.
- 柳沢幸夫(投稿中) 仙台層群の地質年代—珪藻化石層序による再検討—. 地調月報.
- ・鈴木祐一郎(1987) 常磐炭田漸新統白坂層の珪藻及び珪質鞭毛藻化石. 地調月報, vol. 38, p. 81-98.
- YOKOYAMA, M. (1925) Molluscan remains from the middle part of the Jo-ban coal-field. *Jour. Coll. Sci. Tokyo Imp. Univ.*, vol. 45, art. 7, p. 1-23, pls. 1-3.

(受付: 1989年4月11日; 受理: 1989年5月30日)

付表 A-3 コア A-1 産漸新世珪藻

Table A-3 Oligocene diatoms from the A-1 core.

\*:present.

AGE	Early Oligocene					
	CORE A-1					
DEPTH (m)	.28	.20	.20	.20	.20	.20
	244.15	253.00	270.00	341.00	370.00	395.00
Abundance	VR	VR	R	R	VR	VR
Preservation	VP	VP	P	P	VR	VP
<i>Aulacosira</i> cfr. <i>granulata</i> (EHR.) SIMONSEN	2	4	2	2	2	1
<i>Actinopychus senarius</i> EHR.	8	10	22	24	2	3
<i>A.</i> sp. (triangular)	5	10	8	11	3	4
<i>Cestodiscus</i> spp.	41	32	19	11	14	
<i>Cocconeis</i> spp.	1	2	2	5	2	1
<i>Stellarima microtrias</i> (EHR.) HASLE & SIMS	2	9	2	11	4	1
<i>Coscinodiscus</i> spp.	1	2	2	1		
<i>Kisseleviella</i> spp.	2	6	13	12	4	6
<i>Goniothecium rogersii</i> EHR.	2					
<i>Grammatophora</i> spp.	2	2		2		
<i>Hemiaulus</i> spp.	2	5	1	17	3	2
<i>Melosira architecturalis</i> BRUN				1		
<i>M. areolata</i> MOISSEJEWA				1	2	1
<i>Paralia sulcata</i> (EHR.) CL.	7	2	4	5	7	3
<i>Pseudotriceratium chenevieri</i> (MEISTER) GLEISER	2	13	5	6	4	5
<i>Rhaphoneis</i> spp.	10	33	25	9	7	1
<i>Rhizosolenia</i> sp.	1	1	1	*	5	
<i>Rouxia obesa</i> SCHRADER	1	1	5	2	6	
<i>R. granda</i> SCHRADER						1
<i>Sceptroneis pesplanus</i> FENNER & SCHRADER	1	1	1	7	3	1
<i>S.</i> spp.				*	1	1
<i>Stephanopyxis superbus</i> (GREV.) GRUN.	1			10	7	6
<i>S.</i> spp.	15	10	42	38	18	30
<i>Thalassiosira mediaconvexa</i> SCHRADER	12	1	3	11	9	3
<i>Pixilla</i> spp.	1	1	1	1	3	3
<i>Trochosira trochlea</i> HANNA	3	1	4	8	2	
<i>T. spinosa</i> KITTON	5	16		1	2	
Miscellaneous	2	2	7		2	
Total number of valves counted	84	188	177	200	112	94

Preservation P: poor VP: very poor  
Abundance R: rare VR: very rare





付表 A-4 コア A-1, N-2 及び N-1 産珪質鞭毛藻

Table A-4 Silicoflagellates from the A-1, N-2 and N-1 cores.

Silicoflagellate zones (BUKRY, 1974)		<i>Dictyocha pseudofibula</i>			<i>Distephanus longispinus</i> z.			<i>Corbisema triacantha</i> z.		<i>Dictyocha deflandrei</i>																																			
Assemblages		g		f		e		d		?																																			
Core		N-1		N-2		A		-		1																																			
Species	Depth (m)	191.31	198.89	209.74	214.65	178.65	194.79	209.47	219.50	234.55	250.37	255.47	271.50	81.23	86.00	93.13	100.20	106.91	108.34	110.97	114.11	118.87	121.99	124.20	125.49	126.40	129.57	131.58	143.00	147.22	244.15	253.00	270.00	300.00	341.00	370.00	390.25								
<i>Cannopilus binoculus</i> (EHR.) LEM.						2 +		+										+																											
<i>Ca. bipartitus</i> (EHR.) LEM.																																													
<i>Ca. hemisphaericus</i> (EHR.) HAEC.										1						3																													
<i>Ca. major</i> (FRE.) BUK. & FOS.																																													
<i>Ca. quintus</i> BUK. & FOS.																																													
<i>Ca. schulzii</i> DEFL.																																													
<i>Ca. triommata</i> (EHR.) LEM.																																													
<i>Corbisema apiculata</i> (LEM.) HANNA																																													
<i>C. hastata globulata</i> BUKRY																																													
<i>C. hastata hastata</i> (LEM.) BUK.																																													
<i>C. triacantha minor</i> (SCH.) LING																																													
<i>C. triacantha triacantha</i> (EHR.) BUK. & FOS.																																													
<i>Dictyocha aspera aspera</i> (LEM.) BUK. & FOS.		3	+ 1	1		2	1		+						+		1						+				2	1	4	3	2						1								
<i>D. aspera clinata</i> BUKRY																																													
<i>D. aspera martinii</i> BUKRY																																													
<i>D. brevispina</i> (LEM.) BUK.		19	18	26	23	20	19	22	9	7	4	12			4	+ 8	7		2																										
<i>D. brevispina ausonia</i> (DEF.) BUK.			+			1			+																																				
<i>D. deflandrei</i> FRE. ex GLEZ.																																													
<i>D. fibula</i> EHR.		1	2	1		1		2		1																																			
<i>D. medusa</i> HAEC.																																													
<i>D. octagona</i> (TSUM.) BUK. & FOS.																																													
<i>D. pseudofibula</i> (SCH.) TSUM.		1	1	2		5	2	11		21	1	9																																	
<i>D. rhombica</i> (SCH.) DEFL.		2	4	3		7	3	3	+			2				+																													
<i>D. torta</i> MART. & MÜLL.																																													
<i>Distephanus crux</i> (EHR.) HAEC.		3	1	5	2	3	2	2	6	12	13	5	+		8	15	.5	7																											
<i>Ds. crux darwinii</i> BUKRY																																													
<i>Ds. longispinus</i> (SCH.) BUK. & FOS.		4	5	6	3	1	1	4	3	1	8	10			3	7	2	1																											
<i>Ds. octacanthus</i> (DES. & MAH.) BUR. & FOS.																																													
<i>Ds. octonarius</i> (EHR.) HAEC.			+		+		+		+							2	1	+																											
<i>Ds. polyactis</i> (EHR.) DEFL.			1				+		+						+	+																													
<i>Ds. pseudocrux</i> (SCH.) BUK.											1	1	+																																
<i>Ds. cf. pseudocrux</i> (SCH.) BUKRY		10	7	2	12	1	12	1	1																																				
<i>Ds. quinquangellus</i> BUK. & FOS.			1	+		1	+			1	1																																		
<i>Ds. slavincii</i> (JER.) BUK.											+	+																																	
<i>Ds. speculum bispicatus</i> BUKRY		2	3	3	3	6	1	7	4	1	1	5			8	2	1	4																											
<i>Ds. speculum patulus</i> BUKRY																																													
<i>Ds. speculum speculum</i> (EHR.) GLEZ.		1	3	+ 1		1	3	4	4	1	2	5	+	6	7	5	+																												
<i>Ds. stradneri</i> (JER.) BUK.			1			1			+	3	12	1		26	10	9	12		1																										
<i>Mesocena apiculata</i> (SCH.) BUK.																																													
<i>M. apiculata curvata</i> BUKRY																																													
<i>M. apiculata glabra</i> (SCH.) BUK.																																													
<i>M. apiculata inflata</i> BUKRY																																													
<i>M. circulus</i> (EHR.) EHR.		2	4	2	2	2	+	4	2	1	2				2	1	2	5																											
<i>M. diodon</i> EHR.		2		+		4		2																																					
<i>M. elliptica</i> (EHR.) EHR.																																													
<i>M. elliptica minoriformis</i> BACH.								+																																					

Plate 1 Neogene diatoms (1)

Scale bar = 10  $\mu$ m.

- 1 *Thalassiosira yabei* (KANAYA) AKIBA & YANAGISAWA  
[A-1, 86.00–86.15 m]
- 2 *Thalassiosira praeyabei* (SCHRADER) AKIBA & YANAGISAWA  
[A-1, 124.20 m]
- 3 *Thalassiosira grunowii* AKIBA & YANAGISAWA [fine form]  
[A-1, 86.00–86.15 m]
- 4 *Thalassiosira grunowii* AKIBA & YANAGISAWA [coarse form]  
[A-1, 86.00–86.15 m]
- 5, 6 *Thalassiosira antiqua* (GRUNOW) CLEVE-EULER  
[5: A-1, 38.33–38.48; 6: N-1, 21.85–22.00]
- 7 *Thalassiosira* sp.  
[A-1, 54.68–54.85]
- 8, 9 *Thalassiosira gravida* CLEVE  
[GH82-3, H21, 97.5 cm]  
8: convex valve; 9: flat valve
- 10 *Thalassiosira manifesta* SHESHUKOVA.  
[A, 103.47 m]
- 11 *Thalassiosira convexa* MUCHINA  
[N-1, 21.85–22.00 m]
- 12 *Thalassiosira zabelinae* JOUSÉ  
[N-1, 49.53–49.69 m]

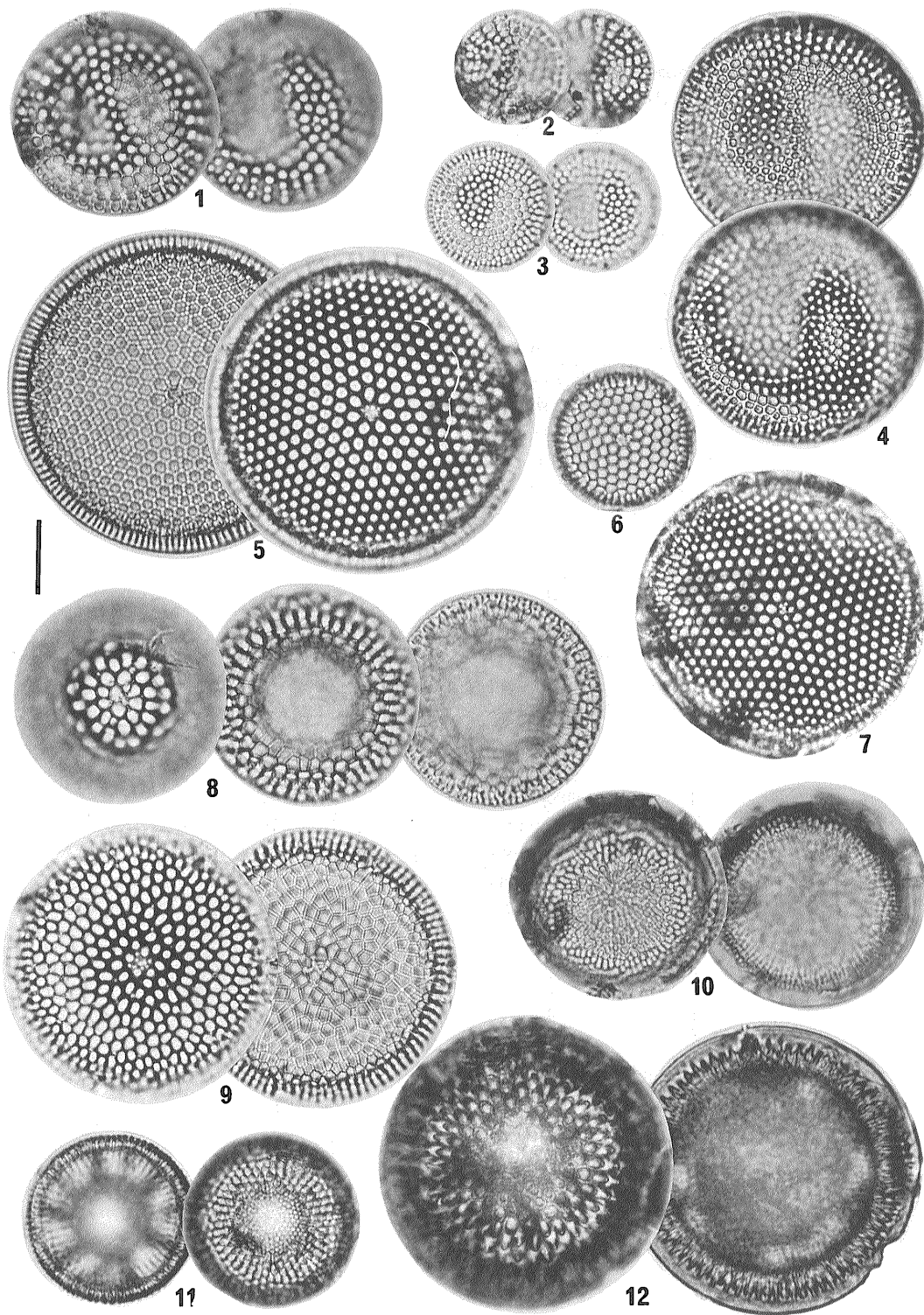


Plate 2 Neogene diatoms (2)

Scale bar = 10  $\mu$ m

- 1, 2 *Bacterosira fragilis* (GRAN) GRAN  
[1: flat valve, N-1, 101.88-102.00 m; 2: convex valve, GH82-3, H21, 173 cm]
- 3 *Planktoniella sol* (WALLICH) SCHÜTT  
[GH82-3, H21, 97.5 m]
- 4 *Thalassiosira praenidulus* AKIBA  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 5, 7-8 *Thalassiosira nidulus* (TEMPÈRE & BRUN) JOUSÉ  
[5, 7: N-1, 101.88-102.00; 8: N-1, 21.85-22.00 m]
- 6 *Thalassiosira jouseae* AKIBA  
[GH82-3, H21, 97.5 cm]
- 9 *Thalassiosira leptopus* (GRUNOW) HASLE & FRYXELL  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 10 *Thalassiosira* cf. *jacksonii* KOIZUMI & BARRON  
[N-1, 21.85-22.00 m]
- 11 *Thalassiosira jacksonii* KOIZUMI & BARRON  
[N-1, 81.35-81.56 m]
- 12 *Porosira gracialis* (GRUNOW) JØRGENSEN  
[GH82-3, H21, 97.5 cm]
- 13 *Thalassiosira nordenskiöldii* CLEVE  
[GH82-3, H21, 97.5 cm]
- 14 *Thalassiosira eccentrica* (EHRENBERG) CLEVE  
[GH82-3, H21, 97.5 cm]
- 15 *Thalassiosira oestrupii* (OSTENFELD) PROSHUKINA-LAVRENKO  
[GH82-3, H21, 97.5 cm]
- 16 *Thalassiosira decipiens* (GRUNOW) JØRGENSEN  
[N-1, 101.88-102.00 m]
- 17, 18 *Stephanopyxis dimorpha* SCHRADER  
[GH82-3, H21, 97.5 cm]  
17: flat valve; 18: convex valve
- 19 *Hyalodiscus radiatus* (O'MEARA) GRUNOW  
[N-1, 114.29-114.44 m]



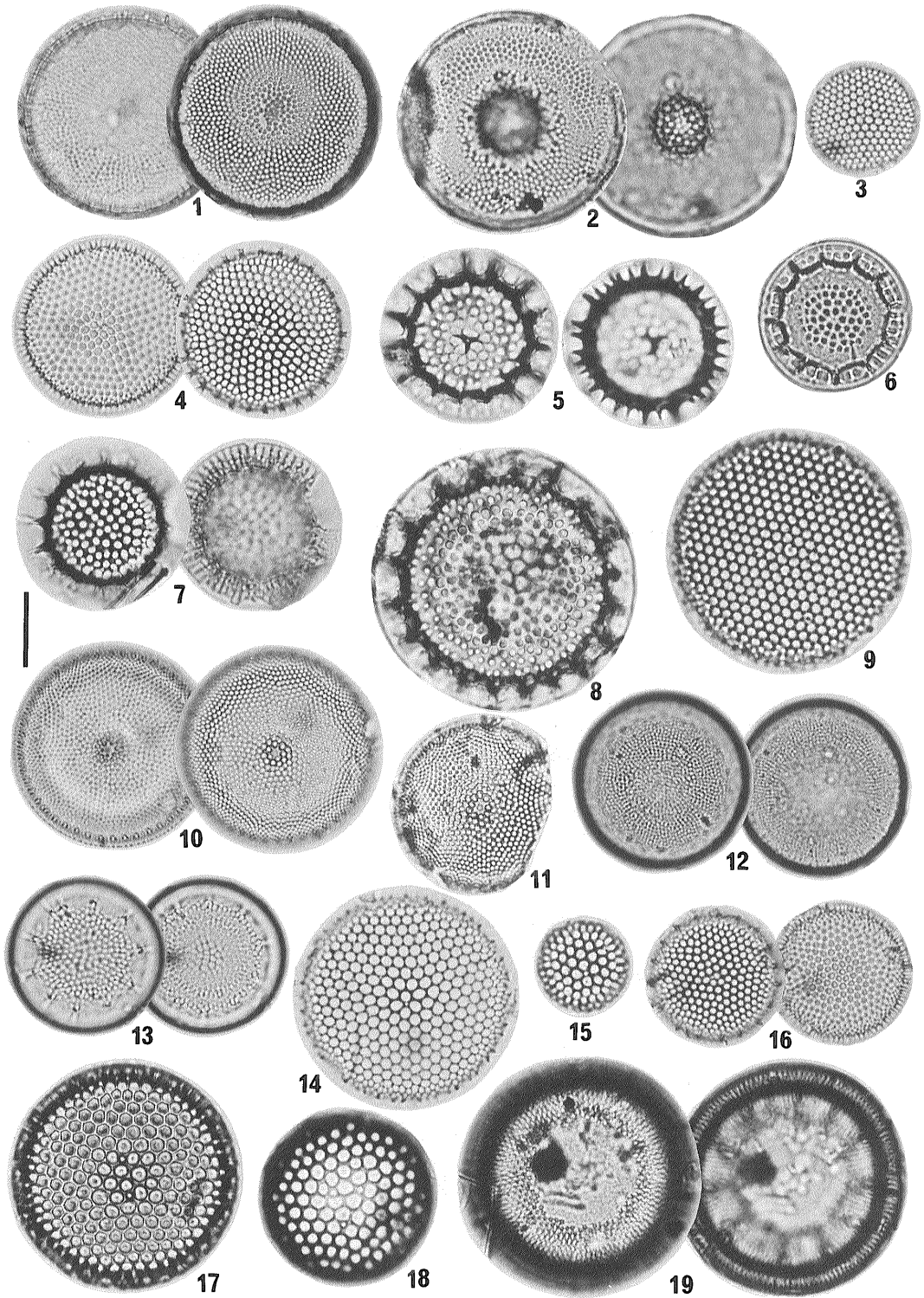


Plate 3 Neogene diatoms (3)

Scale bars = 10  $\mu$ m.

A for 1-9, 11-19

B for 10

- 1 *Actinocyclus ingens* f. *planus* WHITING & SCHRADER  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 2 *Actinocyclus ingens* f. *ingens* (RATTRAY) WHITING & SCHRADER  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 3 *Actinocyclus ingens* f. *nodus* (BALDAUF) WHITING & SCHRADER  
[A-1, 136.00-136.75 m]
- 4 *Actinocyclus ochotensis* JOUSÉ  
[GH82-3, H21, 0 cm]
- 5 *Pseudopodosira elegans* SHESHUKOVA.  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 6 *Azpeitia endoi* (KANAYA) SIMS & FRYXELL  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 7 *Melosira albicans* SHESHUKOVA.  
[N-1, 101.88-102.00 m]
- 8 *Actinoptychus senarius* (EHRENBERG) EHRENBERG  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 9, 14, 19 *Paralia sulcata* (EHRENBERG) CLEVE  
[9: A, 102.53 m; 14: A-1, 105.91 m; 19: N-1, 34.53-34.68 m]
- 10 *Melosira sol* (EHRENBERG) KÜTZING  
[A-1, 131.58 m]
- 11 *Actinocyclus moronensis* DEBY  
[A-1; 81.23-81.38 m]
- 12 *Hyalodiscus obsoletus* SHESHUKOVA.  
[A-1, 123.00 m]
- 13 *Hemidiscus ovalis* LOHMAN  
[A-1, 38.3-38.48 m]
- 15 *Coscinodiscus lewistanus* GREVILLE  
[A-1, 143.00-143.16 m]
- 16 *Actinocyclus ellipticus* GRUNOW  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 17, 18 *Hemidiscus cuneiformis* WALLICH  
[17: N-2, 189.52-189.63 m; 18: A-1, 38.33-38.48 m]

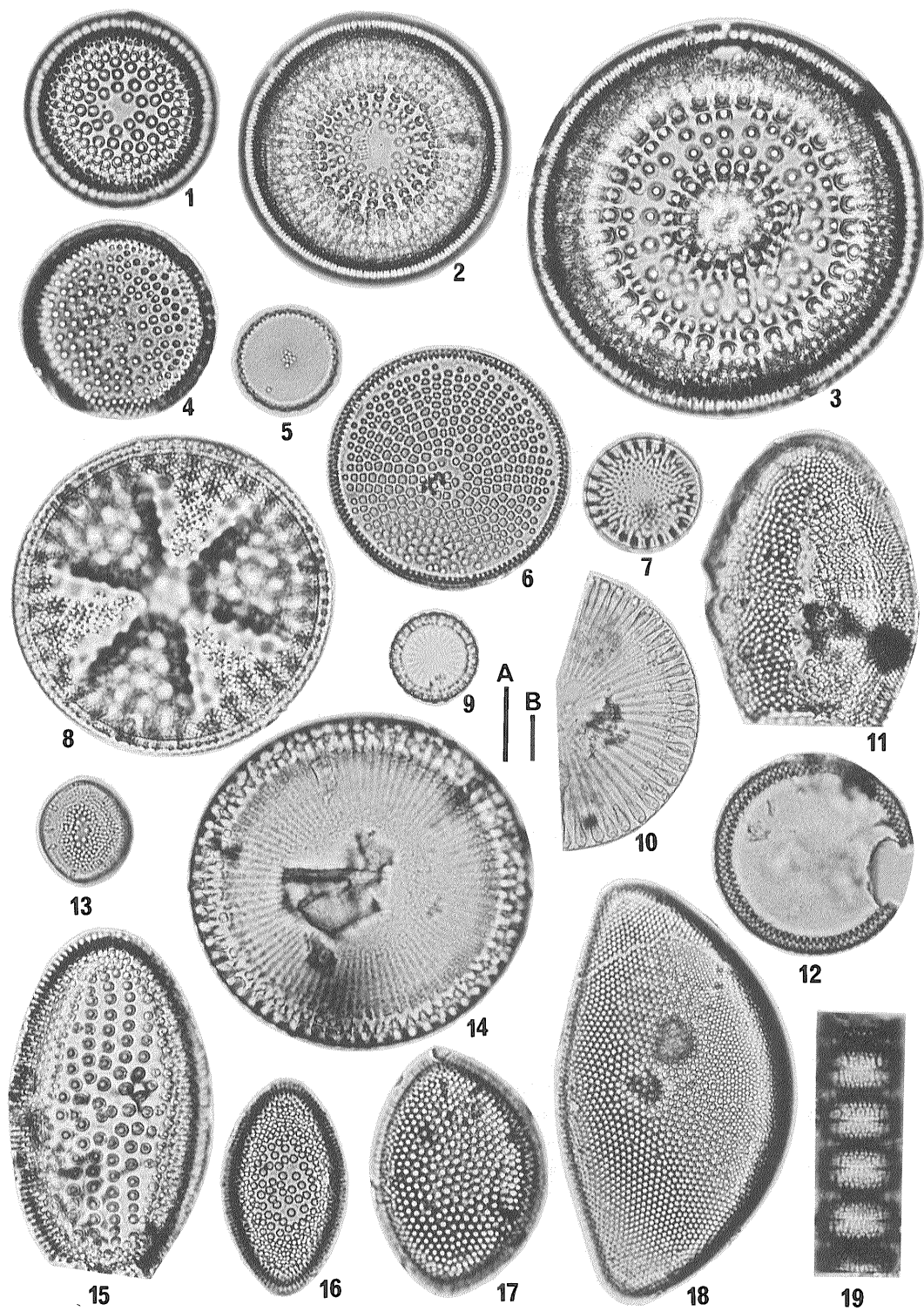


Plate 4 Neogene diatoms (4)

Scale bars = 10  $\mu$ m.

A for 1-11, 13-21

B for 12

- 1 *Rhizosolenia barboi* (BRUN) TEMPÈRE & PERAGALLO [Pliocene type]  
[GH82-3, H21, 97.5 cm]
- 2 *Rhizosolenia barboi* (BRUN) TEMPÈRE & PARAGALLO [Miocene type]  
[A, 100.00 m]
- 3 *Rhizosolenia styliiformis* BRIGHTWELL  
[N-1, 131.60-131.70 m]
- 4 *Rhizosolenia alata* BRIGHTWELL  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 5 *Rhizosolenia bergonii* PERAGALLO  
[N-1, 90.67-90.85 m]
- 6 *Rhizosolenia miocenica* SCHRADER  
[A, 126.99 m]
- 7 *Rhizosolenia interposita* HAJÓS  
[A-1, 131.58 m]
- 8 *Rhizosolenia hebetata* f. *hiemalis* GRAN  
[A, 100.00 m]
- 9 *Rhizosolenia praebarboi* SCHRADER  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 10 *Goniothecium rogersii* EHRENBERG  
[A-1, 108.34-108.48 m]
- 11 *Cladogramma californicum* EHRENBERG  
[A, 103.47 m]
- 12 *Rutilaria epsilon* var. *longicornis* (TEMPÈRE & BRUN) SCHMIDT  
[A-1, 110.97 m]
- 13 *Planifolia tribranchiata* ERNISSEE  
[A-1, 143.00-143.16 m]
- 14 *Macrora stella* (AZPEITIA) HANNA  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 15 *Stephanogonia hanzawae* KANAYA  
[A-1, 105.91 m]
- 16 *Eucampia* sp.  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 17 *Triceratium condecorm* BRIGHTWELL  
[A-1, 100.98 m]
- 18 *Lithodesmium reynoldsii* BARRON  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 19 *Liradiscus bipolaris* LOHMAN  
[A-1, 143.00-143.16 m]
- 20 *Odontella aurita* (LYNGBYE) AGARDH  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 21 *Hemiaulus plicatus* SHESHUKOVA.  
[A-1, 143.00-143.16 m]

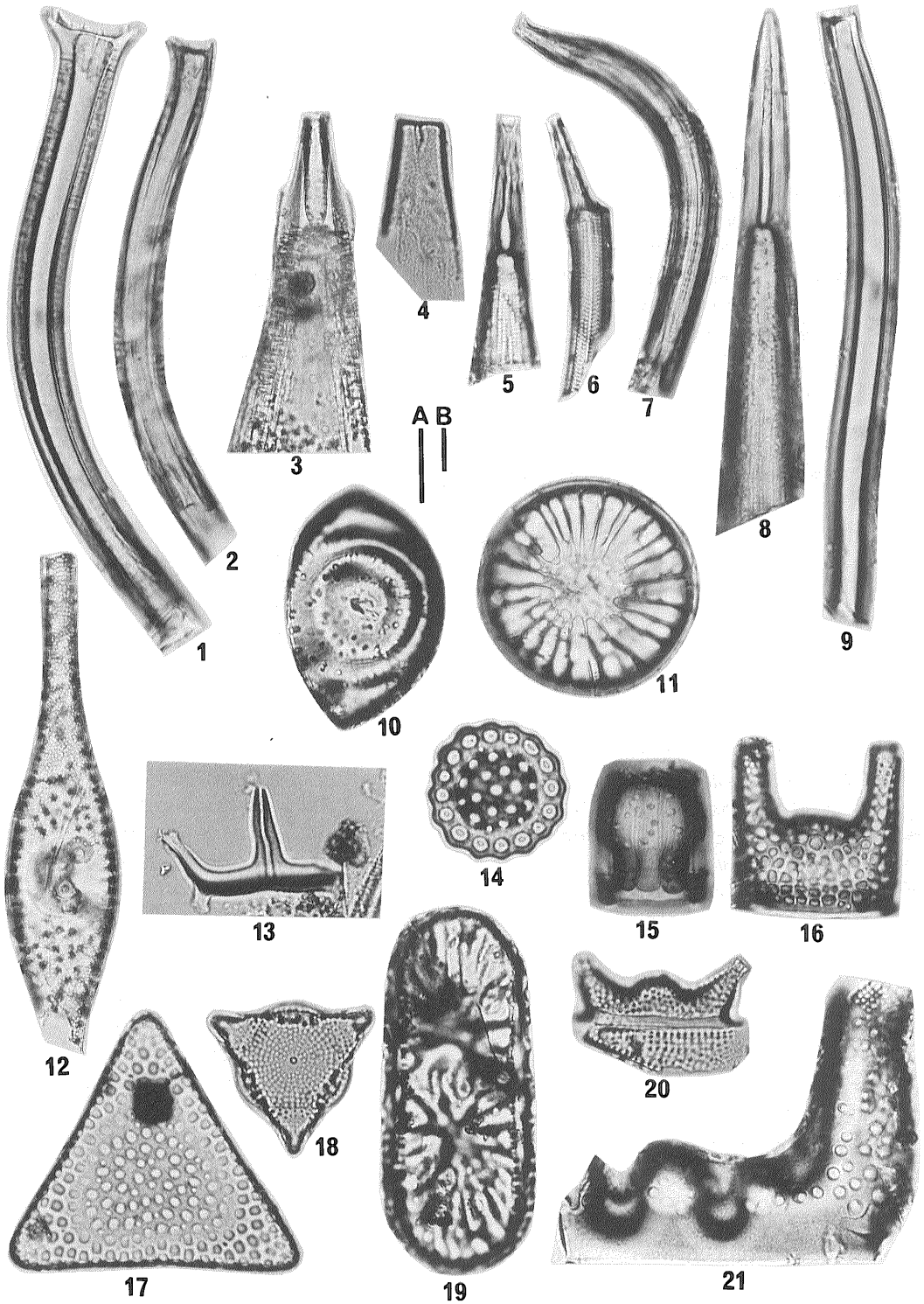


Plate 5 Neogene diatoms (5)

Scale bar = 10  $\mu$ m.

- |        |   |        |   |
|--------|---|--------|---|
| 1-4    | <i>Rouxia</i> cf. <i>peragalli</i> BRUN & HERIBAUD<br>[A-1, 86.00-86.15 m]  | 31     | <i>Cymatosira</i> <i>debyi</i> TEMPÈRE & BRUN<br>[A-1, 86.00-86.15 m]                                 |
| 5-8    | <i>Rouxia</i> <i>californica</i> M. PERAGALLO<br>[A-1, 86.00-86.15 m]   | 32     | <i>Neodelphineis</i> <i>pelagica</i> TAKANO<br>[3-2, 101.88-102.00 m]                                 |
| 9      | <i>Delphineis</i> cf. <i>angustata</i> (PANTOCSEK)<br>ANDREWS<br>[GH82-3, H21, 97.6 cm]   | 33     | <i>Rossiella</i> <i>tatsunokuchiensis</i> (KOIZUMI)<br>GERSONDE & SCHRADER<br>[A-1, 11.00-11.23 m]    |
| 10, 11 | <i>Delphineis</i> <i>surirella</i> (EHRENBERG) ANDREWS<br>[A-1, 86.00-86.15 m]  | 34     | <i>Rossiella</i> <i>praepaleacea</i> (SCHRADER) GERSONDE &<br>SCHRADER<br>[A-1, 100.20-100.35 m]      |
| 12     | <i>Sawamuraia</i> <i>biseriata</i> KOMURA<br>[A-1, 86.00-86.15 m]   | 35     | <i>Rhaphoneis</i> <i>angularis</i> LOHMAN<br>[N-1, 90.67-90.85 m]                                     |
| 13-16  | <i>Thalassionema</i> <i>hirosakienesis</i> (KANAYA)<br>SCHRADER<br>[A-1, 86.00-86.15 m]   | 36     | <i>Diploneis</i> <i>bombus</i> EHRENBERG<br>[A-1, 38.33-38.48 m]                                      |
| 7-19   | <i>Thalassionema</i> cf. <i>hirosakiensis</i> (KANAYA)<br>SCHRADER<br>[17: A-1, 136.00-136.75 m; 18: A,<br>126.99 m; 19: A-1, 121.99 m] | 37     | <i>Diploneis</i> <i>smithii</i> (BRÈBISSON) CLEVE<br>[GH82-3, H21, 0 cm]                              |
| 20, 21 | <i>Thalassionema</i> <i>nitzschioides</i> H. & M.<br>PERAGALLO [Isopolar valve]<br>[20: 3-2, 21.85-22.00 m; 21: A-1,<br>86.00-86.15 m]  | 38, 44 | <i>Rhaphoneis</i> <i>amphiceros</i> EHRENBERG<br>[A-1, 86.00-86.15 m]                                 |
| 22     | <i>Thalassionema</i> <i>nitzschioides</i> H. & M.<br>PERAGALLO [heteropolar valve]<br>[A-1, 86.00-86.15 m]                              | 39     | <i>Rhaphoneis</i> <i>elegans</i> (PANTOCSEK & GRUNOW)<br>HANNA<br>[A-1, 124.20 m]                     |
| 23     | <i>Pterotheca</i> <i>subulata</i> GRUNOW<br>[A-1, 86.00-86.15 m]  | 40     | Gen. & sp. indet.<br>[A-1, 86.00-86.15 m]   |
| 24     | <i>Thalassionema</i> cf. <i>obtusa</i> (GRUNOW) ANDREWS<br>[A-1, 136.00-136.75 m]   | 41     | <i>Campylosira</i> <i>cymbelliformis</i> (A. SCHMIDT)<br>GRUNOW ex VAN HEURCK<br>[A-1, 86.00-86.15 m] |
| 25     | <i>Thalassionema</i> <i>robusta</i> SCHRADER<br>[3-2, 21.85-22.00 m]  | 42     | <i>Mediaria</i> <i>splendida</i> SHESHUKOVA.<br>[A-1, 86.00-86.15 m]                                  |
| 26     | <i>Thalassionema</i> <i>nitzschioides</i> var. <i>lanceolatum</i><br>GRUNOW<br>[A-1, 86.00-86.15 m]                                     | 43     | <i>Kisseleviella</i> <i>carina</i> SHESHUKOVA.<br>[A-1, 38.33-38.48 m]                                |
| 27-29  | <i>Ikebea</i> <i>tenuis</i> (BRUN) AKIBA<br>[27: A-1, 136.00-136.75 m; 28: A-1,<br>86.00-86.15; 29: A, 102.53 m]                        | 45     | <i>Synedra</i> <i>jouseana</i> var. 1<br>[A-1, 143.00-143.16 m]                                       |
| 30     | <i>Clavicula</i> <i>polymorpha</i> GRUNOW & PANTOCSEK<br>[A. 105.46 m]  | 46     | <i>Synedra</i> <i>jouseana</i> SHESHUKOVA.<br>[A-1, 143.00-143.16 m]                                  |
|        |   | 47     | <i>Synedra</i> <i>jouseana</i> f. <i>linearis</i> SHESHUKOVA.<br>[A, 129.59 m]                        |
|        |   | 48     | <i>Rhaphoneis</i> <i>miocenica</i> SCHRADER<br>[A-1, 123.00 m]  |



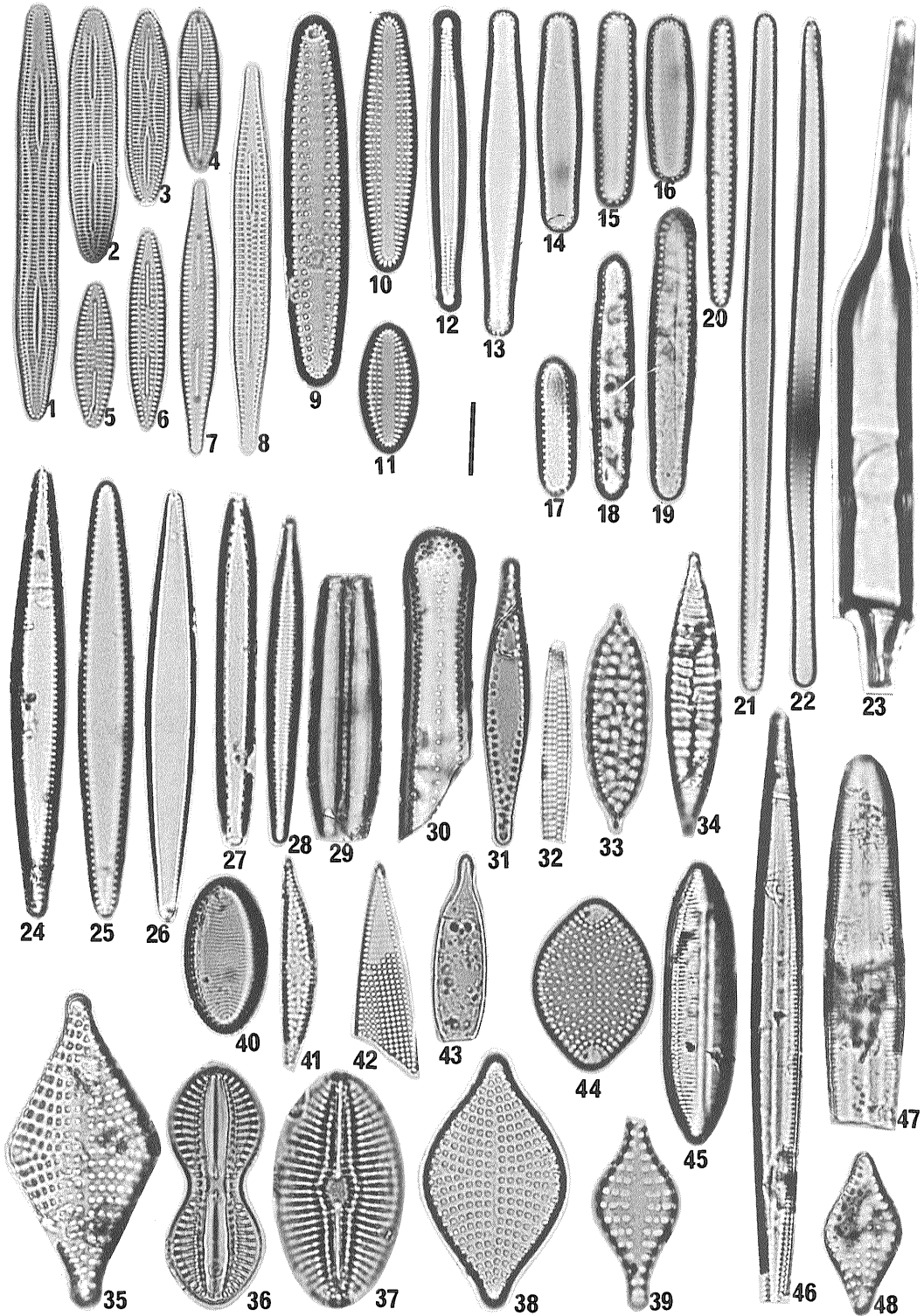


Plate 6 Neogene diatoms (6)

Scale bars = 10  $\mu$ m.

A for 1-11, 15-21, 28;

B for 12-14, 22-27, 29-36

- |        |  |    |   |
|--------|--|----|---|
| 1, 2   | <i>Denticulopsis hustedtii</i> (SIMONSEN & KANAYA)<br>SIMONSEN<br>[A-1, 86.00-86.15 m]           | 22 | <i>Nitzschia</i> sp. A<br>[A-1, 86.00-86.15 m]  |
| 3, 4   | <i>Denticulopsis praelauta</i> AKIBA & KOIZUMI<br>[3: A-1, 136.00-136.75 m; 4: A-1,<br>123.00 m] | 23 | <i>Nitzschia jouseae</i> BURCKLE<br>[N-1, 90.67-90.85 m]                                |
| 5      | <i>Denticulopsis lauta</i> (BAILEY) SIMONSEN<br>[A-1, 136.00-136.75 m]                           | 24 | <i>Crucidenticula nicobarica</i> (GRUNOW) AKIBA &<br>YANAGISAWA<br>[A-1, 126.40 m]      |
| 6      | <i>Denticulopsis praedimorpha</i> AKIBA<br>[Closed copula] [A-1, 111.41 m]                       | 25 | <i>Nitzschia grunowii</i> HASLE<br>[A-1, 38.33-38.48 m]                                 |
| 7      | <i>Denticulopsis dimorpha</i> (SCHRADER) SIMONSEN<br>[Closed copula] [N-2, 201.44-201.57<br>m]   | 26 | <i>Nitzschia punctata</i> (W. SMITH) GRUNOW<br>[GH82-3, H21, 97.5 cm]                   |
| 8      | <i>Denticulopsis</i> sp. 1<br>[A-1, 136.00-136.75 m]   | 27 | <i>Nitzschia</i> cf. <i>extincta</i> KOZURENKO &<br>SHESHUKOVA.<br>[N-1, 54.63-54.85 m] |
| 9      | <i>Katahiria aspera</i> KOMURA<br>[A-1, 130.06 m]  | 28 | <i>Crucidenticula ikebei</i> AKIBA & YANAGISAWA<br>[A-1, 86.00-86.15 m]                 |
| 10, 11 | <i>Denticulopsis hyalina</i> (SCHRADER) SIMONSEN<br>[A-1, 136.00-136.75 m]                       | 29 | <i>Nitzschia heteropolica</i> SCHRADER<br>[A-1, 86.00-86.15 m]                          |
| 12     | <i>Campyloneis grevillei</i> (W. SMITH) GRUNOW<br>[N-1, 90.67-90.87 m]                           | 30 | <i>Nitzschia jouseae</i> BURCKLE<br>[N-1, 49.53-49.69 m]                                |
| 13     | <i>Cocconeis californica</i> GRUNOW<br>[A-1, 86.00-86.15 m]                                      | 31 | <i>Nitzschia fossilis</i> (FRENGUELLI) KANAYA ex<br>SCHRADER<br>[GH82-3, H21, 97.5 cm]  |
| 14     | <i>Cocconeis costata</i> GREGORY<br>[A, 102.53 m]  | 32 | <i>Nitzschia challengerii</i> SCHRADER<br>[A, 124.23 m]                                 |
| 15, 16 | <i>Neodenticula</i> sp. A<br>[GH82-3, H21, 97.5 m]   | 33 | <i>Nitzschia sicula</i> (CASTRACANE) HUSTEDT<br>[GH82-3, H21, 97.5 cm]                  |
| 17     | <i>Neodenticula koizumii</i> AKIBA & YANAGISAWA<br>[N-1, 21.85-22.00 m]                          | 34 | <i>Nitzschia</i> cf. <i>sicula</i> (CASTRACANE) HUSTEDT<br>[GH82-3, H21, 97.5 m]        |
| 18-20  | <i>Neodenticula kamtschatica</i> (ZABELINA) AKIBA &<br>YANAGISAWA<br>[N-1, 21.85-22.00 m]        | 35 | <i>Nitzschia marina</i> GRUNOW<br>[GH82-3, H21, 97.5 m]                                 |
| 21     | <i>Yoshidaia</i> sp.<br>[A-1, 86.00-86.15 m]   | 36 | <i>Nitzschia reinholdii</i> KANAYA ex BARRON &<br>BALDAUF<br>[GH82-3, H21, 97.5 m]      |



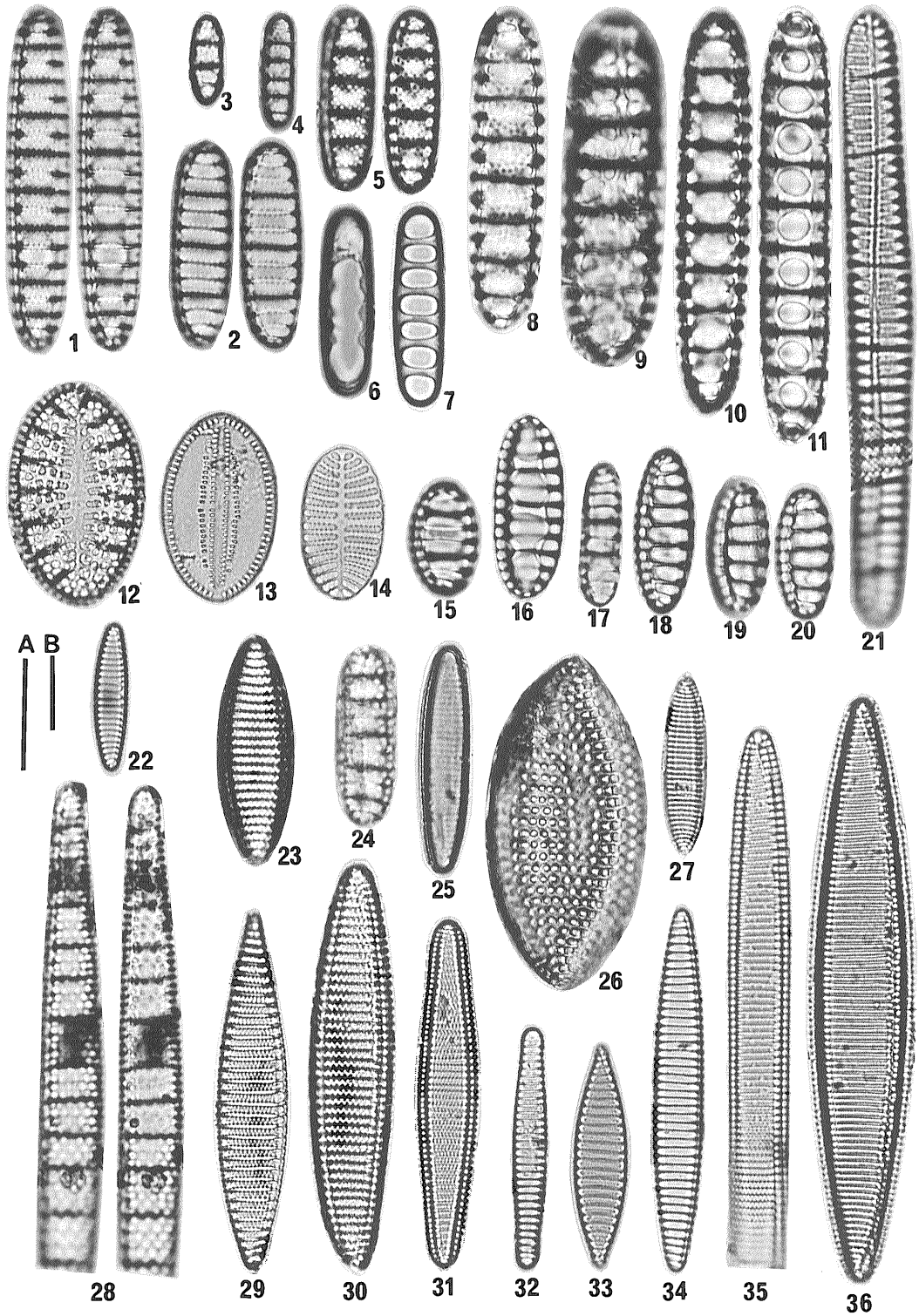


Plate 7 Paleogene diatoms

Scale bar = 10  $\mu$ m.

- 1 *Actinoptychus senarius* (EHRENBERG) EHRENBERG  
[A-1, 341.00-341.20 m]
- 2 *Actinoptychus* sp. (Triangular)  
[A-1, 271.00-270.20 m]
- 3 *Stellarima microtrias* (EHRENBERG) HASLE & SIMS  
[A-1, 270.00-27.20 m]
- 4, 5 *Rouxia obesa* SCHRADER  
[A-1, 341.00-341.20 m]
- 6 *Rhaphoneis* sp.  
[A-1, 271.00-271.20 m]
- 7 *Thalassiosira mediaconvexa* SCHRADER  
[A-1, 341.00-34.20 m]
- 8 *Melosira architecturalis* BRUN  
[A-1, 341.00-341.20 m]
- 9, 12 *Paralia sulcata* (EHRENBERG) CLEVE  
[9: A-1, 341.00-341.20 m; 12: A-1, 270.00-270.20 m]
- 10, 11 *Asteromphalus* sp.  
[10: A-1, 244.15-244.28 m; 11: A-1, 270.00-270.20 m]
- 13 *Cocconeis* sp.  
[A-1, 341.00-341.20 m]
- 14 *Sceptroneis pesplanus* FENNER & SCHRADER  
[A-1, 341.00-341.20 m]
- 15 *Grammatophora* sp.  
[A-1, 341.00-341.20 m]
- 16 *Pseudotriceratium chenevieri* (MEISTER) GLEZER  
[A-1, 341.00-341.20 m]
- 17-23 *Kisseleviella* spp.  
[17-18, 21-23: A-1, 341.00-341.20 m; 19: A-1, 370.00-370.20 m; 20: A-1, 270.00-270.20 m]
- 24-26 Gen. & sp. indet.  
[24: A-1, 341.00-341.20 m; 25-26: A-1, 244.15-244.28 m]
- 27 *Stephanopyxis superbus* (GREVILLE) GRUNOW  
[A-1, 341.00-341.20 m]
- 28-31 *Trochosira trochlea* HANNA  
[28-30: A-1, 341.00-341.20 m; 31: A-1, 270.00-270.20 m]

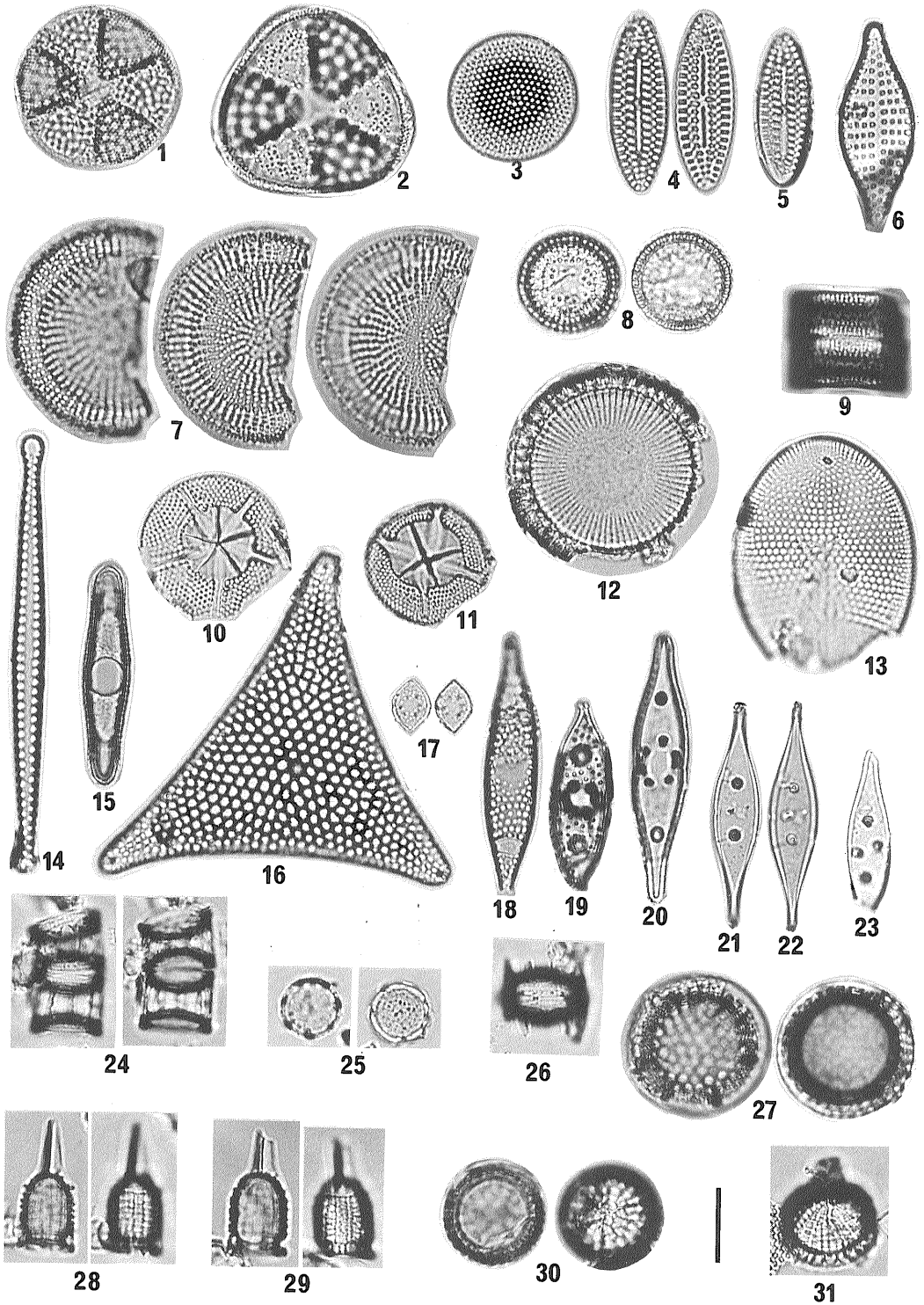


Plate 8 Silicoflagellates (1)

Scale bar = 10  $\mu$ m.

- 1 *Corbisema triacantha minor* (SCHULZ) LING  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 2 *Corbisema apiculata* (LEMMERMANN) HANNA  
[A-1, 253.00-253.20 m]
- 3 *Corbisema hastata globulata* BUKRY  
[A-1, 270.00-270.20 m]
- 4 *Dictyocha torta* MARTINI & MÜLLER  
[A-1, 270.00-270.20 m]
- 5 *Dictyocha deflandrei* FRENGUELLI ex GLEZER  
[A-1, 270.00-270.20 m]
- 6 *Distephanus octacanthus* (DESIKACHARY & MAHESHWARI) BUKRY & FOSTER  
[A-1, 100.20-100.35 m]
- 7 *Distephanus* cf. *pseudocrux* (SCHULZ) BUKRY  
[N-1, 214.65-214.70 m]
- 8 *Distephanus pseudocrux* (SCHULZ) BUKRY  
[N-2, 255.47-255.57 m]
- 9 *Distephanus speculum patulus* BUKRY  
[A-1, 126.40 m]
- 10 *Distephanus quinquangellus* BUKRY & FOSTER  
[N-1, 214.65-214.70 m]
- 11 *Distephanus stradneri* (JERKOVIĆ) BUKRY  
[A-1, 100.20-100.35 m]
- 12 *Distephanus polyactis* (EHRENBERG) DEFLANDRE  
[A-1, 81.23-81.38 m]
- 13 *Distephanus crux* (EHRENBERG) HAECKEL  
[A-1, 205.92 m]
- 14 *Dictyocha pseudofibula* (SCHULZ) TSUMURA  
[N-2, 234.55-234.72 m]
- 15 *Distephanus octonarius* (EHRENBERG) HAECKEL  
[A-1, 86.00-86.15 m]
- 16 *Dictyocha medusa* HAECKEL  
[A-1, 100.20-100.35 m]
- 17 *Dictyocha brevispina* (LEMMERMANN) BUKRY  
[A-1, 105.91 m]
- 18 *Distephanus longispinus* (SCHULZ) BUKRY & FOSTER  
[A-1, 105.91 m]
- 19 *Naviculopsis trispinosa* (SCHULZ) GLEZER  
[A-1, 253.00-253.20 m]
- 20 *Naviculopsis biapiculata* (LEMMERMANN) FRENGUELLI  
[A-1, 253.00-253.20 m]

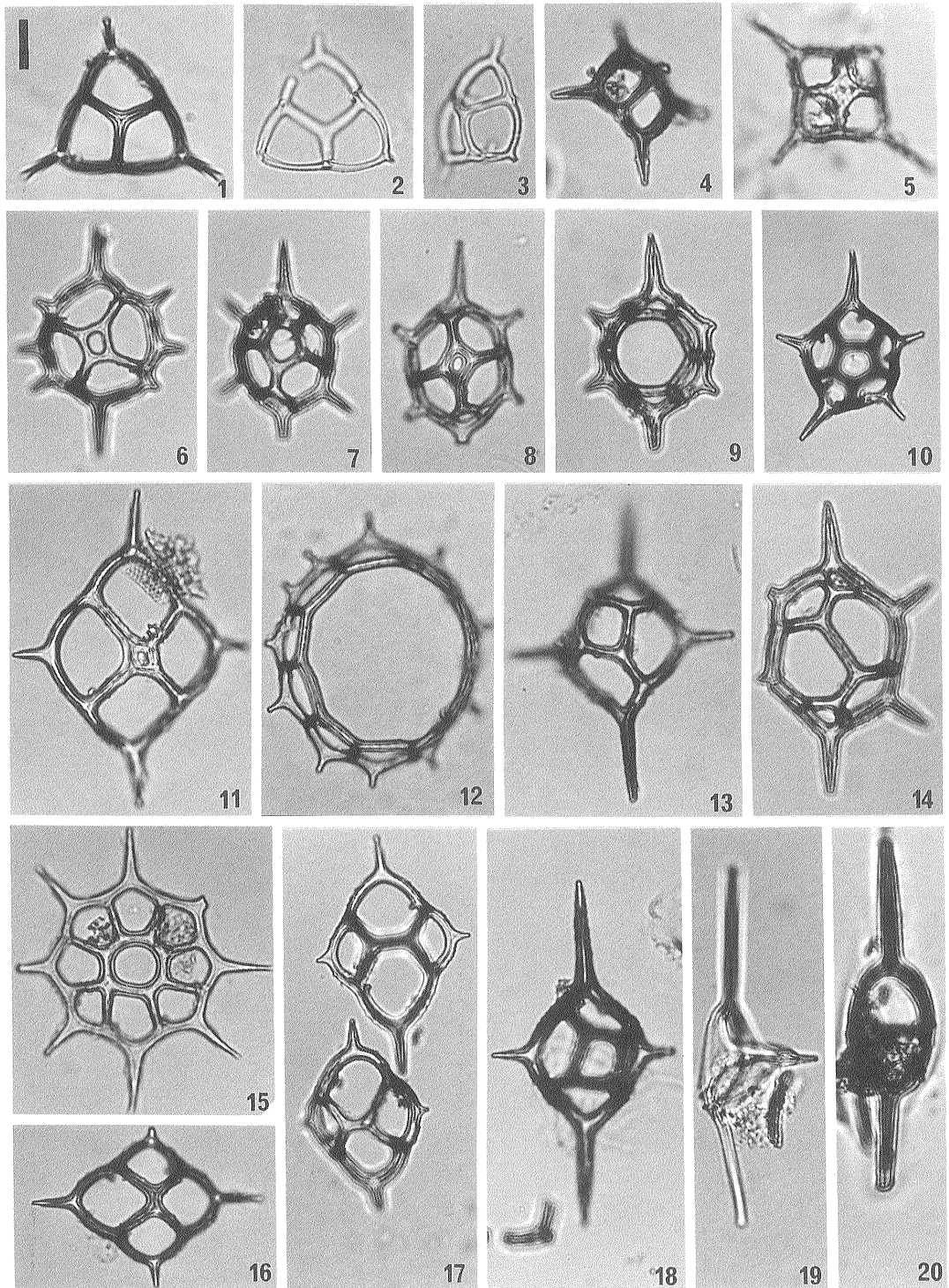


Plate 9 Silicoflagellates (2)

Scale bar = 10  $\mu$ m.

- 1 *Mesocena circulus* (EHRENBERG) EHRENBERG  
[A-1, 86.00–86.15 m]
- 2 *Mesocena hexalitha* BUKRY  
[A-1, 100.20–100.35 m]
- 3 *Mesocena diodon* EHRENBERG  
[A-1, 100.20–100.35 m]
- 4 *Mesocena elliptica* (EHRENBERG) EHRENBERG  
[A-1, 125.49 m]
- 5 *Mesocena septenaria* EHRENBERG  
[A-1, 100.20–100.35 m]
- 6 *Mesocena apiculata glabra* (SCHULZ) BUKRY  
[61021214, Shirasaka Formation]
- 7 *Mesocena schulzii* MARTINI & MÜLLER  
[A-1, 143.00–143.16 m]
- 8 *Mesocena elliptica minoriformis* BACHMAN  
[A-1, 105.91 m]
- 9 *Mesocena apiculata* (SCHULZ) BUKRY  
[A-1, 341.00–341.20 m]



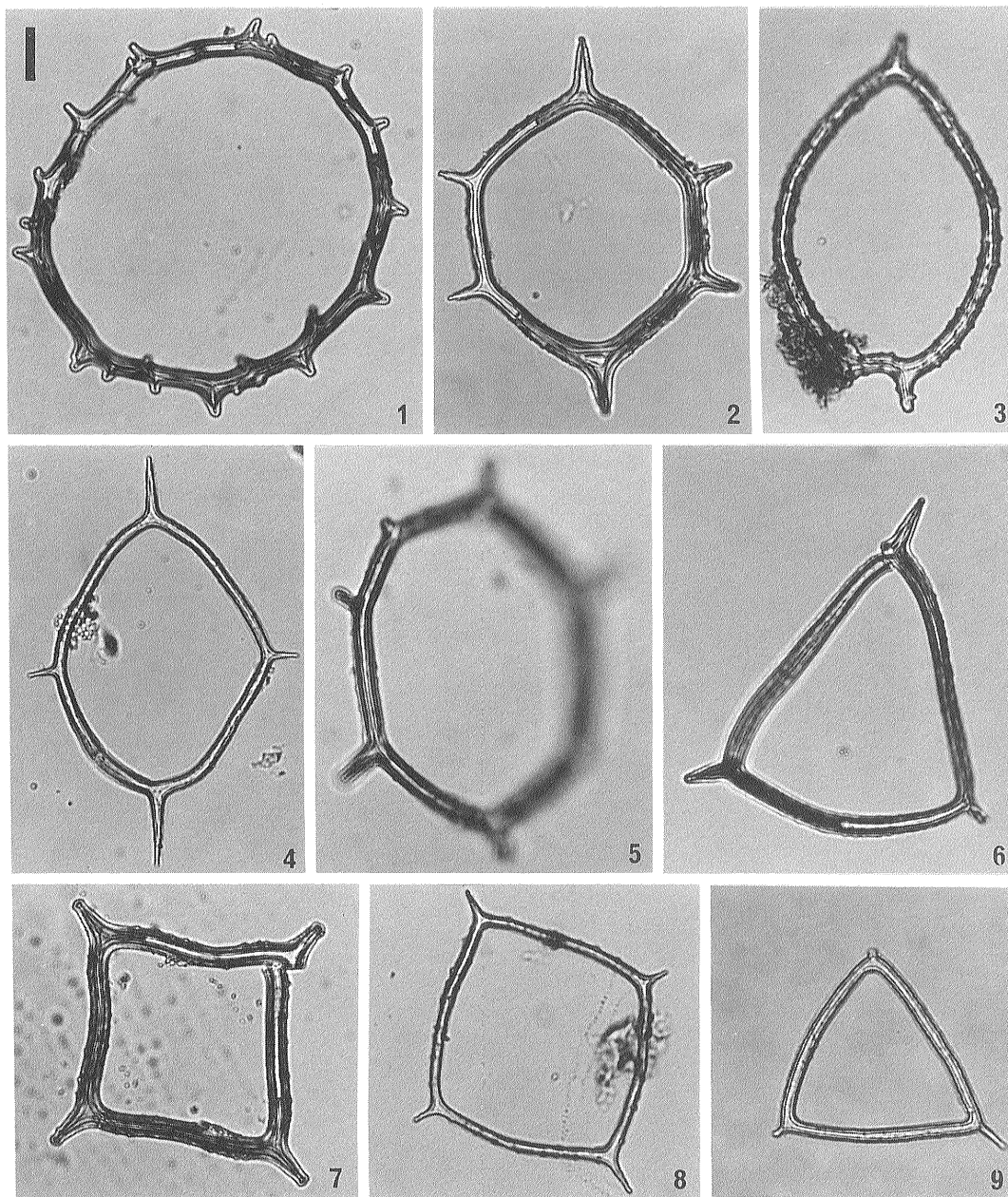


Plate 10 Planktonic foraminifers (1)

Scale bars=100  $\mu$ m.

- 1a, b *Globigerina bulloides* d'ORBIGNY  
1a, umbilical view; 1b, side view. GSJ F7361-20  
[A-1, 121.89-121.94 m]
- 2a, b *Globigerina praebulloides praebulloides* BLOW  
2a, umbilical view; 2b, side view. GSJ F7360-5  
[A-1, 127.05-127.12 m]
- 3a, b *Globigerina woodi* JENKINS  
3a, side view; 3b, umbilical view. GSJ F7361-28  
[A-1, 126.40-126.45 m]
- 4a, b *Globigerina druryi* AKERS  
4a, umbilical view; 4b, side view. GSJ F7360-10  
[A-1, 121.89-121.94 m]
- 5a, b *Globorotalia birnageae* BLOW  
5a, spiral view; 5b, side view. GSJ F7360-14  
[A-1, 127.05-127.12 m]



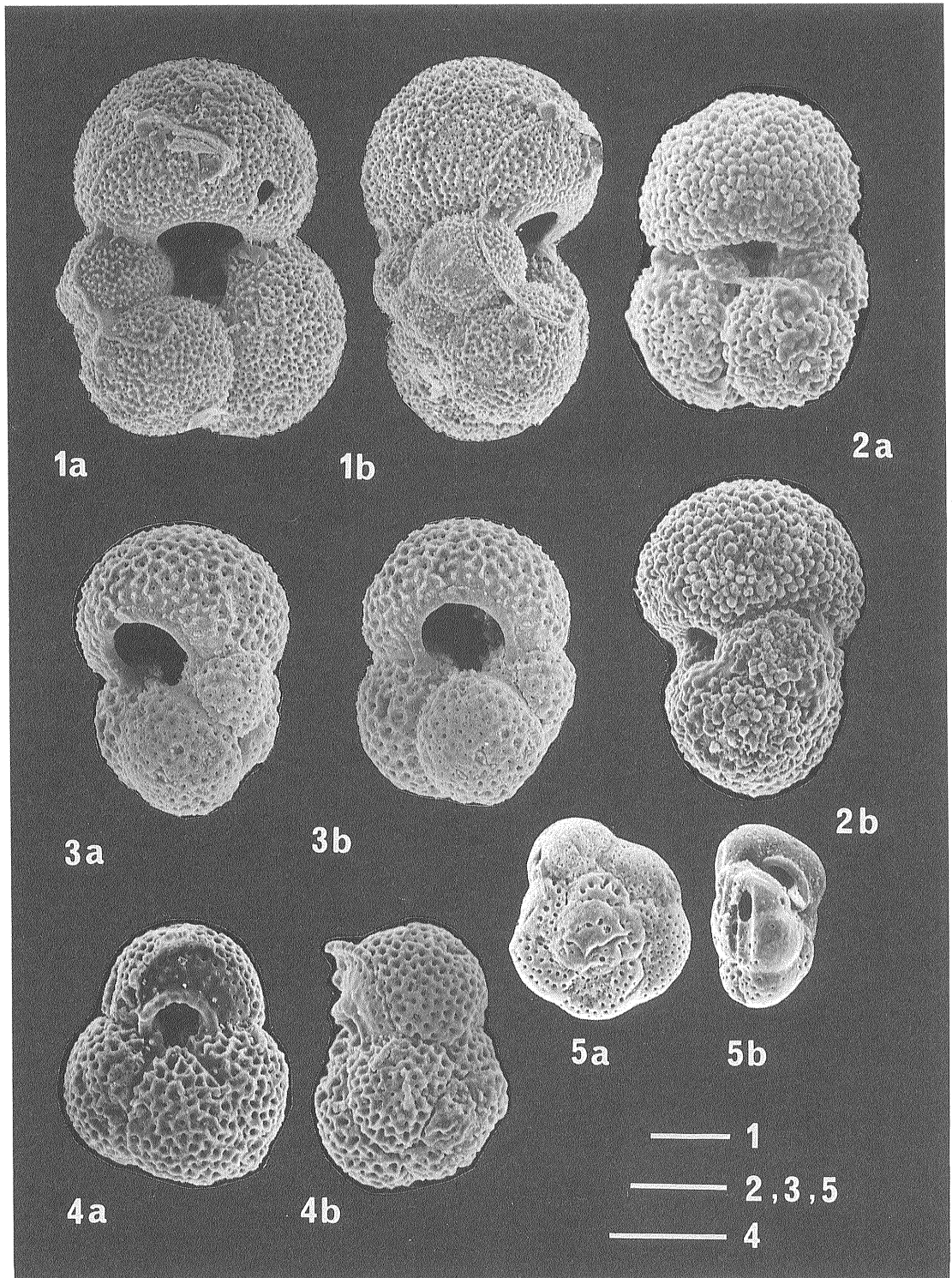


Plate 11 Planktonic foraminifers (2)

Scale bars = 100  $\mu$ m.

- 1a, b *Globorotalia peripheroronda* BLOW & BANNER  
1a, spiral view; 1b, side view. GSJ F7360-11  
[A-1, 121.89-121.94 m]
- 2a, b *Globorotalia mayeri* CUSHMAN & ELLISOR  
2a, spiral view; 2b, side view. GSJ F7360-18  
[A-1, 119.83-119.85 m]
- 3a, b *Globorotalia scitula scitula* (BRADY)  
3a, umbilical view; 3b, side view. GSJ F7361-4  
[A-1, 123.03-123.10 m]
- 4a, b *Globorotalia scitula praescitula* BLOW  
4a, spiral view; 4b, side view. GSJ F7361-11  
[A-1, 123.03-123.10 m]
- 5a, b *Globorotalia quinifalcata* SAITO & MAIYA  
5a, spiral view; 5b, side view. GSJ F7361-14  
[A-1, 127.05-127.12 m]

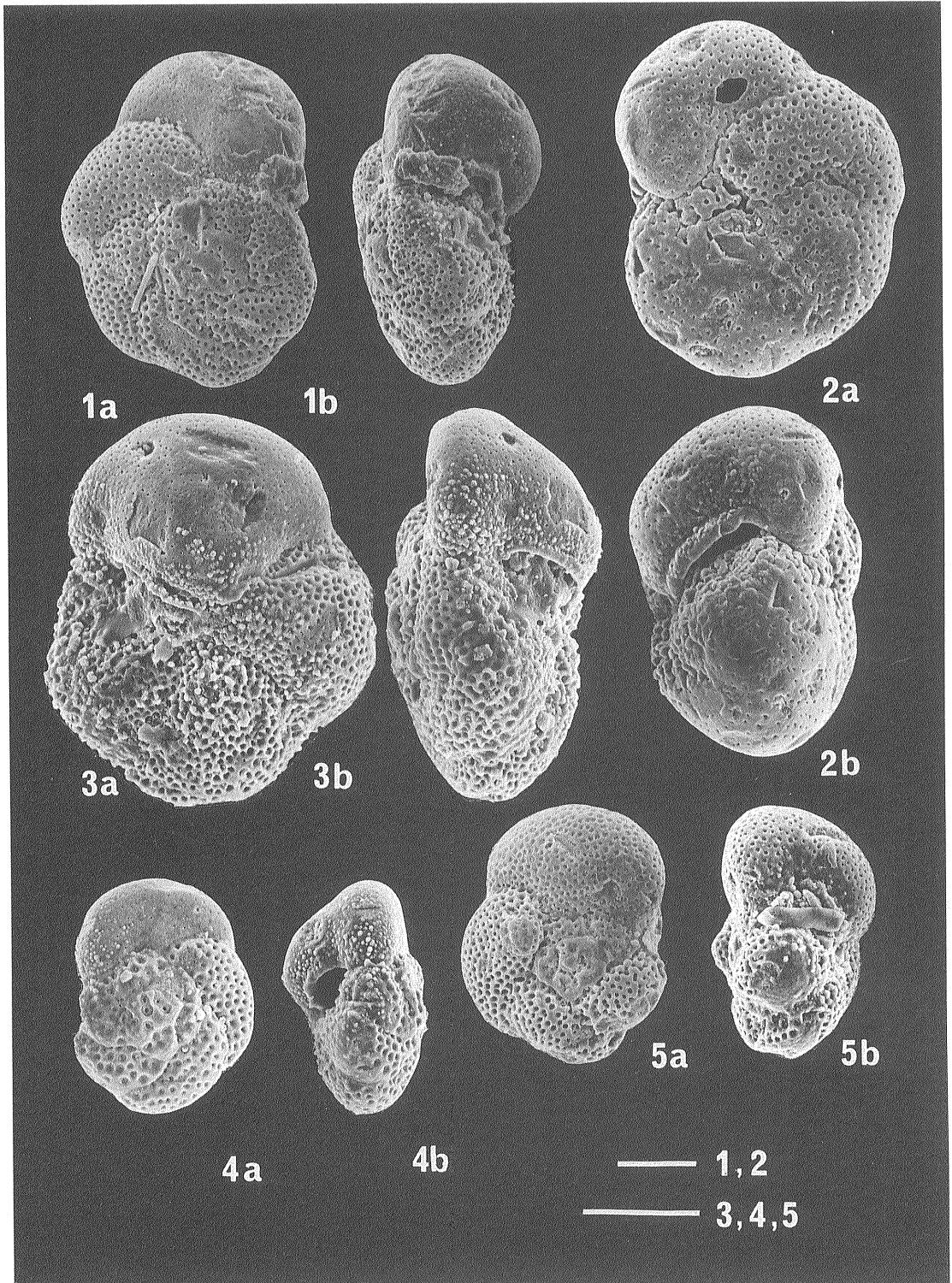


Plate 12 Molluscs and radiolarians

Molluscs (Natural size, unless otherwise stated.)

- 1a, b *Acila (Truncacila) oyamadensis* HIRAYAMA  
[A-1, 680.10-680.30 m, ×2]
- 2 *Turritella* sp.  
[A-1, 624.03-624.36 m, ×1.3]
- 3, 4 *Cyclocardia laxata* (YOKOYAMA)  
[3: A-1, 680.10-680.30 m; 4: A-1, 624.08-624.36 m, ×1.25]
- 5 *Profulvia harrimani* (DALL)  
[A-1, 624.08-624.36 m]
- 6 *Neptunea* sp., indet.  
[A-1, 675.00-675.20 m]

Radiolarians (scale bar = 100 μm)

- 7 *Cyrtocapsella tetrapera* (HAECKEL)  
[A-1, 136.66-136.75 cm]
- 8 *Stichocorys delmontensis* (CAMPBELL & CLARK)  
[A-1, 136.66-136.75 cm]
- 9 *Didymocyrtis laticonus* (RIEDEL)  
[A-1, 100.20-100.35 cm]
- 10 *Lychnocanoma elongata* (VINASSA)  
[A-1, 129.20-129.30 cm]
- 11 *Cyrtocapsella cornuta* (HAECKEL)  
[A-1, 136.66-136.75 cm]
- 12 *Didymocyrtis mammifera* (HAECKEL)  
[A-1, 136.66-136.75 cm]
- 13 *Cyrtocapsella japonica* (NAKASEKO)  
[A-1, 136.66-136.75 cm]



