

## 本邦新生界最上部における 石灰質ナノプランクトン化石の分布について

高山 俊 昭

### 緒 言

アメリカ合衆国の深海掘削計画 (Deep Sea Drilling Project—通称 DSDP) の実施にあたって, 大洋の深海底よりコアを採集している深海掘削船グロマー・チャレンジャー号 (Glomar Challenger) には, 常時 3 人の微古生物学者が乗船している。彼等はそれぞれ浮遊性有孔虫, 放散虫, および石灰質ナノプランクトン化石の専門家で, 採集されたコアに含まれる微化石をおのおのの専門分野から検討し, 船上でたちどころにその地質時代を決定してしまふ。このように現在では石灰質ナノプランクトン化石も, 浮遊性有孔虫化石や放散虫化石とならんで地層の時代決定や対比に重要な役割を果たしている。

石灰質ナノプランクトン化石の層位学的有用性は, すでに 1954 年 BRAMLETTE and RIEDEL によって指摘されたが, その後の数多くの研究により, その有用性がまず中生層および古第三紀層において立証された (STRADNER, 1959; BRAMLETTE and SULLIVAN, 1961; STRADNER and PAPP, 1961; STRADNER, 1963; BRAMLETTE and MARTINI, 1964)。いっぽう上部新生界に関する化石層位学的研究は, ERICSON *et al.* (1963) がディスコアスターの絶滅によっていわゆる鮮新統一更新統境界を決定したのを手始めとし, HAY *et al.* (1967), BRAMLETTE and WILCOXON (1967), GARTNER (1969), MARTINI and WORSLEY (1970), MARTINI (1971), BUKRY (1971) らによって行なわれ, 現在では上部新生界にも, 浮遊性有孔虫化石帯にまさるとも劣らない精密な石灰質ナノプランクトン化石帯が設定されている。

筆者は石灰質ナノプランクトン化石の層位学的有用性を我国においても立証するため, 数年にわたって, 本邦新生界最上部の石灰質ナノプランクトン化石群集の時代的変遷を検討してきた。筆者は得

られた結果を Lamont Core V21-98 中の群集変化と比較検討し, 共産する 2, 3 の浮遊性有孔虫化石にも着目して, 本邦新生界最上部に石灰質ナノプランクトン化石帯を設定するとともに, 地層の対比を行なった。筆者は本論においてその成果のあらましを紹介し\*; 本邦における鮮新—更新両統の境界に関する筆者の見解を述べ, あわせて今後の研究の見通しについて触れたい。

### 石灰質ナノプランクトン化石と その層位学的有用性

ナノプランクトン (nannoplankton, nanoplankton)\*\* とは, プランクトンネットで採集することの出来る小型プランクトン (microplankton) に対し, 沈澱, 遠心分離, あるいは濾過によってはじめて採集することの出来る微細なプランクトンの総称で, LOHMANN (1909) の分類による。本論で扱うのは, そのうちでも体表に微小な石灰質の小盤を付着している一群の生物で, これを石灰質ナノプランクトン (calcareous nannoplankton) とよぶ。石灰質ナノプランクトンの大部分を占めるものは, ココリトフォリッド (coccolithophorids) といわれる微小な単細胞の藻類である。細胞 (cell) は通常球形または卵形で, その直径は  $60\mu$  をこえることはない。細胞内に 2 個の黄褐色の色素体 (chromatophores) (WEBER-VAN BOSSE, 1901) と 1 個の核 (nucleus) をもち (OSTENFELD, 1900), 細胞の一端には, 2 本の等長の鞭毛 (flagella) と螺旋状に巻いた 1 本のハプトネマ (haptonema) が付着している (PARKE and ADAMS, 1960)。細胞はその外側を透明層 (hyaline layer) によっておおわれており, ここに plate scale (PARKE and ADAMS, 1960; PARKE, 1961; GREEN and GENNINGS, 1960), 石灰質小盤および skin (MA-

\* 1972 年 4 月 6 日, 日本地質学会第 79 年総会討論会において講演。

\*\* 東北大学理学部地質学古生物学教室

\* 研究成果の詳細は別に発表の予定である。

\*\* ナノ (nanno-, nano-) とはギリシア語の νάνος に由来し, 矮小の意。

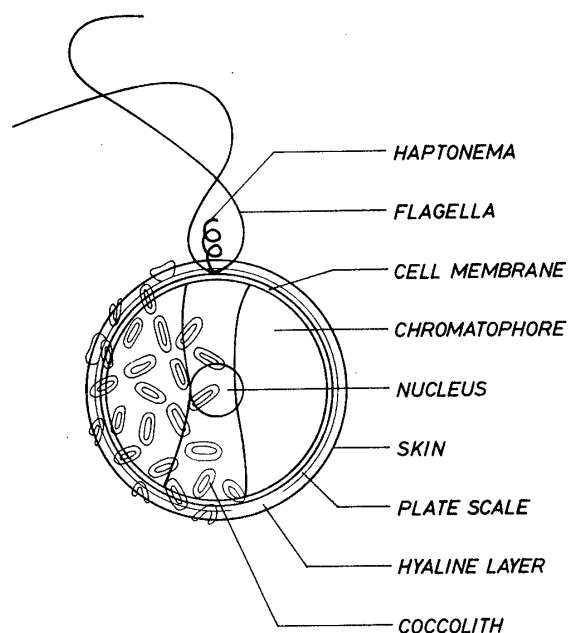


Fig. 1. Morphology of Recent coccolithophorids.  
ココリトフォリッドの形態

NTON and LEEDALE, 1963) が見られる。石灰質小盤はココリス (coccolith) とよばれ (HUXLEY, in DAYMAN, 1858), 多数のココリスが集って1個の球状をなしているものをココスフェア (coccosphere) という (WALLICH, 1860)。ココリスは微小な方解石の結晶が集って出来ているが、まれにアラレ石やヴァテライトにかかわっているものがある (WILBUR and WATABE, 1963)。ココリスは細胞内で1個1個生成され (WILBUR and WATABE, 1963), その形態は円盤、楕円盤、あるいはトランペット状の突起をもつものなど様々である。その大きさも $1\mu$ 以下から $20\mu$ をこすものまで知られている (Fig. 1)。

ココリトフォリッドは寒冷な北極海や南極海をのぞくすべての大洋の多光帯 (euphotic zone) に棲息し、日光エネルギーを用いて光合成を営み、海の第1次生産者として物質生産に多大の貢献をしている。ココリトフォリッドのうちには従属栄養や腐生植物性栄養を営むものや、珪藻と共生関係にあるものなどが報告されているが、いずれも特殊な例である (BERNARD, 1948; LOHMANN, 1912)。また汽水や淡水に棲息するココリトフォリッドも知られているが (*Hymenomonas roseola* など), その数はきわめて少ない (KAMPTNER, 1930)。大洋におけるココリトフォリッドの生長は、光、水温、塩分濃度、および海

水中の有機化合物によって左右され、その地理的分布は、最終的に海流によって決定される (McINTYRE and BÉ, 1967; OKADA and HONJO, 1970; 岡田, 1970; McINTYRE *et al.*, 1970; GAARDER, 1971)。

ココリトフォリッドの生活史は、*Crystallolithus hyalinus*, *Emiliania huxleyi* など2, 3の種で明らかにされているにすぎず, (PARKE and ADAMS, 1960; BRAARUD, 1963), 興味あるその詳細ははまだ謎に包まれたままである。

ココリトフォリッドが死ぬと細胞は分解し、おのおののココリスは1個1個バラバラになって海洋底に沈積し、化石として保存され、石灰質堆積物の形成に重要な役割を果たす。

ココリトフォリッドは、従来動物学者から原生動物として、また植物学者から藻類として扱われてきたが、現在では光合成を営み、鞭毛の他にハプトネマをもつことから、ハプト藻綱 (Haptophyceae) の円石藻類 (Coccolithophorineae) として分類される (CHRISTENSEN, 1962; PARKE and DIXON, 1964)\*。いっぽう第三紀層より産出するディスコアスター (discoaster) や、中生層に特徴的なナンノコーヌス (nannoconids) 等の特異な化石は、すでに絶滅してしまってその分類学上の位置が不明であるが、ココリトフォリッドと共産することから、やはり同様の植物性プランクトンの遺骸と考えて石灰質ナンノプランクトン化石に一括して論じる。

石灰質ナンノプランクトンは、海洋の表層に浮遊して汎世界的に分布する。化石は非常に微細で、かつ堆積物中に膨大量含まれているので、試料中の種の存否を決定することが容易で、しかも確実である。また石灰質ナンノプランクトンの多くの種は、ジュラ紀以降の地質時代を通じて急速な進化をとげた。このような特質により、石灰質ナンノプランクトン化石を地層の時代決定と対比のための有効な示準化石として用いることが出来る。

#### 研究 方 法

本論中に扱った試料は次の通りである (Fig. 2)。

フィリッピン海—Lamont Core V21-98  
奄美群島喜界島—早町層  
南四国—登層

\* 現在でもココリトフォリッドを黄色鞭毛藻綱 (Chrysophyceae) として分類する研究者も多い。

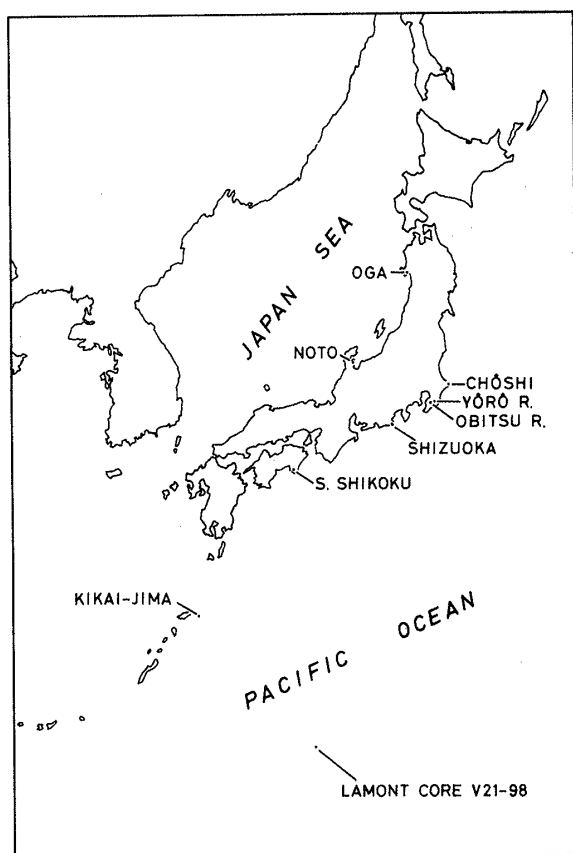


Fig. 2. Map showing the locations of the Lamont Core V21-98 and the area treated.  
調査地域の概略図。

静岡地方—相良層, 堀之内層, および土方層  
 銚子地域—名洗層, 春日層, 小浜層, 横根層,  
 倉橋層, および豊里層  
 房総半島—安野層, および上総層群  
 男鹿半島—北浦層, および脇本層  
 能登半島—藪田層

なお, 鮮新統一更新統境界を論じるため, 南イタリアの模式地 *le Castella* および *Santa Maria di Cantanzaro* 両地域の Pliocene medio, Pliocene superiore, および Calabrian の試料をあわせて考察した。

石灰質ナノプランクトン化石は, あらかじめ光学顕微鏡を用いて予察的な考察を行なった後, 電子顕微鏡を用いてその群集組成の詳細な解析を行なった。また産出する浮遊性有孔虫化石のうち, 層準の決定にとくに役立つと思われる *Globorotalia tosaensis*, *Globorotalia truncatulinoides*, *Globigerinoides*

*des quadrilobatus fistulosus* の産出と, *Pulleniatina obliquiloculata* complex, および *Globorotalia menardii* complex の殻の巻き方向を直接顕微鏡下で, あるいは文献の上で考察した。

## 石灰質ナノプランクトン化石群集と

### 2, 3 の浮遊性有孔虫化石

#### Lamont Core V21-98

Lamont Core V21-98 は, コロンビア大学ラモント・ドハティ地質研究所の調査船ヴィーマ号 (*Vema*) によって, フィリピン海の北緯  $23^{\circ}06'$ , 東経  $134^{\circ}26'$  より採集された。採集地点は九州—マリアナ海嶺の1支脈の頂部で, 水深は2134mである。採集されたコアは全長517cmで, グロビゲリナ軟泥よりなる。

本コア中に産出する石灰質ナノプランクトン化石21属32種の層位的分布を Fig. 3 に示す。おもな群集変化は次の通りである。コアの頂部より380cmの層準で *Reticulofenestra pseudoumbilica* が絶滅する。また *Cyclolithus*? sp. と *Coccolithus pelagicus* は240cmで, ディスコアスターは210cmでそれぞれ絶滅する。*Pseudoemiliania lacunosa* は360cmに出現し, 60cmで絶滅する。いっぽう *Gephyrocapsa aperta* は280cmに, *Gephyrocapsa oceanica* は240cmに, *Umbellosphaera irregularis* は40cmにおおの出現する。*Emiliania huxleyi* は本コアの表層のみに産出する。なお光学顕微鏡で観察した結果, *Pseudoemiliania lacunosa* は480cmにすでに出現し, *Sphenolithus abies* は440cmで絶滅していることが明らかになった (Fig. 4)。

本コアより産出するディスコアスターの層位的群集変化の詳細はすでに報告したが (TAKAYAMA, 1969), その概略は次の通りである。ディスコアスターの産出個体数は, コアの頂部より240cmの層準から上位へ徐々に減少し, 210cmで絶滅する。470cmで *Discoaster challengerii* が, 430cmで *Discoaster variabilis* が, 280cmで *Discoaster surculus*, *Discoaster pentaradiatus* および5放射状 (5-rayed) *Discoaster brouweri*\* が, 250cmで4放射状 *Discoaster brouweri* がそれぞれ消滅する。なお270cmより210cmに

\* 筆者の5放射状 *Discoaster brouweri* の大部分は, GARTNER (1969) の *Discoaster asymmetricus* に同定されると思われる (Fig. 5)。

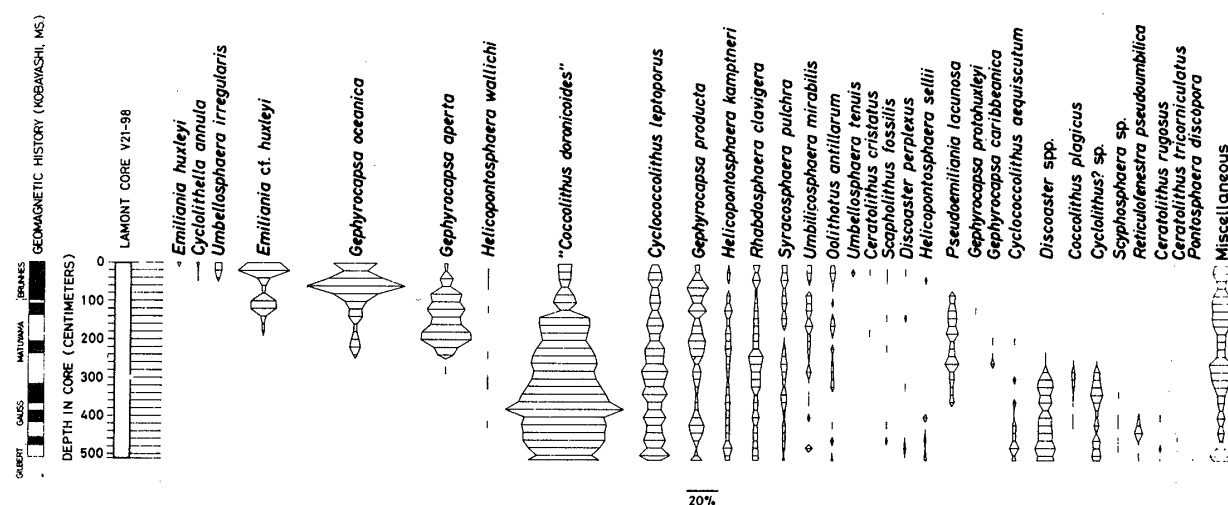


Fig. 3. Relative frequencies of the calcareous nannoplankton in the Lamont Core V21-98.  
Lamont Core V21-98 の石灰質ナンノプランクトン化石.

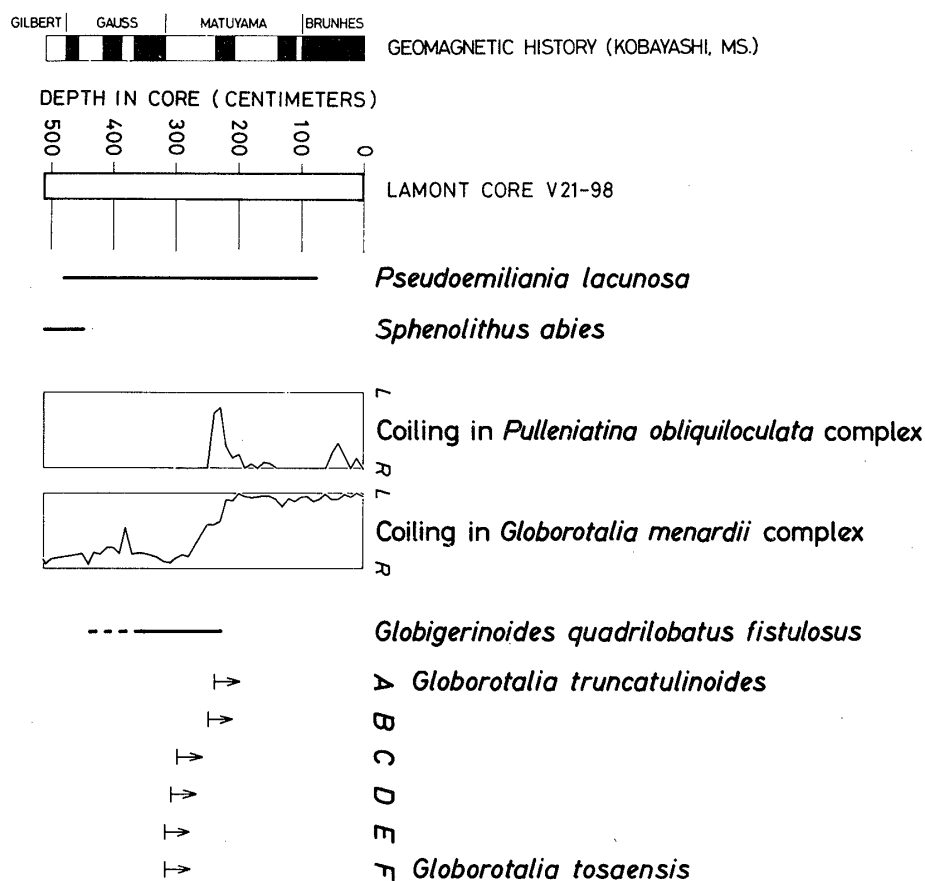


Fig. 4. Selected calcareous nannoplankton and foraminiferal species in the Lamont Core V21-98.  
Lamont Core V21-98 の 2, 3 の石灰質ナンノプランクトン化石と浮遊性有孔虫化石.

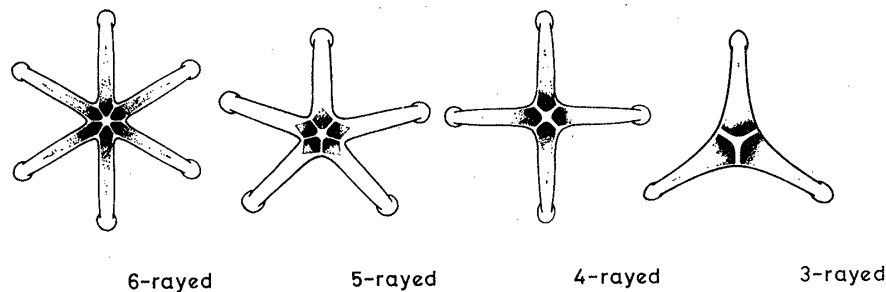


Fig. 5. Six-, five-, four- and three-rayed *Discoaster brouweri*.  
6-, 5-, 4-, 3 放射状 *Discoaster brouweri*.

いたる層準では、特徴的な 3 放射状 *Discoaster brouweri* (*Discoaster brouweri trithallus*) が優勢である (Fig. 5).

本コア中の浮遊性有孔虫化石についてはすでに詳細な報告があるが (氏家・三浦, 1970; UJIE and MIURA, 1971), 筆者は独自に 2, 3 の種につき検討し, 次の結果を得た. *Pulleniatina obliquiloculata* complex は 240cm で殻の巻き方が右巻き優占から左巻き優占に変化し, さらに 210cm で左巻き優占から右巻き優占に変化する. *Globorotalia menardii* complex の殻は 210cm で左巻き優占となる. *Globigerinoides quadrilobatus fistulosus* は 440cm で出現し, 220cm で絶滅する. *Globorotalia tosaensis* は 320cm に, また *Globorotalia truncatulinoides* は 250cm に出現する\* (Fig. 4).

#### 喜界島

奄美群島中の 1 島, 喜界島に発達する新生界の層序については中川 (1969) が, また産出する浮遊性有孔虫化石については HUANG (1966) が研究を行な

った. 筆者が取り扱った早町層の試料は, 中川が採集し, HUANG が有孔虫化石の研究を行なったものと同じ試料である.

早町層より産出する石灰質ナノプランクトン化石は 15 属 24 種で, その主な層位的分布は次の通りである. *Pseudoemiliania lacunosa* は本層の全層準に産出する. *Gephyrocapsa oceanica* は本層の中部に出現する. *Ceratolithus rugosus* は本層の下部に, また *Ceratolithus cristatus* は本層の上部に産出する. ディスコアスターは本層の下半部だけに多産し, 上半部からの産出はきわめて少ない. その群集構成は, *Discoaster brouweri* と *Discoaster pentaradiatus* が卓越するが, 本層の中部ではとくに 3 放射状 *Discoaster brouweri* が多い.

浮遊性有孔虫化石は, 筆者の検討によると次の通りである. *Pulleniatina obliquiloculata* complex が本層の中部で右巻き優勢から左巻き優勢に変化する. 本層の基底部に *Globorotalia tosaensis* が, また本層の最上部に *Globorotalia truncatulinoides* が出現する. また *Globigerinoides quadrilobatus fistulosus* は本層の全層準に出現する.

#### 南 四 国

高知県室戸市の土佐湾沿岸に分布する登層については, 甲藤ら (1953) により層位学的微古生物学的研究が, また TAKAYANAGI and SAITO (1962) により浮遊性有孔虫化石の研究が行なわれた. とくに本層は, 浮遊性有孔虫化石 *Globorotalia tosaensis* が記載された地層として名高い. 筆者は室戸市登の東約 100m にある, かつて *Globorotalia tosaensis* が記載された同じ石切場の試料を検討した.

\* *Globorotalia truncatulinoides* とその祖先型の *Globorotalia tosaensis* は, whorl における chamber の数, axial periphery と spiral side の形, keel または keel 状の thickening の存否によって識別される (TAKAYANAGI and SAITO, 1962; PARKER, 1967; POSTUMA, 1971). しかしながら両種の間には種々の形態的な変異が認められ, その識別は研究者によってまちまちである. 筆者は *Globorotalia tosaensis*—*Globorotalia truncatulinoides* 種群間に, Fig. 6 に示すような種々の形態変異を認めた. 筆者は両種の識別にあたって, PARKER (1967) の考えと同様, periphery 全体に keel が明瞭に識別出来る A, B を *Globorotalia truncatulinoides* に, 残りの C, D, E, F を *Globorotalia tosaensis* と同定した.

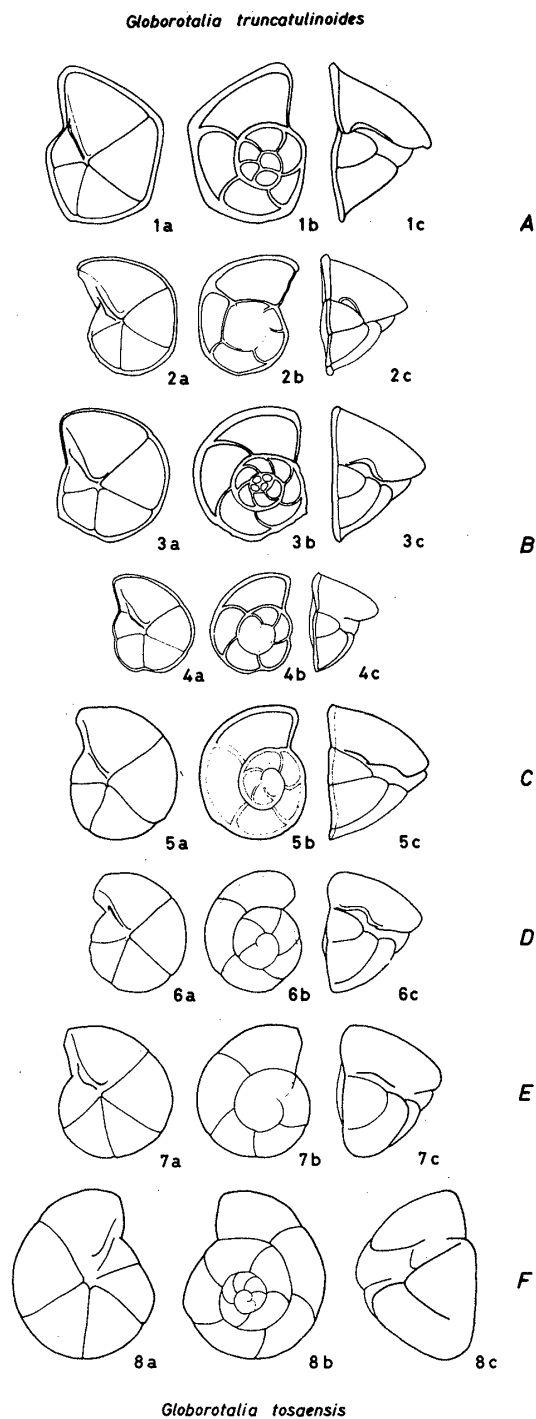


Fig. 6. Morphologic variation in the *Globorotalia tosaensis*-*Globorotalia truncatulinoides*. *Globorotalia tosaensis*-*Globorotalia truncatulinoides* の形態変異.

採集した 9 試料中に, 12 属 18 種の石灰質ナンノプランクトン化石を識別した. *Pseudoemiliania lacunosa* は全試料中に発見されるが, *Gephyrocapsa oceanica* は本層より産出しない. ディスコアスターは 5 種が確認されるが, *Discoaster brouweri* と *Discoaster pentaradiatus* が優勢である (TAKAYAMA, 1969).

本層の浮遊性有孔虫化石は TAKAYANAGI and SAITO (1962) の報告に詳しいが, それによると, *Pulleniatina obliquiloculata* complex は右巻き殻が優勢である.

#### 静岡地域

静岡県相良, 掛川地方に発達する新第三系の層序と浮遊性有孔虫化石については, すでに斎藤 (1960) の研究があるが, 最近尾田 (1971), 両角 (1972), および加藤 (1972MS) の研究によって, さらにその詳細が明らかになった. 筆者は尾田, および加藤の取り扱った試料中の石灰質ナンノプランクトン化石を検討し, 9 属 15 種の産出を確認した. そのうちとくに注目すべきは, 堀之内層下部において *Sphenolithus abies* が絶滅し, かわりに *Pseudoemiliania lacunosa* が出現すること, およびディスコアスターがその個体数と種数を徐々に減じ, 堀之内層上部, ないし土方層下部においてほぼ絶滅することである. ただしディスコアスターの産出個体数は一般に少なく, したがってその絶滅の層準を明確に指摘するのは困難である.

尾田 (1971), 両角 (1972), および加藤 (1972MS) による浮遊性有孔虫化石の研究によると, *Globorotalia tosaensis* は堀之内層中部に, また *Globorotalia truncatulinoides* は土方層基底部に出現し, *Pulleniatina obliquiloculata* complex は相良層上部で右巻き, 堀之内層上部で左巻き, 土方層で右巻きが優勢である.

#### 南関東

千葉県銚子地域に発達する新第三系および第四系の層序と有孔虫化石については, MATOBA (1967) の詳細な研究がある. 産出する石灰質ナンノプランクトン化石については, すでに筆者が光学顕微鏡を用いて予察的な研究を行なった (TAKAYAMA, 1967). 酒井ら (1970) は当地域の層序の再検討と古地磁気層序を明らかにするとともに, 従来の飯岡層を下位より春日層, 小浜層, 横根層, 倉橋層に細分した. 筆者は本論においてこの見解に従った. 筆者が考察の

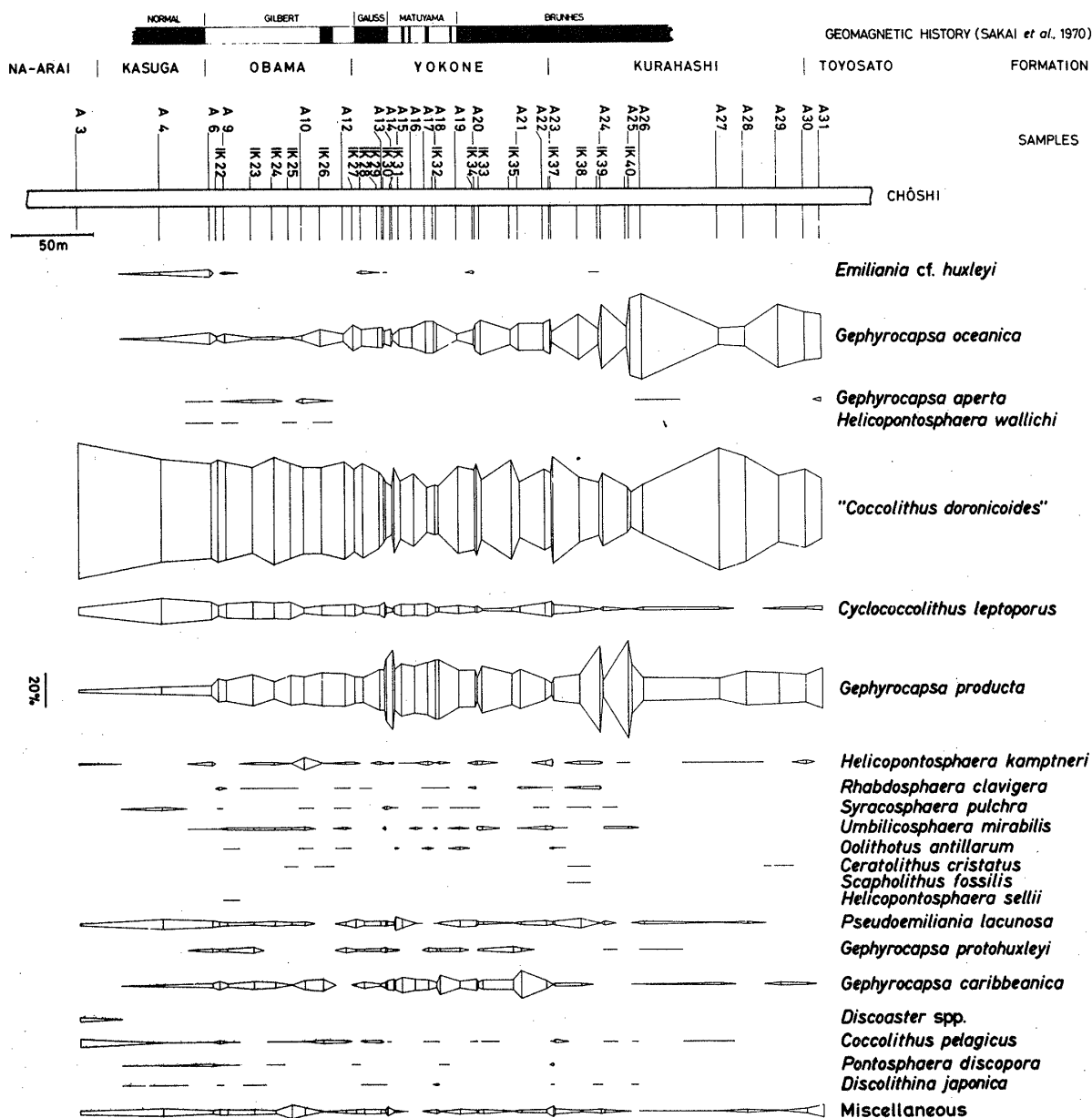


Fig. 7. Relative frequencies of the calcareous nannoplankton in the section at the Choshi area.  
銚子地域の石灰質ナノプランクトン化石.

対象としたのは、MATOBA (1967) および酒井ら (1970) によって研究された、計43個の試料である。

本地域の新生界は、保存の良い石灰質ナノプランクトン化石を多産する。電子顕微鏡下で同定した石灰質ナノプランクトン化石は、14属21種に達する。その群集の層位的分布をFig. 7に示す。図より明らかなように、試料 A-4 に *Gephyrocapsa caribbe-*

*anica* と *Gephyrocapsa oceanica* が出現する。 *Pseudoemiliania lacunosa* は A-29 にて絶滅する。ディスクオアスターは A-3 に豊産するのみで (Fig. 8), それより上位の地層からの産出はきわめて稀である。稀に産出するものもいちじるしく破損されており、再堆積の可能性が強い。

MATOBA (1967) によると、*Pulleniatina obliqui-*

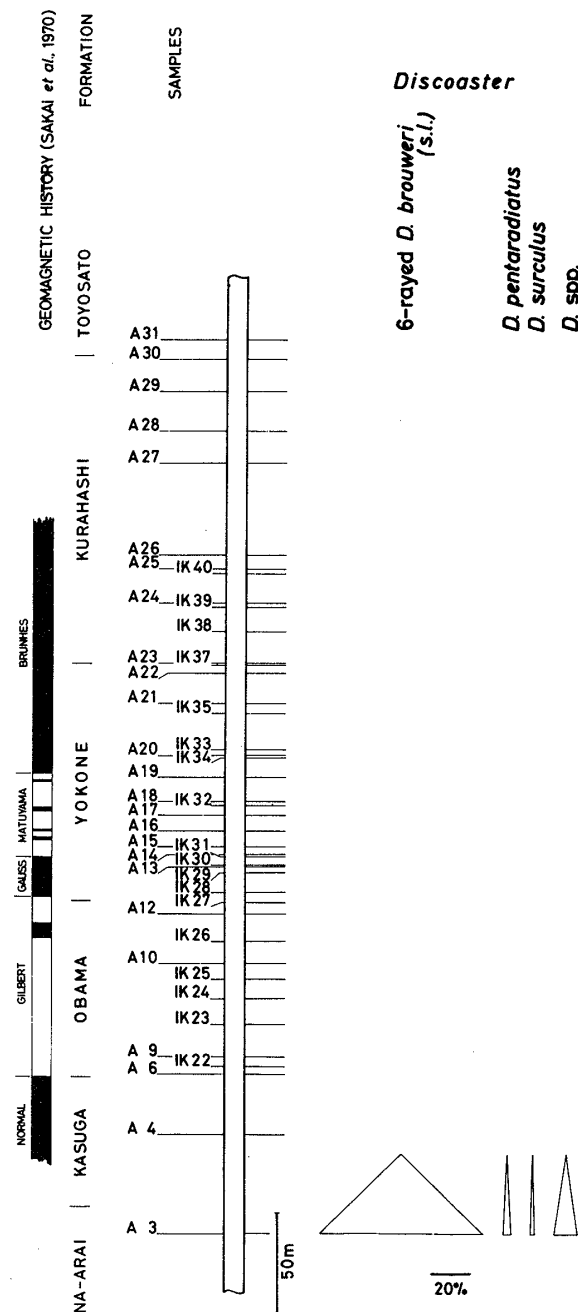


Fig. 8. Relative frequencies of discoasters in the section at the Choshi area (*Discoaster perplexus* excluded). 銚子地域のディスコアスター (*Discoaster perplexus* を除く).

*loculata* complex は名洗層で右巻き, 春日層で左巻きが優占し, 春日層と小浜層の境界付近で, 左巻き優占より右巻き優占に転ずる. また倉橋層は, 左巻きの *Globigerina pachyderma* の豊産により特徴づけられる. 筆者自身の検討によると, *Globorotalia tosaensis* は名洗層中に, また *Globorotalia truncatulinoides* は春日層中に出現する.

酒井ら (1970) によって報告された本地域の古地磁気層序と地層との対応を, Fig. 7, Fig. 8 および Fig. 9 に示した. これによると, “Olduvai” event は横根層下部に相当する.

房総半島中央部には整合一連の第三系および第四系が広く分布し, 従来より層位学的, 古生物学的研究が精力的に行なわれてきた. とくに夷隅川, 養老川, および小櫃川流域は良好な露頭が発達し連続したセクションが得られるため, 微古生物学的研究に好適である. 養老川流域に発達する上総層群の浮遊性有孔虫化石に関しては, 房総研究グループ (1957), 房総三浦研究グループ (1958), AOKI (1963) および青木 (1964) の研究があるが, なかでも本地域の鮮新—更新両統の境界に関して, 浅野らによる一連の研究が学界に大きな問題を提起したことは, いまだ記憶に新しい.

養老川流域の上総層群と銚子地域の上部新生界は, 浮遊性有孔虫化石により次のように対比される. *Pulleniatina obliquiloculata* complex の殻の左巻き優占から右巻き優占へ急変する層準は, 養老川流域の黄和田層中部の, 三梨ら (1959, 1961) による火砕鍵層 Kd 38 付近の層準に認められるので, 黄和田層中部は小浜層基底部に対比される. また養老川流域の長南層は, 左巻きの *Globigerina pachyderma* が優占することから, 倉橋層上部に対比される (Fig. 9).

養老川流域の安野層からは, *Sphenolithus abies* の産出が確認された. また本地域における *Globorotalia tosaensis*—*Globorotalia truncatulinoides* の産出状況は, Fig. 9 の通りである. 養老川流域において中川ら (1969) によって明らかにされた古地磁気層序の結果を, Fig. 9 に示す. これによると, Gilsa あるいは Olduvai event は, 現在鮮新—更新両統の境界とされている梅ヶ瀬層中の火砕鍵層 U 6 の層準に相当する.

養老川流域, および小櫃川流域の上総層群は, *Pulleniatina obliquiloculata* complex および *Globige-*



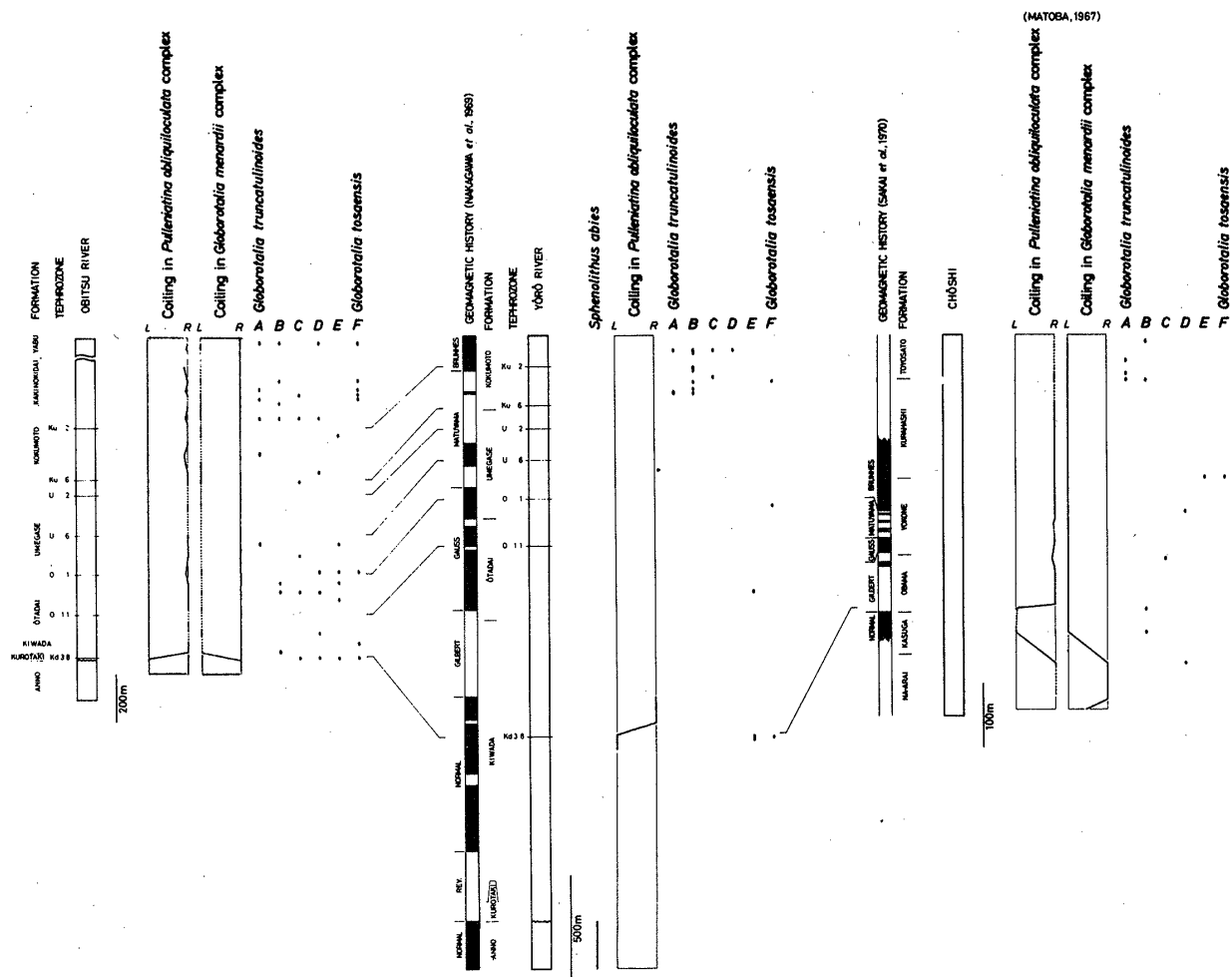


Fig. 9. Selected calcareous nannoplankton and foraminiferal species in sections at the Choshi, Yoro River and Obitsu River areas.  
銚子, 養老川, 小櫃川地域の2, 3の石灰質ナンノプランクトン化石と浮遊性有孔虫化石。

*rina pachyderma* の殻の巻き方の変化と地層中に夾在する火砕鍵層の追跡によって, Fig. 9 のように対比される。小櫃川流域の上総層群中の浮遊性有孔虫化石については, すでに筆者が明らかにしたが (TAKAYAMA, 1967), それによると, *Pulleniatina obliquiloculata* complex と *Globorotalia menardii* complex の殻の巻き方の変化は黒滝層中の Kd38 の層準に, また *Globigerina pachyderma* 左巻き優勢の層準は柿木台層上部に認められる。小櫃川ルートにおける *Globorotalia tosaensis*—*Globorotalia truncatulinoides* の産出状況は, Fig. 9 に示す通りである。

#### 分帯と対比の試み

MARTINI (1971), BUKRY (1971) らは, 石灰質ナンノプランクトン化石を用いて新生界の分帯を行なった。筆者はこれらの化石帯を, ほぼそのままの形で本邦の新生界にも適用することが決して不可能ではないと考える。しかしながら筆者はこれらの化石帯とは別に, 石灰質ナンノプランクトン化石ばかりでなく, 共産する浮遊性有孔虫化石をも併せ考察し, 本邦の新生界により適切な石灰質ナンノプランクトン化石帯を設定することを試みた。

Lamont Core V21-98 は, 熱帯と温帯の中間域の,

しかも地理的に我国に近い位置より採集されたものである。またコア中の石灰質ナノプランクトン化石群集の層位的変化も、従来世界各地で報告されたものとよく一致する。そのため筆者はこのコアを、我国の化石層序を立てる上で、一つの標準として役立てることが出来ると考えた。筆者は前節でその概略を述べた Lamont Core V21-98, および本邦の上部新生界に産する石灰質ナノプランクトン化石群集と、2, 3の浮遊性有孔虫化石の層位的変化を詳細に比較検討し、本邦の最上部新生界に、下位より上位へ次のような datum を設定することが妥当であると考えた。

**datum 1:** *Pseudoemiliania lacunosa* 出現の層準。

**datum 2:** *Sphenolithus abies* 絶滅の層準。

**datum 3:** *Globorotalia tosaensis* 出現の層準。

**datum 4:** *Globorotalia truncatulinoides* が出現し、*Pulleniatina obliquiloculata* complex が右巻き優占より左巻き優占に変化する層準。

**datum 5:** *Gephyrocapsa oceanica* が出現する層準。

**datum 6:** ディスコアスターが絶滅し、*Pulleniatina obliquiloculata* complex が左巻き優占より右巻き優占に、また *Globorotalia menardii* complex が左巻き優占に変化する層準。

**datum 7:** *Pseudoemiliania lacunosa* 絶滅の層準。

**datum 8:** *Umbellosphaera irregularis* 出現の層準。

**datum 9:** *Emiliania huxleyi* 出現の層準。

このうち datum 6 は、ERICSON *et al.* (1963) による鮮新—更新両統の境界である。ディスコアスターは徐々に個体数を減じて絶滅するので、その絶滅の層準は、とくに地表のセクションでは認めがたいことが多い。しかしながら幸いなことに、本層準は共産する浮遊性有孔虫 *Pulleniatina obliquiloculata* complex の殻の巻き方の変化する層準としてとらえることが出来る。

これらの datum をもとに、本邦の最上部新生界に、下位より上位へ下記のような石灰質ナノプランクトン化石帯を設定する。

***Reticulofenestra pseudumbilica* 帯**

***Sphenolithus abies* 帯**

***Discoaster brouweri brouweri* 帯**

***Discoaster brouweri trithallus* 帯**

***Pseudoemiliania lacunosa* 帯**

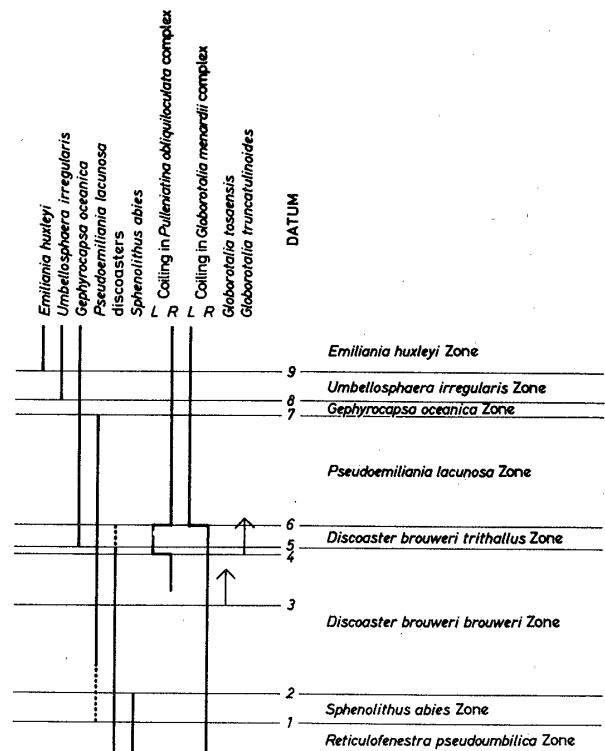


Fig. 10 The calcareous nannoplankton zones.  
石灰質ナノプランクトン化石帯。

***Gephyrocapsa oceanica* 帯**

***Umbellosphaera irregularis* 帯**

***Emiliania huxleyi* 帯**

これら datum と化石帯の関係を Fig. 10 に示す。

これらの datum は、すでに概略を記した本邦新生界最上部の地層中に、下記のように確認される。datum 1 は静岡地域の堀之内層基底部、および房総半島中央部の黒滝不整合に認められる。datum 2 は堀之内層下部に、また datum 3 は堀之内層中部、喜界島の早町層基底部、および銚子地域の名洗層基底部に追跡される。datum 4 は早町層中部、堀之内層上部、および銚子地域の春日層基底部に、また datum 5 は早町層上部、堀之内層上部と春日層中部に見出される。datum 6 はディスコアスター絶滅の層準であるが、我国の陸上堆積物では *Pulleniatina obliquiloculata* complex の殻の巻き方の急変する層準として追跡する方が容易であり、静岡地域では土方層基底部、房総半島中央部では黒滝層下部（小櫃川

## 本邦新生界最上部における石灰質ナンノプランクトン化石の分布について

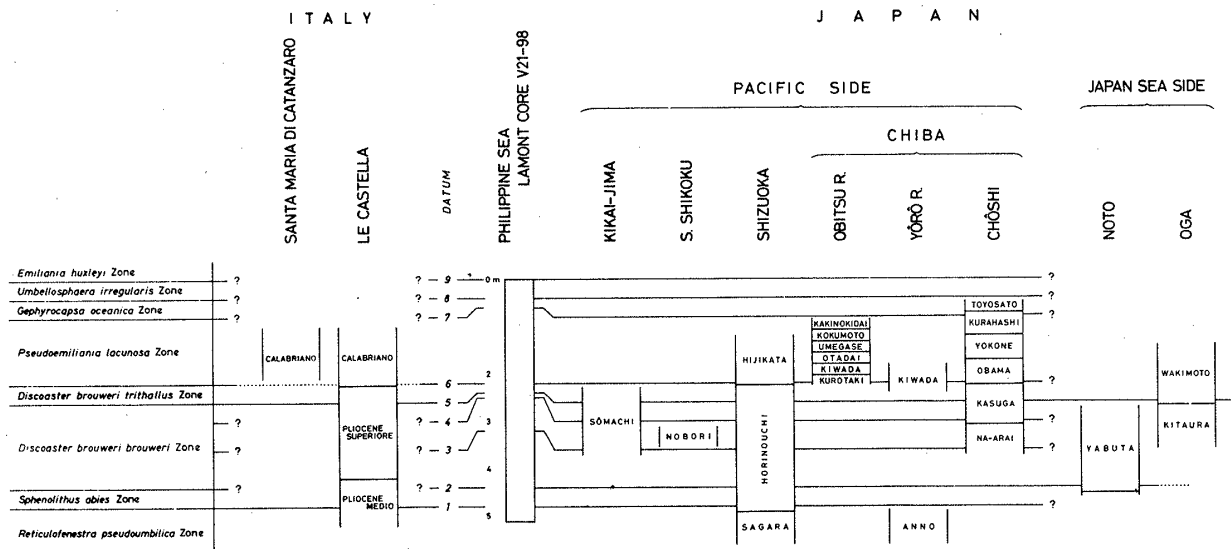


Fig. 11. Biostratigraphic correlation in terms of the calcareous nannoplankton zones.  
石灰質ナンノプランクトン化石による対比.

ート), ないし黄和田層中部(養老川—夷隅川ルート) — いずれも火砕鍵層 Kd 38 の層準 —, また銚子地域では小浜層下部に認められる. datum 7 は銚子地域の倉橋層上部に引くことが出来る. datum 8 および datum 9 は, 考察したセクションでは認めることが出来なかった.

本邦太平洋岸各地の最上部新生界を, これらの化石帯にあてはめて対比すると Fig. 11 のようになる.

#### 北方型群集による時代決定と対比の可能性

裏日本の上部新生界産石灰質ナンノプランクトン化石群集は, 西田 (1971) および内尾 (1971, 1972\*) によって明らかにされた. とくに西田の数年にわたる研究は, 裏日本の石灰質ナンノプランクトン化石群集の地史的変遷を解明した点で評価されるが, その精力的な研究にもかかわらず, 地層の時代決定と対比という点では必ずしも成功しているとはいえない. その原因の一つは, 産出する石灰質ナンノプランクトン化石の種数が少なく, 群集構成が単調で, 時代決定に有力な鍵となる示準化石が発見されないためである.

現生ココリトフォリッドの地理的分布をみると, 低緯度地域では種数が多く, 群集構成は多様である

が, 逆に高緯度地域では種数が少なく単調である (McINTYRE and BÉ, 1967; McINTYRE *et al.*, 1970). 1 例をあげれば, 太平洋赤道地域に棲息する種は 34 種を数えるが, 亜南極帯地域に棲息するのは僅か 5 種にすぎず, しかもそのうちの 4 種もその産出は稀である (HASLE, 1960).

西田によって明らかにされた裏日本上部新生界の単調な化石群集は, 高緯度地域の冷水塊中に棲息するココリトフォリッド群集の特徴をそのまま示して

\*昭和 47 年 5 月 12 日, 石油技術協会第 37 回総会シンポジウムにて講演.

内尾は, 裏日本の“鮮新統”が *Coccolithus pelagicus* と *Braarudosphaera bigelowi* の共産によって特徴づけられるとし, この地域の“鮮新統”に対して, *Coccolithus pelagicus*—*Braarudosphaera bigelowi* 共存帯を提唱した. しかしながら *Coccolithus pelagicus* は寒海棲種として代表的なものであり (McINTYRE and BÉ, 1967; McINTYRE *et al.*, 1970 など), *Braarudosphaera bigelowi* は浅海に豊産する種として知られ (MARTINI, 1967; TAKAYAMA, 1972), ともに中生層より現世堆積物にまでその産出が報告されている. したがってこれら両種の共産によって, その地層を鮮新統とすることは出来ない. 内尾が“鮮新統”とした地層が相互に対比されるという根拠は薄弱であり, その地層の一部は更新統の可能性もある. 両種の共産は, むしろこれらの地層が寒冷な浅海域に堆積したことを示していると考えられる.

いるように考えられる。このような群集は、産出種数のはるかに多い表日本の群集と著しい対照をなし、“北方型群集”とよんで区別することが出来る。西田によって裏日本の各地より報告された化石群集には、2, 3 の例をのぞき、いずれも時代決定の決め手となる種を発見することができない。

しかしながら北方型群集によって地質時代を決定し、対比を行なうことが不可能かという、必ずしもそうだといきれぬふしがある。現在のカリフォルニア沖と同様の寒流系下において堆積したとされる、カリフォルニアのNewport Bayの新第三系産石灰質ナンノプランクトンは、典型的な北方型化石群集の特徴を示す。しかしながらその単調な群集構成にもかかわらず、いくつかの種、たとえば *Catinaster coalitus*, *Discoaster adamanteus*, *Discoaster bollii*, *Discoaster deflandrei*, *Discoaster exilis*, *Discoaster kugleri*, *Lithostromation perdurum*, *Sphenolithus abies*, *Sphenolithus heteromorphus*などは、時代決定に有用な種として知られているものである(WILCOXON, 1969)。このことから我々もまた北方型群集を詳細に検討することによって、単調な群集の中にも少数ながら時代決定に有用な種を発見することが出来るかもしれない。NISHIDA (1969, 1970) によって報告された能登半島の珪藻土産石灰質ナンノプランクトン化石群集は、その例である。本層からは、数種のディスコアスターと特徴的なココリスの産出が報告されており、これをもとにその地質時代を決定することは、さして困難ではないように思われる\*。

筆者の検討した裏日本の試料は、男鹿半島の脇本層と北浦層、および能登半島の藪田層にすぎない。したがって、残念ながら筆者は、北方型群集の特質と地層の対比について議論をするに足る十分な資料を持ちあわせていない。そのため本論では、ただ問題点の指摘と、将来の研究に対する明るい見通しについて簡単にふれるにとどめる。

裏日本の上部新生界より産出する単調な石灰質ナンノプランクトン化石のうち、*Syracosphaera* sp., *Sphenolithus abies*, *Discolithina japonica*, および *Gephyrocapsa oceanica* は時代決定に鍵を与えるものと考えられ、その出現ないし絶滅の層準は、今後詳しく検討する必要がある。

男鹿半島の北浦層は *Coccolithus pelagicus*, *Heliopontosphaera kamptnerii* を産出し、脇本層は *Co-*

*ccolithus pelagicus*, *Cyclococcolithus leptoporus* の他、*Gephyrocapsa oceanica* を多産する。とくに脇本層基底部に *Gephyrocapsa oceanica* が出現することは、本層が datum 5 より上位に位置する可能性を示している。能登半島に分布する藪田層は、多量の石灰質ナンノプランクトン化石を産出し、全層準で *Braarudosphaera bigelowi* と *Coccolithus pelagicus* が優占する。灘浦地域の脇本層基底において *Sphenolithus abies* が絶滅することから、本層の大部分を datum 2 の上位に置くことが出来る。ただ本層にディスコアスターが見られないことは、本層の位置づけに依然問題を残している。

以上述べた事実は、表日本において追跡出来る 9 datum のうち、datum 2 と datum 5 は裏日本でも認めることが出来ることを暗示している。ただこれをもって、ただちに表日本と裏日本の対比を機械的に行なうことは早計であろう。石灰質ナンノプランクトン化石の古地理学上の問題や、進化学上の問題が併せて考察されねばならないことはいうまでもない。裏日本産石灰質ナンノプランクトン化石の層位学的有用性は、共産する珪藻や放散虫化石の研究によっても吟味されねばならない。現段階では、上に述べた各地層を機械的に対比して、その結果を Fig. 11 に示した。

\*しかしながらこれらの地層中に産出するという、*Cyclococcolithus formosus*, *Discoaster aster*, *Discoaster barbadiensis*, *Discoaster distinctus*, *Discoaster gemmifer*, *Discoaster lodoensis*, *Discoaster saipanensis*, *Discoaster tani* は、いずれも古第三系の示準化石である。従来より新第三系とされている地層中のこのような種の産出を説明するには、下位層よりの混入と再堆積、すでに絶滅したと考えられる種のこの地域での残存、あるいは同定の誤りといった原因を考えねばならない。これらの種が下位層よりの再堆積であるとすれば、古第三紀層の分布を、能登半島およびその周辺に想定しなくてはならない。すでに絶滅した筈の種が、ある特種な地域に生き残っていたという報告はあるが(BURSA, 1965, 1971; BOGDANOV and USHAKOVA, 1967; MCINTYRE and BÉ, 1967), それが実証された例は少ない。いっぽう保存の悪い石灰質ナンノプランクトン化石の場合、同定を誤ること、例えば *Discoaster argutus* を *Discoaster aster* に誤って同定するようなことがあり得るかもしれない。しかし *Discoaster barbadiensis*, *Discoaster lodoensis*, *Discoaster saipanensis* はその特異な形態のために、同定は比較的容易であり、同定の誤りはまず考えられない。能登半島に分布する珪藻土の時代決定と対比を行なうには、まずこれらの地層から古第三系の特徴種が産出する真の原因をつきとめねばならない。

## 石灰質ナンノプランクトン化石からみた

## 本邦の鮮新統一更新統境界

ERICSON *et al.* (1963) は、大西洋、およびインド洋より採集した深海底コアの中に、微化石の変化によって認められる境界を発見し、これを深海堆積物中の鮮新統一更新統の境界とした。ERICSON による微古生物学的境界とは、次のようなものである。

- 1 : ディスコアスターの絶滅。
- 2 : *Globorotalia truncatulinoides* の最初の豊産。
- 3 : *Globorotalia menardii* complex の多様な形態より一様な形態への変化、その殻の平均直径の増大、全群集に対する個体数の減少、および殻の巻き方の右巻き優占から左巻き優占への変化。
- 4 : *Globigerinoides quadrilobatus fistulosus* の絶滅。

ERICSON らが“鮮新—更新”両統の境界決定にあたって、大きなよりどころとしたディスコアスターの絶滅は、その後 WRAY and ELLIS (1965), AKERS (1965), HAY *et al.* (1967), BERGGREN *et al.* (1967), HAYS *et al.* (1969), および TAKAYAMA (1969) によって論じられたが、その結論のいずれもが、ディスコアスターがその絶滅に向って徐々に個体数と種数を減じ、最後まで残存するのは *Discoaster brouweri* であるという点で一致している\*。いっぽう MCINTYRE *et al.* (1967) は、この“鮮新—更新”両統の境界が、*Gephyrocapsa oceanica* の出現と爆発的な豊産により特徴づけられることを明らかにした。ディスコアスターの絶滅に代表されるこのような各種微化石の変化を、ERICSON らは気候の寒冷化に結びつけて解釈したが、RIEDEL *et al.* (1963) は、この群集変化は気候変化に起因する程顕著なものではないと反論し、AKERS (1965), および MCINTYRE *et al.* (1967) は、この層準がネブラスカ氷期とアフトン間氷期の境界に相当すると考えた。

そもそも更新統の下限は、イタリア南部における Calabriano の下限が模式層準と考えられているが、模式地設定に関するこの間の複雑ないきさつについては、中川 (1971) の詳細な紹介があるのでここでは繰り返さない。従来第三系—第四系の境界は、異なった化石を根拠に、異なった地域において論じられ、そのため種々の見解と混乱が生じていた。このよう

な種々の見解を、模式地と対比することによって正すといういくつかの試みも、模式地において有効な示準化石の発見が困難であったために、必ずしも期待した成果を得るに至らなかったのが実情である (HAY and BOUDREAUX, 1968; BANDY, 1969; SAITO, 1969a, b; SMITH, 1969)。しかし近年, GLASS *et al.* (1967), BERGGREN *et al.* (1967), PHILLIPS *et al.* (1968), および HAYS *et al.* (1969) により、北大西洋や赤道太平洋の深海底コアにおけるディスコアスターの絶滅と *Globorotalia truncatulinoides* の出現の時期、および古地磁気層序の“Olduvai” event の密接な関係が明らかにされ、その年代が  $1.79 \times 10^6$  年と測定されたばかりでなく (COX, 1969), BANNER and BLOW (1965), BAYLISS (1969), BANDY and WILCOXON (1970), LAMB and BEARD (1972) により、*Globorotalia tosaensis* より *Globorotalia truncatulinoides* への進化が南イタリアにおける模式地の Calabriano の基底近くで確認され、ディスコアスターの絶滅、および *Globorotalia truncatulinoides* の出現が、鮮新—更新両統の境界の決定に役立つこととなった。

ERICSON *et al.* (1963) によって明らかにされた深海底コア中の微化石の層位的変化は、Lamont Core V21-98 中にも認められ、筆者はこのコアの頂部より 210 cm の層準を、ERICSON らの“鮮新統一更新統”境界とした (TAKAYAMA, 1969)。筆者は石灰質ナンノプランクトン化石をもとに、この“鮮新統一更新統”境界を南イタリアの模式地に対比し、次のような結果を得た。

南イタリアの le Castella 地域におけるセクションでは、Pliocene medio 中部より *Pseudoemiliania*

\* ディスコアスターが現在でも生存していると主張する研究者もいる。BURSA (1965, 1971) は、ディスコアスターをある種の現生双鞭毛藻が分泌する石灰質骨格であると考えている。BOGDANOV and USHAKOVA (1967) は、南緯  $14^{\circ} 13'$  から北緯  $10^{\circ} 31'$  にわたる西経  $140^{\circ}$  線にはぼ沿う太平洋の数地点の表層海水試料中に、数種の、しかもかなり多量のディスコアスターを発見したという。いっぽう BERGGREN *et al.* (1967) は、北大西洋中部の深海底コアにおいて、一度消滅したディスコアスターが更新統中に再出現すると報告している。しかしながら多くの専門家は、これら一連の報告に対して疑問を抱いている。

ディスコアスターのうち、*Discoaster perplexus* が現世堆積物中から報告されている例は多い (BLACK and BERNES, 1961; COHEN, 1964 など)。しかし本種を分類学上ディスコアスターに一括して論ずるには疑問がある。

*lacunosa* が、また Pliocene superiore 最上部より *Gephyrocapsa oceanica* が出現する。ディスコアスターは Pliocene medio より Calabriano にいたる全層準に多産するが、その群集構成を詳細に検討すると、Pliocene superiore では *Discoaster brouweri* が優占し、しかも下部で4放射状の、上部で3放射状の個体が多産する。Calabriano に入ると、明らかに古第三系よりの再堆積とみられる種が優占し、このことからディスコアスターは Pliocene superiore より徐々に個体数を減じ、Calabriano の基底近くで絶滅するようにみえる。したがって本セクションにおいて、datum 1 は Pliocene medio 上部に、そして datum 6 は恐らく Pliocene superiore と Calabriano の境界付近に引くことが出来る (TAKAYAMA, 1970)。いっぽう Santa Maria di Catanzaro 地域に露出する Calabriano は、*Gephyrocapsa oceanica* を多産し、当地のセクションが datum 5 より上位に位置することは明らかである (Fig. 11)。

模式地におけるディスコアスター絶滅の正確な層準は、セクションの全層準にわたって再堆積のディスコアスターが多産し、かつ浮遊性有孔虫 *Pulleniatina obliquiloculata* が産出しなことから明らかでないが、Calabriano の基底付近より *Globorotalia truncatulinoides* の出現が報告されているので (BANNER and BLOW, 1965 他)、その層準はほぼ Calabriano の基底に相当すると考えられる。いずれにしても以上の考察より、鮮新—更新両統の境界は、ERICSON らによって見出された深海底堆積物中の、いわゆる鮮新統一更新統境界にはほぼ一致すると考えてよい。

このようにして得られた結論から考えると、我国における鮮新—更新両統の境界は、静岡地域の土方層基部、房総半島中央部の黒滝層下部（小櫃川流域）ないしその延長上の黄和田層中部（養老川—夷隅川流域）—いずれも火砕鍵層 Kd 38 の層準—、および銚子地域の小浜層下部（従来の下部飯岡層）にひかれるべきであると考ええる。また裏日本においても、男鹿半島の脇本層の大部分は更新統の可能性がある。このような見解は従来の考えと著しく異なる。すなわち房総半島において梅ヶ瀬層を“Olduvai”とした中川ら (1969) の、また男鹿半島において脇本層上部を Gauss とした木村 (1972) の古地磁気層序の見解とも一致しない。

黒滝不整合は、たんに房総半島における鮮新統基

底の不整合であるばかりでなく、従来我国でもっとも代表的な鮮新統基底の不整合と考えられてきた。もし従来の考えに従って梅ヶ瀬層中部（火砕鍵層 U 6 の層準）を鮮新統一更新統の境界とすれば、小櫃川流域にみられる黒滝不整合直上（火砕鍵層 Kd 38 の層準）の *Pulleniatina obliquiloculata* complex の左巻きより右巻きに急変する層準は、古地磁気層序の Gilbert “a” と考えねばならない (HAYS et al., 1969\*)。もし Kd 38 の層準を Gilbert “a” とすれば、この層準より浮遊性有孔虫 *Sphaeroidinellopsis seminulina*, *Sphaeroidinellopsis subdehiscens*, *Globoquadrina altispira altispira*, *Globorotalia margaritae* が、また石灰質ナンノプランクトン *Ceratolithus tricorniculatus*, *Sphenolithus abies*, *Reticulofenestra pseudoumbilica*, および種々のディスコアスターが産出する筈である。これに反して浮遊性有孔虫 *Globorotalia tosaensis* と *Globorotalia truncatulinoides*, および石灰質ナンノプランクトン *Pseudoemiliania lacunosa* と *Gephyrocapsa oceanica* が産出することはありません。筆者が本論中に示したデータによりこの仮定は成立せず、Kd 38 層準を Gilbert “a” とするより“Olduvai”に考える方がはるかに理にかなうことが明らかであろう。

#### 謝 辞

この研究にあたり御討論をいただいた東北大学理学部地質学古生物学教室浅野 清教授、高柳洋吉助教授、中川久夫助教授、日光金谷ホテル社長金谷太郎博士、東北大学教養部新妻信明博士、ご関心を寄せ御鞭撻をいただいたオーストリア地質調査所の Herbert STRADNER 博士、また本研究の端を開いて下さったもとオーストリア地質調査所長、ウィーン大学教授 Heinrich KÜPPER 博士に厚く御礼申し上げます。

\* HAYS et al. (1969)によると、*Pulleniatina obliquiloculata* complex の殻は、Gilbert reversed epoch の“a” normal event 付近で突然左巻きから右巻きに転化するほか、左巻き優占の期間が Olduvai の近く、Jaramillo の近く、および Matuyama reversed epoch のうちの2つの normal event の中間において認められるという。

## 引用文献

- AKERS, W. H. (1965), Pliocene-Pleistocene boundary, northern Gulf of Mexico. *Science*, vol. 149, p. 741-742.
- AOKI, N. (1963), Pliocene and Pleistocene foraminifera from along the Yoro River, Boso Peninsula—Vertical faunal change. *Tokyo Kyoiku Daigaku, Sci. Rep., Sec. C* vol. 8, p. 203-227.
- 青木直昭(1964), 房総半島の鮮新世—更新世浮遊性有孔虫化石群. 地質雑, vol. 70, p. 170-179.
- BANDY, O. L. (1969), Le stratotype du Calabrien, sa correlation avec l'étage Wheelerien de Californie. *VIII<sup>e</sup> Congres INQUA, Paris, 1969, Résumés des Communications*, 179.
- and WILCOXON, J. A. (1970), The Pliocene-Pleistocene boundary, Italy and California. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 81, p. 2939-2948.
- BANNER, F. T. and BLOW, W. H. (1965), Progress in the planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Neogene. *Nature*, vol. 208, p. 1164-1166.
- BAYLISS, D. D. (1969), The distribution of *Hyalinea baltica* (Schroeter) and *Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny) Foraminiferida, in the type Calabrian, Southern Italy. *Lethaia*, vol. 2, p. 133-143.
- BERGGREN, W. A., PHILLIPS, J. D., BERTELS, A. and WALL, D. (1967), Late Pliocene-Pleistocene stratigraphy in deep sea cores from the south-central North Atlantic. *Nature*, vol. 216, p. 253-255.
- BERNARD, F. (1948), Recherches sur le cycle du *Coccolithus fragilis* Lohm., Flagellé dominant des mers chaudes. *Jour. Cons.* vol. 15, p. 177-188.
- BLACK, M. and BARNES, B. (1961), Coccolithus and discoasters from the floor of the South Atlantic Ocean. *Roy. Micr. Soc. [London], Jour., ser. 3*, vol. 80, p. 137-147.
- BOGDANOV, YU. A. and USHAKOVA, M. G. (1966), Kokkolyty gruppy *Discoaster* TAN SIN HOK v vodnoy vzvesi Tikhogo Okeana. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, vol. 171, p. 465-467.
- 房総研究グループ(1957), 房総半島新生代層群の地史区分. 有孔虫, no. 7, p. 32-40.
- 房総三浦研究グループ(1958), 房総半島並に三浦半島新生代地層群の浮遊性有孔虫化石による対比. 有孔虫, no. 10, p. 34-42.
- BRAARUD, T. (1963), Reproduction in the marine coccolithophorid *Coccolithus huxleyi* in culture. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, vol. 33, p. 110-116.
- BRAMLETTE, M. N. and MARTINI, E. (1964), The great change in calcareous nannoplankton fossils between the Maestrichtian and Danian. *Micropaleontology*, vol. 10, p. 291-322.
- and RIEDEL, W. R. (1954), Stratigraphic value of discoasters and some other microfossils related to Recent coccolithophores. *Jour. Paleont.*, vol. 28, p. 385-403.
- and SULLIVAN, F. R. (1961), Coccolithophorids and related nannoplankton of the early Tertiary in California. *Micropaleontology*, vol. 7, p. 129-188.
- and WILCOXON, J. A. (1967), Middle Tertiary calcareous nannoplankton of the Cipero section, Trinidad, W. I. *Tulane Stud. Geol.*, vol. 5, p. 93-131.
- BUKRY, D. (1971), Cenozoic calcareous nannofossils from the Pacific Ocean. *San Diego Soc. Nat. Hist., Trans.*, vol. 16, p. 303-327.
- BURSA, A. S. (1965), *Discoasteromonas calciferus* n. sp., an Arctic relict secreting *Discoaster* TAN SIN HOK 1927. *Grana Palynol.*, vol. 6, p. 147-165.
- (1971), Morphogenesis and taxonomy of fossil and contemporary Dinophyta secreting discoasters. *Conf. Plank., 2nd, 1970, Proc.*, vol. 1, p. 129-143.
- CHRISTENSEN, T. (1962), Alger. In *Botanik* vol. 2, p. 1-178, København.
- COHEN, C. L. D. (1964), Coccolithophorids from two Caribbean deep-sea cores. *Micropaleontology*, vol. 10, p. 231-250.
- COX, A. (1969), Geomagnetic reversals. *Science*, vol. 163, p. 237-245.
- DAYMAN, J. (1858), *Deep-sea soundings in the North Atlantic Ocean between Ireland and Newfoundland, made in H. M. S. Cyclops*. London: Eyre & Spottiswoode, 3pp.
- ERICSON, D. B., EWING, M. and WOLLIN, G. (1963), Pliocene-Pleistocene boundary in deep-sea sediments. *Science*, vol. 139, p. 727-737.
- GAARDER, K. R. (1971), Comments on the distribution of coccolithophorids in the oceans. In *The micropaleontology of oceans*. London: Cambridge Univ. Press, p. 97-103.
- GARTNER, S., Jr. (1969), Correlation of Neogene planktonic foraminifera and calcareous nannofossil zones. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, vol. 19, p. 585-599.
- GLASS, B., ERICSON, D. B., HEEZEN, B. C., OPDYKE, N. D. and GLASS, J. A. (1967), Geomagnetic reversals and Pleistocene chronology. *Nature*, vol. 216,

- p. 437-442.
- GREEN, J. C. and JENNINGS, D. H. (1967), A physical and chemical investigation of the scales produced by the Golgi Apparatus within and found on the surface of the cells of *Chrysochromulina chiton* PARKE et MANTON. *Jour. Exper. Bot.*, vol. 18, p. 359-370.
- HASLE, G. R. (1960), Plankton coccolithophorids from the subantarctic and equatorial Pacific. *Nytt. Mag. Bot.*, vol. 8, p. 77-88.
- HAY, W. W. and BOUDREAUX, J. E. (1968), Calcareous nannofossils in the Submarex core, Nicaragua Rise, Caribbean Sea; Le Castella, Calabria; and the age of the Pliocene-Pleistocene boundary. *Giornale de Geologia*, ser. 2, vol. 35, fasc. II, pt. 2, p. 143-152.
- , MOHLER, H. P., ROTH, P. H., SCHMIDT, R. R. and BOUDREAUX, J. E. (1967), Calcareous nannoplankton zonation of the Cenozoic of the Gulf Coast and Caribbean-Antillean area, and transoceanic correlation. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, vol. 17, p. 428-480.
- HAYS, J. D., SAITO, T., OPDYKE, N. D. and BURCKLE, L. H. (1969), Pliocene-Pleistocene sediments of the equatorial Pacific: Their paleomagnetic, biostratigraphic, and climatic record. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 80, p. 1481-1514.
- HUANG, T. (1966), Planktonic foraminifera from the Somachi Formation, Kikaijima, Kagoshima Prefecture, Japan. *Trans. Proc. Paleont. Soc. Japan*, N. S., no. 62, p. 217-233.
- KAMPTNER, E. (1930), Die Kalkflagellaten des Süßwassers und ihre Beziehungen zu jenen des Brackwassers und des Meeres. *Int. Rev. Hydrobiol.*, vol. 24, p. 147-163.
- 加藤道雄 (1972MS), 静岡県掛川地域の新第三系の微化石層位学的研究. 東北大学修士論文.
- 甲藤次郎, 中村 純, 高柳洋吉 (1953), 唐ノ浜層群の層序と微古生物学的考察. 高知大学学術研究報告, vol. 2, p. 1-15.
- 木村勝弘 (1972), 房総・男鹿・新潟地域の上部新第三系地磁気層位. 日本地質学会第79年学術大会講演要旨, p. 52.
- LAMB, J. L. and BEARD, J. H. (1972), Late Neogene planktonic foraminifers in the Caribbean, Gulf of Mexico, and Italian stratotypes. *Univ. Kansas Paleont. Contr. Art.*, 57 (Protozoa 8), p. 1-67.
- LOHMANN, H. (1909), Die Gehäuse und Gallertblasen der Appendicularien und ihre Bedeutung für die Erforschung des Lebens im Meer. *Verh. Deutsche Zool. Ges.*, vol. 19, p. 200-239.
- (1912), Untersuchungen über das Pflanzen- und Tierleben der Hochsee im Atlantischen Ocean während der Ausreise der Deutschland. *S. B. naturf. Fr. Berl. 1912*, p. 23-54.
- MARTINI, E. (1967), Nannoplankton und Umlagerungserscheinungen im Persischen Golf und im nördlichen Arabischen Meer. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, vol. 10, p. 597-607.
- (1971), Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. | *Conf. Plank., 2nd, 1970, Proc.*, vol. 2, p. 739-785.
- and WORSLEY, T. (1970), Standard Neogene calcareous nannoplankton zonation. *Nature*, vol. 225, p. 289-290.
- MANTON, I. and LEEDALE, G. F. (1963), Observations on the microanatomy of *Crystallolithus hyalinus* GARDNER and MARKALI. *Arch. Mikrobiol.* vol. 47, p. 115-136.
- MATOKA, Y. (1967), Younger Cenozoic foraminiferal assemblages from the Choshi district, Chiba Prefecture. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd ser. (Geol.)*, vol. 38, p. 221-263.
- MCINTYRE, A. and BÉ, A. W. H. (1967), *Coccolithus neohelis* sp. n., a coccolith fossil type in contemporary seas. *Deep-Sea Research*, vol. 14, p. 369-371.
- and ——— (1967), Modern Coccolithophoridae of the Atlantic Ocean—I. Placoliths and Crytoliths. *Deep-Sea Research*, vol. 14, p. 561-597.
- , ——— and PREIKSTAS, R. (1967), Coccoliths and the Pliocene-Pleistocene boundary. *Progr. Oceanography*, vol. 4, p. 3-25.
- , ——— and ROCHE, M. B. (1970), Modern Pacific Coccolithophorida: a paleontological thermometer. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, vol. 32, p. 720-731.
- 三梨 昂, 安国 昇, 品田芳二郎 (1959), 千葉県養老川・小櫃川の上総層群の層序—養老川・小櫃川流域地質調査報告—. 地調月報, vol. 10, p. 83-98.
- 三梨 昂, 矢崎清貫, 影山邦夫, 島田忠夫, 小野 暎, 安国 昇, 牧野登喜男, 品田芳二郎, 藤原清丸, 鎌田清吉 (1961), 日本油田・ガス田図4. 富津—大多喜, 地質調査所.
- 両角芳郎 (1972), 掛川層群の浮遊性有孔虫化石層序. 大阪市立自然科学博物館研究報告. no. 26, p. 1-9.
- 中川久夫 (1969), 奄美群島, 徳之島・沖永良部島・与論島・喜界島の地質(2). 東北大地質古生物研報. no.



- 68, p. 1-17.
- (1971), ヨーロッパの標準編年と日本の更新世の対比に関する諸問題—とくに更新世初期について—, 地質雑, vol. 77, p. 9-22.
- , 新妻信明, 早坂 功 (1969), 房総半島後期新生代地磁気編年, 地質雑, vol. 75, p. 267-281.
- NISHIDA, S. (1969), Nannofossils from Japan I. Miocene discoasters from Noto. *Trans. Proc. Paleont. Soc. Japan, N. S.*, no. 75, p. 136-152.
- (1970), Nannofossils from Japan III. Miocene coccolithophorids from Noto, Central Japan. *Bull. Nara Univ. Educ.*, vol. 19, p. 119-130.
- 西田史朗 (1971), 日本海沿岸新第三系の石灰質超微化石, 奈良教育大紀要, vol. 10, p. 71-89.
- 尾田太良 (1971), 相良層群の微化石層位学的研究, 東北大地質古生物研邦報, no. 72, p. 1-23.
- 岡田尚武 (1970), 北—熱帯太平洋におけるココリソフォアの表層分布, 地質雑, vol. 76, p. 537-545.
- OKADA, H. and HONJO, S. (1970), Coccolithophoridae distributed in South-West Pacific. *Pacific Geol.*, no. 2, p. 11-21.
- OSTENFELD, C. (1900), Über Coccosphaera. *Zool. Ans.* vol. 23, p. 198-200.
- PARKE, M. (1961), Some remarks concerning the class Chrysophyceae. *Brit. Phyc. Bull.*, vol. 2, p. 47-55.
- and ADAMS, I. (1960), The motile (*Cryptallolithus hyalinus* GAARDER and MARKALI) and non-motile phases in the life history of *Coccolithus pelagicus* (WALLICH) SCHILLER. *Jour. Mar. Biol. Ass. U. K.*, vol. 39, p. 263-274.
- and DIXON, P. S. (1964), A revised checklist of British marine algae. *Jour. Mar. Biol. Ass. U. K.*, vol. 44, p. 499-542.
- PARKER, F. L. (1967), Late Tertiary biostratigraphy (planktonic foraminifera) of tropical Indo-Pacific deep-sea cores. *Bull. Amer. Paleont.*, vol. 52, p. 115-203.
- PHILLIPS, J. D., BERGGREN, W. A., BERTELS, A. and WALL, D. (1968), Paleomagnetic stratigraphy and micropaleontology of three deep-sea cores from the south-central North Atlantic. *Earth and Planetary Sci. Letters*, vol. 4, p. 118-130.
- POSTUMA, J. A. (1971), *Manual of planktonic foraminifera*. Elsevier.
- RIEDEL, W., BRAMLETTE, M. N. and PARKER, F. L. (1963), "Pliocene-Pleistocene" boundary in deep-sea sediments. *Science*, vol. 140, p. 1238-1240.
- 斎藤常正 (1960), 静岡県島田・掛川市付近の第三系とその浮遊性有孔虫化石群, 東北大地質古生物研邦報, no. 51, p. 1-45.
- SAITO, T. (1969a), The Miocene-Pliocene and Pliocene-Pleistocene boundaries in deep sea sediments. *VIII<sup>e</sup> Congres INQUA, Paris, 1969, Résumés des Communications*. 72.
- (1969b), Late Cenozoic stage boundaries in deep-sea sediments. *G. S. A. and Assoc. Soc., Abstracts with Programs for Annual Meetings*, pt. 7 (*G. S. A. Spec. Paper*), p. 280-281.
- 酒井豊三郎, 新妻信明, 木村勝弘, 平 朝彦 (1970), 銚子付近の後期新生界地磁気層位, 日本地質学会第77年学術大会講演要旨, p. 144.
- SMITH, L. A. (1969), Pleistocene discoasters at the stratotype of the Calabrian Stage (Santa Maria di Catanzaro) and at Le Castella, Italy. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, vol. 19, p. 579-583.
- STRADNER, H. (1959), First report on the discoasters of the Tertiary of Austria and their stratigraphic use. *Proc. Fifth World Petrol. Congr. [New York, 1959]*, sect. 1, p. 1081-1095.
- (1963), New contributions to Mesozoic stratigraphy by means of nannofossils. *Proc. Sixth World Petrol. Congr. [Frankfurt, 1963]*, sect. 1, p. 1-16.
- and PAPP, A. (1961), Tertiäre Discoasteriden aus Österreich und deren stratigraphische Bedeutung mit Hinweisen auf Mexico, Rumänien und Italien. *Jahrb. Geol. Bundesanst. [Wien], Sonderband*, no. 7, p. 1-159.
- TAKAYAMA, T. (1967), First report on nannoplankton of the Upper Tertiary and Quaternary of the Southern Kwanto region, Japan. *Jahrb. Geol. Bundesanst. [Wien]*, vol. 110, p. 169-198.
- (1969), Discoasters from the Lamont Core V21-98 (preliminary reports of the Philippine Sea cores. Part 2). *Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo*, vol. 12, p. 431-450.
- (1970), The Pliocene-Pleistocene boundary in the Lamont Core V21-98 and at Le Castella, Southern Italy. *Jour. Mar. Geol.*, vol. 6, p. 70-77.
- (1972), A note on the distribution of *Braarudosphaera bigelowi* (GRAN and BRAARUD) DEFLENDRE in the bottom sediments of Sendai Bay, Japan. *Trans. Proc. Paleont. Soc. Japan, N. S.*, no. 87, p. 429-435.
- TAKAYANAGI, Y. and SAITO, T. (1962), Planktonic foraminifera from the Nobori Formation, Shikoku,

- Japan. *Tohoku Univ., Sci. Repts., 2nd ser. (Geology), Spec. Vol.*, no. 5, p. 67-106.
- 内尾高保(1971), 佐渡中山峠南方の第三紀層の微古生物学的研究. 石技誌, vol. 37, p. 220-221.
- 氏家 宏, 三浦光生(1970), フィリピン海コア V21-98 における後中新世浮遊性有孔虫群集の変遷. 海洋地質, vol. 6, p. 93-98.
- UJHÉ, H. and MIURA, M. (1971), Planktonic foraminiferal analysis of a calcareous ooze core from the Philippine Sea. *Conf. Plank., 2nd, 1970, Proc.*, vol. 2, p. 1231-1249.
- WALLICH, G. C. (1860), Results of soundings in the North Atlantic. *Annals and Mag. Nat. History*, ser. 3, vol. 6, p. 457-458.
- WEBER-VAN BOSSE, A. (1901), Études sur les algues de l'archipel Malaisien. III. Note préliminaire sur les résultats algologiques de l'expédition du Siboga. *Ann. Jard. Bot. Buitenz.*, vol. 17, ser. 2, p. 126-141.
- WILBUR, K. M. and WATABE, N. (1963), Experimental studies on calcification in molluscs and the alga *Coccolithus huxleyi*. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, vol. 109, p. 82-112.
- WILCOXON, J. A. (1969), Tropical planktonic zones and calcareous nannoplankton correlations in part of the California Miocene. *Nature*, vol. 231, p. 950-951.
- WRAY, J. L. and ELLIS, C. H. (1965), Discoaster extinction in neritic sediments, northern Gulf of Mexico. *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull.*, vol. 49, p. 98-99.

## On the distribution of calcareous nannoplankton in the youngest Cenozoic of Japan

Toshiaki TAKAYAMA

### ABSTRACT

The present investigation is to analyze the floral changes of the calcareous nannoplankton population, using both light microscopy and electron microscopy, of the youngest Cenozoic formations of Japan and also to relate nannofossil biostratigraphy to the faunal change of some planktonic foraminiferal species and paleomagnetic stratigraphy.

On the basis of local calcareous nannoplankton floral sequences and some planktonic foraminiferal species ascertained in the Lamont Core V21-98, eight calcareous nannoplankton zones are proposed for the Japanese youngest Cenozoic formations as follows in ascending order.

*Reticulofenestra pseudumbilica* Zone; interval below the first occurrence of *Pseudoemiliana lacunosa*.

*Sphenolithus abies* Zone; interval from the first occurrence of *Pseudoemiliana lacunosa* to the last occurrence of *Sphenolithus abies*.

Discoaster *brouweri brouweri* Zone; interval from the last occurrence of *Sphenolithus abies* to the

first occurrence of *Gephyrocapsa oceanica*.

*Discoaster brouweri trithallus* Zone; interval from the first occurrence of *Gephyrocapsa oceanica* to the last occurrence of discoasters.

*Pseudoemiliana lacunosa* Zone; interval from the last occurrence of discoasters to the last occurrence of *Pseudoemiliana lacunosa*.

*Gephyrocapsa oceanica* Zone; interval from the last occurrence of *Pseudoemiliana lacunosa* to the first occurrence of *Umbellosphaera irregularis*.

*Umbellosphaera irregularis* Zone; interval from the first occurrence of *Umbellosphaera irregularis* to the first occurrence of *Emiliana huxleyi*.

*Emiliana huxleyi* Zone; interval above the first occurrence of *Emiliana huxleyi*.

A summary of the calcareous nannoplankton correlation between the Japanese youngest Cenozoic formations, the Lamont Core V21-98 and the stratotype at le Castella and Santa Maria di Catanzaro, Southern Italy is given in Fig. 11. The "Pliocene-Pleistocene" boundary suggested by Ericson *et*

*al.* (1963) in the deep sea sediments and that at the stratotype are considered to be not so different; it seems that the "Pliocene-Pleistocene" boundary of Ericson *et al.* (*op. cit.*) corresponds to the boundary between the Pliocene superiore and the Calabriano of le Castella section, Southern Italy. The same horizon may be correspond to the base of the Kurotaki

Formation or the middle part of the Kiwada Formation in the Southern Kwanto region, the base of the Hijikata Formation in the Shizuoka region, and the basal part of the Wakimoto Formation in the Oga Peninsula in terms of the calcareous nannoplankton zones.