日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序

その 4: 総括—太平洋側および鮮新統/更新統境界の模式地との対比

佐藤 時幸*・高山 俊昭**・加藤 道雄**・工藤 哲朗*・亀尾 浩司***

(昭和63年5月17日受付, 63年9月28日受理)

Calcareous Microfossil Biostratigraphy of the Uppermost Cenozoic Formations Distributed in the Coast of the Japan Sea — Part 4: Conclusion —

By

Tokiyuki SATO, Toshiaki TAKAYAMA, Michio KATO,
Tetsuro KUDO and Koji KAMEO

Abstract: We describe in detail the calcareous nannofossil assemblages present in the uppermost Cenozoic sequences in the southern Kwantō region, Japan and in the Vrica section (the Pliocene/Pleistocene boundary stratotype), southern Italy. Ten of twelve calcareous nannofossil biohorizons previously recognized in the Quaternary sequences in the Northeast Atlantic Ocean (TAKAYAMA and SATO, 1987) also occur in these areas. These datums allow us to correlate the uppermost Cenozoic sequences in the southern Kwantō region with these sequences along the Japan Sea margins. We clarify the relationships between the calcareous nannofossil biohorizons and the benthonic foraminiferal zones recognized in the sedimentary basins along the coastal regions of the Japan Sea. We also clarify the relation between these biohorizons and the Pliocene/Pleistocene boundary at its stratotype. The first occurrence of *Gephyrocapsa caribbeanica*, which occurs seventeen meters above the Pliocene/Pleistocene boundary and thirty meters above the Olduvai event at the Vrica section, is usable as the excellent indicator to detect the Pliocene/Pleistocene boundary.

1. はじめに

筆者らはすでに3回にわたって、表記標題のもとに日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序について述べた(佐藤ら, 1987; 高山ら, 1988; 佐藤ら, 1988)。今その総括を行なうにあたって、それぞれの報告で明らかになった結論をここでもう一度まとめると次のようになる。

国際深海掘削計画(DSDP-IPOD) Leg 94において、北東大西洋の第四系深海堆積物中に12の石灰質ナノ化石基準面が認定された(TAKAYAMA & SATO,

1987)。この研究航海ではこれら基準面と地磁気層序の対応も明らかにされ(CLEMENT & ROBINSON, 1987), それぞれの基準面の年代値も求められた(図1)。幸いなことにこれら基準面が比較的高緯度海域で認定されたこともあって、基準面の標識種の多くがわが国の更新統中にも産出し、北東大西洋海域で認定された基準面のほとんどが、そのままわが国の第四系中に追跡される。これをもとに、男鹿半島の北浦層と脇本層、秋田油田地域の天徳寺層と笹岡層、新潟地域の西山層と灰爪層、および富山・石川両県下の藪田層、十二町層、大桑層が図6のように対比された。

筆者らはこれら一連の研究成果を踏まえ、本論ではまず二つの問題点、すなわち、(1)油田地域における底生有孔虫化石帯区分と石灰質ナノ化石基準面の対応、およ

* 帝国石油株式会社研究所

** 金沢大学教養部

*** 金沢大学理学部

Leg 94 Takayama & Sato, 1987

図1 DSDP-IPOD Leg 94において最上部新生界に確認された石灰質ナンノ化石基準面と古地磁気層序の関係および基準面の年代値

び(2)石油探鉱で広く用いられる天徳寺階、笹岡階の時階区分について触れる。次に日本海側と太平洋側の第四系の対比を試みる。そして最後に鮮新統／更新統境界の模式地である南イタリア Vrica セクションの石灰質ナンノ化石調査の結果を紹介し、今回筆者らが取り扱った各地のいわゆる第四系のうち、どれが真の更新統であるかを改めて明らかにして総括したい。

2. 石灰質ナンノ化石からみた底生有孔虫化石帯区分

MATSUNAGA (1963) は、秋田県から新潟県にかけての油田地域に分布する上部新生界を、主としてその底生有孔虫化石群集に基づいて下位より *Globorotalia* cf. *fohsi* Zone, *Spirosigmolinella compressa* Zone, *Miliammina echigoensis* Zone, *Uvigerina subperegrina* Zone および *Criboelphidium yabei* Zone の5化石帯に区分した。さらにこれらの地質時代については、*M. echigoensis* Zone より下位の3化石帯を中新世、最上位の *C. yabei* Zone を鮮新世とした。しかし、その間の *U. subperegrina* Zone は中新世と

鮮新世のどちらに含まれるものかは明らかにしていない。これらの化石帯区分は、その後地質時代についての修正が加えられているが(例えば米谷, 1978など)、日本海側地域に分布する上部新生界の基本的な帯区分として、現在でも地層対比の基準の一つとして広く用いられている。

筆者らは新潟地域、北陸堆積盆地、男鹿半島および秋田地域の底生有孔虫群集を調査し、これらの地域の最上部新生界が MATSUNAGA (1963) による *M. echigoensis* Zone, *U. subperegrina* Zone および *C. yabei* Zone の3化石帯に対比されることを確認した(佐藤ら, 1987; 高山ら, 1988; 佐藤ら, 1988)。さらに、これら一連の調査から底生有孔虫化石帯と石灰質ナンノ化石基準面(TAKAYAMA & SATO, 1987)との関係が地域ごとに異なっていることも明らかにしてきた。そこで、ここに第3報までに報告した各地域ごとの底生有孔虫化石帯と石灰質ナンノ化石基準面との関係を総括し、今後の対比や地史を考える上での参考に供したい。

各地域で確認された底生有孔虫化石帯は次のとおりである。北陸堆積盆地の金沢地域では *C. yabei* Zone が、氷見および灘浦地域では *U. subperegrina* Zone が確認された。新潟地域では *U. subperegrina* Zone と *C. yabei* Zone、男鹿半島では *M. echigoensis* Zone と *U. subperegrina* Zone、さらに秋田地域では豆腐岩地域で *C. yabei* Zone、豆腐岩1号井で *M. echigoensis* Zone から *C. yabei* Zone まで、黒川地域で *U. subperegrina* Zone がそれぞれ認められた。また、これらの各地域では石灰質ナンノ化石基準面のうち、⑤から⑪まで7つの基準面が確認されている。

図2, 3は、MATSUNAGA (1963) の底生有孔虫化石帯と、TAKAYAMA & SATO (1987) の石灰質ナンノ化石基準面との関係を示したものである。そのうち、図2は、底生有孔虫化石帯を基準としてその中に石灰質ナンノ化石基準面を追跡している。

北陸堆積盆地のうち、金沢地域では *C. yabei* Zone のなかに基準面⑤から⑨までが、氷見地域では *U. subperegrina* Zone 中に基準面⑩と⑪が認められる。一方、灘浦地域の *U. subperegrina* Zone は基準面⑪より下位の層準のものである。これらのことから、北陸堆積盆地では *C. yabei* Zone のなかに基準面⑤から⑨が、*U. subperegrina* Zone の上部に基準面⑩と⑪が位置している。

新潟地域では、北陸堆積盆地で *C. yabei* Zone 中にあった5つの基準面のうち、⑦から⑨までの3つの基準面が下位の *U. subperegrina* Zone の中に認められ、同一基準面が異なる底生有孔虫化石帯の中に追跡される。この地域の *C. yabei* Zone は、基準面⑥より下位に位

図2 底生有孔虫化石帯を基準とした場合の各地域における石灰質ナンノ化石基準面の位置

置するものであるが、地層の厚さなどを考慮すると、基準面⑤と⑥はおそらく *C. yabei* Zone の中に追跡されると考えられる。基準面⑩と⑪はこの地域で確認されないため、*U. subperegrina* Zone と *M. echigoensis* Zone のいずれの化石帯の中に追跡されるかは不明である。しかし、近接する坑井の微化石調査結果や地層の厚さなどからおそらく *U. subperegrina* Zone の中に基準面⑦～⑪（⑩と⑪は不確実）が位置すると判断される。

男鹿半島では、⑤から⑪まで7つの基準面すべてが *U. subperegrina* Zone の中に追跡される。これに対して、秋田地域の3地域で確認された *U. subperegrina* Zone および *C. yabei* Zone はすべて基準面⑪より下位の層準に位置する。

石灰質ナンノ化石基準面はそれぞれ放射年代が求められていることから、各地域ごとに *C. yabei* Zone と *U. subperegrina* Zone の境界の年代を推定することが可能である。この境界は、北陸堆積盆地では基準面⑨（1.36Ma）と⑩（1.57Ma）の間で約1.47Ma、新潟地域では⑥（0.86Ma）と⑦（1.10Ma）の間で約0.98Ma となり、男鹿半島では⑤（0.83Ma）よりも若く、逆に秋田地域では⑪（1.66Ma）よりも古くなる。したがって、*C. yabei* Zone と *U. subperegrina* Zone の境界の年代は地域ごとに異なっており、特に男鹿半島と秋田地域の間では少なくとも83万年以上の時間的なずれがあ

図3 石灰質ナンノ化石基準面に基づいた各地域における底生有孔虫化石帯の時代的位置

ることになる。以上のように、底生有孔虫化石帯区分と石灰質ナンノ化石基準面とは斜交関係にあることは明らかである。

図3は石灰質ナンノ化石基準面⑤～⑪に基づいて各地域の地層を対比し、その中に底生有孔虫化石帯を表現したものである。MATSUNAGA (1963) は *M. echigoensis* Zone, *U. subperegrina* Zone および *C. yabei* Zone の堆積深度をそれぞれ bathyal zone, outer neritic ~ bathyal zone, および littoral または inner neritic zone としており、油田地域の上部新生界が時間とともに浅海化していったことを示している。

筆者らが調査した日本海側最上部新生界での時間的な底生有孔虫の群集変化を見ると、浅海化は秋田地域で最も早い時期に始まり、鮮新世後期にはすでに littoral あるいは inner neritic zone の深度にまで浅くなっている。次いで北陸堆積盆地、新潟地域の順に浅海化が進行している。一方、男鹿半島では浅海化は他の地域と比較すると非常に遅れ、更新世の半ば頃になっても依然として outer neritic から bathyal zone の深い堆積深度を保ち続けている。

以上のように、地域ごとの底生有孔虫化石帯に石灰質ナンノ化石基準面のような同一時間面を入れてみると、同じ底生有孔虫群集でも時間的にはかなり異なって現れている。特に筆者らが3回にわたって報告した中で最も近接した男鹿半島と秋田地域の間では、前述のように少なくとも83年以上の時間のずれが認められる。したがって、底生有孔虫化石帯区分に基づいた男鹿半島と秋田地域の対比や地史については再考の必要があろう。

3. 秋田地域における時階区分の問題点

秋田地域における標準時階区分は、大村 (1930) が発表した院内統、男鹿島統、由利統および鷹巣統を上床 (1941) が双六階から鷹巣階までの7時階に区分し、男鹿半島に標式地を定めたのが最初である。その後、池辺 (1962) は門前階から潟西階までの9時階区分を提唱し、標式地を男鹿半島と秋田市周辺山地の双方に定めた。池辺 (1962) の時階区分は、後に米谷 (1978) が浮遊性有孔虫化石帯区分との対応関係を示したことから、現在広く石油鉱業で用いられるようになっている。

しかしすでに筆者らが第3報で述べたごとく、秋田地域の時階区分のうち、池辺 (1962) の設定した天徳寺階、笹岡階の標識地である秋田市周辺では、実際に浮遊性有孔虫化石の調査が行なわれないまま整理されており、米谷 (1978) が述べた浮遊性有孔虫化石帯区分と天徳寺階・笹岡階との関係およびその時代的位置付けは、実際の標式地におけるものと大きくかけ離れたものであることが明らかになった (佐藤ら, 1988)。すなわち、米谷 (1978) が笹岡階最下部と天徳寺階中部を特徴付けると指摘した No. 1 *Globorotalia inflata* bed と No. 2 *G. inflata*

bed は標式地である秋田市周辺には認められず、天徳寺階・笹岡階はいずれもそれより下位の鮮新統に対比される。一方、池辺 (1962) が定めたもう一つの標式地である男鹿半島では、船川階上部が鮮新統最上部に位置付けられ (佐藤ら, 1988)、その結果、秋田市周辺を標式地とした天徳寺階・笹岡階は、男鹿半島を標式地とした場合の船川階に全て含まれる結果となる。

このように、石灰質ナンノ化石から各地層の詳細な時代対比が進められた結果、石油鉱業で一般的になった時階区分のうち、特に秋田地域においては船川階、天徳寺階および笹岡階の再検討が必要であることが明らかになった。新しい時階区分の設定には、boundary stratotype の指定と、その境界の時代 (時間) の位置付けの他に、より広い地域からの確実な基礎資料が必要であることから本稿では問題提起にとどめるが、日本海側に分布する最上部新生界の国際対比が詳細に行なえるようになった現在、標準時階区分の改訂が必要である。

4. 日本海側と太平洋側の最上部新生界の対比

大桑・万願寺動物群は、日本海沿岸に分布する鮮新統に含まれる寒流系の貝化石群集として定義されてきた。今回石灰質ナンノ化石によって大桑層や脇本層の地質時代が決定されたことから、おのずから大桑・万願寺動物群の時空分布の詳細が明らかになってくる。一方、同じ時期に太平洋側では暖流系の掛川動物群と寒流系の竜ノ口動物群が存在したと考えられており、われわれがこれら三つの動物群の対立を考察する時、日本海側と太平洋側の第四系の精密な対比を避けて通ることはできない。

ところで、北東大西洋で設定された石灰質ナンノ化石基準面が遠くわが国まで追跡されることを考えれば、日本海側の第四系を太平洋側のそれに対比するにあたって、脊梁山脈は障害にならない。したがって、上記のような問題の解決や、日本列島の第四紀地史を復元するとき、石灰質ナンノ化石は地層対比の手段として偉力を発揮する。

筆者らは石灰質ナンノ化石を用いて日本海側と太平洋側の第四系の対比を試み、次のような結果を得た。考察の対象とした太平洋側の第四系は、房総半島の上総群層と銚子地域の名洗層、飯岡層および豊里層である*。

4.1. 房総半島

調査に用いたのは、笠森層から大田代層までが養老川より採取した新妻 (1976) の試料、黄和田層が日本天然瓦斯興業 (株) 三田薫氏が同じく養老川ルートより採取した

*特に上総群層は日本を代表する鮮新統-更新統であると同時に、鮮新統/更新統境界の Hypostratotype セクションの候補地として国際的に注目されている。

図4 房総半島，上総層群の石灰質ナノ化石群集と石灰質ナノ化石基準面の位置（基準面の番号は図1参照）

試料（YORGコード）と平沢川ルートより採取した試料（HRSGコード），大原層と浪花層がODA（1977）の試料で，これら試料と古地磁気層序との対応関係は新妻（私信）に基づいた（図4）。

上総層群における石灰質ナノ化石群集の時代的変遷を図4に示す。黄和田層中部の1試料（HRSG 12）を除けば，保存状態の良い石灰質ナノ化石が豊富に産出した。そのうち，小型の *Gephyrocapsa* は全層準を通して産出し，なかでも黄和田層中部から大田代層までと国本層下部から柿ノ木台層までで全体の50%を占める最優占種となっている。時代決定上重要なもののうち，*Discoaster brouweri* TAN SIN HOK と *D. triradiatus* TAN SIN HOK は最下位の浪花層で4%の割合で産出するが，それより上位では産出しない（基準面⑫）。*Gephyrocapsa caribbeanica* BOUDREAUX & HAY は，黄和田層下部の鍵層 Kd 38 の直上（HRSG 3）よ

り産出し始め（基準面⑪），その上位の鍵層 Kd 25 の直下（HRSG 8 と 7 の間）に *Calcidiscus macintyreii* (BUKRY & BRAMLETTE) LOEBLICH & TAPPAN の上限と *Gephyrocapsa oceanica* KAMPTNER の下限が認められる（基準面⑩）。大型の *Gephyrocapsa* は黄和田層中部の鍵層 Kd 19 の直上（HRSG 13）から黄和田層上部（YORG 21）の間に産出が限られる（基準面⑦と⑨）。*Helicosphaera sellii* (BUKRY & BRAMLETTE) JAFAR & MARTINI は個体数が少ないものの下位よりはほぼ連続して産出し，黄和田層上部の鍵層 Kd 8 の直下（YORG 14）を産出の上限とする（基準面⑧）。一方，*Reticulofenestra* sp. A は，大田代層の鍵層 O 22 の直下（BSOD 8）から産出し始め，その多産上限は梅ヶ瀬上部の鍵層 U 1 と U 6 の間（HRSG 11）にある（基準面⑤）。*Gephyrocapsa parallela* HAY & BEAUDRY は大田代層最上部（BSOD 2）を下限に（基

準面⑥)調査セクションの上限まで連続して産出する。

以上の結果に基づいて、新妻(1976)の残留磁気測定結果を解釈すると、次のようになる。鍵層 Kd 38 以下にある顕著な正磁極帯は、基準面⑪と⑫の間にあることから Olduvai event に対比される。黄和田層最上部の正磁極帯は、基準面⑦がその中にあることから Cobb Mountain event に対比される。また、国本層上部以上の顕著な正磁極帯は、基準面⑤より上位にあることから Brunhes 正磁極期に対比され、したがって大田代層上部から梅ヶ瀬層下部の正磁極帯は Jaramillo event の可能性が示唆される。しかし、基準面⑥は、その正磁極帯中部の一部磁極不明になる層準にあることから、その下半部すなわち、大田代層上部の正磁極帯のみが Jaramillo event と考えられる。古地磁気変化から見ると、上半部の梅ヶ瀬層下部にある正磁極帯も Jaramillo event に含まれる可能性も残されるが、その場合、基準面⑥は他地域より若干古くなることを意味する。

4.2. 銚子地域

調査に用いたのは、MATOBA (1967) の試料で、あわせて示した古地磁気層序(酒井ら, 1970)では、調査試料との対応関係が明確になっている部分のみを示した。

調査試料のうち、名洗層の2試料(A1, 2)は無化石、豊里層の試料が貧化石であった(図5)。小型の *Gephyrocapsa* は飯岡層最下部から産出し始め、飯岡層の中部以上ではほぼ最優占種となる。対比上重要なもののうち、*Discoaster brouweri* と *D. triradiatus* が名洗層最上部に産出したが、それより上位では認められない(基準面⑫)。 *Gephyrocapsa caribbeanica* の下限(基準面⑪)は飯岡層下部(A8/A9)に、*G. oceanica* の下限と *Calcidiscus macintyreii* の上限(基準面⑩)がその上位(A9/A10)に認められる。一方、*Helicosphaera sellii* の上限(基準面⑧)と *Gephyrocapsa parallela* の下限(基準面⑥)は飯岡層下部の同一層準(A11/A12)にあり、かつ、基準面⑧の上位と下位の基準面⑦と⑨を規定する大型の *Gephyrocapsa* は産出しない。この結果、対比基準面の⑥、⑦、⑧、⑨は、飯岡層下部にある MATOBA (1967) の Pyroclastic key zone で一致する結果となり、この層準に約50万年の時間間隙か、もしくは極端な堆積速度の低下が予想される*。次に、*Reticulofenestra* sp. A は Pyroclastic

* 調査に用いた試料間隔は約 20m であり、この解明にはより細かな検討が必要である。

図5 銚子地域の石灰質ナノ化石群集と石灰質ナノ化石基準面の位置(基準面の番号は図1参照)

図6 石灰質ナノ化石基準面に基づく地層の対比（基準面の番号は図1参照）

key zoneの直上で豊富に認められるが、それより上位では産出しない（基準面⑤）。*Helicosphaera inversa* (GARTNER) HAQは個体数が少ないものの、飯岡層上部以上に産し（基準面④）、*Pseudoemiliania lacunosa* (KAMPTNER) GARTNERは飯岡層最上部に上限がある（基準面③）。

以上の結果に基づき、酒井ら（1970）の残留磁気測定結果を解釈すると次のようになる。飯岡層下部にある顕著な正磁極帯は、基準面⑪と⑫の関係から Olduvai event に対比される。飯岡層中部以上の正磁極帯は、基準面⑤より上位で、基準面③と④の関係から Brunhes 正磁極期に対比される。

4.3. 対比

本稿で明らかにした太平洋側の最上部新生界と、先の第1報、第2報、第3報で明らかにした日本海側地域の最上部新生界とを、石灰質ナノ化石基準面の上に乘せて相互に対比すると図6のようになる。

房総半島の上総層群は、基準面の⑤から⑫にまたがる。

銚子地域では基準面⑥から⑨の層準を認めなかったが、基準面⑫が名洗層／飯岡層の境界付近に、③、④、⑤、⑩、および⑪が飯岡層に追跡できる。先に明らかにした日本海側地域の最上部新生界とは、基準面⑫を除けば図で示した如く明確に対比が可能である。そのうち、大桑・万願寺動物群を多産する大桑層と灰爪層は、上総層群の黄和田層上部から梅ヶ瀬層あるいは一部国本層に対比されるが、飯岡層は黄和田層最下部もしくはそれより下位に位置付けられる。また、日本海側地域の標準層序の一つである男鹿半島では、脇本層が国本層以上に対比され、北浦層が最下部を除く黄和田層、大田代層、および梅ヶ瀬層に対比される。したがって、船川層は、黄和田層最下部以下の地層に対比できる。図6では、鮮新統／更新統境界の boundary stratotype である Vrica との関係も記したが、その詳細については次項で述べる。

5. 鮮新統／更新統の境界

ERICSON *et al.* (1963) は、大西洋とインド洋より

採集した深海底コアの中に *Discoaster* 属絶滅の層準を確認して、これを深海底堆積物中の鮮新統／更新統境界とした。一方、MCINTYRE *et al.* (1967) は、この境界が *Gephyrocapsa* の出現と爆発的な豊産により特徴付けられることを明らかにした。

ところで更新統の下限はイタリア南部における Calabrian (カラブリア層) の下底が模式層準とされ、ながらく南イタリアの Le Castella が模式地と考えられてきた。深海底堆積物中のいわゆる鮮新統／更新統境界が Le Castella のそれと一致することを、石灰質ナノ化石からはじめて立証したのは TAKAYAMA (1969) である。

そもそも鮮新統／更新統境界の模式地決定に至る経緯は複雑であるが、その間の事情は中川 (1977, 1978) や AGUIRRE & PASINI (1985) などに詳しいのでこ

は触れない。現在は同じ南イタリア Croton 南部の Vrica セクションにおける marker bed e の直上が鮮新統／更新統境界である。

従来より石灰質ナノ化石帯区分では *Discoaster* 絶滅の層準、すなわち MARTINI (1971) の NN 18/NN 19 の境界、OKADA & BUKRY (1980) の CN 12/CN 13 境界が鮮新統／更新統境界とされてきた。

ところで筆者らは一連の論文の中で主として“更新統”とされる地層について論じてきた。しかし、鮮新統／更新統境界が正式に Vrica に決定した現在、更新統の下限は Vrica セクションに対比して論じられるべきであると考ええる。そこで筆者らはこの Vrica セクションにわれわれの石灰質ナノ化石基準面を追跡し、わが国の代表的な最上部新生界のどこに鮮新統／更新統境界が引かれるかを明らかにしておきたい。

図7 鮮新統／更新統境界の模式地の Vrica セクションにおける石灰質ナノ化石群集と石灰質ナノ化石基準面および鮮新統／更新統境界の位置 (基準面の番号は図1参照)

検鏡した38点の試料は、以前東北大学の研究者を主体に行なわれた海外学術調査「環地中海地域新第三系・更新統模式層序に関する研究」の現地調査の際に、Vrica セクションより採集されたものである。試料の採集層準と地層中に挟在する marker bed, および調査団のメンバーによって確立された地磁気層序を図7に示したが、採集地点の詳細については北村ら(1985)を参照されたい。

本セクションにおける石灰質ナノ化石群集の時代的変遷は図7の通りである。全層準にわたって大量の石灰質ナノ化石が産出するが、その中に下位の白亜系や古第三系より二次的に混入した化石が多いのは、Le Castella の場合と同様である。したがって、本セクションでも、種の絶滅の層準を認定するのが極めて困難である。

小型の *Gephyrocapsa* は極めてわずかであるが、本セクションの最下部よりすでに産出し、試料 ICVR 15 より急激に増加する。その産出個体数が ICVR 11 と 10 で一度減少し、その上位で再び群集の最優占種となるのは Le Castella の場合と同様である。*Gephyrocapsa caribbeanica* は試料 ICVR 09 より上位で産出する。続いて *G. oceanica* がその上の試料 ICVR 38 に出現

する。極めて少数の *G. caribbeanica* がそれより遙か下位の ICVR 18 に産出するが、これは試料の汚染などによるのかもしれない。*Calcidiscus macintyre* は本セクションの全層準に産出するが、その産出状況を詳細に検討すると、試料 ICVR 09 と 38 の間で絶滅するように見える。これより上位に産出するのは二次的混入によるものであろう。大型の *Gephyrocapsa* は ICVR 05 より上位に産出する。*Helicosphaera sellii* は本セクションの全層準に産出する。*Discoaster* も同様であるが、個体数は少ない。*Discoaster brouweri* が本セクションの下半部にやや多いように見られるが、その絶滅の層準(基準面⑫)は判然としない。*Reticulofenestra pseudoumbilica* は本セクションの最下部に若干多いが、二次的に上位の地層にまで混入するため、その絶滅の層準が本セクションの中にあるかどうかははっきりしない。

以上のことから、Vrica セクションでは次の三つの石灰質ナノ化石基準面が認定される。

基準面⑨ 試料 ICVR 05/ICVR 04

marker bed q 付近

基準面⑩ 試料 ICVR 38/ICVR 09

marker bed m 付近

図8 石灰質ナノ化石基準面に基づく鮮新統/更新統境界の模式地、本邦の日本海側地域と太平洋側地域および IPOD Leg 94 の結果との対比と、古地磁気層序, marker bed との関係 (基準面の番号は図1参照; Fn: Funakawa F., NA: Na-arai F., T: Toyosato F.)

基準面⑩ 試料 ICVR 09/ICVR 10

marker bed f 付近

鮮新統／更新統境界は Vrica セクションの marker bed e の直上とされるので、基準面⑩が認定できない以上、基準面⑩がこれに最も近い。その位置は境界よりほぼ 17m 上位で、Olduvai event と考えられる正磁極帯の上 30m に相当する。

第 1 報（佐藤ら, 1987）に述べたごとく、基準面⑩と⑪の層位的位置は場所により若干異なり、時間面とわずかに斜交するが、現段階では基準面⑩を鮮新統／更新統境界とするのがもっとも妥当である。

筆者らが得た結論に基づく、わが国における鮮新統／更新統境界は次のようになる（図 8）。太平洋側地域、房総半島の上総層群では黄和田層の凝灰岩鍵層 Kd 38 の直上に、銚子地域では飯岡層下部で MATOBA（1967）の試料採集層準 A 8 と 9 の間にある。日本海側地域の男鹿半島では、藤岡ら（1973）の層序区分で北浦層と船川層の境界より約 150m 上位にある。新潟地域では西山層の凝灰岩鍵層 Iz より明らかに下位にあり、北陸堆積盆地では十二町層中部に鮮新統／更新統境界が引かれ、大桑層はそれより上位にある。

またこの結論は、図 8 にあわせて示した古地磁気層序とも調和し、いずれも基準面⑩の直下に Olduvai event と考えられる正磁極帯が認められる。したがって、従来問題となっていた新潟地域の凝灰岩鍵層 Iz の直上にある正磁極帯で、真鍋・小林（1988）が Olduvai event に対比した正磁極帯は、Olduvai event より上位のものであり、Leg 94 の site 609 や、房総半島の鍵層 Kd 22 層準および大桑層下部に認めた基準面⑨と⑩の間にある短い正磁極帯と同一のものであると結論できる。

6. 石灰質ナノ化石基準面と各基準面間における微化石群集の概要

今回筆者らが一連の論文で用いた石灰質ナノ化石基準面のうち、11 の基準面は更新統中にあり、実質上 11 の化石帯を第四紀の中に設定したことに同じことになる。おのおのの基準面に挟まれた地層は、固有の石灰質ナノ化石群集をもち、2, 3 の特有な浮遊性有孔虫化石群集の産出で特徴付けられる。そこで、今後の石油探鉱における便を考慮し、おのおのの化石帯の特徴の概略を上位層準から下位層準の順序で紹介する（図 9）。なお、重要な石灰質ナノ化石の写実は本論末に掲げたが、各化石種の詳細については TAKAYAMA & SATO（1987）を参照されたい。

(1) 基準面①（*Helicosphaera inversa* の絶滅）より

図 9 日本海側地域を中心とした主要石灰質ナノ化石種の時代分布と基準面の年代値、古地磁気層序との関係および主要な浮遊性有孔虫マーカーの対応関係（基準面の番号は図 1 参照；E.P.: Early Pliocene, GIL: Gilbert reversed epoch, J: Jaramillo event, C: Cobb Mountain event, O: Olduvai event）

上位

地質時代: 0.00Ma–0.15Ma

産出する主な石灰質ナノ化石: *Calcidiscus leptoporus*, *Coccolithus pelagicus*, *Emiliana huxleyi*, *Gephyrocapsa oceanica*, *G. caribbeanica*, *Helicosphaera carteri* 等。

備考: 本層準は、Brunhes 正磁極期の最上部に位置する。TAKAYAMA & SATO（1987）によると、本基準面を規定する *Helicosphaera inversa* は Leg 94 ではより高緯度の site からは産出しないことが明らかになっている。現在までのところ本邦の最上部新生界にはこの層準を認めていない。

(2) 基準面①から基準面②（*Emiliana huxleyi* の

出現)まで

地質時代: 0.15Ma–0.24Ma

産出する主な石灰質ナンノ化石: *Calcidiscus leptoporus*, *Coccolithus pelagicus*, *Emiliana huxleyi*, *Gephyrocapsa oceanica*, *G. parallela*, *Helicosphaera inversa* 等.

備考: 本層準は, Brunhes 正磁極期の上部に位置する。この層準の下限は, OKADA & BUKRY (1980) の CN 15 帯下限, MARTINI (1971) の NN 21 帯の下限, および GARTNER (1977) の *Emiliana huxleyi* 帯下限に相当する。本邦最上部新生界では本層準をまだみとめていない。

(3) 基準面②から基準面③ (*Pseudoemiliana lacunosa* の絶滅)まで

地質時代: 0.24Ma–0.39Ma

産出する主な石灰質ナンノ化石: *Calcidiscus leptoporus*, *Coccolithus pelagicus*, *Gephyrocapsa oceanica*, *G. caribbeanica*, *G. parallela*, *Helicosphaera inversa* 等.

備考: 本層準は, Brunhes 正磁極期の中部に位置する。OKADA & BUKRY (1980) の CN 14b 亜帯, MARTINI (1971) の NN 20 帯, および GARTNER (1977) の *Gephyrocapsa oceanica* 帯と一致する。本邦では, 銚子地域の飯岡層最上部と豊里層がこの層準に相当する。

(4) 基準面③から基準面④ (*Helicosphaera inversa* の出現)まで

地質時代: 0.39Ma–0.48Ma

産出する主な石灰質ナンノ化石: *Calcidiscus leptoporus*, *Coccolithus pelagicus*, *Gephyrocapsa oceanica*, *G. caribbeanica*, *G. parallela*, *Helicosphaera inversa*, *Pseudoemiliana lacunosa* 等.

備考: Brunhes 正磁極期の中部から下部に位置する。本邦では, 銚子地域の飯岡層上部にのみ認められる。

(5) 基準面④から基準面⑤ (*Reticulofenestra* sp. A の多産上限)まで

地質時代: 0.48Ma–0.83Ma

産出する主な石灰質ナンノ化石: *Calcidiscus leptoporus*, *Coccolithus pelagicus*, *Gephyrocapsa oceanica*, *G. caribbeanica*, *G. parallela*, *Pseudoemiliana lacunosa* 等.

備考: Brunhes 正磁極期下部から, Matuyama 逆磁極期最上部で Jaramillo event より上位までの間に位置する。太平洋側では, 飯岡層中部と上総層群の梅ヶ瀬層上部から笠森層までが相当し, 日本海

側地域では, 男鹿半島の北浦層最上部から脇本層までと, 北陸の大桑層最上部が相当する。日本海側地域における浮遊性有孔虫化石の群集組成は一部層準で暖海性種も認められるが, 大局的には寒流系の *Globigerina pachyderma* の左巻個体が多産することによって特徴付けられる。

(6) 基準面⑤から基準面⑥ (*Gephyrocapsa parallela* の出現)まで

地質時代: 0.83Ma–0.89Ma

産出する主な石灰質ナンノ化石: *Calcidiscus leptoporus*, *Coccolithus pelagicus*, *Gephyrocapsa oceanica*, *G. caribbeanica*, *G. parallela*, *Pseudoemiliana lacunosa*, *Reticulofenestra* sp. A 等.

備考: Matuyama 逆磁極期の最上部に位置し, 特に基準面⑥は Jaramillo event の直上に位置する。上総層群の大田代層最上部から梅ヶ瀬層下部が相当するが, 日本海側地域ではこの層準を直接認めていない。

(7) 基準面⑥から基準面⑦ (大型の *Gephyrocapsa* の絶滅)まで

地質時代: 0.89Ma–1.10Ma

産出する主な石灰質ナンノ化石: *Calcidiscus leptoporus*, *Coccolithus pelagicus*, *Gephyrocapsa* spp. (small), *Pseudoemiliana lacunosa*, *Reticulofenestra* sp. A 等.

備考: Jaramillo event の直上から Cobb Mountain event の間に位置する。典型的な *Gephyrocapsa oceanica* と *G. caribbeanica* は極めて稀で, 小型の *Gephyrocapsa* が多産する。房総半島の大田代層, 日本海側地域の灰灰層中部, 大桑層中部が相当する。特に, 新潟地域の凝灰岩鍵層 Zr は, 本層準中に位置する。日本海側地域における浮遊性有孔虫化石群集は, 寒流系の *Globigerina pachyderma* の左巻個体の安定した多産で特徴付けられ, 多い所では全群集の70%以上を占める。また, 房総半島においても, 個体数は極めて少ないが, 同種の左巻個体の連続的な産出が本層準以上で認められる (ODA, 1977)。

(8) 基準面⑦から基準面⑧ (*Helicosphaera sellii* の絶滅)まで

地質時代: 1.10Ma–1.19Ma

産出する主な石灰質ナンノ化石: *Calcidiscus leptoporus*, *Coccolithus pelagicus*, *Gephyrocapsa oceanica*, *G. caribbeanica*, *Gephyrocapsa* spp. (large), *Pseudoemiliana lacunosa* 等.

備考: Cobb Mountain event から、それよりやや下位までの Matuyama 逆磁極期上部に位置する。北陸地域の大桑層下部、新潟の灰爪層最下部、男鹿半島の北浦層上部、および房総半島の黄和田層上部が相当する。日本海側地域における浮遊性有孔虫化石群集は、上位層準とは対照的に、*Globigerina pachyderma* 左巻個体の産出が稀になる。また、油田地域の対比で重要な No. 2 *Globorotalia inflata* bed の上限は、本層準中にある。

(9) 基準面⑧から基準面⑨ (大型の *Gephyrocapsa* の出現) まで

地質時代: 1.19Ma–1.36Ma

産出する主な石灰質ナノ化石: *Calcidiscus leptoporus*, *Coccolithus pelagicus*, *Gephyrocapsa oceanica*, *G. caribbeanica*, *G. spp. (large)*, *Helicosphaera sellii*, *Pseudoemiliana lacunosa* 等。

備考: Matuyama 逆磁極期中部に位置する。北陸地域の大桑層下部、新潟地域の西山層上部、男鹿半島の北浦層中部および房総半島の黄和田層中部が相当する。日本海側地域では、本層準を境に下位へ小型の *Gephyrocapsa* spp. 優勢から *Coccolithus pelagicus* 優勢へ変化する傾向が認められる。

(10) 基準面⑨から基準面⑩ (*Calcidiscus macintyre* の絶滅と *Gephyrocapsa oceanica* の出現) まで

地質時代: 1.36Ma–1.57Ma

産出する主な石灰質ナノ化石: *Calcidiscus leptoporus*, *Coccolithus pelagicus*, *Gephyrocapsa oceanica*, *G. caribbeanica*, *Helicosphaera sellii*, *Pseudoemiliana lacunosa* 等。

備考: Matuyama 逆磁極期中部に位置する。Leg 94, site 609 ではこの層準中に短い normal event が確認されている (TAKAYAMA & SATO, 1987)。同様な短い正磁極帯は、本層準に位置する房総半島上総層群の凝灰岩鍵層 Kd 22 の層準、新潟地域の鍵層 Iz の直上、北陸地域の大桑層下部にも認められる。

また、日本海側地域の浮遊性有孔虫では、上述の No. 2 *Globorotalia inflata* bed の下限が本層準中にある。

(11) 基準面⑩から基準面⑪ (*Gephyrocapsa caribbeanica* の出現) まで

地質時代: 1.57Ma–1.66Ma

産出する主な石灰質ナノ化石: *Calcidiscus leptoporus*, *C. macintyre*, *Coccolithus pelagicus*,

Gephyrocapsa caribbeanica, *Helicosphaera sellii*, *Pseudoemiliana lacunosa* 等。

備考: 基準面⑪は、Olduvai event の直上に位置する。

房総半島の凝灰岩鍵層 Kd 38 の直上、銚子地域の飯岡層下部、および男鹿半島の北浦層下部に相当層準がある。日本海側の浮遊性有孔虫化石群集は、*Globigerina* 属を主体とした単調な組成である。

(12) 基準面⑪から基準面⑫ (*Discoaster brouweri* の絶滅) まで

地質時代: 1.66Ma–1.91Ma

産出する主な石灰質ナノ化石: *Calcidiscus leptoporus*, *C. macintyre*, *Coccolithus pelagicus*, *Helicosphaera sellii*, *Pseudoemiliana lacunosa* 等。

備考: Matuyama 逆磁極期中部で、Olduvai event が含まれる。銚子地域の飯岡層最下部と房総半島の大原層下部から黄和田層下部が相当し、いずれも Olduvai event に対比できる顕著な normal event が認められている。日本海側地域では、*Discoaster* 属をほとんど産出しないため、基準面⑫を指摘できないが、秋田地域の笹岡層、天徳寺層、船川層、灘浦地域の藪田層、氷見地域の十二町層下部は、この層準またはそれより下位に位置することは確実である。

また、鮮新統/更新統境界の模式地である Vrica セクションでの結果では、本相当層準上限 (基準面⑪) の直下約 17m に鮮新統/更新統境界がある。したがって、石灰質ナノ化石から見た鮮新統/更新統境界は、基準面⑪の *Gephyrocapsa caribbeanica* の出現層準とするのが最も妥当である。

(13) 基準面⑫から基準面⑬ (*Sphenolithus abies* の絶滅) まで

地質時代: 1.91Ma–3.56Ma

産出する主な石灰質ナノ化石 (日本海側地域):

Calcidiscus leptoporus, *Coccolithus pelagicus*, *Crenolithus daronicoides*, *Helicosphaera sellii* 等。

備考: Matuyama 逆磁極期下部から、Gilbert 逆磁極期最上部の間に相当する。TAKAYAMA & SATO (1987) はこの間に *Discoaster* 属で規定される基準面を 3 枚指摘した。今回の一連の調査では、これに相当する太平洋側の層準は未調査でかつ調査を行なった日本海側地域では *Discoaster* 属をほとんど産出していない。したがって基準面⑫から基準面⑬の細かい議論はできない。しかし日本海側地域では、下位から上位へ *Crenolithus daronicoides*

優勢から *Coccolithus pelagicus* 優勢へ急激に変化する層準を認めている。この層準は、いずれも浮遊性有孔虫の No. 3 *Globorotala inflata* bed の上部に位置するが、古地磁気層序との正確な対応関係は不明である。

この層準における浮遊性有孔虫化石群集は、上述の No. 3 *G. inflata* bed が下半部で特徴的に認められるが、その上位は *Globigerina* 属を主体にした単調な組成となり、*Globigerina pachyderma* の巻き方向が左巻優勢になる特徴をもつ。この変化は、更新統中のものと類似するが、*G. pachyderma* の巻き方向変化が不安定であることと、浮遊性有孔虫全体に占める左巻個体の割合が小さいことなどで異なる。

7. おわりに

今回の一連の研究によって、最上部新生界の地質年代を約10万年のオーダーで決定することが可能となった。その結果、各地の第四系は従来よりはるかに精密に対比され、これを契機にして今後新生代後期の地史解明の試みが一層さかんになるであろう。

筆者らはまた、本論の最後で、南イタリアの鮮新統／更新統境界の模式地の石灰質ナンノ化石層序を明らかにした。これによって、筆者らの用いた石灰質ナンノ化石基準面と鮮新統／更新統境界の関係が明らかとなり、われわれは1948年の第18回万国地質学会議以来続けられてきた鮮新統／更新統境界に関する議論に最終的な決着をつけることができたと自負している。このことが微化石層位学や第四紀学の方面で、少しは寄与することになるのであれば、筆者らにとって大きな喜びである。

謝 辞

昨年から4回にわたって公表してきた一連の研究結果をここに総括するにあたり、貴重な試料を御提供いただき、かつ種々御教示を賜った秋田大学鉱山学部助教授、静岡大学理学部新妻信明助教授、日本天然瓦斯興業(株)三田勲氏、および熊本大学理学部尾田太良助教授、南イタリアの鮮新統／更新統境界の模式地に関して有益な御助言を頂いた東北大学理学部中川久夫教授、本論執筆にお手伝い頂いた金沢大学教養部佐藤雪江氏、また日頃御指導頂き、かつ本論公表の機会を与えられた帝国石油(株)常務取締役小松直幹博士、同取締役技術研究所長藤田嘉彦博士、および同理事探鉱部長菊池芳朗氏に心より御礼申し上げます。

文 献

- AGUIRRE, E. and PASINI, G., 1985: The Pliocene-Pleistocene boundary., *Episode* 8 (2), 116-120.
- CLEMENT, B.M. and ROBINSON, F., 1987: The magnetostratigraphy of Leg 94 sediments. In: RUDDIMAN, W.F., KIDD, R.B., THOMAS, E., et al., *Init., Repts. DSDP*, 94: Washington (U.S. Govt. Printing Office), 635-650.
- ERICSON, D.B., EWING, M. and WOLLIN, G., 1963: Pliocene-Pleistocene boundary in deep sea sediments. *Science*, (139), 727-737.
- GARTNER, S., Jr., 1977: Calcareous nannofossil biostratigraphy and revised zonation of the Pleistocene. *Mar. Micropaleontol.*, 2 (1), 1-25.
- 藤岡一男・高安泰助・的場保望・大口健志・秋田大学鉱山地質学教室, 1973: 秋田県男鹿半島地質図. 財団法人日本自然保護協会.
- 池辺 穰, 1962: 秋田油田地域における含油第三系の構造発達と石油の集積について. 秋田大学鉱山学部地研報告, (26), 1-59.
- 北村 信・中川久夫・尾田太良・浅野 清・的場保望・新妻信明・北里 洋・酒井豊三郎・小泉 格・高山俊昭, 1985: 環地中海地域新第三系・更新統模式層序に関する研究(資料集). 東北大, 地質学古生物学教室.
- 米谷盛寿郎, 1978: 東北日本油田地域における上部新生界の浮遊性有孔虫層序. 池辺展生教授記念論文集, 35-60.
- 真鍋健一・小林巖雄, 1988: 新潟堆積盆地における鮮新・更新統の古地磁気層序. 地質雑, 94 (2), 103-112.
- MARTINI, E., 1971: Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: FARINACCI, A (Ed.), *Plank. Conf. Roma, 1970 Proc.*, 2: Roma (Tecnoscienza), 738-785.
- MATOKA, Y., 1967: Younger Cenozoic foraminiferal assemblages from the Choshi district, Chiba Prefecture. *Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd ser. (Geol.)*, 38, 221-263.
- MATSUNAGA, T., 1963: Benthonic smaller foraminifera from the oil fields of northern Japan. *Tohoku Univ., Sci. Rep. 2nd ser. (Geol.)*, 35, 67-122.
- MCINTYRE, A., BÉ, A.W.H., and PREIKSTAS, R., 1967: Coccoliths and the Pliocene-Pleistocene boundary. *Progr. Oceanography*, 4, 3-25.

- 中川久夫, 1977: 地中海地域上部新生界層序調査について. (1). 化石 (27), 41-59.
- 中川久夫, 1978: 地中海地域上部新生界層序調査について. (2). 化石 (28), 7-23.
- 新妻信明, 1976: 房総半島における古地磁気層位学. 地質雑, 82 (3), 163-181.
- ODA, M., 1977: Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Late Cenozoic sedimentary sequences, Central Honshu, Japan. *Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd ser. (Geol.)*, 48, 1-72.
- OKADA, H. and BUKRY, D., 1980: Supplementary modification of code numbers to low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (BUKRY, 1973; 1975). *Mar. Micropaleontol.*, 5 (3), 321-325.
- 大村一蔵, 1930: 秋田中部及南部油田の地質及鉱床, 地質雑 37 (447), 付録特別号, 755-765.
- 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., 144.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗, 1987: 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序, その1: 新潟地域. 石技誌, 52 (3), 231-242.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗, 1988: 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序, その3: 秋田地域および男鹿半島. 石技誌 53 (3), 1-14.
- TAKAYAMA, T., 1969: Discoasters from Lamont Core V 21-98 (preliminary reports of the Philippine Sea cores. Part 2). *Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo*, 12, 431-450.
- 高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗・佐藤時幸・亀尾浩司, 1988: 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序, その2: 北陸堆積盆地. 石技誌 53 (1), 9-27.
- TAKAYAMA, T. and SATO, T., 1987: Coccolith biostratigraphy of the North Atlantic Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 94. In: *RUD-DIMAN, W.F., KIDD, R.B., THOMAS, E., et al., Init. Repts. DSDP, 94*: Washington (U.S. Govt. Printing Office), 651-702.
- 上床国夫, 1941: 本邦油田の地質構造の研究, (第1報)一本荘・黒沢尻間の第三紀層の層序及び地質構造. 石技誌, 9 (2), 63-92.

Plate 1

- 1a, b., 2a, b *Gephyrocapsa parallela* HAY and BEAUDRY. Sample OKW 123, Omma Formation
- 3a, b *Gephyrocapsa oceanica* KAMPTNER. Sample OGJ 18, Nishiyama Formation
- 4a, b., 5a, b *Geohyrocapsa oceanica* KAMPTNER, large. Sample YORG 18, Kiwada Formation
- 6a, b *Gephyrocapsa caribbeanica* BOUDEAUX and HAY. Sample YORG 18, Kiwada Formation
- 7a, b *Gephyrocapsa aperta* KAMPTNER. Sample OGJ 54, Haizume Formation
- 8a, b *Gephyrocapsa sinuosa* HAY and BEAUDRY. Sample OGJ 54, Haizume Formation
- 9a, b., 10a, b *Reticulofenestra* sp. A. Sample BSUS 14, Umegase Formation
- 11a, b., 12a, b *Pseudoemiliana lacunosa* (KAMPTNER) GARTNER. Sample BSUS 14, Umegase Formation
- 13a, b., 14a, b *Coccolithus streckerii* TAKAYAMA and SATO. Sample OGJ 67, Haizume Formation
- 15a, b *Coccolithus pelagicus* (WALLICH) SCHILLER. Sample KS 07, Sasaoka Formation

Plate 1

Plate 2

Plate 2

- 1a, b *Calcidiscus macintyre* (BUKRY and BRAMLETTE) LOEBLICH and TAPPAN. Sample KA 01, Namihana Formation
- 2a, b *Calcidiscus leptoporus* (MURRAY and BLACKMAN) LOEBLICH and TAPPAN. Sample OGJ 2, Haizume Formation
- 3a, b *Umbilicosphaera mirabilis* LOHMANN. Sample BSOD 24, Otadai Formation
- 4a, b *Helicosphaera carteri* (WALLICH) KAMPTNER. Sample BSKM 4, Kokumoto Formation
- 5a, b, 6a, b *Helicosphaera sellii* (BUKRY and BRAMLETTE) JAFAR and MARTINI. Sample KS 07, Sasaoka Formation
- 7a, b *Helicosphaera inversa* (GARTNER) HAQ. Sample A28, Iioka Formation
- 8a, b *Discolithina japonica* TAKAYAMA. Sample A 25, Iioka Formation
- 9a, b *Discolithina cf. japonica* TAKAYAMA. Sample OGJ 18, Nishiyama Formation
- 10a, b *Syracosphaera pulchra* LOHMANN. Sample BSUS 21, Umegase Formation
- 11a, b *Braarudosphaera bigelowii* (GRAN and BRAARUD) DEFLANDRE. Sample KS 07, Sasaoka Formation
- 12a, b *Rhabdosphaera clavigera* MURRAY and BLACKMAN. Sample BSKM 4, Kokumoto Formation
- 13a, b *Scapholithus fossilis* DEFLANDRE. Sample BSOD 14, Otadai Formation
- 14a, b *Ceratolithus cristatus* KAMPTNER. Sample A 17, Iioka Formation
- 15 *Discoaster brouweri* TAN SIN HOK. Sample A 3, Na-arai Formation
- 16 *Discoaster triradiatus* TAN SIN HOK. Sample A 3, Na-arai Formation