沖縄南部の鮮新—更新統境界付近の石灰質ナノプランクトン層序

西 田 史 朗*

Calcareous nannoplankton biostratigraphy around the Pliocene-Pleistocene boundary in the southern part of Okinawa-jima, Japan

Shiro NISHIDA*

Abstract Calcareous nannoplankton biostratigraphy around the Pliocene-Pleistocene boundary in a sub-tropical land-based section was revealed with a scanning electronmicroscope technique. Studied sequences develop in the southern part of Okinawa-jima, stratigraphically ranging from the Pliocene Shinzato Formation up to the Pleistocene Chinen Sand. Their boundary is set between underlying cross-laminated gray fine sandstone and overlying light brown sandstone and situated 2.5 m above the Kudeken Tuff.

In the section studied, seven calcareous nannoplankton events were recognized, that is, the disappearance of *Discoaster pentaradiatus*, the appearance of *Acanthoica quatuorospina*, the occurrence of *Gephyrocapsa caribbeanica*, the appearance of *Gephyrocapsa protohuxleyi*, the disappearance of *Cyclococcolithus macintyreii*, the extinction of *Discoaster brouweri* and the first appearance of *Gephyrocapsa oceanica* in ascending order.

Above all, the extinction of *Discoaster brouweri* and the first appearance of *Gephyrocapsa oceanica* are noticeable in relation to the first appearance of planktonic foraminifer *Globorotalia truncatulinoides* and the paleomagnetic Olduvai Event.

In the paper these micropaleontological events around the Pliocene-Pleistocene boundary are discussed and time-transgressive appearance of *Gephyrocapsa oceanica* is suggested.

はじめに

南西諸島上部新生界の石灰質ナノプランクトン層序について、西田 (1973 & 1977 a) は予察的に報告している。その中で鮮新—更新統境界を新里層上部におき、知念層との間に多少の時間間隙があるものとの従来の考え (MacNEIL, 1960) をうけ、知念層を下部更新統とした。

今回、沖縄本島南部の新里層から知念層に及ぶほぼ連続した層序断面から得た試料について、この鮮新—更新統境界付近の石灰質ナノプランクトン層序を再検討した。その結果、鮮新世後期から更新世初期にわたるナノプランクトン層序が得られ、この境界付近での本化石群の消長を明らかにすることができ、従来その層位とともに時代論についても問題をはらんでいた知念層について、見解を新たにすることができた。

さらに、更新世の始まりを示すとされてきた *Gephyrocapsa oceanica* の出現時期について、再検討の必要性を見出すに至った。

小論の発表にあたり、多くの錯誤を指摘され、有意義な示唆を与えられた査読者諸氏に心から感謝の意を表したい。本研究に使用した費用の一部は、文部省科学研究費補助金による。

新里層—知念層に関する研究の概略

南西諸島の上部新生界は HANZAWA (1935) の研究に始まる。彼はこれらの島々に分布する海成上部新生界に Shimajiri Beds と名付け、そこから我国で初めて *Coccolithophoridae* の産出を報告している。その中で Shimajiri Beds の年代について、下部は中新統、上部は中新統ないし鮮新統と考え、上位の琉球石灰岩を鮮新統とした。

この後、長期にわたる層位学的研究の中断の後、MacNEIL (1960) は Table 1 の層序をたてた。

さらに福田ほか (1970) と名取ほか (1971) は Table 2

1979 年 11 月 14 日 受理

* 奈良教育大学教育学部地学教室, Department of Earth Sciences, Nara University of Education, Nara, 630 Japan.

Table 1 Stratigraphy of the Upper Cenozoics in Okinawa-jima (MACNEIL, 1960).

Table 2 Stratigraphy of the Upper Cenozoics in the southern part of Okinawa-jima (FUKUTA *et al.*, 1970 and NATORI *et al.*, 1971).

の如く改訂した。

生層序に関して名取ほか (1971) は、島尻層群では下位から順に浮遊性有孔虫の *Pulleniatina primalis*, *Globorotalia humerosa*, *Globorotalia tumida* (s. s.), *Sphaeroidinella dehiscens*, *Globorotalia tosaensis* などが出現し、層群中で消滅するものとして *Globigerina nepenthes*, *Sphaeroidinellopsis seminulina*, *Globoquadrina altispira* (s. l.) などが認められ、これら以外にも *Globorotalia merotumida*, *Globorotalia crassaformis* (s. l.), *Globorotalia crassula* (s. l.), *Globorotalia hirsuta* (s. l.) などが検出されることから、BLOW (1969) の N. 16 から N. 21 にほぼ対比されるとしている。知念層は *Globorotalia truncatulinoides* で代表される群集を含み、N. 22 に相当するとしている。

福田ほか (1970) は、沖縄本島南部の新里層から *Globorotalia truncatulinoides*, *Globorotalia tosaensis*, *Globorotalia crassaformis*, *Globigerina inflata* の産出を報じ、本

層を宮崎平野の高鍋層中・上部に対比した。

NODA (1965, 1971 & 1972) は知念層と同層準とされてきた仲尾次層を軟体動物化石から鮮新統とし、高鍋一穴内一掛川層群に対比している。

西田 (1973) は、新里層の中で石灰質ナノプランクトンの *Discoaster challengeri*, *Discoaster pentaradiatus*, *Discoaster surculus*, *Discoaster variabilis* が消滅し、*Gephyrocapsa caribbeanica* が出現し、新里層の上部で *Cyclocolithus macintyreii* と *Discoaster brouweri* が消滅するとした。さらに知念層の模式地からは discoasters の各種も、*Gephyrocapsa oceanica* も産出しないとした。したがって、新里層は鮮新統上部、知念層は更新統下部であると考え、ナノプランクトン群集にかなりの差異があるとした。その後、西田 (1977a) は南西諸島の上部新生界石灰質超微化石層序を再び概観し、沖縄本島北部の模式地の仲尾次層と本部半島の今帰仁村運天付近の石灰質砂岩中のナノプランクトン群集のちがいを明らかにした。即ち、知念層と仲尾次層のそれは相互に対比できるが、運天付近の石灰質砂岩は *Gephyrocapsa oceanica* を豊産し、より上位に位置づけられるとした。

NATORI (1976) は沖縄本島的那覇—知念ルートで、新里層上部に *Globorotalia* (G.) *truncatulinoides* Datum Plane を設定し、新里層上部と知念層は同じ *Globorotalia* (G.) *truncatulinoides* Partial Range Zone に属するとし、BLOW (1969) の N. 22 に対比した。したがって鮮新—更新統境界は新里層の上部に位置することになる。また、彼は両層の間に不整合が存在するものとし、知念層は琉球層群に含まれるとした。

茨木 (1975) は沖縄本島南部・久手堅の新里層上部と模式地の知念層の岩相層序と *Globorotalia truncatulinoides* の産出状況から、両者の整合的漸移関係を示唆した。

さらに IBARAKI & TSUCHI (1975) は久手堅と知念の層序断面から、浮遊性有孔虫の *Globigerinoides conglobatus conglobatus*, *Globorotalia quadrilobatus sacculifer*, *Globorotalia quadrilobatus trilobus*, *Globigerinita glutinata*, *Orbulina universa*, *Globorotalia crassaformis classaformis*, *Globorotalia truncatulinoides*, *Pulleniatina obliquiloculata obliquiloculata* の普遍的産出を報じ、久手堅セクションでは *Globigerina bulloides bulloides* が一般的であり、知念セクションでは少ないが、両者の浮遊性有孔虫群集には大きな差異はなく、よく似た環境下の堆積と考えている。さらに久手堅セクションの上部から *Globorotalia truncatulinoides* の初出現を認め、上部へ向って産出がふえるとし、それ故に新里層の大部分を BLOW (1969) の N. 21, 新里層の上部と知念層を N. 22 とした。

高安 (1976) は知念層を島尻層群の最上部におき、琉球層群とは不整合で区別した。NODA (1976) と野田 (1977) は新里層と知念層の層序関係を、直接する露頭の詳細な検討から、両者の間には層序的間隙がないと結論した。

茨木 (1979) は今回扱ったセクションと同じ知名—久手堅の層序断面で、知念層の下 30 cm のところから *Globorotalia truncatulinoides* の産出し始めることを報じ、N. 21 と N. 22 の境界をここに引いている。

試料について

今回検討した試料は、沖縄本島南部・沖縄県島尻郡知念村の3露頭より得たものである。

1. CHINA : 知名集落の南西方, 134 m 標高点付近のゴルフ場建設地。

2. KUDEKEN : 久手堅・知念中学校グラウンド南側の崖。

3. CHINEN : 久手堅集落・74.4 m 水準点の東 200 m, 国道 331 号線北側の崖。

第1地点の知名南西方の露頭は、茨木 (1979) が知名—久手堅セクションとして示したものと一連の露頭と思われるが、試料採取当時はゴルフ場建設の整地工事の最終段階で、茨木 (1979) の示した下部はほとんど埋積され、今回取扱った部分は層厚にして 63 m にすぎない。

上部の凝灰岩層は、茨木 (1979) が久手堅凝灰岩層としたものに相当する。この層準より下部 14 m は淡灰色の凝灰岩質砂岩、灰色シルト岩、褐灰色シルト岩などよりなるが、それより下部は層理の明瞭でない灰色シルト岩となる。凝灰岩層の上位は、厚さ 2.5 m クロスラミナ

の発達した灰色細砂層とその上に淡褐色砂岩層が重なる。全体に走向は N25°E で、15°S の傾きを示し整合的である。新里層と知念層の境界は、クロスラミナの発達した灰色細砂岩層と淡褐色砂岩層の間に考えられている (茨木, 1979)。試料は本露頭の上部ではほぼ 1 m 間隔で、下部では 10 m 間隔で 38 試料を採取した。

第2地点は知念中学校グラウンド南側の崖で、層厚約 10 m, 走向 N 50°E で 10°N の傾きを示す。岩相的に第1地点の知念層に似た様相を示す。上部では褐色、下部では灰色の砂質泥岩ないしシルト岩よりなり、上部の褐色砂質泥岩中には貝殻片が散在する。この露頭では 50 cm 間隔で 16 試料を採取した。

第3地点は知念岬から久手堅への道路北側の崖で、知念層の模式地である。層厚約 10 m で、見かけ上水平に見える。下部は貝殻片を含んだ塊状の灰色砂岩で、上部では石灰質レンズないし石灰質団塊が多く見うけられる。この露頭では、50 cm 間隔で 18 試料を採取した。

以上の3露頭は直接連続しないが、全体的に知名西方のゴルフ場建設地の露頭が下位に、知念中学校グラウンドの露頭が中位に、知念岬の道路傍の露頭が上位に位置すると考えられ、層位的にも大きくかけ離れていないと思われる。

化石の処理と観察

採取した試料は西田 (1975) の方法で処理し、石灰質ナノプランクトン化石を濃集した。濃集した試料を懸濁した形で、イオンエッチング処理を施したガラス片に拡げ、ヒーターで乾燥させる。この際ガラス片に載せる精製試料の水量をできるだけ少なくし、沈降距離を短くすること、またガラス片上での試料の対流を防ぐため、ヒーターの温度を室温より 10 度程度高めに調節し、ゆっくり乾燥させる。このことにより笠形を示す形態の多い coccolith の外面観 (distal view) が得やすくなり、確率的に 50% の保証が得られるが、もし上記の逆を行なえば 100% の内面観 (proximal view) を得ることは容易である。

この後、Au をイオンスパッター法でコーティングし、走査電子顕微鏡下で同定しながら1試料について 300 個体以上を計数した。

それぞれの種の消滅時期は、連続して 1% 以上の産出を示していたものが、1% を割った時点を目安とし、保存状況を考えて決定した。なお「絶滅」の語は、ある種の消滅が汎世界的に確認された場合にのみ使うものと考え、多くは消滅を用いた。出現の時期は、下位の層準

Fig. 1 Index map of sampling routes in the southern part of Okinawa-jima. The topographic maps "Yonabaru" & "Chinen" 1:25,000, in scale, published by Geographical Survey Institute are adopted.

で見られなかったものが、1個体でも出現し引続き上位の層準で産出するようになる場所とした。

沖縄南部でのナンノプランクトン群集

今回取扱った試料から検出した石灰質ナンノプランクトンは44種に達し、そのうち生層位学的に有効なもの

は9種であるが、沖縄南部のセクションで、出現あるいは消滅するのはこのうち6種である。他に鮮新—更新統境界付近から報告のなかった数種は、今後の生層位資料として注目される。

本地域でナノプランクトン層位の上で重要なものとして、下位より次のものがある。*Discoaster pentaradiatus* の消滅 (OK-247 層準), *Gephyrocapsa caribbeana* の出現 (OK-236 層準), *Gephyrocapsa protohuxleyi* の出現 (OK-230 層準), *Cyclcoccolithus macintyreii* の消滅 (OK-217 層準), *Discoaster brouweri* の消滅 (OK-216 層準), *Gephyrocapsa oceanica* の出現 (OK-140 層準)。

産出例のこの地域からの初報告として *Acanthoica quatropina*, *Anthosphaera oryza*, ? *Calyptosphaera catillifer*, *Coronosphaera mediterranea*, *Discosphaera tubifer*, ? *Sphaerocalyptra papillifera*, *Syracosphaera variabilis*, *Umbilicosphaera hulburtiana* がある。とりわけ *Anthosphaera oryza*, ? *Calyptosphaera catillifer*, ? *Sphaerocalyptra papillifera* などの化石として保存され難く考えられる holococcolithus の産出は注目される。また, *Anthosphaera oryza* の安定した産出は、その生活史とも関係して、ナノプランクトンの分類上、生層位学上の検討材料を残す。

これらの他に今回扱った層序断面では、下部から上部へ連続して産出するものとして, *Coccolithus pelagicus*, *Cyclcoccolithus leptopora*, *Helicopontosphaera hyalina*, *Helicopontosphaera Kamptneri*, *Pontosphaera discopora*, *Pontosphaera japonica*, *Reticulofenestra japonica*, *Reticulofenestra pacifica*, *Pseudoemiliana lacunosa*, *Rhabdosphaera claviger*, *Syracosphaera pulchra*, *Umbilicosphaera sibogae* があり、散点的に産するものとして *Ceratolithus cristatus*, *Ceratolithus rugosus*, *Discolithina macropora*, *Helicopontosphaera wallichi*, *Scapholithus fossilis* (= *Anoplosolenia brasiliensis*) その他がみられる。

今回検討した石灰質ナノプランクトン群集の変化からは、新里層と知念層の間には急激な変化が見られず、この点からも茨木 (1975), 高安 (1976), NODA (1976) や野田 (1977) の指摘した如く、両者は整合的なものと考えたい。

Gephyrocapsa oceanica の出現時期について

ここでは、鮮新—更新統境界を論じる際に問題となる *Discoaster brouweri* の消滅, *Gephyrocapsa oceanica* の出現, *Globorotalia truncatulinoides* の出現に限って議論す

る。他の多くの提案されている基準面は、この境界より離れたり、あるいは地域的なもの、時間的傾斜があるものの、データとしてある地域について細かく報告されているが、他の地域では不足したりするものが多いからである。

もっとも、今回のように従来の報告結果を引用して論議しようとする際、特定の化石種について研究者間の同定が必ずしも一定していないきらいがあり、それに基づいた議論も不安定なものとなりがちである。すなわち、A氏のa種はB氏のa種ではない、またC氏のb種はA氏のa種に近い、などとする分類上の見解の不一致に基づくものである。一見理路整然と分類記載され体系だっているかに見えるが、現実には上の如くで、微化石層位学の分野で特に年代決定に有用とされている化石種に問題が多い。しかし、今回は敢えて研究者間に種の同定の差がないものとして取扱いたい。片よった考えかもしれないが、単独で他人の報告なり同定を総て再検討することは不可能に近いし、恣意的な資料の取捨選択は筆者の好むところではない。資料の蓄積を基に発展してきたこの分野の自然科学の進め方に逆行するとも考えたからである。もっとも先人の業績を総て鵜呑みにし、再検討を否定するものではない。研究発達的一段階として、今回の如き態度もまた意味があると思うからである。

Discoaster brouweri の絶滅と Olduvai Event

Discoaster 属の絶滅の最後が *Discoaster brouweri* であることは、もはや疑いの余地はない。また、その時期が Olduvai Event 末期であることも、多くの深海底コアおよび陸上セクションの研究から知られてきている。たとえば熱帯ないし亜熱帯太平洋・大西洋の RC-220, V28-239, V24-59, CH61-171, V16-205, KH73-4-7, KH73-4-8 などの深海底コア (HAQ *et al.*, 1977; TAKAYANAGI *et al.*, 1979) や、TAKAYAMA (1977) による Italy の Le Castella と Santa Maria di Catanzaro セクションの古地磁気層序と石灰質ナノプランクトンの産出頻度表を検討しても是認できる。

このように低緯度域・中緯度域にかかわらず *Discoaster brouweri* の絶滅は、Olduvai Event 末と考えるとよさそうである。但し、中緯度地域では一般に discoasters の産出頻度が低く、顕著な消滅の様相を示さないことが多い。

Globorotalia truncatulinoides の出現と Olduvai Event

上記の深海底コアの多くでは、*Globorotalia truncatulinoides* は Olduvai Event の初期、あるいはその直前に出

現する。我国の陸上セクションでも、房総半島では大原層中部の Olduvai Event の下限から *Globorotalia truncatulinoides* が出現し始め (ODA, 1977), 掛川では堀之内層上部の正帯磁帯, すなわち Olduvai Event 下部より *Globorotalia truncatulinoides* の産出が報告されている (YOSHIDA & NIITSUMA, 1976)。銚子地域においても、飯岡層の下底より *Globorotalia truncatulinoides* の産出が知られ (MATOBA, 1967), その後の飯岡層の再検討で、それに相当する春日層の大部分が Olduvai Event に当ると考える (KOIZUMI & KANAYA, 1976) とその直前に出現したことになる。

このように中緯度地域では *Globorotalia truncatulinoides* の出現時期は, Olduvai Event の下限前後に限定されるようにみえる。ただし, TAKAYANAGI *et al.* (1979) によると, 赤道太平洋において *Globorotalia truncatulinoides* の出現は Olduvai Event より上位にみられるとしている。

Globorotalia truncatulinoides と *Discoaster brouweri* の共存

したがって熱帯-亜熱帯地域では, *Discoaster brouweri* と *Globorotalia truncatulinoides* の共存が, 多くの層序断面において Olduvai Event を中心に認められる。この様子は, HAQ *et al.* (1977) の示した太平洋と大西洋の例でも明らかである。

沖縄本島南部の知名-久手堅セクションで, 茨木 (1979) は久手堅凝灰岩の直上のクロスラミナの発達する石灰質シルトがち砂層上部, すなわち知念層との境界より 30 cm のところの新里層最上部より *Globorotalia truncatulinoides* の初出現を報告している。

同じ層序断面で *Discoaster brouweri* は, 久手堅凝灰岩の直上, すなわち新里層最上部まで, 下位から連続して産出し消滅する。ここでは, *Globorotalia truncatulinoides* の初出現の層準まで約 2 m の間隙を示すが, ほとんど両者は入れ替わったと見なせよう。

今までのところ, この層序断面での公表された古地磁気層序は得られていないが, Olduvai Event 正帯磁帯は, この久手堅凝灰岩の直上, あるいはこの周辺に期待される。

Gephyrocapsa group について

Gephyrocapsa group にまつわる問題については, GARTNER (1977) がよく総括している。生層位学的に McINTYRE, BE & PREIKSTAS (1967) が *Gephyrocapsa* 属

の出現と *Discoaster brouweri* の絶滅の時期が, 深海底コアでは一致するとして以来, 鮮新-更新統境界を設定する有力な基準となっていた。しかし, *Gephyrocapsa* 属と discoasters の共存が多くの層序断面, 海洋底試料について気付かれ, 再検討されてきた。

一方 *Gephyrocapsa* 属の分類上の問題も検討されなくてはならない。*Gephyrocapsa* 属は本来 KAMPTNER (1943) が, central area に bridge structure を持つ placolith に与えたもので, 現在 16 種以上が記載されている。それらは, *Gephyrocapsa oceanica* KAMPTNER, *G. oceanica californiensis* KAMPTNER, *G. caribbeanica* BOUDREAUX & HAY, *G. lumina* BUKRY, *G. omega* BUKRY, *G. aperta* KAMPTNER, *G. ericsoni* McINTYRE & BE, *G. kamptneri* DEFLANDRE & FERT, *G. dentata* HALLDAL & MARKALI, *G. undulatus* LEGAL, *G. ornata* HEIMDAL, *G. gracillima* LEGAL & BERHEIM, *G. protohuxleyi* McINTYRE, *G. sinuosa* BUKRY, *G. dronicoides* (BLACK & BARNES) BUKRY, *G. producta* (KAMPTNER), *G. reticulata* NISHIDA などである。

これらのうち, 後の 3 種は *Gephyrocapsa* 属から他に移すべきものである。*G. lumina* と *G. omega* は *G. oceanica* の生態的な endmember と考えられ, 生層位学的に有用でない。*G. aperta* については, *G. oceanica* の central structure が欠落したものとみたい。*G. dentata*, *G. undulatus*, *G. gracillima* は現生群集に限られるようであり, *G. dentata* は生態上の問題をもつ。

Gephyrocapsa 属は *G. oceanica* を最大とし, 他は小型種が多く, *G. oceanica* 以外は光学顕微鏡下で識別するのは至難である。生層位学的に使える種として, *G. oceanica*, *G. caribbeanica*, *G. protohuxleyi* がある。*G. protohuxleyi* は, かつてその分布が Jaramillo Event 以降に限られると考えられていたが, その後のデータでは Olduvai Event より下るようであり, 確定していない。*G. caribbeanica* とされているものには, *G. sinuosa* とされているものと混同されている場合が多い。小論で *G. caribbeanica* としたものには, *G. sinuosa* を含む。*G. sinuosa* とされているものの多くは, 走査電子顕微鏡下で *G. caribbeanica* が calcite の secondary deposition を受けて肥厚しているように見えるからである。この意味での *G. caribbeanica* は, 我国の陸上層序断面では鮮新世中期に *Pseudoemiliana lacunosa* の出現に後れて現われ, *Reticulofenestra pseudoumbilica* と入れ替わる。

Fig. 2 Lithologic columns, sampling positions and stratigraphic distributions of important calcareous nannoplankton taxa obtained.

Fig. 3 Time-transgressive appearance of *Gephyrocapsa oceanica* KAMPTNER in western Pacific, with the controls of the extinction level of *Discoaster brouweri* TAN SIN HOK, the first appearance of *Globorotalia truncatulinoides* (d'ORBIGNY), paleomagnetic record and fission-track age. Horizontal lines in the range chart show the control of magnetic record and a line with ft. represents the control of fission-track age.

Gephyrocapsa oceanica の time-transgressive appearance

以上のように低緯度地域・中緯度地域を通じて、海洋底および陸上の多くの層序断面で Olduvai Event に伴って、*Globorotalia truncatulinoides* の出現と *Discoaster brouweri* の消滅が気付かれる。すなわち Olduvai Event の直前、あるいはその初期に *Globorotalia truncatulinoides* の出現が、Olduvai Event の中ないし末期に *Discoaster brouweri* の絶滅が限定される。次に Olduvai Event とこれらの微化石事件を中心に、*Gephyrocapsa oceanica* 出現の様相をたどる。

HAQ *et al.* (1977) によると、太平洋・大西洋の低緯度地域の深海底コア RC11-220, CH61-171, V16-205, V12-18 では、*Gephyrocapsa oceanica* はすべて Olduvai Event 以後に出現し、*Globorotalia truncatulinoides* の出現にかなり後れ、*Discoaster brouweri* とは共存しない。

沖縄南部の知名—久手堅—知念の層序断面でも、古地磁気層序の報告はないが、同様の関係が確認される。すなわち *Discoaster brouweri* は久手堅凝灰岩の直上で消滅し、*Globorotalia truncatulinoides* がそのやや上位より出現するが、*Gephyrocapsa oceanica* の出現は知念層の上部 (OK-140 層準) で確認され、豊産の時期はおそらく琉球石灰岩の堆積期に入ってからであろう。

フィリピン海・九州—パラオ海嶺北端の DSDP Leg 31, Site 296 では、海底下 64 m 付近で *Discoaster brouweri* が消滅し、入れ替わりに *Gephyrocapsa oceanica* の出現がみられるが (ELLIS, 1975), *Globorotalia truncatulinoides* の出現は同じく 68 m 付近である (UJIE, 1975)。

宮崎では、名取 (1979) によると宮崎県児湯郡新富町三納代の高鍋層上部 (M817) から *Globorotalia truncatulinoides* の産出が報告されている。*Gephyrocapsa oceanica* は、この層準より層位的に上位に当たる同県児湯郡高鍋町下永谷の高鍋層上部 (MY-20 層準) より出現する (西田, 1980)。この地域での *Discoaster brouweri* の消滅はこれより下位で、名取 (1979) の M 817 点に接近した MY-18 地点である (西田, 1980)。

掛川地域では、土・茨木 (1979) によると *Globorotalia truncatulinoides* は、堀之内層上部の細谷 Tuff の直下から出現する。この凝灰岩の Fission track 年代は 1.9 Ma とされている (土・茨木, 1979)。この地域での *Gephyrocapsa oceanica* の出現は、東荻間—堀之内—結縁寺ルート、平尾—土方ルートとも細谷 Tuff の上部で確認できる (西田, 1978)。

房総半島では、ODA (1977) によると *Globorotalia trun-*

catulinoides の出現を大原層中部に認め、新妻ほか (1972) が報告したこの付近の正常磁帯を Olduvai Event に対比した。この地域での *Gephyrocapsa oceanica* の出現は、小櫃川の支流ボケ沢の黒滝層中に認められている (西田, 1977b) が、大原層については検討されておらず、ここでの *Globorotalia truncatulinoides* 出現との前後関係の確認は今後に残されている。

銚子地域での *Globorotalia truncatulinoides* の出現は飯岡層下部、今日の春日層中に認められ (MATOBA, 1967), *Gephyrocapsa oceanica* の出現は下位の名洗層中に確認される (西田, 1977b)。KOIZUMI & KANAYA (1976) が示した春日層の正常磁帯を Olduvai Event に対比したことは的を射ている。

この様相は、Pliocene-Pleistocene 境界の模式地とされている Italy の Le Castella においても認められる。HAQ *et al.* (1977) はここで、Pliocene-Pleistocene 境界の marker bed の直上より *Globorotalia truncatulinoides* を、その下位より *Gephyrocapsa oceanica* の産出を報告している。同じ層序断面で TAKAYAMA (1977) は、Calabrian 下部より *Gephyrocapsa oceanica* を検出している。*Gephyrocapsa oceanica* が *Globorotalia truncatulinoides* に先立って出現する様子は Santa Maria di Catanzaro でも確認されている (HAQ *et al.*, 1977)。

世界各地での *Globorotalia truncatulinoides*, *Discoaster brouweri* の産出層準と古地磁気層序の検討より、*Gephyrocapsa oceanica* の出現は、中緯度地域では早く、既に鮮新世末期に Olduvai Event に先立って出現し、一方熱帯地域では Olduvai Event 後に出現する様子は確からしい。本章の初めにも記したように化石種の同定上の問題を含み、またすべての引用した層序断面について古地磁気層序と放射年代が明確に示されているわけではないが、*Gephyrocapsa oceanica* の出現時期は、緯度により異なり時間軸に斜交するらしいことは十分に推察される。その詳細と原因の検討はこれからである。

文 献

- BLOW, W. H., 1969: Late middle Eocene to Recent planktonic foraminifera biostratigraphy. In BRÖNNIMANN, P. & RENZ, H. H. (eds.), *1st Internat. Congr. Plankton. Microfossils*, 1, 199—421, Brill, Leiden.
- ELLIS, C. H., 1975: Calcareous nannofossil biostratigraphy—Leg 31, DSDP. In KARIG, D. E., INGLE, J. C., Jr., *et al.* (eds.), *Initial Rep. Deep Sea Drilling Project*, 31, 655—676, U. S. Govt. Print. Office, Washington, D. C.
- 福田 理ほか 24 名, 1970: 第 5 次沖縄天然ガス資源調査・研究概報。地調月報, 21—11, 627—672。

- GARTNER, S., 1977: Calcareous nannofossil biostratigraphy and revised zonation of the Pleistocene. *Mar. Micropal.*, **2**, 1—25 incl. 4pls.
- HANZAWA, S., 1935: Topography and geology of Riukiu Islands. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, [2], **17**, 1—61.
- HAQ, B. U., BERGGREN, W. A., and VAN COUVERING, J. A., 1977: Corrected age of the Pliocene/Pleistocene boundary. *Nature*, **269**, 483—488.
- 茨木雅子, 1975: 沖縄本島の 新第三系・第四系について. 静岡大地球科学研報, **1**, 1—9.
- , 1979: 沖縄本島・島尻層群上部の浮遊性有孔虫層序と *Amussiopecten iitomiensis* (OTUKA) の産出. 同上, **4**, 25—32.
- IBARKI, M., and TSUCHI, R., 1975: Planktonic foraminifera from the upper part of the Neogene Shimajiri Group and the Chinen Sand, the Okinawa Islands. *Rep. Fac. Sci., Shizuoka Univ.*, **10**, 129—143.
- KAMPTNER, E., 1943: Revision der Coccolithineen-Spezies *Pontosphaera huxleyi* LOHMANN. *Akad. Wiss. Anz., Math.-Naturw. Kl.*, **81**, 43—49.
- KOIZUMI, I., and KANAYA, T., 1976: Late Cenozoic marine diatom sequence from the Choshi district, Pacific coast, central Japan. In TAKAYANAGI, Y., and SAITO, T., (eds.), *Progress in Micropaleontology*, 144—159, 1pl. Micropal. Press, N. Y.
- MATODA, Y., 1967: Younger Cenozoic foraminiferal assemblages from the Choshi district, Chiba Prefecture. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, [2], **38-2**, 221—263, pls. 25—30.
- MACNEIL, F. S., 1960: Tertiary and Quaternary gastropoda of Okinawa. *Geol. Surv. Prof. Pap.*, **339**, 1—131, U. S. Geol. Surv.
- McINTYRE, A., BE, A. W. H., and PREIKSTAS, R., 1967: Coccoliths and the Pliocene-Pleistocene boundary. In SEAR, M. (ed.), *Progress in Oceanography*, **4**, 3—25, Pergamon, Oxford.
- NATORI, H., 1976: Planktonic foraminiferal biostratigraphy and datum planes in the late Cenozoic sedimentary sequences in Okinawa-jima, Japan. In TAKAYANAGI, Y., and SAITO, T., (eds.), *Progress in Micropaleontology*, 214—243, pls. 1—6, Micropal. Press, N. Y.
- 名取博夫, 1979: 宮崎地域. 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 (土 隆一編), 7—9.
- , 石田正夫, 福田 理, 1971: 島尻層群の浮遊性有孔虫層序. 連合学術大会講演要旨, 374.
- 新妻信明・木村勝弘・酒井豊三郎, 1972: 日本の油田ガス田の新第三系古地磁気層序について. 石油技協誌, **37-7**, 411—415.
- 西田史朗, 1973: 南西諸島上部新生界石灰質超微化石群の予察的研究. 地質学論集, no. 8, 65—75.
- , 1975: 超微化石と走査型電子顕微鏡. NOM (大阪微化石研究会誌), **3**, 1—15.
- , 1977a: 琉球列島上部新生界の石灰質超微化石層序. 海洋科学, **9**, 525—529.
- , 1977b: 南関東下部更新統の石灰質超微化石層序. 奈良教育大紀要, **26-2**, 19—38.
- , 1978: 相良・掛川地域上部新生界の石灰質超微化石層序. 同上, **27-2**, 85—97.
- , 1980: 宮崎地域上部新生界の石灰質超微化石層序. 同上, (投稿中).
- NODA, H., 1965: Some fossil Anadara from southwest Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, **59**, 92—109.
- , 1971: New Anadarid and associated molluscan fauna from Haneji Formation, Okinawa-jima, Ryukyu Islands. *Ibid.*, **81**, 27—51, pls. 6—7.
- , 1972: Some fossil pteropoda from Miyazaki and Okinawa Prefecture, Southwest Japan. *Ibid.*, **88**, 472—484, pl. 57.
- , 1976: Preliminary notes on the bathyal molluscan fossils from the Shinzato Formation, Okinawa-jima, Okinawa Prefecture, Japan. *Ann. Rep., Univ. Tsukuba*, **2**, 40—41.
- 野田浩司, 1977: 沖縄本島南部における新里層と知念層の層序関係とその意義について. 琉球列島の地質学研究 (木崎甲子郎編), **2**, 55—60.
- ODA, M., 1977: Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Late Cenozoic sedimentary sequence, Central Honshu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, [2], **48-1**, 1—72, pls. 1—10.
- TAKAYAMA, T., 1977: Some remarks on Pliocene-Pleistocene calcareous nannofossils from Le Castella and Santa Maria di Catanzaro, southern Italy. *Giorn. Geol.*, [2], **41**, 115—122.
- TAKAYANAGI, Y., TAKAYAMA, T., SAKAI, T., ODA, M., and KATO, H., 1979: Late Cenozoic micropaleontological events in the equatorial Pacific sediments. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, [2], **49-1**, 71—87, pls. 1—2.
- 高安克己, 1976: 沖縄本島における 第四系層序の再検討. 琉球列島の地質学研究 (木崎甲子郎編), **1**, 79—96.
- 土 隆一・茨木雅子, 1979: 掛川地域. 日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基礎資料 (土 隆一編), 12—14.
- UJRIÉ, H., 1975: Planktonic foraminiferal biostratigraphy in the western Philippine Sea, Leg 31 of DSDP. in KARIG, D. E., INGLE, J. C., Jr., et al. (Eds.), *Initial Rep. Deep Sea Drilling Project*, **31**, 677—689. U. S. Govt. Print. Office, Washington, D. C.
- YOSHIDA, K., and NIITSUMA, N., 1976: Magnetostratigraphy in the Kakegawa district. in TSUCHI, R., (Ed.), *Guidebook for excursion 3, Kakegawa district. Ist CPNS, Tokyo*, 1976, 54—59.

Explanation of plates

Scanning electronmicroscope photographs taken with HITACHI S-310 FE-SEM.

Scale bar represents 1 micrometer.

Plate I

1. *Reticulofenestra japonica* (NISHIDA) NISHIDA, Distal side of a placolith. OK-247. NUESEM-S 1028.
2. *Gephyrocapsa sinuosa* BUKRY, Distal side of a placolith. OK-108. NUESEM-S 1038.
3. Gen. & Sp. indet., Oblique view of a placolith. OK-109. NUESEM-S 1042.
4. Gen. & Sp. indet., Side view of a placolith. OK-215. NUESEM-S 1005.
5. *Reticulofenestra japonica* (NISHIDA) NISHIDA, Distal side of a placolith. OK-247. NUESEM-S 1026.
6. *Gephyrocapsa* cf. *protoluxleyi* MCINTYRE, Distal side of a placolith. OK-112. NUESEM-S 1051.
7. *Umbilicosphaera sibogae* (WEBER VAN BOSSE) GAARDER, Distal side of a placolith. OK-246. NUESEM-S 1024.
8. *Pontosphaera discopora* SCHILLER, Proximal side of a pontolith. OK-247. NUESEM-S 1030.
9. *Reticulofenestra pacifica* NISHIDA, Distal side of a placolith. OK-228. NUESEM-S 1015.
10. *Cyclococcolithus leptopora* (MURRAY & BLACKMAN) KAMPTNER, Distal side of a placolith. OK-111. NUESEM-S 1049.
11. *Cyclolithella annula* (COHEN) MCINTYRE & BE, Proximal side? of a placolith. OK-248. NUESEM-S 1032.
12. *Pontosphaera japonica* (TAKAYAMA) BURNS, Proximal side of a pontolith. OK-234. NUESEM-S 1019.
13. *Pseudoemiliana lacunosa* (KAMPTNER) GARTNER, Distal side of a placolith. OK-108. NUESEM-S 1041.
14. *Hyaster perplexus* (BRAMLETTE & RIEDEL) BUKRY, Distal side of a placolith. OK-219. NUESEM-S 1011.
15. *Pontosphaera discopora* SCHILLER, Distal side of a placolith. OK-110. NUESEM-S 1047.
16. *Ceratolithus rugosus* BUKRY & BRAMLETTE, Side view of a ceratolith. OK-222. NUESEM-S 1012.
17. *Reticulofenestra japonica* (NISHIDA) NISHIDA, Coccosphere. OK-136. NUESEM-S 1052.
18. ?*Gephyrocapsa oceanica* KAMPTNER, Coccosphere. OK-110. NUESEM-S 1046.
19. *Coccolithus pelagicus* (WALLICH) SCHILLER, Coccosphere. OK-103. NUESEM-S 1033.
20. *Oolithotus fragilis* (LOHMANN) OKADA & MCINTYRE, Coccosphere. OK-218. NUESEM-S 1009.

Plate II

1. *Helicopontosphaera kamptneri* HAY & MOHLER, Distal side of a pontolith. OK-111. NUESEM-S 1048.
2. *Syracosphaera pulchra* LOHMANN, Distal side of a cancolith. OK-246. NUESEM-S 1025.
3. *Discoaster brouweri* TAN SIN HOK Three ray form. OK-217. NUESEM-S1007.
4. *Anoplosolenia brasiliensis* (LOHMANN) DEFLANDRE, Distal side of a scapholith. OK-108. NUESEM-S 1036.
5. *Helicopontosphaera wallichi* (LOHMANN) BOUDREAUX & HAY, Proximal side of a pontolith. OK-108. NUESEM-S1039.
6. *Coronosphaera mediterranea* (LOHMANN) GAARDER, Distal side of a cancolith. OK-109. NUESEM-S 1045.
7. *Discoaster brouweri* TAN SIN HOK, Six ray form. OK-246. NUESEM-S1023.
8. *Calyptrosphaera catillifera* (KAMPTNER) GAARDER, Distal side of a calyptrolith. OK-230. NUESEM-S 1016.
9. *Helicopontosphaera hyalina* (GAARDER) HAQ, Proximal side of a pontolith. OK-109. NUESEM-S 1044.
10. *Syracosphaera variabilis* (HALLDAL & MARKALI) OKADA & MCINTYRE, Distal side of a exothecal cyrtolith. OK-212. NUESEM-S 999.
11. *Discoaster pentaradiatus* BRAMLETTE & RIEDEL, OK-248. NUESEM-S 1031.
12. *Homozygosphaera* sp., Distal side of a zygolith. OK-143. NUESEM-S 1054.
13. *Helicopontosphaera sellii* BUKRY & BRAMLETTE, Distal side of a pontolith. OK-108. NUESEM-S 1040.
14. *Acanthoica quatuorospina* LOHMANN, Distal side of a rhabdolith. OK-140. NUESEM-S1053.
15. *Rhabdosphaera claviger* MURRAY & BLACKMAN, Side view of a rhabdolith. OK-234. NUESEM-S 1021.
16. *Discolithina macropora* DEFLANDRE, Side view of a discolith. OK-108. NUESEM-S1037.
17. *Discosphaera tubifer* (MURRAY & BLACKMAN) OSTENFELD, Side view of a discolith. OK-230. NUESEM-S 1017.
18. *Scyphosphaera pulcherima* DEFLANDRE, Side view of a lopadolith. OK-226. NUESEM-S1014.
19. *Rhabdosphaera claviger* MURRAY & BLACKMAN, Side view of a rhabdolith. OK-247. NUESEM-S 1027.
20. ?*Anthosphaera oryza* (SCHLAUDER) GAARDER, Side view. OK-215. NUESEM-S 1003.