

播磨平野東部に分布する明美累層・高塚山部層の 石灰質ナンノ化石

加藤 茂弘¹⁾・堀内 誠示²⁾・佐藤 裕司³⁾・
松原 尚志¹⁾・古谷 裕³⁾

Calcareous Nannofossil of the Takatsukayama Member of the Meimi Formation in the Eastern Part of the Harima Plain, Western Japan

Shigehiro KATO¹⁾, Seiji HORIUCHI²⁾, Hiroshi SATO³⁾,
Takashi MATSUBARA¹⁾, Hiroshi FURUTANI³⁾

Abstract

The Takatsukayama Member of the Meimi Formation is distributed at the western foothills of the Rokko Mountains, western Japan, and has been known as a Middle Pleistocene deposit intercalating a marine clay bed. Calcareous nannofossil assemblages in marine clay sediments were analyzed to clarify the biostratigraphic age of the marine clay bed. The assemblages were dominated by *Gephyrocapsa caribbeanica* and *G. oceanica* together with the small type of *Gephyrocapsa* spp., while *Pseudoemiliana lacunosa* (the last appearance datum of 0.41 Ma) and *Emiliana huxleyi* (the first appearance datum of 0.25 Ma) were absent in all sediment samples. This result is consistent with our previous inference that the marine bed of the Takatsukayama Member was deposited during the period corresponding to the oxygen isotope stage 11 as derived from the eruption age (ca. 0.4 Ma) of the Takatsukayama volcanic ash layer.

Key words : Takatsukayama Member of the Meimi Formation, marine clay beds, calcareous nannofossil, Middle Pleistocene, oxygen isotope stage.

はじめに

播磨平野東部に分布する大阪層群は、鮮新-更新統の明石累層とそれを不整合に覆う中部更新統の明美累層に区分され、後者は下位より、朝霧部層・高塚山部層・岩岡部層に細分されている(髯本・前田, 1989)。これら3部層はそれぞれ、川西粘土層、高塚山粘土層、赤阪粘土層とよばれる海成粘土層を挟在し(市原ほか, 1960)、さらに朝霧部層は舞子貝層(Makiyama, 1923)を、高塚山部層は高塚山貝層(福田・安藤, 1951; 安藤, 1953)を挟在する。これら鮮新統~更新統の中で明石累層は、火山灰の対比、古地磁気層序、産出化石等に基づいて大

阪地域の大阪層群下部・最下部に対比された(居川・市原, 1993)。しかし、明美累層の各部層が大阪地域の大阪層群や高位段丘層のどの層準に対比されるのかについては諸説(藤田・笠間, 1983; 藤田・前田, 1984; 居川・市原, 1993など)があり、長く問題とされてきた。

最近になって加藤ほか(1999)は、高塚山部層の海成層直下に挟在する高塚山火山灰から 0.41 ± 0.12 Maのフィッション・トラック年代を得た。そして、この火山灰を大阪層群Ma 9層中の港島II火山灰(宮川ほか, 1996)と、約390kaに降灰したと推定される(吉川・井内, 1993)琵琶湖高島沖ボーリングコア中のBT76火山灰(吉川・井内, 1991)に対比し、この海成層が酸素同

¹⁾ 兵庫県立人と自然の博物館 地球科学研究部 Division of Earth Sciences, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, Yayoigaoka 6, Sanda, 669-1546 Japan.

²⁾ パリノ・サーヴェイ株式会社 Palynosurvey Co., Ltd., Okanogou-Tozaki 559-3, Fujioka, 375-0011 Japan.

³⁾ 姫路工業大学 自然・環境科学研究所 Institute of Natural and Environmental Sciences, Himeji Institute of Technology, Yayoigaoka 6, Sanda, 669-1546 Japan.

位体ステージ11の時代に堆積したと考えた。

一方、海成層に含まれる多くの微化石の中で、石灰質ナノ化石は、後期新生代層の地質年代決定に最も有効な化石の一つとみなされる。後期鮮新世以降には、21のナノ化石対比基準面が認定され (Takayama and Sato, 1987; 佐藤・高山, 1988; Sato et al., 1992; Sato et al., 1998), その適用範囲が極めて広く、かつ対比精度も高いことが示された (佐藤ほか, 1999)。大阪湾地下の第四系についても、主に石灰質ナノ化石基準面の年代に基づいた酸素同位体ステージとの対比が試みられている (中世古編, 1984)。

そこで本研究では、高塚山部層の海成層について石灰質ナノ化石分析を行い、その種群組成を明らかにするとともに、海成層の地質年代について考察した。

高塚山部層の岩相層序と試料採取層準

分析用試料は、高塚山部層の模式地である若葉学園南の露頭 (図1) から採取した。以下に加藤ほか (1999) に基づき、採取地点における高塚山部層の岩相層序の概要と試料の採取層準を述べる。

模式地に現在露出する本部層は厚さ約14mで、層相に基づきI~IVの4つのユニットに区分される (図1)。ユニットIは厚さ3.6m以上で、下位より、暗灰色砂質粘土、暗赤灰色シルト質細砂、暗灰色粘土から構成され、上限付近に灰白色~白色を呈する高塚山火山灰層 (髯本・前田, 1989) を挟在する。ユニットIIは厚さ1.2mで、ユニットIを軽微な浸食面を伴って覆い、貝類化石が密集する暗灰色粘土から構成される。ユニットIIIは厚さ4.1mで、下位より、下部に貝類化石を、上部に植物化石を含む黄灰色粘土質シルト~シルト、植物化石を含む黄灰色~黄褐色シルト質砂、植物化石を散在的に含み平行葉理の見られる灰色~緑灰色の細~中粒砂から構成される。ユニットIVは厚さ5m以上で、下位より、西方へ厚さを増し下部に平行葉理が見られる褐色の中粒~粗粒砂、斜交葉理が見られ細礫サイズの垂角礫~垂円礫のレンズを挟む褐色~黄褐色の粗粒~中粒砂から構成される。珪藻分析から推定される堆積環境は、ユニットIが湖沼ないし沼沢地成、ユニットII~IVが海成で、このうちユニットII・IIIは内湾性の環境下で堆積したと推定されている (佐藤ほか, 1997)。

分析試料は、石灰質ナノ化石の産出が最も期待できるユニットIIから採取した。露頭面はイオウ化合物が析出し、風化が進行しているため、露頭面を奥行き・深さとも30cm以上掘り下げてから、できるだけ新鮮な堆積物を採取した。試料は、ユニットII上限から30cm, 50cm, および70cm下位の層準において、縦5cm×横10cm×高さ5cm程度のブロック部分から採取し、下位より順に、試料番号をNo.1, No.2, No.3とした。

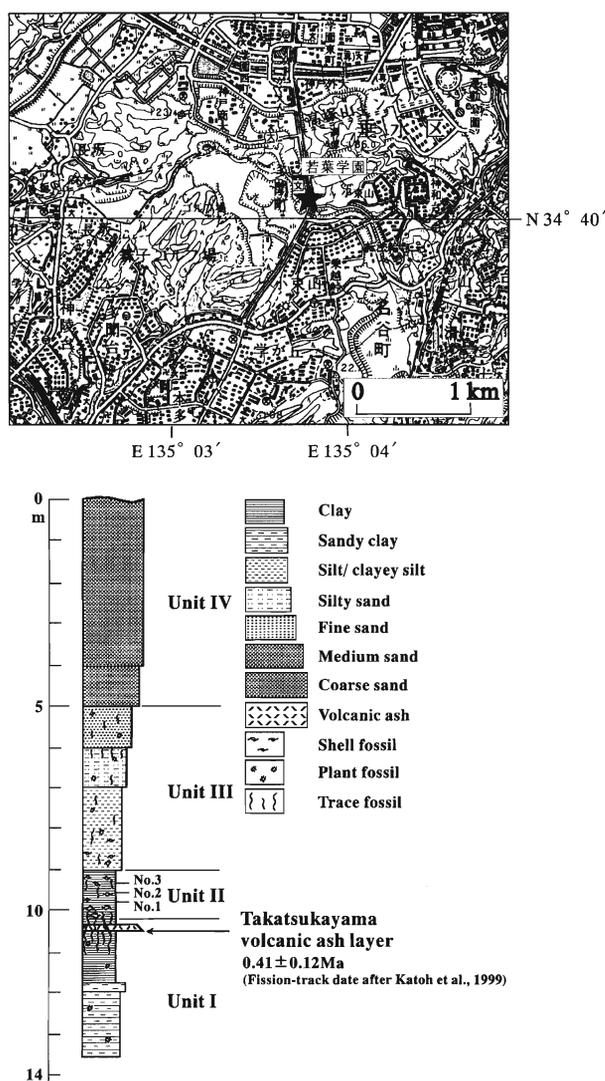


図1 試料採取地点と露頭柱状図

分析方法

検鏡用プレパラートは、基本的に高山 (1978) の方法に従って作成した。試料約1gをピーカーに移し20ml程度の水を加え、良く攪拌して懸濁液を作る。これを約30秒間放置した後、懸濁液の上層部をストローに吸い取り、カバーガラス全面に広がるように静かに滴下し、ホットプレート上で40℃前後で乾燥させる。完全に乾燥したのを確認した後、カバーガラスを光硬化接着剤によって封入し、検鏡用プレパラートを作成した。

検鏡は、偏光装置を備えた位相差顕微鏡を用い、1500倍で行った。計数は、有光帯下部に生育するとされる *Florisphaera profunda* を除き200個体を目安に行い、さらにプレパラート全体を精査して産出種の見落としがないように努めた。通常の試料の場合には *Florisphaera profunda* が非常に多く含まれ、本種を計数目標個体に加えると産出個体の9割以上を占めることも珍しくない。このため、他の時代指標種等の産出傾向を読み取り

やすくするため、本種を計数個体から除いた。

同定は、Aubry (1985), Perch-Nielsen (1985) 等を参照して行った。しかし、*Gephyrocapsa* 属等のプラコリス型の種類は、bridge elements (殻の一部) が壊れている場合、他の種群と類似し区別が困難なため、同定せずにElliptical placolithとして表示した。

Gephyrocapsa 属に関しては殻径による区分がなされ、通常はLarge, MediumおよびSmallという3つの区分名称が使用されている。この区分には、Matsuoka and Okada (1989) とTakayama and Sato (1987) の2通りがある。本研究では、まず観察に際して詳細な殻径区分を行い、Takayama and Sato (1987) に従ってLarge・Medium・Smallに区分した。

結 果

分析試料からの化石産出率はいずれも多いとは言えないものの、検鏡によって200個体以上の石灰質ナノ化石を検出することができた。検出された石灰質ナノ化石は、

石は、下位の試料No.1では、殻の一部が破損あるいは溶解したものが少なく、保存状態は比較的良好であった。しかし、試料No.2, 3では破損と溶解の程度が大きく、保存状態は不良であった。検出された石灰質ナノ化石は、8属・10種・種不明6の計16分類群である(表1)。代表的な石灰質ナノ化石の位相差顕微鏡写真(クロスニコル)を、図版に示した。

3つの試料では、検出された種群の構成は、ほぼ同様である。いずれの試料も、石灰質ナノ化石群集は、*Braarudosphaera bigelowii*, *Dictyococcites productus*, *Gephyrocapsa aperta*, *Gephyrocapsa caribbeanica*, *Gephyrocapsa oceanica*, *Gephyrocapsa* spp. (small), *Syracosphaera pulchra* 等の種類から構成される。*Gephyrocapsa caribbeanica* と *Gephyrocapsa oceanica* では、3つの試料のいずれでも、検出種群の半数以上をこの2種の殻径3~3.9 μ の個体が占める。殻径4 μ 以上の個体も検出されたが、殻径6 μ を超える個体は検出されなかった。

表1 石灰質ナノ化石分析結果

種 類	試料番号		No.1		No.2		No.3	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
<i>Braarudosphaera bigelowii</i> (Gran and Braarud) Deflandre	2	0.9	-	-	1	0.4		
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray and Blackman) Loeblich & Tappen	2	0.9	-	-	-	-		
<i>Cyclagelosphaera margerelii</i> Noel	1	0.5	-	-	1	0.4		
<i>Dictyococcites productus</i> (Kamptner) Backman [round]	2	0.9	4	1.9	8	3.6		
<i>Dictyococcites</i> spp.	1	0.5	1	0.5	1	0.4		
<i>Gephyrocapsa aperta</i> Kamptner	2	0.9	-	-	8	3.6		
<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i> Boudreaux and Hay [medium:4-4.9 μ]	-	-	10	4.7	6	2.7		
<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i> Boudreaux and Hay [medium:3-3.9 μ]	28	13.3	32	14.9	71	31.6		
<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i> Boudreaux and Hay [small:2.5-2.9 μ]	18	8.5	4	1.9	20	8.9		
<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i> Boudreaux and Hay [total:2.5-4.9 μ]	46	21.8	46	21.4	97	43.2		
<i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner [medium:5-5.9 μ]	-	-	4	1.9	-	-		
<i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner [medium:4-4.9 μ]	24	11.4	40	18.6	14	6.2		
<i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner [medium:3-3.9 μ]	72	34.1	74	34.4	42	18.7		
<i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner [small:2.5-2.9 μ]	8	3.8	2	0.9	2	0.9		
<i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner [total:2.5-5.9 μ]	104	49.3	116	55.8	58	25.8		
<i>Gephyrocapsa</i> spp. [small:<2.5 μ]	8	3.8	4	1.9	16	7.1		
<i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich) Kamptner	1	0.5	-	-	-	-		
<i>Helicosphaera wallichii</i> (Lohmann) Boudreaux & Hay	1	0.5	-	-	-	-		
<i>Helicosphaera</i> spp.	1	0.5	-	-	-	-		
<i>Reticulofenestra</i> spp.	2	0.9	-	-	1	0.4		
<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann	-	-	7	3.3	3	1.3		
<i>Syracosphaera</i> spp.	-	-	1	0.5	1	0.4		
Elliptical placolith	38	18.0	32	14.9	30	13.3		
石灰質ナノ化石総数	211	100.0	215	100.0	225	100.0		
<i>Florisphaera profunda</i> Okada & Honjo	-	-	-	-	-	-		
<i>Florisphaera profunda elongata</i> Okada & McIntyre	-	-	-	-	-	-		
<i>Coccosphere</i>	-	-	-	-	-	-		
Abundance		F		R		VR		
Preservation		M		P		P		

* Abundance, F:few, R:rare, VR:very rare; Preservation, M:moderate, P:poor.

考 察

中部中新統以上に認められた21の石灰質ナノ化石生層序基準面 (Takayama and Sato, 1987; 佐藤・高山, 1988; Sato et al., 1992; Sato et al., 1998など) との関係と, 古地磁気層序との関係から算出された各基準面の年代 (佐藤ほか, 1999) に基づき, 高塚山部層の海成層の地質年代について検討する (図2)。

分析試料から検出された種群の中で, 時代指標種は *Gephyrocapsa caribbeanica*, *Gephyrocapsa oceanica* および *Gephyrocapsa* spp. (small) である。これらの出現時代は, *Gephyrocapsa* spp. (small) が最も古く後期鮮新世の4Ma頃 (Okada and Bukry, 1980のCN11b亜帯) とされ, *Gephyrocapsa caribbeanica* が前期更新世の1.73Maに, *Gephyrocapsa oceanica* が少し遅れて1.65Maに出現し, いずれも現在まで生存している (佐藤ほか, 1999)。したがって, *Gephyrocapsa oceanica* が認められることから, 分析試料の地質時代が少なくとも1.65Ma以降であることは確実である。

前期更新世以降には, 他にもいくつかの時代指標種が出現・絶滅している。*Gephyrocapsa* 属の殻径 6μ を超える大型個体は, *Gephyrocapsa oceanica* 出現直後の1.45Maに現われ, 1.21Maに絶滅した。1.27Maには鮮新世以前から生存してきた *Helicosphaera sellii* が絶滅し, 1.16Maに *Reticulofenestra asanoi* の殻径 6μ 以上の個体が出現し始め, 0.85Maに絶滅する。さらに0.41Maには, 後期鮮新世のCN11b亜帯に出現した *Pseudoemiliana lacunosa* が絶滅したことが知られている。分析試料からは, これら1.65Ma~0.41Maの間に生存・絶滅した種は全く認められていない。さらに *Pseudoemiliana lacunosa* の絶滅以降の石灰質ナノ化石生層序基準面としては2面が確認されており, 本邦で確認される可能性があるものは, そのうちの *Emiliana huxleyi* の初出現層準 (0.25Ma) である。いずれの分析試料からも, *Emiliana huxleyi* は検出されなかった。

佐藤ほか (1999) によれば, *Pseudoemiliana lacunosa* 絶滅層準は酸素同位体ステージ12中に, *Emiliana huxleyi* の初出現層準は同ステージ8に, それぞれ置かれている。したがって, 高塚山部層の海成層から *Pseudoemiliana lacunosa* および *Emiliana huxleyi* が産出しないことは, 本層がこれらの種が生存していない時代, すなわち酸素同位体ステージ11に堆積したとする加藤ほか (1999) の考えと整合的である。

一方, 大阪湾地下では, 花粉化石・珪藻化石・石灰質ナノ化石等に基づいて第四系の層序区分がなされている (中世古編, 1984)。ここでの中部更新統は, 下位よりラクノーサ層・ダイノ層・メロシラ層・アカガシ層・ハックスレイ層・トガサワラ層に区分された。これらの

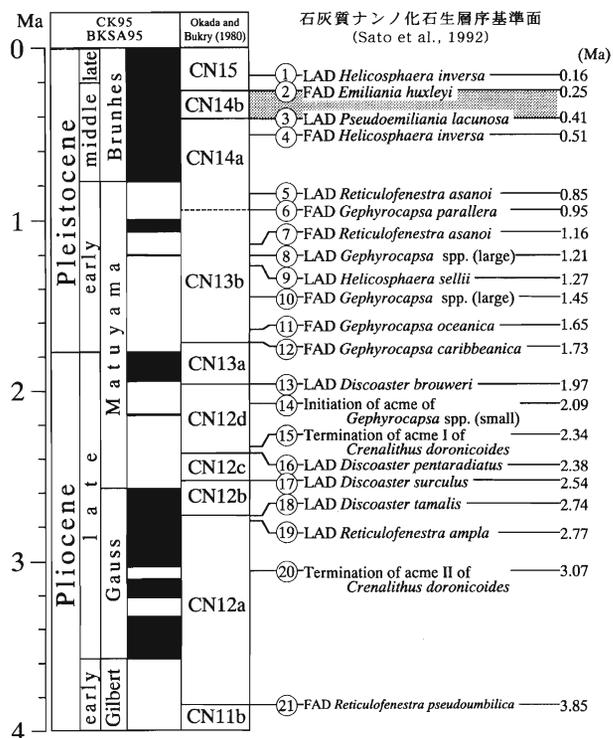


図2 中部中新統以上の石灰質ナノ化石帯 (Okada and Bukry, 1980) と21の石灰質ナノ化石生層序基準面 (Sato et al., 1992)

古地磁気層序はBassinot et al. (1994) に, 各基準面の年代は佐藤ほか (1999) に基づいている。古地磁気層序の黒色部は正磁極, 白抜き部は逆磁極を示す。基準面②・③間の網かけ部は, 本稿で推定された高塚山部層の海成層の地質年代を示す。

中で, 石灰質ナノ化石種群において, 高塚山部層の海成層と同じく *Gephyrocapsa caribbeanica*, *Gephyrocapsa oceanica* が優先し, *Gephyrocapsa* spp. (small) を伴ない, かつ *Emiliana huxleyi* と *Pseudoemiliana lacunosa* を産出しない層準は, ダイノ層, アカガシ層, およびハックスレイ層下半部の海成層である (岡村・山内, 1984)。このうちアカガシ層は, 花粉化石群集においてアカガシ亜属が優占し, コウヤマキとマツ属を伴なうという顕著な特徴を示す (古谷, 1984)。一方, 模式地点の高塚山部層についても花粉分析が行われ, 高塚山火山灰直上の海成層でアカガシ亜属が優占し, ブナ属・コウヤマキ・マツ属を伴なうことが示された (掲本・前田, 1989)。このように石灰質ナノ化石群集・花粉化石群集の特徴が良く一致することから, 高塚山部層の海成層は, アカガシ層の海成層に対比できると考えられる。

ま と め

六甲山地西麓に分布する中部更新統の明美累層・高塚山部層について, 挟在する海成層の石灰質ナノ化石分

析を行った。検出された石灰質ナノ化石の種群組成は、*Gephyrocapsa caribbeanica*, *Gephyrocapsa oceanica*が優先し、*Gephyrocapsa* spp. (small) を伴わない、かつ*Emiliania huxleyi*と*Pseudoemiliania lacunosa*を産出しないという特徴を有する。この種群組成は、高塚山部層の海成層が0.35~0.40Maの酸素同位体ステージ11に堆積したとする考え(加藤ほか, 1999)と整合的である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、兵庫県立人と自然の博物館平成10~12年度総合共同研究(研究代表者:先山 徹)の援助を受けた。ここに記して感謝します。

文 献

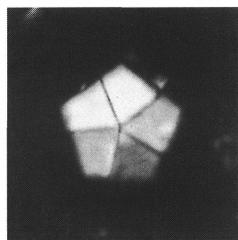
- 安藤保二(1953) 舞子・高塚山貝化石。兵庫生物, 2(3), 141-144.
- Aubry, M-P. (1985) Handbook of Cenozoic calcareous nannoplankton. Micropaleontology Press, American Museum of Natural History, 266p.
- Bassinot, F.C., Labeyrie, L.D., Vincent, E., Quidelleur, X., Shackleton, N.J. and Lancelot, Y. (1994) The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth and Planetary Science Letters*, 126, 91-108.
- 福田 理・安藤保二(1951) 高塚山貝層。地質学雑誌, 57, 415.
- 古谷正和(1984) 花粉化石調査(泉州沖関西国際空港海底地盤の花粉層序)。中世古幸次郎編「関西国際空港地盤地質調査」, 災害科学研究所, 91-116.
- 髯本 格・前田保夫(1989) 神戸の地層を読む2—神戸・200万年の自然史—。神戸自然出版会, 119p.
- 藤田和夫・笠間太郎(1983) 神戸地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 115p.
- 藤田和夫・前田保夫(1984) 須磨地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 101p.
- 市原 実・小黒譲司・衣笠博明(1960) 明石層群, 播磨層群について(その2)。地質学雑誌, 66, 605-615.
- 居川信之・市原 実(1993) 播磨盆地—とくに明石地域を中心に—。市原 実編著「大阪層群」, 創元社, 110-126.
- 加藤茂弘・佐藤裕司・松原尚志・兵頭政幸・檀原 徹(1999) 六甲山地西麓に分布する高塚山火山灰層のフィッシュン・トラック年代とその対比。第四紀研究, 38, 411-417.
- Makiyama, J. (1923) Some Pliocene Mollusks. Maiko, near Kobe. *Japan Journal of Geology and Geography*, 11(2), 19-26.
- Matsuoka, H. and Okada, H. (1989) Quantitative analysis of Quaternary nannoplankton in the subtropical northwestern Pacific Ocean. *Marine Micropaleontology*, 14, 97-118.
- 宮川ちひろ・吉川周作・池田善考(1996) 神戸市中央区港島ポートアイランド, ボーリングコアの中・上部更新統火山灰層序。地球科学, 50, 456-465.
- 中世古幸次郎編(1984) 関西国際空港地盤地質調査。災害科学研究所, 285p.
- Okada, H. and Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Marine Micropaleontology*, 5, 321-325.
- 岡村 眞・山内守明(1984) ナノ化石詳細調査。中世古幸次郎編「関西国際空港地盤地質調査」, 災害科学研究所, 19-28.
- Perch-Nielsen, K. (1985) Cenozoic calcareous nannofossils. In Bolli, H. M., Saunders, J. B. and Perch-Nielsen, K. eds., *Plankton Stratigraphy*, Cambridge University Press, 427-554.
- 佐藤裕司・髯本 格・ング チンケン・松浦 康・前田保夫(1997) 兵庫県における中部更新統・高塚山層(神戸市垂水区)の堆積環境解析。人と自然, No.8, 53-62.
- Sato, T., Kameo, K. and Takayama, T. (1992) Coccolith biostratigraphy of the Arabian sea. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 117, 37-54.
- 佐藤時幸・亀尾浩司・三田 勲(1999) 石灰質ナノ化石による後期新生代地質年代の決定精度とテフラ層序。地球科学, 53, 265-274.
- Sato, T., Saito, T., Takahashi, H., Kameo, K., Sato, Y., Osato, C., Goto, T., Higashi, D. and Takayama, T. (1998) Preliminary report on the geographical distribution of the cold water nannofossil coccolithus pelagicus (Wallich) Schiller during the Pliocene to Pleistocene. *Journal of Mineralogy College Akita Univ., Ser.A*, 8, 33-48.
- 佐藤時幸・高山俊明(1988) 石灰質ナノプランクトンによる第四系化石帯区分。地質学論集, 第30号, 205-217.
- 高山俊明(1978) 石灰質ナノプランクトン。浅野 清編「微古生物学(中巻)」, 朝倉書店, 1-66.
- Takayama, T. and Sato, T. (1987) Coccolith biostratigraphy of the north Atlantic Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 94. *Initial Report of Deep Sea Drilling Project*, 94, 651-702.
- 吉川周作・井内美郎(1991) 琵琶湖高島沖ボーリングコアの火山灰層序。地球科学, 45, 81-100.
- 吉川周作・井内美郎(1993) 琵琶湖高島沖ボーリング火山灰から見た中期更新世~完新世の噴火活動史。地球科学, 47, 97-109.

(2000年6月20日受付)
(2000年8月8日受理)

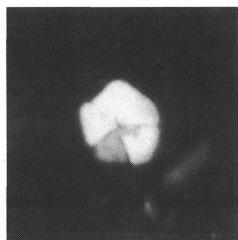
図版 I 石灰質ナノ化石の位相差顕微鏡写真

1. *Braarudosphaera bigelowii* (Gran & Braarud) Deflandrel : Sample No. 1,
2. *Braarudosphaera bigelowii* (Gran & Braarud) Deflandre : Sample No. 1,
3. *Dictyococcites productus* (Kamptner) Backman : Sample No. 3,
4. *Gephyrocapsa aperta* Kamptner : Sample No. 1,
5. *Gephyrocapsa caribbeanica* Boudreaux & Hay : Sample No. 3,
6. *Gephyrocapsa caribbeanica* Boudreaux & Hay : Sample No. 1,
7. *Gephyrocapsa caribbeanica* Boudreaux & Hay : Sample No. 3,
8. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner : Sample No. 3,
9. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner : Sample No. 3,
10. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner : Sample No. 3,
11. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner : Sample No. 3,
12. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner : Sample No. 3,
13. *Gephyrocapsa* spp. (small) : Sample No. 2,
14. *Syracosphaera pulchra* Lohmann : Sample No. 1,
15. *Syracosphaera pulchra* Lohmann : Sample No. 1,
16. *Helicosphaera carteri* (Wallich) Kamptner : Sample No. 1 (Scale Bar : 10 μ m)

石灰質ナノ化石の顕微鏡写真



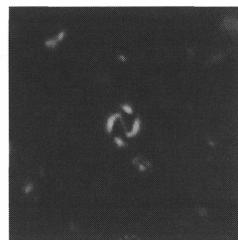
1



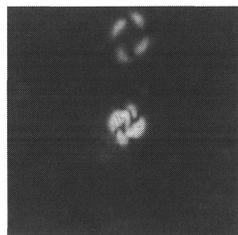
2



3



4



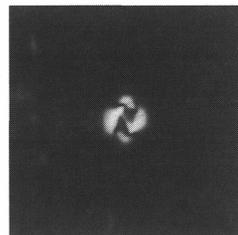
5



6



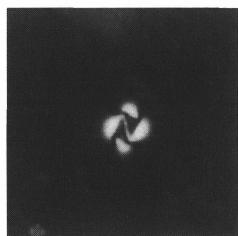
7



8



9



10



11



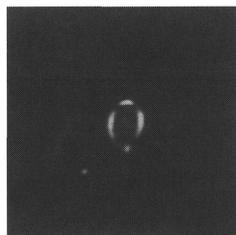
12



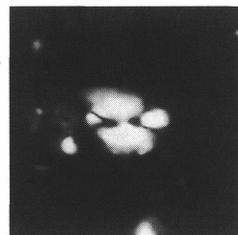
13



14



15



16

10 μm