

金沢市周辺の大桑層下部の石灰質ナノ化石と地質時代

山本裕雄*・小沢広和**

Calcareous nannofossils and geological ages of the lower part
of the Omma Formation in Kanazawa City

Yasuo YAMAMOTO* and Hirokazu OZAWA**

(1996年 6 月 4 日受理)

(Received 4, June, 1996)

Abstract

Calcareous nannofossil floras in the lower part of the Omma Formation were investigated, at below sections:

- 1) Outcrops of the Okuwa area, southern part of Kanazawa City (the stratotype of the Formation).
- 2) Boring core of the Okuwa area.
- 3) Outcrop of the Kofutamata area, eastern part of the city.

From two sections of the Okuwa area, calcareous nannofossils were not found from the lowermost part of the Omma Formation. However, eight genera 19 species of calcareous nannofossils are detected from the section of the Kofutamata area. Based on the result, investigated horizons of the Kofutamata section could be correlated between the datum planes 12 and 10 (between 1.72 and 1.44 Ma; Early Pleistocene) of Takayama *et al.* (1995). Further, the datum plane 11 (1.65 Ma) is traceable to around the horizon of the pyroclastic key bed KO 1. These interpretations and the result of Takayama *et al.* (1988) show that the geological ages of the basal part of the Omma Formation in two areas are nearly equal.

This report is in part of the study on stratigraphical and paleogeographical distribution of the Omma Formation.

はじめに

石灰質ナノ化石は、その名が示すとおり大きさ数 μm のさまざまな形をした生物起源の石灰質殻である。これらの大部分は、単細胞の浮遊性鞭毛藻類円石藻 (coccolithophore) の細胞表面に鱗のように付着していた石灰質殻で、一般にコッコリス (coccolith) と呼ばれる。

* 大阪市立大学理学部地球学教室 〒558 大阪市住吉区杉本町
Department of Geosciences, Faculty of Science, Osaka City University. Sumiyoshi, Osaka 558, Japan

** 金沢大学理学部地球学教室 〒920-11 金沢市角間町
Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kanazawa University. Kakuma, Kanazawa 920-11, Japan

石灰質ナンノ化石は、顕微鏡下で観察するための試料処理が簡単であること、海成の堆積物中に豊富に含まれること、分布が汎世界的であること、種が多様で、しかもその多くが地質時代を通して短時間に顕著な進化を遂げたことなどの理由で、示準化石としてきわめて有用なものとなっている。

金沢市周辺の大桑層においても、石灰質ナンノ化石は地質時代を決定する上で最も有効な手段の一つになっている。とくに大桑層の中部については、模式地である犀川の河床に極めて良好な連続露頭が存在し、石灰質ナンノ化石の産出も連続的である（高山ほか，1988）ことから、古地磁気層序（大村ほか，1989；酒井ほか，1993）や氷河性海水準変動による堆積サイクル（北村・近藤，1990）などと組み合わせた詳細な年代論が確立されている（Kitamura *et al.*, 1994）。しかし、大桑層の下限および上限の年代については、露頭の欠如のため岩相層序関係が不明瞭であること、時代指標種の産出が少ないばかりか、石灰質ナンノ化石自体の産出も散点的になることなどの理由で、十分に明らかにされていない。

最近、模式地である金沢市大桑地域の犀川河床では、大桑層基底部を含む露頭が新たに形成されるとともに、下位の犀川層との境界部分を貫くボーリングコアも得られた。また金沢市東部の小二又地域では、大規模な採土により下位の高窪層との境界部分を含む大桑層下部約40mの見事な連続露頭が形成され、新鮮な試料の採取が可能になった。本論では大桑層から産出する石灰質ナンノ化石について従来の研究成果を総括するとともに、これらの露頭やボーリングから得られた試料中の石灰質ナンノ化石群集について報告し、大桑層と下位層との関係および大桑層基底の地質時代について言及する。

最上部新生界における示準化石としての石灰質ナンノ化石

ある生物種の出現や絶滅などで規定される時間面（biohorizon）で地層を区分したものを、化石帯（biozone）という。中生代ジュラ紀以降の地層からの産出が知られている石灰質ナンノ化石は、その地質時代を通して、多くの種が出現・絶滅した。これらを用いて化石帯を設定する試みが、多くの研究者によってなされている。新生界の石灰質ナンノ化石による化石帯区分としては、Martini (1971) と Okada and Bukry (1980) によるものが有名である。前者では新生界全体が46帯に、後者は34帯、58亜帯に、それぞれ区分されている。

一方、最上部新生界のみを対象として、さらに細かい石灰質ナンノ化石による化石帯区分をする試みも、Gartner (1977), Rahman and Roth (1989) などによってなされている。これとは別に Takayama and Sato (1987) は、国際深海掘削計画第94次研究航海で北大西洋の6地点で掘削された試料の石灰質ナンノ化石群集を詳細に検討し、第四系（*Discoaster brouweri* の絶滅層準より上位）に12の「石灰質ナンノ化石基準面」(datum, biohorizon) を設定した。

これらの掘削試料では地磁気極性層序も確立されており、基準面との対応関係も明らかにされている。各基準面には地磁気極性年代尺度（Berggren *et al.*, 1985）の逆転年代値からの内挿法によって、年代値も算出されている。これらの研究の結果として、「石灰質ナンノ化石基準面」による第四系の層序区分は、化石層序学的手法としてはもっとも解像度が高いものとなっている。

これらの基準面の多くは、アラビア海（インド洋，Sato *et al.*, 1991）やオントン・ジャワ海台（赤道太平洋，Takayama, 1993）などの深海掘削試料、房総半島の高成第四系中（佐藤・高山，1988）や、鮮新・更新統境界の模式地であるイタリアの Vrica セクション（佐藤ほか，1988）にも追跡され、地磁気極性層序との対応関係も確認されている。秋田県男鹿半島の船川・北浦・脇本層、新潟の西山・灰爪層、それに北陸堆積盆地の大桑・藪田層など日本海側の最上部新生界では、基準面の追跡によ

って相互の層序的対応はもちろん、房総半島など太平洋側の第四系や鮮新・更新統境界模式地との対比も実現している（佐藤ほか，1988）。

これら一連の研究の中では、各基準面には便宜上、上位より下位へ①から⑫までの番号がつけられて議論がなされていた（佐藤ほか，1987など）。その後 Sato and Takayama (1992) は、これらの試料の群集を再検討し、それまで用いられてきた基準面番号⑥と⑦との間の層準に基準面をさらにもう一つ追加設定している。その結果、Sato *et al.* (1991) より前の報告の中で用いられている基準面番号の、⑦よりも下位のものについては、それ以後数字がひとつ増やされた番号で議論されるようになっている（第1図）。本論の中では議論上の混乱を避けるため、Sato *et al.* (1991) 以前に用いられている基準面を「佐藤ほか（1987）の基準面」、Sato *et al.* (1991) 以後現在に至るまで用いられている基準面を「Sato and Takayama (1992) の基準面」とよぶことにする。

最近高山ほか(1995)は、「Sato and Takayama (1992) の基準面」の年代値を、Cande and Kent (1992) によって大幅に改定された地磁気極性年代尺度で算出しなおして公表している。この基準面と年代値の組み合わせについては、「高山ほか（1995）の基準面」とよぶことにする。3種類の基準面の番号、年代値およびその算出の根拠となっている地磁気極性年代尺度の相互関係を、第1図に示す。

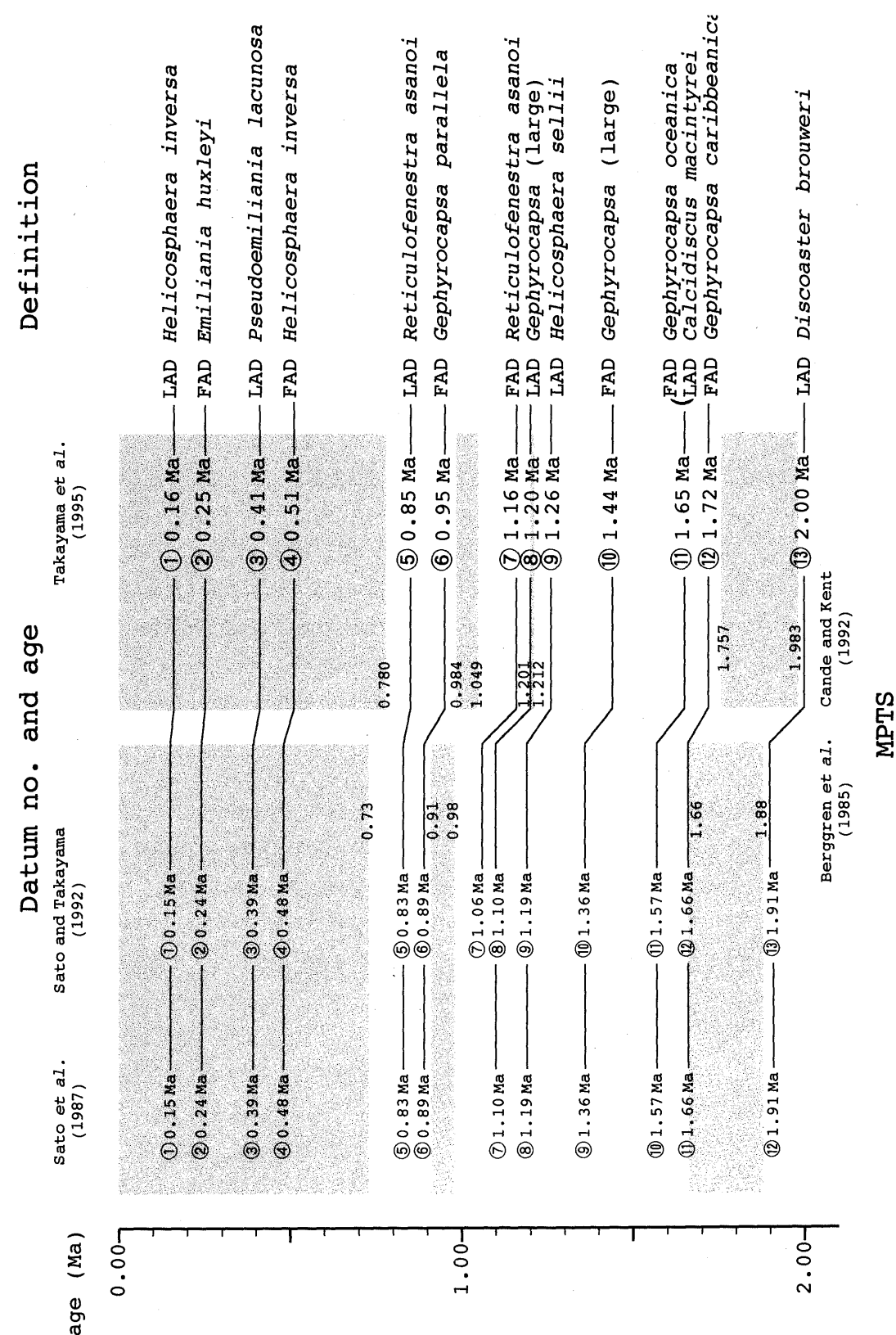
大桑層の石灰質ナノ化石と研究目的

Hasegawa (1979) は金沢市周辺の大桑層のほか、富山県小矢部地域の頭川層、氷見地域の藪田層・十二町層から産出する有孔虫化石群集を詳しく検討するとともに、石灰質ナノ化石について初めて報告した。彼はこの報告の中で金沢市周辺の大桑層を十二町層の上部に対比し、石灰質ナノ化石 *Gephyrocapsa caribbeanica* の出現層準、浮遊性有孔虫 *Globorotalia inflata inflata* の出現および *Globoquadrina asanoi* の絶滅層準などとの関係から、これを更新統としている。

高山ほか（1988）は大桑層の模式地である金沢市大桑地域の犀川河床ルートで、犀川層の最上部と大桑層のほぼ全ての層準から145点の試料を採取し、有孔虫および石灰質ナノ化石群集に関する詳細な報告をしている。ここでは、大桑層からは13属19種の石灰質ナノ化石の産出が報告されているが、大桑層の最下部に近い層準の試料から産出が認められた *Cyclicargolithus floridanus* (ROTH and HAY) BUKRY は、中期中新世に絶滅することが知られている種である。この種は、犀川層から採取された試料からも産出が認められていることから、下位層からの混入であると考察されている。この群集の検討結果を、佐藤ほか（1987）の「ナノ化石基準面」に照らし合わせた結果によると、模式地における大桑層には、基準面⑥～⑧（0.89～1.19 Ma）が確実に含まれており、おそらく基準面⑤～⑨（0.83～1.36 Ma）までもが含まれるとされている。

志田ほか（1989）は、金沢市内の3地域（額谷、浅野川、夕日寺地域）ならびに富山県小矢部市八講田地域（第2図）における大桑層の石灰質ナノ化石群集を検討し、12属20種の産出を報告している。これらの群集の検討結果を佐藤ほか（1987）の「ナノ化石基準面」に照らし合わせた結果は、大桑層の大部分がやはり下部更新統に対比されることを示している。しかし、その堆積開始の時期は、金沢市中心部より東方の夕日寺および八講田地域では基準面⑪の頃（1.66 Ma）であったのに対し、金沢市南部の額谷・大桑・浅野川の各地域では基準面⑨の頃（1.36 Ma）と、地域によって多少異なっていたとされている。

志田ほか（1989）によって比較的早い時期に堆積が開始したと考えられている、八講田および夕日寺地域の大桑層は、伊東（1986）の珪藻化石の検討によって鮮新統であると考えられている高窪層を覆っている。これに対して、比較的堆積開始が遅かった額谷・大桑・浅野川各地域の大桑層は、中部



第1図 「石灰質ナノ化石基準面」の変遷

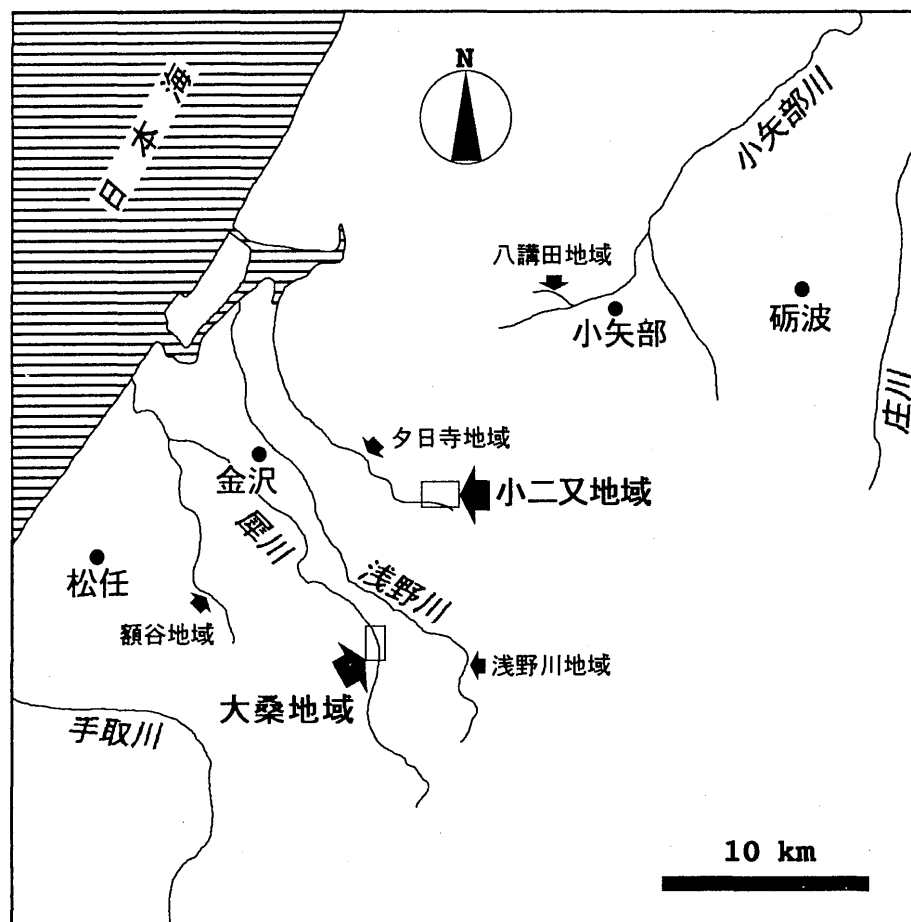
MPTS: Geomagnetic polarity time scale (地磁気極性年代尺度)

FAD: First appearance datum (出現層準)

LAD: Last appearance datum (絶滅層準)

網掛け部分は地磁気極性の正帯磁層準, 小さな数字は MPTS の極性逆転年代値 (Ma) を示す. 佐藤ほか (1987) の基準面⑤は, 「*Reticulofenestra* sp. A の多産層準の上限」として定義されている.

Fig. 1. Changes of numbers and ages of the "Calcareous Nannofossil Datum Planes".



第2図. 研究地域. 八講田の各地域は志田ほか（1989）の研究地域を示す.

Fig. 2. Index map of the study areas.

中新統であると考えられている (Ogasawara, 1977; 高山ほか, 1988) 犀川層を覆う。大桑層自体の堆積開始時期と、その基底に推定される時間間隙の長さとの関係は、大桑層を堆積させた海進の性質を考える上で注目される。

本研究では、模式地である大桑地域で新たに得られた大桑層基底不整合を含む層準の地表およびボーリング試料と、金沢市東部の小二又地域の大桑層基底付近層準から得られた試料について、石灰質ナノ化石群集の検討を行った。これらの結果を以下に示し、大桑層の時空分布および下位層との関係について考える上での資料としたい。

試料採取

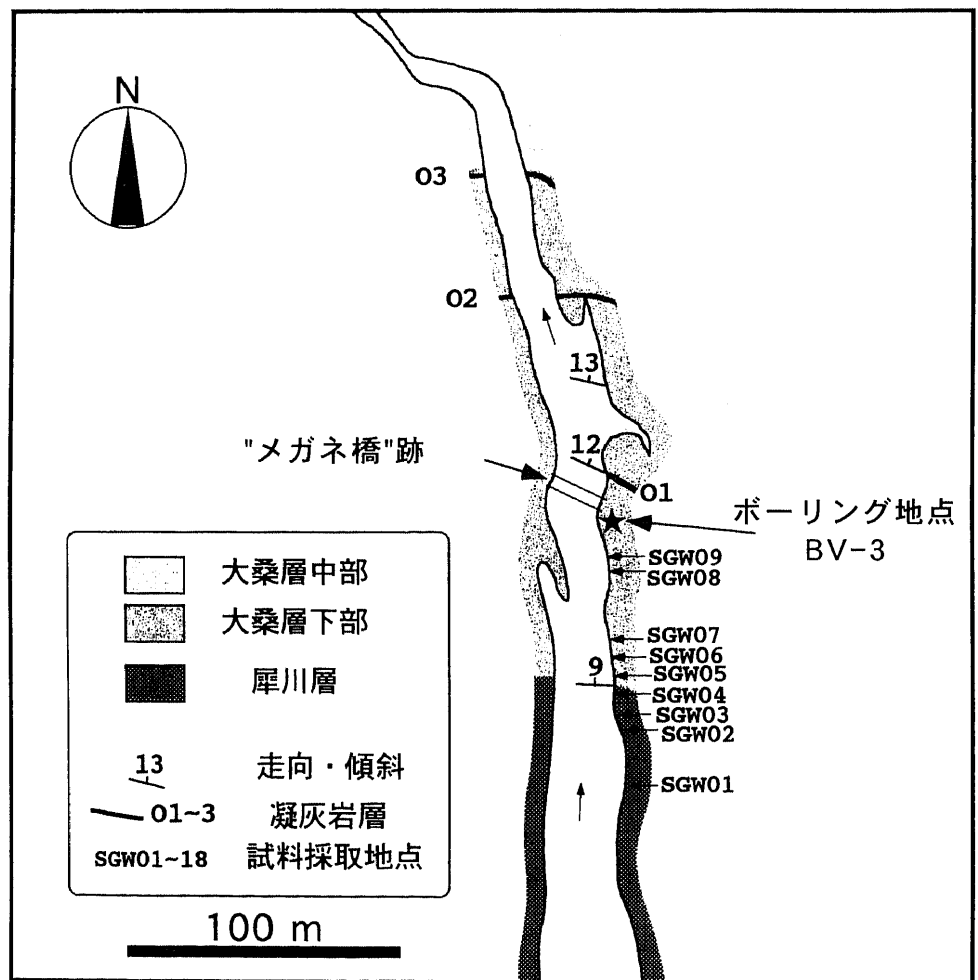
大桑地域

模式地である犀川河床の大桑層下部は、主に青灰色塊状の細粒砂岩層からなり、3枚の白色凝灰岩（火山灰）層 O1, O2, O3 (Hasegawa, 1979) と 6 枚の貝化石密集層を挟む (北村・近藤, 1990). O1 火山灰層の上位約 4 m の層準には、貝化石とともに心形類不正形ウニ（ブンブクチャガマ類）の化石が密集する層準が存在する. O1 火山灰層の下位約 2 m の層準から上位については連続的に露出

しているが、それより下位の層準の地層は最近新たに露出したもので、必ずしも連続していない。層理面は一般的に北北東方向に10数度程度傾斜するが、最下位の層準では、傾斜はほぼ北方向に10度以下と緩くなる。

また、通称“メガネ橋”(工事中仮設橋)がかつて存在した場所の右岸(第3図)では、深度25mのボーリング(BV-3)が行われ、大桑層と犀川層の不整合境界部分を含む連続試料が得られた。コアの最上部約2.5mの部分は表土(沖積層)で、深度約2.5~24mの層準が大桑層、約24mよりも深い部分が犀川層とされている。ボーリングコアの岩相層序ならびにこの付近における犀川層と大桑層の関係などについては、塚脇・大河原(1996)に詳しい。

本ルートの石灰質ナンノ化石については、高山ほか(1988)による詳細な報告がある。今回の研究では、新たに地表に露出した犀川層の最上部より4点(SGW01~04)、大桑層の基底部付近より5点(SGW05~09)、合計9点の試料を採取した。また、ボーリングコアについては、深度2.6mより深い部分について、層準間隔1m程度を目安に大桑層の部分から22点(BV3-01~22)、犀川層の部



第3図 大桑地域の地表試料採取地点ならびにボーリング掘削地点。

大桑層の層序区分は北村・近藤(1990)、凝灰岩層の名称は Hasegawa(1979) による。

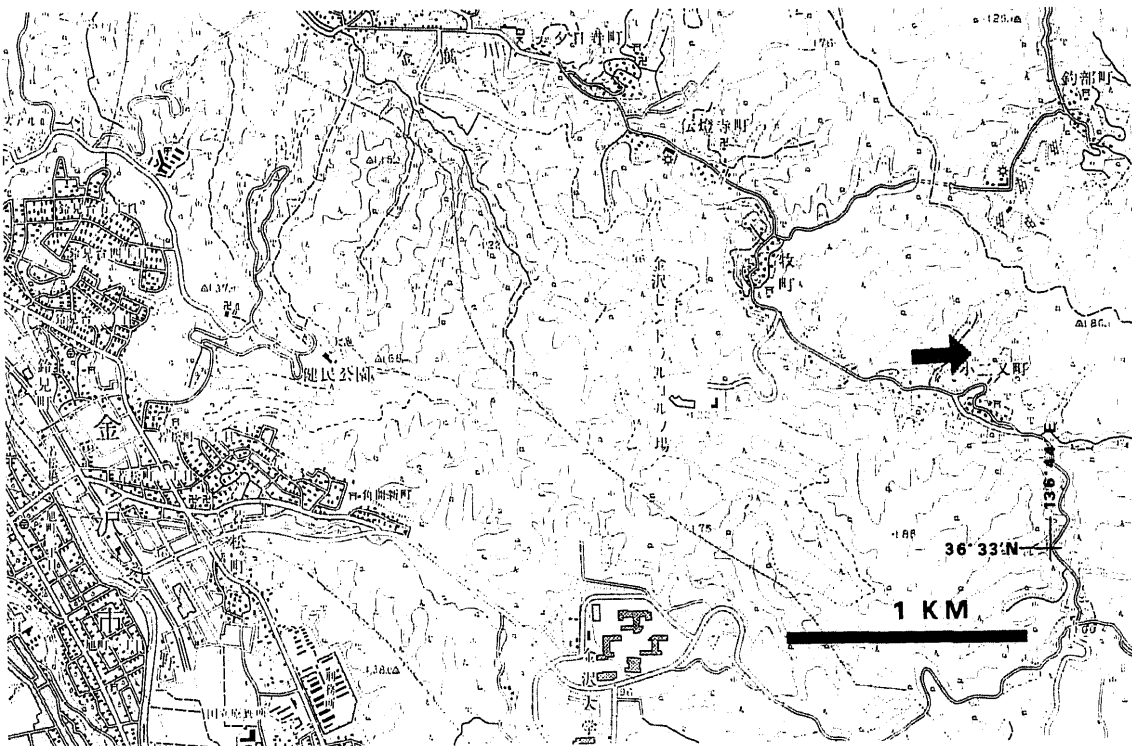
Fig. 3 Sampling localities and the borehole site in the Okuwa area.

分から1点 (BV 3-23), 合計23点の試料を採取した。試料採取地点およびボーリング地点を第3図に示す。

小二又地域

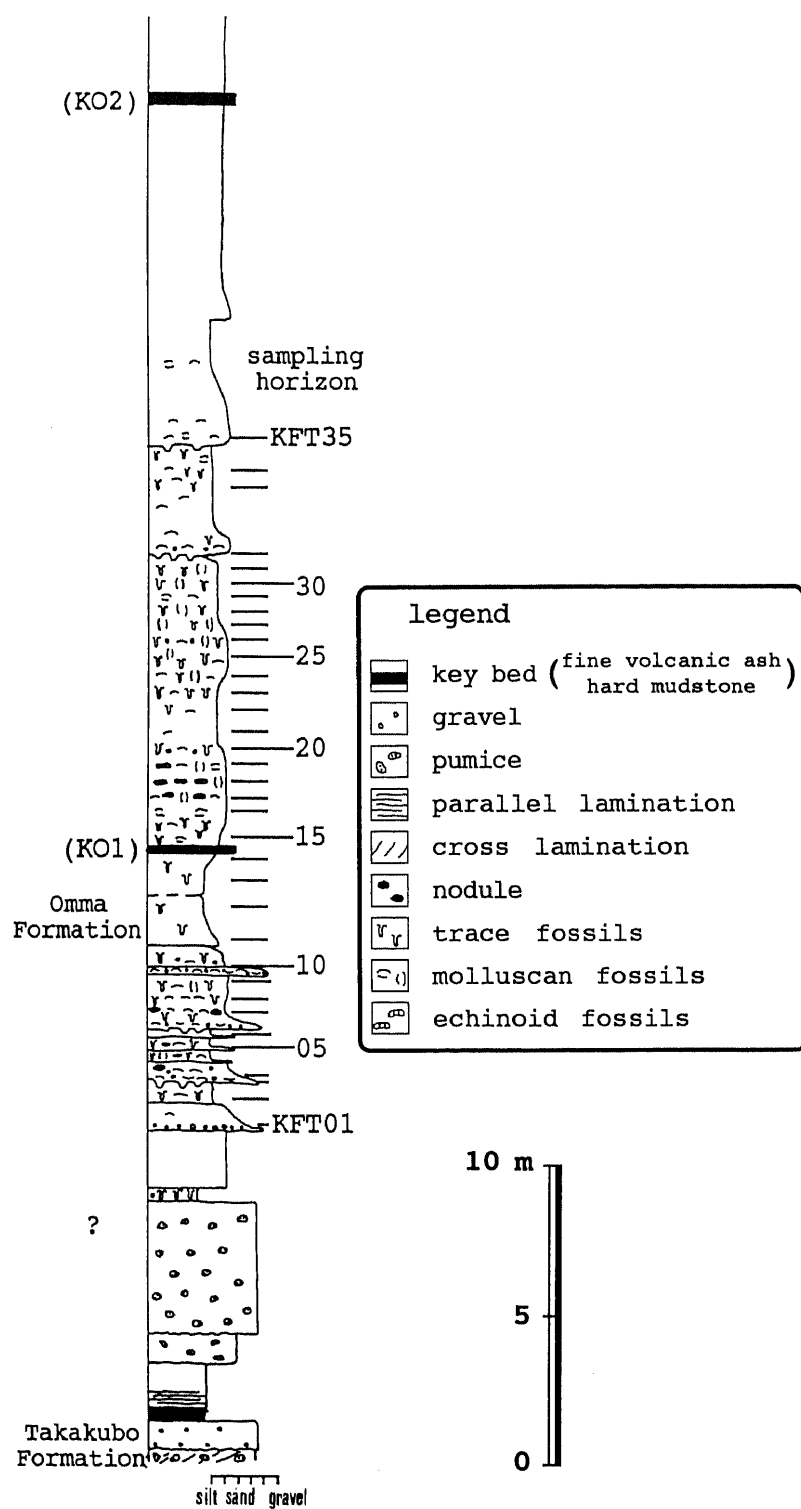
金沢市北部の小二又集落付近にある採土場 (第4図) には、高窪層の上部から大桑層の下部に至る層厚にして約50mの地層が連続して露出している (1996年5月現在)。この露頭の岩相柱状図を第5図に示す。露頭下部の約10mの層準は、一部斜交層理が発達する軽石質凝灰岩層、炭質物を含む凝灰質シルト岩層などからなる。これらの上位を、貝化石を多く含む約40mの青灰色塊状の細礫～細粒砂岩層が覆う。柱状図の最下部に近い層準にある層厚約40cmの硬質泥岩層は、杉本 (1994) が本露頭の東方約2kmに位置する加賀二俣向斜帯において記載した (e) 層準の硬質泥岩層に相当し、高窪層の上限はこの付近の層準に位置すると考えられる。層理面は各層とも北西方向に約1度程度傾斜し、少なくとも露頭内において層間の顕著な斜交関係は認められない。

青灰色砂岩層中には、2層の白色火山灰層 (仮にKO1, KO2と呼ぶ) が挟まれる。大久保ほか (1995) はこの2枚の火山灰層を、それぞれ模式地のO1, O2火山灰層に対比している。KO1の上位2～3mの層準に、やはり心形類ウニ化石が密集する層準が存在する。本研究では、青灰色砂岩部の基底付近からKO2の下位約10mまでの部分について、層準間隔0.5～1m程度を目安に35点の試料 (KFT 01～35) 採取を行った。試料採取層準を第5図に示す。



第4図 小二又地域の露頭位置。地形図は国土地理院発行2万5千分の1地形図「金沢」を使用。

Fig. 4 Locality of the outcrop in the Kofutamatata area.



第5図 小ニ又地域の露頭柱状図および試料採取層準。

Fig. 5 Columnar section of the outcrop in the Kofutamata area with sampling horizons.

試料処理および検鏡

試料の処理は、おおむね高山(1978)の方法に従ったが、いずれの試料も産出個体数が少ないため、高山(1978)の方法より1.5～2倍程度濃い懸濁液をつくり、超音波洗浄をやや長時間(20秒程度)かけてプレパラートを作成した。

検鏡はオリンパス社のシステム生物顕微鏡BHSに偏光フィルターセットを装着したものをを用いた。各プレパラートについて、600倍(接眼15倍、対物40倍)で産出状況を観察した後、1,500倍(接眼15倍、対物油浸100倍)で無作為に抽出した石灰質殻200個に対して同定を行い、群集構成を明らかにした。

群 集 記 載

本研究で産出を確認した石灰質ナノ化石を第1表に示す。

Gephyrocapsa 属, *Pseudoemiliana* 属, *Reticulofenestra* 属などのプラコリスについては、現在でも研究者間で十分に統一された分類基準が確立されていない。本研究では、化石の保存状態も悪く、光学顕微鏡を用いた同定しか行っていないため、光学顕微鏡で bridge の存在が確認できる個体のみを *Gephyrocapsa* 属とした。bridge の存在が確認できず(溶解、欠損したと考えられるものも含めて)、ほかの属として同定できない個体については、全て *Reticulofenestra* spp. として扱い、以下の3つのグループに区分して同定を行った。

- ・ *Reticulofenestra* spp. (middle, elliptical) 長径が3～6 μm で楕円形のもの
- ・ *Reticulofenestra* spp. (middle, circular) 直径3～6 μm でほぼ円形のもの
- ・ *Reticulofenestra* spp. (small) 長径3 μm 以下のもの

大桑地域

ボーリングコアから採取した23点の試料のいずれからでも、石灰質ナノ化石の産出を認めることはできなかった。また、地表のセクションについても、大桑層から採取したSGW05～09の5点の試料中に化石は全く産出しなかった。犀川層から採取したSGW01～04の4点からは、数個体の *Coccolithus* spp. の産出が認められたが、個体数が少ない上に保存状態も極めて悪い。高山ほか(1988)は、SGW01よりもやや下位と考えられる層準から採取した試料(OKW10)から、中新世の時代指標種 *Cyclicargolithus floridanus* の産出を報告しているが、残念ながら今回採取した試料からその産出を確認することはできなかった。

小二又地域

採取した35点の試料うち、KFT01・02・05・11・12・13・35の7点を除く28点から石灰質ナノ化石の産出を認めたが、その保存状態は全ての試料で劣悪で、産出個体数も少ない。KFT09・10・20の3試料については、高濃度の懸濁液からプレパラートを作成したにも関わらず、溶解した *Coccolithus pelagicus* が数個体認められるのみにとどまった。したがって、これらをのぞいた25点の試料について、無作為抽出で200個体の同定を行い、群集を明らかにした。検討結果を第6図に示す。

Coccolithus pelagicus の産出が優勢な試料が多く、KFT25～29の層準では9割以上を占める。*Gephyrocapsa* 属, *Pseudoemiliana* 属, *Reticulofenestra* 属などのプラコリスに関しては、全てが6 μm 以下の小型のもので、産出量は試料ごとに大きなばらつきがある。KFT23・KFT33などでは、長径が3 μm 以下と小型の *Gephyrocapsa* や *Reticulofenestra* が4分の3以上を占めるのに対して、

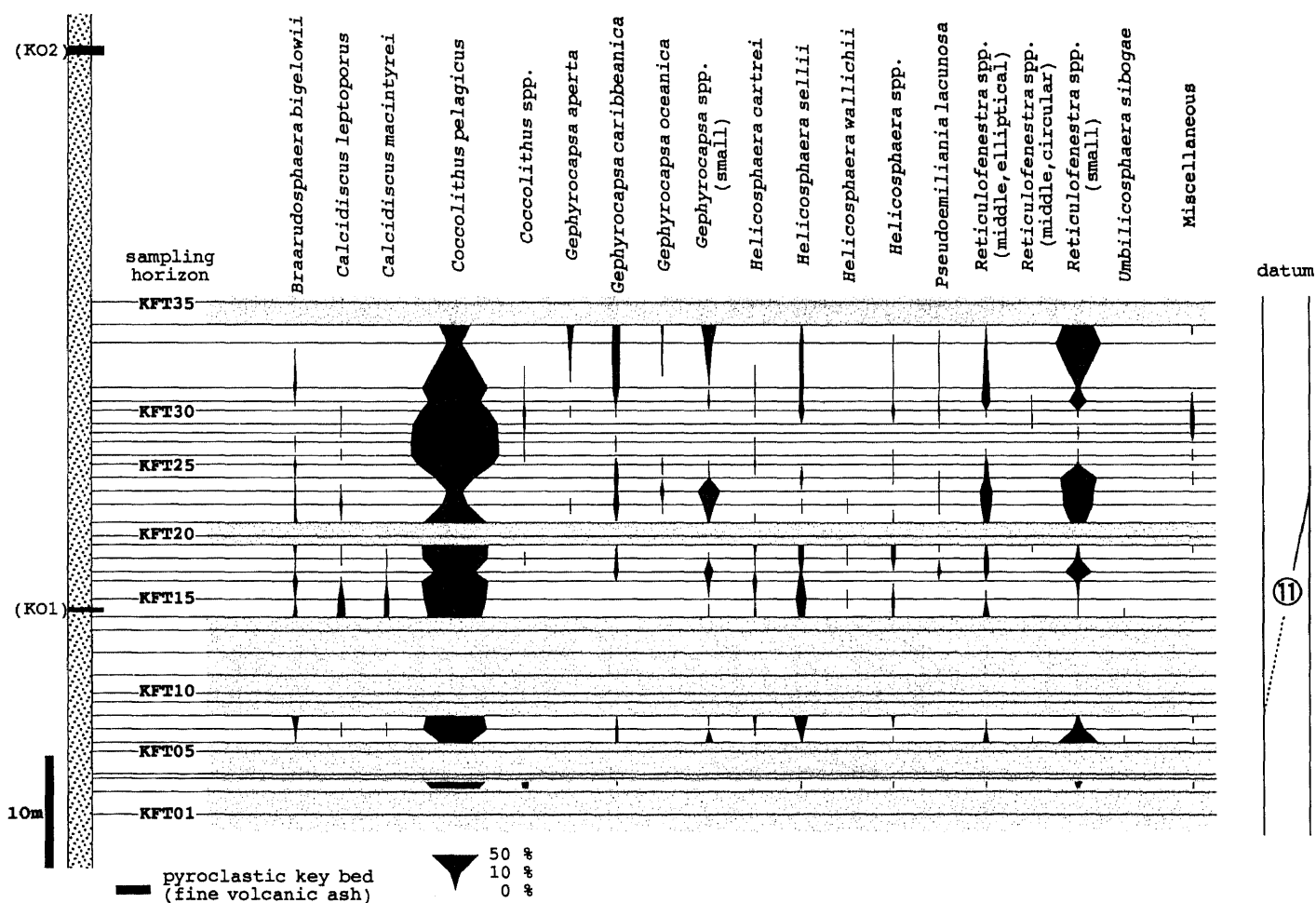
第1表 本研究において産出が認められた石灰質超微化石.

Table. 1. Calcareous nannofossil taxa identified in this study.

| |
|--|
| <i>Braarudosphaera</i> DEFLANDRE(1947) |
| <i>Braarudosphaera bigelowii</i> (GRAN & BRAARUD, 1935) DEFLANDRE(1947) |
| <i>Calcidiscus</i> KAMPTNER(1950) |
| <i>Calcidiscus leptoporus</i> (MURRAY & BLACKMAN, 1898) LOEBLICH & TAPPAN(1978) |
| <i>Calcidiscus macintyreii</i> (BUKRY & BRAMLETTE, 1969) LOEBLICH & TAPPAN(1978) |
| <i>Coccolithus</i> SCHWARZ(1894) |
| <i>Coccolithus pelagicus</i> (WALLICH, 1877) SCHILLER(1930) |
| <i>Coccolithus</i> spp. |
| <i>Gephyrocapsa</i> KAMPTNER(1943) |
| <i>Gephyrocapsa aperta</i> KAMPTNER(1963) |
| <i>Gephyrocapsa caribbeanica</i> BOUDREAUX & HAY(1969) |
| <i>Gephyrocapsa oceanica</i> KAMPTNER(1943) |
| <i>Gephyrocapsa</i> spp. (small) |
| <i>Helicosphaera</i> KAMPTNER(1954) |
| <i>Helicosphaera cartrei</i> (WALLICH, 1877) KAMPTNER(1954) |
| <i>Helicosphaera sellii</i> BUKRY & BRAMLETTE(1969) |
| <i>Helicosphaera wallichii</i> (LOHMANN, 1902) BOUDREAUX & HAY(1969) |
| <i>Helicosphaera</i> spp. |
| <i>Pseudoemiliana</i> GARTNER(1969) |
| <i>Pseudoemiliana lacunosa</i> (KAMPTNER, 1963) GARTNER(1969) |
| <i>Reticulofenestra</i> HAY, MOHLER & WADE(1966) |
| <i>Reticulofenestra</i> spp.(middle, elliptical) |
| <i>Reticulofenestra</i> spp.(middle, circular) |
| <i>Reticulofenestra</i> spp.(small) |
| <i>Unbilicosphaera</i> LOHMANN(1902) |
| <i>Unbilicosphaera sibogae</i> (WEBER-VAN BOSSE, 1901) GAARDER(1970) |
| Miscellaneous |

KFT27・KFT29・KFT30などでは全く産出しない。*Helicosphaera* 属や *Calcidiscus* 属などに関しては、上位に向かって産出が少なくなる傾向が認められる。KFT08やKFT16では、浅海域の堆積物中に多産するとされる (Martini, 1967; Takayama, 1972) *Braarudosphaera bigelowii* が10個体以上産出することも注目される。

また, Miscellaneous としてカウントしたものは、直径 6 μm 前後の強い複屈折を示す円形の石灰質殻で、上部白亜系~最下部古第三系から産出することが知られている *Markalius* 属や *Cyclagelosphaera* 属と類似した形態的特徴を示すものである。二次堆積の可能性もあるが、大桑層の



第 6 図 小又地域の石灰質超微化石群集および「基準面」の位置。

網掛け部分は無化石産出層準および群集構成を検討するのに十分な個体数産出が認められなかった層準を示す。「基準面」の番号は高山ほか (1995) のものを使用。

Fig. 6 Sequential changes of calcareous nannofossil flora of the Kofutamata section.

分布している地域の周辺にこのような時代の海成堆積物の存在は、現在のところ知られていない。断続的ながら11点もの試料から産出が確認されているにもかかわらず、このような時代に生息していたほかの形態を示す石灰質殻が全く共産しないことを考えると、これが大桑層下部の堆積当時に生息していた新種である可能性も、完全には否定できない。

時代を推定する上で指標となる種の産出については、*Helicosphaera sellii* および長径3～6 μm と小型の *Gephyrocapsa caribbeanica* が、KFT25～29の層準を除くほぼ全ての層準で連続的に産出することが注目される。また長径4 μm 前後と小型の *Gephyrocapsa oceanica* がKFT22から上位の層準で断続的に産出し、この付近より上位の層準では *Calcidiscus* 属の産出が少なくなる。長径6 μm 以上の大型の *Gephyrocapsa* は、全ての試料で産出が認められなかった。

考 察

大桑地域

今回検討を行った大桑地域の試料からは、時代を推定するに十分な石灰質ナノ化石の産出を認めることはできなかった。この層準の大部分が、炭質物をしばしば含む比較的粗粒な岩相を示す（塚脇・大河原，1996）ことから考えると、石灰質ナノ化石の産出の欠如には、何らかの堆積環境に関係した要因が存在する可能性が指摘される。

高山ほか（1988）はO1火山灰層の上位約15mに、大型の *Gephyrocapsa* の出現層準を、そのさらに上位約25mに *Helicosphaera sellii* の絶滅層準を、それぞれ認定している。これらの基準面は、高山ほか（1995）ではそれぞれ基準面⑩（1.44 Ma）、⑨（1.26 Ma）とされている。塚脇・大河原（1996）によると、大桑層の基底不整合面はO1火山灰層の下位約27mの層準に位置するので、単純に外挿で考えると、その年代は1.74 Ma 頃ということになる。しかし、O1火山灰層よりも下位の層準が示す比較的粗粒な岩相から考えると、その年代はこれよりも新しくなるものと予想される。今回の検討で石灰質ナノ化石の産出が確認できなかったのでこれ以上憶測することはできないが、模式地における大桑層に鮮新・更新統境界（基準面⑫のやや下位、1.74 Ma、高山ほか，1995による）が含まれる可能性は低いといえる。

小二又地域

小二又地域の大桑層からは、保存状態はよくないものの、ある程度時代を推定することが可能な石灰質ナノ化石の産出が確認された。石灰質ナノ化石の産出が確認されたほとんど全ての試料から、*Gephyrocapsa caribbeanica* と *Helicosphaera sellii* の両種の産出が認められた。また、長径6 μm 以上に達する大型の *Gephyrocapsa* の産出は未確認である。この結果を高山ほか（1995）の「第四紀石灰質ナノ化石基準面」に対応させると、検討した層準全体が基準面⑫と⑩との間に位置することになる。

一方KFT22よりも上位の層準から採取した試料からは、散点的ながら長径4 μm 前後と小型の *Gephyrocapsa oceanica* の産出が認められた。また、*Calcidiscus macintyreii* の産出は、KFT18を上限としている。これらの結果は高山ほか（1995）の基準面⑪が、O1火山灰層の上位、試料KFT18と22との間の層準に追跡されることを示す。

しかしながらKO1火山灰層よりも下位の層準については、化石の保存状態がよくない上に、産出自体もとぎれがちになる。これよりも上位の層準においても、*Gephyrocapsa oceanica* の産出が散点的であることを考えると、本種の産出の欠如は、試料の保存条件あるいは何らかの堆積環境に関係し

た要因によるものであるという可能性も否定できない。また本研究で産出が認められた *Calcidiscus macintyre* には、典型的な本種と比較して中央の開口部がやや小さい個体が多い。高山ほか（1988）および志田ほか（1989）も、*Gephyrocapsa oceanica* の出現よりも上位の層準の大桑層から、*Calcidiscus macintyre* あるいは *Calcidiscus* cf. *macintyre* の産出を報告している。

以上の考察から本研究では、検討した層準全体を高山ほか（1995）の基準面 ⑫ と ⑩ との間に位置づけるのにとどめる。基準面 ⑪ は試料 KFT22 の層準よりも下位に位置することは確実であるが、これが KO1 火山灰層よりも下位、KFT09 付近の層準にまで下がる可能性も十分に考えられる（第 6 図）。高山ほか（1995）の年代値に従うと、今回検討した層準の年代は、1.65 Ma 前後、少なくとも 1.72 Ma よりも新しく、1.44 Ma よりも古いということになる。

大桑地域と小二又地域の対比

高山ほか（1988）の報告結果は、大桑地域の O1 火山灰層が高山ほか（1995）の基準面 ⑪ と ⑨ との間の層準に、O2 火山灰層が基準面 ⑩ と ⑨ との間の層準に、それぞれ位置することを示している。

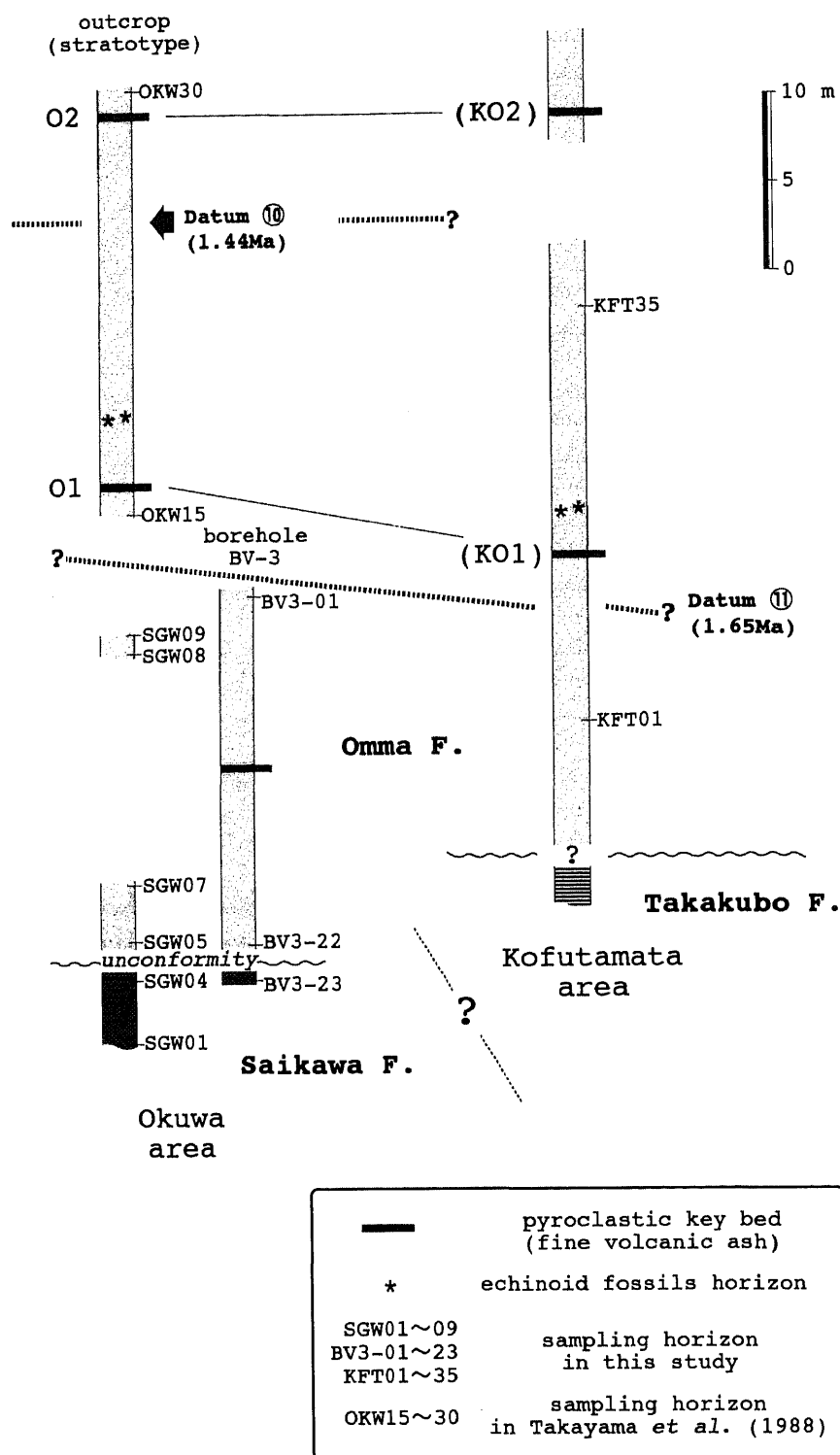
今回の小二又地域の検討では、小二又地域の KO1 火山灰層は、高山ほか（1995）の基準面 ⑫ と ⑩ との間の層準に位置することが明らかとなった。したがって KO1 火山灰層は、大桑地域地表の O1 火山灰層、あるいはボーリングコアの深度約 10.5m の部分から確認されている層厚約 30cm の白色火山灰層（塚脇・大河原，1996）に対比される可能性がある。KO1 が O1 に対比されるとすると、小二又地域における基準面 ⑪（高山ほか，1995）は、KO1 よりも下位に追跡されることになる（第 7 図）。

一方大久保ほか（1995）は、大桑層と富山県の頭川層、十二町層の火山灰層による対比を試みている。これによると小二又地域の KO1 および KO2 火山灰層は、大桑模式地の O1 および O2 火山灰層に、それぞれ対比されている。また小沢・神谷（1996）は両地域で介形虫化石群の変化を検討し、大久保ほか（1995）が対比した 2 つの火山灰層間で、堆積環境の変化パターンが調和的であることを報告している。O1 と KO1 の両火山灰層が相互に対比されれば、大桑・小二又両地域間で心形類ウニ化石の産出層準も相互に対比される（第 7 図）。

今回の研究では、大桑地域の大桑層基底付近の層準から石灰質ナノ化石を検出することはできなかった。また小二又地域の KO1 火山灰層よりも下位の層準についても、産出が散点的な上に保存状態もよくないため、十分な検討を行うことができなかった。高山ほか（1995）の基準面 ⑪ が KO1 よりも下位に追跡されると考えると、大久保ほか（1995）による KO1 と O1 の両火山灰層の相互対比は、今回の研究結果と矛盾しない。しかし KO1 がボーリングコア中の火山灰層に対比される可能性も、完全には否定できない。本論では両地域間の大桑層の相互対比は、野外における火山灰層の追跡およびボーリングコア中の火山灰の分析結果によって結論されるべきであると考え、結論を保留することにする。

大桑層と高窪層・犀川層の層序関係について

大桑層と下位層との岩相層序関係については、依然不明瞭な点がある。金沢市南部の山科～額谷地域では、大桑層は下位の各層（医王山累層～高窪層）を著しい傾斜不整合の関係で覆うことが知られている（田中，1970 など）。先にも述べたように、大桑地域における犀川層と大桑層との間には、軟体動物化石（Ogasawara，1977）および石灰質ナノ化石（高山ほか，1988）によって、中期中新世から前期更新世という大きな時間間隙が推定されており、岩相層序学的にも不整合関係が確認されて



第7図 大桑・小又両地域における大桑層最下部と下位層との層序関係。

「基準面」の番号および年代値は高山ほか（1995）のものを使用。大桑地域地表露出の基準面⑩は、高山ほか（1988）によって基準面⑨（佐藤ほか，1987）として報告されたものである（第1図参照）。大桑地域の凝灰岩層の名称はHasegawa（1979），ボーリングコアの岩層層序区分は塚脇・大河原（1996）による。火山灰層の対比は大久保ほか（1995）による。

Fig. 7 Stratigraphic relation between the lowermost part of the Omma Formation and the underlying formations at the Okuwa and Kofutamata areas.

いる（塚脇・大河原，1996）。

一方、金沢市北部の釣部～小二又地域における高窪層と大桑層の関係については、従来整合関係にあるとされてきたが（田中，1970など），規模は比較的小さいものの，傾斜不整合関係にあることが検証されている（杉本，1994）。一方，大久保ほか（1995）は富山県の頭川・十二町層の下部に挟在するHK2火山灰層を富山県西部の高窪層最上部の層準に追跡し，ここでは大桑層の基底にほとんど時間間隙が存在しないとしている。

志田ほか（1989）は石灰質ナンノ化石によって，金沢市東部の夕日寺地域および富山県小矢部市の八講田地域の大桑層の堆積開始時期が，模式地（大桑地域）のそれと比較して古い時代を示すことを報告し，大桑層の堆積開始時期とその基底に推定される時間間隙の長さとの間に，何らかの相関がある可能性を指摘している。

これらに対して，化石などの証拠から高窪層の地質時代に関して議論できる資料は現在のところ少なく，伊東（1986）が金沢市東部の釣部地域から報告した珪藻化石層序による前期鮮新世という結果があるのみに過ぎない。

以上のように金沢市東部における高窪層と大桑層の関係に関しては，現在なお各研究者間で統一的な見解に至っていない。また犀川層と高窪層との層序関係についても，いまだ十分に明らかにされていない。

本研究では石灰質ナンノ化石の検討によって，小二又地域の大桑層の地質時代が，大桑地域におけるそれと大きく変わらないことが示された（第7図）。この大桑層基底部の時代は，高窪層を下位層とする地域から報告された地質時代としては，比較的新しいものである。この結果だけで，小二又地域における高窪層と大桑層の層序関係について言及することはできないが，今後大桑層と下位層の広域的な層序関係を議論する上での資料となることを願い，検討結果のみを示すことにする。

おわりに

本研究で対比に用いた「第四紀石灰質ナンノ化石基準面」は，もともと深海掘削試料の検討に基づいて設定されたものであり，二次堆積や標本の保存条件，同定の個人差など，化石層序学的手法に普遍的な問題点も抱えていることは，高山ほか（1995）などにも詳しく述べられている。今回の検討では，種（*Gephyrocapsa oceanica*）の産出の欠如が，標本の保存条件，あるいは何らかの環境要因によるものである可能性を評価できなかったために，基準面（高山ほか，1995の基準面⑪）の位置する層準を正確に決定することができなかった。

時代的変遷と環境要因，標本の保存条件を分離して，群集構成を量的に議論することは，古海洋環境指標者としての石灰質ナンノ化石研究のためにも，避けることができないと考えられる。今回検討した小二又地域のわずかな層準の中でも，小型のプラコリスや現生では寒冷種とされている *Coccolithus pelagicus*，浅海域に多産することが知られている *Braarudosphaera bigelowii* などの産出量比が大きく変化することが認められた。このような石灰質ナンノ化石の群集構成の急激な変化が，環境要因とどのような関係にあるのか興味深い。しかし今回群集検討のために行った試料処理は，迅速に定性的な検討を行うための方法であり，定量的な構成を評価するには不十分である。いずれにしても，試料処理法から群集の評価方法にまで，解決すべき問題は多い。

謝 辞

本研究をすすめるにあたって，金沢大学理学部地球学教室の高山俊昭教授には，石灰質ナンノ化石

の試料処理・同定から本報告執筆に至るまで、終始御指導いただいた。また、同教室の加藤道雄教授・神谷隆宏博士・大久保 弘氏からは、有益な御教示および議論を賜った。大久保 弘氏には、文献の入手でも御協力いただいた。金沢大学工学部土木建設学教室の塚脇真二博士には、粗稿を読んでいただいた上に、多くの有益な議論および助言を賜った。以上の方々に感謝するとともに、本研究の発表機会を与えて下さった北陸地質研究所の粕野義夫金沢大学名誉教授に、深く感謝の意を表する。

文 献

- Berggren, W. A., Kent, D. V. and Van Couvering, J. A. (1985) : The Neogene, part 2. Neogene geochronology and chronostratigraphy. N. J. Snelling (ed.), *The Chronology of the geological record*, 211–260, *Geol. Soc. London Mem.*, 10.
- Cande, S. C., Kent, D. V. (1992) : A new magnetic polarity time scale for the late Cretaceous and Cenozoic. *Jour. Geophys. Res.*, 97, 13, 917–13, 951.
- Gartner, S., Jr. (1977) : Calcareous nannofossil biostratigraphy and revised zonation of the Pleistocene. *Mar. Micropaleont.*, 2, 1–25.
- Hasegawa, S. (1979) : Foraminifera of the Himi Group, Hokuriku Province, Central Japan. *Tohoku Univ., Sci. Rep.* 2nd ser. (Geol.), 49, 89–163.
- 伊東佳彦 (1986) : 北陸地方新第三系の珪藻層序. *NOM (News of Osaka Micropaleontologists)*, 14, 738–785.
- 北村晃寿・近藤康生 (1990) : 前期更新世の氷河性海水準変動による堆積サイクルと貝化石群集の周期的変化—模式地の大桑層中部の例—. *地質学雑誌*, 96, 19–36.
- Kitamura, A., Kondo, Y., Sakai, H., and Hori, M. (1994) : Cyclic changes in lithofacies and molluscan content in the Early Pleistocene Omma Formation, Central Japan related to the 41,000-year orbital obliquity. *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol.*, 112, 345–361.
- Martini, E. (1967) : Nannoplankton und Umlagerungserscheinungen im Persischen Golf und im nördlichen Arabischen Meer. *Neues Jahrb. Geol. Palaönt., Monatsh.*, 10, 597–607.
- Martini, E. (1971) : Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. A. Farinacci (ed.), *Plank. Conf. Roma, 1970, Proc.*, 2738–2785, Tecnoscienza.
- Ogasawara, K. (1977) : Paleontological analysis of Omma fauna from Toyama-Ishikawa area, Hokuriku Province, Japan. *Sci. Rep., Tohoku Univ.* 2nd ser. (Geol.), 47, 43–156.
- Okada, H. and Bukry, D. (1980) : Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Mar. Micropaleont.*, 5, 321–325.
- 大久保弘・小西健二・荒井晃作 (1995) : 大桑層・頭川層・十二町層 (鮮新世末期～更新世前期) の火山灰層による対比. *日本地質学会第102年総会講演要旨*, 98.
- 大村一夫・伊藤 孝・政枝 宏・壇原 徹 (1989) : 石川県金沢市に分布する大桑層の古地磁気層序. *松尾秀邦教授退官記念論文集*, 111–124.
- 小沢広和・神谷隆宏 (1996) : 大桑累層下部 (鮮新世後期～更新世前期) 産介形虫化石群に基づく能登半島基部域の海洋環境変遷. *日本古生物学会1996年会予稿集*, 71.
- Rahman, A. and Roth, P. H. (1989) : Late Neogene calcareous nannofossil biostratigraphy of the Gulf of Aden region. *Mar. Micropaleont.*, 15, 1–27.
- 酒井英男・堀井雅恵・北村晃寿 (1993) : 石川県大桑層中部の古地磁気研究. *富山県地学地理学研究*

- 論集, 10 (藤井昭二教授退官記念論文集), 87-96.
- Sato, T., Kameo, K. and Takayama, T. (1991) : Coccolith biostratigraphy of the Arabian Sea. W. L. Prell, N. Niitsuma *et al.*, *Proc. ODP, Sci. Results*, 117, 37-54, Ocean Drilling Program.
- 佐藤時幸・高山俊昭(1988) : 石灰質ナンノプランクトンによる第四系化石帯区分. 地質学論集, 30, 205-217.
- Sato, T. and Takayama, T. (1992) : A stratigraphically significant new species of the calcareous nannofossil *Reticulofenestra asanoi*. K. Ishizaki and T. Saito (eds.), *Centenary of Japanese Micropaleontology*, 457-460, Terra Scientific Publ.
- 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. 石油技術協会誌, 52, 231-242.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗・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4 : 総括-太平洋側および鮮新統一更新統境界の模式地との対比. 石油技術協会誌, 53, 475-491.
- 志田 千晴・亀尾浩司・高山俊昭(1989) : 大桑層における石灰質ナンノ化石の水平・垂直分布. 松尾秀邦教授退官記念論文集, 25-41.
- 杉本幹博(1994) : 加賀二俣向斜帯における大桑層基底の不整合. 金沢大学教育学部紀要(自然科学), 43, 59-75.
- Takayama, T. (1972) : A note on the distribution of *Braarudosphaera bigelowi* (GRAN and BRAARUD) DEFLANDRE in the bottom sediments of Sendai Bay, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, NS, 87, 429-435.
- 高山俊昭(1978) : 石灰質ナンノプランクトン. 高柳洋吉編, 微化石研究マニュアル, 朝倉書店(東京), 51-59.
- Takayama, T. (1993) : Notes on Neogene calcareous nannofossil biostratigraphy of the Ontong Java Plateau and size variation of the *Reticulofenestra* coccoliths. W. H. Berger, L. W. Kroenke, L. A. Mayer *et al.*, *Proc. ODP, Sci. Results*, 130, 179-229, Ocean Drilling Program.
- 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. 石油技術協会誌, 53, 9-27.
- Takayama, T. and Sato, T. (1987) : Coccolith biostratigraphy of the North Atlantic Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg. 94. W. F. Ruddiman, R. B. Kidd, E. Thomas *et al.*, *Init. Repts. DSDP*, 94, 651-702, U. S. Govt. Printing Office.
- 高山俊昭・佐藤時幸・亀尾浩司・後藤登美子(1995) : 第四系石灰質ナンノ化石層序と鮮新統/更新統境界の年代値. 第四紀研究, 34, 157-170.
- 田中謙一(1970) : 金沢周辺の大桑砂岩層(鮮新統)基底の不整合について. 地質学雑誌, 76, 115-130.
- 塚脇真二・大河原正文(1996) : 模式地における大桑層と犀川層との不整合について-"めがね橋"ボーリング試料の解析から-. 北陸地質研究所報告, No. 5, 187-209.

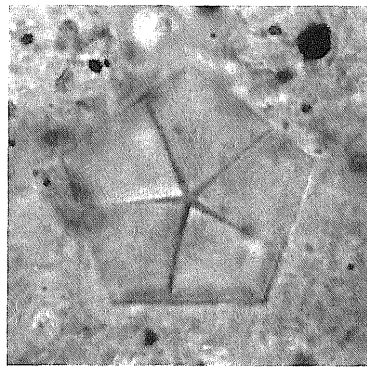
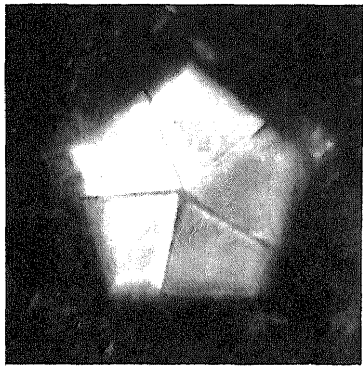
(図版説明) 大桑層から産出する石灰質ナノ化石 9 種の光学顕微鏡写真
写真の倍率は全て同じ。各番号の a は直交ニコル下, b は平行ニコル下で撮影。

Calcareous nannofossils from the Omma Formation. All figures are same magnification.

a : crossed nicols, b : without nicols.

- 1 a · 1 b *Braarudosphaera bigelowii* (GRAN & BRAARUD) DEFLANDRE
sample no. KFT17.
- 2 a · 2 b *Calcidiscus leptoporus* (MURRAY & BLACKMAN) LOEBLICH & TAPPAN
sample no. KFT15.
- 3 a · 3 b *Calcidiscus macintyreii* (BUKRY & BRAMLETTE) LOEBLICH & TAPPAN
sample no. KFT15.
- 4 a · 4 b *Coccolithus pelagicus* (WALLICH) SCHILLER
sample no. KFT26.
- 5 a · 5 b *Gephyrocapsa caribbeanica* BOUDREAUX & HAY
sample no. KFT33.
- 6 a · 6 b *Gephyrocapsa oceanica* KAMPTNER
sample no. KFT34.
- 7 a · 7 b *Helicosphaera cartrei* (WALLICH) KAMPTNER
sample no. KFT30.
- 8 a · 8 b *Helicosphaera sellii* BUKRY & BRAMLETTE
sample no. KFT24.
- 9 a · 9 b *Pseudoemiliana lacunosa* (KAMPTNER) GARTNER
sample no. KFT17.

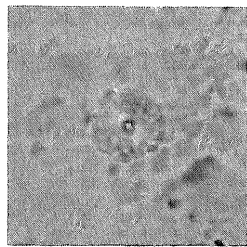
図版



10 μm

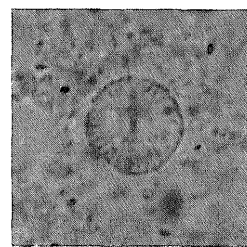
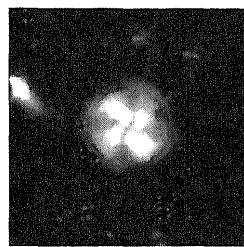
1a

1b



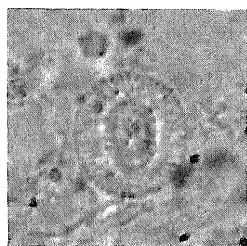
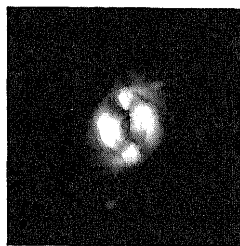
2a

2b



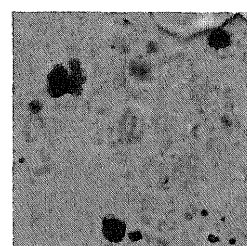
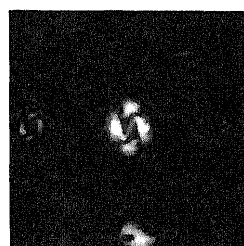
3a

3b



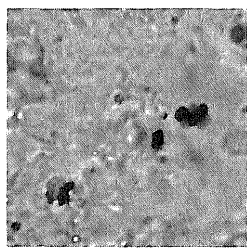
4a

4b



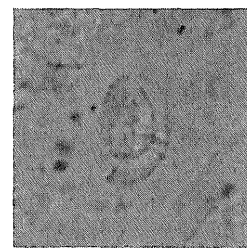
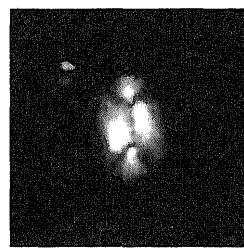
5a

5b



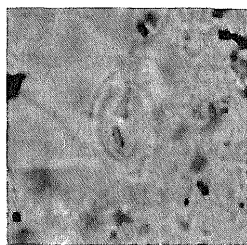
6a

6b



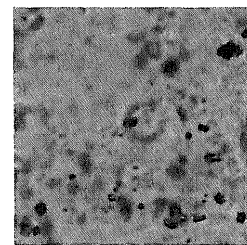
7a

7b



8a

8b



9a

9b