千葉県銚子地域に分布する中新統の年代層序

Chronostratigraphy of the Miocene Series in the Choshi area, Chiba Prefecture, central Japan

Abstract

高橋雅紀* 須藤 斎**
大木淳一*** 柳沢幸夫*

Masaki Takahashi*, Itsuki Suto**,
Jun'ichi Ohki***
and Yukio Yanagisawa*

2002年11月11日受付.

2003年4月16日受理.

* 産業技術総合研究所地球科学情報研究部門複合年代層序研究グループ

Integrated Bio-and Chronostratigraphy Group,
Institute of Geoscience, Geological Survey of Japan/AIST, Central 7, Higashi 1-1-1, Tsukuba,
Ibaraki 305-8567, Japan

** 筑波大学大学院地球科学研究科

Institute of Geoscience, the University of
Tsukuba, Tennodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-
8571, Japan

*** 千葉県立中央博物館

Natural History Museum and Institute, Chiba,
Aoba, Chuo-ku, Chiba 260-8682, Japan

Chronostratigraphy of the Miocene Series in the Choshi area, central Japan, is established on the basis of diatom biostratigraphy, K-Ar dating and paleomagnetic polarity. The previously described volcano-sedimentary succession of the Metogahana Formation is divided into two units, i.e. the lower andesite lava flows and the tuffaceous sandstone of the Senninzuka Formation (newly proposed), and the overlying marine siltstone of the Metogahana Formation (re-defined). The Senninzuka Formation can be correlated to the normal polarity interval around the Chron C 6 A (ca.21-20 Ma), whereas the diatom fossils from the Metogahana Formation indicate a latest early Miocene age (ca.17-16 Ma). The time gap of about 4 m.y. suggests the presence of an unconformity between these two units.

Key words : diatom, biostratigraphy, K-Ar dating, paleomagnetism, Miocene, Choshi, central Japan

はじめに

関東地域は東北日本弧と西南日本弧、さらに伊豆-小笠原弧が会合する場所に位置し、前期中新世末~中期中新世初期の日本海拡大による西南日本弧と東北日本弧の回転運動 (Otofuji et al., 1985, 1994 など) や、中期中新世以降の伊豆-小笠原弧の衝突・付加 (Amano, 1991) など、複雑な地質構造発達史を経てきたと推察される。しかし、関東地域の中新統は、関東平野を形成する厚い鮮新統~第四系に広く覆われ露出域が分断されていて、地表に露出する各地域の中新統の対比は必ずしも明確ではなかった。このため、関東地域全体の中新世地質構造発達史の復元や、地体構造区分などには多くの問題が残されていた。

こうした現状を克服するためには、まずそれぞれの地域に露出している地層について年代層序を明確にし、各地域間において地層を正確に対比することが不可欠である。我々はこの方針に沿って、確度と精度の高い年代層序の手法を用いて関東地域各地域に分布する中新統の年代層序を再検討し、さらに、関東平野地下に存在する中新統も含めた年代層序モデルを確立する一連の研究を行ってきた (Takahashi et al., 1999, 2000; 須藤ほか, 2002a, 2002b, 2003 など)。

本研究では、その一環として関東平野の東端部に位置する銚子地域の中新統の年代層序について検討した。銚子地域は

東北日本弧および西南日本弧の境界に近接しており、この地域の中新統の研究は、両島弧の境界の認定や形成過程の復元のための鍵となると考えられる。銚子地域の中新統は、これまで夫婦ヶ鼻層 (植田, 1933) として一括されてきたが、下部の安山岩溶岩の K-Ar 年代 (瀬野ほか, 1986) と上部のシルト岩の海生珪藻化石年代 (秋葉, 1977; Koizumi, 1977, 1980) とが大きく異なるにもかかわらず、この矛盾が指摘されることさえなかった。また、珪藻化石年代の根拠となるデータの詳細も公表されてこなかった。

そこで本研究では、従来の夫婦ヶ鼻層下部の安山岩溶岩について再度 K-Ar 年代を測定し、また地磁気極性年代尺度との対比を行うために、安山岩溶岩の古地磁気を測定した。さらに、夫婦ヶ鼻層上部のシルト岩の珪藻化石を分析し、珪藻化石層序を明らかにした。その結果、従来の岩相層序区分による夫婦ヶ鼻層の下部と上部は、約 400 万年もの年代差のある独立した地層であることが確認され、岩相層序を改訂する必要があることが明らかとなった。

本論文では、銚子地域の中新統の新たな岩相層序と年代層序学的データの詳細を記載し、併せて既存の情報を総括して、中新統の年代層序を確立した。また、関東平野の北部~西部や房総半島に露出する中新統、あるいは北方の常磐地域の中新統との対比を行った。

Stratigraphy of the Choshi area

Geologic Age	Formation	Column	Lithology (thickness)
Holocene	Alluvium		gravel, sand, mud
Late Pleistocene	Katori Fm. Kanto Loam		gravel, sand volcanic ash soil
Plio.-Pleistocene	Inubo Group	Toyosato Fm.	siltstone (slt), sandy siltstone (sdy), silty sandstone (silty), sandstone (ss), alternation of sandstone & siltstone (alt)
		Kurahashi Fm.	
		Yokone Fm.	
		Obama Fm.	
		Kasuga Fm.	
		Naarai Fm.	
Early Miocene	Metogahana Fm.		massive diatomaceous siltstone (dtm), thin-bedded tuffaceous siltstone with thin sandstone layer (slt) 20m
	Senninzuka Fm.		alternation of coarse- & fine-grained tuffaceous sandstone (alt), autobrecciated andesite lava flow (lava) 20m
Cretaceous Barremian - Aptian	Choshi Group	Nagasakihana Fm.	bedded sandstone (ss), alternation of sandstone & shale (alt), shale (sh), conglomerate (cg)
		Toriakeura Fm.	
		Inubozaki Fm.	
		Kimigahama Fm.	
		Ashikajima Fm.	
Jurassic	Atagoyama Group		massive sandstone(ss), pebbly shale(sh), conglomerate(cg), bedded chert(ch)

Fig. 1. Schematic column for the Choshi area. Stratigraphic divisions of the Inubo Group are given by Sakai (1990), Choshi Group by Obata et al. (1982) and the Miocene by this work.

地 質 概 説

銚子地域には、下位よりジュラ系の愛宕山層群、白亜系の銚子層群、下部中新統の千人塚層・夫婦ヶ鼻層、鮮新-更新統の犬吠層群、上部更新統の関東ローム・香取層、および完新統の沖積層が分布する (Fig.1)。このうち、中生界と中新統は東端の海岸部のみに露出し、そのほかは鮮新統および更新統が広く分布する (Fig.2)。

愛宕山層群 (鹿股ほか, 1958) は、塊状砂岩を主とし頁岩や礫岩およびチャートを含む岩相の特徴から、ジュラ紀の付加コンプレックスと考えられている (高橋, 1990)。

銚子層群 (鹿間・鈴木, 1972) は、主として砂岩、砂岩頁岩互層、頁岩および礫岩からなる浅海堆積物で、アンモナイト・二枚貝化石や有孔虫化石を産出し、時代は白亜紀 Barremian~Aptian 期とされる (Obata et al., 1982)。

銚子地域の中新統は、従来夫婦ヶ鼻層 (植田, 1933 の夫婦鼻頁岩層) として一括されていたが、本研究により下部の千人塚層 (新称) と上部の夫婦ヶ鼻層 (再定義) を改めて設定し、二分する。千人塚層は古銅輝石安山岩溶岩および凝灰質砂岩から、夫婦ヶ鼻層は主に海成の凝灰質シルト岩からなる。後述するように、地質年代には約 400 万年もの差があることから、両層は不整合関係にあると推定される。

鮮新-更新統の犬吠層群 (Ozaki, 1958; 酒井, 1990) は、房総半島の上総層群に相当する地層で、シルト岩、砂質シルト岩、シルト質砂岩などからなり、夫婦ヶ鼻層を不整合に覆う。犬若から西方にかけての海崖に連続して露出し、さらに銚子

から北西に広がる台地の麓部に露出する。

銚子地域の中新統の岩相層序

1. 千人塚層:Senninzuka Formation (新称)

従来の夫婦ヶ鼻層 (Ozaki, 1958) の下部とされた古銅輝石安山岩溶岩と凝灰質砂岩の部分で、ここで新たに千人塚層と命名し、独立の地層として定義する。

地層名として採用した銚子市北端の千人塚 (Fig.2) には、かつて古銅輝石安山岩溶岩が露出していた (近藤・佐野, 1962) とされるが、現在この付近は市街化により全く露頭がなく、千人塚供養塔の北東にある公園内に古銅輝石安山岩のブロックが保存されているのみである。一方、銚子市南東端の長崎鼻付近の大宝満および小宝満と呼ばれる小島には良好な露出があるので、地層名としては「長崎鼻層」が望ましいが、すでにこの名称は、白亜系銚子層群の地層名として使用されているため (Fig.1)、本論では千人塚層を採用した。ただし、模式地は、本層の特徴である凝灰質砂岩が唯一露出し、かつ安山岩溶岩との関係も非常によく観察できる長崎鼻北東の小島とする (Fig.3)。

下位層との関係は直接確認できないが、長崎鼻付近では南東に緩く傾斜する本層のすぐ西側に銚子層群の砂岩が露出することから、白亜系銚子層群を不整合に覆うと推定される。また、黒生漁港付近 (Fig.4) でも古銅輝石安山岩溶岩の基底礫岩の西方に、銚子層群の礫岩が散点的に露出することから、ここでも銚子層群を不整合に覆うと推定される。その他、千人塚北方の小島にも火山岩が露出 (近藤, 1986) する

Fig.3. The locations of the andesite lava samples for paleomagnetic measurements (A and B) and outcrop of the Senninzuka Formation (C to F).

Fig. 4. (A) Sketch of the thin-bedded tuffaceous siltstone of the Metogahana Formation at type locality (Metogahana) and (B) the columns of the diatomaceous massive siltstone at Kurohae. Sample localities (horizons) for diatom (CHO- series), paleomagnetic measurements (CHS-1) and for K-Ar dating (CHO-K-01) are also indicated.

とされるが、地質構造および下位層との層位関係は不明である。

岩相は、模式地において粗粒および細粒の凝灰質砂岩の互層ないし塊状粗粒凝灰質砂岩 (Fig.3 D and F) で、下部および周縁が著しく発砲したクリンカーからなり、主部では流理の顕著な古銅輝石安山岩溶岩が1枚挟んでいる (Fig.3 C and E). 凝灰質砂岩は単層ごとに上方細粒化し、また一部斜交層理 (Fig.3 D) も認められ、水底で堆積したことがうかがわれる。また、溶岩流の直下では、加重に伴うと見られる変形構造も発達している (Fig.3 E). 一方、溶岩流は下部が

赤色酸化しており、また枕状構造やハイアロクラスタイトが認められないことから、陸上ないし非常に浅い水域に噴出したものと考えられる。溶岩流は側方に尖滅し成層した凝灰質砂岩と指交するとともに、上位にも凝灰質砂岩が重なる。一方、黒生漁港付近では節理の発達した厚い溶岩のみが露出し、最下部の火山角礫岩も観察されるが、凝灰質砂岩等の碎屑岩は露出していない。層厚は模式地で 20 m 程度が露出する。

2. 夫婦ヶ鼻層: Metogahana Formation (再定義)

従来の夫婦ヶ鼻層 (Ozaki, 1958) のうち、下部の安山岩溶

Fig.5. Outcrop photographs of the thin-bedded dark grey tuffaceous siltstone of the Metogahana Formation (A and B) and the columnar section of this site (C). Sample horizons for diatom biostratigraphic investigation are also indicated.

Fig. 6. Paleomagnetic results of the andesite lava of the Senninzuka Formation. (A,B) Orthogonal vector-component diagrams showing representative results of progressive alternating-field demagnetization (PAFD) and progressive thermal demagnetization (PThD) for pilot specimens. (C) Equal-area projection of specimen-characteristic remanent magnetization directions (dots). Ovals show the areas of 95% confidence with radius α_{95} for site-mean directions.

岩と凝灰質砂岩（千人塚層）を除いた上部の海成シルト岩からなる部分を夫婦ヶ鼻層として再定義する。

模式地は、銚子地域北東端の夫婦ヶ鼻（現在のポータル付近）とする。開発が進む以前は、夫婦ヶ鼻から東海岸沿いに黒生付近まで連続して露出していたとされる（山岸ほか、1959）。しかし、現在ではポータルの下にわずか6 m 程度が露出するのみである（Fig. 4 A）。

下位の千人塚層との直接の関係は、現在では露頭欠如のため確認することはできないが、模式地の北西（層序の下位）

の海岸には、かつて千人塚層の凝灰質砂岩と古銅輝石安山岩溶岩が露出していたとされることから（Ozaki, 1958）、夫婦ヶ鼻層が千人塚層の上位に位置することは確かである。後述するように、夫婦ヶ鼻層は、千人塚層とは約400万年もの年代差があることから、両層の関係は不整合と推定される。一方、黒生付近では、夫婦ヶ鼻層は愛宕山層群と礫岩で接し、鈴木（1958）はこの礫岩を夫婦ヶ鼻層の基底礫岩と考えた。しかし、後に鈴木ほか（1974）はこれを断層角礫岩と判断し、夫婦ヶ鼻層は愛宕山層群のチャートと断層関係にあるとした

Fig. 7. Light photomicrographs of selected diatoms of the Metogahana Formation in Choshi area. Black scale bars indicate 10 μ m (left bar for 11–16, 19, 28–33 and right bar for 1–10, 17–18, 20–27).

- 1–2. *Crucidentricula kanayae* var. *kanayae* Akiba et Yanagisawa, CHO-19.
- 3–4. *Crucidentricula kanayae* var. *kanayae* Akiba et Yanagisawa (girdle view), CHO-19.
- 5–6. *Crucidentricula ikebei* Akiba et Yanagisawa, CHO-17.
- 7–8. *Coscinodiscus lewisianus* Greville, CHO-25.
- 9–10. *Cymatosira* cf. *lorenziana* Grunow, CHO-29.
11. *Kisseleviella carina* Sheshukova, CHO-29.
- 12–14. *Thalassionema* sp., CHO-29.
- 15–16. *Cestodiscus peplum* Brun., CHO-29.
- 17–18. *Actinocyclus ingens* f. *planus* Whiting et Schrader, CHO-25.
19. *Raphidodiscus marylandicus* Christian, CHO-29.
- 20–21. *Mediaria splendida* Sheshukova, CHO-29.
- 22–23. *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve, CHO-29.
- 24–25. Resting spore, CHO-17.
- 26–27. Resting spore, CHO-29.
- 28–30. *Thalassiosira mizunamiensis* Yanagisawa, CHO-29.
- 31–33. *Thalassiosira* sp., CHO-29.

(Fig. 2).

岩相は、模式地においては厚さ数 cm 以下の成層した暗灰色のシルト岩からなり、細粒砂岩の薄層が数層挟在する (Fig. 5 A)。シルト岩には成層構造がよく残されており、生物擾乱が少ないことが特徴の一つである (Fig. 5 B)。一方、模式地の南の黒生付近の崖 (Fig. 4 B: 試料 CHO-24~CHO-27) にもかつて小露頭があり、軽石粒を含む中粒砂岩の薄層を挟む淡

青緑色を呈した塊状の珩藻質シルト岩が露出していた。Matoba (1967) は本層から砂質有孔虫の *Martinottiella communis* (d'Orbigny) の産出を報告し、堆積深度を外部浅海帯~上部漸深海帯と推定している。

夫婦ヶ鼻層は、黒生付近では N 70° E の走向で北西に 10° で傾斜するが、夫婦ヶ鼻付近では同方向の走向で南東に 10° で傾斜することから、両地域の間には東にプランジした NE-SW

Fig.8. Stratigraphic distribution of selected diatom species and correlation with the diatom biostratigraphic time scale (Yanagisawa and Akiba, 1998).

方向の向斜構造が推定される (Matoba, 1967; Fig.1).

厚さは, Ozaki (1958) の Fig.4 の露頭写真を見る限り, 海食崖の高さ程度は存在していると思われ 20 m 程度と考えられるが, 現在観察される夫婦ヶ鼻層の層厚は黒生付近の地層と模式地の地層に重複がないとしても, わずか 10 m 足らずである。

K-Ar 年代測定, 古地磁気測定および珪藻分析

1. K-Ar 年代測定

千人塚層の古銅輝石安山岩溶岩流の噴出時期をより明確にする目的で, 黒生漁港に露出する安山岩溶岩 (試料 CHO-K-01; Fig.4) について K-Ar 全岩年代を測定した。

測定試料は単斜輝石含有斜方輝石カンラン石安山岩である。斑晶鉱物としては斜長石, カンラン石, 斜方輝石と少量の単斜輝石が認められる。斜長石は長柱状~短柱状の 0.2~0.6 mm の半自形~自形結晶であり, 累帯構造やアルバイト双晶を示す。カンラン石は 0.1~3.2 mm の自形~半自形結晶で, 部分的にサポナイト化しているものもあるが, 全体的には新鮮な結晶が多く認められる。斜方輝石は長柱状~短柱状の 0.1~0.9 mm の半自形~自形結晶である。また, 単斜輝石は 0.1~0.9 mm の短柱状の半自形結晶である。石基はインターサタル組織を示し, 斜長石, 単斜輝石, 不透明鉱物, ガラスで構成されている。測定試料は, 全体的にはカンラン石の一部がサポナイト化しているだけの新鮮な岩石である。

K-Ar 年代測定は (株) 森山地質年代学研究所に依頼した。試料は風化面を除去したのち乳鉢で粉碎し, 60-80 メッシュ (177-297 μm) に粒度を揃え, イオン交換水を用いて超音波洗浄機で十分洗浄した。乾燥後, 電磁分離器によって斑晶と強磁性鉱物を除去し, 沸騰した蒸留水で約 3 昼夜洗浄した。

これらの試料はアルゴン測定用とカリウム測定用に分け, 前者は ^{39}Ar をトレーサーとした同位体希釈法で, 後者はさらにメノウ乳鉢で粉末化して蛍光分析法で分析を行った。アルゴンおよびカリウムの定量は, Itaya et al. (1991) に従った。

得られた年代値は $20.3 \pm 0.5 \text{ Ma}$ (誤差 1σ) である (Table 1)。大気アルゴンの混入率は約 30% と低く, 測定値の信頼性は高いと判断される。

2. 古地磁気測定

古地磁気測定用試料は黒生漁港の溶岩について 1 地点 (CHS-1, Fig.4), 長崎島の溶岩については 2 地点 (CHS-2, 3; Fig.3B) より, それぞれ数個ずつ方位ハンドサンプルを採取した。試料採取にあたっては, 安山岩の残留磁化が磁気コンパスに影響しないか留意して方位を測定した。採取した試料は実験室において油粘土を用いて露頭での姿勢に復元し, 石膏で固めて磁北の方位を書き込んだ後, 円筒コアラで径 25 mm の円柱状試料をくりぬいた。円柱状試料は, さらに高さ 22 mm ごとに切断し, 産業技術総合研究所に設置されている夏原技研製 SMM-86 スピナー磁力計で残留磁化を測定した。

まず, それぞれの地点 (サイト) のパイロット試料について, 段階交流消磁 (progressive alternating-field demagnetization: PAFD) および段階熱消磁 (progressive thermal demagnetization: PThD) 実験を行い, 残留磁化の安定性を吟味した。パイロット試料についての交流消磁実験は, 同所に設置されている夏原技研製 DEM-95 (0~180 mT) および DEM-8601 (0~100 mT) 交流消磁装置で消磁したのち, SMM-86 スピナー磁力計で行った。熱消磁実験は Magnetic Measurements 社製 MM-T-18 熱消磁装置を用いて行った。いずれの消磁装置内部の残留磁場は 10 nT 以下であった。

Fig.9. Correlation among the Miocene sequences in the Kanto area and off-shore Kashima SK-1 well.

いずれのパイロット試料の段階消磁実験においても、直線性の高い特徴磁化 (characteristic magnetization) 方位が認められた (Fig.6). Fig.6A は段階交流消磁実験の結果を Zijderfeld 図 (Zijderfeld, 1967) に投影したもので、各消磁ステップ後の残留磁化ベクトルの水平成分を黒丸で、垂直成分を南北方向の鉛直面に白丸でプロットした。自然残留磁化 (natural remanent magnetization: NRM) は、2 mT 程度の交流消磁後は方位を変えずに強度のみが減衰していることが、図で原点に向かう直線成分として示されている。一方、段階熱消磁実験の結果も、交流消磁実験と同様に直線性の高い特徴磁化を示し、その方位は段階交流消磁実験により認められた特徴磁化方位に一致する。段階熱消磁実験の結果、分析した安山岩岩の残留磁化の大部分は 530°C までの処理で消

磁されていることから、磁化を担っている磁性鉱物は Ti に乏しいチタノマグネタイトであると推定される。以上のように、段階交流および段階熱消磁実験の両方で直線性の高い特徴磁化成分が得られ、それらの方位が一致することから、残留磁化は溶岩流が噴出したのち冷却する過程で獲得された熱残留磁化 (Thermoremanent magnetization: TRM) であり、当時の地球磁場方位を記録したものであると考えられる。

段階交流および段階熱消磁実験による特徴磁化方位が一致していることから、残りの定方位サンプルからくりぬいたコア試料のうち一つずつについて、ステップ数を減らした段階交流消磁実験を行い、特徴磁化成分の分離を試みた。主成分分析 (Kirschvink, 1980) により残留磁化成分の分離と方位決定を行い、それにより決定された特徴磁化方位を 3 地点そ

Fig.9. continued.

れぞれについて平均し、サイト平均方位を決定した。

得られた各サイト平均方位は、地層の傾動を補正する必要がある。長崎鼻の安山岩溶岩は成層した凝灰質砂岩に挟在しており、それらの層理面を用いて傾動補正を行った。ただし、溶岩流の直下の凝灰質砂岩は溶岩の加重に伴い局所的に地層が変形 (Fig.3 F) しているため、溶岩流の上位に重なり地質構造が安定している位置での凝灰質砂岩の構造で補正した。一方、黒生漁港では節理の発達した安山岩溶岩とわずかに下部クリンカーが露出するのみで、傾動の有無を判断することは困難である。ただし、安山岩溶岩の西側には白亜系銚子層群の礫岩が露出していることから、溶岩流は緩く東方に傾斜していると推定される。

黒生漁港の安山岩溶岩の古地磁気方位は、北から若干西に

偏った偏角 (-14.7°) で、伏角は 33.5° であり、傾動補正を行った長崎鼻の安山岩溶岩の古地磁気偏角 (-12.2° および -7.3°) とはほぼ一致するものの、伏角は後者 (54.7° および 61.1°) より 20° 以上も浅い (Fig.6C)。この違いは、黒生漁港の安山岩溶岩の古地磁気方位については傾動補正を行っていないためである可能性が示唆される。

以上のように、千人塚層の安山岩溶岩は、いずれも伏角が下向き (正) で、偏角は概ね北を示しており、古地磁気極性は正帯磁である (Table 2)。

3. 珪藻分析

夫婦ヶ鼻層の海成シルト岩より試料を採取し、珪藻化石を分析した (Figs.4, 5)。試料の処理と計数は柳沢 (1999) に記述した方法で行った。

Table 1. K-Ar age for the andesite lava in the Senninzuka Formation, Choshi area.

Sample (mineral)	Locality	Potassium (wt. %)	Rad. argon 40 (10 ⁻⁸ ccSTP/g)	K-Ar age (Ma)	Non Rad. Ar (%)
CHO-K-01 (whole rock)	Kurohae	1.52±0.03	120.3±1.8	20.3±0.5	30.8

(error : 1σ)

Table 2. Paleomagnetic results of the andesite lava in the Senninzuka Formation, Choshi area.

Site	<i>n</i>	<i>in situ</i>		<i>J n</i> (A/m)	Strike and dip	<i>tilt corrected</i>			<i>k</i>	VGP position	
		<i>Decl.</i> (°)	<i>Incl.</i> (°)			<i>Decl.</i> (°)	<i>Incl.</i> (°)	$\alpha_{95} (^{\circ})$		<i>lat.</i>	<i>long.</i>
andesite lava flows in the Senninzuka Formation											
CHS-1	6	-14.7	33.5	0.74	ND	ND	ND	1.5	1877.8	ND	ND
CHS-2	6	-21.7	45.4	5.94	N32°E, 12°SE	-12.2	54.7	2.1	1000.1	80.0°N	46.6°E
CHS-3	6	-20.1	52.5	4.71	N32°E, 12°SE	-7.3	61.1	2.4	803.4	82.1°N	97.8°E

ND: not determined

n represents number of independently oriented samples; *Decl.* and *Incl.*, mean declination and inclination, respectively; *J_n*, the intensity of natural remanent magnetization (NRM); *α₉₅*, a radius of 95% confidence circle; *k*, Fisherian precision parameter; *lat.* and *long.*, latitude and longitude of the virtual geomagnetic pole (VGP) position.

処理した 25 試料のうち, 17 試料から計数可能な珪藻化石が産出した. 計数結果を Table 3 に, 主要な珪藻種の光学顕微鏡写真を Fig.7 に, 年代決定に重要な珪藻種の層序学的分布と認定される珪藻化石帯を Fig.8 に示す.

産出した珪藻化石群集は, *Crusidenticula kanayae*, *Actinocyclus ingens*, *Kisseleviella carina* などを共通して含む. 珪藻化石を含有する試料は, すべて *C. kanayae* を産し *Denticulopsis praelaeta* を含まないことから, Yanagisawa and Akiba (1998) の *C. kanayae* 帯 (NPD 3A) と認定できる (Fig.8). また, これらの試料は, *C. kanayae* を連続的に含むことから, Yanagisawa and Akiba (1998) の *C. kanayae* の終多産出層準 (D 33:16.5 Ma) よりも下位で, かつ *C. kanayae* 初産出層準 (D 30:16.9 Ma) よりも上位にあると判断できる.

考 察

1. 中新統の年代層序

千人塚層の年代に関しては, 千人塚付近より採取された古銅輝石安山岩について, かつて 11.8±0.6 Ma (以下誤差 1σ) の K-Ar 全岩年代が報告された (巽・石坂, 1979). しかし, その後, 同一試料について再測定がなされ, 21.0±1.1 Ma および 21.3±1.1 Ma の年代が得られたほか, 長崎鼻の古銅輝石安山岩についても 21.4±1.1 Ma の K-Ar 全岩年代が報告された (瀬野ほか, 1986; Fig.9). 今回測定された 20.3±0.5 Ma の K-Ar 年代は, 従来の測定値と誤差範囲で一致し, 千人塚層の古銅輝石安山岩溶岩が 21~20 Ma 前後に噴出したことが確かになった.

これら溶岩の古地磁気は, 本研究により正帯磁を示すことが明らかになった. 上述の K-Ar 年代を基に, Cande and Kent (1995) の地磁気極性年代尺度と比較すると, 千人塚層は

Chron C6A 付近のいずれかの正磁極節に対比される (Fig.9). 千人塚層は, 層厚がわずか 20 m と薄いことを考慮すると, その年代は 21~20 Ma 前後のきわめて短い期間であると推定できる.

一方, 夫婦ヶ鼻層のシルト岩は, 珪藻化石帯の *Crusidenticula kanayae* 帯 (NPD 3A, 16.9~16.3Ma) に対比されることが明確となった. さらに, 多くの試料が, *C. kanayae* を数%以上含むことから, 珪藻生層準 (Yanagisawa and Akiba, 1998) の *C. kanayae* の終多産出層準 (D 33, 16.5 Ma) よりも下位に位置づけられる. したがって, 再定義された夫婦ヶ鼻層の年代は, Yanagisawa and Akiba (1998) の年代尺度に基づけば, 16.9~16.5Ma の範囲に収まる. なお, 従来の珪藻化石帯の認定 (秋葉, 1977; Koizumi, 1977, 1980) も, 現在の珪藻化石帯区分で読み直すと *C. kanayae* 帯となるので, 今回の結果と一致する.

以上のように, 千人塚層と夫婦ヶ鼻層の年代はそれぞれ 21~20 Ma, 16.9~16.5 Ma に推定され, 両層の年代が約 400 万年も異なることが明らかとなった. 両層の境界に堆積速度の非常に遅い地層が挟在していることは考えにくいので, 両層は堆積年代の異なる独立した地質単位であり, その関係は不整合であると考えられる.

2. 中新統の対比

本研究によって総括された銚子地域の中新統と, 関東平野の北部~西部や房総半島に露出する中新統, さらに北方の常磐地域に露出する中新統および鹿島沖の太平洋下を掘削した鹿島 SK-1 の坑井地質との年代対比を行った (Fig.9).

安山岩を主とする千人塚層に年代対比される地層を関東周辺地域で見いだすのは難しい. これは, 下部中新統の火山岩類は, 主としていわゆるグリーンタフ地域とされた変質の著しい地域に分布しているため, 正確な年代が得られていない

Table 3. Occurrence of diatom fossils. Numbers represent valve numbers during the routined 100 counting. “+” indicates valves recognized more than 100.

Diatom zone		Crucidenticula kanayae Zone (NPD 3A)																	
Areas		Metogahana												Kurohae					
Sample number (CHO-)		03	04	06	08	12	13	15	16	17	18	19	21	25	26	27	28	29	
Preservation		G	M	M	M	P	M	M	M	M	P	G	M	G	P	G	P	G	
Abundance		C	C	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C	A	C	C	R	C	
<i>Actinocyclus</i>	<i>ingens</i> f. <i>ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader	1	1	+	-	-	1	+	1	1	2	1	16	-	6	+	+	+	
A.	<i>ingens</i> f. <i>planus</i> Whiting et Schrader	1	1	-	-	1	2	2	3	3	3	3	6	4	3	3	3	1	
A.	sp.	-	-	-	1	3	3	1	5	-	1	1	3	+	-	-	3	+	
<i>Actinopterychus</i>	<i>senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	3	+	+	1	1	2	1	3	1	2	2	3	+	1	2	1	+	
<i>Arachnoidiscus</i>	spp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Asteromphalus</i>	spp.	-	-	-	-	-	1	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	
<i>Aulacoseira</i>	spp.	13	40	20	53	54	32	22	15	14	11	8	-	+	1	1	29	1	
<i>Azpeitia</i>	<i>endoi</i> (Kanaya) Sims et Fryxell	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	2	1	
A.	<i>vetustissima</i> (Pantocsek) Sims	+	+	1	-	-	1	-	3	-	2	3	-	-	1	1	1	1	
<i>Cavitatus</i>	<i>jouseanus</i> (Sheshukova) Williams	+	1	1	-	2	+	+	2	1	4	1	+	1	1	+	-	+	
C.	<i>linearis</i> (Sheshukova) Akiba et Yanagisawa	-	-	+	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	+	+	1	+	
<i>Cestodiscus</i>	<i>peplum</i> Brun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Cestodiscus</i>	sp. (concave)	1	-	1	+	-	+	+	1	-	-	-	-	1	2	1	-	1	
<i>Cocconeis</i>	<i>californica</i> Grunow	-	-	-	-	-	1	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
C.	<i>costata</i> Gregory	1	-	-	1	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C.	<i>scutellum</i> Ehrenberg	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C.	<i>vitrea</i> Brun	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Coscinodiscus</i>	<i>lewisianus</i> Greville	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	+	3	1	-	+	
C.	<i>marginatus</i> Ehrenberg	1	1	2	+	-	+	+	1	1	10	+	-	+	4	+	1	1	
C.	<i>perforatus</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	-	1	-	
<i>Crucidenticula</i>	<i>ikebei</i> Akiba et Yanagisawa	-	-	+	-	1	-	-	1	+	+	-	-	-	-	-	-	-	
C.	<i>kanayae</i> var. <i>kanayae</i> Akiba et Yanagisawa	6	7	3	+	3	2	+	15	4	6	7	+	1	+	+	6	+	
C.	<i>sawamurae</i> Yanagisawa et Akiba	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cymatosira</i>	cf. <i>lorenziana</i> Grunow	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	+	2	-	1	-	5	
<i>Delphineis</i>	<i>miocenica</i> (Schrader) Andrews	1	1	2	+	2	+	+	3	2	-	1	1	+	-	+	+	+	
D.	<i>penelliptica</i> Andrews	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Diploneis</i>	<i>bombus</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	
D.	<i>smithii</i> (Brébisson) Cleve	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Eucampia</i>	sp. A (= <i>Hemiaulus polymorphus</i> Grunow)	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Grammatophora</i>	spp.	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	1	-	
<i>Hemiaulus</i>	<i>bipons</i> (Ehrenberg) Grunow	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Hyalodiscus</i>	<i>obsoletus</i> Sheshukova	-	+	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	
<i>Ikebea</i>	<i>tenuis</i> (Brun) Akiba	2	1	1	1	-	+	1	1	1	3	+	3	1	3	1	1	-	
<i>Kisseleviella</i>	<i>carina</i> Sheshukova	3	+	3	3	1	2	+	-	1	-	3	-	+	-	1	+	10	
<i>Mediaria</i>	<i>splendida</i> Sheshukova	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Melosira</i>	<i>sol</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Navicula</i>	sp.	1	+	3	2	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	+	-	1	
<i>Nitzschia</i>	cf. <i>cylindrus</i> (Grunow) Hasle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	+	
N.	sp.	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Odontella</i>	<i>aurita</i> (Lyngbye) Agardh	1	+	+	1	-	3	3	-	3	-	1	-	+	-	1	-	1	
<i>Paralia</i>	<i>sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	+	3	1	+	-	+	1	-	1	7	+	32	1	8	4	3	11	
<i>Planifolia</i>	<i>tribranchiata</i> Ernisee	-	1	1	-	-	-	1	1	-	-	+	-	1	-	+	1	-	
<i>Proboscia</i>	<i>interposita</i> (Hajós) Jordan et Priddle	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Pseudodimerogramma</i>	<i>elegans</i> Schrader	+	-	1	+	-	+	1	-	+	-	2	-	-	-	1	-	1	
P.	<i>elliptica</i> Schrader	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Pterotheca</i>	sp.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1	-	-	-	-	
<i>Raphidodiscus</i>	<i>marylandicus</i> Christian	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	3	-	+	
<i>Rhaphoneis</i>	sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	2	-	-	-	+	
<i>Rhizosolenia</i>	<i>hebetata</i> f. <i>hiemalis</i> Gran	11	8	2	4	-	5	8	-	10	-	13	-	2	-	4	-	2	
R.	<i>styliformis</i> Brightwell	1	4	1	2	1	2	2	-	4	2	3	-	-	1	-	3	-	
<i>Rossella</i>	<i>paleacea</i> (Grunow) Desikachary et Meheshwari	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Rouxia</i>	<i>peragalli</i> Brun et Hérbaud	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	
<i>Stellarima</i>	spp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	3	+	1	-	2	-	1	1	
<i>Stephanogonia</i>	<i>hanzawae</i> Kanaya	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Stephanopyxis</i>	spp.	+	1	+	1	3	2	1	7	1	7	+	4	+	1	2	7	-	
<i>Thalassionema</i>	cf. <i>hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader	+	+	2	+	2	2	+	+	+	5	-	4	5	15	8	-	6	
T.	<i>nitzschoides</i> (Grunow) H. et M. Peragallo	39	25	37	19	23	31	49	33	43	27	43	24	75	47	60	34	51	
T.	<i>obtusa</i> (Grunow) Andrews	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Thalassiosira</i>	<i>leptopus</i> (Grunow) Hasle et Fryxell	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	
T.	<i>mizunamiensis</i> Yanagisawa	1	-	-	-	-	-	1	1	+	1	+	1	-	-	-	-	-	
T.	spp.	4	+	2	+	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
<i>Thalassiothrix</i>	<i>longissima</i> Cleve et Grunow	1	+	2	-	+	+	1	1	1	+	+	+	+	-	-	-	+	
<i>Triceratium</i>	<i>arcticum</i> Brightwell	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
<i>Trochosira</i>	<i>concava</i> Sheshukova	-	+	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
T.	<i>spinosa</i> Kitton	2	1	4	2	-	4	2	-	-	-	2	-	1	-	-	2	1	
Miscellaneous		4	1	3	9	-	2	3	-	6	-	1	-	1	-	3	-	4	
Total number of valves counted		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Resting spore of <i>Chaetoceros</i>		78	54	54	39	30	77	69	39	62	31	52	39	36	27	39	67	55	

ことに起因する。しかしながら、例えば栃木県茂木地域の火山岩類（中川層群：河田，1947）や、足尾山地の東縁に分布する火山岩類（阿久津，1953；吉川，1998）などの放射年代による年代層序は、20 Ma より明らかに新しい（石塚・星，1997；吉川ほか，2001）。千人塚層とほぼ同じ年代を示す火山岩類は、東北地方の高館層（大明山 火山岩類：22～21 Ma：Tsunakawa et al., 1983；宇都ほか，1989）や、能登半島の古銅輝石安山岩（約 20 Ma：柴田ほか，1981）など、地理的分布は非常に限られる。千人塚層の火山活動は、中新世以降の火山フロントの変遷（大口ほか，1989）を考慮しても、著しく海溝寄りに位置し、また年代対比される火山岩が近隣に認められないなど、きわめて局地的である。

これに対し、夫婦ヶ鼻層に対比されそうな下部中新統最上部～中部中新統最下部は、関東平野周縁の様々な地域に分布が確認されている。例えば、関東山地に位置する秩父盆地や五日市盆地の中新統は、浮遊性有孔虫化石帯（Blow, 1969）の N.8 に対比されており、同時期の地層は関東山地の北に位置する富岡地域にも広く分布している。また、最近、関東山地の東縁に露出する比企丘陵地域の中新統より、*Denticulopsis lauta* 帯を示す珪藻化石が報告され（須藤ほか，2002a, b）、珪藻化石が産出した層準より下位に、かなり厚い海成層が分布していることから、夫婦ヶ鼻層に対比される地層が存在する可能性が示唆される。他方、房総半島の嶺岡隆起帯以北には、典型的な前弧海盆を埋積した安房層群が広く分布しているが、微化石により年代が確定している最下位の地層は N.8 帯ないし *D. lauta* 帯を示す木の根層である。ただし、木の根層最下部に挟在する Kn-1 凝灰岩の K-Ar 年代は 15.0 ± 0.2 Ma（Takahashi and Okada, 2001）であり、木の根層は夫婦ヶ鼻層よりは明らかに新しい。木の根層の下位には細粒砂岩からなる神川層があるが、年代を推定する情報は得られていない。これに対し、おもに嶺岡帯から南に露出する、いわゆる保田層群は下部中新統を主とし、*Thalassiosira fraga* 帯を示す珪藻化石を含む石灰質のジュール礫が報告されている（Akiba, 1980；渡辺・高橋，2000）。したがって、夫婦ヶ鼻層に年代対比されうる地層が存在すると考えられるが、付加帯として成長した保田層群と、ほとんど非変形である夫婦ヶ鼻層が同一の堆積盆を埋積した地層とは思えない。

これらに対し、夫婦ヶ鼻層が珪藻化石により直接対比される海成層は、銚子地域の北東の太平洋下に伏在する常磐沖堆積盆に認められる。常磐沖堆積盆は、北北東-南南西方向に 170 km で東西幅が 50 km、最大層厚 5000 m を越える堆積盆で、厚さが 2000 m 以上の白亜系の上位に厚い新第三系が発達している（岩田ほか，2002）。鹿島沖に掘削された SK-1 コア（Fig.2）においては、深度およそ 700-1100 m の地層から、*C. kanayae* 帯を指示する珪藻化石が産出している（Fig.9；米谷ほか，1981）。

他方、常磐沖堆積盆の西縁に位置する常磐地域（Fig.2）においては、白土層群上部の南白土層より *C. kanayae* 帯上部を指示すると解釈できる珪藻化石群集が報告されている（小泉，1986；竹谷ほか，1990）。したがって、*C. kanayae* 帯の下部に対比される夫婦ヶ鼻層は、南白土層の下位に位置する

吉野谷層に相当する可能性が示唆される。しかし、吉野谷層は、礫岩および凝灰質シルト岩と砂岩の互層からなる陸成層であり（柳沢ほか，1989）、海成層である夫婦ヶ鼻層とは堆積環境が異なる。このことは、当時の海岸線が、常磐地域と鹿島 SK-1・銚子地域との間に位置していたことを示している。

以上のように、年代尺度に基づけば、夫婦ヶ鼻層と直接年代対比される地層は常磐沖堆積盆を掘削した鹿嶋 SK-1 と常磐地域の下部中新統に限られる。銚子地域と鹿嶋 SK-1、さらに常磐地域の地理的位置関係や、常磐沖堆積盆の広がりをもとにすると、夫婦ヶ鼻層は常磐沖の太平洋下に伏在する常磐沖堆積盆の一部が、陸上に露出している地層であると考えられる。

ま と め

この研究では、銚子地域の中新統夫婦ヶ鼻層下部の安山岩溶岩の K-Ar 年代測定・古地磁気測定と、夫婦ヶ鼻層上部のシルト岩の珪藻化石分析を行い、既存のデータと総合して銚子地域の中新統の年代層序を総括した。

1. 従来の夫婦ヶ鼻層下部の凝灰質砂岩に挟在する古銅輝石安山岩溶岩について 20.3 ± 0.5 Ma の K-Ar 年代を得た。これはこれまでの測定値と誤差範囲で一致し、古銅輝石安山岩溶岩が 21～20 Ma 前後に噴出したことが確かになった。
2. 上記安山岩溶岩の古地磁気極性は正帯磁であるので、K-Ar 年代からこれら火山岩は地磁気極性年代尺度の Chron C6 A 付近の正磁極期に噴出したと考えられる。
3. 夫婦ヶ鼻層上部の海成シルト岩より *C. kanayae* 帯下部（16.9～16.5 Ma）を指示する珪藻化石を産出した。
4. 夫婦ヶ鼻層下部（21～20 Ma）と上部（16.9～16.5 Ma）は、400 万年程度も年代が異なることから、両者は堆積年代の異なる独立した地質単位であり、その関係は不整合であると考えられる。このため、両者をそれぞれ千人塚層（新称）と夫婦ヶ鼻層（再定義）として記載した。

謝 辞

千葉県立中央博物館の高橋直樹氏には、銚子地域の地質に関し、また、元石油資源開発株式会社の秋葉文雄氏には、鹿島沖 SK-1 の坑井層序について、それぞれ非常に有益なアドバイスをいただいた。北海道大学名誉教授の小泉 格氏、ならびに愛知教育大学の星 博幸氏には、査読を通じて建設的なコメントをいただいた。上記の諸氏に感謝する。なお、本研究は、国際地質科学連合（I.U.G.S.）の地質年代学小委員会（S.O.G.）のワーキンググループ“Integrated Stratigraphy of the Miocene Sequence: Miocene from Japan”の活動の一部として行った。

引 用 文 献

- 秋葉文雄，1977, *Denticula kanayae* n. sp. と *Denticula kanayae* Zone の珪藻生層位学的意義。石油資源開発株式会社技研所報，**20**, 126-142。
Akiba, F., 1980, A lower Miocene diatom flora from the Boso Peninsula, Japan, and the resting spore formation of an extinct diatom, *Kisse-*

- leviella carina* Sheshukova-Poretzkaya. *Bull. Tech. Lab., JAPEX*, **23**, 81-100.
- 阿久津純, 1953, 宇都宮付近の層序. 宇都宮大学芸研究論集, no. 3, 41-49.
- Amano, K., 1991, Multiple collision tectonics of the South Fossa Magna in central Japan. *Modern Geol.*, **15**, 315-329.
- Blow, W. H., 1969, Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Brönnimann, P. and Renz, H. H. eds., *Proc. First International Conference on Planktonic Microfossils (Geneva, 1967)*, E. J. Brill, Leiden, **1**, 199-421.
- Cande, S. C. and Kent, D. V., 1995, Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Jour. Geophys. Res.*, **100**, 6093-6095.
- Geological Survey of Japan, 1990, コンピューター編集による日本地質図, 1:2,000,000 地質編集図 22.
- 堀内誠示・柳沢幸夫, 1994, 埼玉県岩殿丘陵に分布する中新統の珪藻化石層序. 地調月報, **45**, 655-675.
- 入月俊明・高橋雅紀・田中裕一郎・尾田太良, 1990, 五日市盆地新第三系の地質と年代. 地質雑, **96**, 759-770.
- 石塚 治・星 博幸, 1997, 栃木県茂木地域に分布する前・中期中新世火山岩類の K-Ar 年代. 地質雑, **103**, 964-970.
- Itaya, T., Nagao, K., Inoue, K., Honjou, Y., Okada, T. and Ogata, A., 1991, Argon isotope analysis by a newly developed mass spectrometric system for K-Ar dating. *Mineral. Jour.*, **15**, 203-221.
- 岩田尊夫・平井明夫・稲葉士誌典・平野真史, 2002, 常磐沖堆積盆における石油システム. 石技誌, **67**, 62-71.
- 河田喜代助, 1947, 栃木県鷲子山塊周辺の第三紀層について. 地質雑, **53**, 92.
- Kirschvink, J. L., 1980, The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophys. Jour., Roy. Astr. Soc.*, **62**, 699-719.
- Koizumi I., 1977, Diatom biostratigraphy in the North Pacific region. In Saito, T. and Ujiie, H. eds., *Proc. First Intern. Congr. on Pacific Neogene Stratigraphy*, Kaiyo Shuppan, 235-253.
- Koizumi I., 1980, Diatom correlation of Leg 56 and 57 with onshore sequence in Japan. In Scientific Party, *Init. Rep. DSDP*, U. S. Govt. Printing Office, Washington, **56** and **57** (Part 2), 687-693.
- 小泉 格, 1986, 常磐炭田新第三系の珪藻年代層序—湯長谷・白土・高久群層—. 中川久夫ほか (編), 北村信教授退官記念論文集, 東光印刷, 仙台, 175-191.
- 近藤精造, 1986, 銚子地域. 日本の地質「関東地方」編集委員会編, 日本の地質 3 関東地方, 共立出版, 87-88.
- 近藤精造・佐野 誠, 1962, 銚子半島産古銅輝石安山岩について. 千葉大学文学部銚子臨海研究分室研報, no. 4, 86-92.
- 久保和也・柳沢幸夫・利光誠一・坂野靖行・兼子尚知・吉岡敏和・高木哲一, 2002, 川前及び井出地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査総合センター, 136 p.
- Kurihara, Y., 1999, Middle Miocene deep-water molluscs from the Arakawa Formation in the Iwadono Hills area, Saitama Prefecture, central Japan. *Paleontol. Res.*, **3**, 225-233.
- 米谷盛寿郎・井上洋子・秋葉文雄, 1981, 6. 鹿島灘. 土 隆一編, 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「続編」, 13-17.
- 牧本 博・竹内圭史, 1992, 寄居地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 136 p.
- Matoba, Y., 1967, Younger Cenozoic foraminiferal assemblages from the Choshi district, Chiba Prefecture. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Second Ser. (Geol.)*, **38**, 221-263.
- Obata, I., Maiya, S., Inoue, Y. and Matsukawa, M., 1982, Integrated mega- and microfossil biostratigraphy of the Lower Cretaceous Choshi Group, Japan. *Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. C*, **8**, 145-179.
- 大口健志・吉田武義・大上和良, 1989, 東北本州弧における新生代火山活動域の変遷. 地質論集, no. 32, 431-455.
- Otofuji, Y., Hayashida, A. and Torii, M., 1985, When was the Japan Sea opened? : Paleomagnetic evidence from Southwest Japan. In Nasu, N. et al., eds., *Formation of Active Ocean Margins*, Terrapub, Tokyo, 551-566.
- Otofuji, Y., Kambara, A., Matsuda, T. and Nohda, S., 1994, Counterclockwise rotation of Northeast Japan: Paleomagnetic evidence for regional extent and timing of rotation. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **121**, 503-518.
- Ozaki, H., 1958, Stratigraphical and paleontological studies on the Neogene and Pleistocene formations of the Tyosi district. *Bull. Natl. Sci. Mus. Ser. C*, **4**, 1-182.
- 酒井豊三郎, 1990, 千葉県銚子地域の上部新生界—岩相・古地磁気・放散虫化石層序—. 宇都宮大学教養部研報, no.23, 1-34.
- 瀬野徹三・高橋正樹・巽 好幸・小林洋二・石坂恭一, 1986, 銚子産古銅輝石安山岩の K-Ar 年代とその地学的意義 (講演要旨). 火山, 第 2 集, **31**, 122-123.
- 柴田 賢・佐藤博明・中川正己, 1981, 能登半島新第三紀火山岩の K-Ar 年代. 岩鉱, **76**, 248-252.
- 鹿間時夫・鈴木茂樹, 1972, 千葉県銚子半島の地質—白亜系を中心として—. 横浜国立大学理科紀要, 2 類, **19**, 133-157.
- 鹿股信雄・千坂武志・渡辺貞夫・本城義敏, 1958, 銚子半島の地質学的研究. 「日本の後期中生界」研究連絡誌, no.7, 96-104.
- 須藤 斎・高橋雅紀・柳沢幸夫, 2002a, 埼玉県比企丘陵の中部中新統から産出した珪藻化石—微化石年代による岩相層序の再検討—. 地質雑, **108**, 266-278.
- 須藤 斎・高橋雅紀・柳沢幸夫, 2003, 埼玉県比企丘陵の中部中新統土塩層 (明戸セクション) の珪藻化石層序. 地質雑, **109**, 48-62.
- 須藤 斎・柳沢幸夫・高橋雅紀, 2002b, 中新世珪藻化石による埼玉県比企丘陵 (荒川, 植松橋付近) の不整合の再検討. 石技誌, **67**, 501-511.
- 鈴木 信, 1958, 銚子地域の第三系—特に夫婦ヶ鼻名洗両層の不整合について—. 藤本治義教授還暦記念論文集, 209-212.
- 鈴木 信・平野登志枝・加瀬靖之, 1974, 1. 銚子半島, 地学のガイド編集委員会編, 「千葉県地学のガイド」, 19-33.
- 高橋直樹, 1990, 銚子半島先白亜系愛宕山層群の地質—岩相記載と形成過程に関する考察—. 千葉中央博自然史研報, no.1, 1-13.
- Takahashi, M., Hayashi, H., Danhara, T., Iwano, H. and Okada, T., 2001, K-Ar and fission track ages of the Kt-1 Tuff in the Miocene marine sequence in the Tanagura area, Northeast Japan. *Jour. Japan. Assoc. Petrol. Technol.*, **66**, 312-318.
- Takahashi, M., Hayashi, H., Tanaka, Y. and Okada, T., 2000, Integrated stratigraphy of the lower part of the Miocene Karasuyama sequence, central Japan. *Jour. Japan. Assoc. Petrol. Tech.*, **64**, 282-289.
- Takahashi, M., Mita, I., Watanabe, M. and Motoyama, I., 1999, Integrated stratigraphy of the Middle Miocene marine sequence in the Boso Peninsula, central Japan: a review. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **50**, 225-243.
- Takahashi, M. and Okada, T., 2001, K-Ar age of the Kn-1 Tuff in the Miocene marine sequence in the Boso Peninsula, central Japan. *Jour. Japan. Assoc. Petrol. Technol.*, **66**, 396-403.
- 高柳洋吉・酒井豊三郎・尾田太良・高山俊昭・織山 純・金子 稔, 1978, Kabran Stage に関する諸問題. 「日本の新生代地質」(池辺展生教授記念論文集), 93-111.
- 竹谷陽二郎・相田 優・岡田尚武・尾田太良・長谷川四郎・丸山俊明・根本直樹, 1986, 福島県双葉地域の多質層群より産する微化石調査報告. 福島県立博物館調査研報, no.12, 1-53.
- 竹谷陽二郎・相田 優・小野俊夫・岡田尚武・長谷川四郎・丸山俊明・根本直樹・栗原宗一郎・高柳洋吉, 1990, 常磐炭田に分布する新第三系の地質時代と堆積環境. 福島県博調査研報, no.20, 1-99.
- 巽 好幸・石坂恭一, 1979, 千葉県銚子産古銅輝石安山岩の K-Ar 年代—瀬戸内火山岩類の年代測定, その 3—. 地質雑, **85**, 583-585.
- Tsunakawa, H., Takeuchi, A. and Amano, K., 1983, K-Ar ages of dikes in Northeast Japan. *Geochem. Jour.*, **17**, 269-275.
- 植田房雄, 1933, 房総・三浦半島に発達する新生代層の層序. 地質雑, **40**, 799-801.
- 宇都浩三・柴田 賢・内海 茂, 1989, 東北日本新第三紀火山岩の K-Ar 年代—その 1. 宮城県仙台地域三滝層および高館層—. 地質雑, **95**, 865-872.
- 渡辺真人・高橋雅紀, 2000, 房総半島鴨川地域, 川谷ルートにおける中期中新世珪藻化石層序. 地質雑, **106**, 489-500.
- 山岸忠夫・鹿股信雄・近藤精造・前田四郎・高井憲治 (1959) 銚子半島の地質. 千葉大文学部銚子臨海研究分室研究報告, no.1, 33-42.

- 柳沢幸夫, 1999, 金沢市南部地域に分布する中新統の珪藻化石層序. 地調月報, **50**, 49-65.
- 柳沢幸夫, 2000, 珪藻 *Denticulopsis hustedtii* のアクメ・終多産出イベントの生層序学的有効性—常磐地域中新統多賀層群の対比への適用—. 地球科学, **54**, 167-183.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F., 1998, Revised Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **106**, 395-414.
- 柳沢幸夫・中村光一・鈴木祐一郎・沢村孝之助・吉田史郎・田中裕一郎・本田 裕・棚橋 学, 1989, 常磐炭田北部双葉地域に分布する第三系の生層序と地下地質. 地調月報, **40**, 405-467.
- 矢崎清貫, 1961, 地質講習会テキスト (下総台地と銚子半島の地質). 地質調査総合センター研究資料集, no. 385, 30 p.
- 吉川敏之, 1998, 栃木県宇都宮地域に分布する新第三系の地質と層序. 地質雑, **104**, 346-356.
- 吉川敏之・高橋雅紀・岡田利典, 2001, 足尾山地東縁部に分布する中新世火山岩類の K-Ar 年代. 地質雑, **107**, 41-45.
- 吉岡敏和・滝沢文教・高橋雅紀・宮崎一博・坂野靖行・柳沢幸夫・高橋 浩・久保和也・関 陽児・駒澤正夫・広島俊男, 2001, 20 万分の 1 地質図幅「水戸」(第 2 版). 地質調査所.
- Zijderveld, J. D. A., 1967, A. C. demagnetization of rocks: Analysis of results. In: D. W. Collinson et al. eds., *Methods in Paleomagnetism*, Elsevier, Amsterdam, 254-286.

(要 旨)

高橋雅紀・須藤 斎・大木淳一・柳沢幸夫, 2003, 千葉県銚子地域に分布する中新統の年代層序 地質雑, **109**, 345-360. (Takahashi, M., Suto, I., Ohki, J and Yanagisawa, Y., 2003, Chronostratigraphy of the Miocene Series in the Choshi area, Chiba Prefecture, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **109**, 345-360.)

関東平野東端の銚子地域に分布する中新統について, 既報の資料および新たに得られた珪藻化石・K-Ar 年代および古地磁気極性をもとに年代層序を総括し, 従来の夫婦ヶ鼻層を夫婦ヶ鼻層 (再定義) および千人塚層 (新称) として二分した. 夫婦ヶ鼻層の海成シルト岩は, 産出した珪藻化石により, *Crucidentricula kanayae* 帯 (NPD 3 A) 下部の, 珪藻生層準 D 30 (16.9 Ma) と D 33 (16.5 Ma) の間に位置づけられる. 一方, 千人塚層の凝灰質砂岩に挟在する古銅輝石安山岩溶岩について 20.3±0.5 Ma の K-Ar 年代を得た. また, 同安山岩溶岩の古地磁気極性は正帯磁であることから, 千人塚層の安山岩溶岩は Chron C6A 付近の正磁極節に対比される. 両層には 400 万年程度の年代差が存在することから, 両者の関係は不整合と考えられる.