

栃木県烏山地域に分布する中新統荒川層群上部の珪藻化石 —その1. 珪藻化石層序—

柳沢幸夫¹

Yukio Yanagisawa (2003) Miocene diatoms of the upper part of the Arakawa Group distributed in the Karasuyama area, Tochigi Prefecture, central Japan (part 1): Diatom biostratigraphy. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 54(1/2), p. 1-13, 5 figs., 1 table, 1 plate.

Abstract: Late Miocene marine diatom biostratigraphy is established for the upper Arakawa Group distributed in eastern Tochigi Prefecture, central Japan. The upper Ogane Formation and the Tanokura Formation are assigned to the upper *Thalassiosira yabei* Zone (NPD 5C) of the North Pacific diatom zonation (Yanagisawa and Akiba, 1998). The overlying Irieno Formation is correlated to the *Denticulopsis dimorpha* Zone (NPD 5D). The age of the upper Arakawa Group is estimated to be between 10.5 Ma and 9.2 Ma by combining data from diatom, radiolarian and nannofossil biostratigraphy, and a potassium-argon dating.

Keywords: diatom biostratigraphy, microfossil, Miocene, Neogene, Arakawa Group, Ogane Formation, Tanokura Formation, Irieno Formation, Karasuyama, Tochigi, Japan

要 旨

栃木県東部の烏山地域に分布する中新統荒川層群上部の珪藻化石層序について検討した。大金層上部のOg-45から田野倉層の上限までは、Yanagisawa and Akiba (1998)の*Thalassiosira yabei*帯(NPD 5C)の上部に、入江野層は*Denticulopsis dimorpha*帯(NPD 5D)に対比される。同じ区間の放散虫および石灰質ナノ化石層序と放射年代を総合すると、今回珪藻が産出した荒川層群上部の年代は、約10.5-9.2 Maと推定される。

1. はじめに

荒川層群は栃木県東部那珂川支流の荒川沿いに露出する海成中新統である(第1図)。荒川層群では、切れ目のない全層準の柱状図を作成することができることに加えて、有孔虫化石・石灰質ナノ化石・放散虫化石・珪藻化石・貝類化石など、多種類の微化石・大型化石が連続的に多産するため、複数の微化石及び大型化石層序の相互の関係を極めて正確に確かめることが可能である。このため、本層群は、信頼性の高い化石層序を確立するための標準層序として好適条件を備えている。また、本層群中に多数挟在する凝灰岩層を鍵層として、堆積盆の異なる他地域の中新統との広域的な対比を行なえる可能性も高い。さらに凝灰岩層に含まれる鉱物の各種放射年代の測定によって、化石層序における重要な生層準の数値年代を決定し、確度の高い化石年代尺度を作るための基礎的な年代値を提供

することも可能である。

酒井(1986)は、こうした層序学的研究を進めるための基礎として、凝灰岩層や砂岩層を鍵層として単層レベルでの追跡を行い、最下部を除く荒川層群のほぼ全層準の詳細な岩相層序を確立した。そして、この層序を基にして、1980年代から1990年代前半にかけて、石灰質ナノ化石層序(Honda, 1981)、珪藻化石層序(阿久津, 1987)、有孔虫化石群集(青島, 1987)、貝類化石群集(古沢ほか, 1987)、放散虫化石層序(杉江, 1993; Sakai and Aita, 1994)、凝灰岩層のジルコンフィッシュントラック年代(Kasuya, 1987)、および凝灰岩層のジルコンの結晶形態に基づく広域対比(高橋・林, 1991)など、さまざまな分野において年代層序学的な研究が行われてきた。

さらに1990年代後半からは、より細密に採取された試料を基に、浮遊性有孔虫(宇佐美ほか, 1995; 林・高橋, 2000)、石灰質ナノ化石(田中・高橋, 1998, 2001)、貝形虫(Irizuki *et al.*, 1998, 2001)の化石層序と群集解析および放射年代測定(高橋, 1998; Takahashi *et al.*, 1999, 2000; Takahashi and Iwano, 2000; Odin *et al.*, 2001)について、極めて高精度の年代層序学的検討が行われてきた。これによって、グローバルな年代尺度構築・改訂のための基礎的データや、中新世における古海洋・古環境変動を詳細に明らかにするためのデータが蓄積されつつある。また、これと平行して、荒川層群の下位に位置し火砕岩を主とする中川層群についても、詳しい放射年代値と古地磁気層序が明らかされている(高橋・星, 1995, 1996; 星・高橋, 1995, 1996a, 1996b, 1999; Hoshi and Takahashi, 1999;

¹地球科学情報研究部門(Institute of Geoscience, GSJ)

石塚・星,1997;星,1998)。

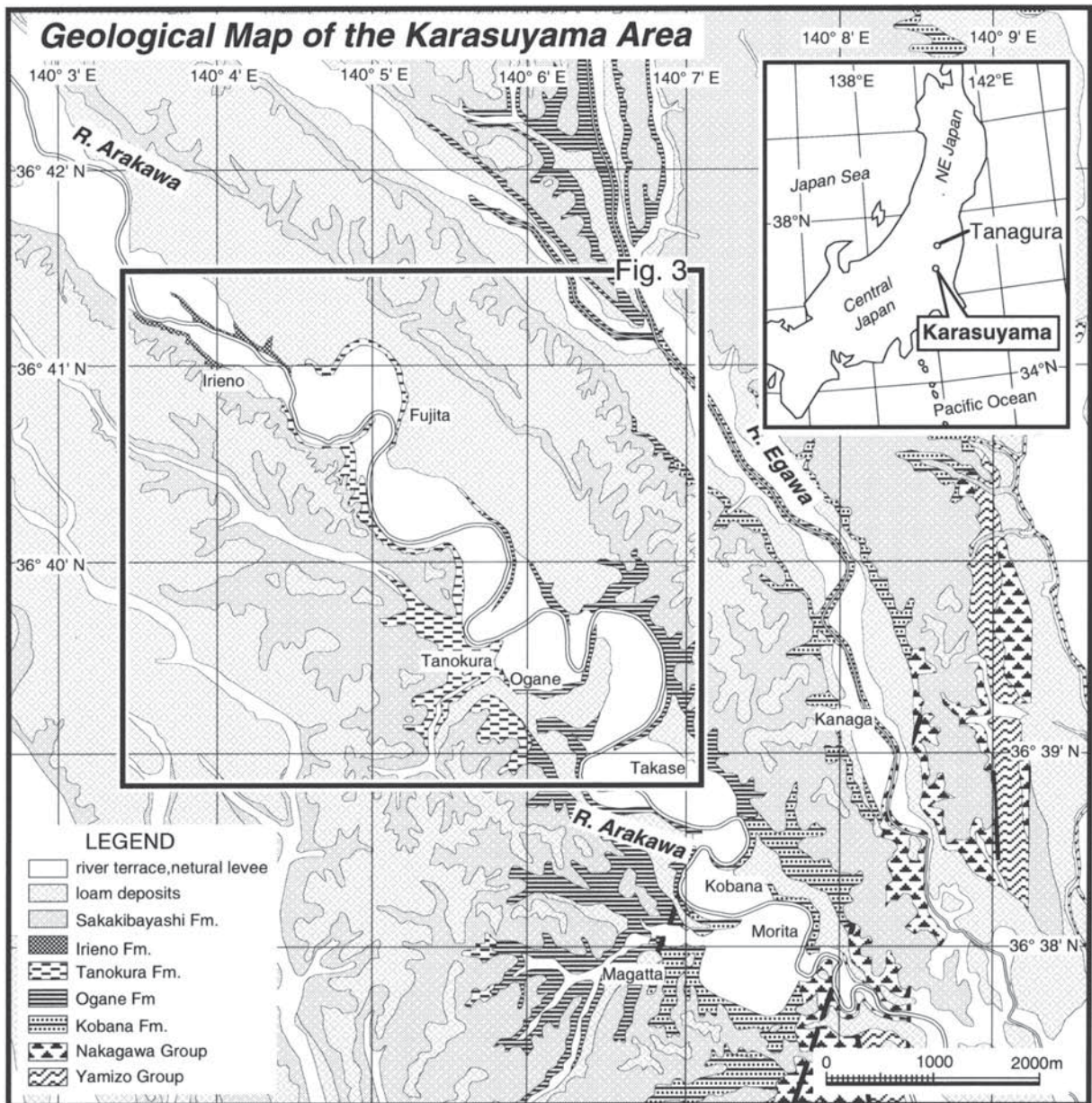
このように、烏山地域の中新統は、世界でも例のない極めて詳細な年代層序が明らかにされつつある堆積物である。ここに刻まれたさまざまな地質記録を読みとることにより、グローバルな古環境変化、動植物群の変遷およびテクトニクスのイベントなどを高精度・高精度で明らかにすることが可能である。

この論文は、こうした研究を踏まえて、荒川層群上部の珪藻化石層序の研究を行った結果をまとめたものである。前述のように、すでに荒川層群の珪藻化石層序については、阿久津(1987)が検討を行っているが、これは予察的なものであり、珪藻化石帯区分との対比は必ずしも明確ではなかった。この研究では、杉江(1993)が用いた試料を基にし

て、荒川層群上部の詳細な珪藻化石層序を明らかにし、さらに放散虫化石層序(杉江,1993;Sakai and Aita, 1994)、石灰質ナノ化石層序(Honda, 1981)および放射年代(高橋, 1998)を総合して、荒川層群上部の年代層序について議論する。なお、その2(柳沢,2003)では、こうした詳細な年代層序学的枠組みを踏まえて、珪藻化石のデータを中心とし、それに底生有孔虫化石と貝類化石を用いて、荒川層群上部の堆積深度の詳細な変化を復元する。

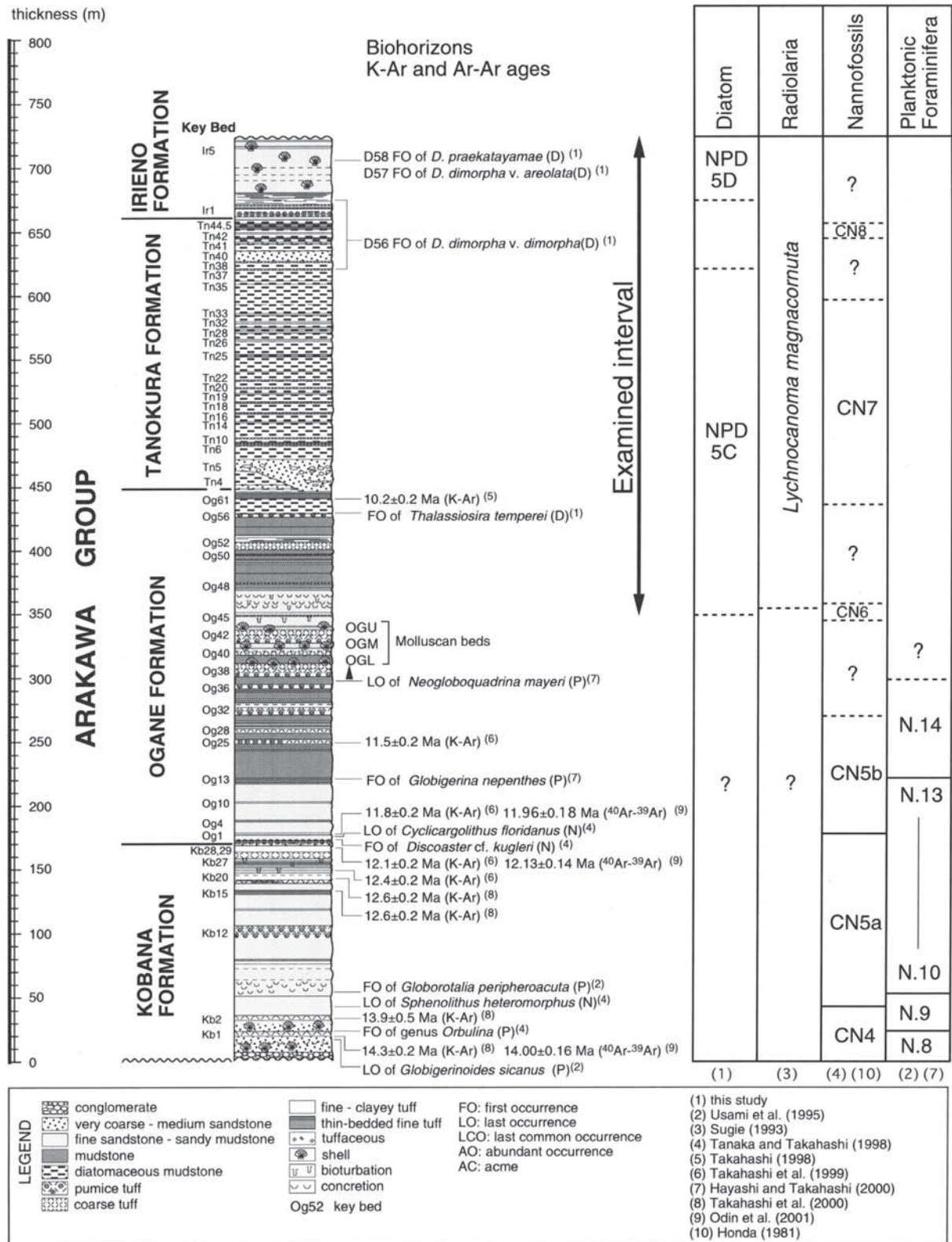
2. 地質の概要

栃木県東部の八溝山地西縁の中新統は、下部の陸成火砕岩を主とする中川層群と、上部の海成碎屑岩を主とする



第1図 烏山地域の地質図(Takahashi and Iwano, 2000)。

Fig. 1 Geological map of the Karasuyama area, Tochigi Prefecture (after Takahashi and Iwano, 2000).



第2図 荒川層群の年代層序の総括図

Fig. 2 Chronostratigraphy of the Arakawa Group. Diatom zonation: Yanagisawa and Akiba (1998), Radiolarian zonation: Motoyama and Maruyama (1997), Nannofossil zonation: Okada and Bukry (1980), Planktonic foraminiferal zonation: Blow (1969).

荒川層群に区分される(第1図;坂, 1946; Kawada, 1953; Omori, 1958). このうち, 荒川層群は中川層群を不整合に覆い, 下位より小塙層, 大金層, 田野倉層および入江野層の4層からなる(第2図; 酒井, 1986). 本層群は, NE-SW またはN-Sの走向を持ち, 西に10°以下の緩傾斜で傾く(第1図).

小塙層(層厚200m)は, 石灰質粗粒砂岩および泥岩からなる地層で, 多数の凝灰岩層(Kb1~Kb30)を挟む. 本層下部は斜交成層した石灰質砂岩と暗緑色の泥質砂岩から, また上部は灰緑色の泥質砂岩によって特徴づけられる.

大金層(層厚300m)は, 小塙層を整合に覆う. 岩相は泥岩および砂質泥岩を主体とするが, 本層中部は下部および上部に比べて岩相が細粒となり, 暗紫灰色の硬質泥岩を特徴とする. 本層では, 対比に有効な多数の凝灰岩層(Og1-Og61)を挟む. このうち, 本層上部のOg52(岩子凝灰岩部層)と, 本層上限のOg61(本郷凝灰岩部層)は, 黒雲母を多量に含む厚い凝灰岩で, 岩相上特徴がある. そのほか, 本層中部に下部大金貝化石層(UGL), 中部大金貝化石層(OGM)および上部大金貝化石層(OGU)の3枚の貝類化石層が挟在する.

田野倉層(層厚210m)は, 大金層を整合に覆う. 主部は珪藻質泥岩からなり, 最上部は砂質泥岩からなる. 鍵層となる凝灰岩・砂岩としてTn5 - Tn45が本層中に挟在する. このうち, 本層基底のTn5(本郷砂岩部層)と本層最上部のTn40(朝風砂岩部層)は, 層厚10-20mもある厚い凝灰質砂岩である.

入江野層(層厚50m)は, 田野倉層を整合に覆い, 第四系の礫岩(川崎層群)に不整合に覆われる. 岩相は泥質砂岩からなり, 基底に厚い凝灰岩・凝灰質砂岩互層Ir1(下塙凝灰質砂岩)を伴い, ほかに鍵層としてIr2 - Ir5を挟む. 全層準で貝類化石が多産する.

3. 試料および方法

この研究で珪藻化石を検討したのは, 大金層上部の鍵層Og45より上位の層準である(第2図). これは, 鍵層Og45より下位では, 続成作用のため珪藻はほとんど溶解しているためである(酒井, 1986)

分析した試料は, 荒川沿いのルートで作成された酒井(1986)の柱状図に基づいて採取された(第3図). この中には, 阿久津(1987)および杉江(1993)が分析した試料も含まれている. 試料数は, 大金層で22個, 田野倉層で38個, および入江野層で6個の合計66個である(第4図).

なお, これらの試料は複数回に分けて採取されており, 番号の付け方に統一性がなかったため, 今回, 下位よりAR01からAR66まで新たに試料番号を付した. ただし, 原試料番号および杉江(1993)で用いられた試料番号は, 第1表に併せて示してあるので, 原試料の確認と杉江(1993)との比較は可能である.

試料の処理は秋葉ほか(1982)およびAkiba (1986)のunprocessed strewn slideの方法で行った. 乾燥試料を新聞紙でくるみ, ハンマーで砕いた後, 約1gを100 ccビーカーに入れ, 沸騰した蒸留水を試料が浸る程度に注ぎ入れ, 一昼夜放置する. この過程で試料はほとんど泥化するが, 完全に泥化しない部分も残る. 次にビーカーに蒸留水を加えて約100 ccの懸濁液として, 約20秒間放置して粗粒物が底に沈むのを待ち, 懸濁液の上澄みからマイクロピペットで1 ccを取り出し, 18 × 18 mmのカバーガラスに滴下する. これをホットプレートで加熱・乾燥後, アルコールで薄めたPleurax(封入剤)をカバーガラスに滴下し, さらに加熱・乾燥させてアルコール分を蒸発させる. 最後に, このカバーガラスをアルコールランプで温めたスライドガラスに貼付する. 観察スライドは各試料につき2枚作成した.

珪藻化石の同定・計数は生物顕微鏡の600倍ないし1000倍の倍率下で行った. 珪藻殻の計数は, *Chaetoceros*属の休眠胞子を除く観察されたすべての種が100蓋殻になるまで行った. その後, さらにカバーガラスの全面を走査して, その過程で新たに認められた種はpresent(+)として産出表に記録した. また, 破片としてのみ認められた種も同様にpresent(+)とした. 休眠胞子については, 100蓋殻計数の際に認められた個数を別途カウントし, その総数を記録した. また, 珪藻の保存状態は, 殻の破損・溶解の程度や, 頑丈な殻の珪藻の頻度などを総合的に判断して, VG(very good), G(good), M(moderate), P(poor) および VP(very poor)の5段階に分けて表示したが, これはあくまで主観的なものである. 各試料の珪藻の含有量は, 100蓋殻に達するまでの走査線の数からカバーガラス全体の蓋殻数を計算し, それを表示した. この研究では, 試料の秤量も含めて厳密に定量的な処理をしていないので, この数字は正確なものではないが, 各試料の珪藻含有量の概数を十分に示すものである.

4. 珪藻化石層序

分析した試料66個のうち, 61個から珪藻化石が産出した(第1表).

大金層上部の試料AR12, 13, 19, 20からは, 珪藻化石が全く検出されないか, ほとんど溶解した同定不能の珪藻殻が産出したのみである. これらの試料は硬質であり, 溶解して残骸のみの珪藻殻が産出する場合があることから, これらの試料では続成作用の結果, 珪藻殻が溶解しているものと考えられる.

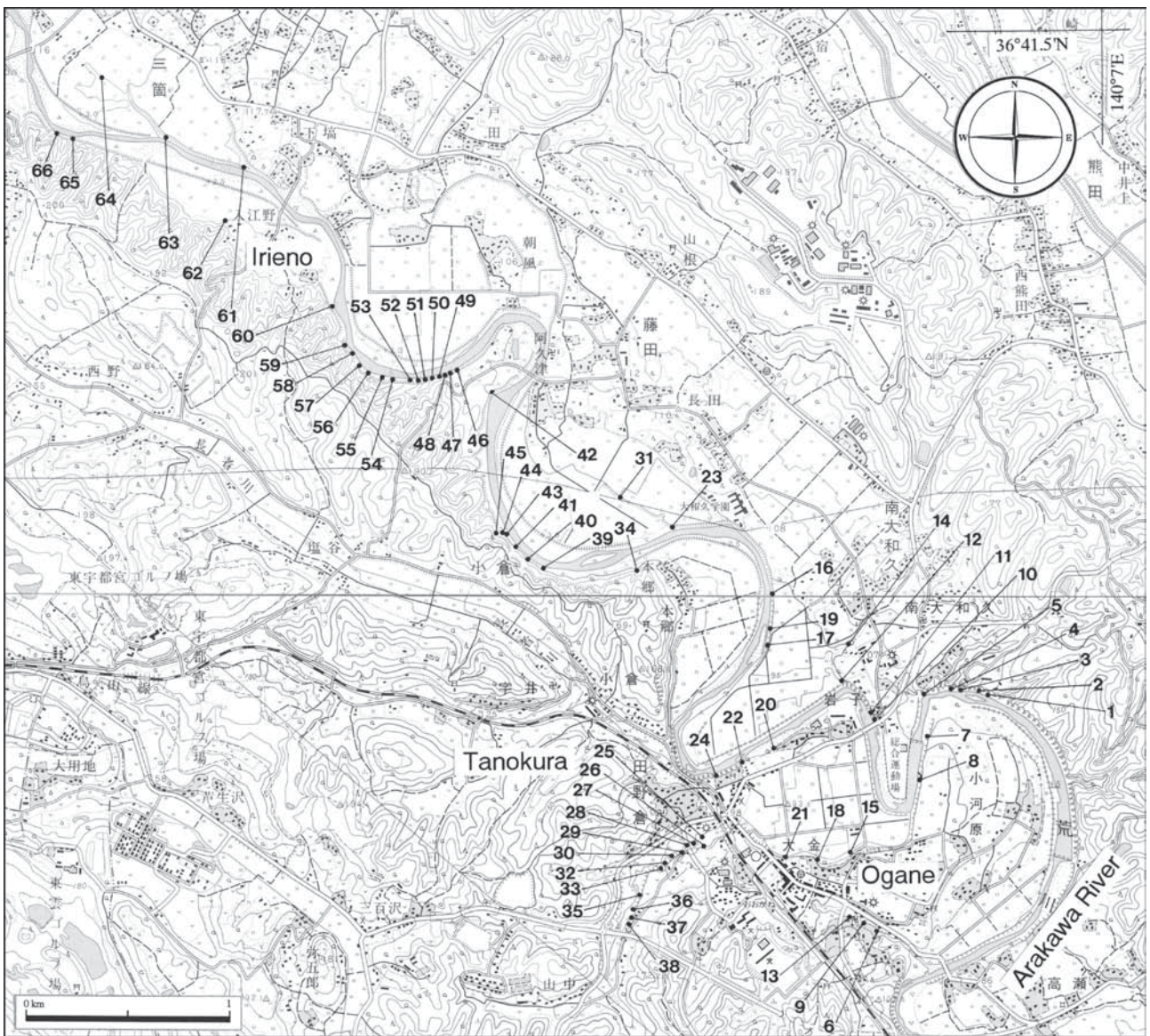
大金層の試料AR1からAR7までは, 珪藻化石の保存状態が不良であるが, これより上位の大金層最上部の試料AR8から田野倉層の上部の試料AR37までは, 保存状態は中ないし良である. しかし, 田野倉層上部の試料AR38から上位では, 試料AR40とAR48から51が中程度の保存状態であるのを除くと, 入江野層の試料AR66までは, 保存状態

は再び不良となる。

なお、大金層最上部の凝灰岩Og61から採取された試料AR 22からは、阿久津(1987)が報告しているように、*Aulacoseira*属を中心とする淡水生種からなる珪藻化石群集が産出した。この珪藻化石群集は、他の海生種からなる群集とは明らかに異質であるので、第1表からは除外してある。凝灰岩Og61は葉理のあるシルトサイズの細粒凝灰岩である。こうした葉理のあるシルトサイズ細粒凝灰岩から淡水生珪藻化石が産出した例としては、富山県八尾地域に分布する中新統音川層基底の凝灰岩の例がある(柳沢, 1999)。珪藻殻は、細粒凝灰岩を構成する火山ガラスと同質の物質であり、おそらく陸上火山の火山性湖沼に生息していた珪藻類または湖沼の湖底堆積物に含まれていた珪

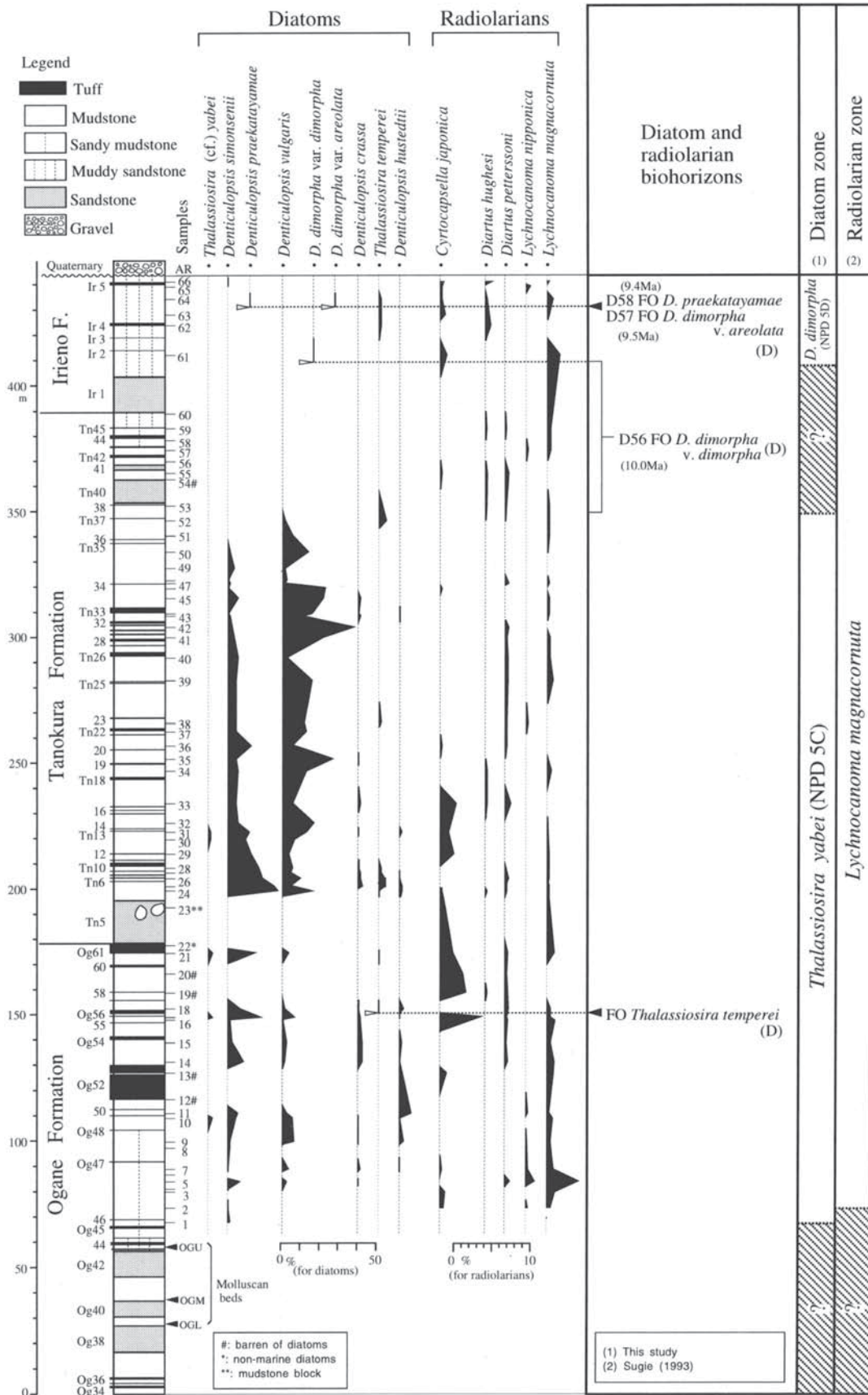
藻殻が、火山噴火に伴って火山ガラスと一緒に運ばれて、海底に堆積したものと考えられる。

珪藻化石層序上重要な種の産出状況を第4図に示した。まず、大金層上部の試料AR01から田野倉層上部AR52までの区間では、*Denticulopsis simonsenii*または*Denticulopsis vulgaris*がほぼ連続的に産出する。また、この区間では、*Denticulopsis dimorpha*は産せず、*Denticulopsis praedimorpha*もAR10とAR14でわずかに産するものの、多産はしない。さらに、*Denticulopsis hustedtii*がこの区間の下部(AR7-27)でほぼ連続的に産する。以上のことから、この区間は、Akiba (1986)およびYanagisawa and Akiba (1998)の*Thalassiosira yabei*帯(NPD 5C)に属すると判断できる。



第3図 試料採取位置図。

Fig. 3 Map showing sample locations. Topographic maps "Niita" and "Kitsuregawa" at 1:25,000 in scale by Geographical Survey Institute of Japan.



第4図 荒川層群上部における主要な珪藻および放射虫化石の産出。

Fig. 4. Stratigraphic distribution of selected diatom and radiolarian species, with diatom and radiolarian zones in the upper Arakawa Group. Diatom zonation: Yanagisawa and Akiba (1998), Radiolarian zonation: Motoyama and Maruyama (1997)

入江野層では、試料AR61に、*D. dimorpha* var. *dimorpha*が認められた。また、その上位の試料AR64からは*D. dimorpha* var. *areolata*と*D. praekatayamae*が産出した。したがって、入江野層の試料AR61からAR64までは、*D. dimorpha* 帯(NPD 5D)に相当する。なお、田野倉層最上部のAR54からAR60までは、*D. simosensii*と*D. vulgaris*が産出せず、かつ*D. dimorpha*も検出されないため、*T. yabei* 帯か*D. dimorpha*帯のどちらかに帰属するかは判断できない。

このほか、*Thalassiosira temperei*の初産出層準が、試料AR17と18の間に認められた。この生層準は、*T. yabei*帯最上部の*D. hustedtii*のアクメ・終多産出層準(D55.8, 10.1Ma)の直上にあり、2つの生層準はセットとして、常磐地域の多賀層群の対比に有効であることが、柳沢(2000)によって明らかにされている。*D. hustedtii*はAR11でやや多産するものの、明瞭なアクメと終多産出層準を識別できない。ただし、多賀層群では*D. hustedtii*のアクメ・終多産出層準は極めて短いイベントであるので、試料採取間隔がやや粗い本研究では捕まえることできなかったのかもしれない。いずれにしろ、この2つの生層準は*T. yabei*帯最上部に存在するので、*T. temperei*が初産出するAR18からAR53までの*T. yabei*帯は、この化石帯の最上部であると判断される。

なお、試料AR23からは、*D. hustedtii*が10%以上産出し、アクメを示すが、この試料は調査の結果、本郷砂岩部層(Tn 5)中に含まれる大きな泥岩ブロックであることが判明したので、第4図では、この試料の珪藻化石の産出状況は図示していない。

以上をまとめると、今回珪藻化石が産出した大金層のOg-45から入江野層の上限までの区間は、Yanagisawa and Akiba (1998)の*T. yabei*帯(NPD 5C)の最上部から*D. dimorpha*帯(NPD 5D)に対比される。

5. 年代層序

ここでは、荒川層群上部に関して研究が行われた放散虫化石層序(杉江, 1993; Sakai and Aita, 1994)、石灰質ナノ化石層序(Honda, 1981)およびK-Ar年代(高橋, 1998)と、今回の珪藻化石層序の結果を比較し、堆積速度曲線を作成した上で荒川層群上部の微化石・年代層序を総括する。

まず、杉江(1993)およびSakai and Aita (1994)の放散虫化石層序の研究によれば、今回珪藻が産出した大金層上部から入江野層の上限までの区間からは、*Lychnocanoma magnacornuta* Sakaiが、連続的ではないがほぼ全層準から産出する(第4図)。船山(1988)および本山(1999)の*L. magnacornuta*帯は、下限が本種の初産出、上限がその終多産出で定義されるので、大金層上部から入江野層の上限までの区間は*L. magnacornuta*帯と認定で

きる。したがって、*L. magnacornuta*帯が珪藻化石帯の*T. yabei*帯から*D. dimorpha*帯に相当することがわかる。この放散虫化石帯と珪藻化石帯の対応関係は、本山・丸山(1998)や斎藤(1999)によって示された新第三紀の微化石年代尺度と一致する。

次に、Honda (1981)の石灰質ナノ化石層序の研究結果を、Okada and Bukry (1980)の化石帯区分に読み替えると、今回珪藻化石を検討した大金層上部から田野倉層は、CN6, CN7およびCN8帯に相当する(第5図)。ただし、Honda (1981)では試料採取間隔が粗いため、化石帯の境界層準は曖昧である。また、入江野層からは石灰質ナノ化石が産出していない。石灰質ナノ化石帯と珪藻化石帯の対応関係は、化石帯の境界層準が曖昧なためにはっきりしないが、CN6 / CN7帯境界が珪藻化石帯の*T. yabei*帯(NPD 5C)上部に相当するという点では、斎藤(1999)によって示された新第三紀の微化石年代尺度と一致する。しかし、田野倉層最上部にあるCN8帯は、珪藻化石年代とは一致しない。これは、CN7 / CN8帯境界を規定する*Discoaster hamatus*の終産出が、本種の産出頻度が極めて低いために、実際よりも下位に認定されているためではないかと考えられるが、今後さらに試料を追加して検討する必要がある。

放射年代としては、高橋(1998)が、大金層と田野倉層の境界に挟在する凝灰岩Og61について、 10.2 ± 0.2 Maの黒雲母K-Ar年代を報告している(第5図)。この年代は、珪藻化石から推定される年代と誤差の範囲で矛盾しない。

以上の年代層序データを基にして、荒川層群上部の堆積速度曲線を作成した(第5図)。コントロールとした生層準の層準が曖昧なため、堆積速度曲線には任意性があるが、この曲線から、今回珪藻化石を分析した大金層上部から入江野層までの区間は、約10.5-9.2 Ma前後の年代幅を持つことがわかる。

以上述べたように、今回荒川層群上部の珪藻化石層序が明らかにされたことにより、荒川層群全体について、浮遊性有孔虫、石灰質ナノ化石、放散虫および珪藻の主要4微化石層序のデータが一応整備された(第2図)。これにより荒川層群の年代層序学的枠組みは、極めて高精度で確度の高いものとなったが、荒川層群上部の石灰質ナノ化石層序など、一部の層準ではまだデータの精度が十分でないところもあるので、今後さらに検討が必要である。

6. まとめ

この論文では、栃木県東部の烏山地域に分布する中新統荒川層群上部の珪藻化石層序を明らかにした。これにより、荒川層群については、主要4微化石層序が揃い、詳細な年代層序学的枠組みが構築された。

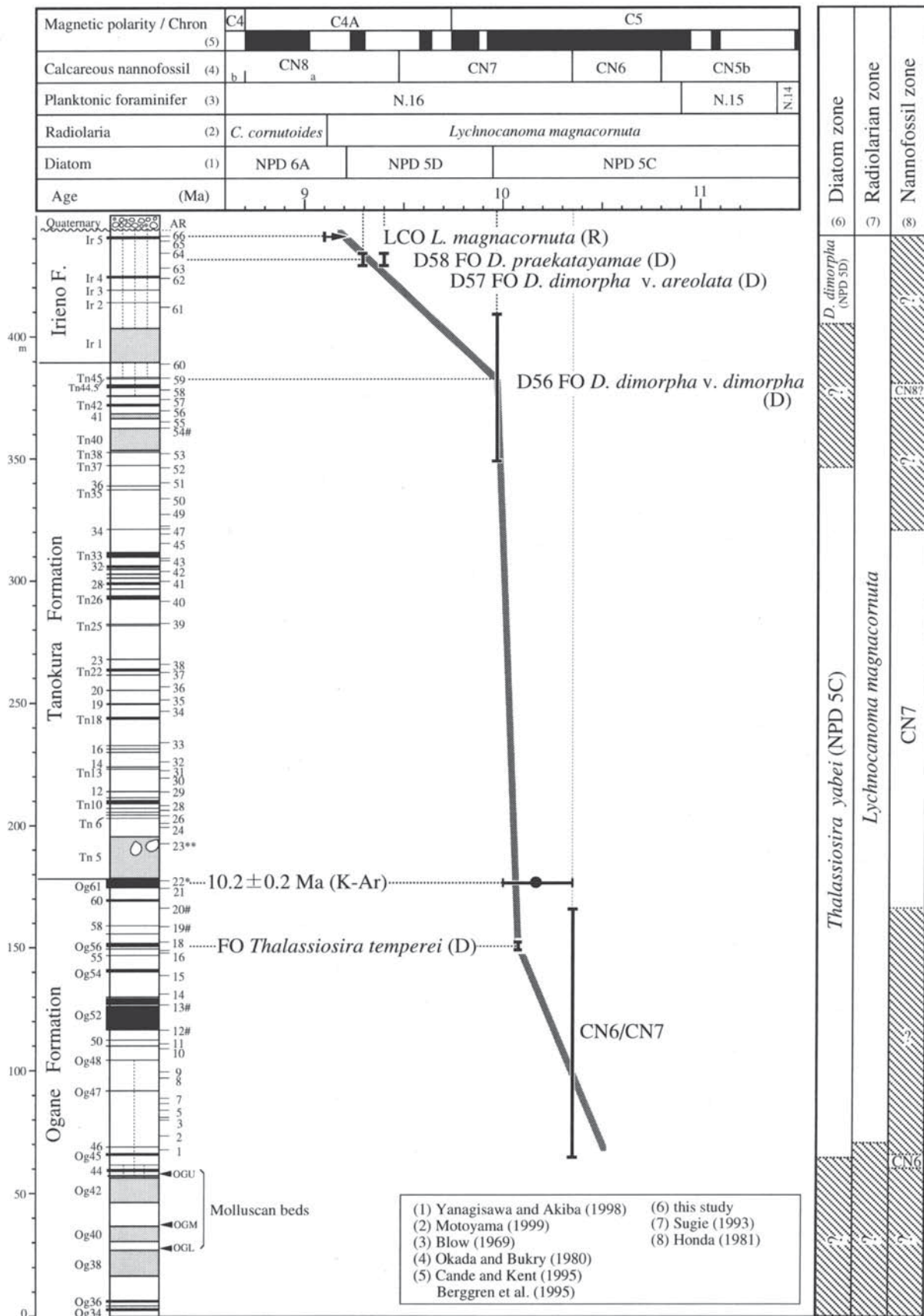
(1) 大金層上部のOg45から田野倉層の上限までは、Yanagisawa and Akiba (1998)の*Thalassiosira*

栃木県烏山地域に分布する中新統荒川層群上部の珪藻化石層序(柳沢)

第1表 続き.

Table 1 Continued.

Tanokura Formation																													Irieno Formation											
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66				
TNK106	TNK107	TNK108	TNK109	TNK110	TNK111	TNK112	TNK113	TNK114	TNK115	TNK116	TNK117	TNK118	TNK119	TNK120	TNK121	TNK122	TNK123	TNK124	TNK125	IRN101	IRN102	IRN103	IRN104	IRN105	IRN106															
9112-6	9112-5	A-2	9112-7	9112-8	8106-a	9112-10	9112-11	9112-12	9112-13	A-3	A-4	A-5	TNK-2	8110b	A-6	8110a	TN-34	8169	2111	2110	2109	2108	2107	8167	2105	2104	2103	2102	8165	2101	8150	8199	8147	8145	8190	8194				
5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C	5C		
C	C	C	C	C	C	D	C	C	C	C	C	C	D	C	C	C	C	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
M	M	G	G	M	G	VG	M	G	P	P	M	P	P	P	P	P	P	P	M	M	M	M	M	P	P	VP	P	VP	VP	P	M	P	VP	VP	P	P	P	P		
196	115	257	257	186	239	278	70	418	128	124	90	42	39	86	56	186	239	30	223	134	111	86	74	60	5	26	14	13	33	6	10	27	22	34	22	13				
1	12	6	8	2	7	7	11	1	8	19	9	1	7	4	3	1	+	+	5	8	7	6	15	2	1	1	1	8	3	3	6	10	-	+	1	1	3			
2	1	2	2	2	2	2	4	2	2	3	3	2	1	9	9	2	2	5	+	7	2	7	11	4	-	3	2	1	1	+	4	-	1	2	2	2	2			
.	
.	
.	
.	
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.</																																				



第5図 荒川層群上部の堆積速度曲線。

Fig. 5 Sedimentation rate curve for the upper Arakawa Group.

yabei帯(NPD 5C)の上部に,入江野層は *Denticulopsis dimorpha*帯(NPD 5D)に対比される。
(2) 同じ区間から産出した放散虫化石層序および石灰質ナノ化石層序と放射年代を総合すると,今回珪藻が産出した荒川層群上部の年代は,約10.5-9.2 Maと推定される。

謝辞: 宇都宮大学農学部の酒井豊三郎教授,相田吉昭助教授および1993年当時同大学教育学部の研究生であった杉江博幸氏(現芙蓉建設)には,分析した試料を提供していただくともに,放散虫層序について有益な助言をいただいた。また,今回分析した試料の一部は,前宇都宮大学教授の阿久津純博士が採取したものである。地球科学情報研究部門の高橋雅紀博士には,本論文の第1図および第2図を作成するための電子ファイルを提供していただくとともに,原稿を読んでいただき貴重なコメントをいただいた。また,査読を通じて,海洋資源環境研究部門の田中裕一郎博士と斎藤文紀博士には,原稿を改良する上で有益な助言をいただいた。ここに感謝の意を表する。

文 献

- Akiba, F. (1986) Middle Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy in the Nankai Trough and Japan Trench, and modified Lower Miocene through Quaternary diatom zones for middle-to-high latitudes of the North Pacific. *In* Kagami, H., Karig, D. E., Coulbourn, W. T., et al., *Init. Rep. Deep Sea Drilling Project*, U. S. Govt. Printing Office, Washington D. C., **87**, 393-480.
- 秋葉文雄・柳沢幸夫・石井武政(1982)宮城県松島周辺に分布する新第三系の珪藻化石層序. *地調月報*, **33**, 215-239.
- 阿久津 純(1987)荒川層群(中新統)の珪藻化石群集について(予報). *栃木県博研報*, **5**, 1-35.
- 青島睦治(1987)荒川層群の有孔虫化石(1). *栃木県博研報*, **5**, 37-55.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C. III and Abury, M. -P. (1995) A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *SEPM Special Publ.*, no. 54, 129-212.
- 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)*, Leiden, no. 1, 199-421.
- Cande, S. C. and Kent, D. V. (1995) Revised calibration of geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Jour. Geophys. Res.*, **100**, 6093-6095.
- 船山政昭(1988)能登半島珠洲地域の新第三系の岩相および放散虫化石層序. *東北大地質古生物研報*, no. 91, 15-41.
- 古沢菜穂子・松居誠一郎・酒井豊三郎(1987)上部中新統田野倉層及び入江野層の貝化石群. *栃木県博研報*, **5**, 57-79.
- 林 広樹・高橋雅紀(2000)栃木県烏山地域中新統荒川層群中部の浮遊性有孔虫生層序. *地質雑*, **106**, 689-702.
- Honda, N. (1981) Upper Cenozoic calcareous nannofossil biostratigraphy of the Pacific side of Japan. *Dissertation Tohoku Univ.*, Sendai, 111p.
- 星 博幸(1998)栃木県茂木地域に分布する下・中部中新統中川層群に対する磁気層序磁極帯の修正と意義. *地質雑*, **194**, 60-63.
- 星 博幸・高橋雅紀(1995)栃木県茂木地域に分布する前期中新世火山岩類の初生磁化—古地磁気礫岩テストによる検討—. *地調月報*, **46**, 537-553.
- 星 博幸・高橋雅紀(1996a)八溝山地中部,茂木地域に分布する下部中新統の地質構造—N—S系断層の運動と中新世テクトニクス—. *地質雑*, **102**, 25-39.
- 星 博幸・高橋雅紀(1996b)茂木地域に分布する前・中期中新世火山岩類の古地磁気層序と火山活動の時期. *地質雑*, **102**, 573-590.
- Hoshi, H. and Takahashi, M. (1999) Miocene counterclockwise rotation of Northeast Japan: a review and new model. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **50**, 3-16.
- 星 博幸・高橋雅紀(1999)栃木県茂木地域に分布する下部中新統の磁気層序. *地調月報*, **50**, 449-455.
- Irizuki, T., Ishizaki, K., Takahashi, M. and Usami, M. (1998) Ostracode faunal changes after the mid-Neogene climatic optimum elucidated in the middle Miocene Kobana Formation, central Japan. *Palaeontol. Res.*, **2**, 30-46.
- Irizuki, T., Yamaguchi, T., Takahashi, M. and Yanagisawa, Y. (2001) Miocene temperate ostracoda from the Tochigi and Fukushima districts, central to northeastern Japan. *ISO 2001 Field Excursion Guidebook*, 45-72.
- 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.
- Kasuya, M. (1987) Comparative study of Miocene fission-track chronology, and magneto-biochronology. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol.)*, **58**, 93-106.
- Kawada, K. (1953) Geological studies on the Yamizo, Torinoko and Toriashi mountain blocks and their

- neighbourhood in the north-eastern Kwanto district. *Sci. Rep. Tokyo Bunrika Daigaku, Sec. C*, **2**, 207-307.
- 本山 功(1999)本邦含油新第三系をめぐる放散虫化石層序の進歩—化石帯区分の進歩—. 石油技誌, **64**, 28-39.
- 本山 功・丸山俊明(1998)中・高緯度北西太平洋地域における新第三紀珪藻・放散虫化石年代尺度:地磁気極性年代尺度CK92およびCK95への適合. 地質雑, **194**, 171-183.
- Odin, G. S., Takahashi, M. and Cosca, M. (2001) ⁴⁰Ar / ³⁹Ar geochronology of middle Miocene calcareous nannofossil biohorizons in Japan. *Chem. Geol.*, **171**, 239-252.
- Okada, H. and Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973, 1975). *Marine Micropaleontol.*, **5**, 321-325.
- Omori, M. (1958) On the geological history of the Tertiary system in the southwestern part of the Abukuma mountainland, with special reference to the geological meaning of the Tanakura Sheared Zone. *Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec C*, **6**, 55-116.
- 斎藤常正(1999)最近の古地磁気層序の改訂と日本の標準微化石層序. 石油技誌, **64**, 2-15.
- 坂 敬道(1946)栃木県烏山町地方の地質. 資源科学研究所彙報, **9**, 37-46.
- 酒井豊三郎(1986)中新統荒川層群(栃木県)の模式地における層序. 宇都宮大学教養部研究報告, **19**, Sec. 2, 49-70.
- Sakai, T. and Aita, Y. (1994) Neogene siliceous microfossil-bearing sequences of the northern Kanto district - Field trip for the post-conference excursion of Interrad VII, Osaka 1994-. *Guide Book for Interrad VII Field Excursion*, Organizing Committee of Interrad VII Osaka 1994, 63-88.
- 杉江博幸(1993)放散虫化石群集による上部中新統荒川層群の古環境解析. 大阪微化石研究会誌, 特別号, no. 9, 313-335.
- 高橋雅紀(1998)栃木県烏山地域に分布する中新世荒川層群の複合層序学的研究(1). 石油技術協会平成10年度春期講演会要旨集, 48.
- 高橋雅紀・林 正雄(1991)ジルコンの結晶形態による関東地方の中新世凝灰岩の分類と対比. 地質雑, **97**, 451-459.
- 高橋雅紀・星 博幸(1995)栃木県茂木地域に分布する前期中新世火山岩類の放射年代. 地質雑, **101**, 821-824.
- 高橋雅紀・星 博幸(1996)栃木県茂木地域に分布する中川層群の地質年代とテクトニックな意義. 地調月報, **47**, 317-333.
- Takahashi, M. and Iwano, H. (2000) Fission track age of the Og1 Tuff in the Miocene marine sequence of the Arakawa Group in the Karasuyama area, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **51**, 477-484.
- Takahashi, T., Tanaka, Y. and Okada, T. (1999) Chronostratigraphy of middle Miocene marine sequence in the Karasuyama area, central Japan: with special reference to the CN 5a/CN 5b boundary. *Jour. Jap. Assoc. Petrol. Tech.*, **64**, 454-461.
- Takahashi, M., Hayashi, H., Tanaka, Y. and Okada, T. (2000) Integrated stratigraphy of the lower part of the Miocene Karasuyama sequence, central Japan. *Jour. Jap. Assoc. Petrol. Tech.*, **65**, 571-583.
- 田中裕一郎・高橋雅紀(1998)栃木県烏山地域に分布する中新統荒川層群下部の石灰質ナノ化石層序. 地質雑, **104**, 779-793.
- 田中裕一郎・高橋雅紀(2001)栃木県烏山地域, 中新統荒川層群下部における石灰質ナノ化石 *Reticulofenestra*属のサイズ分布パターンの層位変化. 地質雑, **107**, 557-564.
- 宇佐美守弘・高橋雅紀・尾田太良(1995)栃木県荒川層群小埜層の浮遊性有孔虫による微化石層序. 日本地質学会第102年年会要旨, 137.
- 柳沢幸夫(1999)富山県八尾地域の下部—中部中新統の珪藻化石層序. 地調月報, **50**, 139-165.
- 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.
- 柳沢幸夫(2003)栃木県烏山地域に分布する中新統荒川層群上部の珪藻化石—その2. 古水深変化—. 地調研報, **54**, 15-27.
- 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*, **104**, 395-414.

(受付:2002年8月14日;受理:2003年1月22日)

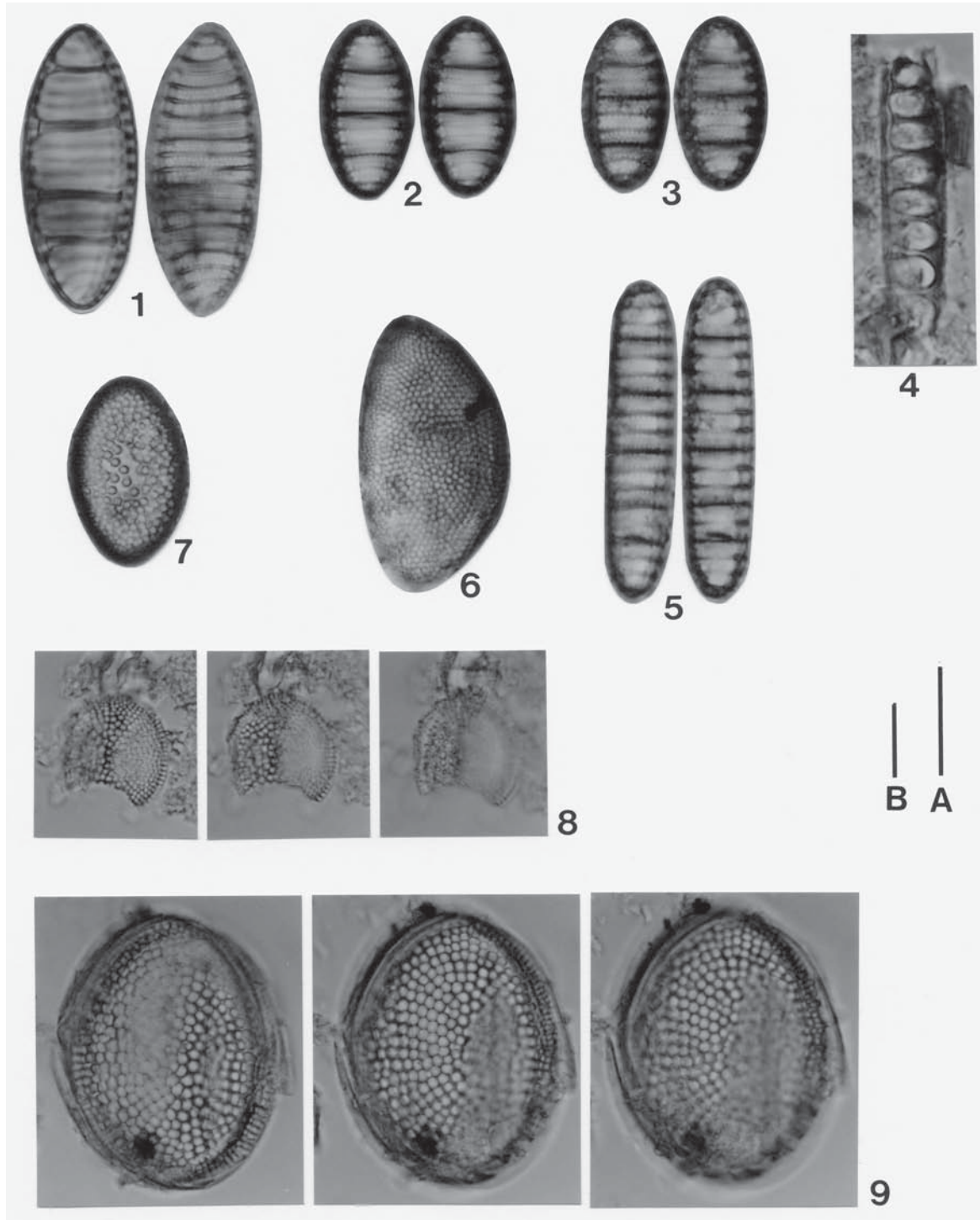


Plate 1. Transmitted light micrographs of diatoms in the Arakawa Group.

Scale bars equal 10 μ m. A for Nos. 1-5 and B for Nos. 6-9.

- 1-3. *Denticulopsis hustedtii* (Simonsen et Kanaya) Simonsen (AR25, Tanokura Formation)
4. *Denticulopsis dimorpha* var. *areolata* Yanagisawa et Akiba (AR64, Irieno Formation)
5. *Denticulopsis simonsenii* Yanagisawa et Akiba (AR26, Tanokura Formation)
6. *Hemidiscus cuneiformis* Wallich (AR25, Tanokura Formation)
7. *Actinocyclus ellipticus* Grunow (AR51, Tanokura Formation)
8. *Thalassiosira brunii* Akiba et Yanagisawa (AR30, Tanokura Formation)
9. *Thalassiosira temperei* (Brun) Akiba et Yanagisawa (AR24, Tanokura Formation)