岩手県一関市下黒沢地域に分布する中部中新統の複合微化石層序*

Integrated microbiostratigraphy of the Middle Miocene sequences in the Shimokurosawa district, Ichinoseki City, Iwate Prefecture, Northeast Japan*

Abstract

林 広樹** 柳沢幸夫***
鈴木紀毅**** 田中裕一郎*****
斎藤常正**

Hiroki Hayashi**, Yukio Yanagisawa***,
Noritoshi Suzuki****,
Yuichiro Tanaka*****
and Tsunemasa Saito**

1998年12月14日受付.

1999年2月23日受理.

** 東北大学大学院理学研究科地質学古生物学教室.
Institute of Geology and Paleontology,
Graduate School of Science, Tohoku
University, Sendai 980-8578, Japan

*** 地質調査所地質標本館.
Geological Museum, Geological Survey of
Japan, 1-1-3, Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-
8567, Japan

**** 宇都宮大学農学部地質学教室 (現所属・東北大).
Department of Geology, Faculty of Agri-
culture, Utsunomiya University, Utsunomiya,
Tochigi 321-8505, Japan

***** 地質調査所海洋地質部.
Marine Geology Department, Geological
Survey of Japan, 1-1-3, Higashi, Tsukuba,
Ibaraki 305-8567, Japan

For the purpose of refining Neogene microbiostratigraphic time scale useful for dating marine strata distributed in and around Japan, studies were undertaken on middle and late Miocene marine and terrestrial sedimentary sequences distributed in the Shimokurosawa district, Ichinoseki City, Iwate Prefecture, Northeast Japan. These sequences are divided into three formations in ascending order; the Shimokurosawa (largely consisting of sandstone and granular conglomerate, interbedded with tuff layers), the Kamikurosawa (sandstone with tuff interbeds), and the Genbi (consisting characteristically of welded tuff accompanied by some sandstone and granular conglomerate beds) Formations. The Shimokurosawa Formation is partially overlain unconformably by the Kamikurosawa Formation and the latter is in turn unconformably overlain by the Genbi Formation.

Planktonic foraminifera, calcareous nannofossil, diatom and radiolarians were detected successively from the Shimokurosawa and Kamikurosawa Formations. These Formations are correlatable with planktonic foraminiferal zones from N.10 to N.14 of Blow (1969), CN 5a to CN 5b calcareous nannofossil zones of Okada and Bukry (1980), NPD 4Bb to NPD 5 C diatom zones of Yanagisawa and Akiba (1998), and the radiolarian *Eucyrtidium inflatum* A to *Lychnocanoma magnacornuta* zones of Motoyama and Maruyama (1998).

Key words: Miocene, Shimokurosawa Formation, Kamikurosawa Formation, biostratigraphy, planktonic foraminifera, calcareous nannofossil, diatom, Radiolaria, Iwate Prefecture, Northeast Japan

はじめに

岩手県一関市下黒沢地域 (Fig. 1) の中新統は化石を豊富に産出することで古くから知られている。特に微化石については珪質・石灰質ともに研究されており (Takayanagi et al., 1976; Honda, 1981; Maruyama, 1984 a, b), 東北日本における中新統の中でも、生層序学的に重要な地域の一つである。

この地域の新第三系は早川ほか (1954) によって層序学的な基礎が築かれた。小野寺 (1957) は一関市岩ノ沢付近の“下黒沢層上部” (本研究の上黒沢層, 以下同様) からデスモスチルス化石の産出を報告するとともに、一関市中心部から西部一帯の詳細な地質を記載した。

生層序については、Takayanagi et al. (1976) が模式地の“下黒沢層”について浮遊性有孔虫・放散虫・石灰質ナンノ化石を検討し、“下黒沢層”を2つの生層序帯に区分したのが最初である。Masuda (1977) は“下黒沢層”の貝化石の群集変化を明らかにした。Honda (1981) および Maruyama

(1984 a, b) は“下黒沢層”の石灰質ナンノ化石および珪藻について詳細な検討を行い、東北日本における生層序区分を確立した。

Fig. 1. Location of the study area.

* 日本古生物学会第147回例会で一部講演.

これら本地域についての一連の研究をはじめとして、1970～1980年代にわたって日本付近の新第三系の微化石層序について多くの情報が蓄積された。その成果が斎藤ほか(1986)、尾田(1986)の古地磁気・微化石年代尺度である。しかし、この年代尺度については、珪質微化石と石灰質微化石間の対応関係などについて多くの課題が指摘されている(尾田, 1986)。これら未解決の問題を解決するためには、さらに多くの地域で微化石情報を詳細に検討するのみならず、従来検討された地域についても新たな視点に立って追試することが不可欠であろう。

近年 Cande and Kent (1995) によって古地磁気年代尺度が大幅に改訂されるとともに、石灰質 (Berggren et al., 1995) と珪質 (本山・丸山, 1996, 1998; Yanagisawa and Akiba, 1998) それぞれについて新しい微化石年代尺度が示された。こうした時期に、一関市下黒沢地域の歴史的な層序について、新たな分類学的・生層序学的視点に立って詳細な微化石層序の検討を行い、各基準面間の相互対比を明らかにすることは、より高精度で信頼性の高い年代尺度を作っていく上で大きな意義があると考えられる。

筆者らは本研究地域の中新統について、同一ルート・同一試料から浮遊性有孔虫・石灰質ナノ化石・珪藻・放散虫の各微化石内容を検討した。その結果、これらいずれの微化石タクサも連続的に検出され、従来よりも精度の高い微化石層序を樹立することができた。また、対比に有効な多くのタクサを見だし、中期中新世後期の微化石 4 グループの生層序を同一岩相層序に基づいて相互対比することができた。

本研究にあたり、東北大学大学院理学研究科の亀丸文秀氏には底生有孔虫化石を同定していただき、堆積環境について議論していただいた。兵庫県立人と自然の博物館の松原尚志学芸員には貝化石について議論していただいた。宇都宮大学農学部地質学教室の酒井豊三郎教授には、Takayanagi et al. (1976) で用いた放散虫スライドの再検討を許可していただいた。九州大学比較社会文化研究科の西 弘嗣助教授および熊本大学理学部地球科学科の尾田太良教授には、浮遊性有孔虫の分類についてご助言いただいた。東北大学理学部の根本潤枝官には写真図版の作成にご協力いただいた。査読者の茨木雅子、渡辺真人の両氏には、本稿を改善する上で有益なご助言をいただいた。以上の方々に深く感謝の意を表する。なお、本研究には林に与えられた 1998 年度片山奨学金の一部を使用した。

地 質 概 説

本調査地域の中新統は、大局的には西方へ 20° 以下で緩やかに傾くが、分布の東縁では北北西-南南東の走向の一関・石越撓曲線(松野, 1967)により東へ急傾斜し地下に没する(Fig. 2)。この撓曲線の近傍では、これと平行にのびる褶曲軸を持つ背斜・向斜構造が見られる。

本調査地域の中新統は岩相上、下位から上位に、海成層である下黒沢層(再定義)、上黒沢層(新称)、陸成層の巖美層に区分される(Fig. 3)。

なお、本地域には鮮新統の油島層・有賀層(早川ほか,

1954) および第四系の段丘堆積物も分布しているが、本研究では検討対象としていない。

地 質 各 説

A. 下黒沢層(再定義)

早川ほか(1954)により命名された、本層最上部の凝灰質極粗粒砂岩は十二神砂岩部層として区分される。

これまで多くの研究(たとえば早川ほか, 1954; Takayanagi et al., 1976; Honda, 1981; Maruyama, 1984 a, b) によって踏襲されてきた“下黒沢層”が、岩相から二つに区分でき、両者が部分不整合の関係にあることから、層の単位として二分した。両層の境界は本層の十二神砂岩部層の上限とし、それより下位を下黒沢層として再定義し、上位を上黒沢層と新称する(Fig. 4)。本論文で再定義された下黒沢層は、小野寺(1957)の下黒沢層下部層に相当する。

【模式地】一関市下黒沢付近の磐井川沿岸一帯。

【分布】調査地域においては模式地のほか、一関市宮沢付近などに分布。露出は一関・石越撓曲線近傍に限られる。

【層厚】模式地における地表露出部分の層厚は、後述の十二神砂岩部層を含め約 170 m である。一関市泥田における試錐調査によれば、本層を 218 m (層厚換算で 217 m) 掘削しても堆積基盤に到達しなかったことから(小野寺, 1957)、少なくとも 250 m 以上の層厚があるものと推測される。

【下位層との関係】地表において下限が観察されないため、下位層との関係は不明である。

【岩相】下黒沢層主部の岩相は主に凝灰質細～極粗粒砂岩から構成され、厚さ数 m 以下の石英安山岩～安山岩質軽石凝灰岩層、火山角礫凝灰岩層、細～粗粒凝灰岩層を挟有する。最上位には後述の十二神砂岩部層が重なる。

模式地における最下位の層準は柱状図(Fig. 6) 番号 2-⑦ の下限部であり、青灰色塊状細～中粒凝灰質砂岩により構成される。厚さ数 m 以下の細～極粗粒凝灰岩層が数枚挟在する。砂岩中には直径数 cm 以下の石英安山岩～安山岩質の軽石および火山角礫がしばしば密集して含まれる。

その上位には厚さ約 10 m の灰色粗～極粗粒砂岩が重なり、細～大礫の石英安山岩～安山岩質の軽石および火山角礫を多く含み、しばしば密集して火山角礫岩状を呈する。この上位の厚さ約 2 m の灰白色極細粒凝灰岩層は ball and pillow 構造や flame 構造といった堆積構造を持っていることが特徴で、鍵層として追跡可能である。この凝灰岩の上位には淘汰の良く最大波高 1 m 前後の斜交層理を持つ中～粗粒砂岩が約 7 m 重なる。

【産出化石】細粒砂岩中には貝化石が普遍的にみられるほか、珪藻や有孔虫等の微化石を産する。貝化石は破片または離弁殻が多い。

【年代】産出した微化石により推定される本層の年代は中期中新世中期である。詳しい年代論は後述する。

A-i. 十二神砂岩部層(Maruyama, 1984 b)

【模式地】一関市十二神付近の磐井川河床。

【分布】模式地付近の他、一関市宮沢付近、一関市赤萩付近に見られる。

Fig. 2. Geological map and cross section of the Shimokurosawa district (partly modified from Onodera, 1957).

【層厚】約 100 m.

【岩相】層理の発達した含軽石凝灰質灰色極粗粒砂岩～含軽石凝灰質角礫岩から構成される。軽石は石英安山岩質であり、しばしば径 50 cm 以上の垂円形大塊が層理面にそって配

列している。また石英安山岩～安山岩質の黒灰～赤灰色火山角礫を普遍的に含む。

【産出化石】イタヤガイ類等の貝化石を含むほか、フジツボの骨片化石を大量に含む。貝化石の多くは離弁殻である。

Fig. 3. Schematic stratigraphic column of the Miocene sequences of the Shimokurosawa district.

B. 上黒沢層 (新称)

小野寺 (1957) の下黒沢層上部層に等しい (Fig. 4). Takayanagi et al. (1976) や Masuda (1977), Honda (1981), Maruyama (1984 a, b) により検討された “下黒沢層” の層準は、この層に相当する。

【模式地】一関市上黒沢付近の磐井川沿岸一帯。

【分布】模式地付近を中心とした北上川西岸一帯、岩手県平泉町から一関市、宮城県金成町、栗駒町、若柳町にかけて広く分布する。

【層厚】模式地において約 350 m。南部の吹川沿い (柱状図番号 3-①) において約 180 m である。

【下位層との関係】下位の下黒沢層との関係は部分不整合であると考えられる。

模式地においては柱状図番号 2-⑤ の下限より上方約 60 m において、本層最下部の火山角礫岩と下黒沢層十二神砂岩部層との間に明瞭な傾斜不整合が観察される。しかし、この傾斜不整合は調査地域南部の吹川流域 (柱状図番号 3-④) では見られず、下位の下黒沢層十二神砂岩部層から上黒沢層細粒

Hayakawa et al. (1954)	Onodera (1957)	Maruyama (1984b)	This study
Genbi F.	Genbi F.	Genbi F.	Genbi F.
Shimokurosawa F. (upper)	Shimokurosawa F. upper M.	Tsukumo M. (Main part)	Kamikurosawa F.
(lower)	lower M.	Junishin M.	Junishin M.
			Shimokurosawa F.

Fig. 4. Comparison of the stratigraphic division of the Miocene Series in the Shimokurosawa area among previous works.

砂岩に漸移するのが観察される。

したがって、この傾斜不整合は模式地付近に限定された小規模なものであり、下黒沢層と上黒沢層との関係は部分不整合であると判断した。

【岩相】本層は主に青灰色塊状凝灰質細粒砂岩層から構成され、厚さ数 m 以下の石英安山岩～安山岩質凝灰岩層が 20 から 30 枚挟在する。

模式地では、本層最下部に厚さ約 6 m の火山角礫岩～軽石凝灰岩が見られる。火山角礫岩は主に最大径約 2 m に及ぶ石英安山岩質の火山角礫から構成され、基盤変成岩類の円大礫をごくわずかに含む。基質は軽石質の極粗粒凝灰岩から構成される。この基質は基底部に極めて少なく、上位に向かって割合が増加し全体の岩相が軽石凝灰岩に変化する。この岩相は模式地以外では見られず、南部の吹川沿い（柱状図番号 3-④）では、下位の下黒沢層十二神砂岩部層から上黒沢層主部の凝灰質細粒砂岩へと漸移する。

その上位には、黒雲母を多く含んだ青灰色塊状凝灰質細粒砂岩が約 250 m 重なる。この細粒砂岩中には普遍的に径 10～40 mm、長さ 50～200 mm 程度のマッドパイプが含まれ、しばしば層状に密集する。また最大径 1 m 程度の円～楕円形石灰質コンクリーションが多くの層準で観察される。

模式地においては本層最上位に淘汰の良い灰色粗粒砂岩が約 100 m 重なる。この粗粒砂岩には波高 5 m 近くにおよぶ平板状斜交層理が発達し、一部にヘリングボーン構造やマッドドレイプの発達なども観察される。なお、この岩相は下位の凝灰質細粒砂岩とは指交関係にあると考えられ、調査地域内では模式地の磐井川・久保川沿岸付近に見られるが、南部の吹川沿岸および北部の丘陵地では見られない。

【産出化石】本層の細粒砂岩中には貝化石を含む他、有孔虫・放散虫等の微化石を多く含んでいる。貝化石は殻が溶失して印象化石になっているものが多く、全体にあまり保存は良くない。柱状図番号 2-⑤の最下部から約 100 m 上位の層準では、異地性のイタヤガイ類の殻が厚さ 10 cm にわたって密集した化石層を形成しているのが観察される。

Fig. 5. Location map of the each columnar section of Fig. 6 (topographic maps: "Hiraizumi", "Ichinoseki", "Hagisho", and "Arikabe", scale 1:25000 by Geographical Survey Institute).

最上部の粗粒砂岩は化石に乏しいが、フジツボの骨片化石等が産出する。

【年代】産出した微化石により推定される本層の年代は中中新世中期～後中新世前期である。詳しい年代論は後述する。

C. 巖美層（早川ほか，1954）

北村ほか（1956）の瑞山（Mizuyama）層に相当する。

【模式地】岩手県一関市巖美溪付近の磐井川沿岸。調査地域西縁のさらに西方約 1 km である。

【分布】岩手県平泉町・一関市西部から、宮城県金成町にかけての北上川西岸地域に分布。

【層厚】模式地における層厚は約 150 m。分布の南北縁に向かって薄化し、宮城県若柳町付近で尖滅する。

【下位層との関係】下位の上黒沢層を不整合で覆う。

【岩相】本層は石英安山岩質凝灰岩を主体とし、その分布域の広い範囲で溶結している。下部には凝灰質砂岩泥岩層の互層が見られ、亜炭層を挟在する。岩相から陸成層と判断される。下位の上黒沢層との不整合面には基底礫岩層を伴う。

【産出化石】全層準を通じて炭化した植物片等の化石を産するが、量的に乏しい。

【年代】模式地における溶結凝灰岩について全岩 K-Ar 法による 9.0 Ma という放射年代が報告されている（今田・植田，1980）ことから、上部中新統であると考えられる。

Fig. 6. Columnar sections of the Miocene sequences in the Shimokurosawa district. Each columnar section number is after Fig. 5.

試料採集と処理法

微化石の検討を目的として、下黒沢層・上黒沢層が連続して露出する模式地の磐井川沿岸や久保川沿岸から、計 63 個 (IW 1~54, KB 1~3, LIW 1~5) の岩石試料の採取を行った (Figs. 5, 6). なお、上黒沢層最上部の斜交層理を持つ粗粒砂岩からは、予察的な検討の段階で微化石の産出が全く認められなかったため、本研究対象から除外した。試料採取にあたり、表面から 50 cm 以上をツルハシではぎ取るように心がけ、新鮮な露頭から 2 kg 程度の岩塊として採取した。一部の試料は携帯式コアラを用いて採取した。

微化石試料の処理法はおおむね高柳 (1978) に依った。浮遊性有孔虫化石の処理は採取した 63 試料全てについて、試料乾燥重量 80 g を硫酸ナトリウム法・ナフサ法の併用により構成粒子まで分解し、水洗残渣を分割器により適宜分割した。続いて 40 倍の双眼実体顕微鏡下で化石個体の有無を確認し、化石個体が認められた 33 試料について、200 個体以上を目標に検出を行った。検出は 125 μ m 以上の個体について行った。なお、一部の試料については浮遊性有孔虫の年代指標種を発見するため、トレイに広げた残渣試料について計数 500 個体以上を目安に双眼実体顕微鏡下で走査検鏡を行った。検出した全個体について同定した。

放散虫化石の処理は以下のようにして行った。有孔虫化石の処理が終わった試料 22 個について、過酸化水素水・塩酸によるクリーニング、ピロリン酸ナトリウムによる粘土粒子の分散を行い、63 μ m 以上の粒子についてスライドの枚数が 4 枚程度になるように適宜分割し、エンテラン・ニューで封入して光学スライドを作成した。作成したスライドを光学顕微鏡で検鏡し、スライドに含まれる全個体を観察したうえで、年代決定に役立つ種を同定した。

珪藻化石用には 58 試料を検討した。乾燥試料約 1 g を碎き、それに純水を加えて懸濁液とし、その上澄みを 18×18 mm のカバーガラス上に展開し、プルラックスを用いて封入して光学スライドを作成した。作成したスライドは光学顕微鏡 (×600 または ×1000) により検鏡した。珪藻殻の算定は、*Chaetoceros* 属の休眠胞子を除いて、観察された全ての種の合計が 100 蓋殻になるまで行った。なお、指標種の存在を確認するために、一部の試料ではスライド全面の走査検鏡を行った。

石灰質ナノ化石用には、採取した試料全てについて有孔虫処理の過程で生じた泥水を検鏡し化石の有無を確認した。石灰質ナノ化石の認められた試料 28 個について、新たに試料を処理してスミアスライドを作成した。スミアスライドは試料の岩片を 2 つに割り、その新鮮な割れ口のさらに中央部のみをカッターで極少量削り、スライドガラス上に広げて光硬化剤で封入し作成した。検鏡は偏光・位相差顕微鏡で行い、スライド上の全ての個体を同定するとともに各試料の保存度・産出頻度を記録した。

微化石層序

この章では各微化石タクサごとに分析結果の記載と生層序

基準面・化石帯の認定を行い、また幾つかの基準面について議論を加える。

浮遊性有孔虫

33 試料の浮遊性有孔虫化石を検討し、40 種を同定した。化石の保存状態は不良からやや良好程度で、表面構造の溶失や二次的な炭酸カルシウム分による砂粒の膠着が普遍的に見られる。産出個体数は乾燥試料 1 g あたり数十個体以下であることが多いが、上黒沢層の試料 IW 33 では 1200 個体以上に達する。一方、下黒沢層の十二神砂岩部層と上黒沢層の上部では産出はまれである。

生層序基準面は予察的なものも含め、12 層準を認識した (Fig. 7)。下位から順に挙げる。*Globorotalia iwaiensis* Takayanagi and Oda の初産出 (以下、FO と略する) と *Globorotalia adamantea* Saito の終産出 (以下、LO と略する) および *Globorotalia peripheroronda* Blow and Banner の LO が試料 LIW 5/IW 3 間で認識される。*Globorotalia ichinosekiensis* Takayanagi and Oda の FO が試料 IW 3/IW 5 間に認識される。*Neogloboquadrina pseudopachyderma* (Cita) と *Globorotalia rikuchuensis* Takayanagi and Oda の FO が試料 IW 25/IW 27 間に認識される。*Globigerina nepenthes* Todd が試料 IW 33 で産出し、この層準より下位に FO が存在すると考えられる。*Globorotalia bykovae* (Aisenstat), *Globorotalia quinifalcata* Saito and Maiya, *Globorotalia clemenciae* (Bermudez) の LO が試料 IW 33/IW 36 間で認識される。*Grt. iwaiensis*, Oda (1977) により *Globorotalia cf. miozea conoidea* Walters とされた種の LO が試料 IW 36/IW 38 間で認識される。

以上の結果により、Blow (1969) の浮遊性有孔虫化石帯に基づいて化石帯の認定を行う。本研究地域では Blow (1969) の化石帯指標種があまり産出しないため、直接的に彼の化石帯に対比させることは困難であるが、Saito (1963) や Oda (1977)、米谷 (1978) における東北日本の化石帯の指標種が産出することから対比が可能である。

下黒沢層の試料 IW 1 から LIW 5 の層準について、*Grt. adamantea* と *Grt. peripheroronda* が産出する。*Grt. adamantea* は、Saito (1963) の日本における化石帯 *Globorotalia fohsi fohsi* (= *Globorotalia peripheroacuta*) Zone に特徴的に産出するとされている (Saito, 1963)。この化石帯は Blow (1969) の N. 10 帯に相当する。また、*Grt. peripheroronda* は N. 10 帯の中で消滅する。したがって、この層準は N. 10 帯に対比される可能性が高い。

上黒沢層の試料 IW 27 から IW 32 までの層準は、*N. pseudopachyderma* および *Grt. rikuchuensis* が産出する。*N. pseudopachyderma* はその FO が米谷 (1978) の東北油田地域における化石帯 *Grt. pseudopachyderma* (= *N. pseudopachyderma*) - *Globigerina woodi* 帯の下限を定義する。この化石帯は Blow (1969) の N. 12~N. 15 帯に対比される (米谷, 1988)。また、*Grt. rikuchuensis* は、Oda (1977) の化石帯 *Grt. cf. miozea conoidea* 帯中部で出現する。Oda (1977) によると、この化石帯は N. 11~N. 13 帯に対比される。以上により、上黒沢層のこの層準は N. 12~N. 13 帯に対

Fig. 7. Stratigraphic distributions of selected planktonic foraminifers and calcareous nannofossils in the Shimokurosawa and Kamikurosawa Formations.

比され、上黒沢層下部から上黒沢層中部までの層序区間に N. 11 帯が存在すると考えられる。

上黒沢層の試料 IW 33 より上位については、*Gna. nepenthes* が IW 33 で産出するとともに、*N. mayeri* が浮遊性有孔虫化石が産出する最上位の層準である試料 IW 49 まで散点的に産出する。*Gna. nepenthes* はその FO が Blow (1969) の N. 14 帯の下限を定義する。また、*N. mayeri* はその LO が N. 15 帯の下限を定義する。したがって、試料 IW 44 から IW 49 の区間は N. 14 帯中に限定される。ただし、*Gna. nepenthes* は試料 IW 33 にしか産出しておらず、この種の FO がさらに下がる可能性もある。

以上の結果により、本調査地域の下黒沢層は Blow (1969) の N. 10 帯に、上黒沢層下部から中部が N. 10~N. 13 帯、上黒沢層中部以上が N. 14 帯に対比される。しかし N. 11~N. 13 帯の各帯の下限については、その指標種の分布が産出しないために、上黒沢層中で正確に把握することは困難である。

石灰質ナンノ化石

28 試料の石灰質ナンノ化石を検討し 21 タクサを同定した。化石の保存は概して悪く、産出は散点的である。特に上黒沢層の最上部、試料 KB2 より上位では無産である。この中で年代決定に有効な種として、*Cyclicargorithus floridanus* (Roth and Hay) Bukry が下黒沢層の試料 IW 1 と上黒沢層の試料 IW 27, IW 27' の 3 試料から、*Discoaster* cf. *kugleri* が上黒沢層の試料 IW 43 から産出した (Fig. 7)。全層準を通じて、*Sphenolithus heteromorphus* Deflandre および *Catinaster coalitus* Martini and Bramlette の産出は認められなかった。

以上の結果に基づき、化石帯の対比を行う。化石帯は Okada and Bukry (1980) の石灰質ナンノ化石帯に依った。今回検出した種の中で、*C. floridanus* は化石帯 CN 5a/CN 5b 帯境界の直下あるいはほぼ同層準で消滅する (例えば、Perker et al., 1985)。したがって、この種が産出する試料 IW 27' 以下の層準は CN 5a 帯以下に対比される。CN 4 帯の上限は *S. heteromorphus* の最終産出で定義されているが、下黒沢層の試料 IW 1 から上黒沢層の試料 IW 27' までの層準はこの種が産出しないことから、試料 IW 27' 以下の層準は CN 5a 帯に限定される。

また、*D. kugleri* Martini and Bramlette はその出現が CN 5b 帯の下限を定義する。今回検出された個体はこの種の典型的な形態を示すものではないが、この個体が認められた上黒沢層の試料 IW 43 と IW 27' の間に CN 5a/CN 5b 帯境界が存在する可能性が高い。CN 6 帯の下限は *C. coalitus* の出現によって定義されるが、今回検討された最上部のサンプルにおいてもこの種は産出しなかったため、試料 IW 43 より上位の層準は CN 5b 帯に限定される。

以上の結果により、本調査地域の下黒沢層から上黒沢層中部までは Okada and Bukry (1980) の CN 5a 帯に、上黒沢層上部が CN 5b 帯に対比される。

今回の分析結果は Honda (1981) による結果と概ね一致しているが、化石帯の解釈について一部異なる。すなわち、Honda (1981) は上黒沢層上部 (本研究の試料 IW 43 付近)

でみられる群集変化と、仙台地域の旗立層中部における *C. coalitus* 帯 (=CN 6 of Okada and Bukry, 1980) の直下でみられる群集変化とを対比し、上黒沢層上部が *C. coalitus* 帯に含まれるとした。現時点でこれらの解釈について議論することは困難であるが、今後仙台を含む日本周辺地域の石灰質ナンノ化石を詳細に分析し、種および群集の時空分布について明らかにしていくことが望まれる。

珪藻

58 試料の珪藻化石を検討した結果 100 タクサが識別された。珪藻化石は下黒沢層の十二神砂岩部層を除き連続的に産出し、概して保存良好である。特に上黒沢層上半部では保存がよい。

生層序基準面は 6 層準を認識した (Fig. 8)。認識された基準面は全て Yanagisawa and Akiba (1998) により記載された基準面と対応可能であり、精度の高い年代決定が可能である。下位から順に挙げる。*Denticulopsis simonsenii* Yanagisawa and Akiba の初多産出 (以下、FCO と略する) が下黒沢層の試料 LIW 5 と上黒沢層の試料 IW 8 の間に認識され、Yanagisawa and Akiba (1998) の Code number D 50 に対応する。*Denticulopsis praedimorpha* var. *minor* Yanagisawa and Akiba の FO が上黒沢層の試料 IW 8/IW 9 間に認識され、同じく D 51 に対応する。*Crucidentacula nicobarica* (Grunow) Akiba and Yanagisawa の LO が上黒沢層の試料 IW 23/IW 24 間に認識され、同じく D 52 に対応する。*Denticulopsis crassa* Yanagisawa and Akiba の豊産出 (以下、AC と略する) が上黒沢層の試料 IW 25 に認識され、同じく D 52.5 に対応する。*Denticulopsis praedimorpha* var. *praedimorpha* Yanagisawa and Akiba の FO が上黒沢層の試料 IW 27'/IW 28 間に認識され、同じく D 53 に対応する。*Denticulopsis praedimorpha* Barron ex Akiba の終多産出 (以下、LCO と略する) が上黒沢層の試料 IW 50/IW 51 間に認識され、同じく D 55 に対応する。

以上の結果により化石帯の認定を行う。化石帯は Yanagisawa and Akiba (1998) に依った。下黒沢層の試料 IW 1 から LIW 5 までの層序は *D. hyalina* を数% 以上含み、*D. lauta* を含まないことから、NPD 4B 帯に対比される。また試料 IW 1 は *D. simonsenii* を含むことから、NPD 4B 帯の中部にある *D. simonsenii* の FO (13.6 Ma) よりも上位の層準、すなわち NPD 4Bb 帯に位置づけられる。

上黒沢層の試料 IW 8 は *D. simonsenii* を数% 以上含み、かつ *D. hyalina* および *D. praedimorpha* を欠くこと、さらに *C. nicobarica* を含むことから、NPD 5A 帯に対比される。

上黒沢層の試料 IW 9 から IW 50 までの層準は *D. praedimorpha* Barron ex Akiba を連続的に産出するので、NPD 5B 帯に対比される。

上黒沢層最上部の試料 IW 51 から IW 54 の層準は、*D. praedimorpha* の LCO よりも上位で、かつ *D. dimorpha* を含まないことから、NPD 5C 帯に対比される。

以上の結果から、本調査地域の下黒沢層は Yanagisawa and Akiba (1998) の珪藻化石帯 NPD 4Bb 帯に、上黒沢層最下部は NPD 5A 帯に、上黒沢層下部から中部は NPD 5B 帯

Fig. 8. Stratigraphic distributions of selected diatoms and radiolarians in the Shimokurosawa and Kamikurosawa Formations.

Fig. 9. Sediment accumulation rate curves of the Shimokurosawa and Kamikurosawa Formations with selected biohorizons.

に、上黒沢層上部はNPD5C帯にそれぞれ対比される。

今回の分析では *D. praedimorpha* の FO の層準に関して Maruyama (1984b) とは異なる結果が得られた。すなわち Maruyama (1984b) ではこの基準面が本研究による上黒沢層の試料 IW 27/IW 27' 付近にあるとしているが、今回の分析では約 90 m 下位の試料 IW 8/IW 9 の間に存在することが判明した。Maruyama (1984b) の指摘によると、宮城県仙台地域、茨城県高萩地域・日立地域・那珂湊地域、DSDP Hole 438 A など他のセクションでは、*C. nicobarica* の LO が *D. praedimorpha* の FO よりも上位にあるのに対して、この下黒沢地域ではこれら 2 つの生層準の関係が逆になっていた。今回の分析によって、*D. praedimorpha* の FO が Maruyama (1984b) の認定した層準よりもはるか下位にあって *C. nicobarica* の LO よりも下位にあることが判明したため、この矛盾は解消された。

放散虫

放散虫化石が含まれていることを確認した 35 試料について、含まれる放散虫の総数を計測し、年代決定に有効な 29 種を同定した。放散虫の殻骨格の保存は良好である。

対比に有効な基準面として 7 層準が認定された (Fig. 8)。下位から順に挙げると、*Didymocyrtis mammiifera* (Haeckel), *Lychnocanoma elongata* (Haeckel), *Eucyrtidium asanoi* Sakai の LO が、上黒沢層の試料 IW 11/IW 13 間、IW 13/IW 14 間、IW 17/IW 24 間にそれぞれ認

識される。*Cyrtocapsella tetrapera* (Haeckel) の急減 (以下、RD と略する) が上黒沢層の試料 IW 26/IW 27 間で認識される。*Lychnocanoma magnacornuta* Sakai form A について、上黒沢層の試料 IW 32/IW 33 間においてその祖先型の *Lychnocanoma nipponica* (Nakaseko) からの進化的出現 (以下、EO と略する) が認識される。この形態種は、典型的な *L. magnacornuta* とは底足棘 (feet) の稜 (ridge) の発達が不完全である点が異なり、祖先種である *L. nipponica* との中間形態を示す。form A を経て、典型的な *L. magnacornuta* へと形態変化する。*Lithopera renzae* Sanfilippo and Riedel の LO と *Eucyrtidium inflatum* Kling の LCO が上黒沢層の試料 IW 38/IW 39 間、IW 39/IW 41 間にそれぞれ認識される。

これら生層序基準面にに基づき、本山・丸山 (1998) の放散虫化石帯と対比を行った。下黒沢層の試料 IW 1 から上黒沢層の試料 IW 26 までの層準は *E. inflatum* が連続的に産出し、*C. tetrapera* の RD よりも下位なので *E. inflatum* A 帯に対比される。その上位の試料 IW 27 から IW 32 の層準は *L. magnacornuta* form A の EO よりも下位なので、*E. inflatum* B 帯に対比される。

上黒沢層の試料 IW 33 から IW 45 では *L. magnacornuta* form A が産出するうえ、LO が *L. magnacornuta* 帯の上部に存在する *Cyrtocapsella japonica* (Nakaseko) (Motoyama, 1996) が試料 IW 51 まで連続して産出するの

Fig. 10. Correlation of the results of this study (A) with the latest biostratigraphic time scale (B).
A : Integrated microbiostratigraphy of the Shimokurosawa and Kamikurosawa Formations.
B : Compiled biostratigraphic time scales of Berggren et al. (1995), Motoyama and Maruyama (1998), and Yanagisawa and Akiba (1998).

で、上黒沢層の試料 IW 33 から IW 51 までの層準は、*L. magnacornuta* 帯と対比される。

以上の結果により、下黒沢層から上黒沢層中部にかけては本山・丸山 (1998) の放散虫化石帯 *E. inflatum* A 帯に、上黒沢層中部が *E. inflatum* B 帯に、上黒沢層中部から上部にかけては *L. magnacornuta* 帯に対比される。Takayanagi et al. (1976) は本研究と同じセクションから放散虫化石を検討しているが、本研究によって新たに *E. asanoi* の LO、*L. magnacornuta* の EO、*L. elongata* の LO が認識された。

一方、Takayanagi et al. (1976) では *Ommatartus hughesi* (= *Diartus hughesi* (Campbell and Clark)) の FO を上黒沢層中部 (本研究の試料 IW 27' 付近の層準) で識別している。従来の見解に従うと、上黒沢層では珪藻化石帯 NPD 5 B 帯に *D. hughesi* の FO が位置することとなり、他の多くの地域では珪藻化石帯 NPD 5 C の中部と対比されている事実 (例えば、相田ほか, 1998) と矛盾する。しかし、今回 Takayanagi et al. (1976) で用いた放散虫スライドを再検討した結果、当該論文の *D. hughesi* はすべて Sakai (1980) の *Ommatartus* sp. C と同定されることが確認され、*D. hughesi* の FO は上黒沢層に存在しないことが明らかとなった。

今回確認した基準面のうち、いくつかは精度の高い年代決定が可能である。特に、房総半島 (本山・高橋, 1997; 渡辺・高橋, 1997)、能登半島珠洲地域 (船山, 1988)、DSDP Hole 438 A (Yanagisawa and Akiba, 1990; Motoyama, 1996)、ODP Hole 884 B (Morley and Nigrini, 1995) の 4 地域では、共産する珪藻化石の生層序基準面が識別され、間接的に古地磁気層序と対比されていることから、独自に堆積速度曲線を作成し、間接的にこれら放散虫イベントの年代を求めて対比を試みた。

L. magnacornuta の FO は ODP Hole 884 B で 12.5 Ma、房総半島で 11.5~11.7 Ma、能登半島で 11.4~11.8 Ma と見積もられる。一関での本研究の結果は珪藻化石の基準面との対比から 11.8 Ma 前後であると見積もられ、北緯 50 度東経 180 度付近の高緯度中部太平洋から、南西の北緯 35 度東経 140 度付近の房総半島に向かって系統的に約 1 m.y. 遅くなる異時性が認められる。

L. renzae の LO は房総半島および DSDP Hole 438 A, ODP Hole 884 B において認められる。見積もられる年代は 11.6~11.8 Ma であり、ほぼ収束している。この種は汎世界的に生息していた種であり、LO について熱帯地域との同時性が高いとされている (Spencer-Cervato et al., 1993)。したがって、その年代値について信頼性が高いと考えられる。

考 察

今回の分析結果に基づき、中期中新世後期における 4 微化石グループの生層序の相互対比を試みる。

まず各微化石の基準面年代を求めるために、本調査地域における堆積速度曲線を作成した (Fig. 9)。今回の分析結果では、特に上黒沢層について珪藻化石を中心に信頼度の高い年代値を持つ基準面を多く見いだすことができたので、各基準面間の堆積速度を一定と仮定することにより、各試料の年代

を精度良く求めることができる。堆積速度曲線のコントロール・ポイントには、北西太平洋において直接に古地磁気層序と対応がつけられている珪藻化石の基準面年代を主に用い、これに珪藻化石層序との対応が明確で、日本付近において同時性が高いと考えられる放散虫化石基準面 *L. renzae* の LO を加えた。

この堆積速度曲線を用いて、今回識別された浮遊性有孔虫・石灰質ナンノ化石・放散虫 (*L. renzae* の LO を除く) の各微化石基準面の年代値を求め、相互対比を行った (Fig. 10; A)。本研究の結果と、1995 年以降に公表された各微化石タクサの年代尺度 (Berggren et al., 1995; 本山・丸山, 1998; Yanagisawa and Akiba, 1998) を古地磁気層序を用いて統合した複合年代尺度 (Fig. 10; B) とを比べると、±0.3 m.y. の範囲できわめて良く一致している。一方、斎藤ほか (1986)、尾田 (1986) の古地磁気・微化石年代尺度と比べると、大局的には一致しているものの、幾つかの明らかな違いも認められる (例えば、放散虫 *L. magnacornuta* の FO が斎藤ほか (1986); 尾田 (1986) の年代尺度では浮遊性有孔虫化石帯 N. 14/N. 15 帯境界付近、石灰質ナンノ化石帯 CN 6 帯付近に対比されている)。

最近、房総半島の中新統、木の根層から天津層にかけての複合微化石層序が公表された (渡辺・高橋, 1997; 本山・高橋, 1997)。彼らの検討した層準の上半部が、本研究により検討した層準の下半部と一致しており、本研究との高精度な対比が可能である。本研究による各微化石間の相互対比 (Fig. 10; A) と彼らの房総における相互対比 (本山・高橋, 1997 の Fig. 6) とを比べるときわめて良く一致しているが、以下の 2 点が異なる。すなわち、1) 放散虫 *L. magnacornuta* の FO について房総の方が 0.2 m.y. 遅くなる、2) 浮遊性有孔虫 N. 14 帯の下限について房総の方が 0.3 m.y. 遅くなる。

これらの差異については、先に放散虫について議論したように微化石基準面の異時性によるものである可能性も指摘できるが、現時点では詳細は不明である。今後さらに微化石年代尺度を高精度かつ高信頼度のものにするためには、日本周辺海域のより多くの地点で同様の分析を行い、各微化石タクサの生層序を詳細に相互対比することにより、各微化石基準面の時空分布を明らかにしていくことが重要な課題である。

結 論

岩手県一関市下黒沢地域の中新統について、浮遊性微化石による生層序学的検討を行った。その結果下黒沢層・上黒沢層から浮遊性有孔虫・石灰質ナンノ化石・珪藻・放散虫の各微化石タクサが連続的に検出された。それらに基づき微化石層序を検討したところ、この地域の下黒沢層および上黒沢層は、Blow (1969) の浮遊性有孔虫化石帯 N. 10~N. 14 帯に、Yanagisawa and Akiba (1998) の珪藻化石帯 NPD 4 Bb~NPD 5 C 帯に、Okada and Bukry (1980) の石灰質ナンノ化石帯 CN 5 a~CN 5 b 帯に、本山・丸山 (1998) の放散虫化石帯 *E. inflatum* A~*L. magnacornuta* 帯にそれぞれ対比されることが明らかにされた。本研究によって、中期中新世後期の浮遊性有孔虫・石灰質ナンノ化石・珪藻・放散虫の詳細な

生層序が得られ、各タクサ間の相互対比が高い精度で明らかにされたことから、一関市下黒沢地域は北西太平洋地域の微化石年代尺度構築のために極めて重要な層序であることが立証された。

文 献

- 相田 優・竹谷陽二郎・岡田尚武・長谷川四郎・丸山俊明・根本直樹, 1998, 会津地域における中新統の微化石層序と古海洋環境. 福島県立博紀要, **13**, 1-119.
- Berggren, W.A., Kent, D.V., Swisher, C.C., III and Aubry, M.-P., 1995, A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In Berggren, W.A., Kent, D.V., Aubry, M.-P. and Hardenbol, J., eds., *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation*, SEPM Spec. Publ., **54**, 129-212.
- Blow, W.H., 1969, Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Brönnimann, P. and Renz, H.R., eds., *Proc. 1st Internat. Conf. Planktonic Microfossils, Geneva*, 1967, **1**, 199-422.
- Cande, S. and Kent, D.V., 1995, Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale 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第三系の新第三系の岩相及び放散虫化石層序. 東北大地質古生物邦報, no. 91, 15-41.
- 早川典久・舟山裕士・斎藤邦三・北村 信, 1954, 岩手県北上山地西縁より脊梁山地に亘る地域の第三系の新第三系の地質. 東北鉱山学誌, **10**, 1-97.
- Honda, N., 1981, *Upper Cenozoic calcareous nannofossil biostratigraphy of the Pacific side of Japan*. Ph. D. dissertation, Tohoku University, 110 p.
- 北村 信・小高民夫・早坂祥三, 1956, 岩手県南西部の地質構造発達史について. 東北大地質古生物邦報, no. 47, 1-20.
- 今田 正・植田良夫, 1980, 東北日本の第三紀火山岩の K-Ar 年代. 岩鉱特別号, **2**, 343-346.
- 米谷盛壽郎, 1978, 東北日本油田地域における上部新生界の浮遊性有孔虫層序. 「日本の新生代地質」(池田展生教授記念論文集), 35-60.
- 米谷盛壽郎, 1988, 有孔虫化石群の変遷に見られる新第三紀イベント. 新第三紀における生物の進化・変遷とそれに関するイベント, 大阪市立自然史博, 35-60.
- Maruyama, T., 1984 a, Miocene diatom biostratigraphy of onshore sequences on the Pacific side of Northeast Japan, with reference to DSDP Hole 438 A (Part 1). *Sci. Repts. Tohoku Univ. 2nd Ser. (Geol.)*, **54**, 141-164.
- Maruyama, T., 1984 b, Miocene diatom biostratigraphy of onshore sequences on the Pacific side of Northeast Japan, with reference to DSDP Hole 438 A (Part 2). *Sci. Repts. Tohoku Univ. 2nd Ser. (Geol.)*, **55**, 77-140.
- Masuda, K., 1977, Miocene molluscs from the Shimokurosawa formation, Ichinoseki City, Iwate Prefecture, Northeast Honshu, Japan. *Saito Ho-on Kai Mus., Res. Bull.*, **45**, 3-11.
- 松野久也, 1967, 若柳地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 24 p.
- Morley, J.J. and Nigrini, C., 1995, Miocene to Pleistocene radiolarian biostratigraphy of North Pacific sites 881, 884, 885, 886, and 887. In Rea, D.K., Bawov, I.A., Scholl, D.W. and Allan J.F., eds., *Proc. Ocean Drilling Program, Sci. Results*, College Station TX (Ocean Drilling Program), **145**, 55-91.
- Motoyama, I., 1996, Late Neogene radiolarian biostratigraphy in the subarctic Northwest Pacific. *Micropaleont.*, **42**, 221-262.
- 本山 功・丸山俊明, 1996, 青森県津軽半島新第三系の複合微化石層序. 地質雑, **102**, 481-499.
- 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 CK 92 および CK 95 への適合. 地質雑, **104**, 171-183.
- 本山 功・高橋雅紀, 1997, 房総半島, 中部中新統木の根層および天津層の放散虫化石層序—珪質・石灰質微化石層序の統合に向けて—. 石油技誌, **62**, 226-238.
- Oda, M., 1977, Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Late Cenozoic sedimentary sequence, central Honshu, Japan. *Sci. Repts. Tohoku Univ. 2nd Ser. (Geol.)*, **48**, 1-76.
- 尾田太良, 1986, 新第三紀の微化石年代尺度の現状と問題点—中部及び東北日本を中心として—. 北村 信教授退官記念論文集, 297-312.
- Okada, H. and Bukry, D., 1980, Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973 ; 1975). *Mar. Micropaleont.*, **5**, 321-325.
- 小野寺伸吾, 1957, 岩手県一関市で発見された *Desmostylus* と, その産地付近の地質. 地質雑, **63**, 238-253.
- Perker, M.E., Clark, M. and Wise, S.W., Jr., 1985, Calcareous nannofossils of Deep Sea Drilling Project sites 558 and 563, North Atlantic Ocean: Biostratigraphy and the distribution of Braarudosphaerids. In Duncan, R.A., Backman, J., Peterson, L.C., et al., eds., *Init. Repts. DSDP*, U.S. Govt. Printing Office, Washington D.C., **82**, 559-589.
- Saito, T., 1963, Miocene planktonic foraminifera from Honshu, Japan. *Sci. Repts. Tohoku Univ. 2nd Ser. (Geol.)*, **35**, 123-209.
- 斎藤常正・小泉 格・尾田太良・岡田尚武, 1986, 東北・中部日本新第三紀古地磁気・微化石年代尺度. 北村 信編, 新生代東北本州弧地質資料集, 宝文堂.
- Sakai, T., 1980, Radiolarians from Sites 434, 435, and 436, Northwest Pacific, Leg 56, Deep Sea Drilling Project. In Scientific Party, *Init. Repts. DSDP*, U.S. Govt. Printing Office, Washington D.C., **56/57**, 695-733.
- Spencer-Cervato, C., Lazarus, D.B., Beckmann, J.-P., Perch-Nielsen, K. and Biolzi, M., 1993, New calibration of Neogene radiolarian events in the North Pacific. *Mar. Micropaleont.*, **21**, 261-293.
- Takayanagi, Y., Takayama, T., Sakai, T., Oda, M. and Kitazato, H., 1976, Microbiostratigraphy of some Middle Miocene sequences in northern Japan. In Takayanagi, Y. and Saito, T., eds., *Progress in micropaleontology: Selected papers in honor of Prof. Kiyoshi Asano*, Micropaleont. Press, New York, 356-381.
- 高柳洋吉, 1978 編, 微化石研究マニュアル. 朝倉書店, 東京, 161 p.
- 渡辺真人・高橋雅紀, 1997, 房総半島, 中部中新統木の根層および天津層下部の珪藻化石層序. 石油技誌, **62**, 215-225.
- 吉田史郎, 1987, 鈴鹿山脈東麓の中新統千種層の岩相層序と浮遊性有孔虫化石. 地質雑, **93**, 761-772.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F., 1990, Taxonomy and phylogeny of the three marine diatom genera, *Crucidenticula*, *Denticulopsis* and *Neodenticula*. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **41**, 197-301.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F., 1998, Refined 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.

(要 旨)

林 広樹・柳沢幸夫・鈴木紀毅・田中裕一郎・斎藤常正, 1999, 岩手県一関市下黒沢地域に分布する中部中新統の複合微化石層序. 地質雑, 105, 480-494. (Hayashi, H., Yanagisawa, Y., Suzuki, N., Tanaka, Y. and Saito, T., 1999, Integrated microbiostratigraphy of the Middle Miocene sequences in the Shimokurosawa district, Ichinoseki City, Iwate Prefecture, Northeast Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 105, 480-494.)

東北日本における中期中新世の高精度な複合微化石層序を樹立することを目的として, 岩手県一関地域の中新統について微化石群集の検討を行った. 一関地域の中新統は下位より下黒沢層(再定義), 上黒沢層(新称)と巖美層とに区分される. 上黒沢層は下黒沢層を部分不整合に覆い, 巖美層は上黒沢層を不整合に覆う. このうち海成層の下黒沢層および上黒沢層は珪質・石灰質を問わず微化石を連続的に産する.

産出した微化石から, この地域の下黒沢層および上黒沢層は Blow (1969) の浮遊性有孔虫化石帯 N.10~N.14 帯に, Okada and Bukry (1980) の石灰質ナノ化石帯 CN5a~CN5b 帯に, Yanagisawa and Akiba (1998) の珪藻化石帯 NPD4Bb~NPD5C 帯に, 本山・丸山 (1998) の放散虫化石帯 *E. inflatum* A~*L. magnacornuta* 帯に対比されることが明らかになった.

Explanation of Plate

Plate I Selected microfossil species from the Shimokurosawa and Kamikurosawa Formations (1-5 : planktonic foraminifers ; 6-14 : diatoms ; 15-17 : calcareous nannofossils : 18-23 : radiolarians). Scale bars represent 100 μ m for 1-5 and 18-23, 10 μ m for 6-17.

- 1 a-c : *Globorotalia adamantea* Saito, sample LIW 5.
- 2 a-c : *Globigerina nepenthes* Todd, sample IW 33.
- 3 a-c : *Globorotalia rikuchensis* Takayanagi and Oda, sample IW 36.
- 4 a-c : *Neoglobobulimina mayeri* (Cushman and Ellis), sample IW 22.
- 5 a-c : *Globorotalia peripheroronda* Blow and Banner, sample IW 1.
- 6 : *Denticulopsis hyalina* (Schrader) Simonsen, sample IW 1.
- 7 : *Denticulopsis simonsenii* Yanagisawa and Akiba, sample IW 1.
- 8 : *Crucidenticula nicobarica* (Grunow) Akiba and Yanagisawa, sample IW 11.
- 9 : *Denticulopsis praedimorpha* var. *minor* Yanagisawa and Akiba (Vc-type valve), sample IW 13.
- 10 : *Denticulopsis praedimorpha* var. *minor* Yanagisawa and Akiba (Vo-type valve), sample IW 12.
- 11 : *Denticulopsis praedimorpha* var. *minor* Yanagisawa and Akiba (Closed copula), sample IW 27.
- 12 : *Denticulopsis praedimorpha* var. *praedimorpha* Barron ex Akiba (Closed copula), sample IW 27'.
- 13 : *Denticulopsis praedimorpha* var. *praedimorpha* Barron ex Akiba (Vc-type valve+closed copula), sample IW 45.
- 14 : *Denticulopsis crassa* Yanagisawa and Akiba (Closed copula), sample IW 25.
- 15, 16 : *Cyclicargolithus floridanus* (Roth and Hay) Bukry, sample IW 27' (15 : crossed nicols ; 16 : parallel light).
- 17 : *Discoaster* cf. *kugleri*, sample IW 43.
- 18 : *Lychnocanoma magnacornuta* Sakai form A, sample IW 46.
- 19 : *Cyrtocapsella japonica* (Nakaseko), sample IW 32.
- 20 : *Cyrtocapsella tetrapera* (Haeckel), sample IW 1.
- 21 : *Eucyrtidium asanoi* Sakai, sample IW 17.
- 22 : *Eucyrtidium inflatum* Kling, sample IW 31.
- 23 : *Lithopera renzae* Sanfilippo and Riedel, sample IW 35.