

岩手県一関地域に分布する中新統の海生珪藻化石層序と生層準

柳沢幸夫¹・林 広樹²

Yukio Yanagisawa and Hiroki Hayashi (2003) Marine diatom biostratigraphy and biohorizons of the middle Miocene sequence in Ichinoseki area, Iwate Prefecture, northeastern Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 54 (1/2), p. 49- 61, 8 figs, 1table.

Abstract: Marine diatom biostratigraphy is established for the middle Miocene Shimokurosawa and Kamikurosawa Formations in Ichinoseki area, Iwate Prefecture, northeastern Japan. The Shimokurosawa Formation is composed of fine- to medium-grained sandstone in the lower part and cross-bedded very coarse- to coarse-grained sandstone in the upper part. The formation is assigned to the *Denticulopsis simonsenii* Subzone (NPD 4Bb) of the *Denticulopsis hyalina* Zone of Yanagisawa and Akiba (1998). The Kamikurosawa Formation consists mainly of tuffaceous fine-grained sandstone, and overlies the Shimokurosawa Formation with partial unconformity. The diatom flora in the Kamikurosawa Formation is correlative with the *Crucidentricula nicobarica* Zone (NPD 5A), *Denticulopsis praedimorpha* Zone (NPD 5B) and the lowest *Thalassiosira yabei* Zone (NPD 5C). The transient decrease of *C. nicobarica*, a biohorizon recognized in the lower part of the *D. praedimorpha* Zone (NPD 5B), might be stratigraphically useful for correlation. At least eight microfossil biohorizons are utilized for precise correlation between Ichinoseki and southwestern Sendai areas, although the last occurrence of nannofossil *Cyclicargolithus floridanus* shows slight diachroneity.

Keywords: diatom, biostratigraphy, Neogene, Miocene, Shimokurosawa, Kamikurosawa, Ichinoseki, Iwate, Hatatate, Sendai, Miyagi, Japan

要 旨

岩手県一関地域に分布する中部中新統下黒沢層と上黒沢層の珪藻化石層序の詳細, および各種微化石層序の生層準との対応関係を記載した。下黒沢層は *Denticulopsis hyalina* 帯の *Denticulopsis simonsenii* 亜帯 (NPD 4Bb) に, 上黒沢層は, *Crucidentricula nicobarica* 帯 (NPD 5A), *Denticulopsis praedimorpha* 帯 (NPD 5B) および *Thalassiosira yabei* 帯 (NPD 5C) の最下部にあたる。 *D. praedimorpha* 帯最下部にある *Crucidentricula nicobarica* の一時的減少は, 生層準として生層序学的有用である可能性がある。仙台市南西部地域との対比では, 少なくとも8つの生層準が使用可能であるが, 石灰質ナノ化石の *Cyclicargolithus floridanus* の終産出には異時性が認められる。

1. はじめに

岩手県一関市西部(第1図)の中新統については, 主要4種の浮遊性微化石(浮遊性有孔虫・石灰質ナノ化石・珪



第1図 一関地域の位置。

Fig. 1 Location of Ichinoseki areas.

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

² 東北大学理学部地圏環境科学科 (Institute of Geology and Paleontology, Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Miyagi Prefecture, 980-8578 Japan), 現所属: 防災科学技術研究所特別研究員 (Research Fellow, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention)

藻・放散虫)に関する組織的な生層序学的研究が行われ (Takayanagi *et al.*, 1976; Honda, 1981; Maruyama, 1984), その研究成果は, 北太平洋における新第三紀の複合微化石層序と地磁気微化石年代尺度を確立する上で極めて重要な役割を果たした(尾田ほか, 1983; Oda *et al.*, 1984; 尾田, 1986). その後1990年代に入ると, 年代尺度の基幹となる地磁気極性年代尺度が根本的に改訂されて精度と確度が一段と向上し (Cand and Kent, 1995), それぞれの微化石の年代層序も最新のデータに基づいて改訂がなされた (Berggren *et al.*, 1995; 本山・丸山, 1998; Yanagisawa and Akiba, 1998). しかし, 北西太平洋地域における石灰質微化石と珪質微化石層序の相互の対応関係は, 依然として曖昧なまま残されており, 精密な地層対比のネックとなっていた. そこで, 林ほか (1999) は主要な4種の微化石がすべて産出する下黒沢地域の中新統について浮遊性微化石層序の再検討を行い, 各微化石層序間の対応関係を極めて高い精度で明らかにした. その成果は, 斎藤 (1999) の地磁気微化石年代尺度改訂の基礎資料となり, 本地域が北西太平洋地域の微化石層序学研究の上で極めて重要な地域であることを, あらためて実証した.

しかし, 林ほか (1999) では, ページ数制約の関係で, 微化石タクサそれぞれについての詳しい分析結果は公表で

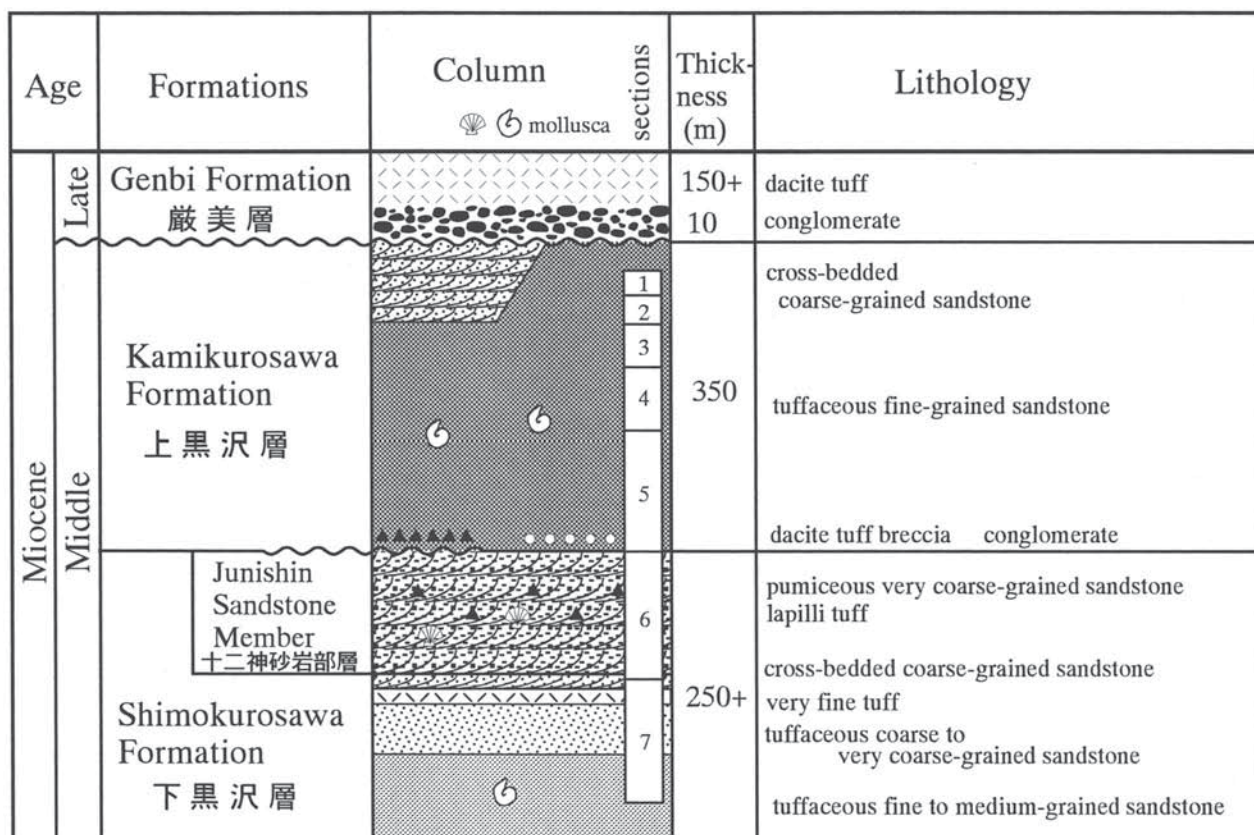
きなかった. これらの分析データを追試可能な形で広く公開しておくことは, 今後の生層序学研究の発展のために重要である. そこで, この報告では, このうち珪藻化石の分析結果の詳細を記載する. また, 併せて仙台市南西部地域の中新統との精密な対比を行う.

2. 層序の概要と試料・方法

本地域の中新統は, 下位より海成層である下黒沢層・上黒沢層と, これを不整合に覆う陸成層の巖美層からなる (第2図; 林ほか, 1999).

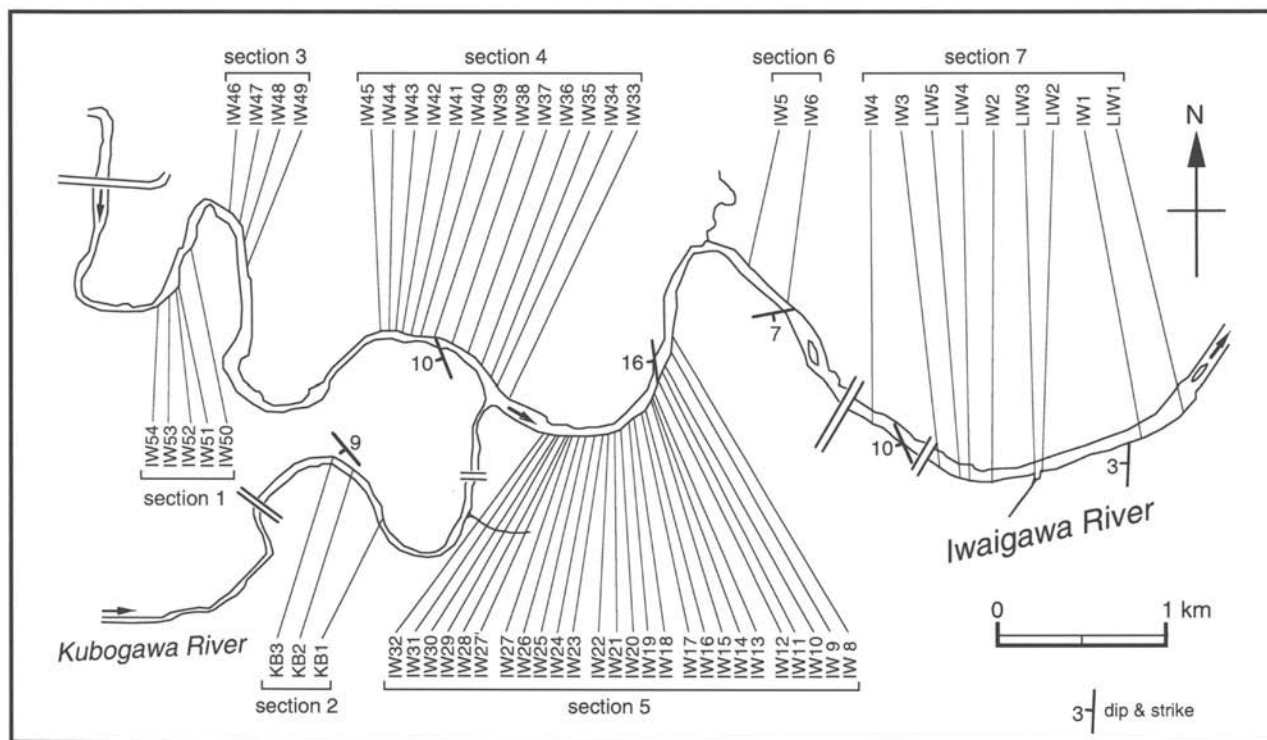
下黒沢層は, 下部は凝灰質細—中粒砂岩ないし凝灰質粗—極粗粒砂岩から, 上部は斜層理の発達した軽石質極粗粒砂岩からなる. このうち上部の軽石質極粗粒砂岩は十二神砂岩部層として区別される. 上黒沢層は下黒沢層を部分不整合に覆い, 主部は塊状凝灰質細粒砂岩からなるが, 最上部には斜層理のある淘汰のよい粗粒砂岩が発達する. 巖美層は主体はデイサイト溶結凝灰岩で, 上黒沢層を不整合に覆う.

試料は, 磐井川沿岸および支流の久保川沿岸から63個 (LIW1~LIW5, IW1~IW54, KB1~KB3) を採取した (第3図). なお, 珪藻化石を分析した試料はすべて産業技術総



第2図 一関地域中新統の層序. 林ほか (1999) による.

Fig. 2 Stratigraphy of the Miocene sediments in the Ichinoseki area (after Hayashi *et al.*, 1999).



第3図 試料採取位置図.

Fig. 3 Location map of samples.

合研究所の地質標本館において、珪藻化石試料として登録保管されている(登録番号GSJ 75161~75223, 第1表参照)。

試料の処理は、Akiba (1986)のunprocessed strewn slideの方法で行った。珪藻化石の同定と計数方法は、柳沢(1999a)に従った。

3. 結果および珪藻化石層序

63個の試料のうち、58個から珪藻化石が検出された(第1表)。珪藻化石が産出しなかったのは、下黒沢層上部の十二神砂岩部層の4試料(IW3~IW6)のみである(第4図)。珪藻の保存状態は、下黒沢層では一部を除いて不良である。上黒沢層では全体としては中程度ないし良好であるが、IW18~IW25の試料では保存状態は不良である。

産出した珪藻のうち、生層序上重要な種の層序学的分布と生層準(biohorizon)および珪藻化石帯を第4図に示す。珪藻化石帯区分としては、Akiba (1986)およびYanagisawa and Akiba (1998)の北太平洋中一高緯度珪藻化石帯をそのNPDコード番号とともに用いる。また、対比に有用な生層準は、Yanagisawa and Akiba (1998)のDコード番号を使用する。

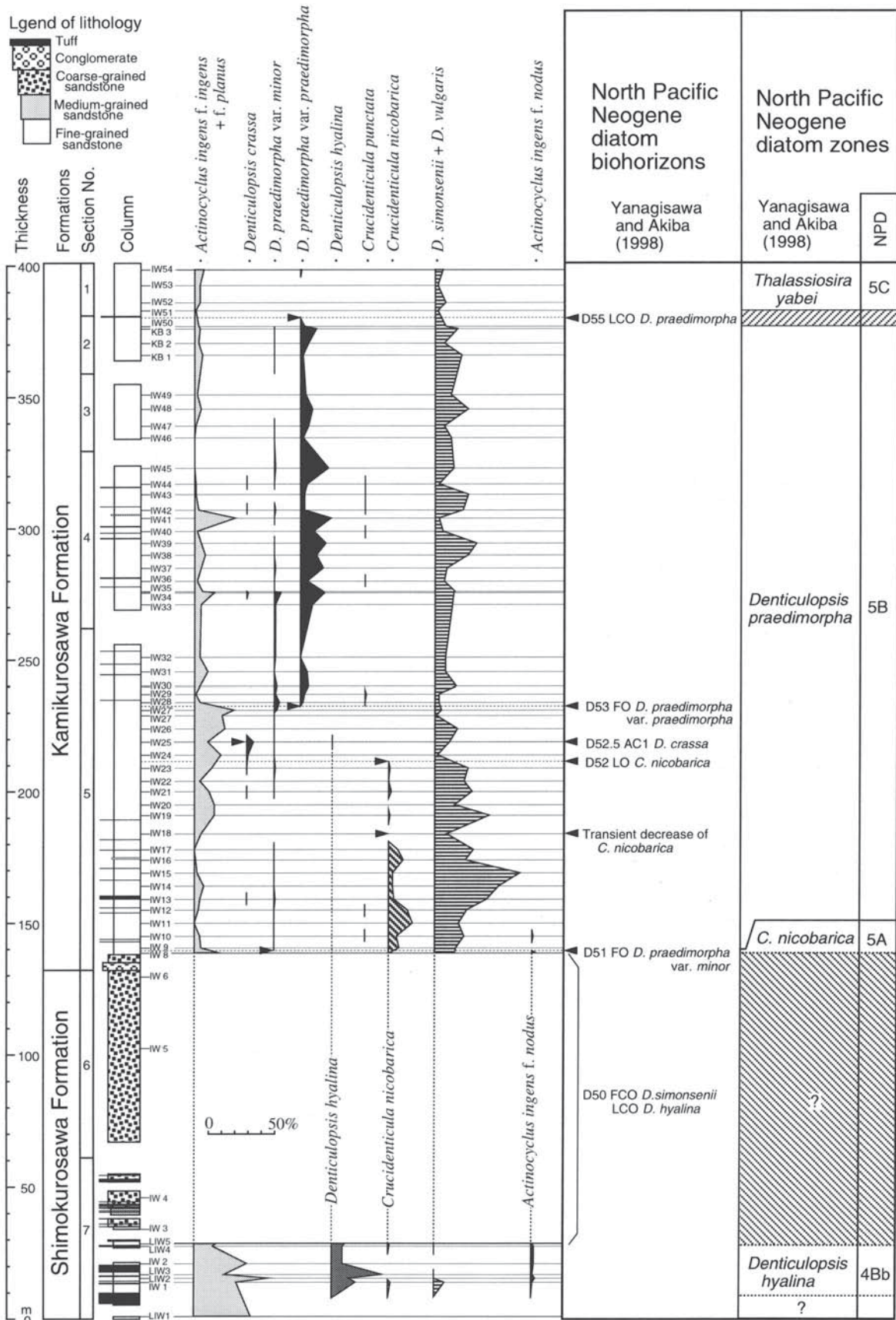
下黒沢層最下部の試料LIW1からは、*Actinocyclus inges f. inges*, *A. inges f. planus*が優占する保存不

良な珪藻群集が産出した。しかし、*Denticulopsis*属および*Crucidentricula*属をすべて欠くので、化石帯の判定はできない。その上位の試料(IW1~LIW5)は、*Denticulopsis hyalina*を多産し、かつ*D. lauta*を産出しないことから、*D. hyalina*帯(NPD 4B)と認定できる。また、いずれの試料も*Denticulopsis simonsenii*を産出し、*D. simonsenii*の初産出層準(D45)よりも上位にあることから、これらの試料は*D. hyalina*帯上部の*D. simonsenii*亜帯(NPD 4Bb)に相当する。

上黒沢層では、最下部の試料IW8は、*D. simonsenii*を多産して*D. hyalina*と*D. praedimorpha*を産出しないこと、また*Crucidentricula nicobarica*を産出することから*C. nicobarica*帯(NPD 5A)と認定される。その上位のIW9から本層上部のIW50までは、*D. praedimorpha*がほぼ連続的に産出することから、*D. praedimorpha*帯(NPD 5B)に相当する。本層最上部のIW51~IW57は、*D. praedimorpha*の終多産出層準の上位に位置し、かつ*D. dimorpha*を含まないことから、*Thalassiosira yabei*帯(NPD 5C)と認定される。

以上から、下黒沢層は*D. hyalina*帯の*D. simonsenii*亜帯(NPD 4Bb)に、上黒沢層は、*C. nicobarica*帯(NPD 5A)、*D. praedimorpha*帯(NPD 5B)および*T. yabei*帯(NPD 5C)の最下部にあたるのがわかる。

広域に対比可能な生層準としては、下位より*D. hyalian*



第4図 指標珪藻種の産出.

Fig. 4 Stratigraphic distribution of marker diatoms in Ichinoseki composite section.

の終多産出・*D. simonsenii*の初多産出(D50), *D. praedimorpha* var. *minor*の初産出(D51), *C. nicobarica*の終産出(D52), *D. crassa*の第1アクメ(D52.5), *D. praedimorpha* var. *praedimorpha*の初産出(D53)および *D. praedimorpha*の終産出(D55)が認められる(第4図)。

4. 考 察

4.1 生層準と堆積速度

第5図に、林ほか(1999)および本論文によって明らかになった一関地域の中新統の微化石層序の結果をまとめた。

化石帯としては、珪藻では、*D. hyalina*帯の *D. simonsenii*亜帯(NPD 4Bb)から *T. yabei*帯(NPD 5C)最下部までが、放散虫では本山(1999)の *Eucyrtidium inflatum*帯と *Lychnocanoma magnacornuta*帯が認められる。浮遊性有孔虫では、Blow (1969)のN.10帯からN.14帯までが、石灰質ナノ化石ではOkada and Bukry (1980)のCN5a帯とCN5b帯が認定される。

化石帯の上下限を定義する生層準と、その他生層序学的有用な生層準もあわせて第5図に示した。図からわかるように、上黒沢層中部の試料IW24からIW28の区間に多くの生層準が集中しており、とくに、IW27~IW28の狭い区間に5つの生層準が集中する。これは、後述するようにこの区間で堆積速度が非常に小さくなっているためである。

第5図に示した生層準のうち、珪藻の *Crucidenticula nicobarica*の一時的減少(transient decrease)は、林ほか(1999)では触れていない生層準である。この生層準は、最近渡辺(2002)が富山県氷見地域に分布する中新統の珪藻化石層序を検討し、その生層序学的有效性をはじめて示唆したものである。第4図からわかるように、*C. nicobarica*は上黒沢層下部の試料IW08からIW17までは、ほぼ数%以上の頻度(最大18%)で連続産出するものの、試料IW18で突然産出がなくなる。その上位では *C. nicobarica*は再び産出するものの、産出頻度は1-2%以下であり、試料IW23とIW24の間で終産出を迎える。氷見地域でも同様の *C. nicobarica*の産出パターンが認められ、*C. nicobarica*の一時的減少の層準(*D. praedimorpha*帯の生層準D51とD52の間)も一関地域とほぼ同じである(渡辺, 2002)。今後他の地域での検証が必要であるが、この生層準は生層序学的有効であると思われる。なお、*Crucidenticula nicobarica*は暖流系種であり(Yanagisawa and Akiba, 1990)、その一時的減少はおそらく何らかの寒冷化イベントに対応しているものと見られ、古海洋学的にも興味深い。

次に、これらの生層準の年代を基に、一関地域の中部中新統の堆積速度曲線を作成した(第6図)。この図から、一関地域の中部中新統は、13.5 Maから11.4 Maの年代範囲をカバーしていることがわかる。

また、第6図では、上黒沢層中部で堆積速度が小さくなっていることも明瞭に読みとれる。まず、下黒沢層で堆積速度

は約20 cm/k.y.、上黒沢層下部(基底から生層準D52まで)は約30 cm / k.y.である。しかし、その上位の上黒沢層中部のD52から *Globigerina nepenthes*の初産出までの区間では、約5 cm / k.y.まで堆積速度が落ちている。そして、上黒沢層上部では再び堆積速度は、35 cm / k.y.に回復している。このように、上黒沢層中部では、その上下に比較して堆積速度が一桁程度低下していることがわかる。

4.2 仙台市南西部地域中新統

次に一関地域から南南西に約80km離れた宮城県の仙台市南西部地域(第1図)の中部中新統との対比を行い、生層準の生層序学的有用性を吟味する。

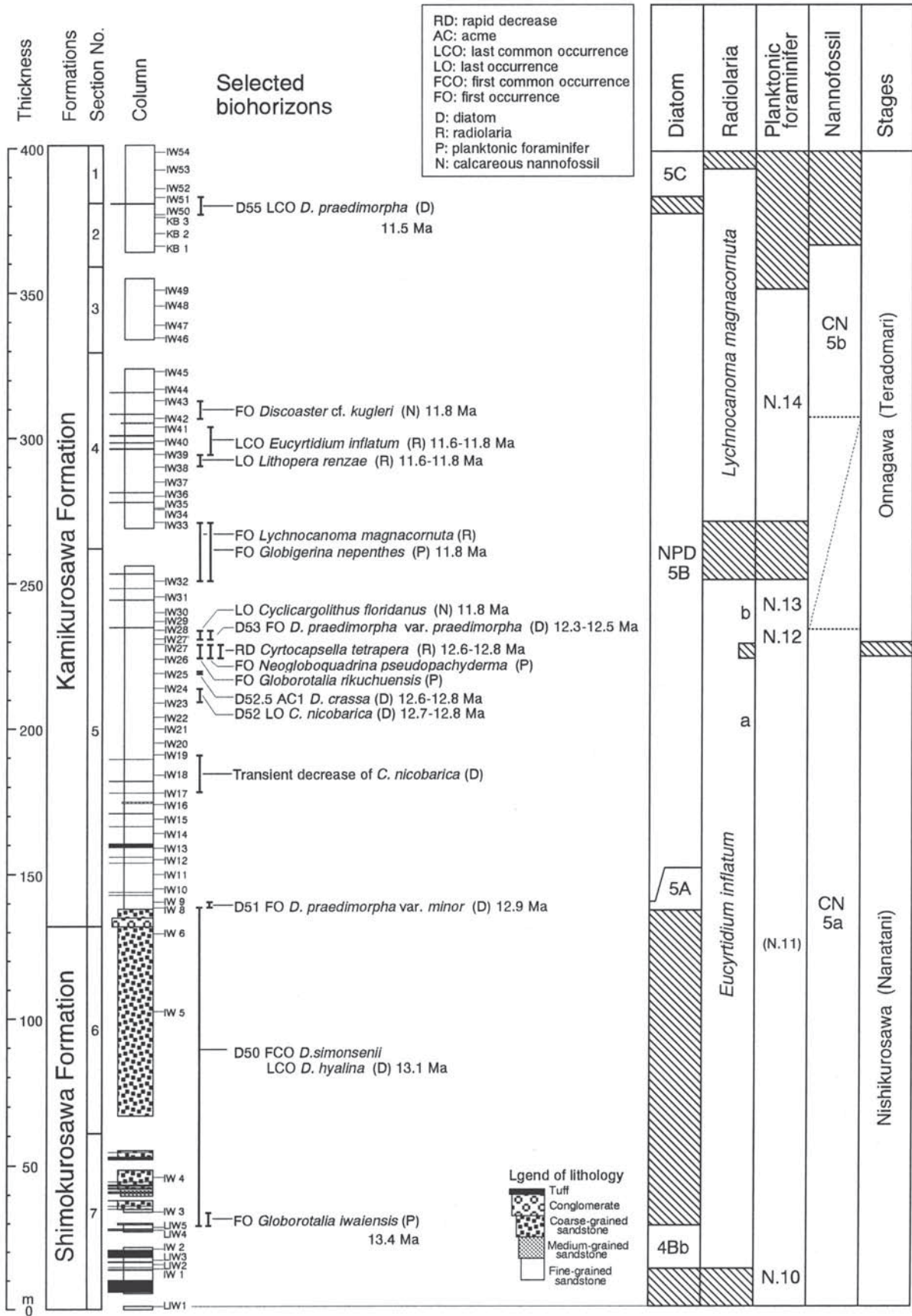
仙台市南西部には、一関地域の下黒沢層・上黒沢層と同時代の旗立層が分布する(第7図; Ishizaki and Takayanagi, 1981)。旗立層は、安山岩の礫岩・礫質砂岩からなる茂庭層を整合に覆う。岩相は、塊状の泥質細粒砂岩からなり、追跡可能な凝灰岩鍵層(Ht8~Ht20)を多数挟む。また、凝灰岩層Ht9の直下に厚さ約1.5mの海緑石砂岩層が発達する。

旗立層とその下位の茂庭層については、浮遊性有孔虫(Saito, 1963; 尾田・酒井, 1977; 島本ほか, 2001)、放散虫(尾田・酒井, 1977)、石灰質ナノ化石(Honda, 1981)および珪藻(Maruyama, 1984; 柳沢, 1999d)に関して、それぞれ詳細な微化石層序学的研究が行われている。

第7図には、柳沢(1999d)および島本ほか(2001)に基づいた堆積速度曲線を示した。旗立層最下部の海緑石砂岩層の層準では、0.2-0.3 cm/k.y.と極めて遅い堆積速度であるが、旗立層下部では15-30 cm/k.y.に増加する。しかし、旗立層中部(放散虫の *Cyrtocapsella tetrapera*の急減層準から *Eucyrtidium inflatum*の終多産出層準まで)では、堆積速度は約4.5 cm/k.y.まで低下した後、旗立層上部では再び25 cm/k.y.以上に増加する。

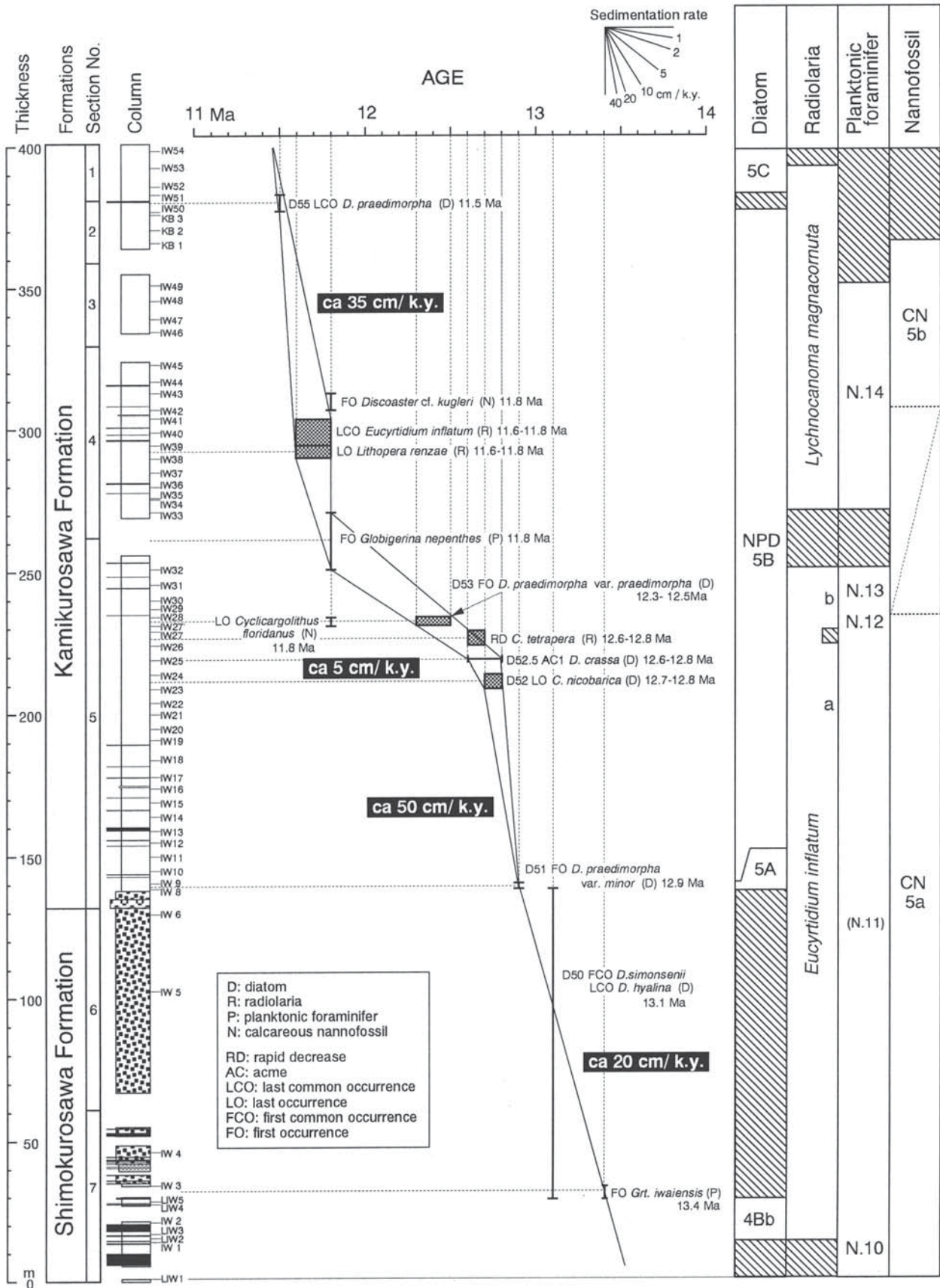
4.3 対比と生層準の評価

これまでの研究(林ほか, 1999; 柳沢, 1999d; 斎藤, 1999; 島本ほか, 2001など)により、広域対比に使用できることがわかっていて、かつ仙台市南西部と一関両地域で共通して認められる生層準として、下位より *Globorotalia iwaiensis*の初産出(浮遊性有孔虫)、*Denticulopsis crassa*の第1アクメ(D52.5)(珪藻)、*Globorotalia rikuchensis*の初産出(浮遊性有孔虫)、*Cycliargolithus floridanus*の終産出(石灰質ナノ化石)、*Cyrtocapsella tetrapera*の急減層準(放散虫)、*Denticulopsis praedimorpha* var. *praedimorpha*の初産出(D53)(珪藻)、*Lithopera renzae*の終産出(放散虫)および *Eucyrtidium inflatum*の終産出(放散虫)の9つ生層準を選び出した(第8図)。このうち、最下位の *G. iwaiensis*の初産出は、斎藤(1999)においてはじめて微化石年代尺度に繰り入れられた生層準である。対比線は、各生層準を通



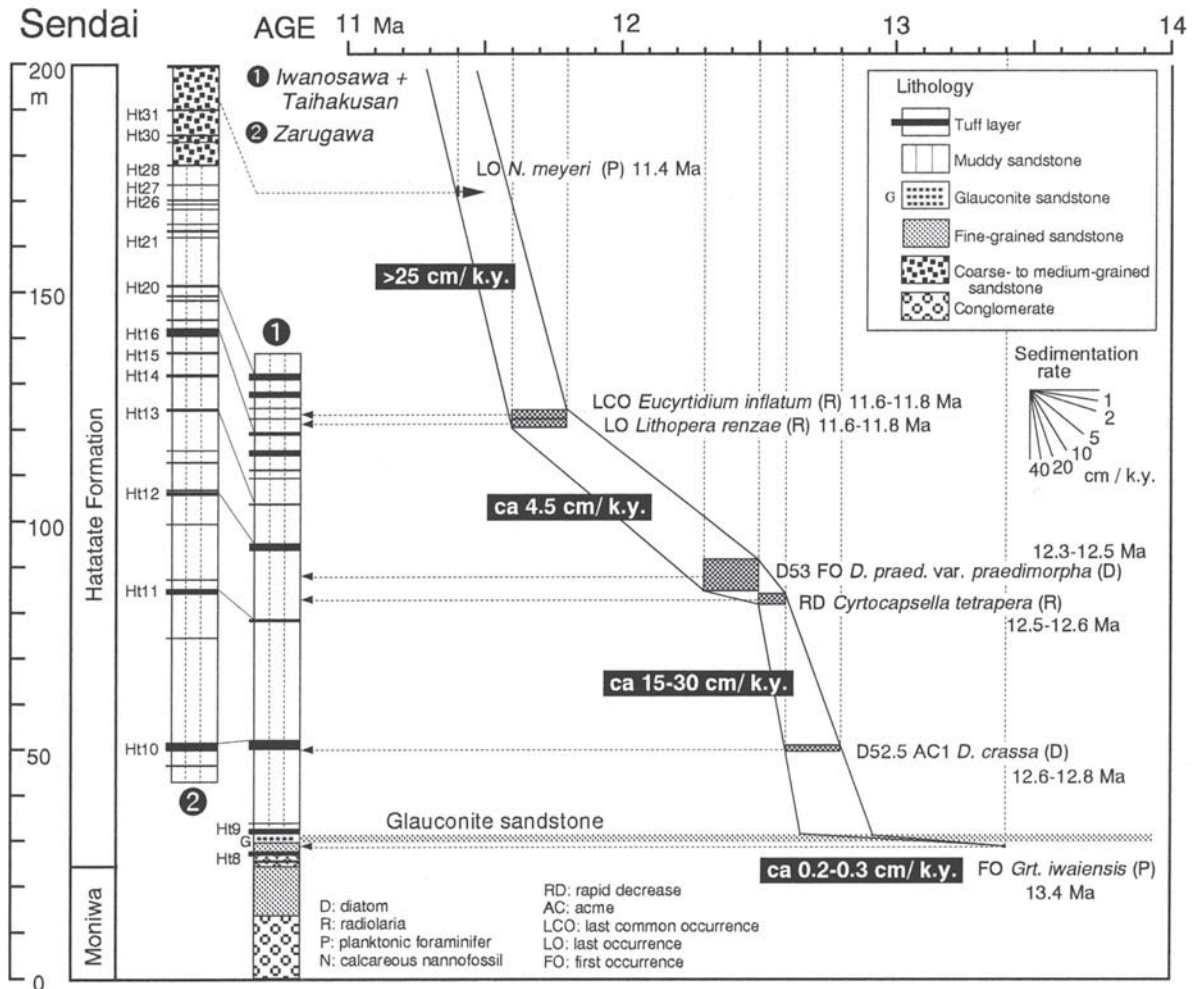
第5図 下黒沢層および上黒沢層における微化石の生層準。

Fig. 5 Microfossil biohorizons in the Shimokurosawa and Kamikurosawa Formations. D: diatom zonation (Yamagisawa and Akiba, 1998), R: radiolarian zonation (Motoyama, 1999), PF: planktonic foraminiferal zonation (Blow, 1969), N: nannofossil zonation (Okada and Bukry, 1980).



第6図 下黒沢層および上黒沢層における堆積速度曲線。

Fig. 6 Sediment accumulation rate curve for the Shimokurosawa and Kamikurosawa Formations.



第7図 仙台市南西部の中部中新統における堆積速度曲線。

Fig. 7 Sediment accumulation rate curve for the middle Miocene sequence in the southwestern Sendai area.

できるだけ滑らかな曲線になるように描いた。

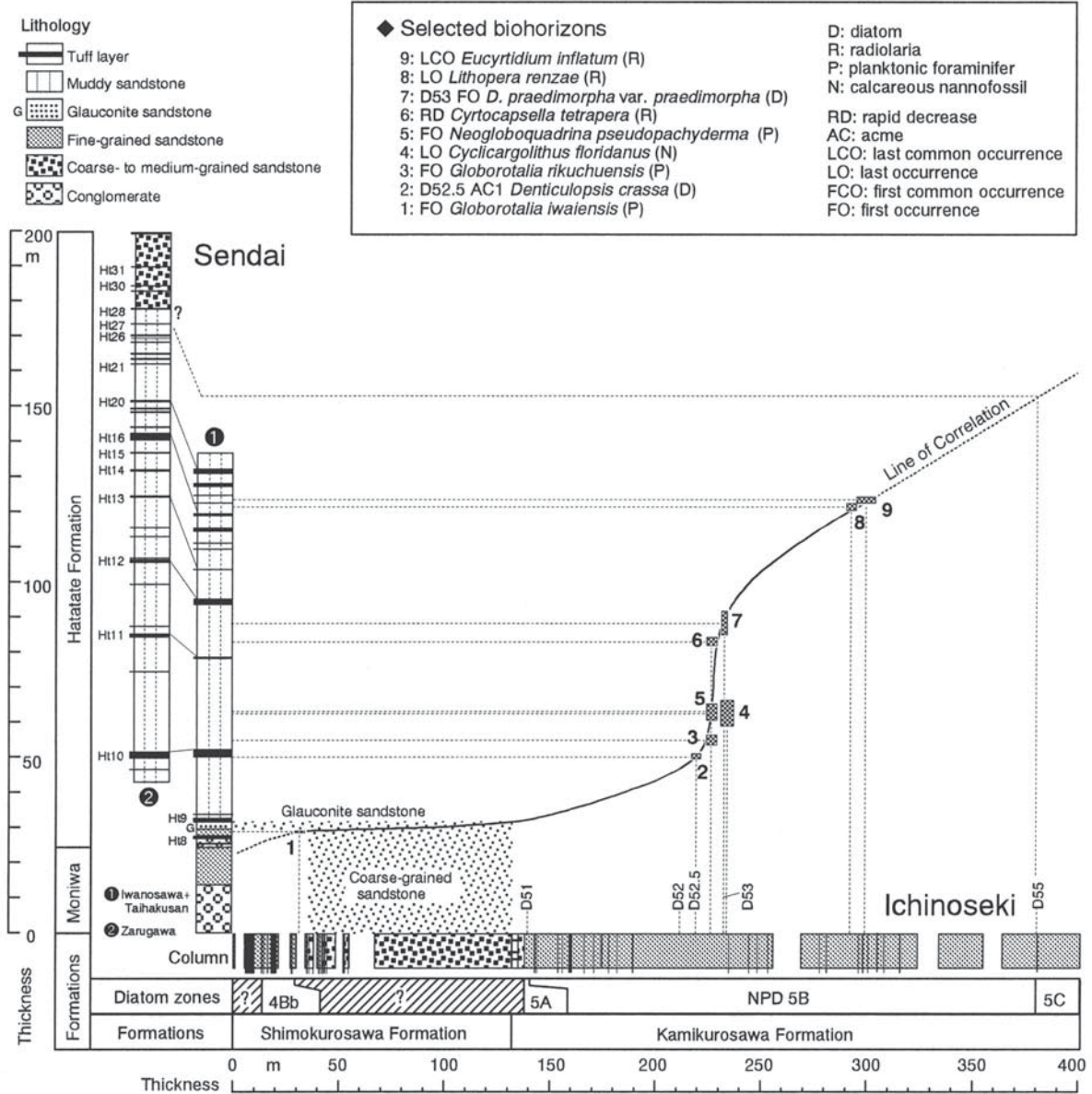
選定した生層準のうち、石灰質ナノ化石の *C. floridanus* の終産出は、その他の生層準のトレンドからは明らかにはずれている。この *C. floridanus* の終産出のずれは、柳沢 (1999d)、渡辺・高橋 (2000) および島本ほか (2001) が議論しているように、この生層準の異時性のためと考えられる。それ以外の生層準は、両地域間での順序に矛盾はなく、少なくとも一関地域と仙台市南西部間の対比に有効であると判断される。

対比線は直線的ではなく、明瞭なシグモイド状の曲線であり、対比した区間の下部では傾斜は非常に緩いが、中部では傾きは急となり、上部では再び傾斜が緩くなる。

第8図下部の対比線の傾斜が非常に緩い区間は、一関地域では下黒沢層上部の十二神砂岩部層を含む粗粒砂岩の発達する部分であり、この部分は仙台市南西部地域では旗立層最下部の海緑石砂岩層に対応する。この区間において、一関地域では層厚約100mもの粗粒砂岩が堆積し

たが、仙台市南西部地域では厚さわずか1.5mの海緑石砂岩層が堆積したに過ぎない。この海緑石砂岩層は、北陸地域の能登半島珠洲地域に分布する飯田珪藻土部層と飯塚珪藻質泥岩部層の間に発達する海緑石砂岩層 (柳沢, 1999c) に対比される (柳沢, 1999d)。珠洲地域と富山県八尾地域の中新統 (柳沢, 1999b) との対比に基づくと、珠洲地域の海緑石砂岩層は八尾地域の顕著な不整合に対比され、海緑石砂岩層の生成が、海水準の相対的な低下に関連することがわかっている (柳沢, 1999c)。今回の一関地域と仙台市南西部地域との対比においても、仙台市南西部地域の海緑石砂岩層の生成期が、一関地域での粗粒な浅海堆積物の堆積期に一致し、同様に海緑石砂岩層が海水準の相対的な低下に関連することが裏付けられた。

第8図で、対比線の傾斜が急になる区間は、*D. crassa* の第1アクメ (D52.5) から *D. praedimorpha* var. *praedimorpha* の初産出 (D53) までの区間に当たり、一関地域では上黒沢層の中部に、仙台市南西部地域では旗立層の



第8図 一関地域と仙台市南西部の中新統の対比。

Fig. 8 Correlation of the Miocene sequences between Ichinoseki and the southwestern Sendai areas.

凝灰岩Ht 10からHt 12の下位10mまでの区間に相当する。この区間においては、上黒沢層では旗立層に比べて1/4以下の堆積速度である。両地域での堆積速度を比較すると(第6図および第7図)、この区間では両地域ともに堆積速度が上下の区間に比べて減少していることがわかる。したがって、対比線の傾きが急なのは、一関地域での堆積速度の低下の方が仙台市南西部地域に比較して、より顕著であったためと考えられる。

以上述べたように、珪藻化石層序を含む高分解能の複合生層序による対比によって、一関地域と仙台市南西部地域の中新統を精密に対比し、両地域での堆積速度の詳細な変化の違いを明らかにすることができた。

5. まとめ

この論文では、岩手県一関地域の中部中新統(下黒沢層および上黒沢層)の珪藻化石分析結果の詳細を記載し、各種微化石の生層準と堆積速度について考察した。また、仙台市南西部地域の中部中新統(旗立層)との精密な対比を行い、生層準の有効性を評価した。

(1) 下黒沢層は *Denticulopsis hyalina* 帯の *Denticulopsis simonsenii* 亜帯 (NPD 4Bb) に、上黒沢層は、*Crucidentacula nicobarica* 帯 (NPD 5A)、*Denticulopsis praedimorpha* 帯 (NPD 5B) および *Thalassiosira yabei* 帯 (NPD 5C) の最下部にあたる。

(2) *D. praedimorpha*帯最下部にある*Crucidentricula nicobarica*の一時的減少は、生層準として、対比に有用である可能性がある。

(3) 仙台市南西部地域との対比では、少なくとも8つの生層準が使用可能であるが、石灰質ナノ化石の*Cyclicargolithus floridanus*の終産出には異時性が認められる。

謝辞:地球科学情報研究部門の高橋雅紀博士には原稿を読んでいただき、有益なコメントをいただいた。また、同部門の渡辺真人博士と吉川敏之編集委員には、査読を通じて原稿をよりよいものにして行く上で有益な御助言をいただいた。深くお礼申しあげる。

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.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C. III and Aubry, 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.
- 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.
- Honda, N. (1981) Upper Cenozoic calcareous nannofossil biostratigraphy of the Pacific side of Japan. Dr. dissertation, Tohoku Univ., 110p.
- Ishizaki, K. and Takayanagi, Y. (1981) 6. Sendai area. In Tsuchi, R. ed., *Neogene of Japan -- Its biostratigraphy and chronology*, IGCP-114 national working group of Japan, 53-56.
- Maruyama, T. (1984) Miocene diatom biostratigraphy of onshore sequences on the Pacific side of north-east Japan, with reference to DSDP Hole 438A (Part 2). *Sci. Rep. Tohoku Univ., Second Ser. (Geol.)*, **55**, 77-140.
- 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, **104**, 171-183.
- 尾田太良 (1986) 新第三紀微化石年代尺度の現状と問題点—中部および東北日本を中心として—. 北村 信教授記念地質学論文集, 297-312.
- 尾田太良・長谷川四郎・本田信幸・丸山俊明・船山政昭 (1983) 中新統浮遊性微化石層序の現状と問題点. 石油技誌, **48**, 71-87.
- Oda, M., Hasegawa, S., Honda, N., Maruyama, T. and Funayama, M. (1984) Integrated biostratigraphy of planktonic Foraminifera, calcareous nannofossils, radiolarians and diatoms of Middle and Upper Miocene sequences of Central and Northeast Honshu, Japan. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **46**, 53-69.
- 尾田太良・酒井豊三郎 (1977) 旗立層中・下部の微化石層位—浮遊性有孔虫・放散虫—. 藤岡一男教授退官記念論文集, 441-456.
- 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.
- Saito, T. (1963) Miocene planktonic Foraminifera from Honshu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Second Ser. (Geol.)*, **35**, 123-209.
- 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.
- 島本昌憲・太田 聡・林 広樹・佐々木理・斎藤常正 (2001) 仙台市西部に分布する中新統旗立層の浮遊性有孔虫層序. 地質雑, **107**, 258-268.
- 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*, Micropaleontology Press and American Museum of Natural History, 356-381.
- 渡辺真人 (2002) 富山県灘浦地域の中新統姿層の珪藻化石層序の再検討. 地調研報, **53**, 645-655.
- 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.

柳沢幸夫(1999a) 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(1999b) 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(1999c) 能登半島珠洲地域の中新統の珪藻化石層序. 地調月報, **50**, 167-213.

柳沢幸夫(1999d) 仙台市西部に分布する中部中新統旗立層の珪藻化石層序. 地調月報, **50**, 269-277.

Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1990) Taxonomy and

phylogeny of the three marine diatom genera, *Crucidentricula*, *Denticulopsis* and *Neodenticula*. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **41**, 197-301.

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9月30日;受理:2003年1月22日)