

宮城県仙台市北東部に分布する中新統の統合年代層序

鈴木拓馬^{1,*}・林 広樹¹・柳沢幸夫²・藤原 治³・檀原 徹⁴

Takuma Suzuki, Hiroki Hayashi, Yukio Yanagisawa, Osamu Fujiwara and Toru Danhara (2019) Integrated chronostratigraphy of the Miocene sedimentary sequence in the northeastern area of Sendai City, Miyagi Prefecture, Northeast Honshu, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 70 (1/2), p.17–41, 11 figs, 2 tables, 3 appendices, 2 plates.

Abstract: The middle to upper Miocene Shida Group is widely distributed in the northeastern Sendai area, Miyagi Prefecture, Northeast Japan. This group is divided into the Irisugaya, Bangamoriyama, Aoso and Nanakita Formations in ascending order. Among them, the Aoso Formation is mainly composed of ocean current-dominated sedimentary facies and yields abundant molluscan and marine vertebrate fossils. Therefore, this formation has been focused for paleoenvironmental, paleogeographic and paleontological studies of Northeast Japan. In this study, we established integrated biostratigraphy using planktonic foraminifera and diatom for the Shida Group in the northeastern Sendai Plain, which includes the type locality of the Aoso Formation. We also report fission track (FT) ages of two pyroclastic layers of Aoso and Nanakita Formations. Consequently, the Irisugaya Formation is correlated with the diatom zone NPD5B. The Aoso Formation is assigned to the diatom zone NPD5D and planktonic foraminiferal zone N.16–N.17A. The Nanakita Formation is correlative with zones NPD6A and NPD6B. FT ages of the uppermost part of the Aoso Formation and the lower part of the Nanakita Formation were determined at 9.3 ± 0.4 Ma and 7.6 ± 0.7 Ma, respectively. These results are concordant with each other and support previous chronostratigraphic data of adjacent areas.

Keywords: Aoso Formation, biostratigraphy, diatom, fission track age, Miocene, Miyagi Prefecture, Nanakita Formation, planktonic foraminifera, Sendai City, Shida Group

要 旨

宮城県仙台市北東部には海成中部～上部中新統志田層群が広く分布し、下位より、入菅谷層、番ヶ森山層、青麻層、七北田層に区分される。このうち青麻層は海流堆積物を主体とし、軟体動物や海生哺乳類等の化石を多産することから、東北日本の古環境・古地理の変遷や古生物地理などの研究上重要である。本研究では、青麻層の模式地を含む仙台平野中部で浮遊性有孔虫及び珪藻化石層序を再検討し、あわせて凝灰岩のフィッション・トラック(FT)年代測定を行った。入菅谷層からはNPD5B帯に相当する珪藻化石が、青麻層からはN.16帯～N.17A帯最下部に対比される浮遊性有孔虫化石及びNPD5D帯に対比される珪藻化石が、七北田層からはNPD6A帯及びNPD6B帯に相当する珪藻化石が産出した。また、青麻層

最上部の凝灰岩からは 9.3 ± 0.4 Ma、七北田層下部の凝灰岩からは 7.6 ± 0.7 MaのFT年代が得られた。これらの結果は相互に矛盾せず、また、周辺地域の中新統層序とも整合する。

1. はじめに

宮城県仙台市北東部から利府町、富谷市にかけての地域(以下、仙台市北東部地域; 第1図)には、海成中部～上部中新統の志田層群が分布し、下位から、入菅谷層、番ヶ森山層、青麻層、七北田層に区分される(北村ほか, 1983, 1986)(第2図)。このうち青麻層は、塩原・耶麻動物群に属する軟体動物化石が豊富に産出する(Nakamura, 1940; Hanzawa *et al.*, 1953; 増田, 1957; 北村ほか, 1983, 1986; Fujiwara, 1992)。また、海生哺乳類化石も数多く報告されている(例えば、甲能・高泉, 1992;

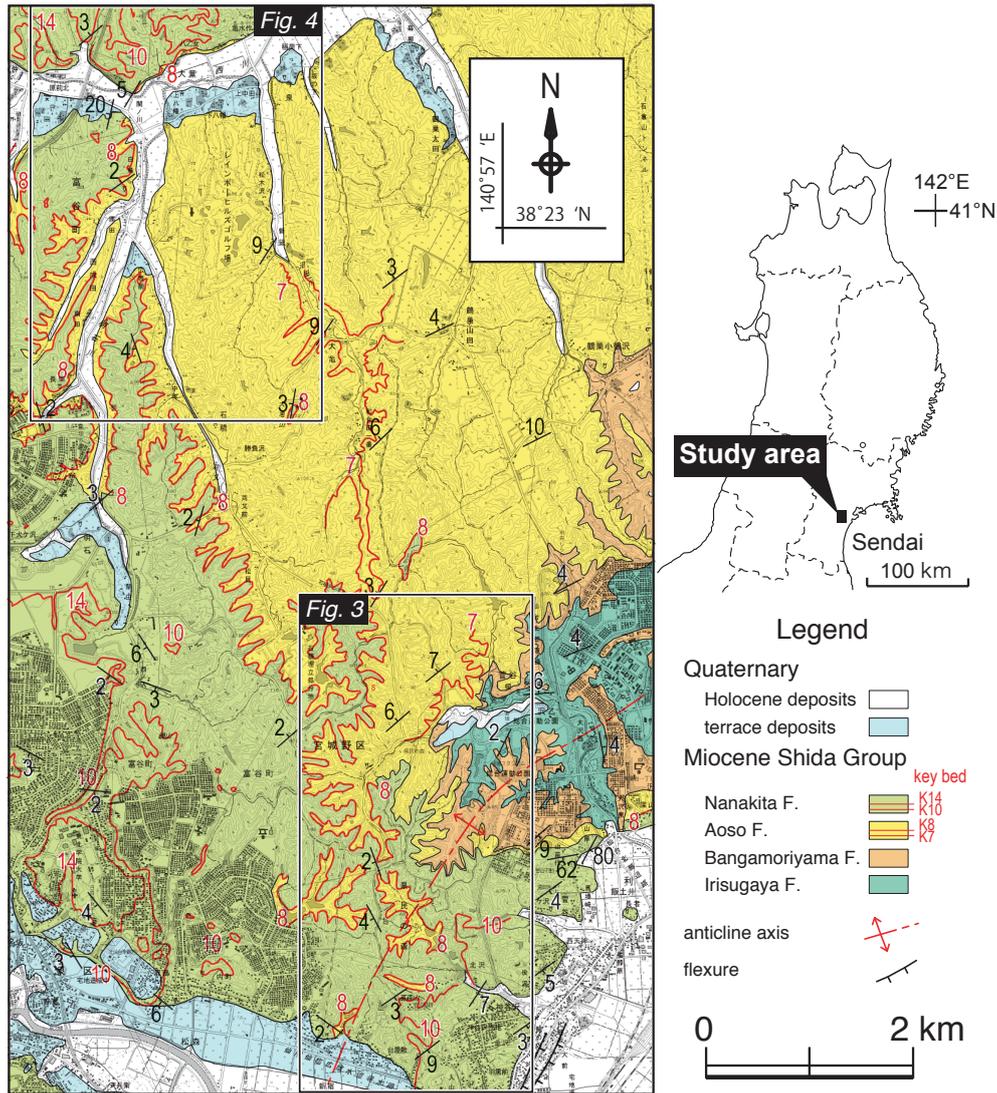
¹ 島根大学大学院総合理工学研究科(Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Shimane University, 1060, Nishikawatsucho, Matsue City, Shimane 690-8504, Japan)

² 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門(AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

³ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報基盤センター(AIST, Geological Survey of Japan, Geoinformation Service Center)

⁴ 株式会社京都フィッション・トラック(Kyoto Fission-Track Co. Ltd.)

* Corresponding author: T. Suzuki, E-mail: zaku142@gmail.com



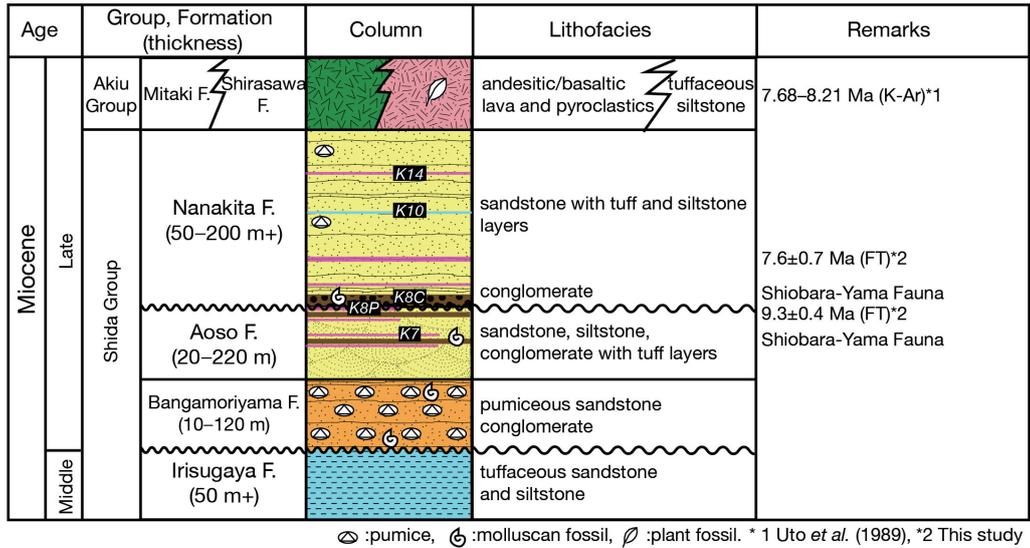
第1図 調査地域の地質図. 地質調査は北村ほか(1983, 1986)を参照しつつ, 1990~1991年に実施した. 地形図には国土地理院発行2万5千分の1地形図「富谷」「仙台東北部」を使用した.

Fig. 1 Geologic map of the study area. Geological survey in 1990–1991 referencing Kitamura *et al.* (1983, 1986). Geographic maps “Tomiya” and “Northeastern Sendai” (1:25,000 in scale) published by Geospatial Information Authority of Japan are used.

浅野, 1996; 甲能ほか, 1997). さらに, 青麻層からは熱帯から亜熱帯の水塊に特徴的な浮遊性有孔虫が産出し, Barron and Baldauf (1990) が報告した後期中新世の温暖期 Climatic Optimum 3 に対比されている (Saito and Isawa, 1995). 一方, 青麻層や番ヶ森山層には, 最大セット高6 mに達する大規模斜交層理を特徴とする海流堆積物が発達し, 斜交層理の示す古流向と産出する暖流系の浮遊性有孔虫から, 当時この地域は, 現在の北上山地と阿武隈山地の位置にあった島嶼に挟まれた海峡部に位置し, 太平洋側から暖流の分岐が西に向かって流れ込んでいたと推定されている (吉田・立石, 2003). このように, 青麻層は古生物学, 堆積学, 古海洋学などさまざまな分野か

ら見ても非常に重要な地層である. しかし, 青麻層の堆積年代に関しては, 以下で述べるような深刻な矛盾があり, 研究を進める上で障害になっていた.

青麻層からは, Blow (1969) の浮遊性有孔虫化石帯の N.17 帯の上部, または Berggren *et al.* (1995) の浮遊性有孔虫化石帯の N.17B 亜帯に相当する浮遊性有孔虫化石が報告されている (北村ほか, 1983; Saito and Isawa, 1995; Fujiwara, 1992). 最新の年代尺度 (Geologic Time Scale 2012; Hilgen *et al.*, 2012) に基づくと, この年代区間は約 6.6–5.6 Ma に相当する. 一方, 青麻層が分布する仙台市北東部の周辺地域にも中新統は広く分布し, それらは地理的分布や岩相の類似, 化石記録, 鍵層などに基づい



第2図 調査地域に分布する中新統の模式柱状図。
Fig. 2 Schematic geologic column of the Miocene sequence in the study area.

て対比されている。しかし、それら青麻層相当層が示す年代と、青麻層の年代との間には大きなずれがあった。

まず、東側に隣接する松島地域に分布する青麻層・七北田層相当層からは、それぞれ約10–9 Maと9–8 Maの年代を示す珪藻化石が産出している(秋葉ほか, 1982; 石井ほか, 1982; 柳沢・秋葉, 1999)。しかし、これらの珪藻年代は青麻層の浮遊性有孔虫年代より最大で300万年以上も古い。

一方、西隣の仙台市南西部地域にも、志田層群に対比される海成の名取層群上部と、その上位の陸成火山噴出物を主とする秋保層群が分布している(北村ほか, 1986)。このうち、名取層群上部の綱木層は、青麻層と七北田層に対比され(北村ほか, 1986)、多数のフィッシュン・トラック(FT)年代により、およそ10–8.3 Maに堆積したことが明らかになっている(Fujiwara *et al.*, 2008)。さらに、綱木層の上位の秋保層群のK-Ar年代も8 Ma前後の年代を示す(宇都ほか, 1989; 今田・植田, 1980)。このように、仙台市南西部に分布する青麻層相当層の年代も、青麻層の浮遊性有孔虫年代より200万年以上古く推定されており、岩相に基づく上部中新統の対比とその堆積年代の間には大きな矛盾があった。

以上のように、青麻層の浮遊性有孔虫年代は、周辺地域に分布する青麻層相当層の微化石年代や放射年代とは、全く一致していなかった。こうした年代不一致の原因の一つとして、北西太平洋地域では上部中新統の微化石層序が十分に確立していないことが可能性として挙げられる。生層準は生物の進化的イベントを対比に用いているため、必然的に生物地理学的もしくは進化的要因に伴う適用限界や異時性を伴う。したがって、地層の正確な年代決定のためには、可能であれば複数の微化石分類群の

生層準を相互に比較し、各生層準の信頼性や適用限界を慎重に吟味することが望ましい。しかし、日本の上部中新統では石灰質微化石と珪質微化石が同一層序で共産することが少ないため、こうした検討はほとんどされてこなかった。

そこで本研究では、仙台市北東部地域の上部中新統の年代層序の矛盾を解決することと、北西太平洋地域での石灰質・珪質微化石層序の直接対比を目的として、浮遊性有孔虫化石層序の再検討と、珪藻化石層序の検討を行った。また、あわせて、微化石年代と放射年代との対応関係を確実にすることを目指して、青麻層及び七北田層で凝灰岩層のFT年代の測定を行った。その結果、矛盾の主な原因は、従来の青麻層の浮遊性有孔虫年代にあることがわかり、一部問題点は残ったものの、年代層序の不一致をほぼ解消することができた。また、浮遊性有孔虫層序、珪藻化石層序及び放射年代を直接対比し、仙台市北東部地域の上部中新統と周辺地域の上部中新統との対応関係もほぼ確定することができた。

2. 地質概説

本研究における層序区分は原則として北村ほか(1986)に従った。本研究地域及びその周辺には、下位から中新統志田層群の入菅谷層、番ヶ森山層、青麻層、七北田層が分布する(第1図, 第2図)。志田層群はトリアス系の利府層を不整合に覆っている(北村ほか, 1986)。

入菅谷層は主に凝灰質砂岩と凝灰質シルト岩の互層からなる。砂岩は細粒～粗粒で、粗粒部では斜交層理を示す。層厚は約50 m以上である。本層は調査地域東部に存在する北東–南西方向の背斜の軸部に分布する。吉田・

立石(2003)は、志田層群の堆積相解析を行い、入菅谷層が波浪卓越型の内側陸棚システムで堆積したことを明らかにした。

番ヶ森山層は入菅谷層を不整合に覆うスコリア・軽石質砂岩で、数mmから数10mmの円から垂円礫を含み、一部で礫岩が発達する。最大セット高6mに達する大規模な斜交層理が発達する。層厚は調査地域の東方の入菅谷付近で最大約120mにも達するが、調査地域内では薄くなり10m程度である。本層は調査地域東部の北東-南西方向の背斜の両翼部で下位の入菅谷層をとりまくように分布する。本層は高いエネルギー領域の海流卓越型陸棚システム下で堆積したと推定される(吉田・立石, 2003)。

青麻層は斜交層理の発達する固結度が低く淘汰の良い石英質の細～中粒砂層を主体とする。調査地域周辺では基底に礫層を伴うことがあり、番ヶ森山層を削り込んで覆っていると思われる。層厚は富谷丘陵南東部で厚く150～220mに達するが、北東及び南方へ薄くなり、最小では約20mである(北村ほか, 1983, 1986)。調査地域周辺は、層厚が比較的薄い地域にあたり、約70mである。本層は七北田川の北の富谷丘陵に広く分布し(例えば、北村ほか, 1983, 1986)、北西へ5°程度緩く傾斜する。青麻層は高いエネルギー領域の海流卓越型陸棚システム下で堆積したと推定される(吉田・立石, 2003)。

青麻層は鍵層となる細粒凝灰岩層や軽石凝灰岩層を何層か挟むが、同層の下部に挟まる鍵層K7(北村ほか, 1983)は、斜交層理や平行葉理が発達した最大層厚8m以上に達する細粒凝灰岩層で、よく追跡できる。鍵層K7より下位の青麻層は、細礫をまばらに含む中～粗粒砂層を主とする。鍵層K7のすぐ上位の層厚数mの区間には石灰質ノジュールを多く含み、貝殻の残った貝化石破片が観察される。鍵層K7から青麻層最上部へ向けて全体として粗粒化し、細粒砂層から細礫を疎らに含む中～粗粒砂層を経て細礫質の粗粒砂層へと変化する。その上に鍵層K8(増田, 1957; 北村ほか, 1983)が重なる。

鍵層K8は、中礫や砂を含む軽石凝灰岩(最大層厚約8m; 本研究では鍵層K8Pと呼ぶ)と、それを覆う垂円中礫岩(層厚1m前後、最大約3m; 本研究では鍵層K8Cと呼ぶ)のセットからなる。この中礫岩は多重級化構造を持つことがある。また、鍵層K8は全体に貝化石を多く含む。

七北田層は、主に凝灰質砂岩、軽石凝灰岩、火山礫凝灰岩、シルト岩の互層からなる地層で、下位の青麻層を不整合に覆う。本研究では多くの先行研究(Hanzawa *et al.*, 1953; 増田, 1957; 北村ほか, 1986)に従い、鍵層K8Cの基底を本層の下限とする。したがって、鍵層K8Pの上限までが青麻層、鍵層K8Cの礫岩の基底から上位が七北田層となる。この境界は大局的に見て、大型の斜交層理の発達する淘汰の良い砂層を主体とする青麻層から、相対的に細粒で凝灰質な物質からなり、斜交層理の発達

に乏しい七北田層へ層相が急変する境界に一致する。なお、北村ほか(1983)では後述の鍵層K10の下位の礫岩の基底で本層の下限を定義した。これは鍵層K8Cが確認できなかったり、あるいは青麻層の模式地周辺のように鍵層K8Cによる侵食で下位の鍵層K8Pを欠いたりする(増田, 1957; 北村ほか, 1986)ことがあり、その場合は両層の識別がしばしば困難になることによる。本研究では青麻層の模式地である県民の森から利府町入菅谷に至る道路沿いにおいて青麻層を追跡し、青麻層最上部を覆う七北田層最下部の鍵層K8Cを改めて確認した。

七北田層は層厚が最大で200mに達し(北村ほか, 1986)、場所によって層厚や層相の変化が大きい。調査地周辺の七北田層は比較的粗粒で、砂層や礫層を含む。一方、北方の吉田川の北岸の丘陵に分布する大松沢層は、鍵層の追跡から七北田層に対比されるが、全体により凝灰質で細粒である(北村ほか, 1983; 石井ほか, 1982)。本層は調査地域西部にあたる七北田川の南北両側の富谷丘陵と七北田丘陵に分布する(北村ほか, 1983, 1986)。吉田・立石(2003)によれば、七北田層の堆積システムは重力流卓越型陸棚システムである。

七北田層には何枚かの鍵層が認められる。中でも層厚数十cmから1mの2枚の黒色のシルト岩のセットからなる鍵層K10は、本層下部で良く目立つ。これは詳しく見ると黒色のシルト岩、火山礫凝灰岩、生痕化石が密集するシルト質砂岩の互層(全体として層厚2m程度)である。

北村ほか(1986)は、鍵層K10を境界として七北田層を下部と上部に分けている。このうち、七北田層下部(層厚90m)は鍵層K8Cの直上が最も細粒(細粒砂層)で、そこから上方粗粒化して中礫岩が重なるが、鍵層K10の直下数mでは再び細粒化し生痕化石を含む泥質細～中粒砂岩層となる。一方、七北田層上部(層厚45m)はシルト岩、細粒砂岩、火山礫凝灰岩、軽石凝灰岩の互層からなり、鍵層K10の約18m上位に層厚10～20cmで淡桃色の細粒凝灰岩層(鍵層K14)を挟む(北村ほか, 1983, 1986)。

志田層群内の各層の関係は、入菅谷層と番ヶ森山層が不整合関係、番ヶ森山層と青麻層が整合関係である(北村ほか, 1983, 1986)。青麻層と七北田層の関係については従来整合関係とされてきた(北村ほか, 1983, 1986)。しかし、吉田・立石(2003)は、東隣の松島地域における志田層群の珪藻化石層序(柳沢・秋葉, 1999)の結果に基づき、青麻層と七北田層は不整合であると考えている。先述のように青麻層最上部の鍵層K8Pが七北田層によって局所的に削剥されていること(北村ほか, 1986)、また、後述の微化石年代やFT年代によって両層の間に時間間隙が推定されることから、本研究でも両層は不整合関係と考える。

3. 材料及び方法

3.1 層序セクション

本研究では、青麻^{しんぷくろ}、新袋^{きみづくり}、中町、亀水作及び高森山の5つの層序セクションを設定して試料を採取した(第3図及び第4図)。青麻セクション(第3図)は、仙台市宮城野区菅谷から青麻神社を経て県民の森に至るルートにおいて、A1からA6までの個別セクションを複合させた層序セクションであり、入菅谷層、番ヶ森山層、青麻層及び七北田層下部を含む(第5図及び第6図)。新袋セクション(第4図)は、富谷市新袋南方の道路沿いの大露頭で、鍵層K7を含む青麻層の下部を含む(第7図)。中町セクション(第4図)は、富谷市石積中町の北東の大露頭で、青麻層最上部の砂岩と鍵層K8Pの下部が露出している(第7図)。亀水作セクション(第4図)は、富谷市亀水作の西方の沢沿いのルートで、青麻層最上部から七北田層下部を含む(第8図)。高森山セクション(第3図)は仙台市高森山南方の道路沿いのセクションで、七北田層上部をカバーする(第9図)。

3.2 浮遊性有孔虫

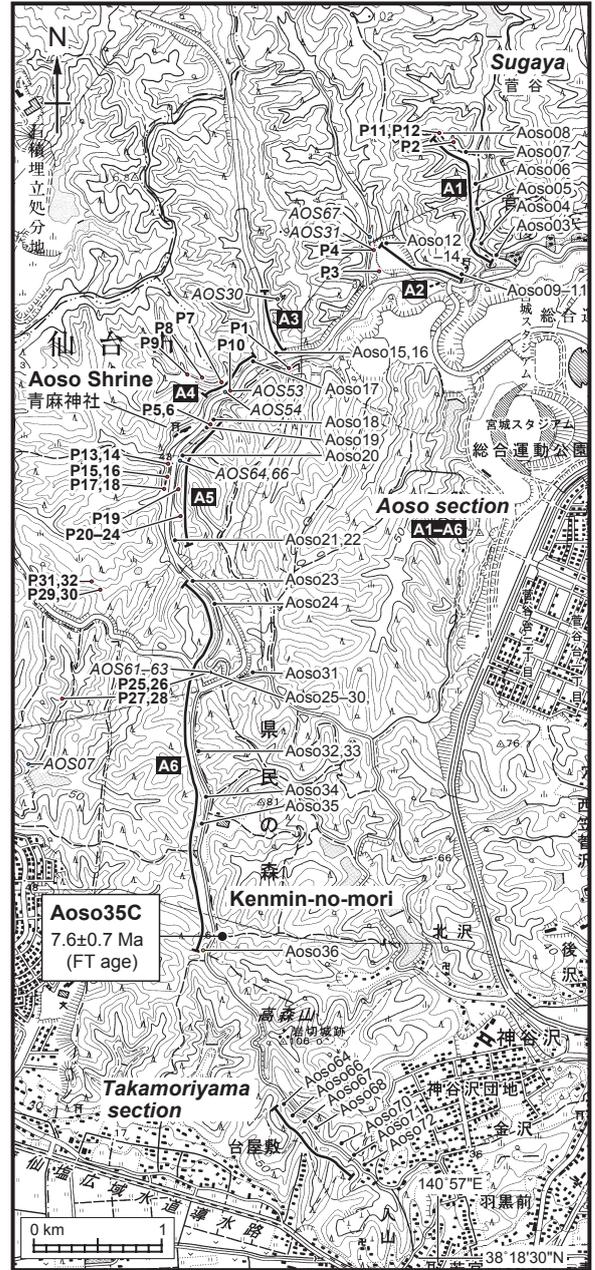
有孔虫試料は青麻層の模式地周辺の青麻セクションにおいて、沢底や沢沿い及び最近崩壊したとみられる新鮮な斜面崩壊露頭を選んで採取した(第3図)。まず露頭面をよく観察し、比較的細粒な粒子で構成されていること、貝化石が付近にみられること、近くに石灰質ノジュールが含まれていることに留意し、石灰質微化石が良好に保存されているとみられる層準について、ツルハシやハンマーを用いて約30 cm程度掘り下げ、約1 kg程度の岩塊で計32試料(P1-P32)を採取した。本研究における試料採取層準を複合柱状図上に示した(第5図)。

採取した岩石試料は乾燥重量を160 gあるいは80 gに調整した。調整後の試料は硫酸ナトリウム法及びナフサ法を併用して処理した(山崎・堂満, 2013)。ほぼすべての試料が、硫酸ナトリウム法、ナフサ法をそれぞれ1度行うのみで泥化した。

構成粒子まで分解処理した水洗残渣は簡易分割器を用いて分割し、双眼実体顕微鏡下で有孔虫の有無を確認した。有孔虫の認められた試料について1試料あたり200個体を目標に個体の抽出を行った。その際に115メッシュ(開口125 μm)の篩を用いて、125 μm以上のものを抽出した。底生有孔虫については個体数のみを計数した。

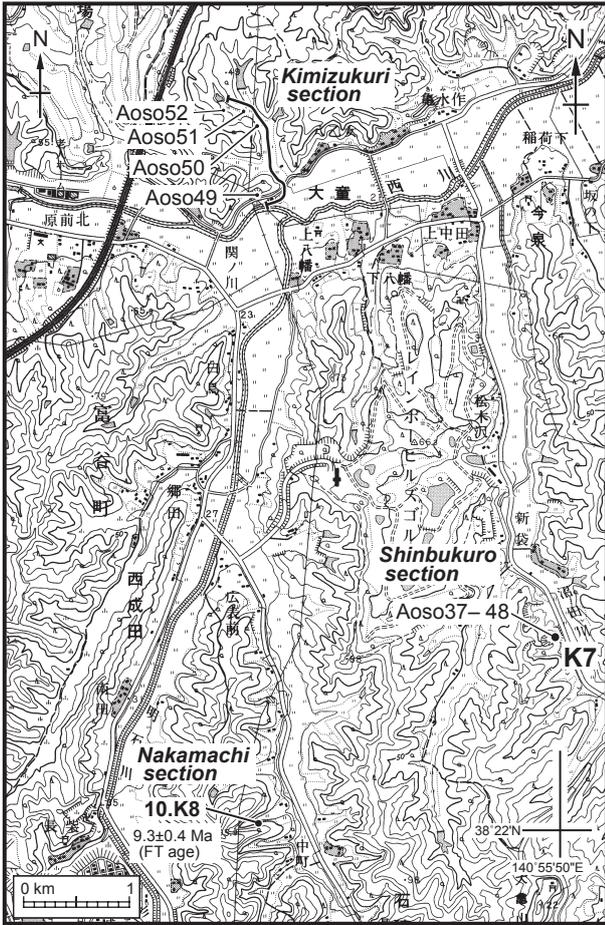
3.3 珪藻化石

珪藻化石の分析は、青麻、新袋、亀水作及び高森山の4セクションで行った。青麻セクション(第3図)では、34試料(Aoso03-36)を採取した。新袋セクション(第4図)では、青麻層の鍵層K7付近から12試料(Aoso37-48)を採取した。亀水作セクション(第4図)では4試料(Aoso



第3図 青麻及び高森山セクションにおける珪藻試料(Aoso03-36, Aoso64-72)と有孔虫試料(P1-32)、フィッション・トラック年代測定試料(Aoso35C)の採取位置図。Saito and Isawa (1995)によって浮遊性有孔虫化石が報告された10試料(AOS-30-66)を併せて示した。国土地理院発行2万5千分の1地形図「富谷」及び「仙台市北東部」を使用。

Fig. 3 Map showing sampling locations of diatom samples (Aoso03-36, Aoso64-72), planktonic foraminiferal samples (P1-32) and a tuff sample for fission track dating (Aoso35C) in the Aoso and Takamoriyama sections. Samples reported by Saito and Isawa (1995) for their planktonic foraminiferal analysis (total 10 samples; AOS30-66) are also indicated. Geographic maps “Tomiya” and “Northeastern Sendai” (1:25,000 in scale) published by Geospatial Information Authority of Japan are used.



第4図 新袋及び亀水作セクションにおける珪藻試料 (Aoso37-48, Aoso49-52) と中町セクションにおけるフィッション・トラック年代測定試料 (10.K8) の採取位置図。国土地理院発行2万5千分の1地形図「富谷」を使用。

Fig. 4 Map showing sampling locations of diatom samples (Aoso37-48, Aoso49-52) in the Shinbukuro and Kimizukuri sections and a tuff sample for fission track dating (10.K8) in the Nakamachi section. Geographic map "Tomiya" (1:25,000 in scale) published by Geospatial Information Authority of Japan are used.

49-52) を分析した。南東部の高森山セクション (第3図) では7試料 (Aoso 64, 66-68, 70-72) を採取した。各セクションの試料採取層準を第6図から第9図に示した。なお、極粗粒～粗粒の砂岩が主体の層準では、試料は斜交層理砂岩の間に挟在するマッドレイプ、泥質細粒凝灰岩及び泥質の生痕化石など、可能な限り細粒部を選んで採取した。

試料の処理は、Akiba (1986) のunprocessed strewn slideの方法で行った。乾燥試料は新聞紙でくるみ、ハンマーで砕いた後、約1 gを100 mlピーカーに入れ、試料が浸る程度に純水を注ぎ入れ、一昼夜放置する。この過程で試料はほとんど泥化する。次にピーカーに純水を加えて

約100 mlの懸濁液とし、約20秒間放置して粗粒物が底に沈むのを待ち、上澄みの懸濁液からマイクロピペットで0.5 ml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ホットプレートで温めたスライドガラスに貼付する。

珪藻殻の計数は、生物顕微鏡600倍の倍率下で行った。Chaetoceros属の休眠胞子を除いて、観察されたすべての種の蓋殻が100になるまで計数し、その後、さらにカバーガラスの幅5 mmの範囲を走査して、その過程で新たに認められた種、及び破片としてのみ認められた種はpresent (+) として記録した。なお、化石帯が決定できない場合は、さらにスライドを全面走査するか、スライドを追加作成して走査した。休眠胞子については、上記100蓋殻計数時に認められた総数を別途記録した。

珪藻の保存状態 (preservation) は、殻の破損・溶解の程度と頑丈な殻を持つ珪藻の頻度を基に、G (good), M (moderate), P (poor) の3段階に分けた。産出量 (abundance) は100蓋殻に至るまでの走査線の数により、A (abundant) = 走査線1未満, C (common) = 走査線1以上3未満, R (rare) = 走査線3以上と区分した。

珪藻化石帯区分はAkiba (1986) とYanagisawa and Akiba (1998) の新第三紀北太平洋珪藻化石帯区分を適用し、化石帯はNPDコード、生層準はDコード (D10-120) を用いた。年代はWatanabe and Yanagisawa (2005) を用いて修正し、Hilgen *et al.* (2012) の地磁気極性年代尺度に合わせて調整した。なお、この報告では記述を簡略化するために、コード番号のついた生層準を基準として、暫定的に各化石帯を細分した「区間」(interval) を非公式に導入して使用する。本論文で関係する化石帯では、NPD5B帯が区間5B₁-5B₄, NPD5D帯が区間5D₁-5D₄, NPD6B帯が区間6B₁-6B₃にそれぞれ細分される。

3.4 フィッション・トラック年代

本研究では凝灰岩2試料のFT年代を測定した。1つは青麻層／七北田層境界直下に位置する鍵層K8Pの軽石凝灰岩 (試料10.K8) で、最も厚く堆積している富谷市石積の中町セクション (第4図) で採取した。もうひとつは、七北田層下部の酸性粗粒凝灰岩 (試料Aoso35C) で、青麻セクションの県民の森付近の露頭 (第3図) で、凝灰岩層最上部の軽石濃集部分から直径10 cm程度の発泡のよい軽石片を採取した。両試料の採取層準は第5図及び第7図にそれぞれ示した。

FT年代は、各凝灰岩試料から抽出したジルコン粒子について、ゼータ較正法 (Hurford, 1990a, b) による外部ディテクター法 (ED2 method: Danhara *et al.*, 1991) によって測定し、熱中性子照射は、10.K8試料においては

仙台市北東部に分布する中新統の統合年代層序 (鈴木ほか)

第1表 青麻セクションから産出した浮遊性有孔虫化石.

Table 1 Occurrence chart of planktonic foraminifera in the Aoso section.

	P2	P6	P8	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P28
<i>Catapsydrax pervulus</i> Bolli, Loeblich et Tappen				1	1					6	
<i>Dentoglobigerina altisprina altisprina</i> (Cushman et Jarvis)					2	1				1	
<i>Dentoglobigerina altisprina globosa</i> (Bolli)	1					1			1		
<i>Dentoglobigerina baroemoensis</i> (LeRoy)	3										
<i>Dentoglobigerina</i> sp.							1				
<i>Globigerina angustumbilicata</i> Bolli	11	2	2	6	4	4	12		1	1	
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny	73	63	66	30	52	80	56	132	105	85	1
<i>Globigerina falconensis</i> Blow	23	13	7	8	14	18	17	12	11	19	
<i>Globigerina pseudociperoensis</i> Blow	3					1	3			4	
<i>Globigerinella obesa</i> (Bolli)			1			2		2		1	
<i>Globigerinita glutinata</i> (Egger)	9	1	7	4	5	9	2	4	7	6	1
<i>Globigerinita uvula</i> (Ehrenberg)									1		
<i>Globigerinoides bollii</i> (Blow)	5	10	4	2	2	2	6		2	14	
<i>Globigerinoides immaturus</i> LeRoy	5	14	3	7	3	10	2		6	4	
<i>Globigerinoides quadrilobatus</i> (d'Orbigny)	6	2	4	15	11	1			4	7	
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)					1	1		2	1	2	
<i>Globigerinoides trilobus</i> (Reuss)	2	4	3	1	1	2	1	1	1	2	
<i>Globoconella miozea</i> (Finlay)		1									
<i>Globoconella conoidea</i> (Walters)			1								
<i>Globoquadrina dehiscens</i> (Chapman, Parr et Collins)	3	4			1	3	2		2	2	
<i>Globorotalia lenguaensis</i> Bolli		1		3							
<i>Globorotalia</i> cf. <i>mayeri</i> Cushman et Ellisor sinistral							3				
<i>Globorotalia merotumida</i> Blow et Banner	2				1					3	
<i>Globorotalia</i> cf. <i>merotumida</i> Blow et Banner					1					1	
<i>Globorotalia paralenguaensis</i> Blow			2								
<i>Globorotaloides falconarae</i> Giannelli et Salvatorini		2	1	6	5		2	7		3	
<i>Globoturborotalita decoraperta</i> (Takayanagi et Saito)	1	1	1		1	4		4	3	4	
<i>Globoturborotalita nepenthes</i> (Todd)	2	2	1	2	1	3		2	2	2	
<i>Globoturborotalita obliquus</i> (Bolli)	9	23	8	18	20	8	4	4	3	13	
<i>Globoturborotalita woodi</i> (Jenkins)	4	11	11	1		17	20	8	27	27	
<i>Hirsutella scitula</i> (Brady)					1						
<i>Menardella cultrata</i> (d'Orbigny)	2	2	2	1	1		1	2			
<i>Menardella praemenardii</i> (Cushman et Stainforth)	2	6	1	1		2	2			2	
<i>Neogloboquadrina acostaensis</i> (Blow) dextral	1		1		1	1					
<i>Neogloboquadrina acostaensis</i> (Blow) sinistral		2	4	2	6	2	3	1		2	
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i> (Ehrenberg) dextral	12	2	2	5	10	6	5	3	1	2	
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i> (Ehrenberg) sinistral	6	13	38	10	17	22	25	25	5	26	
<i>Neogloboquadrina praeatlantica</i> Foresi, Iaccarino et Salvatorini dextral	11	8	2	9	3	6	3	3	3	5	
<i>Neogloboquadrina praeatlantica</i> Foresi, Iaccarino et Salvatorini sinistral	20	17	43	22	11	28	15	121	33	62	
<i>Neogloboquadrina praeumerosa</i> (Natori) dextral				2	3					1	
<i>Neogloboquadrina praeumerosa</i> (Natori) sinistral	4	5	3		12	6	1	1		2	
<i>Orbulina suturalis</i> Brönnimann	1	1	2			4			1		
<i>Orbulina universona</i> d'Orbigny	1		1								
<i>Sphaeroidenellopsis seminulina</i> (Schwager)	1	2	1		1	1				1	
<i>Sphaeroidenellopsis subdehiscens</i> (Blow)		3	2	6	1	2					
Total number of identified planktonic foraminiferal specimens	223	215	224	162	193	247	186	334	220	310	2
Unidentified specimens of planktonic foraminifera	11	21	41	19	46	5	30	22	18	8	0
Total number of planktonic foraminiferal specimens	234	236	265	181	239	252	216	356	238	318	2
Total number of benthic foraminiferal specimens	316	853	848	435	504	441	310	241	472	325	8
Planktonic foraminiferal number / 1 g dry weight	11.7	33.2	37.2	13	15.9	52.1	172.8	339.1	46.7	131.6	1.6
Benthic foraminiferal number / 1 g dry weight	31.6	120.1	119.2	43.5	50.4	92.3	248	229.6	93	137.5	6.6
Planktonic / Total foraminiferal ratio (%)	27.0	21.7	23.8	23.0	24.0	36.4	41.1	59.6	33.5	49.5	20
Preservation (Very Good, Good, Moderate, Poor, Very Poor)	P	M	M	M	M	M	M	M	P	M	P

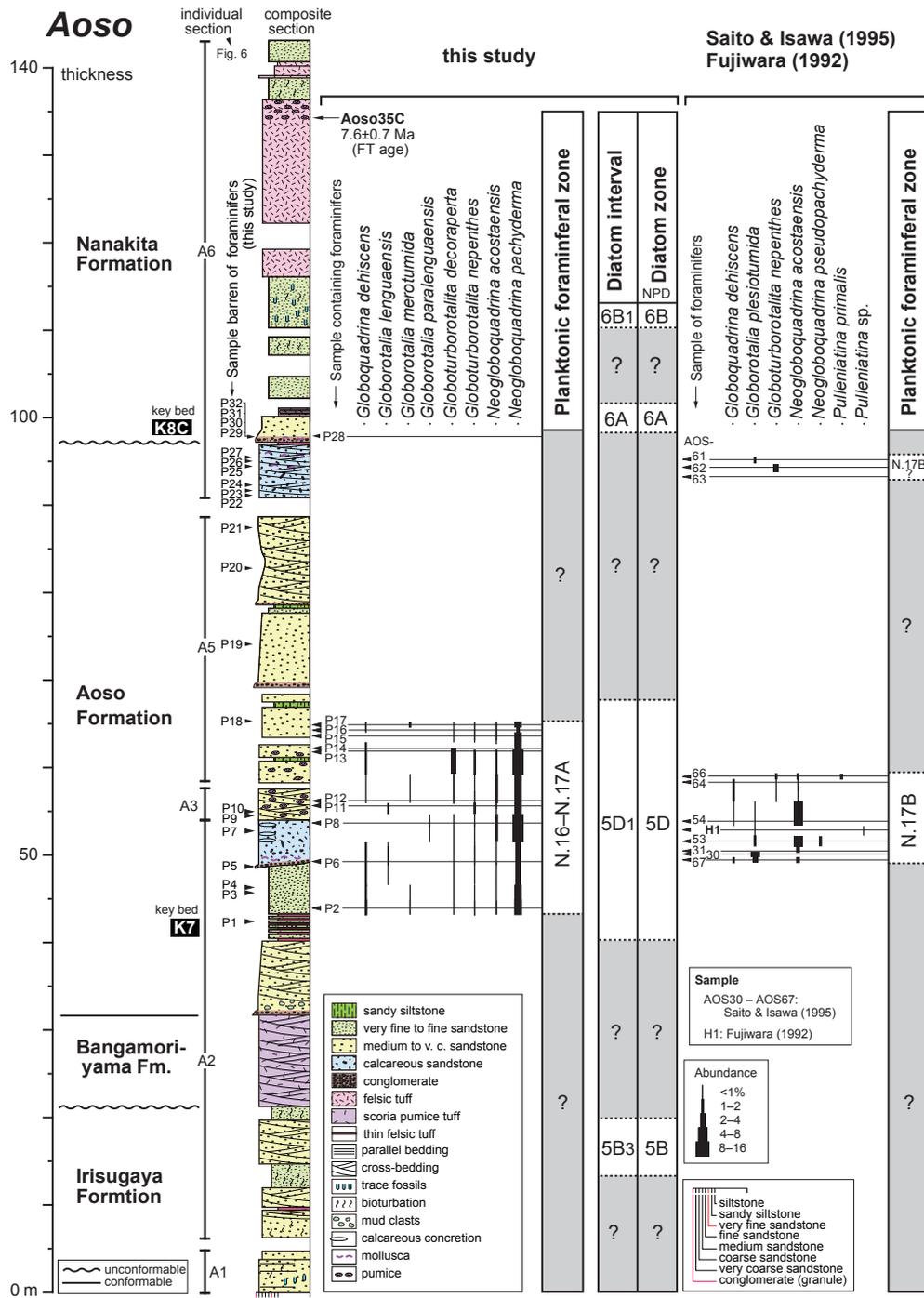
日本原子力研究所JRR4気送管(Danhara *et al.*, 2003)で、Aoso35C試料は立教大学原子力研究所回転試料棚RSR No.1 (Danhara *et al.*, 1991)で行われた。測定条件等は第2表の脚注に示したが、詳細はDanhara *et al.* (2003)に述べられている。

4. 年代層序

4.1 浮遊性有孔虫化石層序

青麻層から採取した計32試料(P1-P32)のうち、11試料から15属40種が産出した(第1表, 第5図)。なお、第

5図では、有孔虫が産出した試料の層準は柱状図の右に、産出なかった試料の層準は柱状図の左に分けて示した。岩石乾燥重量1g中に含まれる浮遊性有孔虫数は平均77.7, 最大339.1(試料P15), 最小11.7(試料P2)であった。岩石乾燥重量1g中に含まれる底生有孔虫数は平均116.5, 最大248(試料P14)であった。浮遊性有孔虫の全有孔虫に対する比率(P/T比)は平均34.0, 最大59.6(試料P15)であった。全試料を通じて最も多く産出する種は*Globigerina bulloides* d'Orbignyであった(27.4%)。次いで*Neogloboquadrina praeatlantica* Foresi, Iaccarino et Salvatoriniの左巻き個体, *Neogloboquadrina pachyderma*



第5図 青麻セクションの浮遊性有孔虫化石層序。珪藻化石帯とフィッション・トラック年代測定試料(Aoso35C)の採取層準も合わせて示す。試料採取位置は第3図に、浮遊性有孔虫分析結果は第1表に、フィッション・トラックの年代測定結果は第2表に示す。浮遊性有孔虫化石帯はBlow (1969)、珪藻化石帯と珪藻生層準はAkiba (1986)、Yanagisawa and Akiba (1998)及びWatanabe and Yanagisawa (2005)、珪藻区間は本研究による。

Fig. 5 Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Aoso section, with diatom zones and the horizon of the tuff sample for fission-track dating (Aoso35C). Sample locations, the occurrence of planktonic foraminifera in this section and the result of the fission-track dating are shown in Fig. 3, Table 1 and Table 2, respectively. Planktonic foraminiferal zones: Blow (1969). Diatom zones: Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998), and Watanabe and Yanagisawa (2005). Diatom interval: this study.

(Ehrenberg)の左巻き個体が産出した。これらの多産する種は温帯から冷温帯に分布中心を持つ。なお、熱帯から亜熱帯表層の指標種とされる*Globigerinoides*属及び*Orbulina*属も平均16.4%と試料全体を通じて産出が見られた。

年代指標種としては、*Globoquadrina dehiscens*が試料P2, P6, p12, P13, P14, P16, P17で認められた。*Globorotalia languensis* Bolliが試料P6及びP11で産出した。*Globoturbotalita decoraperta* (Takayanagi et Saito)は試料P2, P6, P8, P12, P13, P15, P16, P17から、*Globoturbotalita nepenthes* (Todd)は試料P2, P6, P8, P11, P12, P13, P15, P16, P17に含まれていた。一方、*Neogloboquadrina acostaensis* (Blow)は試料P2, P6, P8, P11, P12, P13, P14, P15, P17から産出した。*N. pachyderma*は、P28を除く浮遊性有孔虫が検出された全試料で認められた。これら浮遊性有孔虫年代指標種の層位分布を第5図に、電子顕微鏡写真を図版1に示した。

これらの年代指標種のうち、*N. acostaensis*の初産出はBlow (1969)の浮遊性有孔虫化石帯N.16帯の下限を定義する。最新の年代尺度に基づくと、この初産出には温帯地域で10.57 Maの天文軌道要素校正年代が与えられている(Hilgen *et al.*, 2012)。また、福島県棚倉地域では、この生層準に対し凝灰岩層のK-Ar放射年代測定によって10.6 Maの年代制約が与えられている(Hayashi and Takahashi, 2008)。従って、本研究地域を含む北西太平洋地域でもこの生層準に10.57 Maの天文軌道要素年代を適用することは妥当と考えられ、今回浮遊性有孔虫を検出した区間はそれより上位に相当するものと考えられる。また、200個体以上の浮遊性有孔虫化石を産出した全試料から*N. pachyderma*が産出した。Berggren (1992)はインド洋南部の深海掘削計画(ODP) Site 748及びSite 751で本種の初産出を古地磁気極性C4Ar.1n.5に対応させ、彼の(亜)南極地域の浮遊性有孔虫化石帯AN7帯の基底を定義した。この生層準は最新の年代尺度で天文軌道要素と関連づけられ、9.37 Maの年代値が与えられている(Hilgen *et al.*, 2012)。しかし、本種は両極性分布を示すため、Berggren (1992)が検討した南インド洋と日本周辺のような北半球中緯度地域とは生物地理学的な分布が連続しないと考えられるため、この年代値をそのまま適用することについては慎重にならざるを得ない。ただし、Kennett and Srinivasan (1983)は本種の生存区間をBlow (1969)のN.16帯以降としており、また、栃木県烏山地域や宇都宮地域ではN.16帯に相当する層準から本種の産出が認められるため(林・高橋, 2004; 林ほか, 2008)、本種の初産出をN.16帯と見なすことは日本付近においても概ね妥当と判断される。

試料P6, P11においては、*G. languensis*も産出している。この種の終産出はBerggren *et al.* (1995)のインド・太平洋地域の浮遊性有孔虫化石帯M14帯の下限を定義し、

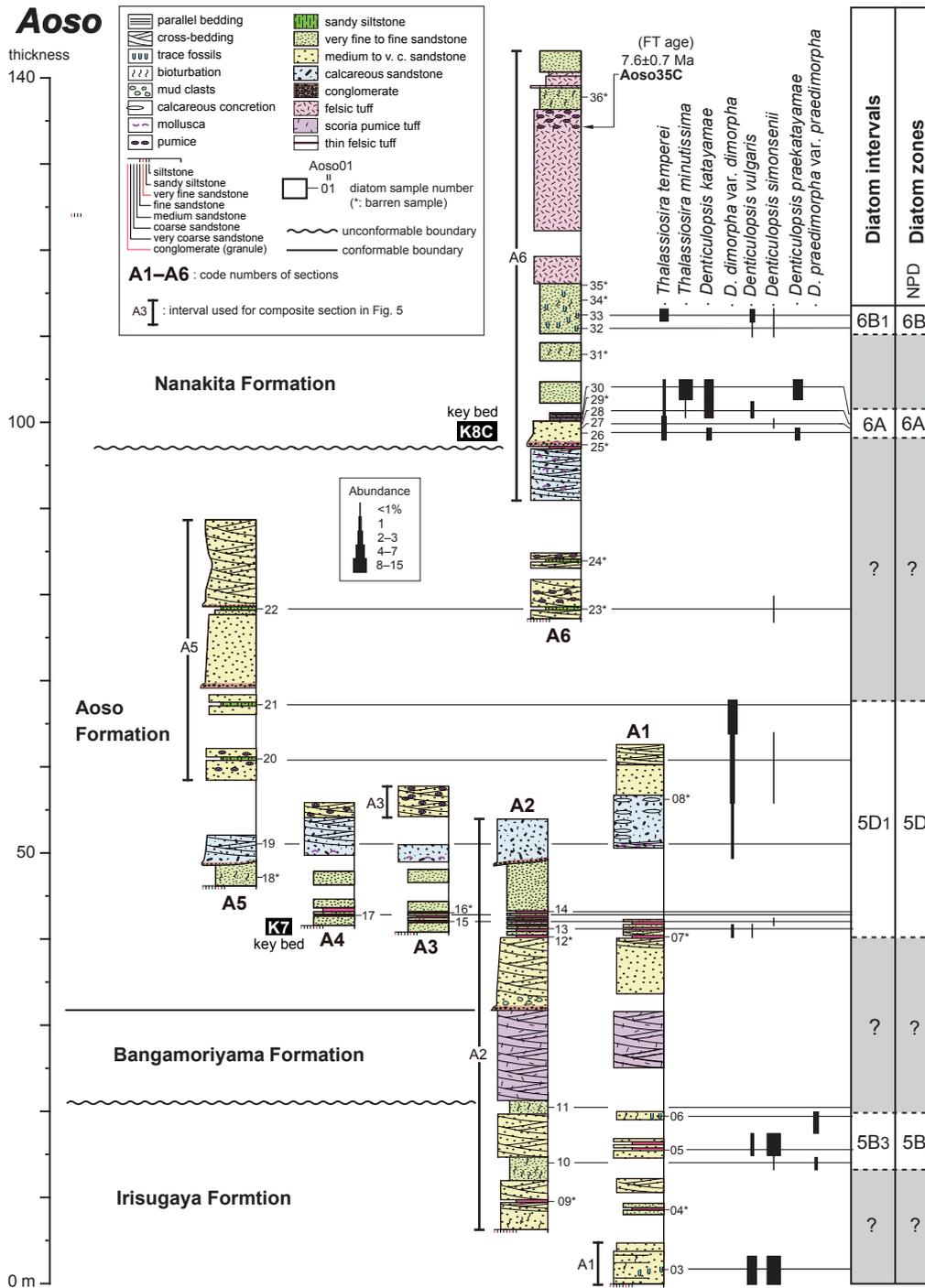
天文軌道要素年代として6.14 Maの値が与えられている(Hilgen *et al.*, 2012)。従って、本種が産出した2試料は10.57–6.14 Maの間に限定される。ただし、本種は産出試料数・産出個体数ともに少ないため、本研究地域で初産出を厳密に決定することは困難である。

さらに、今回浮遊性有孔虫が200個体以上産出した最上位の試料P17を含む6試料で*G. dehiscens*が産出した。この種の終産出は最新の年代尺度では5.92 Maとされているが(Hilgen *et al.*, 2012)、一方で高緯度地域ほど終産出が早くなる異時性が報告されている(Oda *et al.*, 1984; Hodell and Kennett, 1986; Spencer-Cervato *et al.*, 1994)。Motoyama *et al.* (2004)は、三陸沖ODP Site 1150及びSite 1151でこの生層準の年代を求め、それぞれ9.4–9.6 Ma, 8.4–9.3 Maとしている。この年代値はN.16帯～N.17A帯最下部に相当する。従って、本種が産出した試料は少なくとも8.4 Maより古い時代に対比される可能性が高い。以上に基づき、本研究で検討した青麻層の区間は10.57–8.4 Maの区間に限定される。最新の年代尺度(Hilgen *et al.*, 2012)に基づくと、この年代区間はBlow (1969)及びBerggren *et al.* (1995)のN.16帯～N.17A帯最下部に相当する。

4.2 珪藻化石層序

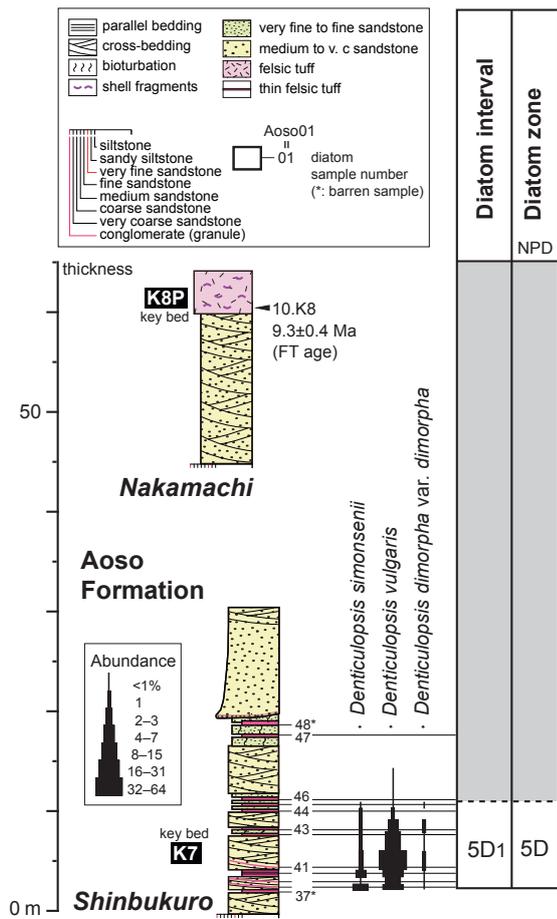
産出した主な珪藻の顕微鏡写真を図版2に、各セクションの珪藻化石分析結果を付表1～3に示す。

青麻セクションでは33試料のうち、入菅谷層の5試料、青麻層の8試料及び七北田層の6試料、合計19試料から珪藻化石が産出した(第6図、付表1)。入菅谷層では珪藻の産出した5試料のうち、試料Aoso10と06から*Denticulopsis praedimorpha* var. *praedimorpha*が、*D. simonsenii*と*D. vulgaris*を伴って産出したので、これら2試料はAkiba (1986)及びYanagisawa and Akiba (1998)のNPD5B帯の上部の生層準D53とD54の間、すなわち区間5B₃に位置づけられる。それ以外の3試料については、珪藻化石帯の判定は難しい。青麻層では珪藻化石が産出した8試料のうち、試料Aoso13, 19, 20, 21の4試料からは、*Denticulopsis dimorpha* var. *dimorpha*が産出し、試料Aoso13では*D. vulgaris*が、試料Aoso20では*D. simonsenii*が検出された。しかし、*Denticulopsis praekatayamae*, *D. dimorpha* var. *areolata*及び*D. katayamae*は全く産出しなかった。以上のことから、これら青麻層の4試料は、NPD5D帯下部の生層準D56とD57の間の区間(区間5D₁)にあると判定できる。七北田層では、珪藻の産出した試料のうち、試料Aoso26, 28, 30は*D. katayamae*を産出し、*D. dimorpha*を含まないことから、NPD6A帯と認定される。その上位の試料Aoso32と33は、とくに指標種は産出しないものの、NPD6A帯に認定される試料のすぐ上位に位置し、*D. katayamae*も*Thalassionema schraderi*も含まないことから、NPD6B帯最下部の生層準D65とD66の間



第6図 青麻セクションの珪藻化石層序. 試料採取位置は第3図に, 珪藻分析結果は付表1に示す. 珪藻化石帯と珪藻生層準はAkiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998)及びWatanabe and Yanagisawa (2005)による. 珪藻区間は本研究による.

Fig. 6 Diatom biostratigraphy of the Aoso section. Sample locations and the occurrence of diatoms in this section are shown in Fig. 3 and Table A1, respectively. Diatom zones: Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998), and Watanabe and Yanagisawa (2005). Diatom interval: this study.

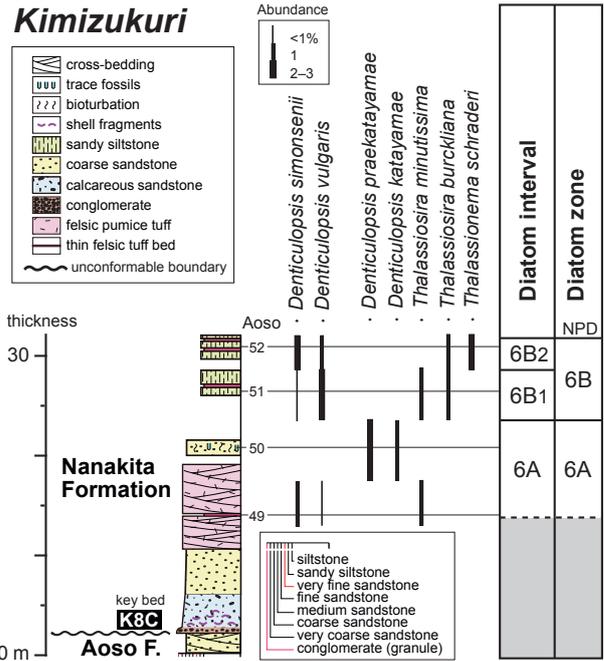


第7図 新袋セクションの珪藻化石層序と中町セクションにおけるフィッション・トラック年代測定試料(10.K8)の採取層準。試料採取位置は第4図に、珪藻分析結果は付表2に、フィッション・トラックの年代測定結果は第2表に示す。珪藻化石帯と珪藻生層準はAkiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) 及びWatanabe and Yanagisawa (2005) に、珪藻区間は本研究による。

Fig. 7 Diatom biostratigraphy of the Aoso Formation of the Shinbukuro section, with the horizon of tuff sample for fission track dating (10.K8) in the Nakamachi section. Sample locations, the occurrence of diatoms in this section and a result of fission track dating are shown in Fig. 4, Table A2 and Table 2, respectively. Diatom zones: Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998), and Watanabe and Yanagisawa (2005). Diatom interval: this study.

の区間6B₁内にあるものと推定できる。

新袋セクションでは、採取した12試料のうち10試料から珪藻化石が検出された(第7図、付表2)。珪藻の産出した試料のうち、試料Aoso38-43, 45は*Denticulopsis dimorpha* var. *dimorpha*, *D. simonsenii*, *D. vulgaris*が産出し、*D. praekatayamae*, *D. dimorpha* var. *areolata*及び*D. katayamae*が見つからないことから、NPD5D帯下部の区



第8図 亀水作セクションにおける七北田層の珪藻化石層序。試料採取位置は第4図に、珪藻分析結果は付表2に示す。珪藻化石帯と珪藻生層準はAkiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) 及びWatanabe and Yanagisawa (2005) に、珪藻区間は本研究による。

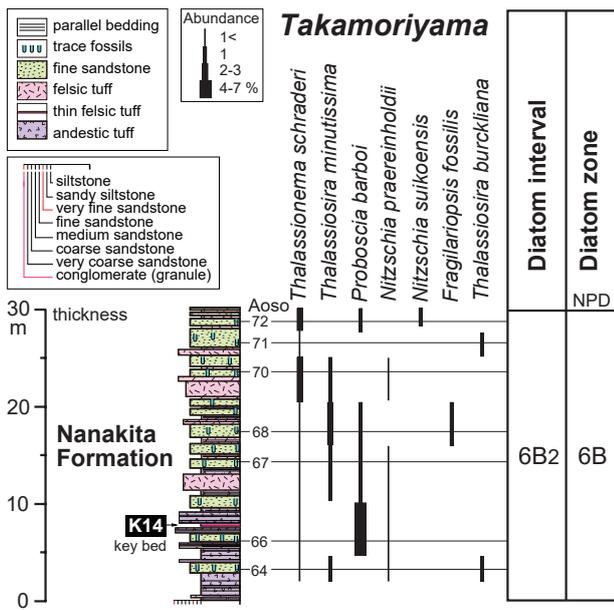
Fig. 8 Diatom biostratigraphy of the Nanakita Formation of the Kimizukuri section. Sample locations and the occurrence of diatoms in this section are shown in Fig. 4 and Table A2, respectively. Diatom zones: Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998), and Watanabe and Yanagisawa (2005). Diatom interval: this study.

間5D₁にあると認定される。それ以外の試料については化石帯の判定はできなかった。

亀水作セクションで採取した4試料から珪藻化石が産出した(第8図、付表2)。4試料のうち、試料Aoso50は*D. katayamae*を産出し、*D. dimorpha*を欠くことから、NPD6A帯と認定される。試料Aoso52は*T. schraderi*が産出し、*Nitzschia pliocena*を伴わないので、NPD6B帯の生層準D66とD68の間、すなわち区間6B₂と認定できる。その下位の試料51は、指標種を含まないもの、*D. katayamae*も*T. schraderi*も存在しないので、NPD6B帯最下部の区間6B₁と判断される。なお、試料Aoso49については化石帯の認定はできない。

高森山セクションでは採取した7試料すべてに珪藻化石が含まれていた(第9図、付表3)。これらの試料は、すべて*T. schraderi*を含み*N. pliocena*を伴わないので、NPD6B帯の区間6B₂に属すると判断できる。

以上の各層序セクションの珪藻分析結果を総合すると、各地層の珪藻化石層序と年代は以下のように推定で



第9図 高森山セクションにおける七北田層の珪藻化石層序。試料採取位置は第3図に、珪藻分析結果は付表3に示す。珪藻化石帯と珪藻生層準はAkiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998)及びWatanabe and Yanagisawa (2005)に、珪藻区間は本研究による。

Fig. 9 Diatom biostratigraphy of the Nanakita Formation of the Takamoriyama section. Sample locations and the occurrence of diatoms in this section are shown in Fig. 3, Table A3, respectively. Diatom zones: Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998), and Watanabe and Yanagisawa (2005). Diatom interval: this study.

きる。入菅谷層のうち、少なくとも上部はNPD5B帯の区間5B₃ (12.3–11.6 Ma)に属するが、入菅谷層下部は珪藻化石帯が認定できない。青麻層下部はNPD5D帯の区間5D₁ (10.0–9.6 Ma)と認定されるが、本層上部は珪藻化石帯の判定ができない。一方、七北田層については、最下部はNPD6A帯(9.3–8.7 Ma)、下部はNPD6B帯の区間6B₁ (8.7–8.5 Ma)、上部は同じくNPD6B帯の区間6B₂ (8.5–7.9 Ma)に対比される。なお、番ヶ森山層については、珪藻分析が可能な試料を採取できなかったため、珪藻化石年代は不明である。

4.3 フィッション・トラック年代

鍵層K8Pの軽石凝灰岩(試料10.K8)のジルコンのFT年代として9.3 ± 0.4 Ma (誤差は1σ, 以下同様)の値が、七北田層下部の酸性凝灰岩(試料Aoso35C)のジルコンのFT年代として7.6 ± 0.7 Maの値が得られた(第2表)。以下には、試料ごとの構成結晶状態と測定結果について具体的に述べる。

10. K8試料は、生試料0.50 kg当たり200個と比較的豊

富なジルコン結晶(柱状結晶が主)を含むが、色調と自発FT密度の違いにより2群に大別される。うち10%は赤色の自形～半自形結晶からなり、自発FT密度は1 × 10⁶本/cm²オーダー程度を示す。一方、残り90%は淡褐色～褐色の半自形または破碎状結晶からなり、自発FT密度が赤色のものより数倍程度高い特徴を持つ。両群ともFT長には目立った短縮化傾向は認められない。自発FT密度と年代値との相関(檀原ほか, 2004)から、前者(赤色結晶群)は中新世の年代が予想され、後者(褐色結晶群)は古第三紀～中生代の年代が予想される。そのため効率的な年代測定を目指し、測定対象を赤色結晶30粒子に絞ったが、その他の要素による粒子選別は避けた。全測定粒子30個の粒子データは比較的良好にまとまるが、χ²検定には失格する。そのため、χ²検定に合格まで粒子年代の古い順に除外すると、15 Maより古い2粒子を除外したところでχ²検定における上側確率(P(χ²))が5%となり合格した。したがって残る28粒子を単一年代集団に属するものとみなし(第10図)、28粒子の加重平均値9.3 ± 0.4 Maを本試料の年代値とした。

Aoso35C試料は、短柱状結晶を主とした自形ジルコン結晶を2000個/0.50 kgと豊富に含む。前述の10. K8試料と異なるのは、抽出ジルコン結晶の95%以上が鋭い稜と平滑な結晶面をもつ自形結晶からなることである。しかし粒子の色調は変化に富み、無色に近い淡褐色から濃い赤色を呈するものまでが混在する。平均ウラン濃度が80 ppmと低く、粒子間のウラン濃度に数10倍以上の大きなばらつきがみられるが、粒子の色調との明瞭な対応性は認められない。また測定粒子中のFT長さの短縮化は観察されなかった。そのため測定に際しては、粒径や色調に関係なくランダムに測定対象とした。全測定粒子30個の粒子データは比較的良好にまとまるが、χ²検定には失格する。そのためχ²検定合格まで粒子年代の古い順に除外すると、18 Maより古い2粒子を除いたところで、P(χ²)=22% (> 5%)となり合格する。したがって、残る28粒子を単一年代集団に属するものとみなし(第10図)、28粒子の加重平均値7.6 ± 0.7 Maを本試料の年代値とした。

5. 考察

5.1 統合年代層序

以上の浮遊性有孔虫・珪藻年代層序及びFT年代を総合して、各層の年代を推定する(第11図)。

入菅谷層は、珪藻化石では上部はNPD5B帯の区間5B₃ (12.3–11.6 Ma)に対比される。入菅谷層の下部は、年代データはないものの、その層厚からみて、本層全体がNPD5B帯に対比される可能性が高い。

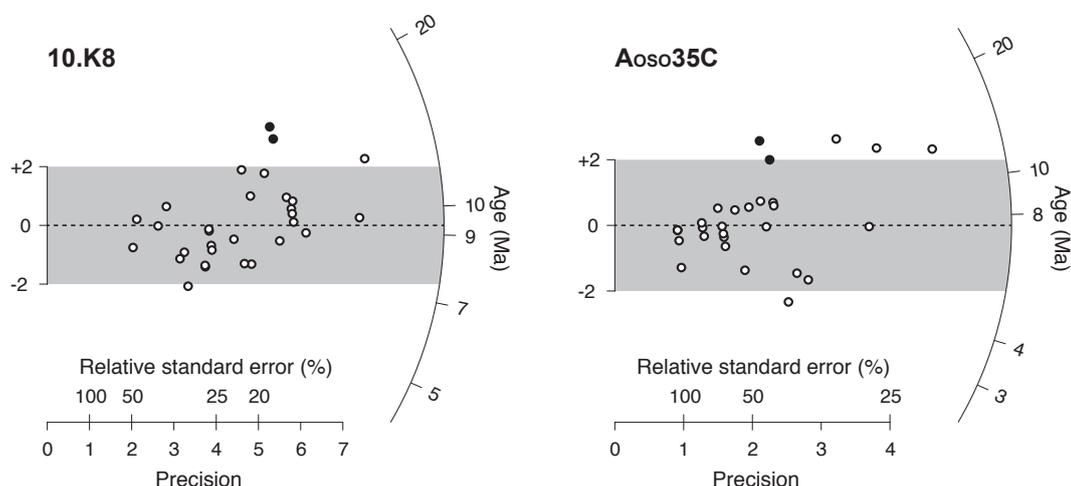
青麻層については、下部から珪藻化石帯のNPD5D帯下部の区間5D₁ (10.0–9.6 Ma)に対比される珪藻化石が産出する。また、同じく青麻層下部は、N.16帯～N.17A帯

第2表 フィッショントラック年代測定の結果.

Table 2 Results of fission track dating of two tuff layers in the study area.

Sample name	No. of grains	Spontaneous		Induced		Dosimetry		Pr(χ^2) (%)	U (ppm)	Age $\pm 1\sigma$ (Ma)
		ρ_s (cm ⁻²)	N_s	ρ_i (cm ⁻²)	N_i	ρ_d (cm ⁻²)	N_d			
10.K8 (All)	30	1.21 × 10 ⁻⁶	916	3.84 × 10 ⁻⁶	2899	8.812 × 10 ⁻⁴	4512	0	360	9.7 ± 0.4
(Adopted)	28	1.20 × 10 ⁻⁶	828	3.95 × 10 ⁻⁶	2738	8.812 × 10 ⁻⁴	4512	22	370	9.3 ± 0.4
Aoso35C (All)	30	2.14 × 10 ⁻⁵	189	8.57 × 10 ⁻⁵	759	8.626 × 10 ⁻⁴	2208	1	80	8.0 ± 0.7
(Adopted)	28	2.06 × 10 ⁻⁵	173	8.74 × 10 ⁻⁵	735	8.626 × 10 ⁻⁴	2208	5	80	7.6 ± 0.7

Dating was carried out by the external detector method that applies to external natural surfaces of zircon (ED2). Zeta-calibration values for T. Danhara: $\zeta_{ED2} = 350 \pm 3$ for sample 10.K8 using JRR4 reactor with DAP detector (Danhara *et al.*, 2003) or $\zeta_{ED2} = 372 \pm 5$ for sample Aoso35C using RSR of Rikkyo University reactor with mica detector (Danhara *et al.*, 1991) against NIST SRM612 dosimeter glass. ρ and N are the track density and the total number of tracks counted, respectively. Pr(χ^2): the probability of obtaining the χ^2 -value for v degrees of freedom (where v =number of grains-1) (Galbraith, 1981). U is average uranium content. Ages that passed the χ^2 -test after excluding older grains are adopted in this study.



第10図 ラジアルプロットによるフィッショントラック年代測定結果図(10.K8, Aoso35C). 2試料とも古い2粒子を外来粒子とみなし, 残る28粒から年代値を計算した. プロットはGalbraith (1990)に基づく.

Fig. 10 Radial plot diagram for fission-track data from samples 10.K8 and Aoso35C. Adopted ages are based on the pooled-age calculation for most of grains (open circles) that passed χ^2 -test after excluding older ones (closed circles) as a detritus. The radial plot was drawn by Galbraith (1990).

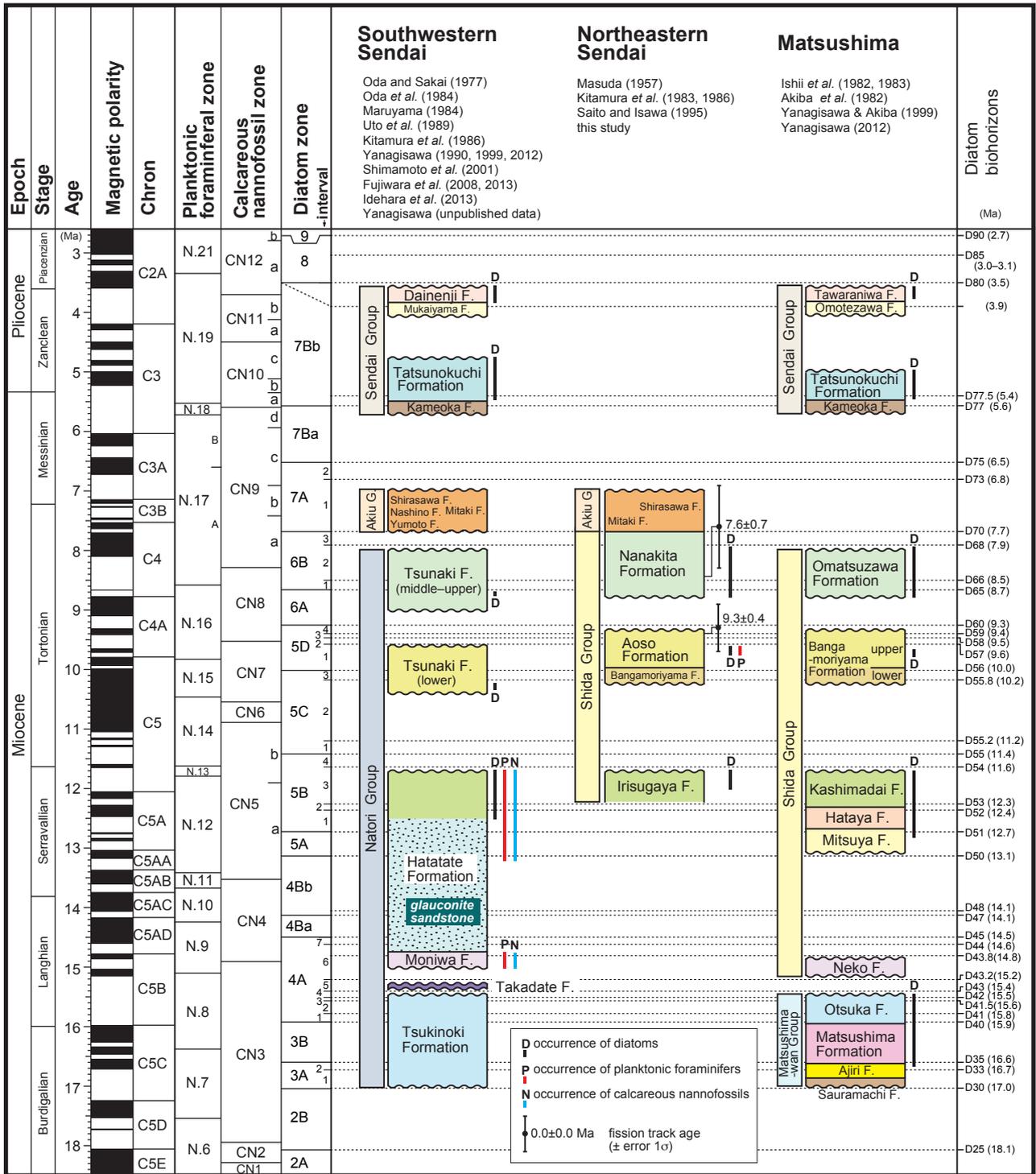
帯最下部に相当する浮遊性有孔虫化石が産出し, 産出する種の年代範囲から 10.57–8.4 Maの年代区間に相当するものと思われる. さらに, 本層最上部の鍵層K8Pの軽石凝灰岩(試料10.K8)のジルコンのFT年代として9.3 ± 0.4 Maが測定された. 以上の年代データは相互に矛盾はなく, これらのデータから, 青麻層の堆積年代としては最大幅をとっても約10.0–8.9 Ma程度の年代に制約できる.

なお, 青麻層の下位の番ヶ森山層については, 現在のところ年代を推定するデータはないが, 上位の青麻層とは整合の関係にあるので, 青麻層よりも少し古い年代が想定される.

七北田層からはNPD6A帯(9.3–8.7 Ma), NPD6B帯の区

間6B₁(8.7–8.5 Ma)と区間6B₂(8.5–7.9 Ma)に対比される珪藻化石が産出している. また, 区間6B₂(8.5–7.9 Ma)に相当する七北田層下部の層準に挟在する凝灰岩のジルコンのFT年代として7.6 ± 0.7 Maの値が得られた. このFT年代は珪藻年代に比べてやや若いものの, 誤差の範囲を考慮すれば, 両者は矛盾しない. 生層準D65(8.7 Ma)とD66(8.5 Ma)の年代及び本層の層厚から堆積速度曲線を作成し, 本研究で検討した層序セクションにおける本層の上限と下限の年代を, 堆積速度曲線を外挿して求めると, それぞれ約8.8 Maと7.9 Maとなる.

以上のように, 本研究により後期中新世において浮遊性有孔虫化石層序と珪藻化石層序の直接対比し, あわせ



第11図 仙台市北東部及びその周辺に分布する新第三系の年代層序。地磁気極性年代尺度はHilgen *et al.* (2012), 浮遊性有孔虫化石帯区分はBlow (1969), 石灰質ナノ化石帯区分はOkada and Bukry (1980), 珪藻化石帯区分はAkiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) 及びWatanabe and Yanagisawa (2005), 及び珪藻区間は本研究による。

Fig. 11 Chronostratigraphy of the Neogene sequence distributed in the northeastern Sendai area and its environs, Miyagi Prefecture, northeastern Japan. Geomagnetic polarity time scale: Hilgen *et al.* (2012); Planktonic foraminiferal zones: Blow (1969) and Berggren *et al.* (1995); Nannofossil zones: Okada and Bukry (1980); Diatom zones: Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) and Watanabe and Yanagisawa (2005); Diatom intervals: this study.

て、微化石年代とFT年代との対応関係を明らかにすることができた。

5.2 隣接地域の上部中新統との対比

次に本研究の調査地域の東に隣接する松島地域と、南西隣にあたる仙台市南西部に分布する上部中新統との対比を行う(第11図)。

本研究の調査地域の東に隣接する松島地域には、今回研究した上部中新統の志田層群が仙台市北東部地域から連続して分布するが、仙台市北東部地域とは異なる地層区分と地層名が用いられている(石井ほか, 1982)。すなわち、松島地域では、志田層群は下位の松島湾層群を不整合に覆い、下位より根古層(凝灰質砂岩)、三ッ谷層(斜交層理のある粗粒砂岩)、幡谷層(凝灰質砂岩)、鹿島台層(塊状細粒砂岩)、番ヶ森山層(斜交層理のある粗粒砂岩)及び大松沢層(塊状細粒砂岩)からなる。このうち、松島地域の番ヶ森山層の下部と上部は、仙台市北東部地域の番ヶ森山層と青麻層にそれぞれ連続する。また、松島地域の大松沢層は、仙台市北東部地域の七北田層にそのまま連続する。仙台市北東部地域の入菅谷層は孤立して分布するので、松島地域との直接の岩相対比はできないが、後述する珪藻化石層序から、松島地域の鹿島台層に対比される。

松島地域の志田層群については、秋葉ほか(1982)及び柳沢・秋葉(1999)によって珪藻化石層序が明らかにされている。鹿島台層は珪藻化石区分のNPD5B帯に対比され、入菅谷層に対比される。松島地域の番ヶ森山層上部からはNPD5D帯下部の区間5D₁に相当する珪藻化石が報告されており、これは相当する青麻層と全く同じである。また、松島地域の大松沢層からは、NPD6A帯とNPD6B帯の区間6B₁と6B₂に当たる珪藻群集が産出しており、相当する仙台市北東部地域の七北田層のそれと全く一致する。以上のように、松島地域と仙台市北東部地域の志田層群の珪藻化石層序は、岩相による対比によく一致している。これまで、青麻層の浮遊性有孔虫年代は、松島地域の珪藻化石年代と大きく食い違っていたが、本研究によって明らかにされた青麻層を含む仙台市北東部の志田層群の新たな推定年代は、松島地域の志田層群の年代と非常によく一致し、従来存在した年代の不一致は解消された。

本調査地域の南西隣にあたる仙台市南西部には、志田層群に相当する名取層群上部が分布する(北村ほか, 1986)。仙台市南西部地域で、志田層群に相当するのは、名取層群の茂庭層(石灰質砂岩)、旗立層(塊状細粒砂岩及びシルト岩)と綱木層(凝灰質砂岩)である。

名取層群とその上位の秋保層群及び仙台層群については、各種微化石層序及び放射年代値が数多く報告されている(尾田・酒井, 1977; Oda *et al.*, 1984; Maruyama, 1984; 宇都ほか, 1989; 柳沢, 1990, 1999, 2012; 島

本ほか, 2001; Fujiwara *et al.*, 2008; 藤原ほか, 2013; 出原ほか, 2013)。それに基づく、仙台市南西部の旗立層はNPD5B帯の珪藻化石を産出することから(Maruyama, 1984; 柳沢, 1999)、仙台市北東部の入菅谷層に確実に対比される。綱木層については、下部と中上部の2つのユニットに区分され、両者の間に不整合が存在する可能性が指摘されている(Fujiwara *et al.*, 2008; 藤原ほか, 2013)。綱木層では多くのFT年代が測定されて、綱木層全体としての堆積年代がおよそ10 Maから8 Ma前後に及ぶことが判明している(Fujiwara *et al.*, 2008)。しかし、測定年代値のばらつきが大きく、また微化石の報告もないので、2つのユニットとその間の時間間隙の正確な年代を推定することは現状では困難である。ただし、綱木層下部では一部でNPD5C帯の区間5C₂を示す珪藻化石が、また綱木層中部でNPD6A帯の珪藻化石が産出する(柳沢, 未公表資料)。これに基づく、綱木層下部は、仙台市北東部の番ヶ森山層と青麻層を合わせたものに、そして綱木層中上部は七北田層に対比するのが妥当であろう。

以上のように、本研究によってこれまで研究を進める上で障害となっていた青麻層と周辺地域の上部中新統の年代の不一致・矛盾をほぼ解消することができた。

5.3 浮遊性有孔虫層序の問題点と課題

青麻層の浮遊性有孔虫層序を検討したSaito and Isawa (1995)と本研究の結果を比較するために、Saito and Isawa (1995)の浮遊性有孔虫産出地点(AOS30-67)の層準を、岩相及び地質構造に基づいて本研究の青麻セクションの柱状図に対比し、その上でSaito and Isawa (1995)で示された化石帯指標種の産出状況を第5図の右側に示した。また、Fujiwara (1992)の記述に基づいて、浮遊性有孔虫が産出したHorizon1 (H1)の結果も合わせて第5図に示した。

Saito and Isawa (1995)は*Neoglobobulimina acostaensis* (Blow), *Globobulimina plesiotumida* Blow et Banner, *Pulleniatina primalis* Banner et Blowの3種の共存に基づき、青麻層をBlow (1969)及びBerggren *et al.* (1995)の浮遊性有孔虫化石帯N.17B亜帯(6.60-5.72 Ma; Hilgen *et al.*, 2012)に対比した。また、Fujiwara (1992)も、鍵層K7の約10 m上位のHorizon1 (H1)から*G. plesiotumida*と*Pulleniatina* sp.が産出することを根拠に青麻層をN.17B亜帯に対比した。これらの種のうち、本研究においてその産出が追認されたのは*N. acostaensis*のみであった。

一方、初産出がN.17B亜帯の下限を定義する*P. primalis*については、本研究では追認できなかった。Saito and Isawa (1995)においても試料AOS66から2個体のみの産出であり、また標本が写真図版で示されていないため、現在ではその産出の妥当性を検証できない。しかし、本研究では、彼らが本種を検出した試料AOS66や、

Fujiwara (1992)が*Pulleniatina* sp. の産出を報告しているH1の層準を含む青麻層下部で、200～300個体以上の浮遊性有孔虫個体を同定したにもかかわらず、本種は得られなかった。また、*P. primalis*の産出年代は、青麻層の珪藻化石年代や周辺地域の年代層序学的データと大きく食い違うことから、Saito and Isawa (1995)が報告した*P. primalis*には誤認の可能性が考えられる。

一方で、彼らはその初産出がBlow (1969)のN.17帯の下限を定義する*G. plesiotumida*の産出を5試料から報告し、そのうち2試料から3個体の電子顕微鏡写真を図版に示している(彼らのPlate 1, figs. 1-4)。それらの個体のうち、試料AOS53から産出した“a small specimen”(彼らのPlate 1, figs. 3, 4)は非常に小型であるため、祖先種の*Globorotalia merotumida* Blow et Bannerとする方が妥当と考えられる。また、試料AOS67からの個体(彼らのPlate 1, fig. 2)は臍側面のみを図示であるため、種の特徴を判別できない。一方で、試料AOS53から産出した彼らのPlate 1, fig. 1の個体は、より強い卵形(ovate)の外形を有し、また最終室の形状が幅と高さの比率で高さの方が大きいという形態的特徴から、*G. plesiotumida*と同定できると考えられる。本研究ではSaito and Isawa (1995)より多数の浮遊性有孔虫個体を同定したにも関わらず、本種の産出を追認できなかったが、彼らの図版の確認により、少なくとも彼らの試料AOS53は*G. plesiotumida*を含み、N.17帯に達する可能性を留保する。本種が産出した層準は珪藻化石帯NPD5D帯に含まれており(第5図)、珪藻化石の示す年代の方が少なくとも約0.7 Ma古くなる。この不一致が北西太平洋地域で普遍的に見られるものかどうかについては、今後の課題である。

6. 結論

宮城県仙台市宮城野区岩切の志田層群青麻層模式地及びその周辺において、浮遊性有孔虫化石年代を検討した結果、青麻層はBlow (1969)及びBerggren *et al.* (1995)の浮遊性有孔虫化石帯N.16帯～N.17A帯最下部(10.57–8.4 Ma)に限定される。また、珪藻化石を検討した結果、入菅谷層はYanagisawa and Akiba (1998)の珪藻化石帯NPD5B帯(12.7–11.4 Ma)に、青麻層はNPD5D帯(10.0–9.3 Ma)に、七北田層下部はNPD6A帯(9.3–8.7 Ma)及びNPD6B帯(8.7–7.7 Ma)にそれぞれ対比される。青麻層最上部の軽石凝灰岩からは 9.3 ± 0.4 Ma、七北田層下部の酸性凝灰岩からは 7.6 ± 0.7 MaのジルコンFT年代が得られた。これら微化石層序及びFT年代は相互に矛盾せず、また、東側に隣接する松島地域における志田層群の珪藻化石層序や、西側に隣接する仙台市南東部地域の名取層群や秋保層群の年代層序とも整合的である。

一方で、先行研究のSaito and Isawa (1995)が青麻層から報告した*G. plesiotumida*の産出と、それに基づいて指

摘された青麻層中にN.17帯(8.58–5.57 Ma)に相当する区間が含まれる可能性は依然として留保される。珪藻化石との不一致が北西太平洋地域で普遍的に見られるものかどうかについては、今後の課題である。

謝辞: 本研究は筆頭著者(鈴木)の島根大学総合理工学部地球資源環境学科卒業研究として実施された。島根大学大学院総合理工学研究科の入月俊明教授には貝形虫化石を検鏡して頂き、また、堆積環境について議論して頂いた。産業技術総合研究所地質情報研究部門の田中裕一郎博士には、年代指標種の検出には至らなかったものの、青麻層で採取した試料について石灰質ナノ化石の検討をして頂いた。本研究経費の一部に科研費(基盤(C), 15K05311)を用いた。査読者の中嶋 健博士、担当編集幹事の本山 功博士、及び編集委員会からのご助言により本原稿は改善された。以上の方々及び関係諸機関に、記して心から感謝申し上げる。

著者の執筆分担: 鈴木は、総括、地質調査と浮遊性有孔虫試料採取(2015～2016年)、浮遊性有孔虫分析、作図、論文執筆を担当した。林は、地質調査と浮遊性有孔虫試料採取(2004, 2015年)、浮遊性有孔虫分類、論文執筆を担当した。柳沢は、地質調査と珪藻試料採取(1996, 2001, 2003年)、珪藻分析、作図、論文執筆を担当した。藤原は、地質調査(1990～1991年)、地質図作成、FT年代測定試料採取(2003年)、論文執筆を担当した。檀原は、FT年代測定試料採取(2003年)、FT年代測定、作図、論文執筆を担当した。

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. Repts. DSDP*, 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.
- 浅野裕一(1996) 宮城県大和町産の後期中新世サイ上科白歯化石。地球科学, **50**, 66–69.
- Barron, J. A. and Baldauf, J. G. (1990) Development of biosiliceous sedimentation in the North Pacific during the Miocene and early Pliocene. *In* Tsuchi, R., ed., *Pacific Neogene Events*, University of Tokyo Press, Tokyo, 43–63.
- Berggren, W. A. (1992) Neogene planktonic foraminifer magnetobiostratigraphy of the southern Kerguelen

- Plateau (Sites 747, 748 and 751). *Proc. ODP., Sci. Results.*, **120**, 631–647.
- 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 Special Publication*, **54**, 129–212.
- Blow, W. H. (1969) Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Brönnimann, P. and Renz, H. R., eds., *Proceedings of First International Conference of Planktonic Microfossils, Geneva, 1967*, **1**, 199–422.
- Danhara, T., Kasuya, M., Iwano, H. and Yamashita, T. (1991) Fission-track age calibration using internal and external surfaces of zircon. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **97**, 977–985.
- Danhara, T., Iwano, H., Yoshioka, T. and Tsuruta, T. (2003) Zeta calibration values for fission track dating with a diallyl phthalate detector. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **109**, 665–668.
- 檀原 徹・岩野英樹・加藤 進・松井良一 (2004) ジルコンFT年代測定における試料評価と測定値の解釈. *石油技誌*, **69**, 200–213.
- Fujiwara, O. (1992) A new species of *Halicardia* (Bivalvia) from the late Miocene of Miyagi Prefecture, Northeast Honshu, Japan. *Saito Ho-on Kai Mus. Nat. Hist. Res. Bull.*, no. 60, 9–21.
- Fujiwara, O., Yanagisawa, Y., Irizuki, T., Shimamoto, M., Hayashi, H., Danhara, T., Fuse, K. and Iwano, H. (2008) Chronological data for the Middle Miocene to Pliocene sequence around the southwestern Sendai Plain, with special reference to the uplift history of the Ou Backbone Range. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **59**, 423–438.
- 藤原 治・鈴木紀毅・林 広樹・入月俊明 (2013) 仙台市南西部に分布する東北日本太平洋側標準層序としての中・上部中新統および鮮新統. *地質雑*, **119** 補遺, 96–119.
- Galbraith R. F. (1981) On statistical models for fission track counts. *Math. Geol.* **13**, 471–478.
- Galbraith R. F. (1990) The radial plot: Graphical assessment of spread in ages. *Nucl. Tracks Radiat. Meas.* **17**, 207–214.
- Hanzawa, S., Hatai, K., Iwai, J., Kitamura, N. and Shibata, T. (1953) The Geology of Sendai and its Environs. *Sci. Repts. Tohoku Univ, 2nd Ser. (Geol.)*, **25**, 1–50.
- 林 広樹・高橋雅紀 (2004) 栃木県烏山地域に分布する中新統荒川層群上部の浮遊性有孔虫生層序. *地質雑*, **110**, 85–92.
- Hayashi, H. and Takahashi, M. (2008) Numerical age of the planktonic foraminiferal zonal boundary between N.15 and N.16 in the mid-latitude northwest Pacific region. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **59**, 415–422.
- 林 広樹・田中裕一郎・渡辺真人・青島睦治 (2008) 栃木県中央部, 宇都宮地域の鬼怒川河岸に露出する中新統の微化石年代. *地質雑*, **114**, 141–144.
- Hilgen, F. J., Lourens, L. J. and Van Dam, J. A. (2012) The Neogene Period, In Grandstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D. and Ogg, G. M., eds., *The Geologic Time Scale 2012*, Elsevier, 923–978.
- Hodell, D. A. and Kennett, J. P. (1986) Late Miocene–early Pliocene stratigraphy and paleoceanography of the South Atlantic and southwest Pacific Oceans: a synthesis. *Paleoceanography*, **1**, 285–311.
- Hurfurd, A. J. (1990a) Standardization of fission track dating calibration: Recommendation by the Fission Track Working Group of the I. U. G. S. Subcommittee of Geochronology. *Chem. Geol.*, **80**, 171–178.
- Hurfurd, A. J. (1990b) International Union of Geological Sciences Subcommittee on Geochronology recommendation for the standardization of fission-track dating calibration and data reporting. *Nucl. Tracks Radiat. Meas.*, **17**, 233–236.
- 石井武政・柳沢幸夫・山口昇一・寒川 旭・松野久也 (1982) 松島地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 121p.
- 石井武政・柳沢幸夫・山口昇一 (1983) 塩竈地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 112p.
- 出原祐樹・林 広樹・藤原 治・熊澤大輔・入月俊明 (2013) 仙台市名取川ルートの中中部中新統旗立層における浮遊性有孔虫化石群集の層位変化. *化石*, no. 94, 5–18.
- Kennett, J. P. and Srinivasan, M. S. (1983) *Neogene Planktonic Foraminifera*. Hutchinson Ross Publishing Company, Stroudsburg, 265p.
- 北村 信・大沢 穠・中川久夫 (1983) 吉岡地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 50p.
- 北村 信・石井武政・寒川 旭・中川久夫 (1986) 仙台地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 134p.
- 甲能直樹・高泉幸浩 (1992) 北西太平洋から初めてのハリテリウム亜科の海牛 (Sirenia: Dugongidae) の産出. *化石*, **53**, 1–6.
- 甲能直樹・上野輝彌・加藤久佳・佐々木 隆・デイビス, P. G. (1997) 仙台北部の上部中新統青麻層の古脊椎動物相. 日本古生物学会1997年年会予稿集, 61.
- 今田 正・植田良夫 (1980) 東北地方の第三紀火山岩のK-Ar年代. *岩鉱*, 特別号, **2**, 343–346.
- Maruyama, T. (1984) Miocene diatom biostratigraphy of

- onshore sequences on the Pacific side of northeast Japan, with reference to SDSP Hole 438A (Part 2). *Sci. Repts. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol.)*, **55**, 77–140.
- 増田孝一郎 (1957) 仙台北部, 七北田層下部についての一考察. *地質雑*, **63**, 704–710.
- Motoyama, I., Niitsuma, N., Maruyama, T., Hayashi, H., Kamikuri, S., Shiono, M., Kanamatsu, T., Aoki, K., Morishita, C., Hagino, K., Nishi, H. and Oda, M. (2004) Middle Miocene to Pleistocene magneto – biostratigraphy of ODP Sites 1150 and 1151, northwest Pacific: Sedimentation rate and updated regional geological timescale. *Island Arc*, **13**, 289–305.
- Nakamura, M. (1940) On some Pectinidae fossils from the Miocene deposits of the Tomiya Block, Miyagi-ken, northeast Honshu, Japan. *Japanese Jour. Geol. Geography*, **17**, 1–15.
- 尾田太良・酒井豊三郎 (1977) 旗立層中・上部の微化石層序—浮遊性有孔虫・放散虫—. 藤岡一男教授退官記念論文集, 441–456.
- 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.
- Okada, H., and Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). *Mar. Micropaleontol.*, **5**, 321–325.
- Saito, T. and Isawa, T. (1995) Planktonic foraminifera of Late Miocene age (zone N. 17) from the Aoso Formation of Sendai City, northeastern Honshu, Japan. *Saito Ho-on Kai Mus. Nat. Hist., Res. Bull.*, no. 63, 9–23.
- 島本昌憲・太田 聡・林 広樹・佐々木 理・斎藤常正 (2001) 仙台市南西部に分布する中新統旗立層浮遊性有孔虫層序. *地質雑*, **107**, 258–269.
- Spencer-Cervato, C., Thierstein, H. R., Lazarus, D. B. and Beckmann, J. –P. (1994) How synchronous are Neogene marine plankton events? *Paleoceanography*, **9**, 739–763.
- 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.
- Watanabe, M. and Yanagisawa, Y. (2005) Refined Early Miocene to Middle Miocene diatom biochronology for the middle- to high-latitude North Pacific. *Island Arc*, **14**, 91–101.
- 山崎 誠・堂満華子 (2013) 試料処理と標本の作製 有孔虫・貝形虫. 尾田太良・佐藤時幸 (編), 新版微化石研究マニュアル, 朝倉書店, 22–23.
- 柳沢幸夫 (1990) 仙台層群の地質時代—珪藻化石層序による再検討—. *地調月報*, **41**, 1–25.
- 柳沢幸夫 (1999) 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**, 269–278.
- 柳沢幸夫 (2012) 岩手県, 宮城県及び福島県北部から産出した東柱類の地質年代. *地質調査総合センター研究資料集*, no. 550, 1–25.
- 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.
- 柳沢幸夫・秋葉文雄 (1999) 松島地域の中新世珪藻化石層序の再検討. *地調月報*, **50**, 431–448.
- 吉田真見子・立石雅昭 (2003) 宮城県仙台北方の上部中新統番ヶ森山層, 青麻層の海流堆積相. *堆積学研究*, no. 56, 27–39.

(受 付 : 2017年12月19日 ; 受 理 : 2018年9月18日)

仙台市北東部に分布する中新統の統合年代層序（鈴木ほか）

付表1 青麻セクションから産出した珪藻化石.

Table A1 Occurrence chart of diatoms in the Aoso section.

Section	Aoso section																		
	Irisugaya Formation					Aoso Formation							Nanakita Formation						
Formation	03	10	05	06	11	13	15	17	14	19	20	21	22	26	27	28	30	32	33
Sample number (Aoso)	?	5B	?	5B	?	5D	?	?	?	5D	5D	5D	?	6A	?	6A	6A	6B	6B
Diatom zones (NPD)	?	5B3	?	5B3	?	5D1	?	?	?	5D1	5D1	5D1	?	6A	?	6A	6A	6B1	6B1
Diatom intervals	?	5B3	?	5B3	?	5D1	?	?	?	5D1	5D1	5D1	?	6A	?	6A	6A	6B1	6B1
Preservation	P	P	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	M	P	M
Abundance	C	R	C	R	C	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C	R	C
<i>Actinocyclus ellipticus</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	+	-	-	-
<i>A. ingens</i> f. <i>ingens</i> (Ratray) Whiting et Schrader	3	11	12	16	14	2	1	2	2	1	5	11	8	1	3	1	1	1	2
<i>A. ingens</i> f. <i>nodus</i> (Baldauf) Whiting et Schrader	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. ingens</i> f. <i>planus</i> Whiting et Schrader	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinoptochus senarius</i> (Ehr.) Ehr.	3	4	26	5	3	3	4	6	6	-	2	-	-	-	+	2	2	1	2
<i>Arachnoidiscus</i> spp.	-	-	-	2	+	-	+	+	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) P.A.Sims et G.A.Fryxell	1	-	3	-	-	1	-	-	+	-	-	-	-	1	3	-	2	-	4
<i>A. vetustissima</i> (Pant.) P.A.Sims	+	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) D.M.Williams	-	-	+	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	+	-	-
<i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa	+	-	-	+	-	1	-	-	1	-	-	-	+	-	1	-	-	1	-
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	2	-	-
<i>C. vitrea</i> Brun	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehr.	2	14	5	12	6	2	11	22	3	2	1	3	6	13	5	1	1	3	3
<i>C. radiatus</i> Ehr.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C.</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladogramma dubium</i> Lohman	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clavicula polymorpha</i> Grunow et Pant.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Crucidentacula kanayae</i> var. <i>kanayae</i> Akiba et Yanagisawa	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Delphineis surirella</i> (Ehr.) G.W.Andrews	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Denticulopsis hyalina</i> (Schrader) Simonsen	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>D. ichikawae</i> Yanagisawa et Akiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. lauta</i> (Bailey) Simonsen	-	-	-	1	-	-	+	1	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. praedimorpha</i> var. <i>minor</i> Yanagisawa et Akiba	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. praedimorpha</i> var. <i>praedimorpha</i> Barron ex Akiba	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. dimorpha</i> var. <i>dimorpha</i> (Schrader) Simonsen	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-
(Closed copula)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. crassa</i> Yanagisawa et Akiba	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>D. simonsenii</i> Yanagisawa et Akiba	14	+	9	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+
<i>D. vulgaris</i> (Okuno) Yanagisawa et Akiba	6	-	1	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	+	2
<i>D. praekatayamae</i> Yanagisawa et Akiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	-
<i>D. katayamae</i> Maruyama	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	4	-	-
S-type girdle view of <i>D. simonsenii</i> group	7	-	4	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
D-type girdle view of <i>D. simonsenii</i> group	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	2	-	-
<i>Diploneis smithii</i> (Bréb.) Cleve	-	-	-	-	+	-	4	1	-	1	-	2	-	1	-	-	-	1	-
<i>Eucampia</i> sp. A (= <i>Hemiaulus polymorphus</i> Grunow)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Grammatophora</i> spp.	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova	1	1	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1	-	2	-	2	1
<i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba	2	2	12	-	-	+	+	-	+	-	-	1	-	6	9	33	13	-	-
<i>Koizumia adaroi</i> (Azpeitia) Yanagisawa	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Melosira sol</i> (Ehr.) Kützing	-	2	-	-	-	2	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula hennedyii</i> W.Smith	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia heteropolica</i> Schrader	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia praereinholdii</i> Schrader	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Nitzschia rolandii</i> Schrader emend. Koizumi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) J.A.Agardh	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	+
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	2	17	+	33	10	7	8	10	31	9	7	9	11	14	16	10	2	56	50
<i>Plagiogramma staurophorum</i> (Greg.) Heib.	-	1	-	-	-	-	3	+	1	-	-	1	-	-	-	-	-	3	-
<i>Proboscia alata</i> (Bright.) Sundstöm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
<i>Proboscia barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle	-	-	+	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Pterotheca subulata</i> Grunow	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhaphoneis amphicerus</i> Ehr.	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>hiemalis</i> Gran	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>R. styliformis</i> Brightw.	1	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	1	+	-	2	-	-	2
<i>Rouxia californica</i> Perag.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-
<i>R. peragari</i> Brun et Héríb.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stellarima microtrias</i> (Ehr.) Hasle et P.A.Sims	3	-	+	1	-	-	-	6	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
<i>Stephanogonia hanzavae</i> Kanaya	-	-	-	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	1
<i>Stephanopyxis</i> spp.	6	45	7	21	54	6	22	16	5	10	10	13	9	4	5	2	1	3	+
<i>Thalassionema hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader	3	-	+	-	-	1	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>T. nitzschioides</i> (Grunow) H.Perag. et Perag.	43	+	17	1	6	73	43	30	43	16	11	6	7	48	52	37	36	27	25
<i>Thalassiosira grunowii</i> Akiba et Yanagisawa	+	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>T. leptopus</i> (Grunow) Hasle et G.A.Fryxell	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>T. manifesta</i> Sheshukova	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>T. minutissima</i> Oreshkina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	13	-	-
<i>T. temperei</i> (Brun) Akiba et Yanagisawa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	1	1	-	4
<i>T. cf. vabei</i> (Kanaya) Akiba et Yanagisawa	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>T.</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	13	-	-
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow	-	+	1	-	1	+	-	-	1	-	-	-	+	+	2	-	-	1	+
<i>Trochosira spinosa</i> Kitton	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total number of valves counted	100	100	100	100	100	100	100	100	100	52	40	50	50	100	100	100	100	100	100
Resting spore of <i>Chaetoceros</i>	23	44	82	10	16	39	11	3	18	4	9	8	6	270	820	300	615	134	256

Preservation, G: good; M: moderate; P: poor. Abundance, A: abundant; C: common; R: rare

付表2 新袋及び亀水作セクションから産出した珪藻化石.

Tabel A2 Occurrence chart of diatoms in the Shinbukuro and Kimizukuri sections.

Sections	Shinbukuro section										Kimizukuri			
	Aoso Formation										Nanakita F.			
Formation	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	49	50	51	52
Sample number (Aoso)	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	49	50	51	52
Diatom zones (NPD)	5D	5D	5D	5D	5D	5D	?	5D	?	?	?	6A	6B	6B
Diatom intervals	5D1	5D1	5D1	5D1	5D1	5D1	?	5D1	?	?	?	6A	6B1	6B2
Preservation	G	G	G	G	G	G	M	M	M	P	P	P	P	M
Abundance	A	A	A	A	A	A	C	C	R	R	R	R	R	C
<i>Actinocyclus ellipticus</i> Grunow	-	+	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>A. ingens</i> f. <i>ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader	-	+	-	+	-	1	+	1	4	-	3	10	3	-
<i>Actinocyclus senarius</i> (Ehr.) Ehr.	1	+	-	2	1	+	3	-	13	-	1	3	12	9
<i>Adoneis pacifica</i> G.W.Andrews et Rivera	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
<i>Arachnoidiscus</i> spp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Azpetia nodulifera</i> (A.W.F.Schmidt) G.A.Fryxell et P.A.Sims	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>A. vetustissima</i> (Pant.) P.A.Sims	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) D.M.Williams	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Cocconeis californica</i> Grunow	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>C. costata</i> Greg.	-	-	-	1	-	-	-	-	+	-	-	-	1	+
<i>C. scutellum</i> Ehr.	-	-	+	-	+	1	1	-	-	-	-	-	+	+
<i>C. vitrea</i> Brun	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	1
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehr.	-	+	-	-	1	+	1	2	2	+	5	2	12	1
<i>Cladogramma dubium</i> Lohman	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Delphineis surirella</i> (Ehr.) G.W.Andrews	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1
<i>Denticulopsis lauta</i> (Bailey) Simonsen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>D. praelauta</i> Akiba et Koizumi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>D. dimorpha</i> var. <i>dimorpha</i> (Schrader) Simonsen	+	+	+	1	+	1	-	-	-	-	-	-	-	-
(Closed copula)	1	-	-	-	+	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>D. simonsenii</i> Yanagisawa et Akiba	6	+	4	2	1	1	1	+	-	-	1	-	+	2
<i>D. vulgaris</i> (Okuno) Yanagisawa et Akiba	16	7	13	24	9	6	1	+	+	-	+	-	1	1
<i>D. praekatayamae</i> Yanagisawa et Akiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>D. katayamae</i> Maruyama	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
S-type girdle view of <i>D. simonsenii</i> group	15	7	12	18	1	1	-	-	-	-	+	+	1	-
<i>Diploneis smithii</i> (Bréb.) Cleve	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	1	-
<i>Eucampia</i> sp. A (= <i>Hemiaulus polymorphus</i> Grunow)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
<i>Goniothecium rogersii</i> Ehr.	-	-	-	-	-	-	-	1	2	+	-	-	-	-
<i>Grammatophora</i> spp.	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	1	2	-	2
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova	-	+	-	-	-	+	2	+	+	1	-	-	2	2
<i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	1	+
<i>Koizumia adaroi</i> (Azpeitia) Yanagisawa	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	4	-	-	-
<i>Melosira sol</i> (Ehr.) Kützing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Nitzschia grunowii</i> Hasle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>N. heteropolica</i> Schrader	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>N. porteri</i> Frenguelli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>N. praereinholdii</i> Schrader	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) J.A.Agardh	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	3	2	4	+	2	+	13	2	12	7	11	37	17	10
<i>Plagiogramma staurophorum</i> (Greg.) Heib.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-
<i>Proboscia barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	4	-	3	4
<i>Pterotheca subulata</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>hiemalis</i> Gran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>R. miocenica</i> Schrader	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>R. styliiformis</i> Brightw.	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	1	-	1	-
<i>Rouxia californica</i> Perag.	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Stellarima microtrias</i> (Ehr.) Hasle et P.A.Sims	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	+
<i>Stephanogonia hanzawae</i> Kanaya	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanopyxis</i> spp.	-	+	-	-	-	-	1	-	-	+	3	5	7	1
<i>Thalassionema hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>T. nitzschioides</i> (Grunow) H.Perag. et Perag.	59	82	61	51	85	87	75	92	63	92	54	26	23	50
<i>T. schraderi</i> Akiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Thalassiosira burckliana</i> Schrader	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>T. grunowii</i> Akiba et Yanagisawa	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>T. leptopus</i> (Grunow) Hasle et G.A.Fryxell	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	2	1	-	-
<i>T. manifesta</i> Sheshukova	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+
<i>T. minutissima</i> Oreshkina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-
<i>T. spp.</i>	+	1	4	+	+	1	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	1	+	-	2
Total number of valves counted	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Resting spore of Chaetoceros	56	17	17	24	110	13	58	20	243	239	32	98	178	66

Preservation, G: good; M: moderate; P: poor. Abundance, A: abundant; C: common; R: rare.

仙台市北東部に分布する中新統の統合年代層序（鈴木ほか）

付表3 高森山セクションから産出した珪藻化石.

Table A3 Occurrence chart of diatoms in the Takamoriyama section.

Section	Takamoriyama section						
Formation	Nanakita Formation						
Diatom zones (NPD)	6B	6B	6B	6B	6B	6B	6B
Diatom intervals	6B2	6B2	6B2	6B2	6B2	6B2	6B2
Sample number (Aoso)	64	66	67	68	70	71	72
Preservation	P	M	P	P	P	P	P
Abundance	R	R	R	R	C	R	R
<i>Actinocyclus ellipticus</i> Grunow	2	2	-	-	1	4	-
<i>A. ingens</i> f. <i>ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader	-	-	-	-	2	-	-
<i>A.</i> spp.	2	-	-	3	2	1	-
<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehr.) Ehr.	10	7	10	13	9	16	4
<i>A. vulgaris</i> Schum.	-	-	-	1	-	-	-
<i>Arachnoidiscus</i> spp.	1	-	-	-	-	-	-
<i>Aulacoseira</i> spp.	1	-	-	-	3	-	-
<i>Azpetia nodulifera</i> (A.W.F.Schmidt) G.A.Fryxell et P.A.Sims	-	1	-	1	1	-	-
<i>A. vetustissima</i> (Pant.) P.A.Sims	-	1	-	-	-	4	-
<i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) D.M.Williams	-	-	-	+	+	-	-
<i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa	-	4	-	-	+	-	16
<i>Cladogramma dubium</i> Lohman	-	1	-	-	1	-	-
<i>Cocconeis californica</i> Grunow	1	-	1	-	1	1	-
<i>C. costata</i> Greg.	-	2	-	2	-	-	-
<i>C. curviritunda</i> Brun et Temp.	-	-	-	-	-	-	+
<i>C. scutellum</i> Ehr.	-	-	2	-	-	-	1
<i>C. vitrea</i> Brun	1	1	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehr.	2	2	6	5	5	3	-
<i>C. perforatus</i> Ehr.	-	1	-	-	-	-	-
<i>C. radiatus</i> Ehr.	-	2	-	-	3	-	-
<i>C.</i> spp.	3	1	11	1	1	-	-
<i>Delphineis angustata</i> (Pant.) G.W.Andrews	-	-	-	-	+	-	+
<i>D. surirella</i> (Ehr.) G.W.Andrews	-	-	-	1	1	-	1
<i>Denticulopsis lauta</i> (Bailey) Simonsen	-	-	-	+	1	-	-
<i>D. simonsenii</i> Yanagisawa et Akiba	-	+	1	-	-	-	+
<i>D. vulgaris</i> (Okuno) Yanagisawa et Akiba	-	+	4	-	-	-	1
S-type girdle view of <i>D. simonsenii</i> group	-	-	2	-	-	-	-
<i>Diploneis smithii</i> (Bréb.) Cleve	1	-	3	-	-	1	2
<i>Eucampia</i> sp. A (= <i>Hemiaulus polymorphus</i> Grunow)	-	-	2	-	-	3	-
<i>Grammatophora</i> spp.	1	+	2	-	1	1	1
<i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova	3	3	1	5	6	-	2
<i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba	3	1	1	1	+	1	3
<i>Koizumia adaroi</i> (Azpetia) Yanagisawa	-	-	2	-	2	-	-
<i>Melosira sol</i> (Ehr.) Kützing	-	-	-	-	-	1	-
<i>Fragilariopsis fossilis</i> (Freng.) Medlin et P.A.Sims	-	-	-	1	-	-	-
<i>Nitzschia praereinholdii</i> Schrader	+	+	+	-	+	-	-
<i>N. suikoensis</i> Koizumi	-	-	-	-	-	-	1
<i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) J.A.Agardh	-	-	-	-	-	1	2
<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	21	35	14	22	30	15	17
<i>Plagiogramma staurophorum</i> (Greg.) Heib.	-	1	-	1	-	2	-
<i>Proboscia barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle	-	4	1	1	-	-	1
<i>Pseudopodosira elegans</i> Sheshukova	-	-	4	-	2	2	-
<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightw.	-	-	-	-	1	1	2
<i>Rouxia californica</i> Perag.	-	-	+	+	-	-	-
<i>Stellarima microtrias</i> (Ehr.) Hasle et P.A.Sims	1	-	-	1	-	5	-
<i>Stephanopyxis</i> spp.	5	-	4	5	-	3	1
<i>Thalassionema hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader	-	-	-	1	+	1	+
<i>T. nitzschioides</i> (Grunow) H.Perag. et Perag.	39	29	23	26	18	28	43
<i>T. schraederi</i> Akiba	+	+	+	+	3	+	2
<i>Thalassiosira burckliana</i> Schrader	1	-	-	-	-	1	-
<i>T. leptopus</i> (Grunow) Hasle et G.A.Fryxell	1	1	-	1	1	-	-
<i>T. manifesta</i> Sheshukova	-	-	-	1	3	4	-
<i>T. minutissima</i> Oreshkina	1	-	1	3	1	-	-
<i>T.</i> sp. A	-	-	-	-	-	-	-
<i>T.</i> sp. B	-	-	1	2	-	1	-
<i>T.</i> spp.	-	-	4	-	-	-	-
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow	+	+	-	-	-	-	-
<i>Triceratium condecorum</i> Brightw.	-	1	-	2	1	-	-
Total number of valves counted	100	100	100	100	100	100	100
Resting spore of Chaetoceros	233	120	104	209	213	96	390

Preservation, G: good; M: moderate; P: poor. Abundance, A: abundant; C: common; R: rare.

図版1 青麻層から産出した浮遊性有孔虫化石。スケールバーの長さは100 μm 。

Plate 1 Planktonic foraminifera from the Aoso Formation. Length of scale bars equal 100 μm .

1a-c: *Globoquadrina dehiscens* (Chapman, Parr et Collins), sample P13.

2a-c: *Globorotalia linguaensis* Bolli, sample P6.

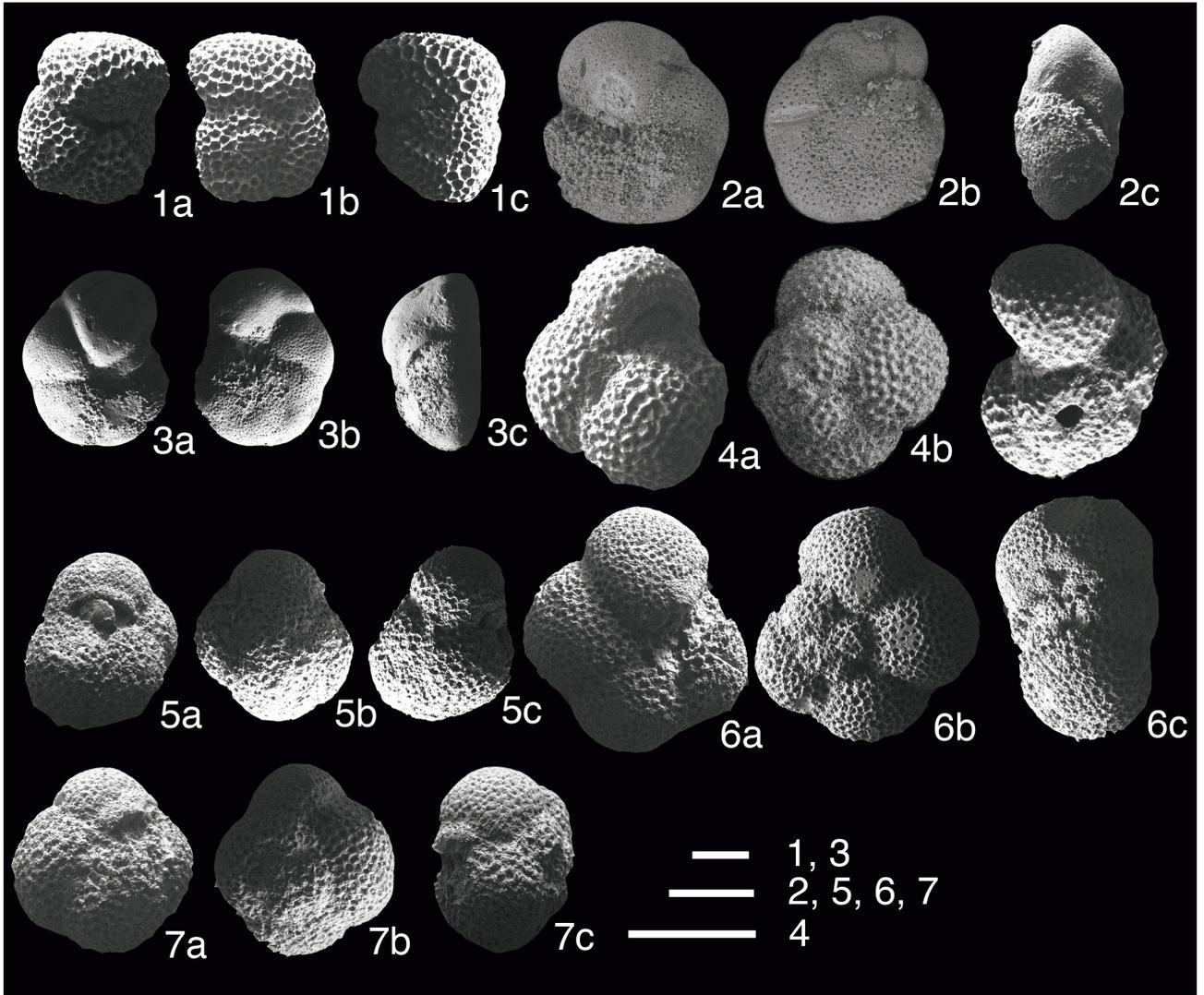
3a-c: *Globorotalia paralenguaensis* Blow, sample P8.

4a-c: *Globoturbotalita decoraperta* (Takayanagi et Saito), sample P6.

5a-c: *Globoturbotalita nepenthes* (Todd), sample P13.

6a-c: *Neogloboquadrina acostaensis* (Blow) sinistral form, sample P13.

7a-c: *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) sinistral form, sample P13.



図版2 青麻層及び七北田層から産出した珪藻化石。スケールバーの長さは10 μm (スケールAは 図1-13に, スケールBは図14-29に適用)。[]内は試料番号を示す。

Plate 2 Diatoms from the Aoso and Nanakita formations. Length of scale bars equal 10 μm (Scale A for figs. 1-13, B for figs. 14-29). Code number(s) in parentheses indicate(s) sample number(s).

- 1-3: *Denticulopsis simonsenii* Yanagisawa et Akiba [1: Aoso42; 2, 3: Aoso52]
- 4, 5: *Denticulopsis vulgaris* (Okuno) Yanagisawa et Akiba [4: Aoso41; 5: Aoso42]
- 6-9: *Denticulopsis dimorpha* var. *dimorpha* (Schrader) Simonsen [6: Aoso38 (valve with closed copula); 7: Aoso38 (valve). 8: Aoso13 (isolated closed copula) 9: Aoso19 (isolated closed copula)]
- 10: *Denticulopsis praekatayamae* Yanagisawa et Akiba [Aoso30]
- 11: *Denticulopsis katayamae* Maruyama [Aoso30]
- 12: *Crucidentacula kanayae* var. *kanayae* Akiba et Yanagisawa [Aoso06]
- 13: *Nitzschia porteri* Frenguelli [Aoso52]
- 14: *Rhizosolenia miocenica* Schrader [Aoso43]
- 15: *Thalassiothrix longissima* Cleve et Grunow [Aoso52]
- 16-18: *Thalassionema schraderi* Akiba [Aoso52]
- 19: *Stellarima microtrias* (Ehr.) Hasle et P.A.Sims [Aoso52]
- 20: *Thalassiosira minutissima* Oreshkina [Aoso30]
- 21, 22: *Thalassiosira burckliana* Schrader [Aoso52]
- 23: *Azpetia nodulifera* (A.W.F.Schmidt) G.A.Fryxell et P.A.Sims [Aoso52]
- 24: *Cladogramma dubium* Lohman [Aoso43]
- 25, 26: *Thalassiosira* sp. A [Aoso41]
- 27: *Eucampia* sp. [Aoso52]
- 28: *Goniothecium rogersii* Ehr. [Aoso46]
- 29: *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba [Aoso52]

