新潟県上越～中越地域における中新統・鮮新統境界部の微化石層序

Biostratigraphy of the Miocene/Pliocene boundary sections in the Jouetsu-Chuetsu district, Niigata Prefecture, northeastern Japan

Abstract

花方 聡* 本山 功**
平松 力*** 渡邊和恵****
辻 隆司***

Satoshi Hanagata*, Isao Motoyama**,
Chikara Hiramatsu***,
Kazue Watanabe****
and Takashi Tsuji***

2000年12月27日受付.
2001年6月1日受理.

* 秋田県産業経済労働部
Akita Prefectural Office, 4-1-1 Sannou, Akita,
Akita 101-8570, Japan

** 筑波大学地球科学系
Institute of Geoscience, University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8571,
Japan

*** 石油資源開発株式会社
Japan Petroleum Exploration. Co. Ltd., NYK
Tennoz building 2-2-20 Higashi-Sinagawa
Sinagawa-ku, Tokyo 140-0002, Japan

**** 有限会社ジオタイム
Geotime Ltd., 6-13-3 Otomo-machi, Tsukumi-
City, Oita 879-2431, Japan

Planktonic and benthic microfossils, including radiolarians, diatoms, calcareous nannofossils and foraminifers from the onshore sections of the Jouetsu-Chuetsu district, Niigata Prefecture, northeastern Japan, were studied with the objective of constructing a time-stratigraphic framework for the Upper Miocene and Pliocene strata. These are characterized by interbedded hemipelagic mudstones and turbiditeic sandstones. Radiolarian and benthic foraminiferal biostratigraphies indicate that the Miocene/Pliocene boundary in the Teradomari and Nishiyama areas corresponds approximately to the upper boundaries of the Teradomari and Shiya Formations, both of which have been used as standard stratigraphic units in the Niigata Oil and Gas field region. Moreover, the boundary is traced to the upper part of the Ogaya Formation in the Yoneyama area and to the Sugawa Formation in the Higashikubiki area.

Biostratigraphic analyses show that three volcanic ash layers, namely the Natsudo Pumice Tuff (Ndp), the Ogaya Pumice Tuff (Ogp) and the Iriyamagawa Tuff (Iy), are positioned at different stratigraphic horizons; the Ndp is younger than Ogp, and the Iy is the youngest among the three. These three layers were recognized as the same tephra maker in previous studies. Furthermore, estimated ages of the Ndp and the Ogp based on the biostratigraphy are significantly younger than the ages estimated for the same ash layers based on fission track dating. This suggests that these ash layers contain or consist of reworked minerals and sediments derived from older pyroclastic deposits. Consequently, this study points out that the stratigraphic correlation and chronology established based mainly on fission track dating of such ashes in the Jouetsu-Chuetsu district require considerable revisions.

Key words: Biostratigraphy, Calcareous nannofossils, Diatom, Foraminifera, Miocene, Niigata, Pliocene, Radiolaria, Tephra, Volcanic ash

はじめに

新潟油田地帯における地下(坑井)セクションでは、代表的な地表セクションにおいて認識される岩相層序と微化石層序の関係を当てはめ、微化石層序に基づいて地層名を設定するという手法が用いられてきている。したがって、一般的に岩相層序と層序的な時間面とは斜交するものであるが、油田地帯の地下セクションでは地層境界を層序的な時間面と仮定して扱ってきたという特殊な事情がある。この油田地帯を含む日本海地域の新第三系においては、Matsunaga(1963)の有孔虫化石帯が最も標準的な生層序区分として用いられ、各化石帯境界はその一部を除けば地下セクション、地表セクション

のいずれにおいても第一級の対比基準面とされてきている。

Matsunaga (1963) の化石帯のうち、上部中新統から第四系にあたる化石帯は下位より *Spirosigmoilinella compressa* Zone, *Miliammina echigoensis* Zone, *Uvigerina subperegrina* Zone, *Criboelphidium yabei* Zone の4化石帯からなる。新潟地域においては渡辺 (1976) により七谷層から灰爪層 (および相当層) について Matsunaga (1963) の化石帯に基づく分帯が示されている。ところが、立石ほか (1997) は、Matsunaga (1963) の有孔虫化石帯のうち、*S. compressa* Zone と *M. echigoensis* Zone の境界が新潟県中越～上越地域において凝灰岩鍵層による層序対比と著しく斜交することから、これらの化石帯が一部同時異相関係であって何

Fig. 1. Schematic stratigraphic relationship between volcanic ash layers and foraminiferal zones after Kurokawa et al. (1994) and Tateishi et al. (1997).

Abbreviations for volcanic ash layers are as follows: Ndp, Natsudo Pumic Tuff; Ogp, Ogaya Pumice Tuff; Iy, Iriyamagawa Tuff.

らかの堆積環境の違いを示しており、その境界は同時間面にはならない可能性があることを指摘した。S. compressa Zone/M. echigoensis Zone 境界は、新潟地域の標準層序としての寺泊層・椎谷層境界にほぼ一致することから (Matsunaga, 1963; 米谷, 1978), 同地域における最も重要な対比基準面のひとつであり、立石らの指摘は層序対比を考える上で極めて重大な問題を投げかけることとなった。この問題の中心となった指摘事項は、中越地域に分布する夏戸バミス質凝灰岩 (Ndp; 黒川ほか, 1987), および米山地域に分布する小萱バミス質凝灰岩 (Ogp; 黒川ほか, 1994), 東頸城地域に分布する入山川凝灰岩 (Iy; 高野ほか, 1989) がテフラ層序学の見地から相互に対比され、その対比面が S. compressa Zone/M. echigoensis Zone 境界と著しく斜交するという点である (Fig. 1)。

そこで、本論では上記の凝灰岩鍵層が分布する新潟県上越～中越地域の地表セクションで採取した試料に基づいて S. compressa Zone/M. echigoensis Zone 境界の層準を明らかにするとともに、放散虫化石・珪藻化石・石灰質ナノ化石を用いてその上下の層準の年代を明らかにし、それらを基に凝灰岩鍵層の対比について検討したので、その結果について報告する。

なおその後、上記の凝灰岩鍵層の対比については本論において示すデータに基づく我々との議論を経て黒川 (1999) において改訂が行われ、夏戸バミス質凝灰岩と入山川凝灰岩についてはこれら同一層準ではないとされ、S. compressa Zone/M. echigoensis Zone 境界がそれら鍵層の対比面と斜交するという根拠は無くなった。

一方、花方ほか (2001) は、秋田県の地表セクションにおける放散虫化石層序と底生有孔虫化石層序のクロスチェックや日本海で実施された ODP Legs 127/128 のデータの再検討などを行い、S. compressa Zone および M. echigoensis Zone の指標種である S. compressa の消滅層準と M. echigoensis

の出現層準、それぞれの年代を明らかにした。その結果、S. compressa が日本海地域から最後に消滅する年代は 5.4 Ma, M. echigoensis が日本海地域に最初に現れる年代は 5.2 Ma であること、および現在の陸域および深海底セクションにおいて両種の生息期間に重複が全く認められないことが明らかとなった。そして、これら 2 種の入れ替わる層準が中新統・鮮新統境界 (5.32 Ma; Hilgen, 1991; Berggren et al., 1995) にまたがっているため、S. compressa の産出上限と M. echigoensis の産出下限が近接して確認できるセクションでは、両者に挟まれた層準をほぼ中新統・鮮新統境界と一致する同時間面として扱うことができることを示した。さらに花方ほか (2001) は古海洋学的な検討に基づき、両種の入替わりが中新世後期から鮮新世前期にかけての汎世界的海水準変動に起因した日本海の底層水の貧酸素環境から富酸素環境への変化と関連している可能性を指摘した。

上記のような一連の研究により、新潟地域の層序についての混乱は解消されつつあるが、同様の混乱を避ける上で同地域の微化石層序を検討することは極めて重要である。

地 質 概 説

微化石調査に用いた試料は、寺泊地域の「大和田～城山」周辺と「郷本川」、および西山地域の「石地地区」、米山地域の「竹ヶ鼻万蔵川」、そして東頸城地域の「岩倉の沢」、「細野川」、「高谷川」および「小黒川」の計 8 ルートから採取した (Figs. 2, 3)。それら 8 ルートの対比柱状図と試料採取層準は Fig. 4 に示す。ただし、Fig. 4 に示した対比は黒川ほか (1994) や立石ほか (1997) の凝灰岩鍵層による対比に基づくものではなく、本研究で得た微化石層序によるものである。

各ルートとその周辺地域における地質概況と岩相層序について以下に述べる。

1. 寺泊地域 (Fig. 3-1)

本研究で対象とした寺泊町の海岸沿いの地域は寺泊層の模式地である新信濃川大河津分水に近接しており、寺泊層と椎谷層の境界付近が観察できる代表的なセクションとされている (宮下・三梨, 1974)。

大河津分水の河口から南の海岸には、ほぼ東西走向で南傾斜の寺泊層上部が散点的に露出している。本研究では検討対象としないが、大河津分水で観察される寺泊層主部は、主に黒色泥岩の卓越するタービダイト性の砂岩泥岩互層からなる。そしてそれよりも上位である、七ツ石付近の海岸で観察される寺泊層上部は厚さ 10～20 cm オーダーの砂岩泥岩互層からなる。さらにその南方の郷本川では砂岩の卓越する砂岩泥岩互層からなる椎谷層下部が観察される。したがって、この地域で観察される寺泊層上部から椎谷層下部へかけての層準は全体が砂岩泥岩互層からなり、上位へ砂岩の割合が増加する傾向にある。

従来、この地域における寺泊層と椎谷層の境界をどの層準に設定するかについて、二通りの考えが提示されてきた。宮下・三梨 (1974) は、郷本川の河口付近で掘削されたボーリング孔で採取されたコア試料の岩相が椎谷層主部と類似していることから、それをすべて椎谷層に含め、寺泊層と椎谷層

Fig. 2. Location maps of the study sections.

の境界をコアの下限（地下 130 m）と七ツ石海岸の露頭の間の層準に設定した。一方、黒川ほか（1994）は、郷本川の河口付近にある夏戸パミス質凝灰岩（Ndp；黒川ほか，1987）の上限を寺泊層と椎谷層の境界として指定した。前述のように、寺泊層と椎谷層の境界部の岩相は漸移的と考えられるため、宮下・三梨（1974）のように砂岩と泥岩の比率に基づいて地層境界を設定するよりも、地表に露出している顕著な凝灰岩鍵層に基づいて地層境界を設定の方が対比が容易であると考えられるため、本研究では黒川ほか（1994）に準じて Ndp 上限をもって寺泊層・椎谷層境界とする。

今回の調査で、ルート図（Fig. 3-1A）に示したように、郷本川の河口から北東へ約 1 km の位置にある城山の北側の小さな沢において、郷本川の椎谷層最下部付近に露出する郷本パミス質凝灰岩（Gtp；黒川ほか，1987）に対比される凝灰岩層を認定した。この認定は後で述べる微化石層序とも矛盾しない。この凝灰岩層の走向傾斜から、城山の Gtp は郷本川の Gtp と直接にはつながらず、城山と郷本川の露頭の間に北落ち、もしくは左横ずれの断層を推定しなければならないことが分かった。そこで、大和田～城山にかけての地域を 1 ルート（コンポジット）とし、郷本川を別の 1 ルートとして扱う

ことにする。

1-1. 大和田～城山（Fig. 3-1A）：このルートに露出する地層は全体として東西または北西-南東走向で南傾斜 22～30 度を示す。本ルートの寺泊層上部の層序は以下のようである。大和田の海岸には泥岩のわずかな露出があるが、その上下の岩相は観察できない。七ツ石海岸では層厚にして 40 m 程度の露出が観察できる。この露頭の最下部には、基底が露出しないので正確な層厚は不明であるが、1 m 以上の厚さの凝灰質砂岩が存在し、海中へ連続して礁を成している。この凝灰質砂岩層以外はすべて厚さ 10～20 cm オーダーのタービダイト性の砂岩泥岩互層からなる。城山の北の小さな沢には、各々の正確な層厚は露出が悪く不明であるが、下位から順に 1 m 程度の泥岩、2 m 程度の砂質凝灰岩、1 m 程度の泥岩、1.5 m 程度の砂質凝灰岩、さらに上位に 1 m 程度の泥岩が露出している。このサクセションは 2 枚の砂質凝灰岩層の厚さと、その間に細粒部が挟まれるという岩相的特徴に基づき郷本川に露出する Gtp に対比される。さらに、城山の北の道路脇には凝灰岩層が露出するが、これは Gtp より下位にあたるので、郷本川セクションにおける Gtp と Ndp の層序関係から Ndp に対比される。したがって、本ルートではこの凝

Fig. 3. Route maps of the study sections.

灰岩 (Ndp) の上限が寺泊層・椎谷層境界である。

1-2. 郷本川 (Fig. 3-1B) : 郷本川に露出する地層については徳橋ほか (1999) により, 詳細な堆積学的検討がなされている。このルートには東西走向で南傾斜 50 度程度を示す地層が連続的に露出している。本研究では郷本川の河口付近から, 層厚にして 300 m 程度の区間を調査した。本ルートの寺泊層上部から椎谷層基底部は全体的に砂岩の卓越するター

ビダイト性砂岩泥岩互層であり, 多くの凝灰岩層が挟まる。その中には代表的な凝灰岩鍵層として寺泊層・椎谷層境界部の Ndp, 椎谷層最下部付近の Gtp の 2 枚が含まれる。このルートでは数本の小規模な断層が観察され, 特に試料 HS 973008 と試料 HS973009 の採取地点の間にある正断層は見かけ上 60 m 程度変位している (徳橋ほか, 1999)。本ルートでは, Ndp のフィッシュントラック年代として 7.6 ± 0.5 Ma,

Gtp のフィッシュトラック年代として 6.5 ± 0.4 Ma (ともに石油資源開発株式会社未公表資料: 付記 1 参照) の値が得られている。

2. 西山地域, 石地地区 (Fig. 3-2)

上記の郷本川の約 13 km 南西に位置するこの地区は尼背背斜の東翼に当たり, 周辺に大きな断層が存在しないことから, 地質構造が複雑である寺泊地域の層序を補完するために適している (鈴木ほか, 1974; 小林ほか, 1993)。この地区には東西走向で南傾斜 20 度程度を示す地層が点々と露出しており, それらは従来の知見 (鈴木ほか, 1974; 小林ほか, 1993), 岩相や層厚を考慮すると凝灰岩鍵層に基づいて寺泊地域と対比可能である。まず, ルート図 (Fig. 3-2) に示したように, 石地集落の北の海岸に露出する凝灰岩は寺泊層の模

式地である新信濃川大河津分水に露出する野積凝灰岩 (Nz) に対比される (鈴木ほか, 1974)。その南方約 500 m の集落の裏の崖には厚さ 1 m 程度の石地凝灰岩 (Ij) が露出している。小林ほか (1993) は, この Ij が鈴木ほか (1974) によって Nz に対比されていると述べているが, 鈴木ほか (1974) はこの Ij 凝灰岩と Nz との対応については触れておらず, Ij が寺泊地域におけるどの凝灰岩に対応するかは現時点では不明である。さらにそこから南西へ約 700 m の地点に約 3 m の厚さの石地火砕質砂岩 (Iss; 黒川ほか, 1992) が尾町集落から西の海岸へ連続的に露出し, 礁を成している。これは前述の大和田〜城山ルート of の七ツ石海岸に礁を成して露出する凝灰質砂岩に対比される (鈴木ほか, 1974)。さらに 500 m 程度南の道路沿いの崖には, Ndp が露出している (小林ほか, 1993; 黒川ほか, 1994)。この露頭は極めて小規模であるので, その上下の岩相は不明である。

本ルートからは, フィッシュトラック年代として Ij から 8.50 ± 0.43 Ma, Ndp から 6.84 ± 0.50 Ma という年代が報告されている (小林ほか, 1993)。

3. 米山地域, 竹ヶ鼻万蔵川 (Fig. 3-3)

このルートの約 500 m 南方をほぼ平行に流れる米山川ルートに産出する有孔虫化石については渡辺 (1976; 「柿崎ルート」とされている) の報告がある。この報告に示されたデータでは *S. compressa* の産出上限が *M. echigoensis* の産出下限よりも上位にあって両種の産出区間は重複している。しかし, 現在, 米山川の露頭のほとんどは護岸工事などのために失われており, 彼のデータを検証することはできない。そこでその代替ルートとして米山川の北に平行に流れる竹ヶ鼻万蔵川において調査を行った。

本研究では竹内ほか (1996) の地質解釈や層序区分に準じた。本ルートは, 桁窪背斜の西翼にあたり, ほぼ南北走向で西傾斜 45 度程度を示す地層が露出している。調査ルートにおいて認められる最下位の地層は小萱層と呼ばれ, 背斜軸から翼部にかけて層厚にして約 400 m が露出している。小萱層は主に黒色〜暗灰色泥岩の卓越するタービダイト性の砂岩泥岩互層からなり, その最下部付近に小萱パミス質凝灰岩 (Ogp; 黒川ほか, 1994; 竹内ほか, 1996 による「松留凝灰岩」に同じ) が挟まる。Ogp の上下の層準は砂岩勝ちの互層となっている。Ogp は本ルート外の桁窪背斜東翼でも西翼と同様に層厚約 20 m が露出し, この地域の良い鍵層となっている。小萱層の上位には砂岩優勢の砂岩泥岩互層からなる大清水層が整合で重なる。

Ogp と寺泊地域の Ndp はそれらを構成する各岩相ユニットおよび鉱物組成の共通性に基づいて対比されている (黒川ほか, 1994; 黒川, 1999)。桁窪背斜東翼の Ogp からはフィッシュトラック年代として 7.7 ± 0.4 Ma, K-Ar 年代として 6.89 ± 0.15 Ma が報告されている (竹内ほか, 1996)。竹内ほか (1996) は K-Ar 年代の方がフィッシュトラック年代よりも若く出る理由として, 風化による Ar の散逸の可能性をあげている。フィッシュトラックの年代で見ても前述の寺泊地域の Ndp で得られた年代値と Ogp の年代値は誤差範囲で一致している。

4. 東頸城地域, 岩倉の沢 (Fig. 3-4)

東頸城地域で調査した4ルート, すなわち岩倉の沢と, 後で述べる細野川・高谷川・小黒川はすべて保倉川の支流である (Fig. 2A)。これらの各ルートは比較的近い距離にあり, 岩相層序も側方変化が少なく共通性が高い。岩倉の沢ルートには, 黒川ほか (1994) と立石ほか (1997) によって寺泊地域の Ndp に対比された入山川凝灰岩 (Iy; 高野ほか, 1989) が厚く発達しているため, その上下の層準を調査した。このルートを含む周辺地域の Iy から上位の層準の地質については高野 (1990) が報告しており, 地質解釈や層序区分などは彼の見解に準じた。Iy から下位の層準については竹内・加藤 (1994) の見解に従った。

本ルート周辺には顕著な断層は存在せず (高野, 1990; 竹内・加藤, 1994), ほぼ東西走向で北傾斜 60 度程度を示す地層が露出している。本ルートに露出する地層の下部には主に泥岩が卓越するタービダイト性砂岩泥岩互層および暗灰色泥岩からなる須川層が分布しており, 上部には須川層よりも砂岩が卓越する田麦川層が分布する。田麦川層の最下部には厚さ 30 m 程度の Iy が挟まる。Iy には堆積時に巻き込まれたと推定される 10 cm 大の炭化木片などが多数含まれていることから, 火砕流堆積物の可能性がある。

5. 東頸城地域, 細野川 (Fig. 3-5)

本調査ルートのうち, 田麦川層以上の層準についての層序と周辺地域の地質については高野 (1990) に詳しく報告されており, また, このルートは竹内・加藤 (1994) の調査範囲に含まれる。そこで本研究では田麦川層以上の層準の地質解釈や地層区分は高野 (1990) に, それより下位の層準では竹内・加藤 (1994) にならった。

このルートでは上記の岩倉の沢と同様に, ほぼ東西走向で北傾斜 60 度程度を示す地層が露出する。本ルートの下部層準には, 暗灰色塊状泥岩が卓越する須川層が分布し, 上部には厚い砂岩および砂岩卓越のタービダイト性の砂岩泥岩互層からなる田麦川層が分布する。そして田麦川層の最下部には Iy に対比される厚さ 2~3 m 程度の凝灰岩層が認められる。したがって, Iy は前述の岩倉の沢ルートからこの細野川ルートの間で層厚が約 9 割減少していることになり, この凝灰岩層は側方への層厚変化が激しいことが分かる。

6. 東頸城地域, 高谷川 (Fig. 3-6)

本ルートは高谷川とその支流である平方川にまたがっている。このルートでは *S. compressa* と *M. echigoensis* が同層準から産出することが報告されている (渡辺, 1976)。そこで, 両種の産出層準を再確認する必要があると判断し, 調査を行った。

本研究は大月向斜と真光寺背斜に挟まれた地域を調査対象とした。地質解釈や層序区分は竹内・加藤 (1994) に準じた。本ルートには南北から南西-北東走向で西傾斜 15~60 度程度の須川層が分布する。地層傾斜は大月向斜の向斜軸へ向かって増加する傾向がある。須川層は暗灰色塊状泥岩および泥岩の卓越するタービダイト性砂岩泥岩互層からなる。また, 一部に土石流堆積物やスランプ構造が認められた (試料 TT97051528 および試料 TT97051518 の採取層準付近)。

7. 東頸城地域, 小黒川 (Fig. 3-7)

この地域の層序の概略は村松・柳澤 (1990) が報告している。また, このルートは竹内・加藤 (1994) の調査範囲に含まれる。層序区分については双方に見解の相違はないので, これらの文献に従い, 地質の解釈についてはより詳細な検討をしている竹内・加藤 (1994) の見解に準じた。

本ルートは長倉山背斜の東翼にあたり, ここには南西-北東走向で南東傾斜 40~60 度程度を示す地層が分布する。本研究の対象とした層準は, 樽田層最上部から須川層にかけての層準である。本ルートの最下部の樽田層は砂岩泥岩互層および泥岩からなり, 凝灰岩の薄層を挟む。その上位の須川層は主に黒色~暗灰色の塊状泥岩からなり, 一部に泥岩の卓越する砂岩泥岩互層を含んでいる。なお, 竹内・加藤 (1994) によると, 本ルートの最南部には鷹羽断層が存在し, その南側には田麦川層が分布するとされている。ただし, 今回の調査では竹内・加藤 (1994) が田麦川層とした地点では須川層と類似した塊状泥岩が観察され, そのような断層は確認できなかった。

試料と方法

微化石分析に供した試料はすべて泥岩または石灰質ノジュールである。試料の採取にあたっては川底のできるだけ新鮮な試料を採取した。

放散虫化石分析: 放散虫化石分析には石灰質ノジュール試料と泥岩試料の両方を用いた。採取した試料を 1 cm 大程度に粉碎した後, 硫酸ナトリウム法 (米谷・井上, 1973) を用いて泥化した試料を, 200 メッシュの篩 (開孔径 75 μm) を用いて水洗し, 残渣を得た。この篩上の残渣を希塩酸に浸して炭酸塩鉱物を除去し, 再び水洗した後, 過酸化水素水を用いて有機物を取り除いた。こうして得た残渣を光硬化剤を用いてスライドに封入した。スライドは試料毎に 2 枚作成した。同定は 2 枚のスライド中に含まれるすべての個体について行った。

珪藻化石分析: 経験的に, 本研究で対象とした層準では続成作用の影響で珪藻化石の産出はほとんど期待できない。そこで珪藻化石分析には珪藻化石の比較的良好な保存が期待される石灰質ノジュール試料のみを用いた。試料を粗く粉碎した後, 希塩酸を用いて溶解し, 水で薄めた後に粗い粒子を沈下させ, その上澄み液をマウント・メディアを用いてスライドに封入した。スライドは試料毎に 1 枚ずつ作成した。同定はスライド中に含まれるすべての個体について行った。

石灰質ナノ化石: 石灰質ナノ化石分析には泥岩試料を用いた。また, 保存の良好な貝化石に付着した泥岩 (高谷川: TT97051506, TT97051607, TT97051608) も分析に供した。一般的に地表試料では石灰質ナノ化石の産状は風化の影響を受けやすいため, 貝殻片が保存されている泥岩ならば石灰質ナノ化石が風化による溶解を免れていることが期待されるためである。試料を乳鉢で粉碎した後に蒸留水に浸し, 攪拌し, 上澄み液をカバーガラスに載せ, 乾燥後, 光硬化剤を用いてスライドに封入した。スライドは試料毎に 1 枚作成した。同定はスライド中に含まれるすべての個体について行った。

有孔虫化石：有孔虫化石分析には泥岩試料を用いた。採取した試料を1 cm 大程度に粉碎した後、乾燥機で十分に乾燥し、約100 gを秤量した。これを硫酸ナトリウム法(米谷・井上, 1973)を用いて泥化した後に、120 メッシュの篩(開孔径125 μm)上で水洗し、この篩上の残渣を分析に供した。なお、郷本川ルート(試料HS001～HS003)については特に1試料あたり約500 gを用いた。得られた残渣中に含まれるすべての個体を摘出し、同定した。

分析結果、微化石層序および微化石年代

以下に、各タクサの分析結果、微化石層序およびそれらに基づいて推定される地質年代について述べる。

1. 放散虫化石層序

大和田～城山、郷本川、石地地区、竹ヶ鼻万蔵川、岩倉の沢、細野川、高谷川、小黒川の8ルートから採取した122試料について放散虫化石分析を行った。そのうち、放散虫化石が産出したのは40試料である。産出した放散虫化石のリストをTable 1に示す。放散虫化石帯の設定にはMotoyama (1996)の定義を使用し、各化石帯の年代はCande and Kent (1995)の地磁気年代尺度に基づいて較正された本山・丸山 (1998)の微化石年代尺度にしたがった。

放散虫化石の産出は全体に不良であり、化石の保存状態も悪かった。この原因としては、化石の保存状態から推測すると続成作用にともなう再結晶化や溶解の影響があると思われる。分析したルート中、大和田～城山、郷本川、石地地区、竹ヶ鼻万蔵川、岩倉の沢、高谷川、小黒川の7ルートにおいて放散虫化石が産出し、そのうち大和田～城山、郷本川と高谷川の3ルートで化石帯を認定することができた(Fig. 4)。

以下に大和田～城山および郷本川、高谷川の3ルートにおける放散虫化石の産状と認定される化石帯および推定される年代について述べる。

大和田～城山：城山の小沢から採取した3試料から放散虫化石が産出し、そのうち試料HS981216と試料HS981218からは数10以上の個体が得られた。試料HS981216は、*Theocorys redondoensis*の産出と、*Spongurus pylomaticus*の無産出に基づき *Stylacontarium acquilonium* Zone (5.6～5.2 Ma) かそれより下位の層準に対比される可能性が高い。一方、試料HS981218は *Lychnocanoma parallelipes* の産出と、*Lithelis barbatus* の無産出に基づき、*Lychnocanoma parallelipes* Zone (約7.3～約6.8 Ma) に対比される。

郷本川：このルートでは比較的層序的に連続した放散虫化石の産出があり、25試料中19試料に放散虫化石の産出が認められ、さらにそのうちの13試料ではそれぞれ数10以上の個体が得られた。前に述べたようにこのルートでは試料HS973008と試料HS973009の採取位置の間に断層が存在するので、断層の上盤(北側ブロック)と下盤(南側ブロック)を分けて化石帯を設定する。

断層上盤(北側ブロック)：検討した最下位の試料HS973023からは年代の指標種として *Stylacontarium acquilonium* と *Cycladophora sakaii* が産出した。*S. acquilonium* の初出現層準はカムチャツカ沖の太平洋で

Lychnocanoma parallelipes Zone 中にあり、*C. sakaii* は *C. sakaii* Zone 内(約2.7 Ma)に多産上限(last common occurrence)があり、実質的に消滅するため、この試料の層準は *L. parallelipes* Zone～*C. sakaii* Zone (約7.3～約2.7 Ma) の範囲内であると考えられる。また、これよりも上位の試料HS973022からは *C. sakaii*, *Gondwanaria japonica*, *Lithelis barbatus*?, *S. cf. acquilonium* が検出された。日本海側での *C. sakaii* の多産の下限は *L. parallelipes* Zone 中(約7.3 Ma)にあり、*G. japonica* の連続産出(多産)の上限は *Spongurus pylomaticus* Zone 中(4.7 Ma)にある。さらに *S. pylomaticus* が認められないことと、保存不良だが *L. barbatus* と見られる個体が多産することから、試料HS973022は *L. barbatus* Zone (約6.8～5.6 Ma) あるいは *S. acquilonium* Zone (5.6～5.2 Ma) に相当すると考えられる。したがって、試料HS973023の層準は *L. parallelipes* Zone～*S. acquilonium* Zone (約7.3～5.2 Ma) の範囲内、試料HS973022の層準は *L. barbatus* Zone～*S. acquilonium* Zone (6.8～5.2 Ma) の範囲内である。これらより上位の、試料HS973004には *C. sakaii* と *S. pylomaticus* が産出した。*S. pylomaticus* は *S. pylomaticus* Zone の基底(5.2 Ma)に初出現する種であることから、試料の年代は5.2～約2.7 Ma(鮮新世)であると考えられる。したがって試料HS973001とこれより下位の試料HS973002とHS971001の層準は *L. barbatus* Zone～*C. sakaii* Zone (約6.8～約2.7 Ma) の範囲内と見なすことができる。断層上盤の最上位にあたる試料HS973008からは *Actinomma antarcticum* が産出した。この種は中新統から下部鮮新統を通じて産出し、日本海では *C. sakaii* Zone 内で実質的に消滅することから、試料HS973008の層準は中新統～*C. sakaii* Zone (～1.98 Ma) と考えられる。したがって、断層上盤の最上部は *C. sakaii* Zone よりも上位の地層ではない。

以上から、重要な生層準として *S. acquilonium* Zone/*S. pylomaticus* Zone 境界層準(5.2 Ma)が試料HS973022(*S. acquilonium* Zone かそれより下位)と試料HS973004(*S. pylomaticus* Zone かそれより上位)の間の層準にあることが明らかとなった(Fig. 4 左上)。

断層下盤(南側ブロック)：断層下盤の最下位の試料HS973009からは *C. sakaii* と *S. pylomaticus* が産出した。これにより、試料HS973009の層準は *S. pylomaticus* Zone～*C. sakaii* Zone (5.2～約2.7 Ma; 鮮新世)であると考えられる。さらに *D. robustus* と *T. akitaensis* が産出しなことを考慮に入れると、本試料の層準は *S. pylomaticus* Zone (5.2～4.2 Ma) に限定することができるが、やや観察個体数が不足しているので、その可能性を指摘するにとどめる。最上位の試料HS973019には *C. sakaii* が産出するので同種の消滅層準(約2.7 Ma)よりも下位である。以上から、断層下盤の調査区間はすべて *S. pylomaticus* Zone～*C. sakaii* Zone (5.2～約2.7 Ma; 鮮新世)の範囲内である。

高谷川：試料TT97051609から *C. sakaii*, *S. pylomaticus*, *Thecosphaera japonica* の産出が認められた。さらに *Dictyophimus robustus* (生息期間が4.2～3.4 Ma)と

Table 1. Distribution of radiolarians.

RADIOLARIA		Abbreviations for Radiolarian Zones																																
		Cs : <i>Cycladophora sakaii</i> Zone (3.4-1.98 Ma)																																
		Dr : <i>Dictyophimus robustus</i> Zone (4.2-3.4Ma)																																
		Spy : <i>Spongurus pylomaticus</i> Zone (5.2-4.2Ma)																																
		Sa : <i>Stylocentarium acquilonium</i> Zone (5.6-5.2Ma)																																
		*1: TAKEGAHANA-MANZOUGAWA; *2: IWAKURA NO SAWA; *3: TAKATANIGAWA.																																
		*4: TERADOMARI FORMATION; *5: OSHIMIZU FORMATION; *6: OGAYA FORMATION;																																
		←Upsection																																
		FAULT																																
		*rework																																
Route		SHIROYAMA			GOUMOTOGAWA										GOUMOTOGAWA																			
Formation		SHIIYA			SHIIYA										SHIIYA																			
Zone		? Lp? - Sa			Spy-Cs										Spy-Cs					Lb-Cs					Lb-Sa					Lp-Sa				
		HS981- 217 218 216			HS973- 019 018 017 016 015 012 011 010 009										HS973- 008 007 006 005 004 001 002 002 022 023																			
Actinomma		antarcticum (Haeckel)													+																			
Actinommidae		gen. et sp. indet.			C C C																													
Cycladophora		sakaii Motoyama			R																													
Cyrtocapsella		japonica (Nakaseko)			R																													
Gondwanaria		japonica (Nakaseko)			R																													
?Gondwanaria		japonica (Nakaseko)													+																			
Larcopeyle		butschlii Dreyer													R																			
Litheliidae		gen. et sp. indet.																																
?Lithelius		barbatus Motoyama																																
Lithocarpium		polyacanthum (Campbell and Clark)			R																													
Lychnocanoma		magnacornuta Sakai																																
?Lychnocanoma		parallelipes Motoyama			+										R*																			
Parichlamidium		venustum Bailey																																
Porodiscidae		gen. et sp. indet.													A																			
Solenosphaera ?		sp.													+																			
Spongodiscus		spp.			A A A										+																			
Spongodiscus ?		sp.													A A +																			
Spongurus		pylomaticus Riedel			C										+																			
?Spongurus		pylomaticus Riedel													+																			
Sphaeropyle		robusta Kling emend. Foreman																																
Stylocentarium		acquilonium (Hays)			+																													
?Stylocentarium		acquilonium (Hays)																																
Stylocentarium		bispiculum Popofski																																
Stylocentarium		sp.			+																													
Stylocictya		camerina Campbell and Clark													+																			
Thecosphaera		japonica Nakaseko																																
?Thecosphaera		tochigiensis Nakaseko																																
Thecorys		redondoensis Campbell and Clark			+ +																													
Number of specimens (A>500>C>100>F>10>R>1=+)		R C C			F F C F R R F F A										R R F F F R R A A F																			
Preservation (Good, Moderate, Poor)		P P P			P P P P P P P P P										P P P P P P P P P																			
Rock (1: Nodule, 2: Mst)		2 2 2			1 1 1 1 1 1 1 1 1 1										1 1 1 1 1 1 1 1 2 1																			
Samples barren of Radiolaria																																		
Section Samples																																		
NANATSUIISHI HS973055, HS973054																																		
GOUMOTOGAWA HS973014, HS973013, HS973003, HS971003, HS973020, HS973021.																																		
ISHIJI AREA HS971006, HS973063, HS973066, HS973067, HS971069.																																		
TAKEGAHANA-MANZOUGAWA HS973133, HS973132, HS973130, HS973131, HS973129, HS973120, HS973119, HS973118, HS973117, HS973116, HS973112, HS973110, HS973107, HS973106, HS973105, HS973122, HS973125, HS973126, HS973109, HS973121, HS973123, HS973124, HS973127, HS973128.																																		
IWAKURA NO SAWA HS973152, HS973136, HS973154, HS973143, HS973144, HS973146, HS973147, HS973148.																																		
HOSONOGAWA HS971033, HS971035, HS971048.																																		
TAKATANIGAWA TT97051612, JJ97051504, TT97051604, TT97051523, TT97051521, TT97051518, TT97051516, TT97051514, TT97051512, TT97051507, TT97051504, TT97051502, MA-SKJ-02.																																		
OGUROGAWA HS973104, HS973102, HS973103, TT978283, HS973095, HS973096, HS973093, HS973089, HS973090, HS973087, HS973086, HS973084, TT978281, HS973080, HS973077, HS973078, HS973075, HS973076, HS973074, HS973073, HS973072.																																		

Lb : <i>Lithelius barbatus</i> Zone (ca. 6.8-5.6 Ma) Lp : <i>Lychnocanoma parallelipes</i> Zone (ca. 7.3-ca. 6.8) Cd : <i>Cycladophora cornutoides</i> Zone (9.1-ca. 7.3) Lm : <i>Lychnocanoma magnacornuta</i> Zone (ca. 11.7-9.1 Ma)														
*7: SUGAWA FORMATION; *8: TARUDA FORMATION.														
ISHIJI	*1		*2	*3	OGUROGAWA									
*4	*5	*6	*7	*7	SUGAWA FORMATION									*8
?	?		?	Spy-Cs	?									
HS973-068 070	HS973-135	109	HS973-145	TT9705-1609	HS973-100	101	099	098	097	092	091	085	083	082 081 071
+	+			R										
			+	R										
				+										
+	+			C	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
				C										
				R										
				+										
+ R	+ R		+	C	+	R	R	+	R	+	+	+	+	+
P P	P P		P	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
2 2	2 2		1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2 2

らの試料は *N. kamtschatica* Zone (NPD 7B ; 6.4~3.9 Ma) に相当する。

小黒川：試料 HS973075 からは *N. kamtschatica* が産出し、*N. kamtschatica* Zone (NPD 7B) よりも上位の化石帯の指標種を含まない。したがって、この試料は *N. kamtschatica* Zone (NPD 7B ; 6.4~3.9 Ma) に相当する。

3. 石灰質ナノ化石層序

郷本川，石地地区，高谷川，細野川，岩倉の沢の 5 ルートにおいて採取した 56 試料について石灰質ナノ化石分析を行った。そのうち，石灰質ナノ化石が産出したのは高谷川，細野川の 7 試料のみである。産出した石灰質ナノ化石のリストを Table 3 に示す。指標種としては高谷川ルートの試料 TT97051528 から中新世を示す *Coccolithus miopelagicus* が産出したのみであり，石灰質ナノ化石帯の認定は行うことができなかった。石灰質ナノ化石の保存が期待された，貝化石に付着した泥岩試料（高谷川：TT 97051506, TT

97051607, TT97051608）からも産出は認められなかった。

4. 有孔虫化石層序

検討したすべてのルートから採取した 107 試料について有孔虫化石分析を行った。そのうち，101 試料から有孔虫化石が産出した。有孔虫化石の産状は，後述する化石帯を認定，もしくは推定する上で必要な種についてのみ Table 4 に示した。その他の種の産状については紙面の都合により省略し，別の機会に報告することとしたい。各ルートで認定した化石帯は Table 4 の各表の上部に記載した。また，*Spirosigmolinella compressa* Zone と *Miliammina echigoensis* Zone の層序的分布を Fig. 4 に示す。

花方ほか (2001) は，日本海地域における *S. compressa* の消滅年代が 5.4 Ma, *M. echigoensis* の初出現年代が 5.2 Ma であることを示した。このことは Matsunaga (1963) による *S. compressa* Zone/*M. echigoensis* Zone 境界の定義について重大な問題を投げかけている。すなわち，Matsunaga (1963)

Table 2. Distribution of diatoms.

DIATOM		*1: GOU MOTOGAWA; *2: TAKEGAHANA-MANZOU GAWA; *3: HOSONOGAWA; *4: OGUROGAWA; *5: SHIYA FORMATION; *6: OGAYA FORMATION; *7: TARUDA FORMATION; *8: SUGAWA FORMATION; *9: lower part of NPD7B (lower part of <i>Neodenticula kamschatica</i> Zone); *10: NPD7B (<i>Neodenticula kamschatica</i> Zone); *11: NPD7A? (<i>Rouxia californica</i> Zone?; rework)															
		←Upsection															
		Route	*1	*2		*3			TAKATANIGAWA								*4
		Formation	*5	*6		*7 *8			SUGAWA FORMATION								*8
		Zone	?	*9		?			*10								*11 *10
			HS971-002	HS973-126 125		HS971-033 035 051			TT9705-1612 1609	IJ9705-1504	TT9705-1523 1521 1502 1504	MA-SKJ-01	HS973-098 075				
MARINE DIATOMS																	
<i>Actinocyclus</i>	<i>ingens</i> Rattray																2
<i>Actinopterychus</i>	<i>senarius</i> (Ehr.) Ehr.			3	2	1				3							1
<i>Azpeitia</i>	<i>komurae</i> Akiba																
<i>Cocconeis</i>	<i>costata</i> Gregory			1	1												1
<i>Cocconeis</i>	<i>scutellum</i> Ehr.			6	2				1	1							2
<i>Cocconeis</i>	spp.			1	1												
<i>Coscinodiscus</i>	<i>marginatus</i> Ehr.				1	2			1	3	7	+		1			1
<i>Coscinodiscus</i>	<i>symbolophorus</i> Grun.				2												
<i>Coscinodiscus</i>	spp.	+		2	8	2	+	+	4	2	6	+	+	+	4	+	7
<i>Delphineis</i>	<i>sutrelli</i> (Ehr.) Andrews				2												
<i>Diploneis</i>	spp.				2				1	1	1						
<i>Grammatophora</i>	spp.			1	1				1	1	2						2
<i>Navicula</i>	spp.			1	1	2			1		1						
<i>Neodenticula</i>	<i>kamtschatica</i> (Zabelina) Akiba & Yanagisawa			1	+				8		6			1			5
<i>Paralia</i>	<i>sulcata</i> (Ehr.) Cl.			1	5				45	12							3
<i>Rhaphoneis</i>	<i>amphiceros</i> Ehr.																
<i>Rhizosolenia</i>	spp.				2												3
<i>Stephanopyxis</i>	spp.					1			4	2	1						1
<i>Thalassionema</i>	<i>nitzschoides</i> (Grun.) H. & M. Perag	+		37	56	8			32	1	13	+	+	+	5	+	43
<i>Thalassiosira</i>	<i>antiqua</i> (Grun.) Cleve - Euler			2	6												
<i>Thalassiosira</i>	cf. <i>marujamica</i> Sheshukova										3						
<i>Thalassiosira</i>	<i>temperei</i> (Brun) Akiba & Yanagisawa			3	4												
<i>Thalassiosira</i>	spp.			1	3	+			1	1	9			1			
<i>Thalassiothrix</i>	<i>longissima</i> Cleve & Grunow				1												
NONMARINE DIATOMS																	
<i>Aulacoseira</i>	<i>granulata</i> (Ehr.) Simonsen s. l.								1		1						
<i>Epithemia</i>	spp.																
Total number of diatoms counted			0	60	100	16	0	0	100	23	54	0	0	0	12	0	1
Resting spores of Chaetoceros				17	36				39	1	8				1		0
Abundance		PD		VR	CI	VR	PD	PD	R	VR	VR	PD	PD	PD	VR	PD	PD
Preservation		VP		P	M	VP	VP	VP	VP	VP	VP	VP	VP	VP	VP	VP	VP
Samples barren of Diatom																	
Section		Samples															
GOU MOTOGAWA		HS971003.															
ISHIJI AREA		HS971006.															
HOSONOGAWA		HS971048.															
TAKATANIGAWA		TT97051604, TT97051518, TT97051516, TT97051514, TT97051512, TT97051507, MS-SKJ-02, MA-SKJ-03, MA-SKJ-05.															

は、この化石帯境界は *S. compressa* の産出上限もしくは *M. echigoensis* の産出下限によって設定されるとしているが、両種の産出層準の間には 0.2 Ma の間隙があるために、どちらの指標種をもって化石帯境界を設定するかによって年代的なずれが生じることになる。また、花方ほか (2001) において示されたデータから明らかなように、これら指標種の産出個体数は化石帯を認定するには不十分である場合が多い。したがって、これら化石帯およびその境界の定義については曖昧があり、再定義されるべきである。しかしながら上部中新統～下部鮮新統の有孔虫化石群集およびその産状については基礎的なデータの提示が未だに不十分であるため、現時点では新しく定義することは出来ない。そこで、本研究では次に述べるような方法で *S. compressa* Zone と *M. echigoensis* Zone を設定することにする。

1) *S. compressa* が産出した場合には、この産出上限までを確実な *S. compressa* Zone として認定する。同様に *M. echigoensis* が産出した場合にはこの産出下限までを確実な *M. echigoensis* Zone として認定する。この場合、*S. compressa* と *M. echigoensis* の産出層準の年代はそれぞれ 5.4 Ma 以前、5.2 Ma 以降である (花方ほか, 2001)。

2) *S. compressa* と *M. echigoensis* が産出しない場合には Matsunaga (1963) があげている両化石帯を特徴づける種の産状に基づいて化石帯を推定する (Fig. 5; 付記 2 参照)。この場合、両化石帯を特徴づける種の産状の層序的变化が同時性を持つものであるか否か現時点では明らかではないため、推定された化石帯に基づいて年代を議論することはできない。

1), 2) のどちらによっても化石帯の判定が出来ない場合には、どちらの化石帯にも含めず、決定不能 (“?”) として扱い、有孔虫化石の産出個体数が少ない場合は貧化石帯 (“Rare Foraminiferal Interval”) として扱った。

なお、ODP Legs 127/128 のサイトが北海道積丹沖の日本海盆北端から能登半島沖の大和海域にまでわたり、また、*S. compressa* と *M. echigoensis* はともに日本海の底層水の影響を受けて生息した種であると考えられること (花方ほか, 2001) から両種の交代は日本海全域におよぶ現象と考えられる。したがって本研究において ODP Legs 127/128 および秋田県の地表セクションで検討した結果得られた *S. compressa* と *M. echigoensis* の消滅・出現の年代を新潟地域に当てはめることについては問題ないと考えられる。

Table 3. Distribution of Calcareous nannofossils.

CALCAREOUS NANNOFOSSIL		*1: Tamugigawa Formation *2: Miocene (rework)			
		←Upsection			
		Route TAKATANIGAWA		HOSONOGAWA	
		Formation SUGAWA		*1 SUGAWA	
		Zone	?	*2	?
		TT9705-1615	1610	1528	1526
<i>Braarudosphaera bigelowii</i> (Gran & Braarud)		1	5	5	
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman)		1			
<i>Coccolithus miopelagicus</i> Bukry					3
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller		4	23	15	6
<i>Dictyococcites productus</i> (Kampfer) Backman			2		
<i>Dictyococcites</i> sp. indet.					1
<i>Pontosphaera discopora</i> Schiller		1	1		
<i>Reticulofenestra haqii</i> Backman					
Miscellaneous			1		
Abundance		R	R ₁	R	R
Preservation		P	P	P	P
Total of Calcareous Nannofossils		7	32	23	7
Samples barren of Calcareous Nannofossil.					
Section Samples					
GOMOTOGAWA MIM9701, HS971001.					
ISHIJI AREA HS971004, MIM9702, HS971005.					
TAKATANIGAWA TT97051616, TT97051613, TT97051614, TT97051611, TT97051612, TT97051606, TT97051607, TT97051608, TT97051501, TT97051504, TT97051506, TT97051524, TT97051525, TT97051527, TT97051522, TT97051520, TT97051519, TT97051517, TT97051515, TT97051513, TT97051511, TT97051506, TT97051503, TT97051501, MA-SKJ-01, MA-SKJ-02, MA-SKJ-03, MA-SKJ-05, MA-SKJ-07.					
HOSONOGAWA HS971030, HS971031, HS971032, HS971034, HS971037, HS971040, HS971042, HS971045, HS971046, HS971047, HS971050.					
IWAKURA NO SAWA HS971014					

大和田～城山：本ルートからは *S. compressa* は産出しなかったが、大和田海岸で採取した本ルート最下位の試料 TT978272 から七ツ石海岸で採取した試料 HS981015 までの区間には *Karrerulina coniformis* など、*S. compressa* Zone を特徴づける種が多産したことから、この区間は *S. compressa* Zone に相当すると推定される。また、城山の試料 HS981216 から上位には *M. echigoensis* が産出するため、この区間は *M. echigoensis* Zone である。

郷本川：試料 HS973020 に *S. compressa* が産出したため、これよりも下位は *S. compressa* Zone である。また、試料 HS001 からは *M. echigoensis* が産出するためここから上位は *M. echigoensis* Zone である。また、試料 HS973020 と試料 HS001 の採取位置の間で採取した試料 HS973022 と試料 MIM9701 からの有孔虫群集は上位層とも下位層とも共通する群集組成であり、この 2 試料をどちらの化石帯に含めるべきか判然としない。

以上の結果、郷本川の Gtp と、城山の小沢に露出する岩相上の特徴から郷本川の Gtp に対比した凝灰岩はともに *M. echigoensis* Zone 中にあることが明らかとなった。また、城山の Gtp と郷本川の Gtp の上下の地層から産出する有孔虫化石群集は *Cribrostomoides subglobosus* や *Cyclammina* aff. *pusilla*, *Haplophragmoides kyushuense* といった種を多く含む点で共通している。これらの有孔虫は底生種であるが、両露頭が地理的に近いことも考慮すると両露頭露頭の地層対比は有孔虫化石からも矛盾しないといえる (Fig. 4)。

石地地区：最下位の試料 HS973070 からは *K. coniformis* など *S. compressa* Zone を特徴づける種が多産するので本試料は *S. compressa* Zone に相当すると推定される。また、試料 MIM9702 からは *M. echigoensis* が産出するので、これよ

りも上位は *M. echigoensis* Zone である。これらの試料の間の層準は有孔虫の産出個体数が少なく、化石帯の認定が不可能であるため、“Rare Foraminiferal Interval”として区分した。

竹ヶ鼻方蔵川：試料 HS973119 から *S. compressa* が産出したので、これよりも下位は確実に *S. compressa* Zone に含まれる。また、これよりも上位の試料 HS973120 までの区間に産出する有孔虫群集は下位層と類似した群集組成であるが、化石帯の特徴種は産出しないので、*S. compressa* Zone に含めるべきか判然としない。さらに上位の区間では *M. echigoensis* の産出が認められず有孔虫の産出個体数が少ないため、この区間を“Rare Foraminiferal Interval”として区分した。また、桁窪背斜東翼の Ogp 直上で採取した試料 HS971007 は *K. coniformis* など *S. compressa* Zone を特徴づける種を多産するため *S. compressa* Zone に相当すると推定される。

岩倉の沢：本ルートの最下位と最上位の試料を含め、ほとんどの分析試料から *M. echigoensis* が産出したので調査層準はすべて *M. echigoensis* Zone に含まれる。また、試料 HS973152 からは浮遊性有孔虫 *Globorotalia orientalis* が産出したことから、この試料は米谷 (1978) による *Globigerina pachyderma* (dextral) / *Globorotalia orientalis* Zone に対比される。この化石帯の詳細な年代値は不明であるが、その下限の年代は鮮新世であり (米谷, 1978), 上限の年代は石灰質ナノ化石帯との対応から 3.85~1.97 Ma の間にある (佐藤ほか, 1988; Sato and Kameo, 1996; 佐藤ほか, 1999)。以上の結果、本ルートは鮮新統であり、かつ本ルートの最上部付近で採取した試料 HS973152 の年代は 1.97 Ma より古いことが判明した。

細野川：本ルートでは *S. compressa* の産出は認められなかったが、最下位の試料 HS971050 から *K. coniformis* などの *S. compressa* Zone を特徴づける種が多産したので本試料は *S. compressa* Zone に相当すると推定される。この上位の試料 HS971049 とさらにその上位の試料からは *Uvigerina akitaensis* などの *M. echigoensis* Zone を特徴づける種が多産したので、試料 HS971049 は *M. echigoensis* Zone に相当すると推定される。その上位の試料 HS971045 および調査区間中最上位の試料 HS971030 からは *M. echigoensis* が産出したので、この区間は確実に *M. echigoensis* Zone である。

高谷川：本ルートでは、*S. compressa* が試料 MA-SKJ-01 に産出したので、これよりも下位は確実に *S. compressa* Zone に含まれる。また、試料 TT97051513 までは *S. compressa* Zone を特徴づける *K. coniformis* が産出したので *S. compressa* Zone に相当すると推定される。この上位の試料 TT97051515 は特徴種が産出しないので化石帯は推定できない。さらに上位の試料 TT97051517~TT97051520 の区間では有孔虫の産出個体数が少ないのでこの区間を“Rare Foraminiferal Interval”として区分した。試料 TT97051524 には *M. echigoensis* が産出したので、この試料とこれよりも上位は *M. echigoensis* Zone に含まれる。

小黒川：本ルートからは *S. compressa* の産出は認められ

Table 4. Distribution of index and other important foraminiferal species in the study sections.

FORAMINIFERA		←Upsection	
		Route	OWADA-SHIROYAMA
		Formation	SHIYA TERADOMARI
		Zone	<i>Miliammina echigoensis</i> <i>Spirosigmollinella compressa</i>
			HS981- 217 218 216 015 016 017 018 HS973- 055 054 TT978- 272
<i>Karrerulina</i>	<i>coniformis</i> (Grzybowski)		60 33 205 47 19
<i>Karrerulina</i>	<i>conversa</i> (Grzybowski)		10 41 6 2
<i>Plectina</i>	<i>nipponica</i> Asano		3 200 23
<i>Miliammina</i>	<i>echigoensis</i> Asano and Inomata		2 7
<i>Epistominella</i>	<i>pacifica</i> (Cushman) (small)		24
<i>Uvigerina</i>	<i>akitaensis</i> Asano		2 4 114
Total of Benthic Foraminifera			0 269 919 245 432 549 1622 136 429 487

		Route	GOMOTOGAWA
		Formation	SHIYA TERADOMARI
		Zone	<i>Miliammina echigoensis</i> ? <i>S. compressa</i>
			HS003* HS002* 001 HS001 HS971- 022 HS973- 01 HS973- 021 HS981- 019
<i>Karrerulina</i>	<i>coniformis</i> (Grzybowski)		20
<i>Karrerulina</i>	<i>conversa</i> (Grzybowski)		5 17 4
<i>Spirosigmollinella</i>	<i>compressa</i> Matsunaga		1
<i>Miliammina</i>	<i>echigoensis</i> Asano and Inomata		37 15
<i>Uvigerina</i>	cf. <i>akitaensis</i> Asano		1
Total of Benthic Foraminifera			131 5633 521 3211 81 76 281 24 226

		Route	ISHIJI AREA
		Formation	SHIYA TERADOMARI
		Zone	<i>M. echigoensis</i> Rare Foraminifera <i>S. comp.</i>
			HS971- 004 MIM- 9702 HS971- 005 HS973- 066 067 068 070
<i>Karrerulina</i>	<i>coniformis</i> (Grzybowski)		6
<i>Karrerulina</i>	<i>conversa</i> (Grzybowski)		3 11 2
<i>Miliammina</i>	<i>echigoensis</i> Asano and Inomata		3
Total of Benthic Foraminifera			45 229 0 11 4 14 210

		Route	TAKEGAHANA-MANZOUGAWA
		Formation	OSHIMIZU OGAYA
		Zone	Rare Foraminifera ? <i>Spirosigmollinella compressa</i>
			HS973- 135 133 132 130 128 127 124 123 121 120 119 118 117 109 107 106
<i>Karrerulina</i>	<i>coniformis</i> (Grzybowski)		100 120 1 93 6
<i>Karrerulina</i>	<i>conversa</i> (Grzybowski)		5 1 1
<i>Spirosigmollinella</i>	<i>compressa</i> Matsunaga		2 12
<i>Epistominella</i>	<i>pacifica</i> (Cushman)		1
<i>Uvigerina</i>	<i>akitaensis</i> Asano		5
Total of Benthic Foraminifera			0 1 2 3 15 0 10 0 6 98 305 0 423 59 670 20

		Route	IWAKURA NO SAWA
		Formation	TAMUGIGAWA SUGAWA
		Zone	<i>Miliammina echigoensis</i>
			HS971- 014 HS973- 152 154 143 144 146 147
<i>Karrerulina</i>	<i>conversa</i> (Grzybowski)		2
<i>Miliammina</i>	<i>echigoensis</i> Asano and Inomata		2 37 26 45 2
<i>Epistominella</i>	<i>pacifica</i> (Cushman)		6 2 110 1
<i>Uvigerina</i>	<i>akitaensis</i> Asano		43 35 61 3 37 38
Total of Benthic Foraminifera			167 159 147 423 18 284 587

		Route	HOSONOGAWA
		Formation	TAMUGIGAWA SUGAWA
		Zone	<i>Miliammina echigoensis</i> <i>S. comp.</i>
			HS971- 030 031 032 034 036 037 040 042 044 045 046 047 049 050
<i>Karrerulina</i>	<i>coniformis</i> (Grzybowski)		9 131
<i>Karrerulina</i>	<i>conversa</i> (Grzybowski)		4
<i>Miliammina</i>	<i>echigoensis</i> Asano and Inomata		3 4 1 3 2 2 5 1
<i>Epistominella</i>	<i>pacifica</i> (Cushman)		2 1 1 5 87 1
<i>Uvigerina</i>	<i>akitaensis</i> Asano		42 1 59 18 19 30 11 35 38 1
Total of Benthic Foraminifera			168 137 32 130 90 137 6 443 465 470 84 65 243 1071

		Route	TAKATANIGAWA
		Formation	SUGAWA
		Zone	<i>Miliammina echigoensis</i> Rare Foraminifera ?
			TT9705- 1615 1616 1614 1611 1610 1608 1501 1504 1506 1602 1528 1526 1525 1524 1520 1519 1517 1515 1513
<i>Karrerulina</i>	<i>coniformis</i> (Grzybowski)		1
<i>Karrerulina</i>	<i>conversa</i> (Grzybowski)		
<i>Spirosigmollinella</i>	<i>compressa</i> Matsunaga		
<i>Miliammina</i>	<i>echigoensis</i> Asano and Inomata		11 1 4 29
<i>Epistominella</i>	<i>pacifica</i> (Cushman)		44 4 29 29
<i>Uvigerina</i>	<i>akitaensis</i> Asano		161 4 1 409 18 5 3
Total of Benthic Foraminifera			334 3 72 3 1074 81 0 13 12 6 158 72 5 66 3 3 7 208 519

		Route	OGUROGAWA
		Formation	? FAULT? SUGAWA TARUDA
		Zone	<i>M. ech.</i> <i>Miliammina echigoensis</i> <i>Spirosigmollinella compressa</i>
			HS973- 104 HS973- 102 100 096 093 090 084 082 081 078 076 073 072 071
<i>Karrerulina</i>	<i>coniformis</i> (Grzybowski)		1 64 5 10
<i>Karrerulina</i>	<i>conversa</i> (Grzybowski)		3 3
<i>Plectina</i>	<i>nipponica</i> Asano		44
<i>Miliammina</i>	<i>echigoensis</i> Asano and Inomata		2 2 1 1 16
<i>Epistominella</i>	<i>pacifica</i> (Cushman)		50 32 21 19 3 114 74 10
<i>Uvigerina</i>	<i>akitaensis</i> Asano		473 193 109 34 3 114 74 10
Total of Benthic Foraminifera			191 900 690 263 190 86 300 13 366 24 1253 966 58 21

なかったが、試料 HS973078 とその下位の試料から *K. coniformis* などの *S. compressa* Zone を特徴づける種が産出したので、この区間は *S. compressa* Zone に相当すると推定される。その上位の試料 HS973081 からは *U. akitaensis* などの *M. echigoensis* Zone を特徴づける種が多産したので試料 HS973081 は *M. echigoensis* Zone に相当すると推定される。さらに上位の試料 HS973082 から本ルート中最上位の試料 HS973104 にかけては *M. echigoensis* が産出したので、*M. echigoensis* Zone である。なお、試料 HS973093 からは浮遊性有孔虫 *Globorotalia ikebei* が産出したことから、この試料は米谷 (1978) による *Globorotalia ikebei/Orbulina universa* Zone に対比される。この化石帯の詳細な年代は不明であるが、鮮新世である (米谷, 1978)。

また、今回検討したセクションにおいては、渡辺 (1976) が竹ヶ鼻万蔵川と高谷川において示したような *S. compressa* と *M. echigoensis* の産出層準の重複という現象は全く認められなかった。このことは渡辺 (1976) により報告された重複産出を完全に否定するものではないものの、今回行った追試によれば否定的な見解をとらざるを得ない。重複産出の原因としては再堆積個体の混入あるいは処理過程での混入といった人為的な原因が考えられる。

考 察

ここでは、以上の分析結果に基づき、微化石層序学的見地から上越～中越地域における地層の対比と年代推定を行い、さらにこれらについての従来の地層対比や年代論との整合性や矛盾点について考察を試みる。

1. 地質年代

各タクサの分析結果と従来の知見とを総合し、各調査ルートで得られた地質年代を Fig. 4 に示した。さらに Fig. 6 には以下に述べる解釈を加え、化石帯や微化石年代などを整理した結果を示す。

寺泊～西山地域：大和田～城山、郷本川、石地地区の3ルートのいずれにおいても *M. echigoensis* の初産出層準は椎谷層最下部に認められ、郷本川では *S. compressa* の終産出が寺泊層の最上部に認められた。このことから寺泊～西山地域における中新統・鮮新統境界 (5.32 Ma ; Hilgen, 1991) はほぼ寺泊層・椎谷層境界付近に対比されることが明らかとなった。Ndp は郷本川において *S. compressa* の消滅層準 (5.4 Ma 以前) の直上にあり、石地地区では *M. echigoensis* の出現層準 (5.2 Ma 以降) の直下にあるのでこの層準の年代は 5.2 Ma 程度かわずかに古いと推定される。また、Gtp は郷本川において *M. echigoensis* の初産出層準の直上にあること、放散虫化石帯 *Stylacantharium acquilonium* Zone/*Spongyrus pylomaticus* Zone 境界 (5.2 Ma) がこの前後に推定されるため、その年代は 5.2 Ma かそれよりわずかに新しい程度であると推定される。

なお、Gtp 付近から採取された2試料 (大和田～城山ルートの HS981218 と郷本川ルートの HS971002) については放散虫化石と有孔虫化石の示す年代の間に矛盾が認められ、放散虫化石年代の方が古い年代が示された。これらの試料から

<i>Spirosigmolinella compressa</i>											
MA-SKJ-											
1511	1506	1503	1501	01	02	03	04	05	07		
9	46	4				1		4			
				2					2		
				49							
1											
13	566	250	200	267	6	43	201	164	72

Fig. 4. Stratigraphic correlation of the study routes.

Radiolarian datums are after Motoyama and Maruyama (1998) and diatom datums are after Yanagisawa and Akiba (1998). Datums of foraminiferal zones established by Maiya (1978) are after Sato et al. (1999). Lithologic column of the Goumotogawa section is modified from Tokuhashi et al. (1999). "JAPEX data" mean fission track dating data of Japan Petroleum Exploration Co. Ltd. Abbreviations of the volcanic ash layers are the same as those in Fig. 1.

Fig. 5. Foraminiferal species characterizing the *Spirosigmoilinella compressa* Zone (above) and the *Miliammina echigoensis* Zone (below).

1. *Spirosigmoilinella compressa* Matsunaga, from sample MA-SKJ-01, Takatanigawa route, Sugawa Formation.

2. *Karrerulina coniformis* (Grzybowski), from sample HS002, Goumotogawa route, Shiya Formation.

3. *Karrerulina conversa* (Grzybowski), from sample HS973021, Owada-Shiroyama route, Teradomari Formation.

4. *Plectina nipponica* Asano, from sample HS981018, Owada-Shiroyama route, Teradomari Formation.

5. *Miliammina echigoensis* Asano and Inomata, from sample HS002, Goumotogawa route, Shiya Formation.

6. *Epistominella pacifica* (Cushman), from sample HS973081, Ogurogawa route, Sugawa Formation.

7. *Uvigerina akitaensis* Asano, from sample HS973084, Ogurogawa route, Sugawa Formation.

は明らかに古い地層からの再堆積個体とみられる *Cyrtocapsella japonica* (9.9 Ma に消滅) や *Lychnocanoma magnacornuta* (約 11.7~9.1 Ma) が産出しており、また岩相から見ても厚い砂岩層が発達する層準から採取した試料であることから、有孔虫化石年代との不一致は放散虫化石の再堆積によるものと考えられる。

米山地域: 竹ヶ鼻万蔵川の小萱層の Ogp より上位において NPD7B 帯下部 (6.4~5.4 Ma) を示す珪藻化石群集と *S. compressa* の産出が確認されたので、Ogp は 5.4 Ma 以前の地層であることが明らかになった。また、この年代は Ogp のフィッシュントラック年代 (7.7 ± 0.4 Ma; 竹内ほか, 1996) と矛盾しない。このルートでは *M. echigoensis* の産出は認められなかったが、珪藻化石帯の年代を考慮すると、中新統と鮮新統の境界は小萱層上部にあると推定される。

東頸城地域: 細野川、高谷川、小黒川の 3 ルートにおいて *M. echigoensis* の初産出が須川層中に認められ、高谷川ルートにおいては *S. compressa* の終産出も須川層中に認められたため、中新統と鮮新統の境界は須川層中にあると推定される。これは珪藻化石から得られた年代と矛盾しない。また、高谷川ルートにおいて石灰質ナンノ化石と有孔虫化石との間に年代の矛盾が認められたが、石灰質ナンノ化石の産出した地層が土石流堆積物であることから、これを再堆積個体と判断した。また、Iy は *M. echigoensis* Zone 中にあることが明らかとなった。

2. 微化石層序に基づく凝灰岩鍵層の対比

以上の検討結果から、寺泊地域と西山地域の Ndp の年代

は、5.4~5.2 Ma の範囲内にあり、5.2 Ma かそれよりわずかに古い程度と推定され、Gtp の年代は 5.2 Ma かそれよりわずかに新しいと推定された。一方、黒川ほか (1994) や立石ほか (1997)、黒川 (1999) によって Ndp と対比された米山地域 (竹ヶ鼻万蔵川) の Ogp は、珪藻化石から 6.4~5.4 Ma の年代が示された層準よりも層厚にして 200 m 近く下位にあり、最も若く見積もった場合、Ndp と対比される可能性は残されるものの、Ndp よりも古い地層である可能性が高いと考えられる。同じように黒川ほか (1994) や立石ほか (1997) によって Ndp、Ogp と対比された東頸城地域の Iy は、*Miliammina echigoensis* の産出下限 (5.2 Ma かそれよりも新しい) よりも約 800 m 上位にあることから、Ndp よりも新しい地層であると推定され、Ndp には対比されないことが支持される。

3. フィッシュントラック年代と微化石層序

寺泊~西山地域の Ndp と Gtp、および米山地域の Ogp については前述のようにフィッシュントラック年代の測定がなされている。まず、米山地域の Ogp については竹内ほか (1996) により 7.7 ± 0.4 Ma のフィッシュントラック年代が与えられている。今回の微化石層序による Ogp の推定年代値は 5.4 Ma 以前であるということが判明したのみで、フィッシュントラック年代値の信頼性に対して厳密に言及できないが、両者を比較して大きな矛盾はない。

次に Ndp についてであるが、寺泊地域の郷本川において 7.6 ± 0.5 Ma (石油資源開発株式会社社内資料)、西山地域において 6.84 ± 0.50 Ma (小林ほか, 1993) の値が得られてい

る。これら2つの測定値は誤差範囲内で一致しているが、今回の微化石層序に基づく Ndp の推定年代値 (5.4~5.2 Ma) よりも古い年代を示しており、誤差を考慮しても 100 万年以上の隔たりがあるため無視できない。Gtp については、郷本川において 6.5 ± 0.4 Ma (石油資源開発株式会社社内資料) という年代が得られており、これも微化石層序に基づく Gtp の推定年代値 (ほぼ 5.2 Ma) よりも古い年代となっている。このような違いが生じた理由は容易には解決しがたいが、一つの可能性として凝灰岩の再堆積が考えられる。以下その可能性について考察を試みる。

今回の微化石データは各タクサ間で全体として矛盾のない年代を示しているが、一部の試料から明らかに古い年代を示す放散虫化石と石灰質ナノ化石の再堆積群集が認められた。微化石分析に用いた試料には泥質岩を採取するように心がけているが、寺泊層、椎谷層ともタービダイト相が卓越し、海底扇状地-トラフ充填型の堆積相からなること (立石ほか, 1997) を考慮すれば、これらの堆積場にタービダイトの供給源地から微化石の再堆積個体が供給され、時折その一部が現地性の半遠洋性泥質堆積物に混入するか、あるいは泥質タービダイトそのものが供給されてきた可能性は十分に考える。東頸城地域の高谷川において鮮新統中の土石流堆積物から中新世の石灰質ナノ化石が産出したということは、そういった可能性を実証する一例であると考えられる。同様に、凝灰岩層についてもその地層自体が再移動した堆積物であるか、あるいは再堆積粒子が混入しているといったことがありうるのではなからうか。たとえば、Ndp は長野県麻績村に厚く発達する裾花 (高桑) 凝灰岩に対比されると考えられており (黒川, 1999), 裾花凝灰岩からは K-Ar 年代として 6.1 ± 0.4 Ma の値が報告されている (加藤・赤羽, 1986)。この K-Ar 年代は西山地域で得られている Ndp のフィッシュントラック年代と近い。このことは、Ndp から得られたフィッシュントラック年代は後背地 (裾花凝灰岩の供給源) における火成活動の年代を示しており、今回得られた微化石年代が真の堆積年代、すなわち凝灰岩の再堆積した年代を示していると考えられる。同様に、Gtp のフィッシュントラック年代についても再堆積の可能性を考えることで、フィッシュントラック年代と微化石年代との差が生じた原因を理解することができる (付記 1 参照)。

同様のフィッシュントラック年代と微化石年代との食い違いについては、渡辺・檀原 (1996) によって房総半島の上総層群の例が報告されている。彼らはこの食い違いの主な原因を従来の年代測定における年代標準試料に対する較正の不完全さに求めている。ただし、今回問題となった石油資源開発株式会社社内資料による Ndp, Gtp の年代値は前記論文の著者である檀原氏が渡辺・檀原 (1996) の成果を踏まえて測定したものであるため較正については問題がないと考える。

ま と め

新潟県上越~中越地域の中新統と鮮新統の境界部において、放散虫化石・珪藻化石・石灰質ナノ化石・有孔虫化石の微化石層序を検討し、地質年代を明らかにした。その結果、

寺泊地域~西山地域における中新統・鮮新統境界は寺泊層と椎谷層の境界とほぼ一致し、米山地域においては小萱層最上部にあり、東頸城地域においては須川層の中に存在することが判明した。

また、立石ほか (1997) において対比された凝灰岩鍵層、Ndp, Ogp, Iy のうち、Ndp は Ogp より新しい地層である可能性が高く、Iy は Ndp と Ogp よりも新しい地層であると考えられる。

さらに、微化石層序との比較により、従来報告されていたフィッシュントラック年代の幾つかは凝灰岩の再堆積の影響を受けており、その年代値は後背地の地層の年代を示している可能性が出てきた。このことは、フィッシュントラック年代が主要な年代尺度として採用されている新潟地域の中新統~鮮新統の年代層序 (たとえば、小林・立石, 1992) について凝灰岩層が再堆積物である可能性を考慮して検討し直してみる必要があることを示唆している。

最後に、本研究により新潟地域の層序を研究する際には有孔虫以外にも複数のタクサを適切に併用することが有効であることが示された。

付記 1. 郷本川における Ndp および Gtp のフィッシュントラック年代

石油資源開発株式会社の社内資料である、郷本川に露出する凝灰岩鍵層 Ndp および Gtp のフィッシュントラック年代の測定結果を Table 5 に、分析した各粒子の測定結果を Table 6 に示す。年代測定作業は石油資源開発株式会社の発注により株式会社京都フィッシュントラックが行った。なお、フィッシュントラック年代の測定方法は Danhara et al. (1991) にしたがっている。

Ndp については 30 個の結晶を測定しているが、それらのデータのまとまりは悪く、 χ^2 検定に失格する。測定粒子の一部には短縮した自発トラックが含まれるため、外来結晶の混入があるとみなし、古い粒子の順に除外していくと 4 粒子を除外したところで χ^2 検定に合格し、粒子データのまとまりも向上することが判明した。したがって、残る 26 粒子を同一起源に属するものとみなして 7.6 ± 0.5 Ma という年代を採用した。

同様に Gtp については 3 粒子を除外したところで χ^2 検定に合格した。そこで残る 27 粒子を同一起源に属するものとみなして 6.5 ± 0.4 Ma という年代を採用した。

これらのことから明らかなように、Ndp, Gtp とともに外来粒子と考えられるジルコンが混入しており、このことは Ndp や Gtp のフィッシュントラック年代が地層の堆積した年代を示しているのではなく、後背地に存在していた地層の年代を示している可能性があるという本論の結論と矛盾しない。

付記 2. *Spirosigmolinella compressa* Zone と *Miliammina echigoensis* Zone を特徴づける有孔虫

Matsunaga (1963) があげている *Spirosigmolinella compressa* Zone と *Miliammina echigoensis* Zone を特徴づける種のうち、それぞれの化石帯を特徴づける種としては、S.

Fig. 6. Proposed relationship of formations and volcanic ash layers between the different locations based on geologic ages estimated from radiolarian, diatom and foraminiferal zones. Abbreviations of the volcanic ash layers are the same as those in Fig. 1.

compressa Zone では膠着質有孔虫である *Plectina nipponica*, *M. echigoensis* Zone では 石灰質有孔虫である *Epistominella pulchella*, *Uvigerina asanoi*, *U. subperegrina*, *U. urnula shiiaensis* があげられる。ただしこれらの種には最新の分類に従うと多少修正して用いるべき点がある。すなわち、Matsunaga (1963) が *Plectina nipponica* としている種には *Plectina nipponica* の他に少なくとも *Karrerulina coniformis*, *Karrerulina conversa* の 2 種が含まれることが、石油資源開発株式会社技術研究所に保管されている松永氏作成の有孔虫標本を再同定した結果判明している。また、

Epistominella pulchella は *E. pacifica* の新参同種異名である (Ujiie et al., 1983) ので、*E. pacifica* を用いるべきである。さらに、Matsunaga (1963) の *Uvigerina asanoi*, *U. urnula shiiaensis*, *U. subperegrina* は現在ではすべて *U. akitaensis* に同定される (Aoki, 1965 ; Inoue, 1989)。以上をまとめると、*S. compressa* Zone を特徴づける要素としては *K. coniformis*, *K. conversa* および *P. nipponica* の 3 種、*M. echigoensis* Zone を特徴づける要素としては *Epistominella pacifica* と *Uvigerina akitaensis* の 2 種があげられる。

Table 5. Results of fission-track dating.

Sample	n	Spontaneous		Induced		Dosimeter		P (χ^2) (%)	r	U- content (ppm)	FT age $\pm 1\sigma$ (Ma)	Method
		ρ_s ($\times 10^5 \text{ cm}^{-2}$)	(Ns)	ρ_i ($\times 10^6 \text{ cm}^{-2}$)	(Ni)	ρ_d ($\times 10^4 \text{ cm}^{-2}$)	(Nd)					
Ndp (exclude 4 particles) (all particles)	26	6.68	(277)	2.63	(1093)	8.07	(2481)	57	0.869	260	7.6 $\pm$ 0.5	ED2
	30	8.60	(402)	2.56	(1199)	8.07	(2481)	0	0.178	250	10.1 $\pm$ 0.6	ED2
Gtp (exclude 3 particles) (all particles)	27	7.29	(385)	3.36	(1777)	8.08	(2482)	46	0.950	330	6.5 $\pm$ 0.4	ED2
	30	7.33	(476)	3.05	(1979)	8.08	(2482)	0	0.935	300	7.2 $\pm$ 0.4	ED2

(1) n is the number of crystals counted.

(2) ρ and N are the density and the total number of fission tracks counted, respectively.

(3) Analysis were made by the external detector method using geometry factor of 1 for $2\pi/2\pi$.

(4) NIST-SRM612 standard glass was used for thermal neutron dosimeter.

(5) Samples were irradiated at TRIGA MARK II nuclear reactor of St. Paul's (Rikkyo) University, Japan.

(6) P (χ^2) is the probability of obtaining the χ^2 -value for ν degrees of freedom (where $\nu = n-1$).

(7) r is the correlation coefficient between ρ_s and ρ_i .

(8) Ages were calculated using standard equation: Age = $\ln(1 + \lambda_a \cdot \zeta_{\text{ED2}} \cdot g \cdot \rho_s \cdot \rho_d / \rho_i) / \lambda_a$, and age calibration factor $\zeta_{\text{ED2}} = 372 \pm 5$ (Danbara et al., 1991).

(9) λ_a is total decay constant of ^{238}U : $\lambda_a = 1.55125 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$.

謝 辞

石油資源開発株式会社には本論文の公表を許可していただいた。同社栗田裕司博士および秋葉文雄氏には原稿を読んでいただいた。University of Southern Mississippi の Charlotte A. Brunner 博士には英文を修正していただいた。地球科学総合研究所の馬場 敬博士には新潟地域の地史についてご教示いただいた。なお、石油資源開発株式会社の三浦亜洋子様、ならびに稲葉敬子様、桑島祥子様、松本由美子様には微化石試料の前処理においてお世話になった。石油資源開発株式会社の高野 修博士にはテフラの露頭を案内して頂き、地質調査所の徳橋秀一博士には郷本川ルートに関する柱状図、露頭写真などの資料を快く提供していただいた。以上の方々にお礼申し上げる。

放散虫化石の分析にあたっては、文部省科学研究費補助金(12740292)の一部を使用した。

文 献

- 秋葉文雄, 1987, 佐渡島中山峠セクションの新第三系珪藻化石層序, および「船川遷移面」(山野井, 1978)との関係. 佐渡博物館研報, no. 9, 85-101.
- Aoki, N., 1965, Pliocene and Pleistocene uvigerinid foraminifera from the Boso and Miura Peninsulas. *Sci. Rep. Saitama Univ.*, ser. B, 5, p. 49-63.
- 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., *Chronology, time scales and global stratigraphic correlation*, SEPM Spec. Publ., no. 54, 129-212.
- Cande, S. and Kent, D. V., 1995, Revised calibration of geomagnetic (polarity) time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Jour. Geophys. Res.*, 100, 6093-6095.
- 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.
- Hilgen, F., 1991, Extension of the astronomically calibrated polarity time scale to the Miocene/Pliocene boundary. *Earth Planet. Sci. Lett.*, no. 107, 349-368.
- 花方 聡・本山 功・三輪美智子, 2001, 日本海地域における底生有孔虫 *Spirogoniatina compressa* の消滅と *Miliammina echigoensis* の出現の年代およびその古海洋学的意義—中新世〜鮮新世の海水準変動との関連—. 地質雑, 107, 101-116.
- Inoue, Y., 1989, Northwest Pacific foraminifera as paleoen-

vironmental indicators. *Sci. Rep. Tsukuba Univ., Inst. Geosci.*, sec. B (Geol. Sci.), 10, p. 57-162.

- 加藤硯一・赤羽貞幸, 1986, 長野地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 120 p.
- 小林巖雄・立石雅昭, 1992, 新潟地域における新第三系の層序と新第三系古地理. 地質学論集, no. 37, 53-70.
- 小林巖雄・立石雅昭・植村 武, 1993, 出雲崎地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 91 p.
- 黒川勝己, 1999, 新潟地域における七谷層〜魚沼層群の火山灰層序. 石油技誌, 64, 80-93.
- 黒川勝己・石山紀子・藤原啓美・渡辺由美子, 1992, 新潟県西山油帯の地質—特にテフラ鍵層からみた西山層と灰爪層の不整合関係について—. 新潟大学教育学部紀要, 33, 101-163.
- 黒川勝己・潤間新一・佐藤正隆・吉田祐介・島田律子・富田裕子, 1994, 新潟地域における金谷凝灰岩の対比—西頸城地域から中越地域にわたる寺泊層最上部層準の指標—. 新潟大学教育学部紀要, 35, 155-178.
- 黒川勝己・高橋浩代・青野直子・阿部祐子・飯塚絹子・菅原直美・地野加津子, 1987, 新潟県西山油帯北部における椎谷層・西山層中の水底堆積テフラ. 新潟大学教育学部紀要, 29, 1-14.
- 米谷盛寿郎, 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.
- 米谷盛寿郎・井上洋子, 1973, 微化石研究のための効果的岩石処理法について. 化石, no. 25-26, 87-96.
- Matsunaga, T. 1963, Benthonic smaller foraminifera from the oil fields of northern Japan. *Sci. Repts. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol.)*, 35, 67-122.
- 宮下美智夫・三梨 昂, 1974, 寺泊地区の地質層序について. 地調報告, 250-1, 51-66.
- Motoyama, I., 1996, Late Neogene radiolarian biostratigraphy in the subarctic Northwest Pacific. *Micropaleontology*, 42, 221-262.
- 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系珪藻・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.
- 村松敏雄・柳澤浩一, 1990, 東頸城郡安塚町菱ヶ岳北西部の第三系. 新潟県地学研究会誌, 24, 41-50.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗・亀尾浩司, 1988, 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序 (その 4). 石油技誌, 53, 13-491.
- Sato, T. and Kameo, K., 1996, Pliocene to Quaternary calcareous nannofossil biostratigraphy of the Arctic Ocean, with reference to Late Pliocene glaciation. *Proc. ODP Sci. Results.*, 151, College Station, TX (Ocean Drilling Program), 39-59.
- 佐藤時幸・亀尾浩司・三田 勲, 1999, 石灰質ナンノ化石による後期新生代地質年代の決定精度とテフラ層序. 地球科学, 53, 265-274.
- 鈴木尉元・三梨 昂・宮下美智夫・影山邦夫・島田忠夫, 1974, 新潟

Table 6. Fission-track dating data from each zircon crystal of sample of the Natsudo Pumice Tuff (Ndp) and the Goumoto Pumice Tuff (Gtp).

Ndp								Gtp							
No.	Ns	Ni	S (X 10 ⁵ cm ²)	ρ s (X 10 ⁵ cm ²)	ρ i (X 10 ⁵ cm ²)	Ns/Ni	T (Ma)	No.	Ns	Ni	S (X 10 ⁵ cm ²)	ρ s (X 10 ⁵ cm ²)	ρ i (X 10 ⁶ cm ²)	Ns/Ni	T (Ma)
1	12	16	1.11	10.81	1.44	0.75	22.49	1	2	11	0.74	2.70	1.49	0.18	5.46
2	27	108	6.45	4.19	1.67	0.25	7.51	2	34	155	1.38	24.64	11.23	0.22	6.59
3	6	35	0.92	6.52	3.80	0.17	5.15	3	17	23	2.48	6.85	0.93	0.74	22.18
4	24	72	1.94	12.37	3.71	0.33	10.01	4	2	16	0.74	2.70	2.16	0.13	3.76
5	9	42	1.29	6.98	3.26	0.21	6.43	5	3	20	1.38	2.17	1.45	0.15	4.51
6	4	16	0.55	7.27	2.91	0.25	7.51	6	15	68	4.61	3.25	1.48	0.22	6.63
7	4	17	1.84	2.17	0.92	0.24	7.06	7	4	34	2.77	1.44	1.23	0.12	3.53
8	5	43	1.84	2.72	2.34	0.12	3.49	8	24	51	4.61	5.21	1.11	0.47	14.13
9	13	55	1.66	7.83	3.31	0.24	7.10	9	5	20	0.65	7.69	3.08	0.25	7.51
10	4	26	1.84	2.17	1.41	0.15	4.62	10	84	402	3.69	22.76	10.89	0.21	6.28
11	4	10	0.55	7.27	1.82	0.40	12.00	11	5	13	0.92	5.43	1.41	0.38	11.55
12	7	10	1.38	5.07	0.72	0.70	20.99	12	2	20	0.92	2.17	2.17	0.10	3.00
13	7	18	1.66	4.22	1.08	0.39	11.67	13	1	20	1.38	0.72	1.45	0.05	1.50
14	9	28	1.11	8.11	2.52	0.32	9.65	14	2	23	1.84	1.09	1.25	0.09	2.61
15	41	124	2.77	14.80	4.48	0.33	9.92	15	50	128	4.98	10.04	2.57	0.39	11.73
16	0	6	0.83	0.00	0.72	0.00	0.00	16	20	60	1.84	10.87	3.26	0.33	10.01
17	7	40	1.48	4.73	2.70	0.18	5.25	17	14	71	4.61	3.04	1.54	0.20	5.92
18	60	16	0.83	72.29	1.93	3.75	111.67	18	3	9	0.83	3.61	1.08	0.33	10.01
19	3	13	1.11	2.70	1.17	0.23	6.93	19	3	13	1.11	2.70	1.17	0.23	6.93
20	27	140	2.58	10.47	5.43	0.19	5.79	20	10	72	4.61	2.17	1.56	0.14	4.17
21	3	12	0.55	5.45	2.18	0.25	7.51	21	48	267	3.32	14.46	8.04	0.18	5.40
22	4	6	0.83	4.82	0.72	0.67	19.99	22	27	94	1.11	24.32	8.47	0.29	8.63
23	5	29	2.77	1.81	1.05	0.17	5.18	23	7	28	1.48	4.73	1.89	0.25	7.51
24	35	65	1.84	19.02	3.53	0.54	16.15	24	4	24	0.92	4.35	2.61	0.17	5.01
25	21	65	1.29	16.28	5.04	0.32	9.70	25	21	100	3.69	5.69	2.71	0.21	6.31
26	8	36	1.11	7.21	3.24	0.22	6.67	26	7	29	2.21	3.17	1.31	0.24	7.25
27	4	15	0.74	5.41	2.03	0.27	8.01	27	44	137	1.84	23.91	7.45	0.32	9.64
28	24	98	1.66	14.46	5.90	0.24	7.35	28	4	29	1.48	2.70	1.96	0.14	4.14
29	7	29	0.74	9.46	3.92	0.24	7.25	29	6	22	1.38	4.35	1.59	0.27	8.19
30	18	9	1.48	12.16	0.61	2.00	59.80	30	8	20	1.38	5.80	1.45	0.40	12.01

T is apparent geologic ages for each crystal. For other abbreviations, see legend of Table 5.

県西山・中央油帯の地質。地調報告, 250-1, 67-95.
 高野 修, 1990, 北部フォッサマグナ新第三系田麦川累層のトラフ充填タービダイトの形成過程。地質雑, 96, 1-17.
 高野 修・松村敏雄・小林巖雄, 1989, 新潟県東頸城地域北部の中新・鮮新統の層序と年代。石油技誌, 54, 269-280.
 竹内圭史・加藤碩一, 1994, 高田東部の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 67 p.
 竹内圭史・吉村尚久・加藤碩一, 1996, 柿崎地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 48 p.
 立石雅昭・高野 修・高島 司・黒川勝巳, 1997, 北部フォッサマグナ新生界の粗粒堆積物の堆積システムと後背地。石油技誌, 62, 35-44.
 徳橋秀一・石原与四郎・宮田雄一郎, 1999, 新潟堆積盆地西山油帯郷本川沿いの新第三系タービダイト・サクセッションの堆積学的・

数理工学的解析。地調月報, 50, 27-48.

Ujiié, H., Ichikura, M. and Kurihara, K., 1983, Quaternary benthonic foraminiferal changes observed in the Sea of Japan Piston Cores. *Bull. Nat. Sci. Mus. Ser. C. (Geol. and Paleo.)*, 9, 41-78.
 渡辺其久男, 1976, 新潟県頸城地域の含油新第三系の有孔虫化石層序。新潟大地鉦研究報告, no. 4, 179-190.
 渡辺正人・檀原 徹, 1996, 房総半島上総層群のフィッシュ・トラック年代。地質雑, 102, 545-556.
 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)

花方 聡・本山 功・平松 力・渡邊和恵・辻 隆司, 2001, 新潟県上越～中越地域における中新統・鮮新統境界部の微化石層序, 地質雑, 107, 565-584. (Hanagata, S., Motoyama, I., Hiramatsu, C., Watanabe, K. and Tsuji, T., 2001, Biostratigraphy of the Miocene/Pliocene boundary sections in the Jouetsu-Chuetsu district, Niigata Prefecture, northeastern Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 107, 565-584.)

新潟県上越～中越地域の中新統と鮮新統の境界部において, 放散虫化石・珪藻化石・石灰質ナンノ化石・有孔虫化石の微化石層序を検討した。その結果, 寺泊地域～西山地域における中新統・鮮新統境界の層準は寺泊層と椎谷層の境界にほぼ一致し, 米山地域においては小萱層最上部にあり, 東頸城地域においては須川層中に存在することが明らかになった。微化石層序との対応から, 同一層準に対比されている凝灰岩鍵層の夏戸パミス質凝灰岩 (Ndp), 小萱パミス質凝灰岩 (Ogp), 入山川凝灰岩 (Iy) は, 層序学的に下位より Ogp, Ndp, Iy の順に堆積している可能性が高いことが判明した。また, 従来報告されたフィッシュ・トラック年代は再堆積の影響を強く受けている可能性があることを指摘した。