

新潟県片貝ガス田における *Globorotalia inflata* bed

加藤 進¹・井上洋子²・渡辺其久男³

¹ 石油資源開発株式会社

² 井上パレオ・ラボ

³ 渡辺技術士事務所

Globorotalia inflata bed in the Katakai gas field, Niigata Prefecture, Japan

Susumu Kato¹, Yoko Inoue² and Kikuo Watanabe³

¹ Japan Petroleum Exploration Co., Ltd. ² Inoue paleo-lab ³ Watanabe consulting engineer office

Abstract

Globorotalia inflata is a key species in Neogene back-arc sequences in Japan and three stratigraphic horizons containing abundant *G. inflata*, which are named No. 3, No. 2 and No. 1 *Globorotalia inflata* beds, are recognized.

The horizons including *G. inflata* from five wells drilled in the Katakai gas field, Niigata Prefecture, are correlated with No. 3 *Globorotalia inflata* bed based on occurrence of *G. orientalis* and *G. praeinflata*, coiling direction of *Neogloboquadrina pachyderma* and coexistence of *N. asanoi*, *N. kagaensis* or *Orbulina universa*.

Planktonic foraminiferal assemblages from wells show that the andestic volcanism is active from the Shiya to Nishiyama stages and its ending age become younger northward. Also benthic foraminiferal assemblages show the depositional environment in near top of andesites become shallower northward. Molluscan assemblages in cores collected from Katakai SK-22, which are mainly composed of cold-water species, indicate a rapid change from littoral to shallow marine environment.

Key words: No. 3 *Globorotalia inflata* bed, Katakai gas field, Nishiyama stage, andesite, foraminiferal assemblage, molluscan assemblage

1. はじめに

岩佐（1955）は秋田県男鹿半島脇本層基底から *Globorotalia inflata* の産出を報告し、この種が東北日本日本海側の油田地域全域の広域対比に利用できることを示唆した。Maiya et al. (1976) は本種を *Globorotalia orientalis*, *Globorotalia inflata praeinflata*, *Globorotalia inflata inflata* の3種ないし亜種に細分し、これらは進化系列上にあると考えた*。また、米谷（1978）は *Globigerina pachyderma* (dextral) / *Globorotalia orientalis* Zone (PF 7) 中に2つの *Globorotalia inflata* 多産層準があり、下位より No. 3 *Globorotalia inflata* bed, No. 2 *Globorotalia inflata* bed と呼ばれ、地層対比の有効な鍵層として広く追跡されてきたと述べている。

No. 3 *Globorotalia inflata* bed は新潟地域の多くの坑井で確認されているが、新保ほか（1979）が指摘しているようにその認定にはまだ幾つかの問題が残っている。渡辺・山田（1986）は片貝ガス田の西山層中に No. 2 および No. 3 *Globorotalia inflata* bed を認定しており、それぞれ底生有孔虫化石群集が異なることを指摘している。しかしながら、著者らがこれらの *Globorotalia inflata* bed を再検討したところ、いずれも No.

3 *Globorotalia inflata* bed であることが判明し、従来の考え方を改める必要が生じてきた。本稿では、No. 3 *Globorotalia inflata* bed と認定した根拠と底生有孔虫化石群集から推定されるこの層準の古環境について報告する。

* 以下では3種ないし亜種はそれぞれ *G. orientalis*, *G. praeinflata*, *G. inflata inflata* と記述し、*G. inflata* は進化系列グループに対し用いる。

2. No. 2 *Globorotalia inflata* bed と No. 3 *Globorotalia inflata* bed の認定

米谷（1978）は、No. 3 *Globorotalia inflata* bed では *G. orientalis*, *G. praeinflata* が多産するが、*G. inflata inflata* は全く産出しないのに対し、No. 2 *Globorotalia inflata* bed には *G. praeinflata*, *G. inflata inflata* が多産し、*G. orientalis* は産出しないことを指摘した。また、No. 3 *Globorotalia inflata* bed の最上部または直上には *Neogloboquadrina asanoi* が多産し、*N. kagaensis* が随伴するのに対し、No. 2 *Globorotalia inflata* bed の直下ないしその中には *N. kagaensis* と *N. himiensis* が産出し、

N. asanoi はほとんど産出しないと述べている。

渡辺（1977）は No. 2 と No. 3 *Globorotalia inflata* bed との間に “*Globoquadrina* bed” があり、この bed は *N. kagaensis* が多く、*N. himiensis* は比較的少ないことを指摘している。さらに、底生有孔虫化石との関係では、No.2 *Globorotalia inflata* bed は *Oridorsalis umbonatus* の急減する直下に認められ、“*Globoquadrina* bed” より下位には *Cribrostomoides* cf. *evoluta* や *Cyclamina pusilla* が優勢に産出し、No. 3 *Globorotalia inflata* bed の上限から *Martinottiella communis* が多産し、*Bolivinita quadrilatera* や *Melonis nicobarense* などの特徴的な産出があると述べている。

新保ほか（1979）は、北太平洋深海底コアでは “*Globorotalia inflata*” の産出区間が2つの datum plane を境にして3分され、従来の各 *Globorotalia inflata* bed は各区間の単なる一層準を示していることから、各々の peak zone (bed) の対比は地域性並びに底生有孔虫化石や物理検層カーブを考慮して行うべきであることを強調している。2つの datum plane とは、*G. orientalis* の連続多産上限と *N. asanoi* の消滅とが一致する層準と、*G. praeinflata* の連続多産上限と *N. pachyderma* の巻方向が右巻（D）個体優占から左巻（S）個体優占に変換する層準が概ね一致する層準である。前者は日本海側の陸域では認定が困難であるが、後者の巻方向の変化はマーカー A に相当する（新保ほか，1979）。

守屋（1995）は *N. pachyderma* の巻方向に注目して、北蒲原地域の西山層～灰爪層を下位から、SD-1 帯から SD-4 帯の4化石帯に区分している（第1図）。No. 3 *Globorotalia inflata* bed が認められる SD-1 帯は全体として *N. pachyderma* の産出個体数が少なく、右巻が優勢であることで特徴づけられる。

その上位の SD-2 帯は SD-1 帯に比較して左巻個体の比率が高く、上部に *Neogloboquadrina asanoi* bed が認められる場合がある。SD-3 帯は全体として右巻優勢で No. 2 *Globorotalia inflata* bed が認められる。最上位の SD-4 帯は顕著な左巻優占帯で、産出個体が一般に多い。SD-3 帯と SD-4 帯の境界がマーカー A に相当している。

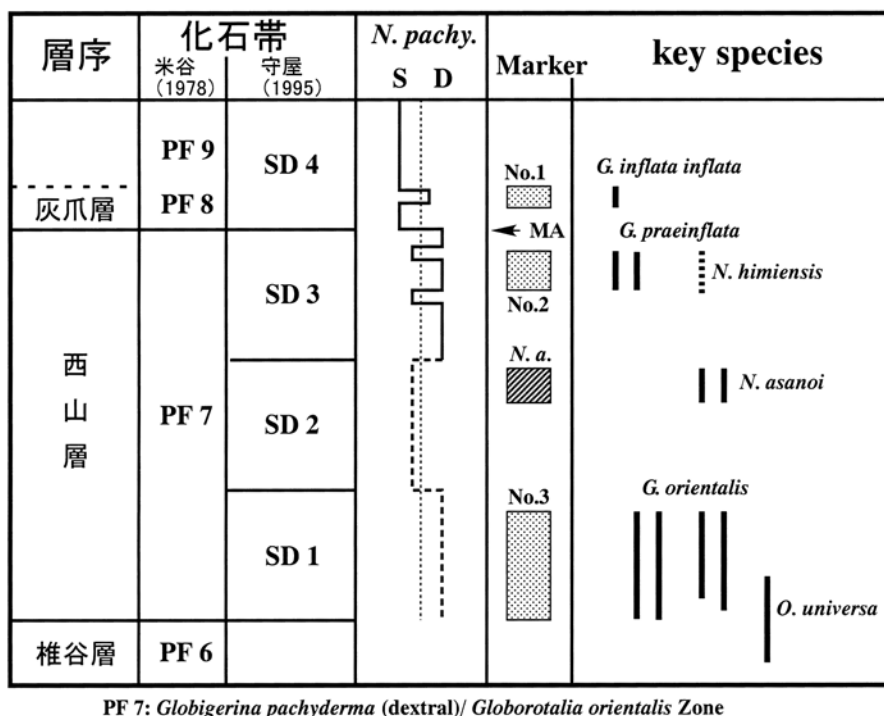
3. 片貝地域の *Globorotalia inflata* bed

長岡地域の地下には主に椎谷期から西山期に噴出した火山岩類が厚く発達しており、その最上部は幾つかの地域でガス層となっている。片貝ガス田では、このガス層は1000m層と呼ばれ、火山岩類は普通輝石～しそ輝石安山岩から主になり、層厚は約400mであり、その直上には安山岩質砂岩が発達している（井上，1965）。

渡辺・山田（1986）が No. 2 *Globorotalia inflata* bed と認定した *G. inflata* の多産帯は東翼部に掘削された片貝 SK-7D で認められ、No. 3 *Globorotalia inflata* bed とした *G. inflata* の多産帯は南方に掘削された小千谷 SK-3 に認められる（第2図）。

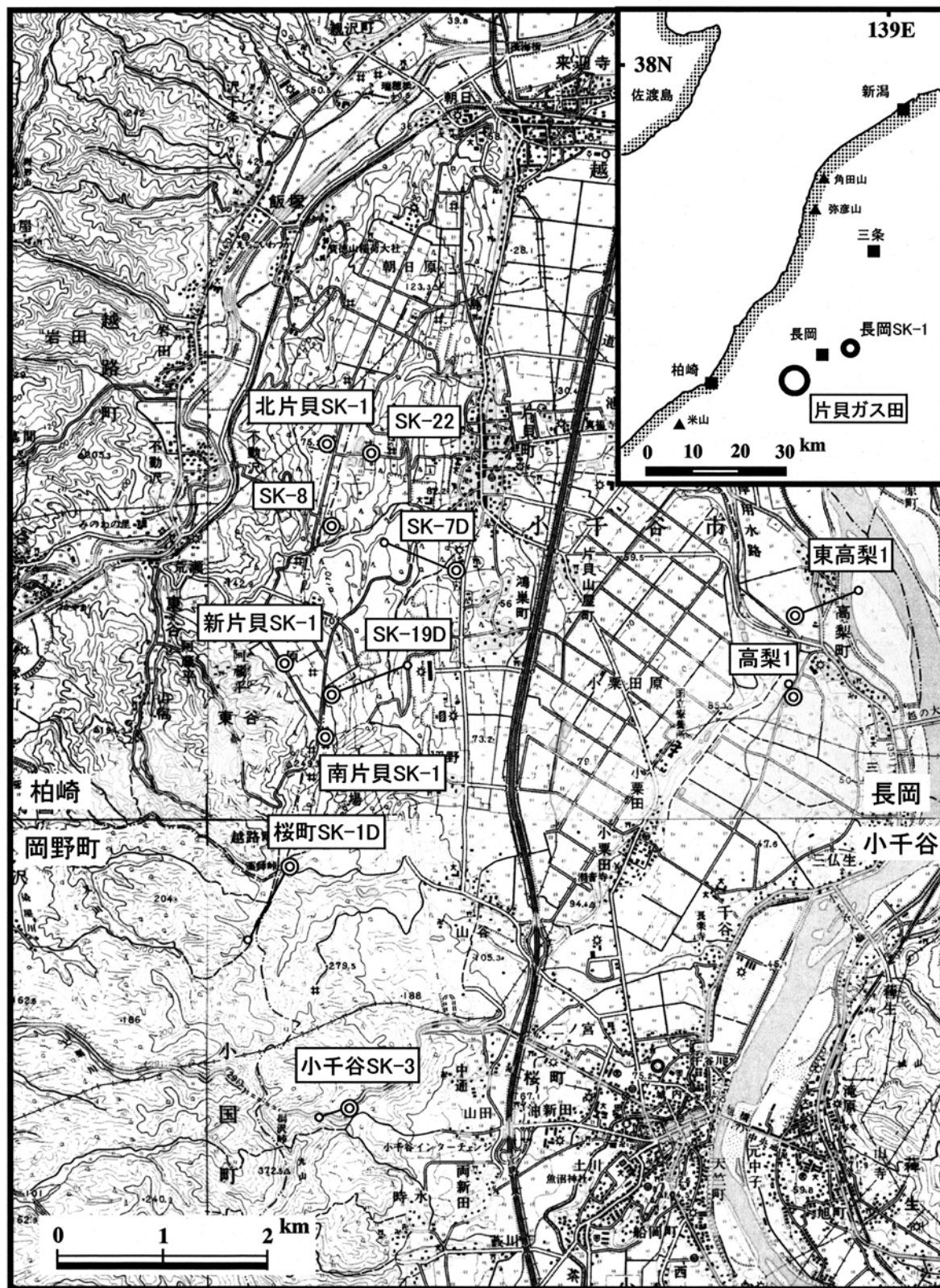
小千谷 SK-3 の深度1,000～1,800m間の主な浮遊性有孔虫化石の産状を第3図に示す。この坑井では *G. inflata* や “*Globoquadrina conglomerata*” の細分（Maiya et al., 1976）は行われていないが、*G. inflata* の連続多産する深度1,280～1,480m間が No. 3 *Globorotalia inflata* bed として認定されている。No. 3 *Globorotalia inflata* bed の下部から下位にかけて *Orbulina universa* が産出している。

片貝 SK-7D の深度1,300～1,700m間の主な浮遊性有孔虫化石の産状を第4図に示す。深度1,400～1,560m間で *G.*



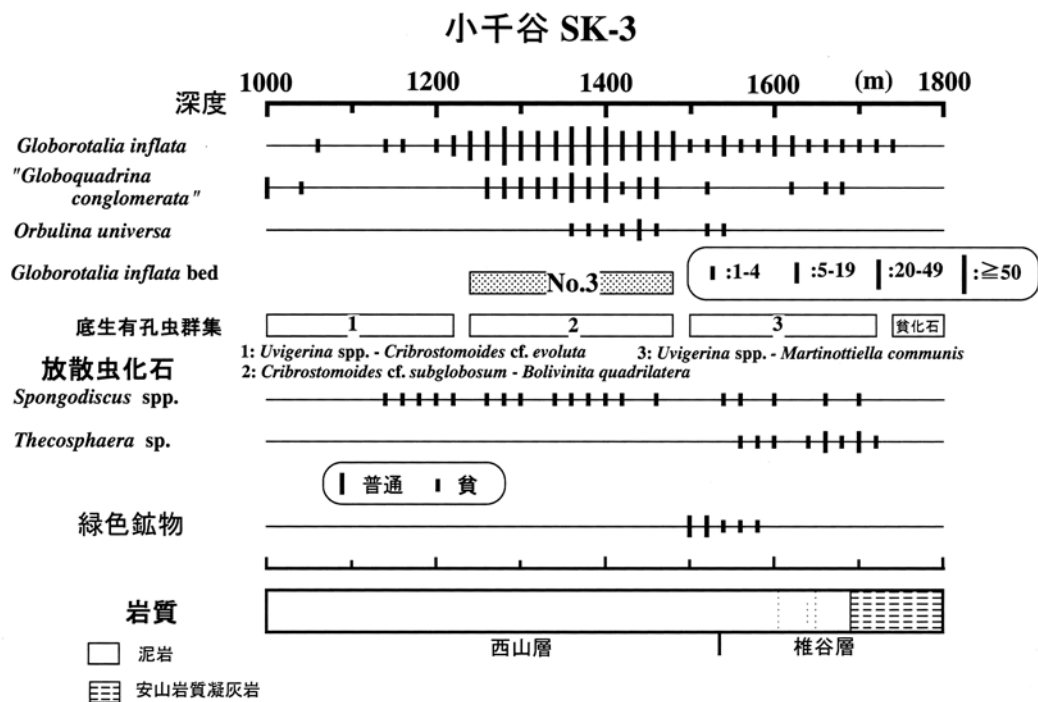
第1図. 新潟新第三系上部の標準層序と浮遊性有孔虫化石。

Fig. 1. Stratigraphy and planktonic foraminifera of upper Neogene in Niigata Prefecture.



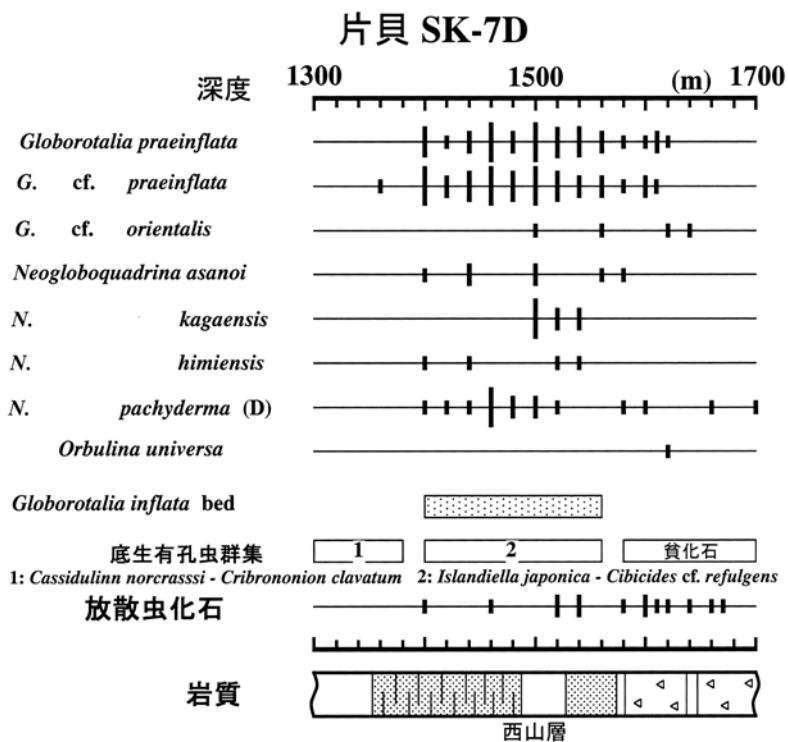
第2図. 坑井位置図.

Fig. 2. Index map showing well locations in and around the Katakai gas field.



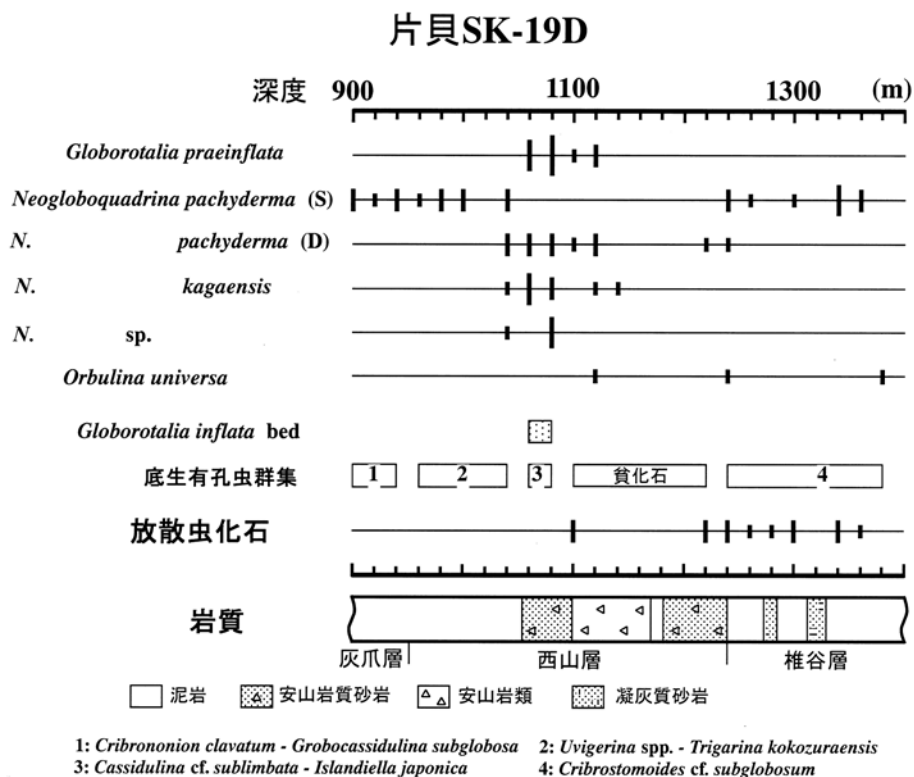
第3図. 小千谷 SK-3 の浮遊性有孔虫化石の産状。

Fig. 3. Stratigraphic distribution of selected planktonic foraminiferal species in the Ogiya SK-3 well.



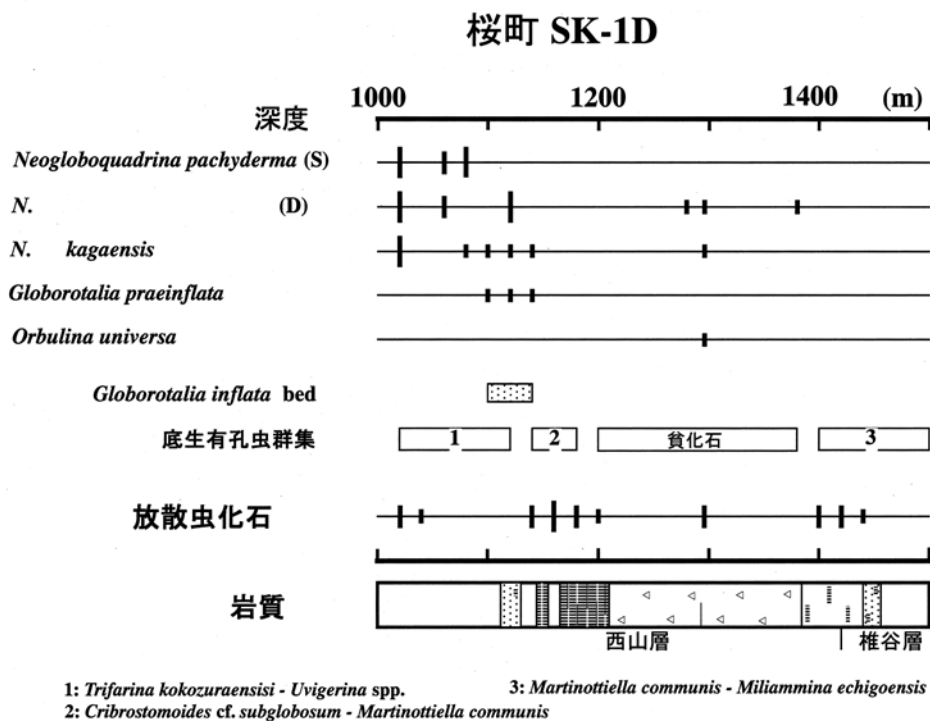
第4図. 片貝 SK-7D の浮遊性有孔虫化石の産状。

Fig. 4. Stratigraphic distribution of selected planktonic foraminiferal species in the Katakai SK-7D well.



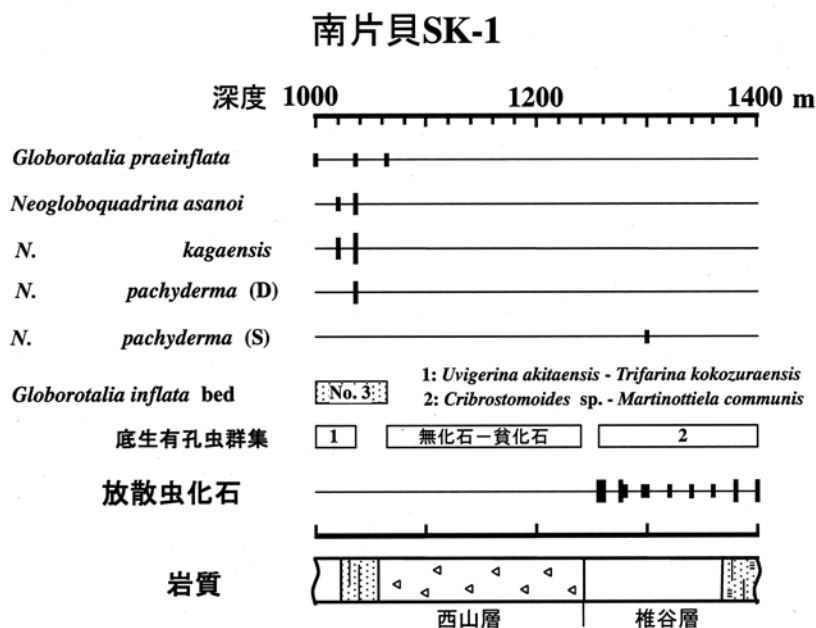
第5図. 片貝SK-19Dの浮遊性有孔虫化石の産状。

Fig. 5. Stratigraphic distribution of selected planktonic foraminiferal species in the Katakai SK-19D well.



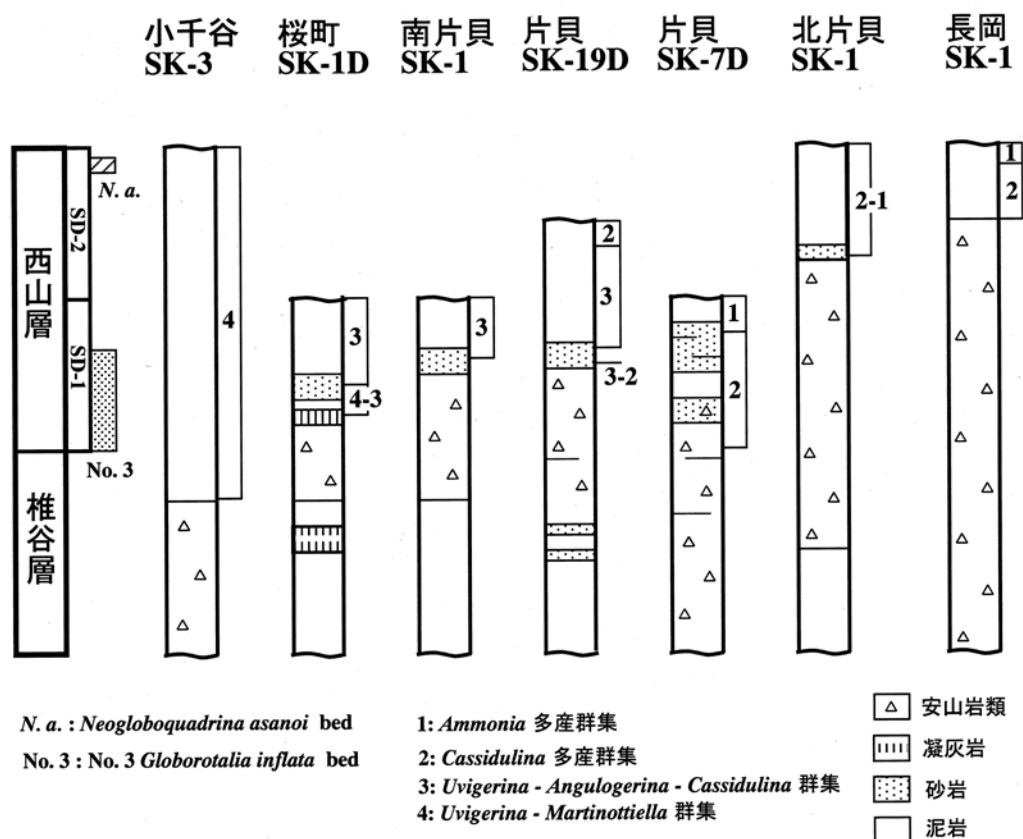
第6図. 桜町SK-1Dの浮遊性有孔虫化石の産状。

Fig. 6. Stratigraphic distribution of selected planktonic foraminiferal species in the Sakuramachi SK-1D well.



第7図. 南片貝 SK-1 の浮遊性有孔虫化石の産状。

Fig. 7. Stratigraphic distribution of selected planktonic foraminiferal species in the Minami-kataikai SK-1 well.



第8図. 浮遊性有孔虫化石に基づく安山岩類上限付近の層準と堆積環境。

Fig. 8. Stratigraphic horizons based on planktonic foraminifera and depositional environments around top of andesites.

inflata グループが連続多産している。この区間の浮遊性有孔虫化石群集の特徴は、1) *G. praeinflata* が主体であり、*G. cf. orientalis* を若干伴う、2) *N. pachyderma* の産出は比較的少ないが、すべて右巻である、3) *N. asanoi* を伴う、である。この区間の直下には *Orbulina universa* が産出することから、この多産帯は No. 3 *Globorotalia inflata* bed に対比すべきである。

片貝 SK-19D は前述の 2 坑井の間に位置しており、浮遊性有孔虫化石が比較的多産している（第 5 図）。深度 1,060m と 1,080m の 2 試料では *G. praeinflata* と *N. kagaensis* が多産しており、*N. pachyderma* は右巻である。また、深度 1,120m には *Orbulina universa* が認められる。したがって、深度 1,060 ~ 1,080m 間は *G. orientalis* は産出していないが、No. 3 *Globorotalia inflata* bed に対比される。深度 900 ~ 1,000m 間には個体数は少ないが、*N. pachyderma* の左巻のみが産出しており、守屋（1995）の SD-2 帯に相当すると考えられる。一方、深度 1,240m 以深では *Orbulina universa* が産出し、個体数は少ないが *N. pachyderma* は左巻である。このような群集は寺泊町郷本川の椎谷層下部で認められており（三輪・一ノ関、1997）、片貝 SK-8 などの椎谷層の浮遊性有孔虫化石群集と同じである。

桜町 SK-1D では深度 1,100 ~ 1,140m 間に僅かであるが *G. praeinflata* が産出している（第 6 図）。*N. kagaensis* を伴い、*N. pachyderma* の右巻も産出していることから、この区間は No.

3 *Globorotalia inflata* bed に相当すると推定される。上位の 1,020 ~ 1,080m 間は *N. pachyderma* の巻方向に一貫性がなく、*N. kagaensis* が深度 1,020m で比較的多産していることから、SD-2 帯に相当すると考えられる。下位の深度 1,295m には *Orbulina universa* が産出している。

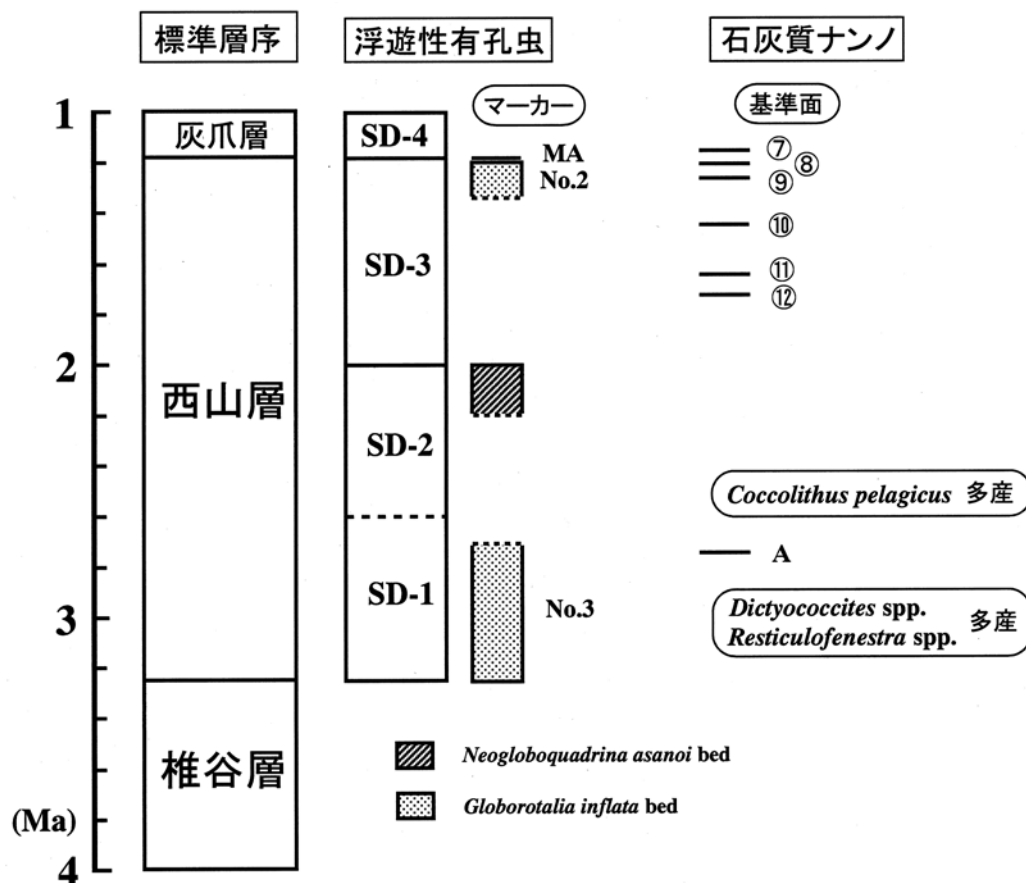
南片貝 SK-1 でも深度 1,000 ~ 1,065 m 間に *G. praeinflata* が僅かに産出している（第 7 図）。深度 1,019m と 1,035m には *N. kagaensis* が多産し、*N. asanoi* も認められる。*N. pachyderma* は深度 1,035m に右巻が認められるのみであることから、少なくとも深度 1,035m は No. 3 *Globorotalia inflata* bed に相当すると推定される。

以上のように、片貝ガス田の 5 坑井で認められる *G. inflata* の産出区間はいずれも No. 3 *Globorotalia inflata* bed に相当していると考えられる。

4. 考察

4.1 微化石による安山岩類の層準

坑井の有孔虫化石調査では有孔虫化石以外に放散虫化石や green mineral（おそらく海緑石；青柳、1965）などの産状も調査されている。放散虫化石は、小千谷 SK-3 では No. 3 *Globorotalia inflata* bed の直上から椎谷層上部にかけて連続的に産出しており、椎谷層は *Thecosphaera* sp. の産出で特徴づ



第 9 図. 浮遊性有孔虫マーカーと石灰質ナanno化石基準面の関係。

Fig. 9. Relationship between planktonic foraminiferal markers and calcareous nannofossil datums.

けられる(第4図)。片貝SK-19Dでも椎谷層上部には放散虫化石が連続的に産出している(第5図)。その他桜町SK-1D(第6図)、南片貝SK-1(第7図)、新片貝SK-1、片貝SK-8、片貝SK-7Dなどすべての坑井で放散虫化石が連続的に産出している区間が認められる。これらの区間では稀に*Orbulina universa*や左巻の*N. pachyderma*が産出することから、椎谷層と推定される。

片貝SK-19Dでは、No. 3 *Globorotalia inflata* bed(ほぼSD-1帯に相当)の上位に個体数は多くないが左巻の*N. pachyderma*の産出で特徴づけられるSD-2帯が認められる。SD-2帯は新片貝SK-1、片貝SK-8、北片貝SK-1でも認められるが、南片貝SK-1や桜町SK-1Dでは未調査である。

安山岩類と浮遊性有孔虫化石との関係を第8図に示す。安山岩類は、小千谷SK-3ではNo. 3 *Globorotalia inflata* bedより下位の椎谷層に発達しているが、桜町SK-1Dより北では西山層にも発達しており、その上限の年代は北に向かって若くなっている。

三輪ほか(2002)によれば、No. 3 *Globorotalia inflata* bedは珪藻化石帯(Yanagisawa and Akiba, 1988)のNPD8～NPD9に対比され、その上限は*Neodenticula kamtschatica*の消滅層準(2.76-2.7 Ma)より上位に在り、その下限は*N. koizumii*の急増層準(3.0-3.1 Ma)より下位で、*N. koizumii*の出現層準(3.5-3.9 Ma)より上位に在る。また、古地磁気層序に基づく年代値を加えた堆積速度曲線から、No. 3 *Globorotalia inflata* bedの基底の年代は約3.25 Maと見積もられている(第9図)。

片貝の東方に掘削された高梨-1や東高梨-1では、安山岩類の上位にNo. 2 *Globorotalia inflata* bedが存在し、地表の野辺川ルートの中層にも追跡できると考えられていた(佐々木・工藤, 1987)。しかしながら、火山灰の対比から牛ヶ首層の年代は2～2.5Maの範囲内にあると推定されており(黒川, 1999)、No. 2 *Globorotalia inflata* bedの年代よりも明らかに古く、*N. asanoi* bedからNo. 3 *Globorotalia inflata* bedにかけての層準に相当している(第9図)。したがって、この*Globorotalia inflata* bedもNo. 3 *Globorotalia inflata* bedである可能性があり、再検討が必要である。

長岡SK-1では安山岩類の直上の深度1,600～1,700mに浮遊性有孔虫が産出している(第10図)。*G. praeinflata*は深度1,600mに1個体のみ認められる。深度1,700mには*N. kagaensis*や*N. himienseis*が産出しており、*N. pachyderma*はこの深度では右巻がやや優勢であるが、上位では左巻が優勢である。したがって、この区間はおそらくSD-2帯に対比される。このことは石灰質ナンノ化石からも支持される。石灰質ナンノ化石は深度1,520～1,707m間に比較的産出しており、*Coccolithus pelagicus*と*Helicosphaera sellii*の多産および*Dictyococcites productus*, *Gephyrocapsa* spp. (small), *Reticulofenestra* spp.の産出で特徴づけられる。この群集はNo. 3 *Globorotalia inflata* bedに認められる*Reticulofenestra* spp.-*Dictyococcites productus*群集(平松, 1991)とは異なっており、また*Gephyrocapsa*属は*Gephyrocapsa* spp. (small)のみであることから、対比基準面⑫(Sato and Takayama, 1992)よりは下位である。佐藤ほか(1999)は秋田県五城目地域の

天徳寺層／笹岡層境界に*Dictyococcites* spp.や*Reticulofenestra* spp.の多産から*Coccolithus pelagicus*の多産への急激な変化を認め、極地域で設定された対比基準面Aに対比し、その年代値を2.75Maとしている。長岡SK-1の深度1,520～1,707m間で認められる石灰質ナンノ化石群集はこの対比基準面Aより上位の笹岡層の群集に類似している。

4.2 古環境

新潟地域の西山層には4つの底生有孔虫化石群集が認められ、その群集と推定される堆積環境は以下の通りである。

- 1) *Ammonia* 多産群集：上部浅海
- 2) *Cassidulina* 多産群集：下部浅海～上部漸深海
- 3) *Uvigerina*-*Angulogerina*-*Cassidulina* 群集：上部漸深海～中部漸深海上部
- 4) *Uvigerina*-*Martinottiella* 群集：中部漸深海

No. 3 *Globorotalia inflata* bed層準の底生有孔虫化石群集は、小千谷SK-3では4)、桜町SK-1Dでは3)(下部は4)～3))、南片貝SK-1では3)、片貝SK-19Dでは3)～2)、片貝SK-7Dでは2)である(第8図)。その上位のSD-2帯は片貝SK-19D、新片貝SK-1、片貝SK-8、中片貝SK-1D、北片貝SK-1に認められ、それらの群集は片貝SK-19Dと新片貝SK-1では2)(下部では3))、片貝SK-7D(*N. pachyderma*の巻き方向は未調査であるが、No. 3 *Globorotalia inflata* bedの上位の区間)では2)、片貝SK-8と北片貝SK-1では2)～1)である。

No. 3 *Globorotalia inflata* bed層準では、小千谷SK-3から北に向かって堆積環境が中部漸深海から下部浅海～上部半深海へと浅くなっており、その上位のSD-2帯でも片貝SK-19Dや新片貝SK-1から北に向かって堆積環境が上部漸深海から上部浅海へと浅くなっている。また、全体としてNo. 3 *Globorotalia inflata* bed層準(SD-1帯)から上位のSD-2帯に向かって浅海化している。

安山岩類直上の砂岩からは貝類化石が産出することが知られており(井上, 1965)、片貝SK-22で採取されたコアには貝類化石が含まれていた(第11図)。上越教育大学天野助教授の鑑定によれば、貝類化石は基本的には寒流系種からなり、大桑・万願寺動物群(例えば、増田・小笠原, 1981)の特徴種も若干含まれ、次のA～E群集が認定される。

A群集：*Arca boucardi*, *Acmaea*?, *Modiolus*などの潮間帯岩礁性種を主体とする

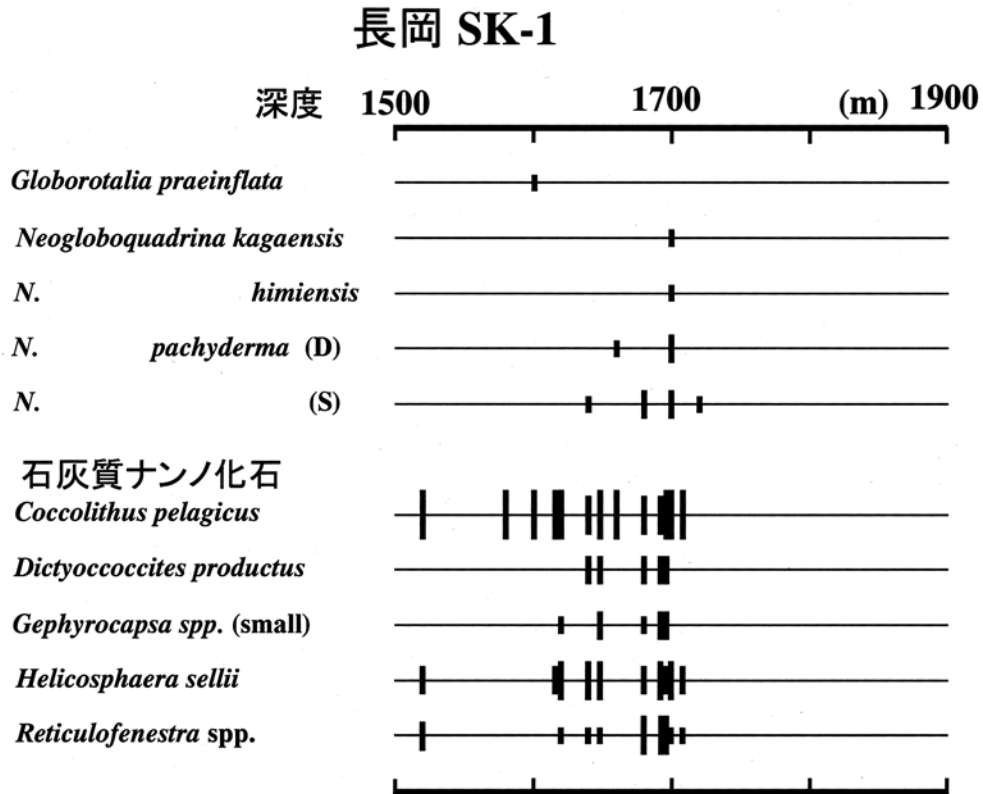
B群集：*Glycymeris yessoensis*, *Cyclocardia*を含む寒流系上部浅海域群集(水深：10～40m)

C群集：*Tridonta alaskensis*, *Lucinoma*を含む下部浅海域群集(水深：50～200m)

D群集：*Conchocle*, *Lucinoma*, *Solemya*からなる下部浅海域化学合成群集

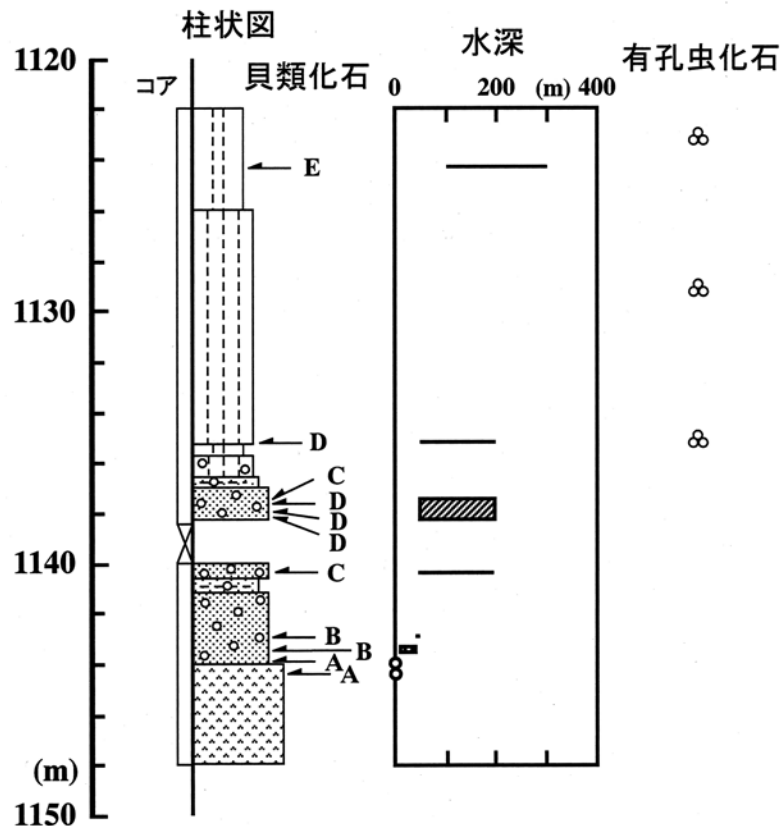
E群集：*Portlandia*, *Pandora*, *Cardiomya*からなる下部浅海域～上部漸深海群集(水深：300m以浅)

貝類化石から推定される古水深の変遷を第11図に示す。潮間帯岩礁性種の存在は少なくとも北部地域では安山岩類が海面よりも上に出ていた可能性が高いことを示唆しており、また、数mで下部浅海域群集に変化していることから、



第 10 図. 長岡 SK-1 の浮遊性有孔虫化石と石灰質ナanno化石の産状.

Fig. 10. Stratigraphic distribution of selected planktonic foraminiferal and calcareous nannofossil species in the Nagaoka SK-1 well.



第 11 図. 片貝 SK-22 で採取されたコアの岩相と、貝類化石群集および推定される水深.

Fig. 11. Lithology of cores collected from the Katakai SK-22 well and molluscan fossil assemblages with estimated water depth.

急激な沈降が起こったと推定される。

コア採取区間の3ヶ所から採取した試料の有孔虫調査結果を第1表に示す。産出量は少ないが、深度1,135mの試料は *Cassidulina* や *Quinqueloculina* が主体で *Ammonia* や浮遊性種を伴うことから、1) と2) の中間の中・下部浅海の堆積環境が推定され、貝類化石から推定される古水深と矛盾しない。

5. まとめ

G. inflata の種や亜種の産出や *N. pachyderma* の巻き方向、*N. asanoi* や *N. kagaensis* の産出、*Orbulina universa* の産出などを総合的に検討した結果、片貝ガス田の5坑井における *G. inflata* 産出層準はいずれも No. 3 *Globorotalia inflata* bed に相当すると判断される。

安山岩類の活動は椎谷期～西山期であり、浮遊性有孔虫化石の検討から、片貝ガス田ではその終息時期は南部の桜町SK-1Dから北に向かって若くなっており、No. 3 *Globorotalia inflata* bed (SD-1 帯) からSD-2 帯である。

第1表. 片貝SK-22のコアから産出した有孔虫化石リスト。

Table 1. List of foraminifera in cores from Katakai SK-22.

Species	Depth		
	1123m	1129m	1135m
<i>Ammonia</i> sp. indet.			1
<i>Ammonia</i> ? sp. indet.	1		
<i>Bulimina</i> sp. indet.			2
<i>Cassidulina</i> cf. <i>norcrossi</i>	2		4
<i>Cassidulina yabei</i>		1	1
<i>Cassidulina</i> sp. indet.			1
<i>Cribrononion clavatum</i>			2
<i>Cribrononion</i> sp. indet.	2		
<i>Islandiella japonica</i>			1
<i>Islandiella</i> sp. indet.			2
<i>Quinqueloculina</i> sp. indet.	5		3
Arenaceous Miscellaneous	2		11
<i>Globigerina bulloides</i>			1
<i>Globigerina</i> sp. indet.			4

底生有孔虫化石群集から推定される安山岩類の上限付近の堆積環境は北に向かって浅くなっており、片貝SK-8や北片貝SK-1付近では浅海である。片貝SK-22で採取されたコアから産出した貝類化石群集は潮間帯岩礁性種が最下部に含まれており、数m上位では下部浅海域群集へと変化している。このことは安山岩類が一部海面より上に出ていた可能性があることや沈降が急激であったことを示唆している。また、寒流系種からなることはこの層準がSD-2帯に相当することと調和的である。

謝辞

資料の公表を許可して頂いた石油資源開発株式会社に深く感謝します。また、コアの貝類化石を鑑定して頂いた上越教

育大学天野和孝助教授並びに坑井の有孔虫化石調査を実施された石油資源開発株式会社の化石関係者にお礼申し上げます。

引用文献

- 青柳宏一 (1965), 新潟油田地域新第三系堆積岩中の海緑石について. 石技誌, **30**(4), 166-175.
- 平松 力 (1991), 芝野町 TS-1 号井の石灰質ナノ化石層序. 石油資源開発 (株) 技術研究所研究報告, 第7号, 33-44.
- 井上寛生 (1965), 片貝-小千谷ガス田の探鉱と開発. 石油学会誌, **8**(7), 520-524.
- 岩佐三郎 (1955), 秋田油田の2地域における微化石層位区分とその検討. 有孔虫, **4**, 15-23.
- 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. 石技誌, **64**(1), 80-93.
- 米谷盛壽郎 (1978), 東北日本油田地域における上部新生界の浮遊性有孔虫層序. 「日本の新生代地質」(池田展生教授記念論文集), 35-60.
- Maiya, S., Saito, T. and Sato, T. (1976), Late Cenozoic planktonic foraminiferal biostratigraphy of northwest Pacific sedimentary sequences. *Progress in Micropaleontology*, 395-422.
- 増田孝一郎・小笠原憲四郎 (1981), 大桑・万願寺動物群と竜の口動物群. 軟体動物の研究 (大森昌衛教授還暦記念論文集), 223-249.
- 三輪美智子・一ノ関鉄郎 (1997), 新潟県寺泊町郷本川椎谷層の浮遊性有孔虫化石群集. 平成9年度石油技術協会春季講演会要旨集, 44.
- 三輪美智子・渡辺真人・山田 桂・柳沢幸夫 (2002), 富山県氷見市灘浦地域の藪田層 (鮮新統) の浮遊性有孔虫化石群集-とくに No. 3 *Globorotalia inflata* bed の下限の年代について-. 石技誌, **69**(6), 668-678.
- 守屋成博 (1995), 北蒲原地域堆積盆地における西山～灰爪階の有孔虫化石群集による高精度対比-シーケンス層序学の基礎データ-. 石油資源開発(株)技術研究所研究報告, no. 11, 55-67.
- 新潟県 (2000), 新潟県地質図説明書. 200 p.
- 佐々木一彦・工藤哲朗 (1986), 有孔虫化石群集からみた新潟県小千谷地域における更新世初頭の古環境(要旨). 石技誌, **51**(4), 338.
- 佐藤時幸・亀尾浩司・三田 勲 (1999), 石灰質ナ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**(4), 265-274.
- Sato, T. and Takayama, T. (1992), A stratigraphically significant new species of the calcareous nannofossil *Reticulofenestra asanoi*. *Centenary of Japanese Micropaleontology*, 457-460.
- 新保久弥・米谷盛壽郎・村田勇治郎 (1979), *Globorotalia inflata* bed の対比について. 石油資源開発 (株) 技研所報, **22**(3), 140-147.
- 渡辺其久男 (1977), 有孔虫化石による新潟堆積盆地の生層序. 新潟堆積盆地の新第三系に関する微化石層序, 21-37.
- 渡辺其久男・山田晶道 (1986), 片貝ガス田の有孔虫化石層序について. 石技誌, **51**(4), 339.
- 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**(6), 395-414.

2006年8月30日原稿受理