新潟県中越地域の地下に発達する七谷層

加藤　進*・荒木直也*・片平忠實*

Subsurface geology of the Nanatani Formation in the Chuetsu District, Niigata Prefecture

By
Susumu Kato*, Naoya Araki* and Tadami Katahira*

(Abstract)

The Nanatani Formation which is developed in the underground of the Chuetsu district, Niigata Prefecture is divided into the Mudstone Facies and the "Green Tuff". The former contains three planktonic foraminiferal zones which are correlated with N8, N9 and N10 by Blow(1969) and ranges in thickness from 0 to more than 500 meters. The latter is composed mainly of acidic volcanic rocks with basaltic rocks including dolerite in the lower part. The thickness of the "Green Tuff" varies remarkably and reaches more than 1300 meters in maximum.

Planktonic foraminifera from the Mudstone Facies suggest that the volcanic activity in the Nanatani stage was terminated differently from place to place. The termination began near the Yoshi-Higashi Kashiwazaki gas field and was shifted to the east and northeast.

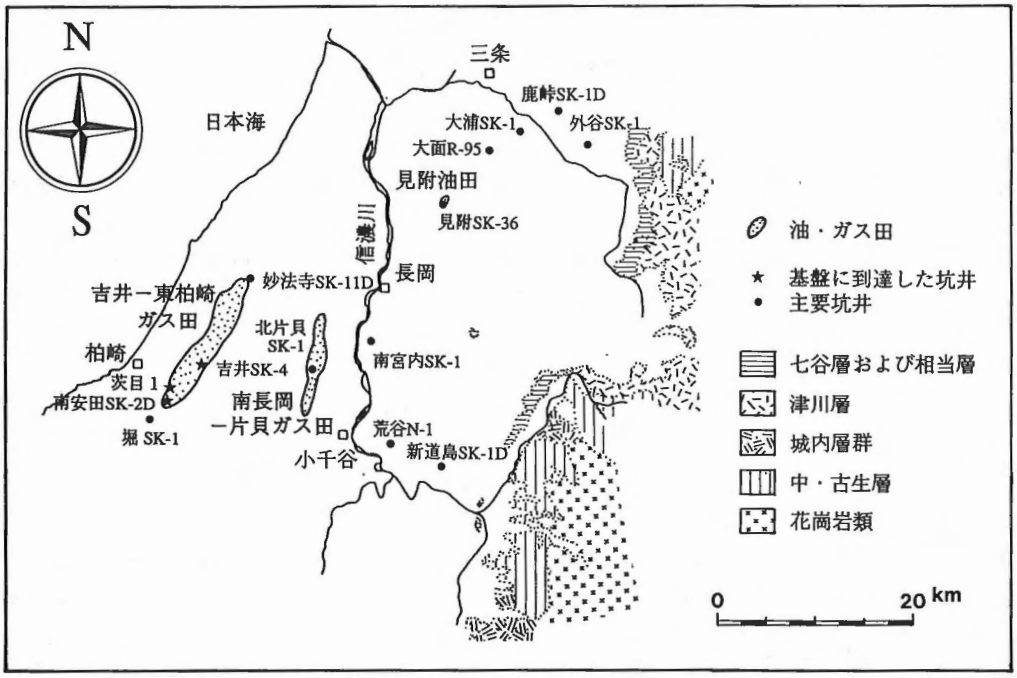
A paleoecological interpretation of benthonic foraminiera from it suggests that submarine volcanism occurred in the bathyal zone in N8 time.

はじめに

1958年に見附油田が発見されて以来，新潟地域ではグリーンタフが石油探鉱の主要対象層として取り上げられてきた．特に，1984年からは"深部グリーンタフの探鉱"として，5000m ～6000 m 級の坑井が国や企業によって掘削されている．これは大深度におけるグリーンタフの探鉱やグリーンタフをより深部まで探鉱することを目的にしたものである．

このような石油探鉱によって得られた地下地質に関するデータは膨大なものであり，その一部が「日本の石油・天然ガス資源」(天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会，1982)，「新潟県地質図」(新潟県，1990)，論文(例えば片平，1974など)などとして公表されているに過ぎない．本稿では見附油田，吉井一東柏崎ガス田，南長岡一片貝ガス田などグリーンタフを貯留岩とする油・ガス田が分布しており，活発な探鉱作業が継続して行われている中越地域（第 1図）を対象にして，地下における七谷層の発達状況や産出する微化石（主に有孔虫化石）について報告する．

*石油資源開発㈱　Japan Petroleum Exploration Co., Ltd., Tokyo, 107 Japan
1992 年 10 月 14 日受理



第１図　グリーンタフを貯留岩とする油・ガス田と主要坑井の位置図および地質概略図

地　質　概　説

石油探鉱では標準層序の地層名として七谷層が用いられている(片平, 1974； 宮崎, 1982)．七谷層は，加茂市大谷付近を模式地とする，主に泥岩からなる地層であり，最上部には五百川凝灰岩と呼ばれる乱堆積状の酸性凝灰岩が発達している．そのフィッショントラック年代(FT年代）は14Maとも，12.8Maとも言われている（小林・立石，1992）．模式地周辺に分布する七谷層からは，後述する 3帯の浮遊性有孔虫化石が産出している（米谷，1978）．

坑井においては，七谷層上限を暖海性浮遊性有孔虫化石（*Globorotalia fohsi*グループ）の産出上限に設定している(片平，1974)．実際には七谷層に特徴的な有孔虫化石の産出上限を参考にして，岩質調査結果や物理検層を用いて七谷層上限を決定している．七谷層層準以下に発達する火山岩・火砕岩類（ドレライトも含む）をグリーンタフと呼び，その上位の泥岩相と区別している．両者の境界は通常明瞭であるが，火山岩・火砕岩類の発達が余り著しくない坑井では，互層状に漸移することがあり，そのような場合は火山岩・火砕岩類の卓越する深度をもってグリーンタフ上限としている．

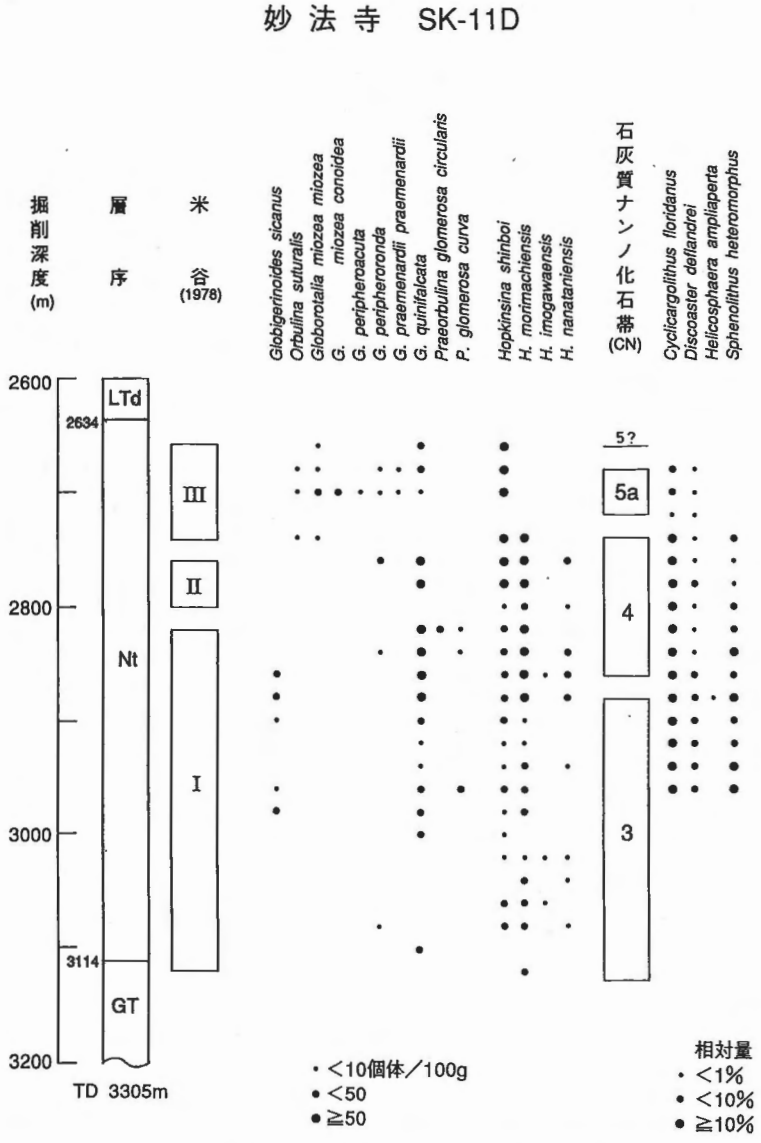
本地域では 3坑の坑井において基盤岩を確認している(第１図)．それらは花崗岩，超塩基性岩であり，上越帯に属する(茅原, 1986)．基盤岩の直上には砂岩，礫岩などの砕屑岩が発達し，城内層群に相当する地層と考えられている（茅原, 1974)．

七谷層の微化石層序

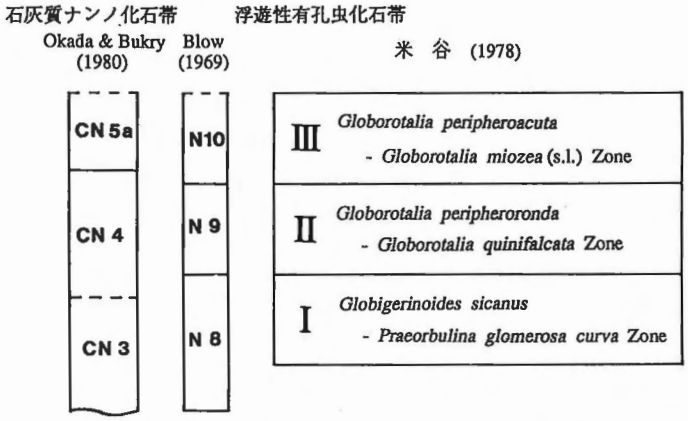
七谷層には 3つの浮遊性有孔虫化石帯が認められ，下位からＩ帯：*Globorotalia sicanus*／

Praeorbulina glomerosa curva Zone, II帯：*Globorotalia peripheroronda*／*Globorotalia quinifalcata* Zone, III帯：*Globorotalia peripheroacuta*／*Globorotalia miozea* (s.l.) Zoneに区分されている(米谷, 1978). 坑井において通常認められる，これらの化石帯を特徴づける種の産状を妙法寺SK-11Dの例で示す（第2図）. また，新潟地域では石灰質底生有孔虫化石である*Hopkinsina*の4種がこれらの化石帯と密接に関係して産出することが知られている(例えば米谷, 1978). すなわち, *H. shinboi*はIII帯に, *H. morimachiensis*はII帯に多産し, *H. imogawaensis*および*H. nanataniensis*はI帯とII帯に産出する（第2図）. 浮遊性有孔虫化石の産出は底生有孔虫化石に比べると層準的にも個体数の上でも限定されているため, *Hopkinsina*の各種を補助的に用いて化石帯の細分を行っている. これら3帯の化石帯はBlow(1969)のN 8の上部, N 9そしてN10にそれぞれ対比された（米谷, 1978). これとは異なる見解（尾田, 1986）やIII帯を2つに細分する新しい見解（米谷ら, 1989）が提出されているが，後述する石灰質ナンノ化石帯も考慮し，本稿では従来通り米谷（1978）の見解に従う.

一方，近年石灰質ナンノ化石の調査も坑井で行われるようになり，七谷層にやはり3帯の石灰質ナンノ化石帯が存在することが明らかになってきた（佐藤ら, 1991). それらは下位より，Okada & Bukry (1980)のCN 3，CN 4，CN 5 aに



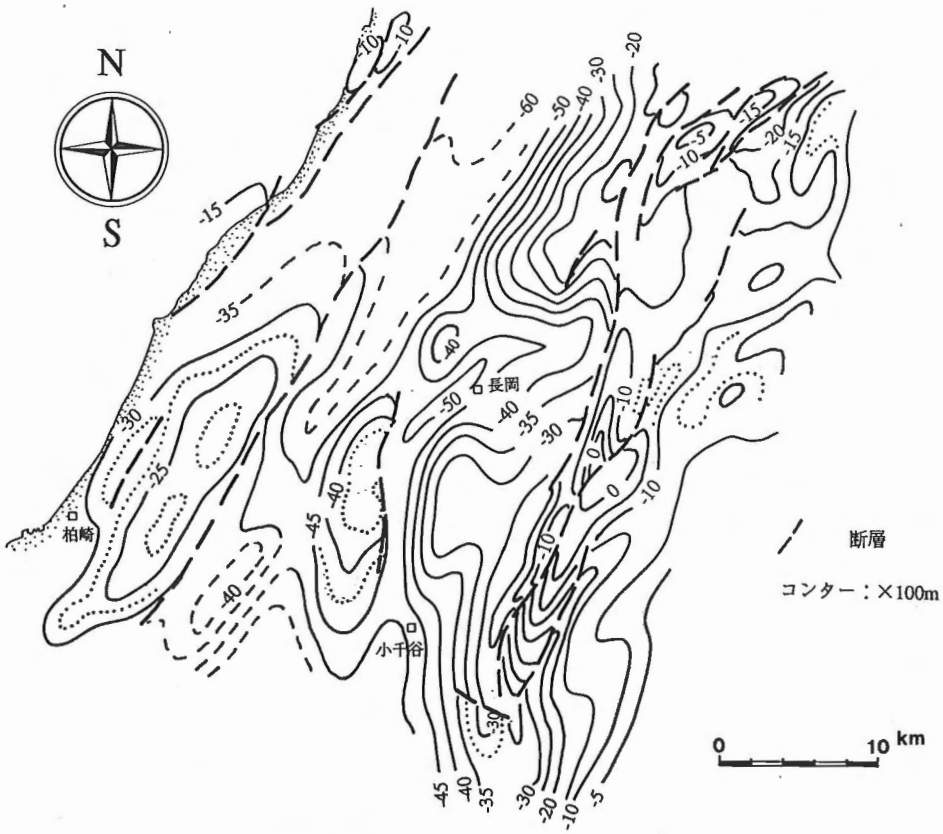
第2図　妙法寺SK-11 Dにおける主な浮遊性有孔虫化石と石灰質ナンノ化石および*Hopkinsina*属の産状



第3図　浮遊性有孔虫化石帯と石灰質ナンノ化石帯の対比

相当する*．これらのうち，CN 3を規定する *Helicosphaera ampliaperta* の産出は，第2図でも明らかなように本邦では非常に乏しいため，CN 3の認定にはかなりの問題があると考えられる．佐藤ら（1991）は *Discoaster* 属における *D. deflandrei* の占める割合がCN 3の認定に有効であると述べているが，*Discoaster* 属の産出もそれほど多くないため，この点に関しては，さらに今後の検討が必要である．

本邦あるいは日本海側地域での浮遊性有孔虫化石帯と石灰質ナンノ化石帯との対比もまだ確立された段階に至っていないが，佐藤・佐藤（1992）や石油資源開発（株）の社内資料に基づ



第4図　七谷層上限における地下構造図

*Martini (1971) のNN 4，NN 5，NN 6にそれぞれ対応する．

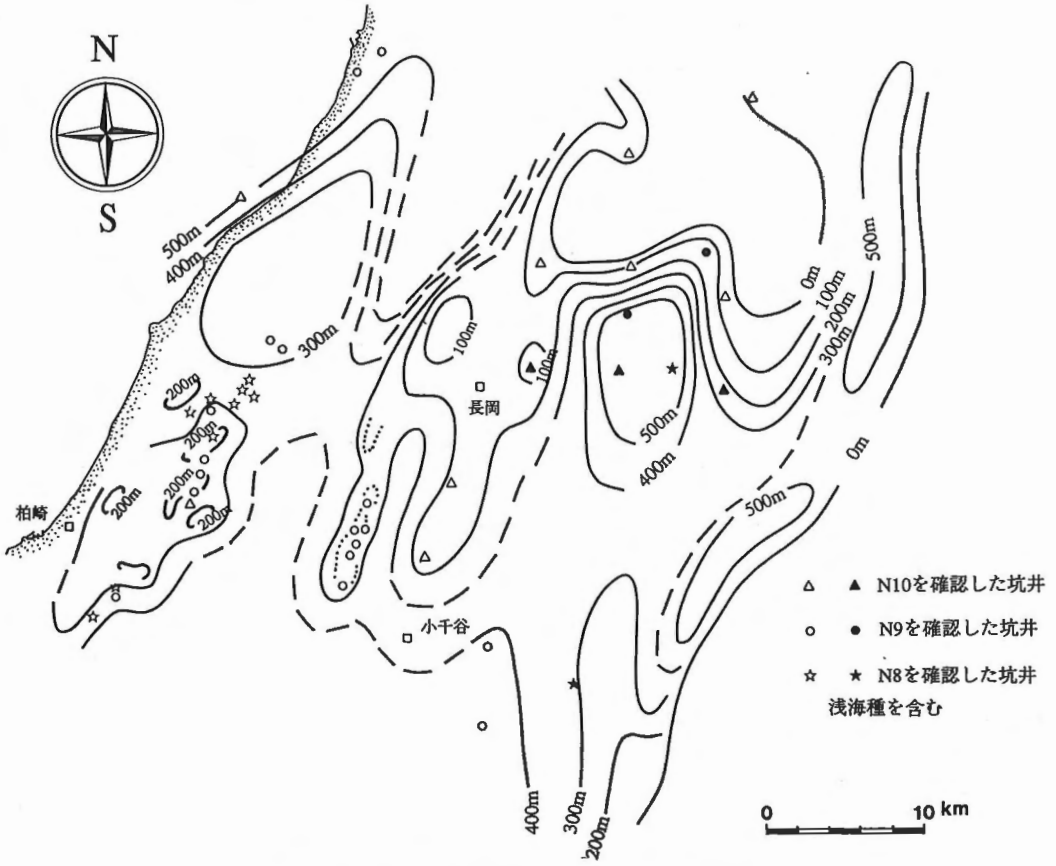
いて第 3図のように対比する．これら 2つの浮遊性微化石を用いれば七谷層は 3つ以上に細分できる可能性があるが，現時点では石灰質ナンノ化石のデータが十分でないため，これ以後主に浮遊性有孔虫化石に基づいて述べる．

地下に発達する七谷層

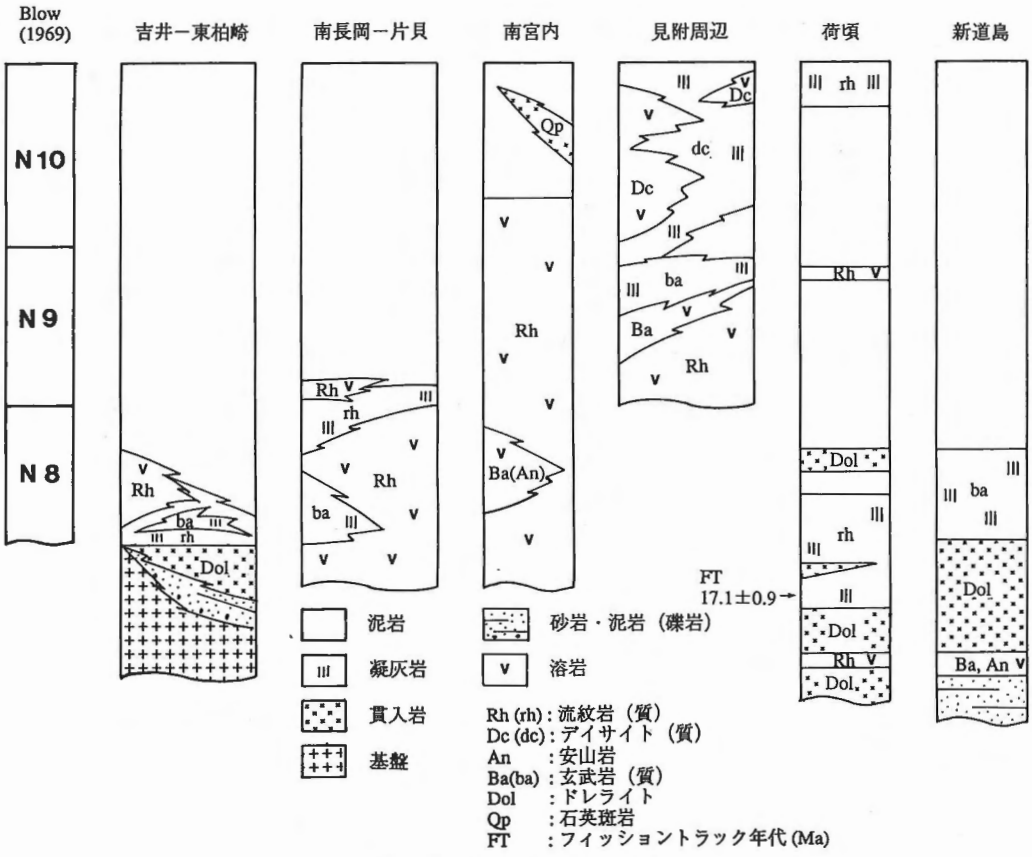
七谷層上限の深度は，北東部から東部にかけての地域では，ほとんどが-2000m以浅であり，断層を伴った複雑な構造を示す地域と比較的緩やかな構造を呈する地域からなる(第 4 図)．これらの地域から南西，西そして南に張り出す形で構造的な高まりがあり，それらの深度は-3000mから-4000mである．海岸付近でも七谷層は上限深度が-1000mから-1500mという浅い深度に出現している．これら 2つの地域の間に南から割って入るような形で，独立した構造的な高まりが 2つあり，それが吉井一東柏崎ガス田の系列（西山油帯を含む）と南長岡一片貝ガス田の系列であり，上限深度はそれぞれ約-2500m，約-4000mである．これらの地域の間の向斜部での上限深度は-5500mを超える．

(1) 泥岩相

グリーンタフの上位に発達する泥岩相の層厚は，0mから500m以上とかなり変化する（第 5



第 5 図　七谷層泥岩相の等層厚線図と微化石年代



第 6 図　地域ごとの模式柱状図

図)．見附油田を含む北東部では泥岩相の発達はなく，寺泊層が直接グリーンタフと接している．泥岩相の薄い地域は見附油田から南西方向に延び，2つに分岐している．西側のものが南長岡一片貝ガス田の系列へと連続し，そこでの層厚は250mから300mとほぼ一定である．もうひとつの泥岩相の薄い地域は吉井一東柏崎ガス田の系列であり，層厚は200mから300m程度と坑井によりやや変化している．

一方，泥岩相の比較的厚く発達している地域は次の 4地域に分けられる．それらは①地表に露出する七谷層およびその相当層の分布域，②より西側で，荷頃SK-1を含む①にほぼ平行する地域，③吉井一東柏崎ガス田の系列と南長岡一片貝ガス田の系列の間の地域，④北西部の海岸付近および沖合海域である．これらの地域の一部では層厚が500mを超え，火山岩類の発達は比較的乏しく，厚いドレライトの貫入が認められる．

泥岩相の微化石年代をみると（第 5 図），N8が確認されている坑井は吉井一東柏崎ガス田および泥岩相が比較的厚く発達している地域に位置している．新道島SK-1D ではN8とN9を特徴づける種が一緒に産出しており，再堆積の可能性がある．N9が認められる坑井はより広範囲に分布しており，南長岡一片貝ガス田やN8が認められる坑井の周りに位置している．N10 は北東部を除きほとんどの坑井に認められる．

グリーンタフの中にも泥岩は介在しており，大面R-95 (Kujiraoka,1965) や大浦SK-1，外谷SK-1などでは比較的厚い（50m 以上）泥岩が発達している．外谷SK-1ではN9を指示する浮遊性有孔虫化石がこの泥岩から産出している．

(2) グリーンタフ

基盤まで到達した坑井が少ないため，グリーンタフの厚さはまだ十分には分かっていない．吉井一東柏崎ガス田では，薄いところは厚さ約170m(南安田 SK-2D)であるが，それ以外は400 m 以上の厚さを有する．南長岡一片貝ガス田や見附油田，南宮内 SK-1，鹿峠 SK-1D などではさらに厚く，グリーンタフを1300m 以上掘削しても基盤あるいは下位の地層に到達していない．

グリーンタフの岩質・岩相*は坑井ごとにかなり変化しているが，北東－南西からほぼ北－南方向に並んだ坑井間では比較的岩質・岩相の変化が少なく，地域ごとにある程度の共通性が認められる．第 6 図は，上位の泥岩相の微化石年代を加味して，地域ごとに作成した模式的な柱状図である．火山岩類の年代としては，荷頃 SK-1で深度約2020m の流紋岩質凝灰岩から得られた17.1±0.9Ma という FT 年代がある．一般に，上部では流紋岩質やデイサイト質の酸性火山岩類が卓越しており，下部では玄武岩類（ドレライトを含む）が優勢となっている．吉井一東柏崎ガス田では火砕岩が比較的優勢であり，泥岩の挟みもかなり認められるが，南長岡－片貝ガス田では溶岩が主体であり，泥岩はほとんど介在しない．

新潟堆積盆の東縁部にはグリーンタフが広く分布しており，それらは酸性火山岩類で特徴づけられる津川グリーンタフと，礫岩および玄武岩・安山岩からなる城内層群に大別されている（茅原, 1986；第 1 図）．一方，地下に発達するグリーンタフは七谷グリーンタフと呼ばれている(茅原, 1974)．新道島 SK-1D では，グリーンタフは玄武岩類と安山岩からなっており，城内層群に対比できる．また，七谷グリーンタフの下部は玄武岩類が優勢であり，これらは城内層群に対比される可能性がある．一方，七谷グリーンタフの上部は酸性火山岩類が卓越しており，むしろ津川グリーンタフに類似しているが，産状や岩相が異なるとの指摘もある(島津, 1990)．

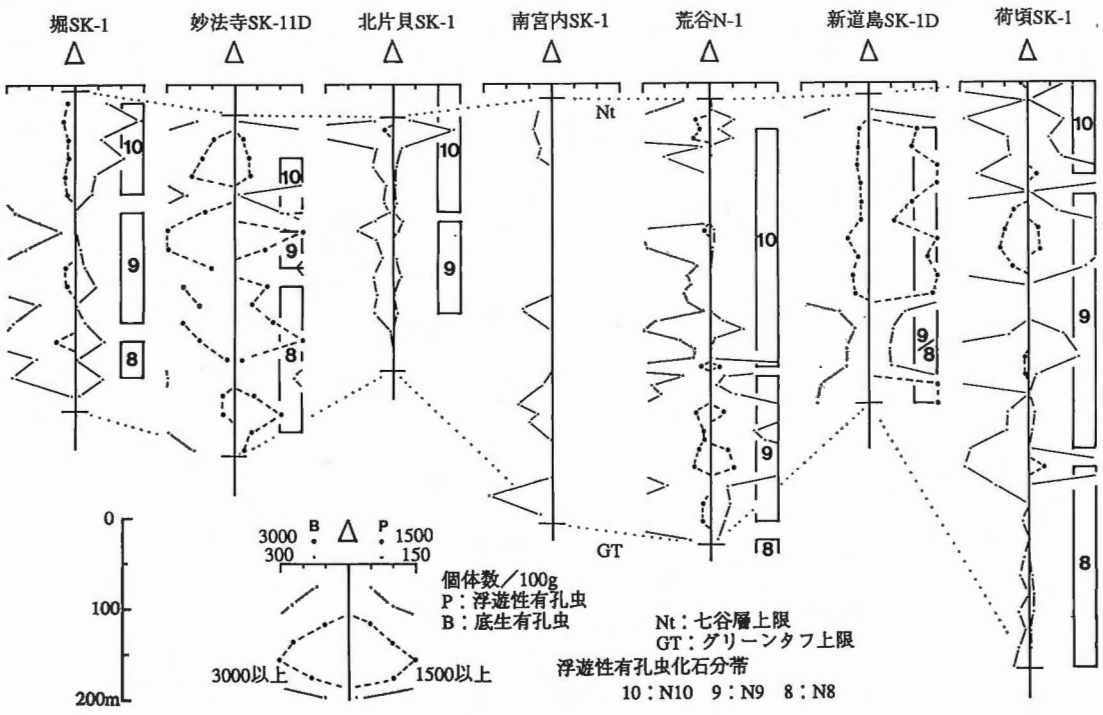
上部の酸性火山岩類の火山活動の終息時期は直上の泥岩相から産出する浮遊性微化石から推定することが可能であり，第 6 図から明らかのように火山活動の終息時期は地域ごとに異なっており，吉井一東柏崎ガス田が最も早く，南長岡一片貝ガス田，南宮内 SK-1，見附油田へと東あるいは北東に向かって遅くなっている．

七谷層の堆積環境

坑井における有孔虫化石の産出頻度は，坑井ごとあるいは深度によってかなり変化している（第 7 図）が，一般に岩質が凝灰質な部分，埋没深度が深い坑井（例えば北片貝 SK-1），貫入岩の周辺（例えば南宮内 SK-1，荷頃 SK-1の深部）で産出頻度が低い．また，吉井ガス田では，産出頻度はグリーンタフに溶岩相が発達する中央部で低く，火砕岩が優勢な北部や南部で高くなっている．浮遊性有孔虫化石の産出頻度は，妙法寺 SK-11D では N10よりも N 9 や N 8 で高く，荒谷 N-1 や荷頃 SK-1 でも N 9 上部から N10最下部で高く，N10では低い．一方，堀 SK-1 や北片貝 SK-1 では逆に N10で産出頻度が高くなっている．

七谷層から産出する底生有孔虫化石群集は，*Hopkinsina shinboi, H. morimachiensis*，*Pullenia bulloides, Gyrodina orbcularis* などの深海性石灰質種からなるいわゆる *Hopkinsina-Gyroidina* 群集と，*Spirosigmoilinella compressa, Sigmoilopsis schlumbergeri, Martinottiella*

＊カッティングスやコアの岩質調査および薄片鑑定に加え，物理検層を用いて，グリーンタフの岩質・岩相を推定している．

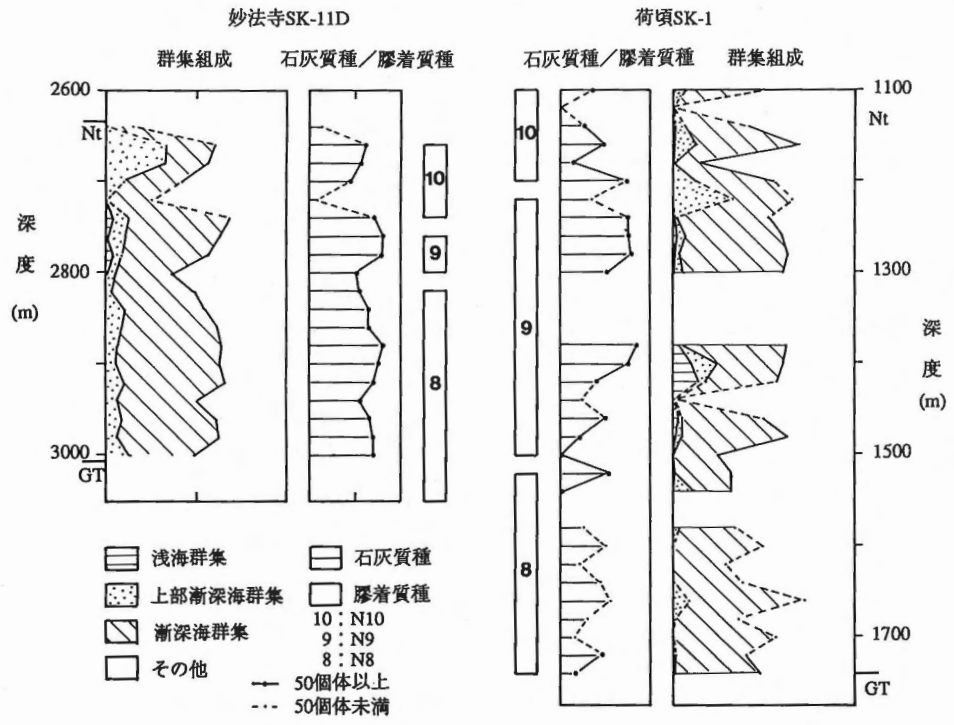


第７図　主要坑井における有孔虫化石の産出頻度

communis などの深海性膠着質種（砂質種）から主に構成されている（米谷･井上，1981）．この時期の浅海相には *Miogypsina kotoi, Operculina complanata* などの大形有孔虫化石と一緒に *Florilus kidoharaensis, Ammonia tochigiensis* などが産出する（米谷・井上，1981）．この他に，両者の中間，おそらく上部漸深海とみられる群集も知られている(的場，1992)．Kitazato (1979)は，北秋田北鹿地域の黒鉱胚胎層準から産出する底生有孔虫化石群集を，日本周辺海域での現生種の深度分布に基づき，A群集（浅海群集：古水深100m 以下），B群集（上部漸深海群集：古水深100-500m），C群集（中部漸深海群集：1000-2500m）に区分している．七谷層およびその相当層から産出する上述の群集は，Kitazato(1979)のC群集，A群集，B群集にそれぞれほぼ相当することから，以下本稿ではこの名称を用いる．

N 8から N10まで確認されており，有孔虫化石の産出頻度も高い妙法寺 SK-11D と荷頃 SK-1の２坑について，底生有孔虫化石群集の深度変化を第９図に示す．両井ともC群集の占める割合が大きいが，B群集やA群集のものも認められる．B群集の割合は妙法寺 SK-11D では N10で増加しており，荷頃 SK-1 でも N 9最下部で増えている．荷頃 SK-1の1400m 付近ではA群集の浅海種がかなり含まれている．このような浅海種の混入は僅かな量であれば比較的多くの坑井で認められる．しかし，荷頃 SK-1のように東部に位置している坑井では，その層準は必ずしも一定していないが，かなりの量の浅海種の混入が認められる(第６図)．また，金属鉱業事業団が五輪峠付近で掘削した坑井（50MARB-2）においても，浅海種の混入が報告されている（金属鉱業事業団, 1979)．これらのことは浅海域が近くに存在していたことを示唆しており，小林・立石（1992）の前期／中期中新世の古地理図とも矛盾しない．

米谷・井上（1981）は上位の層準ほど膠着質種の割合が増える傾向にあることを指摘している．荷頃 SK-1では N 9から N10にかけて膠着質種が増加する傾向が認められ，妙法寺 SK-11



第8図　妙法寺SK-11 Dおよび荷頃SK-1における底生有孔虫化石

Dでもやや不明瞭であるが同様の傾向がみられる．また，N 9下部からN 8でも膠着質種の割合は増加しているが，これは産出頻度が低いことも一部原因となっている．

底生有孔虫化石群集から推定される七谷層泥岩相の堆積環境は，近くに浅海域を伴った漸深海で，暖海性の浮遊性有孔虫化石を伴うことから暖流の影響下にあったと推定される．坑井において城内層群に対比されている砕屑岩からは有孔虫化石が産出していないが，グリーンタフ中に介在する泥岩からは上位の泥岩相と同様な有孔虫化石が産出しており，グリーンタフは少なくともN 8以降は漸深海での火山活動の産物と考えられる．

謝　辞

名古屋大学糸魚川淳二教授には，著者らの学生時代から古生物学，層序学，古環境学などの御指導を頂きました．同教授の御退官を記念する論文集に本稿を加えて頂けることは著者らの光栄とするところです．

本稿は石油資源開発（株）の資料に基づいて作成したものであり，本稿を草するにあたり，同社技術研究所井上洋子博士，一ノ関鉄郎氏，守屋成博氏，および渡辺其久男氏には有孔虫化石についていろいろ教えて頂いた．名古屋大学柴田　博教授には粗稿を読んで頂き，ご助言を賜った．これらの方々に厚くお礼申し上げます．

文　献

Blow, W. H.(1969), Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy.

Proc. First Intern. Conf. Plankt. Microfossils, Geneva 1967, Leiden, 1, 199-421.

茅原一也 (1974), 新潟地区の火山層序について. 地調報告, no. 250-1, 183-234.

――― (1986), 新潟積成盆地に関する最近の地質学的諸問題. 石技誌, 51, 272-287.

片平忠実 (1974), 新潟堆積盆地のグリンタフ中に胚胎する炭化水素鉱床－新潟県中越・下越地方の石油地質学的研究 (I). 石技誌, 39, 167-178.

金属鉱業事業団 (1979), 昭和53年度広域調査報告書「蒲原地域」. 通商産業省資源エネルギー庁, 90p.

Kitazato, H. (1979), Marine paleobathymetry and paleotopography of the Hokuroku district during the time of the Kuroko deposition, based on foraminiferal assemblages. *Mining Geol.,* 29, 207-216.

小林巌雄・立石雅昭 (1992), 新潟地域における新第三系の層序と新第三紀古地理. 地質学論集, no. 37, 53-70.

Kujiraoka, A. (1965), Volcanic activity and its influence on the migration and accumulation of oil and gas in Niigata plain, Japan. *Third ECAFE, Petroleum Symposium,* 1965, 13p.

米谷盛寿郎・井上洋子 (1981), 新潟堆積盆地における中新統中下部の有孔虫化石群集と古地理の変遷. 化石, 30, 73-78.

Martini, E. (1971), Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. *Plank. Conf. Roma,* 1970 *Proc.,* 2: Roma (Tecnoscienza), 738-785.

的場保望 (1992), 東北本州日本海地域の後期新生代底生有孔虫化石群集の変遷. 地質学論集, no. 37, 125-138.

宮崎　浩 (1982), 新潟・長野地域. 日本の石油・天然ガス資源, 149-224.

新潟県 (1990), 新潟県地質図および同説明書. 128p.

尾田太良 (1986), 新第三紀の微化石年代尺度の現状と問題点－中部および東北日本を中心として－. 北村　信教授記念地質学論文集, 297-312.

Okada, H. and Bukry, D. (1980), Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). *Marine Micropaleont.,* 5, 321-325.

佐藤時幸・馬場　敬・大口健志・高山俊昭 (1991), 日本海側における海成下部中新統の発見と東北日本の台島－西黒沢期における環境変化. 石技誌, 56, 263-279.

佐藤　修・佐藤時幸 (1992), 秋田および新潟油田地域に発達する西黒沢期玄武岩－基礎試錐「仁賀保」・「新潟平野」で認められた玄武岩のもつ意義－. 石技誌, 57, 91-102.

島津光夫 (1990), 七谷期以降の火山活動と石油・天然ガス鉱床. 石技誌, 55, 249-262.

天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会 (1982), 日本の石油・天然ガス資源. 455p.