

## 新潟油・ガス田地域における中新世中～後期の塩基性火山岩

周藤賢治\*・茅原一也\*

(昭和62年2月25日受付, 62年3月16日受理)

### Basic Volcanic Rocks of Middle to Late Miocene Ages in the Niigata Oil and Gas Field, Northeast Japan

By

Kenji SHUTO and Kazuya CHIHARA

**Abstract:** The "Miocene Regional Basalts", proposed here by the authors, include basalts and dolerites of the Nishikurosawa and Onnagawa stages, which are widely distributed from Aomori through Yamagata to Niigata oil and gas fields along the Japan Sea coast. Some of these basalts play an important role as oil and gas reservoir. In the present paper, we describe occurrence, mineral chemistry and bulk chemistry of basaltic rocks in the Niigata oil and gas field, especially in the Yahiko-Kakuda area and the Higashiyama area.

Systematic lateral variations in the chemical composition of the Miocene Regional Basalts are not observed on the basis of the petrochemical characters of these basalts, including basaltic rocks of the Niigata oil and gas field and those from other localities in Yamagata, Akita and Aomori Prefectures. The Miocene Regional Basalts are composed of not only the island arc-type tholeiite but tholeiitic and alkali basalts which are rich in  $TiO_2$  and/or  $P_2O_5$  and similar in composition to basalts of the oceanic region.

It may be possible that such tholeiitic and alkali basalts of oceanic-type were derived from an upper mantle material different from the present upper mantle material in Northeast Japan arc. The origin of these basaltic magma might be derived from a mantle diapir in the same constitution as that of Iceland volcanics. The middle Miocene volcanics of the island arc-type tholeiite and of calc-alkaline series in Northeast Japan arc may have its origin in relation to partial melting of upper mantle and lower crust owing to the supply of heat from the ascending mantle diapir.

### 1. はじめに

東北地方の背梁地帯から日本海沿岸に至る地域には、中新世中期～後期(西黒沢期～女川期)にかけて活動した玄武岩類が広く分布している。その分布範囲は、北は青森県下北半島西部から南は新潟県西南部までの南北約500km, 東西約100kmに及んでいる。これらと同時期に活動したとみられる玄武岩類は、地表だけでなく、坑井資料に基づくと地下にも多量に存在することが知られている(茅原, 1974 a, b, 1986; 池辺ほか, 1979; 大沢ほか, 1982; 土谷ほか, 1984など)。これらの玄武岩類は、産状的にみると、溶岩や火山砕屑岩などの噴出相と岩脈・岩床・シルなどの貫入相とからなる。茅原(1967)

も指摘しているように、このような分布の特徴や産状の共通性などからして、これらの玄武岩類は広域玄武岩の性格を有しているといえるであろう。そこで、本論文では、これらの玄武岩類を中新世広域玄武岩と呼ぶことにする。

この中新世広域玄武岩の活動に関してその地質学的意義が論じられている。例えば、これらの大量の玄武岩質マグマの活動は、東北地方の日本海沿岸の油田地域を中心として泥質層が厚く堆積していく過程で行われたものであるとの指摘(西田・茅原, 1956; 茅原, 1967; 今田, 1965など)やこれらはグリーンタフ変動発展期にあたる沈降運動を背景にした活動であるとの指摘(FUJITA, 1972)などがそれである。また、この広域玄武岩の岩石学的性質が、東西方向に規則的に異なっているという見

\* 新潟大学理学部地質鉱物学教室

解もある(茅原, 1967)。すなわち、東側に分布するのはソレライト質玄武岩であるのに対して、西側にいくにしたがって、高アルミナ玄武岩からアルカリ玄武岩が分布するようになるという見解である。さらに、これらの多量の玄武岩質マグマは、同時に流紋岩質マグマを伴いながら活動した、Bimodal type volcanism の活動形式の産物であるとの指摘(今田, 1974)もなされている。

最近になって、中新世広域玄武岩に関して、これらとは別の観点からの指摘がなされている。その一つは、最近東北日本南部の主として太平洋側の地域に分布する中新世火山岩類の中に海洋性ソレライト的な火山岩が見い出されているが、このこととの関連で、中新世広域玄武岩の岩石学的な再検討の必要性が述べられている(周藤・八島, 1986) ことであり、もう一つは、中新世広域玄武岩は、15 Ma に起こった日本海拡大に伴う最も東側の拡大軸に沿って形成されたものではないかという見解である(新妻ほか, 1986)。

このように、中新世広域玄武岩の地質学的意義に関して、幾つかの重要な指摘がなされているが、これまでのところ、各地の玄武岩類について十分な岩石学的な資料(産状、岩石記載、全岩主化学組成、微量元素組成、同位体組成など)が蓄積されているわけではない。各地の玄武岩類のこれらの資料に基づき、中新世広域玄武岩の性格を明らかにすることは、中新世の東北日本の火成活動を考察する上で重要な事柄であると考えられる。

また、日本海地域の油・ガス田地域では、これらの玄武岩類は油・ガスのリザーバーとしても重要であり、火山層序の中で重要な位置を占めている。しかし、玄武岩類の層序的位置にはまだ問題が多く、その層序の確立のためにもこれらの玄武岩類の研究は重要である。

筆者らは、このような観点から、新潟油・ガス田地域に産する中新世中期～後期の主として塩基性火山岩について、その産状および岩石学的性質について検討してきた。本論文では、新潟市の南西約 25～32km の日本海岸に沿って分布する角田～弥彦山塊を構成する火山岩および角田 R-2 号井と比礼 R-2 号井の坑井試料中の玄武岩類(図 1) の岩石記載の結果と全岩主化学組成の特徴について報告する。また、これらの資料と筆者らの未公表資料および他の研究者による公表済みの資料などに基づき、中新世広域玄武岩の帯状配列の問題および岩石学的性質について検討を行った。

## 2. 火山岩の層序と K-Ar 年代

弥彦～角田山塊の地質図を図 2 に、層序表を表 1 にそれぞれ示した。表 1 の層序表は、白井ほか(1976) の層

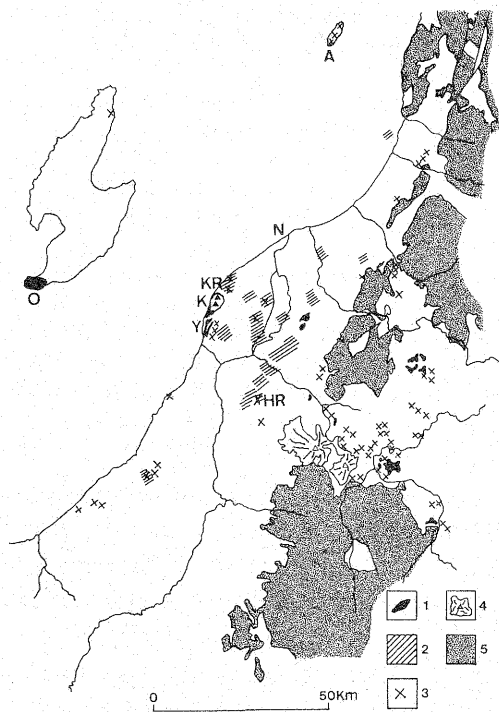


図 1 新潟油・ガス田地域周辺の西黒沢～女川期の玄武岩類の分布図(茅原, 1974b)

1: 地表に露出する玄武岩, 2: 地下に存在する玄武岩, 3: ドレライト (2 と重なっている部分は地下にあることを示す), 4: 第四紀火山, 5: 先第三系, A: 粟島, O: 小木, N: 新潟, K: 角田山塊, Y: 弥彦山塊, KR: 角田 R-2 号井, HR: 比礼 R-2 号井

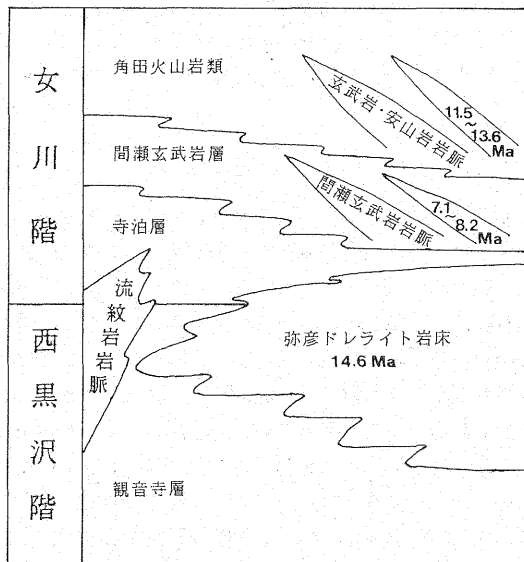


表 1 弥彦～角田山塊周辺の層序表  
絶対年代は TSUNAKAWA et al. (1983) による。

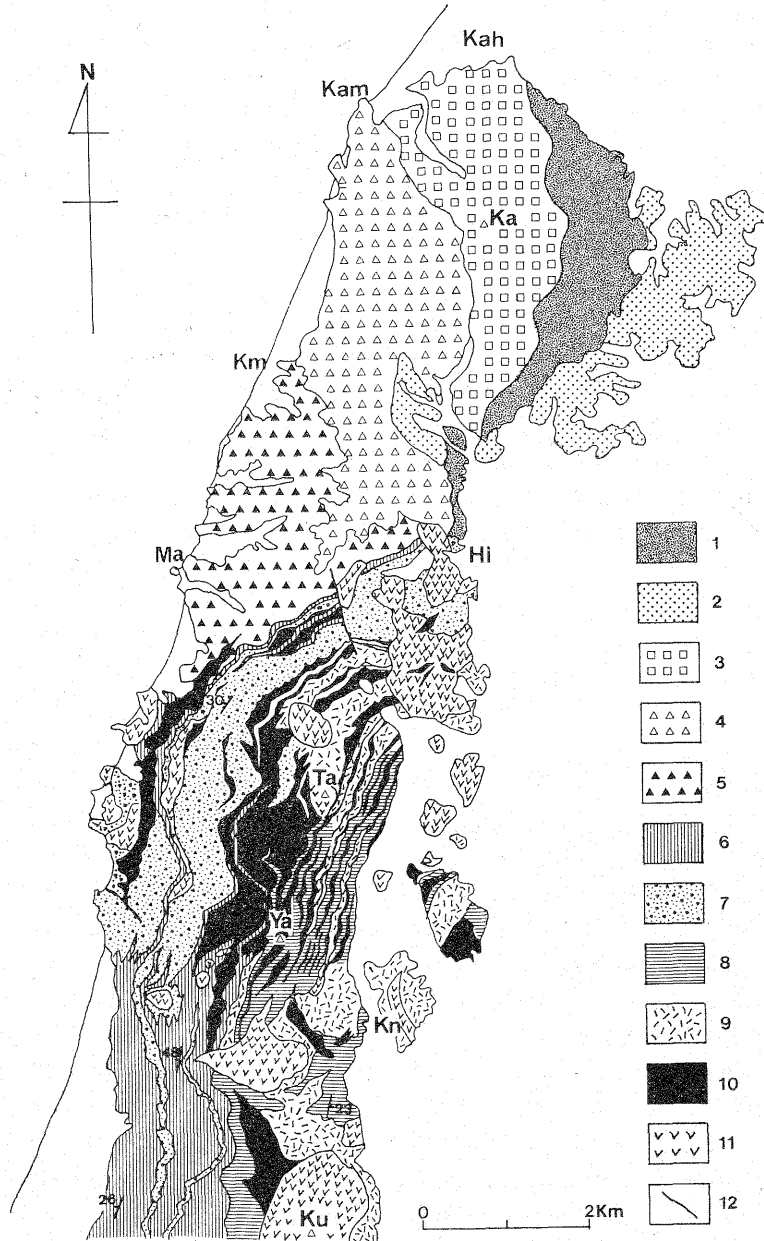


図2 弥彦～角田山塊周辺の地質図（白井ほか（1976）を簡略化・一部修正）  
 1：泥流堆積物，2：第四紀層，3：角田火山岩類（主として溶岩），4：角田火山岩類（主としてハイアロクラスタイト），5：間瀬玄武岩層，6：寺泊層（硬質頁岩層），7：寺泊層（主として玄武岩質火砕岩），8：観音寺層（硬質頁岩層），9：観音寺層（主として流紋岩質・玄武岩質火砕岩），10：弥彦ドレライト，11：流紋岩岩脈および溶岩，12：断層，Kah：角田浜，Kam：角田岬，Km：角海浜，Ka：角田山，Ma：間瀬，Hi：樋曾，Ta：多宝山，Ya：弥彦山，Kn：観音寺，Ku：国上山

序表を修正したものである。白井ほか(1976)は、角田火山岩類を椎谷層から西山層相当層(船川階～北浦階)としている。しかし、角田火山岩類の下部層に貫入している安山岩岩脈からK-Ar法によって11.5～13.6Maの年代が得られている(TSUNAKAWA *et al.*, 1983)ことや角田火山岩類は間瀬玄武岩層と指交関係にあることが最近の研究で明らかにされている(長瀬ほか, 1986)ことなどから、本論文では、角田火山岩類を女川階とした。

弥彦～角田山塊の新第三系のうち、観音寺層、寺泊層、間瀬玄武岩層中には、玄武岩質の噴出岩のほかにも多量の玄武岩質の貫入岩が認められる。このうち、間瀬玄武岩層中に貫入している玄武岩とドレライトの岩脈を間瀬玄武岩岩脈とよぶ。また、観音寺層と寺泊層下部層中には、多量のドレライトが岩床状をなして貫入しているが、これらを弥彦ドレライトと呼ぶことにする。

TSUNAKAWA *et al.* (1983)は、弥彦～角田山塊を構成する火山岩類についてK-Ar法によって年代測定を行っている。その結果によれば、角田火山岩類中の安山岩岩脈の年代は上述したとおりであるが、弥彦ドレライトと間瀬玄武岩岩脈からはそれぞれ14.6Maと7.1～8.2Maが得られている(表1)。

### 3. 火山地質と火山岩の産状

弥彦～角田山塊を構成する新第三系については、すでに多くの記載がなされている(西田・茅原, 1956; 茅原, 1974a; 白井ほか, 1976など)。したがって、ここでは、弥彦～角田山塊の火山岩類については、筆者が岩石学的研究の対象にしているものとそれに関連したものを中心に記述する。

#### 3.1 間瀬玄武岩層・間瀬玄武岩岩脈

間瀬玄武岩層は、寺泊層中の硬質頁岩層(西田・茅原(1956)の樋曾硬質頁岩層)の上位に整合に重なっており、南西方では、寺泊層中の変質の著しい玄武岩質の火山砕屑岩と同時異相の関係にあると考えられる。本玄武岩層は、間瀬部落北東方に広く分布し、海岸部と平野部との分水嶺より西方の斜面を主に構成していて、特に間瀬部落より角海浜に至る海岸において良い露出を示す。本玄武岩層は、全体として走向北東で北西に緩く傾斜している。したがって、下位の寺泊層中の硬質頁岩との累重関係および本玄武岩層下部の状態は間瀬街道(間瀬部落から樋曾部落へ通じる県道)に沿って最も詳細に観察することができる。

間瀬街道の露頭によると、白色～淡緑色凝灰岩を挟む硬質頁岩層(寺泊層上部層)の上位に間瀬玄武岩層が重なっている。本玄武岩層の基底部は、暗褐色の玄武岩質ハイアロクラスタイトを主としていて黒色泥岩を挟んで

いる。このハイアロクラスタイトは軟弱であり、さらに上位の典型的なハイアロクラスタイトに比べると、本質的なものではなく、かなり多量の泥質物を混じている。この玄武岩質ハイアロクラスタイトの上位には、やや顕著な頁岩層が累重している。この頁岩層の上位に玄武岩質ハイアロクラスタイトの厚層が累重しており、著しい海底塩基性火山活動の開始を示している。間瀬街道に沿う地域では、このハイアロクラスタイトの中部に頁岩層を挟んでいるが、この頁岩層中には石英安山岩質凝灰岩が挟在されている。

このように、間瀬玄武岩層は、前記のハイアロクラスタイトを基底として、主として各種の玄武岩質水中砕屑岩からなっている。それらは、ハイアロクラスタイト、枕状溶岩よりなる。本玄武岩層中のハイアロクラスタイトは、含まれる岩塊の大きさや量によって、火山礫凝灰岩状ハイアロクラスタイト、凝灰角礫岩状ハイアロクラスタイト、火山角礫岩状ハイアロクラスタイトに細分される。このうち凝灰角礫岩状ハイアロクラスタイトが最も卓越し、これはしばしば火山角礫岩状ハイアロクラスタイトに移化し、後者においては火山弾を含有することがある。火山礫凝灰岩状ハイアロクラスタイトは、本玄武岩層の上部に多い傾向があり、角海浜南方海岸に顕著に露出している。火山角礫岩状ハイアロクラスタイトは、一般に、本玄武岩層の下部に多い傾向がある。これらのハイアロクラスタイトのうち、下部に発達する凝灰角礫岩状～火山角礫岩状ハイアロクラスタイトでは層理はやや不明であるが、上～下部を通じて火山礫凝灰岩状ハイアロクラスタイトの存在するところあるいは頁岩層を挟むところでは成層状態が極めて明瞭である。

溶岩流は数枚認められるが一般に連続性に乏しく、塊状溶岩をなすものは凝灰角礫岩状ハイアロクラスタイトに移化している。枕状溶岩は数ヶ所で観察できるが、最も顕著なものは間瀬部落北端の海岸に急崖をなして露出している。この枕状溶岩は火山角礫状ハイアロクラスタイト中にレンズ状をなして産し、緩く北西へ傾斜している。この枕状溶岩全体の層厚は約10mで、円形あるいは楕円形およびその不規則な断面を有する岩塊(長径約1m)が密に積み重なった産状を呈し、個々の枕の周縁部には急冷相が観察される。

以上の間瀬玄武岩層中には、肉眼的には玄武岩溶岩と同岩質の玄武岩岩脈やドレライトの岩脈(間瀬玄武岩岩脈)が、角海浜から間瀬部落に至る海岸やシーサイドラインに沿って多数認められる。これは後で述べる弥彦ドレライトと異なり、大部分は幅2～5m以内の薄い岩脈をなしている。これらの岩脈は、明瞭な境界面をもって周囲の間瀬玄武岩層中に貫入していることが多い。

### 3.2 角田火山岩類

本火山岩類は、主に安山岩質の火山砕屑岩と溶岩からなり、角田山から越後七浦海岸にかけて模式的に発達している。火山砕屑岩の大部分はハイアロクラスタイトで、それらは、火山礫凝灰岩状ハイアロクラスタイト、凝灰角礫岩状ハイアロクラスタイトおよび火山角礫岩状ハイアロクラスタイトに細分される。これらのハイアロクラスタイトは、主として角田山の西斜面から越後七浦海岸～五ヶ浜にかけて発達している。角田岬南方の海岸崖の一部に玄武岩質ハイアロクラスタイトが分布しているが、他のハイアロクラスタイトはすべて安山岩質のものである。柱状節理および板状節理の発達した安山岩質の塊状溶岩は、角田山を中心に南北方向に分布している。安山岩質のハイアロクラスタイトのうち、角田岬周辺と五ヶ浜～五ツ峠に分布するものは複輝石安山岩からなるが、他のハイアロクラスタイトおよび溶岩を構成している安山岩中には、単斜輝石や斜方輝石の斑晶の他に、少量の普通角閃石を斑晶として含んでいる。これらのハイアロクラスタイトと溶岩の構造は、西～南西へ10～20°傾斜しているので、全体的にみると、塊状溶岩を主体とする東側の部分が下部の層準のものであり、ハイアロクラスタイトを主体とする西～南側の部分が上部の層準にあたる。これら全体の層厚は1,500m以上と見積られる。

以上の噴出岩類の他に、角田岬周辺と越後七浦海岸のシーサイドライン沿いには、玄武岩および安山岩の岩脈が10本以上認められる。これらは幅2～3m以内のものが多く、周囲のハイアロクラスタイトを明瞭な境界をもって貫入しているものと、岩脈の先端がハイアロクラスタイトへ移行しているものがある。後者はハイアロクラスタイトを形成した時のフィーダーであったことを示していると考えられる。

### 3.3 弥彦ドレライト

弥彦ドレライトは、観音寺層中の上部層および寺泊層

下部層の頁岩層の多い部分に多数存在している。このように頁岩層のような板状構造を呈する部分に選択的に塩基性マグマが侵入し、母岩による構造支配を受ける現象は、各地の中期中新世のドレライトにおいてしばしば認められるが、弥彦ドレライトにみられる産状は典型的なものである。弥彦山塊の中核部には、特に多数のドレライトが貫入しており(図2)、貫入岩床群またはシル群を形成している。玄武岩～ドレライトの貫入岩床あるいはシルが最も頻繁に存在するのは頁岩に富む部分であり、凝灰岩や流紋岩の多いところでは少量であり、そのようなところでは岩脈状のことが多い。これらの岩脈は地層の走向に直交し、全体として弥彦山塊の中核部に対して放射状に配列する傾向をもっている。

### 3.4 坑井試料

今回検討した坑井試料は、角田山の北東約5kmの角田R-2号井(図3)と長岡市東方の東山比礼R-2号井(図4)のものである。

これらの坑井においては、玄武岩およびドレライトはいずれも七谷層(西黒沢階)の中に溶岩、火山砕屑岩、岩床などとして産する。角田R-2号井では、深度1,038～1,371mまでは玄武岩であり、1,421～1,474mまでは極めて粗粒なドレライトが貫入岩床として存在する。また、東山比礼R-2号井では、深度1,399m以下に砂質頁岩・黒色硬質頁岩などに伴って多量の玄武岩～ドレライトが存在している。最上部のものは玄武岩質であるが、下部の大部分のものは粗粒なドレライトを主体としている。これらは火山砕屑岩を全く伴っていないので、貫入岩体であろうと考えられる。

これらの玄武岩～ドレライトの年代は明らかにされていないが、これらは弥彦ドレライトと同じように、西黒沢期の砕屑岩層中に含まれているので、これらの玄武岩類も弥彦ドレライトとはほぼ同時期に活動したものと推定される。

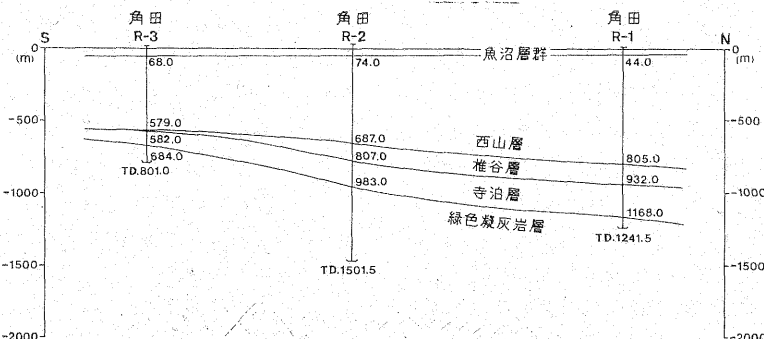


図3 角田R-2号井周辺の地質断面図(帝国石油(株)による)

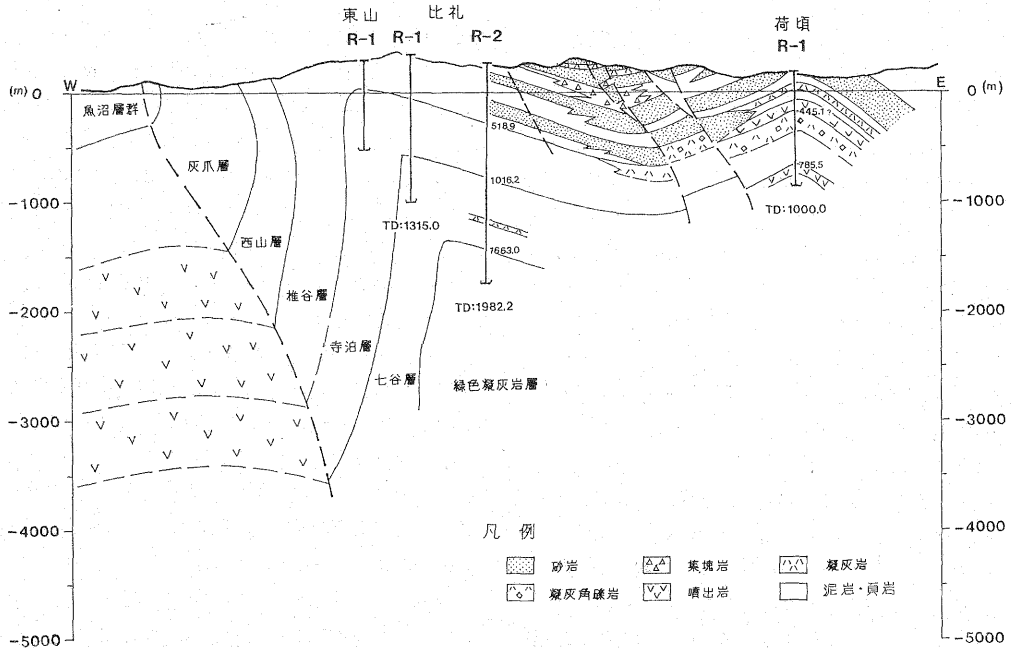


図4 比礼R-2号井周辺の地質断面図 (石油資源開発㈱による)

#### 4. 玄武岩およびドレライトの岩石記載

弥彦ドレライトの多くは、サブオフィティック組織を呈し、斜長石と単斜輝石を主要構成鉱物としているが、さらにカンラン石を有するものとこれを欠くものがある。カンラン石は緑泥石、鉄サポナイトあるいはまれに炭酸塩鉱物に変質している。特に弥彦山の東斜面のドレライトは変質が著しく、斜長石、普通輝石、カンラン石を問わず全体的に緑泥石や炭酸塩鉱物が生じているものもある。斜長石は曹灰長石が普通であるが、一部には灰曹長石～曹長石を含むものもある。斜長石の大部分は自形結晶で、時に累帯構造を示すものもある。単斜輝石は半自形～他形のサハラ輝石と普通輝石である。鉄鉱もしばしば観察されるが、それらは四角形ないし不規則な多角形を呈するもの他に針状、樹脂状、骸骨状などの形態を呈するものがある。

間瀬玄武岩岩脈中のドレライトは、サブオフィティック組織を示し、カンラン石、普通輝石、斜長石、鉄鉱を主要構成鉱物としている。カンラン石は緑泥石に変質しているが、斜長石と普通輝石は新鮮で、変質の程度は弥彦ドレライトより著しく弱い。普通輝石は半自形～他形で、一部は累帯構造を示す。斜長石は灰長石～曹灰長石で自形を示す。鉄鉱は自形のものの他に樹脂状～骸骨状を呈するものがある。間瀬玄武岩岩脈中の玄武岩は、すべてインターサータル組織を示し、斑晶はカンラン石のみからなるもの、カンラン石と斜長石からなるもの、斜長石、

普通輝石およびカンラン石とからなるものがある。カンラン石は緑泥石あるいはまれに炭酸塩鉱物に変質している。普通輝石は量的に少なく、すべて新鮮である。斜長石は亜灰長～曹灰長石に属し、しばしば累帯構造を示す。石基は斜長石、普通輝石および緑泥石化したガラスを主体とし、少量のビジョン輝石と鉄鉱を伴う。

角田火山岩類中の安山岩質ハイアロクラスタイト中に貫入している玄武岩はインターサータル組織を示し、斑晶として斜長石とカンラン石を含むものと、斜長石、カンラン石および普通輝石を含むものがある。カンラン石は自形～半自形で緑泥石とまれに炭酸塩鉱物に完全に置換されているものもあるが、多くは新鮮で、そのようなカンラン石では、パーテングに沿って緑泥石や炭酸塩鉱物が形成されている。普通輝石は自形で新鮮である。斜長石は亜灰長石～曹灰長石に属し多くは新鮮であるが、一部は虫食い状に変質し炭酸塩鉱物を生じていることがあり、時に累帯構造を示す。石基は斜長石、普通輝石および鉄鉱を主とし、少量のビジョン輝石と変質したガラスを伴い、まれにスフェーンやアパタイトを含む。

角田R-2号井中のドレライトは、一般に弥彦ドレライトよりも粗粒で、サブオフィティック組織を示すものが多いが、一枚の薄片規模において、粗粒部とやや細粒部とからなるものがある。粒粗部はハンレイ岩様の組織を示し、やや細粒部はサブオフィティック組織を示す。主要な構成鉱物は普通輝石と斜長石であるが、ごくまれにシソ輝石が含まれる。輝石類は半自形～他形で一般に新

鮮である。斜長石は亜灰長石～曹灰長石である。輝石や斜長石の一部に緑泥石と炭酸塩鉱物が生じている程度で変質は弱い。角田R-2号井中の玄武岩はインターサータル組織を示し、斜長石斑晶のみからなるものとこれにカンラン石が加わったものがあるが、カンラン石は全て緑泥石またはまれに炭酸塩鉱物に変質している。石基は単斜輝石、斜長石、鉄鈹および変質したガラスなどからなる。

比礼R-2号井中のドレライトは一般に粗粒で、サブオフィティック組織を呈するものと、オフィティック組織の部分とサブオフィティック組織の部分とからなるものがある。主要構成鉱物は普通輝石と斜長石であり、カンラン石を含むものとこれを欠くものがある。カンラン石はごく少量ですべて緑泥石に変質している。普通輝石は半自形～他形で新鮮である。斜長石は亜灰長石～曹灰長石である。鉄鈹も少量含まれ、自形結晶の他に樹脂状および骸骨状のものがある。サブオフィティック組織の部分では、鉱物間のガラスは変質して緑泥石が生じている。比礼R-2号井中の玄武岩はインターサータル組織を示し、カンラン石、普通輝石および斜長石の斑晶を有するものと普通輝石と斜長石の斑晶からなるものとがあ

る。カンラン石は緑泥石、鉄サボナイトに置換され、仮像を残すだけである。石基は単斜輝石、斜長石、鉄鈹および変質したガラスを主とし、少量のアパタイトおよびスフェーンを伴う。また、ごくまれにアミグダル状に沸石が認められる。

## 5. 全岩化学組成

間瀬玄武岩岩脈、角田火山岩類、弥彦ドレライト、坑井試料の蛍光X線法で得られた全岩化学組成と無水で再計算した値を表2と表4に示す。これらの分析試料にはできるだけ新鮮なものを選んだが、角田火山岩類の玄武岩以外は含まれているカンラン石は緑泥石様鉱物あるいはごくまれに炭酸塩鉱物に変質している。なお、これ以後の火山岩の化学組成の特徴に関する記述は、変質作用の影響による化学組成の変動を考慮して、無水で再計算した値に基づいて行うことにする。

表2に示されるように、間瀬玄武岩岩脈の再計算値のSiO<sub>2</sub>量が50.0～52.4%、FeO\*/MgO比は0.91～1.29で、これらは比較的未分化な組成の玄武岩であることを示している。次に、角田火山岩類のうち、安山岩質ハイアロクラスタイト中の角礫および安山岩溶岩の化学組成(再

表2 間瀬玄武岩岩脈と弥彦ドレライトの主化学組成(表下段は再計算値)

Sample	MA01	MA02	MA03	MA04	MA05	MA06	YA01	YA02	YA03	YA04	YA05	YA06
SiO <sub>2</sub>	48.93	48.71	50.42	50.72	50.27	48.20	48.85	46.16	46.62	47.62	48.79	52.97
TiO <sub>2</sub>	0.88	0.91	0.96	0.92	0.91	1.18	1.48	1.58	1.48	1.51	1.59	1.71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.50	16.80	16.89	17.96	17.89	16.98	15.25	15.06	15.71	14.56	14.61	16.05
FeO*	7.04	8.00	8.12	7.23	7.28	7.92	9.67	9.54	7.90	8.70	9.91	6.46
MnO	0.15	0.12	0.15	0.12	0.14	0.17	0.16	0.21	0.15	0.10	0.11	0.15
MgO	7.54	7.99	7.22	5.57	5.63	8.73	8.53	7.93	6.21	8.08	7.93	3.39
CaO	12.87	11.33	11.48	12.01	11.93	10.65	6.55	6.50	7.58	6.76	5.43	8.53
Na <sub>2</sub> O	1.42	1.41	1.55	1.32	1.32	2.28	4.38	3.16	3.14	2.79	2.65	3.39
K <sub>2</sub> O	0.27	0.20	0.42	0.71	0.62	0.11	1.09	2.35	3.00	1.95	1.84	1.36
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.20	0.19	0.22	0.21	0.22	0.19	0.19	0.19	0.19	0.20	0.65
H <sub>2</sub> O(+)	2.31	2.53	1.92	2.12	2.53	2.44	1.95	4.32	4.56	4.62	3.48	2.74
H <sub>2</sub> O(-)	2.07	2.02	0.89	1.03	1.26	1.22	1.86	2.68	2.82	2.84	3.10	2.40
Total	100.15	100.22	100.21	99.93	99.98	100.10	99.96	99.68	99.36	99.70	99.64	99.80
SiO <sub>2</sub>	51.09	50.91	51.77	52.41	52.26	49.98	50.81	49.81	50.68	51.62	52.43	55.96
TiO <sub>2</sub>	0.92	0.95	0.99	0.95	0.95	1.22	1.54	1.70	1.61	1.64	1.71	1.81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.23	17.56	17.34	18.56	18.60	17.61	15.86	16.25	17.08	15.78	15.70	16.96
FeO*	7.35	8.36	8.34	7.47	7.57	8.21	10.06	10.29	8.59	9.43	10.65	6.82
MnO	0.16	0.13	0.15	0.12	0.15	0.18	0.17	0.23	0.16	0.11	0.12	0.16
MgO	7.87	8.35	7.41	5.76	5.85	9.05	8.87	8.56	6.75	8.76	8.52	3.58
CaO	13.44	11.84	11.79	12.41	12.40	11.04	6.81	7.01	8.24	7.33	5.83	9.01
Na <sub>2</sub> O	1.48	1.47	1.59	1.36	1.37	2.36	4.56	3.41	3.41	3.02	2.85	3.58
K <sub>2</sub> O	0.28	0.21	0.43	0.73	0.64	0.11	1.13	2.54	3.26	2.11	1.98	1.44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18	0.21	0.20	0.23	0.22	0.23	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	0.69
FeO*/MgO	0.93	1.00	1.12	1.29	1.29	0.91	1.13	1.20	1.27	1.08	1.25	1.90

MA01～MA 06; 間瀬玄武岩岩脈, YA01～YA 06; 弥彦ドレライト, MA 01; カンラン石玄武岩, MA02; カンラン石玄武岩, MA 03; 普通輝石・カンラン石玄武岩, MA 04; 斜長石玄武岩, MA 05; 斜長石玄武岩, MA 06; カンラン石・普通輝石ドレライト, YA 01; カンラン石・普通輝石ドレライト, YA 02; カンラン石・普通輝石ドレライト, YA 03; 普通輝石ドレライト, YA 04; カンラン石・普通輝石ドレライト, YA 05; カンラン石・普通輝石ドレライト, YA 06; 普通輝石ドレライト

表3 角田火山岩類の主化学組成(表下段は再計算値)

Sample	KA01	KA02	KA03	KA04	KA05	KA06	KA07	KA08	KA09	KA10	KA11	KA12	KA13	KA14
SiO <sub>2</sub>	50.56	51.05	57.49	57.12	56.67	56.14	59.39	59.59	60.64	59.30	53.13	62.66	54.84	55.71
TiO <sub>2</sub>	0.96	0.83	1.08	1.07	1.05	1.10	1.05	1.06	0.85	1.04	1.20	0.79	0.93	1.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.47	18.84	16.39	16.70	16.38	16.48	16.84	16.87	17.36	17.03	17.63	16.46	17.45	17.14
FeO*	8.80	7.16	8.45	8.40	8.26	8.43	6.88	7.16	5.69	6.96	9.14	5.36	7.35	7.97
MnO	0.14	0.13	0.17	0.16	0.14	0.19	0.17	0.18	0.15	0.18	0.18	0.13	0.13	0.15
MgO	6.20	4.35	3.15	3.02	3.18	2.96	2.03	1.81	1.63	2.05	3.16	1.75	4.05	3.63
CaO	11.76	11.37	7.10	6.95	7.26	7.26	6.04	5.99	5.48	6.27	8.69	4.71	9.05	8.12
Na <sub>2</sub> O	1.89	2.41	3.10	3.06	3.15	3.07	3.39	3.17	3.73	3.42	3.34	3.71	2.74	3.03
K <sub>2</sub> O	0.72	0.87	1.66	1.65	1.59	1.63	2.08	2.15	2.19	2.00	1.16	2.41	1.33	1.43
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.23	0.25	0.32	0.34	0.34	0.35	0.44	0.42	0.32	0.42	0.36	0.26	0.28	0.34
H <sub>2</sub> O(+)	0.68	1.03	0.68	0.86	0.96	1.20	1.21	1.25	1.57	1.02	0.95	1.72	0.94	1.11
H <sub>2</sub> O(-)	0.42	0.91	0.45	0.61	0.42	0.43	0.54	0.32	0.49	0.38	0.45	0.40	0.36	0.37
Total	99.83	99.20	100.04	99.94	99.40	99.24	100.06	99.97	100.10	100.07	99.39	100.36	99.45	100.04
SiO <sub>2</sub>	51.21	52.49	58.12	58.02	57.81	57.51	59.94	60.56	61.85	60.10	54.22	63.78	55.87	56.52
TiO <sub>2</sub>	0.97	0.85	1.09	1.07	1.07	1.13	1.06	1.08	0.87	1.05	1.22	0.80	0.95	1.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.69	19.37	16.57	16.96	16.71	16.88	17.00	17.14	17.71	17.26	17.99	16.75	17.78	17.39
FeO*	8.91	7.36	8.54	8.53	8.43	8.64	7.72	7.28	5.80	7.05	9.33	5.46	7.49	8.09
MnO	0.14	0.13	0.17	0.16	0.14	0.19	0.17	0.18	0.15	0.18	0.18	0.13	0.13	0.15
MgO	6.28	4.47	3.18	3.07	3.24	3.03	2.05	1.84	1.66	2.08	3.22	1.78	4.13	3.68
CaO	11.91	11.68	7.18	7.06	7.41	7.44	6.10	6.09	5.59	6.35	8.87	4.79	9.22	8.24
Na <sub>2</sub> O	1.91	2.48	3.13	3.11	3.21	3.15	3.42	3.22	3.80	3.47	3.41	3.78	2.79	3.07
K <sub>2</sub> O	0.73	0.89	1.68	1.68	1.62	1.67	2.10	2.18	2.23	2.03	1.18	2.45	1.36	1.45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.23	0.26	0.32	0.35	0.35	0.36	0.44	0.43	0.33	0.43	0.37	0.26	0.29	0.34
FeO*/MgO	1.41	1.64	2.68	2.78	2.59	2.84	3.39	3.95	3.49	3.39	2.89	3.06	1.81	2.19

KA 01～KA 02; 岩脈, KA 03～KA 14; 溶岩およびハイアロクラスタイト中の角礫, KA 01; 普通輝石含有カンラン石玄武岩(越後七浦シーサイドライン), KA 02; 普通輝石カンラン石玄武岩(越後七浦シーサイドライン), KA 03; 普通角閃石含有シソ輝石・普通輝石安山岩(角田浜探石場), KA 04; 普通輝石・シソ輝石安山岩(妙光寺探石場), KA 05; 普通輝石・シソ輝石安山岩(妙光寺探石場), KA 06; 角閃石含有普通輝石・シソ輝石安山岩(妙光寺洞穴), KA 07; シソ輝石・普通輝石安山岩(角田岬), KA 08; 普通輝石安山岩(角田岬), KA 09; シソ輝石・普通輝石安山岩(角田岬), KA 10; シソ輝石・普通輝石安山岩(角田岬), KA 11; 普通輝石玄武岩質安山岩(越後七浦海岸), KA 12; 普通角閃石含有普通輝石・シソ輝石安山岩(五ヶ峠浜南), KA 13; シソ輝石・普通輝石安山岩(五ヶ峠北西), KA 14; シソ輝石・普通輝石安山岩(五ヶ峠北西)

計算値)は, SiO<sub>2</sub> が54.2%から63.8%の幅広い組成をもつ(表3)。ハイアロクラスタイトを貫ぬく玄武岩岩脈では, SiO<sub>2</sub> 量が51.2～52.5%で, FeO\*/MgO 比は1.41～1.64であり, これらは比較的分化した玄武岩であることを示している。一方, 弥彦ドレライトの再計算値(表2)は, SiO<sub>2</sub> が49.8～56.0%で FeO\*/MgO 比は1.08～1.90であり, 弥彦ドレライトは, 間瀬玄武岩岩脈よりもやや分化したものであるといえる。次に坑井試料についてみると, 比礼 R-2号井の玄武岩とドレライトの SiO<sub>2</sub> 量(再計算値)は49.4～51.3%で組成幅が狭い。FeO\*/MgO 比は1.14～1.28である。一方, 角田 R-2号井の玄武岩とドレライトの SiO<sub>2</sub> 量(再計算値)は, 52.0～58.7%で FeO\*/MgO 比は1.48～3.42であり(表4), これらは比礼 R-2号井の玄武岩～ドレライトより著しく分化したものであるといえる。分化の程度からみると, 角田 R-2号井の玄武岩とドレライトは弥彦ドレライトに類似しているとみることができる。

これらの火山岩類の分析値を幾つかの図で検討してみ

る。図5に SiO<sub>2</sub>-(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) 図を示す。間瀬玄武岩岩脈と比礼 R-2号井の玄武岩類の大部分は, 低アルカリソレアイト系列の領域をしめるに対して, 弥彦ドレライトの大部分はアルカリ玄武岩系列の領域点示される。角田 R-2号井の玄武岩類は, 低アルカリソレアイト系列と高アルカリソレアイト系列の境界付近から高アルカリソレアイト系列の領域をしめる。角田火山岩類のうち安山岩は高アルカリソレアイト系列の領域に点示されるが, 玄武岩岩脈は低アルカリソレアイト系列の領域をしめる。以上の事実が示すように, これらの玄武岩類は, 東西幅で約30kmの比較的狭い地域に産するにもかかわらず, 各玄武岩類間でアルカリ含有量にかなりの違いが認められる。なお, 比礼 R-2号井の玄武岩類が低アルカリソレアイト系列のものであることは今田(1981)によっても指摘されている。

次に FeO\*/MgO-SiO<sub>2</sub> 図(図6)をみってみる。この図は, ソレアイト系列とカルクアルカリ系列の火山岩を区別するものであるので(MIYASHIRO, 1974), 弥彦ドレ



表4 角田R-2号井および比礼R-2号井中の玄武岩類の主化学組成(表下段は再計算値)

Sample	KR01	KR02	KR03	KR04	KR05	KR06	HR01	HR02	HR03	HR04	HR05	HR06
SiO <sub>2</sub>	52.60	51.14	50.21	51.10	54.45	57.95	48.62	49.15	47.96	49.82	50.03	48.10
TiO <sub>2</sub>	1.06	0.99	1.03	0.93	1.94	1.63	0.90	0.84	0.83	0.81	1.17	0.97
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.28	18.72	18.44	18.77	14.35	14.33	16.82	16.43	16.26	18.23	16.61	16.47
FeO*	8.14	7.96	8.10	7.58	10.95	9.81	10.00	9.56	9.85	7.78	8.96	9.66
MnO	0.12	0.12	0.13	0.14	0.18	0.16	0.12	0.12	0.13	0.13	0.15	0.15
MgO	4.79	4.76	5.05	5.11	3.61	2.87	8.15	8.26	7.69	6.77	7.04	8.46
CaO	9.12	9.79	9.18	10.65	7.25	5.85	10.84	11.88	11.44	11.36	10.55	10.52
Na <sub>2</sub> O	2.35	2.90	3.19	2.18	3.05	3.48	1.66	1.40	2.31	1.99	2.20	2.03
K <sub>2</sub> O	1.06	0.99	0.92	1.00	1.58	2.17	0.39	0.11	0.39	0.32	0.64	0.41
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.25	0.28	0.29	0.27	0.40	0.51	0.15	0.14	0.14	0.19	0.20	0.17
H <sub>2</sub> O(+)	1.17	1.35	2.15	1.43	1.15	0.41	1.75	1.03	2.02	1.42	1.56	1.73
H <sub>2</sub> O(-)	0.99	0.90	1.53	0.71	0.35	0.27	0.86	0.92	0.87	1.14	0.90	1.50
Total	99.94	99.90	100.22	99.87	99.26	99.44	100.26	99.94	99.89	99.96	100.01	100.17
SiO <sub>2</sub>	53.79	52.37	52.01	52.29	55.70	58.68	49.79	50.31	49.44	51.15	51.29	49.62
TiO <sub>2</sub>	1.09	1.01	1.07	0.95	1.98	1.65	0.92	0.85	0.86	0.83	1.20	1.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.70	19.17	19.10	19.21	14.68	14.51	17.22	16.72	16.76	18.72	17.03	16.99
FeO*	8.32	8.15	8.39	7.76	11.20	9.93	10.24	9.73	10.15	7.99	9.19	9.96
MnO	0.12	0.12	0.13	0.14	0.18	0.16	0.12	0.12	0.13	0.13	0.15	0.15
MgO	4.90	4.87	5.23	5.23	3.69	2.91	8.35	8.40	7.93	6.95	7.22	8.73
CaO	9.33	10.03	9.51	10.90	7.42	5.92	11.10	12.19	11.79	11.66	10.81	10.85
Na <sub>2</sub> O	2.40	2.97	3.30	2.23	3.12	3.52	1.70	1.42	2.38	2.04	2.26	2.09
K <sub>2</sub> O	1.08	1.01	0.95	1.02	1.62	2.20	0.40	0.11	0.40	0.33	0.66	0.42
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.26	0.29	0.30	0.28	0.41	0.52	0.15	0.14	0.14	0.20	0.21	0.18
FeO*/MgO	1.69	1.67	1.60	1.48	3.03	3.42	1.22	1.15	1.28	1.14	1.27	1.14

KR01~KR06: 角田R-2号井中の玄武岩類, HR01~HR06: 比礼R-2号井中の玄武岩類, KR01: 斜長石玄武岩(深度1,310m), KR02: 普通輝石ドレライト(深度1,422m), KR03: 普通輝石ドレライト(深度1,432m), KR04: シン輝石・普通輝石ドレライト(深度1,444m), KR05: 普通輝石ドレライト(深度1,456m), KR06: 普通輝石ドレライト(深度1,462m), HR01: カンラン石・普通輝石玄武岩(深度1,401m), HR02: カンラン石・普通輝石玄武岩(深度1,405m), HR03: カンラン石・普通輝石玄武岩(深度1,409m), HR04: 普通輝石ドレライト(深度1,723m), HR05: 普通輝石ドレライト(深度1,870m), HR06: カンラン石・普通輝石ドレライト(深度1,919m)

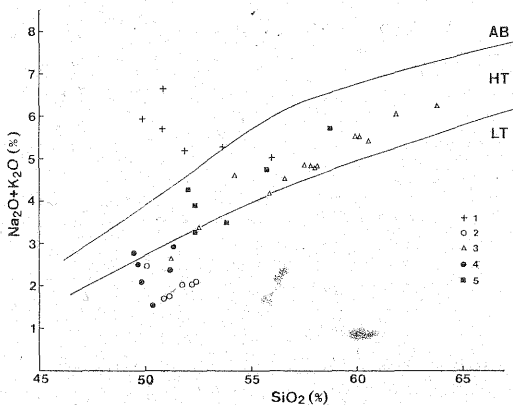


図5 新潟油・ガス田周辺の西黒沢～女川期火山岩類の SiO<sub>2</sub>-(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) 図

1: 弥彦ドレライト, 2: 間瀬玄武岩岩脈, 3: 角田火山岩類, 4: 比礼R-2号井中の玄武岩類, 5: 角田R-2号井中の玄武岩類, LT・HT・ABはそれぞれ低アルカリソレライト系列, 高アルカリソレライト系列, アルカリ玄武岩系列の領域(久野, 1968).

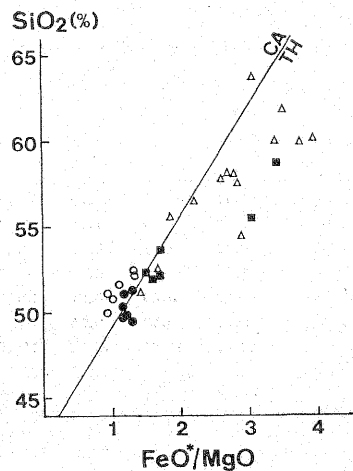


図6 新潟油・ガス田周辺の西黒沢～女川期火山岩類の SiO<sub>2</sub>-FeO\*/MgO 図

弥彦ドレライトは除いてある。記号は図5と同じ。

ライトはこの図から除いてある。FeO\*/MgO 比が2.0より小さい玄武岩類は、両系列の境界付近にまぎれまぎれ点示されているが、この比の値が2.0より大きい角田火山岩類や角田R-2号井の分化したドレライトはそれらの大部分がソレライト系列の領域を占める。したがって、これらの安山岩組成の火山岩はソレライト系列のものとみなすことができる。

これらの玄武岩類の中には、TiO<sub>2</sub> や P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> あるいはその両者に富むものが存在する。弥彦ドレライトは1.54～1.81%の高い TiO<sub>2</sub> 量を有しているが、このことは、弥彦ドレライトの大部分がアルカリ玄武岩であることと調和的である。ただし、TiO<sub>2</sub> が1.81%の玄武岩岩脈(YA06)は、高アルカリソレライト系列の領域(図5)をしめ、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0.69%)にも富んでいる。また、高アルカリソレライトに属する角田R-2号井の玄武岩類の中にも TiO<sub>2</sub> と P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> に富むものが認められる。試料KR 05とKR 06の分化したドレライトはそれぞれ TiO<sub>2</sub> が1.98%と1.65%であり P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> は0.41%と0.52%である(表4)。

## 6. カンラン石と単斜輝石の化学組成\*

### 6.1 カンラン石

弥彦ドレライト、間瀬玄武岩岩脈および坑井試料中のカンラン石は、すべて緑泥石様鉱物あるいは炭酸塩鉱物に変質している。角田火山岩類中の玄武岩岩脈中には、新鮮なカンラン石斑晶(0.5～1.2mm大)が存在する。このカンラン石の中心部のFo%は81～85に集中する(表5, 図7)。カンラン石の組成は中心部と周縁部で差異は小さい。例えば、二つのカンラン石においては、Fo%は中心部で84と82で周縁部ではそれぞれ83と80である。

表5 角田火山岩類中の玄武岩岩脈(KA 01)の斑晶カンラン石の化学組成

	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	38.26	39.44	38.64	39.15	38.34
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.08	0.09	0.00	0.05	0.08
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00
FeO*	16.21	16.45	16.86	17.52	18.92
MnO	0.19	0.18	0.18	0.24	0.21
MgO	44.22	44.08	44.48	43.56	42.66
CaO	0.24	0.26	0.23	0.30	0.20
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
Total	99.29	100.54	100.42	100.82	100.33
Ca atom%	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3
Mg	82.7	82.4	82.2	81.3	79.8
Fe	17.0	17.2	17.5	18.3	19.9

\*Total Fe as FeO

### 6.2 単斜輝石

弥彦ドレライト、比礼R-2号井および角田R-2号井中のドレライトの単斜輝石の分析値を表6に示し、それらを図7と図8に点示した。分析値は各単斜輝石の中心部あるいはそれに近い部分のものである。

これらの単斜輝石は、サーラ輝石からCaに富む普通輝石の組成範囲にあるが、角田R-2号井と比礼R-2号井のドレライト(高アルカリソレライト系列と低アルカリソレライト系列に属する)中の単斜輝石は、弥彦ドレライト(アルカリ玄武岩系列に属する)中のものよりCaにやや乏しく、スケールガード岩体の単斜輝石の変化経路(BROWN, 1957)により近い組成を示している(図7)。次に、これらの単斜輝石の分析値をSi-Al図に点示した(図8)。丸山(1976)はこの図に用いる単斜輝石をFe<sup>2+</sup>/Fe<sup>2+</sup>+Mg<0.25のものに限定しているが、この図は玄武岩質岩石の石基部の輝石か、玄武岩質岩石で浅所に貫入固結した岩体の輝石に限定されるべきという指摘(高

表6 単斜輝石の化学組成

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO <sub>2</sub>	49.11	49.94	49.79	49.35	52.47	51.68	51.88	51.45	49.97	51.17	50.90	51.95
TiO <sub>2</sub>	1.29	0.89	1.19	1.02	0.46	0.39	0.50	0.93	0.49	0.62	0.55	0.54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.37	4.01	3.80	3.30	1.70	1.79	1.67	2.98	1.57	1.63	1.81	1.71
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.67	0.87	0.02	0.00	0.55	0.22	0.23	0.17	0.11	0.00	0.06	0.15
FeO*	6.57	6.49	8.81	10.58	7.67	7.13	8.33	8.24	13.46	12.73	12.31	7.90
MnO	0.21	0.12	0.24	0.24	0.22	0.22	0.22	0.26	0.22	0.32	0.43	0.21
MgO	13.69	14.80	14.34	14.17	15.61	17.15	17.15	15.46	13.17	13.82	14.52	16.54
CaO	22.97	22.16	21.93	20.77	21.71	21.12	20.21	20.47	21.50	19.99	19.78	20.82
Na <sub>2</sub> O	0.34	0.31	0.34	0.26	0.17	0.21	0.09	0.25	0.22	0.13	0.15	0.15
Total	99.22	99.59	100.46	99.69	100.56	99.91	100.28	100.21	100.71	100.41	100.51	99.97
Ca atom%	48.7	46.3	45.0	42.6	43.9	41.8	40.0	42.3	42.7	40.7	39.9	41.6
Mg	40.5	43.2	40.9	40.5	44.0	47.2	47.1	44.4	36.4	39.1	40.7	46.0
Fe	10.8	10.5	14.1	16.9	12.1	11.0	12.9	13.3	20.9	20.2	19.4	12.4

\*Total Fe as FeO

1～4; 弥彦ドレライト (YA 01), 5～8; 比礼R-2号井のドレライト (HR 06), 9～12; 角田R-2号井のドレライト (KR 04, KR 05)。

\* 分析は新潟大学の日本電子X線プローブマイクロアナライザー JXA-5A を用いて行った。

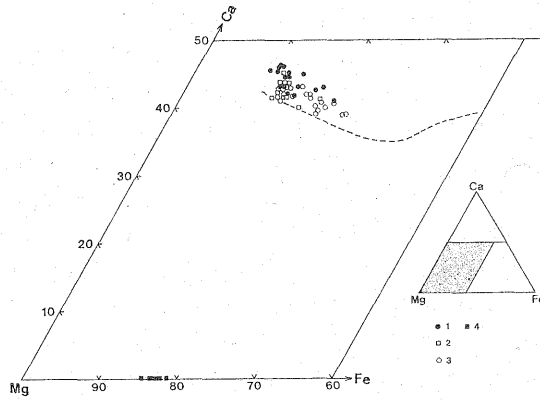


図7 ドレライトと玄武岩のカンラン石と単斜輝石の化学組成

1: 弥彦ドレライト (YA 01), 2: 比礼R-2号井中のドレライト (KR 06), 3: 角田R-2号井中のドレライト (KR 04, KR 05), 4: 角田火山岩類中の玄武岩岩脈 (KA 01), 破線はスケールガード岩体の単斜輝石の変化経路 (BROWN, 1957).

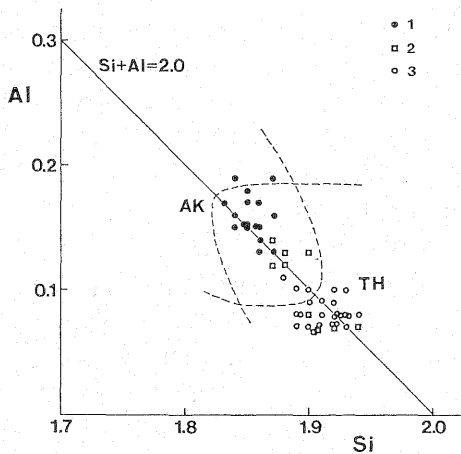


図8 ドレライト中の単斜輝石の Si-Al 図  
記号は図7と同じ。破線は丸山 (1976) による。  
TH: ソレライト質玄武岩の領域, AK: アルカリ玄武岩の領域, 中間は両者の漸移帯

沢・平野, 1977) もあるので, 図8には  $Fe^{2+}/Fe^{2+}+Mg > 0.25$  の輝石も点示してある。比礼R-2号井と角田R-2号井のドレライト中の単斜輝石は, アルカリ玄武岩とソレライトとの漸移帯からソレライトの領域に点示されるのに対して, 弥彦ドレライトの単斜輝石は, 漸移帯からアルカリ玄武岩の領域に点示される。したがって, これらのドレライトにおいては, 全岩化学組成上の特徴から決定した岩石系列と単斜輝石の Si-Al の関係は調和的であると言える。

## 7. 考 察

### 7.1 中新世広域玄武岩の帯状配列

まえがきの項で述べたように, 茅原 (1967) は東北日本海側に広く出現する女川期の玄武岩類の帯状配列の存在を指摘している。

本論文で扱った火山岩類のうち, 弥彦ドレライト, 角田火山岩類, 角田 R-2号井と比礼 R-2号井の玄武岩類を, ほぼ同時代に活動したものとして考えてみる。

前述のように, 最も東側に位置する比礼R-2号井の玄武岩類は低アルカリソレライト系列のものである。これより西側の角田火山岩類と角田R-2号井の玄武岩類の大部分は高アルカリソレライト系列のものであり, 弥彦ドレライトの大半はアルカリ玄武岩系列に属する。これらの火山岩類よりさらに西側に位置する佐渡島的小木玄武岩類は高アルカリソレライト系列とアルカリ玄武岩系列に属するものである (山川・茅原, 1968)。このアルカリ玄武岩から K-Ar 法によって, 12Ma の年代が得られている (TSUNAKAWA *et al.*, 1983)。小木玄武岩類も含めて考えると, 新潟油・ガス田地域周辺においては, 大局的には東西方向で玄武岩類の性質が規則的に異なっているように見える。しかし, K-Ar 年代が 8.2Ma を示す間瀬玄武岩岩脈 (低アルカリソレライト系列) をも考慮するとこのことを強調することはできない。また, 上述のように, ここで検討した玄武岩類が広域的玄武岩の性格をもっていることからすると, これらの玄武岩類の帯状配列の問題は, さらに広範囲に分布する各地の玄武岩を対象にして考察する必要があるだろう。

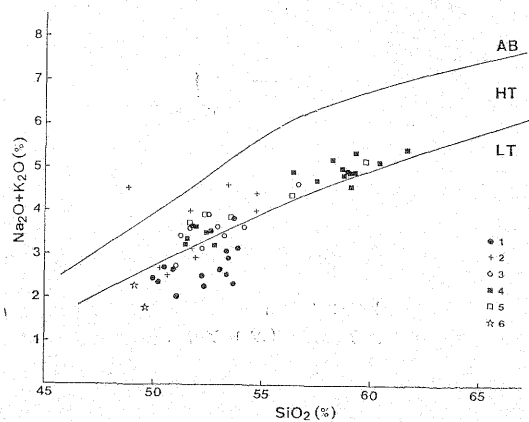


図9 中新世広域玄武岩の  $SiO_2-(Na_2O+K_2O)$  図  
1: 津軽半島龍飛岬周辺のドレライトと玄武岩, 2: 砂子瀧層中の玄武岩とドレライト (土谷, 1986 a), 3: 長滝ドレライト, 4: 大滝ドレライト (青木・辛島, 1973), 5: 瀬見ドレライト (今田, 1957), 6: 小国南西の玄武岩。1, 3, 6 は筆者らの未公表資料。

このような観点から、筆者が現在研究中の玄武岩類と他の研究者によって公表されている玄武岩類のデータも考慮してこの問題を考察してみる。図9には、津軽半島北部の玄武岩・ドレライト、秋田市近傍の砂子瀕層の玄武岩・ドレライト(土谷, 1986 a), 山形県新庄市の北方と東方に産する大滝ドレライトと瀬見ドレライト(今田, 1957; 青木・辛島, 1973), 山形県鶴岡市南西の長滝ドレライト、山形県小国町南西の玄武岩などの分析値を点示してある。これらのうち、津軽半島のは、龍飛岬周辺の玄武岩とドレライトで、この玄武岩類は、太田ほか(1957)によれば龍飛安山岩類とほぼ同時期の中新世中期の産物である。長滝ドレライトについては村山(1967)による分析値もあるが、図9には今回筆者らが分析したものを用いた。このドレライトは、土谷ほか(1984)の小連寺ドレライトに相当する。このドレライトの活動時

期は、砂子瀕層中の玄武岩類、大滝ドレライト、瀬見ドレライトなどの活動時期(西黒沢期～女川期)とはほぼ同じであろうと考えられている(今田, 1974; 土谷ほか, 1984; 土谷, 1986 a)。小国町南西の玄武岩は、西黒沢期～女川期の碎屑岩中に貫入している岩床である。以後、これらの玄武岩類を本論文で扱った新潟油・ガス田地域周辺の玄武岩類とはほぼ同時期(西黒沢期～女川期)の産物として議論をすすめる。

図9に示されるように、龍飛岬周辺の玄武岩類と小国町南西の玄武岩は低アルカリソレライト系列のものである。一方、大滝ドレライトと瀬見ドレライトは、高アルカリソレライト系列に属する。また、砂子瀕層中の玄武岩類は、低アルカリソレライト系列と高アルカリソレライト系列のものがその大部分をしめている。

これらの中新世広域玄武岩の岩石系列とその地理的位置との関係を図10に示した。この図に示されるように、山形県～新潟県の日本海沿岸地域に産するものは、アルカリ玄武岩系列と高アルカリソレライト系列を主体としている。それより東側の広い範囲の地域は低アルカリソレライト系列と高アルカリソレライト系列の玄武岩類の産出で特徴づけられるが、東西方向での規則的な配列(東側に低アルカリソレライト系列が分布し、西側に高アルカリソレライト系列が分布すること)は認められない。東西方向で規則的な岩石系列の配列が認められないことは、秋田県下の中新世広域玄武岩についても指摘されている(土谷, 1986 b)。

## 7.2 TiO<sub>2</sub>に富む玄武岩の性格

前述のように、アルカリ玄武岩系列に属する弥彦ドレライトはTiO<sub>2</sub>に富んでいる。また、角田R-2号井の試料中には、TiO<sub>2</sub>に富む(1.65～1.98%)ソレライト質のドレライトがあり、これはP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>にも富んでいる(表4)。このようなTiO<sub>2</sub>に富む玄武岩類は、各地の中新世広域玄武岩中にも見出されている。本地域以外のものであれば、図10に示した長滝ドレライト、大滝ドレライト、瀬見ドレライト、龍飛岬周辺の玄武岩～ドレライト(これらは低アルカリソレライト系列または高アルカリソレライト系列に属する)、粟島のドレライト、温海地域のドレライト、小木玄武岩類(これらは高アルカリソレライト系列ないしアルカリ玄武岩系列に属する)などに認められる。最近、秋田県の畑村層中の玄武岩溶岩からもTiO<sub>2</sub>が2%を超えるものが見出されている(土谷, 1986 b)。また、東北日本海側の中新世広域玄武岩に属するものではないが、東北太平洋側の中新世火山岩類中にも著しくTiO<sub>2</sub>に富む(2%以上)ソレライト質玄武岩が存在する(一色, 1974; 周藤ほか, 1985)。

このようなTiO<sub>2</sub>に富むソレライト質玄武岩は、西太

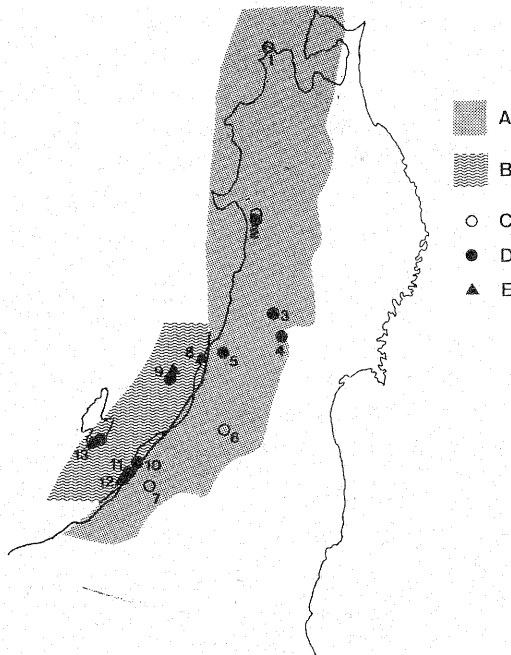


図10 中新世広域玄武岩の岩石系列とその空間的分布との関係

A: 主としてソレライト質玄武岩の分布地域,  
B: アルカリ玄武岩(ソレライト質玄武岩も含む)の分布地域, C: 低アルカリソレライト系列を主体とするもの, D: 高アルカリソレライト系列を主体とするもの, E: アルカリ玄武岩系列を主体とするもの, 1: 龍飛岬周辺の玄武岩類, 2: 砂子瀕層の玄武岩類, 3: 大滝ドレライト, 4: 瀬見ドレライト, 5: 長滝ドレライト, 6: 小国南西の玄武岩, 7: 比礼R-2号井の玄武岩類, 8: 温海ドレライト, 9: 粟島のドレライト, 10: 角田R-2号井の玄武岩類, 11: 角田火山岩類, 12: 弥彦ドレライト, 13: 小木玄武岩類

平洋の島弧地帯に出現している第四紀のソレイト質玄武岩(島弧性ソレイト)中には認められない。東北日本においては、那須火山帯のソレイト質玄武岩～安山岩が典型的な島弧性ソレイト系列のものである。JAKES and GILL (1970) は島弧に産する非アルカリ質の火山岩のうち、 $K_2O$  に乏しく、 $Na_2O/K_2O$  比が高く、分化に伴って  $FeO^*/MgO$  比の増加する一連の火山岩を island arc tholeiitic series とよんでカルクアルカリ質の火山岩から区別しているが、ここでは、周藤・八島 (1986) に従って、島弧の第四紀の火山岩を特徴づけているソレイト質の火山岩、すなわち、久野 (1968) による低アルカリソレイト系列と高アルカリソレイト系列に属する火山岩に対して、島弧性ソレイト系列の用語を用いる。これらの大部分は 1% 前後以下の  $TiO_2$  量を有する。東北太平洋側の  $TiO_2$  に富むソレイト質玄武岩は  $K_2O$  に乏しいことから、これらは海洋底のソレイト質玄武岩に類似するものであることが指摘されている(周藤ほか, 1985; 周藤・八島, 1986; 高橋, 1986)。中新世広域玄武岩中の  $TiO_2$  に富むソレイト質の玄武岩～ドレライトは、海洋底玄武岩よりもやや高い  $K_2O$  量をもっている。このような  $K_2O$  にやや富み  $TiO_2$  の高いソレイト質玄武岩は、アイスランドやハワイのような海洋島に典型的に産する(周藤ほか, 1985)。 $TiO_2$ - $MnO \times 10$ - $P_2O_5 \times 10$  図(図11)においても、これらの

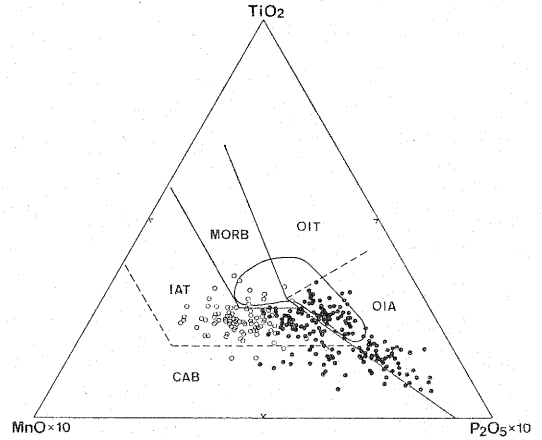


図12 粟島, 温海地域および佐渡島小木の玄武岩類の  $TiO_2$ - $MnO \times 10$ - $P_2O_5 \times 10$  図  
黒丸印が粟島, 温海地域および小木地域の玄武岩類(山川・茅原, 1968; 林, 1984; UDA *et al.*, 1986), 白丸印は那須火山帯のソレイト質玄武岩, 実線はアイスランド玄武岩類の領域

中新世広域玄武岩は、海嶺玄武岩・海洋島ソレイト・海洋島アルカリ玄武岩の各領域に点示される。このように、中新世広域玄武岩中の  $TiO_2$  に富むソレイト質玄武岩は海洋島のソレイト質玄武岩に類似しているといえる。周藤ら (1986) は、東北太平洋側に産する中新世火山岩類の中で、上記の  $TiO_2$  に富むソレイト質玄武岩、アイスランド型様の安山岩～石英安山岩および著しく  $FeO^*/MgO$  比の高い酸性火山岩を海洋性ソレイト的火山岩とよんで、島弧性ソレイト系列とカルクアルカリ系列の火山岩から区別しているが、中新世広域玄武岩中の  $TiO_2$  に富むソレイト質玄武岩類も、海洋性ソレイト的な火山岩に相当するものであるといえよう。

次に、中新世広域玄武岩中のアルカリ玄武岩について検討する。前述のように、弥彦ドレライト、温海地域のドレライト、粟島のドレライト、小木玄武岩類などが、高アルカリソレイト系列～アルカリ玄武岩系列に相当する。このうち、弥彦ドレライトを除く後三者の分析値を図12に点示した。この図で明らかなように、これらの玄武岩類は那須火山帯のソレイト質玄武岩(島弧性ソレイト)よりも  $P_2O_5$  に富む側に点示され、その半数以上は、海洋島アルカリ玄武岩の領域に点示される。この図では、海洋島アルカリ玄武岩と大陸地域のアルカリ玄武岩とを区別できないので、上記の事実からこれらのアルカリ玄武岩が海洋島アルカリ玄武岩に類似していると断定することはできない。しかし、これらのアルカリ玄武岩は、前述の  $TiO_2$  に富むソレイト質玄武岩(海

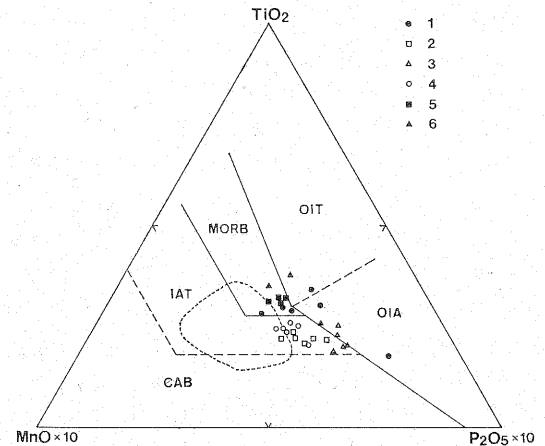


図11 中新世広域玄武岩の  $TiO_2$ - $MnO \times 10$ - $P_2O_5 \times 10$  図  
1: 弥彦ドレライト, 2: 間瀬玄武岩岩脈, 3: 角田 R-2号井の玄武岩類, 4: 比礼 R-2号井の玄武岩類, 5: 龍飛岬周辺の玄武岩類, 6: 長瀧ドレライト, CAB: カルクアルカリ玄武岩, IAT: 島弧性ソレイト, MORB: 海嶺玄武岩, OIT: 海洋島ソレイト, OIA: 海洋島アルカリ玄武岩, 各玄武岩の境界は MULLEN (1983) による。波線は那須火山帯のソレイト質玄武岩の領域

洋性ソレイト的火山岩)とともに、一つの火山岩のアンシエイション(都城・久城, 1974)をつくっているとみることができる。このことと上記の岩石学的性質とからすると、これらのアルカリ玄武岩も海洋島のアルカリ玄武岩にその主化学組成が類似しているとみなされる。

中新世広域玄武岩中には、島弧性ソレイト系列のものも存在する(例えば、新潟油・ガス田地域周辺では比礼R-2号井の玄武岩類がこれに相当する)ので、中新世広域玄武岩は、島弧性ソレイト系列の玄武岩および海洋島に出現しているソレイト質玄武岩とアルカリ玄武岩の類似岩とから構成されているとみることができる。

### 7.3 海洋性火山岩に類似岩の岩石学的意義

周藤・八島(1986)は、東北太平洋側を中心に産する中新世の海洋性ソレイト的火山岩の岩石構成(高TiO<sub>2</sub>ソレイト、アイスランドイト様の安山岩～石英安山岩、著しくFeO\*/MgO比の高い酸性火山岩)が、アイスランドの火山岩の岩石構成に類似していることを指摘している。また、本論文の検討によって、東北日本海側に広く出現している中新世広域玄武岩の中にも海洋性ソレイト的な玄武岩や海洋島のアルカリ玄武岩に類似岩が産することが明らかになってきた。これらは、第四紀の那須火山帯を構成するTiO<sub>2</sub>に乏しいソレイト系列の火山岩とは異なるものである。

筆者らは今のところ、海洋性の火山岩に類似のこれらの中新世火山岩類は、現在の東北日本下の上部マントル物質とは異なる組成の物質から生成されたのではないかと考えている。すなわち、これらの中新世火山岩類は、アイスランドの火山岩類を生成している大規模なマントルダイアビルと同様な組成のマントルダイアビルが起源になっているのではないかと推定される。東北日本の中新世中期の火山岩類の中には島弧性ソレイト系列やカルクアルカリ系列の火山岩も多量に産する(例えば、島津, 1973; 今田, 1974)が、これらの火山岩類は、このような大規模なマントルダイアビルが熱源となつて、周囲の最上部マントルや下部地殻が熔融することにより生成された可能性がある。中新世広域玄武岩の岩石学的性質に島弧を横断する方向で規則的な違いが認められないのは、マグマ生成の深度が東西方向で規則的な変化がないことと関連しているものと考えられる。このことも上述のマグマ生成機構によって説明し得る。以上のモデルを作業仮説として、東北日本における中新世の各時代の火山岩の帯状配列の問題や海洋性の火山岩に類似岩の生成の問題にさらに検討を加えていきたいと考えている。

## 8. あとがき

本論文では、主として全岩主化学組成の特徴に基づい

て、新潟油・ガス田地域周辺と各地の中新世広域玄武岩についてその岩石学的性質を検討した。最近では、海洋地域に産する玄武岩類については、全岩主化学組成だけでなく、微量元素組成および各種の同位体組成の特徴が詳細に明らかにされている。したがって、中新世広域玄武岩についてもこれらの特徴を明らかにして、海洋地域の玄武岩類との比較検討を行う必要がある。現在、本論文で扱った中新世広域玄武岩の微量元素組成の分析が進行中であるので、近い将来その結果を報告する予定である。

## 謝 辞

この研究に用いた坑井玄武岩試料は、石油資源開発(株)および帝国石油(株)のものである。これらの試料と角田R-2号井および比礼R-2号井周辺の地質断面図の使用を許可していただいた両社に厚く謝意を表す。

## 引用文献

- 青木謙一郎・辛島由美子, 1973: 山形県大滝粗粒玄武岩岩床の分化. 岩鉱, 68(6), 183-188.
- BROWN, G.M., 1957: Pyroxenes from the early and middle stages of fractionation of the Skaergaard intrusion, East Greenland. *Min. Mag.*, 31(238), 511-543.
- 茅原一也, 1967: 東北日本内帯グリーンタフ地域における中新世後期玄武岩類の岩石化学的特徴. 柴田秀賢教授退官記念論文集, 119-126.
- 茅原一也, 1974 a: 新潟地区の火山層序について. 地調報告, 250号-1, 183-234.
- 茅原一也, 1974 b: 新潟積成盆地の新第三系火山層序一構造区と岩石区一. 石技誌, 39(4), 201-215.
- 茅原一也, 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(4), 272-287.
- FUJITA, Y., 1972: On the law of the Green tuff Orogenic Movement and Geosynclines. *Pacific Geology*, 5, 89-116.
- 林 真与子, 1984: 新潟県粟島地域の地質と岩石, 新潟大学理学部地鉱教室卒業論文(手記).
- 池辺 穰・大沢 穰・井上寛生, 1979: 酒田地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 42p.
- 一色直記, 1974: 阿武隈山地太平洋側の中新世枕状熔岩. 地質雑, 80(7), 323-328.
- JAKÉŠ, P. and GILL, J.B., 1970: Rare earth elements and the island arc tholeiitic series. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 9, 17-28.

- 今田 正, 1957: 山形県瀬見産ドレライト及び関連岩. 岩鉱, **41**(2), 11-15.
- 今田 正, 1965: 東北地方産粗粒玄武岩の地質学的考察, 地質雑, **71**(832), 1-4.
- 今田 正, 1974: 東北日本弧における Bimodal volcanism. 地質雑, **80**(2), 81-89.
- 今田 正, 1981: 日本海域の第三紀ソレライト. 月刊地球, **3**(3), 134-137.
- 久野 久, 1968: 青木・伊東著“海洋地域の岩石—I. 高アルミナ玄武岩”の論文に対する討論. 地球科学, **22**(4), 195-197.
- 丸山茂徳, 1976: 四国東部秩父帯中の沢谷緑色岩コンプレックスの化学的性質. 地質雑, **82**(3), 183-197.
- MIYASHIRO, A., 1974: Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Ame. Jour. Sci.*, **274**, 321-355.
- 都城秋穂・久城育夫, 1974: 岩石学Ⅱ. 岩波書店, 171p.
- MULLEN, E.D., 1983: MnO/TiO<sub>2</sub>/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **62**, 53-62.
- 村山一雄, 1967: 山形県鶴岡市南方地域に分布する Dolerite の岩石学研究. 新潟大学理学部地鉱教室卒業論文(手記).
- 長瀬克也・阿部 豊・橋本博昭・杉野 栄・黒川勝己, 1986: 新潟県角田・間瀬地域の第三紀火山活動史. 日本地質学会第93年学術大会講演要旨, 178.
- 新妻信明・吉井敏尅・土谷信之, 1986: 日本海拡大の実証に向けて. 科学, **56**(8), 493-495.
- 西田彰一・茅原一也, 1956: 弥彦・角田山塊の生い立ちと最近の地史. 新潟県文化財年報, 第一集, 1-44.
- 大沢 穠・池辺 穠・荒川洋一・土谷信之・佐藤博之・垣見俊弘, 1982: 象潟地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 73p.
- 大田良平・大沢 穠・小野晃司, 1957: 5万分の1地質図幅「三厩」及び説明書. 地質調査所, 30p.
- 島津光夫, 1973: 東北日本グリーンタフ地域における津川一會津区. 地質学論集, 9号, 25-38.
- 白井健裕・津田禾粒・茅原一也・長谷川美行, 1976: 新潟県弥彦山・角田山周辺の地質. 新潟大地鉱研究報告4号, 119-126.
- 周藤賢治・伊崎利夫・八島隆一, 1985: 栃木県茂木町北方地域に産する第三紀高 TiO<sub>2</sub> ソレライト. 岩鉱雑, **80**(6), 246-262.
- 周藤賢治・八島隆一, 1986: 東北表日本の中新世岩石区とその岩石構成. 岩鉱雑, **81**(5), 190-201.
- 高橋正樹, 1986: 日本海拡大前後の“島弧”マグマ活動. 科学, **56**(2), 103-111.
- 高沢耕一・平野英雄, 1977: Ca-輝石中の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 量と母岩のマグマ系との関係についての考察. 地質雑, **83**(9), 583-594.
- 土谷信之・大沢 穠・池辺 穠, 1984: 鶴岡地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 77p.
- 土谷信之, 1986a: 秋田県中部における中新世中期塩基性岩の海底火山活動. 地質調査所月報, **37**(7), 353-366.
- 土谷信之, 1986b: 秋田県における中新世中期玄武岩類の分布及び岩石学的性質. 火山, **31**, 150.
- TSUNAKAWA, H., TAKEUCHI, A. and AMANO, K., 1983: K-Ar ages of dikes in Northeast Japan. *Geochemical Jour.*, **17**, 269-275.
- UDA, T., CHIHARA, K., SAITOH, A. and SAWADA, Y., 1986: Flow Differentiation in Atsumi Dolerite Sheets. 新潟大学理学部研究報告, E類, 7号, 1-24.
- 山川 稔・茅原一也, 1968: 佐渡島小木玄武岩の岩石学的研究. 新潟大学理学部地鉱教室研究報告, 2号, 41-79.