

---

神居古潭帯額平川流域の緑色岩類

---

渡辺敬三・新井田清信

*K. Watanabe*

---

地球科学 41巻3号 (1987年5月) 151~164頁 別刷  
Earth Science vol. 41, no. 3, 151~164 (1987)

---

## 神居古潭帯額平川流域の緑色岩類

渡辺敬三\*・新井田清信\*\*

### Greenstones in the Nukabiragawa Area of the Kamuikotan Belt, Hokkaido

Keizo WATANABE and Kiyooki NIIDA

The Late Jurassic Sarugawa Formation, which is composed of pillow lava, hyaloclastite, volcanoclastic conglomerate to mudstone and a small amount of chert, is widely exposed along the Nukabiragawa, Shudonigawa, and Shukushubetsugawa Rivers in the southern part of the Kamuikotan Belt. The Pillow lavas and hyaloclastites are petrographically classified into four types; 1) clinopyroxene-plagioclase phyric basalt, 2) aphyric basalt, 3) dolerite, and 4) aphyric trachyte. Considerable numbers of dykes are also observed in this area and are classified into three types; 5) amphibole-free dolerite, 6) kaersutite dolerite and 7) hornblende dolerite.

Major elements of 15 representative rock samples were chemically analyzed. The pillow lavas of clinopyroxene-plagioclase phyric basalt, dolerite and aphyric trachyte and the dykes of kaersutite dolerite from the Shukushubetsugawa and the Nukabiragawa areas are characteristically alkaline, whereas the pillow lavas of aphyric basalt from the Shudonigawa-Oso-ushizawa area are tholeiitic. The hornblende dolerite dykes have a high  $FeO^*/MgO$  ratio showing more evolved tholeiitic nature.

Volcanic piles along the Shukushubetsugawa River and on the southern side of the Nukabiragawa River are considered to be detached slices of Jurassic seamounts and/or oceanic islands, taking the following geologic and petrologic aspects into account. 1) lithologic constitution of the volcanic piles are comparable to that of the present seamounts and oceanic islands. 2) Basaltic to trachytic pillow lavas and dykes have petrochemically alkalic nature. 3) Highly vesiculated pillow lavas and a large amount of hyaloclastites suggest submarine eruptions at a shallow level. 4) Structural features of the volcanic piles are similar to those from foot of submarine volcanic body.

The pillow lavas and dykes of tholeiitic basalt and dolerite were probably derived from a Jurassic ocean floor. The petrochemical nature, however, is characterized by high  $FeO^*/MgO$  ratios and high MnO contents and low  $TiO_2$  contents, which are slightly different from those of mid-oceanic ridge basalts.

#### I はじめに

北海道中軸帯には多量な緑色岩類の分布が知られている。そのほとんどは空知層群<sup>\*\*\*</sup>山部層<sup>\*\*\*</sup>に対比される地層を構成する(長谷川ほか, 1961)。これらの緑色岩類の形成年代は、随伴する石灰岩中の化石からペルム紀~ジュラ

紀であると考えられてきた(矢部ほか, 1939; 橋本, 1952, 1971; 長尾, 1965; など)。最近、放散虫化石群集の検討によって白亜紀前期の地層が中軸帯の随所でみつかっており(蟹江ほか, 1981; 紀藤, 1982; KIMINAMI *et al.*, 1985; など)、その一部には白亜紀前期の火山活動によって形成されたと思われる緑色岩も含まれている

1986年8月20日受付, 1987年2月3日受理

\* 札幌支部, 北海道土質試験協同組合

Hokkaido Soil Research Co-operation, Kitagō 1-3, Shiroishi-ku, Sapporo, 003 Japan.

\*\* 札幌支部, 北海道大学理学部地質学鉱物学教室

Department of Geology and Mineralogy, Faculty of Science, Hokkaido University, Kita 10 Nishi 8, Kita-ku, Sapporo, 060 Japan.

(新井田ほか, 1984; 新井田・紀藤, 1986).

これらの緑色岩類の岩石学的性格とその形成環境に関する研究は、北海道中軸帯の地質構成を理解し、その形成過程を明らかにする上で極めて重要である。空知層群の緑色岩類は、“日高地向斜”の概念にもとずいてその堆積環境が考えられていた時代には、“地向斜の初期火成作用”として位置づけられていた (MINATO, *et al.*, 1965; BAMBA, 1974; HASHIMOTO, 1976; など)。近年、海洋底の地質や岩石に関する知識が急増するなかで、北海道中軸帯に分布する緑色岩類の産状と岩石化学的性質が検討されてきた。小坂橋 (1976 MS)・小坂橋ほか (1978) は、新冠川岩清水周辺地域の緑色岩類を検討し、海洋島起源を考えた。静内川流域にはアルカリドレライトが露出し、中野・小松 (1979)・中野 (1985) は海洋島を想定した。ASAHINA and KOMATSU (1979) および石塚 (1980) は、幌加内地域の緑色岩が海洋地殻と上部マントルを起源とするオフィオライトの構成員であることをしめした。また、過去の海嶺を形成場とするオフィオライトとしては日高変成帯西帯の研究がある (宮下, 1983)。日高帯の下川地域 (三宅, 1980; 小川・三宅, 1980)、トマム川流域 (金, 1984)、トムラウシ川流域 (MIYASHITA and KATSUSHIMA, 1986) でも緑色岩類の産状と岩石化学的性質からその形成環境が検討されている。富良野周辺の下部白亜系の緑色岩に関しては、海洋地殻の直上で活動した初瀬の島弧火成作用の復元が試みられている (新井田ほか, 1984; 新井田・紀藤, 1986)。

神居古潭帯南部の額平川～宿主別川流域には、空知層群に対比され主に緑色岩類からなる地層が広く分布する (Fig. 1)。これは5万分の1地質図幅「比字」ではリビラ層 (吉田ほか, 1959)、「幌尻岳」図幅では岩清水層 (橋本ほか, 1961) と呼ばれ、「岩知志」図幅で高橋・鈴木 (1978) によって沙流川層とされた。本論では、沙流川支流の額平川～宿主別川中流域に分布する沙流川層の緑色岩類について、①岩石構成とその産状を明らかにし、②岩石記載と主成分元素の検討によって岩石学的性質を明らかにする。

### II 地 質

沙流川支流の額平川～宿主別川中流の地質図と地質断面図を Fig. 2 にしめす。

当地域の地質は下位より上部ジュラ系空知層群・白亜系中部エゾ層群および第四系からなる (吉田ほか, 1959; 橋本ほか, 1961; 鈴木, 1977; 高橋・鈴木, 1978)。南北に空知層群沙流川層が分布し、その両翼に中部エゾ層群が分布する。両者は断層関係で接している。北側の隣

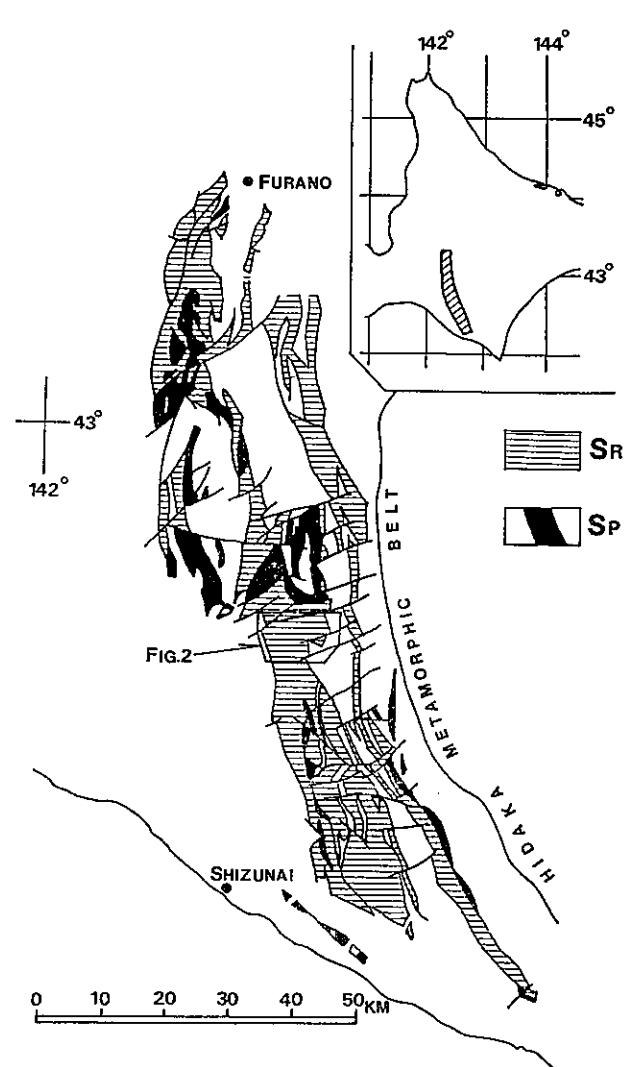


Fig. 1 Simplified geological map of the southern half of the Kamuiokotan Belt, showing the location of the area surveyed. SR: Sorachi Group, SP: Serpentinites.

接地域には大規模な沙流川超塩基性岩体 (加藤, 1978; など) が進入している。

沙流川層分布地域は地質図 (Fig. 2) にしめされるように断層の著しい発達により地質が乱れている。構成岩石の違いにもとずいて、主に枕状溶岩・ハイアロクラスタイトおよび火山碎屑性堆積岩からなる地域 (宿主別川地域および額平川地域) と主に枕状溶岩からなる地域 (シュドニ川-オソウシ沢地域) に区分して地質を扱うことにする。それぞれの地域の緑色岩類は、後述するように、その産状や岩石学的性質が異っている。

なお、沙流川層の緑色岩類は、主に枕状溶岩・塊状溶岩・角礫岩状枕状溶岩・ハイアロクラスタイト (ハイアロクラスティックプレッチャー～砂岩～シルト岩)・エピクラスティック火山円礫岩～砂岩～泥岩および岩脈から

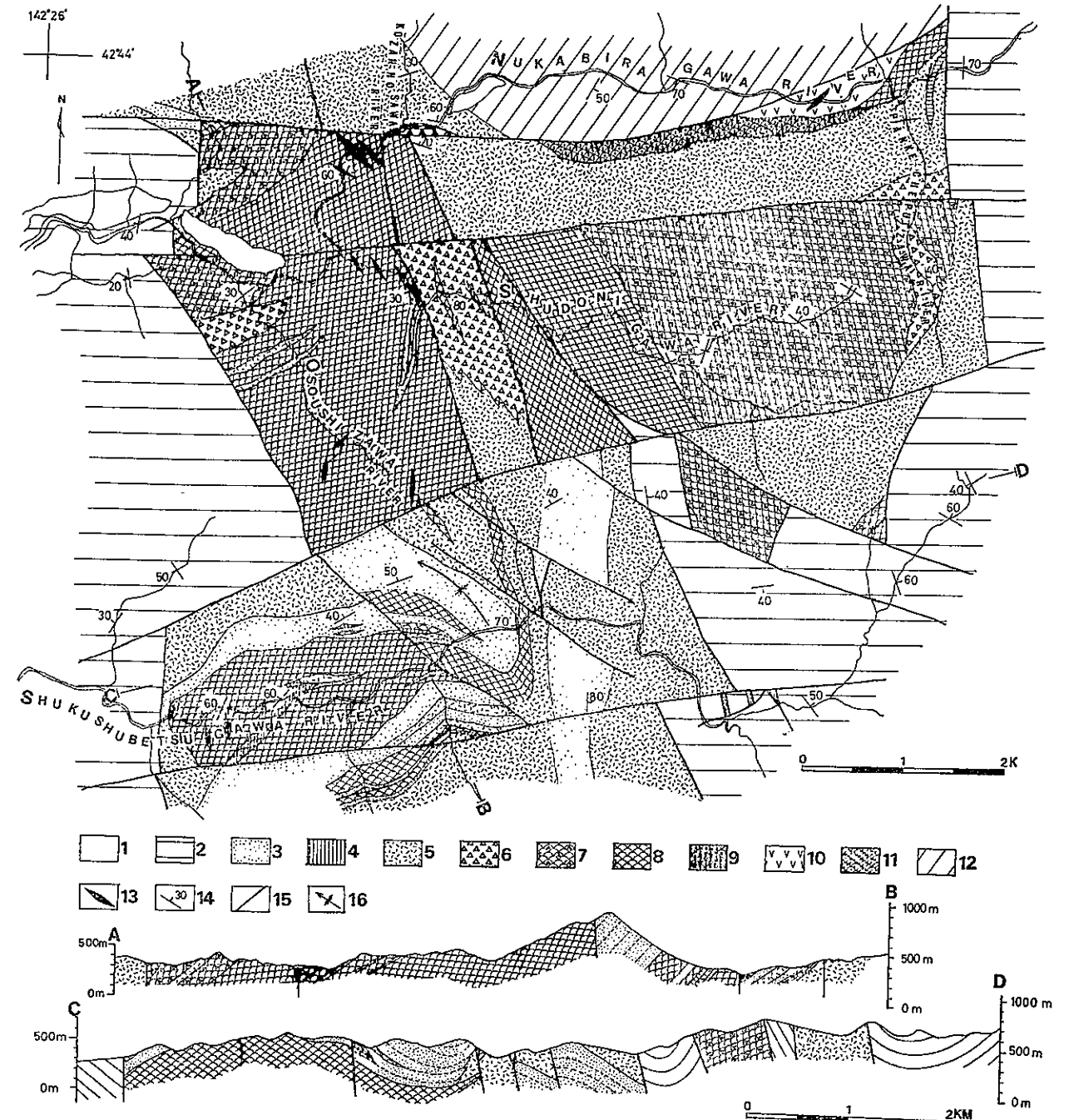


Fig. 2 Geological map and geological cross sections of the Nukabiragawa, Shudonigawa-Osoushizawa, and Shukushubetsugawa areas in the southern Kamuiokotan Belt. 1: Quarternary, 2: Cretaceous Yezo Group, 3: epiclastic volcanic conglomerate-sandstone-mudstone, 4: chert, 5: hyaloclastic sandstone, 6: hyaloclastic breccia, 7: brecciated pillow lava, 8: aphyric basalt-dolerite pillow lava, 9: porphyritic basalt pillow lava, 10: massive lava, 11: alternating beds of pillow lava and epiclastic volcanic mudstone, 12: slate with sandstone and conglomerate, 13: dyke, 14: strike and dip, 15: fault, 16: plunged synclinal axis

成り、ここでは野外で識別される産状分類を用いる。火山碎屑岩類の分類は河内ら (1976) に従った。

#### A. 空知層群沙流川層

##### 1. 宿主別川地域および額平川地域

本地域の沙流川層は主にハイアロクラスタイト・枕状

溶岩・塊状溶岩・エピクラスティック火山碎屑性堆積岩からなり、チャートを伴う。緑色岩類の岩相は側方変化が著しい。宿主別川地域の枕状溶岩は西側で厚く、東側で薄くなっている。枕状溶岩は特徴的にしばしばハイアロクラスティック砂岩～シルト岩およびエピクラスティ

ック火山円礫岩～砂岩～泥岩を挟む。チャートは赤色であり、その量は少ない。宿主別川地域の沙流川層は、NW～N 方向に沈む背斜軸および向斜軸をもつ褶曲構造をしめし、その層厚は 1000m を越える (Fig. 3)。

また、額平川本流の鉾山の沢との合流点から上流にかけて、非火山性の黒色粘板岩・砂岩・礫岩が露出する。黒色粘板岩は強い剥離性を持ち、微褶曲構造が顕著である。礫岩は灰色チャート・粘板岩・砂岩・玄武岩類などの細礫を含む。高橋・鈴木 (1978) はこれらを沙流川層として扱ったが、すでに述べた緑色岩優勢の沙流川層とは著しい岩相上の違いがある。

2. シュドニ川-オソウシ沢地域

本地域の沙流川層は、Fig. 3 の柱状図にしめされるように、枕状溶岩・角礫岩状枕状溶岩・ハイアロクラスタイトから構成される。そのほとんどが枕状溶岩および角礫岩状枕状溶岩からなる。本層の最下部はオソウシ沢上流に露出し、最上部はオソウシ沢入口付近の額平川沿いおよびパンケチュプ沢上流域に分布する。枕状溶岩の断面形状から判断すると地層の逆転は認められない。シュドニ川下流域では、これらの枕状溶岩中に、青緑色綿状エピクラスティック火山シルト岩が挟在する。これらは最大層厚が 5m に達する。シュドニ川中流域に NW-SE 方向の断層が認められ、これを境に東側上流地域は東傾斜の同斜構造、西側下流域は西傾斜の同斜構造をしめす。シュドニ川中流域では、断層に沿い、ハイアロクラスティックプレッチャ～砂岩を主体としチャートを伴う地層が露出する。連続的に露出する枕状溶岩の最大層厚は、オソウシ沢で 800m に達する。

B. 白亜系中部エゾ層群

本層は沙流川層分布域の東西に分布し、陸源碎屑性砂岩～泥岩および酸性凝灰岩からなる。本層は 5 万分の 1 地質図幅「幌尻岳」(橋本ほか, 1961), 「岩知志」(高橋・鈴木, 1978) によると、神居古潭帯西部に分布する中部エゾ層群に対比される。沙流川層の西側に隣接するエゾ層群は一般に南北方向の走向をもち、西に傾斜する同斜構造をしめす。また、宿主別川上流域では一般走向 NW-SE で、褶曲構造をしめす。

III 緑色岩類の産状

野外で観察される沙流川層の緑色岩類は、枕状溶岩・塊状溶岩・角礫岩状枕状溶岩・ハイアロクラスタイト・岩脈・エピクラスティック火山碎屑性堆積岩である。これらは以下に述べるような産状をしめす。

A. 枕状溶岩および塊状溶岩

宿主別川地域および額平川地域に分布する枕状溶岩は

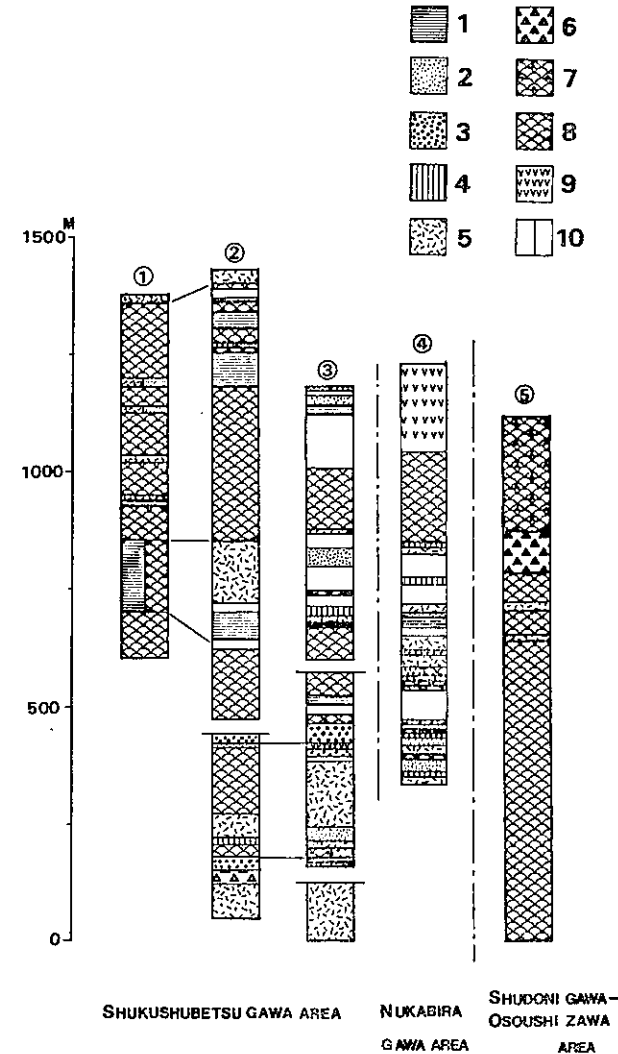


Fig. 3 Representative geological columns; Nos. 1 to 3 from the Shukushubetsugawa area, and No. 5 from the Shudonigawa-Osousizawa area. Column No. 1 to 5 are from the routes in Fig. 5. 1: epiclastic volcanic mudstone, 2: epiclastic volcanic sandstone, 3: epiclastic volcanic conglomerate, 4: chert, 5: hyaloclastic sandstone-siltstone, 6: hyaloclastic breccia, 7: brecciated pillow lava, 8: pillow lava, 9: massive lava, 10: alternating beds

ほとんどが玄武岩質で、暗緑色から暗灰色をしめす。一部に暗赤灰色をしめすものもある。また、トラカイト質塊状溶岩が同地域に少量分布する。枕状溶岩は枕間にハイアロクラスタイト (inter pillows hyaloclastite) を伴う。枕状溶岩の形態は flattened pillow や elongated pillow (BALLARD and MOORE, 1977) などで、随所に拡張クラック (spreading crack) をもつ。枕状チューブ (pillow tube) の径は一般に 50~70 cm で、局所的

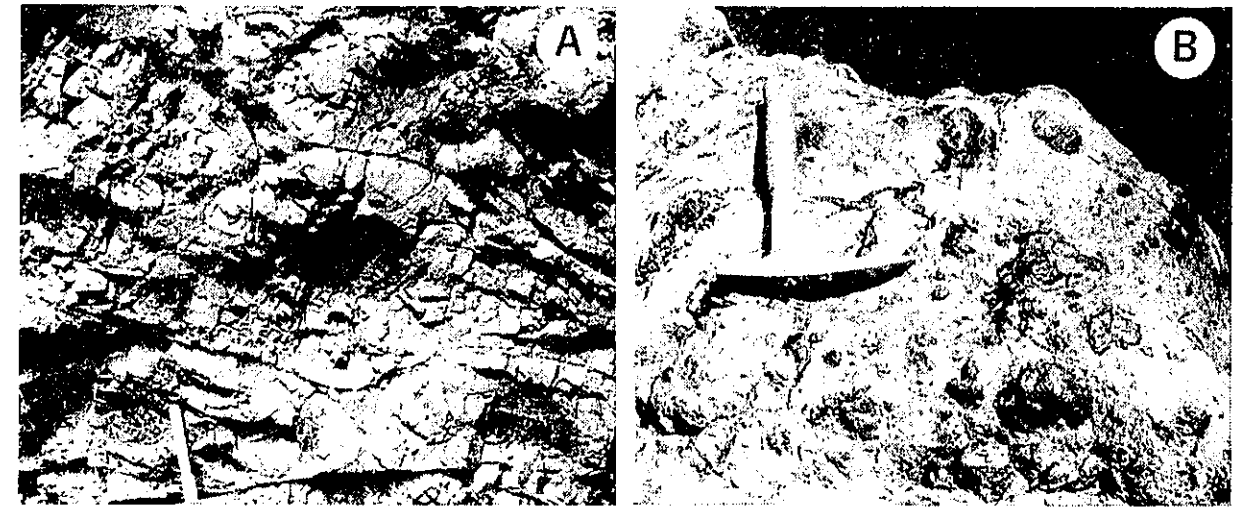


Fig. 4 Occurrence of greenstones in the area along the Shudonigawa River. A: Close-packed pillow lava of aphyric basalt. B: Hyaloclastic breccia.

に 10~30 cm と小型になる。これらの枕状溶岩は初生形態を良く保存しており、枕状ロブ (pillow lobe) がフォセットに累重する部分がしばしば観察される。

一方、シュドニ川-オソウシ沢地域の枕状溶岩は玄武岩質で、暗灰色ないし暗緑色を呈し、close-packed type である。枕状チューブの断面径は一般に 30~50 cm で、1m を越すこともある。シュドニ川下流や額平川沿いの枕状溶岩のなかに、枕状チューブの外皮や周縁部は灰色で中心部は暗灰色をしめすものがある (Fig. 4A)。この場合、枕状チューブの中心部は変質の弱い部分であるが、灰色部分は変質の強い部分で緑レン石・アクチノ閃石などを含む。

B. 角礫岩状枕状溶岩

シュドニ川中～上流域および額平川～ペンケイワナイ川流域に角礫岩状の枕状溶岩が分布する。枕状溶岩の形態を残しながら、枕状チューブの内側は自破砕状に粒径のそろった細粒の角礫 (5~2 mm) になっている。基質は一般に少ない。これらの岩石は前述したシュドニ川-オソウシ沢地域の枕状溶岩と同質である。

C. ハイアロクラスタイト

ハイアロクラスティックプレッチャはシュドニ川-オソウシ沢地域および宿主別川地域に分布する (Fig. 4B)。一般に中～大礫の角礫とガラス質の細粒基質からなる。ハイアロクラスティック砂岩～シルト岩は宿主別川地域および額平川地域に分布する。これらのほとんどは塊状・無層理の岩石である。

D. 岩脈

調査地域内の 14 箇所て岩脈が認められた。貫入面はほぼ垂直で、岩脈はことごとく周囲の地層を切って進入

している。貫入面の両側が観察される場合、岩脈の幅は数 m~20 m で周縁部に明瞭な急冷縁をもつ。岩脈の岩石タイプは後述するように多様である。シュドニ川-オソウシ沢地域で認められる岩脈は、ほとんど普通角閃石ドレライトであり、一方、宿主別川地域および額平川地域の岩脈はことごとくアルカリ質のドレライトに限られる。

E. エピクラスティック火山碎屑性堆積岩

火山碎屑性円礫岩は宿主別川地域および額平川地域に少量分布する。礫のサイズは細～中礫が多く、礫の形状は円礫～亜円礫をしめす。礫種は主に緑色チャート、発泡良好の枕状溶岩およびハイアロクラスティック砂岩～シルト岩である。基質は変質した火山碎屑物からなり、X線粉末回折によると石英・斜長石・緑泥石・イライトを含む。

火山碎屑性砂岩～泥岩は宿主別川地域や額平川沿いの鉾山の沢入口付近に分布し、緑色ないし赤色を呈する。緑色泥岩は石英・斜長石・イライト・緑泥石・方解石を含む。

火山碎屑性の青緑色綿状シルト岩がシュドニ川下流域などに分布する。粗粒部と細粒部が 5~10mm 幅の互層をなす。主要構成鉱物はアクチノ閃石・緑レン石・緑泥石・スチルプノメレンである。

IV 火山体の構造

額平川～宿主別川流域の枕状溶岩は固結時の初生形態を良く保存しているため、これらの枕状溶岩の流走方向や流走面を観察し火山体の復元を試みた (Fig. 5)。その結果、以下に述べるように、宿主別地域の地質ブロック

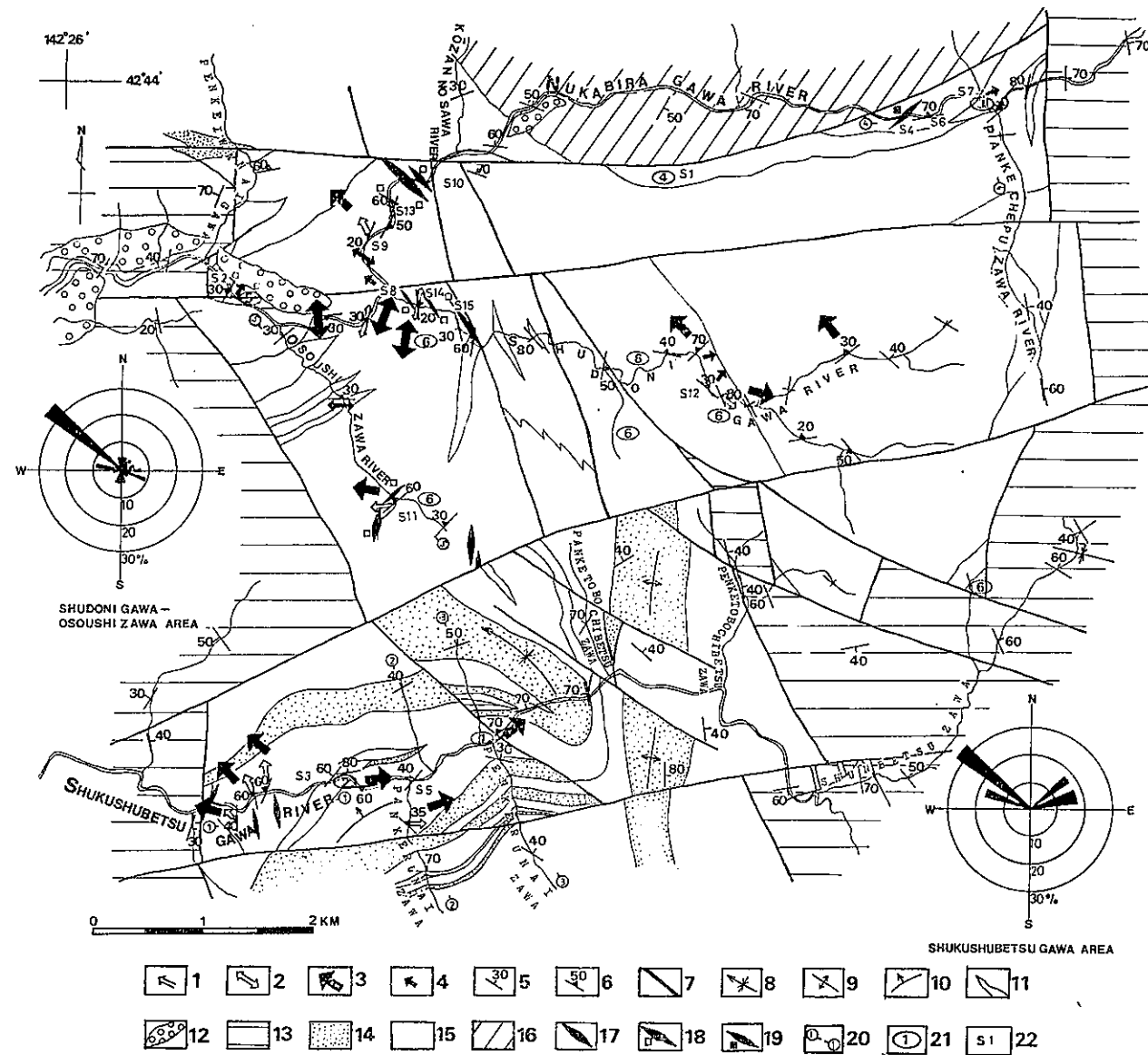


Fig. 5 Map showing internal structure of volcanic piles. Flow directions (paleocurrents) deduced from orientation of pillow tubes and lobes are marked by arrows. Two rose diagrams show the orientation obtained from the Shudonigawa-Osoushi Zawa area and from the Shukushubetsu Gawa area.

1: orientation of alternating pillow lobes (measurements), 2: orientation of alternating pillow tubes (measurements), 3: normalized paleocurrent (high certainty), 4: normalized paleocurrent (low certainty), 5a: edging plane, 5b: flow plane of pillow lavas, 6: flow plane of pillow lavas, 7: fault, 8: plunged synclinal axis, 9: anticlinal axis, 10: dome structure, 11: boundary plane between lithological units, 12: terrace deposits, 13: Cretaceous, 14: epiclastic volcanic sediments, 15: pillow lava and hyaloclastite, 16: nonvolcanic sedimentary rocks, 17: amphibole free dolerite dykes, 18: hornblende dolerite dykes, 19k: aersutite dolerite dykes, 20: location of the mapped routes Nos. 1 to 5 in Fig. 3, 21: locality of rock samples Nos. 1~6 in Fig. 6 showing the degree of vesiculation. 22: locality of representative 15 rock samples chemically analyzed

は火山体の山麓断面に、シュドニ川-オソウシ沢地域の地質ブロックは火山体山腹部に相当すると考えられる。枕状溶岩の露出する地域では、しばしば枕状ロブがフォアセットに累重する。その場合、枕状溶岩固結時の流

走面の走向・傾斜を測定することができる。同時に、枕状ロブの延びの方向は枕状溶岩の成長方向をしめし、ここではそれを流走方向と呼ぶ。また、明瞭な枕状ロブが露出しない場合でも、枕状チューブの断面の観察から、

Fig. 5 の矢印のように流走方向を2方向(枕状チューブの伸長方向)に限定できる。いずれの場合も、露頭全体についてできるだけ多くの枕状ロブやチューブを観察し、測定精度を上げるように努力した。Fig. 5 の白抜き矢印はこれらの測定値であり、黒矢印は流走面を水平に補正したときの方向である。補正方向が測定値と同じときは黒矢印のみを图示した。一般に枕状溶岩の安息角は6~10°とみなされている(MENARD, 1964; 中村, 1979)。本地域では地層の傾斜が30~60°なので、流走面を水平にもどしたときの補正流走方向が生成時の流走方向により近い。Fig. 5 の大きい矢印は複数の明瞭な形態をもつ枕状ロブを観察した確証性の高い流走方向であり、小さい矢印は単一の枕状ロブや複数の不明瞭な枕状ロブの観察による確証性の劣る流走方向である。また、補正流走方向を10°ごとに一括し、頻度の百分率を半径とするダイヤグラムをFig. 5 に付した。

宿主別川地域の枕状溶岩卓越部では、枕状溶岩の流走方向は西側のエゾ層群との境界付近でNW~W方向、東側のパンケルナイ沢からパンケルナイ沢入口付近ではENE~NE方向をしめす。枕状溶岩のこのような流走方

向は、枕状溶岩の層厚が厚い部分から薄くなる方向とほぼ一致する。地質図(Fig. 2)および柱状図(Fig. 3)で明らかなように、宿主別川地域では枕状溶岩の減少とともにハイアロクラスタイトの増加が認められる。またパンケルナイ沢~パンケトポチベツ沢間では、枕状溶岩の上位にハイアロクラスタイトに伴ってエピクラスティック火山砕屑性堆積岩が多量に認められる。以上のことは、枕状溶岩の流下地域すなわち火山体の山麓部の一般的特徴をしめしていると考えられる。

シュドニ川-オソウシ沢地域では、一般にNW方向に流走する傾向が強い。シュドニ川中流ではNE~ESE方向に流走する枕状溶岩も観察される。このことは、枕状溶岩の発達や多数の岩脈の出現および随伴する火山砕屑岩類に乏しいことなども考慮すると、火山体山腹の特徴をしめしていると思われる。

V 枕状溶岩の発泡度

枕状溶岩の発泡孔(vesicle)の体積比と直径の関係をFig. 6-(1)にしめす。測定に供した試料の採取位置をFig. 5にしめす。

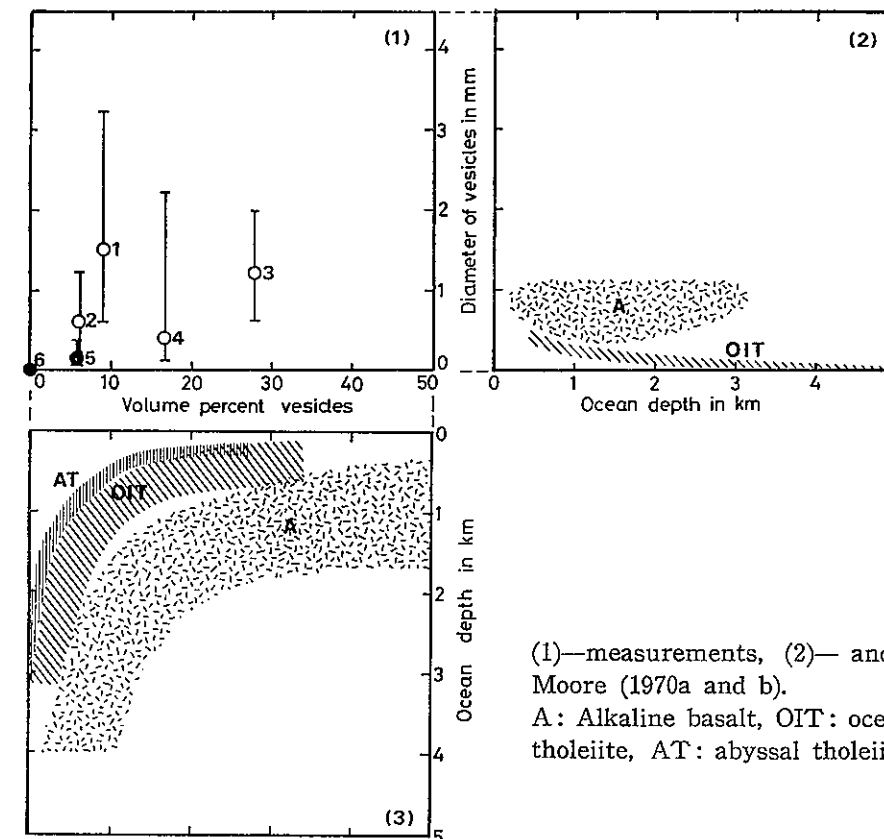


Fig. 6 Diameter-volume percent relations for vesicles in basaltic pillow lavas, showing the difference in vesiculation between the alkaline basalt pillow lava (open circles with sample Nos. 1~4) and the tholeiitic basalt pillow lava (solid circles with sample Nos. 5~6).



MOORE (1965, 1970a, 1970b) はハワイ島キラウエアの東リフトゾーンの海洋島ソレライト, Juan de Fuca Ridge と Reykanes Ridge の深海底ソレライトおよび Revillagigedo Islands のアルカリ玄武岩に関して発泡孔の体積比や直径と噴出・固結深度との関係を明らかにした (Fig.6-(2), (3)). また, JONES (1969) はアイスランドのソレライトに関して同様な関係を検討した。

発泡孔の体積比の測定は, MOORE (1970b) に従い, 薄片におけるモード測定によった。また, 発泡孔がしばしば楕円体状につぶれているため, JONES (1969) に従い, 短径 (より深い深度を表わす) を測定した。

宿主別川地域と額平川地域の枕状溶岩は, 一般に発泡が良好である。試料 1~4 は発泡孔の体積比が 6~28%, 平均孔径が 0.4~1.5mm, 最大径は 1.2~3.2mm をしめす。野外の観察では直径 1cm に達する発泡孔も認められる。これらの枕状溶岩は, 後述するように, アルカリ岩の性質をしめす。したがって, 枕状溶岩の噴出・固結深度は多くの場合 2~3km より浅く, 一部ではかなり浅い深度が推定される。これは宿主別川地域および額平川地域の枕状溶岩がしばしばハイアロクラスタイトやエピクラスティック火山砕屑性堆積岩を伴うという野外の事実と調和的である。

シュドニ川-オソウシ沢地域の枕状溶岩は発泡が著しく不良であり, ほとんどの試料は鏡下でさえ発泡孔が認められない。試料 5 および 6 は発泡孔の体積比が 0~6%, 平均孔径が 0~0.15mm, 最大径 0~0.35mm をしめす。これらの枕状溶岩は, 後述するように, ソレライト質玄武岩で, 噴出・固結深度はほとんどが 3km 以深と考えられる。このことは, 枕状溶岩が close-packed type であり, 随伴するハイアロクラスタイトに乏しいという野外の事実と調和する。

VI 緑色岩類の岩石記載

沙流川層の緑色岩類の岩石タイプと岩石化学的性質は多様であり, 出現する地域によって著しい違いがある。次章でもしめすように, 宿主別川地域および額平川地域の緑色岩類はアルカリ質であり, シュドニ川-オソウシ沢地域の緑色岩類は非アルカリ質である。ここでは, 各岩石タイプの鏡下の特徴を2つの地域に区分して記述する (Table 1)。

A. 宿主別川地域および額平川地域の緑色岩

単斜輝石斜長石斑状玄武岩

主に額平川地域の南岸斜面に分布する枕状溶岩である。色調は濃緑色を呈する。単斜輝石斑晶は自形~半自形柱状で, 最大径は 3mm を越し, 無色~淡褐色で著し

い累帯構造をしめす。斜長石斑晶は自形~半自形柱状で, 最大径は 2mm 程度である。石基は単斜輝石・斜長石・不透明鉱物からなり, インターサータル組織をしめす。石基の単斜輝石は淡褐色をしめす。斜長石は絹雲母化および緑泥石化を受けている。

無斑晶質玄武岩

宿主別川地域の枕状溶岩の大半はこの岩石タイプからなり, 多くは強い赤鉄鉱化を受けている。主要構成鉱物は斜長石・単斜輝石・不透明鉱物で, 斜長石はしばしば屈曲ないしわん曲した形態をしめす。

ドレライト

単斜輝石を主要な有色鉱物として含むドレライトが枕状溶岩および岩脈として認められる。主要構成鉱物は斜長石・単斜輝石・不透明鉱物であり, 単斜輝石は無色~淡褐色をしめす。これらはいずれもサブオフィティック~オフィティック組織をしめし, 2次鉱物として緑泥石・アルサイト・絹雲母を含む。

ケルスート閃石ドレライト

額平川地域に岩脈として露出し, 後述するトラカイト質塊状溶岩を貫いている。色調は濃緑色を呈する。主要構成鉱物は斜長石・単斜輝石・ケルスート閃石・黒雲母・不透明鉱物である。このタイプの岩石は中野・小松 (1979) が静内川流域から報告したアルカリドレライトに類似する。ケルスート閃石は半自形~他形柱状で赤褐色をしめす。最大径 5mm, 平均径 2mm である。一般に斜長石と単斜輝石を包有してポイキリティック組織をしめす。また, ケルスート閃石は強い多色性をしめし, 軸色 X=淡黄褐色, Y=赤褐色, Z=濃赤褐色, C/AZ=812°, 2Vx=72~78° である。2次鉱物として緑泥石・緑泥石・絹雲母・パンペリー石を含む。

無斑晶質トラカイト

トラカイトは無斑晶質で, 角閃石を含まないタイプと含むタイプがある。角閃石を含まないトラカイトは宿主別川地域および額平川地域に露出する。色調は暗緑灰~緑色で, 枕状ないし塊状の形態をもつ。一般にトラキティック組織をしめし, 10% 程度の単斜輝石および少量のアルカリ長石の微斑晶を含む。2次鉱物として緑泥石・アルサイトを含む。赤褐色角閃石を含むトラカイトは額平川地域に露出する。色調は暗灰色で塊状の形態をもつ。このタイプのトラカイトの主要構成鉱物は斜長石・赤褐色角閃石・単斜輝石・不透明鉱物である。赤褐色角閃石の量比はおよそ 10% である。赤褐色角閃石は他形粒状ないし柱状をしめし, 平均粒径 0.1mm で, 著しい多色性をしめす。2次鉱物として緑泥石・炭酸塩鉱物を含む。

Table 1 Summary of petrography for pillow lavas and dykes in the Nukabiragawa, Shudoni-gawa-Osoushizawa, and Shukushubetsugawa areas

地域	岩石タイプ	初生鉱物	斜長石	単斜輝石	角閃石	組織・その他	産状
宿主別川	単斜輝石斜長石斑状玄武岩 Cpx-Piphyric basalt	PC; Cpx>Pl GM: Cpx>Pl>Opx>glass	PC: 自形~半自形柱状 平均 1.2, 最大 2.0 mm An 35-72 GM: 他形~半自形柱状 平均 0.05 mm	PC: 自形~半自形柱状 平均 2.0, 最大 3.4 mm 無色~淡褐色, 累帯構造 GM: 他形~半自形柱状 平均 0.05 mm, 淡褐色		インターサータル PC, GM=30:70	枕状溶岩
	無斑晶質玄武岩 aphyric basalt	Pl>glass, Cpx, Opx	自形~半自形柱状~針状 平均 0.3, 最大 1.4 mm An 22-62 屈曲, わん曲	他形粒状, 平均 0.05 mm 仮晶		バリオリティック~ ハイアロオフィティック~ インターサータル 強い赤鉄鉱化	枕状溶岩
	ドレライト Dolerite	Pl>Cpx>Opx	自形~半自形柱状 平均 0.8, 最大 1.6 mm An 18-28 緑泥石・アルサイト化	半自形柱状~他形粒状 平均 0.8, 最大 2.0 mm 無色~淡褐色		サブオフィティック~ オフィティック (色指数=40-50)	枕状溶岩
	ケルスート閃石ドレライト Kaer-dolerite	Pl>Cpx>Amph>Opx, Bt	自形~半自形柱状 平均 0.8, 最大 2.0 mm An 21-25 緑泥石・絹雲母化	半自形~他形柱状 平均 0.6, 最大 2.0 mm 淡褐色	半自形~他形柱状 平均 2.0, 最大 5.0 mm X=淡黄褐色, Y=赤褐色 Z=濃赤褐色, C/AZ=8~12° 2Vx=72~78°	オフィティック (色指数=53)	岩脈
シュドニ川-オソウシ沢	無斑晶質玄武岩 aphyric basalt	Pl>glass>Cpx, (Amph), Kf>Opx	自形柱状~針状 平均 0.2, 最大 0.3 mm An 12-25	他形粒状 平均 0.15, 最大 0.2 mm 無色~淡褐色	他形粒状~柱状 平均 0.1, 最大 0.3 mm X=淡黄褐色, Y=赤褐色 C/AZ=16°	トラキティック インターサータル	枕状溶岩
	普通角閃石ドレライト Ho-dolerite	Cpx>Pl>glass>Opx Pl, Amph>Cpx>Opx>Bt	自形~半自形柱状 平均 0.8, 最大 1.2 mm An 20-28 緑泥石化	半自形~他形柱状 平均 0.4, 最大 1.2 mm 無色, 砂時計構造	半自形柱状~柱状 平均 0.6, 最大 1.2 mm X=淡黄褐色, Y=赤褐色 C/AZ=9~19°, 2Vx=64~84°	オフィティック (色指数=57)	岩脈

PC: 斑晶, GM: 石基, Cpx: 単斜輝石, Amph: 角閃石, Bt: 黒雲母, Pl: 斜長石, Kf: カリ長石, Opx: 不透明鉱物

B. シュドニ川-オソウシ沢地域の緑色岩  
無斑晶質玄武岩

シュドニ川-オソウシ沢地域の枕状溶岩および角礫岩状枕状溶岩のほとんどを占める岩石タイプである。色調は暗灰色~灰色ないし暗緑色を呈する。枕状溶岩の中心部は一般に変質が弱く, 単斜輝石・斜長石・不透明鉱物からなり, サブオフィティック組織をしめす。枕状溶岩の周縁部は主にバリオリティックあるいはハイアロオフィティック組織をしめし, 緑泥石・絹雲母・緑泥石・アクリノ閃石などの2次鉱物を含む。

普通角閃石ドレライト

シュドニ川-オソウシ沢地域の無斑晶質玄武岩を貫く岩脈の岩石タイプである。色調は黒色~暗緑色を呈する。主要構成鉱物は斜長石・普通角閃石・単斜輝石・不透明鉱物である。普通角閃石は半自形粒状~柱状で緑色をしめし, その量比は約 40% に達する。帯緑色の強い多色性をしめし, C/AZ=9~16°, 2Vx=64~84° で

ある。単斜輝石は無色で, しばしば砂時計構造をしめす。

VII 緑色岩類の岩石化学的性質

額平川~宿主別川流域に分布する沙流川層の緑色岩類の代表的岩石試料 15 個について主成分元素の化学分析を行ない, 岩石化学的性質の検討を試みた。化学分析値を Table 2 にしめす。

これらの主成分元素のうち, SiO<sub>2</sub>・TiO<sub>2</sub>・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・CaO・K<sub>2</sub>O および P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> は蛍光 X 線分析装置 (Toshiba: AFV-777 型) を用いて, MgO および Na<sub>2</sub>O は原子吸光分析装置 (Hitachi: 170-30 型) を用いて分析した。H<sub>2</sub>O(±) についてはベンフィールド管を使用して重量を直接測定した。なお, 蛍光 X 線分析の手順・方法および測定条件に関しては山崎 (1979) および YAMAZAKI *et al.* (1980) に従った。

主成分化学組成を検討した岩石試料は, 岩石記載の項

Table 2 Chemical analyses of representative rock types of pillow lavas and dykes.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO <sub>2</sub>	48.13	43.55	42.95	42.63	61.82	63.06	63.12	48.27	47.19	48.15	49.28	46.51	50.58	50.29	50.49
TiO <sub>2</sub>	1.25	2.22	1.51	2.25	0.42	0.26	0.35	0.84	0.83	1.91	1.03	1.02	1.58	1.61	1.58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.91	14.37	13.78	14.77	18.00	18.30	17.12	14.17	14.87	13.92	13.69	13.92	15.22	15.08	15.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	14.45	12.30	12.63	11.27	4.75	4.41	3.65	10.56	10.83	12.49	12.31	12.30	13.00	13.33	12.91
MnO	0.23	0.16	0.21	0.19	0.36	0.24	0.13	0.17	0.17	0.17	0.19	0.20	0.19	0.20	0.20
MgO	6.24	8.07	14.56	8.17	0.53	0.47	1.03	8.56	8.76	7.07	7.12	7.30	4.55	4.42	4.22
CaO	9.56	11.69	5.21	11.51	0.39	0.64	2.28	12.98	13.44	10.80	13.25	13.48	8.27	8.14	8.09
Na <sub>2</sub> O	2.79	2.48	1.52	2.43	8.03	7.73	6.87	3.53	1.64	2.65	1.99	1.69	3.98	3.94	4.15
K <sub>2</sub> O	2.12	1.26	0.03	1.42	2.11	2.41	2.77	0.12	0.09	0.16	0.17	0.03	0.83	1.11	0.93
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12	0.36	0.26	0.35	0.20	0.08	0.17	0.07	0.07	0.17	0.10	0.09	0.23	0.23	0.24
H <sub>2</sub> O(+)	2.99	4.07	8.01	4.30	1.44	1.98	2.24	2.47	2.28	2.90	1.85	4.35	2.56	2.27	2.51
Total	99.79	100.53	100.67	99.25	98.05	99.58	99.73	101.74	100.17	100.39	100.98	100.89	100.99	100.62	100.45

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*: total iron as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

1. Clinopyroxene-plagioclase phyric basalt pillow lava, Sample No. 909-6. Loc., southern slope of the Nukabiragawa River.
2. Dolerite pillow lava, Sample No. 806-8. Loc., Nukabiragawa River.
3. Dolerite pillow lava, Sample No. 919-3C. Loc., Shukushubetsugawa River.
4. Kaersutite dolerite dyke, Sample No. 812-6. Loc., Nukabiragawa River.
5. Trachyte pillow lava, Sample No. 920-1. Loc., Shukushubetsugawa River at the junction of the Pankerunaizawa River.
6. Trachyte massive lava, Sample No. 813-7. Loc., Nukabiragawa River near the junction of the Pankechepuzawa River.
7. Trachyte massive lava, Sample No. 813-11. Loc., Nukabiragawa River near the junction of the Pankechepuzawa River.
8. Aphyric basalt pillow lava, Sample No. 808-3. Loc., at the junction of the Nukabiragawa and Shudonigawa River.
9. Aphyric basalt pillow lava, Sample No. 808-6. Loc., Nukabiragawa River.
10. Aphyric basalt pillow lava, Sample No. 1030-3. Loc., Nukabiragawa River.
11. Aphyric basalt pillow lava, Sample No. 930-13. Loc., Osoushizawa River.
12. Aphyric basalt pillow lava, Sample No. 826-2a. Loc., upper stream of the Shudonigawa River.
13. Hornblende dolerite dyke, Sample No. 808-10. Loc., Nukabiragawa River.
14. Hornblende dolerite dyke, Sample No. 722-6. Loc., Shudonigawa River.
15. Hornblende dolerite dyke, Sample No. 722-7. Loc., Shudonigawa River.

で記述したように、少なからず変質・変成鉱物を含んでいる。ここでは、可能な限り新鮮な岩石を選び、2次的鉱物のみからなる細脈および杏仁を分離した。Table 2 にしめされているように、No. 3 の試料を除くと H<sub>2</sub>O (±) は 1.85~4.35 wt. % (半数以上が 2 wt. % 台) であり、変質・変成作用による元素移動の影響はかなり小さく見積られる。

Fig. 7 はアルカリ-シリカ図である。図中には、中央海嶺玄武岩 (MORB) の平均値 (WILKINSON, 1982) およびハワイの代表的岩石タイプの平均値 (MACDONALD and KATSURA, 1964) を参考値としてしめた。15 個の分析値は、図にしめた MACDONALD and KATSURA (1964) および KUNO (1966) によるアルカリ岩と非アルカリ岩の境界をまたいで、両者の領域にプロットされ

る。これらのうち、単斜輝石斜長石斑状玄武岩、ドレライト質枕状溶岩およびケルスート閃石ドレライト質岩脈 (分析値は Nos. 1~4) とともに K<sub>2</sub>O (1.26~2.12 wt.%) に富み、アルカリ玄武岩の性質をもつ。トラカイト質枕状溶岩および塊状溶岩 (Nos. 5~7) も K<sub>2</sub>O (2.11~2.77 wt.%)・Na<sub>2</sub>O (6.87~8.03 wt.%) に著しく富んでおり、アルカリ岩質である。一方、シュドニ川-オソウシ川地域に枕状溶岩として分布する無斑晶質玄武岩 (Nos. 8~12) のほとんどが非アルカリ岩の領域にプロットされる。また、同地域に岩脈として出現する普通角閃石ドレライト (Nos. 13~15) は境界線付近のアルカリ岩の領域側にプロットされる。

次に、明らかにアルカリ岩の性質をしめす斑状玄武岩・ドレライト・ケルスート閃石ドレライトおよびトラカ

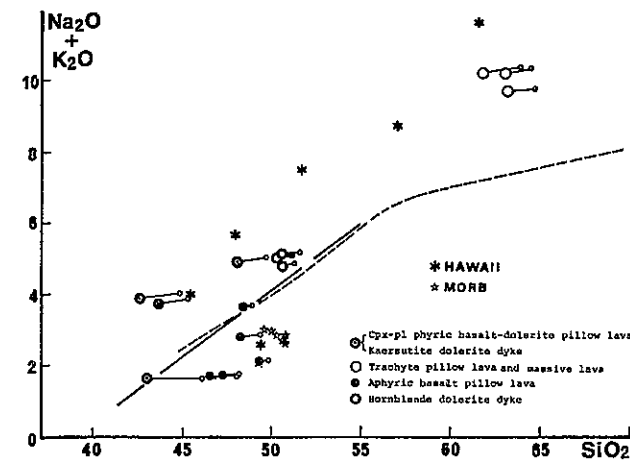


Fig. 7 Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> relation for pillow lavas and dykes in the Nukabiragawa, Shudonigawa-Osoushizawa, and Shukushubetsugawa areas. Small circles tied from the analyses show their water-free bases. Boundary lines between the alkaline and non-alkaline fields; solid line after MACDONALD and KATSURA (1964) and broken line after KUNO (1966).

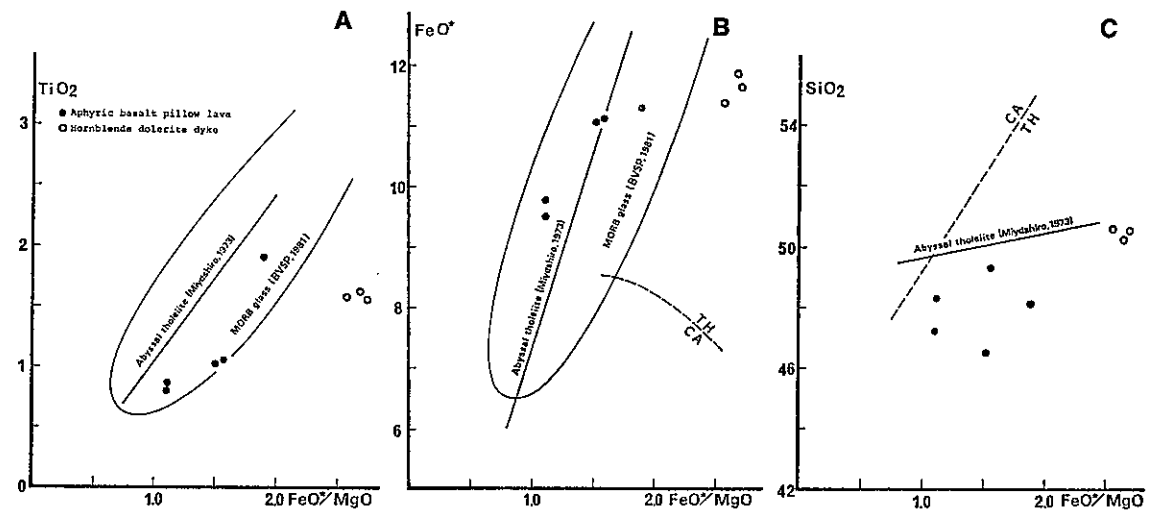


Fig. 8 TiO<sub>2</sub>-FeO\*/MgO (A), FeO\*-FeO\*/MgO (B), and SiO<sub>2</sub>-FeO\*/MgO (C) relations for tholeiitic aphyric pillow lavas and hornblende dolerite dykes in the Shudonigawa-Osoushizawa area. Broken line between the calc-alkaline field (CA) and the tholeiite field (TH) after MIYASHIRO (1973).

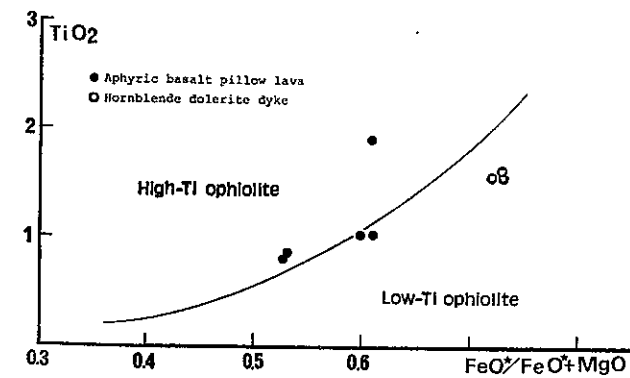


Fig. 9 TiO<sub>2</sub>-FeO\*/FeO\*+MgO relations for the tholeiitic basalts and dolerites from the Shudonigawa-Osoushizawa area. Boundary line between the high-Ti and low-Ti ophiolites after SERRI (1981).

イトを除いた岩石試料に関して検討する。Fig. 8A は  $TiO_2$ - $FeO^*/MgO$  図, Fig. 8B は  $FeO^*-FeO^*/MgO$  図, Fig. 8C は  $SiO_2$ - $FeO^*/MgO$  図である。  $FeO^*$  は鉄酸化物の総量を表わす。横軸の  $FeO^*/MgO$  は風化・変質の影響の小さい分化の尺度として用いられている (MIYASHIRO, 1973, 1975)。枕状溶岩をなす無斑晶質玄武岩 (Nos. 8~12) は, Fig. 8A~C のように, あまり分化の進んでいないソレライト質玄武岩の性質をもつ。  $TiO_2$  および  $FeO^*$  含有量を MORB と比較すると, いずれも MORB の組成領域内にプロットされる。 No. 10 を除く無斑晶質玄武岩の  $TiO_2$  含有量は Bass et al. (1973) および RHODES (1973) の海洋底玄武岩の組成領域に入るが, MORB の平均組成より明らかに低い。  $SiO_2$  含有量も同様に低い。岩脈として出現する普通角閃石ドレライト (Nos. 13~15) は, 高い  $FeO^*/MgO$  比 (2.57~2.75) をもち, かなり分化が進んでいる。これらが無斑晶質玄武岩と同一のマグマに由来するかどうかは不明である。

これらを海嶺起源のオフィオライトと比較するために,  $TiO_2$ - $FeO^*/(FeO^*+MgO)$  図にプロットしてみた (Fig. 9)。この図は SERRI (1981) が海嶺起源のオフィオライト (High-Ti ophiolite) と島弧起源のオフィオライト (Low-Ti ophiolite) を区別するために用いたもので, その境界線が Fig. 9 にしめされている。 No. 10 を除く無斑晶質玄武岩はその境界付近に, 普通角閃石ドレライトは Low-Ti ophiolite の領域にプロットされる。

無斑晶質玄武岩および普通角閃石ドレライトの MnO 含有量はそれぞれ 0.17~0.20wt. % および 0.19~0.20 wt. % と高く, 低い MnO 含有量と高い  $TiO_2$  含有量を一般的特徴とする海洋島ソレライト (MULLEN, 1983) とは明らかに異っている。また, 主成分元素で検討する限りでは, No. 10 の無斑晶質玄武岩は MORB に極めて類似したソレライト質玄武岩である。

## VIII 考察とまとめ

(1) 宿主別川地域および額平川地域に分布する空知層群沙流川層の緑色岩類は, 主に発泡良好な枕状溶岩・岩脈・ハイアロクラスタイト・エピクラスティック火山碎屑性堆積岩類よりなり, 少量のチャートを伴う。これらの緑色岩類は玄武岩質およびトラカイト質で, 主成分元素の岩石化学的特徴はアルカリ岩の性質をしめす。枕状溶岩の流走面・流走方向の解析結果およびハイアロクラスタイト・火山碎屑性堆積岩の空間分布の特徴から, この地域の緑色岩類は火山体の山麓部に相当すると考えられる。

オフィオライト帯や中・古生代の地質体よりなる構造帯の緑色岩に関して, 過去の海山・海洋島の火山体復元が試みられている。MARUYAMA and YAMAZAKI (1978) は, 秩父帯の緑色岩体について, 主に火山岩の産状と岩石学的性質および火山性礫岩の空間分布を根拠に海洋島の復元を試みた。新井田ほか (1983) は, 中生代常呂海山の復元に際して, ①火山体の岩石構成, ②火山岩類の岩石化学的性質, ③海底噴火の深度, ④火山体の構造, および⑤随伴する火山碎屑性堆積岩の性質について検討している。

宿主別川地域および額平川地域の緑色岩類に関する注目すべき特徴点は, ①火山体の岩石構成が海山・海洋島に類似すること, ②その構成岩石がアルカリ岩質の玄武岩・ドレライトおよびトラカイトからなること, ③枕状溶岩の良好な発泡状態は MOORE (1970b) がしめした浅いレベルの海底噴火の一般的特徴と調和し, 多量のハイアロクラスタイトが伴われることから浅い噴火レベルが示唆されること, および④枕状溶岩や火山碎屑性堆積岩の構造分布の特徴から火山体の山麓部断面が復元されること, である。以上の4点から, この地域の火山体は過去の海山・海洋島の一部であると考えられる。

(2) シュドニ川-オソウシ沢地域に分布する緑色岩類は, 主に枕状溶岩・角礫岩状枕状溶岩からなり, 普通角閃石ドレライトの岩脈を多数伴う。これらの緑色岩類は, ①枕状溶岩の発泡現象が極めて不良であること, および②ハイアロクラスタイトの量がかかなり少ないことなど, 上記地域 (1) のものと著しい相異をしめす。出現する変成鉱物も異っており, 上記地域でアルバイト・絹雲母・緑泥石・緑レン石・パンペリー石・赤鉄鉱が認められるのに対し, シュドニ川-オソウシ沢地域では特徴的にアクチノ閃石が出現する。枕状溶岩のほとんどは無斑晶質玄武岩であり, ソレライト質の岩石化学的特徴をしめす。これらの岩石は MIYASHIRO (1973, 1975) の abyssal tholeiite の平均化学組成に類似し, BVSP (1981) の MORB glass の組成領域に入る。普通角閃石ドレライト岩脈も同様にソレライト質であると考えられるが, 高い  $FeO^*/MgO$  比をもち, より分化の進んだマグマに由来したらしい。この地域の火山体は, 主に緑色岩類の構成と産状および岩石化学的特徴から, ジュラ紀の海洋地殻の一部であると考えられる。

(3) 以上のように, 神居古潭帯南部額平川流域には, ①アルカリ玄武岩質の海山・海洋島起源と考えられる緑色岩の断片と, ②ソレライト質の海洋地殻起源と考えられる緑色岩の断片の両方が隣接して露出する。このことは, 北海道中軸帯の地質形成モデルに制約を与えるはず

であり, 例えば白亜紀島弧海溝系における付加体形成モデル (新井田・紀藤, 1986; など) において, 2つの起源の緑色岩体が付加する過程やその機構を考慮すべきであることを示唆している。

(4) シュドニ川-オソウシ沢地域の MORB タイプのソレライト質枕状溶岩は, 大西洋海嶺や東太平洋海嶺で得られた MORB の平均値 (WILKINSON, 1982; BV SP, 1981) に比べて, 高い  $FeO^*/MgO$  比と低い  $TiO_2$  含有量をもっている。同時に, 高い MnO 含有量をしめす。これらのソレライト質枕状溶岩は, 神居古潭帯北部の天塩地域 (加藤ほか, 1979) や幌加内地域 (石塚, 1980), 地域は特定できないが NAKAGAWA (1981) と中野 (1985) が報告した神居古潭帯南部, トマム川流域 (金, 1984), 日高帯の下川地域 (SUZUKI and KUBOTA, 1980) およびトムラウシ地域 (MIYASHITA and KATSUSHIMA, 1986) のソレライト質玄武岩の大半に類似の岩石として認めることができる。このように, 北海道中軸帯に分布するソレライト質玄武岩のほとんどが MORB によく似ているもの,  $FeO^*/MgO$  比や  $TiO_2$ , MnO 含有量に関して MORB と異なる性質をしめす。このことは緑色岩の形成環境や火成作用を明らかにするうえで極めて重要である。以上の考察は主成分化学組成の特徴についてのみ行なわれており, とくに MnO 含有量に関しては蛍光 X 線分析の精度や分化の程度を考慮しつつ, さらなる岩石学的手段をもちいた検討が必要である。

## 謝辞

本論をまとめるにあたり, 北海道大学の勝井義雄会員および秋田大学の山元正継会員から貴重な助言をいただいた。農業技術研究所の山崎慎一氏および北海道農試の神山和則氏には蛍光 X 線分析の際に御指導いただいた。また, 加藤孝幸・紺谷吉弘会員をはじめ北海道地質構造研究会の諸氏には熱心な助言や討論をいただいた。以上の方々に心から感謝する。

## 文 献

- ASAHINA, T. and KOMATSU, M. (1979) The Horokanai ophiolitic complex in the Kamuikotan tectonic belt, Hokkaido, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 85, 317-330.
- BALLARD, R. D. and MOOR, J. G. (1977) *Photographic Atlas of the Mid-Atlantic Ridge Valley*. 1-114. Springer-Verlag, New York.
- BAMBA, T. (1974) A series of magmatism related to the formation of spilite. In AMSTUTZ, F. C., ed., *Spilites and spilitic rocks*, 83-112. Springer-

Verlag, Berlin.

- BASALTIC VOLCANISM STUDY PROJECT (1981) *Basaltic volcanism on the terrestrial planets*. Pergamon Press, New York.
- BASS, M. N., MOBERLY, R., RHODES, J. M., SHIN, C. and CHUCH, S. E. (1973) Volcanic Rocks cored in the central Pacific, Leg 17, Deep Sea Drilling Project. *Initial Rep. of DSDP*, 17, 429-503.
- 橋本誠二・鈴木 守・小山内照 (1961) 5 万分の 1 地質図幅「幌尻岳」および説明書。北海道立地下資源調査所。
- HASHIMOTO, S. (1976) Structural significance of the western Zone of the Hidaka Metamorphic Belt. *Rept. Geol. Min. Niigata Univ.*, 4, 409-414.
- 橋本 亘 (1952) 北海道株羅系の地質。地質報告, 特別号 (B), 地質調査所。
- (1971) 北海道中軸部の地史解明のための諸資料と問題点。国科博専報, 4, 172-197.
- 長谷川潔・小山内照・鈴木 守・松下勝秀 (1961) 北海道中軸部の先エゾ層群—地層区分の提案—。北海道地下資源調査所報告, 25, 108-114.
- 石塚英男 (1980) 北海道, 神居古潭帯に分布する幌加内オフィオライトの地質。地質雑, 86, 119-134.
- JONES, J. G. (1969) Pillow lavas as depth indicators. *Amer. Jour. Sci.*, 267, 181-195.
- 加藤孝幸 (1978) 神居古潭帯の沙流川超塩基性岩体について。地球科学, 32, 273-279.
- ・新井田清信・渡辺暉夫 (1979) 神居古潭構造帯, 知駒岳周辺の蛇紋岩メランジ帯。地質雑, 85, 279-285.
- 磐江康光・竹谷陽二郎・酒井 彩・宮田雄一郎 (1981) 北海道浦河地方における蝦夷層群直下の下部白亜系。地質雑, 87, 527-533.
- 河内洋佑・LANDIS, C. A.・渡辺暉夫 (1976) ハイアロクラスタイト。地質雑, 82, 355-366.
- 紀藤典夫 (1982) 北海道富良野地域空知層群の地質時代について。地質学会第 89 年学術大会演旨集, 195.
- KIMINAMI, K., KONTANI, Y. and MIYASHITA, S. (1985) Lower Cretaceous covering the abyssal tholeiite (the Hidaka Western Greenstone Belt) in the Chiroro area, Central Hokkaido, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 91, 1-17.
- 金 秀俊 (1984) 北海道中軸帯緑色岩類のソレライト質玄武岩の検討。地質学会北海道支部総会講演要旨, 29-30.
- 小橋橋重一 (1976 MS) 神居古潭帯南部新冠川中流域の緑色岩について。北海道大学修士論文。
- ・遠藤秀正・片川秀基 (1978) 南部神居古潭帯, 新冠川中流域・リビラ川上流域の緑色岩類。地球科学, 32, 299-300.
- KUNO, H. (1966) Lateral variation of basalt magma type across continental margins and island arcs. *Bull. Volcanol.*, 29, 195-222.
- MACDONALD, G. A. and KATSURA, T. (1964) Chemical composition of Hawaiian lavas. *Jour. Petrol.*, 5, 82-133.



- MARUYAMA, S. and YAMAZAKI, M. (1978) Paleozoic submarine volcanoes in the high P/T metamorphosed Chichibu system of eastern Shikoku, Japan. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, 4, 199-216.
- MENARD, H. W. (1964) *Marine Geology of the Pacific*. 1-271, McGraw-Hill, New York.
- MINATO, M., GORAI, M. and HUNAHASHI, M. (1965) *The geologic developments of the Japanese Islands*. Tsukiji-Shokan, Tokyo.
- 三宅輝海 (1980) 日高帯下川輝緑岩はオフィオライトメランジェか? 地質学会第87年学術大会演旨集, 334.
- 宮下純夫 (1983) 日高変成帯西帯におけるオフィオライト層序の復元. 地質雑, 89, 69-86.
- MIYASHITA, S. and KATSUSHIMA, T. (1986) The Tomuraushi greenstone complex of the central Hidaka zone: contemporaneous occurrence of abyssal tholeiite and terrigenous sediments. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 92, 535-557.
- MIYASHIRO, A. (1973) The Troodos ophiolitic complex was probably formed in an island arc. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 19, 218-224.
- (1975) Classification, characteristics, and origin of ophiolites. *Jour. Geol.*, 83, 249-281.
- MOORE, J. G. (1965) Petrology of deep sea basalt near Hawaii. *Amer. Jour. Sci.*, 263, 40-52.
- (1970a) Water content of basalt erupted on the ocean floor. *Contr. Min. Petrol.*, 28, 272-279.
- (1970b) Submarine basalt of the Revillagigedo Islands region, Mexico. *Marine Geol.*, 9, 331-345.
- 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 and Planet. Sci. Lett.*, 62, 53-62.
- 長尾捨一 (1965) 未詳中生界を主題とした北海道のジュラ-白亜系について. 北海道立地下資源調査所報告, 33, 1-47.
- NAKAGAWA, M. (1981) The constituents of serpentinite merange and chemistry of metabasalt in the Kamuikotan tectonic belt. In HARA, I., ed., *Tectonics of Paired Metamorphic Belt*, 31-35. Tanishi Print Kikaku, Hiroshima.
- 中村一明 (1979) 火山体 (volcanic edifice). 横山 泉・荒牧重雄・中村一明編. 地球科学 第7巻 火山, 172-183. 岩波書店, 東京.
- 中野仁礼・小松正幸 (1979) 神居古潭帯, 静内・三石地域緑色岩中のケルスート閃石・エジリン-アルカリ輝緑岩. 地質雑, 85, 367-376.
- (1985) 神居古潭帯南部の玄武岩類の岩石学的性質. 東京農大第一高等学校研究紀要, 3, 33-63.
- 新井田清信・戸田英明・淡野正信・五十嵐義美・原田洋一 (1983) 中生代海山の復元-常呂帯の岩石構成とその性格. 地質学会第90年学術大会演旨集, 347.
- ・紀藤典夫・中川 充 (1984) 北海道中軸部の白亜紀前期の火成活動. 地質学会第91年学術大会演旨集, 214.
- ・———— (1986) 北海道における白亜紀島弧-海溝系-その地質構成と造構史-. 地団研専報, 31, 379-402.
- 小川勇二郎・三宅輝海 (1980) 下川鉱山及びその周辺の“輝緑岩”と泥質岩の堆積的・構造的産状. 日本列島北部における地向斜および構造帯区分の再検討 (総研A報告書), 61-68.
- RHODES, J. M. (1973) Major and trace elements chemistry of basalts from Leg 9 of the Deep Sea Drilling Project. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 54, 1014-1015.
- SERRI, G. (1981) The petrochemistry of ophiolite gabbroic complexes; A key for the classification of ophiolites into low-Ti and high-Ti types. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 52, 203-212.
- 鈴木 守 (1977) 日高地向斜の火成活動の特性とスピライトの成因. 北海道立地下資源調査所報告, 49, 1-36.
- SUZUKI, M. and KUBOTA, Y. (1980) The Shimokawa diabase and wall rock alternation of the Shimokawa ore deposit, Hokkaido. *Mining Geology*, 30, 1-18.
- 高橋功二・鈴木 守 (1978) 5万分の1地質図幅「岩知志」および説明書. 北海道立地下資源調査所.
- WILKINSON, J. F. G. (1982) The Genesis of mid-oceanic ridge basalt. *Earth Science Reviews*, 18, 1-57.
- 矢部長克・杉山敏郎 (1939) 神居古潭系中の化石. 地質雑, 46, 340-341.
- 山崎慎一 (1979) けい光X線分析装置操作の手引き. 北海道農業試験場研究資料, 18, 39-100.
- YAMASAKI, S., KATAYAMA, M. and SASAKI, T. (1980) Total analysis of major constituents in soils by X-ray emission spectrometry with a glass beads technique. *Soil Sci. Plant. Nutr.*, 26, 25-36.
- 吉田 尚・松野久也・佐藤博光・山口昇一 (1959) 5万分の1地質図幅「比字」および説明書. 北海道開発庁.