北海道北部の中新世火山活動の活動場： K-Ar年代と主成分化学組成からの推定

Tectonic setting of the Miocene volcanism in northern
Hokkaido, Japan: Speculation from their
K-Ar ages and major element chemistry

後 藤 芳 彦 (Yoshihiko GOTO)*
中 川 光 弘 (Mitsuhiro NAKAGAWA)**
和 田 恵 治 (Keiji WADA)***

Northern Hokkaido is situated in the back arc region behind the arc-arc junction of the Kurile and Northeast Japan arc. The district is unique because it is located between two back-arc basins, Kurile and Japan basins. Tertiary small-scale shield-like volcanoes (flat lavas) and volcanoclastic formations are widely distributed in this district. 9 K-Ar ages and 148 major element chemistries for these volcanic rocks were determined to clarify their petrological features and tectonic evolution of this district.

The newly determined and previously reported K-Ar ages indicate that the vigorous volcanic activity took place during a short period from 14 to 9 Ma in the district. Total volume of the volcanic rocks is more than 650 km³. The volume of the volcanic rocks decreases from east (Sea of Okhotsk side) to west (Japan Sea side), suggesting that the volcanism took place mainly in eastern to central part. Most of the volcanic rocks are calc-alkaline and low-K to medium-K tholeiitic andesites, common in island arc setting. However, high TiO₂ andesites and icelandite-like dacites also occur along the Sea of Okhotsk. In addition, the volcanic rocks in northern Hokkaido show no systematic across-arc lateral variation in K₂O content.

The spatial variation in the chemical composition suggests that the Tertiary volcanism in northern Hokkaido was not caused by subduction of the Pacific plate. We presume that the volcanism was due to the episodic uprising of heat source (asthenospheric mantle?) which should be related to the opening of the Kurile basin.

Keywords: Northern Hokkaido, K-Ar age, Kurile basin, Kurile arc, Arc-arc junction, Miocene volcanism, Tectonics

I. はじめに

北海道北部地域は千島弧と東北日本弧の島弧—島弧
会合部背弧に位置し、それらの背弧海盆である千島海

盆と日本海盆に挟まれた特異な地域にある (Fig. 1)。
この地域には新第三紀火山岩が広く分布しているが、
それらの放射年代値や化学分析値は少なく、火成活動
場についての議論はない。

(平成6年9月7日受付, 平成7年2月22日受理)

* 北海道大学農学部雨龍地方演習林, 〒096 北海道名寄市徳田250番地

** 北海道大学理学部地球惑星科学教室, 〒060 北海道札幌市北区北10条西8丁目

*** 北海道教育大学旭川校, 〒070 北海道旭川市北門町9丁目

* Uryu Experimental Forest, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Tokuda, Nayoro 096, Japan

** Department of Earth and Planetary Sciences, Hokkaido University, Kita 10 Nishi 8, Kita-ku, Sapporo 060, Japan

*** Earth Science Laboratory, Hokkaido University of Education at Asahikawa, Asahikawa 070, Japan

Fig. 1. Location map of the Northern Hokkaido district. Note that the district is situated between the Kurile and Japan basins. Triangle: Quaternary volcano.

島弧における火山活動域の時間変化やマグマの広域的な組成変化は、島弧の地下構造やその構造発達史を知る上で重要な手がかりになる。北海道北部地域の新第三紀火山活動の活動年代および火山岩の岩石学的性格を明らかにすることは、千島弧と東北日本弧の島弧会合部の構造発達史およびそれらの背弧海盆の形成時期を明らかにする上で重要である。

今回我々は北海道北部地域の新第三紀火山岩について、9個の K-Ar 年代測定と、148 個の主成分全岩化学分析を行った。その結果、北海道北部の新第三紀火山活動が主として 14~9 Ma に集中して行われたことが明らかになった。また、この時期の火山岩類の多くが島弧火山岩に共通した化学組成の特徴を有するにもかかわらず、背弧側に向かって K_2O が増大するような島弧横断方向の化学組成変化を示さないことが明らかになった。本論では北海道北部地域の新第三紀火山岩の K-Ar 年代と主成分化学組成の特徴を述べ、この地域の火山活動をもたらしたテクトニクスについて議論する。

II. 地質概説

北海道北部地域は千島弧南西端の大雪山-十勝火山列の背弧側に位置する (Fig. 1)。この地域には利尻火山以外の第四紀火山はない。新第三紀火山岩は、中生代の火山岩・堆積岩類を覆って北海道北部地域全域に散在し、音威富士 (標高 477 m)、函岳 (標高 1,129 m)、ピヤシリ山 (標高 987 m)、ピッシリ山 (標高 1,032 m)、

Fig. 2. The distribution map of Tertiary volcanic rocks in the Northern Hokkaido district, and their K-Ar ages (Ma). K-Ar data; *, this study; **, Watanabe and Yamaguchi (1988); ***, Yamaguchi *et al.* (1988); ****, Shibata and Tanai (1982); ***** Goto and Wada (1991); *****, Wada and Goto (1993); K.T., Kurile trench; J.T., Japan trench

などの山地を構成する (Fig. 2)。また、日本海の礼文島、天売島、焼尻島にも分布する。これらの新第三紀火山岩は、主として陸上に噴出した溶岩からなり、平坦な溶岩の台地 (平坦溶岩) を形成することが多い。礼文島や焼尻島では海底下で噴出したことを示すハイアロクラスタイトの産状を呈する。

III. 新第三紀火山岩の地質と K-Ar 年代

北海道北部地域に分布する新第三紀火山岩のうち、代表的な 19 地域に分布する 25 の溶岩・火砕岩層・貫入岩体について地質調査を行い、このうち 9 岩体について K-Ar 法による年代測定を行った (Table 1, Fig. 2)。今回調査を行ったこれらの岩体は、北海道北部の主要な第三紀火山岩をほぼ網羅している (Fig. 2)。これらの詳細な地質記載は、後藤ら (1995) を参照されたい。年代測定はテレダイン・アイソトープ社に依頼し、年代値の算出には、Steiger and Jäger (1977) の壊変定数 $\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10}/y$, $\lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-10}/y$, $^{40}K/K = 0.0001167$ を用いた。年代測定を行っ

Table 1. Results of K-Ar dating of the Tertiary volcanic rocks from the Northern Hokkaido district

Formation	Sample No.	Locality	Rock type	K-Ar age (Ma)	K (wt%)	^{40}Ar (scc/gm $\times 10^{-5}$)	^{40}Ar (%)
Meshikuni Formation	REBUN-7	45° 16' 34" N 141° 01' 27" E	andesite	10.4 $\pm$ 2.2	0.95 0.97	0.038 0.040	12.5 13.2
Momo-iwa	REBUN-19	45° 17' 39" N 141° 02' 10" E	dacite	13.0 $\pm$ 1.6	1.11 1.11	0.056 0.057	19.8 20.1
Yagishiri Volcanic Rocks	YA-8	44° 25' 32" N 141° 25' 44" E	basalt	10.1 $\pm$ 0.9	0.63 0.62	0.025 0.024	37.1 26.7
Teuri Volcanic Rocks	TE-16	44° 26' 14" N 141° 19' 31" E	andesite	10.1 $\pm$ 0.5	1.00 1.00	0.040 0.039	61.6 53.6
Pinneshiridake Lavas	PIN-8	44° 53' 09" N 142° 14' 07" E	rhyolite	17.1 $\pm$ 0.9	2.93 2.98	0.201 0.194	89.4 88.0
Otoifuji Lavas	OTOI-9	44° 41' 54" N 142° 17' 53" E	andesite	12.0 $\pm$ 0.7	1.25 1.25	0.056 0.061	38.8 35.8
Piyashiriyama Lavas	PIYA-11	44° 25' 52" N 142° 36' 04" E	andesite	13.4 $\pm$ 0.7	1.42 1.42	0.075 0.074	78.6 82.6
Koitoi Lavas	NAKAP-N1	44° 41' 06" N 142° 50' 33" E	basalt	11.8 $\pm$ 1.9	0.52 0.52	0.024 0.024	15.8 24.1
Pisshiridake Formation	URYU-4	44° 24' 54" N 142° 12' 23" E	andesite	11.8 $\pm$ 0.6	1.12 1.10	0.051 0.051 0.051	70.5 69.1 68.7

た岩石試料は全て新鮮で、変質による年代値への影響はない。年代測定試料の採取地点および岩石記載は末尾に記した。以下にこれら 19 地域の岩体の地質概略と K-Ar 年代を述べる。

(1) メシクニ層 (礼文島): 礼文島南部に分布する火砕岩層で、南北 6 km、東西 3 km の分布域に広く露出する(長尾ら, 1963)。メシクニ層は主としてハイアロクラスタイト、塊状 (massive) の溶岩、およびエピクラスティック火山円礫岩からなり、それらのフィーダー岩脈を伴う。岩石は輝石安山岩、かんらん石玄武岩、および、普通角閃石を含む輝石安山岩である。K-Ar 年代測定値は 10.4 $\pm$ 2.2 Ma である (Table 1)。

(2) 桃岩 (礼文島): 礼文島南部に位置する未固結含水堆積物に貫入したクリプトドーム(直径 300 m、比高 170 m)で、斜長石と少量の普通輝石斑晶を含むデイサイトからなる。K-Ar 年代測定値は 13.0 $\pm$ 1.6 Ma である (Table 1)。

(3) スコトン岬貫入岩類 (礼文島): 礼文島北部のスコトン岬、ゴロタ岬、稲穂ノ崎、白浜などに点在するシル・ラコリス群である。岩石は主としてかんらん石ドレライトからなり、弱変質している。

(4) 久種湖ドレライト (礼文島): 礼文島北部の久種湖東岸に露出する貫入岩体で、斜長石、チタン普通

輝石、イルメナイトからなる。このドレライトからは、18.2 $\pm$ 1.2 Ma の K-Ar 年代値が報告されている (Goto and Wada, 1991)。

(5) 宗谷岬^{そうや みさき}玄武岩類: 稚内東方宗谷岬周辺の弁天島、泊内、丸山、萌間山などに点在する小規模な貫入岩類で、岩脈あるいはシルの産状を呈する。岩石は主としてかんらん石玄武岩である。

(6) 焼尻島^{やぎしりとう}火山岩類: 焼尻島を形成する火山岩類で、ハイアロクラスタイトとそのフィーダー岩脈からなる。フィーダー岩脈は焼尻島を中心とした放射状岩脈群をなす。岩石は主として新鮮な普通輝石かんらん石玄武岩と輝石安山岩からなる。K-Ar 年代値は 10.1 $\pm$ 0.9 Ma である (Table 1)。

(7) 天売島^{てうりとう}火山岩類: 天売島を形成する火山岩類で、主として厚さ 10 m 以上の塊状の溶岩からなる。岩石は輝石安山岩である。K-Ar 年代測定値は 10.1 $\pm$ 0.5 Ma である (Table 1)。

(8) ピッシリ岳^{しゅまりない}層: 名寄市西方、朱鞠内湖周辺に広く分布する火砕岩層の総称で、少量の溶岩を挟在する(高橋ら, 1971)。分布域は南北 30 km、東西 20 km にわたり、ピッシリ岳などの山地を構成する。ピッシリ岳層は主として普通角閃石を含む輝石安山岩からなり、少量のかんらん石普通輝石玄武岩を伴う。今回得

られた K-Ar 年代値は 11.8 ± 0.6 Ma で (Table 1), 柴田・棚井 (1982) の年代値 12.4 ± 0.7 Ma および 13.3 ± 0.9 Ma とほぼ調和的である。

(9) 美深層: 名寄市南方に分布する火砕岩層・溶岩の総称で、和寒町の三笠山 (標高 220 m), 東山 (標高 455 m) などの丘陵を形成する (松下ら, 1977)。三笠山は侵食された単成火山である。岩石は主として普通角閃石を含む輝石安山岩からなる (Wada *et al.*, 1992)。三笠山の溶岩からは 11.1 ± 0.8 Ma の高マグネシウム安山岩が報告されている (Wada and Goto, 1993)。

(10) 乙部山溶岩: 美深層の南東部に分布し、乙部山 (標高 835 m), 和寒町朝日の尖山 (標高 419 m), 蘭留の高鞍山 (標高 359 m) などの丘陵を形成する。尖山は侵食された単成火山である。岩石は普通角閃石を含む安山岩と輝石安山岩からなる。尖山の溶岩からは、 9.3 ± 0.5 Ma の K-Ar 年代値が報告されている (渡辺・山口, 1988)。

(11) 敏音知岳溶岩: 稚内の南東 70 km に位置する敏音知岳 (標高 704 m) を形成する溶岩で、侵食された溶岩ドームである。岩石は黒雲母、石英、斜長石の斑晶を含む流紋岩からなる。K-Ar 年代測定値は 17.1 ± 0.9 Ma である (Table 1)。

(12) 音威富士溶岩: 敏音知岳の南方 20 km に位置する音威富士 (標高 477 m) とその東側に分布し、南北 9 km, 東西 4 km の分布域をもつ (長谷川ら, 1962)。岩石はガラス質の普通輝石紫蘇輝石安山岩である。K-Ar 年代測定値は 12.0 ± 0.7 Ma である (Table 1)。

(13) 函岳溶岩: 函岳 (標高 1,129 m) を中心に広がる溶岩・火砕岩の総称で、分布域は南北 24 km, 東西 20 km にわたる (小山内・庄谷, 1965)。この溶岩は標高 900 m~1,100 m の平坦な台地 (平坦溶岩) を形成する。岩石は主として輝石安山岩からなる。函岳溶岩からは 12.1 ± 0.6 Ma および 10.2 ± 0.5 Ma の K-Ar 年代値が報告されている (渡辺・山口, 1988)。

(14) ピヤシリ山溶岩: 名寄市北東のピヤシリ山 (標高 987 m) 山頂部周辺に分布し、その分布域は南北 5 km, 東西 6 km である (酒匂ら, 1960)。この溶岩は北方に分布する沼岳溶岩, 南方の名寄溶岩と共に、標高 700 m~950 m の平坦溶岩を形成する。岩石は輝石安山岩である。K-Ar 年代測定値は 13.4 ± 0.7 Ma である (Table 1)。

(15) 歌登山溶岩, 辺毛内溶岩, 金駒内溶岩, ウエンナイ溶岩, ウスタイベ安山岩, オフン溶岩: これらの溶岩は音威富士の東方 20 km の歌登山 (標高 573

m) 周辺に分布し、それぞれ南北 2~12 km, 東西 2~7 km の分布域をもつ (酒匂ら, 1961; 小山内ら, 1962)。岩石は輝石安山岩や普通角閃石を含む安山岩からなるが、オフン溶岩は玄武岩からなる。これらは、柴田ら (1981) により 13.7 ± 0.7 Ma および 13.8 ± 0.9 Ma の K-Ar 年代が報告されている徳志別集塊岩とほぼ同時期に噴出した溶岩類であると考えられる。

(16) フーレップ溶岩: 函岳溶岩の東方に分布する溶岩で、ガラス質の輝石安山岩からなる (土居ら, 1960)。フーレップ溶岩からは 12.8 ± 0.6 Ma および 10.0 ± 0.5 Ma の K-Ar 年代値が報告されている (渡辺・山口, 1988)。

(17) コイトイ溶岩: 歌登山溶岩の南東 25 km のオホーツク海海岸に分布し、その分布域は 2×0.5 km である (齊藤・太田, 1959)。これは主としてかんらん石玄武岩のハイアロクラスタイトからなり、同質の岩脈を伴う。K-Ar 年代測定値は 11.8 ± 1.9 Ma である (Table 1)。

(18) 中幌内溶岩, 音稲府岬貫入岩体: 中幌内溶岩は紋別の北西約 50 km の幌内川沿いに分布し、分布域は南北 2.5 km, 東西 2.5 km である (鈴木ら, 1966)。岩石は無斑晶質の安山岩である。この溶岩からは 12.9 ± 0.5 Ma の K-Ar 年代値が報告されている (山口ら, 1988)。音稲府岬貫入岩体は中幌内溶岩の南東 10 km の音稲府岬周辺に分布し、斜長石の斑晶を含むデイサイトからなる。

(19) イナシベツ溶岩: 紋別の北西約 30 km に分布し、南北 5 km, 東西 20 km の分布域をもつ平坦溶岩である (鈴木ら, 1966)。岩石はガラス質の輝石安山岩からなる。イナシベツ溶岩からは、 9.8 ± 0.5 Ma の K-Ar 年代値が報告されている (渡辺・山口, 1988)。

IV. 活動年代および噴出量

今回測定された K-Ar 年代値 (Table 1) と、柴田ら (1981), 柴田・棚井 (1982), 渡辺・山口 (1988), 山口ら (1988), Goto and Wada (1991), Wada and Goto (1993) による年代値を総合すると、北海道北部の主要な新第三紀火山岩類の放射年代はほぼ測定されたことになる (Fig. 2)。これまでに新第三紀鮮新世または第四紀と推定されてきた北海道北部地域の溶岩類は、全て新第三紀中期中新世の年代値を示した。したがって、この地域では利尻火山を除くと、鮮新世から第四紀にわたる火山活動は全く行われていないといえる。

Fig. 3 は、北海道北部地域における新第三紀火山岩

Fig. 3. Histogram of K-Ar ages for the Tertiary volcanic rocks from the Northern Hokkaido district. Data sources are the same as those in Fig. 2.

類の放射年代ヒストグラムである。年代値は19~17 Ma と14~9 Ma の二つの時期に区分でき、大部分は14 Ma~9 Ma に集中する。19~17 Ma の年代値を示す火山岩は礼文島の久種湖ドレイイトと敏音知岳溶岩のみで、共に北海道北部地域の最北部に分布する。一方、14~9 Ma の年代値を示す火山岩は、北海道北部地域の全域に分布し、噴出地域と噴出年代との間に相関はみられない (Fig. 2)。

北海道北部地域の新第三紀火山岩類の総噴出量は、現在露出している溶岩の総面積×厚さ500 mで見積もると、19~17 Ma の火山岩は5 km³ 以下、14~9 Ma の火山岩は650 km³ 以上である。したがって、北海道北部地域における新第三紀火山活動は、主として14~9 Ma の5 m.y. の期間に集中して行われたといえる。14~9 Ma の火山岩の噴出量は、オホーツク海側が多く、日本海側では少ない (Fig. 4)。このことから、北海道北部地域における新第三紀火山活動は主としてオホーツク海側で行われたといえる。

V. 主成分化学組成

前述した19地域25岩体から採取した148個の岩石試料について主成分全岩化学分析を行った。分析は北海道大学のフィリップスPW1404型蛍光X線分析装置を用いて行い、Tsuchiya *et al.* (1989) を一部改変した方法 (精度についてはNakagawa, 1992を参照) に従った。分析に用いた岩石試料は、礼文島のスコトン岬貫入岩類以外は全て新鮮で、灼熱減量は2 wt% 以下である。分析値をTable 2に示す。なお、148個の岩石試料全ての岩石名、採取地点の地図は、後藤ら(1995)を参照されたい。

化学分析値のSiO₂-Na₂O+K₂O, SiO₂-MgO, SiO₂-K₂O, SiO₂-TiO₂, SiO₂-Na₂O, SiO₂-FeO*/MgO図を

Fig. 4. Volume of the Tertiary volcanic rocks from the Northern Hokkaido district.

示す (Fig. 5, 6, 7, 8)。シンボルは19~17 Ma の火山岩と、14~9 Ma の火山岩に分け、さらに14~9 Ma の火山岩を、礼文島 (メシクニ層、桃岩)、焼尻島・天売島 (焼尻島火山岩類、天売島火山岩類)、西部 (ピッシリ岳層、美深層、乙部山溶岩)、中部 (音威富士溶岩、函岳溶岩、ピヤシリ山溶岩)、および東部 (歌登山溶岩、辺毛内溶岩、金駒内溶岩、ウエンナイ溶岩、ウスタイベ安山岩、オフン溶岩、フーレップ溶岩、コイトイ溶岩、中幌内溶岩、音稲府岬貫入岩体、イナシベツ溶岩) の5つに区分した。

1. 19~17 Ma 火山岩の化学組成の特徴

礼文島の久種湖ドレイイト (18.2±1.2 Ma) は、Na₂O (3.43 wt%), TiO₂ (2.1 wt%), P₂O₅ (0.41 wt%) に富むアルカリ岩 (SiO₂: 49.09 wt%) である (Fig. 5)。ほぼ同時期に噴出したピンネシリ溶岩 (17.1±0.9 Ma) は、ソレアイトとカルクアルカリ岩系 (Miyashiro, 1974) との中間的な組成をもつ流紋岩 (SiO₂: 70~74 wt%) であるが、この岩石は高いK₂O/Na₂O比で特徴づけられ、14~9 Ma の火山岩とは明瞭に区別できる (Fig. 6, 7)。稚内東方の宗谷岬玄武岩類は、礼文島と距離的に近く、しかも礼文島の久種湖ドレイイトに近い化学組成をもつアルカリ岩 (SiO₂: 48.45 wt%, Na₂O: 4.38 wt%, TiO₂: 1.69 wt%, P₂O₅: 0.48 wt%) であることから、久種湖ドレイイトと同時期の同じ火成活動場で形成された可能性が高い。以上のようにこの時期の火成活動は礼文島~宗谷岬周辺の小規模な高TiO₂

Table 2. Major element compositions of the Tertiary volcanic rocks from the Northern Hokkaido district. Total iron as Fe_2O_3

Group	Pisshiridake formation														
sample	SHIM2	SHIM4	SHIM7	SHIM8	SHIM-10	SHIM14	SHIM16	SHIM-18	SHIM19	SHIM21	SHIM23	SHIM24	SHIM25	SHIM27	SHIM29
SiO2	56.74	56.23	58.32	58.20	62.84	56.57	55.88	50.82	51.22	50.96	56.43	57.71	58.07	57.31	57.34
TiO2	1.06	1.03	0.73	0.75	0.58	1.03	1.08	0.98	0.99	0.98	1.03	0.77	0.79	0.88	0.91
Al2O3	17.01	17.25	16.85	16.86	16.33	17.24	17.45	14.62	14.77	14.76	17.85	17.51	17.57	17.30	16.90
Fe2O3	8.32	7.61	6.57	6.65	4.85	8.13	8.10	10.01	10.52	9.92	7.14	7.36	7.30	7.55	7.82
MnO	0.13	0.13	0.10	0.10	0.08	0.13	0.12	0.16	0.14	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.13
MgO	4.90	4.39	4.80	4.83	3.81	4.20	3.88	9.78	8.53	9.42	3.27	4.37	4.45	4.14	3.90
CaO	7.51	7.44	7.48	7.60	5.52	7.65	7.85	10.24	10.32	10.33	8.29	7.23	7.27	7.30	7.25
Na2O	3.55	3.80	3.98	3.98	4.49	4.05	4.05	2.85	2.85	2.80	4.10	3.89	3.90	4.03	4.07
K2O	1.18	1.27	1.05	1.07	1.48	1.36	1.36	0.83	0.80	0.81	1.26	1.27	1.26	1.37	1.34
P2O5	0.22	0.18	0.17	0.17	0.18	0.22	0.23	0.15	0.15	0.15	0.27	0.17	0.17	0.21	0.22
total	100.62	99.33	100.05	100.21	100.16	100.58	100.00	100.44	100.29	100.28	99.78	100.41	100.90	100.21	99.88
FeO*/MgO	1.53	1.56	1.23	1.24	1.15	1.74	1.88	0.92	1.11	0.95	1.97	1.52	1.48	1.64	1.80
Group				Yagishiri volcanic rocks											
sample	SHM32	SHM34	URYU4	YA-2	YA-3	YA-6	YA-7	YA-8	YA-9	YA-10	YA-12	YA-16	YA-18	YA-19	YA-20
SiO2	58.47	55.26	56.92	54.79	50.67	48.67	49.17	51.22	51.50	49.98	57.05	51.23	61.02	51.21	50.26
TiO2	0.91	0.92	0.82	0.90	0.77	0.85	0.86	1.06	1.06	0.89	0.73	0.85	0.62	0.88	0.85
Al2O3	17.59	17.12	17.87	19.58	17.35	16.09	16.18	18.63	18.96	16.81	19.88	17.80	17.81	17.75	17.17
Fe2O3	7.46	8.59	7.71	7.58	9.41	9.79	9.64	9.08	9.06	9.84	6.47	8.99	5.88	9.39	9.59
MnO	0.12	0.13	0.15	0.18	0.16	0.18	0.18	0.16	0.15	0.22	0.13	0.25	0.11	0.18	0.20
MgO	3.64	4.20	3.72	3.05	8.32	10.43	10.41	5.45	5.27	8.23	3.03	6.54	2.41	7.00	8.66
CaO	6.88	8.08	7.47	8.91	10.25	11.04	11.31	10.45	10.26	10.57	8.51	10.58	6.20	10.61	10.89
Na2O	3.64	3.67	3.86	3.56	2.47	2.08	2.11	2.92	2.92	2.29	3.63	2.85	4.13	2.45	2.27
K2O	1.73	1.45	1.28	0.82	0.61	0.50	0.49	0.73	0.74	0.57	1.07	0.68	1.48	0.47	0.52
P2O5	0.28	0.24	0.24	0.18	0.12	0.11	0.11	0.16	0.16	0.13	0.21	0.14	0.19	0.14	0.11
total	100.72	99.66	100.04	99.55	100.13	99.74	100.46	99.86	100.08	99.53	100.71	99.91	99.85	100.08	100.52
FeO*/MgO	1.84	1.84	1.87	2.24	1.02	0.84	0.83	1.50	1.55	1.08	1.92	1.24	2.20	1.21	1.00
Group						Teuri volcanic rocks									
sample	YA-21	YA-22	YA-23	YA-25	YA-27	TE-1	TE-2	TE-3	TE-4	TE-5	TE-6	TE-7	TE-8	TE-9	TE-10
SiO2	54.34	55.03	56.21	51.88	53.76	58.87	59.62	59.47	58.48	58.49	57.88	58.51	57.65	58.94	59.51
TiO2	1.15	1.14	0.82	0.88	0.93	0.79	0.76	0.79	0.79	0.85	0.82	0.83	0.83	0.84	0.79
Al2O3	17.63	17.66	17.29	18.07	19.24	16.76	16.91	16.92	17.15	16.93	17.14	17.20	16.81	17.25	16.81
Fe2O3	10.18	10.32	8.13	9.29	8.66	7.74	7.37	7.63	7.51	7.93	7.83	7.74	7.83	7.59	7.82
MnO	0.15	0.15	0.17	0.19	0.17	0.13	0.13	0.13	0.12	0.15	0.15	0.15	0.15	0.11	0.13
MgO	3.72	3.43	4.62	6.25	3.45	3.23	3.07	3.26	3.28	3.59	3.77	3.42	3.56	3.00	3.19
CaO	8.10	7.87	8.48	9.27	8.94	6.79	6.61	6.79	7.16	7.15	7.45	7.27	7.39	7.18	6.74
Na2O	3.69	3.70	3.29	3.05	3.11	3.69	3.83	3.72	3.60	3.52	3.52	3.52	3.53	3.71	3.69
K2O	0.98	1.06	0.92	0.81	1.19	1.28	1.36	1.31	1.26	1.39	1.18	1.34	1.30	1.31	1.30
P2O5	0.20	0.21	0.15	0.16	0.20	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19
total	100.14	100.57	100.08	99.85	99.65	99.46	99.84	100.21	99.54	100.19	99.92	100.16	99.24	100.12	100.17
FeO*/MgO	2.46	2.71	1.58	1.34	2.26	2.16	2.16	2.11	2.06	1.99	1.87	2.04	1.98	2.28	2.21
Group									Meshikuni formation (Rebun island)						
sample	TE-11	TE-12	TE-13	TE-14	TE-15	TE-16	TE-17	TE-18	REB-2	REB-3	REB-4	REB-5	REB-6	REB-7	REB-9
SiO2	59.42	58.84	58.33	58.23	58.56	57.15	56.94	58.37	56.46	56.45	56.61	56.01	56.36	66.05	53.66
TiO2	0.82	0.82	0.85	0.87	0.86	0.81	0.81	0.83	0.88	0.87	0.88	0.85	0.86	0.71	0.92
Al2O3	17.52	17.39	17.45	17.27	17.33	17.55	17.66	17.37	17.00	17.02	16.95	16.90	17.00	17.85	17.41
Fe2O3	7.55	7.57	7.94	8.01	7.97	7.87	7.77	7.75	7.49	7.48	7.22	7.48	7.43	3.08	9.41
MnO	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.14	0.13	0.13	0.15	0.14	0.19	0.16	0.14	0.11	0.24
MgO	2.90	2.94	3.68	3.63	3.53	4.14	4.03	3.42	5.49	5.39	5.48	5.57	5.50	0.60	6.36
CaO	6.68	6.75	6.98	6.97	6.96	7.99	8.11	7.33	8.66	8.68	8.70	8.74	8.63	6.31	9.03
Na2O	3.60	3.54	3.61	3.54	3.53	3.31	3.30	3.61	3.43	3.47	3.48	3.49	3.38	4.33	3.28
K2O	1.53	1.55	1.48	1.50	1.53	1.12	1.12	1.26	0.66	0.67	0.68	0.64	0.66	1.19	0.34
P2O5	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19	0.16	0.17	0.18	0.19	0.19	0.19	0.20	0.15	0.17	0.15
total	100.29	99.68	100.61	100.32	100.57	100.24	100.04	100.25	100.41	100.36	100.38	100.04	100.11	100.40	100.80
FeO*/MgO	2.34	2.32	1.94	1.99	2.03	1.71	1.74	2.04	1.23	1.25	1.19	1.21	1.22	4.62	1.33

Group													Momo-iwa	Sukoton-misaki intrusions			
sample	REB.-11	REB.-12	REB.-13	REB.-14	REB.-15	REB.-16	REB.-17	REB.-18	REB.-20	REB.-21	REB.-23	REB.-19	REB.-107	REB.-109	REB.-130		
SiO ₂	53.98	54.17	54.04	53.82	52.35	54.10	53.91	54.14	73.64	63.94	54.63	66.52	55.54	53.41	54.12		
TiO ₂	0.84	0.84	0.84	0.85	0.92	0.90	0.90	0.90	0.69	0.97	0.78	0.93	0.87	1.14	0.94		
Al ₂ O ₃	18.01	18.42	18.31	18.18	18.15	17.87	17.72	17.80	13.57	15.37	17.66	17.34	16.90	19.14	17.01		
Fe ₂ O ₃	8.67	8.58	8.87	8.75	9.66	9.16	9.30	9.27	2.22	6.92	8.55	3.55	7.91	8.00	9.27		
MnO	0.16	0.16	0.14	0.15	0.25	0.18	0.17	0.18	0.06	0.24	0.18	0.03	0.13	0.09	0.13		
MgO	4.79	5.03	4.65	4.58	5.62	5.03	4.91	4.88	0.09	1.91	5.47	0.22	6.46	2.07	6.85		
CaO	9.74	9.72	9.73	9.80	9.86	9.50	9.44	9.46	2.27	4.39	9.22	5.19	8.43	11.59	7.36		
Na ₂ O	3.11	3.13	3.13	3.13	2.99	2.95	2.97	2.96	5.03	4.88	3.13	4.53	3.06	3.14	3.94		
K ₂ O	0.40	0.33	0.39	0.38	0.36	0.44	0.46	0.44	1.90	0.83	0.48	1.41	0.93	1.06	0.51		
P ₂ O ₅	0.13	0.13	0.13	0.13	0.19	0.13	0.12	0.15	0.16	0.30	0.13	0.25	0.24	0.23	0.29		
total	99.83	100.51	100.23	99.77	100.35	100.26	99.90	100.18	99.63	99.75	100.23	99.97	100.47	99.87	100.42		
FeO*/MgO	1.63	1.54	1.72	1.72	1.55	1.64	1.70	1.71	22.20	3.26	1.41	14.52	1.10	3.48	1.22		

Group	Hakodake lavas										Fureppu lavas				Utanoboriyama lavas	
sample	REB.-131	HAKO-4	HAKO-5	HAKO-6	HAKO-7	HAKO-8	HAKO-9	HAKO-10	HAKO-11	FU-2	FU-3	FU-4	FU-6	UTANO-1	UTANO-5	
														93702-3	93702-7	
SiO ₂	54.80	60.14	60.53	60.46	60.51	60.63	60.21	60.03	60.08	60.00	61.09	62.11	56.43	58.66	60.47	
TiO ₂	0.89	0.91	0.90	0.93	0.94	0.92	0.93	0.90	0.90	0.97	0.92	1.09	1.60	1.04	0.87	
Al ₂ O ₃	17.03	16.00	16.16	16.34	16.28	16.70	15.59	16.81	16.87	16.04	15.98	17.28	17.43	16.37	16.26	
Fe ₂ O ₃	8.28	7.23	7.09	6.74	6.71	6.70	7.22	7.09	6.86	7.01	6.58	6.27	8.57	7.01	5.86	
MnO	0.18	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.12	0.12	0.12	0.12	0.10	0.14	0.11	0.11	0.09	
MgO	5.92	4.42	4.18	3.74	3.75	3.55	4.38	3.84	3.78	4.09	3.64	1.26	2.93	3.43	2.54	
CaO	8.59	6.38	6.30	6.25	6.27	6.25	6.37	6.24	6.38	6.42	5.61	5.23	7.04	6.42	5.48	
Na ₂ O	3.02	3.18	3.25	3.16	3.16	3.19	3.04	3.27	3.27	3.19	3.16	3.89	3.63	3.95	3.83	
K ₂ O	0.96	1.81	1.83	2.13	2.14	2.10	2.02	1.89	1.87	2.15	2.29	2.46	1.59	1.65	2.08	
P ₂ O ₅	0.27	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.16	0.17	0.17	0.19	0.15	0.26	0.22	0.21	0.17	
total	99.94	100.35	100.51	100.03	100.04	100.31	100.04	100.36	100.30	100.18	99.52	99.99	99.55	98.85	97.65	
FeO*/MgO	1.26	1.47	1.53	1.62	1.61	1.70	1.48	1.66	1.63	1.54	1.63	4.48	2.63	1.84	2.08	

Group	Penkenai lavas			Ofun lavas	Usutaibe lavas	Kinkomai lavas			Uen-nai lavas	Inashibetsu lavas						
sample	UTANO-6	UTANO-2	UTANO-3	UTANO-7	ESA-1	ESA-2	ESA-4	ESA-3	OMU-1	OMU-5	OMU-7	OMU-10	OMU-14	OMU-23	OMU-2	
	93702-8	93702-4	93702-5	93702-9	93702-10	93705-1	93705-3	93705-2								
SiO ₂	66.62	61.24	68.30	52.89	65.98	57.06	69.45	60.93	61.36	67.58	66.70	66.90	63.97	61.26	61.78	
TiO ₂	0.43	1.10	0.69	1.20	0.56	0.73	0.41	0.78	1.60	0.63	0.64	0.64	0.62	1.66	1.67	
Al ₂ O ₃	16.16	17.64	16.26	17.26	15.26	15.61	15.37	17.00	15.62	14.95	14.79	14.95	16.60	15.58	15.68	
Fe ₂ O ₃	2.97	6.64	3.75	8.66	4.58	7.67	3.63	5.75	8.53	5.92	6.05	5.77	7.13	8.21	7.96	
MnO	0.03	0.10	0.02	0.14	0.06	0.13	0.06	0.11	0.14	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	
MgO	0.94	2.90	0.22	3.48	1.40	5.13	1.16	2.88	1.91	0.65	0.77	0.75	0.81	2.16	1.87	
CaO	2.97	6.60	2.40	7.78	3.52	7.56	3.05	6.15	5.56	3.56	3.55	3.58	5.04	5.63	5.72	
Na ₂ O	3.49	3.99	4.68	3.52	4.08	2.92	3.77	3.40	3.64	4.12	4.15	4.17	3.88	3.63	3.59	
K ₂ O	3.60	1.33	2.67	1.21	2.61	1.17	2.81	1.91	1.75	2.42	2.39	2.36	1.73	1.76	1.75	
P ₂ O ₅	0.07	0.22	0.17	0.19	0.10	0.12	0.08	0.14	0.17	0.16	0.16	0.16	0.19	0.17	0.17	
total	97.28	101.76	99.16	96.33	98.15	98.10	99.79	99.05	100.28	100.08	99.28	99.37	100.08	100.19	100.33	
FeO*/MgO	2.84	2.06	15.34	2.24	2.94	1.35	2.82	1.80	4.02	8.20	7.07	6.92	7.92	3.42	3.83	

Group											Otoineppu-misaki Int.	Koitoi lavas	Nakaporonai lavas			
sample	OMU-3	OMU-4	OMU-6	OMU-8	OMU-9	OMU-11	OMU-15	OMU-16	OMU-17	OMU-18	OMU-N1	NAKAP-N1	NAKAP-9	NAKAP-12	NAKAP-17	
											93702-1	93702-2				
SiO ₂	61.25	61.38	66.86	66.94	68.09	67.51	65.07	65.01	64.96	63.70	63.95	52.23	56.78	56.68	58.83	
TiO ₂	1.62	1.72	0.64	0.63	0.65	0.62	0.63	0.63	0.63	0.63	0.71	0.54	0.98	0.98	0.98	
Al ₂ O ₃	15.42	15.79	14.69	14.85	15.01	14.86	16.48	16.50	16.57	16.42	15.08	12.84	17.75	17.62	17.48	
Fe ₂ O ₃	8.45	8.20	6.19	5.74	5.43	5.82	6.76	6.19	6.51	6.77	5.65	9.37	8.12	8.14	7.15	
MnO	0.15	0.14	0.10	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.10	0.10	0.17	0.13	0.13	0.12	
MgO	2.06	1.60	0.77	0.77	0.60	0.56	0.45	0.36	0.41	0.68	2.73	12.46	4.23	4.27	3.14	
CaO	5.61	5.65	3.57	3.57	3.56	3.51	4.85	4.90	4.89	4.97	4.70	8.77	8.13	8.12	7.78	
Na ₂ O	3.49	3.50	3.97	4.05	4.07	4.03	3.71	3.76	3.82	3.77	3.35	1.74	3.38	3.45	3.09	
K ₂ O	1.75	1.77	2.36	2.34	2.40	2.39	1.84	1.92	1.84	1.85	2.25	0.64	1.03	1.02	1.61	
P ₂ O ₅	0.17	0.17	0.16	0.16	0.17	0.16	0.18	0.20	0.19	0.19	0.11	0.06	0.14	0.15	0.14	
total	99.97	99.92	99.31	99.13	100.06	99.54	100.04	99.54	99.89	99.08	98.63	98.82	100.67	100.56	100.32	
FeO*/MgO	3.69	4.61	7.24	6.71	8.15	9.35	13.52	15.48	14.29	8.96	1.86	0.68	1.73	1.72	2.05	

Group	Pyashiriyama lavas			Otobeyama lavas									Bifuka formation		Otoifuji lavas	
sample	PIYA-6	PIYA-9	PIYA-10	SI-6	SI-7	SI-12	SI-17	SI-18	SI-20	SI-22	SI-23	SI-28	SI-29	OTOI-9	OTOI-10	
SiO ₂	60.38	62.03	61.42	62.26	62.57	61.18	58.68	58.71	60.29	59.06	58.37	56.47	56.55	58.20	58.58	
TiO ₂	1.01	0.98	0.97	0.71	0.70	0.89	0.99	0.97	0.93	1.02	1.01	0.80	0.80	1.13	1.13	
Al ₂ O ₃	16.27	16.79	16.85	15.75	15.77	17.02	17.27	17.18	17.41	16.98	17.20	15.12	15.23	16.95	17.35	
Fe ₂ O ₃	7.46	6.64	6.66	5.76	5.66	6.50	7.66	7.54	6.93	7.37	7.31	8.31	8.25	7.79	7.05	
MnO	0.11	0.09	0.09	0.11	0.10	0.10	0.12	0.13	0.12	0.13	0.13	0.15	0.14	0.13	0.13	
MgO	3.80	2.88	2.84	3.98	3.66	2.82	3.27	3.11	2.85	3.25	3.48	7.22	7.08	3.90	3.52	
CaO	6.02	5.57	5.66	5.86	5.71	5.86	6.48	6.58	5.96	6.50	6.76	7.67	7.66	7.12	7.11	
Na ₂ O	3.38	3.64	3.77	3.81	3.83	4.06	3.83	3.90	3.60	3.76	3.23	3.15	3.14	3.38	3.46	
K ₂ O	1.84	2.02	1.96	1.98	1.97	1.77	1.58	1.59	2.05	1.67	2.30	1.21	1.20	1.56	1.53	
P ₂ O ₅	0.17	0.20	0.19	0.14	0.14	0.19	0.20	0.20	0.20	0.22	0.21	0.14	0.14	0.20	0.21	
total	100.44	100.84	100.41	100.36	100.11	100.39	100.08	99.91	100.34	99.96	100.00	100.24	100.19	100.36	100.07	
FeO*/MgO	1.77	2.08	2.11	1.30	1.39	2.07	2.11	2.18	2.19	2.04	1.89	1.04	1.05	1.80	1.80	

Group				Pin-neshiridake lavas (17Ma)								Rebun (18Ma)	Soya
sample	OTOI-11	OTOI-12	OTOI-13	PIN-1	PIN-2	PIN-3	PIN-4	PIN-5	PIN-6	PIN-7	PIN-8	REB-124	SOYA-1 93702-11
SiO ₂	59.48	57.95	57.76	71.98	71.38	73.44	71.25	70.87	72.02	71.75	72.57	49.09	48.45
TiO ₂	1.15	1.02	0.99	0.53	0.51	0.50	0.52	0.50	0.48	0.53	0.47	2.10	1.69
Al ₂ O ₃	16.42	15.84	15.91	14.72	14.56	14.54	14.55	14.77	14.44	15.14	14.19	17.34	14.50
Fe ₂ O ₃	7.98	8.18	8.17	3.12	3.32	2.06	3.27	3.30	3.05	3.26	3.12	11.76	10.97
MnO	0.14	0.14	0.13	0.03	0.04	0.04	0.08	0.05	0.11	0.03	0.05	0.14	0.14
MgO	3.22	4.99	4.93	0.56	0.90	0.30	0.40	0.88	0.37	0.60	0.37	6.16	9.20
CaO	6.66	7.14	7.31	1.88	2.08	1.91	2.02	2.22	1.90	1.90	1.84	9.01	8.00
Na ₂ O	3.72	3.36	3.36	3.48	3.54	3.50	3.51	3.58	3.51	3.45	3.38	3.43	4.38
K ₂ O	1.66	1.58	1.60	3.85	3.91	3.91	3.92	3.74	3.88	3.96	3.87	0.93	1.76
P ₂ O ₅	0.20	0.17	0.17	0.09	0.11	0.10	0.12	0.11	0.10	0.08	0.10	0.41	0.48
total	100.63	100.37	100.33	100.24	100.35	100.30	99.64	100.02	99.86	100.70	99.96	100.37	99.57
FeO*/MgO	2.23	1.48	1.49	5.01	3.32	6.18	7.36	3.38	7.42	4.89	7.59	1.72	1.07

のアルカリ質火成活動と、高いK/Na比で特徴づけられる流紋岩の活動からなるバイモーダルな火成活動で特徴づけられる。

高TiO₂のアルカリ質火山岩は、礼文島～宗谷岬周辺を除いて、北海道北部地域の他の地点からは発見されていない。しかし、北海道の日高山脈周辺には中期中新世のアルカリ岩類が点在することが知られており、日高山脈西方浦河からは17.7 Maのランプロファイアが報告されている(久保・佐藤, 1984; 久保ら, 1984)。また日高山脈の東方約40 kmの豊頃丘陵周辺からは、14.9 Maのアルカリ玄武岩類(歴舟火山岩類)や、15.1 Maのアルカリ流紋岩類が報告されている(Yamagishi *et al.*, 1989; 柴田ら, 1975)。礼文島～宗谷岬周辺の小規模なアルカリ質火成活動が、これらの日高山脈周辺に分布する中期中新世アルカリ岩を形成した火成活動と関連があるのかどうか、今後議論する必要がある。さらに北海道北部のアルカリ質火山岩類は、その分布域が北海道の最北端に位置しているため、サハリンの第三紀火山活動と関連している可能性もある。

Fig. 5. SiO₂-(Na₂O+K₂O) diagram for the Tertiary volcanic rocks from Northern Hokkaido district. Line shows the boundary between alkaline and sub-alkaline fields after Miyashiro (1978).

2. 14～9 Ma の火山岩の特徴

礼文島の火山岩はSiO₂量が52～74 wt%で、主としてFeO*/MgO比の低いカルクアルカリ岩系の岩石からなる。これらはGill (1981)のlow-K seriesに属

Fig. 6. SiO_2 -MgO and SiO_2 - K_2O diagrams for the Tertiary volcanic rocks from the Northern Hokkaido district. Lines in the SiO_2 - K_2O diagram are the boundaries among low-K, medium-K, and high-K fields after Gill (1981).

し (Fig. 6), 低い TiO_2 量 (1.1 wt%以下) で特徴づけられる (Fig. 7)。

焼尻島火山岩類は SiO_2 量 49~61 wt% の、ソレアイトおよびカルクアルカリ岩系の岩石である。天売島火山岩類は、 SiO_2 量 57~60 wt% のカルクアルカリ岩系の岩石である。焼尻島・天売島の火山岩は共に礼文島の火山岩よりも高い K_2O 量を持ち、Gill (1981) の medium-K series に属する。 TiO_2 量は低く、1.2 wt% 以下である。

北海道北部地域の西部と中部の火山岩は、主としてカルクアルカリ岩系の安山岩 (SiO_2 : 56~62 wt%) からなる。これらの火山岩は Gill (1981) の medium-K series に属する。 TiO_2 量は乏しく 1.2 wt% 以下である。和寒町三笠山に分布する美深層の溶岩は高マグネシウム安山岩であるが、これは初生的な玄武岩マグマと普通角閃石を含むデイサイトマグマが混合して形成されたもので、サヌカイトなどの初生的な高マグネシウム安山岩とは異なる (Wada and Goto, 1993)。

Fig. 7. SiO_2 - TiO_2 and SiO_2 - Na_2O diagrams for the Tertiary volcanic rocks from the Northern Hokkaido district. Symbols are the same as Fig. 6.

北海道北部地域東部の火山岩はソレアイトおよびカルクアルカリ岩系の安山岩～デイサイト (SiO_2 : 52~72 wt%) からなる。イナシベツ溶岩の安山岩は高い TiO_2 量 (>1.5 wt%) をもち特異である (Fig. 7)。またイナシベツ溶岩と歌登山溶岩のデイサイトは著しく FeO に濃集し、いわゆるアイスラングタイトに似た性質を有する (Fig. 8)。コイトイ溶岩は MgO 量が 13 wt% に及ぶ未分化な玄武岩である (Fig. 6)。東部の火山岩の K_2O 量は中部とほぼ同じで、Gill (1981) の medium-K series に属する。

以上をまとめると、北海道北部地域の 14~9 Ma の火山岩は、玄武岩～デイサイトからなり、東部以外は島弧に普遍的なカルクアルカリ岩系の安山岩が卓越する。これらの岩石は Gill (1981) の medium-K series に属するが、礼文島の火山岩は low-K series に属する。 TiO_2 量は東部を除いて全体的に低く、ほとんどの岩石は 1.1 wt% 以下である。玄武岩は、礼文島メシクニ層、焼尻島火山岩類、ピッシリ岳層、コイトイ溶岩に産し、主成分元素に関しては、これらは全て島弧玄

Fig. 8. SiO_2 - FeO^*/MgO diagram for the Tertiary volcanic rocks from the Northern Hokkaido district. Line shows the boundary between calc-alkaline and tholeiite fields after Miyashiro (1974).

武岩と共通した化学組成を有する。

いっぽう東部には、高い TiO_2 量をもつ安山岩や、著しく FeO^*/MgO 比の高いアイスラングイト類似のデイサイト、および MgO 量が 13 wt% に及ぶ未分化玄武岩などが分布する (Fig. 9B)。一般に島弧の火山岩は 1 wt% 前後以下の低 Ti (例えば Gill, 1981) である。アイスラングイト様デイサイトも沈み込み帯とは異なる環境下で活動すると考えられている (例えば、高橋, 1986)。また島弧型ソレアイトは分化した組成で特徴づけられ (Jakes and Gill, 1970)、成熟した島弧で産する高アルミナ玄武岩でも未分化な組成のものはほとんど認められない (例えば、Kushiro, 1983)。したがって東部地域では、一般的な島弧では稀な化学組成を示す火山岩も分布していると結論できる。

3. 14~9 Ma 火山岩の K_2O 量の広域変化

既に述べたように、14~9 Ma の火山岩類は中程度の K_2O 量を持ち、礼文島以外の火山岩類は全て Gill (1981) の medium-K series に相当する。Fig. 9A に 14~9 Ma の火山岩の K_2O 量 ($\text{SiO}_2 = 60$ wt%) の水平変化を示す。 $\text{SiO}_2 = 60$ wt% の K_2O 量の算出方法は、火山岩類を、礼文島 (メシクニ層・桃岩)、焼尻島 (焼尻島火山岩類)、天売島 (天売島火山岩類)、ピッシリ岳 (ピッシリ岳層)、乙部山 (乙部山溶岩・美深層)、音威富士 (音威富士溶岩)、函岳 (函岳溶岩・フーレップ溶岩)、ピヤシリ山 (ピヤシリ山溶岩)、歌登山 (歌登山溶岩・辺毛内溶岩・金駒内溶岩・ウエンナイ溶岩・ウスタイベ安山岩・オフン溶岩)、中幌内 (中幌内溶岩・コイトイ溶岩・音稲府岬貫入岩体)、イナシベツ (イナシベツ溶岩) の 11 地域に分け、それぞれの地域の火山

岩のうち、 $\text{SiO}_2 = 56$ –64 wt% の試料について分析値の合計を無水 100% に再計算後、最小自乗法で直線回帰して求めた。Fig. 9A で明らかなように、礼文島を除いた地域では、東西、南北あるいは現在の沈み込みに対する島弧横断方向に注目しても、 K_2O 量の規則的な増加あるいは減少の傾向は認められない。したがって、北海道北部地域の 14~9 Ma の火山岩には、東北日本弧や他の島弧で認められたような海溝から背弧に向かって島弧横断方向に K_2O が増大する化学組成の傾向 (Kuno, 1966; 中川ら, 1988; Shuto and Yashima, 1990; Nakagawa, 1992; Yoshida and Aoki, 1984) は認められない。逆に low-K series の火山岩が分布する礼文島は北海道北部地域の中で最も海溝から離れた背弧側に位置している。

VI. 考 察

1. 北海道北部地域における第三紀火山活動の特質

北海道北部地域の新第三紀火山活動は 19~17 Ma と 14~9 Ma の二つの時期に分けられる。小規模な 19~17 Ma の火成活動については、同時期のアルカリ質な火成活動が日高山脈の周辺地域で行われていたことを既に述べた。この時期の火成活動の意義を考えるにはより広範囲の調査が必要になるのでここでは触れない。

一方、14 Ma に開始し 9 Ma に終了した火成活動は、広範囲で大量のマグマを噴出した。14~9 Ma の火成活動はどのようなテクトニクス場で行われたのであろうか。火成活動場を議論する際に、制約条件となる事実として以下の点があげられる。

(1) 17~14 Ma の年代を示す火山活動が認められない (Fig. 3)。

(2) 火山活動は 14~9 Ma に限られ、長く見積もっても 5 M.y. 程度しか継続していない (Fig. 3)。

(3) 9 Ma 以降、北海道北部地域では火山活動は終了し、活動域はそれ以後大きく南下した。

(4) 14~9 Ma の火山活動によるマグマの噴出量は、東部 (オホーツク海側) から中部が多く、より西方の日本海沿岸では極端に少なくなる (Fig. 4)。

(5) 中部 (音威富士~ピヤシリ山) ではカルクアルカリ岩系の安山岩が卓越する。東部、西部、日本海上の火山島では安山岩と共に玄武岩が認められる。

(6) オホーツク海側には、成熟した島弧には稀な、高 TiO_2 安山岩 (イナシベツ溶岩)、著しく FeO^*/MgO 比が高いアイスラングイト様岩石 (イナシベツ溶岩、歌登山溶岩)、および、著しく MgO に富む未分化玄武岩

Fig. 9. A: Regional variation in K_2O content ($SiO_2=60$ wt%) of Miocene volcanic rocks in the Northern Hokkaido district.

K.T., Kurile Trench; J.T., Japan Trench; K.B., Kurile Basin; J.B., Japan Basin

B: The distribution map of the high MgO primitive basalt, low TiO_2 andesite, high TiO_2 andesite, and icelandite-like dacite that has extremely high FeO^*/MgO ratio.

(コイトイ溶岩) が分布する (Fig. 9B)。

(7) 上記 6 に示した岩石以外は、島弧火山岩に共通した主成分化学組成の特徴を示す。

(8) 火山岩分布域の東西、南北および現在の沈み込みの方向と同じ北西—南東のいずれの方向に注目しても、 K_2O に代表される火山岩組成の広域変化は認められない (Fig. 9A)。

(9) 平坦溶岩や単成火山など、成熟した島弧には希な噴出形態を呈する火山が多い。

2. プレート沈み込みによる島弧型火山活動か？

最初に太平洋プレートの沈み込みによる火成活動を考える。北海道北部地域の新第三紀火山活動は、千島弧南西端の第四紀火山列である大雪—十勝火山列の背弧側で行われた。この火山活動域と、火山岩の多くが島弧火山岩に普遍的な主成分化学組成の特徴を示すという上記 (7) の特徴は、14~9 Ma の時期に太平洋プレートが現在よりも低い角度で沈み込んでおり、それに伴う火山活動が北海道北部地域で行われたと考えると説明できる。しかし、14~9 Ma に太平洋プレートが現在よりも低角で沈み込んでいたとすると、千島海盆内など北海道北部地域以外の広い地域においても同時期の火山活動が行われたことが期待されるが、千島海盆内にはそのような海底火山はこれまでに見いだされておらず、低角で沈み込む太平洋プレートは想定しづらい。

プレートの沈み込みによる島弧火成活動では、火山岩の島弧横断方向の化学組成変化がみられることが一

般的である (Gill, 1981)。上記 8 で述べたように、北海道北部地域の 14~9 Ma の火山岩には、北西側に向かって K_2O が増加するような化学組成の広域変化は認められない。それどころか、火山フロントにみられるような Low-K の岩石は、最も背弧側の礼文島に分布している。このように、広域変化の観点からは、14~9 Ma の火山岩は島弧火山岩の特徴が乏しいと言える。また、島弧には稀な高 TiO_2 安山岩、アイスランドグイト様岩石および未分化玄武岩が、オホーツク海沿岸に分布しており (上記 6)、この点に関しても、太平洋プレートの沈み込みに伴う典型的な島弧火成活動で説明することはむずかしい。

次に、現在とは沈み込みの方向が異なる島弧火成活動の可能性を考えてみる。Maeda (1990) および前田ら (1986) は、17~16 Ma までは太平洋プレートが現在とは異なる西方への沈み込みを行っていたとし、“日高火成活動帯”はその沈み込みによる火成活動であると考えた。北海道北部地域は、“日高火成活動帯”の北方延長に位置しているため、その火成活動の延長と考えることができる。その場合、上記 (1) の事実すなわち 14 Ma 以前の火山活動が欠如していることの原因として、14 Ma 以前は深成岩の貫入が主体であったと解釈することが可能である。しかし、そのような西方沈み込みを仮定しても、火山岩の化学組成の広域変化が認められないこと (上記 8) や、島弧には希な火山岩の存在 (上記 6) は、説明が困難である。したがって、太平洋プレートの西方沈み込みの可能性は低いと考え

られる。

また沈み込みの角度・方向がどのような場合でも、島弧火山活動を考えると、幅約 100 km の火山帯が 14 Ma に突然活動を始め、9 Ma で全域にわたって活動が停止するというエピソード的な火山活動が説明できないであろう。以上のことから北海道北部地域の第三紀火山岩類がプレート沈み込みによる典型的な島弧型火山活動により形成された可能性は低いと考えられる。北海道北部地域の第三紀火山活動を説明するには、火山岩の化学組成に関しては島弧タイプが卓越するが、沈み込み帯とは別の火成活動場を想定することが必要である。

3. 背弧海盆の拡大に伴う火山活動か？

上記 (2)、(3) の特徴すなわち、火山活動が 14~9 Ma に限られ 5 M.y. 程度しか継続していないこと、および 9 Ma 以降火山活動が終了し火山活動域がそれ以後大きく南下したことは、北海道北部の中新世の火山活動が、エピソード的な造構運動に関連していたことを示唆している。このことと、本地域が日本海盆および千島海盆にはさまれた地域に分布していることから、背弧海盆の形成に伴う火成活動の可能性が考えられる。2 つの背弧海盆に挟まれた陸域での火成活動については、これまでに報告例がないが、火山活動が 14~9 Ma に限られ 5 M.y. 程度しか継続していないという特徴は、背弧海盆の形成に伴う火成活動を考えると説明しやすい。また、島弧には稀な高 TiO_2 安山岩(イナシベツ溶岩)や著しく FeO^*/MgO 比が高いアイスラングイト様岩石の存在(上記 6)も、背弧海盆の形成に伴う陸域での火成活動では期待できるかも知れない。さらに平坦面溶岩や単成火山の存在(上記 9)も、背弧海盆拡大に伴う引張応力場では説明できるであろう。そこで、北海道北部地域の第三紀火山岩類を形成した火成活動が、日本海盆あるいは千島海盆の拡大に関連している可能性があるかどうか、議論を行う。

日本海盆の拡大時期は新しく見積もっても 20~15 Ma (例えば浜野・当舎, 1985; Otofujii *et al.*, 1985)と考えられており、14~9 Ma の火山活動期間(上記 2)と一致しない。また、北海道北部地域の火山活動が、日本海盆の拡大に関連した火山活動であると仮定すると、拡大の影響によるマグマの噴出量は日本海に近いほど大きいことが期待され、非島弧的な火山岩の産出も日本海側に多くなることが期待されるが、マグマの噴出量(上記 4)、非島弧的な火山岩の分布域(上記 6)は、この仮定と逆である。以上より、北海道北部地域の第三紀火山岩類を形成した火山活動と日本海盆の拡

大との関連は低いと思われる。

次に千島海盆の拡大に伴う火山活動について考えてみる。千島海盆は北海道北部地域に向かって開く扇形の形態を呈している。このことは、千島海盆の拡大が海盆の南西部で活発に行われたことを示し、千島海盆の拡大に伴う火山活動が北海道北部地域でも行われたことは期待できる(Fig. 1)。千島海盆の拡大時期は、15~16 Ma 以前と考えられており(Kimura and Tamaki, 1986; Maeda, 1990)、日本海盆の拡大の場合と同様に、(2)の事実(北海道北部の火山活動が 14~9 Ma に行われたこと)が説明困難である。しかし、千島海盆のドレッジサンプルの研究が行われていない現時点では、千島海盆の拡大時期は、間接的な状況証拠により推定されているに過ぎない。たとえば Maeda (1990)は日高火成活動の終了が 3 重会合点の南下の開始(=千島海盆の拡大)と考えて、千島海盆が 16~15 Ma に拡大したと考えた。また Niitsuma and Akiba (1986)は日高山脈東側の礫岩の年代から 15~13 Ma に拡大したと考えた。

背弧海盆の拡大にともなって特徴的に火成活動が発生することはよく知られているが、千島海盆の拡大に関しては、これまでのモデルでは拡大に伴う火成活動をもとにした議論は行われていない。Maeda (1990)や Niitsuma and Akiba (1986)のように 1~2 My の短期間に拡大したならば、拡大軸の延長部に位置する北海道北部地域でその時期の火山活動が認められないという事実(上記 1)はいかにも不自然である。上記 (4)の事実すなわち、マグマの噴出量はオホーツク海側から北海道北部地域の中部が多く、より西方の日本海沿岸では極端に少なくなることは、千島海盆の拡大に伴う火山活動であると考えたと説明がしやすい。また、島弧に稀な高 TiO_2 安山岩や著しく FeO^*/MgO 比が高いアイスラングイト様岩石がオホーツク海側に分布すること(上記 6)は、成熟した島弧と異なる環境がオホーツク海側に存在していたことを示している。さらに Maeda (1990)や Niitsuma and Akiba (1986)の推定した拡大年代とも活動時期が接近していることを考え合わせると、北海道北部地域の火山活動が千島海盆の拡大に伴う火山活動である可能性は大きい。

VII. 北海道北部地域の火山活動場

以上に述べたように、北海道北部地域の第三紀火山岩は、千島海盆の拡大に伴う火山活動で形成されたと考えられる。北海道北部地域でのマグマの形成過程を明らかにするためには、さらに広域的な調査や詳細

な化学分析を行う必要があるが、現時点で考えられる北海道北部地域の火山活動場モデルを以下に提示し、作業仮説としたい。

15 Ma 以前、北海道北部地域では、ユーラシアプレートと北米プレートとの衝突帯であるために (Komatsu *et al.*, 1983; Kimura *et al.*, 1983), 厚い地殻が形成されていた。14~15 Ma 頃、千島海盆~北海道北部地域にかけて熱源の上昇がおり、千島海盆が拡大を開始した。千島海盆では、拡大に伴って玄武岩質マグマの噴出が行われたであろう。北海道北部地域は地殻が厚いため、拡大することはできなかったが、拡大に伴って発生したマグマを熱源として下部地殻が溶融し、マグマとの混成作用が活発に行われるなどして、カルクアルカリ質の安山岩質マグマが形成された。千島海盆の拡大から北海道北部地域での安山岩質マグマの形成までには、1~2 Ma 程度の時間間隙があったかも知れない。北海道北部地域での安山岩質マグマの形成量は千島海盆に近い東部で多く、それより西方に離れた地域では熱源から離れるために少なかった。発生したマグマは、北海道北部地域の広い範囲で噴出し、14 Ma から火山活動が発生した。千島海盆の拡大は 9 Ma 以前に終了し、北海道北部地域の火山活動もそれに伴って終了した。背弧海盆の拡大に伴う火成活動であるのに、島弧火山岩と共通した化学組成をもつ火山岩が多産するのは、ユーラシアプレートと北米プレートとの衝突により厚い地殻が形成されている北海道北部の特殊なテクトニクス場の反映であろう。

謝 辞 北海道大学の渡辺暉夫教授、前田仁一郎博士には本研究地域の重要性を指摘していただき、本論をまとめるきっかけとなった。通産省地質調査所の渡辺 寧氏には本地域の第三紀火山岩の分布域について教えて頂いた。K-Ar 年代測定では名寄市郷土資料室の鈴木邦輝氏、氏江敏文氏の御援助を頂いた。北海道大学理学部寺田省一氏には蛍光 X 線分析で、また同大学桑島俊明氏には薄片製作でお世話になった。記してお礼申し上げます。本研究の一部には文部省科学研究費 04402015 (代表: 荒牧重雄) および 05640523 (代表: 中川光弘) を使用した。以上の方々および当局に感謝する。

引用文献

土居繁雄, 西句純俊, 金山吉祐, 太田昌秀 (1960), 5 万分の 1 地質図幅「仁宇布」及び同説明書, pp. 37, 北海道開発庁。

- Gill, J.B. (1981), Orogenic andesites and plate tectonics. pp. 390, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Goto, Y. and Wada, K. (1991), The middle Miocene alkali dolerite from Rebun Island, northeastern Japan Sea. *J. Min. Petr. Econ. Geol.*, **86**, 375-378.
- 後藤芳彦, 中川光弘, 和田恵治, 鈴木邦輝, 氏江敏文 (1995), 北海道北部の新第三紀火山岩類の K-Ar 年代と主成分化学組成. 北海道教育大学大雪山自然教育施設研究報告, 印刷中.
- 長谷川潔, 長尾捨一, 藤江 力, 高橋俊正 (1962), 5 万分の 1 地質図幅「音威音府」及び同説明書, pp. 48, 北海道開発庁.
- 浜野洋三, 当舎利行 (1985), 東北日本の運動と古地磁気学. *科学*, **55**, 476-483.
- Jakes P. and Gill, J.B. (1970), Rare earth elements and the island arc tholeiitic series. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **9**, 17-28.
- Kimura, G. and Tamaki, K. (1986), Collision, rotation, and back-arc spreading in the region of the Okhotsk and Japan seas. *Tectonics*, **5**, 389-401.
- 久保和也, 佐藤博之 (1984), 北海道浦河地域のランプロファイアー. *地質雑*, **90**, 717-731.
- 久保和也, 柴田 賢, 佐藤博之 (1984), 北海道浦河地域のランプロファイアーの K-Ar 年代. *地調月報*, **35**, 87-90.
- Kuno, H. (1966), Lateral variation of basalt magma type across continental margins and island arcs. *Bull. Volcanol.*, **20**, 195-222.
- Kushiro, I. (1983), On the lateral variations in chemical composition and volume of Quaternary volcanic rocks across Japanese arcs. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **18**, 435-447.
- Maeda, J. (1990), Opening of the Kuril basin deduced from the magmatic history of Central Hokkaido, north Japan. *Tectonophys.*, **174**, 235-255.
- 前田仁一郎, 末武晋一, 池田保夫, 戸村誠司, 本吉洋一, 岡本康成 (1986), 北海道中軸帯の第三紀深成岩類一分布, 活動年代, 主要元素組成, テクトニクス. 北海道の地質と構造運動, 地団研専報, **31**, 223-246.
- 松下勝秀, 寺島克之, 小山内照 (1977), 5 万分の 1 地質図幅「剣淵」及び同説明書, pp. 30, 北海道立地下資源調査所.
- Miyashiro, A. (1974), Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Amer. J. Sci.*, **274**, 321-355.
- Miyashiro, A. (1978), Nature of alkalic volcanic rocks series. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **66**, 91-104.

- Nakagawa, M. (1992), Spatial variation in chemical composition of Pliocene and Quaternary volcanic rocks in southwestern Hokkaido, Northeastern Japan arc. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV*, **23**, 175-197.
- 中川光弘, 霜島 洋, 吉田武義 (1988), 東北日本弧, 第四紀玄武岩組成の水平変化 岩鉱, **83**, 9-25.
- 長尾捨一, 秋葉 力, 大森 保 (1963), 5 万分の 1 地質図幅「礼文島」及び同説明書. pp. 43, 北海道開発庁.
- Niitsuma, N. and Akiba, F. (1986), Neogen tectonic evolution and plate subduction in the Japanese island arcs. In Formation of Active Ocean margins (Nasu, N., Kobayashi, K., Uyeda, S., Kushiro, I. and Kagami, H. Eds.). Terrapub., Tokyo, 75-108.
- 小山内照, 庄谷幸夫 (1965), 5 万分の 1 地質図幅「恩根内」及び同説明書. pp. 32, 北海道開発庁.
- 小山内照, 三谷勝利, 太田昌秀 (1962), 5 万分の 1 地質図幅「枝幸」及び同説明書. pp. 31, 北海道開発庁.
- Otofuiji, Y., Hayashida, A. and Torii, M. (1985), When was the Japan Sea opened? : Paleomagnetic evidence from Southwest Japan. In Formation of Active Ocean margins (Nasu, N., Kobayashi, K., Uyeda, S., Kushiro, I. and Kagami, H. Eds.). Terrapub., 551-566.
- 斉藤昌之, 太田昌秀 (1959), 5 万分の 1 地質図幅「音標」及び同説明書. pp. 41, 北海道開発庁.
- 酒匂純俊, 土居繁雄, 太田昌秀 (1960), 5 万分の 1 地質図幅「サンル」及び同説明書. pp. 33, 北海道開発庁.
- 酒匂純俊, 鈴木 守, 魚住 悟, 金山吉祐 (1961), 5 万分の 1 地質図幅「乙忠部」及び同説明書. pp. 46, 北海道開発庁.
- Shuto, K. and Yashima, R. (1990), Lateral variation of major and trace elements in the Pliocene volcanic rocks of the Northeast Japan arc. *J. Min. Petr. Econ. Geol.*, **85**, 364-389.
- 柴田 賢, 棚井敏雅 (1982), 北海道第三紀火山岩類の K-Ar 年代. 北海道新第三系生層序の諸問題, 75-79.
- 柴田 賢, 山口昇一, 佐藤博之 (1975), 北海道十勝地域における中新統一更新統の K-Ar 年代. 地調月報, **26**, 491-496.
- 柴田 賢, 山口昇一, 石田正夫, 根本隆文 (1981), 北海道歌登産 *Desmostylus* 含有層の地質年代. 地調月報, **32**, 545-549.
- Steiger, R. and Jäger, E. (1977), Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmo- chronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **36**, 359-362.
- 鈴木 守, 国府谷盛明, 藤原哲夫 (1966), 5 万分の 1 地質図幅「雄武」及び同説明書. pp. 25, 北海道立地下資源調査所.
- 高橋功二, 小山内照, 松下勝秀, 三谷勝利, 中村耕二 (1971), 5 万分の 1 地質図幅「蔭之台」及び同説明書. pp. 36, 北海道開発庁.
- 高橋正樹 (1986), 日本海拡大前後の「島弧」マグマ活動. 科学, **56**, 103-111.
- Tsuchiya, N., Shibata, T., Koide, Y., Owada, M., Takazawa, E., Goto, Y., Choi, J.H., Terada, S. and Hariya, Y. (1989), Major element analysis of rock samples by X-ray fluorescence spectrometry, using scandium anode tube. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV*, **22**, 489-502.
- Wada, K. and Goto, Y. (1993), High-Mg andesite produced by mixing of primitive basalt and dacite magmas, from Mikasayama, northern Hokkaido, Japan. *J. Min. Petr. Econ. Geol.*, **88**, 157-161.
- Wada, K., Oda, S. and Yamanaka, S. (1992), Miocene high-Mg andesites and related rock from the Wassamu-Pippu district, northern Hokkaido, Japan: Chemical characteristics and magma mixing. *Jour. Hokkaido University of Education*, **43**, 35-45.
- 渡辺 寧, 山口昇一 (1988), 北部北海道名寄一旭川地域の中新世火山岩の K-Ar 年代とその造構場. 地球科学, **42**, 91-99.
- Yamagishi, H., Kawachi, S., Goto, Y., Miyasaka, S. and Koitabashi, S. (1989), A Miocene submarine volcano—The Rekifune Volcanic Rocks in the Southern Tokachi, Hokkaido—. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, **34**, 251-261.
- 山口昇一, 渡辺 寧, 秦 光男, 宇都浩三 (1988), 島弧会合域 (北海道地域) における第三紀以降の地質構造発達に関する研究. 地調月報, **39**, 662-663.
- Yoshida, T. and Aoki, K. (1984), Geochemistry of major and trace elements in the Quaternary volcanic rocks. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. III*, **16**, 1-34.

付録 K-Ar 年代測定試料の採取地点と岩石記載

- (1) メシクニ層: 年代測定用試料 (REBUN-7) は礼文島カランナイ岬北西 1 km の海岸 (北緯 45° 16' 34", 東経 141° 01' 27") から採取した。これはハイアロクラスタイト中の角礫で, 新鮮な普通輝石・紫蘇輝石・安山岩である。斑晶鉱物は斜長石 (長径 0.5~1 mm), 紫蘇輝石 (長径 0.5~0.8 mm), 普通輝石 (長径 0.4~1.0 mm) からなる。石基は流理構造を示すインターサータル組織を呈し, 斜長石, 普通輝石, 紫蘇輝石, 不透明鉱物とそれらを埋める淡褐色の火山ガラスからなる。
- (2) 桃岩: 測定用試料 (REBUN-19) は礼文島桃岩

の北東部(北緯 45°17'39", 東経 141°02'10") から採取した。これは新鮮なデイサイトで、斑晶鉱物は斜長石(長径 0.8~1.4 mm)と少量の普通輝石からなる。石基は流理構造が顕著なインターサータル組織を呈し、斜長石、少量の不透明鉱物、およびそれらを埋める無色の火山ガラスからなる。

- (3) 焼尻島火山岩類: 測定用試料(YA-8)は、焼尻島南東部の白浜海岸(北緯 44°25'32", 東経 141°25'44")から採取した。これはハイアロクラストに漸移するフィーダー岩脈の内部から採取した新鮮な普通輝石かんらん石玄武岩である。斑晶鉱物は斜長石(長径 1~2 mm)、かんらん石(長径 1~2 mm)、普通輝石(長径 1~2 mm)からなる。石基はインターグラニュー組織を呈し、斜長石とそれらを埋める普通輝石、不透明鉱物からなる。
- (4) 天売島火山岩類: 測定用試料(TE-16)は天売島北東部ババ岩付近の海岸(北緯 44°26'14", 東経 141°19'31")から採取した。これは塊状(massive)の溶岩の産状を呈する新鮮な紫蘇輝石普通輝石安山岩である。斑晶鉱物は斜長石(長径 1.5~3 mm)、普通輝石(長径 0.5~2 mm)、紫蘇輝石(長径 0.5~1.5 mm)、不透明鉱物(径 0.8 mm 以下)からなる。石基はインターサータル組織を呈し、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、不透明鉱物とそれらを埋める淡褐色の火山ガラスからなる。
- (5) 敏音知岳溶岩: 測定用試料(PIN-8)は、敏音知岳登山道の標高 340 m(北緯 44°53'09", 東経 142°14'07")から採取した。これは新鮮な流紋岩溶岩で、斑晶鉱物は斜長石(長径 2~4 mm)、石英(径 1.5~4 mm)、および黒雲母(径 0.5~1.5 mm)からなる。石基は完晶質で斜長石とシリカ鉱物からなる。
- (6) 音威富士溶岩: 測定用試料(OTOI-9)は音威富士溶岩の南端部(北緯 44°41'54", 東経 142°17'53")から採取した。これは新鮮な紫蘇輝石普通輝石安山岩である。斑晶鉱物は斜長石(長径 1~2 mm)、普通輝石(長径 1~1.5 mm)、紫蘇輝石(長

径 1~1.5 mm)、不透明鉱物(径 0.4~1 mm)からなる。斜長石斑晶はしばしばガラス包有物を含む。石基はインターサータル組織を呈し、斜長石、普通輝石、不透明鉱物とそれらを埋める淡褐色の火山ガラスからなる。

- (7) ピヤシリ山溶岩: 測定用試料(PIYA-11)は、ピヤシリ山山頂東方 1 km のローソク岩(北緯 44°25'52", 東経 142°36'04")から採取した。これは板状節理の発達する新鮮な紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩である。斑晶鉱物は斜長石(長径 0.5~5 mm)、普通輝石(長径 0.6~2 mm)、紫蘇輝石(長径 0.6~5 mm)、および少量の不透明鉱物(径 0.4~0.6 mm)からなる。石基はインターサータル組織を呈し、斜長石、普通輝石、紫蘇輝石、不透明鉱物と少量の火山ガラスからなる。
- (8) コイトイ溶岩: 測定用試料(NAKAP-N1)は、コイトイ海岸(北緯 44°41'06", 東経 142°50'33")に露出する岩脈から採取した。これは新鮮なかんらん石玄武岩で、自形のかんらん石斑晶(長径 1~1.5 mm)と、少量の普通輝石微斑晶(長径 0.4~0.5 mm)を含む。石基はインターグラニュー組織を呈し、斜長石とそれらを埋める普通輝石、紫蘇輝石、および少量の不透明鉱物からなる。
- (9) ピッシリ岳層: 測定用試料(URYU-4)は、朱鞠内湖北方の泥川上流 339 m 付近(北緯 44°24'54", 東経 142°12'23")の火砕岩に挟在する溶岩から採取した。岩質は新鮮な普通角閃石紫蘇輝石普通輝石安山岩である。斑晶鉱物は斜長石(長径 1.0~2.5 mm)、普通輝石(長径 0.8~1.2 mm)、紫蘇輝石(長径 0.5~1.2 mm)、および淡緑色の普通角閃石(長径 0.5~1.7 mm)からなる。普通角閃石の周縁部はオパサイト化している。石基はインターグラニュー組織を呈し、斜長石とそれらを埋める普通輝石、紫蘇輝石、および不透明鉱物からなる。