中部北海道，滝川地域の中新世 — 鮮新世玄武岩の K-Ar 年代と主成分化学組成：東北日本弧 — 千島弧， 島弧会合部の玄武岩単成火山群

K-Ar ages and major element chemical compositions of Late
Miocene and Pliocene basalts from Takikawa district,
central Hokkaido: Basaltic monogenetic volcano
group at the junction of the northeastern
Japan and Kuril arcs

中	川	光	弘 (Mitsuhiro NAKAGAWA)*
後	藤	芳	彦 (Yoshihiko GOTO)**
新	井	計	雄 (Kazuo ARAI)***
和	田	恵	治 (Keiji WADA)****
板	谷	徹	丸 (Tetsumaru ITAYA)*****

Cenozoic volcanism in the Takikawa district of the central Hokkaido, located at the junction of the Kuril and the northeastern Japan arcs, is unique in arc-trench system. It consists of Takikawa monogenetic volcano group (TMV) and four polygenetic volcanoes (Ofuyu-dake, Etai-dake, Shokanbetsu and Irumukeppu volcanoes). TMV are widely distributed in the district and mainly made up of alkali olivine basalt and olivine tholeiitic basalt. Whereas, voluminous polygenetic volcanoes associated with the TMV are mainly composed of calc-alkaline andesite and dacite.

New data of K-Ar ages for the rocks show that the volcanic activity of TMV continued from late Miocene to early Pleistocene, with coeval polygenetic volcanism during Pliocene. The presence of TMV and the geological evidence for the development of sedimentary basin suggest that the junction area of the two arcs has been under extensional stress field during late Miocene and Pliocene.

The SiO_2 contents of nearly primitive basalts ($\text{FeO}/\text{MgO} < 1.3$) in the Takikawa district exhibit an ellipse shaped zonation in space. More silica-saturated basalts are distributed in the center of the district. This feature is not concordant with across-arc compositional zonation in arc volcanics. Major element chemistry and their spatial zonation of these rocks from Takikawa district suggest that the magmatism should not be explained by the steady state subduction-related one but by mantle upwelling under extensional stress field in the arc-arc junction.

Keywords: Takikawa district, Central Hokkaido, Pliocene, K-Ar age, Arc-arc junction, Monogenetic volcano group, Alkali basalt, Olivine tholeiite, Subduction, Mantle upwelling

(平成 5 年 2 月 4 日受付，平成 5 年 5 月 10 日受理)

- * 北海道大学理学部地質学鉱物学教室，〒060 札幌市北区北 10 条西 8 丁目
- ** 北海道大学農学部雨竜演習林，〒096 名寄市字徳田 250
- *** 北海道大学理学部地質学鉱物学教室（現，ユニオンコンサルタント株式会社，〒001 札幌市北区麻生町 7-3-12）
- **** 北海道教育大学旭川分校，〒070 旭川市北門町 9
- ***** 岡山理科大学蒜山研究所分室，〒700 岡山市理大町 1-1

Fig. 1. Map showing the distribution of Cenozoic volcanic rocks in Hokkaido island (after Nakagawa in prep.). Takikawa district locates at the junction of northeastern Japan and Kuril arcs.

I. はじめに

北海道中央部は千島弧と東北日本弧の会合部にあたり、特にその地下構造や構造発達史を解明することは島弧会合部のテクトニクスを考える上で重要である。これらの問題の解明には火山岩の時空分布およびその地球化学的性質が大きな制約条件を与える（例えば、Atwater, 1970）。しかし、北海道における広域的な火山岩のこの種の研究は不十分であり、第四紀火山の研究（例えば、Katsui *et al.*, 1978）や西南北海道における地球化学的研究（Okamura, 1987; Nakagawa, 1992）が行なわれているにすぎない。

滝川地域（Fig. 1）は現在の島弧会合部近傍にあたり（例えば、Katsui *et al.*, 1978）、新生代において活発な火成活動が認められる（例えば、Katsui *et al.*, 1978; Oba, 1972）。この火成活動は、安山岩からなる複数の

複成火山体形成の他に、玄武岩からなる単成火山群が活動したことで特徴づけられる（大場・田上, 1966; 大場, 1968; Oba, 1972）。Oba (1972) は滝川地域の単成火山群の岩石を盆地型玄武岩と呼んで、それらがアルカリ玄武岩で構成されることを報告した。滝川地域におけるこのような玄武岩単成火山群が島弧会合部にある点から、それらの活動年代および全体の地球化学的性質については興味を持たれる。

我々は、滝川地域の単成火山群及び同質の玄武岩からなる岩脈群のサンプリングを行ない主成分化学組成と K-Ar 年代を求めた。その結果、滝川地域の単成火山群は中新世末から鮮新世末期まで活動したこと、主成分化学組成およびその空間分布から島弧背弧場におけるプレート沈み込みに伴う火成活動とは考えにくいことが明らかになったので報告する。それを基に単成火山群と共存する安山岩—デイサイトからなる複成火

* Department of Geology and Mineralogy, Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan

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

*** Department of Geology and Mineralogy, Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan (present address, Union Consultant Company, Sapporo 001, Japan)

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

***** Hiruzen Research Institute, Okayama University of Science, Okayama 700, Japan

Fig. 2. Photograph of monogenetic volcanoes around the Shisunoyama volcano. Three monogenetic volcanoes are as following: Koshisunoyama (left), Shisunoyama (center) and Shisun-tatsukobu (right).

山を含めた滝川地域の新生代火成活動について考察する。なお本研究では、Oba (1972)による盆地型玄武岩を、ひとつひとつの岩体が単成火山体であることを強調する意味で、滝川単成火山群 (TMV) と呼ぶ。

II. 滝川単成火山群と複成火山

本研究で取り扱った滝川地域は地形的に大きく3つに分けられる。それは西部の暑寒別山系地域、中部の滝川盆地、および東部のイルムケップ山系地域である。西部地域は、新第三系の火山岩類からなるメサ状の山体および急峻な谷筋で特徴づけられる暑寒別岳 (標高 1,491 m)、群別岳 (標高 1,376 m) および南暑寒別岳 (1,296 m) などの山塊で構成される。それに対して東部のイルムケップ山系は、ゆるやかな斜面および広い谷筋をもつイルムケップ山 (標高 864 m)、沖里河山 (標高 802 m) および音江山 (標高 796 m) の3つの山体から構成される。暑寒別山系とイルムケップ山系の間に滝川盆地があり、その南部は石狩低地帯に続く。

滝川地域は新第三系が広く分布する。この新第三系の堆積盆は鮮新世に最大になったことが指摘されている (小林ら, 1969; 和田ら, 1985)。滝川盆地では泥岩、シルト岩および凝灰岩を主体とし、滝川盆地西方から日本海沿岸にかけて火砕岩類が卓越する。

この新第三系の他に滝川地域全域にわたり、主に玄武岩からなる単成火山群 (TMV) と主に安山岩からなる複数の複成火山が存在する。TMV は、北は留萌黄金

岬、南は暑寒別南部の富士形山周辺、西は日本海側の浜益周辺、東は神威岳から鷹泊にかけての地域で東西約 50 km、南北約 40 km の範囲に分布し、ほとんどが玄武岩からなる 15 の小火山体および岩脈群で構成される。TMV の火山体は、ほとんどが強く解析を受けており、溶岩岩頸やメサ状の山容を呈する (Fig. 2)。山体は小規模で、最も大きな富士形山の岩体にしても底径約 1.5 km であり、概ねは径 1 km 以下である。TMV の露出は悪くほとんどの場合崖錐や小規模の露頭でしか火山体の存在を確認できない。火山体の地形が比較的明瞭に残存していると考えられるのが深川市東方のコップ山であり、溶岩丘と思われる形態が認められる (Fig. 3)。複成火山体としては、西部には雄冬岳火山・恵岱岳火山 (玄武岩～安山岩)、これらを覆う暑寒別火山 (安山岩～デイサイト) がある。東部では安山岩～デイサイトからなるイルムケップ火山がある。

以上のように滝川地域の新生代火成活動は、玄武岩質の単成火山群と、安山岩～デイサイト質の複成火山の形成で特徴づけられる。

III. 岩石記載

今回、滝川単成火山群を構成する火山体および岩脈、あわせて 28 ケ所からサンプルを採取した。これらの位置、および岩石名を Fig. 4 および Appendix に示した。28 の火山体および岩脈はほとんどが玄武岩からなり、わずかに司峻山下部 (SS)、見晴らし岬 (MH) お

Fig. 3. Photograph of the Koppuyama volcano near Fukagawa city. The topograph relatively reserve its primary volcanic edifice.

よび信砂御料 (NB) の岩体が安山岩で構成される。

玄武岩はほとんどが斜長石斑晶を含まないカンラン石玄武岩および単斜輝石カンラン石玄武岩である。斜長石斑晶はやや分化した玄武岩に認められる。ポンウチウラの沢 (UTR) の岩脈では融食形の石英斑晶を含む。カンラン石斑晶はモードで 10% 以下、自形で最大 2 mm 以下である。カンラン石斑晶は一般的に緑褐色から褐色のスピネルを含む。カンラン石斑晶の一部は周辺や割れ目に沿って緑泥石や蛇紋石に置き換わっているが、大部分の玄武岩で残存している。単斜輝石斑晶はモードで 3% 以下、自形から半自形を呈する。淡い緑黄色を呈し、ほとんどがセクターゾーニングを示す。富士形山 (FJ) の単斜輝石は周辺が普通角閃石に置換されている。石基は一般に完晶質でインターグラニューラーからまれにインターサタル組織を呈する。構成鉱物は斜長石、単斜輝石、アパタイトおよび不透明鉱物からなり、カンラン石・アルカリ長石・普通角閃石・脱ハリしたガラスが含まれることがある。カンラン石斑晶および石基のガラスが変質したり、方解石や沸石脈が生じたりしているが、その他の鉱物は変質を受けておらず、変質の程度は中—弱程度である。

司峻山 (SS) が石英含有カンラン石単斜輝石安山岩、信砂御料 (NB) が石英含有普通角閃石斜方輝石単斜輝石安山岩である。いずれも斜長石斑晶は塵状包有物を含むものや、はちの巣状構造を示すものが普遍的に認められる。見晴らし峠 (MH) は、単斜輝石普通角閃石安山岩で斜長石斑晶を含まず、滝川地域では特異な岩

石である。これらの安山岩の石基はハイアロオファイティック組織で、斜長石・単斜輝石・斜方輝石・不透明鉱物およびガラスからなる。安山岩の変質の程度は玄武岩と同程度である。

IV. 主成分化学組成

滝川単成火山群から 30 個のサンプルについて主成分元素組成を、北海道大学理学部のフィリップス PW1404 型蛍光 X 線分析装置を用い、Tsuchiya *et al.* (1988) の方法を一部改変して求めた。その分析値から CIPW ノルムを、 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}=0.3$ と仮定して計算した。この $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比は、Oba (1972) の湿式分析による最小値をもとに決めた。

Table 1 に TMV の岩石の主成分化学組成および CIPW ノルムの一部を示した。TMV の岩石の灼熱減量 (ig. loss) は 6 wt% 以下である。土谷 (1988) は東北地方のグリーンタフ地域の変質した岩石の地球化学的性質を議論する際に、ig. loss が 6 wt% 以上の岩石は強変質を受けているとして議論から除外した。先に述べた鏡下観察の結果および 6 wt% 以下の ig. loss 量から判断して、土谷 (1988) が判断したように、Table 1 の主成分化学組成は後の地球化学的議論に耐えうると考えられる。尚、後の議論で分析値は、全鉄を FeO とし無水 100% に再計算した値を用いる。

28 の火山体・岩脈の 30 試料のうち、安山岩の 3 試料を除いて、残りはすべて玄武岩であり、TMV はほとんどが玄武岩からなると判断できる。これらの玄武岩の

Fig. 4. The distribution and K-Ar ages of volcanic rocks of the Takikawa district. Data of the K-Ar ages are from Sagawa *et al.* (1988), Yagi *et al.* (1987) and this study. The distribution of each volcano of the Takikawa monogenetic volcano group is slightly emphasized in the figure.

FeO/MgO 比は1前後のものがほとんどで、玄武岩は未分化に近い組成である。ほとんどがノルムフェリンが算出されるアルカリ玄武岩 (Table 1 の Ne グループ) とカンラン石ソナイト (Table 1 の Ol グループ) で、まれにノルム石英が算出されるソナイト (Table 1 の Qz グループ) がある。Oba (1972) は TMV の東部の火山体 (コップ山、鷹泊および神威岳) を主体に化学組成を検討し、TMV (彼の言う盆地型玄武岩) はノルムフェリンが算出されるものが多いのが特徴であるとした。しかしながら TMV はシリカ飽和度に関して多様な玄武岩から構成されることが今回の研究により明らかとなった。

TMV の他に雄冬岳火山 (Oba (1972) の浜益玄武岩類)・恵岱岳火山 (Oba (1972) の恵岱岳玄武岩類)・暑寒別火山・イルムケップ火山を加えた滝川地域の新生代火山岩について、Fig. 5 に $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 図を、Fig. 6 に $\text{SiO}_2 - \text{FeO}/\text{MgO}$ 図を示した。TMV の玄武岩はアルカリ岩から非アルカリ岩の領域にまたがって図示され、滝川地域では最も SiO_2 に乏しい。雄冬岳・恵岱岳火山は玄武岩および玄武岩質安山岩から

なり、1つを除いて、非アルカリ岩に分類される。暑寒別・イルムケップの両火山はカルクアルカリ系列の安山岩ないしデイサイトからなる。両火山を比べた場合、より背弧側の暑寒別火山の方がアルカリ量が低い (Fig. 5)。TMV と雄冬岳・恵岱岳の両火山の玄武岩質岩は FeO/MgO 比が共に1前後の未分化に近い組成を有するが、 SiO_2 が48から55%の範囲におよび (Fig. 6)、初生マグマのシリカ飽和度は多様である。TMV および複成火山の安山岩—デイサイトはいずれもカルクアルカリ系列に分類される (Fig. 6)。

V. K-Ar 年代

主成分元素組成を求めたサンプルから代表的な10サンプルを選択し、それらの K-Ar 年代値を求めた。分析は TMR-1 のみテレダインアイソトープ社で行い、残りの9サンプルは岡山理科大学において測定された。岡山理科大学での測定方法を以下に述べる。試料は全岩試料を用い、タングステンカーバイドミルで60-80メッシュに製粒し、蒸留水で洗浄した。これらを乾燥後、永久磁石で磁性鉱物を除去した。このうち半

Table 1. Major element compositions of the rocks from the Takikawa monogenetic volcano group

group	Ne						OL									
sample	ST-2	JN-2	KM-4	TK-1	KOP-2	KOP-3	FJ-2	TBL-3	SB-2	SK-1	SA-2	TBL-2a	EB-2	OS-3i	TMR-1	
SiO ₂	47.83	46.80	48.25	48.18	47.83	48.03	47.87	49.71	50.93	48.79	48.54	49.64	50.14	49.38	48.79	
TiO ₂	1.27	1.08	1.23	1.33	1.31	1.32	0.82	1.43	1.03	1.12	1.10	1.14	1.17	1.11	1.35	
Al ₂ O ₃	15.85	15.48	17.45	17.06	18.05	18.07	15.98	15.36	16.87	16.04	16.14	17.12	16.12	16.91	15.85	
Fe ₂ O ₃	10.17	10.82	9.47	9.98	9.57	9.64	9.28	9.68	9.15	9.46	10.14	9.02	9.28	9.24	10.34	
MnO	0.16	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16	0.14	0.10	0.18	0.14	0.17	0.14	0.16	0.14	0.16	
MgO	10.32	10.32	8.02	8.49	6.72	6.80	10.94	10.10	9.42	9.66	10.22	8.99	9.13	9.01	10.02	
CaO	9.26	10.11	10.94	10.89	11.28	11.30	10.09	8.83	9.92	9.85	9.28	9.98	10.01	9.46	9.67	
Na ₂ O	3.91	2.76	3.04	2.92	2.91	2.94	2.69	2.70	2.61	2.73	2.16	2.83	2.47	2.92	2.29	
K ₂ O	0.82	0.68	0.86	0.77	1.25	1.25	0.82	1.07	1.28	1.09	1.13	0.61	0.93	0.94	1.27	
P ₂ O ₅	0.23	0.19	0.26	0.22	0.41	0.41	0.18	0.38	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.21	0.29	
total	99.82	98.40	99.68	100.01	99.49	99.92	98.81	99.36	101.68	99.14	99.12	99.69	99.61	99.32	100.03	
ig. loss	2.83	3.40	0.40	0.06	0.12	0.13	1.51	3.80	1.48	2.63	5.90	1.52	2.29	5.90	3.60	
FeO*/MgO	0.89	0.94	1.06	1.06	1.28	1.28	0.76	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	
Qz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Or	4.9	4.1	5.1	4.6	7.5	7.4	4.9	6.4	7.5	6.5	6.8	3.6	5.6	5.6	7.6	
Ab	23.1	22.5	23.8	24.0	21.5	21.5	23.2	23.2	21.9	23.5	18.6	24.2	21.1	25.0	19.5	
An	23.5	28.5	31.8	31.4	32.9	32.7	29.7	27.0	30.2	28.8	31.5	32.5	30.5	30.7	29.4	
Ne	5.6	0.8	1.2	0.5	1.9	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Di	17.2	17.4	17.3	17.5	17.2	17.3	16.2	12.1	13.5	15.5	11.1	10.0	14.9	12.6	13.8	
Hy	-	-	-	-	-	-	-	13.8	10.2	3.1	13.5	10.4	15.2	6.5	9.1	
Ol	19	20.1	14.4	15.4	12.1	12.2	20.6	11.1	11.6	17.1	12.9	11.0	7.4	14.3	14.4	
Mt	3.7	4	3.5	3.6	3.5	3.5	3.4	3.6	3.3	3.5	3.7	3.3	3.4	3.4	3.8	
Il	2.4	2.1	2.4	2.5	2.5	2.5	1.6	2.8	1.9	2.2	2.1	2.2	2.3	2.1	2.6	
Ap	0.6	0.5	0.6	0.5	1.0	1.0	0.4	0.9	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7	

	QZ										CA					
sample	YB-2	KG-1	KAT-1	SN-1S4	RB-4	UTR-1	OK-6	TBR-4	WK-1a	OS-1	UT-4	FIW-1	MH-3	SS-6	NB-1	
SiO ₂	49.52	51.13	49.45	48.43	49.18	47.17	49.65	49.41	49.97	51.93	50.68	49.79	54.64	54.74	55.05	
TiO ₂	1.24	1.04	1.02	1.22	1.52	0.94	0.92	1.12	1.05	1.12	0.99	1.05	0.87	0.84	0.98	
Al ₂ O ₃	15.90	17.31	16.65	17.40	16.56	17.20	17.15	17.41	18.20	17.26	18.20	17.49	19.41	17.12	16.97	
Fe ₂ O ₃	10.80	9.10	9.65	9.36	10.39	9.24	8.81	10.16	9.53	8.32	10.05	9.68	7.87	7.50	7.44	
MnO	0.16	0.16	0.14	0.16	0.17	0.21	0.19	0.21	0.13	0.08	0.12	0.16	0.09	0.14	0.15	
MgO	10.03	7.88	8.31	7.98	8.20	7.06	6.73	7.63	6.17	6.28	6.30	5.07	5.20	5.47	4.16	
CaO	9.51	9.91	11.08	10.60	9.87	12.44	11.11	11.33	10.82	9.88	9.78	11.56	6.31	9.04	9.18	
Na ₂ O	2.48	2.97	2.42	2.82	2.99	2.29	2.80	2.38	2.33	2.72	2.57	2.75	3.70	3.01	3.17	
K ₂ O	0.84	0.92	0.41	0.90	1.11	0.79	1.00	0.92	0.78	1.35	0.77	0.41	1.08	1.29	1.23	
P ₂ O ₅	0.27	0.28	0.22	0.25	0.34	0.19	0.23	0.18	0.12	0.28	0.23	0.20	0.20	0.20	0.23	
total	100.75	100.70	99.35	99.12	100.33	97.53	98.59	100.75	99.10	99.22	99.69	98.16	99.37	99.35	98.56	
ig. loss	2.80	1.07	3.13	1.41	2.77	4.73	1.72	1.81	2.16	2.27	2.55	1.70	4.09	4.98	0.92	
FeO*/MgO	0.97	1.04	1.05	1.06	1.14	1.18	1.18	1.20	1.39	1.19	1.44	1.72	1.36	1.23	1.61	
Qz	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1	1.6	1.4	1.3	3.2	5.4	7.3	
Or	5.0	5.4	2.5	5.4	6.6	4.8	6.0	5.4	4.7	8.1	4.6	2.5	6.5	7.7	7.4	
Ab	21.0	25.1	20.8	24.2	25.4	20.7	24.2	20.1	20.0	23.3	22.0	23.9	31.7	25.8	27.4	
An	29.8	31.2	33.8	32.7	28.6	35.4	31.9	34.1	37.5	31.4	36.2	35.1	33.6	29.8	29.0	
Ne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Di	12.7	13.1	16.6	15.5	15.0	21.9	18.6	17.0	13.3	13.5	9.3	18.4	-	11.7	13.1	
Hy	13.6	12.5	15.5	1.4	2.6	-	5.7	8.3	17.7	16.4	20.4	12.7	21.3	14.8	10.6	
Ol	11.9	7.4	5.7	15.2	15.2	11.7	8.8	9.6	-	-	-	-	-	-	-	
Mt	3.9	3.3	3.5	3.5	3.8	3.4	3.3	3.7	3.5	3.1	3.7	3.6	2.9	2.8	2.8	
Il	2.4	2.0	2.0	2.4	2.9	1.8	1.8	2.1	2.0	2.2	1.9	2.0	1.7	1.6	1.9	
Ap	0.6	0.7	0.5	0.6	0.8	0.4	0.6	0.4	0.3	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	

Table 2. Results of K-Ar age dating of the basalts from Takikawa district

Sample	K (wt %)	Rad. argon 40 (10 ⁻⁸ ccSTP/g)	K - Ar age (Ma)	Non Rad. Ar(%)
Snls-4	0.735±0.022	5.81±0.64	2.0±0.2	85.9
W-3	0.685±0.021	8.68±0.30	3.3±0.2	62.4
TBL-3	0.779±0.023	13.96±1.57	4.6±0.5	87.2
KAT-1	0.341±0.017	10.66±1.84	8.0±1.4	91.4
MH-3	0.856±0.026	15.78±0.56	4.8±0.2	63.4
FJ-2	0.653±0.020	10.89±0.91	4.3±0.4	83.1
COP-2	0.983±0.029	6.31±0.27	1.7±0.1	67.7
SK-1	1.312±0.026	53.29±15.1	10.4±3.0	94.5
ST-2	0.647±0.019	11.22±1.92	4.5±0.8	89.9
TMR-1*	1.05	23	5.5±1.6	90.6
	1.05	22		89.7

(* was determined by the Teledyne Isotopes Comp.)

分を Ar 定量用試料とし、残りをめのう乳鉢を用いて粉末化したものを K 定量用試料とした。K の定量は長尾ら (1984) に従い、炎光光度計を用いて 2 回測定 of 平均値を用いた。Ar の定量は ³⁹Ar をスパイクとした同位体希釈法を用い、長尾・板谷 (1988) および Itaya *et al.* (1991) に従った。年代値の算出には Steiger and Jäger (1977) の衰変定数および ⁴⁰K の存在度 ($\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10}/y$, $\lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-10}/y$, $^{40}\text{K}/\text{K} = 0.0001167$) を用いた。

得られた TMV の K-Ar 年代値は 10.4 ± 3.0 Ma から 1.7 ± 0.1 Ma の範囲におよぶ (Table 2)。この中一後期中新世から鮮新世の年代はこれまでの層序学的結論と大きくは矛盾していない。MH-3 (見晴らし峠) は安山岩であり、TMV のなかでは稀な岩質であるが、その年代値 (4.8 ± 0.2 Ma) は他の玄武岩と同じである。TMV では岩質による活動時期の差はないようである。TMV の活動年代を地域別に検討すると、TMV は滝川地域の西部の火山体では 4 Ma より古い年代値が、それに対して東部の火山体では 3.3 Ma より新しい年代値が得られている (Fig. 4)。さらに多くの年代値の測定が必要ではあるが、TMV の活動は西部から東部に移った可能性がある。最も新しい年代値が得られたコップ山 (KOP-2) は、先に述べたように TMV のなかでは、火山体の地形が最も良く保存されている。このことから KOP-2 の示した 1.7 ± 0.1 Ma の値は、TMV の活動終了年代と考えられる。

暑寒別火山を初めとする滝川地域の複成火山体は、中新世の新十津川層群および鮮新世の深川層群を覆うことから、第四紀の火山と考えられていた。しかしな

がら八木ら (1987)・佐川ら (1988) は、暑寒別・恵岱岳・イルムケップ火山において鮮新世の K-Ar 年代を報告した (Fig. 2)。八木ら (1987) によると年代測定に用いた試料は各火山体の最後の活動と考えられる溶岩で、これらの年代は火山活動の終了年代を示すとした。暑寒別岳に覆われる恵岱岳および雄冬岳の両火山およびイルムケップ火山は、鮮新世の深川層群の下部一中部をそれぞれ覆うことから、鮮新世の中頃に活動を開始したと考えられる。以上の層序および K-Ar 年代から、滝川地域の複成火山体は、TMV の活動開始より遅れて、鮮新世の中頃に活動を開始し、鮮新世末期に活動を終了したと考えられる。

以上のことから、滝川地域では中一後期中新世から TMV が活動を開始し、鮮新世中頃からは TMV の活動と並行して安山岩主体の複成火山が活動したことが明らかになった。ただし西部では滝の沢溶岩集塊岩層 (秦ら, 1963) に代表されるように、中一東部の TMV と同時期にすでに火成活動が開始していた可能性がある。詳細は暑寒別岳下部から西部の海岸線にかけての火山地質学・岩石学的調査が必要である。いずれにしても今回の研究によって、滝川地域の堆積盆が拡大した後期中新世から鮮新世の時期 (小林ら, 1969; 和田ら, 1985) に、玄武岩単成火山群で特徴づけられる火成活動があったことが示された。そして第四紀初めには滝川地域の火成活動は完全に停止した。

VI. 議 論

1. 滝川地域の火成活動は島弧背弧側の活動か?

滝川地域の暑寒別およびイルムケップの両複成火山

Fig. 5. SiO_2 -($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) diagram for the volcanic rocks from the Takikawa district. Data from Oba (1972), Nakagawa (1992) and this study. Line shows the boundary between alkaline and sub-alkaline field (after Miyashiro, 1978). Takikawa M.V., Takikawa monogenetic volcano.

はその高いアルカリ量から千島弧背弧側の火山活動と考えられてきた (Katsui *et al.*, 1978; Ikeda *et al.*, 1987)。しかしながら前述したように両火山体の年代は鮮新世を示し、第四紀火山活動に先行する火山活動である。さらに、この地域が中一後期中新世から鮮新世の TMV の存在で特徴づけられ、東北日本弧と千島弧の会合部にあることから、滝川地域の火成活動をプレート沈み込みによる島弧背弧側の火成活動とみなすことに再検討が必要と考える。ここでは岩石化学的性質から、滝川地域の火山活動が、千島弧あるいは東北日本弧背弧側の活動かどうかを検証する。

Fig. 7 は、滝川地域の $\text{FeO}^*/\text{MgO} < 1.3$ の、未分化あるいは分化をほとんど受けていない玄武岩質岩石 ($\text{SiO}_2 < 55\%$) の SiO_2 % を地図上に示したものである。大場・田上 (1966) や Oba (1972) は、雄冬岳や恵岱岳の岩石に融食形を示す石英や斜長石斑晶の存在を報告し、混成作用の可能性を示唆した。したがってそれらの火山岩の SiO_2 量の取扱いには注意が必要であるが、雄冬岳、恵岱岳および暑寒別火山の Fig. 7 に示した玄武岩質岩石はいずれも FeO^*/MgO が 1 前後であり (Fig. 6)、混成作用の影響は無視できる。

Fig. 7 に示した SiO_2 量の大小は、それぞれの玄武岩質岩石の初生マダマのシリカ飽和度の大小とほぼ対応する。Fig. 7 によると、 $\text{SiO}_2 > 50\%$ のシリカに富んだ玄武岩は恵岱岳・暑寒別火山を中心に、東西にやや伸びた範囲に分布する傾向がある。それに対して、

$\text{SiO}_2 < 50\%$ のシリカに乏しい玄武岩は、その周囲に分布する。その結果、Fig. 7 に示したような楕円形の SiO_2 の等値線が描かれる。

典型的な島弧では、背弧側に向かったの火山岩のアルカリ量の増加と同様に玄武岩のシリカ飽和度も減少する (例えば、Kuno, 1966)。仮に滝川地域の火山活動が千島弧背弧側の活動であるならば、滝川地域の南部-南東部によりシリカに富んだ玄武岩が分布し、シリカ不飽和な玄武岩は北西部に産するはずであり、Fig. 7 のシリカ飽和度の水平変化は説明できない。Fig. 7 に示された玄武岩の、シリカ飽和度に関する、楕円形の配列から、滝川地域の火山活動は島弧にみられる化学組成の規則的水平変化の特徴を有していないと考えられる。

2. 島弧会合部での単成火山群の活動

これまでに述べたように滝川地域の火山活動の最大の特徴は、島弧では珍しい単成火山群 (TMV) の存在である。一般に島弧に代表されるプレート収束境界では、圧縮応力場の下ではほぼ同じ火道を使う複成火山が発達しており、単成火山群が活動するのは稀である (Nakamura, 1977)。プレート収束境界で単成火山群が活動している例としては、メキシコ中部 (Hasenaka and Carmichael, 1985) や東伊豆 (葉室, 1978; 宮嶋, 1990; Koyama and Umino, 1991) がある。前者の例では、二つのプレートの移動速度差が部分的な引張応力場を発生させている (Shurbet and Cebull, 1984,

Fig. 6. FeO^*/MgO - SiO_2 diagram for the volcanic rocks from the Takikawa district. The boundary between calc-alkaline and tholeiite field after Miyashiro (1974). Data from Oba (1972), Nakagawa (1992) and this study.

1986)。後者の例ではスラブの曲げによる局所的な引張応力場あるいは割れ目を発生させている (Nakamura *et al.*, 1984; Koyama and Umino, 1991)。いずれもプレート収束境界ではありながら、特殊な造構場にあると考えられている。

TMV の存在、および今回の研究により明らかになった TMV の活動年代から、滝川地域は、中—後期中新世から鮮新世末までのあいだ、引張応力場にあった可能性がある。この時期は同時に堆積盆が拡大したことが示されており (小林ら, 1969; 和田ら, 1985)、引張応力場であった可能性を強く支持する。しかしながら単成火山群が島弧会合部に存在することは一般的ではないようである。火山分布の空白域となるカムチャッカ—アリューシャン会合部や安山岩からなる巨大な盾状火山群が活動するアラスカ (Kienle and Nye, 1990) などがそれを示す。滝川地域における単成火山群の存在は、後期中新世からの千島前弧の西進および東北日本弧への衝突 (木村, 1981; Kimura, 1986) という、滝川地域を含む北海道の特殊なテクトニクス・セッティングに関連しているかもしれない。このことを明らかにするには北海道全域の新生代の火成活動の検討が必要であろう。

滝川地域火山活動の特徴のもうひとつの重要な点は、そのマグマ組成の広域変化が典型的島弧火成活動では説明できないことにある。Fig. 7 に示された、未分化に近い玄武岩のシリカ飽和度の楕円形配列、およびその高シリカ玄武岩の分布域に大型のカルクアルカリ

安山岩火山が分布するという滝川地域の特徴は、西南日本・中国地方の新生代火山岩の組成累帯構造 (Iwamori, 1991) と似ている。中国地方では未分化な玄武岩のシリカ量は、山陽地域で最低となり、日本海沿岸の山陰地方で最高に達し、日本海の隠岐地方でシリカ量は下がる。そして玄武岩のシリカ量が最大の山陰地方には、大山火山などのカルクアルカリ安山岩からなる大型複成火山が分布する。Iwamori (1991) は中国地方の玄武岩の組成累帯分布を、大山火山付近を上昇流の中心とするプリュームに由来する火山活動で説明した。彼は玄武岩のシリカ飽和度はマントルでの部分熔融の深度に支配され、より浅所までプリュームの上昇する山陰地方でよりシリカに飽和した玄武岩が産出し、そこでは下部地殻の部分熔融によりカルクアルカリ安山岩質マグマも同時に発生したと考えた。滝川地域と中国地方を比較した場合、中国地方のほうが火成活動域が広く、また中国地方のほうがよりシリカ不飽和な玄武岩を産する特徴があるが、中国地方の大山火山周辺を暑寒別火山に置き換えると、両者はよく類似している。滝川地域の火山活動も、暑寒別火山付近を中心とするプリュームに由来して起こった可能性がシリカ飽和度の楕円形分布 (Fig. 7) に強く示されている。

VII. ま と め

滝川単成火山群 (TMV) は中—後期中新世から活動を開始し、鮮新世末には活動を停止した。これらはア

Fig. 7. Map showing SiO_2 content (wt%) of primitive basaltic rocks ($\text{FeO}^*/\text{MgO} < 1.3$) from the Takikawa district (show Fig. 2). Most plausible contours of $\text{SiO}_2 = 50$ and 52 wt% are also shown. The distribution of andesitic volcanic rocks (Ofuyu-dake, Etaidake, Shokanbetsu and Irumukeppu volcanoes) is also indicated as hatched and dashed area.

ルカリ玄武岩から石英ソレライトまでの多様な玄武岩を主体とし、わずかにカルクアルカリ安山岩を伴う。滝川地域では、TMV の他にカンラン石ソレライトから石英ソレライトの玄武岩—玄武岩質安山岩からなる恵岳・雄冬岳火山、そしてカルクアルカリ安山岩—デイサイトからなる暑寒別・イルムケップ火山が存在する。これらは鮮新世中—後期に TMV の活動と並行して活動した。TMV を含む上記火山の活動様式およびそれらの化学組成の時空分布から、滝川地域で活動したマグマは島弧背弧側の火成活動とはみなせない。滝川地域では中—後期中新世から鮮新世にかけて、引張応力場のもとで特徴的な火成活動が発生した。そしてこの活動は第四紀初めにはすべて停止した。

謝 辞 本研究を行うにあたり北海道教育大札幌分校岡村聡博士および地質調査所渡辺寧氏には有益な議論をしていただいた。北海道大学理学部、寺田省一氏には XRF 分析で、桑島俊明氏および野村秀彦氏には薄片作成に関して御援助していただいた。年代測定にあたり、岡山理科大学の岡田利典氏、竹下浩征氏および福井志郎氏には大変お世話になった。なおこの研究には文部省科学研究費、04402015 (代表・荒牧重雄) および 04740448 (代表・中川光弘) を使用した。以上の方々および当局に深く感謝します。

引用文献

- Atwater, T. (1970), Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of western North America. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **81**, 3513-3536.
- 葉室和親 (1978), 大室山火山群の地質. 地質雑, **84**, 433-444.
- Hasenaka, T. and Carmichael, I.S.E. (1985), The cinder cones of Michoacan-Guanajuato, Central Mexico: their age, volume and distribution, and magma discharge rate. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **35**, 105-124.
- 秦 光男・佐藤博之・山口昇一・小林 勇 (1963), 5 万分の 1 地質図幅「西徳富」および同説明書, 地質調査所, 51 P.
- Ikeda, Y., Katsui, Y. and Kurasawa H. (1987), Origin of lateral variation of Quaternary rocks from the Kuril arc in Hokkaido., Japan. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido univ., Ser. IV*, **22**, 325-335.
- Itaya, T., Nagao, K., Okada, T. and Ogata, A. (1991), Argon isotope analysis by a newly developed mass spectrometric system for K-Ar dating. *Mineral. Jour.*, **15**, 203-221.
- Iwamori, H. (1991), Zonal structure of Cenozoic basalts related to mantle upwelling in south-west Japan. *J. Geophys. Res.*, **96**, 6157-6170.
- Katsui Y., Oba, Y., Ando, S., Nishimura, S.,

- Masuda, Y., Kurasawa, H. and Fujimaki, H. (1978), Petrochemistry of the Quaternary volcanic rocks of Hokkaido, North Japan. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV*, **18**, 449-484.
- 木村 学(1981), 千島弧南西端付近のテクトニクスと造構応力場. 地質雑, **87**, 757-768.
- Kimura G. (1986), Oblique subduction and collision: forearc tectonics of the Kuril arc. *Geology*, **14**, 404-407.
- Kienle, J. and Nye, C.J. (1990), Volcano tectonics of Alaska. In Wood C.A. and Kienle J. ed., *Volcanoes of North America*, Cambridge, 9-16.
- 小林 勇・秦 光男・山口昇一・垣見俊弘(1969), 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)妹背牛地域の地質. 地質調査所, 34 p.
- Koyama, M. and Umino, S. (1991), Why does the Higashi-Izu monogenetic volcano group exist in the Izu Peninsula? Relationships between late Quaternary volcanism and tectonics in the northern tip of the Izu-Bonin arc. *J. Phys. Earth*, **39**, 391-420.
- Kuno, H. (1966), Lateral variation of basalt magma type across continental margins and island arcs. *Bull. Volcanol.*, **20**, 195-222.
- 宮嶋 宏(1990), 東伊豆単成火山群の岩石学一捕獲結晶の意義と噴出物の時空的变化一. 岩鉱, **85**, 315-336.
- Miyashiro, A. (1974), Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Amer. J. Sci.*, **275**, 265-277.
- Miyashiro, A. (1978), Nature of alkaline volcanic rock series. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **66**, 91-104.
- 長尾敬介・板谷徹丸(1988), K-Ar 法による年代測定. 地質学論集, no. 29, 5-21.
- 長尾敬介・西戸裕嗣・板谷徹丸・緒方惟一(1984), K-Ar 法による年代測定. 岡山理科大学火山研究所報告, no. 9, 19-38.
- Nakagawa, M. (1992), Spatial variation in chemical composition of Pliocene and Quaternary volcanic rocks in southwestern Hokkaido, north-eastern Japan arc. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Ser. IV*, **23**, no. 2, 175-197.
- Nakamura, K. (1977), Volcanoes as possible indicators of tectonics stress orientation. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **2**, 1-16.
- Nakamura, K., Shimazaki, K. and Yonekura, N. (1984), Subduction, bending and eduction-present and Quaternary tectonics of the northern border of the Philippine Sea plate. *Bull. Soc. geol-France*, **26**, 221-243.
- 大場与志男(1968), 北海道西部, 新第三紀玄武岩類の研究 1. 滝川-深川周辺の盆地型玄武岩. 岩鉱, **60**, 222-227.
- Oba, Y. (1972), Petrology of the Late Pliocene basalts of the western part of Hokkaido. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. IV*, **15**, 11-26.
- 大場与志男・田上 滋(1966), 浜益玄武岩類の岩石学的研究. 岩鉱, **56**, 222-228.
- Okamura, S. (1987), Geochemical variation with time in the Cenozoic volcanic rocks of southwest Hokkaido, Japan. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **32**, 161-176.
- 佐川 昭・松井和典・山口昇一(1988), 北海道イルムケップ火山音江山溶岩の K-Ar 年代と古地磁気. 地質調査所月報, **39**, 423-428.
- Shurbet, D.H. and Cebull, S.E. (1984), Tectonic interpretation of the trans Mexico volcanic belt. *Tectonophysics*, **101**, 159-165.
- Shurbet, D.H. and Cebull, S.E. (1986), Tectonic interpretation of the trans Mexico volcanic belt -Reply. *Tectonophysics*, **127**, 158-160.
- Steiger, R. and Jäger, E. (1977), Subcommition on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmo-chronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **36**, 359-362.
- Tsuchiya, N., Shibata, T., Koide, Y., Owada, M., Takazawa, E., Goto, Y., Choi, J.H., Terada, S. and Hariya, Y. (1988), Major element analysis of rock sample by X-ray fluorescence spectrometry, using scandium anode tube. *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. IV*, **22**, 489-502.
- 土谷信之(1988), 秋田-山形油田地帯付近における中新世中期玄武岩類の分布と化学組成. 地質雑, **94**, 591-608.
- 和田信彦・前田寿嗣・五十嵐八枝子・外崎徳二・大室道夫・吉田充夫・木村方一・赤松守雄・古沢 仁・秋山雅彦(1985), 北海道深川市北部丘陵の鮮新統層序について. 地球科学, **39**, 43-57.
- 八木健三・柴田 賢・蟹沢聰史(1987), 北海道西部の暑寒別岳地域火山岩類の K-Ar 年代. 火山, 第2集, **32**, 366.

Appendix. Locality and rock name of the rocks from Takikawa monogenetic volcano group

Sample	Locality	Latitude	Longitude	Rock name
ST-2	Horoka-Oshirikagawa	43° 37' 43"	141° 45' 11"	OL-Basalt (PL-)
JN-2	Jyunisengawa	43° 52' 15"	141° 40' 40"	CPX-bearing OL Basalt (PL-)
KM-4	Kamidake	43° 30' 54"	142° 00' 37"	CPX-bearing OL Basalt (PL-)
TK-1	Takadomari	43° 51' 48"	142° 07' 16"	CPX-OL Basalt (PL+)
UTR-1	Pon-uchiuranosawa	43° 38' 20"	141° 41' 53"	Qz-bearing CPX-OL Basalt (PL+)
KOP-2	Koppuyama	43° 45' 22"	142° 05' 53"	CPX-OL Basalt (PL tr.)
KOP-3	Koppuyama	43° 45' 30"	142° 05' 56"	CPX-OL Basalt (PL tr.)
FJ-2	Fujigatayama	43° 36' 55"	141° 39' 13"	CPX-OL Basalt (PL-)
TBL-3	Chibaberi-hidarisawa	43° 48' 57"	141° 47' 40"	CPX-OL Basalt (PL-)
SB-2	Iwayanosawa	43° 39' 08"	141° 42' 38"	OL Basalt (PL-)
SK-1	Sakuruyama	43° 34' 28"	141° 37' 22"	CPX-bearing OL Basalt (PL-)
SA-2	Sakuraba	43° 52' 28"	141° 44' 26"	CPX-OL Basalt (PL+)
TBL-2a	Chibari-hidarinosawa	43° 48' 57"	141° 47' 40"	CPX-OL Basalt (PL-)
EB-2	Ryusei	43° 44' 34"	141° 43' 26"	CPX-bearing OL Basalt (PL-)
OS-3i	Oshirikasawa	43° 42' 11"	141° 41' 24"	OL Basalt (PL-)
TMR-1	Maruyama	43° 33' 14"	141° 35' 37"	CPX-bearing OL Basalt (PL-)
YB-2	Yonbangawa	43° 33' 47"	141° 36' 04"	OL Basalt (PL-)
KG-1	Ogonmisaki	43° 56' 33"	141° 37' 58"	CPX-bearing OL Basalt (PL-)
KAT-1	Katsuranosawa	43° 41' 46"	141° 48' 14"	CPX-bearing OL Basalt (PL-)
SN-IS4	Ishiyama	43° 31' 41"	141° 56' 44"	CPX-bearing OL Basalt (PL-)
RB-4	Gobangawa	43° 33' 45"	141° 35' 28"	CPX-OL Basalt (PL tr)
OK-6	Otoe	43° 39' 54"	142° 02' 16"	CPX-OL Basalt (PL+)
TBR-4	Chibaberi-migisawa	43° 48' 14"	141° 43' 34"	CPX-OL Basalt (PL tr)
WK-1a	Wakka	43° 36' 53"	141° 42' 20"	OL-CPX-Basalt (PL+)
UT-4	Uchiuranosawa	43° 37' 44"	141° 41' 32"	OL-CPX Basalt (PL tr)
OS-1	Oshirikasawa	43° 39' 47"	141° 40' 40"	CPX-OL Basalt (PL+)
FIW-1	Iwayama	43° 44' 25"	142° 04' 14"	CPX-OL Basalt (PL-)
SS-6	north of Shisunoyama	43° 37' 11"	141° 44' 11"	Qz-bearing OL-CPX Andesite (PL+)
MH-3	Miharashi-toge	43° 36' 41"	141° 43' 03"	CPX-HB Andesite (PL-)
NB-1	Nobusya-goryou	43° 50' 32"	141° 38' 40"	Qz-HB-bearing OPX-CPX Andesite

Abbreviations. CPX; clinopyroxene, OL; olivine, OPX; orthopyroxene, HB; hornblende, Qz; quartz.
PL; phenocryst plagioclase (-; absence, tr; trace, +; presence)