北海道第四紀火山噴出物中の微量元素

その2: 北海道東部および中央部の第四紀 火山噴出物について

MINOR ELEMENT ABUNDANCES IN THE QUATERNARY VOLCANIC
ROCKS IN HOKKAIDO, JAPAN
PART 2: THE ROCKS FROM EASTERN AND CENTRAL HOKKAIDO

安 藤 重 幸 (Shigeyuki Ando)*

Thirty-six Quaternary volcanic rocks from the central and eastern Hokkaido, whose major elements were known, were newly analyzed on the minor elements, Cu, Sr, Ba, Ga, Y, Pb, V, Cr, Co and Ni. The relation between the minor and major element abundances of the above rocks were discussed. The general and characteristic features of the volcanoes and volcanic chains are summarized as follows;

1. The Kutcharo, Atosanupuri and other post-caldera volcanoes of Kutcharo and Mashu have the same character as those of the Usu and Esan volcanoes of the southwestern Hokkaido.

2. Also the Akan volcano has the same character as those of the above volcanoes, except Cu, Cr and Ni elements. This volcano is far richer in these elements than those of the others.

3. The Daisetsu and Tokachi volcanoes have nearly the same character as that of the Niseko volcano of the southwestern Hokkaido. The Daisetsu volcano is characterized by the high $V \times 1000 / (FeO + Fe_2O_3)$ ratio, which is one of the highest value in Hokkaido, and by the rich Cr and Ni contents. The Tokachi volcano is far poorer in Cr and Ni than the Daisetsu volcano.

4. The difference of minor element contents between the Shiretoko-Akan and the Daisetsu-Tokachi volcanic chains is best represented in Ba and Pb contents. The latter is richer in Ba and Pb than those of the former.

In the Shiretoko-Akan volcanic chain, the rocks of the pigeonitic rock series are richer in V than those of the hypersthene rock series, as seen in the volcanoes of that in the southwestern Hokkaido. The rocks of the Daisetsu-Tokachi volcanic chain, which belong mostly to the hypersthene rock series, are rich in V and plotted in the pigeonitic rock series field of the rocks from the former chain. In this point, the rocks of the hypersthene rock series of the latter chain are different from those of the former.

The minor elements of the Tokachi welded tuff are often far from the general character of the Tokachi volcano, which suggests its different genesis.

1. まえがき

この研究の第1報では、西南北海道の諸火山の噴出物につき、微量元素の分析を行ない、各火山の微量元素から見た特徴について述べた。ひきつづき本報告では北海

道東部の知床-阿寒火山列ならびに中央部の大雪-十勝火山列の火山岩の微量元素について報告する。

御指導をいただいた北海道大学理学部石川俊夫教授、勝井義雄助教授ならびに大場与志男博士に深く感謝す

* 北海道大学理学部地質学鉱物学教室

(昭和46年12月16日受理)

る。微量元素の分析には、勝井義雄助教授により既に主成分の化学分析が行なわれた試料を使用することができた。なお、この研究に要した費用の一部には、文部省科学研究費を使用した。

2. 分析方法および分析試料

微量元素の分析は、発光分光分析法により行なった。分析法の詳細は第1報に述べてあるので、ここでは省略する。

第1図 火山の位置図

微量元素の定量は、次の7火山につき、主成分の化学分析が既に行なわれている36試料について行なった。火山の位置は第1図に示してある。各分析試料は次に示すとおりである。番号は第1表の番号に対応する。

知床—阿寒火山列 (北海道東部)

屈斜路火山 (6個) (Nos. 1-6)

アトサヌプリおよびその他の後屈斜路カルデラ火山 (7個) (Nos. 7-13)

摩周火山 (8個) (Nos. 14-21)

阿寒火山 (2個) (Nos. 22-23)

雌阿寒火山 (3個) (Nos. 24-26)

大雪—十勝火山列 (北海道中央部)

大雪火山 (6個) (Nos. 27-32)

十勝火山 (4個) (Nos. 33-36)

- 1: 安山岩 (石灰質斜長石大晶を多数含む), 屈斜路外輪山熔岩中の岩脈 (勝井, 1958)
- 2: 普通輝石紫蘇輝石玄武岩, 屈斜路外輪山熔岩 (勝井, 1958)
- 3: 普通輝石紫蘇輝石安山岩, 屈斜路外輪山熔岩 (勝井, 1958)
- 4: 普通輝石含有紫蘇輝石安山岩質スコリア, 屈斜

路スコリア流堆積物中のスコリア (勝井・佐藤, 1963)

- 5: 普通輝石含有紫蘇輝石石英安山岩質熔結凝灰岩, 古梅熔結凝灰岩 (勝井, 1958)
- 6: 普通輝石含有紫蘇輝石石英安山岩質軽石, 屈斜路第IV軽石流堆積物中の軽石 (勝井, 1958)
- 7: カンラン石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩, オヤコツ円頂丘熔岩 (勝井, 1958)
- 8: 無斑晶安山岩, アトサヌプリ外輪山熔岩 (勝井, 1958)
- 9: 普通輝石紫蘇輝石石英安山岩質軽石, 中島降下軽石堆積物中の軽石 (勝井, 1958)
- 10: (角閃石含有) 普通輝石紫蘇輝石石英安山岩, 中島外輪山熔岩 (勝井, 1958)
- 11: 普通輝石紫蘇輝石石英安山岩, 中島円頂丘熔岩 (勝井, 1958)
- 12: 普通輝石紫蘇輝石石英安山岩質軽石, アトサヌプリ軽石流堆積物中の軽石 (勝井, 1958)
- 13: 普通輝石紫蘇輝石石英安山岩, アトサヌプリ円頂丘熔岩 (勝井, 1958)
- 14: 紫蘇輝石安山岩, 摩周外輪山第2期熔岩 (勝井, 1955)
- 15: 普通輝石含有紫蘇輝石安山岩, 摩周外輪山第1期熔岩 (勝井, 1955)
- 16: 普通輝石紫蘇輝石安山岩, 摩周外輪山第5期熔岩 (勝井, 1955)
- 17: 普通輝石紫蘇輝石安山岩質軽石, カムイヌプリ降下軽石堆積物中の軽石 (勝井, 1955)
- 18: 普通輝石紫蘇輝石安山岩質軽石, 摩周 f 軽石流堆積物中の軽石 (Katsui, 1963)
- 19: 普通輝石紫蘇輝石安山岩質軽石, 摩周 h 降下軽石堆積物中の軽石 (Katsui, 1963)
- 20: 普通輝石紫蘇輝石珪長質安山岩質軽石, 摩周 i 降下軽石堆積物中の軽石 (Katsui, 1963)
- 21: 普通輝石紫蘇輝石石英安山岩, カムイシユ島円頂丘熔岩 (勝井, 1955)
- 22: 普通輝石含有カンラン石玄武岩質安山岩, 阿寒外輪山熔岩 (勝井, 1958)
- 23: 普通輝石紫蘇輝石安山岩質熔結凝灰岩, 阿寒軽石流堆積物 (勝井, 1958)
- 24: 紫蘇輝石含有普通輝石カンラン石安山岩, 阿寒富士熔岩 (勝井, 1950)
- 25: 普通輝石紫蘇輝石安山岩, 雌阿寒岳 ボンマチネシリ熔岩 (勝井, 1958)
- 26: 石英, カンラン石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩, 雌阿寒岳中マチネシリ中央火口丘熔岩 (勝井,

Taale 1. Minor element abundances in the volcanic rocks from the eastern and central Hokkaido (All values in ppm except SiO₂ in per cent)

No.	Cu	Sr	Ba	Ga	Y	Pb	V	Cr	Co	Ni	SiO ₂
1	30	570	160	14	20	—	270	tr	21	—	48.52
2	34	300	140	15	23	4	360	—	21	—	54.14
3	11	300	670	15	20	9	120	—	10	—	60.40
4	tr	310	730	14	12	7	tr	—	—	—	68.71
5	tr	310	590	12	8	7	41	—	—	—	71.25
6	tr	315	880	14	6	10	tr	—	—	—	71.92
7	12	400	390	13	16	5	190	—	—	—	57.82
8	5	430	390	14	13	6	90	—	—	—	64.26
9	tr	60	840	14	8	7	27	—	—	—	66.90
10	3	320	350	12	10	6	33	—	—	—	67.51
11	tr	60	730	12	11	7	32	—	—	—	69.65
12	tr	40	720	13	8	10	—	—	—	—	69.81
13	tr	16	520	12	10	9	31	—	—	—	72.64
14	39	280	100	13	21	5	280	tr	22	—	52.78
15	10	360	220	15	15	17	200	—	17	—	55.08
16	tr	270	120	14	18	4	150	—	10	—	60.05
17	tr	220	220	15	7	7	29	—	—	—	65.53
18	tr	275	440	14	13	5	27	—	—	—	65.73
19	tr	320	280	15	10	6	6	—	—	—	66.65
20	tr	280	255	12	13	6	7	—	—	—	67.57
21	tr	220	225	12	11	10	8	—	—	—	72.96
22	80	450	300	15	18	5	240	390	17	37	52.43
23	5	340	480	14	13	9	55	—	7	—	65.87
24	52	340	190	15	19	5	260	44	13	15	52.29
25	21	370	390	15	21	5	170	13	9	12	57.54
26	55	320	480	14	14	6	150	6	12	15	59.62
27	15	110	325	17	24	9	200	120	8	25	54.73
28	40	350	390	16	23	8	170	190	17	30	55.59
29	14	450	320	17	20	8	170	19	11	27	56.72
30	16	640	450	18	21	7	240	tr	6	—	56.99
31	3	200	410	16	18	11	160	28	3	3	60.44
32	4	330	1050	18	15	11	130	tr	2	—	64.67
33	25	510	150	17	32	tr	370	—	46	—	46.79
34	16	550	410	17	24	8	200	—	15	—	53.41
35	6	390	1250	17	20	9	150	tr	16	—	60.67
36	tr	160	610	11	9	5	18	—	—	—	71.57

— : not detected tr : trace

1950)

- 27 : カンラン石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩, 大雪山旭岳紡鐘状火山弾 (勝井・高橋, 1960)
 28 : カンラン石普通輝石紫蘇輝石安山岩, 大雪山高根が原熔岩 (勝井・高橋, 1960)
 29 : カンラン石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩, 大雪

山御蔵沢熔岩 (勝井・高橋, 1960)

- 30 : 普通輝石紫蘇輝石安山岩, 大雪山中央火口熔岩 (勝井・高橋, 1960)
 31 : カンラン石石英含有角閃石普通輝石紫蘇輝石安山岩, 大雪山桂月岳円頂丘熔岩 (勝井・高橋, 1960)

第2図 (1) SiO_2 -Cu, Sr, Ba の関係

小白丸: 屈斜路火山

小黑丸: アトサヌプリおよびその他の後屈斜路カルデラ火山

大白丸: 摩周火山

大黒丸: 阿寒火山および雌阿寒火山

下三角: 大雪火山

上三角: 十勝火山

第2図 (2) SiO_2 -Ga, Y, Pb, V の関係

記号は第2図 (1) に同じ。

第2図 (3) V-SI. 関係

記号は第2図 (1) に同じ。ピジョン輝石質岩系の岩石は横短線をつけて示してある。U-U' は有珠火山の傾向

第2図 (4) SiO_2 -Cr, Co, Ni の関係 記号は第2図 (1) に同じ。

- 32 : カンラン 石石英含有角閃石普通輝石紫蘇輝石安山岩, 大雪山黒岳門頂丘熔岩 (勝井・高橋, 1960)
 33 : 普通輝石カンラン 石玄武岩, 十勝火山富良野岳上部熔岩 (勝井・高橋, 1960)
 34 : カンラン 石含有紫蘇輝石普通輝石安山岩, 十勝火山 1962 年火山弾 (勝井他, 1963)
 35 : 黒雲母角閃石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩, 十勝岳門頂丘熔岩 (勝井・高橋, 1960)
 36 : 普通輝石紫蘇輝石含有角閃石黒雲母流紋岩質熔結凝灰岩, 十勝熔結凝灰岩 (勝井・高橋, 1960)

3. 分析結果

各試料の微量元素含有量を SiO_2 量と対応させ、第 1 表および第 2 図に示した。

1. 銅 (Cu)

Cu は、全体として、 SiO_2 増にともない減少する。2・3 の例外をのぞけば、Cu 量は苦鉄質岩で数 10 ppm、珪長質岩で数 ppm 以下で、火山ごとおよび火山列ごとの差は認められない。

2. ストロンチウム (Sr)

Sr は、全体として SiO_2 増にともない、やや減少するが、この変化は小さく、大部分 150-600 ppm 以内である。

3. バリウム (Ba)

Ba 含有量は、全体として SiO_2 増にともない増加する傾向が認められる。例外は、アトサヌプリおよびその他の後屈斜路カルデラ火山で、 SiO_2 量と Ba 量との間に明瞭な相関関係は認められない。

この例外を除くと、知床-阿寒火山列の諸火山では、 SiO_2 増とともに Ba 量が漸増している。これらは、大雪-十勝火山列の火山岩に比べ、Ba 量が一般に低く、なかでも、摩周火山は最も、Ba に乏しい。一方、大雪-十勝火山列の火山岩は、 SiO_2 増にともなって Ba 量が急速に増加している。また、大雪と十勝火山を比較すると、十勝火山の方が Ba に富む。例外は十勝熔結凝灰岩で、Ba に乏しい。

4. ガリウム (Ga)

Ga 量は 11-18 ppm で、変化は少ないが、 SiO_2 増とともにごくわずかに減少する。同一火山列の火山岩相互の間で、Ga 量の差は認められないが、知床-阿寒火山列に比べ、大雪-十勝火山列では明らかに Ga にやや富む。

5. イットリウム (Y)

Y 量は、 SiO_2 増とともに漸減する傾向が、全体とし

て認められる。知床-阿寒火山列に比べ、大雪-十勝火山列の火山岩の Y 量はやや多く、しかも、 SiO_2 増とともにほぼ直線的に減少している。一方、知床-阿寒火山列の火山岩では、個々の火山の場合にも、また、火山列全体としても、 SiO_2 量に対する Y 量の変化は必ずしも直線的なものではなく、かなり偏差が大きい。

6. 鉛 (Pb)

あまり明瞭ではないが、全体として SiO_2 増にともなう Pb の漸増傾向が認められる。同一火山列の火山相互の間で、Pb 量の差は認められないが、知床-阿寒火山列と大雪-十勝火山列の火山岩を比較すると、1・2 の例外をのぞき、全体として大雪-十勝火山列の方が Pb に富む傾向がある。

7. バナジウム (V)

全体として、 SiO_2 増にともなう V 量の減少傾向が認められる。知床-阿寒火山列の火山岩の V 量は、火山ごとの差は明瞭でなく、ほぼ同一変化傾向をたどる。この変化は、西南北海道の有珠火山の変化傾向に類似している。また、大雪-十勝火山列の火山岩の V 量の変化傾向も、知床-阿寒火山列の変化傾向に類似している。

ここで S.I. と V 量との関係を見ると、S.I. の減少にともない V 量が明瞭に減少する傾向が認められる。同一 S.I. の岩石を比べてみると、ピジョン輝石質岩系の火山岩は、紫蘇輝石質岩系の火山岩よりも、全体として V を多く含んでいる。西南北海道の有珠火山では、S.I. が 40 から 20 付近までほとんど V 量に変化せず、ほぼ一定量 (200~250 ppm) で、その後急速に V 量が減少している。しかし、ここではまだ 28 以上の S.I. の高い岩石は見出されていない。

8. クロム (Cr)

Cr が検出されたのは、中性ないしやや苦鉄質の岩石のうち、阿寒・雌阿寒および大雪火山の熔岩のみで、他の火山噴出物では、かなり苦鉄質な熔岩においても Cr が検出されなかった。したがって、全体的な傾向を認めることはできない。西南北海道の諸火山では、 SiO_2 56% 以上の岩石には Cr は検出されなかったが、雌阿寒火山では SiO_2 59.62% の中マチネシリ中央火口丘熔岩、大雪火山では SiO_2 60.44% の桂月岳門頂丘熔岩、 SiO_2 64.67% の黒岳門頂熔岩にも痕跡程度ではあるが、Cr が検出されている。

9. コバルト (Co)

Co 含有量は、 SiO_2 増にともないかなり規則的に減少する傾向が認められる。Co 含有量には、火山または火山列ごとの差異はほとんど見られない。

10. ニッケル (Ni)

Cr と同様に, Ni が検出されたのは, 中性ないしやや苦鉄質の岩石のうち, 阿寒・雄阿寒および大雪火山の熔岩のみである。SiO₂ と Ni 量との間に明瞭な関係は認められない。十勝火山富良野岳上部熔岩は, 分析試料中もっとも苦鉄質 (SiO₂ 46.79%) であり, 斑晶のみならず石基にもカンラン石を含むが, Ni, Cr は検出されなかった。これは, 西南北海道の玄武岩に多量の Ni, Cr が検出されたのと比較すると異常である。

4. 微量元素と主成分元素との関係

1. Pb, Ba—K₂O

Pb, Ba と K₂O との関係を第3図に示した。

Pb と K₂O の関係は, 西南北海道の第四紀火山噴出物では, K₂O 増にともなう Pb の漸増傾向が認められた。知床—阿寒火山列および大雪—十勝火山列の火山噴出物においても (第3図上), 1・2の例外をのぞき, このような漸増傾向が認められる。なお, 知床—阿寒火山列と大雪—十勝火山列の間には, 有意義な Pb 量の差は認められない。

Ba と K₂O の関係は, 西南北海道の火山噴出物では, K₂O の増加とともに Ba 量が増加し, さらに, 太平洋側から日本海側の火山にかけて, K₂O と Ba がともに多くなる関係が見られた。知床—阿寒火山列および大雪—十勝火山列の火山噴出物においても (第3図下), 全体として K₂O 増にともなう Ba の増加傾向が認められ,

第3図 K₂O—Pb, Ba 関係

記号は第2図 (1) に同じ。

O—O' は渡島大島火山の傾向, Y—Y' は羊蹄火山の傾向。

第4図 S. I.—V×1000/FeO+Fe₂O₃ 関係

記号は第2図 (1), (3) に同じ。

A—A', B—B' の曲線で囲まれた部分は西南北海道のピジョン輝石質岩系 (P) が占める領域

しかも, 知床—阿寒火山列から大雪—十勝火山列にむかって, K₂O と Ba がともに増加している。

以上のうち, 十勝熔結凝灰岩は, サニディンや黒雲母のような K₂O や Ba に富む鉱物を多量に含み, 全岩組成でも K₂O に富んでいるのであるが, Ba に乏しい。このような点から見て, 十勝熔結凝灰岩は特異な存在である。

2. V—Fe

第4図に, V×1000/FeO+Fe₂O₃—S. I. 関係を示した。

知床—阿寒火山列の火山岩は, 西南北海道の場合と同様に, ピジョン輝石質岩系の岩石の占める領域と, 紫蘇輝石質岩系の岩石の占める領域とが区別される。また, ピジョン輝石質岩系の岩石では, S. I. 30~25 付近に比の極大値を有する。しかし, 紫蘇輝石質岩系の岩石では, S. I. の減少とともに V×1000/FeO+Fe₂O₃ 比が減少する。一方, 大雪—十勝火山列では, 全体としてこの比が高く, 知床—阿寒火山列のピジョン輝石質岩系の岩石の占める領域中に分布する。大雪—十勝火山列の火山岩は, 大部分が紫蘇輝石質岩系に属するが, これらは, 知床—阿寒火山列の同岩系とはこのような点において性質を異にしている。

5. まとめ

1. 微量元素の存在量からみた, 知床—阿寒火山列および大雪—十勝火山列の諸火山の噴出物の特徴は, つぎのとおりである。

1) 屈斜路火山

2・3の例外をのぞき, 全体として, 知床—阿寒火山列の火山岩の各微量元素含有量の平均値に近い。

2) アトサヌプリおよびその他の後屈斜路カルデラ火山

一般に, 屈斜路・摩周火山の噴出物の微量元素含有量

の変化傾向と一致するが、Sr, Ba のみはきわめてばらつきが大きい。

3) 摩周火山

もっとも K_2O および Ba に乏しい。その他の微量元素は、屈斜路火山等とほぼ同じである。

4) 阿寒火山および雌阿寒火山

Cu, Cr および Ni に著しく富む。とくに Cr, Ni は、他の火山岩の多くが検出限界以下であるのに反し、ここではきわめて多い。その他の元素については、知床—阿寒火山列の平均的变化傾向とはほぼ一致する。

5) 大雪火山

SiO_2 55—57% の範囲での Sr 含有量が 100—600 ppm と著しく変化する。また、知床—阿寒火山列の火山岩より Ga, Y, Pb に富み、さらに、 K_2O と Ba に富んでいる。一方、十勝火山に比べ、Cr, Ni に富む。Cr は 20—190 ppm と変化が激しい。 $V \times 1000 / FeO + Fe_2O_3$ 比が非常に高い。

6) 十勝火山

大雪火山と同様に、知床—阿寒火山列の火山岩より Ga, Y, Pb に富む。しかし、大雪火山に比べると、Sr 量の変化が規則的で、Cr, Ni が苦鉄質熔岩にも検出されず、全体として Ba が多く、かつ Ba の増加傾向が急であることなど、種々の相異がみられる。しかし、十勝熔結凝灰岩のみは、他の珪長質岩に比べ、 K_2O に富むにもかかわらず、Ba, Pb に乏しい。

2. 知床—阿寒火山列と、大雪—十勝火山列の火山岩の微量元素含有量を比較すると、もっとも顕著な相異が、Ba, Pb についてみられる。大雪—十勝火山列では一般に K_2O に富み、これにともなって Ba, Pb 量が多い。

3. 知床—阿寒火山列では、西南北海道の那須火山帯の岩石と同様に、ピジオン輝石質岩系の岩石が、紫蘇輝石質岩系よりも V に富む。しかし、大雪—十勝火山列では、大部分の岩石が紫蘇輝石質岩系であるのにもかかわらず、V に比較的富み、知床—阿寒火山列の同岩系とは性質を異にしている。

参考文献

- 安藤 重幸 (1969), 北海道第四紀火山岩の岩石化学, とくに微量元素についての研究. 北海道大学修士論文 (手記).
- (1971), 北海道第四紀火山噴出物中の微量元素, その 1, 西南北海道の第四紀火山噴出物について岩鉱, **66**, 213-227.
- 勝井 義雄 (1950), 雌阿寒火山の地質および岩石. 北大卒論 (北大保存手記)
- (1951), 雌阿寒火山の地質. 北地要報, No. 16, 7-16.
- (1955), 摩周火山の地質と岩石. 地質雑, **61**, 481-495.
- (1958), 阿寒・屈斜路火山群. 地球科学, No. 39, 19-29.
- (1959), 北海道の第四紀火山噴出物の化学成分. 北地要報, No. 38, 27-47.
- , 高橋 俊正 (1960), 大雪—十勝火山列の熔岩の化学成分について. 岩鉱, **44**, 142-151.
- Katsui, Y. (1961), Petrochemistry of the Quaternary volcanic rocks of Hokkaido and surrounding areas. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV, **11**, 1-58.
- 勝井 義雄 (1962), 5 万分の 1 地質図幅「屈斜路湖」, 同説明書. 北海道開発庁.
- Katsui, Y. (1963), Evolution and magmatic history of some krakatoan calderas in Hokkaido, Japan. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV, **11**, 631-650.
- 勝井 義雄他 7 名 (1963), 十勝岳 1962 年の噴火. 岩鉱, **49**, 213-226.
- , 佐藤 博之 (1963), 5 万分の 1 地質図幅「藻琴山」, 同説明書. 北海道開発庁.
- , 高橋 俊正・土居 繁雄 (1963), 5 万分の 1 地質図幅「十勝岳」, 同説明書. 北海道開発庁.
- 佐藤 博之 (1965), 5 万分の 1 地質図幅「阿寒湖」, 同説明書, 地質調査所.
- Takahashi, T. (1964), Geological and petrological study of the southwestern part of the Daisetsu-Tokachi volcanic chain. Kumamoto Jour. Sci., Ser. B, **6**, 1-42.