鳥海火山帯熔岩の化学成分

勝 井 義 雄*

(昭和 28 年 3 月 17 日 札幌支部大会にて講演, 昭和 29 年 1 月 15 日受理)

Chemical Compositions of the Lavas from the Chôkai Volcanic Zone, Japan

(Résumé)

Yoshio KATSUI

In this paper, the chemical compositions of the lavas from the Chôkai volcanic zone along the inner arc of the Japanese Islands is described.

The Chôkai volcanic zone includes volcanoes of Oshima-ôshima, Iwaki, Kanpû, Chôkai, Gassan and Yudonosan, which are characterized by the common occurrence of hornblende in lavas. The lavas vary from augite-olivine basalt to hypersthene-biotite-hornblende dacite and range from 48.89 % to 66.98 % in silica content.

The most outstanding chemical characteristic of the lavas is the richness in alkalis, especially in K_2O , also the undersaturation in silica in most of basic lavas. The alkali-lime index is about 60, indicating an alkalic content greater than that of the average Japanese effusive rocks (63.7). The ratios of Fe_2O_3/FeO , total FeO/MgO , CaO/Na_2O+K_2O and Na_2O/K_2O are representative of those of hornblende-bearing lavas from Japan. Qz and $al-alk$ of NIGGLI's values are low, and $c-(al-alk)$, k and mg are high, while normative Or , En and Wo are high, and Q and An are low. Such chemical characteristics are closely related to modal compositions.

A striking similarity in the chemical characteristics is found between the lavas of the Chôkai and the Daisen zones, showing a contrast to those of the Nasu zone and Izu-Hakone region. It may be concluded that lavas of the Chôkai zone have an intermediate character between the extremely calcic rock suite of the Nasu zone and alkalic rock suite of the Circum-Japan Sea province, not only from their geographical distributions but also from their petrographical characteristics.

I. 緒 言

本邦火山の熔岩の化学成分は、各火山帯毎にかなり詳細に知られているが、北日本内周の諸火山——渡島大島・岩木山・寒風山・鳥海山・月山・湯殿山——等を含む鳥海火山帯の資料は極めて乏しく、古くは僅か寒風山に關するもののみが知られていたに過ぎない。

其後 1952 年筆者は渡島大島の熔岩 4 種の化学成分¹⁾を報告したが、最近更に岩木山の熔岩を石川俊夫博士、鳥海山の熔岩を橋本誠二學士、月山及び湯殿山の熔岩を今田正學士よりそれぞれ與えられたので、これらの熔岩の化学分析を行う機会を得た。本文ではこれらの分析値を報告すると共に、従來の寒風山及び渡島大島の資料を合せ、鳥海火山帯の化学成分上の大體の傾向を考察して見た。

御指導を賜つた北海道大學石川俊夫教授、貴重な標本を御惠與下さつた上記諸先生・先輩に厚くお禮申上げる。なお本研究の一部には文部省科学研究費を使用したことを明記して感謝する。

II. 熔岩の化学成分

岩木山²⁾及び鳥海山³⁾の調査が行われてのち、1917 年小藤文次郎⁴⁾は渡島大島・小島・岩木・寒風・森吉・鳥海・月山等の諸火山を一括して内帯火山列の北部(鳥海火山帯)とした。1928 年津田秀郎⁵⁾は、当時の教科書につ

* 北海道大學理學部地質學礦物學教室
地質學雜誌 第 60 卷 第 704 號 1954 年 5 月

べられた寒風火山帯を否定し、岩木・寒風・鳥海等の諸火山がしばしば角閃石を含む特性をもつて鳥海火山帯とし、森吉火山を除いている。

翌年神津俊祐・渡辺万次郎⁶⁾によつて鳥海火山帯は輝石安山岩を主とする火山帯とされたが、当時までの文献及びその後の渡島大島⁷⁾・岩木山⁸⁾・寒風山¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾等の研究や、月山及び湯殿山*の資料でも、しばしば角閃石を含む熔岩の伴つていることが報告されている。更に石川俊夫¹⁴⁾は本火山帯熔岩に、しばしば角閃石と橄欖石が相伴うものがあることに注意し、それらが混成作用を行つたものであることを述べている。

従来迄の文献及び筆者の検鏡によれば、鳥海火山帯の熔岩は玄武岩より石英安山岩に至るまで各種の岩石を含んでいるが、それらの鉱物成分は次の如くである。

玄武岩は斑晶として斜長石・橄欖石・普通輝石及び磁鉄鉱を含み、石基は斜長石・普通輝石・橄欖石・磁鉄鉱・アノソクレース及び磷灰石等より成り、珪酸鉱物は殆んど認められない。安山岩類は非常に変化に富み、鉱物組成も複雑で、斑晶は通常斜長石・紫蘇輝石・普通輝石及び磁鉄鉱が主成分となり、この外屢々褐〜赤褐色角閃石及

第 1 表 鳥海火山帯熔岩の化学成分

wt %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	48.89	49.90	51.18	52.63	52.87	54.25	55.24	55.56	55.76	60.62	61.72	63.74	66.98
TiO ₂	1.02	1.09	.69	.63	1.01	—	.71	.61	.81	.84	.37	.34	.44
Al ₂ O ₃	15.00	16.05	20.25	17.15	15.54	19.67	17.42	18.28	13.86	16.28	17.71	15.63	15.48
Fe ₂ O ₃	2.92	5.03	3.45	3.87	5.01	8.64	3.82	2.46	6.82	2.79	1.12	3.58	2.69
FeO	6.41	5.55	5.32	5.92	5.99	—	4.79	5.11	3.57	4.32	4.33	2.97	2.21
MnO	.25	.14	.20	tr.	.13	tr.	.13	.19	tr.	.11	.10	.09	.07
MgO	10.60	7.03	5.63	3.63	5.17	3.86	4.03	4.05	3.32	2.95	1.83	2.55	.98
CaO	10.91	10.51	9.28	8.79	8.61	8.68	7.91	8.57	7.44	5.78	5.19	5.40	2.49
Na ₂ O	1.95	2.15	3.06	5.03	3.64	2.99	4.21	2.67	5.63	3.49	3.21	3.79	4.75
K ₂ O	1.13	1.92	1.57	1.30	1.38	1.43	1.70	1.80	1.45	2.16	3.28	1.59	2.92
P ₂ O ₅	.05	.23	.33	.38	.11	—	.33	.22	.24	.25	.20	.20	.24
H ₂ O(+)	.64	.26	.53	} .83*	.29	} .82*	.38	.62	} 1.36*	.30	.83	.34	.59
H ₂ O(-)	.12	.06	.22		.27		.30	.13		.13	.16	.35	.32
Total	99.89	99.92	101.71	100.16	100.02	100.34	100.97	100.27	100.26	100.02	100.05	100.57	100.16
分析者	勝井	勝井	宮崎	(大橋)	勝井	地調	宮崎	勝井	(大橋)	勝井	勝井	勝井	勝井

* Ignition loss

1. 普通輝石・橄欖石玄武岩（渡島大島，ヤマセドマリ；西山外輪山熔岩）文献：勝井義雄¹⁾
2. 橄欖石・普通輝石玄武岩（渡島大島，ヤケクブレ岬；西山中央火口丘熔岩）文献：勝井義雄¹⁾
3. 含紫蘇輝石・橄欖石・普通輝石安山岩（寒風山；第二火口熔岩）文献：宮崎政三¹²⁾
4. 含褐色角閃石・橄欖石・輝石安山岩（寒風山；第一火口熔岩）文献：大橋良一¹¹⁾
5. 橄欖石・普通輝石・紫蘇輝石安山岩（月山；初期熔岩）新発表
6. 輝石（普通輝石・紫蘇輝石）安山岩（寒風山，五里合村鮎川；第一期熔岩）文献：千谷好之助¹⁰⁾
7. 普通輝石・紫蘇輝石安山岩（寒風山；第一火口熔岩）文献：宮崎政三¹²⁾
8. 含橄欖石及赤褐色角閃石・普通輝石・紫蘇輝石安山岩（渡島大島，アイ泊；西山外輪山熔岩）文献：勝井義雄¹⁾
9. 褐色角閃石・輝石安山岩（寒風山北方 450 m，地下 1120 m）文献：大橋良一¹¹⁾
10. 普通輝石・紫蘇輝石安山岩（鳥海山；新山 F-ム熔岩）新発表
11. 赤褐色角閃石・普通輝石・紫蘇輝石安山岩（渡島大島，アイ泊；東山下部熔岩）文献：勝井義雄¹⁾
12. 含石英・橄欖石及び角閃石・普通輝石・紫蘇輝石安山岩（岩木山；中央火口丘熔岩）新発表
13. 紫蘇輝石・黒雲母・角閃石・石英安山岩（湯殿山；F-ム熔岩）新発表

* 今田正學士よりの私信による

び橄欖石を含み、稀に石英を伴う。石基鉱物は斜長石・普通輝石・紫蘇輝石・クリストパル石・アノソクレーヌ・磁鉄鉱等より成り、通常ガラスを伴う。石英安山岩は斑晶として斜長石・褐色角閃石・黒雲母・紫蘇輝石・石英を含み石基は斜長石・クリストパル石・鱗珪石・アノソクレーヌ・磁鉄鉱及びガラスより成る。

寒風山 5 ケ、渡島大島 4 ケの熔岩の化学成分に、新たに分析した岩木山・鳥海山・月山及び湯殿山の熔岩の資料を加え、これらを珪酸量の増加に従つて第 1 表に示した。

第 1 表の鳥海火山帯熔岩の化学成分は、この火山帯に現われる各種の岩石を含み、珪酸量にして 48.89 % ~ 66.98 % まで極めて変化にとむ。本邦火山岩の平均値¹⁵⁾に比較すれば、一般にアルカリ、特に K_2O に著しくとみ、 CaO に乏しく、基性岩では MgO にとむこと等が直ちに氣付かれる。しかし DALY¹⁶⁾ の玄武岩—安山岩—石英安山岩の世界平均値に比較すれば、著しい差異は認められない。

種子田定勝¹⁷⁾は、本邦の火山岩において普通角閃石の存在に關係深い化学成分上の特徴として Fe_2O_3/FeO 大、總 FeO/MgO 小、 $CaO/Na_2O + K_2O$ 小、 Na_2O/K_2O 小等の傾向を指摘しているが、第 1 表の化学分析値も多くはこれらを満足している。

珪酸量を横軸に、他の酸化物を縦軸にとつて變化圖(第 1 圖)を作つてみると、PEACOCK のアルカリ-石灰指數は略 60 となり、本邦火山岩の指數(63.7)¹⁵⁾よりはるかに低く、那須火山帯の有珠火山(65.5)¹⁵⁾や十和田火山(65.1)¹⁷⁾、更に北伊豆・箱根地方(66.4)¹⁷⁾よりも著しく低く、同じ内周火山帯の大山火山帯の三瓶・青野・四熊火山(58)¹⁷⁾兩子火山(62)¹⁷⁾及び雲仙火山(63)¹⁷⁾にむしろ近い。環太平洋域では Medicine Lake High Land(60.0)¹⁹⁾、Crater Lake(61.5)²⁰⁾に近似している。

第 1 圖 酸化物變化圖

III. ノルム値及びニグリ値による考察

第 1 表よりノルム及びニグリ値を計算して第 2・3 表に夫々示した。これから 6 種の圖(第 2~7 圖)を作成したが、これらには比較の爲に大山火山帯の三瓶²¹⁾・兩子²²⁾及び雲仙火山²³⁾、那須火山帯の樽前²⁴⁾・有珠¹⁸⁾及び十和田火山²⁵⁾更に富士火山帯の伊豆・箱根地方の火山岩²⁶⁾の資料も同時に示した。

ニグリ値において著しい特性は、鳥海帯熔岩の qz が一般に本邦熔岩に比して低いことであつて、特に玄武岩及び基性安山岩では珪酸に不飽和となつてゐることである。第 2 圖のニグリ qz 變化圖をみれば、更にこのことが明瞭に示され、那須帯の火山や伊豆・箱根よりも例外なしに低く、同じ日本内周の大山帯の火山と傾向を同じくしている。この様なことは同様にノルム Q についてもあてはまる。鳥海帯の qz や Q の低いことは、モードで一般に斑晶石英を含むことが少なく、基性岩では橄欖石にとみ石基にも珪酸礦物に乏しいことに現われている。

次にノルム長石(第 3 圖)についてみると、那須帯の火山及び伊豆・箱根では Or に乏しく、 An にとむのに反し、鳥海帯では著しく Or にとみ、 An には乏しいという逆の特性がみられる。鳥海帯では Or 10 % 以下のものではなく、また最も An にとむ玄武岩(SiO_2 49 % ±)でも斜長石成分は、

第 2 表 ノ ル ム 値

Norms	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Q	-4.4	-0.7	-1.4	-2.1	5.4	8.6	2.9	8.3	3.1	15.0	14.1	20.8	21.7
Or	6.7	11.1	9.4	7.7	8.3	8.3	10.0	10.6	8.6	12.8	19.5	9.5	17.2
Ab	16.8	18.3	26.2	42.5	30.9	25.2	35.6	22.5	47.6	29.3	27.3	32.0	40.4
An	28.6	27.6	36.7	20.4	21.7	36.0	23.6	32.5	8.3	22.5	24.2	20.9	9.5
Wo	10.7	9.3	3.1	8.7	8.5	9.9	5.8	3.5	11.4	1.9	.3	2.1	.6
En	26.5	17.6	14.1	9.7	12.9	9.7	10.1	10.1	8.3	7.4	4.6	6.4	2.5
Fs	8.2	4.4	6.1	6.6	5.3	—	4.8	6.9	—	4.5	5.7	2.0	1.2
Ap	.0	.7	.6	.5	.3	—	.6	.7	.2	.7	.5	.3	.7
Mt	4.2	7.2	5.1	5.6	7.2	—	5.6	3.5	9.9	3.9	1.6	5.1	3.9
Il	2.0	2.3	1.4	1.2	2.1	—	1.4	1.2	1.1	1.7	.8	.6	.9
Hm	—	—	—	—	—	8.6	—	—	—	—	—	—	—
wt% { Or	12.8	19.5	13.0	10.8	13.6	12.0	14.5	16.2	13.2	19.8	27.4	15.4	25.6
Ab	32.2	32.1	36.2	60.3	50.6	36.2	51.5	34.3	73.8	45.4	38.4	51.2	60.2
An	55.0	48.4	50.8	28.9	35.8	51.8	34.0	49.5	13.0	34.8	34.2	33.4	14.2
wt% { Wo	23.1	29.7	13.4	34.8	31.8	50.5	28.0	17.1	57.8	13.7	2.8	20.0	13.9
En	59.3	56.2	60.5	38.8	48.3	49.5	48.8	49.2	42.2	53.7	43.4	61.0	58.1
Fs	17.6	14.1	26.1	26.4	19.9	—	23.2	33.7	—	32.6	53.8	19.0	28.0

第 3 表 ニ グ リ 値

Niggli's	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
si	104.5	116.0	123.0	137.0	134.3	147.0	149.8	154.6	156.5	197.3	216.6	222.6	281.8
al	18.8	22.0	28.5	26.0	23.2	31.5	27.3	29.9	23.0	31.3	36.6	32.1	38.4
fm	50.5	44.1	38.0	34.5	42.1	33.5	35.3	34.2	37.0	33.2	25.4	31.4	23.0
c	25.0	26.2	24.0	24.5	23.5	25.0	22.9	25.5	22.0	20.1	19.5	20.1	11.4
alk	5.7	7.7	9.5	15.0	11.2	10.0	14.0	10.4	18.0	15.4	18.5	16.4	28.2
k	.27	.36	.26	.15	.20	.25	.21	.31	.14	.29	.40	.23	.29
mg	.66	.55	.54	.41	.47	.47	.46	.49	.44	.44	.38	.43	.27
al-alk	13.1	14.3	19.0	9.0	11.0	21.5	13.3	19.5	5.0	15.9	18.1	15.7	10.2
alk/al-alk	.43	.54	.50	1.67	1.02	.47	1.04	.53	3.60	.97	1.02	1.04	2.76
c-(al-alk)	11.9	11.9	5.0	15.5	12.5	3.5	9.6	6.0	17.0	4.2	1.4	4.4	1.2
ti	1.6	2.0	1.5	1.4	2.1	—	1.5	1.3	1.6	2.1	1.0	.8	1.5
p	.0	.3	.3	.4	.2	—	.3	.3	.3	.4	.2	.2	.5
qz	-18.3	-14.8	-15.0	-23.0	-10.5	7.0	-6.2	12.6	-15.5	35.7	43.0	57.0	69.0

An 63 以下である。このことは那須帯の火山や伊豆・箱根の多くが Or 10 %以下であり、また中性岩を主とする樽前熔岩が斜長石に An 63 を越えるもののがかなりあることに比較して、著しい特徴と言わねばならない。かような鳥海帯の特性はまたこゝでも大山帯の火山とよく一致している。この鳥海帯の化学的特徴は、既に久野久⁷⁾が渡島大島で記載している如く、石基にアルカリ長石が存在することと符合し、これに反して那須帯や伊豆・箱根では一般に斜長石の An 成分にとみ、甚だしい場合では灰長石²⁷⁾さえ含まれるという事実ともよく符合する。

次にノルム輝石を計算して第 4 圖に示した。これによれば鳥海帯は一般に Wo・En にとみ、那須帯の火山では一般に Wo 低く、C の算出されるもののがかなり多い。大山帯の火山では、かなり散點し、黒雲母にとむものでは C の算出をみるものもあるが、一般には Wo・En にとむ傾向がうかゞ

● Chōkai zone; Daisen zone (○ Same, ○ Butago, ○ Unzen);
Nasu zone (□ Tarumai, □ Ugu, △ Towada); + Idzu & Hakone

第 2 図 =グリ qz 値変化図

● Chōkai zone; Daisen zone (○ Same, ○ Butago, ○ Unzen);
Nasu zone (□ Tarumai, □ Ugu, △ Towada); + Idzu & Hakone

第 3 図 ノルム 長石

● Chōkai zone; Daisen zone (○ Same, ○ Butago, ○ Unzen);
Nasu zone (□ Tarumai, □ Ugu, △ Towada); + Idzu & Hakone

第 4 図 ノルム 輝石

われる。玄武岩・輝石安山岩類を主とする伊豆・箱根ではCの算出されるものはないが、Wo は餘り高くなく、むしろ Fs にとむ。

鳥海帯がノルムで Or にとみ、An に乏しければ、=グリ値では *al-alk* が低く出る筈である。第5圖にはこの関係が明瞭に示され、その傾向は大山帯の火山と同様に低い。

また上のことと Wo の高いことは =グリ値の *c-(al-alk)* の高いことを意味し、この関係も第6圖に明瞭に表わされており、大山帯の火山と同様に高く示されている。

ノルムにおいて Or・En が大であれば、=グリ値の *k・mg* は共に大きく出る筈である。第7圖にはこのことが明瞭に示され、大山帯の火山と共に高く、圖の右上部を占めている。

IV. 鳥海火山帯熔岩の化学成分上の特性

未だ充分な資料に乏しいが、鳥海火山帯の熔岩はアルカリ、特に K_2O にとみ、アルカリ-石灰指數は略 60 で低く、各化学成分間の比は本邦の角閃石を含む火山岩類と同じ傾向を示していることが判つた。更にノルム値では Q 低く、Or にとみ An に乏しく、Wo・En にとむ傾向がみられ、=グリ値では *qz* 及び *al-alk* 低く、*k・mg* 及び *c-(al-alk)* の高いことが示された。これらの諸性質はモードにもよく現われている様である。

以上の鳥海帯の特性は、勿論寒風火山の資料について石川俊夫²⁸⁾・種子田定勝¹⁷⁾が述べていることと略一致するものであり、また一般に大山帯の火山と同様な傾向を示すが、伊豆・箱根地方や那須帯の火山とは著しく性質を異にしている。

● Chōkai zone; Daisen zone (○ Sambe, ● Hatago, ● Unzen);
Nasu zone (□ Tarumai, ■ Usa, △ Towada); + Idzu & Hakone

第 5 圖 = グリ $al-alk$ 値變化圖

● Chōkai zone; Daisen zone (○ Sambe, ● Hatago, ● Unzen);
Nasu zone (□ Tarumai, ■ Usa, △ Towada); + Idzu & Hakone

第 6 圖 = グリ $c-(al-alk)$ 値變化圖

● Chōkai zone; Daisen zone (○ Sambe, ● Hatago, ● Unzen);
Nasu zone (□ Tarumai, ■ Usa, △ Towada); + Idzu & Hakone

第 7 圖 = グリ $k-mg$ 比

更に鳥海帯と環日本海岩石区²⁹⁾との間には、化学成分上 K_2O にとむことや、玄武岩が弱アルカリの不飽和岩であること等の類似性が認められる。従つて種子田定勝¹⁷⁾も指摘している様に、鳥海帯（及び大山帯等の内周火山帯）が、地理學的配列の上からばかりでなく、化学成分上からも、著しく calcic な那

須帯と alkalic な環日本海岩石区との間に入ることは、岩石成因論上重要な意味をもつものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 勝井義雄: 北海道地質要報, 20, 6, 1952
Y. KATSUI: Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. IV, 8, 253~254, 1953
- 2) 八谷彪一: 震災豫防調査會報告, 48, 1~51, 1905
- 3) 中島欽三: 同上, 52, 1~32, 1906
- 4) B. Korô: Jour. Geol. Soc. Tokyo, 23, 1~13, 1917
- 5) 津田秀郎: 地理教育, 9, 25~31, 1928
- 6) 神津淑祐・渡邊萬次郎: 岩礦, 1, 25~28, 78~84, 1929
- 7) 久野 久: 地質學雜誌, 43, 392~393, 1936
- 8) 石川俊夫・高安昌明: 地質學會第 55 年總會講演, 1948
- 9) 石川俊夫: 地質學雜誌, 55, 150, 1949
- 10) 千谷好之助: 地學雜誌, 37, 436, 1925
- 11) 大橋良一: 地質學雜誌, 38, 285~288, 1931
- 12) 宮崎政三: 東大卒論 (手記), 1937
- 13) 櫻庭弘三: 北大卒論 (手記), 1948
- 14) 石川俊夫: 地質學雜誌, 57, 293, 1951
- 15) 種子田定勝: 地質學雜誌, 58, 517~521, 1952
- 16) R. A. DALY: Igneous Rocks and Their Origin, 15~17, 1914

- 17) 種子田定勝: 九大理學部研究報告, 地質, **3**, 55~75, 1951
- 18) 八木健三: 岩礦, **33**, 3~17, 1949
- 19) C. A. ANDERSON: Univ. California Publ. Bull. Dept. Geol. Sci., **25**, 401, 1941
- 20) H. WILLIAMS: Bull. Geol. Soc. Am., **46**, 253~304, 1935
- 21) 神津倣祐・吉本文平: 東北大理報, III. **3**, 184, 1929
- 22) 河野義禮: 岩礦, **18**, 196~197, 1937
- 23) 本間不二男他: 火山, **3**, 111, 1936
- 24) T. ISHIKAWA: Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. IV, **8**, 110~112, 1952
- 25) 河野義禮: 岩礦, **22**, 237, 1939
- 26) 久野 久: 火山, **3**, 55, 1936
- 27) T. ISHIKAWA: Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. IV. **7**, 339~354, 1951
- 28) 石川俊夫: 地質學會札幌支部 = ヌ = ス, **4**, 14, 1947
- 29) T. TOMITA: Jour. Shanghai Sci. Inst., Sect. II, **1**, 227~306, 1935