研究報 文

2, 3 の斑晶灰長石及び含灰長石塩基性火山岩類について*

Some anorthite bearing basic volcanic rocks in Japan

河 野 義 礼 (Yoshinori Kawano)**

青 木 謙一郎 (Ken-ichiro Aoki)**

Abstract: In the lavas of Kayodake, Komagatake and Iwate volcanic groups of the Nasu volcanic zone in the north-eastern Japan, there are many basalts and basic andesites which contain much large plagioclase phenocrysts (up to 2cm.) of anorthitic composition (An 95). Particularly the lowest lava of the Kayodake volcanic group contains plagioclase phenocrysts more than 43 per cent in volume; therefore its Al_2O_3 and CaO contents attain to 23.74 and 12.34 per cent, respectively. Its chemical composition resembles to that of anorthositic gabbro or kenningite.

Regarding to the Al_2O_3 , this is probably highest value ever reported in the world in the effusive form. It is considered that the origin of such lavas of abnormal composition should be attributed to the floating up of anorthite crystals and to the sinking down of olivine and pyroxene crystals formed in the early stage.

1. ま え が き

筆者の一人河野は秋田県荷葉岳火山調査の際、その最下部を構成する熔岩に灰長石 (An95) の最大 2cm に達する斑晶が異常に多量に存在しているものを見出した。灰長石の大きい斑晶が比較的多量に存在している熔岩は荷葉岳に限らず、隣接する駒ヶ岳及び岩手火山の一部にも産出する。文献によればこの種の灰長石を多量に含む熔岩は、本邦の主として那須火山帯、千島火山帯及び富士火山帯の第四紀火山岩及び同帯に平行な第三紀の火山岩の一部に限り産出し、日本の他の地域にもまた世界の他の火山にも産出の例は非常に少ない様である。

従来本邦に於てこの種の産状の灰長石の鉱物学的研究は数多く行なわれ、かつその成

* 1959年1月 岩鉱学会総会講演

** 東北大学理学部岩石鉱物鉱床学教室

因についても種々議論されている¹⁻⁶⁾。しかしながらこの様な灰長石の含有量やその岩石の総化学組成について吟味されたものは甚だ少ない。筆者等は この様な 異常な岩石即ち斑晶灰長石を最高何 % 迄含んだ熔岩が天然に実在するか又深成斜長岩にどの程度近似したものが火山岩として実在するか等を検するため荷葉岳熔岩について 斑晶斜長石の 量を測定し、その熔岩の化学分析を行なつた。実験の結果荷葉岳の熔岩は 今迄世界で知られている火山岩中、最も Al_2O_3 及び CaO に富む熔岩と思われるのでここに報告し、かつその成因の議論をも試みた。

Table 1. Chemical compositions and optical properties of anorthites

	1	2	3	4
SiO_2	43.15	43.13	44.49	43.65
Al_2O_3	36.05	35.87	36.00	36.27
Fe_2O_3	0.83	0.45	0.08	0.79
FeO	nd	0.29	nd	nd
MgO	tr	0.08	0.04	tr
CaO	19.05	19.27	19.49	19.18
Na_2O	0.53	0.65	0.59	0.59
K_2O	0.01	0.05	0.03	0.04
H_2O^+	0.17	0.63	nd	nd
H_2O^-	0.33	0.35	nd	nd
Total	100.12	100.77	100.72	100.52
An %	95.4	94.3	94.9	94.8
α	1.575	1.5748*	1.5748*	1.5749*
β	1.583	1.5828	1.5828	1.5829
γ	1.588	1.5880	1.5880	1.5881
$2V_\alpha$	79°	78°	77°	79°

1. Phenocryst in olivine bearing hypersthene basalt, Tazawa-zawa, Kayo-dake volcano. Analyst, K. Aoki.
2. Crystal lapilli erupted in 1940, Miyake-zima volcano. Analyst, Y. Kawano.⁷⁾
3. Crystal lapilli erupted in 1874, Miyake-zima volcano. Analyst, H. S. Washington.⁸⁾
4. Phenocryst in augite hypersthene basalt, Mitaki, Sendaicity. Analyst, K. Aoki.

* Optical properties are determined by I. Kato.⁷⁾

- 1). 神津倭祐：地調報告，15，37~64，1909；地質，17，1~7，49~56，85~91，283~294，1910；Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. 2, 2, 7~33, 1914；地球，7，378~386，440~448，1927；8，247~264，1928.
- 2). 坪井誠太郎：Jour. Coll. Sci. Tokyo Univ., 43, Art 6, 1~146, 1920；震研彙報，6，131~138，1928.
- 3). 原田準平：火山，2，327~349，1936.
- 4). Ishikawa, T. : Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. 4, 7, 339~354, 1951.
- 5). 勝井義雄：地質，61，481~495，1955.
- 6). 太田良平：岩鉱，42，104~114，191~202，1958.
- 7). 神津倭祐・加藤磐雄：岩鉱，26，127~146，1941.
- 8). Kozu, S. : 前出，1914.

2. 灰長石の化学組成と光学的性質

灰長石の光学的性質及び化学組成は従来既に多くの学者により測定研究されている。筆者等の研究した荷葉岳、三宅島及び仙台市三滝(再分析を行なった)産のものは Table 1 の如くである。表の如く、これらの化学組成及び光学的性質は極めて類似し、又他産地のものとも略一致している。

3. 灰長石母岩の性質

a. 荷葉岳……秋田県荷葉岳の下部を構成する灰長石玄武岩は肉眼的には灰色粗鬆であり、比較的空隙に富む部分もある。自形灰長石斑晶が多量に存在し、最大 2cm に達する。しかしながら有色鉱物の斑晶は認められない。鏡下において観察すると斑晶として多量の灰長石とごく少量の橄欖石及び紫蘇輝石が認められ、又磁鉄鉱を含むものもある。斜長石は長さ 1~7mm、時に 2cm にも達する自形結晶であり、すべて聚片双晶をなす。果帯構造は中心部 (An95) においては認められないが、外縁部においてやや著しい (An 80~72)。紫蘇輝石 (Fs32) は 0.4~1.2mm の短柱状自形結晶であり、ビジオン輝石の反応縁によつて包まれている。橄欖石は 0.2mm 以下のやや丸味を帯びた自形結晶である。

石基は中粒~細粒完晶質であり、構成鉱物は斜長石、クリストバル石、ビジオン輝石、普通輝石、磁鉄鉱、チタン鉄鉱である。尻高沢の熔岩は石基に相当量の褐色ガラスを含んでいる。

b. 駒ヶ岳火山群高倉山……肉眼的には青灰色粗鬆の岩石であり、0.5~1.5cm の斜長石斑晶が多量に存在し、又 2~5mm の橄欖石、輝石の斑晶も少量認められる。鏡下で観察すると、斑晶として斜長石、橄欖石、紫蘇輝石及び普通輝石が認められる。斜長石は 0.5mm 以上の柱状~短柱状自形結晶であり、通常聚片双晶をなす。果帯構造は中心部においては殆んど認められないが、外縁部においてやや著しい。稀に橄欖石と普通輝石の包有物を含む。この橄欖石は橄欖石団塊の橄欖石にしばしば見られる様な帯状構造を示すが、これは注目すべき事である。橄欖石は 1.5mm 以下の半自形結晶であり、通常紫蘇輝石斑晶により、又時々ビジオン輝石の反応縁によつて包まれている。結晶外縁はイディングス石に変質している。紫蘇輝石は 0.4~0.6mm の柱状自形結晶であり、ビジオン輝石の反応縁によつて包まれている。稀に普通輝石の包有物を含む。普通輝石はやや丸味を帯びた通常 2mm 以下、短柱状自形結晶であるが稀には 4mm にも達する。しばしば (100) を接合面とする双晶をなし、反覆していることもある。稀に橄欖石の包有物が認められる。石基は細粒完晶質であり、構成鉱物は斜長石、クリストバル石、ビジオン輝石、普通輝石、磁鉄鉱及びチタン鉄鉱である。

c. 仙台市三滝……肉眼的には黝黒色緻密の岩石であり、多量の斜長石 (最大 3cm) と少量の輝石斑晶が認められる。鏡下で観察すると斑晶として斜長石、紫蘇輝石、普通輝石が認められ、石基は中粒完晶質であつて斜長石、クリストバル石、ビジオン輝石、普通輝石、磁鉄鉱、チタン鉄鉱及び燐灰石より成る。くわしい記載は根本¹⁾によつて行な

1) 根本忠寛：岩鉱, 4, 17~28, 1930.

れているので省略する。

d. 三宅島 1940 年噴火スコリア…… 1940 年 7 月噴火の際、灰長石結晶弾と共に噴出したスコリアは肉眼的には黒色多孔質であり、1 mm 以下の斜長石が少量点在している。鏡下において観察すると少量の斜長石 (1mm 以下)、橄欖石 (1mm 以下) と普通輝石 (0.8mm 以下) 斑晶が認められる。

Table 2. Chemical compositions of anorthite bearing volcanic rocks, anorthositic gabbro and kenningite.

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	47.53	50.40	50.96	52.57	49.71	50.14	48.53	52.13
TiO ₂	0.71	0.78	0.77	1.41	0.73	0.50	2.05	0.50
Al ₂ O ₃	23.73	21.90	19.20	15.76	21.30	19.48	24.33	24.15
Fe ₂ O ₃	5.22	4.04	2.53	4.80	3.30	4.34	1.77	0.90
FeO	3.93	5.19	7.50	7.71	5.97	6.69	4.60	3.34
MnO	0.15	0.11	0.12	0.22	0.20	0.24	0.06	—
MgO	2.37	2.29	5.03	4.50	2.80	3.83	1.65	2.42
CaO	12.34	11.75	10.54	9.36	12.59	10.98	11.59	10.36
Na ₂ O	1.89	2.27	2.06	2.32	1.58	1.46	2.62	4.31
K ₂ O	0.13	0.43	0.15	0.51	0.45	0.20	0.30	1.25
H ₂ O +	0.95	0.49	0.59	0.65	1.08	0.75	1.61	—
H ₂ O -	0.85	0.39	0.64	0.58	0.75	1.22	0.53	0.60
P ₂ O ₅	0.07	0.10	0.10	0.21	0.24	0.14	0.16	0.03
Total	99.87	100.14	100.19	100.60	100.70	99.97	99.80	100.13*
Phenocrysts								
Plagioclase	43.1	42.4	29.4	n. d.	44.8	33.7		
Olivine	0.0	0.0	0.7		—	—		
Hypersthene	0.8	0.5	6.0		+	6.6		
Augite	—	—	3.1		+	0.6		
Magnetite	—	0.0	—		—	—		
Groundmass	56.1	57.1	60.8		55.2	59.1		

* Rest 0.05%

1. Olivine bearing hypersthene basalt, Tazawa-zawa, Kayodake volcano, Akita Prefecture. Analyst, K. Aoki.
2. Olivine bearing hypersthene basalt, Shiritaka-zawa, Kayodake volcano. Analyst, K. Aoki.¹⁾
3. Olivine augite hypersthene basalt, Yunosawa, Takakura-yama, Komagatake volcanic group, Iwate Prefecture. Analyst, K. Aoki.
4. Olivine basalt, lapilli erupted in 1940, Miyake-zima volcano. Analyst, Y. Kawano.
5. Augite hypersthene basalt, Mitaki, Sendai city. Analyst, T. Nemoto.²⁾
6. Augite hypersthene basalt, Mitaki, Sendai city. Analyst, K. Aoki.
7. Anorthositic gabbro, Hokusemmen, Kato-gun, Keisho-nando, Korea. Analyst, Y. Kawano.³⁾
8. Kenningite, Sweden.⁴⁾

1) 河野義礼・青木謙一郎：火山，4，49～64，1959（印刷中）。

2) 根本忠寛：岩鉱，4，68～80，1930。

3) 河野義礼・藤間峰俊：地学，45，404～412，1943。

4) Buddington, A.F.：前出，235，1939。

4. モード及び総化学組成の特性

以上述べた灰長石母岩の化学組成と構成鉱物を Table 2 に示した。荷葉岳と三滝の熔岩は約 40% に達する斜長石斑晶を含んでいるが 有色鉱物斑晶を殆んど含んでいないのが特徴である。高倉山熔岩は約 30% の斜長石の他、相当量の橄欖石、普通輝石及び紫蘇輝石斑晶を含む。三宅島の 1940 年 7 月に灰長石及び橄欖石結晶弾と共に噴出したスコリアは無斑晶に近い。

石基のモードは測定しなかつたが、荷葉岳田沢沢の熔岩のノルム長石は約 73% にも達し、極めて長石に富む岩石である事がこれからもうかがう事が出来る。

三宅島を除く他の熔岩はいづれも SiO_2 50% 前後の玄武岩質岩類であり、 Al_2O_3 、 CaO に富み、 Na_2O と K_2O に乏しい。特に荷葉岳田沢沢の熔岩は Al_2O_3 23.73% にも達し、筆者等が調べた本邦火山岩約 850、外国産火山岩約 1500 にはこの様に Al_2O_3 に富むものはなく、今日まで報告された火山岩のうち最も Al_2O_3 に富むものである。

5. 総化学組成の斑岩質斜長岩及び斜長岩との類似性

更に興味のある事は荷葉岳熔岩の総化学組成が 深成斜長岩と共存漸移する 斑岩質斜長岩や kenningite (ケニング岩)・(porphyritic dike rock of anorthosite composition) に極めて近似していることで、前者の例では筆者の一人河野が 1940 年に分析した朝鮮慶尚南道産の斑岩質斜長岩¹⁾で、後者の例は Buddington²⁾ の報告したスエーデン (Table 2) のものである。この様に深成斜長岩に近似した熔岩が存在し得る实例であつて、世界で最初のものであろう。

Table 3. Calculated groundmass compositions of the anorthite bearing volcanic rocks.

	1	2	3	4	5
SiO_2	52.0	54.9	52.3	53.5	54.5
TiO_2	1.2	1.3	1.0	1.3	0.9
Al_2O_3	15.9	13.3	15.0	15.7	14.1
Fe_2O_3	8.4	6.5	6.6	4.3	6.3
FeO	6.8	8.6	8.9	10.0	9.1
MnO	0.2	0.2	0.1	0.1	0.4
MgO	4.1	3.6	4.3	3.6	3.7
CaO	8.1	7.6	8.5	8.0	8.5
Na_2O	2.9	3.2	2.6	3.0	1.9
K_2O	0.2	0.7	0.5	0.3	0.3
P_2O_5	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
Total	99.9	100.1	99.9	99.9	99.9

1. Olivine bearing hypersthene basalt, Tazawa-zawa, Kayodake volcano.
2. Olivine bearing hypersthene basalt, Shiritaka-zawa, Kayodake volcano.
3. Olivine basalt, Umagata-zawa, Kayodake volcano.³⁾
4. Olivine augite hypersthene basalt, Yunosawa, Takakura-yama volcano.
5. Augite hypersthene basalt. Mitaki, Sendai city.

1) 河野義礼・藤間峰俊：前出，1943.

2) Buddington, A. F. : Geol. Soc. Am. Mem. 7, 1939.

3) 河野義礼・青木謙一郎：前出，1959.

Fig. 1. Composition of the groundmass of the anorthite bearing volcanic rocks plotted in a $\text{MgO}-\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ diagram. P: differentiation trend of the pigeonitic rock series of the Izu and Hakone district and Kayodake, Komagatake and Iwate volcanic groups in the Nasu volcanic zone.

6. 成因的考察

灰長石巨斑晶を含む火山岩の成因に関し、又灰長石の成因に関しては過去に於て多くの学者によつて議論されている。

この様な火山岩類は SiO_2 47~53% の玄武岩～塩基性安山岩類と 60% 前後の安山岩類に分けられる様であるが、前者がその量に於て圧倒的に多い。

筆者等が研究した荷葉岳、駒ヶ岳、岩手火山群、三宅島及び三滝の灰長石塩基性火山岩類や、八丈島、鳥島、大島、伊豆、箱根地方のものはすべてビジオン輝石質岩系に属している。すでに述べた様に荷葉岳その他の灰長石塩基性岩類はいずれも Al_2O_3 と CaO に富み、 Na_2O と K_2O に乏しい。これら熔岩の石基組成と荷葉岳灰長石玄武岩類とはほぼ同時期に流出した斑晶に乏しい(斜長石 11%, 橄欖石 2%) 玄武岩の石基組成を Table 3 に示した。Table 3 No. 1 の荷葉岳灰長石玄武岩と No. 3 の橄欖石玄武岩の石基組成がほぼ一致している事は注目すべき事である。これらの石基組成はいずれも total FeO に富み、MgO に乏しいのが特徴であり、伊豆・箱根地方ビジオン輝石質岩系無斑晶玄武岩—安山岩平均化学組成¹⁾ に類似し、 Al_2O_3 、 CaO 、 Na_2O 及び K_2O に著しい相違は認められない。

1) 久野 久：火山及び火山岩，1954.

次にこれらの石基組成を $\text{MgO}-\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 三角形図に点示するとすべて伊豆・箱根地方及び那須火山帯ビジョン輝石質岩系分化経路¹⁾²⁾ の最も鉄の濃集した区域に入り、分化作用の中期を示している。

以上の事から筆者等は 灰長石塩基性火山岩類は高温且つ粘性の低いソレーアイト質マグマからほぼ完全な平衡条件下に於てゆつくりと灰長石、橄欖石及び輝石類が晶出し、重力分化によつて有色鉱物が取去られ、灰長石が浮上したマグマの固結したものであると考える。荷葉岳田沢沢の灰長石玄武岩は最も重力分化が良く行なわれ、多量の灰長石が浮上し、一方有色鉱物が殆んど完全に取去られたものと考えられる。一方高倉山熔岩は荷葉岳のものほど充分でなかつた為相当量の有色鉱物が存在している。石川³⁾ や太田⁴⁾ は灰長石玄武岩～安山岩の成因をマグマのアルミナ質岩石の混成作用と考えているが、一方勝井⁵⁾ が摩周湖のものについて、 K_2O やノルム Wo の増加がないのでアルミナ質岩石の混成作用はあまり大きくなかつたと考えている。筆者等の研究した熔岩も同様でありノルム Wo 、 K_2O が非常に少なく、かつ総化学組成又は石基組成をみた場合、すでに述べた様に total FeO が多く MgO が少ないのは混成作用では全く説明がつかない。

しかしながら SiO_2 60% 前後の灰長石を含む安山岩類は紫蘇輝石質岩系のものであり、樽前火山はその好例である。これは石川³⁾ や太田⁴⁾ が述べている如くアルミナ質岩石の混成作用によつて生成された可能性もあるが、上記含灰長石塩基性火山岩類が花崗岩質岩類を同化しつつ分化したマグマ中に灰長石が分別されずに取残された可能性もあり、この成因については今後更に詳しい研究を行なう必要がある。

なお、この研究には文部省科学研究費（昭和 33 年度）の一部を使用した。

- 1) 久野 久：前出，1954.
- 2) 河野義礼・青木謙一郎：前出，1959.
- 3) 石川俊夫：前出，1951.
- 4) 太田良平：前出，1958.
- 5) 勝井義雄：前出，1955.