火山碎屑岩類中のジルコンに関する研究*

A study on the zircons from the pyroclastic volcanic rocks

山 本 敬 (Takashi Yamamoto)**
牛 島 和 子 (Kazuko Ushijima)**

Abstract: In this paper, the writers studied on the morphological characters of the zircon crystals from the pyroclastic volcanic rocks in Japan and obtained the following results;

i) In the pyroclastic volcanic rocks, the zircons are contained in much smaller amount than in the granitic rocks and the grain sizes are mostly very minute ranging from 0.02×0.01 mm. to 0.50×0.25 mm., and 0.10×0.05 mm. in common.

ii) The crystal tracht is characterized with Yamamoto's 'c'-type same as that from granitic rocks and rhyolites.

iii) By the I-R-U trigonal diagram of the crystal forms, it was ascertained that the rounded crystals (R) and the broken ones are remarkably contained. The above-mentioned facts lead to us that the original pyroclastic volcanic rock magma might have been contaminated or assimilated by a large amount of sedimentary rocks.

1. ま え が き

これまで火山碎屑岩類の成因については、内外多数の研究者によってくわしく研究され、議論されてきた。筆者らも今日まで当教室の数人の研究協力者とともに、北海道の洞爺、支笏、摩周および阿寒などの各カルデラ火山に由来する火山碎屑岩類をはじめとして、十和田、箱根、阿蘇、始良および阿多の各火山碎屑岩類を採集し、その中に含有されるジルコンを顕微鏡下に観察ならびに測定することにより、他の岩石類のなかに含まれるジルコンとの諸性質の差を基礎として火山碎屑岩成因論について述べたことがある。

本論文はこれまで火山碎屑岩中のジルコンについて述べてきたことに、新たに、試料を加えて一応こゝに総括を試みたわけである。

本研究に関連して試料採集をはじめ、種々の研究面で協力頂いた伊藤治雄、小吹学、当時久保正弘、森脇健および牛島照也の諸氏に深謝する。最後に本研究に要した費用の一部は文部省科学研究費によったことを明記して当局に対し厚く謝意を表する次第である。

2. 試 料

この研究においては阿蘇火山碎屑岩（主として溶結凝灰岩）を中心に、北海道の支笏、

* 1968. 10. 日本火山学会（九州大学）にて講演

** 九州工業大学開発土木教室・地質学研究室

青森県の十和田、九州南部の始良および阿多の各火山碎屑岩中のジルコンを取扱った。なお、比較のため第三紀の火山碎屑岩である緑色凝灰岩中のものも一部取扱った。筆者らはすでに北海道の洞爺、支笏および阿寒各カルデラの火山碎屑岩類も多量採集し、それらに含まれているジルコンについてのべ、九州各地方の火山碎屑岩中のジルコンについてもその結晶形態学的性質や X 線による研究結果を発表したことがあるが、ここに本邦各地の火山碎屑岩類中のジルコンについて概括する。

本研究において取扱った岩石試料は第 1 表に示すとおりである。

岩石よりジルコンを分離する方法はすでに述べた（山本，1959）のでその詳細は省くが、火山碎屑岩中に含有されるジルコンの量は花崗岩類などの場合に比較して非常に少ないので本研究に必要な程度のジルコンをうるためには、岩石試料として少くとも 20~30 kg を必要とした。岩石中より純粋なジルコンをうるためには先ず岩石をクラッシャーで 65

第 1 表 岩石試料及び採集地

試料番号	岩石名	採集地
1	溶結凝灰岩	北海道支笏湖モーラップ
2	"	十和田湖休屋
3	角礫凝灰岩	栃木県芳賀郡茂木町那須火山
4	"	" 宇都宮市大谷
5	溶結凝灰岩	大分県臼杵市深田
6	"	宮崎県延岡市南方岡元
7	"	" " "
8	"	" 東臼杵郡北方村川水流
9	"	" " " 打蕨
10	"	" 西臼杵郡日ノ影町築崎
11	"	" " " 尾村
12	"	" " 高千穂町岩戸仰慕ヶ窟
13	"	" " " 嶋戸鹿狩戸橋附近
14	"	" " " 御塩井
15	"	" " " "
16	"	" " 上野村上野
17	"	" " 五ヶ瀬町田原守河内
18	"	熊本県阿蘇郡高森町草部字山口
19	"	" " " 字柳谷
20	"	" " 阿蘇町内牧西湯ノ浦
21	"	大分県日田市夜明
22	"	" 竹田市
23	"	" "
24	"	" 津久見市
25	"	鹿児島県大口市羽月曾木滝
26	シラス	" 鹿児島市草牟田
27	"	" 枕崎市

メッシュ以下に粉碎し椀掛法を数回繰り返す、微細な結晶でも流出しないように慎重に取扱うことが大切である。ヨードメチレンなどの重液による分離法も適当な方法ではあるが、熟練すれば、岩石試料を約 500 g 程度ずつに分け、夫々について少くとも 3 回以上椀掛けを行なった方がかえって良好な結果がえられる。

こうして得られた“重鉱物”を高磁束分離試験器で磁選して磁性鉱物を分離したのち、残りを弗酸で処理してジルコン以外の鉱物を溶解し、時計皿の上で再び椀掛けを行ない、不純物を洗いだせば純粋なジルコンの試料が得られる。これを四分法でサンプリングを行ない適当な量だけデッキグラスにはりつけ顕微鏡下の測定および観察に用いた。

3. 観察ならびに測定結果

火山碎屑岩中におけるジルコンの含有率、大きさおよび色

火山碎屑岩中に含まれるジルコンの含有率は非常に小である。花崗岩の場合、約 0.02 % 程度のジルコンを含有するのに比較して、その 1/10 以下であり、玄武岩、流紋岩について含有率が少ない。

ジルコンの大きさは他の岩石中のそれに比較して一般に小さい。第 2 表にはそれらの大きさを示した。すなわち各試料中において 0.02×0.01 mm 程度の極めて微小なものから大きいものでは稀に 0.50×0.25 mm 程度におよぶ範囲のものまで含有されるが、最も普通にみられるのは 0.10×0.05 mm 程度のものである。

花崗岩中のジルコンが 0.05×0.04 mm ~ 0.65×0.14 mm、安山岩中のジルコンが 0.04×0.02 ~ 0.25×0.10 mm、流紋岩中のそれが 0.06×0.03 ~ 0.40×0.15 mm であるのに比較して火山碎屑岩中のジルコンは小さいことが第 2 表から了解されよう。

次にジルコンのいわゆる“群色”は一般的に云って、淡紅色を呈するが産地により無色、灰白色、時に淡黄褐色を示すものがある。阿蘇の火山碎屑岩中のそれは多く淡紅色であるが始良、支笏、十和田などの場合には淡紅色又は淡黄褐色を呈するものが認められる。

顕微鏡下には一般に透明の淡紅色ないし淡灰色であるが時に黄褐色のものを多量含有している場合がある。

晶 相

ジルコンの晶相を第 1 図に示すように 5 つの型に分類し、火山碎屑岩中に含有されているジルコンを顕微鏡下に区分しその頻度をくわしくしらべると第 3 表および第 2 図のとおりである。その結果の一部についてはすでに発表したとおり（山本, 1963）、山本分類の c 型が最も卓越し全体のほぼ 70 % 以上を占め、それについて d 型が多く、全体の 10 ~ 20 % を占め、他の a, b および e 型は何れも非常に少ないのが特徴である。このことは北海道の支笏の場合は勿論、今回の表にはないが洞爺および阿寒カルデラの火山碎屑岩の場合も同様であった。

阿蘇カルデラの場合には特に多数の試料を扱ったが、宮崎県高千穂峡地方の火砕岩についてすでに述べたように（山本他, 1966）c 型を呈するものが最も少ない岩石試料でも全体の 48 %, 多いものでは 80 % に達しており c 型の少ないものでは d 型が 45 % も占めており、少ないもので d 型は 15 % で残りの 3 つの型のジルコンに対して c および d 型が特徴的に多いといえることができる。

こゝで注目すべきものは始良カルデラ噴出物である鹿児島市草牟田のいわゆる「シラス」

第2表 ジルコン結晶の大きさ

試料 番号	産 地	最 大 (mm)	最 小 (mm)	平 均 (mm)
1	支 笏	0.390 × 0.210	0.040 × 0.030	0.080 × 0.050
2	十 和 田	0.190 × 0.070	0.060 × 0.040	0.100 × 0.050
3	栃木・茂木	0.240 × 0.150	0.050 × 0.025	0.150 × 0.060
4	宇 都 宮	0.250 × 0.140	0.060 × 0.040	0.140 × 0.070
5	臼 杵	0.129 × 0.078	0.030 × 0.012	0.060 × 0.030
6	延岡・岡元A	0.210 × 0.060	0.033 × 0.021	0.100 × 0.036
7	延岡・岡元B	0.135 × 0.090	0.018 × 0.012	0.070 × 0.024
8	北 方	0.246 × 0.162	0.036 × 0.018	0.162 × 0.084
9	打 簗	0.222 × 0.099	0.060 × 0.030	0.135 × 0.075
10	築 崎	0.240 × 0.147	0.060 × 0.027	0.210 × 0.096
11	尾 村	0.249 × 0.117	0.039 × 0.030	0.111 × 0.060
12	岩 戸	0.240 × 0.090	0.084 × 0.018	0.120 × 0.042
13	鹿 狩 戸	0.375 × 0.150	0.039 × 0.024	0.180 × 0.063
14	御 塩 井A	0.230 × 0.090	0.020 × 0.010	0.100 × 0.060
15	御 塩 井B	0.225 × 0.087	0.021 × 0.009	0.105 × 0.063
16	上 野	0.288 × 0.108	0.048 × 0.030	0.130 × 0.081
17	河 内	0.480 × 0.099	0.090 × 0.051	0.180 × 0.087
18	山 口	0.351 × 0.132	0.066 × 0.036	0.201 × 0.087
19	柳 谷	0.150 × 0.060	0.018 × 0.015	0.054 × 0.030
20	内 牧	0.210 × 0.120	0.070 × 0.040	0.120 × 0.060
21	日 田	0.240 × 0.100	0.070 × 0.050	0.120 × 0.060
22	竹 田A	0.240 × 0.110	0.060 × 0.030	0.120 × 0.050
23	竹 田B	0.285 × 0.144	0.060 × 0.042	0.132 × 0.075
24	津 久 見	0.220 × 0.080	0.050 × 0.030	0.080 × 0.040
25	大 口	0.160 × 0.070	0.040 × 0.040	0.090 × 0.050
26	鹿 児 島	0.435 × 0.135	0.054 × 0.036	0.120 × 0.054
27	枕 崎	0.255 × 0.075	0.057 × 0.036	0.096 × 0.045

および阿多カルデラの噴出物と考えられる枕崎附近の「シラス」中のジルコンは、上述した碎屑岩中のジルコンとはやゝ性質を異にしており、含有されているジルコンの晶相も c 型よりも d 型が多い。すなわち、鹿児島 (No. 26) のそれは、d 型が 72% で c 型が 24% 枕崎 (No. 27) のそれは d が 53% で c 型が 42% である。このようなものは大分県竹田市 (No. 23) の阿蘇火山碎屑岩にも認められたが、しかし、一般には火山碎屑岩中に含まれるジルコンの晶相はシラスの場合を除いて c 型が最も卓越していることは第2図に示すように明瞭である。

この事実はすでに以前の論文でも述べたように、ジルコンの晶相はマグマの冷却固結時の物理化学的条件とくに化学組成に強く支配されたものゝようである。

第3表 火山碎屑岩中ジルコンの晶相および形状頻度表

試料 番号	産 地	晶 相 (%)					形 状 (%)		
		a	b	c	d	e	I	R	U
1	支 笏	3	7	77	11	2	38	57	5
2	十 和 田	2	5	85	8	0	46	50	4
3	栃木・茂木	0	3	79	16	2	24	15	61
4	宇 都 宮	1	2	64	27	6	22	3	75
5	臼 杵	0	2	72	26	0	9	88	3
6	延岡・岡元A	0	5	78	15	2	27	61	12
7	延岡・岡元B	3	0	79	18	0	19	70	11
8	北 方	0	2	61	33	4	23	61	16
9	打 扇	6	0	49	45	0	24	48	29
10	築 崎	0	0	81	17	2	23	62	16
11	尾 村	0	0	61	37	2	22	67	11
12	岩 戸	0	0	80	18	2	18	62	20
13	鹿 狩 戸	3	7	70	17	3	22	66	12
14	御 塩 井A	1	2	78	18	1	19	64	17
15	御 塩 井B	1	2	78	18	1	10	71	19
16	上 野	0	0	66	32	2	18	69	13
17	河 内	0	3	79	15	3	30	61	9
18	山 口	0	0	82	18	0	9	69	22
19	柳 谷	—	—	—	—	—	—	—	—
20	内 牧	1	4	75	17	3	21	60	19
21	日 田	3	8	73	15	1	33	61	6
22	竹 田A	2	6	71	19	2	26	50	24
23	竹 田B	0	0	39	58	3	54	39	7
24	津 久 見	3	6	80	10	1	29	58	13
25	大 口	1	19	67	11	2	40	45	15
26	鹿 児 島	0	2	24	72	2	70	19	11
27	枕 崎	1	1	41	52	5	56	34	10

形状（自形，円磨度および破砕形）

火山碎屑岩中に含まれるジルコンの特徴は他の岩石中の場合に比較して，その形状において破砕されたものが多いということである。いま，(1) 自形を呈し，少しも円磨されていない鋭い角をもったものをI型，(2) 丸味を帯びているものをR型，(3) 破砕されているものをU型として三つに区分し，それら三つの間の百分率を示せば第3表に示すとおりである。第3表からI, R およびUの相互関係をうるために三成分関係図に点示すれば第3図のとおりである。

図から明らかなように，栃木県茂木町における那須火山の火山碎屑岩（No. 3）および宇都宮市大谷の緑色凝灰岩（No. 4）の場合には破砕された結晶が著しく多量に含まれて

Fig. 1. Type classification of zircon-tracht

おり、前者では全体の 61%、後者では 75% にも達している。それについて破碎形の多いのは阿蘇カルデラの火山碎屑岩 (No. 9, 14, 18 および 22) であり、これらは何れも全体のほぼ 20% 以上が破碎されて、I 型か R 型かの判別の出来ないジルコンによって占められている*。

次に第 3 図の I-R-U 三角図から明らかなように火山岩中のジルコンの特徴は、R 型結晶すなわち磨耗されているものが著しく多いことである。

全試料のうち、その 82% 以上は当る 22 個の岩石試料において、その中に含有されているジルコンの 50~70% が丸味型 (R) のジルコンである。このことは後述するように火山碎屑岩の成因を考える場合、極めて重要な意味を含んでいるものと見做される。

4. 要約および火山碎屑岩の成因論的考察

以上述べてきたことを要約すれば概ね次のとおりである。

- i) 火山碎屑岩中に含有されるジルコンの量は極めて少なく花崗岩類の約 1/10 程度であり、その大きさも小で一般に $0.02 \times 0.01\text{mm} \sim 0.50 \times 0.25\text{mm}$ の範囲で最も普通に認められるのは $0.10 \times 0.05\text{mm}$ 程度である。色は淡紅色ないし無色、時に淡黄色を呈する。
- ii) 晶相は山本分類の c 型が最も多く全体の 70~80% を占め、ついで d 型が多い。

* I 又は R 型でも一部破碎されているものが多いが、I 又は R の判別のできるものは夫々に入れ、U 型には含まれていない。従って一部破壊されているものをも含めればその割合はこれよりはるかに多いことになる。

Fig. 2. Histograms of tracht of zircons in pyroclastics

これは花崗岩類および石英粗面岩、流紋岩中のジルコンの場合と同様である。すなわち酸性岩中のジルコンは例外なく c 型ないし d 型が卓越しているということができる。

iii) ジルコンの形状（自形、円磨度および破碎形）を示す三成分関係図から明らかなことは火山碎屑岩中類のジルコンは (i) 破碎形 (U) を示すものが非常に多いということである。

それについて著しい特徴は (ii) 丸味を帯びた結晶 (R) が他の火成岩類中のジルコンに比較して著しく多いことである。すなわち全体の 50~70% のものが円磨作用を受けているか又は融蝕され、そのために丸味をおびていることである。

すでに発表したように（山本・松熊，1964），堆積岩中のジルコンの場合，R 型すなわち丸味を帯びているものが全体の 20~50% も占めており，火成岩中のジルコンを比較して顕著な特徴を示している事実と照らし併せた場合火山碎屑岩中のジルコンでは，堆積岩

Fig. 2. (continued)

Fig. 3. I-R-U trigonal diagram of zircons in pyroclastics

1. 火山碎屑岩ジルコン, 青森県十和田湖, 休屋 ×33

2. 火山碎屑岩ジルコン, 熊本県阿蘇郡阿蘇町赤水 ×33

3. 火山碎屑岩ジルコン, 宮崎県西臼杵郡日影町尾村 ×33

4. 火山碎屑岩ジルコン, 宮崎県延岡市南方岡元 ×33

5. 火山碎屑岩ジルコン, 大分郡臼杵市深田 ×33

6. 火山碎屑岩ジルコン, 宮崎県西臼杵郡上野村上野 ×33

PL. I ジルコンの顕微鏡写真 (その1)

起源のジルコンおよび既存の岩石中に含まれていたジルコンとマグマとの反応による融蝕型のジルコンが多量含有されているものと見做すことができよう。

これはまた顕微鏡下に、ジルコンの色を観察すると種々の色を示すジルコンが岩石試料

7. 火山碎屑岩ジルコン, 宮崎県西
臼杵郡五ヶ瀬町田原字河内 ×33

8. 火山碎屑岩ジルコン, 熊本県阿
蘇郡高森町草部字山口 ×33

9. シラス・ジルコン, 鹿児島県国分
市府中 ×33

10. シラス・ジルコン, 鹿児島市草
牟田町城山 ×33

11. 花崗岩ジルコン, 愛媛県今治市
延喜店 ×33

12. 砂岩ジルコン, 熊本県水俣市葛
渡 ×33

PL. II ジルコンの顕微鏡写真 (その2)

中に含有されていることも、その起源を異にするジルコンが混在している事実と符合する
ものであろう。

以上述べた火山碎屑岩中のジルコンの特徴から火山碎屑岩マグマの成因は筆者らがこれ

まで繰り返し述べてきたように、マグマ溜りのなかで酸性マグマが壁岩をなす堆積岩類を多量に混成同化し、その際多量の水分を吸収し、火山碎屑岩を作るような特殊な酸性のマグマを形成したものと考えられる。ジルコンの性質はこれをよく反映しているものであろう。

しかしこのことは将来より多くの試料を取扱わなければ急には結論を導くことはできない。

引 用 文 献

- 勝井 義雄 (1959), 支笏降下軽石堆積物について, 火山, 第2集, **4**, 33~48.
 ———, 村瀬 勉 (1960), 支笏火山の活動に関する 2, 3 の考察, 地質雑, **66**, 631~638.
 湊 正雄, 石井 次郎, 熊野 純男 (1959), 本邦溶結凝灰岩の研究, 第2報, 支笏溶結凝灰岩について, 地質雑, **65**, 209~221.
 種子田定勝, 入佐 純治 (1966), 南大隅地方の始良・阿多両 Pyroclastics について, 九大理, 島原火山温泉研, 研究報告2号, 11~21.
 Taneda, S. (1954), Geological and petrological studies on the "Shirasu" in South Kyusyu, Japan. Part 1. Preliminary note, Mem. Fac. Sci., Kyusyu Univ., [D], Geol. **4-2**, 167~177.
 ——— (1957), Geological and petrological studies of the "Shirasu" in South Kyusyu, Japan. Part II. Preliminary note (2), Mem. Fac. Sci., Kyusyu Univ., [D], Geol., **6-2**, 91~105.
 ———, Miyachi, S. and Nishihara, M. (1957), Geological and petrological studies of the "Shirasu" in South Kyusyu, Japan, Part III, Mem. Fac. Sci., Kyusyu Univ., [D], Geol., **6-2**, 107~127.
 宮地 六美, 宮地 貞憲 (1965), シラスの岩石学的研究, 九大教養地学研究報告, **12**号, 11~20.
 八木 健三 (1963), 火山碎屑流に関する Experimental petrology, 火山, 第2集, **8-3**, 134~143.
 山本 敬 (1959), 火山岩中のジルコンに関する研究, 岩鉱, **43**, 282~296.
 Yamamoto, T., (1960), A study of andesite zircons from Hisatsu Volcanic Area, Bull. Kyusyu Inst. Tech. (M. & N.S.), No. **6**, 81~98.
 山本 敬, 松熊 和子 (1962), 流紋岩および石英安山岩中のジルコンに関する研究, 岩鉱, **47**, 206~212.
 ———, ——— (1964), 堆積岩中のジルコンに関する研究, 岩鉱, **52**, 174~186.
 Yamamoto, T., Matsukuma, K. (1964), A study of zircons in granites and granitic rocks, Bull. Kyusyu Inst. Tech. (M. & N.S.) No. **11**, 34~53.
 山本 敬, 牛島 照也, 手島 和子 (1966), 宮崎県高千穂峡附近の阿蘇火砕流に関する研究, 九州工大研究報告, **16**号, 1~12.
 Williams, H. (1941), Caldera and their origin, Bull. Geol. Sci., Univ. Calif. Publ., **25**, 239~346.