南九州の軽石流凝灰岩の強磁性鉱物の化学組成と 噴出源との関係について*

CHEMICAL COMPOSITION OF FERROMAGNETIC COMPONENT OF PUMICE
FLOW TUFFS IN SOUTHERN KYUSHU, JAPAN WITH SPECIAL
REFERENCE TO THEIR ORIGINS

庄子貞雄 (Sadao Shoji)**
菅原利夫 (Toshio Sugawara)***
小林進介 (Shinsuke Kobayashi)**

The chemical composition of ferromagnetic component of Kakuto, Ata and Osumi pumice flow tuffs covering the most area of Southern Kyushu, was investigated in relation to their origins. It was found that the combination of weight ratios of $Mn/T-Fe+Ti-Zn/T-Fe+Ti$ was closely related to the origins and highly useful for the identification of these felsic pumice flow tuffs. The great deviation of the combination values of Kakuto samples was due to the plentiful existence of accessory or accidental materials.

I. 緒 論

南九州においては、加久藤・始良・阿多の3大カルデラやそれらの二次カルデラなどから噴出した多数の火砕流、軽石流、降下軽石等によってもたらされた火山碎屑物が“シラス台地”を形成しており、各著者によって命名された火砕流、軽石流、降下軽石等の名称は30以上に達している。

菅原 (1974, 1975) は、南九州東部に分布する火山碎屑物を、噴出及び堆積の時期・場所・形式の差異に主眼をおいて層序区分を行い****、加久藤軽石流凝灰岩、阿多軽石流凝灰岩、田野軽石流凝灰岩、野尻軽石流凝灰岩、昌明寺軽石流凝灰岩、岩戸降下軽石、岩戸軽石流凝灰岩、大隅降下軽石、大隅軽石流凝灰岩の9単元の地層に区分した。そして、これらの各地層のうち、加久藤カルデラ由来の加久藤軽石流凝灰岩、阿多カルデラ由来の阿多軽石流凝灰岩、始良カルデラ由来の大隅降下軽石及び大隅軽石流凝灰岩は、いずれも2,000km²以上の地域

に分布する大規模な地層であって、たかだか200km²程度の広がりを持つにすぎない他の地層とは著しく規模を異にすることを明らかにした。

一方、庄子・小林ら (1974) は、北海道および本州の8火山から噴出した多くのテフラ (降下火砕堆積物) 中に含まれる強磁性鉱物の化学組成について研究を行い、次のような点を明らかにした。テフラ中の強磁性鉱物は、その他の鉱物に比べて風化抵抗性が著しく大きいという特徴があり、大抵の場合、チタン磁鉄鉱だけを含むが、一部のテフラでは、この他に少量のイルメナイトも含まれている。強磁性鉱物に含まれているMn, Zn, Vなどの微量元素は、主成分であるFe, Tiに比較すると、テフラの噴出源や噴出時期によって特徴的な含量を示し、テフラの同定や噴出源の判定に有効であることが、明らかにされた。その際、単独の元素の含量よりも、 $Zn/Ti-V/T-Fe$ のような元素の重量比の組み合わせの方が、一層有効であった。また長友、庄子ら (1976a, b, 1977) は、これを九州および四国にかけて分布する多くのテフラに広

* 本論文の要旨は昭和49年度の日本地質学会にて発表

(昭和51年12月1日受理)

** 東北大学農学部

*** 農林省関東農政局

**** 噴出時期の差を示す指標としては古土壌または表層風化帯の介在のほか、広範囲に連続する侵蝕面の存在及び水成堆積物の介在にも着目している。また、堆積様式の差すなわち降下型か流下型かの区別は火山活動の状況を考察する上で重要なので、降下軽石の上を同一噴出源由来の火山碎屑流凝灰岩が整合的におう場合でも両者を別個の地層単元として扱っている。

用し、その妥当性を確認した。さらに彼らは、南九州から四国にかけて広域に分布するアカホヤ、イモゴ、オンデなどと呼ばれているガラス質火山灰が同一のものであり、その噴出源が鬼界カルデラと推定した。

本研究は、菅原 (1975) が区分した上記 9 単元の火山砕屑物のうち、規模の大きい加久藤軽石流凝灰岩、阿多軽石流凝灰岩、大隅降下軽石、大隅軽石流凝灰岩に含まれる強磁性鉱物の化学組成を分析し、テフラ (降下火砕堆積物) と同様に、軽石流凝灰岩の層序区分、地層の識別、同定にも有効であるか否かを明らかにするために実施したものである。

II. 試料と実験方法

加久藤、阿多、大隅の各軽石流凝灰岩並びに大隅降下

第1図 試料採取地点

A 宮崎市	B 高知市
C 国分市	D 鹿屋市
Ai 始良カルデラ	At 阿多カルデラ
Kt 加久藤カルデラ	

- 1 宮崎県西諸県郡須木村奈佐木
- 2 鹿児島県始良郡横川町下小脇
- 3 " 曾於郡財部町大隅大川原
- 4 " 肝属郡吾平町市之渡
- 5 " " 串良町生栗須
- 6 " 曾於郡志布志町内之倉
- 7 " " 有明町飯野
- 8 宮崎県都城市庄内町胡麻ヶ野
- 9 鹿児島県始良郡牧園町七又
- 10 " 曾於郡志布志町田之流
- 11 宮崎県都城市庄内町関ノ尾
- 12 " " 西岳町西田野

第2図 柱状図

A 阿多軽石流凝灰岩	
K 加久藤軽石流凝灰岩	
O 大隅軽石流凝灰岩	
Oa 大隅降下軽石	
a 土壌、後大隅テフラ	f 砂礫
b シラス	g 砂
c 団結シラス	h シルト、粘土
d 溶結凝灰岩	i 砂岩、頁岩
e 降下軽石	j 安山岩

軽石を第1図に見られるように、それぞれ3ヶ所で採取したものを用いた。それらの層準は第2図に示した。軽石流凝灰岩は層厚が大きいため、任意の層準の使用可能なボーリングコアを利用した。これらの詳細については、菅原 (1975) によって報告されている。

加久藤軽石流凝灰岩は、模式地にもっとも近い No.1 地点で深度 5.5~44m から 5 試料、No.2 地点から 3 試料、そして No.3 地点の露頭から 1 試料、合計 9 試料を選定した。No.2 地点の下位の試料は、団結シラスであるが、その他はすべて溶結凝灰岩である (猿山ほか 1972, 菅原 1974)。No.1 地点の試料には、大小の異質の礫が多量に含まれていることが注目された。

阿多軽石流凝灰岩は、模式地にもっとも近い No.4 地点で深度 5.5~56m から 7 試料、No.5 地点の深度 15~53m から 9 試料、そして No.6 地点の深度 24m から 1 試料、合計 17 試料を選定した。No.4 地点の試料は溶結、No.5 地点の試料は弱溶結、そして No.6 地点の試料は非溶結であり、また、これらの順に阿多カルデラから遠くなっている。

大隅軽石流凝灰岩に先立って降下した大隅降下軽石は、南九州のほぼ全域をおおい、またすべての軽石流凝灰岩との層位関係が直接観察されるので、重要な鍵層と

なっている。大隅降下軽石の試料は、No. 7 地点の露頭
の上部（粗粒部）と下部（細粒部）から2試料、No. 8
地点の露頭から1試料、そしてNo. 9 地点の試掘したボ
ーリングコアの深度 90m 付近から1試料で、合計4試
料となっている。

大隅軽石流凝灰岩は、No. 10 地点で深度 5~60m から
12試料、No. 11 地点の露頭から1試料、そしてNo.
12 地点の深度 5.9~34m から8試料の合計 21 試料を選
定した。No. 10 の試料は軟質のシラスから強い溶結を示

す溶結凝灰岩まで、種々の固結度、溶結度の試料を含ん
でいる。No. 11 地点の試料は、非溶結のシラスである。
No. 12 地点では、上部の4試料は溶結凝灰岩、下部の4
試料は細粒のシラスである。

強磁性鉱物の分離精製、ならびに分析法は、すでに庄
子ら (1974) によって報告されている通りである。その
概要は次の通りである。

試料を粉碎した後、棒磁石で強磁性鉱物を分離する。
この強磁性鉱物には不純物が多く含まれているので、さ

第1表 強磁性鉱物の化学組成

Locality No.	Sample No.	Depth (m)	T-Fe (%)	Ti (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	V (ppm)	Zn/Ti -4 x10	V/T-Fe -4 x10	Mn/T-Fe+Ti -4 x10	Zn/T-Fe+Ti -4 x10	V/T-Fe+Ti -4 x10
Kakuto Pumice Flow Tuff												
1	1	5.5	54.89	4.99	4,054	212	1,647	43	30	67.7	3.5	27.5
	2	12.3	54.57	4.77	4,490	290	2,250	61	41	75.5	4.9	37.9
	3	20.2	55.35	4.99	4,598	594	1,807	101	34	78.8	8.6	31.0
	4	35.7	54.87	8.22	1,093	3,222	2,005	173	37	51.1	17.3	31.8
	5	44.0	59.01	6.74	4,269	1,022	2,142	152	36	64.5	15.5	32.6
2	1	5.9	58.99	6.14	4,011	847	2,052	138	35	62.4	13.2	31.9
	2	9.5	59.59	6.24	4,406	846	1,972	136	33	66.9	12.9	30.0
	3	11.0	58.88	6.35	4,247	885	2,080	139	35	65.3	13.6	32.4
3	1	-	57.72	6.02	4,949	983	1,811	163	31	77.6	15.4	28.4
Ata Pumice Flow Tuff												
4	1	5.5	62.02	6.54	5,130	1,010	2,271	153	37	74.8	14.7	33.1
	2	10	60.63	5.81	5,584	1,277	2,033	219	34	84.0	19.2	30.6
	3	20	62.04	5.98	4,900	1,152	2,077	193	33	72.0	16.9	30.5
	4	30	62.46	6.23	4,726	1,125	2,224	180	36	68.8	15.4	32.4
	5	40	62.04	6.39	4,659	1,132	2,335	176	38	68.2	16.5	34.1
	6	50	62.28	6.40	4,474	1,107	2,538	172	41	65.1	16.1	37.0
	7	56	60.56	6.25	5,591	1,270	2,321	202	38	83.5	19.0	34.7
5	1	15	60.92	6.54	4,809	1,397	2,067	212	34	71.3	20.7	30.6
	2	19	59.83	6.67	5,012	1,370	1,975	204	33	75.4	22.6	29.7
	3	25	59.82	7.19	4,936	1,122	1,918	195	32	73.7	16.7	28.6
	4	30	61.65	6.37	4,795	1,095	2,083	171	34	70.4	16.1	30.6
	5	35	61.80	5.77	4,760	1,118	2,133	193	34	70.4	16.5	31.6
	6	40	61.77	6.29	4,764	1,115	2,095	176	34	70.0	16.4	30.8
	7	45	60.69	6.99	4,669	1,105	2,110	157	35	69.0	16.3	31.2
	8	50	60.32	6.38	5,038	1,138	2,169	162	36	75.1	15.6	32.5
	9	53	60.68	6.39	5,098	1,132	2,188	161	36	76.0	15.4	32.6
6	1	24	59.60	6.00	5,102	1,017	2,124	168	36	77.5	15.5	32.3
Osumi Air-borne Pumice												
7	1		57.68	6.63	3,322	966	2,474	146	43	51.7	15.0	38.5
	2		59.87	6.73	3,257	962	2,350	143	39	50.4	14.4	35.3
8	1		60.03	6.72	3,367	939	2,500	140	42	50.4	14.1	37.5
9	1		59.35	6.61	3,248	967	2,048	147	34	49.2	14.7	31.0
Osumi Pumice Flow Tuff												
10	1	5	60.86	6.47	3,557	821	2,352	142	39	52.8	13.7	34.9
	2	10	60.39	5.06	3,429	919	1,859	181	31	52.4	14.0	28.4
	3	15	61.93	5.44	3,164	834	1,808	152	29	47.0	12.4	26.0
	4	20	61.16	5.74	3,174	856	2,133	148	35	47.4	12.8	21.9
	5	25	61.81	5.60	3,504	747	1,726	133	28	52.0	11.1	25.6
	6	30	61.03	5.87	3,612	829	2,080	140	34	54.0	12.4	31.1
	7	35	60.82	6.19	3,873	885	2,254	142	37	57.8	13.2	33.6
	8	40	61.00	5.80	3,897	900	2,097	152	34	58.3	13.5	31.3
	9	45	60.17	5.99	3,878	806	2,154	151	36	59.6	13.7	32.6
	10	50	60.55	6.01	3,657	1,083	2,252	175	37	54.9	16.3	33.8
	11	55	60.39	5.93	3,396	1,037	2,290	174	39	51.1	15.6	34.5
	12	60	61.42	6.24	4,147	1,053	2,312	168	38	61.3	15.6	34.2
11	1	-	61.39	4.50	3,363	711	1,750	157	29	51.0	10.8	26.6
12	1	6	63.61	4.92	3,426	747	1,677	152	26	50.0	10.9	24.5
	2	10	65.86	4.29	3,447	459	1,373	154	21	49.1	9.4	19.6
	3	13	62.62	4.18	3,307	789	1,584	189	25	49.5	11.8	23.7
	4	14	60.47	4.60	3,351	756	1,635	164	27	51.5	11.6	25.1
	5	19	59.78	4.97	3,685	795	1,729	160	29	56.9	12.3	26.7
	6	24	59.34	5.54	3,819	840	1,748	152	36	58.9	12.9	29.0
	7	29	59.72	5.24	3,664	814	1,937	155	32	56.4	12.5	29.8
	8	34	57.28	6.35	3,547	863	2,604	136	45	55.7	13.6	40.9

らにメノウの乳鉢で粉碎した上、水中で超音波処理をする。次に、マグネチックスターではげしくかくはんしながら浮遊物を除去して精製した。精製した強磁性鉱物は、王水-弗化水素酸で分解後、全鉄はO-フェナンスロリン法、Tiはタイロン法、Mn、Znは原子吸光法、そしてVはBPA法で、定量した。

III. 結果と論議

テフラの場合と同様、軽石流凝灰岩より分離した大部分の強磁性鉱物試料は、チタン磁鉄鉱であり、一部の試料には、この他に少量のイルメナイトが含まれていた(X線分析データは省略)。強磁性鉱物試料の化学分析の結果は、第1表にまとめて示した。

主成分であるT-Fe含量は阿多および大隅カルデラ起源のものでは、大部分が60~62%の範囲に含まれているが、加久藤カルデラ起源のものでは、60%以下で、バラツキが大きいのが注目される。加久藤の試料は先に述べたように異質礫が多く含まれ、それが影響している可能性が大きい。次にTi含量をみると、いずれの試料も4~7%の範囲内にあるが、その中では阿多の試料が比較的含有が高く、また、T-Fe含量同様、もっともバラツキが小さい。以上のT-FeおよびTi含量から軽石流凝灰岩の識別は困難である。

庄子ら(1974)はテフラ中の強磁性鉱物の化学組成によって、テフラの識別を行う場合には、 Zn/Ti と $V/T-Fe$ の元素の重量比の組合せが、不純物混入の影響が小さく、もっとも有効であることを明らかにした。そこで軽石流凝灰岩の強磁性鉱物試料についても、同様な元素の重量比を計算し、第1表に示した。その結果は、各軽石流凝灰岩の重量比は相互に重なり合っており、識別困難であった(図示省略)。その理由は、これらの軽石流凝灰岩から分離した強磁性鉱物のV含量が比較的低く、しかも試料間の差が小さいためである。

最近Shojiら(1975)は、テフラの強磁性鉱物のVとZn含量はテフラの岩質と密接な関係にあり、珪長質のものでは、Zn含量が高く、苦鉄質のものでは、反対にV含量が高いことを明らかにした。本研究に供試した軽石流凝灰岩はいずれも珪長質であり、強磁性鉱物のVとZn含量もテフラの場合と同様にV含量が低く、且つ試料間の差が小さい。これに対して、Zn含量は高く、試料間の差が比較的大きい。そこで、テフラの強磁性鉱物では、正の含量関係にあるZnとMnを使用して識別を試みることにする。

強磁性鉱物試料への不純物混入の影響を小さくするため、主成分であるT-FeおよびTiの含量を使用して、MnおよびZnの絶対量の代りに、 $Mn/T-Fe+Ti$ と $Zn/T-Fe+Ti$ の重量比を使用することにする。その計算結果は第1表および第3図に示した。これによると加久藤軽石流凝灰岩の一部の試料を除き、グラフ上でそれぞれ独立の範囲内におさまっていることが明らかである。

第3図 強磁性鉱物の $Zn/T-Fe+Ti-Mn/T-Fe+Ti$
○ 阿多軽石流凝灰岩
× 加久藤軽石流凝灰岩
● 大隅軽石流凝灰岩
△ 大隅降下軽石

加久藤軽石流凝灰岩は、No.2地点の3試料はすべて、第3図上で相互に近い位置に分布する。これに対してNo.1およびNo.3地点の試料は、バラツキが極めて大きい。その理由としては、先に述べたように、これらの試料は、安山岩その他の異質岩片を多く含んでいるための影響の大きいことが考えられる。

阿多軽石流凝灰岩の試料はすべて同じサークル内に分布することから、菅原(1975)が溶結したNo.4およびNo.5地点の全層準を1層とし、またNo.6地点の非溶結相(シラス)もこれらと同一層であるとした結論と矛盾しない。

なおNo.4地点の上部(No.4-2)と下部(No.4-7)、No.5地点の上部(No.5-1とNo.5-2)の試料がその他の試料からややはなれて存在する。この理由として、これらの4試料が層準の上部ないし下部に限られていることから、堆積過程での異質物の混入あるいは、岩質変化の可能性も考えられる。

大隅軽石流凝灰岩の試料は、シラス・固結シラス・溶結凝灰岩などの種々の岩相にわたっており、広範囲の層準から採取したが(第2図)、分析結果は極めて類似の数値を示した(第3図)。これは、菅原(1975)がNo.10, 11, 12等の各ボーリング孔に見られる軽石流凝灰岩をすべて同一層としたことと矛盾しないことが分る。

なお、菅原(1975)の大隅軽石流凝灰岩は、横山(1972)の入戸火砕流、荒牧(1969)の妻屋火砕流等によりもた

らされたものである。

大隅降下軽石は、採取地点が大きくなれば、層厚も粒度も大きく異なっている。それにもかかわらず、第3図ではもっともよくまとまった分布をみせている。したがって菅原 (1975) の本層の同定結果は妥当であるとみられる。また、大隅降下軽石は大隅軽石流凝灰岩の下位にあることから、軽石流を噴出する以前の活動によるものであるが、第3図から明らかなように、両者の強磁性鉱物は極めて類似している。町田、新井 (1976) の火山ガラスおよび斜方輝石の屈折率の測定結果も大隅降下軽石と大隅軽石流凝灰岩とは、ほとんど差はない。

以上から、南九州の珪長質軽石流凝灰岩の本質物質中に含まれる強磁性鉱物の $Mn/T-Fe+Ti-Zn/T-Fe+Ti$ は同一の地層では、層準、岩相、分布地域等と無関係にはば一定であり、これら凝灰岩の識別、同定に有効であることが判明した。しかし、加久藤軽石流凝灰岩の場合で明らかなように、軽石流凝灰岩の場合には、テフラの場合よりも、異質物混入の可能性が大きく、それが、強磁性鉱物の化学分析値のバラツキの原因となる。したがって、強磁性鉱物の化学組成を利用する場合でも、軽石流堆積物の現場での異質物混入状態の観察は極めて重要となる。

IV. 要 約

南九州に広く分布する加久藤、阿多および大隅軽石流凝灰岩をそれぞれ3地点で、異なる深度より採取した多くの試料について、その強磁性鉱物の化学組成を分析し、噴出源との関係を検討した。その結果、これら珪長質の軽石流凝灰岩では、すでに降下火砕堆積物の強磁性鉱物で有効であることが認められている $V/Ti-Zn/T-Fe$ よりも $Mn/T-Fe+Ti-Zn/T-Fe+Ti$ の元素の重量比の組み合わせの方が、各軽石流凝灰岩毎にまとまりのある値を示し、その識別、同定に有効であることが、判明した。なお、加久藤軽石流凝灰岩の場合には、試料間のバラツキが大きいが、その理由は、多量の異質物の混入によるものであった。今後は、試料調整に当って、本質物質のみを対象とすることによって、バラツキをさらに

小さくすることができるものと考えられる。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、有益な示唆をいただいた東北大学理学部地質学教室中川久夫助教授に対して、厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 荒牧重雄 (1969), 鹿児島県国分地域の地質と火砕流堆積物, 地質雑, **75**, 425-442.
- 町田 洋, 新井房夫 (1976), 広域に分布する火山灰—始良 Tn 火山灰の発見とその意義, 科学, **46**, 339-347.
- 長友由隆, 庄子貞雄, 小林進介, 増井淳一 (1976a), 南九州の各種火山灰層の強磁性鉱物の化学組成について, 土肥誌, **47**, 25-32.
- 長友由隆, 庄子貞雄, 小林進介 (1976b), アカホヤの土壌肥科学的研究 (第1報) 南九州のアカホヤの堆積状態と強磁性鉱物の化学組成について, 土肥誌, **47**, 342-349.
- 長友由隆, 庄子貞雄, 小林進介 (1977), アカホヤの土壌肥科学的研究 (第2報) アカホヤ, イモゴ, オンパの対比, 土肥誌, **48**, 1-7.
- 猿山光男, 親倉光幹, 菅原利夫 (1972), 南九州に分布するシラス・灰石の実用的分類について, 第7回土質工学会講演集 69-72.
- 庄子貞雄, 小林進介, 増井淳一 (1974), 火山灰中の強磁性鉱物の化学組成と噴出源との関係について, 岩鉱誌, **69**, 110-120.
- Shoji, S., Kobayashi, S., Yamada, I., and Masui, J. (1975), Relationships between the geochemistry of ferromagnetic component and the chemical properties of air-born pyroclastic materials. *J. Japan. Assoc. Min. Peter. Econ. Geol.*, **70**, 12-24.
- 菅原利夫 (1974), 南九州に分布するシラス地帯の水源開発, 応用地質, **15**, 40-51.
- 菅原利夫 (1975), 南九州東部の軽石流凝灰岩。——特に層序と岩相について——東北大学理学部地質学学位論文。
- 横山勝三 (1972), 始良カルデラ入口火砕流の流動堆積機構, 教育大理学部地理学教室地理学研究報告, **16**, 127-167.