

## 桜島火山灰の水溶性成分変化と火山活動

坂元隼雄

〒 891-0132 鹿児島市七ツ島 1-1-10 (財) 鹿児島県環境技術協会

### はじめに

鹿児島島のシンボル桜島は、海上景観の美しさに加え噴煙を上げる光景は観光客には喜ばれている。しかし、桜島をはじめ、その周囲に居住する人や農業・観光業などを営む人々には、桜島火山南岳火口から放出される火山噴出物の一つである降下火山灰（以下、火山灰と略記する）は厄介ものの一つである。特に、火山灰や火山ガスなどによる桜島及びその周辺の農業・運輸業・水産業などの被害が報告されている。

一般に、火山活動は短期間に終息することが多いので自然災害として取り扱われるケースが多い。桜島火山南岳は、1955年（昭和30年）10月に活動を開始して以来、途中多少の休止期間を挟んでいるが、60年近くに渡って断続的に活発な火山活動を継続している。この間に放出された火山噴出物の総量は $2 \times 10^8$ トンのオーダーに達したものと推定されている（鎌田・坂元, 1974, 1975a-b）。このような活発な火山活動が長期間に渡って継続すると、その産物である火山噴出物（噴石、火山灰、火山ガスなど）が環境にさまざま影響を及ぼすことが考えられている。

桜島火山南岳火口から放出された火山灰の主成分は、ケイ素（25-30%）、アルミニウム（7-9%）などの元素、火山ガス成分のフッ素、塩素などのハロゲン元素や硫黄などの他に、銅、亜鉛、鉛、カドミウム、水銀などの微量重金属元素が含まれ

ている（坂元・鎌田, 1974；島田ほか, 1980；石川ほか, 1981；鹿児島県, 1981）。

桜島火山は、大正の大噴火（1914年）、昭和の大噴火（1946年）で、多量の溶岩が流出した。その火山噴出物による災害は、周囲数十 km に及んだ。

1955年以降、桜島の火山活動が長期化し、火山ガス・火山灰などによる環境への影響が懸念され、火山噴出物の中で気体状、固体状で放出されるものに関する基礎的な研究が行われた（小牧・竹下, 1978；竹下ほか, 1979, 1980a-b, 1981）。しかし、火山噴出物の微量元素の成分変化と火山活動に関する化学的な研究は少ない。その理由は、火山活動が開始しても、しばらくすると休止してしまう。また、火山活動の周期は人間の一生に比べると比較にならない程長いといったこともあり、継続的な研究が行われ難いこともある。桜島火山南岳（図1）は、1955年以来、約60年間にも渡り活発な火山活動を継続している世界でも類を見ない特異的な火山の一例である。

桜島火山南岳は、時々約3,000 mにも達する大爆発を繰り返している。このような活発な活動している火山の場合、火口内に入って、火山ガス等



図1. 約60年間も活発な火山活動を続ける桜島火山南岳。

Sakamoto, H. 2013. Changes of water soluble constituents of volcanic ashes and volcanic activity at the Sakurajima Volcano, Kagoshima, Japan. *Nature of Kagoshima* 39: 177-189.

☑ The Foundation of Kagoshima Environmental Research and Service, 1-1-10 Nanatsujima, Kagoshima 891-0132, Japan (e-mail: sakamfh@yahoo.co.jp).

を採取することは多大の危険を伴う。そこで、同火山のような場合の調査方法の一つとして、火山噴出物の一つである火山灰に付着して来る火山ガス成分に注目した火山研究が行われた（小坂・小沢, 1975a-b; 平林, 1981; 小坂ほか, 1982; Hirabayashi et al., 1982).

著者は、桜島火山南岳火口から放出された火山灰に含まれる重金属元素（銅, 亜鉛, カドミウム, 鉛）含有量, 同火山から放出された火山灰を純水（蒸留水）に浸せきし, 溶出した各種成分を分析し, その結果は報告した（坂元・鎌田, 1974; 坂元, 1975, 1977, 1983; 斉藤ほか, 1982).

また、桜島火山周辺に大気水銀自動測定装置を設置し, 南岳火口から大気中に放出された水銀の連続観測を行った（鎌田・坂元, 1980).

さらに、桜島火山の活動時（噴火時）に近い高温の噴気孔（約 800℃）を有し, 人が近づける鹿児島県三島村の薩摩硫黄島火山硫黄岳を初め, 日本各地（九州, 東北や北海道など）の火山発散物（ガス状物質）などを採取し, 水銀などの揮発性元素について報告した（小沢, 1965; 坂元・小沢, 1974; 坂元ほか, 1974; 坂元・鎌田, 1981; Sakamoto et al., 1989, 2003; Tomiyasu et al., 2003; 坂元, 2008).

火山灰は、不溶性のケイ酸塩部分にマグマの火山ガス成分を付着して飛来する。活発な噴火活動に伴う火山から離れた安全な場所で火山灰を採取し, 火山ガス成分に関する情報が得られる可能性がある。

著者が所属していた鹿児島大学理学部には、鹿児島第七高等学校の（故）久保田温郎教授が採取された大正 3 年（1914 年）1 月 14 日の桜島大爆発の火山灰, 鹿児島大学農学部の（故）宇田川畏三教授, 鹿児島大学理学部の（故）鎌田政明教授等によって採取された 1945–1950 年の貴重な火山灰が良好な状態で保存されていた。これらの火山灰と 1955 年 10 月以降に採取した火山灰の付着火山ガス水溶成分の分析結果と桜島火山活動について調べた。その結果を報告する。

## ■ 研究の目的

桜島火山南岳の火山活動によって放出される火山噴出物としては、溶岩, 火山弾, 火山灰, 火山ガス等がある。これらの中で溶岩, 火山弾は, その影響は近隣に対して物理的な障害が大きい。また、火山ガスの主成分は水蒸気（ $H_2O$ , 約 98%）であり, その他にハロゲン化水素（フッ化水素, 塩化水素）, 二酸化硫黄, 硫化水素等のガスが約 2% 含まれている（平林, 1982).

火山ガスの放出される地点が約 1,000 m の山頂火口であり, 大気中に放出された火山ガスは, 風向・風速により拡散されるので, 特殊な火山地形と気象条件に左右されることになる。

火山灰は、爆発の規模にもよるが, その季節に卓越する風向, 風速により広範囲に渡って降灰が発生する。この火山灰は粒子が細かく, 火山ガス成分（フッ化水素, 塩化水素, 二酸化硫黄など）が付着して放出される。火山灰に付着した火山ガス成分を水に溶出させる。

本研究は、火山灰の火山ガス付着水溶性成分に注目し, フッ素, 塩素, 硫黄などの濃度とそれらの成分間のモル比変化と火山活動（爆発回数, 降灰量）との関係を調べる。また, 火山灰に付着した火山ガス成分が農作物, 建造物, 環境（水圏）などへの影響を知るための基礎的な資料を得る。

## ■ 研究の方法

### 1. 火山灰の採取

桜島火山南岳火口から放出される火山噴出物（火山灰）は、爆発の規模, 火山灰の粒径, 比重, 風向, 風速などによりかなり遠方まで飛来していることが確認されている。

火山の爆発によって放出される火山噴出物の中で固体状態のもので, その直径が 0.20 mm 以下のものを一般に「火山灰」と呼び, それよりも粒径が大きいものを「火山砂」とか「火山礫」として区別される。

火山灰の採取は、爆発の規模や, 風向・風力などの気象状況に支配されるので火山灰の降灰地点を定め, 火山灰を採取し, 降灰量を測定し, 火

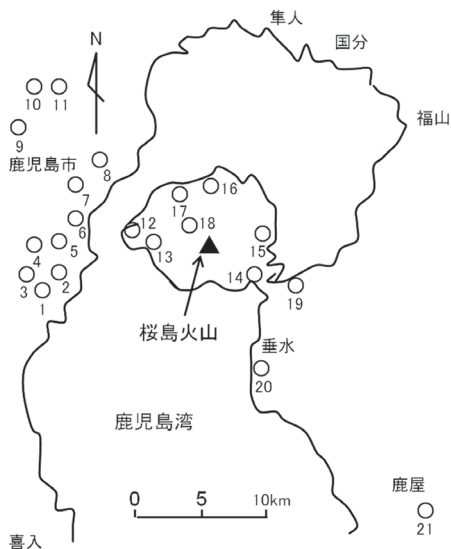


図2. 桜島火山灰の採取地点. 1:郡元, 2:上荒田, 3:田上, 4:武, 5:中央, 6:城山, 7:玉里, 8:吉野, 9:小山田, 10:油須木, 11:東俣, 12:袴越, 13:赤水, 14:有村, 15:黒神, 16:白浜, 17:西道, 18:春田山, 19:牛根, 20:垂水, 21:鹿屋.

口からの火山灰放出量に繋げることは極めて困難な仕事である。

著者は、できるだけ広範囲に火山灰試料の採取地点を置き、それと合わせて大きな爆発の場合、風向にしたがって火山灰の降下する位置を予測しながら車で移動し、火山灰を採取した。桜島火山灰の採取地点は、図2に示す。

火山灰の採取容器は、市販のプラスチック製の衣装ケース(40 cm × 70 cm × 20 cm)を使用した。火山灰が降り始めると採取容器のフタを開き、降り止むと、すぐにポリエチレンの袋に移して密封し、持ち帰ってポリスチロール製の容器に入れて保存し、分析試料とした。特に、微量元素を問題にする場合は、試料採取時の周囲からの汚染(コンタミネーション)や、実験室で火山灰試料を保管中の室内環境汚染には十分な注意を払った。また、本研究で使用した火山灰は、雨に濡れていないものを用いた。

## 2. 火山灰水溶性成分の分析

火山灰試料 2.00 g を共栓付き三角フラスコに正しく量り取り、純水(水酸化ナトリウムを加え、蒸留・冷却したもの) 90 ml を加え、振り混ぜてから密栓し、60℃の恒温槽に2時間つける。その後、室温に冷やしてから 100 ml のメスフラスコに 0.45 μm のミリポアーフィルターを付けた口過装置に接続し、吸引口過をする。ろ液は 100 ml (定容) とし、ポリエチレン容器(100 ml)に移し、分析に用いる。

また、分析方法は pH: ガラス電極法、フッ化物イオン(F<sup>-</sup>): Azodye-Zr 酸懸濁法、塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>): チオシアン水銀法、硫酸イオン(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>): クロム酸バリウム懸濁法を用いた。また、これらの3成分が短時間で測定できるイオンクロマトグラフ法を用いた。

## 3. 桜島火山の活動情報

桜島火山南岳の火山活動に関する情報は、鹿児島地方気象台で毎月報告される桜島火山の月別爆発回数(1955年以降)、月別降灰量(1970年以降)を引用した(鹿児島地方気象台, 2013)。

## ■ 結果と考察

桜島火山の大噴火[1914年(大正3年)]から2001年8月までに同火山から採取した251個の火山灰試料は、「2. 水溶性成分の分析に示した溶出条件」で溶出し、各種水溶性成分濃度を測定した。その結果は、表1に示す。

表1の桜島火山灰の各種水溶性成分濃度は、火山灰試料の一部を取り、110℃、6時間乾燥した乾燥重量ベースに換算してある。

1955年以前の桜島火山灰の各種成分濃度の測定は行ったが、桜島火山の活動度の尺度となる鹿児島地方気象台の爆発回数、降灰量のデータが得られないので、この間の成分濃度・モル比と火山活動の比較は行っていない。しかし、その結果は表1に記してある。

また、1955–2001年の間に採取した火山灰試料数は、時期によって数が凸凹となっている。その

理由の一つには爆発の規模と気象現象が関わっている。一方、鹿児島地方気象台の桜島の爆発回数、降灰量が月別でまとめられているので、火山灰の各種水溶性成分についても月別の幾何平均値をもとめ、桜島火山活動（爆発回数、降灰量）との比較を行う。

火山灰の各種水溶性成分濃度は、その月内に複数個の各種成分濃度が存在する場合は、その月の算術平均値（大きな値に支配される）でなく、幾何平均値（自然現象は対数正規分布である）を求め、桜島の火山活動（爆発回数、降灰量）との対応関係を調べることにする。

表 1. 桜島火山灰の水溶性成分濃度とモル比・月別爆発回数・月別降灰量.

番号	採取地点等	年月日	pH	F <sup>*1</sup> mg/kg	Cl <sup>*1</sup> mg/kg	SO <sub>4</sub> <sup>*1</sup> mg/kg	F/Cl モル比	Cl/S モル比	月別幾何平均		月別爆発 回数 <sup>*2</sup>	月別降灰量 <sup>*3</sup> g/m <sup>2</sup>
									F/Cl モル比	Cl/S モル比		
1	第七高等学校（城山）	Jan. 14. 1914	5.55	460	560	1,700	1.54	0.893	1.54	0.893		
2	鹿児島大学（上荒田）	Aug. 20. 1945	5.40	62.0	540	4,900	0.215	0.299	0.215	0.299		
3	牛根（垂水市牛根）	Apr. 19. 1946	5.62	92.0	1,500	1,000	0.115	4.07	0.115	4.07		
4	鹿児島大学（上荒田）	May. 06. 1946	5.60	200	450	1,100	0.831	1.11	0.831	1.11		
5	鹿児島大学（上荒田）	Jul. 25. 1950	4.60	58.0	1,900	16,700	0.057	0.308	0.057	0.308		
6	鹿児島大学（郡元）	Aug. 09. 1950	4.72	36.0	490	8,500	0.137	0.156	0.137	0.156		
7	有村（桜島）	Oct. 15. 1955	4.30	130	4,800	34,600	0.051	0.376				
8	富永（鹿児島市）	Oct. 1955	4.40	88.0	820	27,400	0.201	0.081	0.101	0.175	6	
9	赤水（桜島）	Jun. 19. 1958	5.43	46.0	220	1,400	0.391	0.426	0.391	0.426	8	
10	白浜（桜島）	Oct. 30. 1958	5.20	36.0	280	3,400	0.240	0.223	0.240	0.223	9	
11	田上（3,048）	Apr. 08. 1973	4.47	62.1	1,100	5,860	0.106	0.509	0.106	0.509	1	143
12	田上（3,048）	Aug. 13. 1973	5.49	104	1,560	10,400	0.125	0.407				
13	白浜（桜島）	Aug. 18. 1973	4.95	200	5,100	15,400	0.073	0.897	0.120	0.366	17	923
14	白浜（桜島）	Aug. 31. 1973	6.10	100	1,800	15,100	0.104	0.323				
15	白浜（桜島）	Aug. 31. 1973	5.29	63.7	551	9,770	0.216	0.153				
16	鹿児島大学（郡元）	Feb. 01. 1974	6.20	110	430	2,300	0.478	0.507	0.478	0.507	32	9
17	鹿児島大学（郡元）	Mar. 09. 1974	5.62	84.0	370	3,700	0.425	0.271	0.425	0.271	12	93
18	鹿児島大学（郡元）	May. 05. 1974	5.80	110	690	4,600	0.298	0.407				
19	鹿児島大学（郡元）	May. 10. 1974	6.21	160	390	1,900	0.767	0.556	0.441	0.422	30	134
20	鹿児島大学（郡元）	May. 13. 1974	6.04	120	600	4,900	0.374	0.332				
21	西道（桜島）	Jun. 15. 1974	5.32	82.0	290	5,100	0.529	0.154				
22	春田山（桜島）	Jun. 16. 1974	4.93	100	730	10,600	0.256	0.187				
23	小山田（鹿児島市）	Jun. 16. 1974	5.30	46.0	170	2,900	0.506	0.159	0.285	0.228	93	5
24	西道（桜島）	Jun. 16. 1974	4.90	120	800	4,600	0.281	0.471				
25	西道（桜島）	Jun. 16. 1974	5.18	60.0	760	4,500	0.148	0.458				
26	西道（桜島）	Jun. 26. 1974	4.85	64.0	630	12,000	0.190	0.142				
27	西道（桜島）	Jul. 02. 1974	4.60	79.0	920	8,530	0.161	0.292				
28	春田山（桜島）	Jul. 03. 1974	4.80	120	1,700	6,900	0.132	0.668				
29	小山田（鹿児島市）	Jul. 04. 1974	5.01	63.0	760	4,200	0.155	0.490				
30	春田山（桜島）	Jul. 04. 1974	5.10	43.0	380	2,600	0.212	0.396				
31	西道（桜島）	Jul. 05. 1974	5.10	45.0	630	700	0.134	2.44	0.185	0.512	49	681
32	小山田（鹿児島市）	Jul. 05. 1974	5.22	41.0	380	3,700	0.202	0.278				
33	永山（鹿児島市）	Jul. 05. 1974	4.92	51.0	630	5,300	0.151	0.322				
34	油須木（鹿児島市）	Jul. 05. 1974	5.15	36.0	150	2,500	0.449	0.163				
35	春田山（桜島）	Jul. 05. 1974	5.00	44.0	380	3,200	0.217	0.322				
36	西道（桜島）	Jul. 31. 1974	5.01	48.0	530	500	0.169	2.87				
37	北岳（桜島）	Aug. 18. 1974	5.02	230	2,200	14,400	0.196	0.414	0.196	0.414	38	2
38	鹿児島大学（郡元）	Oct. 25. 1974	4.80	270	1,300	12,200	0.388	0.289	0.388	0.289	15	58
39	春田山（桜島）	Dec 16. 1974	5.00	180	580	5,100	0.580	0.308				
40	西道（桜島）	Dec 22. 1974	5.05	230	1,200	10,100	0.358	0.322	0.264	0.255	13	4
41	春田山（桜島）	Dec 27. 1974	5.11	19.0	180	1,600	0.197	0.305				
42	春田山（桜島）	Dec 31. 1974	5.28	14.0	220	4,300	0.119	0.139				
43	春田山（桜島）	Mar 01. 1975	5.08	62.0	610	1,900	0.190	0.870				
44	黒神（桜島）	Mar 02. 1975	4.60	120	2,900	11,900	0.077	0.660				
45	有村（桜島）	Mar 07. 1975	5.05	180	1,900	4,900	0.177	1.05	0.239	0.549	41	57
46	有村（桜島）	Mar 07. 1975	5.15	71.0	350	4,500	0.379	0.211				
47	有村（桜島）	Mar 08. 1975	5.19	110	260	1,800	0.791	0.391				
48	西道（桜島）	Apr 07. 1975	4.97	130	690	8,530	0.352	0.219				
49	西道（桜島）	Apr 08. 1975	5.02	130	1,200	4,700	0.203	0.692	0.245	0.471	27	218
50	西道（桜島）	Apr 26. 1975	5.10	92.0	840	3,300	0.205	0.690				
51	田上（3,048）	May 25. 1975	5.15	76.0	480	2,600	0.296	0.500	0.296	0.500	8	119
52	西道（桜島）	Jun. 12. 1975	4.80	170	1,300	7,500	0.245	0.470	0.233	0.379	7	70
53	西道（桜島）	Jun. 13. 1975	4.84	110	930	8,230	0.221	0.306				
54	西道（桜島）	Aug. 09. 1975	4.65	300	2,200	8,940	0.255	0.667	0.228	0.571	9	193
55	西道（桜島）	Aug. 10. 1975	4.54	240	2,200	12,200	0.204	0.489				

\*1 110°C, 6時間乾燥重量ベース。 \*2, \*3 鹿児島地方気象台による測定。

また、表1の桜島火山灰の各種水溶性成分濃度は、火山灰1kg当たりの水への溶出量として表してある。火山灰に付着した火山ガス成分(HF, HCl, SO<sub>2</sub>)は火山灰との接触時間等の多寡により付着量は著しく差異が認められる。そこで、付着量で表すのではなく、各種成分間のモル比(F/

Cl, Cl/S)で表すと、その比(割合)は0.1-3.1の範囲に集中している。表1の最右欄には、月平均各種濃度(幾何平均値)・モル比(幾何平均値)を示す。また、これらの成分間のモル比と鹿児島地方気象台で測定された桜島火山活動の月別爆発、月別降灰量との関係を経時変化を交えて議論

表1. 桜島火山灰の水溶性成分濃度とモル比・月別爆発回数・月別降灰量(続き).

番号	採取地点等	年月日	pH	F <sup>*1</sup> mg/kg	Cl <sup>*1</sup> mg/kg	SO <sub>4</sub> <sup>*1</sup> mg/kg	F/Cl モル比	Cl/S モル比	月別幾何平均		月別爆発 回数 <sup>*2</sup>	月別降灰量 <sup>*3</sup> g/m <sup>2</sup>
									F/Cl モル比	Cl/S モル比		
56	西道(桜島)	Sept.21. 1975	4.63	48.8	810	2,890	0.113	0.760	0.113	0.760	16	-
57	田上(3,048)	Nov. 05. 1975	5.37	105	416	961	0.472	1.17				
58	田上(3,048)	Nov. 11. 1975	5.45	29.3	87.1	799	0.629	0.295	0.407	0.847	24	445
59	鹿児島大学(郡元)	Nov. 13. 1975	5.32	66.1	169	577	0.731	0.794				
60	西道(桜島)	Nov. 15. 1975	5.31	42.6	631	910	0.126	1.88				
61	春田山(桜島)	Mar. 18. 1976	5.61	28.0	380	630	0.138	1.64	0.138	1.64	6	-
62	黒神(桜島)	May. 01. 1976	5.12	24.0	148	1,100	0.303	0.365				
63	田上(3,048)	May. 27. 1976	4.48	114	1,400	1,300	0.152	2.92	0.242	1.13	31	677
64	田上(3,048)	May. 28. 1976	5.41	33.0	200	400	0.309	1.36				
65	西道(桜島)	Jun. 13. 1976	5.21	46.0	66.0	860	1.30	0.208				
66	西道(桜島)	Jun. 20. 1976	5.12	42.0	558	1,200	0.141	1.26				
67	西道(桜島)	Jun. 25. 1976	4.40	97.0	1,420	1,900	0.128	2.03	0.266	0.605	23	285
68	西道(桜島)	Jun. 28. 1976	4.94	34.0	464	2,000	0.137	0.629				
69	田上(3,048)	Jun. 29. 1976	5.22	47.0	214	2,400	0.411	0.242				
70	鹿児島大学(郡元)	Jul. 01. 1976	5.19	53.0	310	1,500	0.320	0.560				
71	西道(桜島)	Jul. 31. 1976	4.99	64.0	612	1,400	0.196	1.19	0.250	0.816	6	182
72	西道(桜島)	Aug. 01. 1976	4.33	206	1,480	9,120	0.260	0.440	0.260	0.440	19	26
73	西道(桜島)	Sept.08. 1976	4.21	176	5,580	12,600	0.059	1.20	0.059	1.20	27	152
74	黒神(桜島)	Dec. 05. 1976	5.38	7.0	16.0	330	0.818	0.131	0.818	0.131	17	-
75	垂水(垂水市田神)	May. 08. 1977	5.83	45.5	70.0	655	1.22	0.290				
76	田上(3,048)	May. 13. 1977	5.40	195	850	1,690	0.429	1.36				
77	西道(桜島)	May. 13. 1977	5.77	47.5	365	765	0.243	1.29	0.501	0.797	29	481
78	鹿児島大学(郡元)	May. 23. 1977	5.27	225	750	1,890	0.561	1.08				
79	西道(桜島)	May. 28. 1977	5.56	200	360	2,160	1.04	0.452				
80	田上(3,048)	May. 31. 1977	5.61	50.0	440	1,160	0.213	1.03				
81	西道(桜島)	Jun. 05. 1977	5.90	85.0	100	915	1.59	0.296				
82	田上(3,048)	Jun. 21. 1977	4.41	275	1,010	3,070	0.509	0.892	0.900	0.514	22	379
83	垂水(垂水市田神)	Jul. 06. 1977	5.55	49.0	225	1,490	0.407	0.409				
84	鹿児島大学(郡元)	Jul. 29. 1977	5.57	49.5	315	1,580	0.294	0.540	0.436	0.506	28	580
85	田上(3,048)	Jul. 30. 1977	5.41	165	445	2,050	0.693	0.588				
86	垂水(垂水市田神)	Aug. 06. 1977	5.53	49.0	115	775	0.797	0.402				
87	黒神(桜島)	Aug. 11. 1977	5.54	45.5	135	1,090	0.630	0.336	0.448	0.805	35	648
88	西道(桜島)	Aug. 20. 1977	5.92	50.0	455	780	0.205	1.58				
89	西道(桜島)	Aug. 23. 1977	5.78	120	575	790	0.390	1.97				
90	西道(桜島)	Sept.01. 1977	5.83	115	540	460	0.398	3.18				
91	田上(3,048)	Sept.05. 1977	5.96	145	160	560	1.69	0.774	0.663	1.39	23	555
92	西道(桜島)	Sept.07. 1977	5.74	47.5	205	505	0.433	1.10				
93	鹿児島大学(郡元)	Apr. 22. 1978	6.19	48.5	115	245	0.789	1.27				
94	田上(3,048)	Apr. 27. 1978	5.72	25.0	115	2,240	0.407	0.139	0.567	0.420	14	223
95	鹿児島大学(郡元)	May. 23. 1978	5.83	150	230	600	1.22	1.04				
96	田上(3,048)	May. 24. 1978	5.76	180	400	925	0.842	1.17	0.794	1.16	20	880
97	西道(桜島)	May. 28. 1978	5.53	125	480	1,010	0.487	1.29				
98	鹿児島大学(郡元)	Aug. 27. 1978	5.46	49.5	300	775	0.309	1.05				
99	田上(3,048)	Aug. 31. 1978	5.31	48.0	400	585	0.224	1.85	0.263	1.39	32	1562
100	西道(桜島)	Sept.16. 1978	4.89	185	750	890	0.461	2.28				
101	西道(桜島)	Sept.17. 1978	5.09	270	770	990	0.656	2.11	0.550	2.19	25	246
102	田上(3,048)	Oct. 03. 1978	5.65	50.0	160	1,190	0.584	0.364				
103	鹿児島大学(郡元)	Oct. 03. 1978	5.41	49.0	155	1,510	0.591	0.278	0.616	0.590	15	707
104	鹿児島大学(郡元)	Oct. 07. 1978	5.58	145	500	980	0.542	1.38				
105	西道(桜島)	Oct. 23. 1978	5.65	150	365	1,140	0.768	0.868				
106	春田山(桜島)	Nov. 25. 1978	5.12	385	1,340	2,400	0.537	1.51	0.537	1.51	1	121
107	田上(3,048)	Sept.27. 1979	5.56	360	1,070	2,250	0.629	1.29	0.629	1.29	13	450
108	田上(3,048)	Oct. 15. 1979	5.07	415	2,250	10,630	0.345	0.574	0.345	0.574	26	547
109	田上(3,048)	Apr. 26. 1980	5.71	46.0	87.0	1,520	0.989	0.155	0.989	0.155	48	259

\*1 110℃, 6時間乾燥重量ベース。 \*2, \*3 鹿児島地方気象台による測定。

する。

本報告書では、1955–2001年の桜島火山灰の各種水溶性成分濃度・モル比と火山活動（爆発回数、降灰量）の関係を調べる。

桜島火山から採取した火山灰251試料（分析した全試料）の各種成分の水溶性成分濃度と試料

数の関係をまとめて図3に示す。

桜島火山灰251試料の本研究での溶出条件による水溶液のpHの範囲は3.2–6.2で、算術平均値は5.14、幾何平均値は5.12である。桜島火山灰の溶出水溶液のpHは5.1前後のものが最も多い。

表1. 桜島火山灰の水溶性成分濃度とモル比・月別爆発回数・月別降灰量（続き）。

番号	採取地点等	年月日	pH	F <sup>*1</sup> mg/kg	Cl <sup>*1</sup> mg/kg	SO <sub>4</sub> <sup>*1</sup> mg/kg	F/Cl モル比	Cl/S モル比	月別幾何平均		月別爆発 回数 <sup>*2</sup>	月別降灰量 <sup>*3</sup> g/m <sup>2</sup>
									F/Cl モル比	Cl/S モル比		
110	田上 (3,048)	May. 02. 1980	5.70	305	980	1,540	0.582	1.73				
111	田上 (3,048)	May. 05. 1980	5.66	408	1,130	1,760	0.675	1.74	0.509	1.30	69	623
112	田上 (3,048)	May. 11. 1980	5.43	43.0	240	885	0.335	0.735				
113	田上 (3,048)	Aug. 02. 1980	5.06	150	547	2,540	0.513	0.584	0.513	0.584	34	171
114	田上 (3,048)	Sept.09. 1980	5.52	49.0	378	2,450	0.242	0.418	0.242	0.418	21	162
115	鹿児島大学 (郡元)	Jun. 08. 1981	5.34	47.0	400	1,100	0.220	0.985	0.220	0.985	3	430
116	田上 (3,048)	Jul. 19. 1981	5.59	435	491	1,170	1.66	1.14				
117	鹿児島大学 (郡元)	Jul. 29. 1981	5.13	468	1,980	5,400	0.442	0.994	0.857	1.06	1	196
118	田上 (3,048)	Aug. 03. 1981	4.57	505	3,060	12,500	0.309	0.663				
119	田上 (3,048)	Aug. 16. 1981	4.83	428	1,310	3,530	0.611	1.01				
120	田上 (3,048)	Aug. 17. 1981	5.39	388	655	1,860	1.11	0.954	0.713	0.869	34	684
121	鹿児島大学 (郡元)	Aug. 19. 1981	5.30	415	791	2,550	0.981	0.841				
122	鹿児島大学 (郡元)	Aug. 20. 1981	5.17	235	491	1,440	0.895	0.924				
123	田上 (3,048)	Sept.16. 1981	5.20	396	825	2,750	0.898	0.813	0.810	0.817	38	528
124	田上 (3,048)	Sept.29. 1981	5.18	430	1,100	3,630	0.731	0.821				
125	田上 (3,048)	Oct. 01. 1981	5.32	415	1,090	2,450	0.712	1.21	0.712	1.21	35	115
126	鹿児島大学 (郡元)	Nov. 22. 1981	5.24	119	268	4,340	0.830	0.167	0.830	0.167	50	74
127	田上 (3,048)	Apr. 29. 1982	5.02	111	895	1,990	0.232	1.22	0.232	1.22	15	145
128	田上 (3,048)	May. 24. 1982	5.38	24.8	240	1,700	0.193	0.383				
129	田上 (3,048)	May. 24. 1982	5.17	63.0	285	2,490	0.413	0.310	0.296	0.447	24	133
130	田上 (3,048)	May. 27. 1982	5.36	86.5	495	1,780	0.327	0.754				
131	鹿児島大学 (郡元)	Jun. 05. 1982	5.30	85.0	233	5,660	0.682	0.112	0.682	0.112	34	140
132	吉野 (吉野町)	Jul. 28. 1982	5.07	85.0	475	1,890	0.335	0.681				
133	田上 (田上町3,048)	Jul. 30. 1982	5.34	70.0	408	1,430	0.321	0.773	0.296	0.870	13	539
134	鹿児島大学 (郡元)	Jul. 30. 1982	5.38	125	610	1,170	0.383	1.41				
135	吉野 (吉野町)	Jul. 30. 1982	5.38	41.0	410	1,440	0.187	0.772				
136	田上 (3,048)	Oct. 14. 1982	5.14	123	780	1,370	0.295	1.54	0.275	1.88	6	277
137	田上 (3,048)	Oct. 28. 1982	5.03	58.5	425	500	0.257	2.30				
138	田上 (3,048)	Feb. 22. 1983	5.69	78.4	248	2,890	0.591	0.233	0.738	0.179	73	66
139	田上 (3,048)	Feb. 27. 1983	5.49	73.9	150	2,970	0.921	0.137				
140	田上 (3,048)	Apr. 06. 1983	5.12	32.0	129	2,070	0.464	0.169	0.464	0.169	22	224
141	田上 (3,048)	May. 11. 1983	5.34	131	461	4,290	0.531	0.291	0.531	0.291	22	121
142	田上 (3,048)	Jun. 05. 1983	5.68	37.6	496	754	0.142	1.78				
143	鹿児島大学 (郡元)	Jun. 28. 1983	4.77	59.0	973	2,140	0.113	1.23				
144	袴腰 (桜島)	Jun. 28. 1983	4.81	61.9	1,170	2,070	0.099	1.53	0.124	1.68	33	530
145	田上 (3,048)	Jun. 29. 1983	4.57	66.8	1,080	2,420	0.116	1.21				
146	田上 (3,048)	Jun. 30. 1983	5.23	136	1,590	1,300	0.160	3.32				
147	鹿児島大学 (郡元)	May. 21. 1984	5.53	83.5	266	807	0.587	0.893	0.648	0.754	43	344
148	田上 (3,048)	May. 22. 1984	5.88	35.5	92.8	395	0.715	0.637				
149	田上 (3,048)	Jun. 01. 1984	5.69	82.8	829	817	0.187	2.75				
150	田上 (3,048)	Jun. 04. 1984	4.97	35.2	593	4,810	0.111	0.334	0.282	0.684	42	2423
151	田上 (3,048)	Jun. 11. 1984	5.47	98.2	118	1,300	1.56	0.246				
152	田上 (3,048)	Jun. 12. 1984	5.33	63.3	603	1,690	0.196	0.967				
153	田上 (3,048)	Mar. 16. 1985	5.30	48.5	555	1,310	0.163	1.15	0.163	1.15	54	1006
154	武 (武3-28-7)	Jul. 27. 1985	5.52	51.0	535	2,470	0.178	0.587	0.178	0.587	60	4317
155	武 (武3-28-7)	Aug. 25. 1985	5.11	42.8	494	2,540	0.162	0.527				
156	武 (3-28-7)	Aug. 26. 1985	4.82	65.7	440	2,540	0.279	0.469	0.318	0.395	20	5902
157	鹿児島大学 (郡元)	Aug. 28. 1985	4.75	95.0	250	2,710	0.711	0.250				
158	鹿児島大学 (郡元)	Jun. 07. 1986	4.93	72.5	725	610	0.187	3.22				
159	鹿児島大学 (郡元)	Jun. 10. 1986	4.65	77.5	106	2,280	1.37	0.126	0.534	0.518	12	1392
160	鹿児島大学 (郡元)	Jun. 11. 1986	4.72	79.0	249	1,970	0.593	0.343				
161	鹿児島大学 (郡元)	Aug. 02. 1986	4.63	66.0	560	2,520	0.220	0.602	0.220	0.602	22	476
162	永山 (鹿児島市)	Aug. 12. 1987	4.76	44.5	725	1,460	0.115	1.35	0.115	1.35	3	51
163	武 (武3-28-7)	Sept.26. 1987	5.10	41.8	224	1,540	0.349	0.394	0.549	0.284	18	1093
164	鹿児島大学 (郡元)	Sept.28. 1987	4.83	83.5	181	2,410	0.863	0.204				

\*1 110°C, 6時間乾燥重量ベース。 \*2, \*3 鹿児島地方気象台による測定。

同様に溶出液のフッ化物イオンの濃度範囲は7.0-760 (mg/kg) で算術平均値は142 (mg/kg), 幾何平均値は105 (mg/kg) である。

塩化物イオンの濃度範囲は16.0-7,250 (mg/kg) で, 算術平均値は859 (mg/kg), 幾何平均値は571 (mg/kg) である。

硫酸イオンの濃度範囲は203-34,60 (mg/kg) で, 算術平均値は3,570 (mg/kg), 幾何平均値は2,260 (mg/kg) である。

表1のひと月内に各種水溶性成分濃度が複数個存在する欄を見ると, 採取場所, 採取年月日が近くても各種成分の水溶性濃度に差異が認められ

表1. 桜島火山灰の水溶性成分濃度とモル比・月別爆発回数・月別降灰量(続き)。

番号	採取地点等	年月日	pH	F <sup>*1</sup> mg/kg	Cl <sup>*1</sup> mg/kg	SO <sub>4</sub> <sup>*1</sup> mg/kg	F/Cl モル比	Cl/S モル比	月別幾何平均		月別爆発 回数 <sup>*2</sup>	月別降灰量 <sup>*3</sup> g/m <sup>2</sup>
									F/Cl モル比	Cl/S モル比		
165	鹿児島大学(郡元)	Oct. 14. 1987	4.64	172	1,060	2,410	0.303	1.19	0.303	1.19	16	619
166	鹿児島大学(郡元)	Nov. 11. 1987	4.55	103	176	5,140	1.09	0.093	0.530	0.211	16	879
167	鹿児島大学(郡元)	Nov. 14. 1987	4.45	69.0	500	2,820	0.258	0.480	0.469	1.04	21	934
168	鹿児島大学(郡元)	Mar. 28. 1988	4.77	79.0	315	820	0.469	1.04	0.469	1.04	21	934
169	袴腰(桜島)	May. 24. 1988	4.33	199	480	1,100	0.775	1.18				
170	鹿児島大学(郡元)	May. 26. 1988	4.61	145	342	760	0.793	1.22	0.794	1.46	12	617
171	玉里(鹿児島市)	May. 27. 1988	4.50	136	312	390	0.815	2.17				
172	鹿児島大学(郡元)	Jun. 15. 1988	4.79	95.0	315	850	0.564	1.00				
173	玉里(鹿児島市)	Jun. 20. 1988	4.35	131	422	2,700	0.580	0.424	0.532	0.615	6	3541
174	玉里(鹿児島市)	Jun. 22. 1988	4.44	92.0	375	1,850	0.459	0.549				
175	鹿児島大学(郡元)	Aug. 01. 1988	5.25	345	1,200	1,380	0.538	2.36	0.589	1.80	6	175
176	玉里(鹿児島市)	Aug. 06. 1988	4.24	181	525	1,030	0.645	1.38				
177	鹿児島大学(郡元)	Sept.03. 1988	4.45	292	750	7,400	0.728	0.275				
178	垂水(垂水市)	Sept.06. 1988	4.27	223	1,160	5,900	0.359	0.533				
179	玉里(鹿児島市)	Sept.09. 1988	4.86	245	475	1,100	0.965	1.17	0.887	0.421	3	523
180	鹿児島大学(郡元)	Sept.14. 1988	4.91	157	151	1,420	1.94	0.288				
181	鹿児島大学(郡元)	Sept.29. 1988	5.27	521	870	8,750	1.12	0.269				
182	玉里(鹿児島市)	Oct. 20. 1988	5.00	460	3,700	1,710	0.232	0.586				
183	鹿児島大学(郡元)	Oct. 26. 1988	4.94	760	1,370	3,700	1.04	1.00	0.491	0.766	8	363
184	玉里(鹿児島市)	Nov. 04. 1988	5.10	447	1,750	4,500	0.478	1.05	0.478	1.05	5	12
185	鹿児島大学(郡元)	Jan. 03. 1989	5.90	296	406	366	1.36	3.01	1.42	2.91	2	41
186	垂水(垂水市田神)	Jan. 29. 1989	5.91	167	211	203	1.48	2.82				
187	武(武3-28-7)	Jul. 27. 1989	5.30	44.2	1,310	1,130	0.063	3.14	0.063	3.14	0	229
188	鹿児島大学(郡元)	Aug. 04. 1989	5.50	97.9	1,200	3,880	0.153	0.838	0.153	0.838	1	1198
189	鹿児島大学(郡元)	Nov. 12. 1989	5.27	94.2	543	5,270	0.324	0.279	0.324	0.279	10	83
190	鹿屋(鹿屋市西原)	Dec. 12. 1989	5.16	116	608	648	0.357	2.54	0.357	2.54	13	13
191	鹿屋(鹿屋市西原)	Jan. 22. 1990	5.74	256	328	490	1.46	1.81	1.34	2.03	14	80
192	鹿屋(鹿屋市西原)	Jan. 22. 1990	5.73	284	433	517	1.23	2.27				
193	鹿児島大学(郡元)	Feb. 02. 1990	5.51	194	245	1,480	1.48	0.449	1.48	0.449	14	144
194	武(武3-28-7)	May. 01. 1990	5.27	123	438	1,180	0.525	1.01				
195	鹿児島大学(郡元)	May. 16. 1990	5.43	53.9	449	699	0.224	1.74	0.447	0.520	19	447
196	鹿児島大学(郡元)	May. 29. 1990	4.87	40.4	99.8	3,370	0.757	0.080				
197	鹿児島大学(郡元)	Jun. 07. 1990	4.86	26.0	490	2,230	0.099	0.595				
198	武(武3-28-7)	Jun. 17. 1990	4.83	50.5	223	4,330	0.423	0.140				
199	鹿児島大学(郡元)	Jun. 20. 1990	5.14	43.9	623	2,930	0.132	0.576				
200	武(武3-28-7)	Jun. 28. 1990	5.03	63.9	973	811	0.123	3.25	0.194	0.953	12	730
201	鹿児島大学(郡元)	Jun. 28. 1990	5.21	87.9	524	749	0.314	1.90				
202	武(武3-28-7)	Jun. 29. 1990	4.62	167	1,240	1,330	0.252	2.53				
203	鹿児島大学(郡元)	Aug. 01. 1990	5.26	133	316	1,600	0.787	0.535				
204	鹿児島大学(郡元)	Aug. 02. 1990	5.31	251	1,400	1,520	0.335	2.50				
205	武(武3-28-7)	Aug. 09. 1990	4.78	64.7	841	687	0.144	3.32	0.272	1.91	20	2307
206	武(武3-28-7)	Aug. 16. 1990	4.49	133	1,120	1,120	0.222	2.71				
207	鹿児島大学(郡元)	Aug. 27. 1990	4.96	169	1,440	1,840	0.219	2.12				
208	垂水(垂水市田神)	Dec. 01. 1990	4.59	122	623	3,340	0.366	0.505	0.366	0.505	4	4
209	鹿児島大学(郡元)	Apr. 09. 1991	4.30	205	1,430	1,560	0.268	2.48	0.268	2.48	42	187
210	黒神(桜島)	Jul. 06. 1991	4.20	166	1,080	1,580	0.287	1.85	0.287	1.85	18	-
211	武(武3-28-7)	Aug. 15. 1991	5.34	73.7	857	2,190	0.161	1.06	0.161	1.06	19	583
212	垂水(垂水市田神)	Oct. 02. 1991	3.22	224	1,440	2,250	0.291	1.73	0.291	1.73	32	93
213	鹿児島大学(郡元)	Nov. 29. 1991	4.90	153	315	1,950	0.908	0.438	0.908	0.438	15	332
214	垂水(垂水市田神)	Dec. 12. 1991	4.73	139	233	1,910	1.12	0.331				
215	鹿児島大学(郡元)	Dec. 16. 1991	4.37	554	948	7,140	1.09	0.360				
216	鹿児島大学(郡元)	Dec. 16. 1991	4.86	147	140	1,120	1.96	0.339	1.21	0.630	37	266
217	中央(鹿児島市)	Dec. 21. 1991	4.80	426	880	613	0.905	3.89				
218	垂水(垂水市田神)	Jan. 03. 1992	4.24	141	695	1,320	0.379	1.43				
219	武(武3-28-7)	Jan. 05. 1992	4.89	221	820	1,010	0.504	2.20	0.437	1.77	60	206

\*1 110°C, 6時間乾燥重量ベース。 \*2, \*3 鹿児島地方気象台による測定。

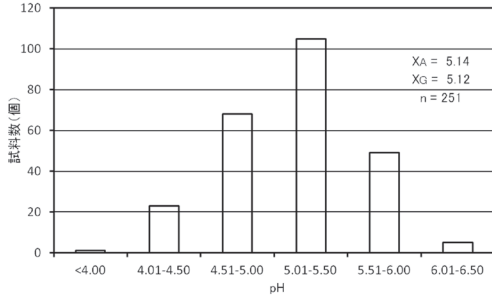


図3-1. 桜島火山灰を純水（火山灰 2.00 g/純水 100 ml）に浸せきした溶出液のpHと試料数。XA：算術平均値，XG：幾何平均値，n：試料数。

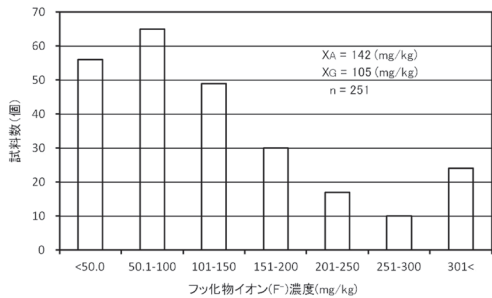


図3-2. 桜島火山灰を純水（火山灰 2.00 g/純水 100 ml）に浸せきした溶出液のフッ化物イオン（F<sup>-</sup>）濃度と試料数。XA：算術平均値，XG：幾何平均値，n：試料数。

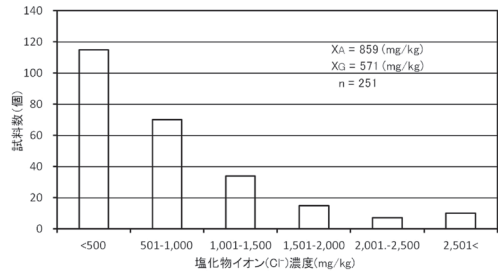


図3-3. 桜島火山灰を純水（火山灰 2.00 g/純水 100 ml）に浸せきした溶出液の塩化物イオン（Cl<sup>-</sup>）濃度と試料数。XA：算術平均値，XG：幾何平均値，n：試料数。

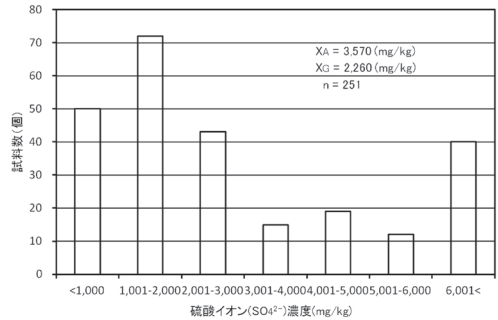


図3-4. 桜島火山灰を純水（火山灰 2.00 g/純水 100 ml）に浸した溶出液の硫酸イオン（SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）濃度と試料数。XA：算術平均値，XG：幾何平均値，n：試料数。

表1. 桜島火山灰の水溶性成分濃度とモル比・月別爆発回数・月別降灰量（続き）。

番号	採取地点等	年月日	pH	F <sup>*1</sup> mg/kg	Cl <sup>*1</sup> mg/kg	SO <sub>4</sub> <sup>*1</sup> mg/kg	F/Cl モル比	Cl/S モル比	月別幾何平均		月別爆発 回数 <sup>*2</sup>	月別降灰量 <sup>*3</sup> g/m <sup>2</sup>
									F/Cl モル比	Cl/S モル比		
220	鹿児島大学（郡元）	Apr. 06. 1992	5.28	85.0	700	1,930	0.227	0.983				
221	鹿児島大学（郡元）	Apr. 07. 1992	4.85	120	845	1,090	0.266	2.10			12	1071
222	鹿児島大学（郡元）	Jun. 16. 1992	5.51	245	330	1,410	1.39	0.634				
223	鹿児島大学（郡元）	Jun. 16. 1992	4.92	80.0	890	4,200	0.168	0.574	0.483	0.603	2	702
224	鹿児島大学（郡元）	Oct. 21. 1992	5.12	220	950	1,600	0.433	1.61	0.433	1.61	18	309
225	鹿児島大学（郡元）	May. 27. 1993	4.76	312	755	13,300	0.773	0.154				
226	鹿児島大学（郡元）	May. 28. 1993	5.11	139	187	4,430	1.39	0.114	1.04	0.132	0	93
227	鹿児島大学（郡元）	Oct. 27. 1993	4.85	279	1,680	5,250	0.311	0.867	0.311	0.867	3	51
228	鹿児島大学（郡元）	Nov. 16. 1993	5.26	161	1,730	2,040	0.174	2.30	0.174	2.30	10	74
229	鹿児島大学（郡元）	Jul. 17. 1994	5.32	92.9	1,580	3,880	0.110	1.10				
230	鹿児島大学（郡元）	Jul. 18. 1994	5.22	237	7,250	10,390	0.061	1.89	0.080	1.44	19	237
231	鹿児島大学（郡元）	Aug. 17. 1994	4.47	159	5,040	8,790	0.059	1.55				
232	鹿児島大学（郡元）	Aug. 19. 1994	4.88	127	4,460	5,510	0.053	2.19				
233	鹿児島大学（郡元）	Aug. 20. 1994	5.49	81.7	2,000	4,060	0.076	1.33	0.139	1.09	17	425
234	鹿児島大学（郡元）	Aug. 30. 1994	5.81	131	275	2,370	0.891	0.314				
235	鹿児島大学（郡元）	Aug. 31. 1994	5.83	136	1,030	2,530	0.247	1.10				
236	武（武3-28-7）	Oct. 27. 1994	5.35	196	1,310	10,480	0.280	0.339				
237	鹿児島大学（郡元）	Oct. 27. 1994	5.24	204	1,890	10,330	0.202	0.496	0.238	0.410	14	136
238	鹿児島大学（郡元）	Nov. 12. 1994	5.86	158	1,630	3,240	0.181	1.36	0.181	1.36	8	60
239	武（武3-28-7）	May. 18. 1995	5.14	204	1,880	10,260	0.203	0.497				
240	鹿児島大学（郡元）	May. 21. 1995	5.30	163	847	6,300	0.360	0.364	0.270	0.425	17	20
241	春田山（桜島）	Aug. 24. 1995	4.46	118	1,340	7,860	0.165	0.462				
242	吉田（鹿児島市）	Aug. 25. 1995	4.62	72.6	3,520	2,990	0.039	3.19	0.144	1.10	28	0
243	吉田（鹿児島市）	Aug. 26. 1995	5.64	59.1	238	723	0.464	0.892				
244	武（武3-28-7）	Oct. 28. 1995	4.73	179	2,400	2,620	0.139	2.48	0.139	2.48	23	115
245	鹿児島大学（郡元）	May. 21. 1998	5.14	132	643	6,380	0.384	0.273	0.384	0.273	27	136
246	鹿児島大学（郡元）	Jun. 09. 1999	4.96	306	319	6,230	1.79	0.139				
247	鹿児島大学（郡元）	Jun. 10. 1999	4.50	225	2,290	11,400	0.184	0.544	0.574	0.275	4	206
248	鹿児島大学（郡元）	Aug. 04. 1999	4.85	102	1,380	4,320	0.138	0.866	0.138	0.866	30	204
249	鹿児島大学（郡元）	Oct. 25. 1999	5.07	154	388	5,660	0.742	0.186	0.742	0.186	26	165
250	武（武3-28-7）	Oct. 07. 2000	4.96	170	2,190	6,640	0.145	0.894	0.145	0.894	17	62
251	有村（桜島）	Aug. 02. 2001	5.01	138	476	3,660	0.542	0.352	0.542	0.352	44	19

\*1 110℃，6時間乾燥重量ベース。 \*2, \*3 鹿児島地方気象台による測定。



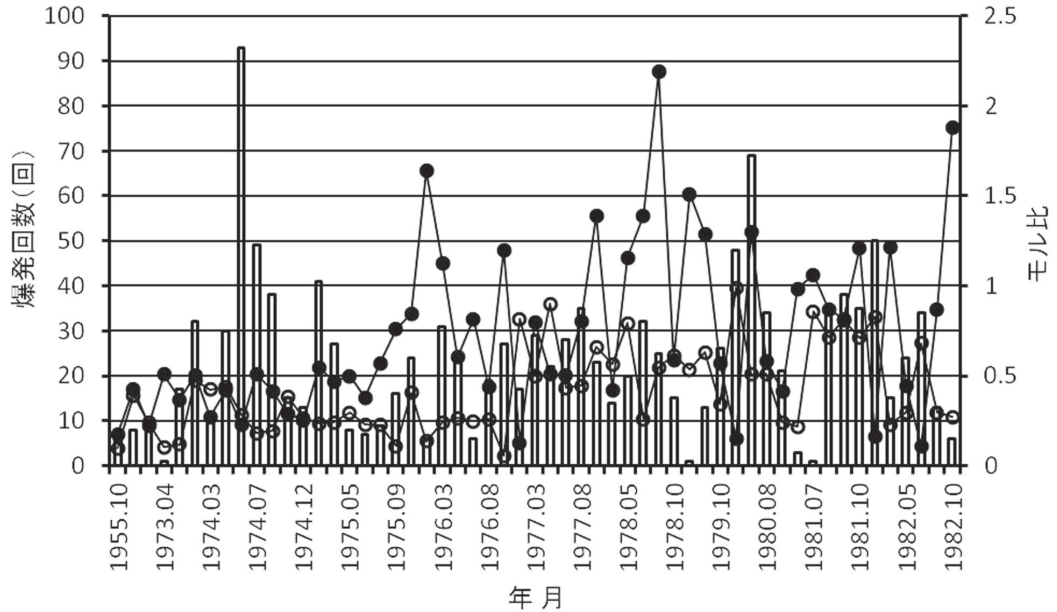


図4-1. 桜島火山の月別爆発回数と月別 F/Cl, Cl/S モル比. □: 月別爆発回数, ○: 月別 F/Cl モル比, ●: 月別 Cl/S モル比.

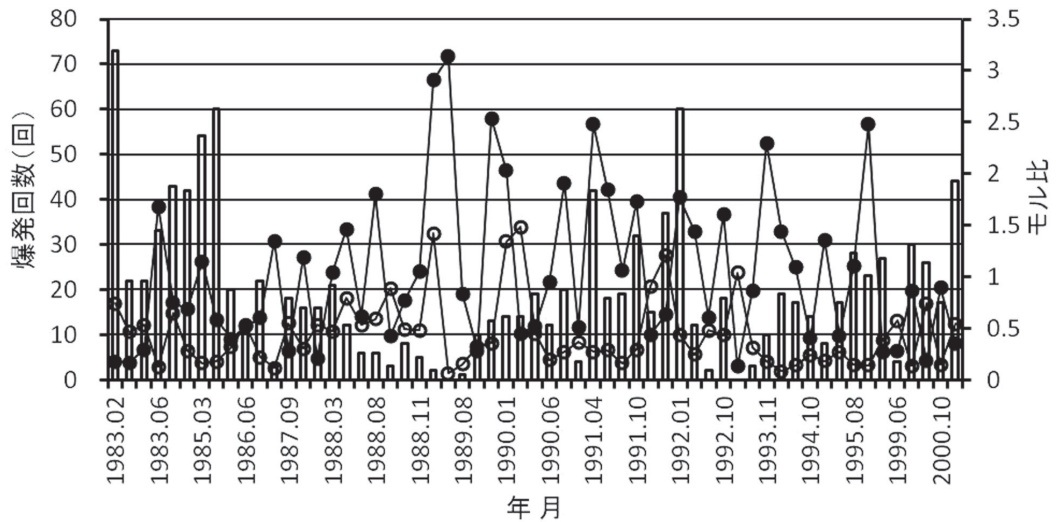


図4-2. 桜島火山の月別爆発回数と月別 F/Cl, Cl/S モル比. □: 月別爆発回数, ○: 月別 F/Cl モル比, ●: 月別 Cl/S モル比.

るものがある。このことは火山灰の生成過程の複雑さ、放出した火山活動の時期などを反映している。長期間に渡って火山活動を休止し、活動を開始した最初の爆発時には、長年の火山ガスや火山噴出物の堆積物と混合した噴出物が放出されることと関係している。このような事実は、浅間山火

山や阿蘇山火山が活動（噴火）した時の火山灰で、最初に放出された火山灰には、各種水溶性成分濃度が高いという結果を得た（松本・坂元，1976）。また、桜島火山は周辺の鹿児島湾北部海域にも影響を及ぼすことを報告した（鎌田，1980）。

桜島火山南岳から1955–2001年の間に放出さ

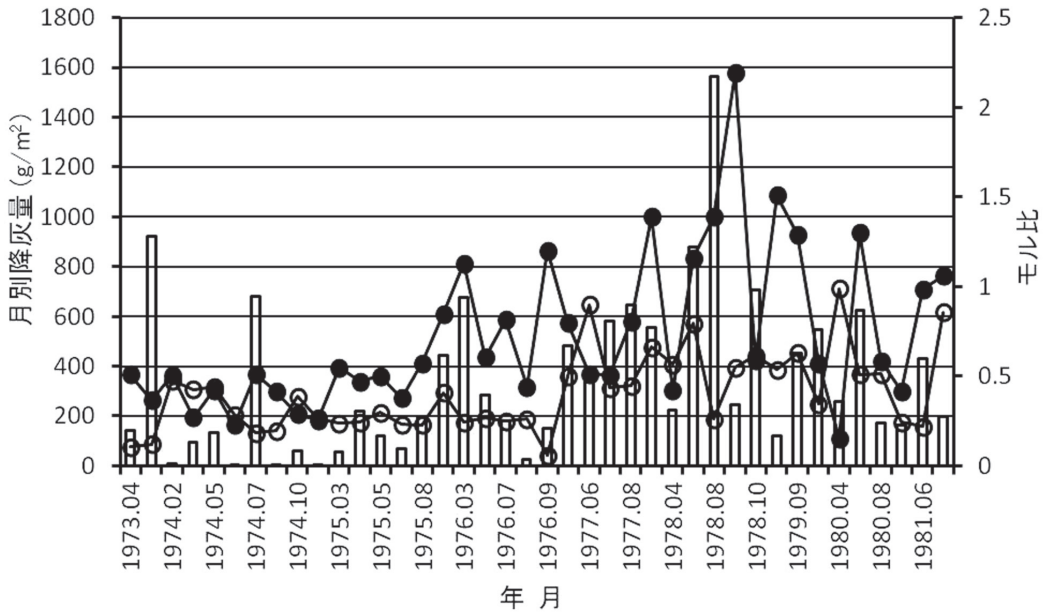


図 5-1. 桜島火山の月別降灰量と月別 F/Cl, Cl/S モル比。□：月別爆発回数，○：月別 F/Cl モル比，●：月別 Cl/S モル比。

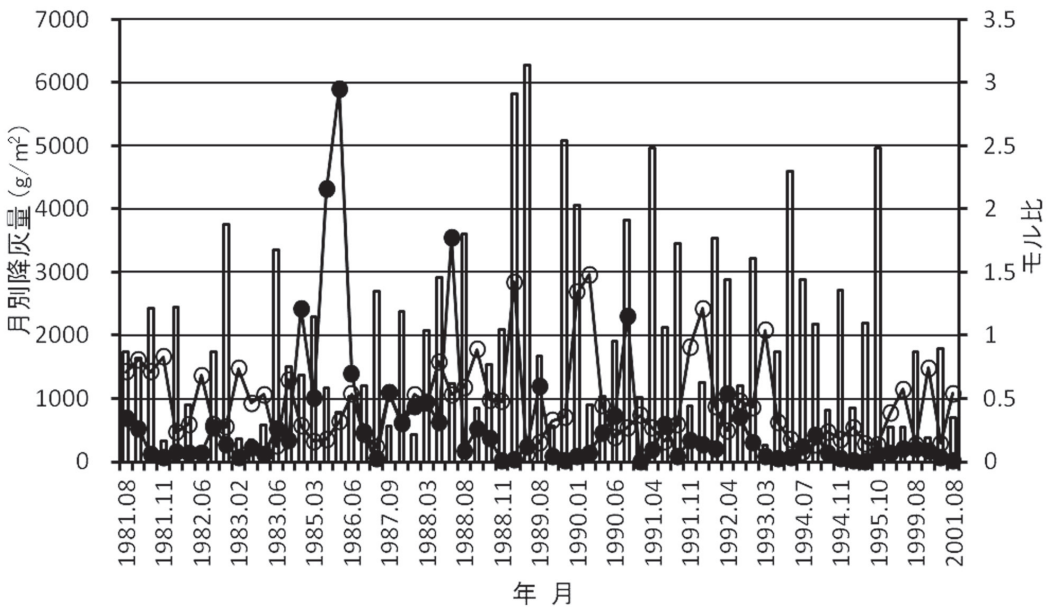


図 5-2. 桜島火山の月別降灰量と月別 F/Cl, Cl/S モル比。□：月別爆発回数，○：月別 F/Cl モル比，●：月別 Cl/S モル比。

れた火山灰水溶性成分濃度（フッ化物イオン，塩化物イオン，硫酸イオン）と南岳の爆発回数との関係を経時変化を交えて図 4 に示す。

以前，桜島火山の火山活動が活発な時期（爆

発回数が増加時）には，火山灰の水溶性成分の（Cl/S モル比）は増加する傾向が知られていた（平林ほか，1979）。しかし，1955～2001 年に採取した 245 個の火山灰の Cl/S モル比と月別爆発回数との

間に相関（相関係数 -0.005）がまったく認められない。

その理由の一つに、火山ガスの揮発成分であるフッ素水素（HF）、塩素水素（HCl）、二酸化硫黄（ $\text{SO}_2$ ）は、火山活動が活発な時期（火口温度が上昇、爆発回数が増加時）には、火山灰に付着する時間は短く、火山灰の表面だけに付着することが考えられる。また、採取した火山灰を分析にかけるまでの保管期間などが影響し、揮発性の火山ガス成分（HCl、 $\text{SO}_2$  など）は揮散する。一方、フッ化水素（HF）は火山灰中のカルシウムなどと結合し、不溶性になるとことが考えられる。したがって、火山活動が活発な時期（爆発回数が増加時）にはモル比は小さく、火山活動が沈静化した時期（爆発回数が減少時）に Cl/S モル比が大きくなることも考えられる。要するに、採取した火山灰をいかに早く水に溶出させ、分析することが必要である。特に、揮発性元素の一つである水銀は火山活動の活発な時期の火山灰には水銀量が少なくなることを報告した（坂元，2011）。

また、火山灰の F/Cl モル比、Cl/S モル比、月別降灰量と経年変化の関係を図 5 に示す。これら三者の間には一定の関係を見出せなかった。

以上、桜島の火山灰の各種水溶成分のモル比と火山活動の関係を中心に議論した。同火山の火山灰の各種水溶成分濃度範囲は極めて広範囲に分布しているが、その成分間のモル比は極めて狭い濃度範囲に集中している。このことは桜島の火山活動が火山灰の生成過程に深く関わっていることを示唆するものである。しかし、このような手法は降下した新鮮な（濡れていない）火山灰が得られ、早急に分析が実行される場合に限られるといった欠点もある。

#### 桜島火山南岳から放出された火山灰量の推定とその水圏への影響

南岳火口から火山灰、噴石や火山ガスなどが放出されている。火山灰の放出量について鎌田（1975）は 1955–1975 までの約 20 年間に  $1 \times 10^8$  トンが放出された推定した。また、江藤（1981）は鹿児島県が県内 55 ヶ所に設置した降灰観測点

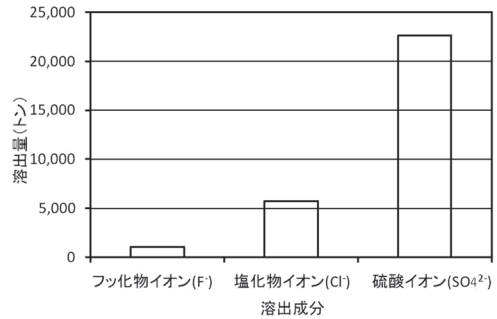


図 6. 桜島火山灰が年間 1,000 万トン放出した時の各種成分の水圏への溶出量。

での測定結果を使って 1978 年 6 月以降の降灰量を推定している。その結果は 1978 年 6 月から 1981 年 3 月までの総降灰量は約 2,500 万トンと報告している。この火山灰には多量の火山ガス成分が付着していることは多くの研究で明らかにされている（小坂・小沢，1975a–b；小坂ほか，1982；比良・高橋，1981；鎌田，1980）。本研究で使用した火山灰試料 251 個に付着している火山ガスの量は火山灰 1 kg 当たりフッ化物イオン（F）が 7.0–760 mg、塩化物イオン（Cl）16.0–7,250 mg、硫酸イオン（ $\text{SO}_4^{2-}$ ）は 203–34,600 mg であり、それぞれの算術平均値は 142, 859, 3,570 mg/kg、幾何平均値は 105, 571, 2,260 mg/kg である。

江藤による火山灰の総放出量の結果を 1 年当りに換算すると 882 万トンとなる。仮に、1955 年以來、1 年間に降灰量が 1,000 万トン放出されたとすれば火山灰から水圏に溶出するフッ化物イオン（F）、塩化物イオン（Cl）および硫酸イオン（ $\text{SO}_4^{2-}$ ）の量は 251 個の火山灰水溶性成分の分析結果（幾何平均値）より計算できる。その結果は図 6 に示す。桜島火山灰から 1 年間にフッ化物イオン（F）1,050 トン、塩化物イオン（Cl）5,710 トン、硫酸イオン（ $\text{SO}_4^{2-}$ ）22,600 トンが水圏に溶出することになる。

また、1955–2001 年までの 46 年間に桜島火山南岳は約 7,500 回の爆発を繰り返している。これは 1 年当りに換算すると約 160 回爆発したことになる。さらに 1 回当たりの爆発から放出される

火山灰から水圏に溶出する各種成分量に換算すると、フッ化物イオンが6.6トン、塩化物イオンが35.7トン、硫酸イオンが141トン溶出したことになる。桜島の火山活動が長期化すれば、これらの成分が環境中の生態系にも何らかの影響を及ぼすことが考えられる。

## ■ 今後のために

桜島火山から放出される火山灰は近隣の農作物被害はもちろんであるが、ハウス園芸のビニールハウス、交通機関(車、電車)、電力(送電線の絶縁が敗れる)、太陽光パネルの変換効率低下、通信網のマヒ、土石流災害などに繋がっている。これらの障害は火山灰という細かい粒子に火山ガス成分(HF, HCl, SO<sub>2</sub>など)を付着して降下し、水と接触することで起こる物理・化学的現象として捉えることができる。

1914年1月(大正の大噴火)から100年を迎える今、今後予想される桜島火山の大噴火に備え、住民に対する生活用水・飲料の確保や医療など火山災害への備えが求められる。

## ■ 謝辞

本報告書を取りまとめるにあたり、火山灰試料の採取にご協力を頂いた桜島の酒匂鉄子様、垂水の迫田淳一氏、鹿屋の竹下祐一郎氏、小山田の甲斐久子様に厚くお礼申し上げる。また、本研究を行うに当たっては鹿児島大学理学部化学科の磯野小百合・中村清人・竹下祐一郎・小松紀枝・岩永拓恵・小山田誠一郎・田中賢吾学士、同学部地球環境科学科の梶原佑介修士には、火山灰の採取、分析等で多大なご協力を得た。ここに記して、お礼を申し上げます。

## ■ 引用文献

江藤庸夫. 1981. 桜島火山から放出された降下火山灰量について. 桜島火山灰の化学分析と降下火山灰量, 鹿児島県地震火山調査協議会, 23-29.  
鹿児島県地方気象台. 2013. “桜島の月別爆発回数・月別降灰量”. [http://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/data/skr\\_expnum.html](http://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/data/skr_expnum.html).  
鹿児島県. 1981. 桜島火山灰の化学分析と降下火山灰量. 鹿児島県地震火山調査研究協議会, 1-29.

比良信幸・高橋秀夫. 1981. 火山灰粒度と付着火山ガス. 鹿大研究紀要, 32, 9-13.  
平林順一. 1981. 桜島における火山ガスの成分変化と火山活動. 京都大学防災研究所年報, 第24号, 11-20.  
平林順一. 1982. 桜島火山の地球化学. 火山, 第2集, 27, 293-309.  
Hirabayashi, J., Osaka, J. and Ozawa, T. 1982. Relationship between volcanic activity and chemical composition of volcanic gases - A case study on the Sakurajima Volcano. *Geochemical Journal*, 16, 11-21.  
平林順一・小坂丈予・小沢竹次郎・君島克憲・坂元隼雄. 1979. 日本火山学会1979年秋季大会講演要旨, 第2集, 24, 186-187.  
石川秀雄・江頭庸夫・田中良和・植木貞人. 1981. 桜島火山. 自然災害特別研究成果, 153-179.  
鎌田政明. 1975. 火山活動と地球環境, 火山, 第2集, 20, 特別号, 355.  
鎌田政明. 1980. 鹿児島湾北部海域の海洋環境の特異性. 桜島地域学術調査協議会調査研究報告, 251-260.  
鎌田政明・坂元隼雄. 1974. 火山活動による環境への物質の放出(続)火山灰の放出にともなう重金属の放出量. 日本化学会九州・中国四国支部講演予稿集, 41.  
鎌田政明・坂元隼雄. 1975a. 最近20年間の桜島火山周辺への火山灰の放出量(演旨), 火山, 第2集, 20, 122.  
鎌田政明・坂元隼雄. 1975b. 1914年桜島火山活動時の火山灰の放出量と鹿児島市に降下した火山灰の化学組成. 日本化学会地球化学討論会講演要旨集, 35.  
鎌田政明・坂元隼雄. 1980. 桜島における大気中の水銀含有量の連続測定とそれによって火山活動の消長を把握しようとするところ. 第3回桜島火山の集中総合観測, 98-104.  
小牧高志・竹下寿雄. 1978. 鹿児島市の大気汚染(その5). 鹿児島大学工学部研究報告, 81-88.  
松本幡郎・坂元隼雄. 1976. 1974-1975年阿蘇火山噴出物について. 日本火山学会1976年度秋季大会講演要旨, 火山, 第2集, 21, 205.  
竹下寿雄・前田 滋・今吉盛男・早水裕之. 1981. 鹿児島市および桜島の大気汚染(降灰)調査(第3報). 鹿児島大学工学部研究報告, 23, 133-151.  
竹下寿雄・前田 滋・永田実秋. 1980a. 桜島その他の火山灰に含まれる二三の微量元素成分について. 大気汚染学会誌, 15, 298-305.  
竹下寿雄・前田 滋・西牟田幸治・今吉盛男. 1980b. 鹿児島市および桜島の大気汚染(降灰)調査(第2報). 鹿児島大学工学部研究報告, 22, 139-155.  
竹下寿雄・前田 滋・下原孝彰. 1979. 鹿児島市および桜島の大気汚染(降灰)調査(第1報). 鹿児島大学工学部研究報告, 21, 137-159.  
Tomiyasu, T., Okada, M., Imura, R. and Sakamoto, H. 2003. Vertical variation in the concentration of mercury in soils around Sakurajima Volcano, Southern Kyushu, Japan. *Sci. Total Environ.*, 304, 221-230.  
小坂丈予・平林順一・小沢竹二郎. 1982. 噴気ガス成分による桜島火山の活動状況の推定(4). 第4回桜島火山の集中総合観測, 69-76.  
小坂丈予・小沢竹二郎. 1975a. 1975年2-3月桜島火山の総合調査, 6. 火山ガス(演旨), 火山, 第2集, 20, 129.  
小坂丈予・小沢竹二郎. 1975b. 桜島火山噴出ガスの成分の観測と活動状況. 桜島火山の総合調査報告, 62.  
小沢竹二郎. 1965. 火山ガス. 火山, 第2集, 10周年特集号, 10, 221-232.

- 齊藤浩子・及川紀久雄・坂元隼雄・鎌田政明. 1982. イオンクロマトグラフィーによる火山灰可溶性成分の迅速分析. 地球化学, 16, 43-47.
- 坂元隼雄. 1975. 桜島火山における降下火山灰の微量金属成分(銅, 亜鉛, カドミウム, 鉛, 水銀)の化学的研究. 鹿児島県育英財団報告書, 1-66.
- 坂元隼雄. 1977. 降下火山灰の付着微量成分を利用する火山発散物全体像の把握の研究. 鹿児島県育英財団報告書, 1-53.
- 坂元隼雄. 1983. 桜島降下火山灰中の微量成分の化学的研究. 鹿児島県育英財団報告書, 1-77.
- 坂元隼雄. 2008. 水銀汚染と地球環境—火山起源の水銀—. 地球環境, 13 (2), 237-244.
- 坂元隼雄. 2011. 桜島火山灰の水銀濃度変化と火山活動. Nature of Kagoshima, 37, 127-135.
- 坂元隼雄・鎌田政明. 1974. 火山活動による環境への物質の放出一火山灰の微量金属成分. 第11回化学関連支部合同九州大会講演予稿集, 26.
- 坂元隼雄・鎌田政明. 1981. 環境試料中の超微量水銀の定量. 日本化学会誌, (1), 32-39.
- 坂元隼雄・小沢竹二郎. 1974. 薩摩硫黄島の火山ガスの重金属含有量(演旨). 火山, 第2集, 19, 48.
- 坂元隼雄・小沢竹二郎・鎌田政明. 1974. 薩摩硫黄島の火山ガス中の微量成分(その2)親銅元素(Cu, Zn, Cd, Pb)の含有量. 日本化学会地球化学討論会講演要旨, 176.
- Sakamoto, H., Fujita, S., Tomiyasu, T. and Anazawa, K. 2003. Mercury concentrations in fumarolic gas condensates and mercury chemical forms in fumarolic gases. Bull. Volcanol. Soc. Japan, 48, 27-33.
- Sakamoto, H., Tomiyasu, T. and Yonehara, N. 1989. Determination of ultratrace amounts of mercury in atmosphere and its distribution. Rep. Fac. Sci., Kagoshima Univ. (Math, Phys. & Chem.), (22), 159-169.
- 島田欣二・福重安雄・重信 学. 1980. 桜島降灰の性質. 鹿児島大学工学部研究報告, (22), 133-138.