

桜島火山灰の水銀濃度変化と火山活動

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

鹿児島湾にそそり立つ桜島は、海上景観のすばらしさと天高く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者や農業・観光業などを営む者には、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・水産業などが被る被害は甚大である。一般に、火山活動は短期間に終わ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をさんでいるが、現在も活発な火山活動を継続している。この50年間に放出された火山噴出物の総量は 2×10^8 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）が環境にさまざまな影響を及ぼしている（鎌田, 1975）。

桜島火山南岳火口から放出された火山灰には、ケイ素（25-30%）、アルミニウム（7-9%）などの主成分と言われる元素のほか、フッ素、塩素などのハロゲン元素や、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（石川ほか, 1981；鹿児島県, 1981；坂元・鎌田, 1974；島田ほか, 1980）。

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、桜島の火山活動が断続的に継続し、火山灰が環境に与える影響に関する研究が行われるようになった（小牧・竹下, 1978；竹下ほか, 1979, 1980a, b, 1981）。一方、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、火山活動が始まっても、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といったこともある。桜島火山南岳（図1）は、長期間に渡り活発な火山活動を継続している点で特異的な火山であり、研究のフィールドとして、この上ない条件を備えた火山である。

桜島火山南岳は、時々約3,000m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50年間も噴煙活動を続ける桜島火山南岳。

Sakamoto, H. 2011. Variation in the concentration of mercury in volcanic ashes and volcanic activity of Sakurajima Volcano in Kagoshima Prefecture. *Nature of Kagoshima* 37: 127-135.

☑ Foundation of Kagoshima Environmental Research and Service, 1-1-10 Nanatsujima, Kagoshima 891-0132, Japan (e-mail: sakamoto@kagoshima-env.or.jp).

を採取することは多大の危険を伴うので不可能に近い。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（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るようになった（小坂・小沢, 1975a, b; 平林, 1981, 1982; Hirabayashi et al., 1982; 小坂ほか, 1982）。

著者らは、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）含有量や、同火山から放出された火山灰を蒸留水に浸せきし、水中に溶出したフッ化物イオン、塩化物イオン、硫酸イオン濃度等について報告した（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て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）。

また、桜島火山の活動時（噴火時）に近い高温の噴気孔（約 800°C）を有し、人が近づくことができる鹿児島県三島村の薩摩硫黄島火山硫黄岳を初め、東北や北海道などの火山の噴気孔に入り、火山発散物（ガス状物質）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; Sakamoto et al., 2003; 坂元, 2008）。

火山灰は、不溶性のケイ酸塩部分に多種の火山発散物を付着して飛来するので、火口に入らずに離れた場所から地下のマグマの情報を知るのに役立つ可能性がある。

火山灰の研究に際し、著者が以前所属していた研究室には、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（故）宇田川畏三教授、鹿児島大学理学部（故）鎌田政明教授等によって採取された 1945 年–1950 年の貴重な火山灰が良好な状態で保存されていた。その一部を使用した。

■ 研究の目的

桜島火山南岳の火山活動は、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）、二酸化イオウ、硫化水素等の有毒ガスを含んでいる（平林, 1982）。しかし、これらのガスは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。この火山灰には、火山ガス成分（フッ化水素、塩化水素、二酸化イオウ等）が付着して放出される。著者らは、火山灰に付着した水溶性の火山ガス成分を水に溶出させ、農作物、建造物、環境などへの影響を推定する基礎的な資料を得る目的で研究を行ってきた。

本研究は、危険を冒さず入手できる火山噴出物の一つである火山灰に注目し、マグマの揮発性元素の一つである水銀の濃度分布とその挙動を調べることを目指している。また、桜島火山の火山灰の水銀濃度変化と火山活動（爆発回数）との関係を明らかにする。

■ 研究の方法

1. 降下火山灰の採取

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。昭和 49 年 6 月 20 日、全日空のパイロットによると大分県の豊後水道上空で桜島火山灰の飛来が確認された。また、熊本県水俣市の新日本窒素工場の周辺の車上に降り積もった“白い物質”が工場から出されたものではないかという住民からの嫌疑がかけられた。その後、この物質と桜島火山灰の X 線回析の結果が見事に一致して事なきに終わった。

私達は、どんなにサッシのガラス戸を閉め切っても、室内に火山灰が浸入することは良く経験する。このことは火山灰がいかに細かいものかを知ることができる。

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分される。

火山灰は、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見定め、火山灰を採取し、降灰量を測定することは実は困難な仕事である。

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 x 70 cm x 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入れて密封し、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、水銀のような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、実験室で試料の保存中の水銀汚染に十分な注意を払った。なお、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. 火山灰の水銀の分析

火山灰試料0.01–0.2 gを磁性ボート(約800°Cの電気炉で2時間加熱し、水銀を除去したもの)に正しく量り取り、添加剤(水酸化カルシウムと炭酸ナトリウムの体積比1:1混合物)(いずれも700–800°Cの電気炉で加熱し、水銀を除去したものを加えた後、700°Cに設定した分析装置の加熱炉に入れて加熱する。その間、水銀を除去した窒素ガス(硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を通して洗浄)を流し、揮発してくる水銀蒸気を多孔質の金捕集剤(金アマールガムとして)に捕集する。さらに、この金捕集剤を加熱して発生する水銀蒸気は、冷原子吸光度法を用い、総水銀を測定する(坂元・鎌田, 1981)。なお、表1の桜島火山灰の水銀濃度(総水銀)は、試料の一部を取り、110°C, 6時間乾燥重量ベースに換算し

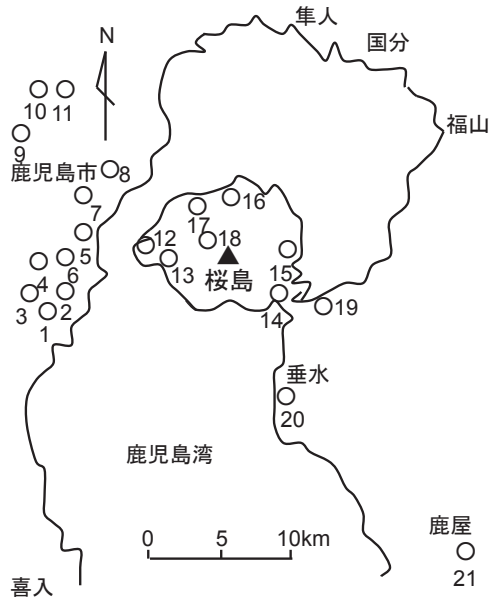


図2. 桜島火山灰の採取地点. 1:郡元, 2:上荒田, 3:田上, 4:武, 5:中央, 6:城山, 7:玉里, 8:吉野, 9:小山田, 10:油須木, 11:東俣, 12:袴越, 13:赤水, 14:有村, 15:黒神, 16:白浜, 17:西道, 18:春田山, 19:牛根, 20:垂水, 21:鹿屋。

である。

3. 桜島火山の活動情報

桜島火山南岳の火山活動については、鹿児島地方気象台で1955年以降、毎月報告される桜島火山の月別の爆発回数を引用した(鹿児島地方気象台, 2011)。

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放出された火山灰試料(251個)を採取して保存し、水銀(総水銀)濃度を測定した。その結果は、表1に示す。

1955年以前の桜島火山灰の水銀濃度の測定は行っていたが、桜島の火山活動の一つの尺度とみなされる爆発回数のデータが無いので、比較は行わずに、記録に留めることにする。この期間の中で、1914年の大噴火の火山灰の水銀濃度が桁違いに高い。このことに関しては、試料が1個ということもあり、考察は差し控える。

表1. 桜島火山灰の水銀濃度.

整理番号	採取地点等	年月日	水銀濃度 μg/kg	月平均水銀濃度 (幾何平均) μg/kg
1	第七高等学校庭 (鹿児島市城山町)	Jan. 14. 1914	4,030	
2	鹿児島大学 (鹿児島市上荒田町)	Aug. 20. 1945	27.5	
3	牛根 (垂水市牛根)	Apr. 19. 1946	8.7	
4	鹿児島大学 (鹿児島市上荒田町)	May. 06. 1946	14.3	
5	鹿児島大学 (鹿児島市上荒田町)	Jul. 25. 1950	29.7	
6	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	Aug. 09. 1950	189	
7	有村 (鹿児島市 桜島)	Oct. 59. 1955	14.3	222
8	富永 (鹿児島市)	Oct. . 1955	3,430	
9	赤水 (鹿児島市 桜島)	Jun. 19. 1958	6.8	
10	白浜 (鹿児島市 桜島)	Oct. 30. 1958	8.7	
11	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Apr. 08. 1973	8.3	
12	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Aug. 13. 1973	27.0	
13	白浜 (鹿児島市 桜島)	Aug. 18. 1973	16.9	26.2
14	白浜 (鹿児島市 桜島)	Aug. 31. 1973	47.6	
15	白浜 (鹿児島市 桜島)	Aug. 31. 1973	21.7	
16	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	Feb. 01. 1974	54.7	
17	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	Mar. 09. 1974	11.8	
18	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	May. 05. 1974	11.4	23.6
19	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	May. 10. 1974	105	
20	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	May. 13. 1974	11.0	
21	西道 (鹿児島市 桜島)	Jun. 15. 1974	14.4	7.2
22	春田山 (鹿児島市 桜島)	Jun. 16. 1974	7.9	
23	小山田 (鹿児島市小山田)	Jun. 16. 1974	3.6	
24	西道 (鹿児島市 桜島)	Jun. 16. 1974	10.7	
25	西道 (鹿児島市 桜島)	Jun. 16. 1974	2.5	
26	西道 (鹿児島市 桜島)	Jun. 26. 1974	12.6	
27	西道 (鹿児島市 桜島)	Jul. 02. 1974	6.9	4.5
28	春田山 (鹿児島市 桜島)	Jul. 03. 1974	3.9	
29	小山田 (鹿児島市小山田)	Jul. 04. 1974	2.8	
30	春田山 (鹿児島市 桜島)	Jul. 04. 1974	3.0	
31	西道 (鹿児島市 桜島)	Jul. 05. 1974	4.5	
32	小山田 (鹿児島市小山田)	Jul. 05. 1974	5.8	
33	永山 (鹿児島市東俣町)	Jul. 05. 1974	3.7	
34	油須木 (鹿児島市油須木町)	Jul. 05. 1974	3.9	
35	春田山 (鹿児島市 桜島)	Jul. 05. 1974	8.4	
36	西道 (鹿児島市 桜島)	Jul. 31. 1974	4.4	
37	北岳 (鹿児島市 桜島)	Aug. 18. 1974	7.7	
38	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	Oct. 25. 1974	10.3	
39	春田山 (鹿児島市 桜島)	Dec. 16. 1974	11.2	5.4
40	西道 (鹿児島市 桜島)	Dec. 22. 1974	8.2	
41	春田山 (鹿児島市 桜島)	Dec. 27. 1974	3.9	
42	春田山 (鹿児島市 桜島)	Dec. 31. 1974	2.4	
43	春田山 (鹿児島市 桜島)	Mar. 01. 1975	4.8	5.0
44	黒神 (鹿児島市 桜島)	Mar. 02. 1975	5.8	
45	有村 (鹿児島市 桜島)	Mar. 07. 1975	11.5	
46	有村 (鹿児島市 桜島)	Mar. 07. 1975	3.6	3.7
47	有村 (鹿児島市 桜島)	Mar. 08. 1975	2.6	
48	西道 (鹿児島市 桜島)	Apr. 07. 1975	2.7	
49	西道 (鹿児島市 桜島)	Apr. 08. 1975	3.6	
50	西道 (鹿児島市 桜島)	Apr. 26. 1975	5.4	
51	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	May. 25. 1975	3.5	
52	西道 (鹿児島市 桜島)	Jun. 12. 1975	14.7	13.3
53	西道 (鹿児島市 桜島)	Jun. 13. 1975	12.1	
54	西道 (鹿児島市 桜島)	Aug. 09. 1975	3.5	4.4
55	西道 (鹿児島市 桜島)	Aug. 10. 1975	5.6	

*: 110°C, 6時間乾燥重量ベース.

表1. 桜島火山灰の水銀濃度 (続).

整理番号	採取地点等	年月日	水銀濃度 μg/kg	月平均水銀濃度 (幾何平均) μg/kg
56	西道 (鹿児島市 桜島)	Sept. 21. 1975	2.6	
57	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Nov. 05. 1975	4.0	3.1
58	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Nov. 11. 1975	2.1	
59	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	Nov. 13. 1975	2.5	
60	西道 (鹿児島市 桜島)	Nov. 15. 1975	4.2	
61	春田山 (鹿児島市 桜島)	Mar. 18. 1976	4.2	
62	黒神 (鹿児島市 桜島)	May. 01. 1976	9.3	23.7
63	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	May. 27. 1976	34.0	
64	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	May. 28. 1976	42.1	
65	西道 (鹿児島市 桜島)	Jun. 13. 1976	17.6	14.2
66	西道 (鹿児島市 桜島)	Jun. 20. 1976	25.8	
67	西道 (鹿児島市 桜島)	Jun. 25. 1976	10.7	
68	西道 (鹿児島市 桜島)	Jun. 28. 1976	10.2	
69	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Jun. 29. 1976	11.6	
70	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	Jul. 01. 1976	3.8	8.0
71	西道 (鹿児島市 桜島)	Jul. 31. 1976	16.7	
72	西道 (鹿児島市 桜島)	Aug. 01. 1976	31.1	
73	西道 (鹿児島市 桜島)	Sept. 08. 1976	118	
74	黒神 (鹿児島市 桜島)	Dec. 05. 1976	1.4	
75	赤水 (垂水市田神)	May. 08. 1977	2.1	6.8
76	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	May. 13. 1977	4.6	
77	西道 (鹿児島市 桜島)	May. 13. 1977	7.3	
78	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	May. 23. 1977	9.5	
79	西道 (鹿児島市 桜島)	May. 28. 1977	19.7	
80	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	May. 31. 1977	7.7	
81	西道 (鹿児島市 桜島)	Jun. 05. 1977	2.8	2.7
82	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Jun. 21. 1977	2.6	
83	赤水 (垂水市田神)	Jul. 06. 1977	5.3	3.6
84	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	Jul. 29. 1977	3.8	
85	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Jul. 30. 1977	2.3	
86	赤水 (垂水市田神)	Aug. 06. 1977	6.8	4.4
87	黒神 (鹿児島市 桜島)	Aug. 11. 1977	4.1	
88	西道 (鹿児島市 桜島)	Aug. 20. 1977	5.0	
89	西道 (鹿児島市 桜島)	Aug. 23. 1977	2.6	
90	西道 (鹿児島市 桜島)	Sept. 01. 1977	2.6	2.5
91	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Sept. 05. 1977	3.2	
92	西道 (鹿児島市 桜島)	Sept. 07. 1977	1.9	
93	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	Apr. 22. 1978	5.5	3.5
94	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Apr. 27. 1978	2.2	
95	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	May. 23. 1978	2.3	2.1
96	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	May. 24. 1978	2.0	
97	西道 (鹿児島市 桜島)	May. 28. 1978	2.1	
98	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	Aug. 27. 1978	2.5	2.3
99	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Aug. 31. 1978	2.1	
100	西道 (鹿児島市 桜島)	Sept. 16. 1978	1.8	1.7
101	西道 (鹿児島市 桜島)	Sept. 17. 1978	1.6	
102	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Oct. 03. 1978	7.9	3.5
103	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	Oct. 03. 1978	3.2	
104	鹿児島大学 (郡元 1-21-35)	Oct. 07. 1978	3.3	
105	西道 (鹿児島市 桜島)	Oct. 23. 1978	1.9	
106	春田山 (鹿児島市 桜島)	Nov. 25. 1978	9.0	
107	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Sept. 27. 1979	19.3	
108	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Oct. 15. 1979	42.9	
109	田上 (鹿児島市田上町 3,048)	Apr. 26. 1980	17.6	

*: 110°C, 6時間乾燥重量ベース.

表1. 桜島火山灰の水銀濃度(続).

整理番号	採取地点等	年月日	水銀濃度	月平均水銀濃度(幾何平均)
			μg/kg	μg/kg
110	田上(鹿児島市田上町 3,048)	May. 02. 1980	3.5	6.8
111	田上(鹿児島市田上町 3,048)	May. 05. 1980	8.1	
112	田上(鹿児島市田上町 3,048)	May. 11. 1980	11.0	17.6
113	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Aug. 02. 1980	9.5	
114	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Sept. 09. 1980	24.1	15.7
115	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 08. 1981	16.0	
116	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Jul. 19. 1981	14.2	15.9
117	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jul. 29. 1981	21.8	
118	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Aug. 03. 1981	13.2	5.2
119	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Aug. 16. 1981	26.3	
120	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Aug. 17. 1981	21.1	12.3
121	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 19. 1981	6.7	
122	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 20. 1981	19.7	23.0
123	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Sept. 16. 1981	13.8	
124	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Sept. 29. 1981	18.4	19.1
125	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Oct. 01. 1981	17.1	
126	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Nov. 22. 1981	24.2	34.3
127	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Apr. 29. 1982	4.2	
128	田上(鹿児島市田上町 3,048)	May. 24. 1982	4.2	32.4
129	田上(鹿児島市田上町 3,048)	May. 24. 1982	4.4	
130	田上(鹿児島市田上町 3,048)	May. 27. 1982	7.7	7.8
131	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 05. 1982	13.6	
132	吉野(鹿児島市吉野町)	Jul. 28. 1982	3.1	6.2
133	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Jul. 30. 1982	2.8	
134	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jul. 30. 1982	18.6	8.0
135	吉野(鹿児島市吉野町)	Jul. 30. 1982	4.1	
136	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Oct. 14. 1982	18.2	2.5
137	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Oct. 28. 1982	8.3	
138	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Feb. 22. 1983	28.5	3.5
139	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Feb. 27. 1983	18.6	
140	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Apr. 06. 1983	9.9	7.6
141	田上(鹿児島市田上町 3,048)	May. 11. 1983	41.7	
142	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Jun. 05. 1983	18.1	6.9
143	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 28. 1983	14.6	
144	袴腰(鹿児島市 桜島)	Jun. 28. 1983	23.7	6.6
145	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Jun. 29. 1983	17.0	
146	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Jun. 30. 1983	24.0	3.1
147	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	May. 21. 1984	26.1	
148	田上(鹿児島市田上町 3,048)	May. 22. 1984	45.2	1.7
149	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Jun. 01. 1984	24.7	
150	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Jun. 04. 1984	49.1	1.9
151	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Jun. 11. 1984	46.5	
152	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Jun. 12. 1984	19.6	1.7
153	田上(鹿児島市田上町 3,048)	Mar. 16. 1985	22.2	
154	武(鹿児島市武 3-28-7)	Jul. 27. 1985	4.2	1.7
155	武(鹿児島市武 3-28-7)	Aug. 25. 1985	4.4	
156	武(鹿児島市武 3-28-7)	Aug. 26. 1985	4.1	1.9
157	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 28. 1985	25.9	
158	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 07. 1986	25.1	1.7
159	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 10. 1986	11.8	
160	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 11. 1986	1.5	1.7
161	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 02. 1986	11.6	
162	永山(鹿児島市東保町)	Aug. 12. 1987	6.2	1.7
163	武(鹿児島市武 3-28-7)	Sept. 26. 1987	2.1	
164	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Sept. 28. 1987	6.0	

*: 110°C, 6時間乾燥重量ベース.

表1. 桜島火山灰の水銀濃度(続).

整理番号	採取地点等	年月日	水銀濃度	月平均水銀濃度(幾何平均)
			μg/kg	μg/kg
165	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Oct. 14. 1987	3.9	12.0
166	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Nov. 11. 1987	21.2	
167	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Nov. 14. 1987	6.8	3.1
168	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Mar. 28. 1988	3.1	
169	袴腰(鹿児島市 桜島)	May. 24. 1988	7.7	6.9
170	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	May. 26. 1988	4.5	
171	玉里(鹿児島市)	May. 27. 1988	9.3	3.4
172	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 15. 1988	1.8	
173	玉里(鹿児島市)	Jun. 20. 1988	6.6	6.6
174	玉里(鹿児島市)	Jun. 22. 1988	3.3	
175	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 01. 1988	9.0	4.6
176	玉里(鹿児島市)	Aug. 06. 1988	4.8	
177	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Sept. 03. 1988	4.0	3.5
178	垂水(垂水市)	Sept. 06. 1988	3.2	
179	玉里(鹿児島市)	Sept. 09. 1988	4.4	5.0
180	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Sept. 14. 1988	8.5	
181	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Sept. 29. 1988	4.5	2.8
182	玉里(鹿児島市)	Oct. 20. 1988	3.2	
183	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Oct. 26. 1988	3.9	17.8
184	玉里(鹿児島市)	Nov. 04. 1988	2.8	
185	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jan. 03. 1989	17.8	1.4
186	垂水(垂水市田神)	Jan. 29. 1989	1.4	
187	武(鹿児島市武 3-28-7)	Jul. 27. 1989	12.5	7.1
188	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 04. 1989	7.1	
189	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Nov. 12. 1989	8.6	34.5
190	鹿屋(鹿屋市西原)	Dec. 12. 1989	34.5	
191	鹿屋(鹿屋市西原)	Jan. 22. 1990	6.2	5.5
192	鹿屋(鹿屋市西原)	Jan. 22. 1990	4.9	
193	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Feb. 02. 1990	4.9	12.7
194	武(鹿児島市武 3-28-7)	May. 01. 1990	12.7	
195	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	May. 16. 1990	17.2	16.7
196	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	May. 29. 1990	21.5	
197	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 07. 1990	9.4	15.2
198	武(鹿児島市武 3-28-7)	Jun. 17. 1990	15.2	
199	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 20. 1990	18.7	5.3
200	武(鹿児島市武 3-28-7)	Jun. 28. 1990	5.3	
201	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 28. 1990	4.4	4.3
202	武(鹿児島市武 3-28-7)	Jun. 29. 1990	4.3	
203	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 01. 1990	13.6	6.2
204	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 02. 1990	14.9	
205	武(鹿児島市武 3-28-7)	Aug. 09. 1990	3.6	3.6
206	武(鹿児島市武 3-28-7)	Aug. 16. 1990	3.6	
207	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 27. 1990	3.6	11.8
208	垂水(垂水市田神)	Dec. 01. 1990	11.8	
209	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Apr. 09. 1991	18.4	2.8
210	黒神(鹿児島市 桜島)	Jul. 06. 1991	2.8	
211	武(鹿児島市武 3-28-7)	Aug. 15. 1991	9.5	2.4
212	垂水(垂水市田神)	Oct. 02. 1991	2.4	
213	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Nov. 29. 1991	6.3	3.6
214	垂水(垂水市田神)	Dec. 12. 1991	3.6	
215	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Dec. 16. 1991	1.9	2.5
216	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Dec. 16. 1991	1.7	
217	中央(鹿児島市中央)	Dec. 21. 1991	3.1	

*: 110°C, 6時間乾燥重量ベース

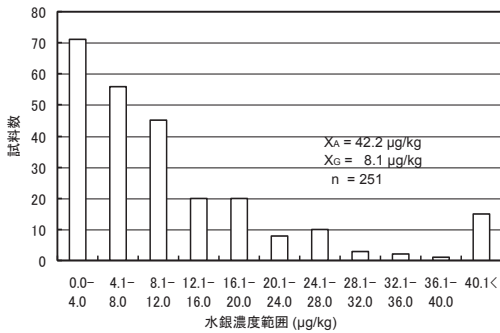


図3. 桜島火山灰の水銀濃度と試料数。X_A: 算術平均値, X_G: 幾何平均値, n: 試料数。

表1. 桜島火山灰の水銀濃度(続)。

整理番号	採取地点等	年月日	水銀濃度 µg/kg	月平均水銀濃度 (幾何平均) µg/kg
218	垂水(垂水市田神)	Jan. 03. 1992	3.2	3.3
219	武(鹿児島市武 3-28-7)	Jan. 05. 1992	3.5	
220	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Apr. 06. 1992	2.3	2.0
221	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Apr. 07. 1992	1.7	
222	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 16. 1992	1.4	1.4
223	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 16. 1992	1.4	
224	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Oct. 21. 1992	4.2	
225	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	May. 27. 1993	38.8	16.1
226	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	May. 28. 1993	6.7	
227	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Oct. 27. 1993	10.5	
228	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Nov. 16. 1993	5.6	
229	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jul. 17. 1994	10.5	12.3
230	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jul. 18. 1994	14.5	
231	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 17. 1994	8.3	17.1
232	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 19. 1994	13.4	
233	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 20. 1994	11.1	
234	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 30. 1994	67.1	
235	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 31. 1994	17.8	
236	武(鹿児島市武 3-28-7)	Oct. 27. 1994	8.8	
237	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Oct. 27. 1994	10.5	
238	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Nov. 12. 1994	66.5	
239	武(鹿児島市武 3-28-7)	May. 18. 1995	8.3	7.3
240	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	May. 21. 1995	6.5	
241	春田山(鹿児島市 桜島)	Aug. 24. 1995	9.4	
242	吉田(鹿児島市吉田町)	Aug. 25. 1995	12.5	9.7
243	吉田(鹿児島市吉田町)	Aug. 26. 1995	7.8	
244	武(鹿児島市武 3-28-7)	Oct. 28. 1995	11.3	
245	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	May. 21. 1998	8.2	
246	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 09. 1999	9.3	9.9
247	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Jun. 10. 1999	10.5	
248	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Aug. 04. 1999	6.5	
249	鹿児島大学(郡元 1-21-35)	Oct. 25. 1999	4.7	
250	武(鹿児島市武 3-28-7)	Oct. 07. 2000	8.4	
251	有村(鹿児島市 桜島)	Aug. 02. 2001	7.5	

*: 110℃, 6時間乾燥重量ベース

また、1955–1972年の間に採取した火山灰試料は、数が少なく、火山活動(爆発回数)との比較から除外する。

本論では、1973–2001年の期間の水銀の測定数の最も多い火山灰試料の水銀濃度と火山活動の関係を経時変化を交えて議論する。

一方、鹿児島地方気象台の桜島の爆発回数は、月別爆発回数でまとめて報告されている。そこで、火山灰の水銀濃度は、その月に複数個の水銀濃度データが存在する場合は、その月の算術平均値でなく、幾何平均値(自然現象は対数正規分布であると言われている)を求め、桜島の火山活動(爆発回数)との対応関係を調べることにする。桜島火山灰の水銀濃度は、表1の最右欄に、月平均水銀濃度(幾何平均値)として示してある。

また、桜島火山灰251試料(本研究で分析した全試料)の水銀濃度の濃度範囲と試料数の関係を図3に示す。桜島火山灰251試料の水銀の濃度範囲は1.4–4,030 µg/kgで、算術平均値は42.2 µg/kg、幾何平均値は8.1 µg/kgである。桜島火山灰の水銀濃度は、一般の火山岩の水銀濃度と比較して低い(坂元・鎌田, 1981)。

表1のひとつ月内に水銀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水銀濃度に差異が見られるものがある。このことは火山灰の生成過程、放出のされた火山活動の時期を反映していると見ることができる。長期間活動を休止した火山が活動を開始すると、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て放出されることと関係していると考えられる。このような事実は、浅間火山や阿蘇火山が活動(噴火)した時の火山灰でも、最初に放出された火山灰に、水銀濃度が高いという結果が得られている(松本・坂元, 1976)。

桜島火山南岳から1973–2001年の間に放出された火山灰の水銀濃度と南岳の爆発回数との関係を経時変化を交えて図4-1–図4-3に示す。

桜島火山の火山活動が活発な時期(爆発回数が増加)には、火山灰の水銀濃度は減少し、活動が休止した後、最初に放出された火山灰には比較的高い水銀濃度が見られる。また、火山灰の水銀

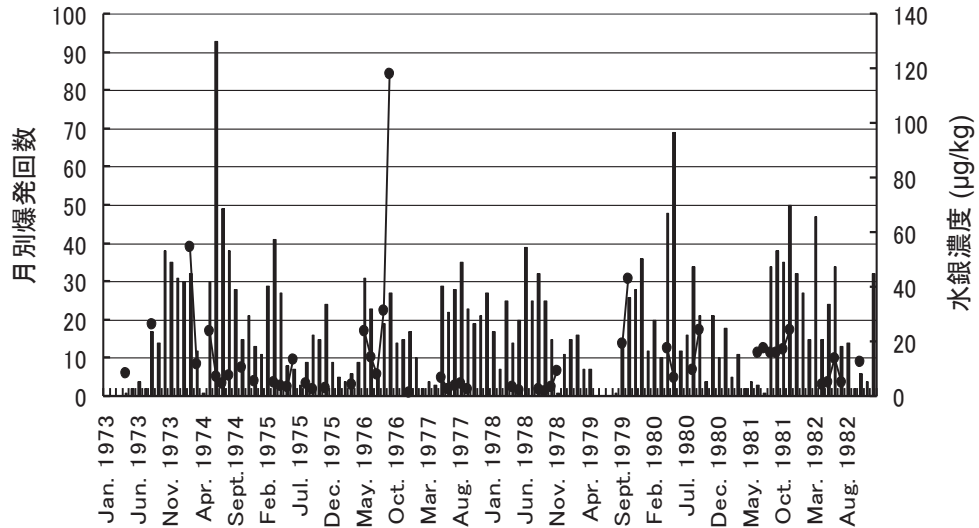


図4-1. 桜島火山灰の水銀濃度と月別爆発回数。| : 月別爆発回数, ● : 水銀濃度。

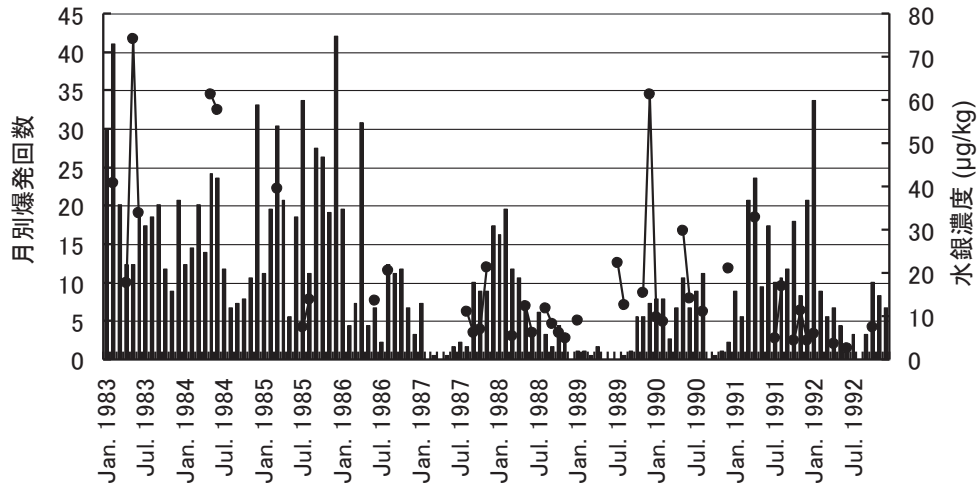


図4-2. 桜島火山灰の水銀濃度と月別爆発回数。| : 月別爆発回数, ● : 水銀濃度。

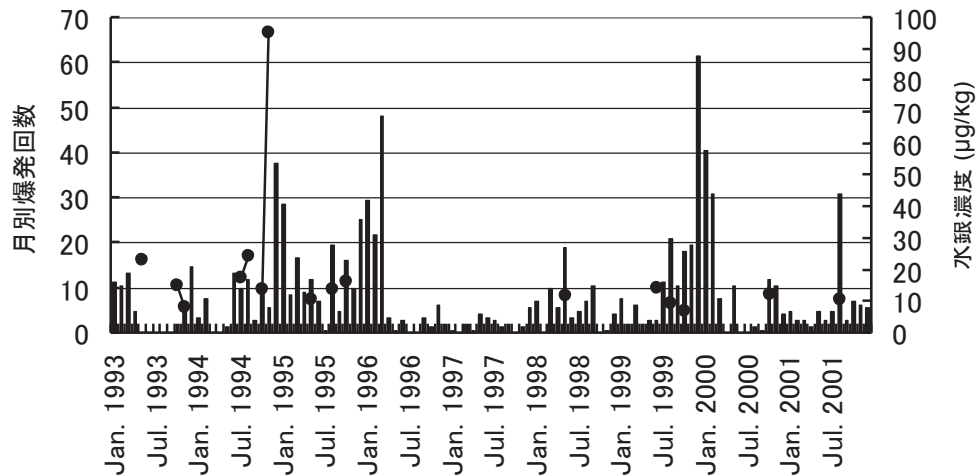


図4-3. 桜島火山灰の水銀濃度と月別爆発回数。| : 月別爆発回数, ● : 水銀濃度。

濃度と月別爆発回数との間に相関（相関係数 -0.005 ）がまったく見られない。

揮発性元素である水銀は、火山活動が活発な時期（爆発回数が増加し、火口から高温の火山ガスが噴出時）には、水銀は火山灰に付着するのではなく火山ガスに伴って金属水銀蒸気となって大気中に放出されている（Sakamoto et al., 1989）。したがって、火山活動が活発な時期に集積した火山灰堆積層には水銀濃度は低く、火山活動が沈静化した時期の堆積層には水銀濃度が高くなること分かっている（Tomiyasu et al., 2003）。

以上、桜島の火山灰の水銀濃度と火山活動の関係を中心に論述した。同火山の火山灰の水銀濃度範囲は広範囲に分布しているが、その大多数は極めて狭い濃度範囲に集中している。このことは桜島の活発な火山活動が火山灰の生成過程に熱源として関与していることを示唆するものである。

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朝日宣雄修士、同学部地球環境科学科の小堀晃作修士には、火山灰の採取、分析等で多大なご協力を頂いた。ここに記して、お礼を申し上げます。

引用文献

- 鹿児島地方気象台. 2011. “桜島の月別爆発回数”, http://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/data/skr_exp_num.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.
- 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., Oosaka 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.
- 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・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(1975).
- 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, 10周年特集号, 221-232.
- 斉藤浩子・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, No. 2, 237-244.
- 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—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, No. 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.), No. 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, 第22号, 133-138.