

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	火山ガスの成分変化と火山活動
Title(English)	
著者(和文)	平林順一
Author(English)	JUN-ICHI HIRABAYASHI
出典(和文)	学位:理学博士, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:乙第1311号, 授与年月日:1984年2月29日, 学位の種別:論文博士, 審査員:
Citation(English)	Degree:Doctor of Science, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第1311号, Conferred date:1984/2/29, Degree Type:Thesis doctor, Examiner:
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

火山ガスの成分変化と火山活動

平林 順一

目 次

第1章	序 論	1
1-1	研究の目的および概要	1
1-2	他の研究者による既往の研究	5
1-2-1	火山ガスの化学的研究	5
1-2-2	火山ガスの成分変化と火山活動に関する研究	6
	引用文献	9
第2章	火山ガス成分と温度	14
	引用文献	25
第3章	桜島火山における火山ガスの測定結果と火山活動との関連	26
3-1	緒 言	26
3-2	桜島火山の活動状況	29
3-3	火山灰の水溶性付着成分	33
3-4	静置式アルカリ吸収法	50
3-4-1	設置場所および測定方法	50
3-4-2	HCl, SO ₂ の吸収量	52
3-4-3	HCl/SO ₂ の変化	58
3-5	大気中の火山ガスの連続測定	62
3-5-1	自動測定器の概要	62
3-5-2	大気中の火山ガス濃度	63
3-5-3	春田山におけるHF, HCl, SO ₂ ガスの連続測定	67
3-5-4	SO ₂ 自動測定における問題点	77
3-6	ボーリング孔における地中および温泉ガスの観測	80
3-6-1	持木地区におけるガス観測用ボーリング孔の概要	80
3-6-2	地中ガスおよび温泉ガスの連続観測結果	83
3-7	結 言	89
	引用文献	92
第4章	草津白根火山における最近の噴火とこれに伴うガス成分変化	95
4-1	緒 言	95
4-2	草津白根火山の噴火活動	99

4-3	1976年水釜噴火前後の火山ガス成分変化	100
4-3-1	噴火前のガス成分変化	100
a)	山頂周辺の主な噴気孔ガスの成分変化	100
b)	振子沢における大気中の H_2S ガス濃度の連続観測	104
c)	大気中の H_2S ガス濃度分布	107
d)	水釜周辺の新噴気孔およびそのガス組成	112
e)	まとめ	113
4-3-2	1976年水釜での水蒸気爆発	114
a)	噴火の概要	114
b)	新噴気孔の火山ガス組成	116
c)	火山灰の水溶性付着成分	117
4-4	1982年湯釜での水蒸気爆発	119
4-4-1	噴火の概要	119
4-4-2	噴火前後の山頂周辺の火山ガス組成	126
4-4-3	噴火後の新火孔の火山ガス組成	127
4-4-4	火山灰の水溶性付着成分	131
4-5	結 言	132
	引用文献	134
第5章	近年噴火した2,3の火山における火山ガス成分変化	137
5-1	木曾御岳火山	137
5-1-1	1979年の噴火の概要	137
5-1-2	火山ガス成分	139
5-1-3	火山灰の水溶性付着成分	141
5-1-4	結果の検討と考察	144
5-2	吾妻火山一切経山	148
5-2-1	1977年の噴火の概要	148
5-2-2	火山ガス成分	150
5-2-3	結果の検討と考察	153
5-3	口永良部火山	157
5-3-1	1980年の噴火の概要	157

5-3-2	火山ガス成分	159
5-3-3	火山灰の水溶性付着成分	161
5-3-4	結果の検討と考察	162
5-4	有珠火山	163
5-4-1	1977年の噴火の概要	163
5-4-2	火山ガス成分	164
5-4-3	火山灰の水溶性付着成分	171
5-4-4	結果の検討と考察	175
	引用文献	177
第6章	結 論	180

謝 辞

発表文献

付 表

第1章 序 論

1-1 研究の目的および概要

本邦は世界でも有数の火山国であり、火山のもたらす恩恵は計り知れないものがあるが、一方その災害も決して少なくない。それ故、各種の方法を用いて火山の活動状況を把握し、さらにそれらの結果から火山噴火の予知・予測が的確に行えるようになれば火山噴火による災害を著しく軽減することが出来るであろう。これらでのこの種の研究は、主に火山噴火を物理的変動現象としてとらえ、地球物理学的観測手段によって行われてきた。しかし火山の活動の多くは、地下から地表上への物質の移動を伴う。その意味では火山の活動現象を把握し、予測するには地球化学的手段が有効な手法となり得るはずである。しかしこれらでの火山の化学的研究にはこのような観点から行われた例はあまり多いとは言えない。

本研究は火山ガスが火山噴出物のうちで最も移動しやすく、迅速に地下の状況を地表にもたらすであろうことに着目し、火山ガスの組成およびその変動から、火山の活動状況の推定を行い、さらに進んでこれを火山噴火の予知あるいは予測に役立てることを目的として行われたものである。しかし火山にはそれぞれ個性があり、また70余りある本邦のすべての火山につ

いて検討を行うことは困難な事である。そこで本邦において最近活動した火山のうち、マグマ性の活動をする桜島火山、水蒸気爆発を起す草津白根火山を夫々例としてとりあげ、火山ガス成分の変化と火山活動との関係について詳しく調査し、それらの結果を他のいくつかの火山にあてはめて比較検討した。

本論文は6章からなり、

第1章は「序論」とし、本研究の目的と概要、これまでの他の研究者による火山ガスの化学的研究、火山ガス成分変化と火山の活動度に関する研究などについて述べた。

第2章は「火山ガス成分と温度」とし、本邦のこれまでの火山ガス成分の分析値を整理し、温度と HF/HCl , $\text{HCl}/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$, $\text{SO}_2/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ との関係についてあらためて検討を行った。

第3章は「桜島火山における火山ガスの測定結果と火山活動との関連」とし、火口から放出される火山ガスを火山灰の水溶性成分、静置式アルカリ吸収法、 HF , HCl , SO_2 の連続測定法などを用いて観測し、またボーリング孔で地中ガスならびに温泉ガスの自動ガスクロマトグラフによる連続観測を行い、これらを併せて火山ガスの成分濃度および成分割合の変化と同火山の活動度との関係について論じた。

第4章は「草津白根火山における最近の噴火とこれに伴うガス成分変化」とし、1967年以降の火山ガスの

研究から、噴気孔ガスの成分変動、大気中のガス濃度および分布の変化などから1976年の水釜での噴火を予測しえた経過、噴火後の火山ガス成分などについて述べた。また1982年の湯釜での噴火前後の火山ガス成分の変化、12月の2回目の噴火の前後における火山ガス成分の変化についても述べた。

第5章は「近年噴火した2,3の火山における火山ガス成分変化」とし、最近噴火した火山のうち、有珠火山(1977年)、吾妻山火山-切経山(1977年)、木曾御岳火山(1979年)、口永良部火山(1980年)での活動状況と火山ガスを主とした地球化学的立場からみた活動様式、噴火後の活動度の推移について述べた。

第6章は「結論」とし、各章で明らかとなった火山ガスの成分変化と火山活動度との関係について述べた。また各火山ごとに噴火の予知・予測に有効な火山ガス成分、その他の地球化学的研究項目、手段などについてもとりまとめた。

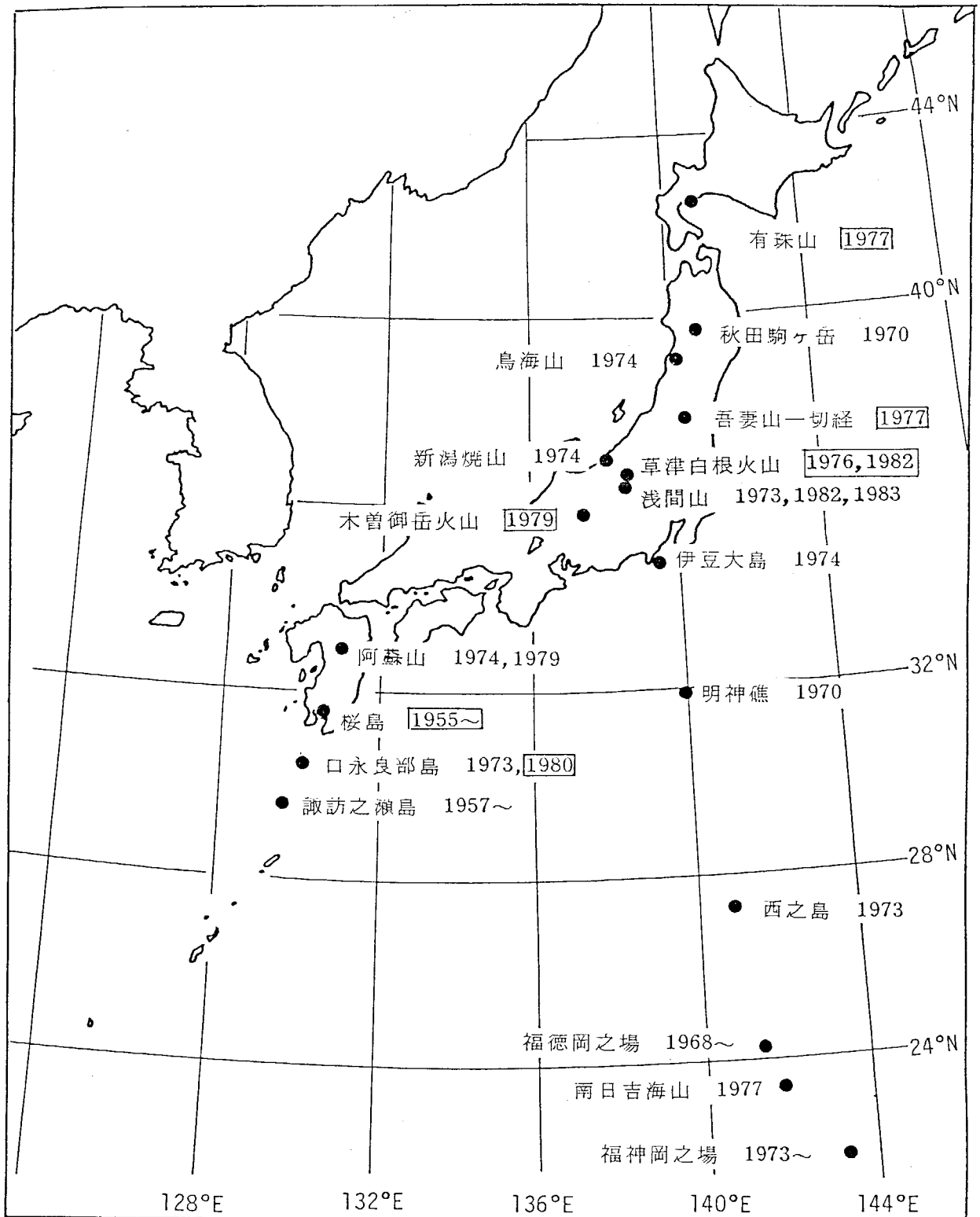


図1-1 1970年以降噴火した火山(●印), および本研究で対象とした火山(□印)

1-2 他の研究者による既往の研究

1-2-1 火山ガスの化学的研究

火山ガスの分析は、外国においては Beaumont (1847), Bunsen (1853), Sainte-Claire Deville (1855/1856, 1856/1857), Sainte-Claire Deville and Leblance (1858) らによって手がけられはじめ、Allen (1922) は1919年までに報告された火山ガスの分析結果をまとめている。その後、Hawaii, Nyiragongo, Etna, Surtsey, Erta'Ale, White Island, Kliuchevsky などの火山における溶岩湖からのガス、および噴気孔ガスについての多くの研究が進められてきた (Shepherd; 1938, Jagger; 1940, Basharina; 1953, Iranav; 1958, Naboko; 1959, Chaigneau et al.; 1960 a, 1960 b, Sigvaldason and Elisson; 1968, Arnason and Sigurgeirsson; 1968, Menyailov; 1975, Gigggenbach; 1975, Gigggenbach and Guern; 1976, Allard et al.; 1977, Guern et al.; 1979, Gerlach; 1980)。

また本邦における火山ガスの研究は、野口 (1935), 早瀬 (1954), 高橋・小穴 (1957), 水谷・松尾 (1959), Matsuo (1961), 野口ら (1961), Mizutani (1962), Iwasaki et al. (1962, 1966), 鎌田 (1964), Matsuo et al. (1974) 杉浦・水谷 (1978) らによって進められてきた。これから火山ガスの研究については小沢 (1965), 松尾 (1975) の論文によくまとめられている。

火山ガスの性質およびその起源についての熱力学的

検討は, Ellis (1957), 高橋・小穴 (1957), Kuraskopf (1959), Matsuo (1960, 1961, 1962), Heald et al. (1963), Mizutani and Sugiura (1966), Mueller (1970), Nordlie (1971) らによって行われている。

また実際の火山ガスの分析結果から, 噴気孔温度とガス組成および組成比との関連については, Mizutani (1962), Kusakabe (1969), Matsuo (1961), Stoiber and Rose Jr. (1970) らの報告がある。

1-2-2 火山ガスの成分変化と火山活動に関する研究

火山ガス成分を主とした化学的情報と火山活動との関連についての研究は, これまでにも多くの研究者によって行われてきた。

Payne and Ballard (1940) は1940年のMauna Loaの噴火に先だって約1ヶ月前にKilauea火山の噴気ガス中に H_2S が検出されるようになったと報告している。水谷・松尾(1959)は昭和新山での研究から噴火の予知に火山ガス凝縮水中の Cl^- , F^- 濃度が役立つであろうと述べている。Noguchi and Kamiya (1963)は浅間山および大島火山の火口近くにアルカリ吸収液を設置し, これに吸収された火山ガス成分を調べ, 浅間火山では噴火の2ヶ月前に S/Cl の値が著しく増大すること, また大島火山では噴火の1ヶ月前に F , Cl , S の吸収量が激増することを報告している。Naughton et al. (1975)は

Kilauea火山において fume 中の Cl/F が噴火の 1 ヶ月前に、また $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ の値が 2 ヶ月前に大きくなることを論じている。

Stoiber and Rose (1970) は中央アメリカの火山ガス凝縮水についての研究で、Saniaguito 火山では、噴火の 1.3 年前から凝縮水中の Cl/SO_4 が徐々に減少し、これが噴火予知の指標になると述べている。

Giggenbach (1975) は New Zealand の White Island の 1971 年の噴火の際に、火山ガス中の S/Cl が噴火直後は一旦減少し、その後著しく大きくなることを報告している。

Manyailov (1975) は Kamuchatka および Kurile Island の 2, 3 の火山において、 S/Cl の値が噴火の前に増大することを論じている。

Chirkov (1975) は Karymsky 火山における火山ガス中のウドンの研究で 1970 年 5 月の噴火に先だって 4 月にウドンの含有量が増加していることを見いだしている。

Noguchi et al. (1976), 野口・相川 (1976) は大島火山の火口内の SO_2 ガスの連続測定の結果から、1974 年 2 月の噴火の約 3 ヶ月前から SO_2 濃度が著しく高くなり、その濃度が小さくなった時期に噴火が起ったと述べている。

近堂ら (1979) は著者らの方法にもとづき、有珠火山 1977 年噴火の際に採取した火山灰の水溶性成分について分析を行い、 Cl/S の値と火山活動との関連につ

いて調べている。また杉浦ら(1980)も御岳火山の火山灰水溶性成分について同様の研究を行った。

Faivre-Pirret et al. (1980) は Etna 火山の噴煙についての論文の中で SO_2/HCl が火山活動に対するパラメーターになると主張している。

Krafft and Chaigneau (1980) は Fournaise 火山の 1975 ~ 1976 年の活動で放出された火山弾中に取り込まれている火山ガスを分析し、噴火初期の火山弾には HCl , H_2 が多く含まれ、活動末期の火山弾中では H_2 , HCl は減少し、 CO_2 が増大することを報告している。

大西鎌田(1977, 1980a, 1980b, 1982) は桜島火山の持木海岸に湧出する温泉に伴うガスについて調べ、特に H_2 , Ne , Ar などの不活性ガスの含有量が同火山の活動の消長に先行して変化することを報告している。

引用文献

- Allard, P., Tazieff, H. and Dejlevic, D. (1979): Observation of seafloor spreading in Afar during the November 1978 fissure eruption, *Nature* 279, pp 30-33.
- Allen, E.T. (1922): Chemical aspects of volcanism with a collection of the analyses of volcanic gases, *J. Franklin Inst.* 193, pp 29-80.
- Árnason, B. and Sigurgeirsson, T. (1968): Deuterium content of water vapour and hydrogen in volcanic gases at Surtsey, Iceland, *Geochim. Cosmochim. Acta* 32, pp 807-813.
- Basharina, L.A. (1953): ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ ВУЛКАНОВ КЛЮЧЕВСКОГО И ШИВЕЛУЧА В 1946-1947, *Akad Nauk, SSSR, Lab Vulkanol., Vulkanol. Stantsii Biull.*, 18, pp 31-40.
- Bunsen, M.R. (1853): Recherches sur la formation des roches volcaniques en Island, *Ann. Chim. Phys.* 3rd Ser. 38 pp 215-289.
- Chaigneau, M., Fabre, R. and Tazieff, H. (1960a): Sur l'extraction et l'analyse des gaz occlus dans la lave du volcan Nyiragongo, *Ann. Geophy.* 16, pp 561-564.
- Chaigneau, M., Tazieff, H. and Fabre, R. (1960b): Composition des gaz volcaniques du lac de lave permanent du Nyiragongo, *Comp. Rend.* 250, pp 2482-2485.
- Chirkov, A.M. (1975): Radon as a possible criterion for predicting eruptions as observed at Karymsky Volcano, *Bull. Volcanol.*, 39, pp 126-131.
- Elie de Beaumont (1847): Note sur les émanations volcaniques et métallifères, *Bull. Soc. Geol. France* 2nd Ser., 4, pp 1249-1275.
- Ellis, A.J. (1957): Chemical equilibrium in magmatic gases, *Am. J. Sci.*, 225, pp 416-431.
- Faivre-Pierrot, R., Martin, D. and Sabroux, J.C. (1980): Contribution des sondes aérologiques motorisées à l'étude de la physico-chimie des Panaches Volcaniques, *Bull. Volcanol.*, 43, pp 473-485.

- Gerlach, T.M. (1970): Investigation of volcanic gas analyses and magma outgassing from Erta'Ale lava lake, Atar, Ethiopia, J. volcanol. Geotherm. Res., 7, pp 415-441.
- Giggenbach, W.F. (1975): Variation in the carbon, sulfur and chlorine content of volcanic gas discharges from White Island, New Zealand, Bull. Volcanol., 39, pp 15-27.
- Giggenbach, W.F. and Guern, F. (1976): The chemistry of magmatic gases from Erta'Ale, Ethiopia, Geochim Cosmochim. Acta, 40, pp 25-30.
- Guern, F., Carbonnelle, J. and Taziffe, H. (1976): Erta'Ale lava lake and gas transfer to the atmosphere, J. Volcanol. and Geothermal Res., 6, pp 27-48.
- 早瀬喜太郎 (1954): 白鳥硫黄鉱山の硫黄孔, 日本鉱業会誌, 70, pp 115-133
- Heald, E.F., Naughton, J.J. and Barnes, Jr. L.B. (1963): The chemistry of volcanic gases, J. Geophys. Res., 68, pp 545-557.
- Ivanov, V.V. (1958): The fundamental stages of hydrothermal activity of Kamchatka and Kurile islands volcanoes and the associated types of thermal waters. Geochemistry, 5, pp 600-614.
- Iwasaki, I., Ozawa, T., Yoshida, M., Katsura, T., Iwasaki, B., Kamada, M. and Hirayama, M. (1962): Volcanic gases in Japan, Bull. T.I.T., 47, pp 1-54.
- Iwasaki, T., Ozawa, T., Yoshida, M., Katsura, T., Iwasaki, B. and Kamada, M. (1966): Differentiation of magmatic emanation, Bull. T.I.T., 74, pp 1-57.
- Jagger, T.A. (1940): Magmatic gases, Am. J. Sci., 238, pp 313-353.
- 鎌田政明 (1964): 鹿児島県硫黄島の火山と地熱, 地熱, 3, pp 1-23
- 近堂祐弘・藤谷明夫・勝井義雄・新井田清信 (1979): 有珠火山 1977-1978 年火山灰の性質, 火山学集, 24, pp 223-238
- Krafft, M. and Chaigneau, M. (1980): Les gaz occlus dans les bombes volcaniques de l'activité du Piton de la Fournaise en 1975-1976 (Ile de la Réunion), Bull. Volcanol., 43, pp 225-232.

11

Krauskopf, K.B. (1959): The use of equilibrium calculation in finding the composition of a magmatic gas phase, *Researches in Geochemistry*, Ed. By Abelson, P.H., pp 260-278.

Kusakabe, M. (1969): Atomic composition and chemical equilibrium of volcanic gases, *Geochem. J.*, 13, pp 141-151.

Matsuo, S. (1960): On the origin of volcanic gases, *J. Earth Sci. Nagoya Univ.*, 8, pp 222-245.

Matsuo, S. (1961): On the chemical nature of fumarolic gases of volcano Showashinzan, Hokkaido, Japan, *J. Earth Sci., Nagoya Univ.*, 9, pp 80-100.

Matsuo, S. (1962): Establishment of chemical equilibrium in the volcanic gas obtained from the lava lake of Kilauea, Hawaii, *Bull. Volcanol.*, 24, pp 59-71.

Matsuo, S., Suzuoki, T., Kusakabe, M., Wada, H. and Suzuki, M. (1974): Isotopic and Chemical Compositions of volcanic gases from Satsuma-Iwojima, Japan, *Geochem. J.*, 8, pp 65-73.

松尾禎士 (1975): 火山ガスの化学 火山才2集 20, pp 319-329.

Menyailov, I.A. (1975): Prediction of eruption using changes in composition of volcanic gases, *Bull. Volcanol.*, 39, pp 112-125.

水谷義彦・松尾禎士 (1959): 昭和火山噴気孔凝縮水中の化学成分の連続観測, 火山才2集, 3, pp 119-127.

Mizutani, Y. (1962): Origin of lower temperature fumarolic gases of showashinzan, *J. Earth Sci. Nagoya Univ.*, 10, pp 135-148

Mizutani, Y. and Sugiura, T. (1966): The chemical equilibrium of the $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ reaction in solfataras of the Nasudake Volcano, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 39, pp 2411-2414.

Mueller, R.F. (1970): Energetic of HCl and HF in volcanic emanations, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 34, pp 737-744.

Naughton, J.J., Finlayson, J.B. and Lewis, V.A. (1975): Some results from recent chemical studies at Kilauea, Hawaii, *Bull. Volcanol.*, 39, pp 64-69.

- Navoko, S.I. (1959): Volcanic exhalation and products of their reactions as exemplified by kamchatka-Kuriles volcanoes, Bull. Volcanol., 20, pp 121-136.
- 野口 喜三雄 (1935): 浅間火山山頂及び其附近に於ける噴出瓦斯並に湧出水の研究, 日化誌, 56, pp1495-1510.
- 野口 喜三雄・上野精一・一國雅己・後藤達夫 (1961): 岩手火山山頂の噴気の化学成分, 火山第2集, 5, pp163-168.
- Noguchi, K. and Kamiya, H. (1963): Prediction of volcanic eruption by measuring the chemical composition and amounts of gases, Bull. Volcanol., 26, pp 367-378.
- Noguchi, K., Kamiya, H. and Aikawa, K. (1976): Measurement of gases emitted from volcano Mihara by using an automatic recording instrument II, Proc. Japan Acad., 52, pp 559-562.
- 野口 喜三雄・相川嘉正 (1976): 三原山1974年2月28日の噴火とガスの変化, 東邦大教養紀要, 2, pp41-45.
- Nordlie, B.E. (1971): The composition of the magmatic gas of Kilauea and its behavior in the near surface environment, Am. J. Sci., 271, pp 417-463.
- 大西 富雄・鎌田政明 (1977): 桜島持木足投海岸温泉における温泉ガスの化学組成とその推移, 第2回 桜島火山集中観測報告書, pp 88-92.
- Onishi, J. and Kamada, M. (1981a): Correlation between minor constituents of volcanic gas at Mochiki and the volcanic activity of Sakurajima Volcano, Abstracts 1981 IAV-CEI Symposium (Tokyo), pp 278-279.
- 大西 富雄・鎌田政明 (1981b): 噴火予知の立場からみた火山ガスの微量成分, 1981 自然災害科学総合シンポジウム講演要旨, P267.
- 大西 富雄・鎌田政明 (1982): 持木足投海岸温泉における温泉ガスの化学組成変化と南岳の火山活動, 第4回 桜島火山の集中総合観測報告書, pp 81-90.
- 小沢 竹二郎 (1965): 火山ガス, 火山第2集, 10, pp 221-232
- Payne, J.H. and Ballard, S.S. (1940): The incidence of hydrogen sulfide at Kilauea solfatara preceding the 1940 Mauna Loa volcanic activity, Science, 92, pp 218-219.

Saint-Claire Deville, C. (1855/1856): Sur la nature et la distribution des fumerolles dans L'éruption du Vesuve du 1^{er} mai 1815, Bull. Soc. Geol. France, 2nd Ser., 13, pp 606-642.

Saint-Claire Deville, C. (1856/1857): Mémoire sur les émanations volcaniques, Bull. Soc. Geol. France, 2nd Ser., 14, pp 254-279.

Saint-Claire Deville, C. and Leblance, F. (1858): La composition chimique des gas, Ann. Chim. Phys., 3rd Ser., 52, pp 5-63

Shepherd, E.S. (1938): The gases in rocks and some related problems, Am. J. Sci., 35A, pp 311-351.

Sigvaldason, G.E. and Elísson, G. (1968): Collection and analysis of volcanic gases at Surtsey, Iceland, Geochim. Cosmochim. Acta, 32, pp 797-805.

Stoiber, R.E. and Rose, Jr. W.I. (1970): The geochemistry of central American volcanic gas condensates, Geol. Soc. Am. Bull., 81, pp 2891-2912.

杉浦 敦・水谷義彦 (1979): 焼岳火山における噴出ガスの同位体および化学組成変化, 火山学集, 23, pp 241-248

杉浦 敦・杉崎隆一・水谷義彦・日下部 実 (1980): 1979年御岳火山放出物および火山ガスの地球化学的研究, 火山学集, 25, pp 231-244,

高橋 清・小穴道也 (1957): 昭和火山の火山ガスについて, 地調報告, 170, pp 115-133.

第2章 火山ガス成分と温度

火山ガス成分および成分比と温度との関係に関する研究には、実際の火山ガス分析値から両者の関係について調べる方法と、理論的に求める方法とがある。前者の方法での研究は、昭和火山のガスについて Matsuo (1961), Mizutani (1962) が、那須岳の火山ガスについては Kusakabe (1969) が行なっている。また Stoiber and Rose (1970) は中央アメリカにある Izaalco 火山の火山ガス凝縮水中の成分について両者の関係を求めている。Iwasaki et al. (1962, 1966) は日本の火山の噴気孔ガスの膨大な分析結果から噴気孔ガスの温度とガス組成との関係についてまとめている (表2-1)。さらに小沢 (1965) はこの Iwasaki et al. による4つの分類に、温泉ガスおよび噴騰泉のガス組成を加え6つに分類した。

表2-1 噴気孔温度と火山ガス組成

Temperature range		Chemical constituents
I	1200-800°C	H ₂ O, HCl, SO ₂ , CO ₂ H ₂ » H ₂ S, N ₂
II	800-100°C	A H ₂ O, HCl, SO ₂ , H ₂ S CO ₂ » N ₂ , H ₂
		B H ₂ O, SO ₂ , H ₂ S, CO ₂ » N ₂ > HCl, H ₂
III	100-60 °C	H ₂ O, H ₂ S, CO ₂ > N ₂ > SO ₂ » H ₂
IV	lower than 60°C	H ₂ O, CO ₂ > N ₂ > H ₂ S

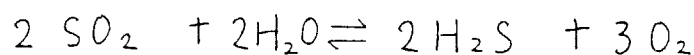
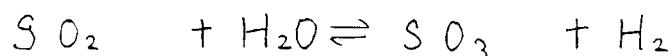
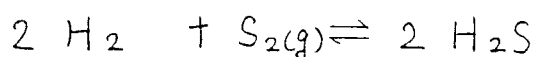
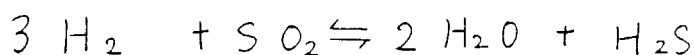
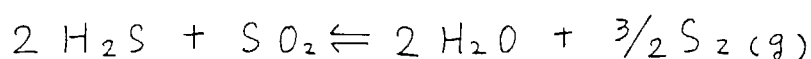
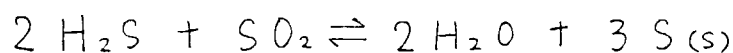
Iwasaki et al. (1966) に H₂O を加えた

一方理論的に求める研究は、マグマ性ガスについて Ellis (1957) が行ない、その後、多くの研究が進められてきた。

ここではこれまでに報告されている本邦各地の火山ガスの組成および著者らの結果とを併せ、火山ガスの組成比と温度との関係についてあらためて検討した。

図 2-1 に HF/HCl について示したが、 100°C 付近の噴気孔ガスでは HF/HCl の値は広範囲にわたってはいるが、 200°C 以上の温度では温度上昇に伴って、各火山でやや傾向が異なるものの HF/HCl の値はほぼ大きくなることが認められる。

次に HCl と硫黄化合物との関係は、火山ガス中の硫黄化合物の主成分である SO_2 と H_2S が地表に到達するまでの過程で



など種々の反応が起さると考えられている。ここでは HCl と硫黄化合物の割合を $\text{HCl}/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ として、これと温度との関係を図 2-2 a, b に示した。同図に明らかなように昭和新山以外は $\text{HCl}/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ と噴気孔温度との間には顕著な関係は認めることが出来な

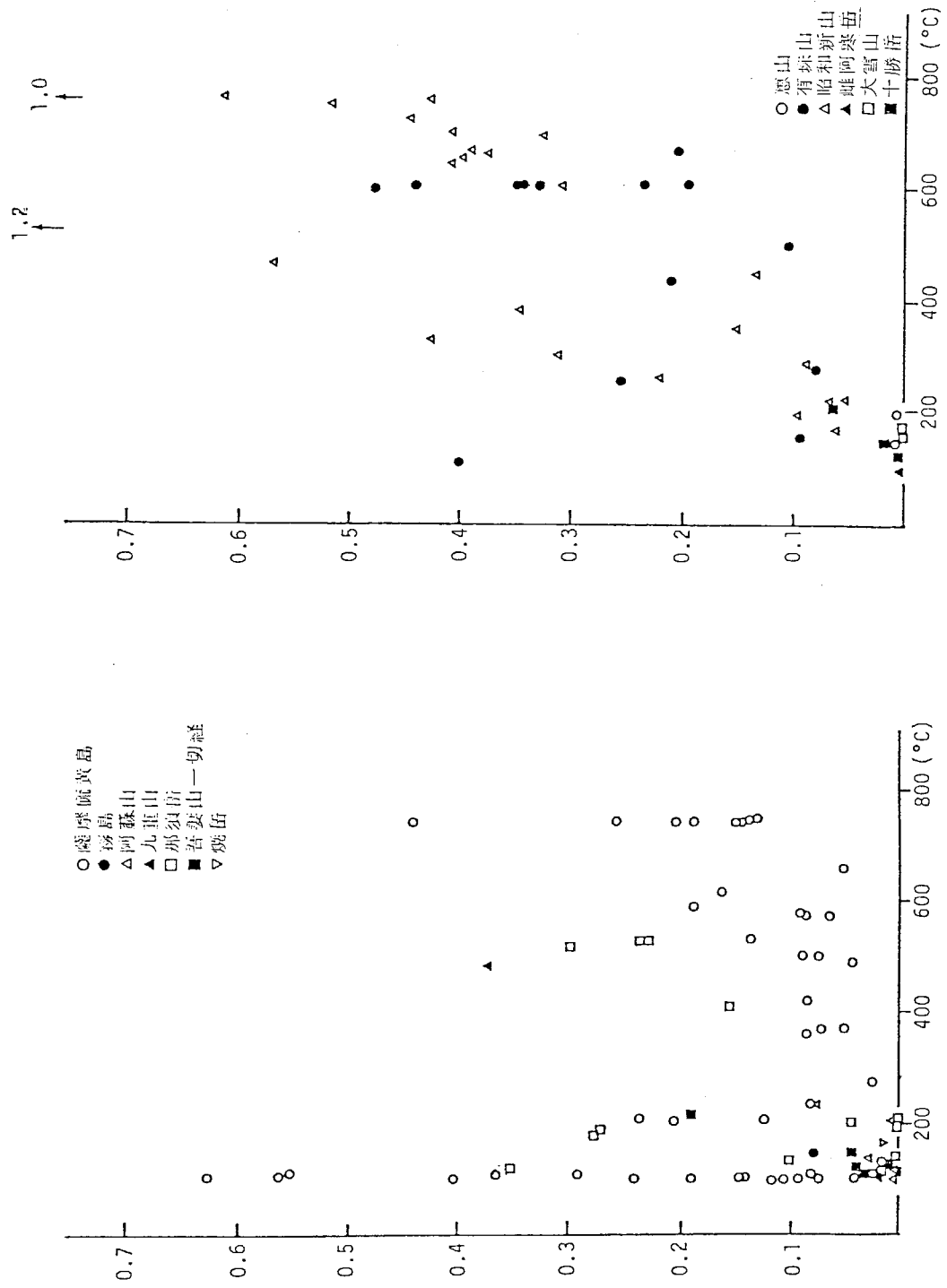


図2-1 噴気孔温度と HF/HCl

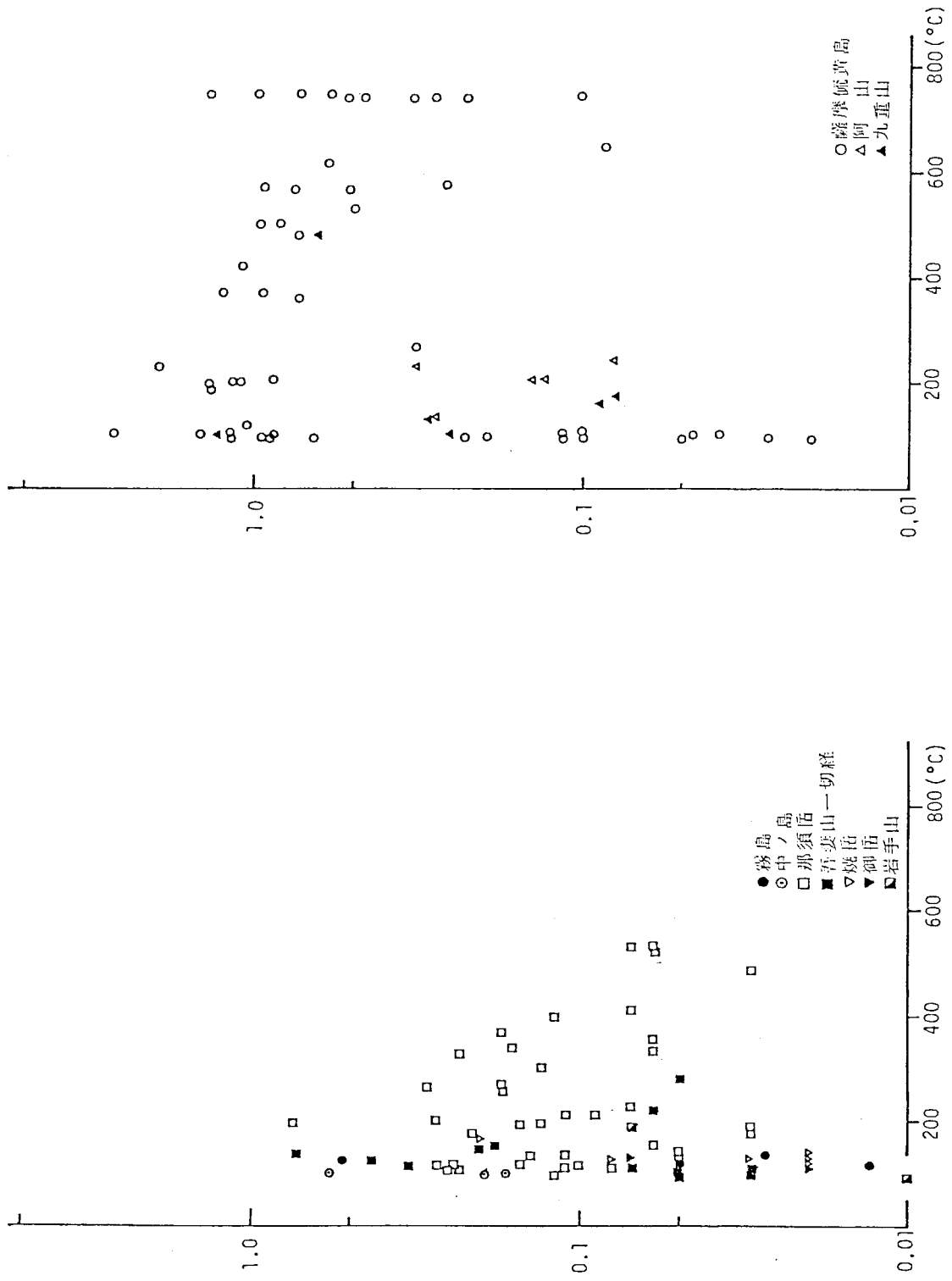


図2-2a 噴気孔温度と $HCl/(SO_2 + H_2S)$

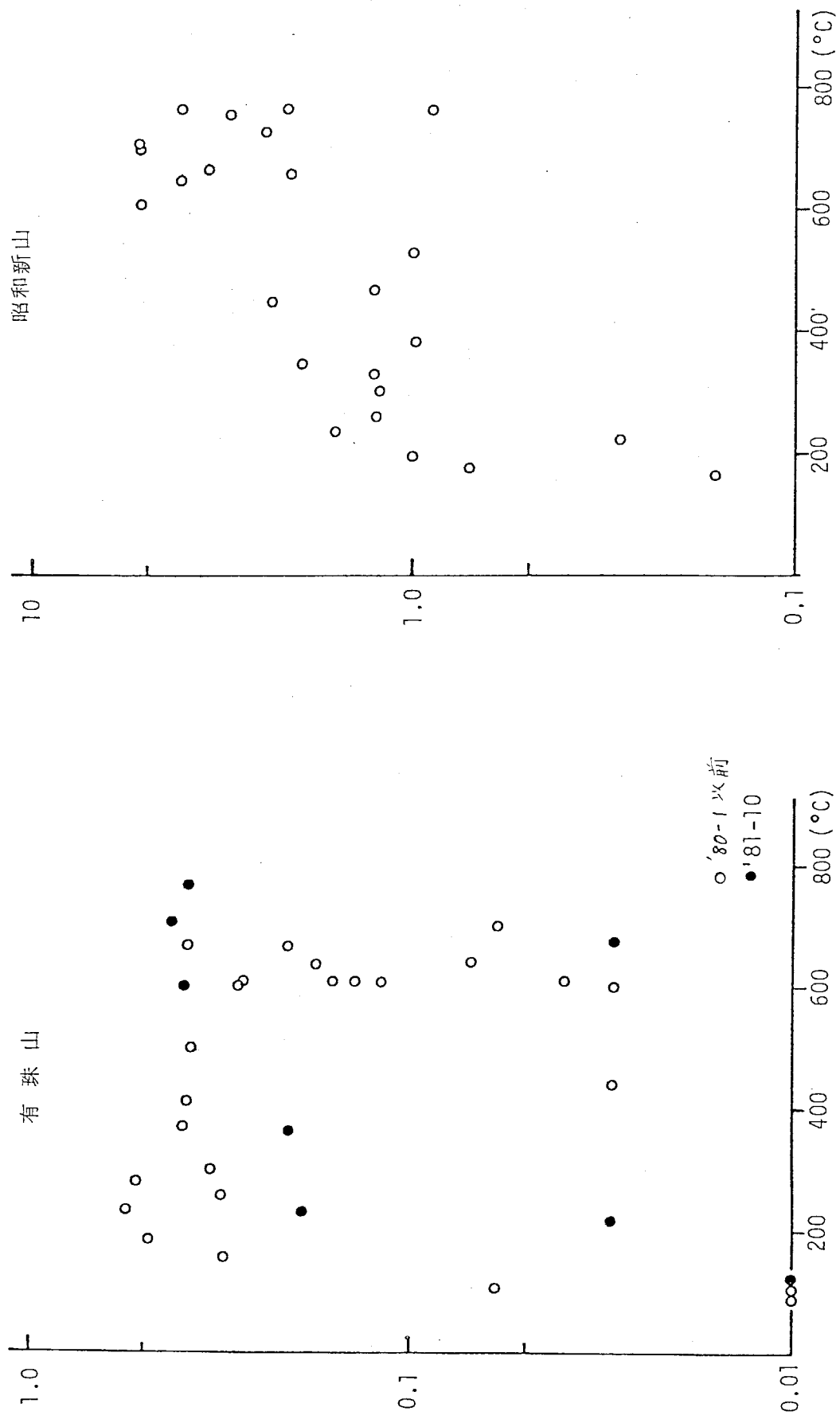


図2-26 噴気孔温度とHCl/(SO₂+H₂S)

い。特に低温の噴気孔ガスでは HF/HCl と同様に $\text{HCl}/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ の値は著しく広範囲である。これにくらべ昭和新山の値は噴気孔温度と比較的よい相関が認められる。このことは昭和新山ではマグマがそのまま地表に出ているため、他の火山のように地表下での汚染や成分の除去が少なく、温度依存性が良いものと考えられる。また SO_2 と H_2S の関係と噴気孔温度については、図2-3 a, b に $\text{SO}_2/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ で示した。 $\text{SO}_2/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ の値は噴気孔温度が 200°C 付近までの低温の噴気孔ガスでは、温度との間に相関が認められることは出来ないが、それ以上の高温の噴気孔ガスでは温度上昇に伴って値が大きくなっている。しかし各火山で傾向が異なっているが、これは Matsuo (1960) が論じているようにマグマの岩質の違いによる影響もあるものと思われる。

次に H_2O およびアルカリに吸収されないガス（以後 R-gas と呼ぶ）中の H_2 含有量について、温度との関係を図2-4 a, b に示した。R-gas 中の H_2 の含有量は温度上昇に伴って増加する傾向が顕著である。

以上述べてきたように火山ガス中のアルカリに吸収される酸性ガスの割合は、 200°C 付近までは火山ガスがマグマから分離し地表に到達するまでの間に、火山ガス成分間の相互反応、地下での硫黄などの堆積物からのガス成分の付加、あるいは地下の水相（粘土鉱物を主体とした帯水層など）への溶解移行などによってその成分割合と温度との良い相関が認められないことも

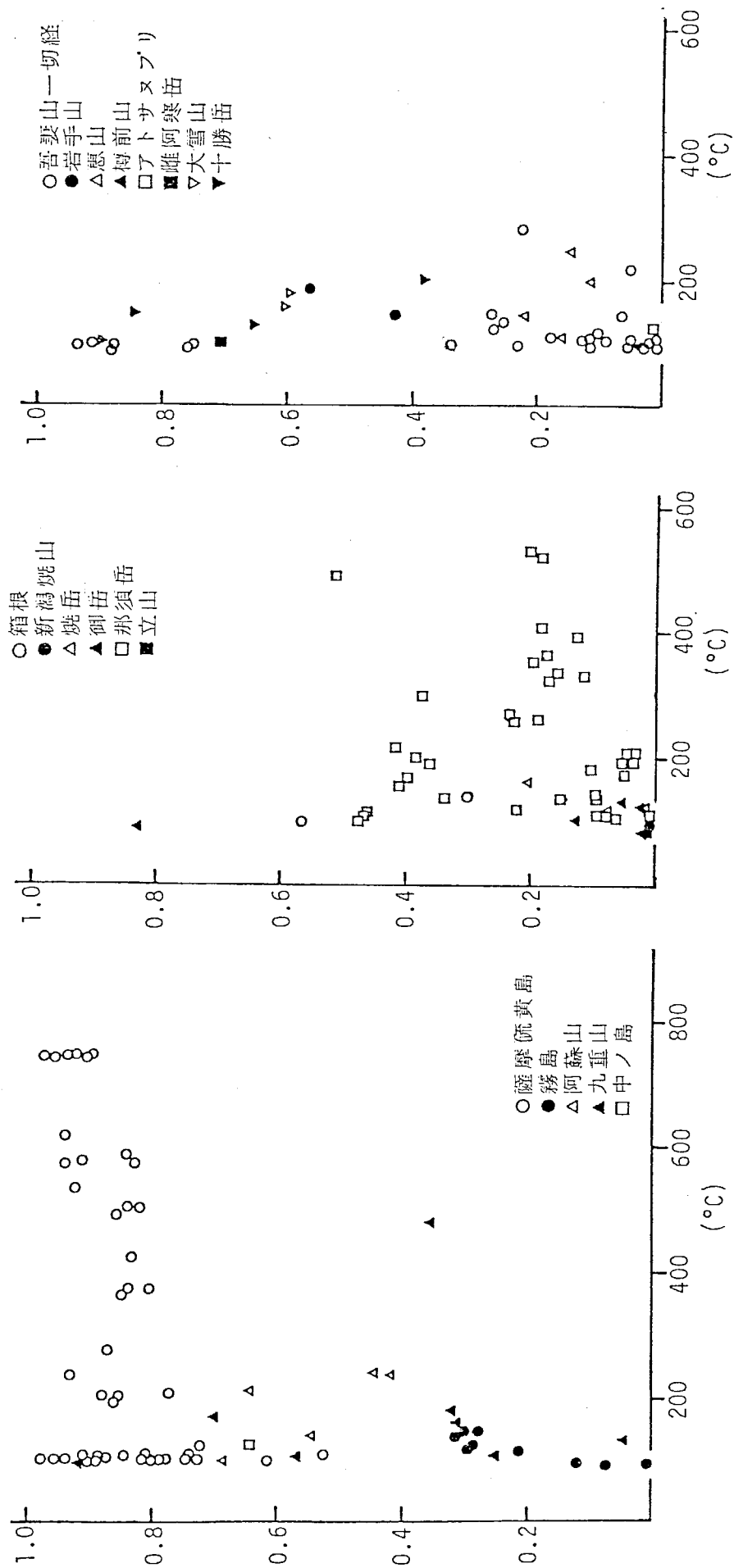


図 2-3a 噴気孔温度と $SO_2/(SO_2 + H_2S)$

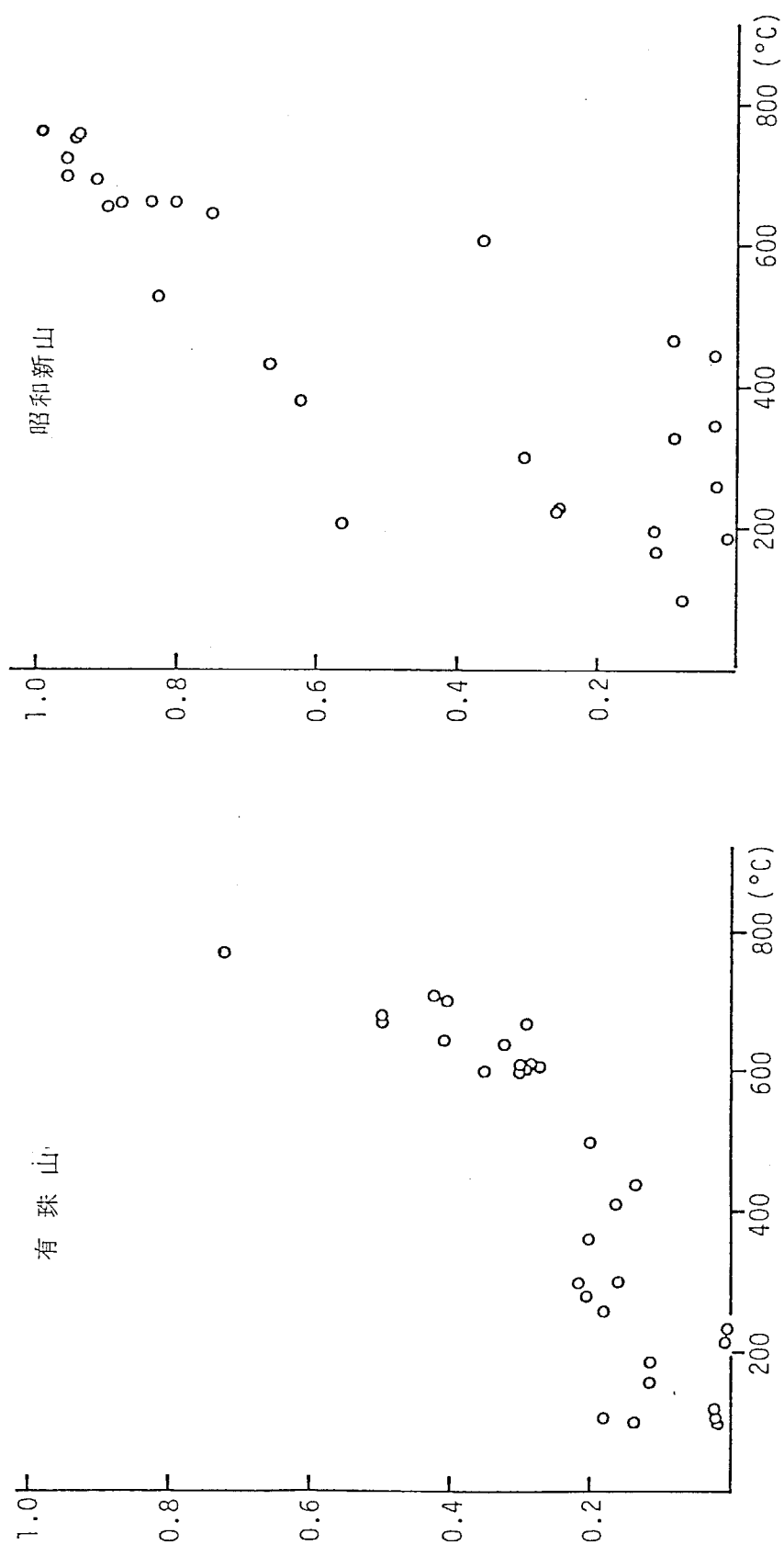


図2-3b 噴気孔温度と $SO_2 / (SO_2 + H_2S)$

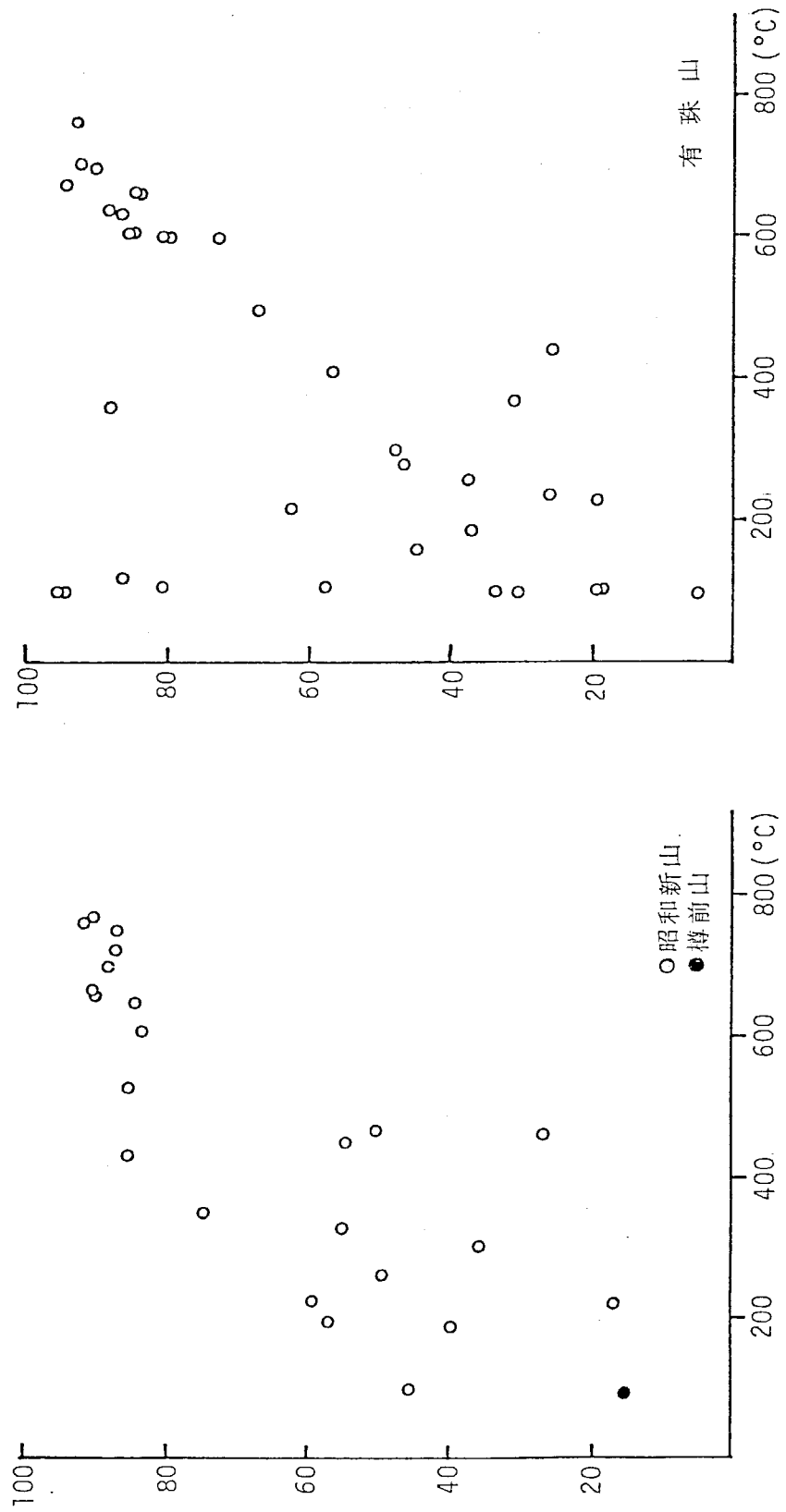


図2-4a 噴気孔温度とH₂含有量

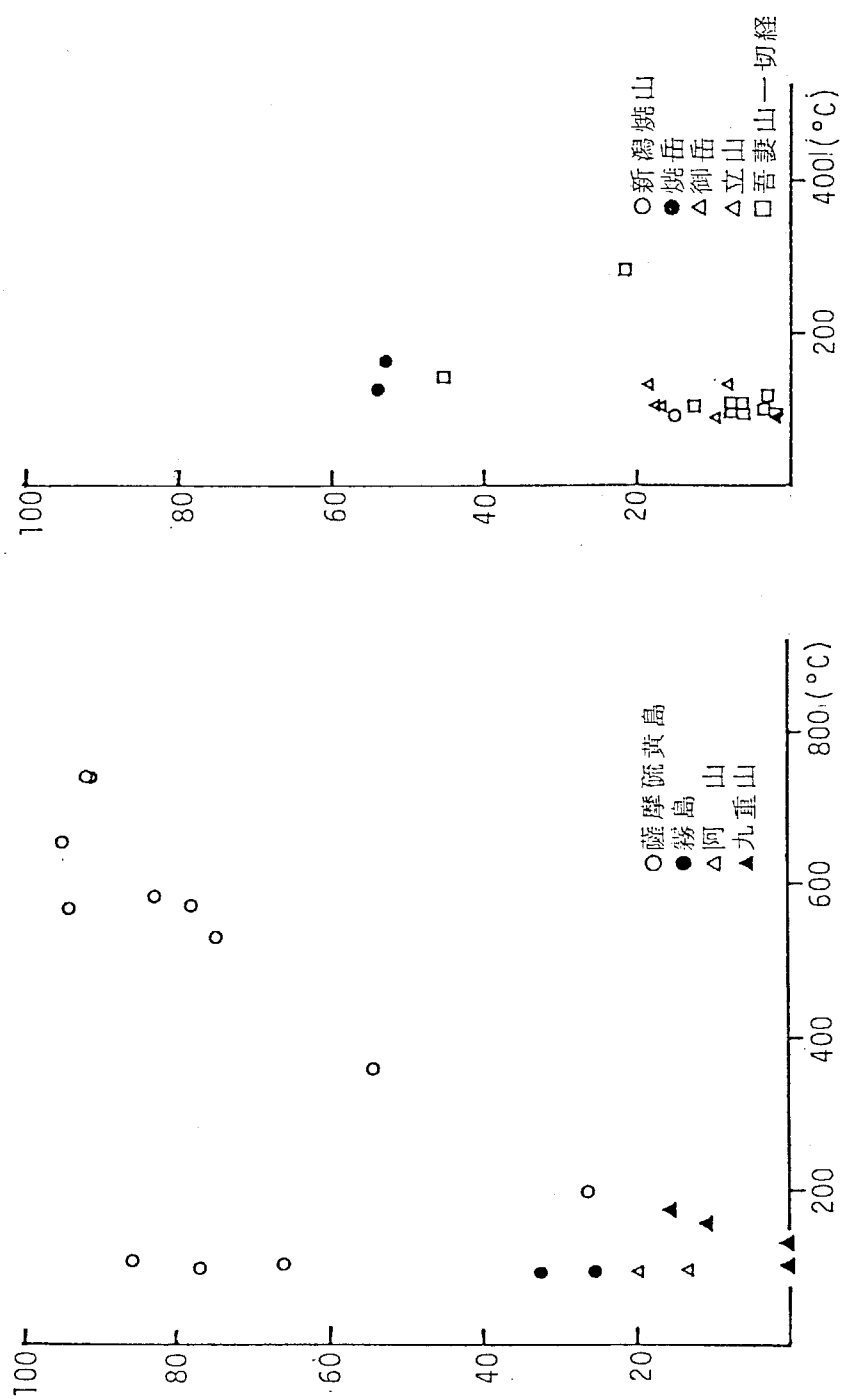


図2-4b 噴気孔温度とH₂含有量

ある。しかし 200°C 以上の噴気孔ガスはそれぞれの火山によって若干傾向が異なることもあるものの温度との間には比較的良い関係があることが判明した。

以上の諸結果とこれまでの実際の火山ガス分析値ならびに理論的方法で求められた火山ガス組成および組成比と温度との関係は以下のようにまとめられる。

圧力が一定の場合

温度上昇に伴って増加する成分 (成分比)

$\text{HF}, \text{HCl}, \text{SO}_2, \text{H}_2, \text{CO}, \text{O}_2$

$\text{HF}/\text{HCl}, \quad \text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}, \quad \text{HCl}/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$

温度上昇に伴って減少する成分

$\text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{S}, \text{N}_2, \text{CH}_4$

温度が一定の場合

圧力上昇に伴って増加する成分

$\text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{S}, \text{H}_2, \text{CH}_4, \text{CO}$

圧力上昇に伴って減少する成分

SO_2

引用文献

- Ellis, A.J. (1957): Chemical equilibrium in magmatic gases; Am. J. Sci., 225, pp 416-431.
- Iwasaki, I., Ozawa, T., Yoshida, M., Katsura, T., Iwasaki, B., Kamada, M. and Hirayama, M. (1962): Volcanic gas in Japan, Bull. T.I.T., 47, pp 1-54.
- Iwasaki, I., Ozawa, T., Yoshida, M., Katsura, T., Iwasaki, B., Kamada, M. (1966): Differentiation of magmatic emanation, Bull. T.I.T., 74, pp 1-57.
- Kusakabe, M. (1969): Atomic composition and chemical equilibrium of volcanic gases, Geochem. J., 13, pp 141-151.
- Matsuo, S. (1960): On the origin of volcanic gases, J. Earth Sci. Nagoya Univ., 8, pp 222-245.
- Matsuo, S. (1961): On the chemical nature of fumarolic gases of volcanic Showa Shinzan, Hokkaido, Japan, J. Earth Sci. Nagoya Univ., 9, pp 80-100.
- Mizutani, Y. (1962): Origin of lower temperature fumarolic gases of Showashinzan, J. Earth Sci. Nagoya Univ., 10, pp 135-148.
- 小沢竹二郎 (1965): 火山ガス, 火山才2集, 10, pp 221-231
- Stoiber, R.E. and Rose, Jr. W.I. (1970): The geochemistry of Central American Volcanic gas condensates, Geol. Soc. Am. Bull., 81, pp 2891-2912.

第3章 桜島火山における火山ガスの測定結果 と火山活動との関連

3-1 緒言

桜島火山は1955年に山頂南岳で活動を再開して以来今日まで頻繁に爆発をくり返し、南岳火口からは多量の噴煙と火山岩片および火山灰を放出している。また火映現象や上空からの観察からしばしば火口内に赤熱熔岩が上昇していることが認められる活発な状態が続いている。

このような高温で活発なマグマ性の活動をくり返す桜島火山においては、火山ガスのほとんどが南岳火口から放出されており、危険を伴うために火口で直接火山ガスを採取することは困難である。このため本研究では火口での火山ガスの直接採取を断念し、無線操縦飛行機あるいは実機による噴煙の採取をはじめとして、火山灰の水溶性付着成分の分析、静置式アルカリ吸収法、大気中に拡散した火山ガス成分の連続測定、ボーリング孔での地中ガスおよび温泉ガスの連続観測など種々の方法を用いて図3-1に示した島内各地点において火山ガス成分の測定を続けてきた。

大気中に拡散した火山ガス成分のうちではHF, HCl, SO₂の三成分を測定し、その各々の成分割合を求め、またボーリング孔ではH₂, He, CH₄, N₂などのガスを連続測定し、その結果と京都大学桜島火山観測所で得られた火山活動度に関する地球物理学的諸測定の結果

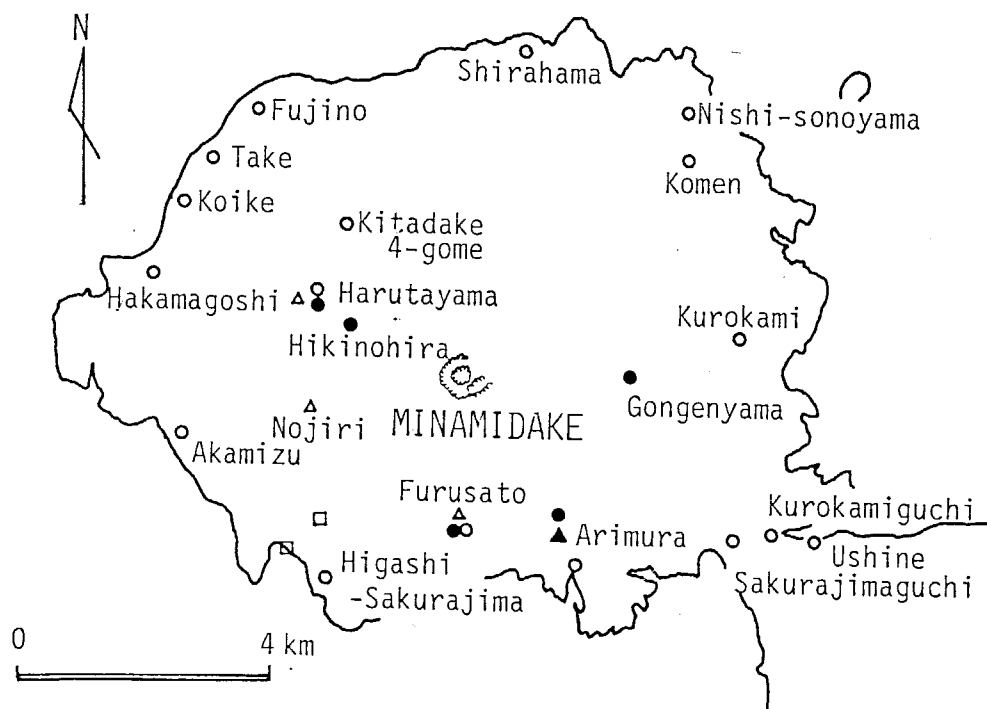


図3-1 桜島火山における各種観測法の観測点.

- 火山灰採取地点,
- 静置式アルカリ吸収法観測点,
- △ 大気中の火山カスの自動連続観測点,
- ▲ 無線操縦飛行機発着点,
- ボーリング孔の位置

とを比較し、その関係について検討を行った。

桜島火山における上記方法での研究はこれまであまり行なわれていない。著者の研究開始後に火山灰の水溶性付着成分について村山・鎌田(1975)、松元(1979)、比良・高橋(1981)らも研究を行ったが、これらの研究では火山灰の付着成分と火山活動との関連まで言及するに到っていない。大西・鎌田(1981a)は火山ガス中の残留ガスの微量成分の定量方法を確立し、この方法を用いて桜島の南西の持木海岸に湧出する温泉に伴う温泉ガス中の H_2 , Ne , Ar の三成分が火山活動の消長と対応して変化し、しかもその変化が南岳の活動の活発化、沈静化のいずれの場合もやや先行しておくと報告している(1981b, 1981c, 1982)。

太田・露木(1977, 1980, 1982)は桜島の南海岸にある古里温泉の温水について1975年以降調査を行っており、泉温、電気伝導度の連続測定の結果から、大きな爆発の2~30時間前に30~50分間にわたり泉温が $0.2 \sim 0.7^\circ C$ 上昇すること、また電気伝導度の降下がこれに伴う場合のあることをみつけ、これは爆発前に温泉水圧の上昇により海水に対する温泉水の混入率が増加するためと論じている。また温泉水の化学分析の結果から、主要成分は桜島の活動の消長に伴って変動すること、ほかでも CO_2 /蒸発残渣の変動が最も有効なパラメーターになると報告している。

3-2 桜島火山の活動状況

桜島火山は古くは708年に活動の記録があり、これまで熔岩流出を伴う噴火は1475～1476年、1779年、1914年、1946年の4回で、これらはいずれも山腹噴火であった。1946年の噴火以後は1948年、1950年、1954年に小規模な噴煙活動があり、1955年10月13日に山頂火口で近年の一連の活動を開始した。それ以来現在までの27年間、消長はあるものの爆発を伴う活発な山頂活動を続けてきている。図3-2に京都大学桜島火山観測所の測定による1955年以降の年間爆発回数の変化を示した。この間、南岳の活動は年400回以上の爆発が発生した1960年と1974年を中心とする2つの大きな活動期に分けることができる。特に1974年以後は活動が激しく、1979年の154回を除けばいずれも200回を超える爆発が続いている。

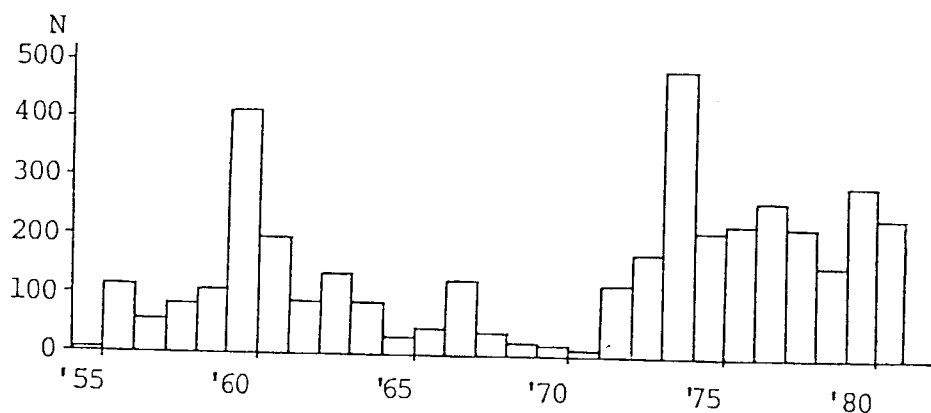


図3-2 桜島火山の年別爆発回数
(京都大学桜島火山観測所資料による)

加茂(1978, 1979)はこれまでの観測結果から顕著な爆発が起る場合には、まず震源の深いA型地震が起り、その後A型地震の震源が徐々に上昇し、次に火口直下1~2kmの場所でB型地震が群発し、爆発が発生すると述べている。

1955年以後現在までの活動期に山頂火口からは火山ガスと共に多量の火山岩片と火山灰が放出されているが、これまでの固型噴出物の総量を鎌田(1975)は約 10^8 tonと見積っている。1978年6月から、鹿児島県は南岳を中心として半径約50km以内の58に観測点を設置し(図3-3)、精密な降灰量の測定を開始した。

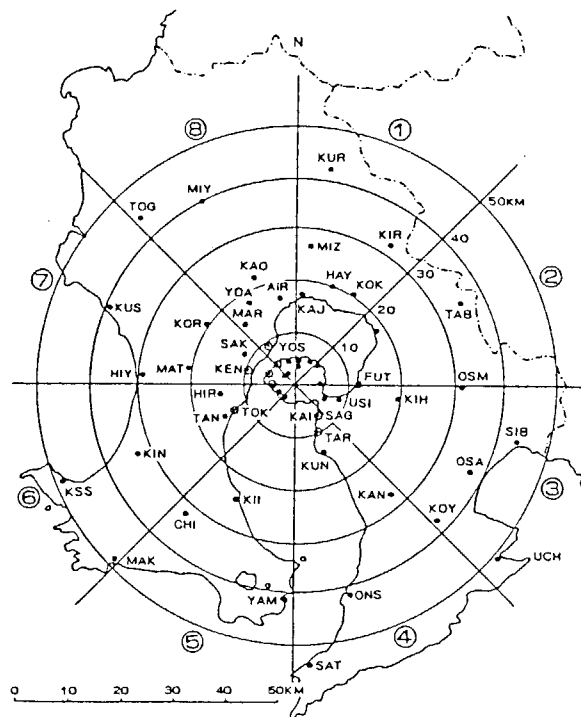


図3-3 鹿児島県下の降灰量調査地点

江頭(1981)は鹿児島県の資料をもとにして1978年6月～1981年3月までの毎月の降灰量を求め、この間の降灰量は6万～440万ton/月で総量は約2500万tonと推算した。一方火山ガスの総放出量については、これまでに測定が行なわれていないが鎌田らは1975年以降、紫外線相関スペクトロメーターを用いて SO_2 の放出量の測定を行っている(鎌田・太田; 1977, 鎌田・太田・他; 1980, 1982)。彼らの測定によれば山頂火口から放出される SO_2 の量は、少ない時で300ton/day, 多い時では4300ton/dayであり, 平均して1日あたり1000～2000tonである。この値と南岳火口から放出され大気中に拡散している火山ガスの測定結果($\text{HF}/\text{HCl} \approx 0.01$, $\text{HCl}/\text{SO}_2 \approx 0.4$)およびこのガス組成に近いと考えられるSurtsey(Sigvaldason; 1968)の1127°Cのガスの値(平均値として, $\text{H}_2\text{O}: 85\%$, $\text{HCl}: 0.7\%$, $\text{SO}_2: 3.2\%$, $\text{CO}_2: 5.1\%$, $\text{H}_2: 3.7\%$, $\text{CO}: 0.4\%$, $\text{N}_2: 1.5\%$)を参照して火山ガスの総放出量を計算し表3-1に示した。その総和は先の火山灰の放出量(1978年6月～1981年3月までの平均約25,000ton/day)にくらべ約半分～同程度である。

表3-1 桜島火山南岳からの火山ガス
放出量

H ₂ O	7500 - 15000	ton/day
HF	1 - 2	"
HCl	180 - 360	"
SO ₂	1000 - 2000	"
CO ₂	1100 - 2200	"
H ₂	38 - 76	"
CO	2 - 4	"
N ₂	200 - 400	"
Total	10021 - 20042	ton/day

3-3 火山灰の水溶性付着成分

火山灰の水溶性付着成分についての研究は、古くは朝比奈三宅(1935)によって行なわれ、その後三宅(1938)、野口(1938)、清田(1942)、鎌田(1958)らによって進められ、火山灰には火山ガス成分である SO_2 , H_2S , HCl , HF が多量に付着していることが知られている。

桜島火山では山頂火口における火山ガスの測定は、爆発が頻繁にくり返され危険を伴うためにこれまでは行なわれていない。しかし前述(3-2節)のように火口からは火山ガスの1~2倍の火山灰が放出されていることから、この火山灰に付着している火山ガス成分に着目して研究を進めた。本節では、火山ガス組成と火山灰の水溶性成分との関係を明らかにし、付着成分の変化と活動状況について検討を行った。

まずはじめに水溶性付着成分の量および成分比が実際の火口から放出された火山ガス組成とどのような関連性があるかを確かめるため、無線操縦飛行機により採取した火口付近の火山ガスの分析結果と同一時期に地上で採取した火山灰の水溶性付着成分とを検討した。

火口近くの噴煙中の火山ガス採取には無線操縦飛行機(翼巾2m, 0.5馬力のアルコール燃料エンジン付)で行った。これには主胴体の両側に1本の真空ビンを各1ヶ装着し、その先端に封じた毛细管を取り付け、

目的の場所で地上からの無線指示により毛細管の先端を折損して火山ガスの採取を行った(図3-1参照)。回収した真空ビンにKOH溶液を加え、これに吸収されたHCl(4オシアン酸水銀法), SO_2 (クロム酸バリウム法)を定量した。

無線操縦飛行機による火山ガスの採取は1975年2月14日～16日の間に噴煙の影響の少ない場所での空試験を含め計9回行った。分析の結果は表3-2に示したが、HClは3～37ppm, SO_2 は17～68ppmであり、採取時刻、場所の違いによりそれぞれ異っている。しかし両成分の割合は0.18～0.80で、その平均値は0.40であった。この火山ガス採取と同時期の2月12日～16日の間に無線操縦飛行機を操作した場所に近い有村において降下火山灰を採取し、これに付着している水溶性成分を定量した。火山灰の水溶性付着成分の抽出方法は火山灰5～7grに蒸留水約70 cm^3 を加え、80℃で24時間抽出した後口別、洗浄し、100 cm^3 として分析に供した。その結果、この火山灰には Cl^- が197 mg/kg , SO_4^{2-} が1460 mg/kg と著しく火山ガス成分が付着していることが判明した。また両者の割合Cl/S(モル比)は0.37で、この値は表3-2に示した同時期の火山ガスの割合の平均値0.40に極めて近いことから、火山灰の水溶性付着成分は同時期に放出される火山ガス組成を反映しているものと考えられる。

表3-2 無線操縦飛行機で採取した上空噴煙中の火山ガス組成

Sample		Height*	HCl	SO ₂	HCl/SO ₂
Feb.14,1975	Blank		0 ppm	1 ppm	—
	9h28m	300 m	37	56	0.66
Feb.15	13h20m	1100	8	32	0.25
	"	"	20	52	0.38
	16h05m	102	0	4	—
	17h00m	450	24	30	0.80
	"	"	27	68	0.40
Feb.16	9h40m		5	20	0.25
	"		3	17	0.18
	12h14m		7	24	0.29

*: above sea level

そこで京都大学桜島火山観測所，鹿児島大学，鹿児島県の協力を得て図3-1に示した春田山，赤水，古里，有村，黒神などの各地点と図3-3に示した島外の各観測点で1974年以後の降下直後の新鮮な火山灰を出来るかぎり多く集め，その水溶性付着成分のうち主に Cl^- と SO_4^{2-} の分析を行った。分析の結果を表3-3に示したが， Cl^- は $5.9 \sim 8730 \text{ mg/Kg}$ ， SO_4^{2-} は $29.8 \sim 13600 \text{ mg/Kg}$

表3-3 火山灰の水溶性付着成分

	Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Cl/S*
	mg/kg	m.mol/kg	mg/kg	m.mol/kg	
'73 6/ 1 Takeno	59.4	1.68	165	1.72	0.98
'74 7/4-5 Harutayama	362	10.21	1540	16.03	0.64
7/ 5 Kōriyamamachi	398	11.23	3380	35.19	0.32
8/18 Kitadake 4gōme	2700	76.16	10300	107.22	0.71
12/15-16 Harutayama	534	15.06	4260	44.35	0.34
12/27 "	40.0	1.13	554	5.77	0.20
" Kurokami	51.4	1.45	638	6.64	0.22
12/31 "	18.4	0.52	208	2.17	0.24
'75 2/12 Arimura	197	5.56	1460	15.20	0.37
3/ 1 Harutayama	391	11.03	1060	11.03	1.00
3/ 2 Kurokami	2800	78.98	13000	135.33	0.58
3/7-8 Arimura	125	3.53	1220	12.70	0.28
3/12 Kurokami	1900	53.59	1200	12.49	4.29
3/19 Harutayama	339	9.56	3170	33.00	0.29
4/ 5 Shirahama	244	6.88	1180	12.28	0.56
4/ 8 Kurokamikō	96.2	2.71	1100	11.45	0.24
" "	21.4	0.60	146	1.52	0.39
6/ 2 Harutayama	11.4	0.32	141	1.47	0.22
6/22 Kurokami	1850	52.18	460	4.79	10.9
7/ 1 Kurokami	456	12.86	662	6.89	1.87
10/30 Kurokami	115	3.24	798	8.31	0.39
" "	71.2	2.01	319	3.32	0.61
11/17 Harutayama	192	5.42	1130	11.76	0.46
11/29 Kurokamiguchi	962	27.13	4720	49.14	0.55
'76 1/24 Arimura	430	12.13	3140	32.69	0.37
" Ushine	351	9.90	507	5.28	1.88
2/ 6 Arimura	107	3.02	537	5.59	0.54
2/6 - 7 "	243	6.85	804	8.37	0.82
2/ 8 "	126	3.55	1430	14.89	0.24
2/8 - 9 Furusato	51.2	1.44	896	9.33	0.15
2/18-19 Gongenyama	8730	246.24	13600	141.58	1.74
4/ 7 Arimura	5.9	0.17	64.3	0.67	0.25
4/20 Harutayama	301	8.49	1150	11.97	0.71
5/10 "	282	7.95	1520	15.82	0.50

*: mol.ratio

表3-3 続

	Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Cl/S*
	mg/kg	m.mol/kg	mg/kg	m.mol/kg	
'76 5/13 Arimura	46.2	1.30	730	7.60	0.17
" "	10.1	0.28	207	2.15	0.13
5/17 "	6.1	0.17	237	2.47	0.07
5/25 Nishisonoyama	107	3.02	577	6.01	0.50
5/26 Harutayama	434	12.24	859	8.94	1.37
6/ 3 "	333	9.39	589	6.13	1.53
6/21 Kōmen	1030	29.05	3560	37.06	0.78
6/28 Harutayama	872	24.60	2100	21.86	1.13
7/26 "	1590	44.85	1120	11.66	3.85
7/30 "	1340	37.80	1320	13.74	2.75
9/ 1 Kurokami	1100	31.03	680	7.08	4.38
9/ 6 Harutayama	2410	67.98	7140	74.33	0.91
11/ 2 "	44.6	1.26	217	2.26	0.56
11/4 - 9 Hakamagoshi	34.1	0.96	191	1.99	0.48
11/5 Gongenyama	46.6	1.31	133	1.38	0.95
11/5-6 Kurokami	248	7.00	226	2.35	2.98
11/5-7 Arimura	18.9	0.53	61.5	0.64	0.83
11/7-8 Furusato	28.8	0.81	188	1.96	0.41
11/8 Arimura	8.0	0.23	81.8	0.85	0.27
11/9 Hakamagoshi	50.9	1.44	91.5	0.95	1.52
'77 2/1 Kurokami	32.0	0.90	377	3.92	0.23
5/9 Harutayama	184	5.19	183	1.91	2.71
5/13 "	507	14.30	1110	11.56	1.24
" Harutayama-Take	505	14.24	1110	11.56	1.23
" Harutayama-Take	401	11.31	1250	13.01	0.87
" Ōkubo	291	8.21	1080	11.24	0.73
" Ōkubo	658	18.56	1500	15.62	1.19
7/20 Arimura	42.1	1.19	323	2.42	0.49
7/29 Akamizu	485	13.68	1050	10.93	1.25
9/ 8 Kagoshima	222	6.26	1110	11.56	0.54
12/22 Arimura	9.0	0.25	458	4.77	0.05
'78 5/23 Take	81.1	2.29	707	7.36	0.31
5/25 Akamizu	156	4.40	409	4.26	1.03
5/27 "	45.9	1.29	518	5.39	0.24

*: mol.ratio

表 3-3 続

	Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Cl/S*
	mg/kg	m.mol/kg	mg/kg	m.mol/kg	
'78 5/28 Take	19.9	0.56	84.2	0.88	0.64
5/29 Take	114	3.22	200	2.08	1.55
5/30 Arimura	161	4.54	180	1.87	2.43
6/ 1 Akamizu	22.7	0.64	56.7	0.59	1.08
6/ 5 Arimura	27.5	0.78	111	1.16	0.67
7/24 Akamizu	61.3	1.73	70.9	0.74	2.34
7/25 "	40.3	1.14	149	1.55	0.74
7/30 Take	26.5	0.75	70.7	0.74	1.01
8/ 3 "	23.0	0.65	57.2	0.60	1.08
8/ 8 Arimura	28.6	0.81	145	1.51	0.54
8/11 Take	162	4.57	128	1.33	3.44
8/16 "	400	11.28	809	8.42	1.34
8/18 "	565	15.94	747	7.78	2.04
8/20 "	97.2	2.74	1030	10.72	0.26
8/24 Arimura	422	11.90	510	5.31	2.24
8/27 Akamizu	230	6.49	667	6.94	0.94
8/29 "	610	17.21	826	8.60	2.00
9/ 1 "	420	11.85	999	10.40	1.14
9/ 2 "	658	18.56	1830	19.05	0.97
9/13 Arimura	78.5	2.21	132	1.37	1.61
9/17 "	55.4	1.56	293	3.05	0.51
9/27 Akamizu	126	3.55	558	5.81	0.61
10/ 2 "	63.5	1.79	543	5.65	0.32
10/ 6 Arimura	1110	31.31	510	5.31	5.90
10/ 8 Akamizu	425	11.99	886	9.22	1.30
10/10 Take	98.3	2.77	188	1.91	1.45
10/24 Arimura	352	10.07	1440	14.99	0.67
10/25 "	921	25.98	1090	11.35	2.29
10/30 "	484	13.65	702	7.31	1.87
11/ 1 "	372	10.49	672	7.00	1.50
11/ 3 "	655	18.48	848	8.83	2.09
11/ 5 "	349	9.84	1110	11.56	0.85
11/ 7 "	589	16.61	1230	12.80	1.30
11/ 9 "	499	14.08	945	9.93	1.42

*: mol.ratio

表 3-3 続

	Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Cl/S*
	mg/kg	m.mol/kg	mg/kg	m.mol/kg	
'78 11/11 Arimura	473	13.34	1610	16.76	0.80
11/21 "	141	3.98	571	5.94	0.67
11/27 "	386	10.89	1030	10.72	1.02
12/21 "	146	4.12	779	8.11	0.51
12/22 "	949	26.77	5050	52.57	0.51
'79 1/ 2 "	117	3.30	712	7.41	0.44
1/ 3 "	181	5.11	1150	11.97	0.43
1/ 5 "	42.1	1.19	273	2.84	0.42
5/20 "	100	2.82	1090	11.35	0.23
2/10 Sakurajimaguchi	43.5	1.23	325	3.38	0.36
2/28 "	51.4	1.45	233	2.43	0.60
3/ 4 Arumura	154	4.34	409	4.21	1.03
6/ 3 Akamizu	420	11.85	1990	20.72	0.57
7/ 5 Harutayama	234	6.60	2530	26.34	0.25
7/28 Take	946	26.68	2200	22.90	1.17
8/ 1 "	572	16.13	185	1.93	8.36
8/12 Sakurajimasō	670	18.90	3340	34.77	0.54
8/13 Take	487	13.74	318	3.31	4.15
8/21 "	603	17.01	267	2.79	6.10
8/25 Fujino	463	13.06	560	5.83	2.24
9/ 7 Tarumizu	66.8	1.88	955	9.94	0.19
9/11 Koike	513	14.47	4100	42.68	0.34
9/12 "	844	23.81	2160	22.49	1.06
9/21 Akamizu	1020	28.77	2880	29.98	0.96
9/22 Koike	695	19.60	1980	20.61	0.95
9/26 Take	461	13.00	1920	19.99	0.65
10/ 9 Higashisakurajima	230	6.49	3080	32.06	0.20
10/15 Akamizu	519	14.64	23800	24.78	0.59
10/19 Tarumizu	1024	28.88	3960	41.22	0.70
10/22 Higashisakurajima	46.0	1.30	182	1.89	0.69
10/23 Take	1090	30.74	934	9.72	3.16
10/27 Fujino	39.0	1.10	780	8.12	0.14
10/29 Higashisakurajima	571	16.11	1810	18.84	0.86
11/ 2 Fujino	327	9.22	1600	16.66	0.55
11/ 4 Koike	31.9	0.90	29.8	0.31	2.90

*: mol.ratio

表3-3 続

	Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Cl/S*
	mg/kg	m.mol/kg	mg/kg	m.mol/kg	
'79 11/ 8 Koike	684	19.29	1950	20.30	0.95
11/ 9 "	801	22.59	2360	24.57	0.92
11/15 Take	87.3	2.62	1360	14.16	0.19
11/16 "	172	4.85	1440	14.99	0.32
11/18 Arimura	216	6.09	693	7.21	0.84
11/21 Koike	130	3.67	800	8.33	0.44
11/22 "	372	10.49	2600	27.07	0.39
11/28 Kurokomi	423	11.93	2070	21.55	0.55
12/ 1 Tarumizu	55.8	1.57	844	8.79	0.18
12/ 3 Kaigata	197	5.56	1420	14.78	0.38
12/ 4 Take	31.3	0.88	202	2.10	0.42
12/ 8 Kaigata	153	4.32	921	9.59	0.45
12/10 "	23.2	0.65	178	1.85	0.35
12/13 "	96.3	2.72	765	7.96	0.34
" Higashisakurajima	269	7.59	1930	20.09	0.38
12/14 Tarumizu	111	3.13	1230	12.80	0.24
12/17 Kaigata	143	4.03	914	9.51	0.42
1/25 "	59.7	1.68	510	5.31	0.32
1/24 "	172	4.85	480	5.00	0.97
'80 2/ 1 "	94.9	2.68	519	5.40	0.50
2/ 8 "	31.1	0.88	110	1.15	0.77
2/15 Tarumizu	79.3	2.24	480	5.00	0.45
2/17 "	22.4	0.63	31.0	0.32	1.97
2/21 Kaigata	26.0	0.73	78.1	0.81	0.90
2/29 "	34.5	0.97	186	1.94	0.50
3/28 Higashisakurajima	360	10.15	3450	35.92	0.28
4/28 Furusato	82.7	2.33	1280	13.33	0.17
4/29 Harutayama	943	26.60	1610	16.76	1.59

*: mol.ratio

表3-3 続

			Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Cl/S*
			mg/kg	m.mol/kg	mg/kg	m.mol/kg	
'80	5/2	Higashisakurajima	75	2.12	580	6.04	0.35
	"	Koike	75	2.12	930	9.68	0.22
	5/3	Fujino	105	2.96	940	9.79	0.30
	5/6	Akamizu	200	5.64	1210	12.60	0.45
	"	Kaigata	210	5.92	1250	13.01	0.46
	5/7	Higashisakurajima	80	2.26	870	9.06	0.25
	"	Tarumizu	75	2.12	145	1.51	1.40
	5/12	Koike	40	1.13	960	9.99	0.11
	"	Higashisakurajima	35	0.99	725	7.55	0.13
	"	Fujino	45	1.27	975	10.15	0.13
	"	Tarumizu	45	1.27	1085	11.30	0.11
	5/19	Koike	100	2.82	1150	11.97	0.24
	5/23	Higahsisakurajima	190	5.36	4150	43.20	0.12
	5/29	Fujino	540	15.23	1500	15.62	0.98
	7/22	"	245	6.91	4030	41.95	0.17
	8/2	Higahsisakurajima	975	27.50	5230	54.45	0.51
	8/4	"	700	19.74	5615	58.45	0.34
	8/12	Fujino	300	8.46	1860	19.36	0.44
	9/7	Akamizu	50	1.41	325	3.38	0.42
	9/9	Koike	380	10.72	1860	19.36	0.55
	9/30	"	535	15.09	2580	26.86	0.56
	10/16	Fujino	380	10.72	420	4.37	2.45
	10/26	Akamizu	50	1.41	325	3.38	0.45
'81	1/5	Kaigata	465	13.12	925	9.63	1.36
	1/6	Tarumizu	1680	47.39	1580	16.45	2.88
	1/18	Kaigata	33	0.93	255	2.65	0.35
	1/21	"	168	4.74	800	8.33	0.57
	1/22	"	120	3.38	1230	12.80	0.26

*: mol.ratio

とそれぞれの火山灰でその付着量は著しく異っており、また広範囲にわたっている。それぞれの火山灰でこのように成分付着量が異なる原因として、火山ガス放出量の違い、火山灰の表面積、粒径、放出されるまでの火口および火道内での貯留時間の違いなどが考えられる。比良・高橋(1981)は同一火山灰では粒径の小さい部分に Cl^- が多く付着する傾向があるが、噴出時の異なる火山灰では平均粒径と Cl^- の付着量との間にはほとんど相関が認められないと指摘している。しかし本研究においては粒径が数mmに達する大きな火山礫には明らかに成分の付着量が少ないが、微細な火山灰にはそれが多く付着している傾向が認められる。さらに1回の爆発で放出された火山灰について火口からの距離をかえて5ヶ所で採取し、それぞれの粒度分布と水溶性成分を調べた結果を図3-4に示した。それによると SO_4^{2-} は粒径が小さくなると付着量が多くなる傾向が認められるが、 Cl^- の付着量はそれほど顕著でない。また図3-5に示したように両成分の付着量と火山灰の比表面積との間には2,3の例を除いては、若干の比例関係が認められる。このように火山灰に対する火山ガス成分の付着量は上述の各要素が複雑に作用しているために、個々の火山灰で著しく異なるものと考えられる。

しかし表3-3に示したように両成分の付着量からその割合 Cl/S (モル比)を求めると、一部に大きな値を示す火山灰もあるが大部分は0.2~1.5の範囲に集中

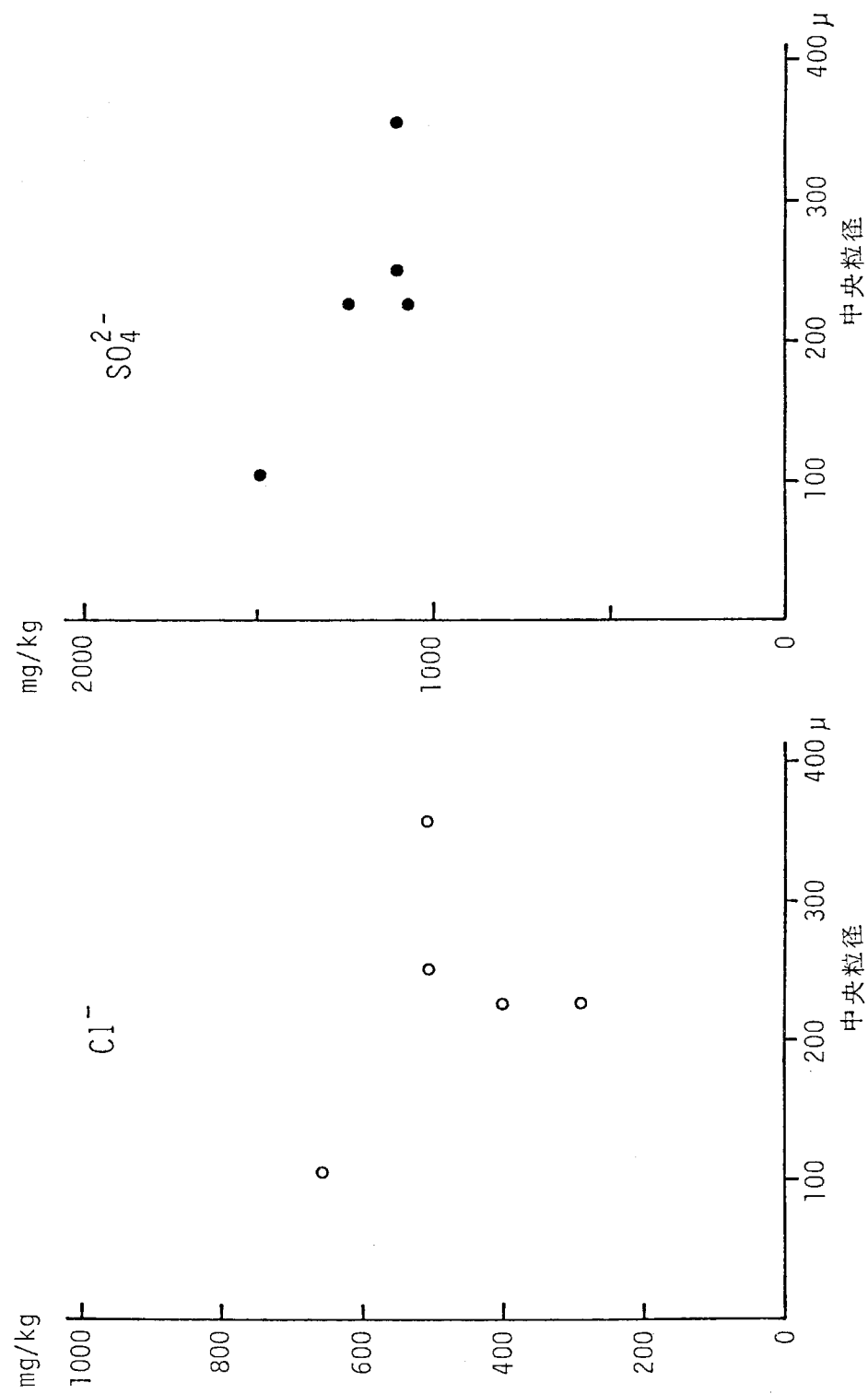


図3-4 火山灰の中央粒径と水溶性成分の Cl^- , SO_4^{2-} 付着量

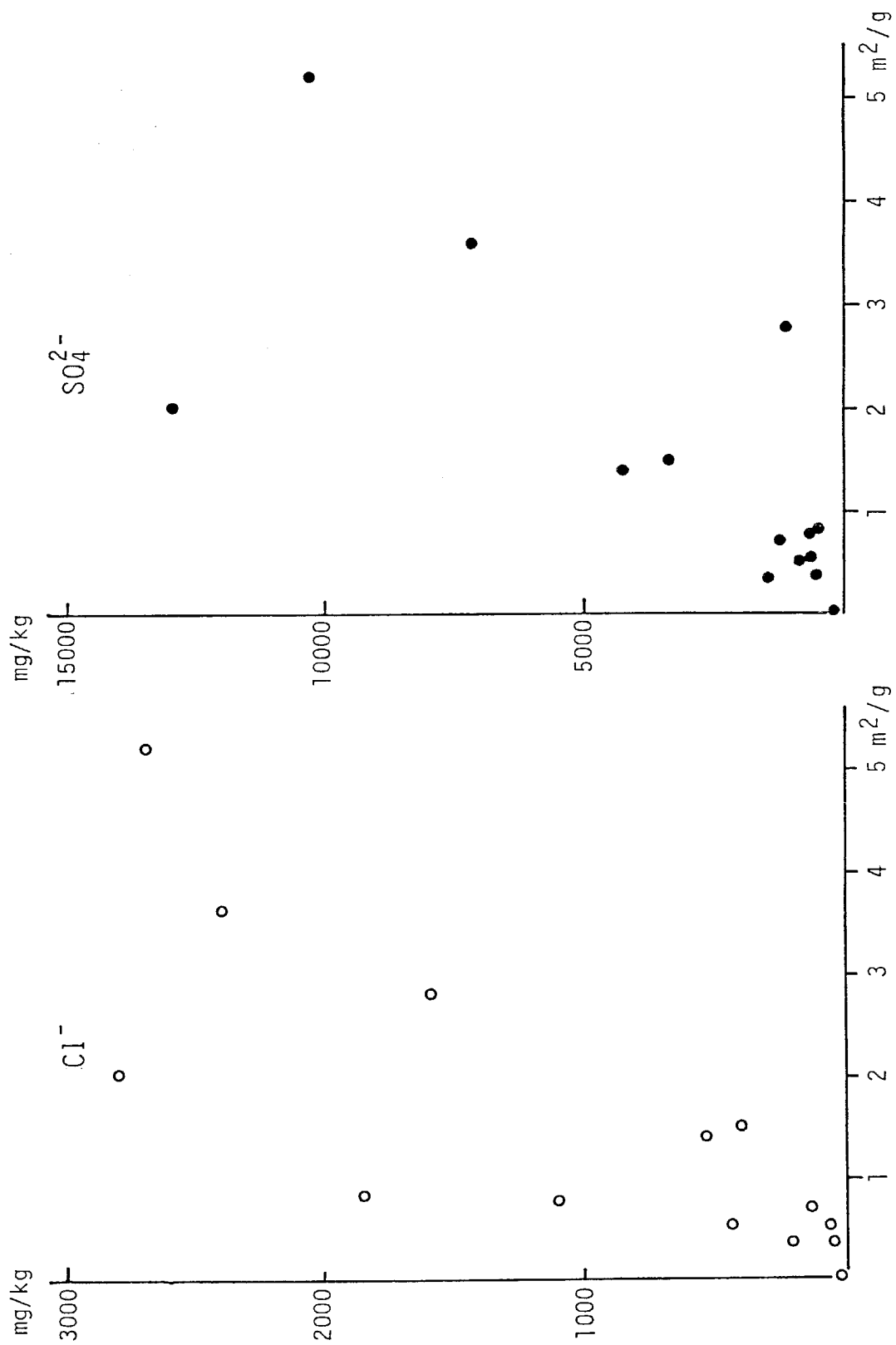


図3-5 火山灰の比表面積と水溶性成分の Cl^- , SO_4^{2-} 付着量

していることが明らかとなった。そこでこの Cl/S の値が 1.5 以上の特殊な値^{*}を除いて 1 ヶ月ごとに平均値を求め表 3-4 に示した。同表には桜島火山の表面活動の一つである月別の爆発回数と爆発地震の振動エネルギー（単位はエネルギー積算計のカウント数、1 カウント $\equiv 0.49 \text{ erg/cm}^2$ ）も併せて示した。まず Cl/S の月平均値の変化と月別爆発回数とを図 3-6 に示した。同図に示したように爆発回数の多い時期には Cl/S の値も大きく、逆に爆発の少ない時期にはその値が小さく、 Cl/S の値の変化は爆発回数の増減と比較的よく対応していることが判明した。また個々の爆発はそれぞれ規模が異っているため、爆発回数のかわりに爆発地震の振動エネルギーの変化と Cl/S の変化とを図 3-7 に示した。同図でも明らかに振動エネルギーの大きい時期には Cl/S の値も大きく、逆に振動エネルギーの小さい時には Cl/S の値は小さく、先の爆発回数の変化と同じ傾向である。また Cl/S の変化傾向と振動エネルギーの変化傾向との関係は、爆発回数のそれとくらべてよりよく一致する時期もあるが、逆に対応が悪くなる期間も認められる。

これまで述べてきたように火山灰の水溶性成分は個々の火山灰で著しく付着量が異なっているが、 Cl^- と SO_4^{2-} の割合はほとんどが 0.2~1.5 の範囲にあり、しかもそ

* これは海水飛沫などの影響が考慮される。

の変化は桜島火山の表面活動の変化とよく対応しており、表面活動の変化を知る一つの指標になりうるものと考えられる。

表3-4 火山灰水溶性成分のCl/Sの月平均値と
月別爆発回数および爆発地震の振動エネルギー

		C1/S	Explosion				C1/S	Explosion	
			N	ΣA^2				N	ΣA^2
'74	6		113	6605	'77	10		20	3718
	7	0.48	104	3547		11		22	8271
	8	0.71	61	4356		12	0.05	29	2584
	9		38	4572	'78	1		17	2232
	10		20	645		2		7	606
	11		23	2813		3		22	2247
	12	0.25	15	1576		4		12	1446
'75	1		11	398	5	0.56	28	2176	
	2	0.35	32	899	6	0.88	33	3767	
	3	0.45	43	3664	7	0.88	23	1854	
	4	0.40	28	1079	8	0.83	31	4372	
	5		8	618	9	0.81	22	1593	
	6	0.22	7	693	10	0.94	12	1141	
	7		3	155	11	1.08	1	25	
	8		11	632	12	0.51	12	1122	
	9		16	879	'79	1	0.43	23	2033
	10	0.50	16	616		2	0.48	20	2662
	11	0.51	27	1018		3	1.03	6	370
	12		9	726		4		10	572
'76	1	0.37	6	181	5	0.23	0	0	
	2	0.44	6	149	6	0.57	0	0	
	3		6	334	7	0.71	0	0	
	4	0.48	14	736	8	0.54	1	100	
	5	0.46	37	4337	9	0.69	10	634	
	6	0.96	31	1113	10	0.53	27	825	
	7		7	217	11	0.57	27	871	
	8		20	1904	12	0.35	30	1735	
	9	0.91	33	1054	'80	1	0.65	11	869
	10		22	507		2	0.62	19	2163
	11	0.58	23	545		3	0.28	10	967
	12		18	1610		4	0.17	47	2966
'77	1		8	254	5	0.38	63	1874	
	2	0.23	2	84	6		14	658	
	3		3	230	7	0.17	24	319	
	4		3	76	8	0.43	39	1714	
	5	1.05	33	2386	9	0.51	25	447	
	6		23	2863	10	0.45	4	756	
	7	0.87	38	1196	11		23	2310	
	8		53	3697	12		12	630	
	9	0.54	29	5036	'81	1	0.64	18	1599

N: 爆発回数

 ΣA^2 : 爆発地震の振動エネルギー
(エネルギー積算計のカウント数)

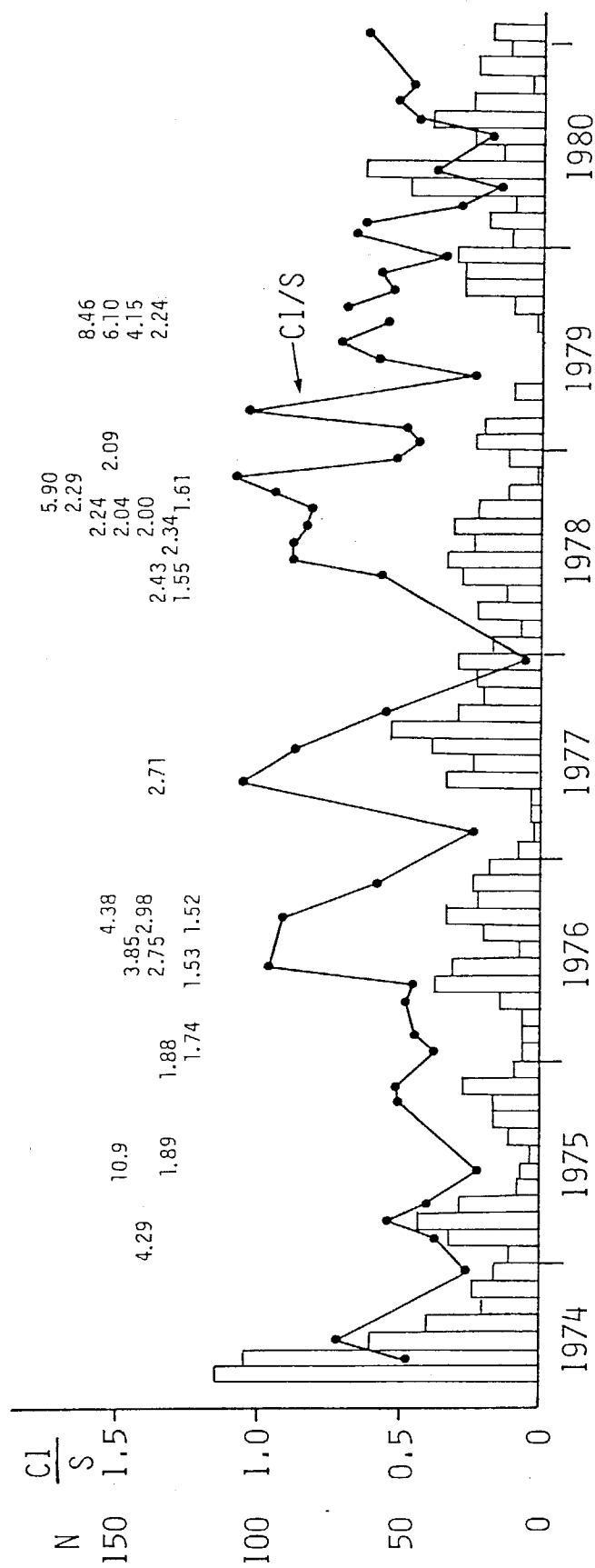


図3-6 火山灰水溶性成分のCl/Sの月平均値と月別爆発回数

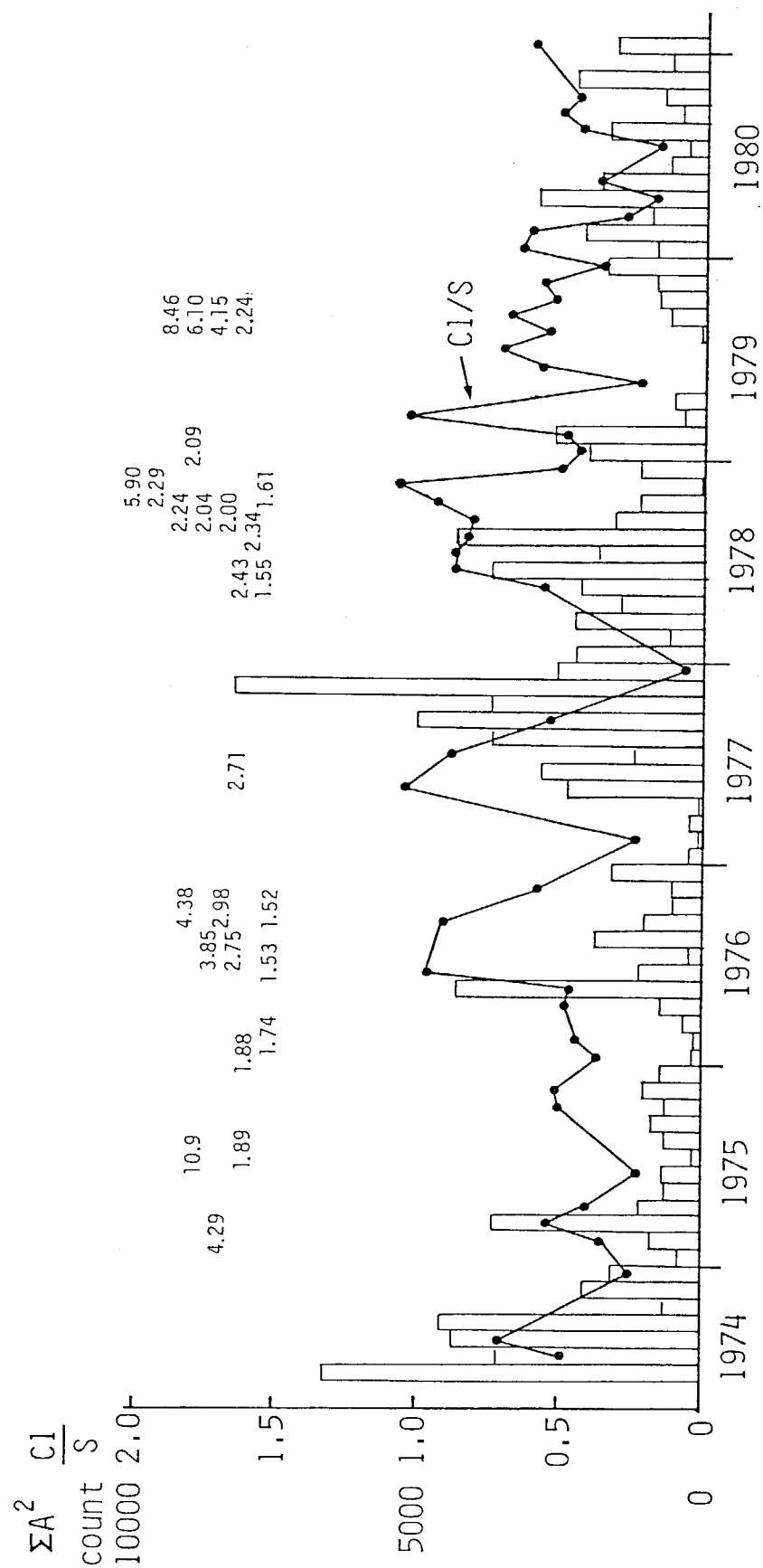


図3-7 火山灰水溶性付着成分のC1/Sの月平均値と日別の爆発地震の振動エネルギー

3-4 静置式アルカリ吸収法

前節の火山灰の水溶性付着成分の Cl/S の変化を求める方法は、降灰が無くては行うことが出来ず、また水溶性成分を測定するために雨にぬれた火山灰は用いることが出来ないなどの制約があり、新鮮な火山灰が得られた時の情報しか得ることが出来ない。そこでこれらの欠点を補い、また1～2ヶ月間の平均的な火山ガスの成分変化の傾向を知るためにも'76年1月から南岳の中腹および山麓の5ヶ所にアルカリ吸収液を設置し、火山ガスの測定を開始した。

3-4-1 設置場所および測定方法

アルカリ吸収液は図3-1に示した引の平送信所、春田山、占里送信所、有村、権現山の5ヶ所に設置した。アルカリ液の設置は図3-8に示したように内容 500cm^3 のガラス容器(断面積: 56.7cm^2)に $6\text{N KOH } 200\text{cm}^3$ を入れ、これに雨水の混入をさけるために覆をした。但し側面は火口から放出された火山ガスが自由に液面上を通過するように小さな穴を開け、火山ガスが自然に吸収されるようにした。

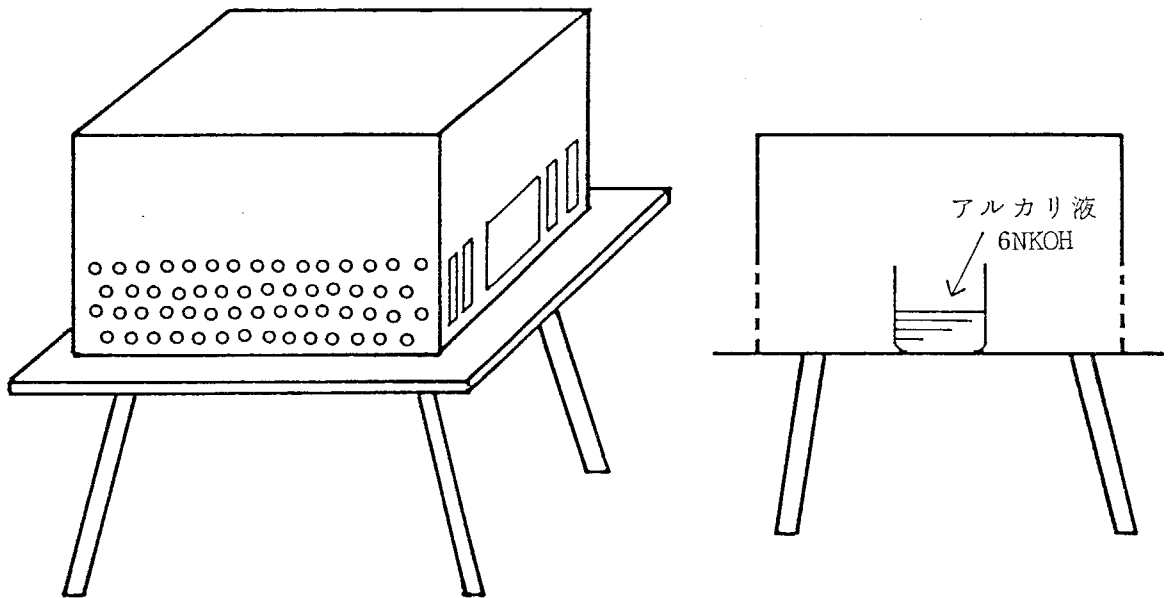
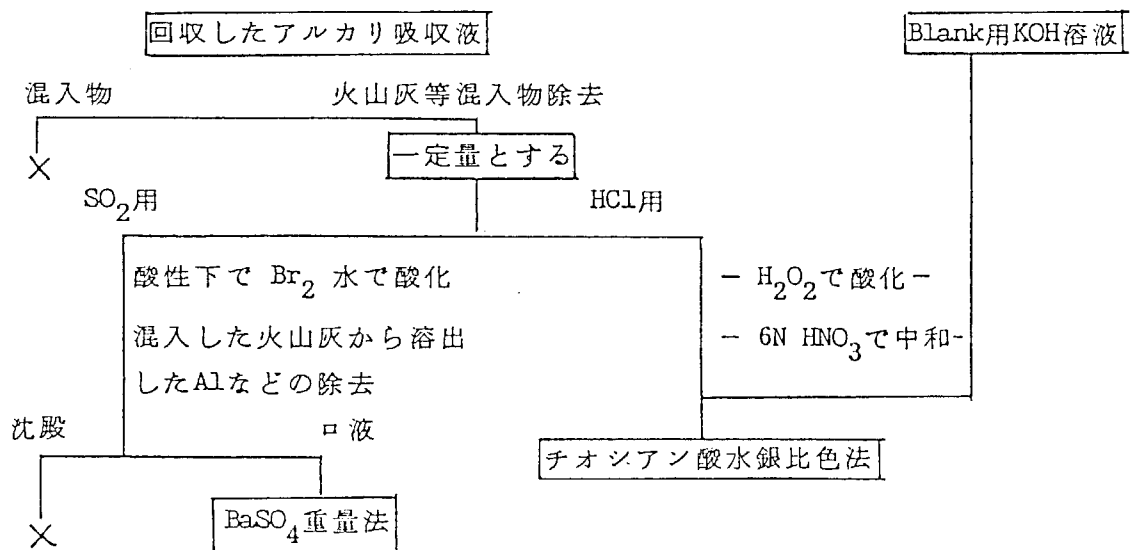


図3-8 アルカリ吸収液設置状況

また1～2ヶ月ごとに回収したアルカリ吸収液は以下の手順で分析を行い吸収されたHClとSO₂の量を求めた。



3-4-2 HCl, SO₂ の吸収量

1 ~ 2 ヶ月ごとに回収したアルカリ吸収液を上述の方法で分析を行い、この間に吸収された HCl と SO₂ の量を求め、その結果を各観測点ごとに表 3-5 a ~ e に示した。同表には吸収液の設置期間およびこの間の HCl, SO₂ の吸収量、それぞれのモル数、1 日当りの吸収量、HCl/SO₂ 値、各設置期間中の爆発回数およびこの間の日平均値の順に示した。HCl の各期間の総吸収量は 0.1 ~ 52.3 mg, SO₂ は 0.5 ~ 86.7 mg であるがこれはそれぞれの設置期間が異なるためにそのままでは比較できない。そこで 1 日当りの吸収量でみると HCl は $0.003 \sim 1.3 \text{ mg/day}$, SO₂ は $0.011 \sim 1.59 \text{ mg/day}$ でそれぞれの観測地点、設置期間で著しく異っている。この値の火口との位置関係、風向等による影響を検討するため南岳をはさんでその西側の春田山と南東側の有村の観測結果の一部を図 3-9 に示し比較した。それによれば、春田山では HCl, SO₂ 共に夏期に吸収量が増加し、冬期には減少している。また有村では逆に冬期に両成分の吸収量が多く、夏期には少くなっている。この吸収量の変化傾向は、桜島火山周辺では夏期には東風が、また冬期には北西風が卓越するためであり、この測定値は主として風向に強く支配されるため、このままでは桜島火山の活動との関係を求めることは困難である。

表3-5a 引の平観測点における各期間のHCl, SO₂ 吸収量

Hikinohira			HCl		SO ₂		mg/day		HCl SO ₂	N [*]	N [*] /day
		days	mg	m.mol	mg	m.mol	HCl	SO ₂			
'76	1/26- 2/18	24	0.8	0.023	3.6	0.056	0.033	0.150	0.41	.0	0
	2/18- 4/ 7	49	12.0	0.339	89.4	1.395	0.245	1.825	0.24	14	0.29
	4/ 7-11/ 2	209	28.1	0.793	300	4.685	0.134	1.435	0.17	165	0.79
'77	11/ 2- 2/21	111	10.0	0.282	107	1.666	0.090	0.964	0.17	48	0.43
	2/21- 5/25	93	—	—	—	—	—	—	—	30	0.32
	5/25- 7/ 4	40	3.1	0.087	16.8	0.262	0.078	0.420	0.33	44	1.10
	7/ 4- 9/16	74	4.6	0.130	13.2	0.206	0.062	0.178	0.63	92	1.24
	9/16-11/14	59	2.3	0.065	7.4	0.116	0.039	0.125	0.56	46	0.78
	11/14-12/22	38	1.2	0.034	3.6	0.056	0.032	0.095	0.60	32	0.84
'78	12/22- 3/ 4	71	1.2	0.034	3.6	0.056	0.017	0.051	0.60	35	0.49
	3/ 4- 5/21	78	3.7	0.104	43.8	0.683	0.047	0.562	0.15	38	0.49
	5/21- 7/22	62	3.4	0.096	10.8	0.169	0.055	0.174	0.57	65	1.05
	7/22- 9/ 2	42	4.5	0.127	18.8	0.293	0.107	0.448	0.43	44	1.05
	9/ 2-10/18	46	3.2	0.090	7.8	0.121	0.070	0.170	0.74	32	0.70
	10/18-12/13	56	3.6	0.102	9.9	0.155	0.064	0.177	0.66	4	0.07
'79	12/13- 4/ 9	117	2.8	0.079	12.6	0.197	0.024	0.108	0.40	61	0.52
	4/ 9- 5/19	40	52.3	1.475	62.0	0.968	1.308	1.550	1.52	9	0.23
	5/19- 7/ 5	47	17.3	0.488	42.9	0.670	0.368	0.913	0.73	0	0
	7/ 5- 8/21	47	44.6	1.258	22.2	0.347	0.949	0.472	3.63	1	0.02
	8/21-10/ 4	44	3.7	0.104	17.1	0.267	0.084	0.389	0.39	11	0.25
	10/ 4-11/30	57	1.8	0.051	11.5	0.179	0.032	0.202	0.29	53	0.93
'80	11/30- 1/25	56	2.7	0.076	13.1	0.205	0.048	0.234	0.37	38	0.68
	1/25- 3/10	45	3.0	0.085	19.9	0.311	0.067	0.442	0.27	23	0.51
	3/10- 4/28	49	6.4	0.181	52.6	0.821	0.131	1.074	0.22	45	0.92
	4/28- 6/16	49	5.3	0.150	24.5	0.383	0.108	0.500	0.39	77	1.57
	6/16- 8/ 1	47	0.5	0.014	2.6	0.041	0.011	0.055	0.34	26	0.55
	8/ 1- 9/16	46	2.2	0.062	9.1	0.142	0.048	0.198	0.44	54	1.17
	9/16-11/10	55	3.6	0.102	19.7	0.308	0.066	0.358	0.33	27	0.49
	11/10-12/19	39	5.5	0.156	19.9	0.311	0.141	0.510	0.50	18	0.46
'81	12/19- 1/29	41	1.6	0.045	2.1	0.033	0.039	0.051	1.15	21	0.51
	1/29- 3/12	42								10	0.24
	3.12- 4/24	43	3.5	0.099	16.5	0.258	0.081	0.384	0.38	8	0.19
	4/24- 6/ 8	45	2.8	0.079	8.6	0.134	0.062	0.191	0.59	8	0.18
	6/ 8- 7/13	35	1.3	0.037	5.0	0.078	0.037	0.143	0.47	1	0.03
	7/13- 8/25	43	2.9	0.082	9.1	0.142	0.067	0.212	0.58	32	0.74
	8/25-10/ 4	40	6.5	0.183	24.4	0.381	0.163	0.610	0.48	54	1.35
	10/ 4-11/28	55	6.3	0.178	26.4	0.412	0.115	0.480	0.45	77	1.40

N^{*} 爆発回数

表3-5b 春田山観測点における各期間のHCl, SO₂ 吸収量

Harutayama			HCl		SO ₂		mg/day		HCl SO ₂	N [*] N/day
	days		mg	m.mol	mg	m.mol	HCl	SO ₂		
'76	2/18- 4/ 7	50	0.7	0.020	7.6	0.119	0.014	0.152	0.17	14 0.28
	4/ 7- 5/ 6	29	0.2	0.006	2.0	0.032	0.007	0.069	0.19	15 0.52
	5/ 6- 7/31	86	4.6	0.130	27.8	0.434	0.054	0.323	0.30	72 0.84
	7/31- 9/16	47	14.7	0.415	28.6	0.447	0.313	0.609	0.93	49 1.04
	9/16-11/ 2	47	1.4	0.040	7.0	0.110	0.030	0.149	0.36	29 0.62
'77	11/ 2- 2/21	111	1.0	0.028	5.4	0.085	0.009	0.049	0.33	48 0.43
	2/21- 5/12	80	1.2	0.034	3.0	0.047	0.015	0.038	0.72	22 0.28
	5/12- 5/25	13	8.8	0.248	10.3	0.161	0.677	0.792	1.54	8 0.69
	5/25- 7/ 4	40	2.1	0.059	5.5	0.086	0.053	0.138	0.69	44 1.10
	7/ 4- 9/16	74	3.1	0.087	5.5	0.086	0.042	0.074	1.01	92 1.24
	9/16-11/14	59	1.5	0.042	5.3	0.082	0.025	0.090	0.51	46 0.78
'78	11/14-12/22	38	1.0	0.028	3.0	0.047	0.026	0.079	0.60	32 0.84
	12/22- 3/ 4	71	1.2	0.034	3.4	0.053	0.017	0.048	0.64	35 0.49
	3/ 4- 5/21	78	1.9	0.054	8.3	0.130	0.024	0.106	0.42	38 0.49
	5/21- 7/22	62	3.6	0.102	3.6	0.056	0.058	0.058	1.82	65 1.05
	7/22- 9/ 2	42	4.0	0.113	15.5	0.242	0.095	0.369	0.47	44 1.05
	9/ 2-10/18	46	2.5	0.071	4.2	0.066	0.054	0.091	1.08	32 0.70
'79	10/18-12/13	56	2.1	0.059	5.1	0.080	0.038	0.091	0.74	4 0.07
	12/13- 4/ 9	117	2.6	0.073	9.5	0.148	0.022	0.081	0.49	61 0.52
	4/ 9- 5/19	40	1.4	0.040	5.8	0.091	0.035	0.145	0.44	9 0.23
	5/19- 7/ 4	46	1.4	0.040	3.2	0.050	0.030	0.070	0.80	0 0
	7/ 4- 8/21	48	3.5	0.099	6.5	0.102	0.073	0.135	0.97	1 0.02
	8/21-10/ 4	44	12.7	0.358	12.7	0.199	0.289	0.289	1.80	11 0.25
'80	10/ 4-11/30	57	1.4	0.039	4.4	0.068	0.025	0.077	0.74	53 0.93
	11/30- 1/25	56	0.6	0.018	2.0	0.031	0.011	0.036	0.58	38 0.68
	1/25- 3/10	45	1.0	0.029	4.6	0.072	0.023	0.102	0.40	23 0.51
	3/10- 4/28	49	2.0	0.056	13.5	0.211	0.041	0.276	0.27	45 0.92
	4/28- 6/16	49	1.5	0.042	6.1	0.095	0.031	0.125	0.44	77 1.57
	6/16- 8/ 1	47	0.4	0.011	0.5	0.008	0.009	0.011	1.38	26 0.55
'81	8/ 1- 9/16	46	1.0	0.028	3.1	0.048	0.022	0.067	0.58	54 1.17
	9/16-11/10	55	0.6	0.017	2.1	0.033	0.011	0.038	0.52	27 0.49
	11/10-12/19	39	0.4	0.012	2.1	0.032	0.010	0.054	0.37	18 0.46
	12/19- 1/29	41	2.6	0.074	3.9	0.061	0.063	0.095	1.21	21 0.51
	1/29- 3/12	42	0.4	0.011	1.8	0.028	0.009	0.043	0.39	10 0.24
	3/12- 4/24	43	0.8	0.023	4.0	0.062	0.019	0.093	0.37	8 0.19
'82	4/24- 6/ 8	45	0.5	0.014	1.8	0.028	0.011	0.040	0.50	8 0.18
	6/ 8- 7/13	35	0.4	0.011	2.1	0.033	0.011	0.060	0.33	1 0.03
	7/13- 8/25	43	1.1	0.031	2.2	0.034	0.026	0.051	0.91	32 0.74
	8/25-10/ 4	40	2.8	0.079	8.4	0.131	0.070	0.210	0.60	54 1.35
	10/ 4-11/28	55	0.7	0.020	5.3	0.083	0.013	0.096	0.24	77 1.40

N^{*} 爆発回数

表3-5C 有村観測点における各期間のHCl, SO₂ 吸収量

Arimura			HCl		SO ₂		mg/day		HCl	N [*]	N [*] /day
days			mg	m.mol	mg	m.mol	HCl	SO ₂	SO ₂		
'76	1/24- 2/18	26	2.8	0.079	12.3	0.192	0.108	0.473	0.41	1	0.04
	2/18- 4/ 6	48	1.9	0.054	13.1	0.204	0.040	0.273	0.26	13	0.27
	4/ 6- 9/16	163	8.6	0.243	16.9	0.264	0.053	0.104	0.92	137	0.84
	9/16-11/ 2	47	5.7	0.161	17.4	0.272	0.121	0.370	0.59	29	0.52
'77	11/ 2- 2/21	111	13.7	0.386	70.0	1.093	0.123	0.631	0.35	48	0.43
	2/21- 5/25	93	5.6	0.158	25.2	0.393	0.060	0.271	0.40	30	0.32
	5/25- 7/ 4	40	2.7	0.076	4.0	0.063	0.068	0.100	1.21	44	1.10
	7/ 4- 9/16	74	4.7	0.133	8.1	0.126	0.064	0.110	1.06	92	1.24
	9/16-11/14	59	6.2	0.175	6.9	0.108	0.105	0.117	1.62	46	0.78
	11/14-12/22	38	4.5	0.127	15.2	0.237	0.118	0.400	0.54	32	0.84
'78	12/22- 3/ 4	71	24.7	0.697	86.7	1.353	0.348	1.221	0.51	35	0.49
	3/ 4- 5/21	78	17.1	0.482	74.1	1.156	0.219	0.950	0.42	38	0.49
	5/21- 7/22	62	3.3	0.093	3.1	0.049	0.053	0.050	1.90	65	1.05
	7/22- 9/ 2	42	1.9	0.054	2.6	0.041	0.045	0.062	1.32	44	1.05
	9/ 2-10/18	46	6.0	0.169	7.2	0.112	0.130	0.157	1.51	32	0.70
	10/18-12/12	55	11.0	0.310	42.3	0.660	0.200	0.769	0.47	4	0.07
'79	12/12- 4/10	119	20.3	0.573	85.4	1.333	0.171	0.718	0.43	61	0.51
	4/10- 5/20	40	4.7	0.133	16.6	0.259	0.118	0.415	0.51	9	0.23
	5/20- 7/ 5	46	1.5	0.043	5.3	0.083	0.033	0.115	0.52	0	0
	7/ 5- 8/22	48	2.1	0.059	1.8	0.028	0.044	0.038	2.11	1	0.02
	8/22-10/ 5	44	6.1	0.172	26.0	0.406	0.139	0.591	0.42	11	0.25
	10/ 5-12/ 1	57	8.6	0.243	52.0	0.812	0.151	0.912	0.30	53	0.93
'80	12/ 1- 1/26	56	6.9	0.195	42.3	0.660	0.123	0.755	0.30	38	0.68
	1/26- 3/12	46	12.5	0.353	63.5	0.991	0.272	1.380	0.36	23	0.50
	3/12- 4/28	47	5.1	0.144	28.1	0.487	0.109	0.598	0.30	45	0.96
	4/28- 6/16	49	5.7	0.161	24.1	0.376	0.116	0.492	0.43	77	1.57
	6/16- 8/ 1	47	1.1	0.031	2.7	0.042	0.023	0.057	0.74	26	0.55
	8/ 1- 9/16	46	5.1	0.144	7.4	0.116	0.111	0.161	1.24	54	1.17
	9/16-11/10	55	15.3	0.432	26.9	0.420	0.278	0.489	1.03	27	0.49
	11/10-12/19	39	4.3	0.122	24.9	0.388	0.110	0.638	0.31	18	0.46
'81	12/19- 1/29	41	12.2	0.344	65.1	1.017	0.298	1.588	0.34	21	0.51
	1/29- 3/12	42	8.8	0.248	36.3	0.567	0.210	0.864	0.44	10	0.24
	3/12- 4/24	43	4.5	0.127	17.5	0.273	0.105	0.407	0.47	8	0.19
	4/24- 6/ 8	45	1.7	0.048	8.2	0.028	0.038	0.182	0.38	8	0.18
	6/ 8- 7/13	35	1.0	0.028	2.5	0.039	0.029	0.071	0.72	1	0.03
	7/13- 8/25	43	6.4	0.181	6.4	0.100	0.149	0.149	1.81	32	0.74
	8/25-10/ 4	40	7.9	0.223	14.9	0.233	0.198	0.373	0.96	54	1.35
	10/ 4-11/28	55	6.2	0.175	26.7	0.417	0.113	0.485	0.42	77	1.40

* N 爆発回数

表3-5d 古里観測点における各期間のHCl, SO₂吸収量

Furusato	days	HCl		SO ₂		mg/day		HCl SO ₂	N* N/day	
		mg	m.mol	mg	m.mol	HCl	SO ₂			
'76 1/24- 2/18	26	1.4	0.040	5.4	0.085	0.054	0.208	0.47	1	0.04
2/18- 4/ 6	48	—	—	—	—	—	—	—	13	0.27
4/ 6- 5/ 6	30	0.1	0.003	0.5	0.008	0.003	0.017	0.38	16	0.53
5/ 6- 9/16	133	2.3	0.065	2.6	0.041	0.017	0.020	1.59	121	0.91
9/16-11/ 2	47	2.8	0.079	16.0	0.250	0.060	0.340	0.32	29	0.62
'77 11/ 2- 2/21	111	4.6	0.130	39.9	0.623	0.041	0.360	0.21	48	0.43
2/21- 5/25	93	1.9	0.054	11.5	0.180	0.020	0.124	0.30	30	0.32
5/25- 7/ 4	40	1.2	0.034	1.7	0.027	0.030	0.043	1.26	44	1.10
7/ 4- 9/16	74	3.7	0.104	3.7	0.058	0.050	0.050	1.79	92	1.24
9/16-11/14	59	3.2	0.090	12.0	0.188	0.054	0.203	0.48	46	0.78
11/14-12/22	38	1.7	0.048	10.1	0.157	0.045	0.266	0.31	32	0.84
'78 12/22- 3/ 4	71	6.2	0.175	30.7	0.480	0.087	0.432	0.36	35	0.49
3/ 4- 5/21	78	1.7	0.048	9.2	0.143	0.022	0.118	0.34	38	0.49
5/21- 7/22	62	1.2	0.034	2.5	0.039	0.019	0.040	0.87	65	1.05
7/22- 9/ 2	42	1.6	0.045	3.4	0.053	0.038	0.081	0.85	44	1.05
9/ 2-10/18	46	1.3	0.037	1.2	0.018	0.028	0.026	2.06	32	0.70
10/18-12/12	55	6.3	0.178	19.8	0.309	0.115	0.360	0.58	4	0.07
'79 12/12/ 4/10	119	6.4	0.181	40.4	0.630	0.054	0.340	0.29	61	0.51
4/10- 5/19	39	1.5	0.042	8.9	0.139	0.039	0.228	0.30	9	0.23
5/19- 7/ 5	47	0.2	0.004	0.9	0.014	0.003	0.019	0.29	0	0
7/ 5- 8/22	48	0.4	0.012	0.5	0.009	0.009	0.012	1.33	1	0.02
8/22-10/ 5	44	1.4	0.039	3.1	0.048	0.032	0.070	0.81	11	0.25
10/ 5-11/30	56	5.9	0.166	35.2	0.550	0.105	0.629	0.30	53	0.95
'80 11/30- 1/26	57	5.0	0.141	26.1	0.407	0.088	0.458	0.35	38	0.67
1/26- 3/12	46	2.7	0.075	16.2	0.253	0.058	0.352	0.30	23	0.50
3/12- 4/28	47	1.8	0.051	10.2	0.159	0.038	0.217	0.32	45	0.96
4/28- 6/16	49	1.6	0.045	5.9	0.092	0.033	0.120	0.49	77	1.57
6/16- 8/ 1	47	0.4	0.011	2.8	0.044	0.009	0.060	0.25	26	0.55
8/ 1- 9/16	46	0.7	0.020	1.7	0.027	0.015	0.037	0.74	54	1.17
9/16-11/10	55	1.4	0.040	7.8	0.122	0.026	0.014	0.33	27	0.49
11/10-12/19	39	1.6	0.045	13.4	0.021	0.041	0.343	0.21	18	0.46
'81 12/19- 1/29	41	3.8	0.108	26.3	0.410	0.093	0.641	0.26	21	0.51
1/29- 3/12	42	1.5	0.042	9.0	0.140	0.036	0.214	0.30	10	0.24
3/12- 4/24	43	1.1	0.031	4.3	0.067	0.026	0.100	0.46	8	0.19
4/24- 6/ 8	45	0.5	0.014	2.8	0.044	0.011	0.062	0.32	8	0.18
6/ 8- 7/13	35	0.5	0.014	1.7	0.027	0.014	0.049	0.52	1	0.03
7/13- 8/25	43	2.3	0.065	4.8	0.075	0.053	0.112	0.87	32	0.74
8/25-10/ 4	40	2.8	0.079	5.8	0.091	0.070	0.145	0.87	54	1.35
10/ 4-11/28	55	2.6	0.073	20.0	0.312	0.047	0.364	0.23	77	1.40

N* 爆発回数

表3-5e 権現山観測点における各期間のHCl, SO₂吸収量

Gongenyama			HCl		SO ₂		mg/day		HCl	N [*]	N/day
	days		mg	m.mol	mg	m.mol	HCl	SO ₂	SO ₂		
'76	1/24- 2/18	26	0.3	0.009	0.5	0.008	0.012	0.019	1.13	1	0.04
	2/18- 4/ 6	48	0.3	0.009	2.9	0.046	0.006	0.060	0.20	13	0.27
	4/ 6- 9/16	163	9.1	0.257	30.2	0.471	0.056	0.185	0.55	137	0.84
	9/16-11/ 2	47	1.4	0.040	2.9	0.046	0.030	0.062	0.87	29	0.52
'77	11/ 2- 2/21	111	—	—	—	—	—	—	—	48	0.43
	2/21- 5/25	93	1.2	0.034	6.0	0.094	0.013	0.065	0.36	30	0.32
	5/25- 7/ 4	40	2.0	0.056	7.4	0.115	0.050	0.185	0.49	44	1.10
	7/ 4- 9/16	74	6.1	0.172	5.8	0.091	0.082	0.078	1.89	92	1.24
	9/16-11/14	59	2.4	0.068	2.6	0.040	0.041	0.044	1.70	46	0.78
	11/14-12/25	38	1.5	0.042	4.4	0.069	0.040	0.116	0.61	32	0.84
'78	12/25- 3/ 4	71	3.5	0.099	12.2	0.190	0.049	0.172	0.52	35	0.49
	3/ 4- 5/21	78	4.0	0.113	9.4	0.147	0.051	0.121	0.77	38	0.49
	5/21- 7/22	62	7.8	0.220	17.3	0.270	0.126	0.279	0.81	65	1.05
	7/22- 9/ 2	42	2.9	0.082	2.9	0.045	0.069	0.069	1.82	44	1.05
	9/ 2-10/18	46	2.7	0.076	4.5	0.071	0.059	0.098	1.07	32	0.70
	10/18-12/12	55	3.1	0.087	5.3	0.083	0.056	0.096	1.05	4	0.07
'79	12/12- 4/10	119	6.3	0.178	30.2	0.472	0.053	0.254	0.38	61	0.51
	4/10- 5/20	40	3.8	0.107	13.4	0.209	0.095	0.335	0.51	9	0.23
	5/20- 7/ 5	46	4.4	0.125	16.9	0.264	0.096	0.367	0.47	0	0
	7/ 5- 8/22	48	3.6	0.102	8.5	0.133	0.075	0.177	0.77	1	0.02
	8/22-10/ 5	44	3.4	0.096	8.3	0.129	0.077	0.189	0.74	11	0.25
	10/ 5-12/ 1	57	2.6	0.073	11.5	0.179	0.046	0.202	0.41	53	0.93
'80	12/ 1- 1/26	56	0.9	0.026	3.1	0.048	0.017	0.055	0.54	38	0.68
	1/26- 3/12	46	1.0	0.028	5.1	0.080	0.021	0.111	0.35	23	0.50
	3/12- 4/28	47	1.8	0.051	8.4	0.131	0.038	0.179	0.39	45	0.96
	4/28- 6/16	49	3.3	0.093	13.0	0.203	0.067	0.265	0.46	77	1.57
	6/16- 8/ 1	47	7.0	0.197	24.2	0.378	0.149	0.515	0.52	26	0.55
	8/ 1- 9/16	46	7.1	0.200	7.0	0.109	0.154	0.152	1.83	54	1.17
	9/16-11/10	55	1.3	0.037	6.5	0.102	0.024	0.118	0.36	27	0.49
	11/10-12/19	39	1.0	0.029	4.3	0.067	0.026	0.110	0.43	18	0.46
'81	12/19- 1/29	41	0.5	0.013	2.4	0.037	0.012	0.059	0.35	21	0.51
	1/29- 3/12	42	0.7	0.021	4.1	0.064	0.018	0.098	0.33	10	0.24
	3/12- 4/24	43	1.6	0.045	8.4	0.131	0.037	0.195	0.34	8	0.19
	4/24- 6/ 8	45	0.6	0.017	2.4	0.037	0.013	0.053	0.46	8	0.18
	6/ 8- 7/13	35	2.8	0.079	7.9	0.123	0.080	0.226	0.64	1	0.03
	7/13- 8/25	43	3.4	0.096	4.0	0.062	0.079	0.093	1.55	32	0.74
	8/25-10/ 4	40	1.7	0.048	3.7	0.058	0.043	0.093	0.83	54	1.35
	10/ 4-11/28	55	0.5	0.014	3.2	0.050	0.009	0.058	0.28	77	1.40

N^{*} 爆発回数

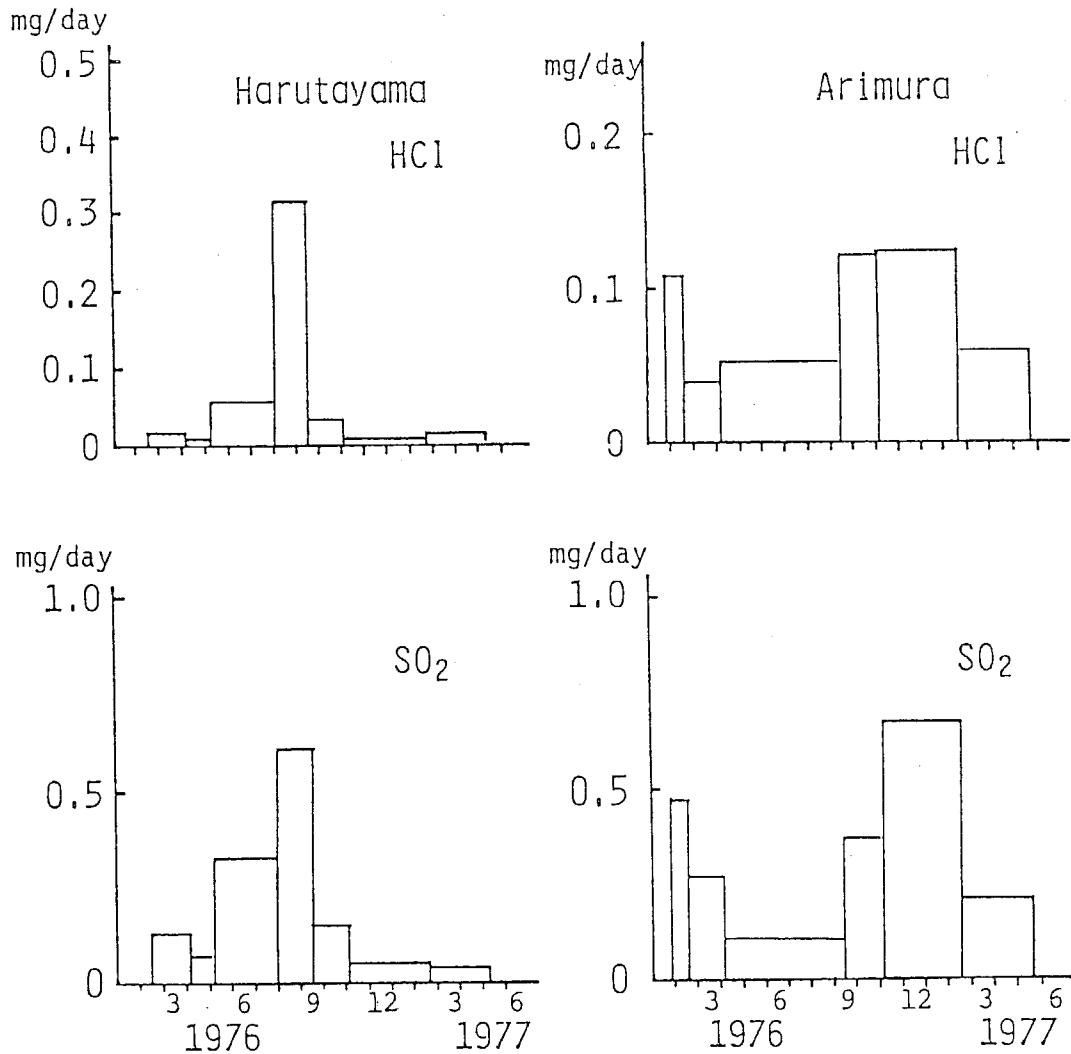
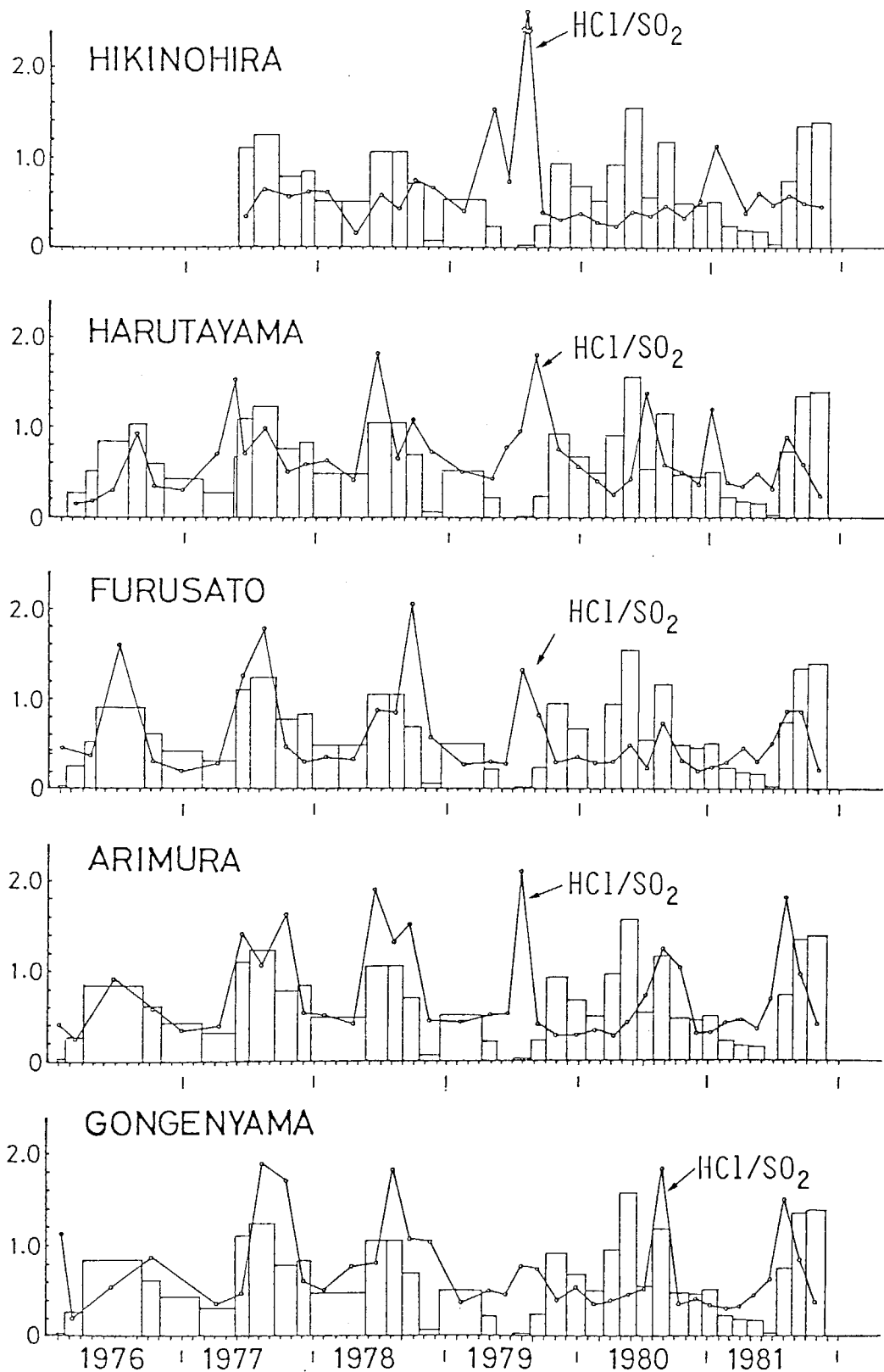


図3-9 春田山, 有村両観測点におけるHCl, SO₂の吸収量の変化

3-4-3 HCl/SO₂の変化

HCl, SO₂の吸収量はそのままでは火山活動との関係に関連が認められないが, HClとSO₂両成分の比を取ってみると, その値は表3-6a~6eに示したようにいずれの各測点でも0.2~2.0の範囲にあるばかりでなく各観測点での変化傾向も図3-10に示したように相互によく一致して変動しており, 先に述べた季節の違い



四 3-10 各観測点における HCl/SO_2 とアルカリ吸収液設置
期間ごとの日平均爆発回数

による風向等の気象条件の影響，吸収液の設置場所による影響はほとんど除去される。このため5ヶ所の観測点での各期間の HCl/SO_2 の平均値をとり，その変化傾向と各期間の日平均爆発回数の増減とをくらべた(図3-11)。図3-11によれば，日平均爆発回数の多い期間は HCl/SO_2 の値も大きく，逆に日平均爆発回数の少ない時には HCl/SO_2 の値も小さくなっており， HCl/SO_2 の変化は爆発回数の変動とよく一致していることが認められる。さらに詳しくみると本測定法による観測期間のうち'79年5月1日から8月19日までの約100日間は爆発がまったくなく桜島火山としては近年にない静穏な期間であったが7月5日～8月21日の間は1.5と大きな値を示している。これは9月から爆発が再開し徐々に活動が活発化したことを考えると，この活動期の先行現象と考えることが出来る。

この方法は，吸収液を長期間放置してあるために降下火山灰あるいは堆積火山灰等の混入，風送塩の影響など若干の問題点はあるが，火口から放出される火山ガスの1～2ヶ月間の平均的な HCl/SO_2 の値を知るのには有効な手段の一つである。また HCl/SO_2 の値の変化は桜島火山の表面活動の消長をとらえることが出来ることが判明した。特に同火山の数ヶ月間の静穏期の後に再び活発化する際には，爆発が多発する約1ヶ月前からこの値が先行して増大することも認められた。

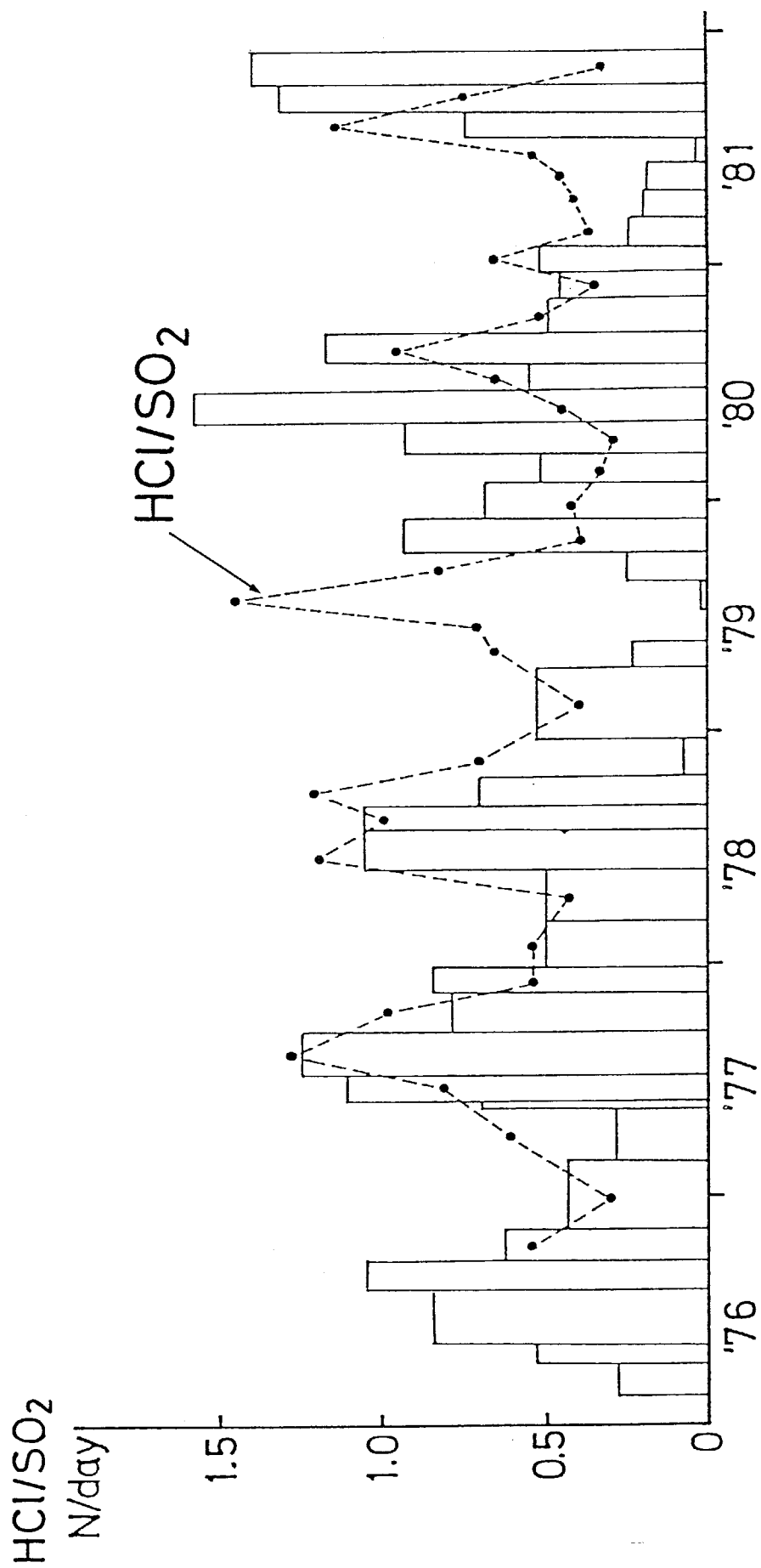


図3-11 5ヶ所の観測点の HCl/SO₂ の平均値の変化とアルカリ吸収液設置期間ごとの
日平均X暴発回数

3-5 大気中の火山ガスの連続測定

前節のアルカリ吸収法は、吸収液の交換期間が1～2ヶ月と長く、長期的な変化傾向を知るのに好都合であるが、短かい期間での変化を求めることは困難である。そこで短期間の火山ガスの成分変化を求めるために自動測定器による大気中の火山ガス濃度についての測定を開始した。

3-5-1 自動測定器の概要

本地域で各ガスの自動測定に用いたのは次の装置である。

1. SO₂測定器 電気化学計器 K.K 製、GRH-3型

測定方式	導電率測定方式
測定範囲	SO ₂ : 0～0.05 ppm, 0～0.1 ppm, 0～0.2 ppm, 0～0.5 ppm, 0～1 ppm の自動5 レンジ切換
吸収液	0.006% H ₂ O ₂ , 1×10^{-5} M H ₂ SO ₄ 水溶液
大気吸引量	1 l / min
測定周期	1 時間

2. HCl測定器 京都電子社製 HL-08型

測定方式	4オシアン酸 水銀比色分析法(460nm)
------	-----------------------

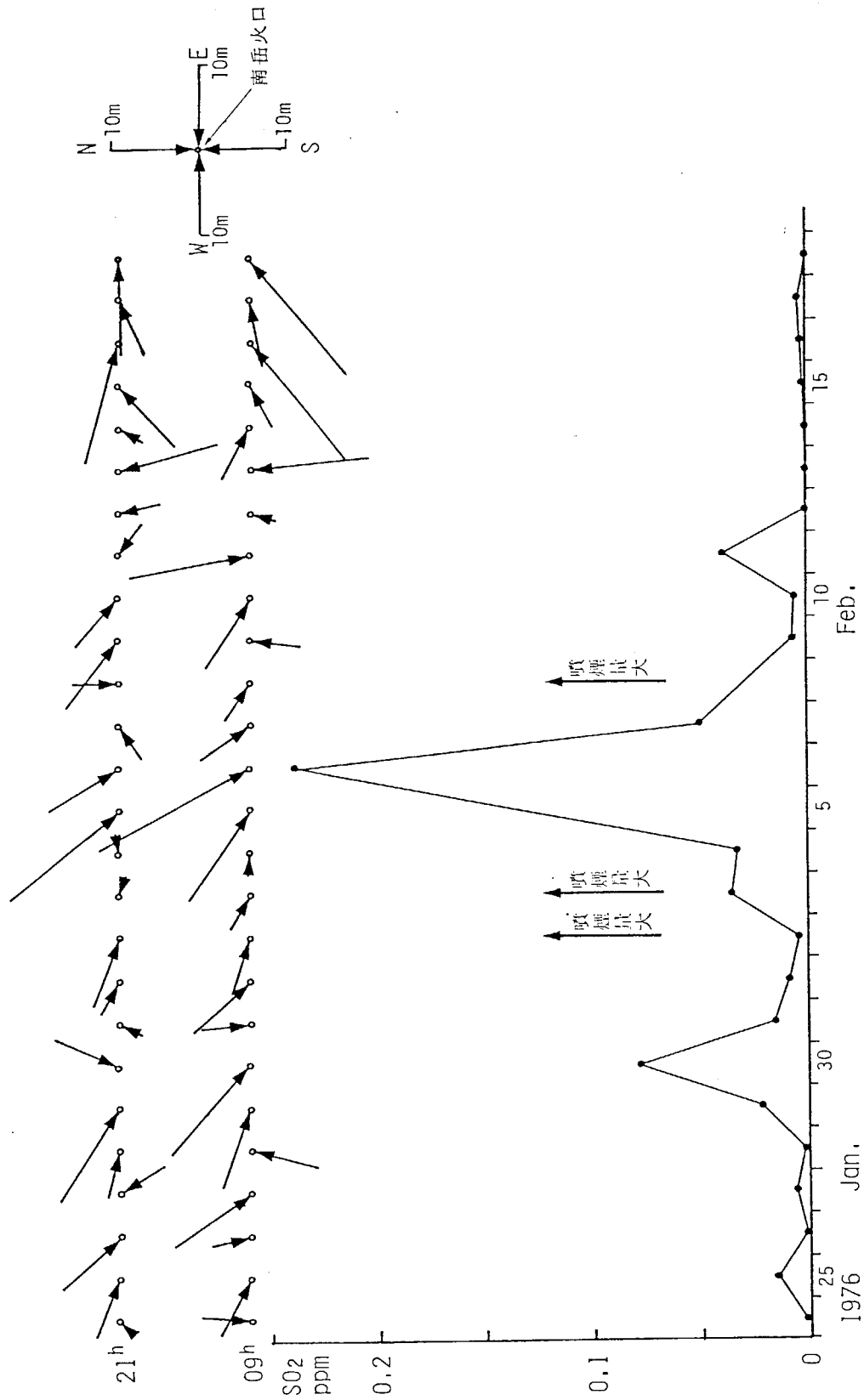
測定範囲	0 ~ 0.1 ppm, 0 ~ 0.5 ppm 2点切換
吸収液	0.02% 4オシアン酸水銀, 0.8%鉄ミョウバン水溶液
大気吸引量	10 l/min
測定周期	4時間(但し時間内に full scale に達した場合には自動的に吸収液が交換するように改造)

3. HF 測定器 京都電子社製 HF-18型

測定方式	湿式捕集形イオン電極法
測定範囲	0 ~ 5 ppb, 0 ~ 10 ppb 2レンジ自動切換
吸収液	0.2% クエン酸, 2% クエン酸ナトリウム, $1 \times 10^{-5} M$ フッ化ナトリウム水溶液
大気吸引量	20 l/min
測定周期	8時間

3-5-2 大気中の火山ガス濃度

オグ SO₂ についての自動測定の予備観測を 1975 年から始めた。その例として '76 年 1 月 24 日から 2 月 18 日までの古里における観測結果を図 3-12 に示した。同図には SO₂ の日平均濃度の変化と南岳山頂高度と同じ 1000 m 上空での 9 時と 21 時の風向, 風速を示している。SO₂ の濃度は 0.001 ~ 0.24 ppm の範囲で変動しており,



四3-12 古里観測点における大気中の SO_2 が濃度の日変化と山頂高度での風向, 風速

1月30日(0.08 ppm)と2月6日(0.24 ppm)にピークがある。この両日は風向が北～北西方向であり、しかも風速が10 m以上であった。この風によって火口から放出された噴煙は南岳の斜面にそって降下したために風下にある古里観測点で SO_2 濃度が高くなったものと思われる。この間の火山活動は、まったく爆発が無く、また目視観察の結果では2月2日、3日、8日に噴煙量が多かった。この活動状況と SO_2 の濃度との間には特に関連が認められず、火口から離れた場所での大気中の SO_2 濃度は風向、風速の影響が著しく大きい。

次に'76年11月に春田山、古里、野尻の3地点において SO_2 濃度の同時観測を行った。この測定期間は頻繁に爆発が起った時で、 SO_2 の日平均濃度、30分間の最大濃度の変化と日別爆発回数とを併せて図3-13に示した。この間の SO_2 濃度およびその変化傾向は観測点によって著しく異っている。また平均濃度も春田山：0.059 ppm、野尻：0.24 ppm、古里：0.004 ppmと火口からほぼ等距離にある観測点でも火口からの方位により10～100倍異なっている。さらに野尻観測点で1 ppmを越えた時の状況は、火口から放出された噴煙が野尻川の谷にそって降下しているのが観察され、大気中の SO_2 の濃度は先に述べた風向、風速に加えて観測点付近の地形の影響も大きいものと思われる。

これら各観測点における SO_2 の濃度変化は爆発の発生とは特に関連が認められず、火口から一旦放出され

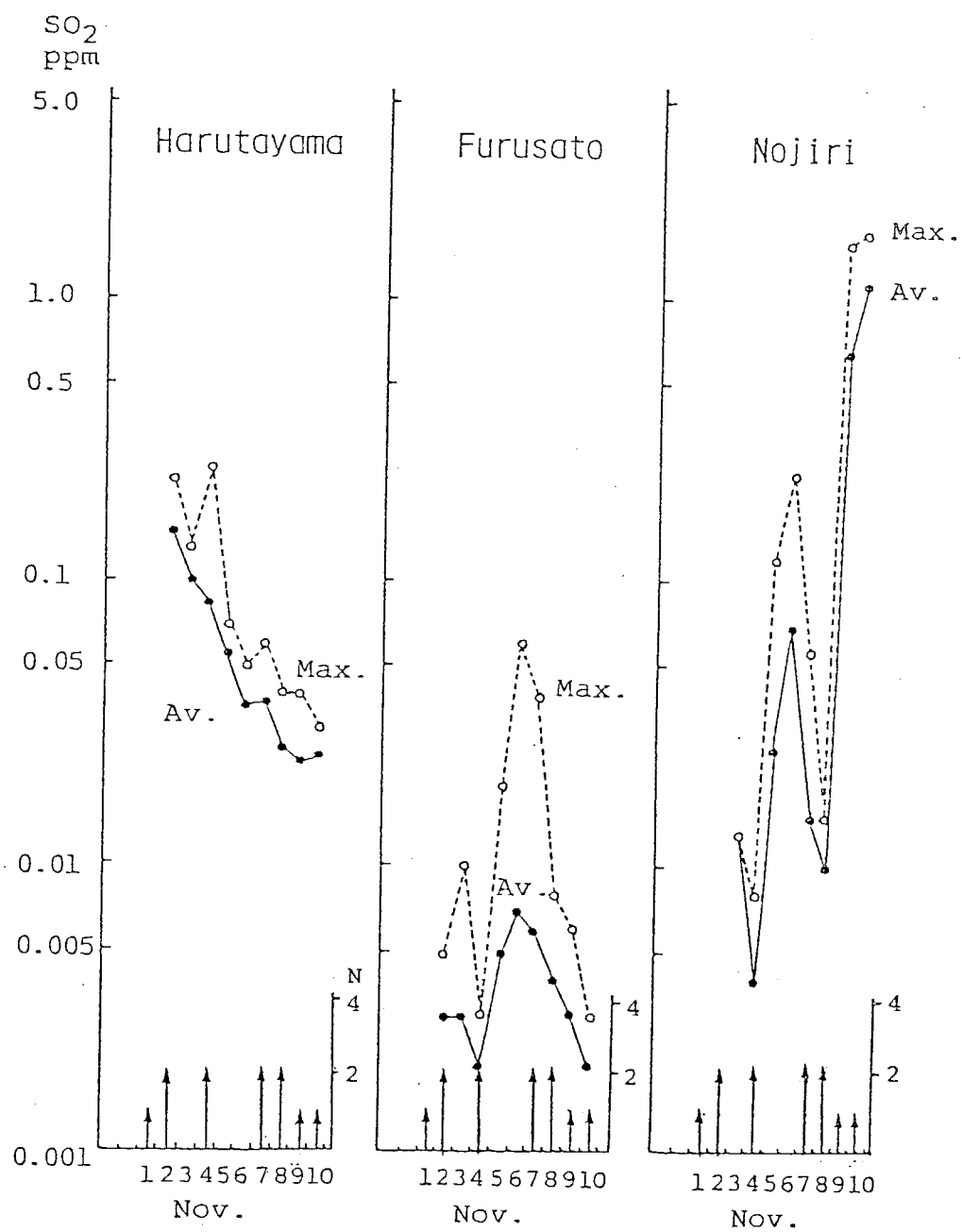


図3-13 春田山，古里，野尻の3観測点における同時連続
観測による大気中のSO₂濃度の日変化と日別爆発回数

大気で希釈された SO_2 ガス単独の濃度測定で火山活動の変化を知ることはほとんど不可能に近い。

3-5-3 春田山における HF , HCl , SO_2 ガスの連続測定

火口から放出され大気によって希釈されたガスの測定から、火山の活動状況を把握するためには、先の火山灰の水溶性成分、アルカリ吸収法などの結果から考えて2つ以上の成分の同時測定が有効であろう。そこで1978年11月から春田山観測室において SO_2 ガスと HCl ガスの同時連続測定を開始した。また1980年7月末からはさらに HF ガスの連続測定も加えた。測定結果のうち各成分の日平均濃度およびそれぞれの成分割合を付表に、日平均濃度の変化を図3-14a~cに示した。各成分の日平均濃度は HF : $0.00001 \sim 0.0034 \text{ ppm}$, HCl : $0.0002 \sim 0.98 \text{ ppm}$, SO_2 : $0.0016 \sim 0.61 \text{ ppm}$ で、また3成分のそろっている'80年8月以降の平均濃度は HF : 0.00028 ppm , HCl : 0.0132 ppm , SO_2 : 0.0319 ppm である。これらの成分の濃度は、先に述べたように気象条件に強く影響を受け、著しく変動範囲が広く、その変動は短かい周期である。しかしいずれの成分も濃度変化の傾向は類似している。

次にこれらでも同様に各成分割合について検討する。ため図3-15に HCl/SO_2 の変化と桜島火山の活動度に関する地球物理学的諸測定の結果とを示した。すなわち、

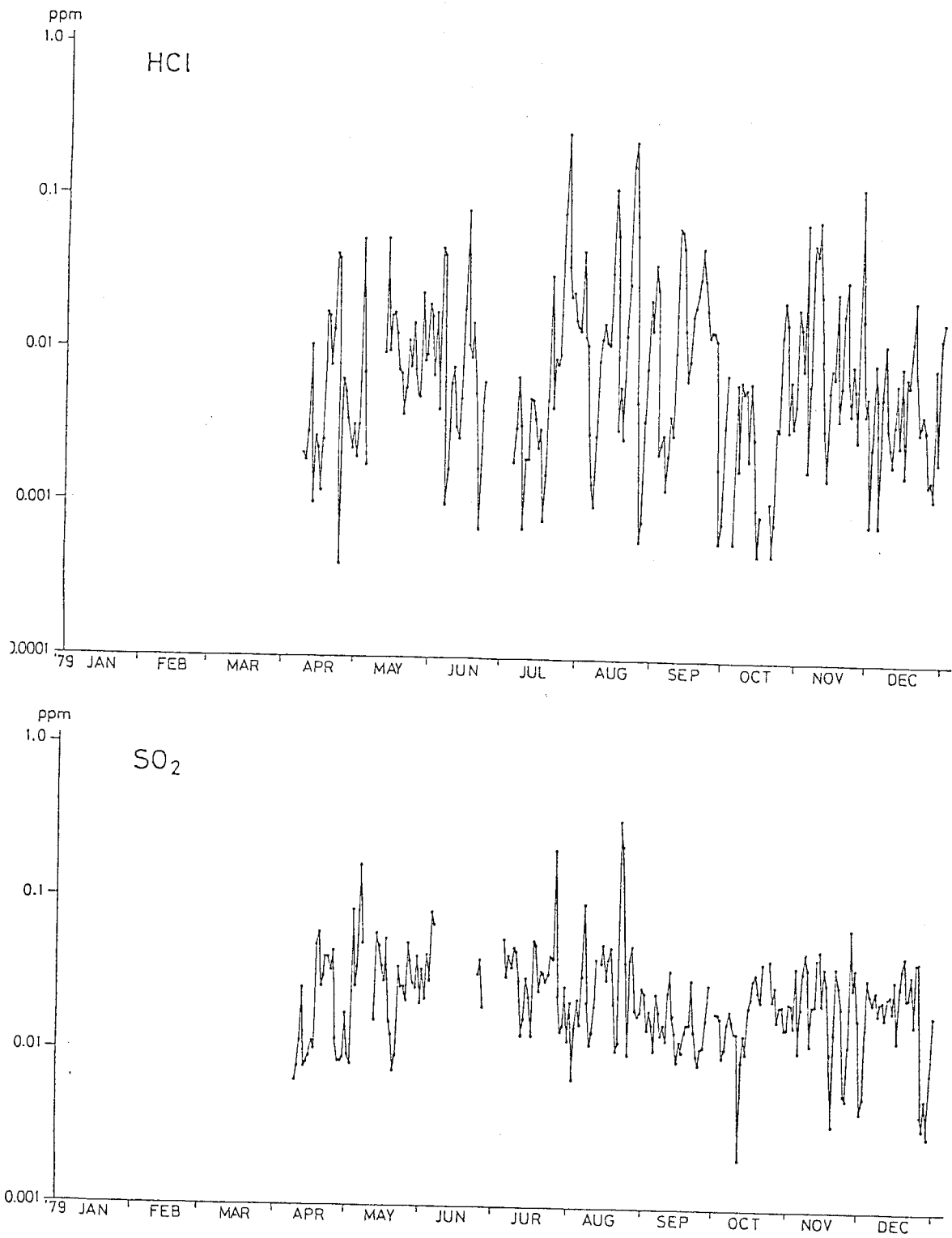


図 3-14a 春田山における大気中のHCl, SO₂ガス濃度の
日変化 (1979年)

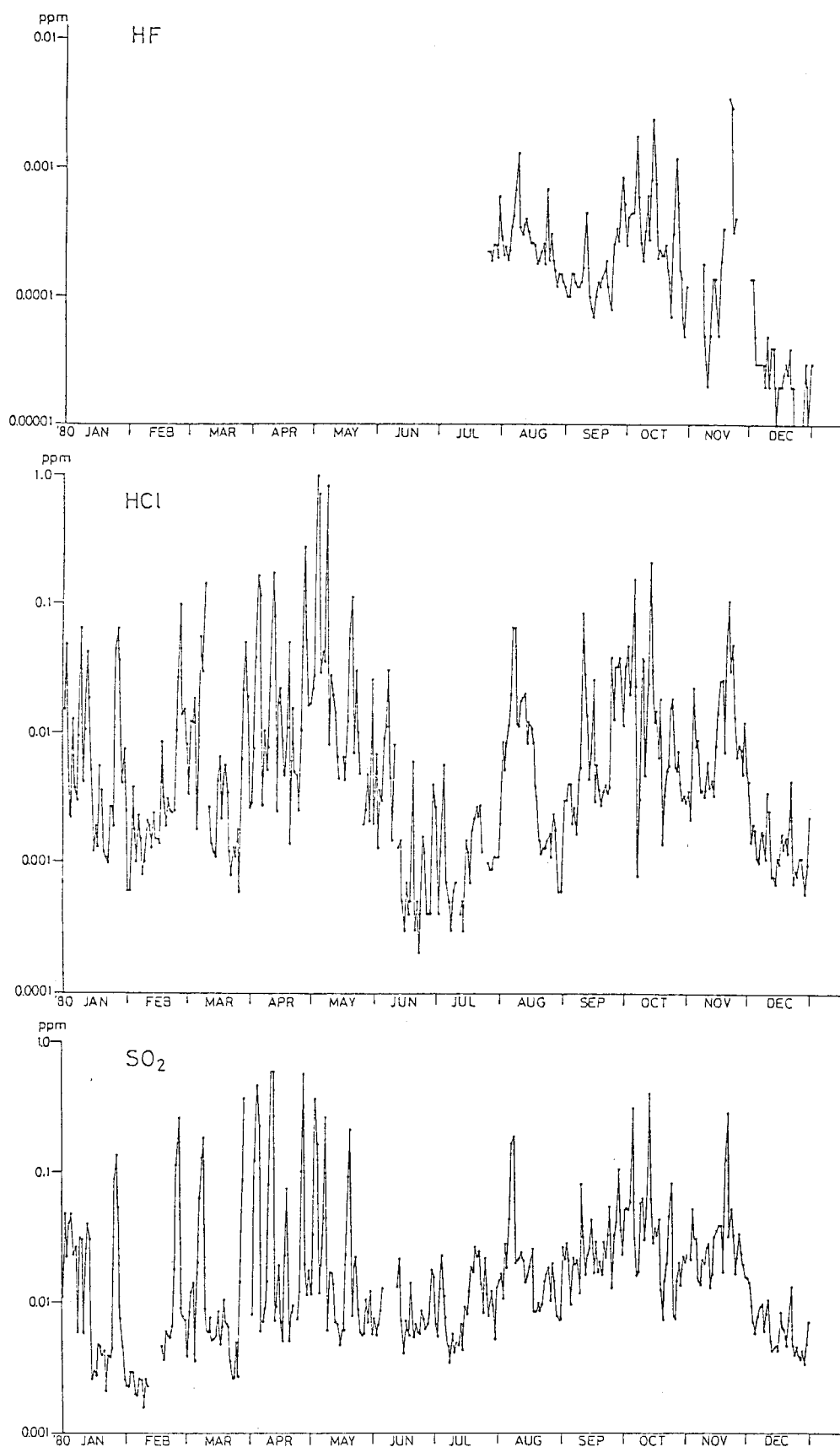


図3-14b 春田山における大気中の HF, HCl, SO₂ガス濃度の
日変化(1980)

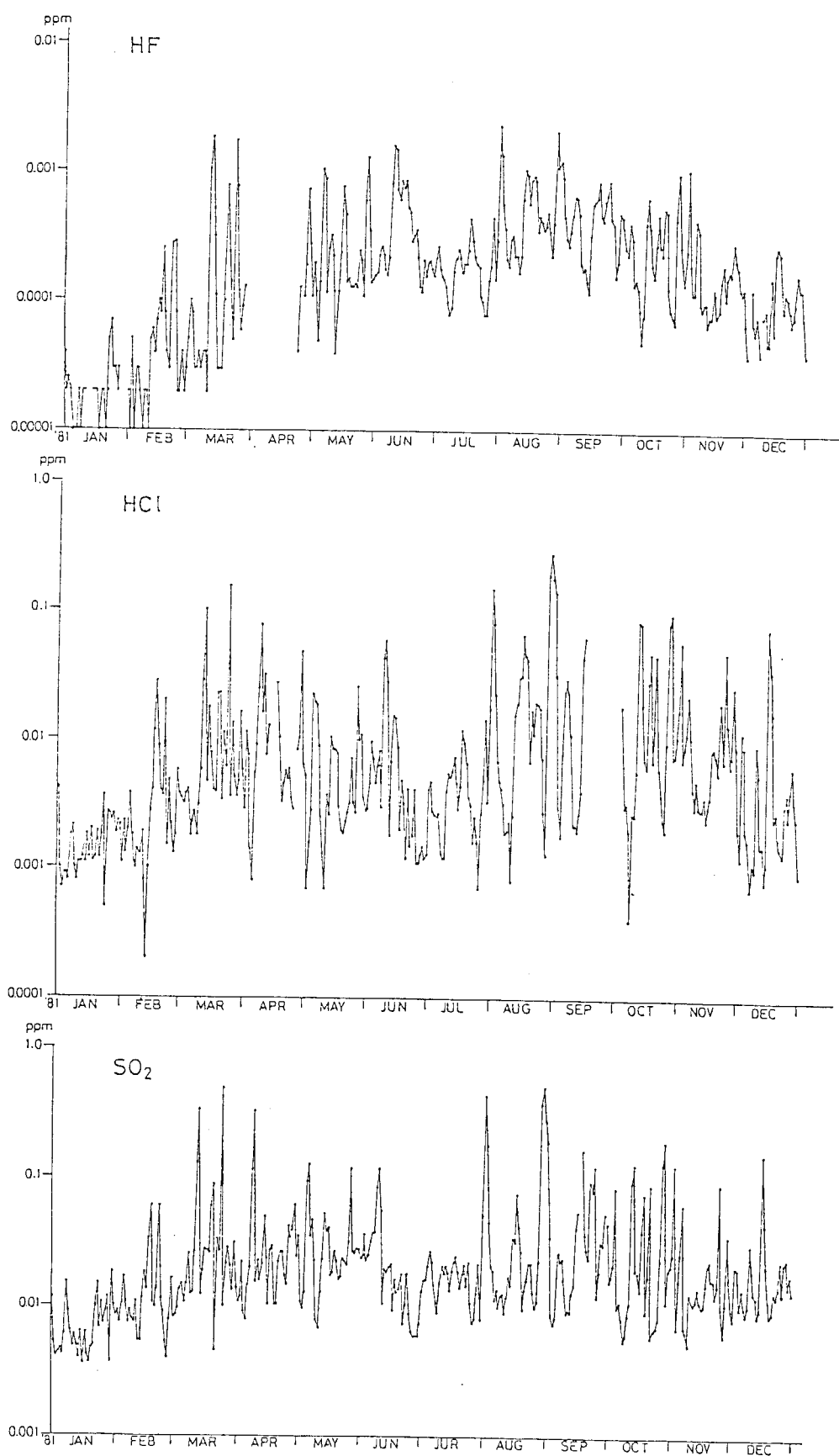


図3-14C 春田山における大気中のHF, HCl, SO₂ガス濃度の日変化(1981年)

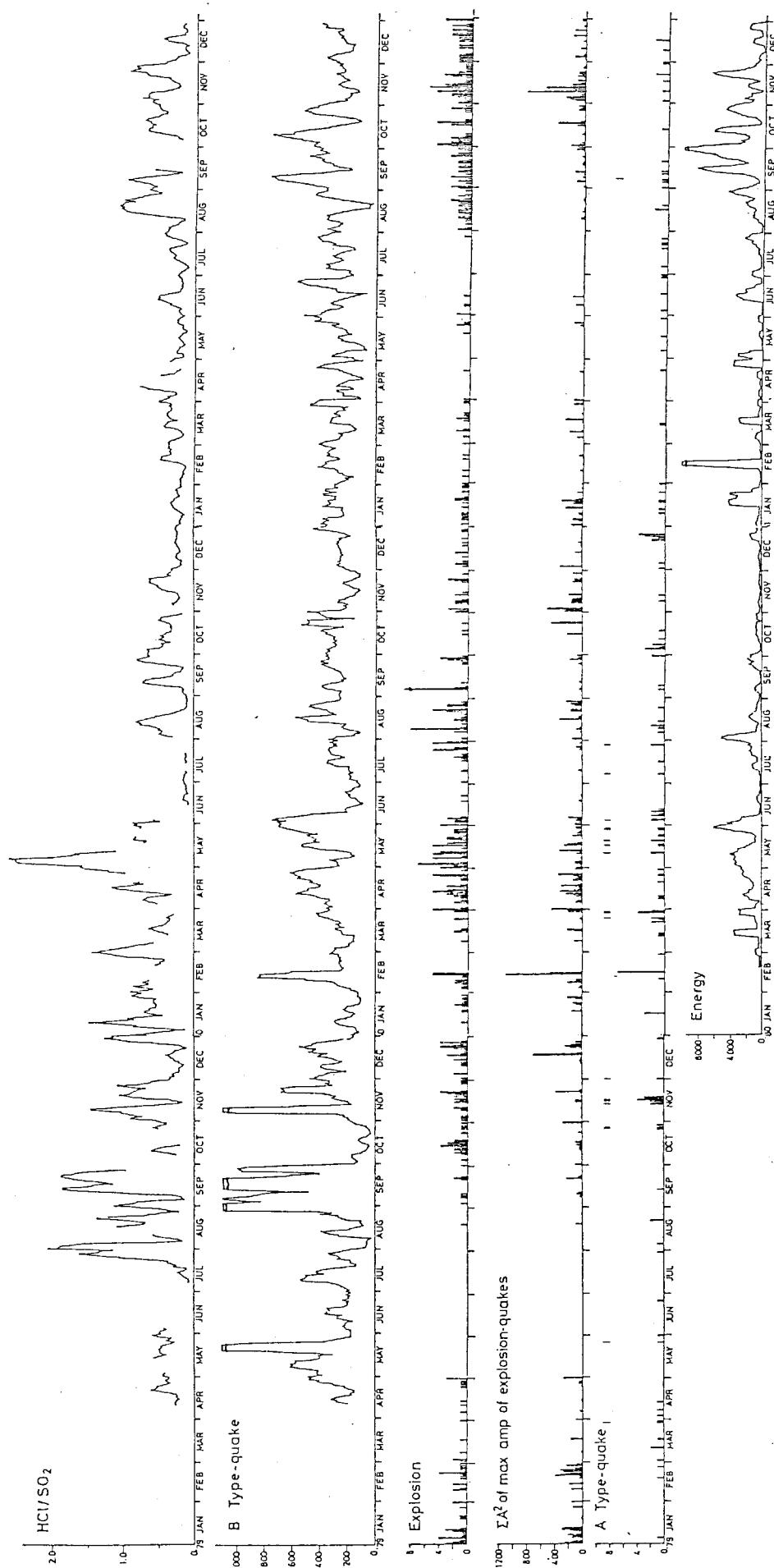


図3-15 春田山観測点における大気中カスのHCl/SO₂の日変化と桜島火山の活動に関する地球物理学的諸観測の結果 (A Type-quakeの「I」印は震源の深い地震を示す)。

第1段目には HCl/SO_2 (5日間の移動平均) の変化を、第2段目以下には火山直下の比較的浅い場所でマグマの移動、発泡等によって起ると考えられているB型地震、日別爆発回数、より深い地点でのマグマの移動によって発生すると考えられるA型地震の回数、すべての火山性地震および微動の振動エネルギー(5日間の移動平均値)の変化を順に示した。

まず第1段目の HCl/SO_2 についてみると、'79年7月から10月にかけて1.0~2.0の大きな値が続いており、その後は0.5前後の値が続き、'80年4月~5月にかけて再び大きな値となり最高2.6を示した。6月以降、全体に値が小さくなり、0.1~0.6の範囲での変化が約1年続き、'81年8月になって再び大きな値になった。一方爆発は、'79年5月1日から8月19日までの約100日間はず、全く無く、最近の桜島火山としては異常に静穏な時期であった。その後9月から徐々に爆発が起るようになり再び活動期に入った。'80年4月、5月は著しく活動が活発であり、5月には64回も爆発が起った。'80年6月以降、'81年7月末までは'80年8月を除いてやや静かな状態が続き、特に'81年4月~7月の間は爆発が少なかった。'81年8月から再び活発になり、1ヶ月間に30回を越える爆発が続く活動期に入った。以上から、'79年の静穏期間の7月中旬から HCl/SO_2 の値が大きくなっているが、これは9月からの表面活動の活発化に先行した現象と考えることが出来、静穏期の後

の再活発化に際しては約1ヶ月半前から HCl/SO_2 が増大することが認められた。またこの時期のB型地震の発生回数は8月中旬から増大しはじめ、これにくらべても HCl/SO_2 が約1ヶ月早く変化していることが認められる。またこの間の同年5月末に深いA型地震(図中〔1〕印)が発生している。加茂(1978, 1979)による爆発発生までの過程についてのモデルにこれをあてはめてみると長い静穏期の後の再活発化に際しては、まず桜島南西での深いA型地震の発生があり、次いで HCl/SO_2 の値が増大し、その後B型地震が群発し、引き続き爆発が再開(活発化)するものと考えられる。

また一旦活動期に入った後は、 HCl/SO_2 は爆発回数、B型地震、火口直下で起る浅いA型地震、地動の振動エネルギーの変化とよく対応して変化することが明らかとなった。さらに深いA型地震は'80年7月以後、'81年8月までの間にはまったく起っていない。この間の HCl/SO_2 の値は深いA型地震の起っている期間にくらべて小さな値である。このことは、深いA型地震の発生がさらに深い場所からの新たなマグマの供給によるものと考えられ、新鮮なマグマから分離した火山ガスは HCl/SO_2 が小さな値を持っているためとも思われる。

以上の諸関係のうち、爆発回数と HCl/SO_2 の関係をさらに検討するためには月別爆発回数(N)と HCl/SO_2 の月平均値とを $N/(\text{HCl}/\text{SO}_2)$ で表わし、その変化を月別爆発回数および HCl/SO_2 の月平均値の変化と併せて図3

-16に示した。それによると $N/(HCl/SO_2)$ の値が小さい期間がある。これらの期間は'79年5月～9月, '80年1月～3月, '81年4月～7月, '82年9月～11月で, 3～4ヶ月間続いており, その後はいずれの場合も爆発が多発している。一方 HCl/SO_2 の値の変化からは, '79年10月～12月, '82年12月以降の活動期を予測することが出来るが, '80年4月～5月, '81年8月～'82年6月の活動期を予測することは困難である。このことから考えて $N/(HCl/SO_2)$ の変化は桜島火山の活動の推移を把握するのに適しており, その値が30以下の月が数ヶ月続いた後には爆発が多発する活動期に入ることが予想される。

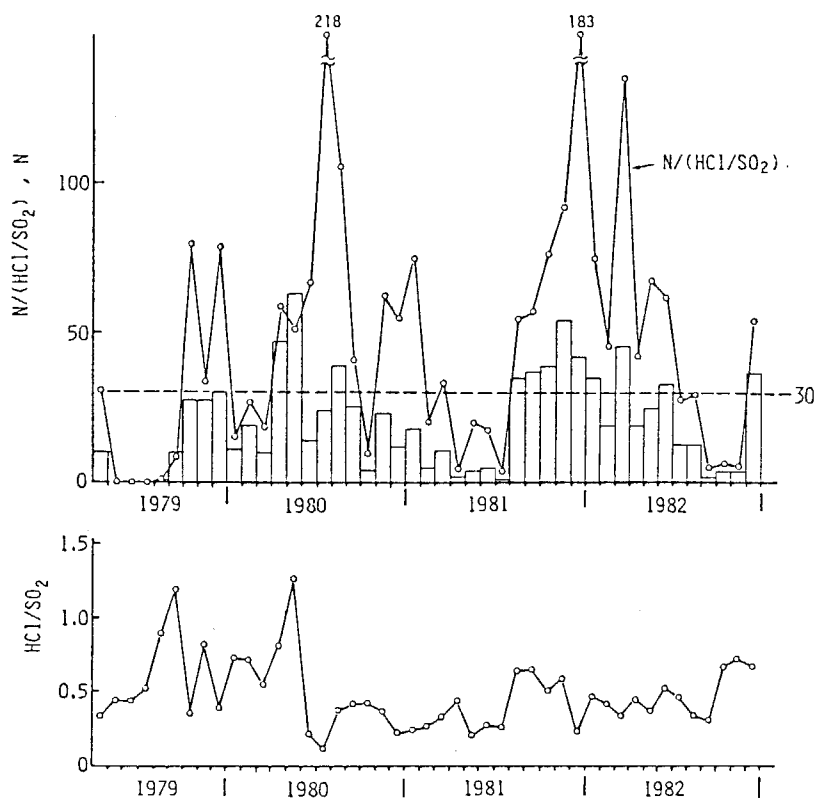


図3-16 月別爆発回数(N)/(月平均 HCl/SO_2)の変化

これまで述べてきたように桜島火山では大気中の火山ガスの自動測定による HCl/SO_2 の変化を観測することにより、同火山の火口直下および表面での活動の変化をとらへることが出来た。しかも数ヶ月間の静穏期の後の再活動化に際しては、その前兆現象は特に顕著で1~1ヶ月半くらい前に HCl/SO_2 の値が大きくなることが判明した。

これまでの HCl 、 SO_2 ガスに加えて、火山の活動度が高くなった場合の HF ガスの挙動を求めるため'80年7月からその測定を開始した。 HF ガスは、先にも述べたようにその濃度は HCl にくらべると、 $\text{HF}/\text{HCl} \approx 0.02$ と小さく、しかも高温の噴気孔ガスの HF/HCl にくらべても $0.5 \sim 0.1$ 小さいことが判明した。また HF/HCl の変化と HCl/SO_2 の変化をくらべると、両者の変化傾向は著しく異っている。'80年8月の HF/HCl の変化は HCl/SO_2 とは逆であり、'81年2月、8月のように HF/HCl が HCl/SO_2 にくらべやや先行して大きくなる場合もある。また'81年6月のように両者の変化が似ていることもある。この HF/HCl の変化は HCl/SO_2 のような火山活動との関連は見いだすことが出来なかった(図3-17)。

この理由として HF ガスは他の火山ガス成分に比べて珪酸塩との親和力が強いことが考えられる。先にも述べたように桜島火山の場合、火山ガスは多量の火山岩片および火山灰と共に放出されることが多い。そ

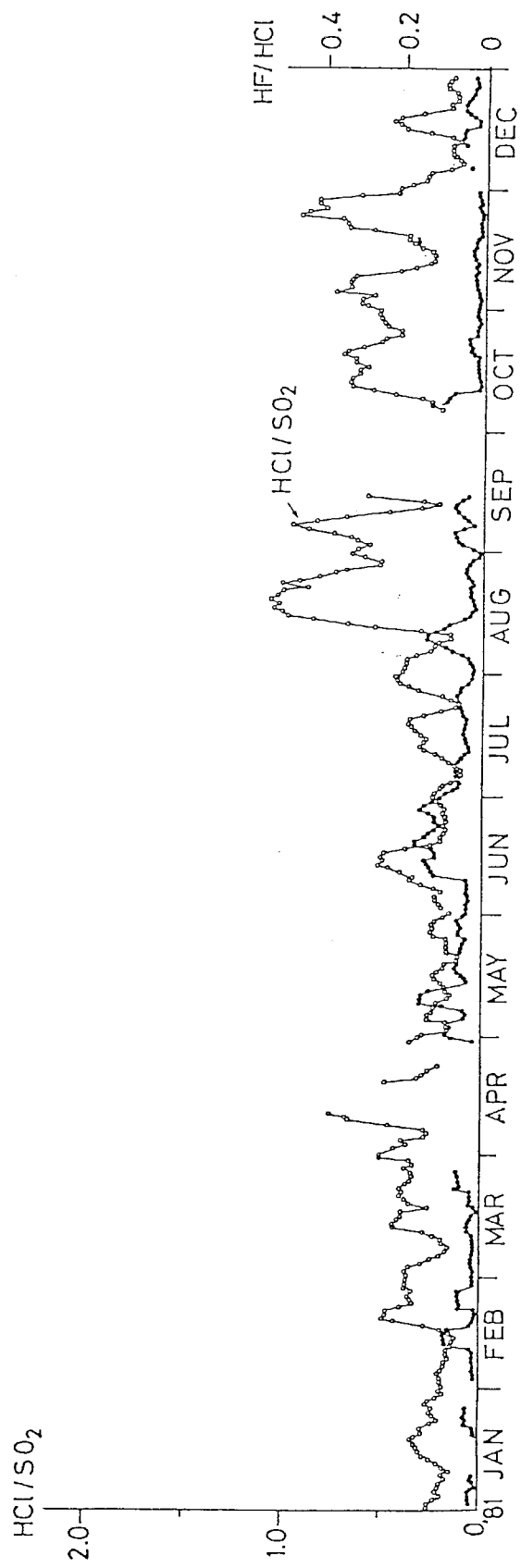
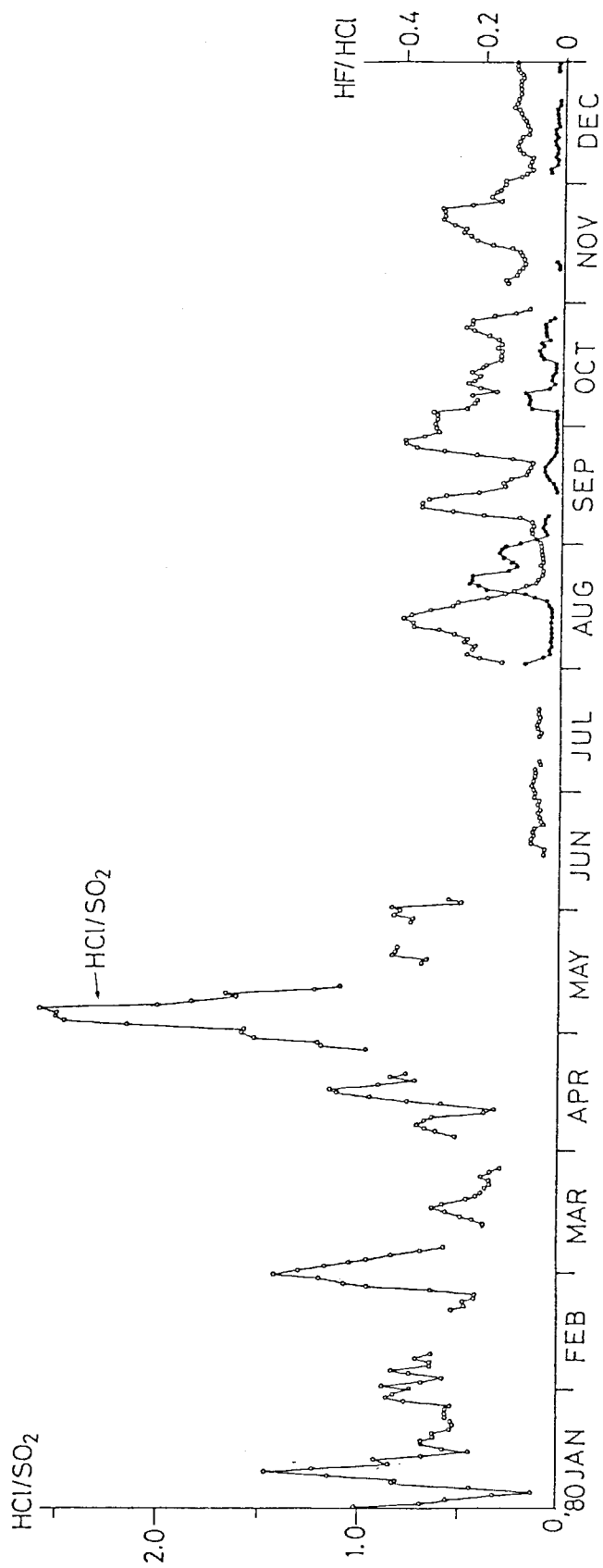


図3-17 春田山観測点における大気中の火山ガスの HF/HCl と HCl/SO₂

ここで火山灰に付着している F^- について分析を行った。その結果の一部を Cl^- の付着量と共に表 3-6 に示した。ここに示した火山灰には $10 \sim 400 \text{ mg/kg}$ の F^- が付着しており、 Cl^- との割合（モル比）は $0.11 \sim 8.79$ で、特に大きい 8.79 を除いてもその平均値は 1.15 で（桜島の熔岩の水溶性の F^- と Cl^- の割合： $F^-/Cl^- = 0.57$, Yoshida et al. ; 1971），大気中の $HF/HCl = 0.02$ に比べて著しく大きな値である。このことから、マグマから分離した直後の火山ガスの HF/HCl は大きいものと予想され、これが火道を上昇し火口から放出されるまでの間に HF が周辺の岩石、火山灰等に選択的に反応するためガス相から失われるものと考えられる。また HF の珪酸塩に対する反応の程度は温度、水分量などによって異なるため（吉田；1975）に火口から放出された火山ガス中の HF/HCl の値が必ずしも火山活動の変化と対応しないものと考えられる。

3-5-4 SO_2 自動測定における問題点

本研究で用いた SO_2 の自動測定器は $H_2O_2 - H_2SO_4$ 希薄溶液を吸収液に使用し、伝導度の変化を測定する方法であり、大気中に共存する他の火山ガス成分の影響について飯田・柏木（1978）が報告している。彼らの結果を表 3-7 に示したが、それによれば Cl_2 , HCl , HF , NH_3 の影響が大きい。一般に火山ガス中には Cl_2 はほとんど含まれずこの影響は無視することが出

表3-6 火山灰水溶性付着成分のF⁻, Cl⁻

Sample	F ⁻ mg/Kg	Cl ⁻ mg/Kg	F/Cl*
No. 1	251	534	0.88
2	303	2700	0.21
3	67.5	51.4	2.45
4	11.5	18.4	1.17
5	116	197	1.10
6	49.7	398	0.23
7	21.6	40.0	1.10
8	81.8	125	1.22
9	46.9	362	0.24
10	208	2800	0.11
11	320	290	2.06
12	205	115	3.33
13	38	40	1.78
14	49	380	0.24
15	275	535	0.96
16	50	200	0.47
17	235	50	8.79
18	105	345	0.57
19	47	80	1.10
20	210	190	2.07
21	325	700	0.87
22	38	30	2.37
23	50	105	0.89
24	390	540	1.37
25	200	380	0.98

* mol.ratio

来よう。また HF の量は先に示したように桜島火山では SO_2 にくらべ $1/100 \sim 1/1000$ 程度で、また NH_3 も $1/100 \sim 1/1000$ 少なくこの両成分の影響は非常に小さい。しかし HCl はその濃度の 30～50% が影響するが、他の方法による HCl/ SO_2 の割合からみて測定された SO_2 の濃度は実際の濃度にくらべ 1～2 割大きく示されていることになる。このため HCl/ SO_2 の値は小さくなるが HCl の影響が一定でなく HCl の濃度から補正することは困難であるので、現在のところ SO_2 の濃度は測定値をそのまま用いている。しかし自動測定による HCl/ SO_2 は他の火山灰の水溶性成分の Cl/S、アルカリ吸収法での HCl/ SO_2 の変化傾向とよく一致しており、火山活動の変動について論じる場合にはこの程度でさしつかえないものと考えられる。

表3-7 電導度式における他の成分の影響

干渉成分	影響度	影響 (ppb)
Cl_2	大	350 - 800 180 - 200
HCl	大	287 - 508
HF	大	364 - 420
NH_3	大	330
NO_2	小	19 - 21
NO	無	—
H_2S	無	—
O_3	無	—

干渉成分 1ppm 当たりの影響 (SO_2 換算値)

3-6 ボーリング孔における地中および温泉ガスの観測

3-6-1 持木地区におけるガス観測用ボーリング孔の概要

桜島の足投海岸に湧出する温泉ガス成分が同火山の噴火に先だって変化することはすでに述べた。しかしこの温泉ガスは海中より噴出しているため、干潮時以外は良好な条件で採取することはできない。そこで地中ガスあるいは温泉ガスを連続して観測し、さらに詳細に同火山の活動度の変化を知るために持木地区にボーリングを行ない、自動ガスクロマトグラフ装置を用いた連続観測を1982年から開始した。

図3-18にボーリング孔の位置を示した。その掘削位置の選定および深度決定にあたっては、同地域内、44ヶ所で50～80cm深度の土壌ガスの測定を行いその結果と地質学的条件や地下水位を考慮した。ボーリング孔の構造の例として図3-19にA孔の断面図を示した。また各ボーリング孔の概要と観測項目を表3-8にまとめて示した。

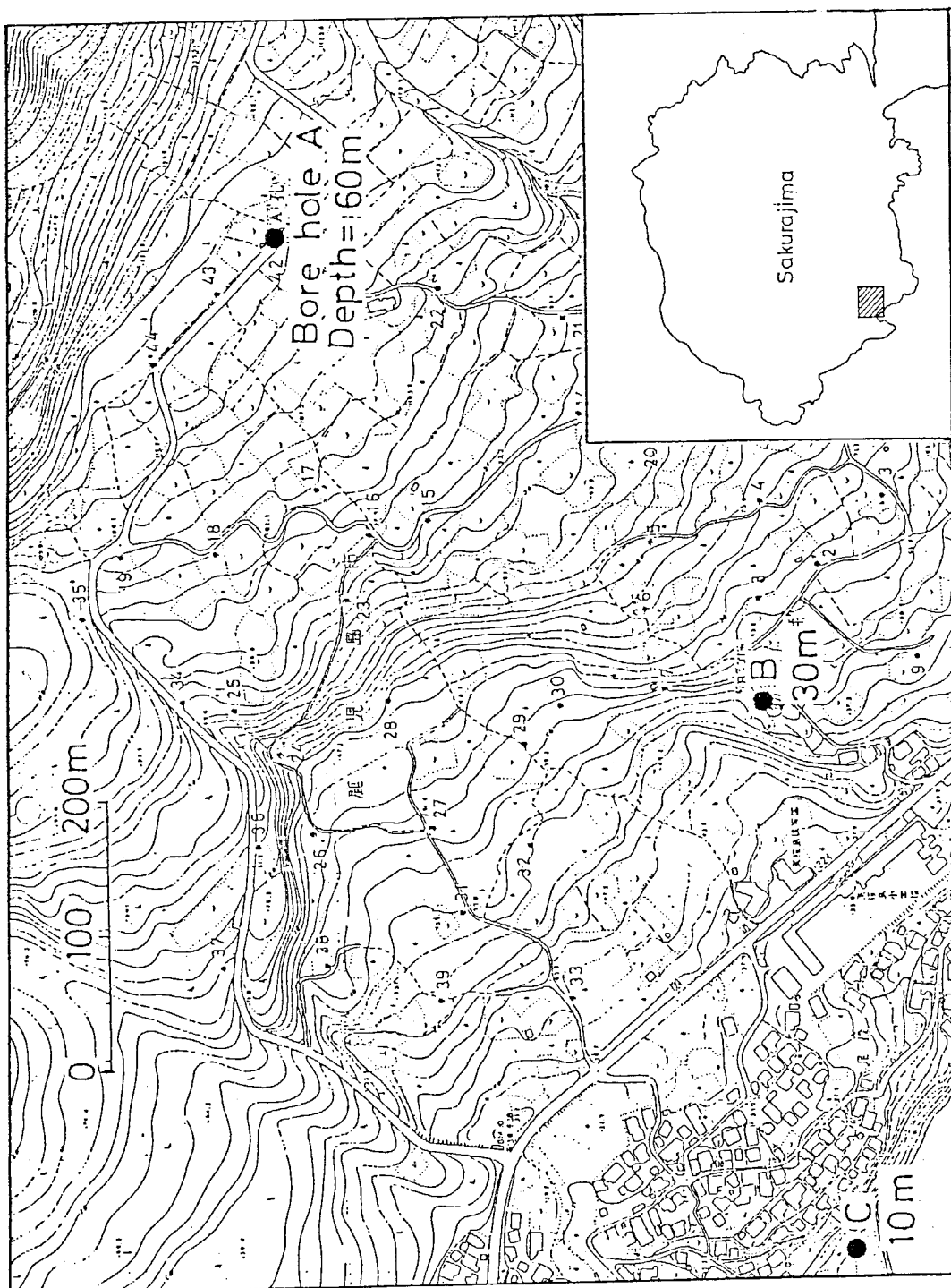


図3-18 桜島崎本地区におけるボーリング孔の位置(●印)

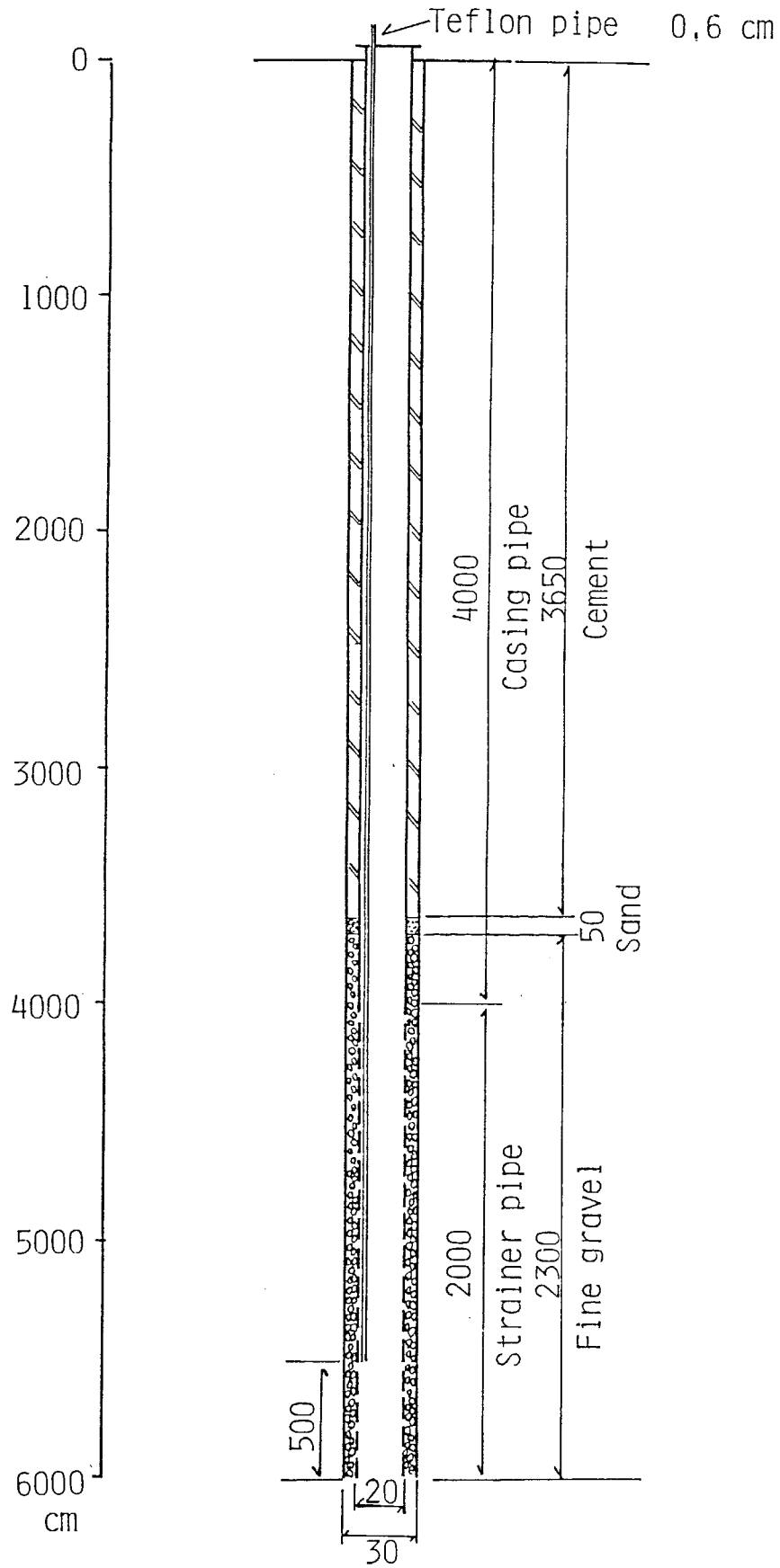


図3-19 ホーリング孔 (A孔) の断面図

表3-8 持木地区の各ボーリング孔の概要と観測項目

	A 孔	B 孔	C 孔
標 高	114m	59m	3.6m
ボーリング深度	60m	30m	10m
ケーシングパイプ	孔口～40m	孔口～20m	孔口～5m
ストレーナーパイプ	孔口から40～60m	孔口から20～30m	孔口から5～10m
ガス採取深度	孔口から55m	孔口から25m	孔口から～2m
孔 径	20m	20m	20m
水 位	なし	なし	孔口から3m
設置観測機器			
自動ガスクロマトグラフ	1982年1月～		1982年10月～
水晶温度計 (孔底地中温度)	1982年1月～	1982年1月～	1983年2月～
電気伝導度計			1982年10月～

3-6-2 地中ガスおよび温泉ガスの連続観測結果

A 孔および C 孔においてガス連続観測に用いている装置はガスクロマトグラフと自動ガス採取器、自動感度切換、自動ゼロ調整、直流増中器、積算計などで構成されており、これら各部分は時間調整器で制御されるシステムである(図3-20)。カラム充填剤にはモレキュラーシーブ 5A, キャリヤーガスにはアルゴンガスを用いている。本装置で A 孔, C 孔において 1 日 4 回(0 時, 6 時, 12 時, 18 時), 地中および温泉ガスを自動的に分析させ, また 1 日 1 回標準ガスを注入して装置の分析精度, カラムの劣化のチェックを行っている。

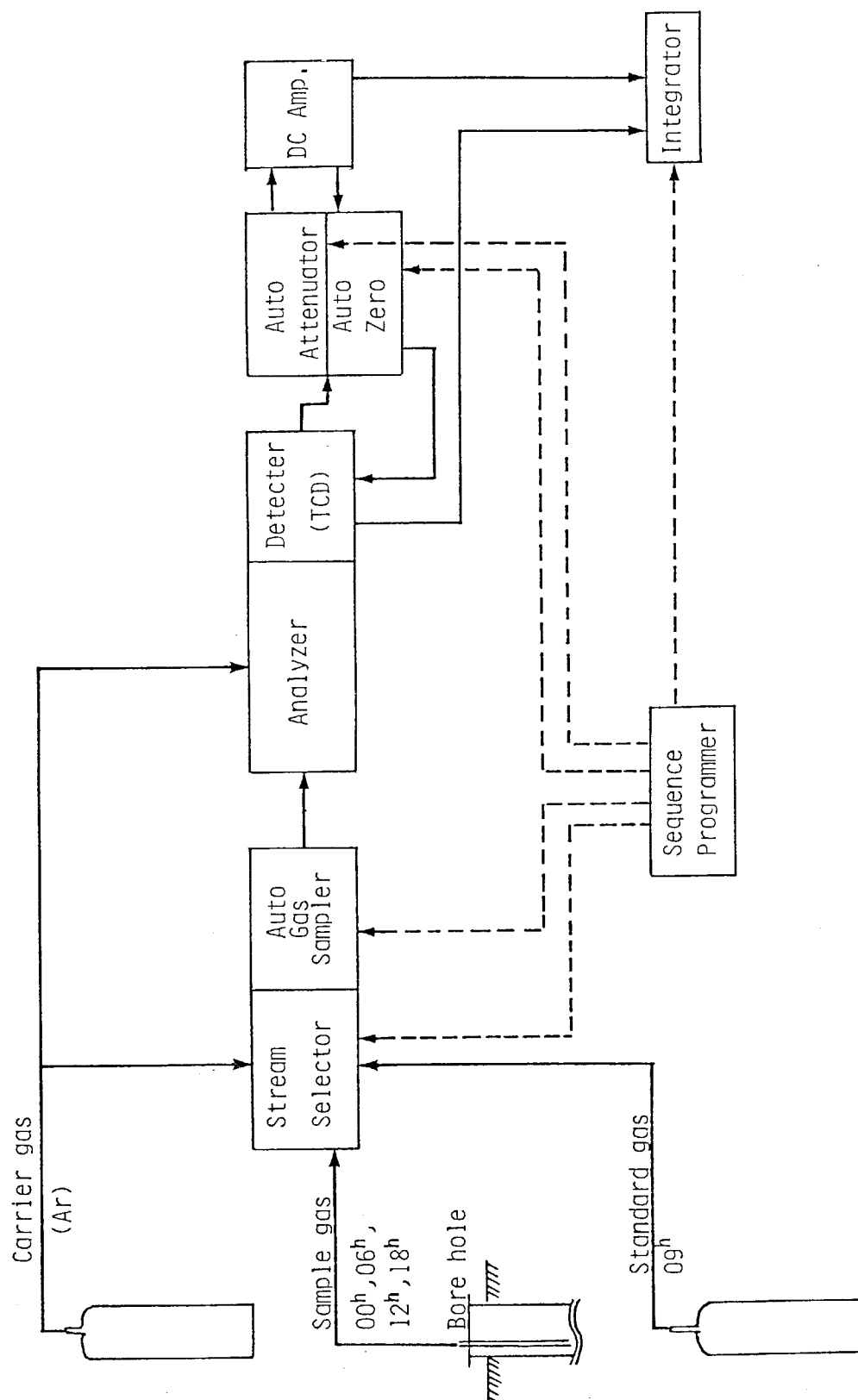
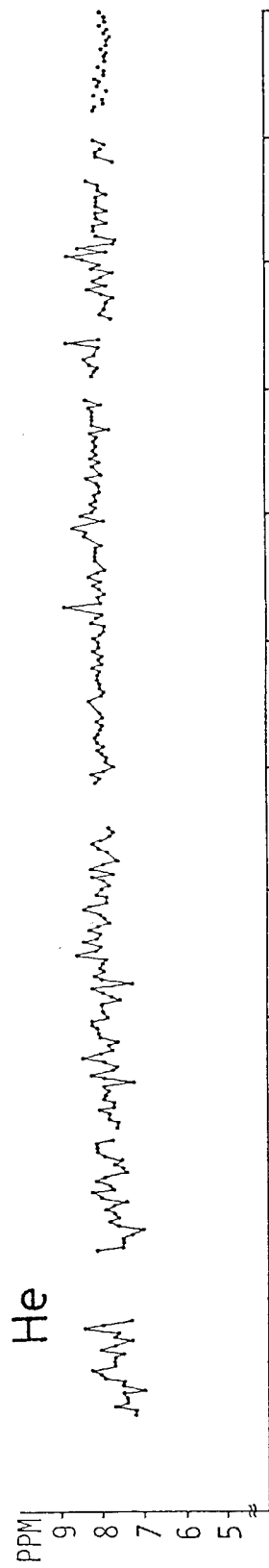
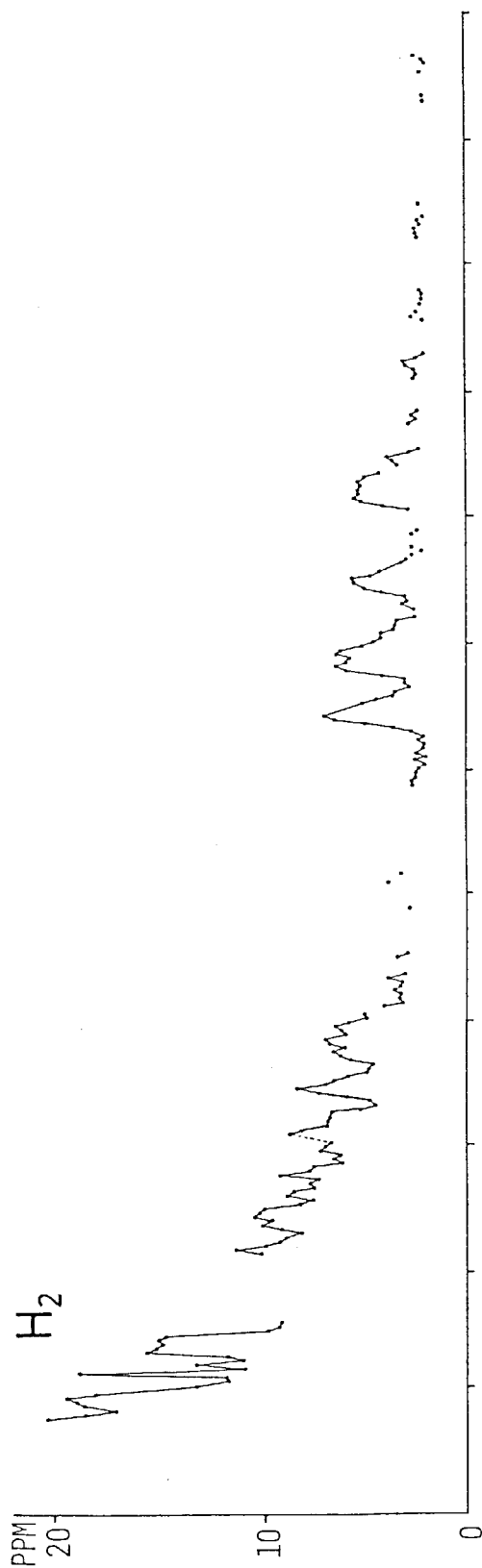


図 3-20 自動ガスクロマトグラフのブロック図

A孔における1982年1月からの地中ガスの観測結果のうち、 H_2 と He の含有量の変化を図3-25に示した。 H_2 含有量は観測開始直後の'82年1月末は20ppm近く含まれていたが、その後徐々に含有量が少くなり、5月には3ppm程度となった。6月～9月の間には約6ppmのピークが4回出現したが、それ以後は H_2 含有量が3ppmをこえる日はなかった。一方、 He 含有量の変化は H_2 含有量の変化とは異なり観測開始直後から約8ppmで一定であった。1982年の桜島火山の爆発は1月から6月までは20～30回/月程度発生していたが、7月～11月は3～13回/月と少く、12月から再び爆発が頻発するようになった(図3-21)。この日別爆発回数の変化と H_2 含有量の変化とをくらべてみると、'82年1月から5月にかけての H_2 含有量の減少は、7月からの静穏期への前兆とも思われる。また7月から9月にかけての H_2 含有量の約6ppmのピークはこの間の爆発発生にやや先行して発生している。しかし12月からの活動期に対応した H_2 含有量の増加は認めるとは出来ない。

1982年10月から観測を開始したC孔での温泉ガスの連続測定の結果、 He 含有量は13ppmでA孔の結果と同様ほとんど変化がない。 H_2 含有量は、10月～11月中旬までは10ppm以下であったが、11月末から徐々に含有量が増加し、12月14日には169ppmとなった。その後'83年1月末にかけて H_2 含有量が減少し10ppm程度となったが、2月から再び含有量が増加し20～50ppmの間

Bore hole A



Explosion

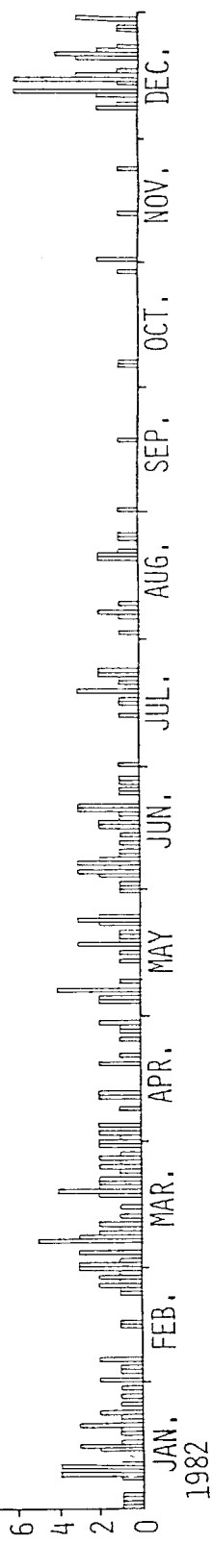


図3-21 A3LにおけるH₂, Heの日変化と日別爆発回数

で変化している。この間の桜島火山の爆発は、'82年7月以降その発生が少かったが12月10日頃から再び活動期に入り、3月まで毎月30回以上の爆発が続いている。この爆発の推移と H_2 含有量の変化とを対比させると、12月中旬頃から再びはじまった桜島火山の活動期に約10日先行して H_2 含有量が増加する現象が認められた(図3-22)。

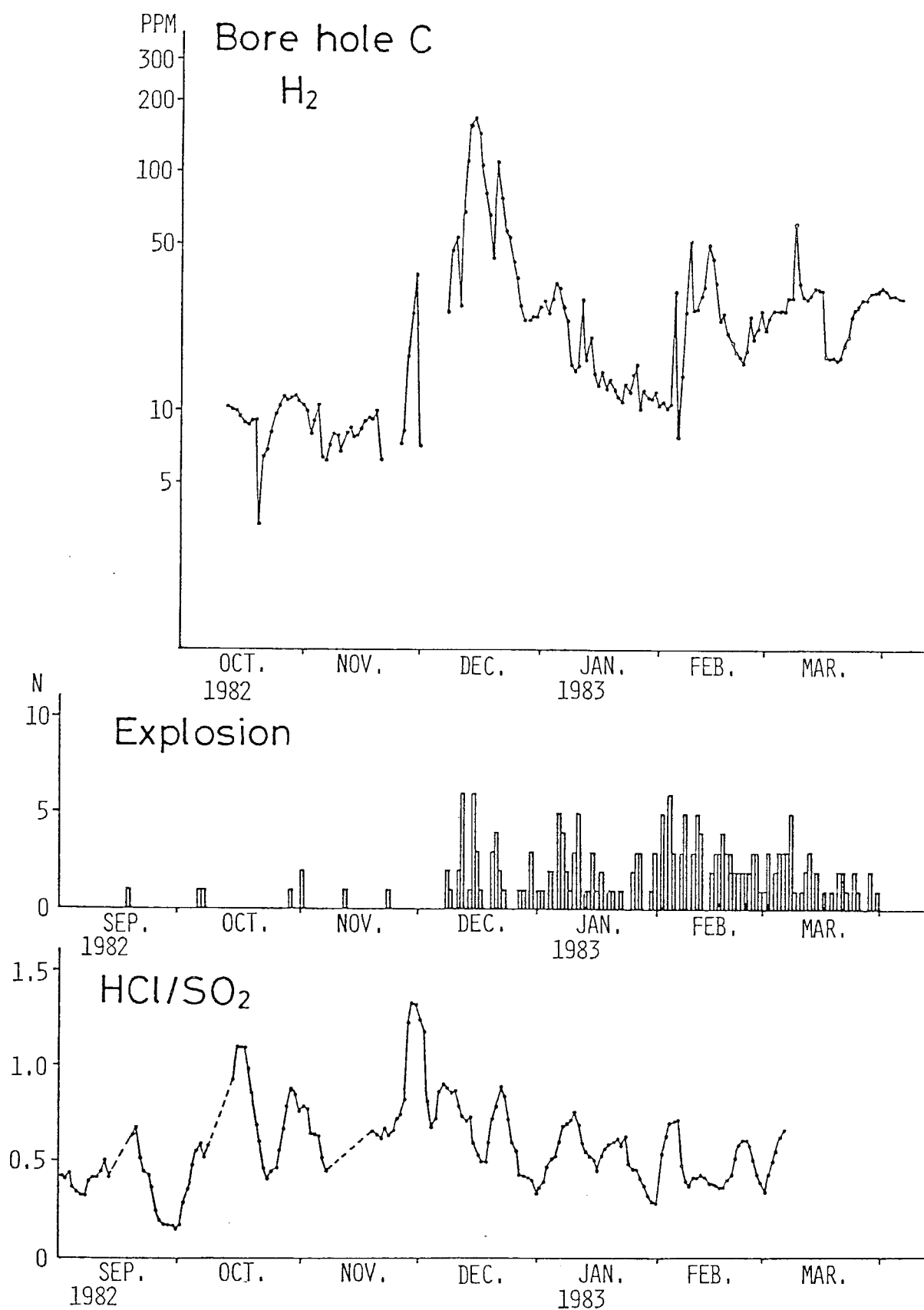


図3-22 C孔における H_2 の日変化と日別爆発回数 および
 春田山における大気中カスの HCl/SO_2 の日変化

3-7 結 言

本章では桜島火山における各種観測法による火山ガスの測定結果からその成分濃度あるいは成分割合の変化を求め、それらと火山活動との関係について検討を行った。その結果、火山灰の水溶性付着成分や静置式アルカリ吸収法、連続自動測定法による大気中の火山ガス成分測定などいずれの方法を用いても HCl/SO_2 (Cl/S) の値は 0.2 ~ 2.0 の範囲で変動し、またその変化傾向は相互に類似している。しかもこの HCl/SO_2 の値は桜島火山の活動度の変化と比較的よく対応して変動することが明らかとなった。特に長い静穏期の後の活動再活発化に際しては、爆発回数が増加よりもこの値が約 1.5 ヶ月先行して増大することが認められ、B型地震の群発よりも約 1 ヶ月先行して増大することが認められた。また桜島の南西で発生する深い A型地震の発生しない期間には HCl/SO_2 の値も比較的小さいことも明らかとなった。

以上の HCl/SO_2 の変化と桜島火山の活動度に関する地球物理学的諸測定の結果から、数ヶ月静穏期が続いた後に、再び活動期を迎え顕著な爆発が続いておこるような場合は図 3-23 の系統で諸現象が変化すると推定した。

しかし火山の活動度の変化は温度だけでなく、圧力、酸素分圧、熔融珪酸塩の組成の違いなど種々の要因が考えられ、この問題の解決についてすでに多くの研究がなされているが、火山ガス各成分の熔融珪酸塩に対する溶解度、マグマと揮発性物質の間の分配に関する研究、さらにはそれらの熱力学的考察が進展することに期待したい。

このほか持木地区の温泉ガス中の H_2 は活動直前予測に有効な手段になりうるものと思われる。

引用文献

- 朝比奈貞一・三宅泰雄(1935): 火山灰の水溶性成分(其の一), 気象集誌才2輯, 13, pp549-554.
- 江頭帝夫(1981): 桜島火山から放出された降下火山灰量, 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報告書, pp23-29.
- 比良 信幸・高橋秀夫(1981): 火山灰粒度と付着成分, 鹿児島大学教育学部研究紀要, 23, pp9-32.
- 飯田芳男・柏木 武(1978): 大気中の硫酸酸化物および窒素酸化物の測定, 環境情報科学, 7(2), pp21-29.
- 鎌田 政明(1958): 火山噴出物中のハロゲン元素について(続報), 1958年地球化学討論会講演要旨, pp93-95.
- 鎌田 政明(1975): 火山活動と地球環境, 火山才2集, 20, pp355-362.
- 鎌田 政明・太田一也(1977): 桜島火山南岳からの SO_2 (二酸化イオウ)の放出量, 才2回桜島火山の集中総合観測報告書, pp93-104.
- 鎌田 政明・太田一也・松尾 紘道(1980): 桜島火山南岳からの SO_2 (二酸化イオウ)の放出量, 才3回桜島火山の集中総合観測報告書, pp91-97.
- 鎌田 政明・太田一也・松尾 紘道・君島克憲(1982): 桜島火山南岳からの SO_2 (二酸化イオウ)の放出量(才3回桜島集中観測以後), 才4回桜島火山の集中総合観測報告書, pp77-80.

加茂 幸介 (1978): 桜島における噴火の前駆現象と予知, 火山
 ㉒集, 23, pp 53-64.

Kamo, K. (1979): The recent activity of Sakurazima Volcano, Rep. on
 volcanic activity and volcanological studies in Japan for
 the period from 1965 to 1978, pp 26-30.

清田 壽 (1941): 阿蘇火山噴出物の化学的研究(㉑-報), 火山灰
 の化学組成に就て, 日化誌, 52, pp 1222-1227.

松元 弘巳 (1979): 火山灰中の微量元素の分析, 鹿児島工業報告,
 13, pp 147-154.

三宅 泰雄 (1938): 火山灰に関する一ニの觀察(火山化学㉒報),
 氣象集誌㉒輯, 16, pp 89-91

村山 広道・鎌田 政明 (1975): 桜島火山の火山灰の化学的情報
 に関する研究(I), 火山㉒集, 20, pp 179-180.

野口 喜三雄 (1938): 浅間火山灰並に浅間火山地獄谷附近砂の
 浸出水のpH(㉑-報), 日化誌, 59, pp 1225-1233.

太田 一也・露木 利貞 (1977): 地下水・温泉の観測結果, ㉒回
 桜島火山の集中総合観測報告書, pp 81-87.

太田 一也・露木 利貞 (1980): 桜島火山における地下水・温泉の
 観測, ㉒回桜島火山の集中総合観測報告書, pp 77-85.

太田 一也・露木 利貞 (1982): 桜島火山における地下水・温泉の
 観測, ㉒回桜島火山の集中総合観測報告書, pp 95-108.

大西 富雄・鎌田 政明 (1981a): 火山ガス中の残留ガス微量成
 分の定量, 日化誌, 1981-1, pp 179-181.

大西 富雄・鎌田 政明 (1981b): 噴火予知の立場からみた火山ガスの
 微量成分, ㉒回自然災害科学総合シンポジウム講演要旨集, p257.

Onishi, T. and Kamada, K. (1981c): Correlation between minor constituents of volcanic gas at Mochiki and the volcanic activity of Sakurajima Volcano, 1981 IAVCEI Symposium abstracts, pp 278-279.

大西 富雄・鎌田 政明 (1982): 持木足投海岸における温泉ガスの化学組成変化と火山活動, 第4回桜島火山の集中総合観測報告書, pp 81-90.

Sigvaldason, G.E. and Elisson, G. (1968): Collection and analysis of volcanic gases at Surtsey, Iceland, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 32, pp 797-805.

吉田 稔 (1962): 火山発散物中の塩素, フッ素, イオウ, 東京工業大学学位論文, pp 1-60

Yoshida, M. (1963): The volatilization of chlorine and fluorine compounds from igneous rocks on heating, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 36, pp 773-782.

Yoshida, M. (1964): Chlorine, fluorine and sulfur contents in the volcanic emanation, *Bull. T.I.T.*, 57, pp 27-29.

Yoshida, M., Takahashi, K., Yonehara, K., Ozawa, T., and Iwasaki, I. (1971): The fluorine, chlorine bromine, and iodine contents of volcanic rocks in Japan, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 44, pp 1844-1850.

吉田 稔 (1975): 火山ガスと火山岩の反応によるフッ素, 塩素の分別に関するモデル実験, *日化*, 1975-3, pp 449-454

第4章 草津白根火山における最近の噴火とこれに伴うガス成分変化

4-1 緒言

草津白根火山は山頂部に湯釜、水釜、空釜、弓池などの火口湖を有し、それらほこれまでの活動によって水位、水質等が著しく変遷してきた。なかでも湯釜は $\text{pH} = 1$ と強酸性であり、現在でもその湖底の数ヶ所に高温の噴気孔が存在し、また熔融硫黄が存在する場所もある。このほか山頂北側外斜面、東麓の殺生河原、西麓の万座地域の空噴など多くの場所に噴気活動がみられ変質帯を形成している。また東側山麓および西側山麓にはそれぞれ草津、万座西温泉があり酸性の温泉が湧出している(図4-1, 4-2)。

草津白根火山についてはこれまでに多くの研究者によって地質学的、地球化学的、地球物理学的立場から調査・研究がなされてきた。そのうちでも大橋(1911, 1914), 津屋(1933), Tsuya(1933), 吉本(1933)は噴火活動調査に関する報告のなかで噴気ガスについて述べており、近年になって安藤(1957), 中村・比留川(1957), Iwasaki et al.(1962), 野口他(1966), 前田・阿部(1968), 野村他(1979)らが火山ガスの組成について研究を行っている。

山麓の草津温泉、万座温泉の両酸性泉については古

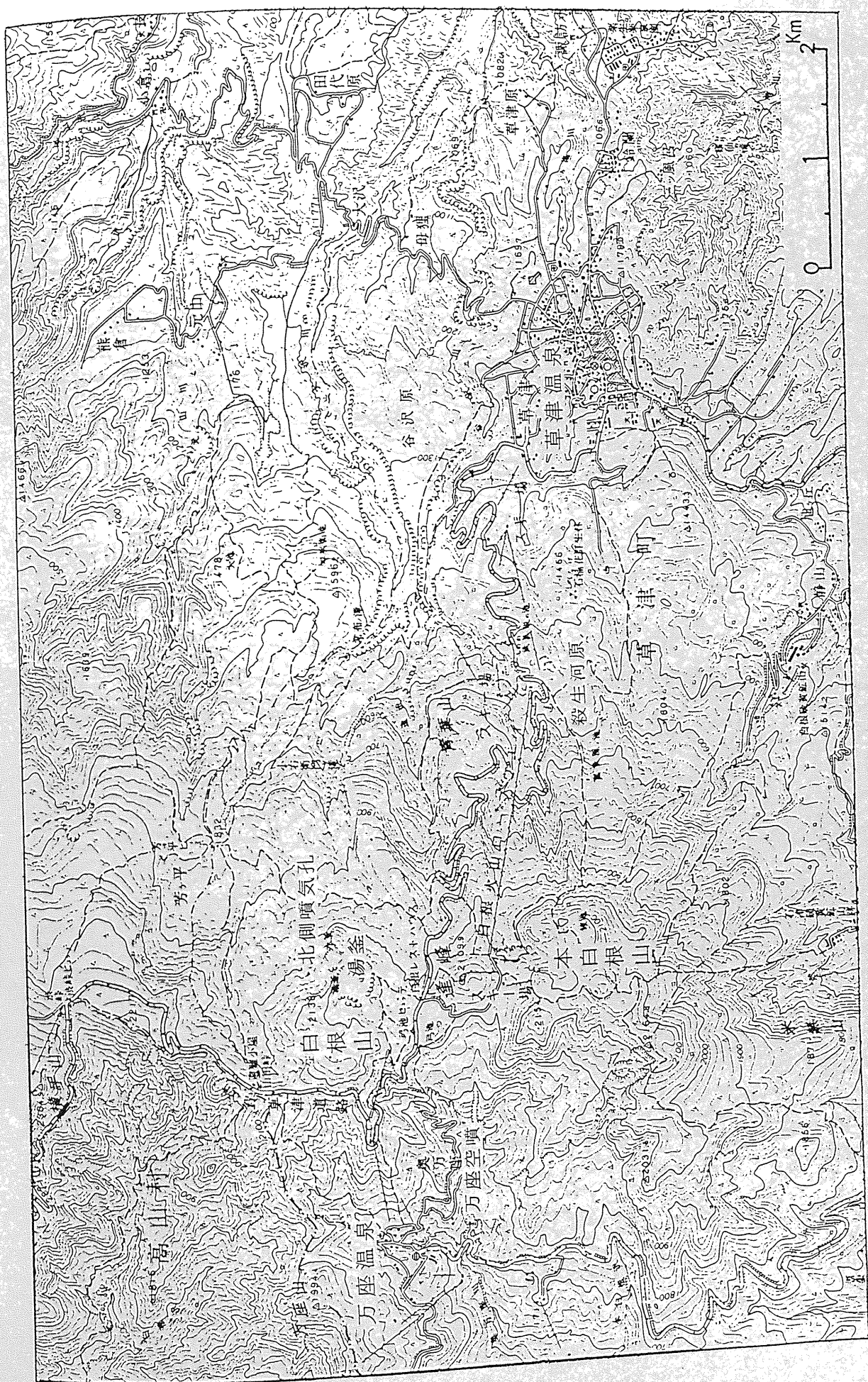
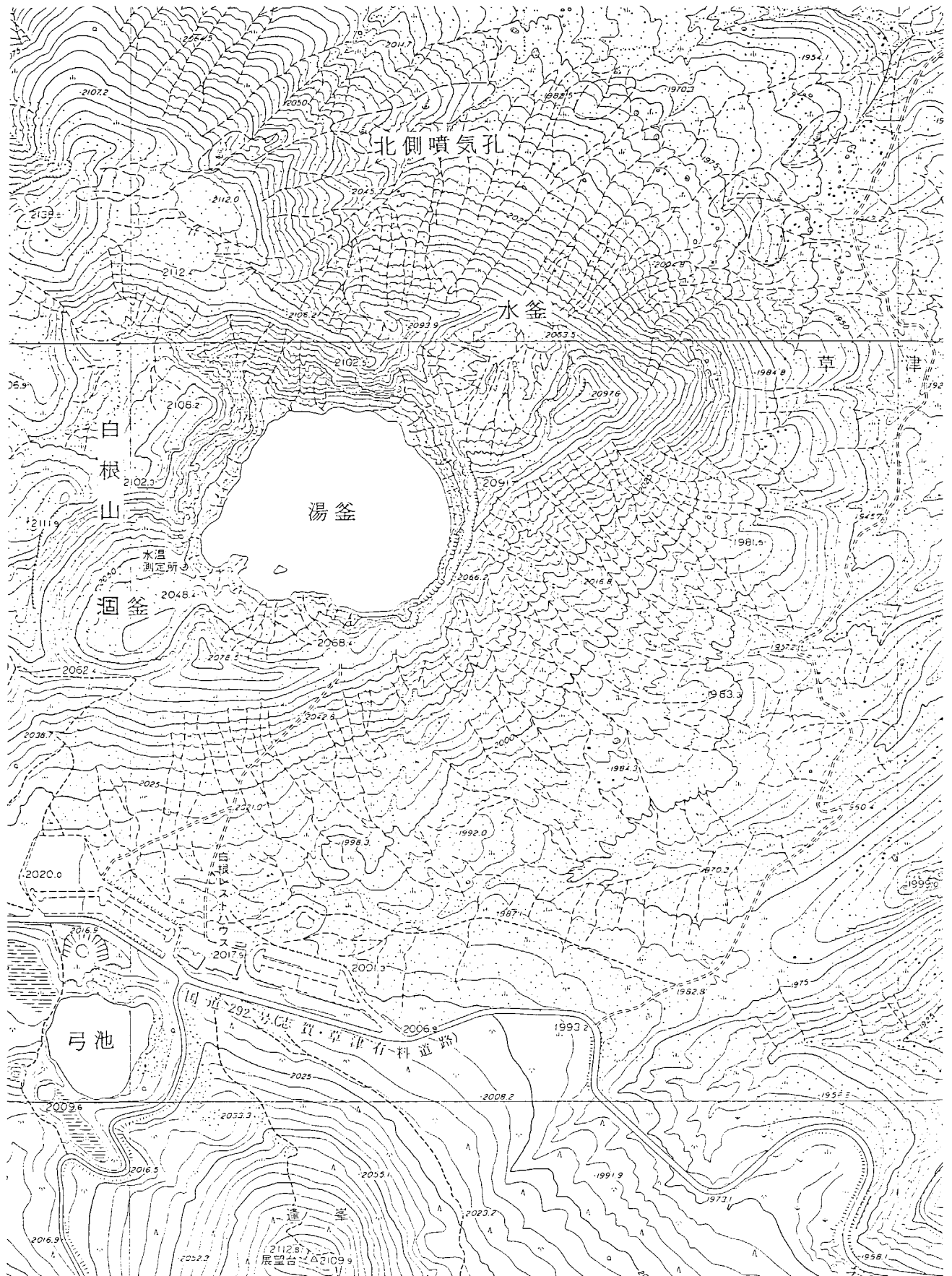


图4-1 草津白根火山周辺図



四4-2 草津白根火山山頂付近

くから調べられており、特に草津温泉は1881年の水温の測定値がある。化学成分についても1888年に東京衛生試験所が行っている。最近では安藤(1957), 中村比留川(1957), Watanuki(1961), 野口他(1966), 前田・阿部(1969)によって研究が進められてきた。

山頂付近の火口湖の地形についてはNaumann(1892)が湯釜の地形測量を行ったのが学術文献としては初めてである。その後川崎(1902), 津屋(1933), 水上(1939), 水上他(1942), Minakami(1939), Minakami et al.(1942)らがそれぞれの活動に伴う火口湖の地形について報告している。また湯釜の湖盆地形については南他(1952), 伊藤他(1981)が調査を行ない、また湯釜の水質について南他(1952), Watanuki(1961), 野口他(1966)らによって研究が行われてきた。

本章では、1965年以降主として筆者らが行ってきた山頂火口湖の湖水、火山ガス、温泉水などを対象とした地球化学的調査研究の成果のうち火山ガス成分とその変化を同火山の火山活動との関連において論じた。特に山頂および山麓の主な噴気孔ガスの成分変化、大気中の H_2S ガスの濃度変化などから1976年の水釜での水蒸気爆発を予測できた経過、1982年の湯釜での水蒸気爆発前後の火山ガス組成の変化などについて述べる。

4-2 草津白根火山の噴火活動

草津白根火山のこれまでの活動の記録は、活火山要覧(貞象序 1975)にまとめられており、最も古い活動記録は1805年である。近年の一連の活動は1882年に始まり、その後1897年、1900年、1902年、1905年、1925年、1928年、1932年、1937年～1940年、1942年、1976年、1982年に活動し、大小62回の噴火をくり返してきた。これらの活動の中心はいずれも山頂の火口湖であり、しかもほとんどが湯釜で起っている。また活動様式は、熔岩流出や本源物質を放出する様な噴火はおこらず、全て水蒸気爆発であった。

1882年の噴火前までは湯釜をはじめ各火口湖は水際まで草木が繁っており、また湯釜以外は清水をたたえ魚や虫が生息していた。噴火後の湯釜は熱湯をたたえるようになり、水釜、空釜、弓池の各湖水も酸性となった(大橋, 1911, 1914)。それ以後も噴火のたびごとに、これらの各火口湖ではその湖盆形態、水温および水質が変化して今日に至っている。

表4-1 土七側噴気孔のガス分析結果

Date	Temp. (°C)	H ₂ O V%	H ₂ O 以外のガス組成 V%							Rガスの組成 V%			
			HF	HCl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R		He	H ₂	CH ₄	N ₂
'60. 6.19	148.0	94.4	0.9	9.2	22.5	32.8	35.5	0.4					
'67. 7.14	100.7	98.0	—	<0.1	0.2	20.8	71.7	1.8					
8. 3	101.0	96.0	—	0	0.1	23.8	74.3	1.9					
11. 2	102.0	97.0	—	<0.1	0.2	28.1	69.7	2.1					
'68. 8. 2	102.0	97.6	—	0	1.1	33.0	63.6	2.3					
'69. 7.28	103.2	98.3	—	0	0.1	38.9	58.8	2.2					
9.25	102.0	98.4	—	<0.1	0.1	38.4	59.7	1.9					
'70. 6.13	98.5	97.8	—	<0.1	0.1	38.2	58.6	3.1					
7.20	98.2	98.2	—	0	<0.1	34.1	62.6	3.2					
10.11	101.0	97.1	—	0.1	<0.1	33.2	64.2	2.6					
'72. 8. 1	94.0	98.4	—	0	0.2	18.5	79.9	1.3	0.08	0.17			100
11.12	99.1	98.0	—	0	0.1	24.1	74.5	1.5	0.17	0.3			100
'73. 8. 1	97.8	97.8	—	0	0.2	19.3	79.2	1.3					
'74. 7.29	96.0	98.4	—	—	0.1	15.6	83.4	0.9					
'75. 5.24	100.1	97.7	—	0	0.2	16.6	82.3	0.8	0.1	0.16			100
7.29	101.2	93.5	—	0	3.1	10.8	85.1	1.0					
'76. 3.13	104.0	97.1	—	0.3	0.1	12.9	85.0	1.7	0.04	0.06	0		100
4. 2	100.0	95.0	—	0.1	0.03	11.9	86.1	1.9	0.04	0.05			100
6. 6	101.0	97.0	—	0	0.1	13.7	84.3	1.9	0.08	0.14	0.16		100
8. 1	92.2	96.5	—	0	0.1	11.2	87.1	1.6	0.09	0.07			100
10.22	100.0	96.8	—	0	0	14.0	84.6	1.4	0.06	0.10			100
12.26	100.0	95.1	—	0	0.1	19.7	78.6	1.6	0.03	0.13			100
'77. 5. 3	93.7	97.3	—	0	0	18.3	79.7	1.6		0.1			99.9
7. 6	99.4	98.2	—	0	0.11	20.0	78.3	1.6	0.05	0.12			99.8
9. 7	99.0	98.1	—	0	0	19.9	78.7	1.4	0.02	0			100
10.28	101.9	98.1	—	0	0.04	21.8	76.9	1.3	0.04	0			100
'78. 2.15	97.0	98.1	—	0	0.12	22.2	76.4	1.3	0.04	0			100

*は小沢による南斜面の噴気孔ガスの分析値

表4-2 殺生河原噴気孔のガス分析結果

Date	Temp: (°C)	H ₂ O V%	H ₂ O 以外のガス組成 V%					Rガスの組成 V%			
			HCl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R	He	H ₂	N ₂	CH ₄
'67. 7. 9	98.4	97.2	<0.1	0.2	34.6	63.5	0.6				
10.31	93.2	97.9	0.1	0.2	42.0	56.1	0.8				
'68. 8. 3	92.1	96.4	0	0.8	54.4	42.4	2.5				
'69. 8. 1	93.0	98.4	0	0.1	45.9	51.2	2.8				
9.25	94.0	97.1	0	0.1	44.6	52.9	2.5				
'70. 6.12	93.0	97.7	<0.1	<0.1	42.0	55.7	2.3				
7.10	93.0	96.8	0	<0.1	48.3	49.1	2.6				
10.10	94.3	97.0	0	<0.1	48.1	49.2	2.7				
'72. 8. 2	93.8	99.5	0	—	24.3	73.4	2.3	0.01		95	1.0
11.11	96.0	95.0	0	0.2	25.0	72.3	2.5	0.03	0.18	99	1.1
'73. 1. 1	94.0	95.6	—	—	38.2	60.7	1.1	0.05	0.04	99	1.2
3.22	93.8	97.4	0	0	29.8	68.7	1.5				
6. 4	93.8	95.8	—	—	28.8	70.2	1.0				
7.31	93.5	99.3	0	0.1	16.0	83.2	0.7				
'74. 8. 4	93.5	94.6	—	0.1	27.9	70.7	1.2	0	1.0	93	6.2
'75. 3. 8	93.1	94.5	—	—	19.5	77.9	0.6	0.05	0.09	98	1.5
5.10	93.5	96.7	—	0	16.7	82.2	0.7				
8. 1	93.5	94.9	0.1	0.6	28.9	69.3	0.1				
12.20	93.0	93.5	0.2	1.8	22.6	74.2	1.2				
'76. 1.16	93.0	96.7	0	—	23.8	74.5	1.7				
2.27	92.1	96.9	0.2	0.1	17.1	81.0	1.6	0.07	0.10	99	0.9
3.14	93.0	94.9	0	0.1	26.0	72.5	1.4	0.05	0.03	99	1.0
4. 3	93.0	95.3	0	0.2	26.1	72.2	1.5	0.04	0.04	99	0.9
5. 9	93.0	91.7	0	0.1	38.7	59.6	1.6	0.04	0	99	0.9
6. 7	92.7	94.2	0	0.2	25.1	73.0	1.7	0.07	0.11	98	1.9
7.20	92.5	93.6	0	0	22.9	75.3	1.8	0.05	0.03	99	1.0
8. 4	92.5	91.0	0	0.1	22.6	75.9	1.4	0.03	0.03	99	0.8
9.27	92.0	94.4	0	0.1	23.2	75.1	1.6	0.03	0.05	99	1.1
10.22	91.1	89.7	0	0	21.4	77.2	1.4	0.05	0.05	99	1.0
12.26	92.5	95.0	0	0.2	26.0	72.4	1.4	0.03	0.05	99	1.1
'77. 6. 2	94.0	95.0	0	0.1	29.2	69.3	1.4		0.0	97.3	2.7
7.27	93.0	95.9	0	0	30.2	68.4	1.4	0.03	0.05	98.8	1.1
9. 7	93.6	95.0	0	0	28.7	70.0	1.3	0.02	0.0	98.8	1.2
10.27	93.0	94.9	0	0.12	30.7	67.7	1.5	0.03	0.05	97.9	2.0
12. 3	93.1	94.2	0	0.14	30.8	67.7	1.4	0.03	0.05	98.5	1.4
'78. 1. 6	93.0	94.9	0	0	31.4	67.3	1.3	0.03	0.05	98.4	1.5
2.15	93.8	96.3	0	0.31	31.1	67.3	1.3	0.03	0.06	98.4	1.5

表4-3 万座空噴のガス分析結果

Date	Temp. (°C)	H ₂ O V%	H ₂ O 以外のガス組成 V%					Rガスの組成 V%			
			HCl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R	He	H ₂	N ₂	CH ₄
'68. 8. 2	92.0	98.9	—	0.3	76.3	22.3	0.3				
11. 2	94.0	98.4	0	0.3	67.1	32.2	0.4				
'68. 8. 4	93.6	98.6	0	0.7	87.2	11.8	0.4				
'69. 7.30	94.0	98.2	0	<0.1	70.0	29.5	0.5				
9.26	94.0	98.6	<0.1	0.1	68.5	31.0	0.4				
'70. 6.12	93.0	99.2	0	<0.1	69.2	30.3	0.4				
7.10	93.5	99.0	<0.1	0.1	70.6	27.5	0.8				
10.10	95.0	99.1	<0.1	0.1	71.0	27.5	0.5				
'72. 8. 4	94.0	99.9	0	0.4	96.0	3.1	0.5				
11.13	94.0	99.4	0	2.4	92.1	5.2	0.3				
'73. 3.23	93.7	99.0	0	—	90.9	8.6	0.5				
7.31	94.2	—	—	—	87.5	11.6	0.9	0.01	0.4	99	0.7
'74. 8.12	94.0	99.4	—	0	89.0	10.7	0.3	0.11	2.5	98	0
'75. 5.26	93.0	99.1	—	0	96.0	2.5	0.3	0.007	0.8	99	0.3
8. 1	93.5	94.8	1.2	—	93.7	4.7	0.4				
'76. 4. 1	93.5	98.6	0	0.3	90.3	6.8	2.5	0.02	1.6	98	0.6
5. 9	93.5	98.3	0	0.4	90.7	2.5	6.4				
6. 7	94.0	99.1	0	0.7	91.1	7.8	0.5	0.03	4.8	93	0.9
7.28	93.8	99.0	0	0.5	67.0	31.9	0.6	0	4.0	95	0.9
9.23	93.0	99.1	0	0.4	87.4	11.7	0.5	0.01	2.5	97	0.2
10.22	92.9	98.7	0	0.8	73.3	25.3	0.6	0.03	2.3	97	0
12.26	92.5	97.9	0	0.4	87.2	11.8	0.6	0.01	1.0	99	0.3
'77. 5. 4	91.9	99.5	0	1.5	65.0	33.1	0.4	—	1.8	98.2	—
7. 6	93.2	97.5	0	0	78.2	21.3	0.5	0.02	2.0	97.4	0.6
9. 6	93.8	96.2	0	0	88.9	10.5	0.6	0.01	0.21	99.1	0.7
10.27	93.4	96.7	0	0.36	87.5	11.5	0.64	0.01	1.55	98.0	0.5
12. 3	94.0	97.4	0	0.33	88.5	10.6	0.60	0.03	1.52	98.1	0.4
'78. 1. 8	94.0	96.9	0	0.28	89.1	9.8	0.82	0.01	1.20	98.4	0.4
2.14	94.0	98.6	0	0.83	85.4	13.2	0.56	0.01	2.02	97.5	0.5

に示した。この時のガス温度は 148°C で H_2O 以外のガス成分は HCl が 9.1%, SO_2 が 22.5% と多く、高温型のガス組成であったが、1967年にはこの噴気孔はすでに消滅していた。

北側噴気孔の温度は 100°C 前後であり、化学組成は H_2O 以外は、 HCl がほとんど含まれず、 SO_2 も少く、 CO_2 と H_2S が最も多い。また殺生河原の噴気孔温度は $92^{\circ}\text{C} \sim 95^{\circ}\text{C}$ で、成分は北側噴気孔と同様に CO_2 と H_2S の順に多く含まれている。万座空噴の噴気ガス組成は H_2S が最も多く CO_2 がこれに次ぐ成分である。

これらの3つの噴気孔ガスの組成変化について検討するため、 $\text{SO}_2 / (\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S}) \times 100$ の値を求め図4-4に示した。1967年以後の $\text{SO}_2 / (\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S}) \times 100$ の値は大部分が1以下であるが、北側噴気孔では1976年噴火の前年の'75年7月に22.3と著しく大きな値を示し、また殺生河原噴気孔でも'75年8月に2.0とそれまでにくらべやや大きくなり、同12月には7.4とさらに大きくなっている。万座空噴では'75年8月の SO_2 が欠測のため噴火前の変化については不明である。次に各噴気孔の温度変化を図4-5に示したが、北側噴気孔は'74年に 96°C であったが、'75年に 100.9°C , 101.2°C と約 5°C 上昇した。しかし殺生河原、万座空噴においては'67年以降特に大きな温度変化は認められなかった。

b) 振子沢における大気中の H_2S ガス濃度の連続測定

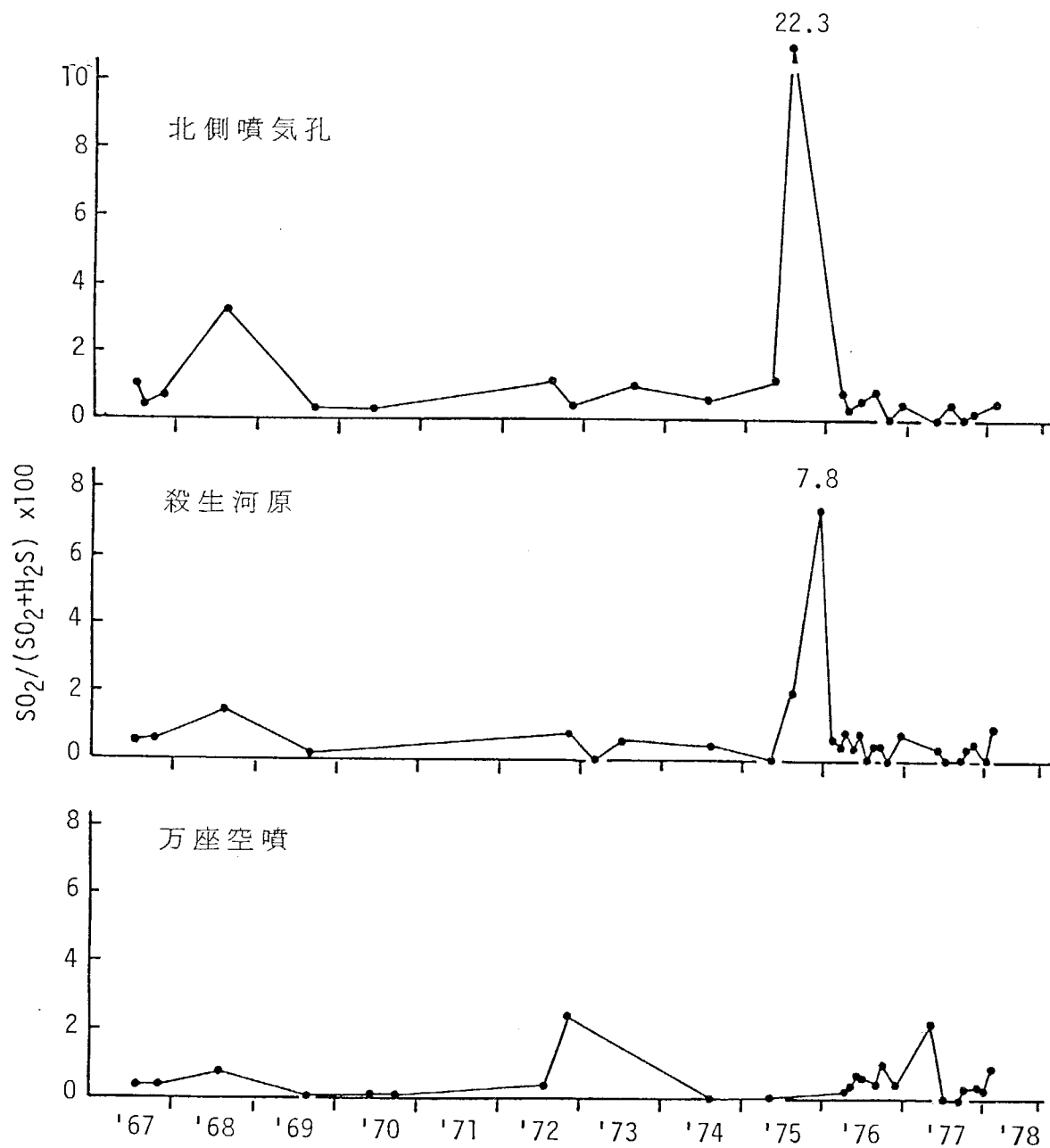


図4-4 山頂周辺の主な噴気孔カスの $SO_2/(SO_2+H_2S)$ の変化

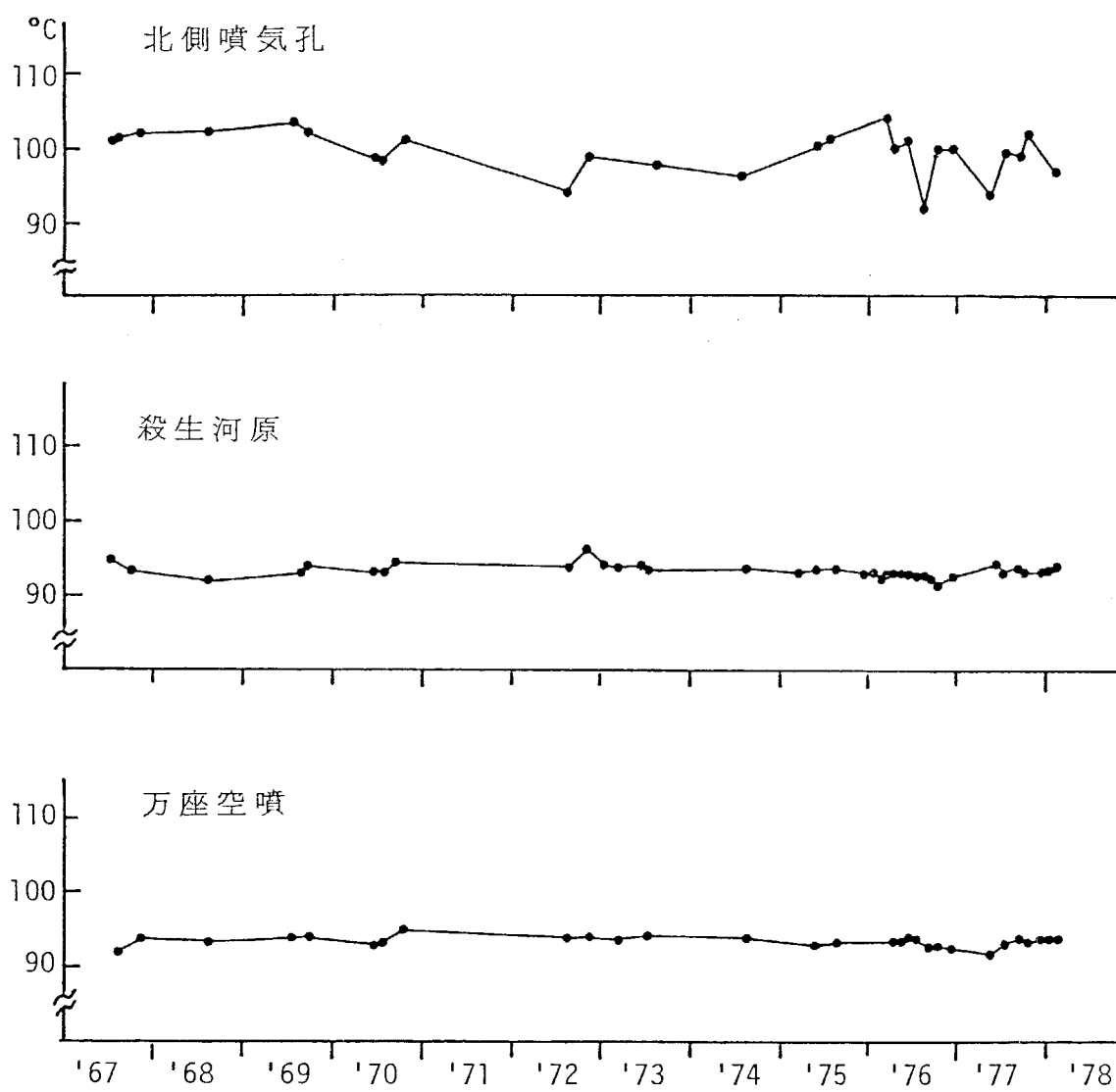


図4-5 山頂周辺の主な噴気孔の温度変化

1972年以降冬期に振子沢において H_2S の自動連続測定器による観測を行っている。その結果によれば振子沢の大气中の H_2S は一定ではなく絶えず変動しており、各測定期間ごとに1日のピーク総数、1日の3ppm以上ならびに10ppm以上のピーク数をかぞえ回数ごとの発生日数を全観測日数に対する百分率で示し表4-4に、またこの結果のうち1日のピーク数および10ppm以上のピーク数百分率を図4-6に示した。これによると1日の総ピーク数はそれほど変化はないが1973年は3ppm以上の H_2S ピークの出現割合が1972年度の約10倍に、また1974年度は10ppm以上のピークの割合が1973年にくらべ約3倍と増加している。さらに1975年度は10ppm以上のピーク割合が1974年度にくらべ3倍に増加している。このように振子沢における大气中の H_2S 濃度は1972年以降、年々高濃度ピークの出現頻度が増加してきていることを示している。

C) 大气中の H_2S ガス濃度分布

草津白根山周辺には高濃度の火山ガスを噴出する地域が多いが、このうち殺生・振子沢および万座湯畑において検知管を用いた多点同時観測を行い地上50cmの H_2S ガス濃度の分布を求めた。図4-7、図4-8に'73年、'74年の両地域における H_2S の高濃度範囲(1ppm以上)を示したが、いずれの地域においても'73年の H_2S 分布範囲にくらべて、'74年の分布範囲が拡大し

表4-4 振子沢における大気中の H_2S ガス濃度の連続測定による1日のピーク総数、
1日の3 ppm および10 ppm以上のピーク数の全測定日数に対する百分率

a number of peak			1972		1972-1973		1973-1974		1974-1975		1975-1976	
			days	%	days	%	days	%	days	%	days	%
I	0 - 9		5	12.1	12	13.6	19	21.8	27	16.2	23	18.7
	10 - 19		3	7.3	9	10.2	10	11.5	16	9.6	7	5.7
	20 - 49		6	14.6	14	15.9	27	31.3	32	19.2	30	24.4
	50 - 99		13	31.8	24	27.3	16	18.4	45	26.9	29	23.6
	100 - 199		13	31.8	23	26.2	13	14.9	32	19.2	30	24.4
	200 -		1	2.4	6	6.8	2	2.3	15	8.9	6	4.9
			41	100.0	88	100.0	87	100.0	167	100.0	123	100.0
II	1 - 5		0	0	18	20.4			30	18.0	28	22.8
	6 - 10		1	2.4	3	3.4			16	9.6	12	9.8
	11 - 20		0	0	1	1.1			22	13.2	18	14.6
	21 - 50		0	0	1	1.1			58	34.7	13	10.6
	40 -		0	0	0	0			0	0	19	15.4
			1	2.4	23	26.0			126	75.5	90	73.2
III	1 - 3				3	4.0	9	10.3	34	20.4	18	14.6
	4 - 8				2	2.6	2	2.2	22	13.2	8	6.5
	9 - 16				0	0	2	2.2	4	2.4	6	4.9
	17 - 32				0	0	2	2.2	13	7.8	0	0
					5	6.6	15	16.9	73	43.8	32	26.0

I: the number of a peak

II: the number of the peak for higher than 3 ppm of H_2S

III: the number of the peak for higher than 10 ppm of H_2S

1972 : March and April of 1972

1972-1973 : December of 1972 and January, February, and March of 1973

1973-1974 : December of 1973 and January, February, March, and April of 1974

1974-1975 : December of 1974 and January, February, March, April, and May of 1975

1975-1976 : December of 1975 and January, February, March, and April of 1976

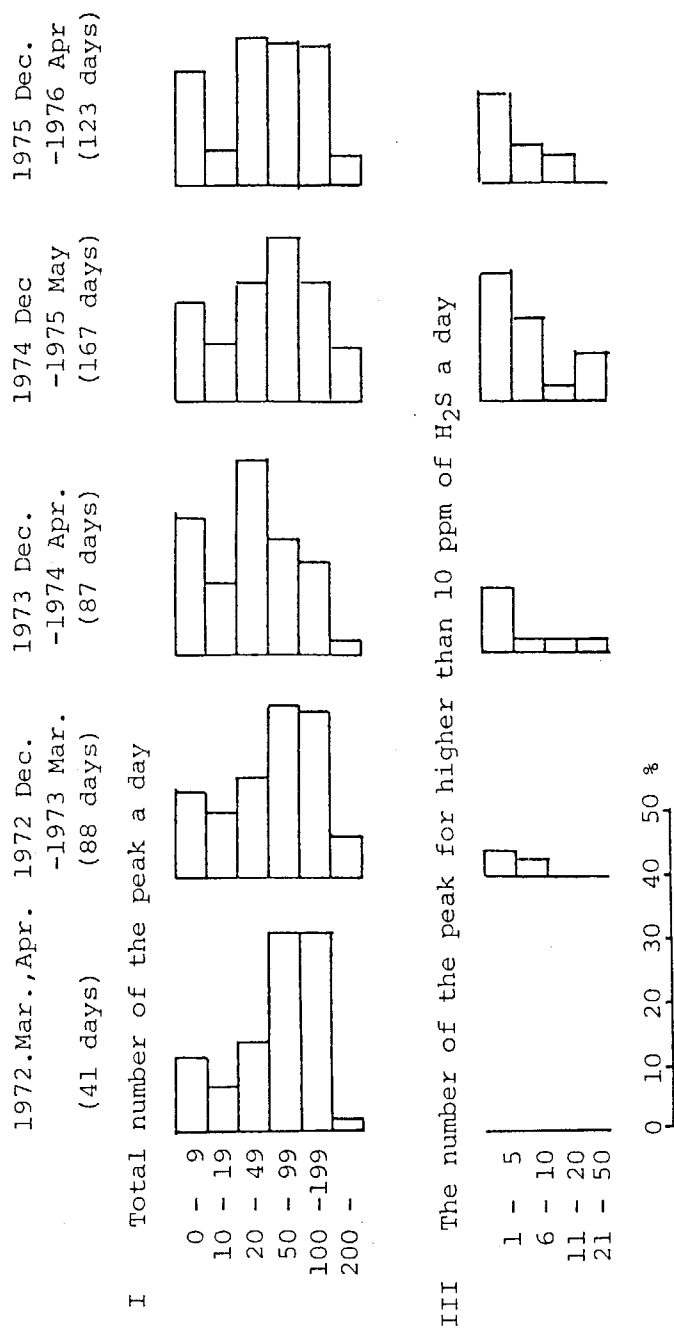


図4-6 振子沢における大気中の H₂S が連続測定による 1日のピーク数および
 10ppm以上のピーク数百分率

ている。この傾向は他の2～3の地域でも認められた。

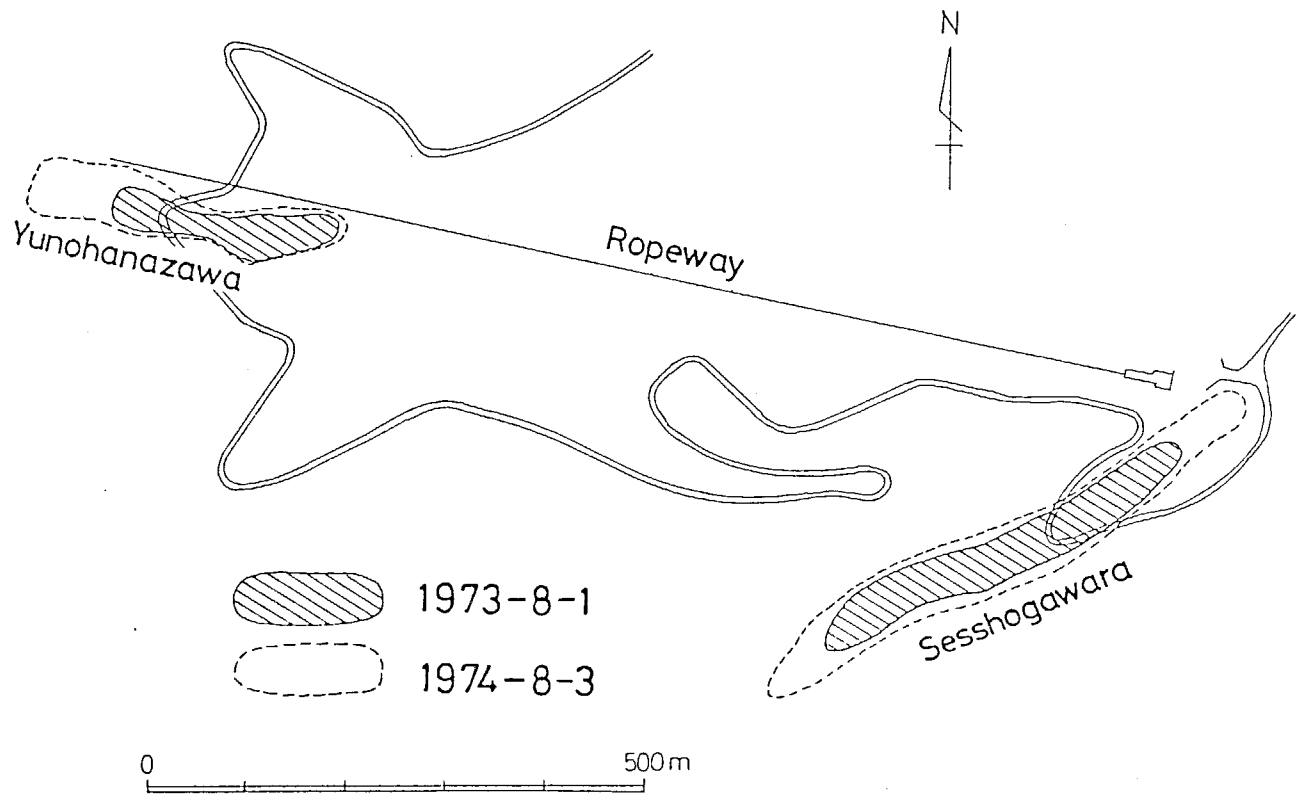


図4-7 殺生河原および湯花沢における H_2S 高濃度分布範囲)

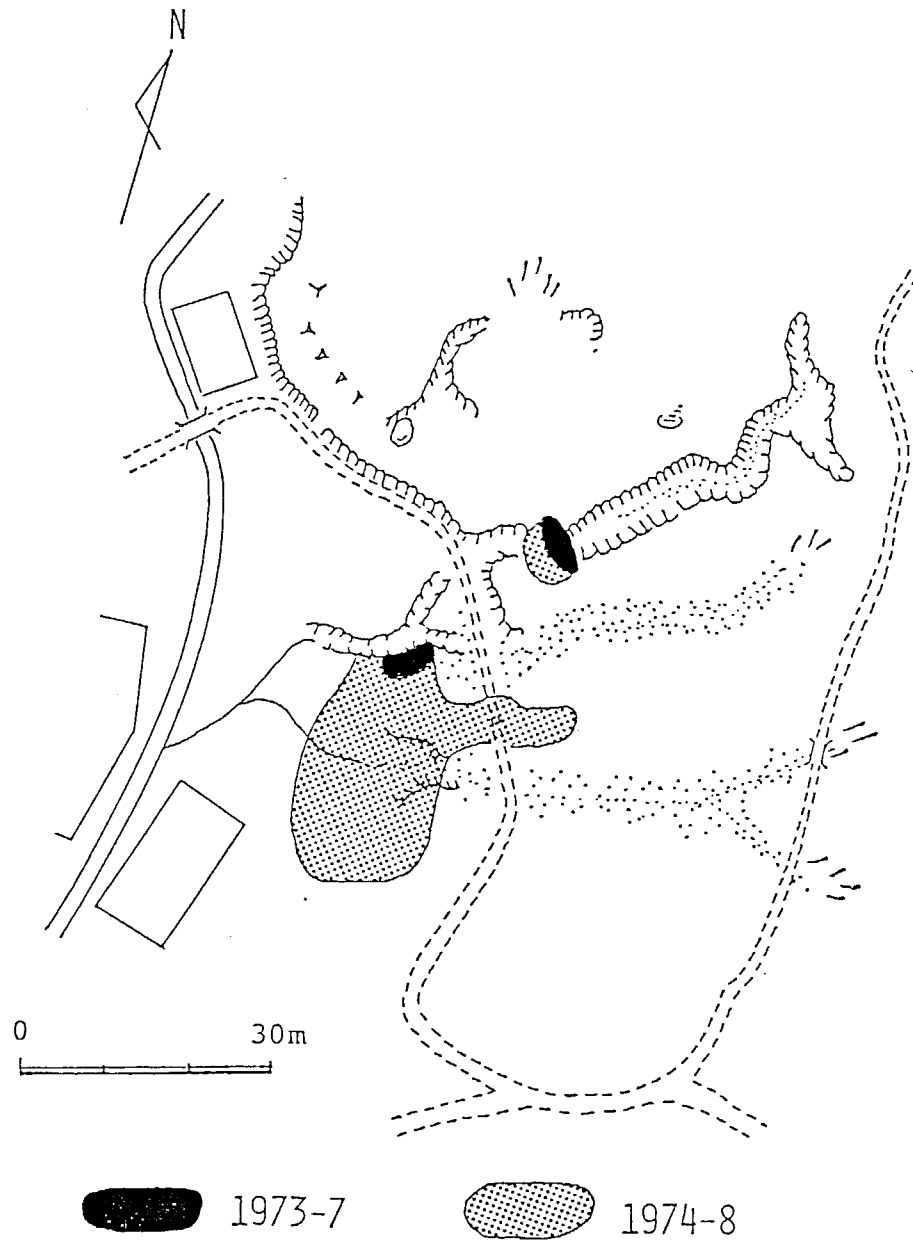


図3-8 万座地域における H_2S 高濃度分布範囲

d) 水釜周辺の新噴気孔およびその組成

水釜周辺には外斜面の北側噴気孔以外に水釜の内壁には弱い噴気活動がこれまでにも存在していたが、1974年頃から水釜周辺に新しい噴気孔が数ヶ所に出現しているのが認められた(図4-9)。こゝら噴気孔のガス組成を表4-5に示した。同表の'74年の値をみると噴気孔温度は93.5℃と高くはないが、 SO_2 と H_2S の割合は2.1:1.1, 0.3:1.3で、 $\text{SO}_2/(\text{SO}_2+\text{H}_2\text{S})$ で示すと0.65と0.19である。この値は先に示した北側噴気孔、殺生河原噴気孔、万座空噴の値(通常は0.02以下)にくらべても著しく大きな値である。またR-gas中の H_2 の割合も大きいことから新たに出来た噴気孔のガスは、既存の他のガスにくらべてやや高温型ガス組成であると考えられる。

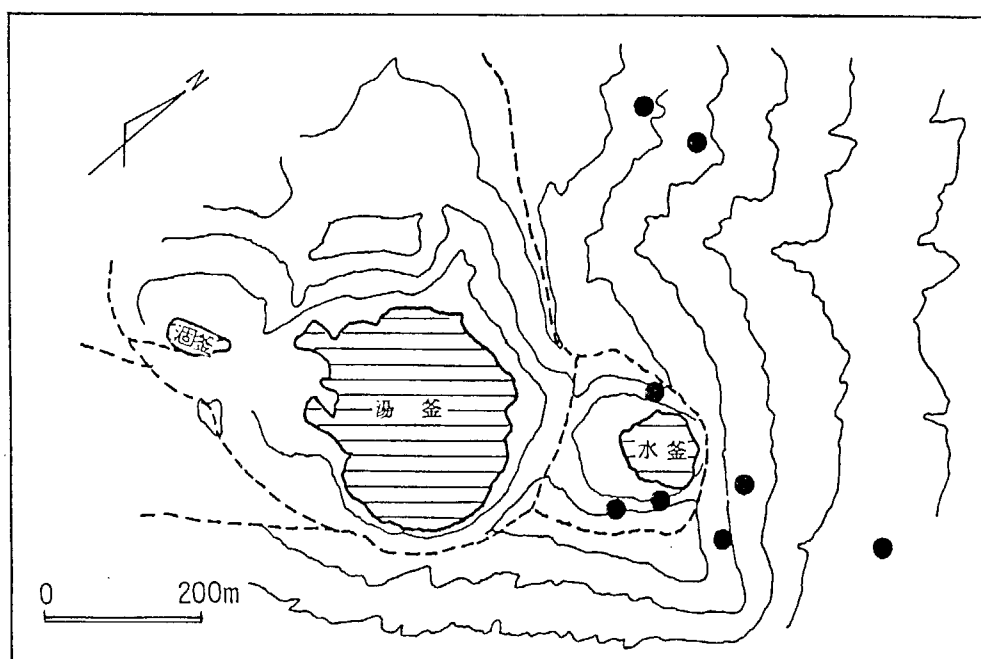


図4-9 水釜周辺に新たに出現した噴気孔(●印)

表4-5 水釜周辺に新たに出現した噴気孔のかス分析値

年. 月. 日	Temp. °C	H ₂ O %	H ₂ O以外のガス組成					Rガスの組成		
			HCl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R	He	H ₂	N ₂
'74.5.27	93.5	98.9		2.1	1.1	93.5	1.5	0	14	86
7.29	93.5	98.5		0.3	1.3	97.7	0.7	0.06	11	89
'75.5.24	92.8	98.0	0	3.6	1.7	93.8	0.7	0.11	2.2	98
7.29	91.0	97.1	0.2	1.4	2.8	94.9	0.1	0.2	5.0	95

e) まとめ

本節でこれまで述べてきたように,

1) 北側噴気孔および殺生河原噴気孔のかス成分のうち, 1974年~1975年に $SO_2 / (SO_2 + H_2S)$ の割合が大きくなった。

2) 北側噴気孔の温度が1975年に上昇した。

3) 振子沢における大気中の H_2S の連続観測により, 1972年から1975年にかけて年々高濃度ガスの出現頻度が増加した。

4) 殺生河原, 万座湯畑において, H_2S の高濃度範囲が1973年にくらべ1974年には拡大した。

5) 1974年頃から水釜周辺に新しい噴気孔が出現し, しかもこのガスの $SO_2 / (SO_2 + H_2S)$ は他のガスにくらべ大きな値であった。

などの変化が認められた。

これらの事実から, 草津白根火山は1942年の噴火活動終了後は徐々にその活動度が衰えつつあったが,

1974年頃から再び活発化に転じたものと判断し、しかもその中心は水釜周辺であろうと推定し、近く噴火の可能性があることを指摘した(小坂他1975)。

4-3-2 1976年水釜での水蒸気爆発

a) 噴火の概要

前節で述べたように、草津白根山は1974年頃から活発化の兆候が見られ特に水釜周辺で活動の可能性が高まりつつあったが、1976年3月11日、水釜北東部に新噴火孔が生じ、盛んに噴煙を上げて活動しているのが発見され、それ以前から噴火が発生していたことが認められた。噴火を目撃した人は無く、発生日時はさだかでないが、気象庁(1976)は地電観測の結果から3月2日17時59分に主な噴火が起ったものと推定している。しかし現地からの通報により筆者らの行った3月13日時点での現地調査では、積雪と噴出物と層序から判断して噴火は2月29日には発生していたと考えられる。

この噴火は厚く結氷した水釜の北東部に長径58m、短径43m、深さ12mの爆裂火孔を生じた(図4-10)。その容積は約11,000 m³と推算され、新火孔底の北および北東側の隅の2ヶ所には活発な噴気孔が残されておりその温度は91~93℃であった(図4-11)。

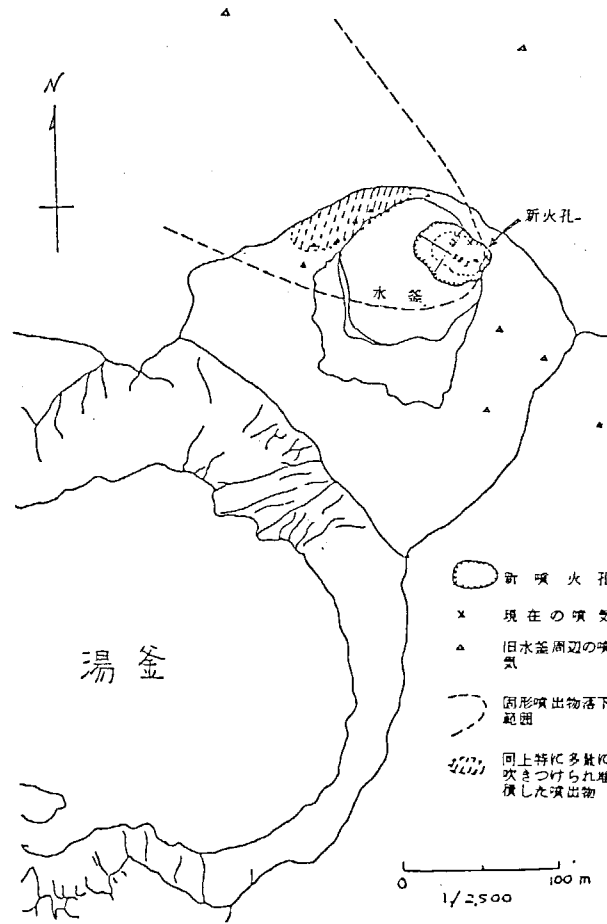


図4-10 草津白根火山水釜付近および
1976年噴火の新火孔および噴出物の
分布範囲

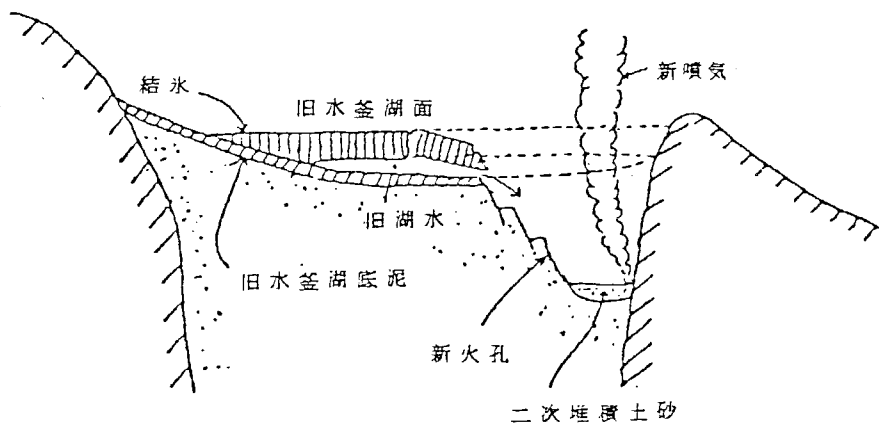


図4-11 1976年噴火後の水釜新火孔断面図

また今回の噴火では主に著しく変質を受け、粘土化の進んだ灰黒色の火山灰状細粒物と直径2~20cmの角の磨耗した礫が放出され、北西方向に分布していた(図4-10参照)。これら放出物は、石英、クリストバライト、長石などの造岩鉱物と粘土鉱物であるモンモリナイト、カオリン、パイロフィライト、二次鉱物としてアルーナイト、硫黄、石膏、半水石膏などの鉱物から構成されており、熔融マグマから直接由来したと思われる本源物質は見あたらなかった。

b) 新噴火孔の火山ガス組成

この水釜での噴火で開孔した新火孔底の北~北東部の2ヶ所の噴気孔において噴火後の3月13日に火山ガスを採取した。火山ガス組成はHClがまったく検出されなかったが、 SO_2 は11.9%および8.1%で、 H_2S の1.1%、4.4%に比べて多く含まれていた(表4-6)。また $SO_2/(SO_2+H_2S)$ は0.93と0.35で、近年の北側噴気孔、万座空噴、殺生河原の火山ガスには見られない大きな値であるが、この値は前述の噴火前に水釜周辺に新たに見つかった噴気孔の値(0.19~0.68, (表4-5))に近いものであった。またR-gasは N_2 が主成分であるが、 H_2 も5%含まれており、この値も噴火前の周辺噴気孔の値に比べれば大きく、水釜周辺噴気孔の値に近いものであった。

表4-6 1976年噴火後の水釜新火孔のガス分析値

Date	Temp.	H ₂ O V%	H ₂ O 以外のガス組成 V%					R ガスの組成 V%		
			HCl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R	He	H ₂	N ₂
'76.3.13	91.0	98.7	0	11.9	1.1	85.5	1.5	0.07	5.0	95
"	93.1	98.9	0	8.1	4.4	86.0	1.5	0.05	5.0	95

「 c) 火山灰の水溶性付着成分

今回の噴火による放出された火山灰の試料を風乾し、既述の方法で抽出を行い、水溶性成分を調べた。抽出液のpHは3.1～3.6で酸性を示し、水溶性成分ではCaが0.7～38 mg/10g, Fe²⁺が0.1～8.2 mg/10g, SO₄²⁻が4.1～122 mg/10g と付着量は多く、Na⁺, K⁺, Cl⁻などの成分は付着量が少なかった。またCl⁻とSO₄²⁻の割合(Cl/S:モル比)は0.002～0.19であり、平均は0.08と前章の桜島火山での値にくらべ著しく小さな値であった(表4-7)。この値と噴出物中にモンモリサイト、石膏、半水石膏が認められたことなどから、噴火に関与した火山ガスはあまり高温のものではなかったと言えよう。

表4-7 1976年噴火で放出された火山灰の水溶性成分 mg/10g

Sample	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ SiO ₃	Cl/S*
1	3.16	0.3	0.4	0.7	0.1	1.0	0	0.3	0.3	4.1	2.0	0.19
2	3.06	0.6	0.4	2.5	0.7	3.8	0	0.4	0.5	15.2	3.5	0.09
3	3.24	1.0	0.7	4.2	0.8	4.6	0.1	none	0.8	23.2	6.5	0.09
4	3.26	0.9	0.6	3.3	0.7	3.3	0.1	"	0.8	16.9	4.0	0.13
5	3.13	0.2	0.3	2.9	0.1	1.2	0	0.2	0.1	10.9	2.5	0.03
6	3.65	0.4	0.3	1.5	1.1	0.1	0	none	0.1	7.3	2.5	0.04
7	3.25	0.5	0.5	38.0	3.5	8.2	0	1.0	0.1	122	3.1	0.002

*: mol.ratio

Cl/S·ave.=0.08

4-4 1982年湯釜での水蒸気爆発

1976年水釜での噴火以後、草津白根火山は表面的には静穏な状態が続いていたが、山頂の火口湖湯釜の湖底には 116°C の溶融硫黄が存在し、また湖底の数ヶ所には噴気孔が存在し、火山ガスを盛んに放出し続けている(表4-8)。さらに1978年に湖面で採取した、ガス中には SO_2 が $0.13 \sim 0.44\%$ 含まれており(表4-9)、また湖面付近の大气中には SO_2 が 0.82 ppm と山頂周辺の噴気地帯の値に比べ SO_2 濃度は最も高い。以上のような潜在的異常から、この当時(1980年頃)の草津白根火山の最も活動的な場所は湯釜湖底であると判断され注意していた(小坂他, 1980)とこそ1982年10月にこの湯釜で噴火が発生した。

4-4-1 噴火の概要

1982年10月26日午前9時5分頃、ほとんど何の前兆もなく、湯釜および涸釜で噴火が始まった。噴火位置は湯釜火口の西側内斜面、湯釜の北西の湖底および涸釜の火口底北部でほぼ南西-北東に直線状に分布している(図4-12)。これらの火孔のうち、湯釜の湖面下に位置する爆発孔が最も大きく、長径 60 m 、短径 30 m 、深さ $7 \sim 10$ 数 m で最後まで活動が続き、その後の主火孔になった。これら火孔の開口はほとんど同時に起り、火山灰を多量に含む黒煙を激しく放出した。涸

表4-8 湖面で採取した湯釜湖底から噴出するガス組成

	年 月 日	温 度 ℃	組 成			水深 m
			H ₂ S	CO ₂	vol % R	
湯釜 浅部	68. 8. 4	20.8	9.0	84.9	6.1	0.9
	69. 7. 29	19.3	17.5	71.5	11.0	1.8
	"	19.5	38.4	59.4	2.2	0.3
	"	20.0	36.2	61.0	2.8	0.1
	"	19.4	52.2	46.7	1.1	0.2
	70. 5. 8	6.2	9.1	80.8	10.1	1.1
	7. 22	18.0	6.8	62.0	31.2	3.7
	"	18.5	17.9	81.0	1.1	0.7
	"	18.2	52.5	45.6	1.9	0.7
	72. 7. 28	18.0	48.4	48.2	3.4	1.3
	73. 7. 24	18.8	8.0	74.1	17.9	2.3
	"	19.2	33.9	63.5	2.6	1.2
湯釜 深部	67. 7. 12	18.0	4.3	6.0	89.7	28.4
	7. 15	17.9	2.3	4.6	93.1	28.4
	68. 8. 4	19.0	4.0	2.8	93.2	34.5
	69. 7. 14	17.7	9.3	12.0	78.7	35.
	7. 29	19.4	2.3	20.8	76.9	34.8
	70. 5. 8	6.2	0.1	2.0	97.9	27.6
	7. 22	17.8	0.4	2.7	96.9	36.5
	"	20.0	0.1	2.1	97.8	31.0
	72. 7. 28	19.0	1.1	1.3	97.6	36.0
	73. 7. 23	19.0	1.1	6.8	92.1	35.0
	7. 24	19.0	1.4	5.9	92.7	30.5

表4-9 1978年に湖面で採取した湯釜湖底からのガス組成

Sample*	Date	W.T. °C	Composition of gases exclusive of water (V%)				Composition of R-gas (V%)				
			SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R	H ₂	N ₂	Ar	He	CH ₄ O ₂
I (32m)	'78.7.27	19.0	0.44	0.59	40.3	58.7	0.28	97.4	0.72	0.032	0.0 1.57
II (37.9m)	"	19.2		0.80	21.4	77.8	0.021	97.3	0.65	0.027	0.0 2.0
III (2.5m)	"	19.6	0.13	29.7	63.6	7.3	1.49	91.3	1.44	0.020	0.0 5.8

*:()は噴気孔の水深

釜火口底の小爆発火孔での活動はその周囲約40m×20mの範囲に火山噴出物を放出堆積させたのみで約20分で完全に終息した(図4-12中NO.1の位置)。そのほかの爆発口も1~2時間ほどで概ね白煙となった。

爆発に伴って放出された固形噴出物は、細粒の火山灰と火山岩塊で、細粒の火山灰は、爆発当時の強い西北西の風のため、幅が200~500mで東南東約3.5kmはなれた殺生河原付近にまで到達した(図4-13)。放出された火山灰は著しく湿潤で、降下地点は黒灰色を呈し、黒光りするほど水分が多かった。また火山岩塊はそれとは別に北東方向に弾道をえがいて放出され最大400mにまで達した。これらの噴出物はいずれも類質物質とその変質物で、ガラス片などの本源物質は認められなかった。噴火後、10月29日頃までは主に湯釜湖底の火孔での活動が活発で、時おり湖面がもり上り、2~5mの高さまで水柱があがるのが認められた。また29日頃まで各火孔から熱水の供給が続き、湯釜の水位は噴火前にくらべて約50cm上昇し、また湖水の温度も約55℃まで上昇した。それ以後は主火孔での活動の停止に伴って、湖水が逆に同火孔から地下に逆流しはじめ、水位が低下し、湖水の温度も急速に低くなった。11月になると湯釜の北部および西側火口壁に弱い噴気活動が認められる程度であったが、12月20日頃から火山性地震が頻発するようになり、また湯釜湖底の主火孔での噴気活動も活発化するようになり、12月29

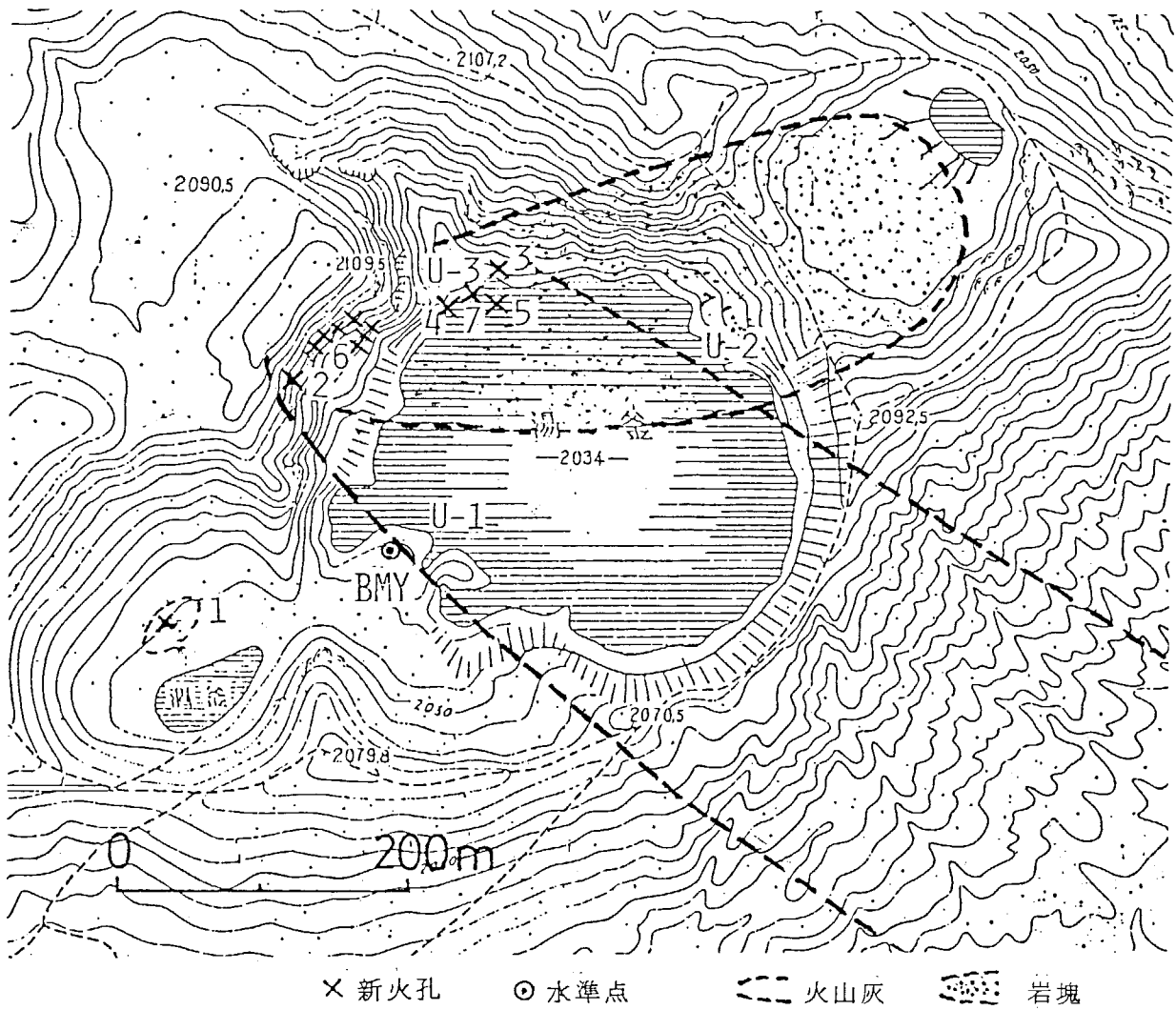


図4-12 1982年10月26日の噴火による山頂付近における固形噴出物の分布範囲と新火孔

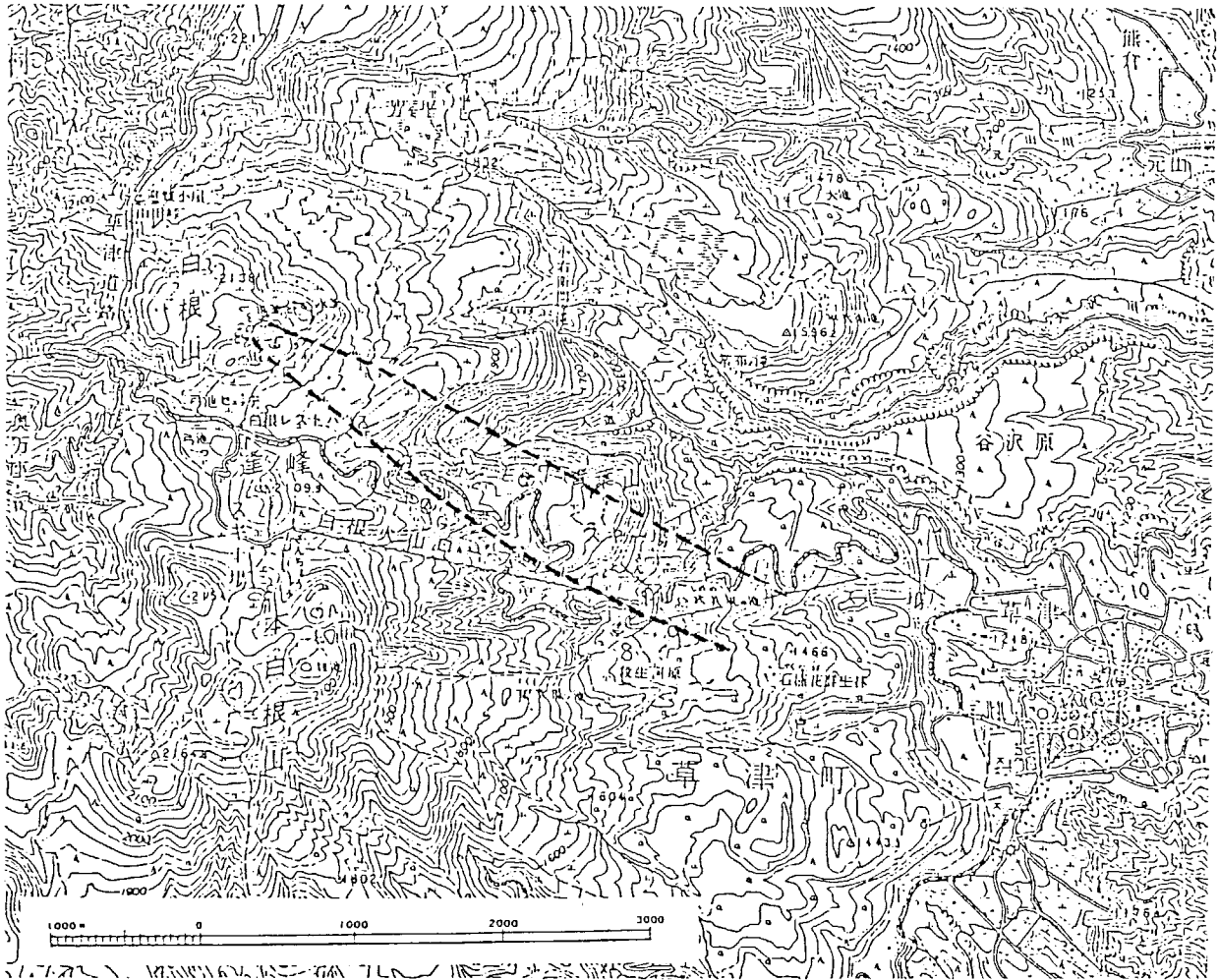


図4-13 1982年10月26日の火山灰の分布範囲

日午前5時40分頃主にこの火口から再び噴火がはじまった。この時の噴煙の高さは700 mに達し、噴出物は主火口の周辺および北北東～北東方向に分布し、最大4 kmまで達した(図4-14)。この2回目の噴火以後、徐々に沈静化に向っていたが、1983年3月に入って湯釜西側火口壁の爆発孔での噴気活動が活発化し、またその周辺の地温も上昇する現象が認められるようになった。

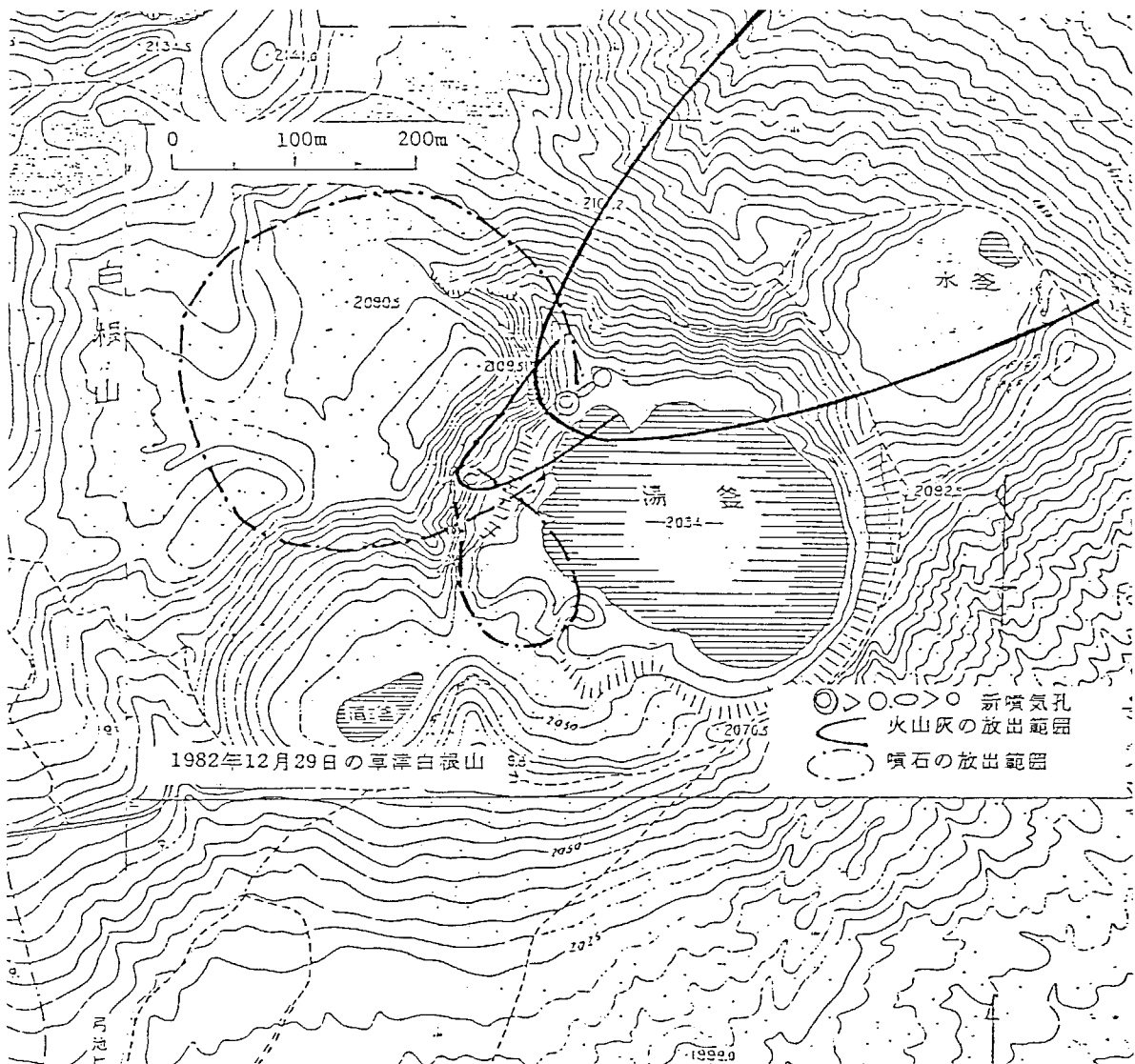


図4-14 1982年12月29日の噴火で放出された円形噴出物の分布範囲

4-4-2 噴火前後の山頂周辺の火山ガス組成

1982年10月の噴火前の5月, 8月および噴火直後の10月27日の北側噴気孔, 殺生河原, 万座空噴の火山ガス組成を表4-10に示した。噴火前の5月, 8月の組成はそれ以前の値とほぼ同じで, 1979年水釜での噴火前に北側噴気孔, 殺生河原噴気孔でみられたようなSO₂含有量の増加は, 認められなかった。また温度の上昇も認められなかった。

噴火直後の10月27日の各噴気孔のガス組成も噴火前の組成とほとんど変わっていなかった。

表4-10 1982年10月噴火前後の山頂周辺の噴気孔のガス組成

	Temp. °C	H ₂ O V%	Chemical composition of gaseous components exclusive of water V%					Chemical composition of residual gas V%					SO ₂ /H ₂ S
			HCl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R	He	H ₂	Ar	N ₂	CH ₄	
Kitagawa													
'82.5.26	94.8	97.9	0.0	0.1	13.6	84.7	1.7	0.018	0.058	0.25	99.6	0.03	0.007
'82.8.26	94.2	97.9	0.0	0.09	17.5	81.1	1.3	0.045	0.00	0.24	99.7	tr.	0.005
'82.10.27	93.0	98.0	0.01	0.05	12.7	85.6	1.7	0.017	0.055	0.14	99.8	0.01	0.004
Karafuki													
'82.5.26	95.9	96.7	0.01	0.4	64.2	34.9	0.5	0.018	1.28	—	98.2	0.50	0.006
'82.8.24	95.1	98.9	0.0	0.03	75.1	24.4	0.6	0.016	1.96	1.04	96.6	0.43	0.0004
'82.10.27	95.0	97.3	0.01	0.3	63.7	35.7	0.4	0.017	1.11	0.79	97.6	0.46	0.005
Sesshogawara													
'82.6.26	94.0	94.6	0.0	0.2	34.5	64.1	1.2	0.020	0.085	0.77	97.5	1.60	0.006
'82.8.24	94.1	94.6	0.0	0.0	33.0	65.8	1.2	0.040	0.189	0.78	96.9	2.09	0.0
'82.10.27	94.0	91.9	0.01	0.1	31.7	67.2	1.0	0.020	0.080	0.66	97.7	1.57	0.003

4-4-3 噴火後の新火孔の火山ガス組成

1982年10月26日噴火以後、定期的に爆発孔およびその周辺に噴出する火山ガスを採取し、分析を行なった。結果を表4-11に示した。10月27日のガスは危険でもあるため、図4-12のリー3地点で主爆発口より放出されたガスを吸引法を用いて採取した。このガス組成をみると SO_2 が10.2%、 H_2S が7.8で $\text{SO}_2 > \text{H}_2\text{S}$ 型であった。また11月3日のガスは図4-12のN0.3の地点で採取したものであるが、この時も10月27日と同様に $\text{SO}_2 > \text{H}_2\text{S}$ 型であった。このようなガス組成は、以前の山頂および山麓のガス(表4-10)とは著しく異なった性質のものである。11月9日、12月24日、'83年1月28日のガス組成はそれまでのガス組成とは異なり、 $\text{H}_2\text{S} \gg \text{SO}_2$ 型で北側噴気孔、殺生河原噴気孔のガス組成に近いものとなった。1983年3月12日のガスはTotal Sの含有量は少ないが、再び $\text{SO}_2 > \text{H}_2\text{S}$ 型で、4月16日のガスでは SO_2 が検出されなかった。またR-gasの組成は、'82年12月24日に採取したガス以外はいずれも N_2 が主成分で、これに若干の He 、 H_2 、 Ar が含まれており、表4-10に示した山頂および山麓のガス組成に近いものである。しかし12月24日のガスは H_2 が45.7~48.3%と著しく多く含まれており、このような大きな値は筆者らがこれまで調査してきた白根火山噴気孔ガスおよび前述の1976年の水釜の噴火後の新火口でのガスにはなかった。

表3-11 1982年10月26日 噴火後の新火孔の火山ガス組成¹

Date	Temp. °C	H ₂ O V%	Chemical composition of gaseous components exclusive of water V%					Chemical composition of residual gas V%				
			HCl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R	He	H ₂	Ar	N ₂	CH ₄
'82.10.27 ¹	—	—	0	10.2	7.8	82.0	—					
'82.11.3 ²	81.0	—	—	74.3	25.7	—	—					
"	64.1	—	0	22.7	77.3	—	—	0.030	0.014	0.01	99.95	0
			(0)	(16.1)	(5.8)	(77.3)	—	(0.030)	(0.14)	(0.01)	(99.95)	(0)
'82.11.9 ³	91.4	95.0	0	0.1	18.1	81.8	—	0.002	0.49	0.55	99.0	0
'82.12.24	94.1	99.2	0	0.9	44.7	53.3	1.1	0.012	48.3	0.55	51.1	0.055
"	"	99.2	0	0.8	42.0	56.3	1.0	0.011	45.7	0.57	53.5	0.228
'82.12.30	—	—	—	—	—	—	—		0.065		99.9	
'83.1.28 ¹	—	—	0	0	11.5	88.5	—	0.034	0.026		99.9	
'83.3.12 ³	91.2	97.0	—	0.6	0.06	99.3	—	0.002	0.263		99.7	
'83.4.16 ³	84.2	95.8	—	—	8.3	91.7	—	0.001	0.022		99.98	

1 噴気孔近くの大気中の火山ガス組成

2 H₂Oは、検出されなかった

3 H₂Oの含有量は、H₂Oと酸性ガスの含量から求めた
() 内の組成は11月3日の推定値

上述のように噴火後の爆発口でのガス組成は各採取時期によって大きく変化している。このガス組成の変化と活動の経過とをくらべてみると、まず噴火直後のガスは $\text{SO}_2 > \text{H}_2\text{S}$ 型で、今回の噴火に関与したガスの性質をそのまゝ示しているものと考えられる。11月9日のガス組成は、それまでとは逆に $\text{SO}_2 \ll \text{H}_2\text{S}$ となった。これは10月29日頃から徐々に沈静化に向ったことに対応しているものと考えられる。その後、12月中旬までは静穏な状態が続いたが、12月20日頃から火山性の地震の発生回数が増加しはじめた。12月24日のガスは $\text{SO}_2 < \text{H}_2\text{S}$ 型ではあるが、R-gas中の H_2 含有量が45～48%と著しく多かった。このガスを採取した5日後の12月29日に第2回目の噴火が起った。このことから H_2 含有量の増加は2回目の噴火の前駆現象と言えよう。それ以後、活動は再び沈静化に向っていたが、3月にはいるとまた火山性地震が頻発し、湯釜西火口壁の噴気活動が活発になり、その周辺の地温も上昇した。3月12日のガス組成は再び $\text{SO}_2 > \text{H}_2\text{S}$ 型となり、1回目の噴火直後のガス組成と類似の成分のもので、噴火前ではなかったが、地下での活動が活発化したと推察される(図4-15)。

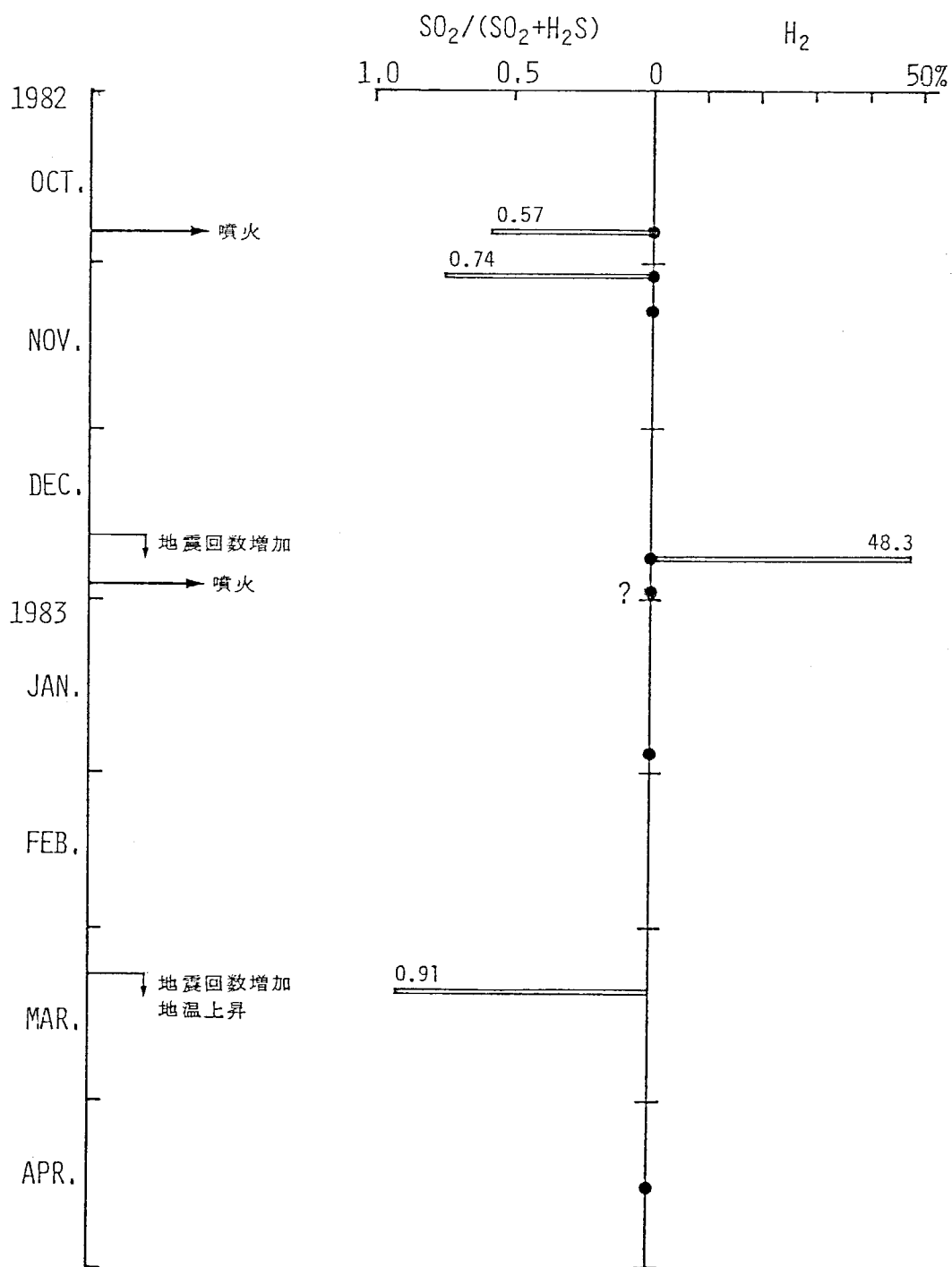


図4-15 1982年10月噴火後の新火孔のかスの
SO₂/(SO₂+H₂S) およびH₂含有量

4-4-4 火山灰の水溶性付着成分

1982年の10月および12月の噴火で放出された火山灰の噴出時期、噴出場所の異なる試料を選び、既述の方法で水溶性成分の抽出を行ない、結果を表4-12に示した。

抽出液のpHは3.1～3.7で酸性を示した。また付着成分のうち Cl^- は276～13300 mg/kg, SO_4^{2-} は12090～17480 mg/kgであった。また両者の割合 Cl/S (モル比)は涸釜での噴出物が0.04と極めて小さく、1976年の水釜の噴火の噴出物の値に近く、その他の試料の値は0.29～2.98で桜島の噴出物の値に近い。この値の違いは、涸釜での噴火が小規模で約20分間で終息したこと、湯釜での活動は現在でも続いていることも関連があるものと思われる。また湯釜からの噴出物の値で湯釜での活動に関与した火山ガスは1976年噴火に関与した火山ガスにくらべより高温なものと考えられる。

表4-12 1982年噴火による固形噴出物の水溶性成分

		mg/kg											
		pH	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Fe	Al^{3+}	Mn	Cl^-	SO_4^{2-}	SiO_2	Cl/S
'82.10.26	殺生河原	3.7	676	379	10400	622	425	64.1	33.1	13300	12090	519	2.98
"	湯釜	3.1	70.4	43.1	2040	122	1400	261	5.7	276	20080	698	0.04
'82.12.29	湯釜西壁	3.1	564	246	5780	700	647	168	30.5	1950	18160	647	0.29
"	湯釜西壁*	3.2	468	198	5800	578	632	211	25.4	2030	17480	669	0.31

* 泥流

4-5 結 言

本章では1966年以降の草津白根火山における地球化学的研究, 特に火山ガスの研究結果について論じてきた。

その結果, 1942年の噴火以後徐々に沈静化に向っていった草津白根火山が, 山頂周辺の火山ガス組成の変化, 水釜周辺の新噴気孔の火山ガス組成, 大気中の H_2S 濃度の増大および分布の拡大などから1974年頃から活発化に転じ, その活動中心は水釜周辺であることを指摘し, 1976年の水蒸気爆発を予測することができた。

また1982年の噴火の前に, 湯釜湖底に熔融硫黄が存在し, 湖面付近の大気中には他の地域では認められない SO_2 が含まれていることなどから, 湯釜が現在の活動中心であることが推定され, 噴火の可能性のある危険地域を注意することができた。

さらに1982年12月の噴火の直前には火山ガス中の H_2 含有量が増加する現象がみとめられた。

以上のことから, 草津白根火山のように, 水蒸気爆発を起す火山においても, その火山活動の推移を知る方法として火山周辺の噴気孔の温度および火山ガス組成の変化を調べることは有効であると言えよう。特に火山ガス成分のうち $\text{SO}_2/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ の値の変化, R-gas 中の H_2 含有量の変化が効果的な指標となると考えられる。

またこのような火山では、本章では論じなかったが火山ガス組成の変化以外にも、例えば湖沼水、河川水の水質の変化なども火山活動の推移を知る上では有効な場合もあると言えよう。

31 用 文 献

- 安藤 武 (1957): 草津殺生河原地熱地帯調査報告一特に内部地質の性質について一, 地調月報, 8, pp 131-137.
- 伊藤 芳明・斎藤 輝夫・関岡 満 (1981): 草津白根火山, 湯釜の湖盆計測と水温計測について, 才I部; 1978年夏の測定, 地熱学会誌, 3, pp 1-14.
- Iwasaki, I., Ozawa, T., Yoshida, M., Katsura, T., Iwasaki, B., Kamada, M. and Hirayama, M. (1962): Volcanic gas in Japan, Bull. T. I. T. 47, pp 1-54.
- 川崎 繁太郎 (1902): 草津白根火山の爆發, 地質学雑誌, 9, pp 461-465.
- 気象庁 (1975): 日本活火山要覧, pp 44-46.
- 気象庁 (1976): 草津白根火山の火山活動, 特に震動観測結果について, 火山噴火予知連絡会公報, 1, pp 23-27.
- 前田 憲二郎, 阿部 喜久男 (1968): 草津万座地域調査報告, 群馬県草津白根火山地熱基礎調査報告書, pp 27-33.
- 水上 武 (1939): 最近の草津白根火山の活動 (其の一), 地震, 11, pp 207-228.
- Minakami, T. (1939): Explosive activity of Volcano Kusatu-Sirane during 1937-1938 (part I), Bull. Earthq. Res. Inst., 17 pp 590-623.
- 水上 武・松下 和則・内堀 定市 (1942): 最近の草津白根火山の活動 (其の二), 地震, 14, pp 213-227.
- Minakami, T. Matsusita, K. and Utibori, S. (1942): Explosive activity of Volcano Kusatu-Sirane during 1938-1942 (part II), Bull. Earthq. Res. Inst., 20, pp 505-526.

南英一・山懸登・島誠・西条八束(1952): 草津白根山の火口湖「湯釜」に就て(その1), 陸水学雑誌, 16, pp 1-5.

中村久由・比留川貴(1957): 群馬県万座温泉調査報告—特に変質帯と噴気・温泉との関係—, 地調月報, 8, pp 1-14.

大橋良一(1911): 草津白根火山地質調査報告, 震災予防調査会報告, 28, pp 36-45.

大橋良一(1914): 草津白根火山地質調査報告(五), 地質学雑誌, 21, pp 422-441.

小坂丈予・小沢竹二郎・平林順一・野村昭之助・高江洲瑩(1975): 草津白根火山の周辺の火山ガスの変化, 火山学2集, 19, pp 197.

小坂丈予・平林順一・野村昭之助・小坂知子・林保・増田保夫(1980): 草津白根火山, 湯釜湖底の溶融硫黄について, 火山学2集, 24, p 309.

Nauman, E. (1982): Neue Beiträge zur geologie und geographie Japans, Petermanns Mittheilungen, 23, pp 1-25.

野口喜三雄・一國雅己・荒木匡・西井戸敏夫・中川良三(1966): 白根火山及びその周辺の噴気並びに温泉の地球化学的研究, 温泉科学, 12, pp 9-21.

野村昭之助・高江洲瑩・小坂知子・小坂丈予(1979): 草津白根火山周辺の火山ガスの成成的特徴とその由来について, 日本地熱学会誌, 1, pp 117-124.

津屋弘達(1933): 昭和七年十月草津白根山爆発に就いて, 地震, 5, pp 71-95.

- Tsuya, H. (1933): Explosion activity of Volcano Kusatu-Sirane in October, 1932, Bull. Earthq. Res. Inst., 11, pp 82-112.
- Watanuki, K. (1961): Geochemical studies on acid hat springs, Scientific Papers of the College of General Education Univ. Tokyo, 11, pp 205-223.

第5章 近年噴火した2,3の火山における火山ガス成分変化

5-1 木曾御岳火山

5-1-1 1979年の噴火の概要

御岳火山はこれまで噴火の記録はなかったが、1979年10月28日午前5時20分頃突然剣ヶ峰の南西斜面に北西～南東の一直線上に10個の火口を開口し、噴火を開始した(図5-1)。活動は火山岩片および火山灰の放出を主としたが、同日夕刻までには衰退して概ね白煙に変った。この一連の活動による噴出物は火口周辺で約50cmの厚さに堆積し、火山灰は北東方向に約150kmは離れた前橋市でも認められた。降下直後の火山灰は著しく湿った状態で凝集しており開田村では直径3～4mmの粒状のものが積ったが、堆積後時間が経つにつれて乾燥・分散し、その量が著しく減少した。

これらの固形噴出物は Quartz, Feldspar, Pyroxene, Cristobalite の造岩鉱物と硫化物として Pyrite, 硫酸塩鉱物として Gypsum, Anhydrite, 粘土鉱物として Montmorillonite, Kaolin, 少量の Chlorite で構成されており、その化学組成などから今回の噴火では熔融マグマから直接供給されたと考えられる本源的な噴出岩は認められなかった。

11月以降は図5-1に示した NO.1, NO.3, NO.9 火口

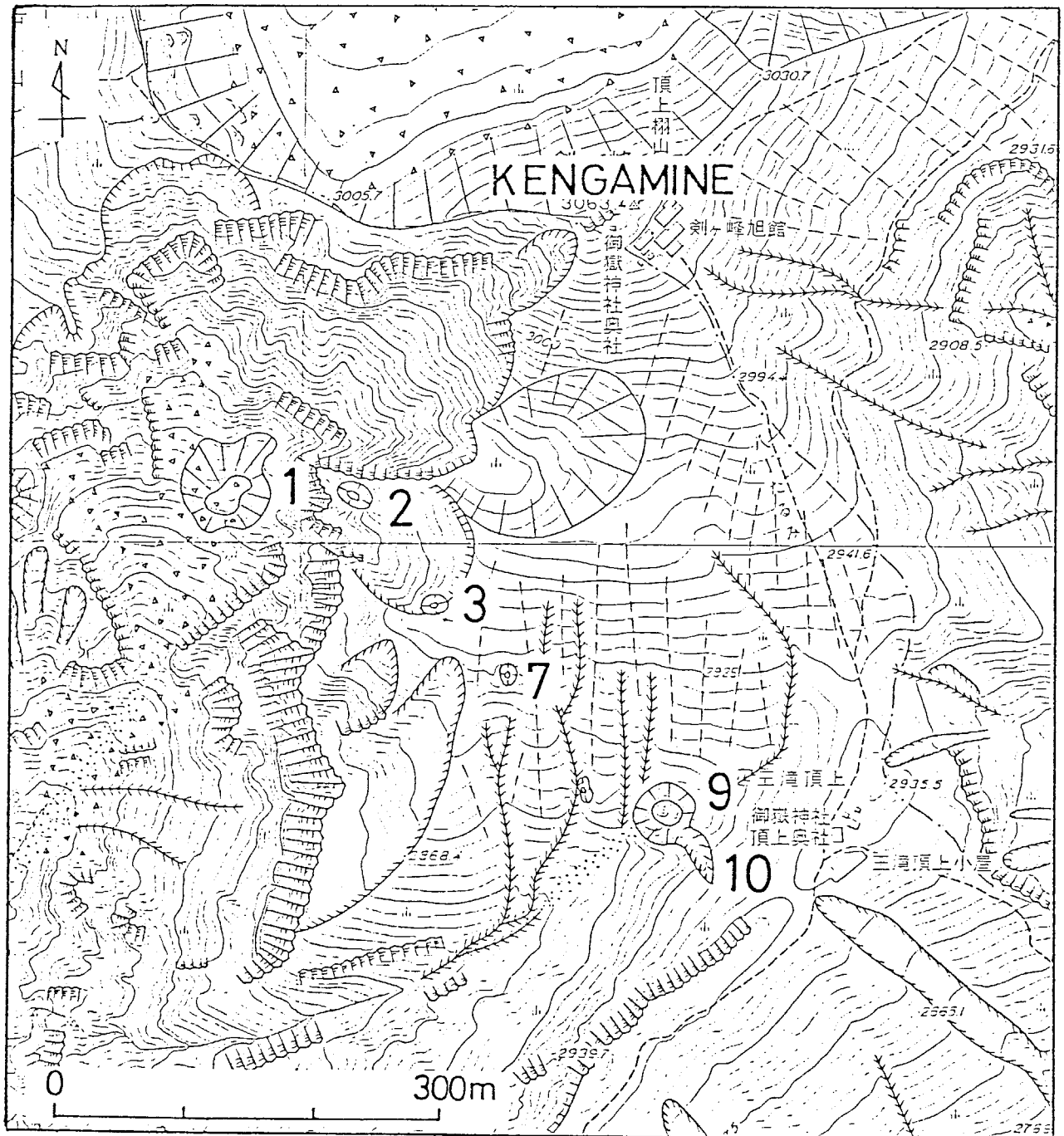


図5-1 木曾御岳火山新火口の位置

で噴煙活動が続き、上旬と中旬に若干の降灰が認められ、12月には噴煙量も少なくなった(気象庁1980)。また地震観測の結果(下鶴宮崎1980, 青木ほか1980)からも活動の沈静化が認められている。

12月末からは、王滝山頂直下の第9, 第10火口から王滝小屋付近にかけて積雪上に硫黄が付着しているのが認められるようになり、現在でもNO.9, NO.10の両火口が最も活発な噴気活動を行っている。

5-1-2 火山ガス成分

噴火直後の1979年11月10日に山頂の新火口で採取した火山ガス組成を、その後の1980年10月10日, 1981年6月16日, 1982年6月5日, 同11月2日の結果と併せて表5-1にまとめて示した。

噴火直後の火山ガスは温度が 90.2°C で、これは噴気孔の標高(約2900m)での沸点にほぼ相当する。火山ガス組成は H_2O が94%とやや少く、 H_2O 以外の成分では HCl は0.01%以下でほとんど含まれていないが、 H_2S : 3.3% に対して SO_2 は16.1% と多く、完全な $\text{SO}_2 > \text{H}_2\text{S}$ 型の成分であり、これは Iwasaki et al. (1966) による分類の(Ⅲ)のステージでも高温のガス組成に属する。またR-gas中には H_2 が9.7% 含まれることから高温タイプのかスと言えよう。

1980年10月10日の噴気孔の温度は 108°C で、 H_2O 以外のガス組成は HCl が0.3%, SO_2 は2.5%, H_2S が

表5-1 木曽御岳火山 噴気孔カスの化学成分

Date	Temp. °C	H ₂ O V%	Chemical composition of gaseous components exclusive of water (V%)					Chemical composition of R-gas (V%)					SO ₂	
			HCl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R	H ₂	CH ₄	N ₂	He	Ar	O ₂	SO ₂ + H ₂ S
'79-11-10	90.2	94.0	<0.01	16.1	3.3	80.2	0.4	9.7	0.21	89.6	0.27	0.24		0.83
'80-10-10	103 ¹	98.6	0.3	2.5	16.9	79.9	0.4	17.0	1.7	74.8			6.5	0.13
"	"	98.4	0.3	2.4	16.5	80.4	0.4	17.5	1.9	74.2			6.4	0.13
81-6-16	132.3 ¹	99.0	0.6	1.8	32.2	64.5	0.9	8.2	0.5	86.4	0.05		4.9	0.05
"	"	98.9	0.7	1.9	33.3	64.0	0.3	18.5	1.0	70.7	0.1		9.3	0.05
'82-6-5	142 ²	98.2	0.01	1.3	20.0	78.3	0.4	13.7	1.6	77.4	1.6		7.2	0.06
"	145.5 ¹	98.5	0.01	1.2	19.7	78.6	0.4	12.5	1.4	80.2	0.07		5.9	0.06
'82-11-2	91.4 ³	98.6	0	0.1	32.5	67.1	0.2	21.4	0.54	69.8	0.06		8.2	0.004
"	141.0 ²	98.5	0.02	1.9	23.5	74.3	0.3	13.0	1.2	75.8	0.04		10.0	0.07
"	144.5 ¹	99.1	0.02	1.8	23.4	74.6	0.2	20.4	1.7	71.5	0.07		6.3	0.07

1:No.10 crater 2:No.9 crater 3:No.7 crater

16.5 ~ 16.9 % で、噴火直後のガス組成とは逆に SO_2 < H_2S 型となった。 K-gas 中の H_2 が 17.0 ~ 17.5 % と増加した。

1981年6月16日に噴気孔の温度は 132.3°C とさらに上昇し、ガス組成は HCl が 0.6 ~ 0.7 % となり、 SO_2 は 1.8 ~ 1.9 % と減少し、 H_2S は 32.3 ~ 33.3 % と増加し、より SO_2 < H_2S 型の傾向が著しくなった。

1982年6月5日の調査時には噴気孔温度は 145°C と前年にくらべ約 10°C 上昇したが、 HCl は 0.01 % と減少した。他のガス成分は1981年の結果と大きな変化は認められなかった。また同年11月2日のガスは温度、組成ともに6月の値とほとんど同じであった。

5-1-3 火山灰の水溶性付着成分

図5-2に示した各地点で噴火直後に採取した火山灰についてこれまでの方法に準じてその水溶性成分の分析を行った(表5-2)。

抽出液のpHは4.1 ~ 5.3でいずれも弱酸性を示し、水溶性成分のうちAlは $12 \sim 34 \text{ mg/kg}$ と付着量は少ないが、他の陽イオン成分はNaが $906 \sim 2150 \text{ mg/kg}$ 、Kが $430 \sim 1030 \text{ mg/kg}$ 、Caが $3470 \sim 5040 \text{ mg/kg}$ 、Mgが $402 \sim 1040 \text{ mg/kg}$ 、Feが $103 \sim 545 \text{ mg/kg}$ 、Mnが $115 \sim 337 \text{ mg/kg}$ とその量が多かった。また陰イオン成分では Cl^- が $1490 \sim 5950 \text{ mg/kg}$ 、 SO_4^{2-} が $3882 \sim 22590 \text{ mg/kg}$ と著しく多く付着している。また両成分の割合 Cl/S (モル比) は 0.31 ~ 1.04 (平均 0.7) で

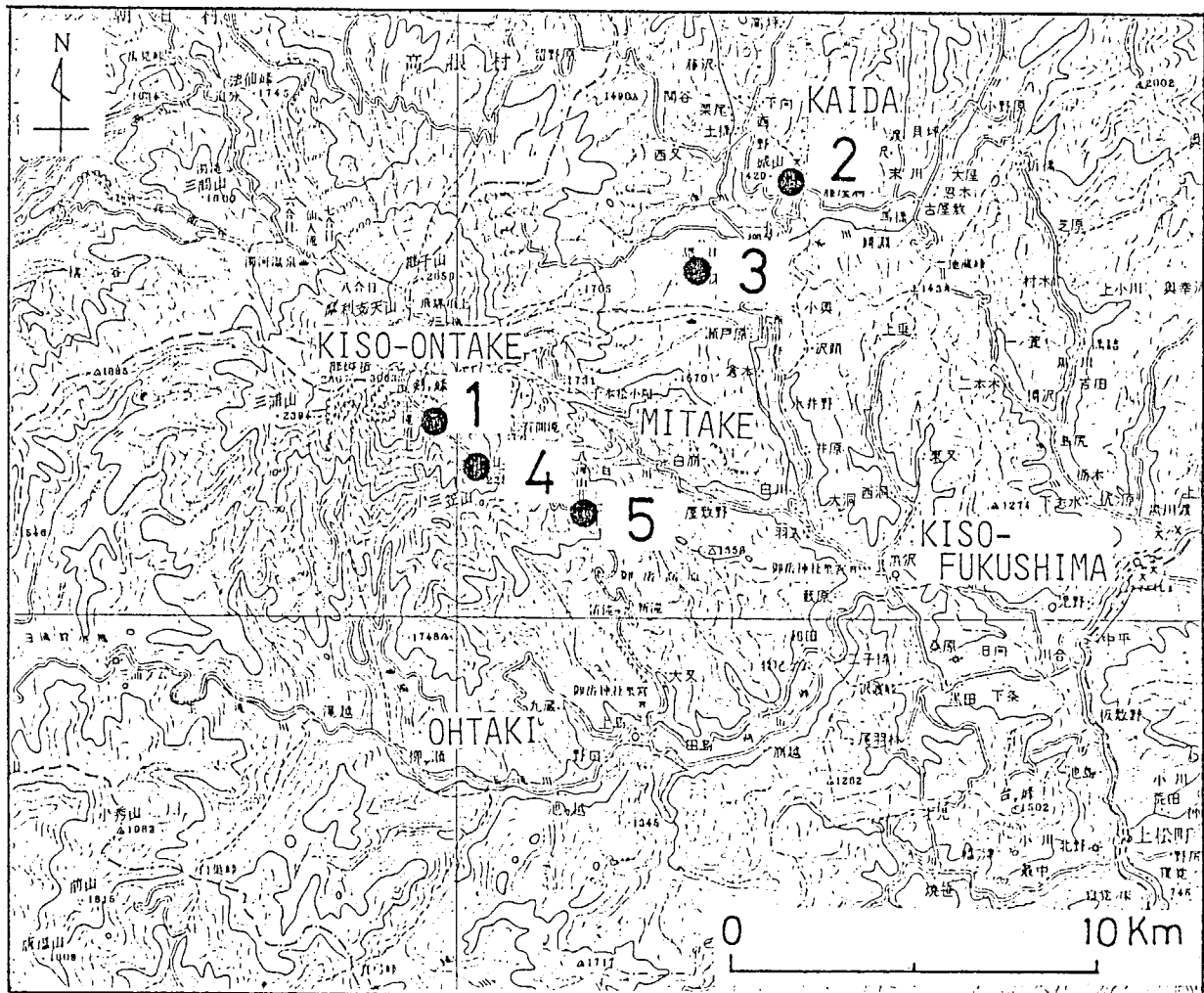


図5-2 降下火山灰の採取地点

あり、1976年の草津白根火山の水蒸気爆発で放出された火山灰の値にくらべても著しく大きく、マグマ性の噴火をくり返す桜島火山の火山灰の値に近いものであった。

表5-2 火山灰の水溶性付着成分

Sample	pH	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	Cl	SO ₄	Cl/S
1.Oct.28,1979	5.3	1310	582	3470	734	103	17	289	2700	11460	0.64
2.Oct.29,1979	4.3	947	430	5040	402	531	17	118	1620	14910	0.29
3. "	4.4	906	452	4430	445	502	12	115	1670	13090	0.35
4. "	4.1	2150	1030	8410	1040	545	34	337	5950	22590	0.71
5.Oct.30-31,1979	4.3	—	—	—	—	—	—	—	1490	3880	1.04

mg/Kg

5-1-4 結果の検討と考察

木曽御岳火山 1979 年噴火直後の火山ガスは地表では 90.2°C と低く、また HCl がほとんど含まれていないが、 $\text{SO}_2 \gg \text{H}_2\text{S}$ 型であり、また $R\text{-gas}$ 中に H_2 が多く含まれることからやや高温型の火山ガスである。一方火山灰の水溶性付着成分の Cl/S の値が大きくマグマ性の噴火により放出された火山灰の値に近く、噴火直後に山頂で採取した湧水、火口跡の溜水の中の Cl^- も SO_4^{2-} にくらべ著しく多く含まれていた(表 5-3)。これらの事実から、今回の噴火は、山頂下 3 ~ 4 km にある高温岩体(地震観測の結果(下鶴宮崎 1980))から分離上昇した高温のガスが山頂下浅所に貯留されていた粘土鉱物を主体とした帯水層に突入し、水蒸気が多量に生成され、急激に圧力が高まって起ったものであり、この帯水層において高温の火山ガスは冷却され、ガス中の HCl は気相から液相へと移行したと考えられる。

このような理由で噴火直後の火山ガスは温度が低かったが、その後、徐々に温度が上り、1982 年には 145°C になった。また噴火直後のガス中には HCl がほとんど含まれなかったが、1980 年には 0.3%, 1981 年には 0.6 ~ 0.7% と増加した。一方、火山ガスの $\text{SO}_2/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ の値が噴火直後は 0.83 であったものが、1980 年には 0.13, 1981 年以後は 0.05 ~ 0.07 と小さくなった(図 5-3)。また酒井らの測定による火山ガス中の SO_2 および H_2S の硫黄同位体組成から求めた地下での

表 5-3 木曾御岳火山 山頂付近の湧水の化学組成

mg/l												
	Date	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Mn	Al ³⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂
mud pot	'79.11.9	1	2360	710	3700	1670	3840		3820	57200	6350	655
	'79.11.10	2.1	631	110	2760	235	1720		760	9330	1650	215
	'80.6.12	3.62	84.2	31.3	291	57.7	28.9	16	22	426	714	308
No.9 mud pot	'80.9.10	2.68	109	6.76	53.3	29.6	24.5	6.33	15.2	221	457	147
No.10 mud pot	'80.9.10	2.01	646	14.6	65.9	134	105	32.2	43.6	1290	1430	133
"	'81.6.16	1.7	57.9	18.1	113	24.7	284	1.9	403	1980	1434	512
"	'82.11.2	2.15	32.9	9.7	67.1	22.2	122	1.8	156	294	1353	286

火山ガス温度 (THODE et al., 1971 による方法で求めた) は、噴火直後は 255°C であったが、1981年には約 200°C と低下した (図5-3)。

以上の結果から、噴火後御岳火山では地下での活動は年々沈静化に向っているものと考えられる。それために地表孔口でみられる噴気温度の上昇傾向は噴火の継続により、山頂直下の帯水層中のガス通過地点での高温状態が続き、蒸発、乾燥により水分が涸渇し、冷却効果がおとるえ、また HCl の水への移行が少なくなったことによるものと考えられる。しかし、1982年の6月と11月の測定結果から火山ガスの温度および組成はほとんど変化していないことから、地下でのガス温度の低下と、地表までの間の冷却効果とがほぼ均衡を保ってきたものと考えられ、後述の吾妻山の例に照しても徐々に地表温度も低下しはじめるのではないかと予想される。

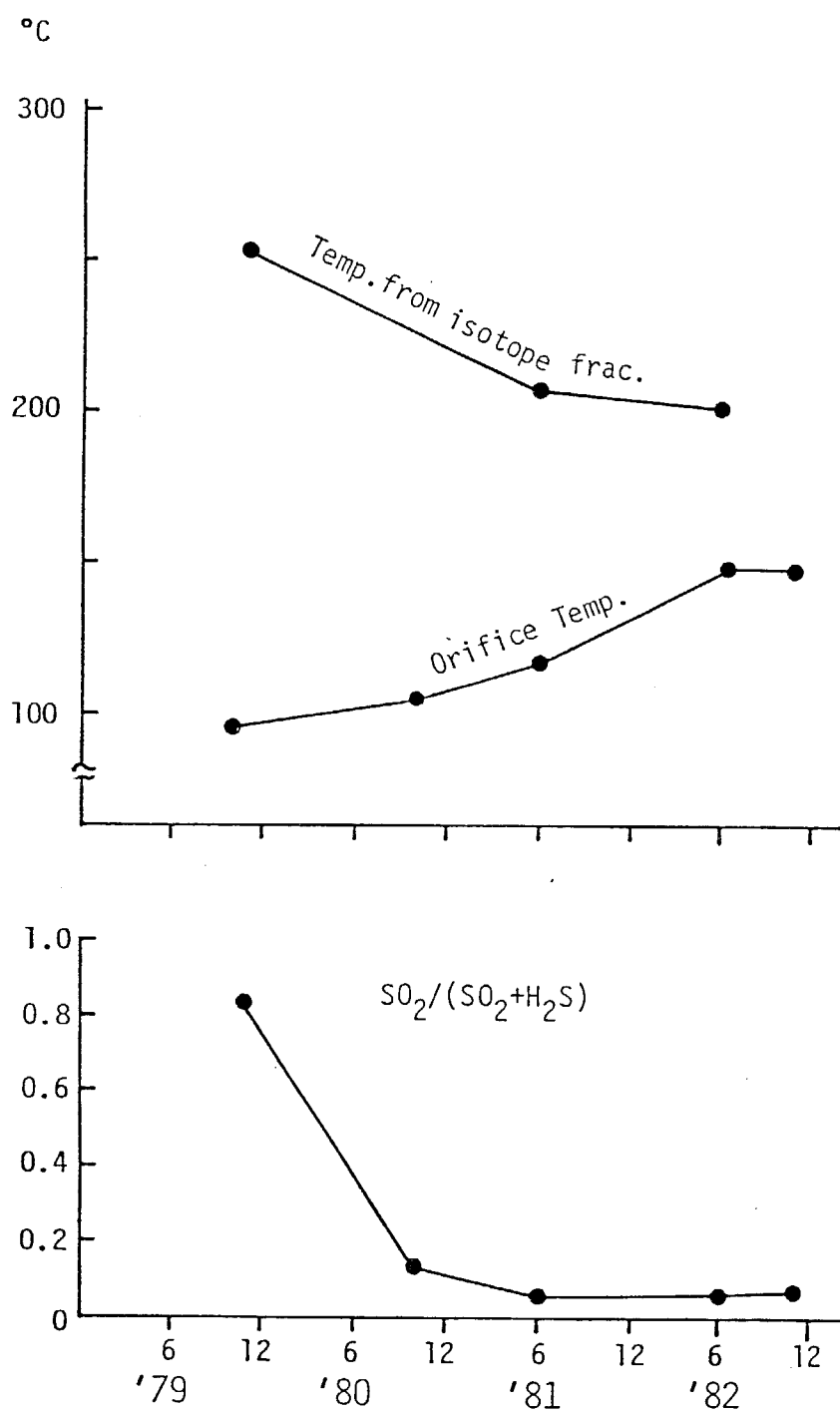


図5-3 噴気孔温度および硫黄同位体組成から求めた
平衡温度と噴気孔ガスの $\text{SO}_2/(\text{SO}_2+\text{H}_2\text{S})$ の変化

5-2 吾妻火山 - 切経山

5-2-1 1977年の噴火の概要

吾妻火山 - 切経のこれまでの活動は大森(1918), 諏訪(1963), 村山(1978), 気象庁(1975), 植木・高木(1981)らによってまとめられている。有史以後の活動は1977年までに7回あったが, このうち1893~1895年の活動が最も大規模で, 直接マグマに由来した本質岩片が放出されたと言われている(西和田1893)。

1977年の活動は10月26日に大穴の西側の火口壁で始まり, 15時頃に土砂を20mの高さまで噴き上げ, その後噴気量も増大し, こぶれ太の岩片を噴出した。この時に放出された固形噴出物は東方に約0.1kmの範囲に分布した(福島地方気象台1978, 気象庁観測部1978)。

10月29日の調査時点では図5-4, 図5-5の大穴付近の地形図および見取図に示したNO.5噴気孔からは噴水のように水を吹き上げているのが観察された。これは泥まじりで高濃度の塩類を溶解し, また強酸性の温泉で, ややが火口壁斜面にあたって流下し, 他の湧泉と合さって浄土平に達し, さらに下流河川に流入して河川水のpHを下げた。

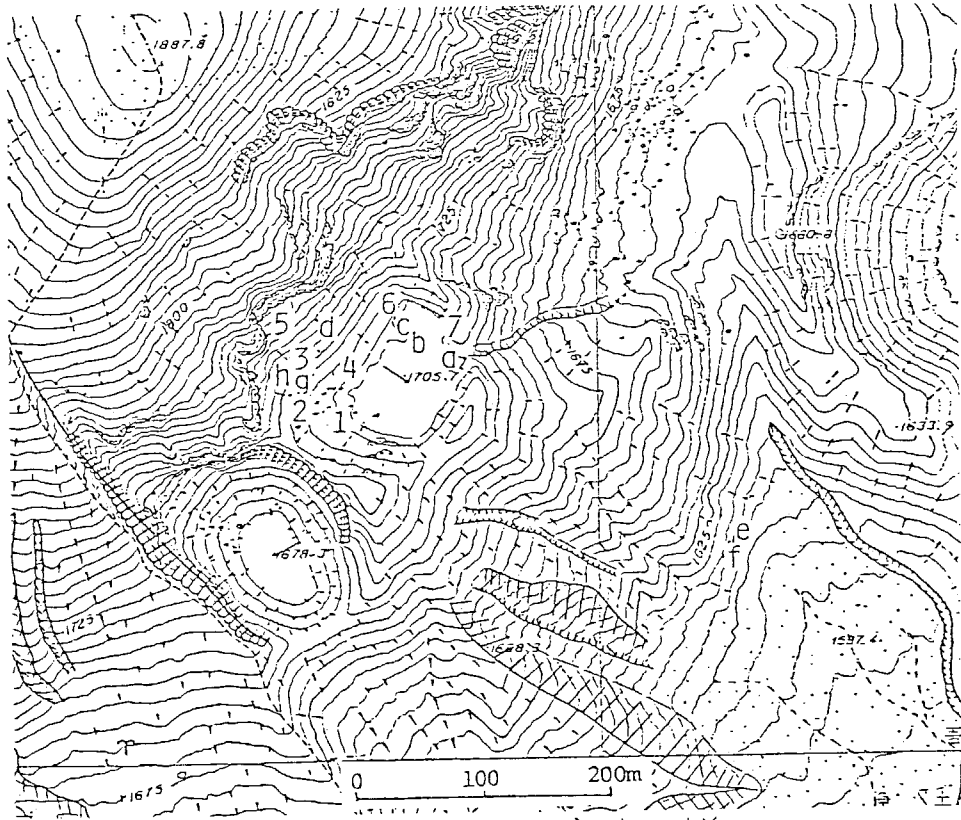


図5-4 吾妻火山一切経山大穴火口付近

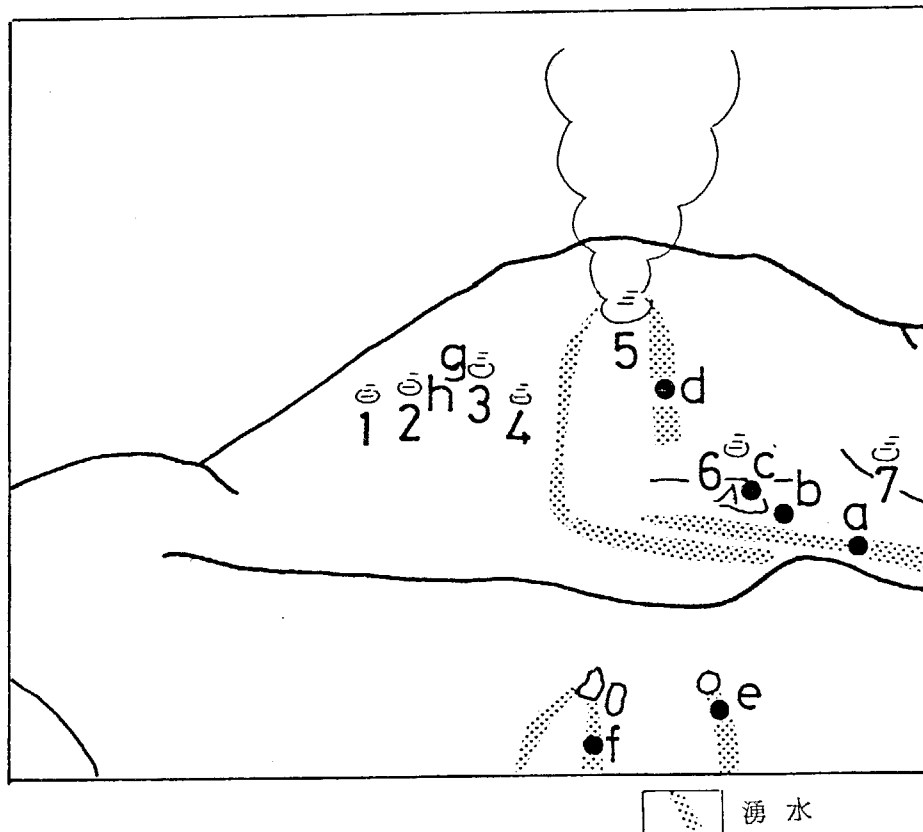


図5-5 吾妻火山一切経山大穴付近山頂見取図

5-2-2 火山ガス成分

a) 噴気温度

噴火直後およびその後の火山ガスの分析結果を表5-4に示した。同表には小沢による1953年, 1955年, 1961年の噴気孔ガスの結果も併せて示した。火山ガスの温度は, 噴火直後はいずれも 100°C 以下と低く, 9ヶ月後の'78年7月には, NO.4噴気孔が 133°C , NO.5噴気孔の推定温度は 400°C 前後(噴気孔周辺に Sal. ammoniac: NH_4Cl が生成していたことから判断した)と上昇した。しかしその4ヶ月後の'78年11月にはNO.5噴気孔は 280°C となり, NO.4噴気孔も 94°C と低下した。'79年5月にはNO.5噴気孔はさらに温度が低下し 93.9°C となった。またこの時点での最高温度はNO.1の 118.5°C で, '78年11月の値と大差はなかった。'79年10月にはNO.1噴気孔は 108.5°C となった。

b) 火山ガス成分

特に酸性ガス成分についてみると HCl は'78年7月のNO.4噴気孔が 14.9% と最高で, これにつづき同年11月のNO.5噴気孔の 2.4% が大きな値であり, 他の時期の噴気ガス中にはいずれも 0.1% 以下であった。 SO_2 および H_2S は'78年11月の 280°C のNO.5噴気孔が最も多く含まれていた。これらの酸性ガスの変化については $\text{HCl}/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$, および $\text{SO}_2/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ の割合を取った(図5-6, 図5-7)。噴火直後の $\text{HCl}/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ は

表5-4 噴気孔ガスの組成

No.	Date	Temp. °C	H ₂ O V%	H ₂ O 以外のガス組成 V%					R ガスの組成 V%				
				HCl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R	H ₂	He	N ₂	CH ₄	Ar
	'53.10.16	96.0	—	—	35.2	4.9	59.4	0.5					
	'55. 8.23	95.5	—	—	17.7	1.7	79.1	1.5					
	'61. 8.24	148	98.3	4.5	6.7	17.8	69.8	1.0					
	"	120	98.3	15.7	10.1	26.7	45.7	1.2					
1	'77.10.29	92.3	94.0	0.2	0.1	3.6	94.0	2.1	0.4	0.03	99.6	0	
6	"	99.5	94.3	tr.	0.9	3.0	95.1	1.0	0	0.07	99.9	0	
7	"	97.0	95.9	tr.	5.6	0.4	93.0	1.0	1.5	0.07	98.4	0	
4	'78. 7.31	133	98.3	14.9	5.2	15.3	63.0	1.6	8.0	—	92.0	0	
5	'78.11. 4	280	95.9	2.4	9.8	34.0	52.9	0.9	21.9	—	78.0	0.09	
6	"	100	98.6	0.8	0.3	15.1	82.9	0.9	3.4	—	96.5	0.07	
1	'79. 5.24	118.5	97.5	0.3 _a	0.59	5.2 _a	92.8	1.0 _a	2.97	0.063	96.8	0.14	0.05
2	"	105.5	97.7	0.3 _a	0.69	4.6 _a	93.2	1.0 _a	3.03	0.060	96.7	0.14	0.11
3	"	107.5	97.2	0.1 _a	0.91	4.1 _a	93.7	1.1 _a	6.27	0.060	93.5	0.13	0.07
5	"	93.9	98.1	0.0 _a	0.21	1.6 _a	96.7	1.3 _a	5.80	0.057	93.7	0.24	0.25
7	"	95.2	97.7	0.0 _a	0.18	5.7 _a	93.0	1.0 _a	3.07	0.066	96.7	0.14	0.05
	'79. 5.24	94.3	96.9	0.0 _a	1.2 _a	2.3 _a	95.3	1.1 _a	3.69	0.053	96.0	0.15	0.06
	"	93.7	97.2	0.0 _a	0.0 _a	4.2 _a	94.6	1.1 _a	0.78	0.066	99.0	0.14	0.06
1	'79.10.11	108.5	98.8	0.4	0.7	13.5	84.3	1.1	7.9	0.059	91.3	0.6	0.1
4	"	104.0	98.8	0.2	1.2	12.1	85.6	0.9	12.6	0.056	86.7	0.6	0.1
6	"	95.8	98.1	—	0.2	17.1	81.6	1.1	7.7	0.060	91.5	0.6	0.1
7	"	94.3	98.9	0.05	0.9	14.8	83.2	1.0	6.7	0.060	92.6	0.6	0.09

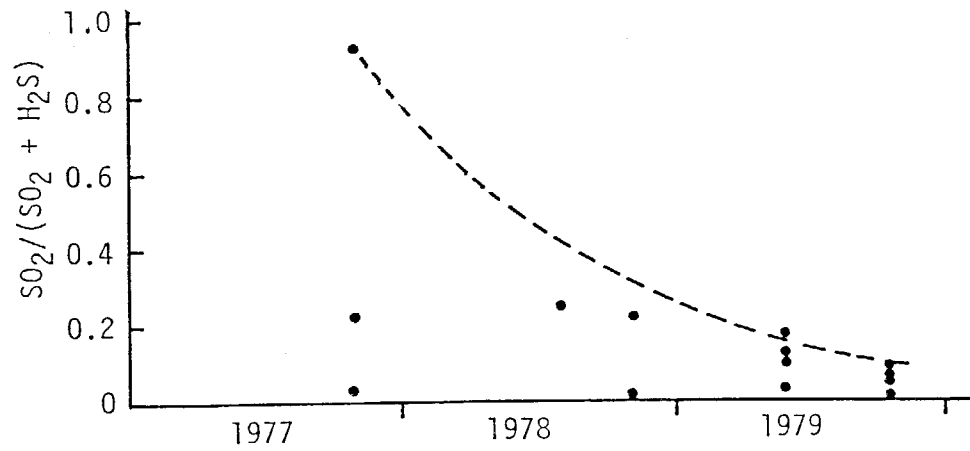


図5-6 噴気孔カスの $\text{SO}_2/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ の変化

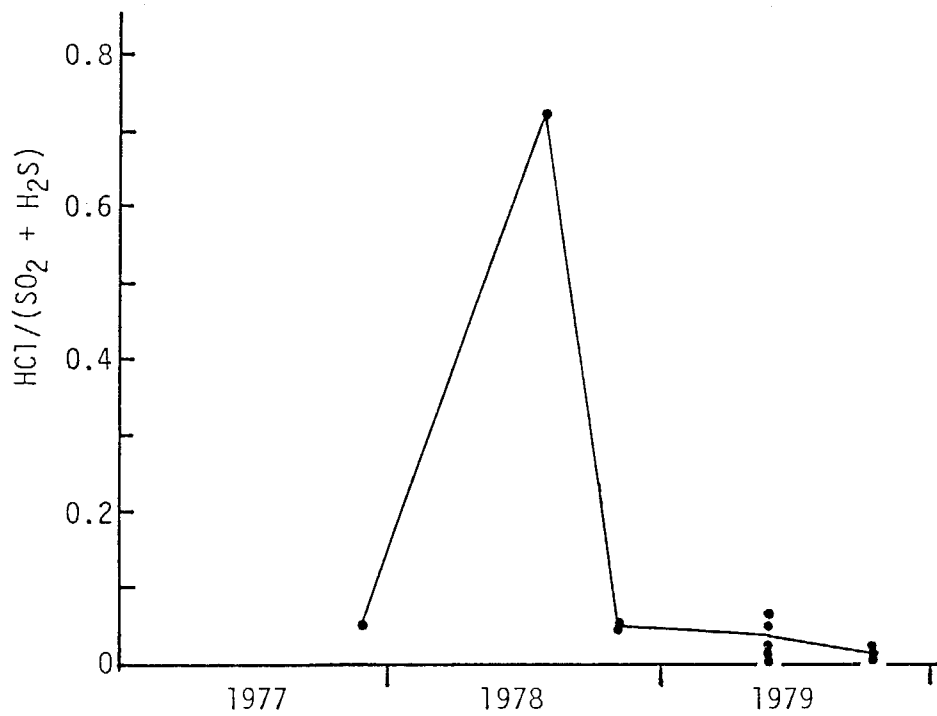


図5-7 噴気孔カスの $\text{HCl}/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ の変化

0.05であったが、'78年7月には0.73と大きくなり、'78年11月には0.005~0.07と再び小さくなり、その後はさらに小さな値となった。一方 $SO_2/(SO_2+H_2S)$ は噴火直後のNO.7噴気孔が最も大きく0.93でその後は徐々に小さくなっている。

R-gasは H_2O を除いた成分の0.9~1.1%でほとんど変動は認められなかった。R-gasの大部分は N_2 で、78.0~99.0%を占め、残りは H_2 : 0.4~2.9%, CH_4 : 0~0.24%, Ar : 0.05~0.25%, He : 0.03~0.07%であった。

5-2-3 結果の検討と考察

1977年の噴火直後からの現地の状況、火山ガスを中心とした観測の結果から、今回の活動の推移を噴火活動開始初期、表面活動最盛期、噴火活動衰退期、活動沈静期の4つに分けた。

a) 噴火活動開始初期:

1977年10月29日の噴火開始直後には、主噴気孔であるNO.5噴気孔は多量の水を伴って噴出していた。この時期の噴気孔温度は山頂地表下に存在する滞水層で冷却されたために、いずれの噴気孔も $100^{\circ}C$ を越えるものはいなかった。また火山ガス組成もこの水相への溶解で、水に溶けやすい HCl , SO_2 , H_2S などは極めて少なく低温型の性質であった。このため噴火初期に湧出した各湧泉は、火山ガスから成分の供給を受けて Cl^- ,

SO_4^{2-} が著しく多く、強酸性を示した(表5-5)。他の陽イオン成分も高濃度であること、湧水中には Gypsum, Alunite, Cristobalite, などを懸濁していたことなどから、これらの湧水は噴火開始前の静穏期間中に、地下において長時間にわたって火山ガスと周囲の岩石から成分の供給を受け、濃集したものと考えられる。また湧泉 b, c は噴気孔の近く周辺で生成したもので、主には噴気ガスの凝縮水によるものと思われる。大穴外斜面の湧泉(f)は pH が 3.4 で、これは上述の酸性泉が、その湧出過程で通路の岩石と反応して中和されたためと考えられる。

表5-5 山頂付近の湧水の化学組成

	W.T. (°C)	pH	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Fe	Al^{3+}	SiO_2	F	Cl	SO_4	湧出量 l/min
'51	—	0.6	4.70	3.80	2.67	3.22	11.1	12.0	—	3.05	79.1	8.00	1200
a '77.10.29	21.0	1.1	4.29	0.95	0.784	3.11	5.05	3.74	0.552	0.656	13.9	90.0	1500
d "	22.9	1.1	4.70	1.01	0.735	3.33	5.46	3.90	0.552	0.732	16.4	83.3	900
b "	31.0	1.7	0.305	0.0485	0.305	0.427	0.584	0.372	0.392	0.0284	0.818	6.27	180
c "	54.2	1.7	0.310	0.0425	0.475	0.500	0.827	0.434	0.440	0.0203	0.813	5.01	30
f "	94.3	3.4	2.45	0.423	0.134	3.07	0.0753	0.0026	0.416	0.0003	5.83	9.28	60
h '78.11. 4	86.1	1.6	0.056	0.011	0.140	0.078	0.160	0.179	0.376	—	0.580	2.40	0.2

g/l

b) 表面活動最盛期:

'78年7月31日頃には山頂地下に貯留されていた温泉が噴火活動による噴出で涸渇し、大穴火口内の湧泉の流出はほとんど停止した。このため地下深所からの火山ガスも、地下の滞水層による冷却がなくなり、その温度は急上昇した。特に最も活発なN0.5噴気孔の温度は、激しい活動のために測定が出来なかったが、 400°C 前後と推定され、N0.4噴気孔も 133°C となった。また噴気孔ガス成分中、 HCl 、 SO_2 、 H_2S の各成分含有量も著しく増加し、特にN0.4噴気孔の HCl は14.9%と今回測定したなかで最高を示し、 SO_2 、 H_2S もそれぞれ5.2%、15.3%になった。これらの諸結果から、この時期が表面活動の最盛期と言えよう。

c) 噴火活動衰退期:

'78年11月4日の調査の際には、活動も若干衰退の傾向を示しつつあり、大穴火口内で最も活発であったN0.5噴気孔も 280°C に降下し、 HCl も2.4%に減少し、逆に SO_2 、 H_2S はそれぞれ9.8%、34%と増加を示し、 $\text{HCl}/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ は0.05と噴火直後の値にもどった。このことから、この時期が最盛期を過ぎて衰退に向いていることを示すものである。

d) 活動沈静期:

'79年5月にはさらに各噴気孔温度が低下し、 100°C 前

後となった。特にこれまで温度の高かったN0.5, N0.7
噴気孔はそれぞれ 93.9°C , 95.2°C と著しく低下し、か
すの成分も、 HCl , SO_2 , H_2S の含有量が減少した。
'79年10月にはさらに沈静化が進み、N0.1噴気孔の温度
は約 10°C 低下した。また $\text{HCl}/(\text{SO}_2+\text{H}_2\text{S})$, $\text{SO}_2/(\text{SO}_2+\text{H}_2\text{S})$
の値もこれまでにくらべて一段と小さな値となった。
これらの結果から考えると、今回の噴火活動もほぼ沈
静し、静穏時の状態に近づいたものと推定され、今後
はこの状態がしばらく継続するものと思われる。

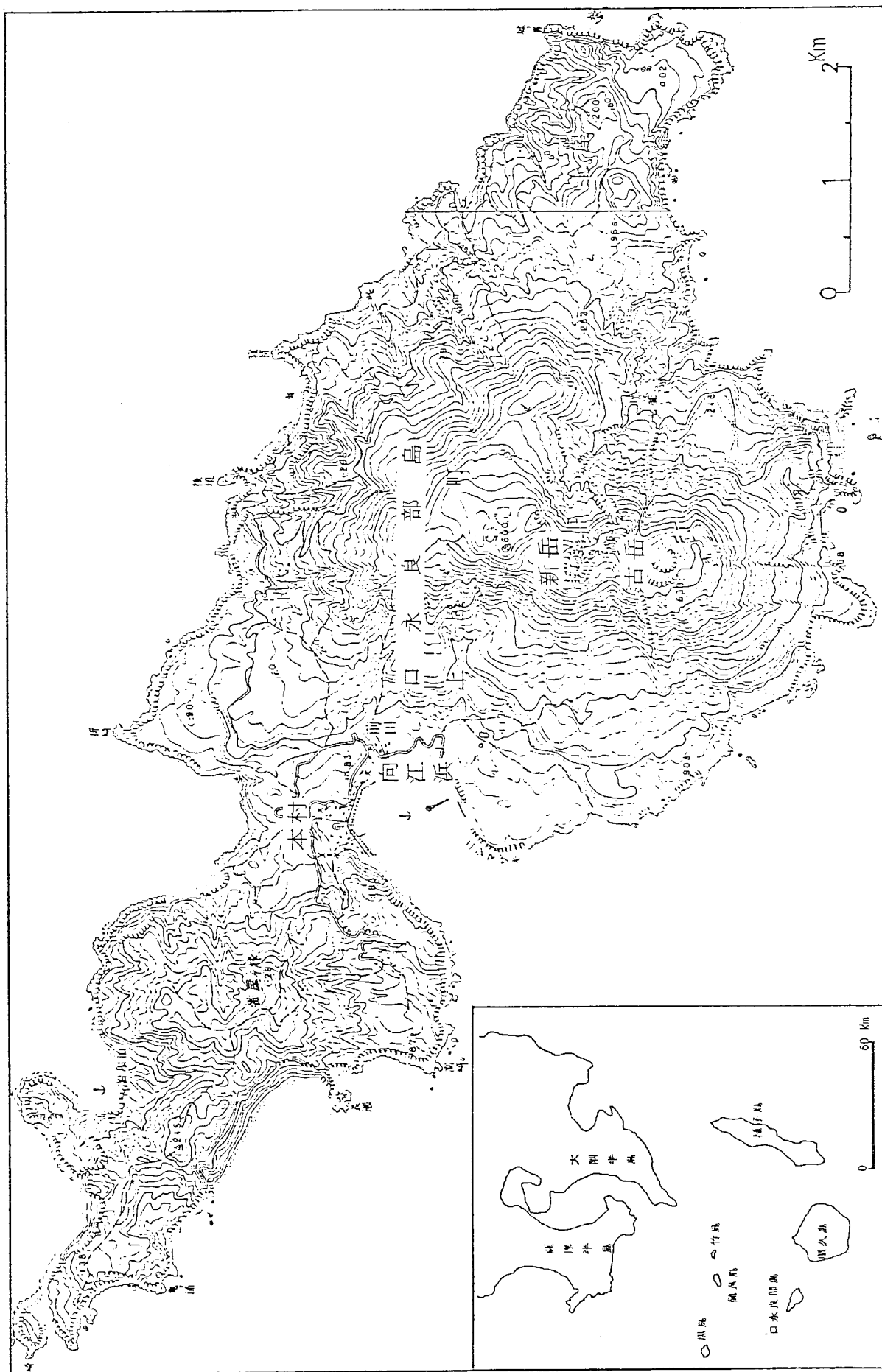
5-3 □ 永良部火山

5-3-1 1980年の噴火の概要

□ 永良部火山(図5-8)は新岳, 古岳, 高堂森, 三角山, 鉢窪, 番屋峯, 先太平, 櫛峯などの山体からなっている。この中では新岳が最後に生成したものであり、最も新らしい(松本1934, 本間1934, Matsumoto 1960, 荒牧1969)。

有史以後の活動はいずれも新岳の活動であるが、熔岩が流出する噴火はなく、火山岩塊および火山灰の抛出のみであった(田中館1938, 中野1932, 福岡管正気象台1967, 小坂他1967, 角田1970)。

1980年の噴火は9月28日に新岳の火口の東約100mの外斜面を南北に走る割目で発生した。割目の総延長は750~800mであり、幅は10~20mであった(図5-9)。またこの割目は1979年1月の国土地理院撮影による航空写真にも認められ、1945年11月の噴火時に生じた割目と同一の場所である。固形噴出物の抛出は9月28日5時10分頃の1回のみであり、火山灰と噴石とが抛出された。このうち火山灰は新岳の南西山麓に降下しており、割目近傍の東側にはほとんど堆積しておらず、西側では0.5~1mの厚さに堆積していた。一方噴石は新岳山頂付近で直径50~100cmのものが割目から約50mの範囲内に、10cm以上のものが300mの範囲内に落下しているのが認められた。また山麓では、西



四 5-8 口永良部火山地形图

南西約 600 m の地点で最大 5 cm, 2 km 離れた海岸近くでも直径 1 cm 程度の火山礫が落下した。これら噴出物のうち山頂近くの岩片は、その大部分が表面に灰色の微細な火山灰でおおわれていた。これらの固形噴出物は、いずれも既存の岩片と二次鉱物、粘土鉱物で構成されていた。

噴火直後の状況は、割目の 10 数ヶ所から盛大に噴煙が出ていたのみであった。この噴煙活動は 1 年後の '81 年 9 月 10 日の航空機による観察では大部分が停止していた。また新岳火口内の噴気の状態は 1980 年 2 月の調査時の状況（西他, 1980）とくらべてほとんど変化がなかった。

5-3-2 火山ガス成分

今回の噴火は割目噴火であり、深い割目の底から火山ガスを放出していたため、通常の方法での火山ガス採取は困難であった。そこで比較的噴気量の多い割目をえらび、地表から約 3 m 下までゴム管をおろし、ポンプを用いて噴気ガスを採取した（図 5-9 の・印）。そのため火山ガス中の H_2O , R-gas は測定することが出来ず、得られた酸性ガスの各吸収量からそれぞれの百分率を求め、表 5-6 に示した。この噴火後の火山ガスは、温度が $97.2^{\circ}C$ と低く、また HCl がほとんど含まれていなかった。しかし SO_2 と H_2S についてみると、 H_2S 0.2% に対し、 SO_2 が 40.5% と著しく多く、

これまでの噴気孔温度とガス組成の分類から考えると組成的には高温形の高ガス組成であった。

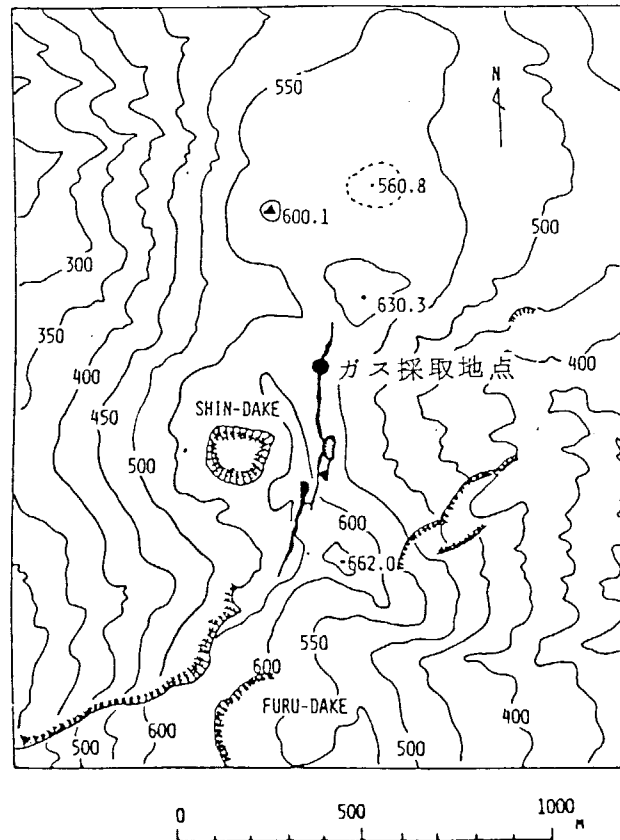


図5-9 噴火による割目位置とガス採取地点

表5-6 火山ガス分析結果(Vol.%)

Temp.	HCl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂
97.2°C	<0.01	40.5	0.2	59.3

5-3-3 火山灰の水溶性付着成分

噴火直後に採取した火山灰のうち3つの試料をえらんでその水溶性付着成分について調べた(表5-7)。抽出後のpHは2.8~3.3で酸性であった。付着成分のうち陽イオン成分ではCaが4070~4410 mg/kg, Mgが563~1470 mg/kg, Feが936~1390 mg/kgと他の成分にくらべてその量が多かった。また陰イオン成分もClが1490~6640 mg/kg, SO₄が13070~14310 mg/kgと付着量が多かった。このClとSO₄の割合を求めるとモル比が0.29, 0.83, 1.26とかなり大きな値であり、この値は1976年の草津白根火山の噴火で放出された火山灰の値(平均0.06), 1974年の新潟焼山の噴火で放出された火山灰の値0.13にくらべて大きく、1979年に噴火した本曾御岳火山の火山灰の値とほぼ同じで、桜島火山の火山灰に近い値である。

表5-7 火山灰の水溶性付着成分

Sample	pH	mg/kg										
		Na	K	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	Cl	SO ₄	SiO ₂	Cl/S
No.1	3.12	443	38.4	4070	563	1160	264	46.2	1490	14020	89	0.29
No.2	2.82	795	113	4410	1470	1390	460	111	6640	14310	86	1.26
No.3	3.26	766	94	4080	1140	936	187	103	4000	13070	65	0.83

5-3-4 結果の検討と考察

口永良部島火山の1980年の噴火は、火山ガスの組成および火山灰の水溶性付着成分から今回の噴火に関与した火山ガスは、噴火直後の火山ガス成分が $\text{SO}_2 \gg \text{H}_2\text{S}$ のあること、水溶性付着成分の Cl/S の値が大きいことからやや高温型であると言える。このガスが山体内部の水を含んだ粘土鉱物および二次鉱物生成層に突入して噴火が発生したものであってマグマから直接供給された物質はなかったと考えられる。このため噴火直後の火山ガスの温度は低く、また火山ガス中に HCl が少なかったものと考えられる。

これらの諸結果から考えると、今回の口永良部火山の噴火様式は前節で述べた木曾御岳火山の噴火様式に極めて似ているものと考えられる。

5-4 有珠火山

5-4-1 1977年の噴火の概要

有珠火山の1979年以前の歴史時代活動は1663年, 1769年, 1882年, 1853年, 1910年, 1943~1945年の6回であり, 1853年以前の活動は山頂火口原内の活動で小有珠, 大有珠, オガリ山を形成した。1910年の活動では北麓に45個の爆裂火口が生じたが, これらの噴火時には新しいマグマに由来する物質は放出されず, 潜在円頂丘である明治新山が形成された。1943~1945年の活動は山頂の東麓ではじまり, はじめは水蒸気爆発であったが, 1944年11月に新熔岩が頭を出し, 1945年9月までに海拔406.9mの昭和新山が生成した(勝井・石川, 1981)。

1977年の活動は, 約30時間前からの地震の群発を前駆として8月6日午前9時2分頃火口原内ではじまった。その後14日までの第1期活動期の間に4回の大きな噴火で4つの火口(第1~第4火口)が生成した。これから第I期の噴火によって軽石, 火山岩塊, 火山灰が多量に放出され, 特に火山灰は数100km遠方まで達した。またこれから噴出物の総量は $8.3 \times 10^{13} \text{ cm}^3$ と推定された(Katsui et al. 1978)。

その後11月16日に小規模な水蒸気爆発が発生し第II期の活動が始まり, 順次B, C, D, ……Hの火口が出来た。1978年4月28日にはもとの第3火口の位置にI火口が

生じた。'78年7月からもとの銀沼の位置でマグマ水蒸気爆発が多発し、J、K、L、Mの各火口が生成し、8月16日にこれら火口は合体し、銀沼火口となった。また10月18日にはN火口が銀沼火口の近くに生成し、同27日の噴火を最後は一連の噴火活動が終了した(Niida et al. 1980)。

今回の有珠山の噴火によって火口原内の大有珠、小有珠の間が隆起し、新山を形成した。

今回の噴火による噴出物のうち噴火初期のものはいずれも直接マグマに由来した軽石と著しい変質を受けた細かい火山灰からなっており、特に細粒部分はモンモリロサイトを主体としたものであった。これは1979年8月20日頃に旧銀沼付近にモンモリロサイトを多量に含む粘土流が認められたことから、火口原内の地表下浅所にはモンモリロサイトを主体とした泥漿が存在していると考えられる。

5-4-2 火山ガス成分

有珠山の火口原内には今回の噴火前から大有珠の山頂付近に弱い噴気活動があったが、これまで火山ガスの測定は行なわれていなかった。噴火開始後の'77年11月25日～26日に火口原第3火口で火山ガスを採取して以来、'78年8月、同10月、'79年9月、'80年1月、'81年10月と機会あるごとに調査を重ね火山ガスを採取してきた(表5-8)。

表5-8 有珠火山における火山カスの組成

Sample		Temp. °C	H ₂ O V%	Chemical composition of gaseous components exclusive of water						Chemical compositions of R-gases					
				HF	HCl	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	R	H ₂	He	Ar	CH ₄	CO	N ₂
オガリ山下	'77.11.25	91.4	91.2	—	tr.	0.0	0.0	83.5	16.5	5.0	—	—	2.0	—	93.0
小有珠肩	"	99.8	99.4	—	0.0	0.3	1.9	93.7	4.1	30.7	—	—	0.8	—	68.5
"	"	"	99.6	—	tr.	tr.	0.06	96.0	3.9	33.8	—	—	0.7	—	65.5
"	'78.10. 8	100	99.3	—	0.0	0.06	3.74	92.1	4.1	18.1	0.018	0.63	0.28	—	81.0
"	"	"	"	—	0.0	0.06	3.84	92.0	4.1	19.1	0.018	0.63	0.28	—	81.0
第3火口	'77.11.26	99.9	99.2	—	tr.	0.0	0.8	76.7	22.5	94.3	—	—	0.01	—	5.7
"	"	"	99.0	—	tr.	0.0	0.8	69.9	29.3	95.5	—	—	<0.01	—	6.5
I火口	'78. 8. 3	232	98.34	—	2.0	0.01	3.59	91.6	2.8	26.0	—	—	0.5	—	73.5
"	'78.10. 8	367	96.91	—	10.5	6.5	19.3	61.9	1.8	31.0	0.022	0.068	0.21	—	69.0
"	"	663	98.07	—	3.4	4.4	4.4	72.2	15.6	84.0	0.022	0.035	0.4	0.8	15.0
"	'79. 9. 1	600	95.7	0.27	0.56	6.2	14.2	70.3	8.42	80.0	0.0035	0.021	0.0001	1.1	18.9
"	"	663	96.0	0.83	4.0	5.6	13.5	66.0	10.0	84.3	0.0029	0.013	0.0001	1.2	14.5
"	"	277	96.8	0.85	10.7	4.2	16.3	65.0	2.97	46.5	0.0110	0.054	0.0003	0.2	53.2
銀沼火口	"	106.3	99.3	0.02	0.05	0.08	4.4	85.6	9.82	80.7	0.0031	0.081	0.35	0.04	18.8
I火口	'79. 9.28	607	95.4	0.33	0.96	6.4	15.8	66.0	10.4	85.4	0.0028	0.0105	0.0005	1.07	13.5
"	"	"	96.0	0.52	2.63	(21.6)		65.3	9.98	85.0	0.0029	0.0095	0.0004	1.17	13.8
"	"	"	96.9	1.03	2.97	5.9	15.6	64.9	9.96	84.8	0.0029	0.0102	0.0006	1.15	14.0
"	"	"	"	1.36	5.75	(20.7)		62.6	9.60	84.8	0.0029	0.0128	0.0004	1.14	14.0
"	"	"	"	1.19	3.44	(21.8)		63.9	9.68	84.9	0.0030	0.0107	0.0004	1.13	14.0
"	"	"	96.3	1.13	3.41	6.5	15.0	64.0	9.80	85.0	0.0029	0.0125	0.0005	1.12	13.9
"	"	640	97.1	0.66	1.49	8.7	13.0	63.0	13.1	88.5	0.0021	0.0131	0.0002	1.35	10.1
"	"	255	97.3	1.96	7.7	4.3	19.6	64.3	2.12	37.5	0.0179	0.034	0.0017	0.10	62.3
"	"	499	"	0.86	8.1	4.3	17.0	65.4	4.36	67.0	0.0067	0.020	0.013	0.25	32.7
"	"	438	96.4	0.19	0.89	3.6	22.6	70.0	2.72	25.7	0.0167	0.156	0.024	0.05	74.1
小有珠	"	155.5	97.8	0.05	5.27	1.71	15.3	74.3	3.40	54.5	0.0097	0.025	0.0034	0.19	45.3
I火口	'80. 1.28	598	97.2	—	5.7	7.0	12.8	60.5	14.0	72.7	—	—	<0.001	0.83	25.2
"	"	633	97.0	—	4.2	7.5	15.6	62.1	10.6	86.5	—	—	0.0018	1.0	12.5
"	'80. 1.29	699	97.3	—	1.8	10.6	15.4	56.3	15.9	90.4	—	—	0.0020	1.3	8.2
"	'80. 1.28	182	97.6	—	11.0	2.6	20.9	63.3	2.2	37.1	—	—	0.0094	0.04	62.8
"	"	409	97.2	—	9.2	3.8	19.5	64.2	3.3	56.7	—	—	0.024	0.16	43.1
"	"	102.5	97.7	—	1.3	4.0	18.3	72.6	3.8	57.7	—	—	0.0070	0.25	42.1
小有珠	'80. 1.29	298	97.3	—	8.4	3.9	21.0	63.9	2.8	47.5	—	—	0.013	0.18	52.3
I火口	'81.10.20	703	98.2	—	5.2	5.3	7.2	65.5	16.8	92.9	—	—	0.008	0.80	6.3
"	"	600	97.7	—	4.7	3.5	8.4	73.5	9.9	80.6	—	—	0.035	0.71	18.7
"	"	360	98.6	—	5.2	4.9	19.6	59.3	11.0	87.0	—	—	0.047	0.41	12.5
"	"	763	98.0	—	4.4	8.0	3.0	61.1	23.4	92.9	—	—	0.002	1.0	6.1
"	"	229	98.6	—	2.9	3.3	12.1	60.8	20.9	19.7	—	—	0.007	0.12	80.2
小有珠下	'81.10.21	214	99.1	—	1.0	0.2	29.3	64.4	4.8	62.4	—	—	0.45	0.04	37.1
断層	"	673	98.6	—	0.6	10.7	10.7	55.3	12.1	94.6	—	—	0.010	0.62	4.8
銀沼火口	"	118	99.3	—	0.2	0.3	16.8	68.0	14.7	86.2	—	—	2.1	0.12	11.6

'77年11月の調査時にはオカリ山下、小有珠肩および第3火口近くには噴気活動があり、この3ヶ所の火山ガスを採取したがいずれも噴気圧が弱く、また温度も 100°C をこえるものはいなかった。火山ガス成分は水蒸気を除くと、 HCl 、 SO_2 はほとんどなく H_2S も $0\sim 1.9\%$ と少なく CO_2 が主成分であった。またR-gas中には H_2 、 N_2 が多く、 CH_4 が少量含まれていた。なかでも第3火口跡の噴気ガスのR-gas中には H_2 が95%と著しく多く含まれていた。

'78年8月3日にはI火口で活発な噴気活動が認められ、その一端で 232°C の噴気孔ガスを採取した。このガスには HCl が2%含まれており、R-gas中には H_2 が26%含まれていた。

'78年10月8日に銀沼火口での噴火も終り、爆発活動の末期であったが小有珠肩、I火口において火山ガスを採取した。小有珠肩の噴気孔は 100°C で1年前とくらべると若干 H_2S が増加し3.8%であった。またI火口の奥の噴気孔のうち温度が 367°C と 663°C の火山ガスを採取することが出来た。火山ガス成分は HCl が3.4%、10.5%、 SO_2 が6.5%、4.4%であり H_2S も19.3%、4.4%で高温ガス特有の組成を示した。またR-gas中の H_2 は84.0%であった。

'79年9月1日および9月28日には銀沼火口内の噴気孔をも含め、I火口、小有珠東斜面において種々の温度の火山ガスを採取した。この調査時の最高温度は

663°C で1年前と変化がなかった。銀沼火口以外で採取した火山ガスは HF : 0.3 ~ 1.4%, HCl : 0.6 ~ 10.7%, SO₂ : 1.7 ~ 8.7%, H₂S : 13.0 ~ 19.6% とより高温型ガス組成となった。一方銀沼火口の噴気孔温度は 106.3°C で HF, HCl, SO₂, H₂S は他の噴気にくらべて少ないが、R-gas 中の H₂ は 80.7% と 600°C 以上の I 火口の噴気ガスとほぼ同程度の値であった。

'80年1月の調査では I 火口内はさらに活動的であり噴気孔温度は 699°C であった。また火山ガス組成は前回の調査時と大きな変化はなかったが、小有珠と I 火口の間にガス採取した 102.5°C の噴気孔は温度の割にはそのガス組成が高温型の組成であった。

'81年10月には火口内の噴気温度が 700°C を越え最高は 763°C であった。また銀沼内の噴気も 118°C に上昇していた。I 火口の火山ガス成分は 1980年1月の値とくらべて特に大きな変化はなかった。

次に各採取時期の火山ガス組成から、温度と HCl, SO₂, H₂S, R-gas 中の H₂ 含有量との関係を図 5-10, 図 5-11, 図 5-12, 図 5-13 にそれぞれ示した。

HCl 含有量と温度の関係は、1980年1月までの火山ガスでは両者の間に特に相関はないが、1981年10月のガスでは温度が高くなると HCl 含有量が増える傾向が認められる。SO₂ の含有量と温度との関係は 1979年9月までの火山ガスではほとんど認められないが、1980年1月以降のガスでは正の相関がある。H₂S は HCl, SO₂

○ 1977-11
● 1978-8
△ 1978-10
▲ 1979-9
□ 1980-1
■ 1981-10

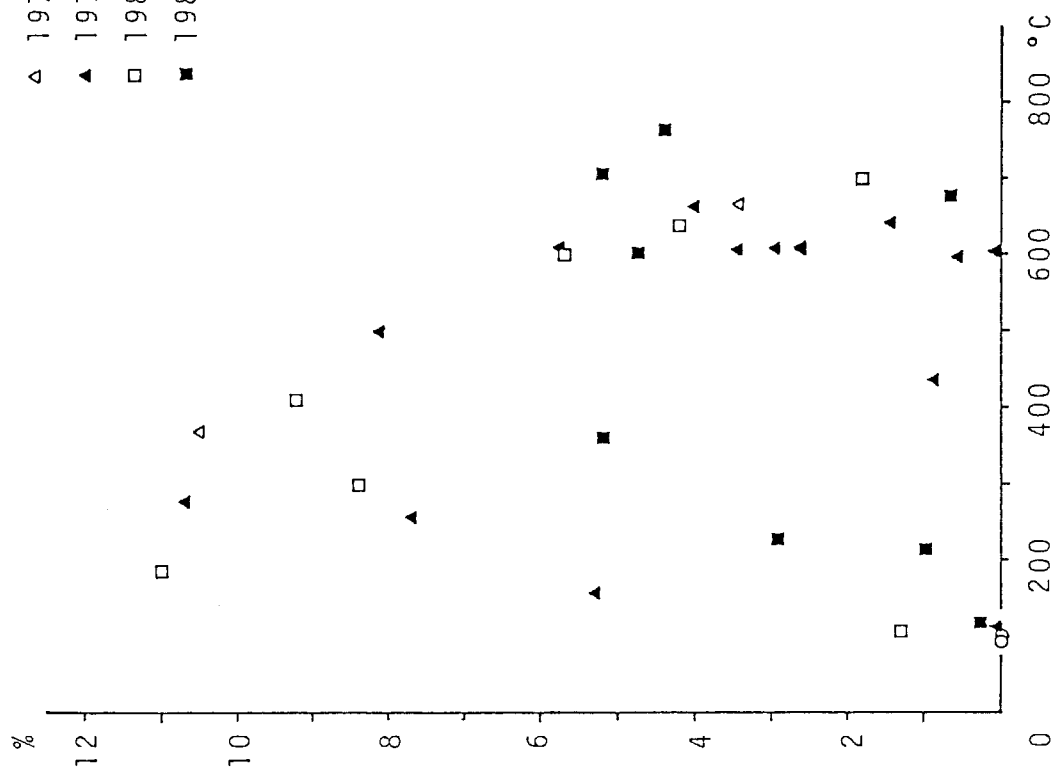


図5-10 噴気孔温度とHCl含有量

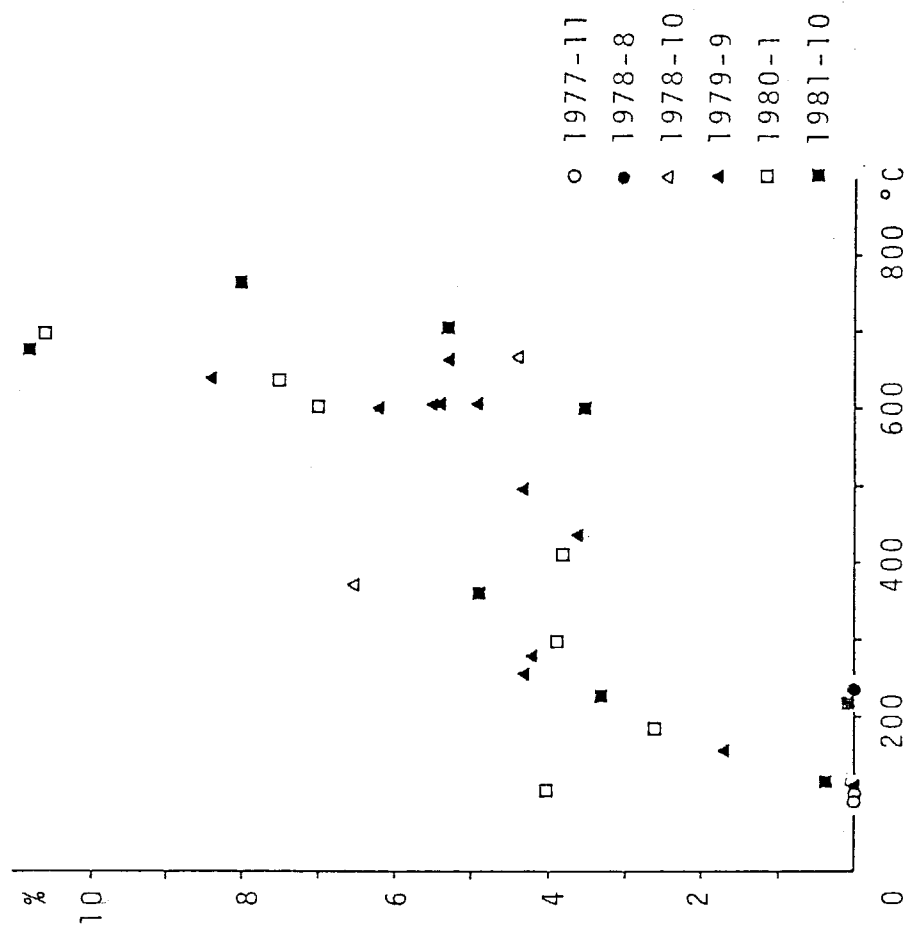
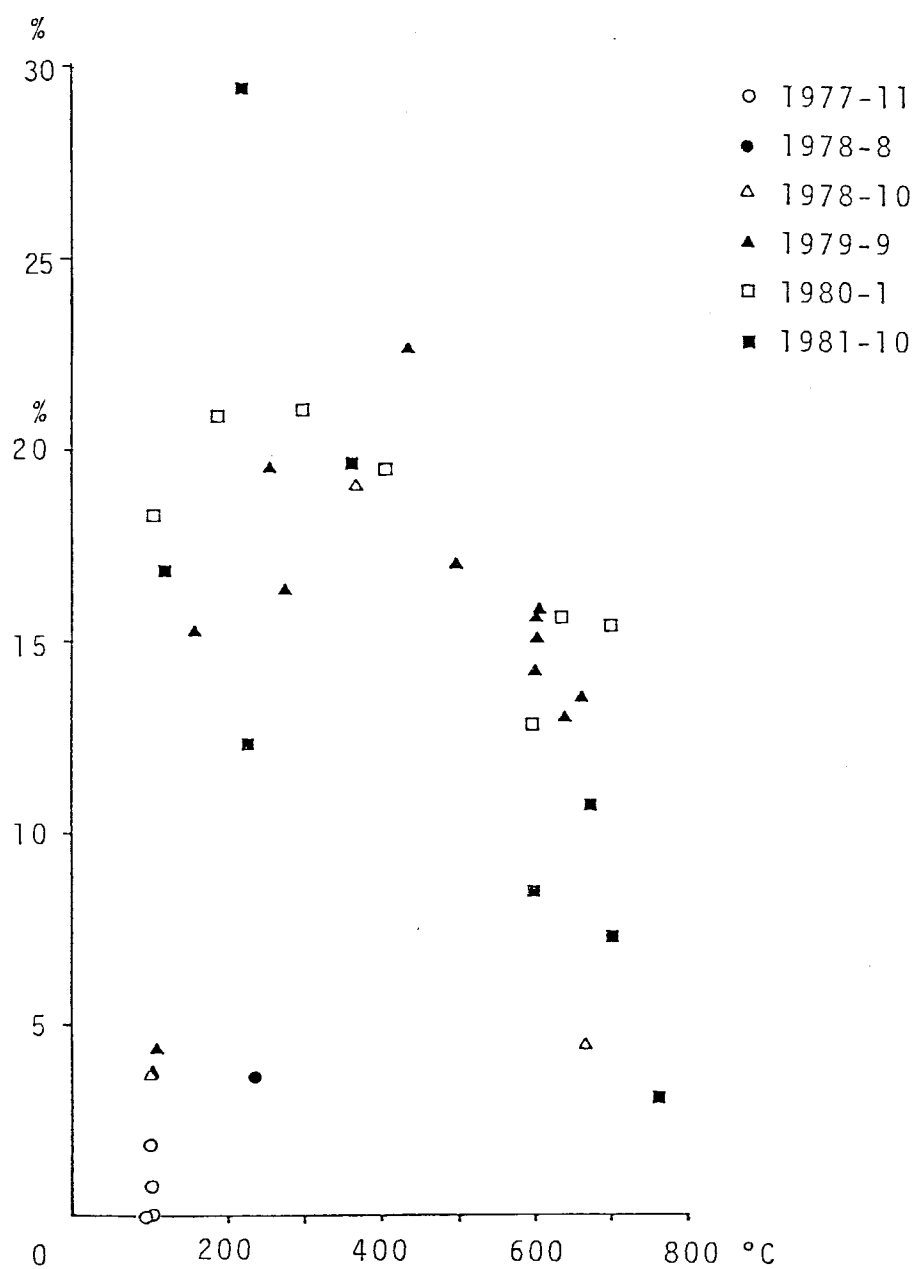


図5-11 噴気孔温度とSO2含有量

図5-12 噴気孔温度とH₂S含有量

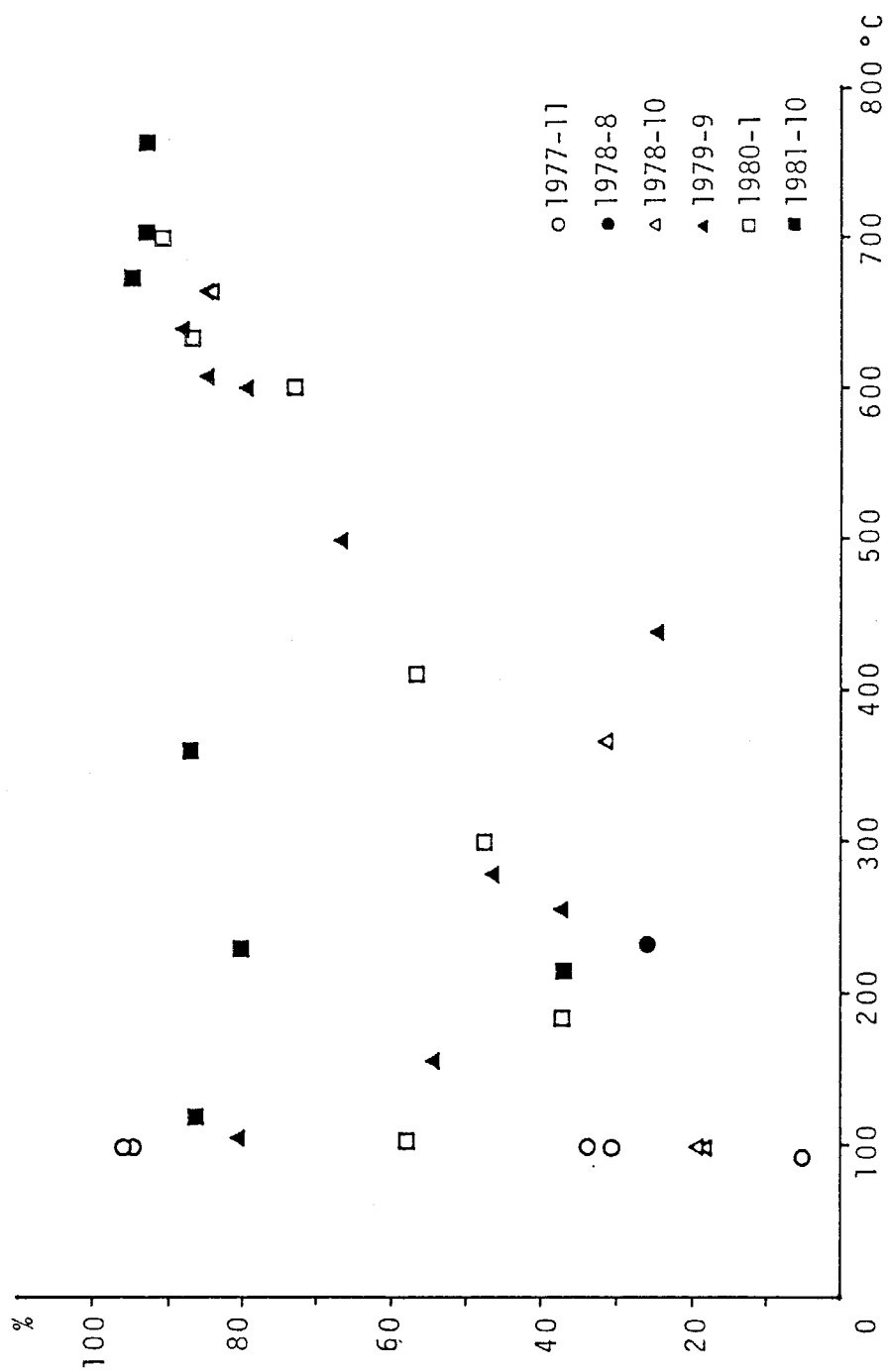


図 3-13 噴気孔温度と R-gas 中の H₂ 含有量

とは逆に1980年以降のガスで温度が高くなると含有量が少なくなる傾向が顕著である。またR-gas中の H_2 含有量は時間経過とともに温度と良い正の相関関係が認められるようになってきている。これらの時間経過に伴う火山ガス成分と温度との関係の変化はマグマ上昇による火山ガスの通路での汚染の減少によるものと考えられる。

5-4-3 火山灰の水溶性付着成分

図5-14に示した各地点で採取した噴出物9試料について、水溶性付着成分を測定した(表5-9)。抽出液のpHは6.4~7.1とほぼ中性を示した。これはこれまでに述べてきた桜島火山、木曾御岳山、口永良部火山などの値とくらべると高い測定値であった。水溶性の各成分についてみると、陽イオン成分では Na^+ 、 Ca^{2+} が比較的多く、Siの付着量も大きな値を示している。このことは噴出物中に粘土鉱物が多く含まれていることによるものと思われる。また Cl^- 、 SO_4^{2-} の値はそれぞれ61~529 mg/kg 、43~1430 mg/kg であり、 Cl/S (モル比)は0.6~3.8と大きな値であった。これらの値は本研究であつかった火山での値とくらべても大きな方に属するものである。

この火山灰水溶性付着成分の Cl/S の値は筆者ら(1977)や近堂他(1979)が各噴火時期の噴出物について調べており、本研究の結果も加えて図5-15に示した。

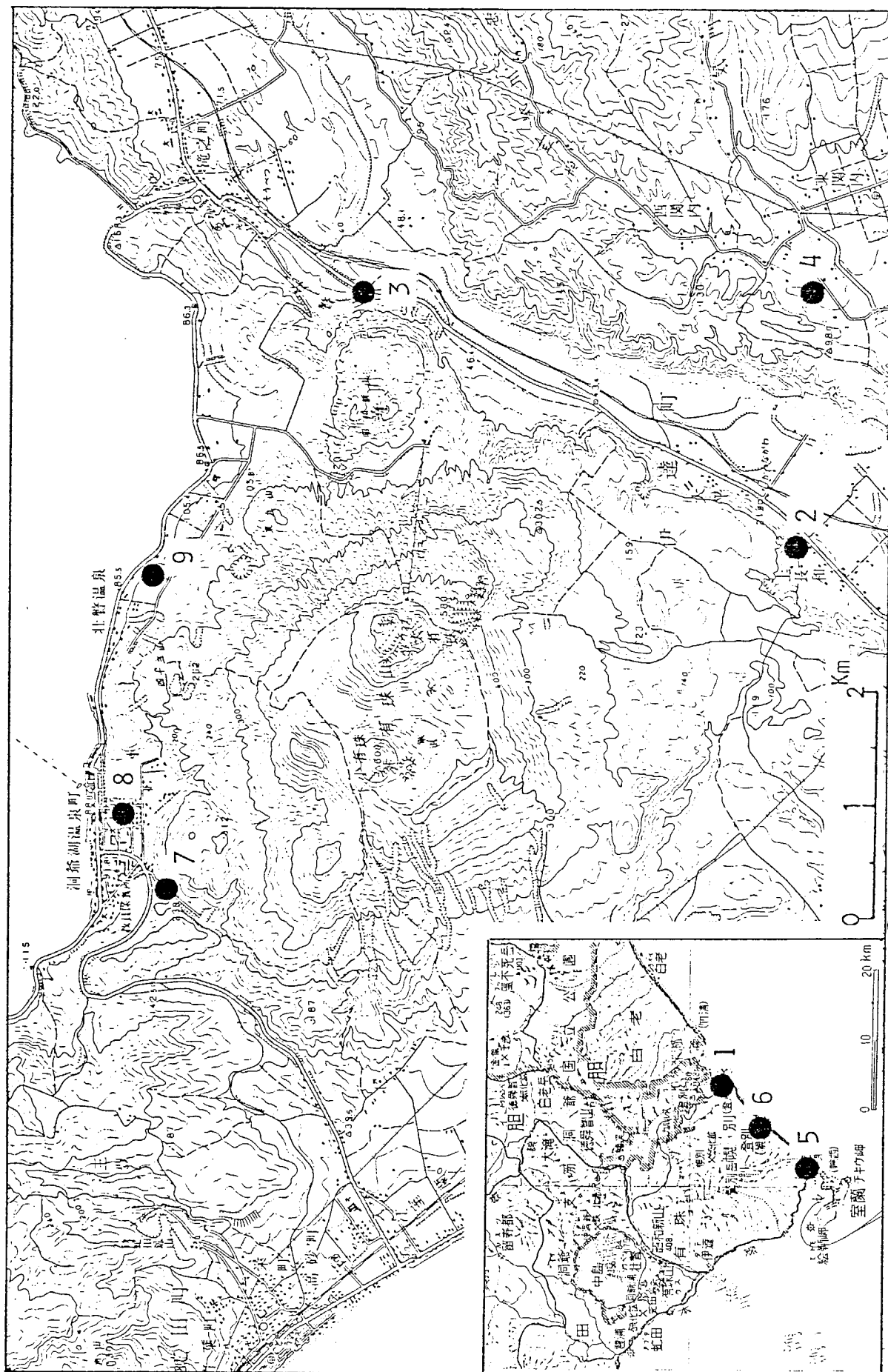


図5-14 火山灰の採取地点

表5-9 火山灰の水溶性付着成分

	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Si	Cl/S*
⑤室蘭高砂町	6.6	83.7	8.2	21.1	3.8	8	60.7	43.4	104	3.80
⑥幌別	6.6 ⁺	179	13.4	89.5	9.5	10	122	414	117	0.80
①北大登別分院	6.4 ⁺	181	13.0	84.0	15.8	26	206	384	150	1.61
②上長和	6.9	264	20.6	37.9	4.0	13	123	334	169	1.00
③新山橋	7.1	840	89.4	186	9.9	11	529	1431	193	1.00
④関内	6.4	79.1	7.8	139	10.1	14	87.3	396	155	0.60
⑦木の実団地							1110	1560		1.93
⑧洞や温泉街							624	488		3.46
⑨母と子の家							738	804		2.49

*: mol.ratio

mg/Kg

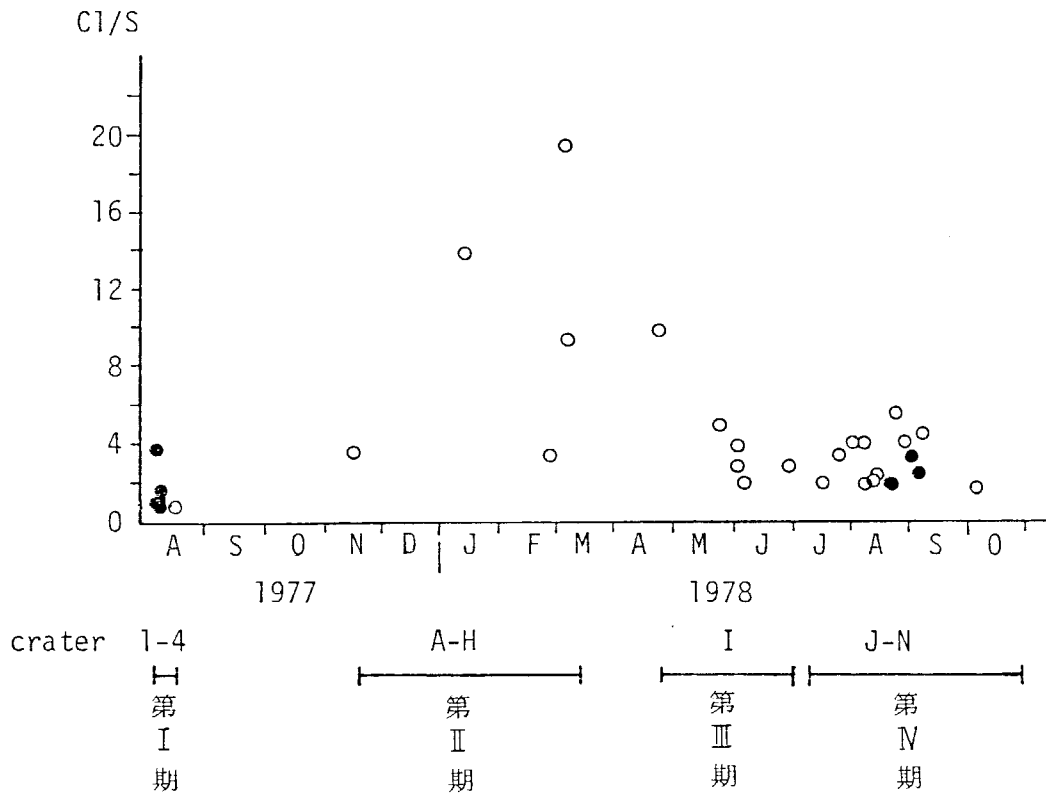


図5-15 火山灰水溶性付着成分のCl/Sと活動

(○は近堂ほか(1979)のデータによる)

同図に明らかなように噴火Ⅰ期の Cl/S は0.6~3.8で、
 '79年11月16日~78年3月31日までの第Ⅱ期活動期のA
 ~H火口が生成された水蒸気爆発期では3.5~19.2と著
 しく大きかった。またⅠ火口でのマグマ水蒸気爆発の
 時期は2~10の範囲で、最末期のK~N火口を生成し
 た時期では2.02~5.53であった。以上の結果から初期
 の噴出物には、直接赤熱溶岩から分離した高温型の火
 山ガスがそのままの形で付着したものと考えられるが、
 第Ⅱ期のものはこの値が大きいものが多く、単に火山
 ガス成分がそのまま付着したとは考えにくい。これは
 前述の'77年11月25日に第3火口跡で採取した火山ガス
 が温度も低く、またHClがほとんど含まれないこと、
 さらに第Ⅰ期活動から3ヶ月間活動が無かったこと
 などから、マグマから分離したガスがモンモリロサイ
 トを主体とした滞水層にHClが取り込まれ、これが噴
 火によって放出されたと考えることが出来る。この第
 Ⅱ期の値にくらべ、Ⅰ火口生成時および銀沼火口生成
 時の噴出物の Cl/S の値は小さくなったが、この時期の
 活動はマグマ水蒸気爆発であり、また噴火が頻繁にお
 こったことなどから、前ほどHClが地下の滞水層に取
 り込まれなくなってきたためと考えられる。

5-4-4 結果の検討と考察

1977年の有珠火山の噴火では、その直後からの火山
 ガスなどの研究で、噴火初期にはマグマから分離した

火山ガスが火口原地下の泥漿に突入し、このため急激な水蒸気の発生を招き、より噴火を激烈なものとした。

噴火後の火山ガスの成分は、時間経過とともにマグマから分離したガス組成に近付き、マグマの上昇に伴い、通路における汚染が少なくなったことをあらわしている。また水素含有量は、地下での活動状況を判断するのに有効であることが判明した。

火山灰の水溶性成分の Cl/S の値は、噴火に寄与した火山ガス組成、噴火時の地表下で起った現象などを解釈するのに役立つこともある。

引用文献

木曾御岳火山関係

青木治三・大井田徹・藤井巖・山崎文人(1980): 御岳山1979年火山活動の地震学的調査・研究, 御岳山1979年火山活動および災害の調査研究報告, pp 55-74.

Iwasaki, I., Ozawa, T., Yoshida, M., Katsura, T., Iwasaki, B., Kamada, M. (1966): Differentiation of magmatic emanation, Bull. T.I.T., 74, pp 1-57.

気象庁(1980): 御岳山, 火山噴火予知連絡会会報, 17, pp 59-60.

下鶴大輔・宮崎務(1980): 1979年御岳火山噴火後の地震活動観測, 御岳山1979年火山活動および災害の調査研究報告, pp 75-90.

Thode, H.G., Cragg, C.B., Hulston, J.R. and Ress, C.E. (1971): Sulphur isotope exchange between sulphur dioxide and hydrogen sulphide, Geochim. Cosmochim. Acta, 35, pp 35-45.

吾妻火山一切経山関係

福島地方気象台(1978): 1977年の吾妻山の火山活動, 火山噴火予知連絡会会報, 12, pp 45-47.

気象庁(1975): 日本活火山要覧, pp 36-38.

気象庁観測部(1978): 吾妻山, 火山活動観測報告, 14, pp 41-62.

- 村山 磐 (1978): 吾妻山, 日本の火山 (1), 大明堂, pp 36-38.
- 西和田久孚 (1893): 吾妻山破裂及其噴生物要略, 地質学雑誌, 1, pp 11-18, 102-108.
- 大森房吉 (1918): 日本噴火誌, 震災予防調査会報告, 86, pp 1-236.
- 諏訪 章 (1963): 本邦活火山のカルテ (1), 観測時報, 30, pp 36-46.
- 植木貞人・高木章雄 (1981): 火山活動の経過, 吾妻火山集中総合観測報告, pp 1-14.

口永良部火山関係

- 荒牧重雄 (1969): 口永良部島地質調査報告, 火山才2集, 14, pp 127-132.
- 福岡管区気象台 (1967): 昭和41年11月22日の口永良部島新岳の爆発報告, 福岡管区気象台要報, 22, pp 77-98.
- 角田寿喜 (1970): 口永良部島の火山活動, 鹿児島県の地震と火山, pp 24-31.
- 松本唯一 (1934): 口永良部島の地質に就いて, 火山才1集, 3, pp 1-19.
- Matsumoto, H. (1960): The chemical characteristics of the lavas of the lavas from Ryukyu volcanic zone, Kyusyu, Japan, Kumamoto Jour. Sci., Ser. B. Sec. I, Geology, 4, pp 13-29.
- 中野鐵三 (1932): 昭和6年の口永良部火山の噴火, 火山才2集, 1, pp 69-72.

- 西 潔・石原和弘・高山鉄朗(1980): 口永良部火山における臨時地震観測結果, 京大防災研年報, 18-B, pp 53-58.
- 小坂文予・林 剛・高橋春男・森本良平(1967): 1966年口永良部島噴火における噴出物と噴火機構について, 第4回自然災害科学総合シンポジウム論文集, pp 14-15.
- 田中館秀三(1938): 口永良部島新岳噴火と火口の形態及び向江潰の山津浪, 火山第1集, 3, pp 339-354.

有珠火山関係

- Katsui, Y., Oba, Y., Onuma, K., Suzuki, T., Kondo, Y., Watanabe, T., Niida, K., Uda, T., Hagiwawara, S., Nagao, T., Nishikawa, J., Yamamoto, M., Ikeda, Y., Katagawa, H., Tsuchiya, N., Shirahase, M., Nemoto, S., Yokoyama, S., Soya, T., Fujita, T., Inaba, K. and Koide, K. (1978): Preliminary report of the 1977 eruption of Usu Volcano, J. Fac. Sci. Hokaido Univ., Ser. IV, 18, pp 385-408.
- 勝井義雄・石川俊夫(1981): 有珠山の活動史, 噴出物調査および Disaster Map と災害評価, 噴火災害の特質と Hazard Map の作成および噴火災害の予測の研究, pp 14-22.
- 近堂祐弘・藤谷朋夫・勝井義雄・新井田清信(1979): 有珠山 1977-1978 年火山灰の性質, 火山第2集, 24, pp 223-238.
- Niida, K., Katsui, Y., Suzuki, T. and Kondo, Y. (1980): The 1977-1978 eruption of Usa Volcano, J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV, 19, pp 357-394.

第6章 結 論

本論文は「火山ガスの成分変化と火山活動」と題し、最近活動した本邦各火山のうちマグマ性噴火をおこす火山の例として桜島火山を、また水蒸気爆発をおこす例として草津白根火山を挙げ、これらの火山における火山ガス成分の変化と火山活動の推移との関係について詳しく調査し、特に活動の前兆現象としての火山ガス成分の変化に着目して研究にあたった。さらに本邦において最近活動した木曾御岳火山、吾妻火山、一切経山、口永良部火山、有珠火山における火山ガスからみたそれぞれの噴火様式、活動の推移等についての研究成果についても述べた。

第1章「序論」では、火山の活動状況を把握する手段として火山ガスの研究がいかに有効であるか、またそれは如何なる理由によるものであるかを指摘した。さらにこれまでの火山ガスの地球化学的研究や、火山ガス成分の変化と火山活動との関係についての研究などを紹介した。

第2章「火山ガス成分と温度」では、本邦のこれまでの多くの火山ガスの研究成果から、特にその含有成分の組合せや各成分間の割合などが温度によって変化することについて述べた。即ち火山ガス中の酸性ガスの割合 (HF/HCl , $\text{HCl}/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$, $\text{SO}_2/(\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$) は 200°C 以上のガス温度では、それぞれの火山で若干傾向が

異なることもあるが、これらの割合は温度との間には比較的良い正の相関を示すことが認められている。しかし200℃またはそれ以下の温度では火山ガスがマグマから分離して地表に到達するまでの間に、ガス成分相互の反応やガス通路における成分の付加あるいは除去などが行われるため温度との相関が認められにくくなることもある。

第3章「桜島火山における火山ガスの測定と火山活動との関連」では、桜島火山における火山灰の水溶性成分、静置式アルカリ吸収法、連続自動記録計による測定などの結果を総合すると、火口から放出される火山ガスの成分から求めた HCl/SO_2 の値が、同火山の活動度の変化とよく対応していることが明らかとなった。特にある程度長い静穏期の後の再活発化に際しては、約1.5ヶ月前に HCl/SO_2 の値が増大することが判明した。しかし HF/HCl の変化は、 HF が火道内壁の岩石および火山灰等と選択的に反応し、またその反応量が時によって異なると考えられるために、活動度の変化との関連は認め難いこともわかった。

また桜島南西部の海岸付近に掘削したボーリング孔における温泉ガスの自動ガスクロマトグラフによる連続観測の結果、桜島火山の活発化に約2週間先行して温泉ガス中の H_2 含有量が増加する現象が認められた。

第4章「草津白根火山における最近の噴火とこれに伴うガス成分変化」では、草津白根火山における1967

年以降の火山ガス観測の結果，山頂周辺の火山ガス中には，それまでほとんど含まれていなかった SO_2 が含まれるようになったこと，大気中の H_2S の連続観測で高濃度の H_2S の出現頻度が増大したこと，噴気地帯での高濃度の H_2S の分布範囲が拡大したこと，水釜周辺に SO_2 を含む新しい噴気孔がいくつか見つかったことなどから，1976年活動の約2年前から噴火の可能性と，その活動位置を予測することが出来た。また1982年の噴火に際しても約2年前に湯釜湖底の熔融硫黄の存在や，湖面において SO_2 ガスが確認されたことにより，当時の草津白根火山の活動中心は湯釜にあり，厳重に注意する必要があることを予告することが出来た。さらに1982年12月の噴火の直前には，火山ガス中の H_2 含有量が著しく大きくなる現象も認められた。

これらの事実から水蒸気爆発を起す火山では，火山ガス中の $\text{SO}_2 / (\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ が，火山の活動度を推定するには有効であることが判明した。また噴火の直前の予測には， H_2 含有量の増加が役立つ可能性のあることがわかった。

第5章「近年噴火した2, 3の火山における火山ガス成分変化」では，木曾御岳火山，吾妻火山・一切経山，口永良部火山，有珠火山などの諸火山において，噴火直後よりの火山ガス成分の測定結果から，各火山の活動様式の推定やその後の活動の推移について，ある程度の予測を行うことが出来た。

先づ本曾御岳火山の噴火において、噴出した火山ガスおよび火山灰水溶性成分の分析結果から、1979年の噴火は地下のマグマから分離した高温型のガスが、地下浅所にある粘土鉱物を主体とした帯水層に突入し、ここで多量の水蒸気が発生し、急激に圧力が高まって起った爆発であると解釈した。またその後地表での噴気温度は年々高くなり、表面現象としては活動の活発化を示すような状況であった。しかしそのガス成分の $\text{SO}_2 / (\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S})$ の値は急激に低下し、また硫黄同位体比による推定地下温度も低下を示している。それ故、同火山山体内での火山活動は沈静化に向っているが、噴気活動の継続により火口直下の地下水が涸渇し、冷却効果が減退したために地表面での噴気温度は一時的に上昇したものと解釈した。

吾妻火山-切経山の火山ガス成分の変化から、1977年の噴火においてその直後からの活動の推移を、1)噴火開始初期、2)表面活動全盛期、3)活動衰退期、4)活動沈静期に分けて考察することが出来た。

口永良部火山の1980年の噴火においては、火山ガスおよび火山灰付着成分の測定結果から、この噴火も本曾御岳火山の噴火と同様に高温のガスが関与した水蒸気爆発であろうと判断した。

有珠火山の1977年の噴火以後の火山灰付着成分、火山ガスなどの測定結果から、初期の噴火様式はマグマ性の噴火ではあるが、火口原底に粘土鉱物を多量に含

んだ泥漿溜りがあり、これに高温のマグマが関与した
ことにより、激的な爆発となったと解釈した。その
後の各活動期の噴火様式は火山灰付着成分の Cl/S の値
ともよく対応しており、また火山ガス成分はマグマ上
昇に伴って変化することも明らかとなった。さらに H_2
含有量は地下の状況をそのまま伝えるものであること
も判明した。

最後に本論文で取り扱った各火山での噴火様式、
活動の推移を知るのに適した火山ガスの成分およびそ
のほかの地球化学的研究項目を本研究の結果ならびに
他の研究成果からまとめて表 6-1 に示した。

以上述べてきたように種々の観測結果から、それぞ
れの火山の特長を知り、その火山に適した観測方法を
選択し、観測を継続することにより、その火山の活動
状況の変化を知ることが出来るようになる。またその
知識をもとにして火山の噴火の予知・予測を行う努力
も行われなければならない。またそれらの目的を達す
るためには単に地球化学的研究手段のみによること
なく、地球物理学的研究方法と併せて始めて的確な判
断を下すことができるようになるものと考えらる。

表6-1 各火山における火山活動状況およびその変化の把握に適した火山ガス成分と
その他の地球化学的成分

火 山	噴火年	噴火様式	火山ガス成分の HCl/SO ₂ (Cl/S)	火山の活動状況およびその変化の把握に適した項目と成分	
				火山ガス成分	その他の成分
桜島火山	1955～	マグマ性噴火	火山ガス HCl/SO ₂ =0.4 火山灰付着成分 Cl/S=0.2～1.5	火口からのガス HCl/SO ₂ 温泉ガス H ₂ (Ne, Ar) 火山灰付着成分 Cl/S	温泉水 CO ₂ /蒸発残渣 水温 電気伝導度
草津白根火山	1976	水蒸気爆発 (低温型)	火山ガス HCl/SO ₂ =0 火山灰付着成分 Cl/S=0.08	山頂周辺噴気孔 SO ₂ / (SO ₂ +H ₂ S) 温度 大気中のガス H ₂ S	火口湖湖水 Fe ²⁺ /Fe ³⁺ 河川水 Cl/K
	1982	水蒸気爆発 (高温型)	火山ガス HCl/SO ₂ =0 火山灰付着成分 Cl/S=0.3～3	新火孔ガス H ₂ SO ₂ / (SO ₂ +H ₂ S)	粘土鉱物 二次鉱物
有珠火山	1977	マグマ性噴火 水蒸気爆発 (高温型)	火山ガス HCl/ (SO ₂ +H ₂ S) 火山灰付着成分 Cl/S=1以上	噴気孔ガス H ₂ 火山灰付着成分 Cl/S	温泉水 HCO ₃ ⁻ 、Cl ⁻
	1977	水蒸気爆発 (高温型)	火山ガス HCl/SO ₂ =0～2.9 湧水 Cl ⁻ /SO ₄ ²⁻ =0.7	噴気孔ガス SO ₂ / (SO ₂ +H ₂ S) 温度	二次鉱物
木曽御岳火山	1979	水蒸気爆発 (高温型)	火山ガス HCl/SO ₂ =0 火山灰付着成分 Cl/S=0.6 湧水 Cl ⁻ /SO ₄ ²⁻ =15～24	噴気孔ガス SO ₂ / (SO ₂ +H ₂ S) H ₂	湧水 Cl ⁻ /SO ₄ ²⁻
	1980	水蒸気爆発 (高温型)	火山ガス HCl/SO ₂ =0 火山灰付着成分 Cl/S=0.7	火山ガス SO ₂ / (SO ₂ +H ₂ S)	粘土鉱物 二次鉱物

謝

辞

本研究を行うにあたり、終始懇切な御指導を賜りました東京工業大学小坂文彦教授には心から感謝の意を表します。また火山ガスの分析法を始め、その結果の解釈にあたって種々有益な御助言をいただき、研究遂行上常々御激励賜った埼玉大学小沢竹二郎教授に感謝致します。さらに本論文を御校閲賜り適切な御助言と御討論をいただきました東京工業大学松尾禎士教授をはじめ桂敬教授、一國雅巳教授、吉田稔助教授に厚くお礼申し上げます。

本研究はそのほとんどが東京工業大学工学部無機材料工学科鉱産原料講座（旧地質鉱物学講座）において行われたものである。各時期、各場所において種々御協力賜った同僚、学生諸氏にもお礼申し上げます。また特に草津白根火山の調査は筆者の学部、大学院時代から今日までの継続であり、同研究遂行にあたって御援助、御協力を賜った上智大学理工学部化学科地球化学教室の歴代の職員、学生諸氏にも感謝申し上げます。

さらに筆者の桜島火山の調査研究にあたっては、その間の昭和55年6月から56年1月まで京都大学防災研究所内地研究員として現地に駐在、研究する機会をお与え下さった同研究所桜島火山観測所々長加茂幸介教授は、同期間中はもちろんその後同観測所の地球物理学的観測成果を全面的に御提供下さり、且つ有益な

御助言を賜った。また同観測所に設置した連続観測計は現在なお稼動中であり、その維持・管理にあたっては同観測所の所員各位ならびに鹿児島大学鎌田政明教授、坂元隼雄助手に多大の御助力をいただいている。

また有珠火山の観測にあたっては北海道大学有珠火山観測所の各位ならびに室蘭工業大学室住正世教授、安孫子勤助手らに種々御協力を賜っている。

岡山大学温泉研究所酒井均教授には火山噴出物の硫黄同位体組成比の測定ならびにその解釈にあたって多大の御世話になった。

筆者の調査研究の大部分は野外における火山が対象となっている。そのため現地調査のたびごとに絶大な御理解と御援助をいただいている地元、県市町村等の自治体関係者各位に対して厚くお礼申し上げます。

本論文に関係した発表文献

- 1 平林順一・南英一・小坂丈予 (1968) : 草津白根山山頂付近の湖沼水と湖底泥, 地球化学, 2, p 39.
- 2 小坂丈予・平林順一・小沢竹二郎・君島克憲 (1977) : 桜島火山噴出ガス成分の連続測定と活動状況の推定, 第2回桜島火山の集中総合観測報告書, pp 68—80.
- 3 松尾禎士・日下部実・千葉仁・小坂丈予・平林順一・安孫子勤・野津憲治・小沢竹二郎・荒牧重雄・佐藤和郎・林保・佐藤純・藤井直之 (1977) : 1977年有珠山噴火直後の地下水, 温泉水および火山灰の地球化学的研究, 火山第2集, 22, pp 201—220.
- 4 小坂丈予・平林順一・小沢竹二郎 (1978) : 地球化学的手法による噴火予知, 火山第2集, 23, pp 33—40.
- 5 小沢竹二郎・君島克憲・小坂丈予・平林順一・林保・染谷悟 (1979) : 有珠山1977—78年活動における火山ガス組成, 有珠山の集中総合観測報告書, pp 52—55.
- 6 小坂丈予・平林順一・小沢竹二郎・君島克憲 (1980) : 噴出ガス成分による桜島火山活動状況の推定—特にHCl, SO₂の変化について, 第3回桜島火山の集中総合観測報告書, pp 63—76.
- 7 小坂丈予・平林順一・小沢竹二郎・君島克憲 (1980) : 木曾御岳火山1979年活動における地球化学的調査・研究, 御岳火山1979年活動および災害の調査研究報告書, pp 25—35.
- 8 Ossaka, J., Ozawa, T., Nomura, T., Ossaka, T., Hirabayashi, J. Takaesu, A. and Hayashi, T. (1980) : Variation of chemical compositions in volcanic gases and waters at Kusatsu-Shirane Volcano and its activity in 1976, Bull. Volcanologique, 43, pp 207—216.
- 9 小坂丈予・平林順一 (1981) : 火山活動に伴う粘土鉱物, 鉱物学雑誌, 15, 特別号, pp 223—238.
- 10 小沢竹二郎・君島克憲・当麻喜明・小坂丈予・平林順一 (1981) : 吾妻山一切経1977—1979年活動にともなう噴気ガス, 温泉水の成分変化, 吾妻火山集中総合観測報告書, pp 93—103
- 11 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, 24, B-1, pp 11—20.
- 12 Hirabayashi, J., Ossaka, J. and Ozawa, T. (1982) : Relation between volcanic activity and chemical composition of volcanic gases — A case study on the Sakurajima Volcano, Geochem. J., 16, pp 11—21.

- 13 小坂丈予・平林順一・小沢竹二郎 (1982) : 噴出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報告書, pp 69-76.
- 14 平林順一 (1982) : 桜島火山の地球化学, 火山第2集, 27 , pp 293-309.
- 15 小坂丈予・小沢竹二郎・酒井均・平林順一 (1983) : 木曾御岳火山1979年噴火後の活動状況と地球化学的研究, 火山第2集, 28 , pp 59-74.
- 16 曾屋龍典・平林順一 (1983) : 草津白根火山1982年の水蒸気爆発, 火山第2集, 28 , pp 84-86.
- 17 Matsuo, S., Ossaka, J., Hirabayashi, J., Ozawa, T. and Kimizima, K. (1982) : Chemical nature of volcanic gases of Usu Volcano in Japan, Bull. Volcanologique, 45, pp 261-264.

その他の発表文献

- 1 森本良平・小坂丈予・羽鳥徳太郎・井筒屋貞勝・浦部和順・高橋春男・平林順一・伊佐喬三・磯部宏 (1968) : 小笠原硫黄島の異常隆起と最近の火山現象について, 地学雑誌, 77 , pp 255-283
- 2 小坂丈予・平林順一 (1971) : 秋田駒ヶ岳1970-71年の噴火現象 1. 噴石活動と溶岩流出, 火山第2集, 16 , pp 122-134.
- 3 小坂丈予・小沢竹二郎・平林順一・大平洋子 (1972) : 秋田駒ヶ岳の1970-1971年の噴火について, 地熱, 33 , pp 21-37.
- 4 小沢竹二郎・小坂丈予・神崎忠雄・平林順一・吉池勇蔵・高江洲 肇 (1975) : 1974年新潟焼山噴火の噴出物, その一 火山ガス, 新潟焼山火山の1974年活動に関する緊急調査研究報告書, pp 54-59.
- 5 小坂丈予・平林順一・小沢竹二郎・高江洲 肇 (1975) : 火山ガス, その他の噴出物の化学成分, 伊豆大島三原山の集中観測報告書, pp 54-58.
- 6 小沢竹二郎・小坂丈予・平林順一 (1976) : 鹿児島湾北部の海底噴気と海水温度, 鹿児島湾北部の海中火山活動と環境調査報告書, pp 41-52.
- 7 Hirabayashi, J. and Ossaka, J. (1976) : The X-ray diffraction patterns and their mineral components of evaporites at Prince Olav Coast, Antarctica, JARE Data Reports, 32 , pp 1-56.

- 8 平林順一・小坂丈予 (1976) : 南極プリンスオラフ海岸に分布する湖沼水の水質について, 南極資料, 57 , pp 56-72.
- 9 小坂丈予・大平洋子・平林順一・森彰 (1977) : 海中で生成したシリカーアルミナ含水低結晶物質と沈殿アロフェンとの比較, 鉱物学雑誌, 13 , pp 178-188.
- 10 平林順一・小坂丈予 (1977) : 昭和基地周辺の塩湖の水質の由来と変化, 南極資料, 58 , pp 93-107.
- 11 Watanuki, K., Totii, T., Murayama, H., Hirabayashi, J., Sano, M. and Abiko, T (1977): Geochemical features of Antarctic lake, Antarctic Record, 59 , pp 18-25.
- 12 小坂丈予・平林順一・小沢竹二郎・坂元卓雄 (1977) : 鹿児島湾奥部の海底泥と噴気ガスに関する研究, 桜島北部海域の海底火山活動と環境異常調査報告書, pp 48-63.
- 13 小坂丈予・平林順一・小沢竹二郎・君島堯憲 (1978) : 阿蘇火山の火山ガス成分の測定, 阿蘇火山の集中総合観測報告書, pp 64-68.
- 14 小坂丈予・平林順一・岡田清 (1980) : 海底火山活動にともなう2-3の鉱物の生成-特に黄変色海水中に含まれる沈殿物について, 鉱物学雑誌, 14 , 特別号, pp 118-125.
- 15 小坂丈予・平林順一・岡田清・加藤昌宏 (1981) : 宮城県土浮山モンモリロナイト鉱床の産状と組成変化, 鉱物学雑誌, 15 , 特別号, pp 170-186.
- 16 石原和弘・高山鉄朗・田中良和・平林順一 (1981) : 桜島火山の溶岩流 (I) -有史時代の溶岩流の容積-, 京都大学防災研究所年報, 24 , B-1, pp 1-10.
- 17 小坂丈予・加藤茂・平林順一 (1981) : マリアナ諸島パガン火山噴出スコリアの小笠原諸島への漂着について, 火山第2集, 26 , pp 305-307.
- 18 Ossaka, J., Hirabayashi, J., Okada, K., Kobayashi, R. and Hayashi, T. (1982): Crystal structure of minamiite, a new mineral of the alunite group, Am. Mineralogist, 15 , pp 114-119.
- 19 Ossaka, J., Hirabayashi, J., Okada, K. and Harada, J. (1982): Crystal data for $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, J. Appl. Cryst., 15 , pp 353-354.
- 20 Okada, K., Hirabayashi, J. and Ossaka, J. (1982): Crystal structure of natroalunite and crystal chemistry of the alunite group, N. Jb. Miner. Mh., 12 , pp 534-540.
- 21 小坂丈予・平林順一・岡田清・二木昌次 (1983) : 長野県伊那地方の風化堆積火山灰の組成変化, 粘土科学, 23 , pp 17-26.

付 表

桜島火山における大気中の火山ガスの連続観測結果

1979年4月～1982年12月

DATE	HF	HCL	S02	F/CL	CL/S	F/S
79 4 9		0.00210	0.00640		0.33	
79 4 10		0.00190	0.00780		0.24	
79 4 11		0.00290	0.01160		0.25	
79 4 12		0.01070	0.02530		0.42	
79 4 13		0.00100	0.00790		0.13	
79 4 14		0.00270	0.00830		0.33	
79 4 15		0.00230	0.00920		0.25	
79 4 16		0.00120	0.01150		0.10	
79 4 17		0.00260	0.01030		0.25	
79 4 18		0.01760	0.04910		0.36	
79 4 19		0.01670	0.05920		0.23	
79 4 20		0.00790	0.02690		0.29	
79 4 21		0.01340	0.03030		0.44	
79 4 22		0.04250	0.04140		1.03	
79 4 23		0.04010	0.04140		0.97	
79 4 24		0.00030	0.03370		0.01	
79 4 25		0.00640	0.04470		0.14	
79 4 26		0.00530	0.01180		0.45	
79 4 27		0.00360	0.00850		0.42	
79 4 28		0.00190	0.00860		0.22	
79 4 29		0.00230	0.00900		0.26	
79 4 30		0.00330	0.01750		0.19	
TOTAL	0.0	0.18870	0.48040	0.0	7.36	0.0
HEIKIN	0.0	0.00658	0.02184	0.0	0.33	0.0

付-1

DATE	HF	HCL	S02	F/CL	CL/S	F/S
79 5 1		0.00200	0.00940		0.21	
79 5 2		0.00330	0.00830		0.40	
79 5 3		0.05380	0.08220		0.65	
79 5 4		0.00710	0.02650		0.27	
79 5 5		0.00180	0.03490		0.05	
79 5 6			0.16200			
79 5 7			0.05060			
79 5 8						
79 5 9						
79 5 10						
79 5 11						
79 5 12		0.00970	0.01580		0.61	
79 5 13		0.05560	0.05880		0.95	
79 5 14		0.01000	0.04900		0.20	
79 5 15		0.01710	0.03620		0.47	
79 5 16		0.01780	0.02880		0.62	
79 5 17		0.01300	0.05440		0.24	
79 5 18		0.00750	0.01550		0.48	
79 5 19		0.00710	0.01280		0.55	
79 5 20		0.00390	0.00750		0.52	
79 5 21		0.00570	0.00940		0.61	
79 5 22		0.01180	0.03560		0.33	
79 5 23		0.00790	0.02650		0.30	
79 5 24		0.01520	0.02670		0.57	
79 5 25		0.00750	0.02160		0.35	
79 5 26		0.00520	0.05130		0.10	
79 5 27		0.00500	0.03880		0.13	
79 5 28		0.02400	0.02790		0.86	
79 5 29		0.00870	0.02600		0.33	
79 5 30		0.00960	0.04150		0.23	
79 5 31		0.02050	0.02060		1.00	
TOTAL	0.0	0.33080	0.97860	0.0	11.04	0.0
HEIKIN	0.0	0.01323	0.03624	0.0	0.44	0.0

付-2
F/S

DATE	HF	HCL	SC2	F/CL	CL/S	F/S
79 6 1		0.01690	0.03450		0.49	
79 6 2		0.00700	0.02200		0.32	
79 6 3		0.01800	0.04530		0.42	
79 6 4		0.00420	0.02910		0.14	
79 6 5		0.04770	0.06120		0.59	
79 6 6		0.04260	0.06710		0.63	
79 6 7		0.00100				
79 6 8		0.00170				
79 6 9		0.00620				
79 6 10		0.00790				
79 6 11		0.00320				
79 6 12		0.00270				
79 6 13		0.00490				
79 6 14		0.01900				
79 6 15		0.08330				
79 6 16		0.01110				
79 6 17		0.00920				
79 6 18		0.01530				
79 6 19		0.00530				
79 6 20		0.00170				
79 6 21		0.00070				
79 6 22		0.00410				
79 6 23		0.00630				
79 6 24			0.03220			
79 6 25			0.04030			
79 6 26			0.01950			
79 6 27						
79 6 28						
79 6 29						
79 6 30						
TOTAL	0.0	0.32000	0.36920	0.0	2.59	0.0
HEIKIN	0.0	0.01391	0.04102	0.0	0.43	0.0
DATE	HF	HCL	SC2	F/CL	CL/S	F/S
79 7 1						
79 7 2						
79 7 3						
79 7 4						
79 7 5		0.00190	0.05500		0.03	
79 7 6		0.00320	0.03130		0.10	
79 7 7		0.00690	0.04280		0.16	
79 7 8		0.00330	0.03590		0.09	
79 7 9		0.00070	0.04840		0.01	
79 7 10		0.00200	0.04600		0.04	
79 7 11		0.00200	0.02920		0.07	
79 7 12		0.00500	0.01290		0.39	
79 7 13		0.00490	0.01650		0.30	
79 7 14		0.00370	0.03060		0.12	
79 7 15		0.00240	0.02300		0.10	
79 7 16		0.00320	0.01300		0.25	
79 7 17		0.00080	0.05400		0.01	
79 7 18		0.00160	0.05070		0.03	
79 7 19		0.00490	0.02530		0.19	
79 7 20		0.03190	0.03410		0.94	
79 7 21		0.00440	0.03300		0.13	
79 7 22		0.00920	0.02890		0.32	
79 7 23		0.00820	0.03270		0.25	
79 7 24		0.00970	0.04270		0.23	
79 7 25		0.08110	0.04140		1.96	
79 7 26		0.27660	0.20830		1.33	
79 7 27		0.03660	0.02350		1.56	
79 7 28		0.02230	0.01390		1.60	
79 7 29		0.02470	0.01520		1.63	
79 7 30		0.01660	0.02710		0.61	
79 7 31		0.01490	0.01200		1.24	
TOTAL	0.0	0.58270	1.02740	0.0	13.71	0.0
HEIKIN	0.0	0.02158	0.03805	0.0	0.51	0.0

14-3

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
79 8 1		0.01410	0.02150		0.66	
79 8 2		0.04170	0.00680		6.13	
79 8 3		0.01300	0.01460		0.89	
79 8 4		0.01150	0.02240		0.51	
79 8 5		0.00300	0.01540		0.19	
79 8 6		0.00140	0.03180		0.04	
79 8 7		0.00100	0.09270		0.01	
79 8 8		0.00290	0.02170		0.13	
79 8 9		0.00890	0.01130		0.79	
79 8 10		0.01260	0.01370		0.92	
79 8 11		0.01540	0.02070		0.74	
79 8 12		0.01200	0.04130		0.29	
79 8 13		0.01150				
79 8 14		0.03390	0.03950		0.86	
79 8 15		0.12030	0.05170		2.33	
79 8 16		0.06050	0.03020		2.00	
79 8 17		0.00320	0.04130		0.08	
79 8 18		0.00610	0.04910		0.12	
79 8 19		0.00280	0.02110		0.13	
79 8 20		0.01320	0.01050		1.26	
79 8 21		0.02830	0.01200		2.36	
79 8 22		0.17100	0.32790		0.52	
79 8 23		0.24560	0.22050		1.11	
79 8 24		0.06060	0.03940		1.54	
79 8 25		0.00490	0.01000		0.49	
79 8 26		0.00060	0.04110		0.01	
79 8 27		0.00080	0.05000		0.02	
79 8 28		0.00370	0.01940		0.19	
79 8 29		0.00800	0.01770		0.45	
79 8 30		0.02240	0.01870		1.20	
79 8 31		0.01440	0.02680		0.54	
TOTAL	0.0	0.94930	1.34079	0.0	26.53	0.0
HEIKIN	0.0	0.03062	0.04469	0.0	0.88	0.0

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
79 9 1		0.03900	0.02490		1.57	
79 9 2		0.02660	0.01440		1.85	
79 9 3		0.00230	0.01910		0.12	
79 9 4		0.00260	0.01570		0.17	
79 9 5		0.00300	0.01060		0.28	
79 9 6		0.00130	0.02480		0.05	
79 9 7		0.00220	0.01900		0.12	
79 9 8		0.00400	0.01320		0.30	
79 9 9		0.00300	0.01560		0.19	
79 9 10		0.01030	0.01230		0.84	
79 9 11		0.06830	0.02510		2.72	
79 9 12		0.06530	0.03500		1.87	
79 9 13		0.05070	0.01790		2.83	
79 9 14		0.01460	0.01390		1.05	
79 9 15		0.00690	0.00900		0.77	
79 9 16		0.00920	0.01230		0.75	
79 9 17		0.01810	0.01030		1.76	
79 9 18		0.02080	0.01400		1.49	
79 9 19		0.02520	0.01570		1.61	
79 9 20		0.03160	0.01590		1.99	
79 9 21		0.05020	0.03070		1.64	
79 9 22		0.03080	0.01420		2.17	
79 9 23		0.01980	0.00990		2.00	
79 9 24		0.01330	0.00860		1.55	
79 9 25		0.01430	0.01100		1.30	
79 9 26		0.01410	0.01130		1.25	
79 9 27		0.01260	0.01700		0.74	
79 9 28		0.00180	0.02860		0.06	
79 9 29		0.00060				
79 9 30		0.00080				
TOTAL	0.0	0.56330	0.47000	0.0	33.01	0.0
HEIKIN	0.0	0.01878	0.01679	0.0	1.18	0.0

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
79 10 1		0.00340	0.01880		0.18	
79 10 2		0.00750	0.01860		0.40	
79 10 3			0.01740			
79 10 4			0.00970			
79 10 5		0.00060	0.01100		0.05	
79 10 6		0.00660	0.01610		0.41	
79 10 7		0.00180	0.01950		0.09	
79 10 8		0.00680	0.01690		0.40	
79 10 9		0.00580	0.01410		0.41	
79 10 10		0.00610	0.01390		0.44	
79 10 11		0.00210	0.00210		1.00	
79 10 12		0.00670	0.00910		0.74	
79 10 13		0.00290	0.01350		0.21	
79 10 14		0.00100	0.01030		0.10	
79 10 15		0.00050	0.02080		0.02	
79 10 16		0.00090	0.02350		0.04	
79 10 17			0.03090			
79 10 18			0.03390			
79 10 19			0.02600			
79 10 20		0.00110	0.02270		0.05	
79 10 21		0.00050	0.03960		0.01	
79 10 22		0.00080				
79 10 23		0.00350				
79 10 24		0.00330	0.04190		0.08	
79 10 25		0.01380	0.02300		0.60	
79 10 26		0.02290	0.02820		0.81	
79 10 27		0.01650	0.01690		0.98	
79 10 28		0.00330	0.02100		0.16	
79 10 29		0.00700	0.02120		0.33	
79 10 30		0.00350	0.01500		0.23	
79 10 31		0.00490	0.01510		0.32	

TOTAL	0.0	0.13380	0.57070	0.0	8.06	0.0
-------	-----	---------	---------	-----	------	-----

HEIKIN	0.0	0.00515	0.01968	0.0	0.34	0.0
--------	-----	---------	---------	-----	------	-----

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
79 11 1		0.02070	0.02220		0.93	
79 11 2		0.01550	0.02180		0.71	
79 11 3		0.00830	0.01550		0.54	
79 11 4		0.07540	0.03800		1.98	
79 11 5		0.00180	0.01050		0.17	
79 11 6		0.00650	0.02050		0.32	
79 11 7		0.05580	0.03470		1.61	
79 11 8		0.04700	0.04670		1.01	
79 11 9		0.07740	0.03690		2.10	
79 11 10		0.02500	0.01190		2.10	
79 11 11		0.00960	0.02120		0.45	
79 11 12		0.00340	0.02140		0.16	
79 11 13		0.00160	0.04310		0.04	
79 11 14		0.00600	0.04840		0.12	
79 11 15		0.00840	0.02180		0.39	
79 11 16		0.00740	0.03780		0.20	
79 11 17		0.02630	0.02980		0.88	
79 11 18		0.00390	0.01050		0.37	
79 11 19		0.00650	0.00360		1.31	
79 11 20		0.01910	0.01420		1.35	
79 11 21		0.03130	0.03800		0.82	
79 11 22		0.00700	0.02890		0.24	
79 11 23		0.00430	0.02060		0.21	
79 11 24		0.00900	0.00570		1.58	
79 11 25		0.00620	0.00530		1.17	
79 11 26		0.00290	0.01180		0.25	
79 11 27		0.12080	0.06840		1.77	
79 11 28		0.01780	0.02790		0.64	
79 11 29		0.00430	0.03770		0.11	
79 11 30		0.00560	0.01740		0.32	

TOTAL	0.0	0.63480	0.77220	0.0	24.33	0.0
-------	-----	---------	---------	-----	-------	-----

HEIKIN	0.0	0.02116	0.02574	0.0	0.31	0.0
--------	-----	---------	---------	-----	------	-----

付-5

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
79 12 1		0.00080	0.00440		0.18	
79 12 2		0.00260	0.00540		0.48	
79 12 3		0.00910	0.01520		0.60	
79 12 4		0.00540	0.03160		0.17	
79 12 5		0.00080	0.02550		0.03	
79 12 6		0.00550	0.02200		0.25	
79 12 7		0.01220	0.02720		0.45	
79 12 8		0.00350	0.01890		0.19	
79 12 9		0.00260	0.02270		0.11	
79 12 10		0.00200	0.02320		0.09	
79 12 11		0.00370	0.01790		0.21	
79 12 12		0.00680	0.02440		0.28	
79 12 13		0.00270	0.02590		0.10	
79 12 14		0.00880	0.01970		0.45	
79 12 15		0.00170	0.03160		0.05	
79 12 16		0.00750	0.01270		0.59	
79 12 17		0.00670	0.02840		0.24	
79 12 18		0.01310	0.03770		0.35	
79 12 19		0.02380	0.04520		0.53	
79 12 20		0.00770	0.02400		0.32	
79 12 21		0.00330	0.02450		0.13	
79 12 22		0.00370	0.03410		0.11	
79 12 23		0.00430	0.01630		0.26	
79 12 24		0.00340	0.04180		0.08	
79 12 25		0.00150	0.04230		0.04	
79 12 26		0.00160	0.00430		0.37	
79 12 27		0.00120	0.00350		0.34	
79 12 28		0.00860	0.00540		1.59	
79 12 29		0.00210	0.00310		0.68	
79 12 30		0.01350	0.00790		1.71	
79 12 31		0.01710	0.01860		0.92	
TOTAL	0.0	0.18730	0.66540	0.0	11.90	0.0
HEIKIN	0.0	0.00604	0.02146	0.0	0.38	0.0

付-6

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
80 1 1		0.01520	0.01120		1.36	
80 1 2		0.04910	0.04730		1.04	
80 1 3		0.00230	0.02320		0.10	
80 1 4		0.00220	0.04140		0.05	
80 1 5		0.01280	0.04690		0.27	
80 1 6		0.00370	0.02340		0.16	
80 1 7		0.00300	0.02660		0.11	
80 1 8		0.00950	0.00590		1.61	
80 1 9		0.06450	0.03140		2.05	
80 1 10		0.00410	0.03080		0.13	
80 1 11		0.01070	0.00580		1.84	
80 1 12		0.04290	0.02590		1.66	
80 1 13		0.01860	0.04020		0.46	
80 1 14		0.00520	0.03080		0.17	
80 1 15		0.00120	0.00260		0.46	
80 1 16		0.00190	0.00300		0.63	
80 1 17		0.00130	0.00280		0.46	
80 1 18		0.00550	0.00480		1.15	
80 1 19		0.00360	0.00470		0.77	
80 1 20		0.00120	0.00300		0.40	
80 1 21		0.00110	0.00330		0.33	
80 1 22		0.00100	0.00210		0.48	
80 1 23		0.00270	0.00390		0.69	
80 1 24		0.00270	0.00380		0.71	
80 1 25		0.00190	0.00440		0.43	
80 1 26		0.04450	0.08830		0.50	
80 1 27		0.06420	0.13630		0.47	
80 1 28		0.03620	0.05390		0.67	
80 1 29		0.00410	0.00740		0.55	
80 1 30		0.00750	0.00460		1.63	
80 1 31		0.00250	0.00260		0.96	
TOTAL	0.0	0.42690	0.72230	0.0	22.33	0.0
HEIKIN	0.0	0.01377	0.02330	0.0	0.72	0.0

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
80 2 1		0.00060	0.00230		0.26	
80 2 2		0.00060	0.00220		0.27	
80 2 3		0.00380	0.00300		1.27	
80 2 4		0.00180	0.00290		0.62	
80 2 5		0.00100	0.00200		0.50	
80 2 6		0.00230	0.00190		1.21	
80 2 7		0.00150	0.00260		0.58	
80 2 8		0.00080	0.00260		0.31	
80 2 9		0.00100	0.00160		0.62	
80 2 10		0.00210	0.00260		0.81	
80 2 11		0.00190	0.00230		0.83	
80 2 12		0.00130				
80 2 13		0.00240				
80 2 14		0.00150				
80 2 15		0.00150				
80 2 16		0.00140				
80 2 17		0.00850				
80 2 18		0.00320	0.00460		0.70	
80 2 19		0.00190	0.00360		0.53	
80 2 20		0.00310	0.00600		0.52	
80 2 21		0.00250	0.00550		0.45	
80 2 22		0.00240	0.00530		0.45	
80 2 23		0.00250	0.00660		0.38	
80 2 24		0.01060	0.01800		0.59	
80 2 25		0.02670	0.11470		0.23	
80 2 26		0.09900	0.26240		0.38	
80 2 27		0.01460	0.00910		1.60	
80 2 28		0.01570	0.00780		2.01	
80 2 29		0.00840	0.00730		1.15	
TOTAL	0.0	0.22460	0.47690	0.0	16.27	0.0
HEIKIN	0.0	0.00774	0.02073	0.0	0.71	0.0

付-7

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
80 3 1		0.00340	0.00390		0.87	
80 3 2		0.01240	0.00850		1.46	
80 3 3		0.01200	0.01200		1.00	
80 3 4		0.01890	0.01400		1.35	
80 3 5		0.00180	0.00360		0.50	
80 3 6		0.00960	0.02030		0.47	
80 3 7		0.05650	0.06370		0.89	
80 3 8		0.02920	0.12870		0.23	
80 3 9		0.14280	0.18680		0.76	
80 3 10			0.00890			
80 3 11		0.00270	0.00600		0.45	
80 3 12		0.00140	0.00770		0.18	
80 3 13		0.00120	0.00510		0.24	
80 3 14		0.00110	0.00520		0.21	
80 3 15		0.00430	0.00560		0.77	
80 3 16		0.00660	0.00850		0.78	
80 3 17		0.00220	0.00480		0.40	
80 3 18		0.00400	0.00660		0.61	
80 3 19		0.00570	0.01060		0.54	
80 3 20		0.00350	0.00690		0.51	
80 3 21		0.00120	0.00650		0.18	
80 3 22		0.00080	0.00350		0.23	
80 3 23		0.00130	0.00260		0.50	
80 3 24		0.00110	0.00270		0.41	
80 3 25		0.00180	0.00500		0.36	
80 3 26		0.00060	0.00270		0.22	
80 3 27		0.00630	0.01430		0.44	
80 3 28		0.02170	0.08500		0.25	
80 3 29		0.06160	0.37300		0.17	
80 3 30		0.01930				
80 3 31		0.00270				
TOTAL	0.0	0.43770	1.01330	0.0	15.03	0.0
HEIKIN	0.0	0.01459	0.03494	0.0	0.54	0.0

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
80 4 1		0.00290				
80 4 2		0.00760	0.00810		0.94	
80 4 3		0.03870	0.12310		0.31	
80 4 4		0.16710	0.47370		0.35	
80 4 5		0.11520	0.22450		0.51	
80 4 6		0.00280	0.00610		0.46	
80 4 7		0.01050	0.00720		1.46	
80 4 8		0.00520	0.00910		0.57	
80 4 9		0.00790	0.01450		0.54	
80 4 10		0.02390	0.08020		0.30	
80 4 11		0.17570	0.61020		0.29	
80 4 12		0.08150	0.60470		0.13	
80 4 13		0.00250	0.00730		0.34	
80 4 14		0.01730	0.00910		1.90	
80 4 15		0.02220	0.01930		1.15	
80 4 16		0.00880	0.00710		1.24	
80 4 17		0.00470	0.00510		0.92	
80 4 18		0.01120	0.02300		0.49	
80 4 19		0.05170	0.07460		0.69	
80 4 20		0.00140	0.00510		0.27	
80 4 21		0.01540	0.00350		1.81	
80 4 22		0.00510	0.00940		0.54	
80 4 23		0.00480				
80 4 24		0.00260	0.00750		0.35	
80 4 25		0.01050	0.01200		0.88	
80 4 26		0.04680	0.10440		0.45	
80 4 27		0.27980	0.58210		0.48	
80 4 28		0.05380	0.01980		2.72	
80 4 29		0.01640	0.01150		1.43	
80 4 30		0.01710	0.01760		0.97	
TOTAL	0.0	1.21110	3.08479	0.0	22.50	0.0
HEIKIN	0.0	0.04037	0.11017	0.0	0.80	0.0

付-8

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
80 5 1		0.02330	0.01160		2.01	
80 5 2		0.02820	0.03320		0.85	
80 5 3		0.98400	0.37500		2.62	
80 5 4		0.72180	0.16720		4.32	
80 5 5		0.02990	0.01200		2.49	
80 5 6		0.04380	0.01920		2.26	
80 5 7		0.03620	0.04520		0.80	
80 5 8		0.82470	0.26760		3.08	
80 5 9		0.00820	0.00620		1.32	
80 5 10		0.02860	0.01750		1.63	
80 5 11		0.02000	0.01670		1.20	
80 5 12		0.01480	0.01390		1.06	
80 5 13		0.00660	0.00710		0.93	
80 5 14		0.00450	0.00680		0.66	
80 5 15			0.00470			
80 5 16		0.00660	0.00610		1.08	
80 5 17		0.00440	0.00620		0.71	
80 5 18		0.01260	0.02340		0.54	
80 5 19		0.05510	0.09130		0.60	
80 5 20		0.11470	0.21630		0.53	
80 5 21		0.00720	0.00790		0.91	
80 5 22		0.03060	0.01910		1.60	
80 5 23		0.01010	0.02330		0.43	
80 5 24		0.00490	0.00880		0.56	
80 5 25			0.00590			
80 5 26		0.00200	0.00560		0.36	
80 5 27		0.00260	0.00580		0.45	
80 5 28		0.00490	0.01050		0.47	
80 5 29		0.00210	0.00720		0.29	
80 5 30		0.02650	0.01240		2.14	
80 5 31		0.00200	0.00580		0.34	
TOTAL	0.0	3.06089	1.45949	0.0	36.28	0.0
HEIKIN	0.0	0.10555	0.04708	0.0	1.25	0.0
DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
80 6 1		0.00710	0.00760		0.93	
80 6 2		0.00130	0.00560		0.23	
80 6 3		0.00370	0.00670		0.55	
80 6 4		0.00300	0.00860		0.35	
80 6 5		0.00920	0.01300		0.71	
80 6 6		0.01140				
80 6 7		0.03100				
80 6 8		0.00460				
80 6 9		0.00150				
80 6 10		0.00820				
80 6 11						
80 6 12		0.00130	0.01320		0.10	
80 6 13		0.00150	0.02190		0.07	
80 6 14		0.00050	0.00720		0.07	
80 6 15		0.00030	0.00410		0.07	
80 6 16		0.00070	0.00720		0.10	
80 6 17		0.00040	0.00610		0.07	
80 6 18		0.00050	0.00550		0.09	
80 6 19		0.00610	0.01410		0.43	
80 6 20		0.00030	0.00540		0.06	
80 6 21		0.00050	0.00680		0.07	
80 6 22		0.00020	0.00590		0.03	
80 6 23		0.00040	0.00580		0.07	
80 6 24		0.00160	0.00860		0.19	
80 6 25		0.00120	0.00740		0.16	
80 6 26		0.00040	0.00630		0.06	
80 6 27		0.00040	0.00690		0.06	
80 6 28		0.00040	0.00800		0.05	
80 6 29		0.00400	0.01760		0.23	
80 6 30		0.00270	0.01560		0.17	
TOTAL	0.0	0.10440	0.21510	0.0	4.92	0.0
HEIKIN	0.0	0.00360	0.00896	0.0	0.21	0.0

付-9

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
80 7 1		0.00100	0.00680		0.15	
80 7 2		0.00040	0.00550		0.07	
80 7 3		0.00120	0.01270		0.09	
80 7 4		0.00570	0.02270		0.25	
80 7 5		0.00130	0.01110		0.12	
80 7 6		0.00070	0.00770		0.09	
80 7 7		0.00050	0.00460		0.11	
80 7 8		0.00030	0.00350		0.09	
80 7 9		0.00060	0.00570		0.11	
80 7 10		0.00070	0.00410		0.17	
80 7 11			0.00490			
80 7 12		0.00040	0.00470		0.09	
80 7 13		0.00050	0.00680		0.07	
80 7 14		0.00030	0.00430		0.07	
80 7 15		0.00150	0.00940		0.16	
80 7 16		0.00120	0.00820		0.15	
80 7 17		0.00070	0.01220		0.06	
80 7 18		0.00180	0.01670		0.10	
80 7 19		0.00220	0.01680		0.13	
80 7 20		0.00270	0.02630		0.10	
80 7 21		0.00230	0.02250		0.10	
80 7 22		0.00260	0.02480		0.11	
80 7 23		0.00120	0.01370		0.09	
80 7 24	0.00022		0.00830			0.027
80 7 25	0.00022		0.02170			0.010
80 7 26	0.00019	0.00100	0.01180	0.190	0.08	0.016
80 7 27	0.00025	0.00090	0.00790	0.278	0.11	0.032
80 7 28	0.00025	0.00090	0.01210	0.278	0.07	0.021
80 7 29	0.00020	0.00110	0.00960	0.182	0.11	0.021
80 7 30	0.00059		0.00530			0.111
80 7 31	0.00029	0.00110	0.01300	0.264	0.08	0.022

TOTAL	0.00221	0.03500	0.34740	1.191	2.94	0.260
HEIKIN	0.00028	0.00130	0.01121	0.238	0.11	0.032

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
80 8 1	0.00021	0.00200	0.01460	0.105	0.14	0.014
80 8 2	0.00024	0.00870	0.01690	0.028	0.51	0.014
80 8 3	0.00019	0.00520	0.01080	0.037	0.48	0.018
80 8 4	0.00023	0.00850	0.02620	0.027	0.30	0.008
80 8 5	0.00035	0.01170	0.01870	0.030	0.63	0.019
80 8 6	0.00042	0.01990	0.04330	0.021	0.46	0.010
80 8 7	0.00067	0.06740	0.16880	0.010	0.40	0.004
80 8 8	0.00130	0.06710	0.18950	0.019	0.35	0.007
80 8 9	0.00034	0.01180	0.02000	0.029	0.59	0.017
80 8 10	0.00030	0.01140	0.02110	0.026	0.54	0.014
80 8 11	0.00036	0.01800	0.02190	0.020	0.82	0.016
80 8 12	0.00040	0.01910	0.02440	0.021	0.78	0.016
80 8 13	0.00032	0.02040	0.02100	0.016	0.97	0.015
80 8 14	0.00026	0.00850	0.01410	0.031	0.60	0.018
80 8 15	0.00026	0.01260	0.01620	0.021	0.78	0.016
80 8 16	0.00025	0.01100	0.01850	0.023	0.59	0.014
80 8 17	0.00018	0.00650	0.02560	0.021	0.33	0.007
80 8 18	0.00019	0.00390	0.00850	0.049	0.46	0.022
80 8 19	0.00022	0.00330	0.00850	0.067	0.39	0.026
80 8 20	0.00026	0.00150	0.01000	0.173	0.15	0.026
80 8 21	0.00018	0.00120	0.00670	0.150	0.14	0.021
80 8 22	0.00067	0.00130	0.00970	0.515	0.13	0.069
80 8 23	0.00019	0.00130	0.01470	0.146	0.09	0.013
80 8 24	0.00031	0.00150	0.01690	0.207	0.09	0.018
80 8 25	0.00019	0.00170	0.01860	0.112	0.09	0.010
80 8 26	0.00016	0.00110	0.01030	0.145	0.11	0.016
80 8 27	0.00012	0.00240	0.02000	0.050	0.12	0.006
80 8 28	0.00015	0.00180	0.01470	0.083	0.12	0.010
80 8 29	0.00015	0.00060	0.00790	0.250	0.08	0.019
80 8 30	0.00013	0.00060	0.00730	0.217	0.08	0.018
80 8 31	0.00012	0.00060	0.00740	0.200	0.08	0.016
TOTAL	0.00932	0.33460	0.83680	2.848	11.41	0.518
HEIKIN	0.00030	0.01079	0.02699	0.092	0.37	0.017

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
80 9 1	0.00010	0.00310	0.02630	0.032	0.12	0.004
80 9 2	0.00010	0.00310	0.02210	0.032	0.14	0.005
80 9 3	0.00015	0.00420	0.02980	0.036	0.15	0.005
80 9 4	0.00015	0.00420	0.02130	0.036	0.20	0.007
80 9 5	0.00013	0.00200	0.00940	0.065	0.21	0.014
80 9 6	0.00012	0.00270	0.02230	0.044	0.12	0.005
80 9 7	0.00012	0.00170	0.01970	0.071	0.09	0.006
80 9 8	0.00013	0.00440	0.02150	0.030	0.20	0.006
80 9 9	0.00017	0.00550	0.01170	0.031	0.47	0.015
80 9 10	0.00045	0.08610	0.08130	0.005	1.06	0.006
80 9 11		0.02980	0.03160		0.94	
80 9 12	0.00010	0.01400	0.01640	0.007	0.85	0.006
80 9 13	0.00008	0.00450	0.02310	0.018	0.19	0.003
80 9 14	0.00007	0.00720	0.02610	0.010	0.28	0.003
80 9 15	0.00010	0.02660	0.04330	0.004	0.61	0.002
80 9 16	0.00013	0.00300	0.01690	0.043	0.18	0.008
80 9 17	0.00012	0.00580	0.02940	0.021	0.20	0.004
80 9 18	0.00014	0.00370	0.01720	0.038	0.22	0.008
80 9 19	0.00016	0.00280	0.02060	0.057	0.13	0.006
80 9 20	0.00019	0.00330	0.01640	0.058	0.20	0.012
80 9 21	0.00012	0.00410	0.02930	0.029	0.14	0.004
80 9 22	0.00009	0.00350	0.02250	0.026	0.16	0.004
80 9 23	0.00008	0.00390	0.03300	0.021	0.12	0.002
80 9 24	0.00026	0.03940	0.05580	0.007	0.71	0.005
80 9 25	0.00034	0.01310	0.01290	0.026	1.02	0.026
80 9 26	0.00027	0.03340	0.03280	0.008	1.02	0.008
80 9 27	0.00049	0.03350	0.04200	0.015	0.80	0.012
80 9 28	0.00084	0.03990	0.10660	0.021	0.37	0.008
80 9 29	0.00053	0.02730	0.03620	0.019	0.75	0.015
80 9 30	0.00025	0.01190	0.02340	0.021	0.51	0.011

TOTAL 0.00598 0.42770 0.90010 0.629 12.15 0.220

HEIKIN 0.00021 0.01426 0.03000 0.029 0.41 0.008

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
80 10 1	0.00042	0.03400	0.05160	0.012	0.88	0.008
80 10 2	0.00045	0.04920	0.05390	0.009	0.91	0.008
80 10 3	0.00045	0.02020	0.05210	0.022	0.39	0.009
80 10 4	0.00065	0.04170	0.05910	0.016	0.71	0.011
80 10 5	0.00176	0.15740	0.31530	0.011	0.50	0.006
80 10 6	0.00060	0.02380	0.03130	0.025	0.76	0.019
80 10 7	0.00026	0.00080	0.01610	0.325	0.05	0.016
80 10 8	0.00019	0.00310	0.01730	0.061	0.18	0.011
80 10 9	0.00033	0.03910	0.05980	0.008	0.65	0.006
80 10 10	0.00061	0.03690	0.06270	0.017	0.59	0.010
80 10 11	0.00028	0.00480	0.03040	0.058	0.16	0.009
80 10 12	0.00080	0.02450	0.05380	0.033	0.46	0.015
80 10 13	0.00236	0.21260	0.40360	0.011	0.53	0.006
80 10 14	0.00076	0.03170	0.06350	0.024	0.50	0.012
80 10 15	0.00020	0.01260	0.02890	0.016	0.44	0.007
80 10 16	0.00023	0.01530	0.03750	0.015	0.41	0.006
80 10 17	0.00021	0.00660	0.03300	0.032	0.20	0.006
80 10 18	0.00021	0.01880	0.04370	0.011	0.43	0.005
80 10 19	0.00025	0.00140	0.01240	0.179	0.11	0.020
80 10 20	0.00016	0.00340	0.00740	0.047	0.46	0.022
80 10 21	0.00013	0.00530	0.01480	0.025	0.36	0.009
80 10 22	0.00007	0.00580	0.02000	0.012	0.29	0.003
80 10 23	0.00031	0.01610	0.04680	0.019	0.34	0.007
80 10 24	0.00118	0.01900	0.08530	0.062	0.22	0.014
80 10 25	0.00054	0.00560	0.00790	0.096	0.71	0.068
80 10 26	0.00016	0.00520	0.00760	0.031	0.68	0.021
80 10 27	0.00014	0.00740	0.01480	0.019	0.50	0.009
80 10 28	0.00007	0.00420	0.02050	0.017	0.20	0.003
80 10 29	0.00005	0.00310	0.01380	0.016	0.22	0.004
80 10 30	0.00012	0.00340	0.02280	0.035	0.15	0.005
80 10 31		0.00300	0.02020		0.15	

TOTAL 0.01395 0.81600 1.70789 1.265 12.92 0.355

HEIKIN 0.00046 0.02632 0.05509 0.042 0.42 0.012

付-11

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
80 11 1		0.00360	0.02320		0.16	
80 11 2		0.00220				
80 11 3		0.00470	0.02230		0.21	
80 11 4		0.02320	0.05240		0.44	
80 11 5		0.00800	0.03120		0.26	
80 11 6		0.00910	0.03100		0.29	
80 11 7	0.00018	0.00360	0.01500	0.050	0.24	0.012
80 11 8	0.00005	0.00370	0.01360	0.014	0.27	0.004
80 11 9	0.00003	0.00340	0.02170	0.009	0.16	0.001
80 11 10	0.00002	0.00370	0.01980	0.005	0.19	0.001
80 11 11	0.00005	0.00610	0.02660	0.008	0.23	0.002
80 11 12	0.00014	0.00390	0.02870	0.036	0.14	0.005
80 11 13	0.00014	0.00440	0.01320	0.032	0.33	0.011
80 11 14		0.00340	0.01660		0.20	
80 11 15	0.00005	0.00810	0.03200	0.006	0.25	0.002
80 11 16	0.00019	0.01480	0.03590	0.013	0.41	0.005
80 11 17	0.00034	0.02590	0.03990	0.013	0.65	0.009
80 11 18		0.02670	0.03960		0.67	
80 11 19		0.00740	0.01730		0.43	
80 11 20	0.00343	0.04740	0.12500	0.072	0.38	0.027
80 11 21	0.00290	0.10970	0.29970	0.026	0.37	0.010
80 11 22	0.00032	0.03110	0.03250	0.010	0.96	0.010
80 11 23	0.00041	0.05010	0.05300	0.008	0.95	0.008
80 11 24		0.01350	0.03340		0.40	
80 11 25		0.00670	0.01680		0.40	
80 11 26		0.00830	0.02210		0.38	
80 11 27		0.00760	0.03380		0.22	
80 11 28		0.00490	0.02330		0.21	
80 11 29		0.01250	0.01950		0.64	
80 11 30		0.00510	0.01590		0.32	
TOTAL	0.00825	0.46280	1.15520	0.303	10.75	0.105
HEIKIN	0.00059	0.01543	0.03983	0.022	0.37	0.008

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
80 12 1	0.00014	0.00430	0.01570	0.033	0.27	0.009
80 12 2	0.00014	0.00150	0.01410	0.093	0.11	0.010
80 12 3	0.00005	0.00200	0.00950	0.025	0.21	0.005
80 12 4	0.00003	0.00170	0.00720	0.018	0.24	0.004
80 12 5	0.00003	0.00110	0.00600	0.027	0.18	0.005
80 12 6	0.00003	0.00100	0.00790	0.030	0.13	0.004
80 12 7	0.00003	0.00180	0.00940	0.017	0.19	0.003
80 12 8	0.00002	0.00170	0.00990	0.012	0.17	0.002
80 12 9	0.00005	0.00110	0.00620	0.045	0.18	0.008
80 12 10	0.00002	0.00360	0.00840	0.006	0.43	0.002
80 12 11	0.00004	0.00260	0.01060	0.015	0.25	0.004
80 12 12	0.00004	0.00680	0.00510	0.050	0.16	0.008
80 12 13	0.00002	0.00080	0.00430	0.025	0.19	0.005
80 12 14	0.00001	0.00070	0.00460	0.014	0.15	0.002
80 12 15	0.00002	0.00110	0.00470	0.018	0.23	0.004
80 12 16	0.00002	0.00100	0.00430	0.020	0.23	0.005
80 12 17	0.00003	0.00170	0.00360	0.018	0.20	0.003
80 12 18	0.00004	0.00130	0.00660	0.031	0.20	0.006
80 12 19	0.00003	0.00160	0.00640	0.019	0.25	0.005
80 12 20	0.00005	0.00120	0.00480	0.042	0.25	0.010
80 12 21	0.00002	0.00190	0.00740	0.011	0.26	0.003
80 12 22	0.00002	0.00440	0.01340	0.005	0.33	0.001
80 12 23	0.00001	0.00070	0.00470	0.014	0.15	0.002
80 12 24		0.00090	0.00400		0.22	
80 12 25		0.00080	0.00460		0.17	
80 12 26		0.00110	0.00390		0.28	
80 12 27	0.00001	0.00110	0.00370	0.009	0.30	0.003
80 12 28	0.00003	0.00080	0.00430	0.037	0.19	0.007
80 12 29	0.00002	0.00060	0.00340	0.033	0.18	0.006
80 12 30	0.00001	0.00100	0.00480	0.010	0.21	0.002
80 12 31	0.00003	0.00230	0.00720	0.013	0.32	0.004
TOTAL	0.00099	0.04820	0.21570	0.689	6.81	0.133
HEIKIN	0.00004	0.00155	0.00696	0.025	0.22	0.005

付-12

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
81 1 1	0.00004	0.00410	0.01150	0.010	0.36	0.003
81 1 2	0.00002	0.00100	0.00520	0.020	0.19	0.004
81 1 3	0.00003	0.00070	0.00410	0.043	0.17	0.007
81 1 4	0.00002	0.00090	0.00440	0.022	0.20	0.005
81 1 5	0.00001	0.00090	0.00470	0.011	0.19	0.002
81 1 6	0.00001	0.00080	0.00430	0.012	0.19	0.002
81 1 7	0.00001	0.00180	0.00600	0.006	0.30	0.002
81 1 8	0.00002	0.00210	0.01520	0.010	0.14	0.001
81 1 9	0.00001	0.00100	0.00910	0.010	0.11	0.001
81 1 10	0.00002	0.00080	0.00640	0.025	0.13	0.003
81 1 11	0.00002	0.00110	0.00490	0.018	0.22	0.004
81 1 12		0.00110	0.00590		0.19	
81 1 13		0.00120	0.00490		0.24	
81 1 14		0.00110	0.00400		0.27	
81 1 15	0.00002	0.00180	0.00630	0.011	0.29	0.003
81 1 16		0.00120	0.00360		0.33	
81 1 17	0.00002	0.00200	0.00610	0.010	0.33	0.003
81 1 18	0.00001	0.00110	0.00420	0.009	0.26	0.002
81 1 19	0.00002	0.00120	0.00360	0.017	0.33	0.006
81 1 20	0.00002	0.00190	0.00470	0.011	0.40	0.004
81 1 21	0.00001	0.00120	0.00500	0.008	0.24	0.002
81 1 22	0.00002	0.00180	0.01000	0.011	0.16	0.002
81 1 23	0.00004	0.00360	0.01490	0.011	0.24	0.003
81 1 24	0.00006	0.00050	0.00680	0.120	0.07	0.009
81 1 25	0.00003	0.00270	0.01060	0.011	0.25	0.003
81 1 26	0.00003	0.00260	0.00730	0.012	0.36	0.004
81 1 27	0.00002	0.00240	0.00910	0.008	0.26	0.002
81 1 28	0.00003	0.00260	0.01180	0.012	0.22	0.003
81 1 29		0.00190	0.00670		0.22	
81 1 30	0.00004	0.00230	0.01830	0.017	0.13	0.002
81 1 31		0.00220	0.01020		0.22	

TOTAL 0.00058 0.05640 0.24560 0.455 7.59 0.083

HEIKIN 0.00002 0.00176 0.00767 0.018 0.24 0.003

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
81 2 1	0.00002	0.00110	0.00850	0.013	0.13	0.002
81 2 2	0.00001	0.00230	0.00930	0.004	0.25	0.001
81 2 3	0.00004	0.00130	0.00760	0.031	0.17	0.005
81 2 4	0.00001	0.00200	0.01050	0.005	0.19	0.001
81 2 5	0.00003	0.00380	0.01690	0.008	0.22	0.002
81 2 6	0.00003	0.00170	0.01070	0.018	0.16	0.003
81 2 7	0.00002	0.00110	0.00750	0.018	0.15	0.003
81 2 8	0.00001	0.00100	0.00930	0.010	0.11	0.001
81 2 9	0.00002	0.00140	0.00790	0.014	0.16	0.003
81 2 10	0.00002	0.00130	0.00760	0.015	0.17	0.003
81 2 11	0.00001	0.00190	0.01090	0.005	0.17	0.001
81 2 12	0.00005	0.00080	0.00540	0.063	0.15	0.009
81 2 13	0.00006	0.00020	0.00530	0.300	0.04	0.011
81 2 14	0.00004	0.00100	0.01150	0.040	0.09	0.003
81 2 15	0.00007	0.00280	0.01830	0.025	0.15	0.004
81 2 16	0.00010	0.00410	0.01360	0.024	0.30	0.007
81 2 17	0.00008	0.01170	0.03360	0.007	0.35	0.002
81 2 18	0.00026	0.02820	0.06030	0.009	0.47	0.004
81 2 19	0.00008	0.00890	0.01070	0.009	0.83	0.007
81 2 20	0.00004	0.00400	0.01000	0.010	0.40	0.004
81 2 21	0.00003	0.00370	0.01360	0.008	0.27	0.002
81 2 22	0.00028	0.02000	0.06030	0.014	0.33	0.005
81 2 23	0.00029	0.00150	0.01150	0.193	0.13	0.025
81 2 24	0.00008	0.00480	0.00910	0.017	0.53	0.009
81 2 25	0.00002	0.00220	0.00530	0.009	0.42	0.004
81 2 26	0.00002	0.00130	0.00400	0.015	0.32	0.005
81 2 27	0.00004	0.00180	0.00780	0.022	0.23	0.005
81 2 28	0.00002	0.00580	0.01640	0.003	0.35	0.001

TOTAL 0.00178 0.12170 0.40340 0.916 7.20 0.133

HEIKIN 0.00006 0.00435 0.01441 0.033 0.20 0.005

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
81 3 1	0.00003	0.00380	0.00820	0.008	0.46	0.004
81 3 2	0.00005	0.00350	0.00860	0.014	0.41	0.006
81 3 3	0.00010	0.00320	0.00970	0.031	0.33	0.010
81 3 4	0.00008	0.00380	0.01370	0.021	0.28	0.006
81 3 5	0.00003	0.00410	0.01490	0.007	0.28	0.002
81 3 6	0.00003	0.00180	0.01070	0.017	0.17	0.003
81 3 7	0.00004	0.00230	0.01490	0.017	0.15	0.003
81 3 8	0.00003	0.00270	0.02590	0.011	0.10	0.001
81 3 9	0.00004	0.00180	0.01220	0.022	0.15	0.003
81 3 10	0.00004	0.00310	0.01290	0.013	0.24	0.003
81 3 11	0.00002	0.00680	0.02620	0.003	0.20	0.001
81 3 12	0.00103	0.02850	0.12960	0.036	0.22	0.008
81 3 13	0.00188	0.10010	0.33480	0.019	0.30	0.006
81 3 14	0.00032	0.00470	0.01250	0.068	0.38	0.026
81 3 15	0.00011	0.01790	0.01880	0.006	0.95	0.006
81 3 16	0.00003	0.00790	0.02750	0.004	0.29	0.001
81 3 17	0.00003	0.00400	0.02710	0.007	0.15	0.001
81 3 18	0.00003	0.00390	0.02630	0.008	0.15	0.001
81 3 19	0.00010	0.02270	0.05970	0.004	0.38	0.002
81 3 20	0.00079	0.02320	0.08760	0.034	0.26	0.009
81 3 21	0.00024	0.00340	0.00460	0.071	0.74	0.052
81 3 22	0.00013	0.01130	0.03330	0.012	0.34	0.004
81 3 23	0.00005	0.00620	0.02730	0.008	0.23	0.002
81 3 24	0.00175	0.15440	0.49740	0.011	0.31	0.004
81 3 25	0.00077	0.00360	0.01020	0.214	0.35	0.075
81 3 26	0.00012	0.01340	0.02150	0.009	0.62	0.006
81 3 27	0.00006	0.00510	0.02840	0.012	0.18	0.002
81 3 28	0.00009	0.00360	0.02050	0.025	0.18	0.004
81 3 29	0.00013	0.00470	0.01350	0.028	0.35	0.010
81 3 30		0.01640	0.03100		0.53	
81 03 31		0.00580	0.01380		0.42	

TOTAL	0.00815	0.47770	1.58350	0.740	10.15	0.259
HEIKIN	0.00028	0.01541	0.05108	0.026	0.33	0.009

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
81 4 1		0.00290	0.01100		0.26	
81 4 2		0.01140	0.01190		0.96	
81 4 3		0.00760	0.02190		0.35	
81 4 4		0.00140	0.00920		0.15	
81 4 5		0.00080	0.00780		0.10	
81 4 6		0.00550	0.01490		0.37	
81 4 7		0.00900	0.02000		0.45	
81 4 8		0.02490	0.11400		0.22	
81 4 9		0.07750	0.32990		0.23	
81 4 10		0.01620	0.01550		1.05	
81 4 11		0.03190	0.02240		1.42	
81 4 12		0.00770	0.01660		0.46	
81 4 13		0.01280	0.02100		0.61	
81 4 14			0.05030			
81 4 15			0.02340			
81 4 16			0.01060			
81 4 17		0.02750	0.02770		0.99	
81 4 18		0.01040	0.02960		0.35	
81 4 19		0.00330	0.01030		0.32	
81 4 20		0.00460	0.01070		0.43	
81 4 21		0.00570	0.02240		0.25	
81 4 22		0.00490	0.02670		0.18	
81 4 23		0.00600	0.02690		0.22	
81 4 24	0.00004	0.00350	0.01730	0.011	0.20	0.002
81 4 25	0.00013	0.00290	0.01480	0.045	0.20	0.009
81 4 26			0.04250			
81 4 27	0.00011	0.00840	0.03530	0.013	0.24	0.003
81 4 28	0.00019	0.01030	0.03970	0.018	0.26	0.005
81 4 29	0.00074	0.04830	0.06080	0.015	0.79	0.012
81 4 30	0.00028	0.00640	0.02450	0.044	0.26	0.011
TOTAL	0.00149	0.35180	1.08960	0.147	11.35	0.043
HEIKIN	0.00025	0.01353	0.03632	0.024	0.44	0.007

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
81 5 1	0.00011	0.00520	0.03520	0.021	0.15	0.003
81 5 2	0.00020	0.00070	0.01090	0.286	0.06	0.018
81 5 3	0.00012	0.00160	0.00970	0.075	0.16	0.012
81 5 4	0.00005	0.00280	0.01290	0.018	0.22	0.004
81 5 5	0.00014	0.02250	0.09300	0.006	0.24	0.002
81 5 6	0.00105	0.01960	0.12850	0.054	0.15	0.008
81 5 7	0.00089	0.01840	0.03580	0.048	0.51	0.025
81 5 8	0.00017	0.00890	0.04730	0.019	0.19	0.004
81 5 9	0.00026	0.00250	0.02260	0.104	0.11	0.012
81 5 10	0.00033	0.00130	0.00810	0.254	0.16	0.041
81 5 11	0.00023	0.00070	0.00680	0.329	0.10	0.034
81 5 12	0.00012	0.00370	0.01290	0.032	0.29	0.009
81 5 13	0.00004	0.00260	0.02310	0.015	0.11	0.002
81 5 14	0.00012	0.01040	0.05320	0.012	0.20	0.002
81 5 15	0.00024	0.00850	0.03940	0.028	0.22	0.006
81 5 16	0.00077	0.00840	0.04130	0.092	0.20	0.019
81 5 17	0.00047	0.00770	0.01740	0.061	0.44	0.027
81 5 18	0.00014	0.00300	0.01860	0.047	0.16	0.008
81 5 19	0.00015	0.00200	0.02650	0.075	0.08	0.006
81 5 20	0.00013	0.00190	0.02260	0.068	0.08	0.006
81 5 21	0.00013	0.00230	0.01610	0.057	0.14	0.008
81 5 22	0.00014	0.00270	0.01700	0.052	0.16	0.008
81 5 23	0.00013	0.00320	0.02330	0.041	0.14	0.006
81 5 24	0.00025	0.00720	0.02220	0.035	0.32	0.011
81 5 25	0.00021	0.00320	0.02070	0.066	0.15	0.010
81 5 26	0.00011	0.00270	0.03140	0.041	0.09	0.004
81 5 27	0.00061	0.02600	0.11730	0.023	0.22	0.005
81 5 28	0.00133	0.00990	0.02690	0.134	0.37	0.049
81 5 29	0.00036	0.01090	0.02630	0.033	0.41	0.014
81 5 30	0.00014	0.00350	0.02870	0.040	0.12	0.005
81 5 31	0.00015	0.00280	0.02790	0.054	0.10	0.005

TOTAL	0.00929	0.20680	1.02360	2.218	6.07	0.371
-------	---------	---------	---------	-------	------	-------

HEIKIN	0.00030	0.00667	0.03302	0.072	0.20	0.012
--------	---------	---------	---------	-------	------	-------

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
81 06 01	0.00016	0.00290	0.02350	0.055	0.12	0.007
81 06 02	0.00017	0.00460	0.02590	0.037	0.18	0.007
81 06 03	0.00023	0.00960	0.03630	0.024	0.26	0.006
81 06 04	0.00027	0.00710	0.02290	0.038	0.31	0.012
81 06 05	0.00023	0.00460	0.02520	0.050	0.18	0.009
81 06 06	0.00016	0.00630	0.03260	0.029	0.19	0.006
81 06 07	0.00016	0.00820	0.03800	0.020	0.22	0.004
81 06 08	0.00022	0.00300	0.03810	0.073	0.08	0.006
81 06 09	0.00082	0.04300	0.08430	0.019	0.51	0.010
81 06 10	0.00163	0.05880	0.11910	0.028	0.49	0.014
81 06 11	0.00152	0.02820	0.05590	0.054	0.50	0.027
81 06 12	0.00075	0.00180	0.01050	0.417	0.17	0.071
81 06 13	0.00061	0.00680	0.01930	0.090	0.35	0.032
81 06 14	0.00087	0.01540	0.01850	0.056	0.83	0.047
81 06 15	0.00077	0.01480	0.02050	0.052	0.72	0.038
81 06 16	0.00088	0.00880	0.02140	0.100	0.41	0.041
81 06 17	0.00054	0.00200	0.00960	0.270	0.21	0.056
81 06 18	0.00050	0.00470	0.01610	0.106	0.29	0.031
81 06 19	0.00030	0.00320	0.01290	0.094	0.25	0.023
81 06 20	0.00033	0.00120	0.01360	0.275	0.09	0.024
81 06 21	0.00036	0.00420	0.01770	0.086	0.24	0.020
81 06 22	0.00022	0.00150	0.00750	0.147	0.20	0.029
81 06 23	0.00013	0.00180	0.01050	0.072	0.17	0.012
81 06 24	0.00012	0.00410	0.01820	0.029	0.23	0.007
81 06 25	0.00021	0.00110	0.00890	0.191	0.12	0.024
81 06 26	0.00016	0.00110	0.00650	0.145	0.17	0.025
81 06 27	0.00020	0.00130	0.00590	0.154	0.22	0.034
81 06 28	0.00021	0.00150	0.00600	0.140	0.25	0.035
81 06 29	0.00018	0.00120	0.00590	0.150	0.20	0.031
81 06 30	0.00016	0.00130	0.00730	0.123	0.18	0.022

TOTAL	0.01309	0.25410	0.73880	3.123	8.36	0.708
-------	---------	---------	---------	-------	------	-------

HEIKIN	0.00044	0.00847	0.02463	0.104	0.28	0.024
--------	---------	---------	---------	-------	------	-------

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
81 07 01	0.00022	0.00410	0.01320	0.054	0.31	0.017
81 07 02	0.00027	0.00470	0.01610	0.057	0.29	0.017
81 07 03	0.00018	0.00280	0.01660	0.064	0.17	0.011
81 07 04	0.00016	0.00260	0.02090	0.062	0.12	0.008
81 07 05	0.00015	0.00250	0.02690	0.060	0.09	0.006
81 07 06	0.00013	0.00270	0.02240	0.048	0.12	0.006
81 07 07	0.00010	0.00130	0.01480	0.077	0.09	0.007
81 07 08	0.00008	0.00120	0.01070	0.067	0.11	0.007
81 07 09	0.00009	0.00120	0.00910	0.075	0.13	0.010
81 07 10	0.00017	0.00400	0.01530	0.042	0.26	0.011
81 07 11	0.00022	0.00550	0.02090	0.040	0.26	0.011
81 07 12	0.00020	0.00520	0.01870	0.050	0.28	0.014
81 07 13	0.00022	0.00570	0.02110	0.039	0.27	0.010
81 07 14	0.00017	0.00730	0.01830	0.023	0.40	0.009
81 07 15	0.00020	0.00460	0.01350	0.043	0.34	0.015
81 07 16	0.00020	0.00290	0.01910	0.069	0.15	0.010
81 07 17	0.00025	0.00440	0.02240	0.057	0.20	0.011
81 07 18	0.00045	0.01200	0.02480	0.037	0.43	0.018
81 07 19	0.00030	0.00950	0.01890	0.032	0.50	0.016
81 07 20	0.00023	0.00660	0.01400	0.035	0.47	0.016
81 07 21	0.00020	0.00360	0.01810	0.056	0.20	0.011
81 07 22	0.00019	0.00310	0.02130	0.061	0.15	0.009
81 07 23	0.00011	0.00160	0.01470	0.069	0.11	0.007
81 07 24	0.00010	0.00250	0.02230	0.040	0.11	0.004
81 07 25	0.00008	0.00160	0.01070	0.050	0.15	0.007
81 07 26	0.00008	0.00070	0.00760	0.114	0.09	0.011
81 07 27	0.00015	0.00270	0.00820	0.056	0.33	0.018
81 07 28	0.00019	0.00490	0.01300	0.039	0.38	0.015
81 07 29	0.00046	0.01430	0.02170	0.032	0.66	0.021
81 07 30	0.00015	0.00330	0.00810	0.045	0.41	0.019
81 07 31	0.00030	0.01750	0.05170	0.017	0.34	0.006

TOTAL	0.00606	0.14660	0.55510	1.610	7.98	0.358
-------	---------	---------	---------	-------	------	-------

HEIKIN	0.00020	0.00473	0.01791	0.052	0.26	0.012
--------	---------	---------	---------	-------	------	-------

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
81 08 01	0.00232	0.14970	0.44330	0.015	0.34	0.005
81 08 02	0.00139	0.07890	0.17910	0.016	0.44	0.008
81 08 03	0.00060	0.02270	0.04620	0.026	0.49	0.013
81 08 04	0.00038	0.00690	0.02080	0.055	0.33	0.018
81 08 05	0.00022	0.00480	0.01920	0.046	0.25	0.011
81 08 06	0.00019	0.00420	0.01160	0.045	0.36	0.016
81 08 07	0.00031	0.00320	0.01370	0.097	0.23	0.023
81 08 08	0.00033	0.00190	0.01000	0.174	0.19	0.033
81 08 09	0.00023	0.00200	0.01230	0.115	0.16	0.019
81 08 10	0.00023	0.00230	0.01260	0.100	0.18	0.018
81 08 11	0.00017	0.00080	0.00900	0.212	0.09	0.019
81 08 12	0.00023	0.00260	0.01200	0.088	0.22	0.019
81 08 13	0.00074	0.01590	0.01740	0.047	0.91	0.043
81 08 14	0.00107	0.01950	0.01490	0.055	1.31	0.072
81 08 15	0.00097	0.03030	0.03470	0.032	0.87	0.028
81 08 16	0.00068	0.03150	0.03220	0.022	0.98	0.021
81 08 17	0.00090	0.06540	0.07700	0.014	0.85	0.012
81 08 18	0.00096	0.04540	0.04260	0.021	1.07	0.023
81 08 19	0.00089	0.04220	0.02740	0.021	1.54	0.032
81 08 20	0.00036	0.00680	0.00980	0.053	0.69	0.037
81 08 21	0.00047	0.01690	0.01370	0.028	1.23	0.034
81 08 22	0.00043	0.01110	0.01630	0.039	0.68	0.026
81 08 23	0.00037	0.01990	0.02170	0.019	0.92	0.017
81 08 24	0.00040	0.01900	0.02190	0.021	0.37	0.018
81 08 25	0.00051	0.01760	0.01310	0.029	1.34	0.039
81 08 26	0.00036	0.00720	0.01000	0.050	0.72	0.036
81 08 27	0.00023	0.00280	0.01130	0.082	0.25	0.020
81 08 28	0.00043	0.01290	0.02300	0.033	0.56	0.019
81 08 29	0.00214	0.19340	0.38110	0.011	0.51	0.006
81 08 30	0.00115	0.28160	0.51290	0.004	0.55	0.002
81 08 31	0.00125	0.18290	0.28410	0.007	0.64	0.004
TOTAL	0.02091	1.30230	2.35489	1.579	19.78	0.692

HEIKIN	0.00067	0.04201	0.07596	0.051	0.64	0.022
--------	---------	---------	---------	-------	------	-------

付-16

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
81 09 01	0.00093	0.14070	0.19470	0.007	0.72	0.005
81 09 02	0.00048	0.03200	0.03560	0.015	0.90	0.013
81 09 03	0.00032	0.00300	0.00880	0.107	0.34	0.036
81 09 04	0.00028	0.00180	0.00740	0.156	0.24	0.038
81 09 05	0.00036	0.00780	0.00840	0.046	0.93	0.043
81 09 06	0.00049	0.02420	0.02680	0.020	0.90	0.018
81 09 07	0.00068	0.02970	0.02260	0.023	1.31	0.030
81 09 08	0.00066	0.02370	0.02370	0.028	1.00	0.028
81 09 09	0.00049	0.01110	0.01660	0.044	0.67	0.030
81 09 10	0.00020	0.00220	0.00910	0.091	0.24	0.022
81 09 11	0.00018	0.00220	0.00960	0.082	0.23	0.019
81 09 12	0.00019	0.00200	0.00920	0.095	0.22	0.021
81 09 13	0.00015	0.00270	0.01280	0.056	0.21	0.012
81 09 14	0.00012	0.00400	0.01490	0.030	0.27	0.008
81 09 15	0.00034	0.04410	0.04130	0.008	1.07	0.008
81 09 16	0.00060	0.06250	0.05550	0.010	1.13	0.011
81 09 17	0.00063					
81 09 18	0.00066		0.16880			0.004
81 09 19	0.00089		0.03700			0.024
81 09 20	0.00048		0.02820			0.017
81 09 21	0.00045		0.02400			0.019
81 09 22	0.00063		0.09320			0.007
81 09 23	0.00071		0.08070			0.009
81 09 24	0.00090		0.12530			0.007
81 09 25	0.00046		0.01210			0.036
81 09 26	0.00041		0.01920			0.021
81 09 27	0.00016		0.03240			0.005
81 09 28	0.00021		0.03020			0.007
81 09 29	0.00050		0.05320			0.009
81 09 30	0.00047		0.04470			0.011
TOTAL	0.01403	0.39370	1.24600	0.816	10.38	0.519
HEIKIN	0.00047	0.02461	0.04297	0.051	0.65	0.018

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
81 10 01	0.00039		0.01580			0.025
81 10 02	0.00027		0.01720			0.016
81 10 03	0.00024		0.02110			0.011
81 10 04	0.00042	0.01820	0.08450	0.023	0.22	0.005
81 10 05	0.00032	0.00300	0.01020	0.107	0.29	0.031
81 10 06	0.00014	0.00320	0.01100	0.044	0.29	0.013
81 10 07	0.00015	0.00200	0.00820	0.075	0.24	0.018
81 10 08	0.00013	0.00040	0.00550	0.325	0.07	0.024
81 10 09	0.00009	0.00270	0.00610	0.033	0.44	0.015
81 10 10	0.00005	0.00260	0.00880	0.019	0.30	0.006
81 10 11	0.00008	0.00580	0.01090	0.014	0.53	0.007
81 10 12	0.00042	0.08410	0.09330	0.005	0.90	0.005
81 10 13	0.00066	0.08220	0.12940	0.008	0.64	0.005
81 10 14	0.00039	0.01910	0.01970	0.020	0.97	0.020
81 10 15	0.00020	0.00710	0.01880	0.028	0.38	0.011
81 10 16	0.00016	0.00620	0.01360	0.026	0.46	0.012
81 10 17	0.00029	0.02850	0.03970	0.010	0.72	0.007
81 10 18	0.00049	0.04790	0.07670	0.010	0.62	0.006
81 10 19	0.00028	0.00690	0.00920	0.041	0.75	0.030
81 10 20	0.00024	0.01230	0.01780	0.020	0.69	0.013
81 10 21	0.00054	0.04540	0.08900	0.012	0.51	0.006
81 10 22	0.00052	0.00600	0.00600	0.087	1.00	0.087
81 10 23	0.00013	0.00380	0.00680	0.034	0.56	0.019
81 10 24	0.00009	0.00240	0.00710	0.037	0.34	0.013
81 10 25	0.00008	0.00200	0.00820	0.040	0.24	0.010
81 10 26	0.00007	0.00950	0.02350	0.007	0.40	0.003
81 10 27	0.00046	0.08160	0.13080	0.006	0.62	0.004
81 10 28	0.00102	0.09480	0.19140	0.011	0.50	0.005
81 10 29	0.00028	0.00740	0.01110	0.038	0.67	0.025
81 10 30	0.00019	0.00750	0.01960	0.025	0.38	0.010
81 10 31	0.00014	0.01070	0.02120	0.013	0.50	0.007
TOTAL	0.00893	0.60330	1.13220	1.118	14.24	0.468
HEIKIN	0.00029	0.02155	0.03652	0.040	0.51	0.015

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
81 11 01	0.00026	0.01720	0.02600	0.015	0.66	0.010
81 11 02	0.00110	0.05790	0.12630	0.019	0.46	0.009
81 11 03	0.00020	0.00700	0.00700	0.029	1.00	0.029
81 11 04	0.00012	0.00880	0.01650	0.014	0.53	0.007
81 11 05	0.00012	0.01120	0.02620	0.011	0.43	0.005
81 11 06	0.00045	0.02250	0.06270	0.020	0.36	0.007
81 11 07	0.00037	0.01050	0.00720	0.035	1.46	0.051
81 11 08	0.00010	0.00420	0.00660	0.024	0.64	0.015
81 11 09	0.00009	0.00300	0.00520	0.030	0.58	0.017
81 11 10	0.00010	0.00490	0.01290	0.020	0.38	0.008
81 11 11	0.00010	0.00300	0.01110	0.033	0.27	0.009
81 11 12	0.00007	0.00290	0.01070	0.024	0.27	0.007
81 11 13	0.00008	0.00290	0.01160	0.028	0.25	0.007
81 11 14	0.00008	0.00360	0.01430	0.022	0.25	0.006
81 11 15	0.00013	0.00240	0.01120	0.054	0.21	0.012
81 11 16	0.00012	0.00310	0.01000	0.039	0.31	0.012
81 11 17	0.00008	0.00360	0.01050	0.022	0.34	0.008
81 11 18	0.00009	0.00840	0.01530	0.011	0.55	0.006
81 11 19	0.00015	0.00880	0.02160	0.017	0.41	0.007
81 11 20	0.00020	0.00770	0.02300	0.026	0.33	0.009
81 11 21	0.00011	0.00560	0.01690	0.020	0.33	0.007
81 11 22	0.00016	0.01980	0.01640	0.008	1.21	0.010
81 11 23	0.00018	0.01410	0.01230	0.013	1.15	0.015
81 11 24	0.00017	0.00690	0.01510	0.025	0.46	0.011
81 11 25	0.00030	0.04630	0.09110	0.006	0.53	0.003
81 11 26	0.00022	0.01310	0.01010	0.017	1.30	0.022
81 11 27	0.00019	0.00630	0.00610	0.030	1.03	0.031
81 11 28	0.00013	0.00750	0.01090	0.017	0.69	0.012
81 11 29	0.00012	0.02610	0.03610	0.005	0.72	0.003
81 11 30	0.00013	0.00890	0.01740	0.015	0.51	0.007

TOTAL 0.00572 0.35020 0.66830 0.647 17.62 0.360

HEIKIN 0.00019 0.01167 0.02228 0.022 0.59 0.012

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
81 12 01	0.00007	0.00200	0.00990	0.035	0.20	0.007
81 12 02	0.00004	0.00120	0.00820	0.033	0.15	0.005
81 12 03		0.01160	0.02110		0.55	
81 12 04	0.00013	0.00900	0.02030	0.014	0.44	0.006
81 12 05	0.00007	0.00200	0.01000	0.035	0.20	0.007
81 12 06	0.00006	0.00170	0.01400	0.035	0.12	0.004
81 12 07	0.00008	0.00070	0.01010	0.114	0.07	0.008
81 12 08	0.00004	0.00110	0.00880	0.036	0.13	0.005
81 12 09		0.00100	0.01060		0.09	
81 12 10	0.00008	0.00940	0.03100	0.009	0.30	0.003
81 12 11	0.00009	0.00550	0.01980	0.016	0.28	0.005
81 12 12	0.00005	0.00150	0.01320	0.033	0.11	0.004
81 12 13	0.00005	0.00150	0.01220	0.033	0.12	0.004
81 12 14	0.00016	0.00080	0.00870	0.200	0.09	0.018
81 12 15	0.00006	0.00110	0.00990	0.055	0.11	0.006
81 12 16	0.00025	0.07320	0.15580	0.003	0.47	0.002
81 12 17	0.00025	0.03460	0.05510	0.008	0.63	0.005
81 12 18	0.00025	0.01660	0.02150	0.015	0.77	0.012
81 12 19	0.00013	0.00250	0.01170	0.052	0.21	0.011
81 12 20	0.00009	0.00280	0.00870	0.032	0.32	0.010
81 12 21	0.00012	0.00180	0.00930	0.067	0.19	0.013
81 12 22	0.00011	0.00150	0.01330	0.073	0.11	0.008
81 12 23	0.00009	0.00130	0.01220	0.069	0.11	0.007
81 12 24	0.00007	0.00320	0.01430	0.022	0.22	0.005
81 12 25	0.00008	0.00390	0.02300	0.021	0.17	0.003
81 12 26	0.00010	0.00250	0.01300	0.040	0.19	0.008
81 12 27	0.00017	0.00410	0.02270	0.041	0.18	0.007
81 12 28	0.00013	0.00620	0.02390	0.021	0.20	0.005
81 12 29	0.00013	0.00340	0.01480	0.038	0.23	0.009
81 12 30	0.00006	0.00250	0.01800	0.032	0.14	0.004
81 12 31	0.00004	0.00090	0.01320	0.044	0.07	0.003

TOTAL 0.00310 0.21110 0.63630 1.229 7.25 0.195

HEIKIN 0.00011 0.00681 0.02059 0.042 0.23 0.007

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
82 01 01	0.00004	0.00140	0.02320	0.029	0.06	0.002
82 01 02	0.00011	0.00250		0.044		
82 01 03		0.05980				
82 01 04		0.07500	0.01400		5.36	
82 01 05	0.00051	0.03290	0.02460	0.016	1.34	0.021
82 01 06	0.00014	0.02330	0.03750	0.006	0.62	0.004
82 01 07	0.00007	0.00740	0.01690	0.009	0.44	0.004
82 01 08	0.00008	0.00710	0.02680	0.011	0.26	0.003
82 01 09	0.00008	0.00280	0.01330	0.029	0.21	0.006
82 01 10	0.00005	0.00490	0.02390	0.010	0.21	0.002
82 01 11	0.00008	0.00750	0.02530	0.011	0.30	0.003
82 01 12	0.00010	0.00470	0.01680	0.021	0.25	0.005
82 01 13	0.00005	0.00390	0.01570	0.013	0.25	0.003
82 01 14		0.00220	0.01080		0.20	
82 01 15	0.00004	0.00220	0.01190	0.018	0.18	0.003
82 01 16	0.00010	0.00180	0.00910	0.056	0.20	0.011
82 01 17	0.00015	0.00190	0.01200	0.079	0.16	0.012
82 01 18	0.00006	0.00150	0.00580	0.040	0.26	0.010
82 01 19	0.00012	0.00120	0.00640	0.100	0.19	0.019
82 01 20	0.00005	0.00090	0.00610	0.056	0.15	0.008
82 01 21	0.00006	0.00100	0.00800	0.060	0.12	0.007
82 01 22	0.00006	0.00090	0.00840	0.067	0.11	0.007
82 01 23	0.00005	0.00290	0.01910	0.017	0.15	0.003
82 01 24	0.00006	0.00440	0.01300	0.014	0.34	0.005
82 01 25	0.00006	0.00530	0.00970	0.011	0.55	0.006
82 01 26	0.00007	0.00510	0.01240	0.014	0.41	0.006
82 01 27		0.00240	0.00870		0.28	
82 01 28	0.00008	0.00200	0.00520	0.040	0.38	0.015
82 01 29	0.00011	0.00190	0.00600	0.058	0.32	0.018
82 01 30	0.00005	0.00120	0.00730	0.042	0.16	0.007
82 01 31	0.00003	0.00070	0.00620	0.043	0.11	0.005
TOTAL	0.00246	0.27270	0.40610	0.912	13.56	0.196

HEIKIN	0.00009	0.00880	0.01400	0.034	0.47	0.008
--------	---------	---------	---------	-------	------	-------

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
82 02 01	0.00004	0.00130	0.00640	0.031	0.20	0.006
82 02 02	0.00003		0.00940			0.003
82 02 03	0.00004		0.01340			0.003
82 02 04	0.00013		0.00690			0.019
82 02 05	0.00008		0.01030			0.008
82 02 06	0.00005		0.00870			0.006
82 02 07	0.00008		0.01130			0.007
82 02 08	0.00004	0.00150	0.01100	0.027	0.14	0.004
82 02 09	0.00004	0.00150	0.01190	0.027	0.13	0.003
82 02 10	0.00004	0.00140	0.01060	0.029	0.13	0.004
82 02 11	0.00007	0.00870	0.02070	0.008	0.42	0.003
82 02 12	0.00007	0.00830	0.00750	0.008	1.11	0.009
82 02 13	0.00009	0.00760	0.01610	0.012	0.47	0.006
82 02 14	0.00007	0.01700	0.02670	0.004	0.64	0.003
82 02 15	0.00009	0.00870	0.02520	0.010	0.35	0.004
82 02 16	0.00012	0.01930	0.04130	0.006	0.47	0.003
82 02 17	0.00023	0.02370	0.02690	0.010	0.86	0.009
82 02 18	0.00019	0.01790	0.03280	0.011	0.55	0.006
82 02 19	0.00014	0.00500	0.01410	0.028	0.35	0.010
82 02 20	0.00019	0.00180	0.01260	0.106	0.14	0.015
82 02 21	0.00015	0.00520	0.01170	0.029	0.44	0.013
82 02 22	0.00012	0.00720	0.01690	0.017	0.43	0.007
82 02 23	0.00013	0.00600	0.02020	0.022	0.30	0.006
82 02 24	0.00008	0.03780		0.002		
82 02 25	0.00009	0.00360		0.025		
82 02 26	0.00007	0.00500	0.02240	0.014	0.22	0.003
82 02 27	0.00009	0.00850	0.01700	0.011	0.50	0.005
82 02 28	0.00069	0.04350	0.07570	0.016	0.57	0.009

TOTAL	0.00325	0.24050	0.48770	0.450	8.44	0.173
-------	---------	---------	---------	-------	------	-------

HEIKIN	0.00012	0.01093	0.01876	0.020	0.42	0.007
--------	---------	---------	---------	-------	------	-------

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
82 03 01	0.00031	0.01130	0.01160	0.027	0.97	0.027
82 03 02	0.00016	0.00890	0.01440	0.018	0.62	0.011
82 03 03	0.00017	0.00820	0.02920	0.021	0.28	0.006
82 03 04	0.00029	0.00390	0.01260	0.074	0.31	0.023
82 03 05	0.00047	0.00430	0.00800	0.109	0.54	0.059
82 03 06	0.00015	0.00110	0.01640	0.136	0.07	0.009
82 03 07	0.00008	0.00090	0.01300	0.089	0.07	0.006
82 03 08	0.00016	0.00130	0.01320	0.123	0.10	0.012
82 03 09	0.00010	0.00180	0.01220	0.056	0.15	0.008
82 03 10	0.00011	0.00210	0.02070	0.052	0.10	0.005
82 03 11	0.00086	0.06140	0.09640	0.014	0.64	0.009
82 03 12	0.00240	0.13470	0.22970	0.018	0.59	0.010
82 03 13	0.00069	0.02470	0.03380	0.028	0.73	0.020
82 03 14	0.00162	0.21700	0.57060	0.007	0.38	0.003
82 03 15	0.00198	0.01910	0.03370	0.104	0.57	0.059
82 03 16	0.00116	0.01800	0.03830	0.064	0.47	0.030
82 03 17	0.00051	0.00630	0.02240	0.081	0.28	0.023
82 03 18	0.00061	0.00860	0.02810	0.071	0.31	0.022
82 03 19	0.00089	0.05060	0.16890	0.018	0.30	0.005
82 03 20	0.00043	0.00110	0.01790	0.391	0.06	0.024
82 03 21	0.00079	0.00170	0.01360	0.465	0.13	0.058
82 03 22	0.00079	0.00550	0.09040	0.144	0.06	0.009
82 03 23	0.00064	0.00140	0.02340	0.457	0.06	0.027
82 03 24	0.00071	0.00130	0.03230	0.546	0.04	0.022
82 03 25	0.00028	0.00120	0.02190	0.233	0.05	0.013
82 03 26	0.00030	0.00310	0.02700	0.097	0.11	0.011
82 03 27	0.00026	0.00590	0.01470	0.044	0.40	0.018
82 03 28	0.00039	0.02070	0.03380	0.019	0.61	0.012
82 03 29	0.00047	0.03920	0.09560	0.012	0.41	0.005
82 03 30	0.00033	0.02100	0.02590	0.016	0.81	0.013
82 03 31	0.00062	0.01060	0.02210	0.058	0.48	0.028

TOTAL	0.01873	0.69690	1.79179	3.593	10.69	0.587
-------	---------	---------	---------	-------	-------	-------

HEIKIN	0.00060	0.02248	0.05780	0.116	0.34	0.019
--------	---------	---------	---------	-------	------	-------

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
82 04 01	0.00028	0.00650	0.02280	0.043	0.29	0.012
82 04 02	0.00057	0.00620	0.01750	0.092	0.35	0.033
82 04 03		0.00550	0.00990		0.56	
82 04 04	0.00037	0.02120	0.02690	0.017	0.79	0.014
82 04 05	0.00035	0.01950	0.03350	0.018	0.58	0.010
82 04 06	0.00051	0.02770	0.06060	0.018	0.46	0.008
82 04 07	0.00039	0.02090	0.04020	0.019	0.52	0.010
82 04 08	0.00037	0.01590	0.02530	0.023	0.63	0.015
82 04 09	0.00028	0.00470	0.01320	0.060	0.36	0.021
82 04 10	0.00015	0.00520	0.01750	0.029	0.30	0.009
82 04 11	0.00061	0.03350	0.06190	0.018	0.54	0.010
82 04 12	0.00040	0.01070	0.02410	0.037	0.44	0.017
82 04 13	0.00038	0.00860	0.02730	0.044	0.32	0.014
82 04 14	0.00054	0.00510	0.01290	0.106	0.40	0.042
82 04 15	0.00033	0.00610	0.01750	0.054	0.35	0.019
82 04 16	0.00022	0.00480	0.02080	0.046	0.23	0.011
82 04 17	0.00017	0.00410	0.02320	0.041	0.18	0.007
82 04 18	0.00015	0.00280	0.01600	0.054	0.17	0.009
82 04 19	0.00017	0.01360	0.04810	0.012	0.28	0.004
82 04 20	0.00020	0.00500	0.02020	0.040	0.25	0.010
82 04 21	0.00027	0.00470	0.01860	0.057	0.25	0.015
82 04 22	0.00037	0.01410	0.02590	0.026	0.54	0.014
82 04 23	0.00039	0.01450	0.03430	0.027	0.42	0.011
82 04 24	0.00033	0.04430	0.07620	0.007	0.58	0.004
82 04 25	0.00135	0.18140	0.28710	0.007	0.63	0.005
82 04 26	0.00191	0.26230	0.64090	0.007	0.41	0.003
82 04 27		0.07540	0.16880		0.45	
82 04 28		0.02240	0.03290		0.68	
82 04 29		0.02600	0.03880		0.67	
82 04 30		0.03290	0.04140		0.79	

TOTAL	0.01106	0.90560	1.90430	0.905	13.42	0.326
-------	---------	---------	---------	-------	-------	-------

HEIKIN	0.00044	0.03019	0.06348	0.036	0.45	0.013
--------	---------	---------	---------	-------	------	-------

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
82 05 01		0.00610	0.01810		0.34	
82 05 02	0.00041	0.00250	0.01320	0.164	0.19	0.031
82 05 03		0.00320	0.01440		0.22	
82 05 04	0.00017	0.01330	0.03450	0.013	0.39	0.005
82 05 05	0.00023	0.00390	0.02780	0.059	0.14	0.008
82 05 06	0.00008	0.00840	0.02680	0.010	0.31	0.003
82 05 07		0.00140	0.01760		0.08	
82 05 08	0.00016	0.00270	0.02130	0.059	0.13	0.008
82 05 09		0.00130	0.01150		0.11	
82 05 10		0.00130	0.01170		0.11	
82 05 11	0.00026	0.00320	0.01590	0.081	0.20	0.016
82 05 12	0.00031	0.00580	0.02360	0.053	0.25	0.013
82 05 13		0.00240	0.01180		0.20	
82 05 14	0.00012	0.00160	0.01030	0.075	0.16	0.012
82 05 15	0.00011	0.01750	0.02710	0.006	0.65	0.004
82 05 16	0.00013	0.00920	0.02600	0.014	0.35	0.005
82 05 17		0.00810	0.02200		0.37	
82 05 18		0.00960	0.03190		0.30	
82 05 19		0.01090	0.02730		0.40	
82 05 20		0.01330	0.02250		0.59	
82 05 21		0.00410	0.02390		0.17	
82 05 22		0.01590	0.03800		0.42	
82 05 23		0.01130	0.03020		0.37	
82 05 24		0.01730	0.02660		0.65	
82 05 25		0.09010	0.12430		0.72	
82 05 26		0.10100	0.10350		0.98	
82 05 27		0.02830	0.03020		0.94	
82 05 28		0.02030	0.02550		0.80	
82 05 29		0.00880	0.01400		0.63	
82 05 30		0.00220	0.01120		0.20	
82 05 31		0.00140	0.00650		0.22	

TOTAL	0.00198	0.42640	0.84920	0.535	11.57	0.105
HEIKIN	0.00020	0.01375	0.02739	0.053	0.37	0.010

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
82 06 01		0.00160	0.01210		0.13	
82 06 02		0.00260	0.01050		0.25	
82 06 03		0.00780	0.01410		0.55	
82 06 04		0.00920	0.02150		0.43	
82 06 05		0.00770	0.02750		0.28	
82 06 06		0.00910	0.02780		0.33	
82 06 07		0.01330	0.02650		0.50	
82 06 08	0.00024	0.01820	0.03610	0.013	0.50	0.007
82 06 09		0.01990	0.03560		0.56	
82 06 10		0.01550	0.03260		0.48	
82 06 11		0.01040	0.03200		0.32	
82 06 12	0.00024	0.01630	0.04220	0.015	0.39	0.006
82 06 13		0.02910	0.05880		0.49	
82 06 14		0.00470	0.01550		0.30	
82 06 15	0.00029	0.01610	0.02420	0.018	0.67	0.012
82 06 16		0.04180	0.05140		0.81	
82 06 17		0.00590	0.01670		0.35	
82 06 18		0.00350	0.01370		0.26	
82 06 19		0.01230	0.01570		0.78	
82 06 20		0.02670	0.03950		0.67	
82 06 21		0.01790	0.01900		0.94	
82 06 22		0.09720	0.15050		0.65	
82 06 23		0.00680	0.00890		0.76	
82 06 24	0.00047	0.00930	0.01790	0.051	0.52	0.026
82 06 25	0.00079	0.01530	0.02120	0.052	0.72	0.037
82 06 26	0.00050	0.01640	0.03100	0.030	0.53	0.016
82 06 27	0.00060	0.03080	0.03770	0.019	0.82	0.016
82 06 28	0.00043	0.01940	0.03360	0.022	0.53	0.013
82 06 29	0.00045	0.01950	0.02900	0.023	0.67	0.016
82 06 30	0.00040	0.01770	0.02990	0.023	0.59	0.013
TOTAL	0.00441	0.52200	0.93300	0.266	15.84	0.162
HEIKIN	0.00044	0.01740	0.03110	0.027	0.53	0.016

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
82 07 01	0.00043	0.02090	0.03610	0.021	0.58	0.012
82 07 02	0.00031	0.00850	0.01900	0.036	0.45	0.016
82 07 03	0.00021	0.00390	0.01050	0.054	0.37	0.020
82 07 04	0.00029	0.02470	0.04740	0.012	0.52	0.006
82 07 05	0.00111	0.08800	0.11280	0.013	0.78	0.010
82 07 06	0.00132	0.03950	0.09940	0.033	0.40	0.013
82 07 07	0.00055	0.00310	0.01140	0.177	0.27	0.048
82 07 08	0.00052	0.00440	0.01460	0.118	0.30	0.036
82 07 09	0.00070	0.01780	0.02210	0.039	0.81	0.032
82 07 10	0.00043	0.01080	0.02130	0.040	0.51	0.020
82 07 11	0.00031	0.00190	0.00830	0.163	0.23	0.037
82 07 12	0.00034	0.00230	0.01060	0.148	0.22	0.032
82 07 13	0.00029	0.00190	0.00880	0.153	0.22	0.033
82 07 14	0.00028	0.00160	0.00820	0.175	0.20	0.034
82 07 15	0.00033	0.00370	0.01110	0.089	0.33	0.030
82 07 16	0.00024	0.00210	0.00670	0.114	0.31	0.036
82 07 17	0.00019	0.00130	0.00650	0.146	0.20	0.029
82 07 18	0.00023	0.00210	0.00800	0.110	0.26	0.029
82 07 19	0.00017	0.00100	0.00650	0.170	0.15	0.026
82 07 20	0.00016	0.00090	0.00680	0.178	0.13	0.024
82 07 21	0.00024	0.00340	0.01370	0.071	0.25	0.018
82 07 22	0.00022	0.00790	0.01960	0.028	0.40	0.011
82 07 23	0.00023	0.00510	0.01650	0.045	0.31	0.014
82 07 24	0.00020	0.00110	0.00790	0.182	0.14	0.025
82 07 25	0.00018	0.00100	0.00740	0.180	0.14	0.024
82 07 26	0.00022	0.00280	0.00980	0.079	0.29	0.022
82 07 27	0.00029	0.00790	0.01380	0.037	0.57	0.021
82 07 28	0.00096	0.22000	0.24080	0.004	0.91	0.004
82 07 29	0.00076	0.10090	0.10230	0.008	0.99	0.007
82 07 30	0.00057	0.04110	0.02350	0.014	1.75	0.024
82 07 31	0.00056	0.03770	0.02200	0.015	1.71	0.025

TOTAL	0.01284	0.66930	0.95340	2.650	14.69	0.720
HEIKIN	0.00041	0.02159	0.03075	0.085	0.47	0.023

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
82 08 01	0.00055	0.03010	0.02210	0.018	1.36	0.025
82 08 02	0.00053	0.02920	0.02730	0.018	1.07	0.019
82 08 03	0.00048	0.01630	0.02060	0.029	0.79	0.023
82 08 04	0.00037	0.00840	0.01310	0.044	0.64	0.028
82 08 05	0.00035	0.00590	0.01340	0.059	0.44	0.026
82 08 06	0.00035	0.00660	0.02070	0.053	0.32	0.017
82 08 07	0.00048	0.02030	0.03710	0.024	0.55	0.013
82 08 08	0.00041	0.01880	0.04180	0.022	0.45	0.010
82 08 09	0.00039	0.01040	0.02060	0.037	0.50	0.019
82 08 10	0.00037	0.01220	0.02500	0.030	0.49	0.015
82 08 11	0.00036	0.01970	0.03290	0.018	0.60	0.011
82 08 12	0.00175	0.47030	0.96430	0.004	0.49	0.002
82 08 13	0.00067	0.07080	0.16340	0.009	0.43	0.004
82 08 14	0.00083		0.13320			0.006
82 08 15	0.00060		0.04960			0.012
82 08 16	0.00059		0.04490			0.013
82 08 17	0.00047		0.03290			0.014
82 08 18	0.00043		0.03530			0.012
82 08 19	0.00051		0.03480			0.015
82 08 20	0.00051		0.04060			0.013
82 08 21	0.00051	0.00330	0.03140	0.155	0.11	0.016
82 08 22	0.00039	0.00330	0.01620	0.118	0.20	0.024
82 08 23	0.00044	0.00930	0.03020	0.047	0.31	0.015
82 08 24	0.00045	0.01290	0.03780	0.035	0.34	0.012
82 08 25	0.00037	0.00410	0.01690	0.090	0.24	0.022
82 08 26	0.00037	0.00190	0.00990	0.195	0.19	0.037
82 08 27	0.00040	0.00070	0.00900	0.571	0.08	0.044
82 08 28	0.00037	0.00220	0.01240	0.168	0.18	0.030
82 08 29	0.00032	0.00260	0.01720	0.123	0.15	0.019
82 08 30	0.00036	0.00920	0.02820	0.039	0.33	0.013
82 08 31	0.00027	0.00610	0.02830	0.044	0.22	0.010
TOTAL	0.01525	0.77460	2.01109	1.953	10.47	0.539
HEIKIN	0.00049	0.03227	0.06487	0.081	0.44	0.017

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
82 09 01	0.00044	0.03410	0.05080	0.013	0.67	0.009
82 09 02	0.00051	0.02010	0.04360	0.025	0.46	0.012
82 09 03	0.00049	0.01610	0.03810	0.030	0.42	0.013
82 09 04	0.00036	0.00670	0.02250	0.054	0.30	0.016
82 09 05	0.00031	0.00600	0.01650	0.052	0.32	0.017
82 09 06	0.00042	0.00520	0.01540	0.081	0.34	0.027
82 09 07	0.00034	0.00900	0.02350	0.038	0.38	0.014
82 09 08	0.00039	0.00680	0.02360	0.057	0.29	0.017
82 09 09	0.00042	0.00710	0.02260	0.059	0.31	0.019
82 09 10	0.00037	0.01370	0.02100	0.027	0.65	0.018
82 09 11	0.00022	0.00570	0.01220	0.039	0.47	0.018
82 09 12	0.00018	0.00460	0.01180	0.039	0.39	0.015
82 09 13	0.00016	0.00870	0.02160	0.018	0.40	0.007
82 09 14	0.00024	0.01880	0.02910	0.013	0.65	0.008
82 09 15	0.00023	0.00300	0.01670	0.077	0.18	0.014
82 09 16	0.00023	0.03310		0.007		
82 09 17	0.00029	0.01470	0.02480	0.020	0.59	0.012
82 09 18	0.00029	0.06730	0.05180	0.004	1.30	0.006
82 09 19	0.00059	0.00840	0.01490	0.070	0.56	0.040
82 09 20	0.00051	0.00290	0.01250	0.176	0.23	0.041
82 09 21	0.00037	0.00860	0.01680	0.043	0.51	0.022
82 09 22	0.00041	0.03580	0.04480	0.011	0.80	0.009
82 09 23	0.00028	0.00330	0.00690	0.085	0.48	0.041
82 09 24	0.00025	0.00120	0.00490	0.208	0.24	0.051
82 09 25	0.00022	0.00090	0.00690	0.244	0.13	0.032
82 09 26	0.00020	0.00150	0.00830	0.133	0.18	0.024
82 09 27	0.00021	0.00360	0.01630	0.058	0.22	0.013
82 09 28	0.00017	0.00370	0.01800	0.046	0.21	0.009
82 09 29	0.00015	0.00230	0.01560	0.065	0.15	0.010
82 09 30	0.00017	0.00270	0.02020	0.063	0.13	0.008
TOTAL	0.00942	0.35560	0.63370	1.857	11.98	0.540
HEIKIN	0.00031	0.01185	0.02185	0.062	0.41	0.019

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
82 10 01	0.00022	0.00140	0.01180	0.157	0.12	0.019
82 10 02	0.00025	0.00200	0.01470	0.125	0.14	0.017
82 10 03	0.00026	0.00490	0.01530	0.053	0.32	0.017
82 10 04	0.00028	0.03540	0.04860	0.008	0.73	0.006
82 10 05	0.00026	0.00850	0.01770	0.031	0.48	0.015
82 10 06	0.00019	0.00630	0.00880	0.030	0.72	0.022
82 10 07	0.00015	0.00430	0.00750	0.035	0.57	0.020
82 10 08	0.00012	0.00500	0.01170	0.024	0.43	0.010
82 10 09	0.00013	0.00510	0.01210	0.025	0.42	0.011
82 10 10	0.00012	0.01080	0.01400	0.011	0.77	0.009
82 10 11	0.00016	0.01690		0.009		
82 10 12	0.00021	0.00950	0.01820	0.022	0.52	0.012
82 10 13		0.03830	0.04160		0.92	
82 10 14		0.05090	0.05640		0.90	
82 10 15		0.06470	0.05340		1.21	
82 10 16		0.04940	0.04470		1.11	
82 10 17	0.00062	0.10030	0.07540	0.006	1.33	0.006
82 10 18	0.00094	0.11520	0.12740	0.008	0.90	0.007
82 10 19	0.00054	0.02690	0.03040	0.020	0.88	0.018
82 10 20	0.00030	0.01250	0.01870	0.024	0.67	0.016
82 10 21	0.00028	0.00820	0.01770	0.032	0.46	0.015
82 10 22	0.00027	0.01110	0.02050	0.024	0.54	0.013
82 10 23	0.00023	0.00730	0.01620	0.032	0.45	0.014
82 10 24	0.00021	0.00250	0.01120	0.084	0.22	0.019
82 10 25	0.00014	0.00360	0.01080	0.037	0.35	0.013
82 10 26	0.00022	0.02420	0.03630	0.009	0.67	0.006
82 10 27	0.00031	0.02140	0.03220	0.014	0.60	0.010
82 10 28	0.00047	0.06590	0.07520	0.007	0.88	0.006
82 10 29	0.00053	0.04440	0.05730	0.012	0.77	0.009
82 10 30	0.00062	0.04620	0.04950	0.013	0.93	0.013
82 10 31	0.00062	0.02820	0.02430	0.022	1.15	0.026
TOTAL	0.00863	0.83150	0.97960	0.876	20.25	0.348
HEIKIN	0.00032	0.02682	0.03265	0.032	0.67	0.013

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
82 11 01	0.00039	0.00560	0.01150	0.070	0.49	0.034
82 11 02	0.00027	0.00670	0.01450	0.040	0.46	0.019
82 11 03	0.00065	0.11730	0.13190	0.006	0.89	0.005
82 11 04	0.00056	0.07630	0.09060	0.007	0.84	0.006
82 11 05	0.00044	0.00710	0.01260	0.062	0.56	0.035
82 11 06	0.00027	0.00500	0.01170	0.054	0.43	0.023
82 11 07	0.00043	0.00440	0.00990	0.098	0.44	0.043
82 11 08	0.00031	0.00260	0.00760	0.119	0.34	0.041
82 11 09	0.00029	0.00300	0.00630	0.097	0.48	0.046
82 11 10	0.00023		0.00530			0.043
82 11 11	0.00052	0.00600		0.087		
82 11 12	0.00023	0.00470		0.049		
82 11 13	0.00020	0.00400		0.050		
82 11 14	0.00023	0.00900		0.026		
82 11 15	0.00023	0.00210	0.00590	0.110	0.36	0.039
82 11 16	0.00018	0.00730		0.025		
82 11 17	0.00017	0.00380	0.00590	0.045	0.64	0.029
82 11 18	0.00019	0.00880	0.01080	0.022	0.81	0.018
82 11 19	0.00016	0.00430	0.00820	0.037	0.52	0.020
82 11 20	0.00016	0.00520	0.00650	0.031	0.80	0.025
82 11 21	0.00015	0.00510	0.00980	0.029	0.52	0.015
82 11 22	0.00019	0.00420	0.00840	0.045	0.50	0.023
82 11 23	0.00014	0.00470	0.00610	0.030	0.77	0.023
82 11 24	0.00031	0.00360	0.00490	0.086	0.73	0.063
82 11 25	0.00012	0.00340	0.00540	0.035	0.63	0.022
82 11 26	0.00010	0.00730	0.01060	0.014	0.69	0.009
82 11 27	0.00012	0.01010	0.01290	0.012	0.78	0.009
82 11 28	0.00029	0.07930	0.08950	0.004	0.89	0.003
82 11 29	0.00149	0.35880	0.32310	0.004	1.11	0.005
82 11 30	0.00030	0.02550	0.00970	0.012	2.63	0.031
TOTAL	0.00932	0.78520	0.81960	1.303	17.33	0.629
HEIKIN	0.00031	0.02708	0.03278	0.045	0.72	0.025

DATE	HF	HCL	SO2	F/CL	CL/S	F/S
82 12 01	0.00023	0.01330	0.01130	0.017	1.18	0.020
82 12 02	0.00018	0.00740	0.01020	0.024	0.73	0.018
82 12 03	0.00016	0.00650	0.01140	0.025	0.57	0.014
82 12 04	0.00016	0.00900	0.01200	0.018	0.75	0.013
82 12 05	0.00024	0.01470	0.01800	0.016	0.82	0.013
82 12 06	0.00038	0.00330	0.00640	0.115	0.52	0.059
82 12 07	0.00047	0.00570	0.00590	0.082	0.97	0.080
82 12 08	0.00165	0.01770	0.01390	0.093	1.27	0.119
82 12 09	0.00063	0.00990	0.01040	0.064	0.95	0.061
82 12 10	0.00077	0.00740	0.01080	0.104	0.89	0.071
82 12 11	0.00060	0.00270	0.00670	0.222	0.40	0.090
82 12 12	0.00083	0.00580	0.00550	0.143	1.05	0.151
82 12 13	0.00053	0.00490	0.00560	0.108	0.87	0.095
82 12 14		0.00430	0.00640		0.67	
82 12 15	0.00033	0.00430	0.00790	0.077	0.54	0.042
82 12 16	0.00057	0.00710	0.01400	0.080	0.51	0.041
82 12 17	0.00036	0.00260	0.00650	0.138	0.40	0.055
82 12 18	0.00036	0.00260	0.00480	0.138	0.54	0.075
82 12 19	0.00044	0.00290	0.00590	0.152	0.49	0.075
82 12 20		0.00340	0.00610		0.56	
82 12 21	0.00064	0.02550	0.02570	0.033	0.99	0.033
82 12 22	0.00075	0.01890	0.01860	0.040	1.02	0.040
82 12 23		0.00550	0.00630		0.87	
82 12 24	0.00059	0.01030	0.01020	0.057	1.01	0.056
82 12 25	0.00022	0.00170	0.00560	0.129	0.30	0.039
82 12 26	0.00061	0.00190	0.00510	0.426	0.37	0.159
82 12 27	0.00029	0.00290	0.00630	0.100	0.46	0.046
82 12 28	0.00139	0.00580	0.00890	0.240	0.65	0.156
82 12 29	0.00030	0.00360	0.00970	0.083	0.37	0.031
82 12 30	0.00062	0.00290	0.00970	0.214	0.30	0.064
82 12 31	0.00026	0.00410	0.01210	0.063	0.34	0.021
TOTAL	0.01496	0.21860	0.29790	3.004	21.17	1.738
HEIKIN	0.00053	0.00705	0.00961	0.107	0.68	0.062