

火山の化学－噴火予知

－浅間火山及び三原火山の54年の研究のまとめ－

東京都立大学名誉教授
野口喜三雄

Volcano Chemistry – Prediction of Eruption —The summary of my fifty-four year studies of Volcanoes Asama and Mihara—

Kimio NOGUCHI

Professor Emeritus of Tokyo Metropolitan University

緒言

火山の噴火予知は人間生活に直接関係のある重要な問題であるが、その予知には、温度、地震、地表面の傾斜、地磁気、地電流、比抵抗などを測る物理的方法とガスや湧水の組成や量などを測る化学的方法とが考えられる。

筆者は昭和8年東大化学教室の柴田雄次先生のもとで火山の研究を始め、まず安山岩質熔岩からなる爆発型の浅間山についてガス及び湧水の化学成分の変化と火山活動との関係の有無を検し、続いてこれと比較するために玄武岩質熔岩からなる流動性熔岩の大島の三原山についても火山ガス及び湧水を調査した。特に三原山においては自記SO₂濃度計を山頂の小屋に設置し噴火口空気のSO₂濃度を昭和44年6月25日から昭和61年11月14日までの17年6ヶ月ほぼ毎日記録を取った外、しばしば山頂に滞在し、つぶさに火山活動を観察したのでその結果を報告する。

尚又大島においては昭和61年11月下旬の大活動の際、割目噴火が外輪山の外側にも起ったが、その後昭和62年9月頃から割目噴火の残餘活動と思われる新温泉の湧出が元町附近で多数起ったのでこれについても報告する。

I 浅間山の研究

浅間山は第1外輪山黒斑山、第2外輪山前掛山、中央火口丘釜山からなる複式火山で山麓はJRの駅、中軽井沢、追分、御代田、平原、小諸の5つが並ぶ広大な地域である。ガスの分布については図1に示す如く、3つの構造線が考えられる。Iは尾根を通るもので噴気型、IIは山頂から西南方向と南方に通る2本の炭酸ガス型、IIIは山頂から最も遠い山麓を通るものでN₂やCH₄に富んでいる¹⁾。

1) 浅間山麓の湧水及びガスと火山活動

ここで一番重要なのは何と云っても山頂の噴煙であるが、この研究には非常に生命の危険を伴

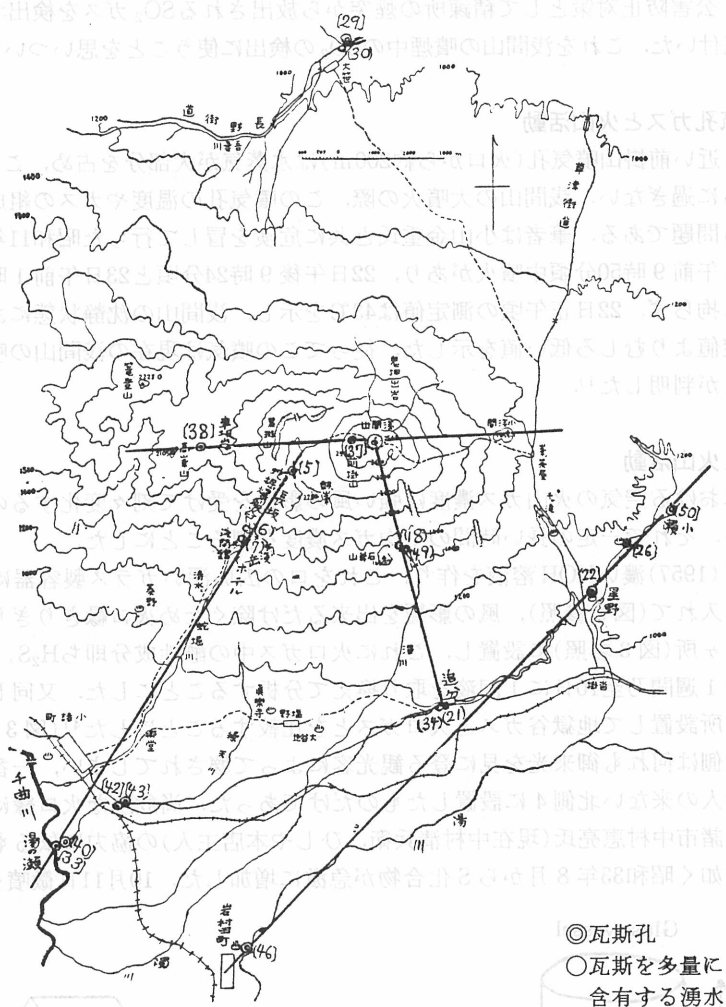


図1 浅間山附近におけるガスの分布

うから、まず安全な山麓の湧水やガスを調べることにした。取敢えず浅間山麓全般に亘って調査した結果、星野温泉(34.3℃)及び千ヶ滝鉱泉(32.2℃)等の温泉は何れも浅間火山の活動に伴って変化せず、火口に最も近い第1外輪山黒斑山の内壁にある湯の平地獄谷(海拔2000m)に噴出する火山ガス及び強酸性泉(pH 2.5, 大雨の際はpH 1.4)が浅間山の噴火活動と若干関係があるように思われた。それで湯の平火山館小山金重老人²⁾の協力を得て毎日2回の湧水及びガスの観測を6ヶ月継続した³⁾。又筆者が東大から東京都立大へ移った昭和24年、西條八束学士(現名古屋大学名誉教授)と夏期26日間湯の平火山館に滞在して毎日2回ハルデン型ガス分析装置を用いて地獄谷火山ガスの H_2S/CO_2 比を2地点で測定した処、その結果は2地点共この比が次第に増大して最大値となった処で中噴火が起り、以後増減を示した。この変化は非常に興味ある出来事であったから、仙台で開催された地震学会で発表し、又気象庁でも講演したが、何分1回の結果であったから再確認しようとして、それ以後毎年夏期1ヶ月半ほど都立大学生の協力を得て根気良く浅間山へ登り、9年間同じ観測を継続したが、遂に昭和32年まで観測期間中には噴火は起らず、又 H_2S/CO_2 比にも著しい変化は起らなかった。丁度その頃偶然秋田県花岡鉱山(同和鉱業KK)

を見学した際、公害防止対策として精錬所の煙突から放出されるSO₂ガスを検出するために設置した百葉箱に気付いた。これを浅間山の噴煙中のSO₂の検出に使うことを思いついた次第である。

2) 前掛山噴気孔ガスと火山活動

噴火口に最も近い前掛山噴気孔(火口から約200m)は水蒸気が大部分を占め、これに少量のCO₂が含まれているに過ぎない。浅間山の大噴火の際、この噴気孔の温度やガスの組成が変化するか否かは興味ある問題である。筆者は小山金重氏と共に危険を冒して行った昭和11年7月22日の調査に依れば21日午前9時50分頃中噴火があり、22日午後9時24分頃と23日午前1時30分頃に大噴火が起ったにも拘らず、22日正午頃の測定値は43℃を示し、浅間山の沈静状態にあった昭和8年7、8月の測定値よりむしろ低い値を示した。従ってこの噴気は現在の浅間山の噴火活動とは直接関係ないことが判明した¹⁾。

3) 火口ガスと火山活動

噴火口附近における空気の火山ガス濃度は強い風の影響を受けて刻々変化するので瞬間的な濃度は意味がない。それで一定の長い時間の平均ガス濃度を測ることにした。

昭和32年6月(1957)濃いKOH溶液を作り、これを口の広い深いガラス製容器に入れ、多数の孔のある木箱に入れて(図2参照)、風の影響を出来るだけ除くため火口縁ぎりぎりの処に、東、西、南、北の4ヶ所(図3参照)に設置し、これに火口ガス中の酸性成分即ちH₂S、SO₂、HCl、HFなどを吸収させ1週間乃至10日に1回液を取り換えて分析することにした。又同じ装置を湯の平地獄谷にも2ヶ所設置して地獄谷ガスと火口ガスとを比較することにした⁴⁾(図3参照)実際には火口の西側と東側は何れも御来光を見に登る観光客によって壊されてしまい、一番良い成績を上げたものは見物人の来ない北側4に設置したものだけであった。尚危険な火口縁におけるアルカリ液の取換は小諸市中村恵亮氏(現在中村清兵衛、ひしや本店主人)の協力に依るものである。結果は図4に示す如く昭和33年8月からS化合物が急激に増加した。10月11日微噴火*があり、10

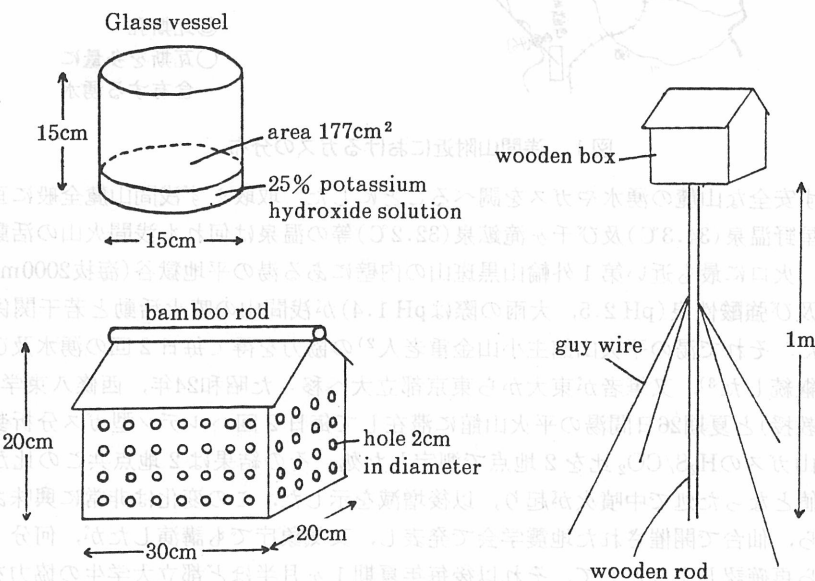


Fig. 2 Glass vessel and wooden box

* 微噴火とは音を伴わず、黒煙を噴出するものをいう。

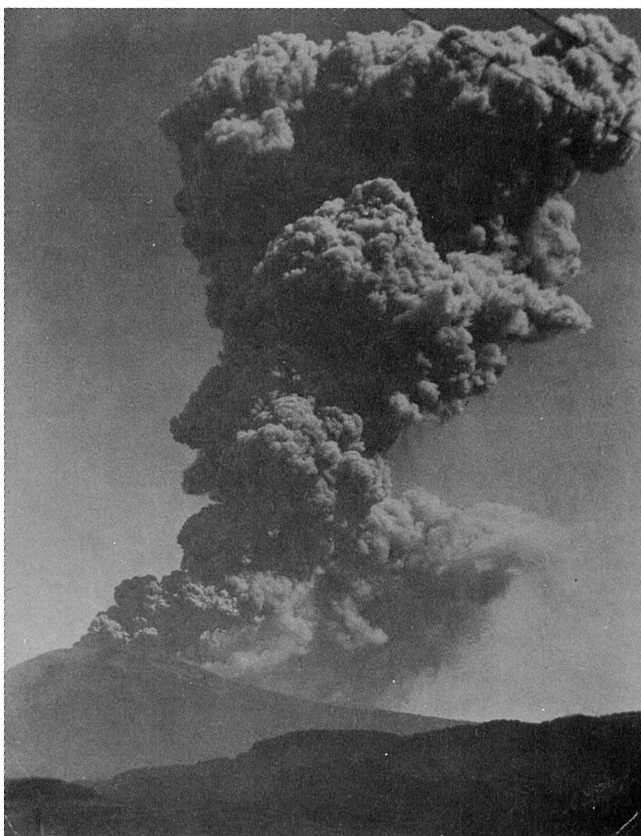


写真1 浅間山噴火(昭和10年10月20日撮影)



写真2 浅間山小噴火
(昭和33年11月11日, 湯の平より野口撮影)

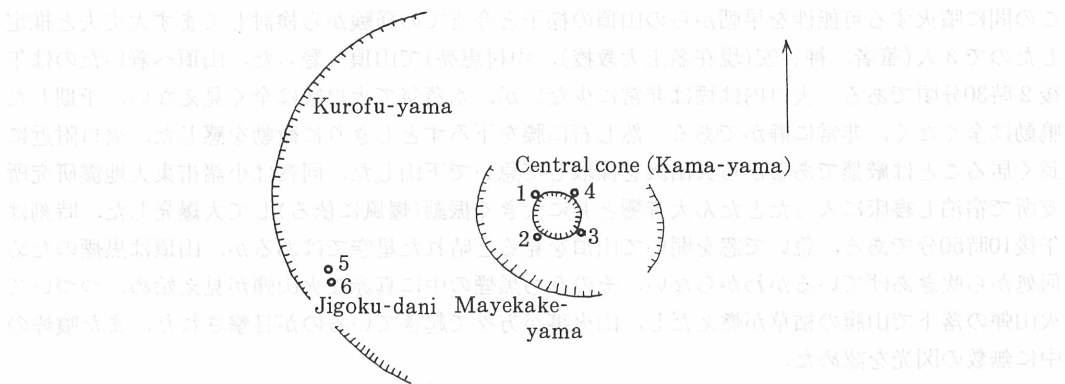


Fig. 3 Crater of Mt. Asama. The numbers 1, 2, 3, 4, 5 and 6 indicate the positions where variations of gases were observed

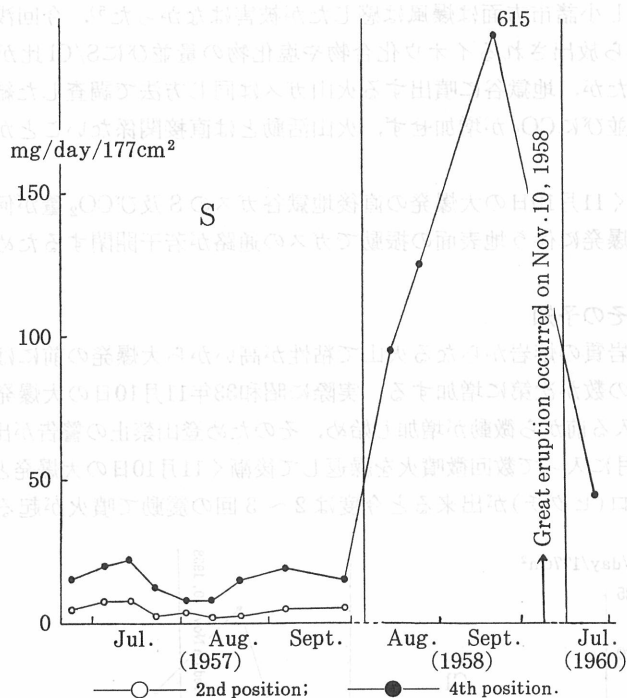


Fig. 4 Variation of the amount of sulphur absorbed by potassium hydroxide solution per day at the edge of the crater of Mt. Asama

月12日の測定値はSとして615mg/dを示した. この値は前年9月下旬の値15mg/dと比較すると如何に大きいかわかる⁴⁾.

その後10月19, 27, 29, 11月1, 6日に微噴火がありいよいよ大噴火に近いことを確信したので9日夜行で上野駅を立ち, 10日早朝小諸に到着, 6時30分のバスで浅間山へ登った. 浅間山頂附近に設置したガス吸収液を取換え, 仕事を完了したのは午後1時30分であった. 噴火口は朝から煙が少なく, 危険状態にあるが, これから火口まで登るとすれば火山館から往復2時間として,

この間に噴火する可能性を早朝からの山頂の様子と今までの経験から検討してまず大丈夫と推定したので3人(筆者, 神谷宏(現在名工大教授), 中村恵亮)で山頂へ登った。山頂へ着いたのは午後2時30分頃である。火口内は煙は非常に少ないが, 水蒸気で火口底は全く見えない。予期した鳴動は全くなく, 非常に静かである。然し石に腰を下ろすとしきりに微動を感じた。火口附近に長く居ることは厳禁であるから火山灰を採取して急いで下山した。同夜は小諸市東大地震研究所支所で宿泊し寝床に入ったとたん大音響と共に大きく振動(爆風に依る)して大爆発した。時刻は午後10時50分である。急いで窓を開いて山頂を見ると晴れた星空ではあるが, 山頂は黒煙のため何処から吹きあげているかわからない。そのうち黒煙の中に真赤な火山弾が見え始め, つづいて火山弾の落下で山腹の枯草が燃えだし, 山火事が方々で起きているのが目撃された。また噴煙の中に無数の閃光を認めた。

今回の噴火で一番遠方へ飛んだ火山弾は小浅間の山頂に落下したもので直径3mの穴をあけ火口からの距離は4kmである。又追分口の血の池附近には多数の火山弾が落下し, その中最も大きいものは直径10m, 深さ4mの大穴を作った。噴火口からの距離は2800mである。この大爆発で火口から12km以上離れた追分, 中軽井沢, 旧軽井沢の民家の浅間山に面した窓ガラスは爆風で全部破壊した。然し小諸市方面は爆風は感じたが被害はなかった⁵⁾。今回浅間山の爆発が近づくに従って噴火口から放出されるイオウ化合物や塩化物の量並びにS/Cl比が図4, 5, 6に示す如く著しく増加したが, 地獄谷に噴出する火山ガスは同じ方法で調査した結果浅間山の爆発が近づいてもS化合物並びにCO₂が増加せず, 火山活動とは直接関係ないことが明らかになった。(図7, 8参照)

尚, 図8に示す如く11月10日の大爆発の直後地獄谷ガスのS及びCO₂量が何れも急激な増減を示したが, これらは爆発に伴う地表面の振動でガスの通路が若干開閉するためと思われる。

4) 浅間山の噴火とその予知

元来浅間山は安山岩質の熔岩からなる火山で粘性が高いから大爆発の前には, かなり前から火山性微動が現れ, その数が次第に増加する。実際に昭和33年11月10日の大爆発についても, この年は登山シーズンに入る前から微動が増加し始め, そのため登山禁止の警告が出された。然し中々噴火しない。結局10月に入って数回微噴火を繰返して後漸く11月10日の大爆発となったのである。然し爆発して一旦火口(ヒグチ)が出来ると今度は2~3回の震動で噴火が起るから地震の回数だ

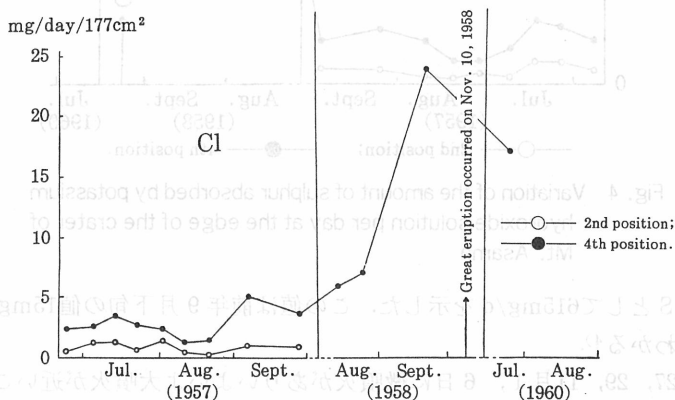


Fig. 5 Variation of the amount of chlorine absorbed by potassium hydroxide solution per day at the edge of the crater of Mt. Asama

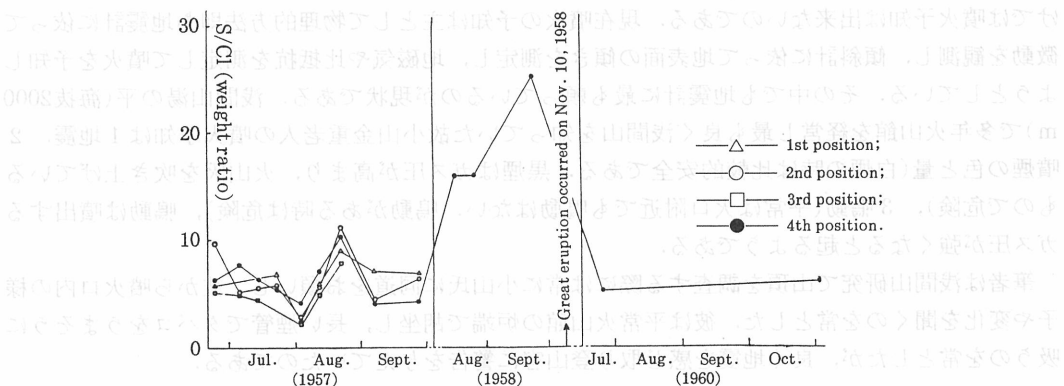


Fig. 6 Variation of the ratio S/Cl observed at the edge of the crater of Mt. Asama

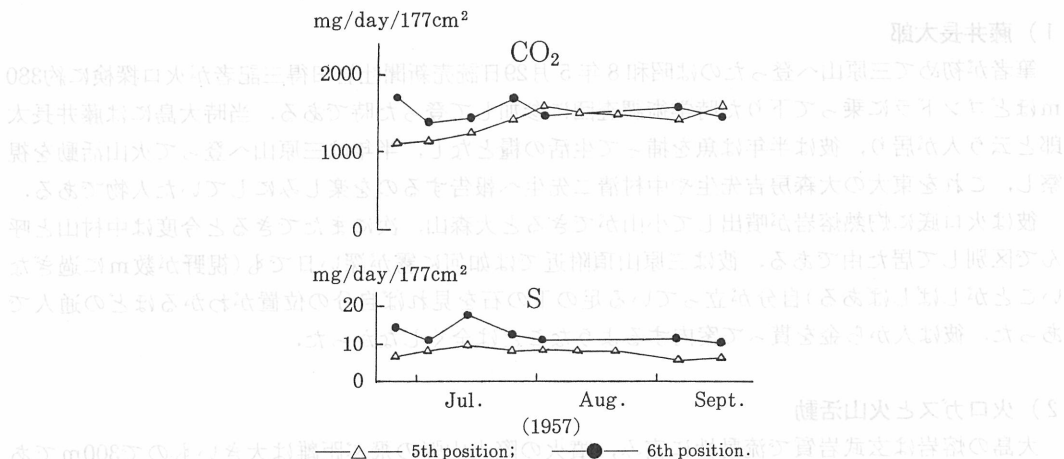


Fig. 7 Variation of the amounts of carbon dioxide and sulphur compounds emitted at Jigokudani of Mt. Asama

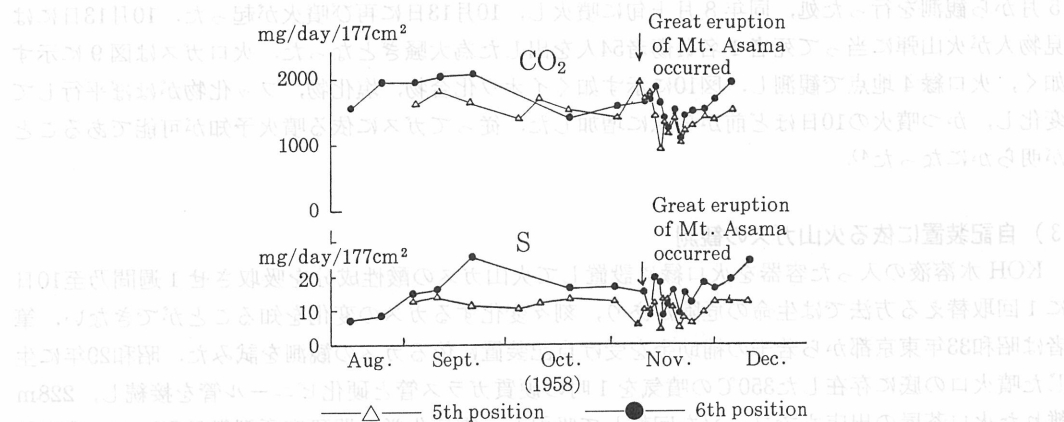


Fig. 8 Variation of the amounts of carbon dioxide and sulphur compounds emitted at Jigokudani of Mt. Asama

けでは噴火予知は出来ないのである。現在噴火の予知は主として物理的方法即ち地震計に依って微動を観測し、傾斜計に依って地表面の傾きを測定し、地磁気や比抵抗を測定して噴火を予知しようとしている。その中でも地震計に最も頼っているのが現状である。浅間山湯の平(海拔2000m)で多年火山館を経営し最も良く浅間山を知っていた故小山金重老人の噴火予知は1地震、2噴煙の色と量(白煙の時は比較的安全である。黒煙はガス圧が高まり、火山灰を吹き上げているもので危険)、3鳴動(平常は火口附近でも鳴動はない。鳴動がある時は危険)、鳴動は噴出するガス圧が強くなると起るようである。

筆者は浅間山研究で山頂を調査する際には常に小山氏に同道をお願いし、彼から噴火口内の様子や変化を聞くのを常とした。彼は平常火山館の炉端で胡坐し、長い煙管でタバコをうまそうに吸うのを常としたが、良く地震を感じ取り登山客に警告を与えていたのである。

II 三原山の研究

1) 藤井長太郎

筆者が初めて三原山へ登ったのは昭和8年5月29日読売新聞社岩田得三記者が火口探検に約380mほどゴンドラに乗って下りた時学術調査団に参加して登った時である。当時大島には藤井長太郎と云う人が居り、彼は半年は魚を捕って生活の糧となし、半年は三原山へ登って火山活動を視察し、これを東大の大森房吉先生や中村清二先生へ報告するのを楽しみにしていた人物である。

彼は火口底に灼熱熔岩が噴出して小山ができる大森山、次にまたできると今度は中村山と呼んで区別して居た由である。彼は三原山頂附近では如何に霧が深い日でも(視野が数mに過ぎないことがしばしばある)自分が立っている足の下を石を見れば自分の位置がわかるほどの通人であった。彼は人から金を貰って案内するようなことは全くしなかった。

2) 火口ガスと火山活動

大島の熔岩は玄武岩質で流動性に富み、噴火の際火山弾の飛ぶ距離は大きいもので300mである。尤も昭和61年11月21日の大爆発の際は2.5mほどの大火山弾を500mほど飛ばした。昭和32年浅間山の火口ガスの研究を始めた時比較のため三原山火口ガスを同じ方法で調査することにした。三原山では大島野増の下村為造氏が山頂におけるアルカリ液の取換を引受けてくれた。昭和32年5月から観測を行った処、同年8月上旬に噴火し、10月13日に再び噴火が起った。10月13日には見物人が火山弾に当って死者1名負傷者54人を出した為大騒ぎとなった。火口ガスは図9に示す如く、火口縁4地点で観測し、図10に示す如くイオウ化合物、塩化物、フッ化物がほぼ平行して変化し、かつ噴火の10日ほど前から急に増加した。従ってガスに依る噴火予知が可能であることが明らかになった⁴⁾。

3) 自記装置に依る火山ガスの観測

KOH水溶液の入った容器を火口縁に設置して火山ガスの酸性成分を吸収させ1週間乃至10日に1回取替える方法では生命の危険があり、刻々変化するガスの変化を知ることができない。筆者は昭和33年東京都から若干の補助金を受け自記装置に依るガスの観測を試みた。昭和29年に生じた噴火口の底に存在した350℃の噴気を1寸の硬質ガラス管と硬化ビニール管を接続し、228m離れた火口茶屋の出店までファンを回転して吸引し、電気化学計器研究所製微量SO₂ガス濃度計へ通して良結果を得た。この装置はヨウ素のヨウ化カリ溶液にSO₂及びHClを吸収させ、生じた電気伝導度の増加をSO₂に基因するとして記録するものである⁶⁾。三原山は昭和33年の噴火後し

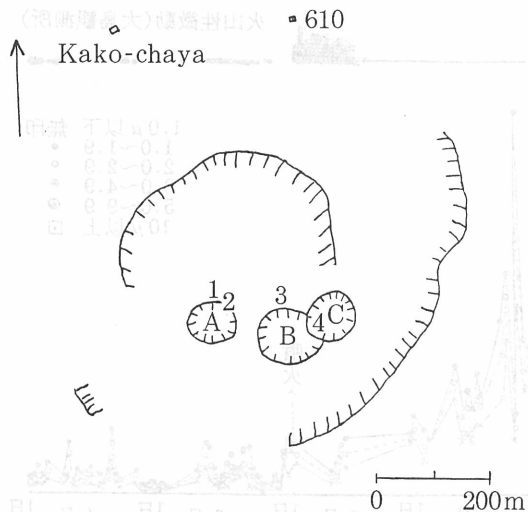


Fig. 9 Crater of Mt. Mihara
 A : The vent created in January 1954
 B : The vent created in January 1956
 C : The vent created in October 1957
 The numbers 1, 2, 3 and 4 indicate the positions where variation of gases were observed

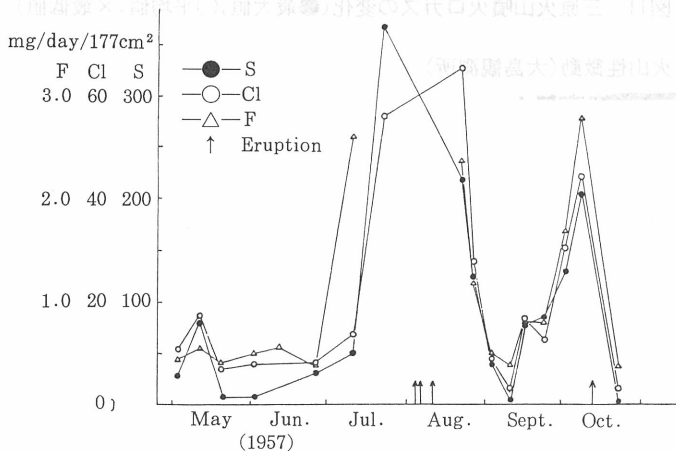


Fig. 10 Variation of the amounts of fluorine, chlorine and sulphur absorbed by potassium hydroxide solution per day at the 1st position

だいに沈静し遂に観測の対象にしていた350℃の噴気も消滅してしまった。

昭和44年(1969)6月更に鋭敏なSO₂ガス濃度計を電気化学計器研究所から購入した。これはSO₂及びHClを含む噴火口空気を過酸化水素を含む薄い硫酸溶液へ通して生じた電気伝導度の増加を二酸化イオンに基因するとして記録する装置である。噴火口の縁から244m離れた観測小屋まで1時の硬質ビニールパイプを使用し、ファンを回転して吸引して濃度計へ通した⁸⁾(写真10参照)。昭和48年11月18日SO₂濃度が急激に増大して4ppmを越え、昭和49年1月9日8.9ppmを示した(図11参照)。その後SO₂濃度が次第に減少したが、一方火口の鳴動が続き、火口周辺の熔岩の表面には火口ガスに由来する白色析出物(火山灰ではない)が一面に付着し、火口底は徐々に上昇して2月28日中噴火が起った。その後灼熱熔岩の露頭は一旦消えて後再び露出し、5月19日頃最も盛んに熔岩を20mの高さに噴き上げた(写真5参照)。そして昭和49年(1974)6月10日以後は灼熱熔岩の露頭は全く消え、火口空気のSO₂濃度は0.4ppm以下となり、ますます減少して昭和61年(1986)11月14日まで続いたのである。(図12, 17参照)

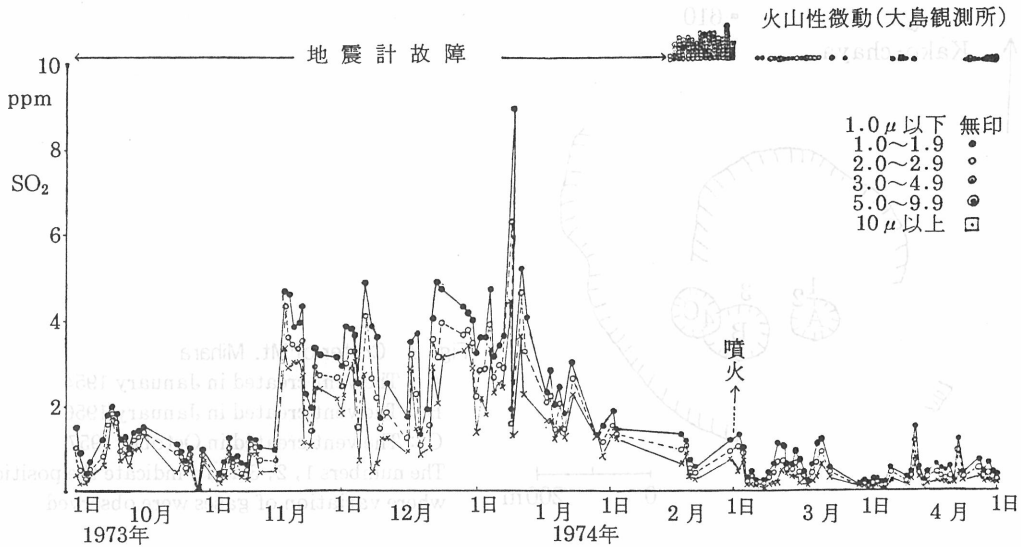


図11 三原火山噴火口ガスの変化(●最大値,○平均値,×最低値)

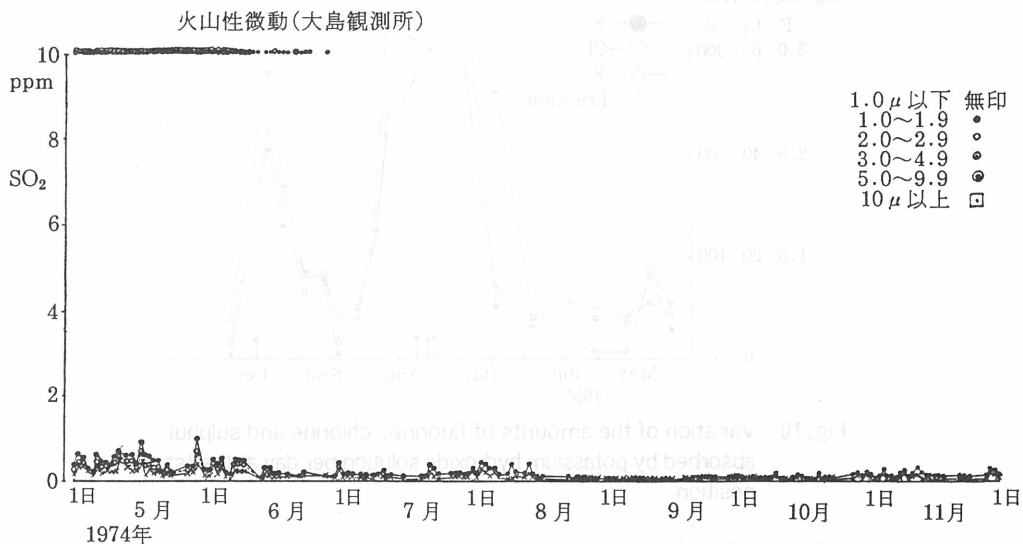


図12 三原火山噴火口ガスの変化(●最大値,○平均値,×最低値)

4) 昭和61年(1986)11月15日の噴火の前兆となった噴気と地割れ

昭和61年11月は3日以外は11日まで下村為造氏が火山ガス観測のため毎日登山し、噴火口及びその周辺を視察したが全く異常は認められなかった。然るに11月12日野口、下村が三原山へ登り観測小屋へ着いたのは午後1時頃であった。小屋の前で野口が直に三原山頂にある6ヶ所の噴気孔群並びに噴火口を見渡した処、新噴気のあるのに気付いた。早速火口へ近づいて見ると筆者のガス取入口の正面向側の火口壁の上縁から20mと30m下の処に新噴気のあるのを発見した(図13, 写真6-1, 6-2参照)。この時噴火口の深さは約150mであった。火口底を見ると従来から存在する噴気孔群からは何れも殆ど水蒸気が噴出せず異常はなかった(写真7参照)。次に新噴気孔に近づいて見ると幅5cm、長さ10mの地割れが1本(写真8参照)、その他短いのが3本ほど生じており、火口縁には大きな亀裂が生じていた。又火口壁の新噴気孔から約300mの位置にある

火口
↓



写真3 三原山

(外輪山より野口撮影, 昭54.3.15)

昭和49年6月10日火口底の灼熱熔岩の露頭が消えて以後昭和61年11月14日まで12年間この写真のように噴煙が全くない状態が続いたのである。



写真6-1 三原山の新噴気

昭和61.11.15の噴火の3日前に現れ, 11月12日午後1時半野口が発見し, 自ら撮影したもの。



写真4 三原山の火映現象(昭和33年野口撮影)

マグマが火口底に露出すると夜間噴煙に反映して煙が赤くなる現象。



写真6-2 三原山の新噴気

(昭和61.11.12, 野口撮影)

6-1撮影5分後, 噴気が増大したので再び撮影したもの。



写真5 三原山の噴火

(昭和49.5.19, 大島警察署員能登谷氏撮影)

2つの噴孔から同時に約30秒の間隔で20m吹き上げた。赤い点は地面へ落下した火山弾である。



写真7 三原山火口底（火口縁から深さ約150m）
（昭和61.11.12午後，野口撮影）

従来から存在した噴気孔群（白い析出物のあるところ）からは殆ど水蒸気が噴出せず，翌日13日になると少量噴出していた。



写真8 三原山新噴気の附近に生じた地割れ（長さ10m 巾5cm）

（昭和61.11.13午前，野口撮影）

15日の大噴火はこの噴気の処から起った。



写真10 三原山頂の火山ガス観測小屋
（昭和61.11.17，野口撮影）

内部には自記SO₂濃度計2台，自記温度計1台，2kw発電機2台，ガス吸引ファン1台，水の脱塩装置1台，テレビ1台等が設置されている。屋根及び地表面は11月15日からの噴火で放出された夥しい火山礫（黒色）で蔽れている。この小屋は11月19日正午頃新熔岩に依り埋没した。



写真11 三原山の新噴気
（昭和61.11.14，野口撮影）

新噴気はいよいよその面積と勢力を増し只事ではないと思われた。15日午後5時頃ここから噴火が始まった。

写真9 三原山の新噴気から300mの位置にある噴気（昭和61.11.13午前，野口撮影）

この噴気は74℃を示し，明らかに4℃ほど上昇を示した。

従来からの噴気孔D'は74℃を示し、明らかに4℃ほど上昇していた(写真9参照)。又新噴気から200mの位置には新たに50cmほど陥没して生じた2ヶの新噴気孔D''(51℃, 53℃)があり、この噴気と内輪壁の間が3mほど沈下していた(図13参照)。その他の5ヶ所の噴気孔群は全部調査したが、何れも従来とほぼ等しい温度を示し異常はなかった。然し子細に見ると火口の観測小屋側にあったA, B, C, E群は何れも次第に温度が低下しつつあったのに反し、小屋から見て火口の向側にあったD, D'群はやや上昇している点は見逃すことが出来ない(図13, 14参照)。何れにしても今回の火口壁の新噴気と地割れは昭和49年6月10日火口底の灼熱熔岩の露頭が消えて以来初めての出来事であったから、翌朝(13日)午前再確認し、これが噴火の前兆であるかも知れないと判断し、正午頃毎日新聞社の佐藤記者を電話で山頂へ呼んだ。彼は同日午後2時頃NHKのカメラマンと共に山頂へ登って来た。

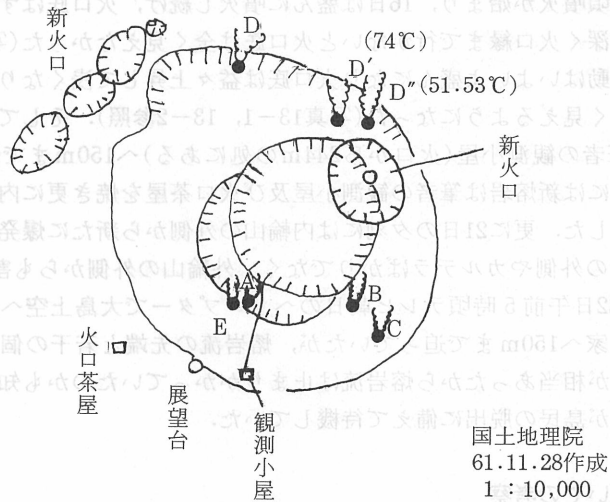


図13 三原山噴火口

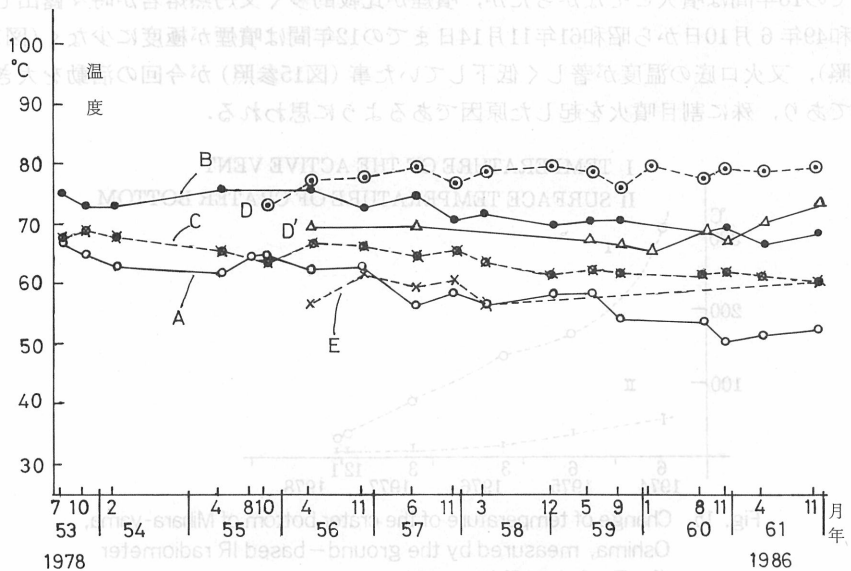


図14 三原山頂噴気孔の温度変化

小生曰く「この新噴気は噴火の前兆であるか否かは経過を見ねばならないが、噴火の前兆である可能性は大いにある。何故かと云うと昭和49年6月10日噴火口底の火が消えてから初めての出来事である。」筆者等は12日以後山頂の小屋で宿泊してガス濃度計を運転していた。翌14日には多分佐藤氏から聞いたのであろう東大地震研究所、大島測候所、大島警察署等の職員が新噴気の視察に山頂へ登って来た。一方新噴気の方はますます噴出面積が拡大すると共にその量が増大しいよいよ只事ではないと思われた(写真11参照)。但し鳴動や黒煙はなかった。そして15日午後5時頃この噴気の処から噴火が起きたのである。この場合火口壁の上縁に近い処から噴火が始まった点が昭和25、26年の大活動の時と良く似ている。

5) 昭和61年11月の噴火の状況

11月15日午後5時頃噴火が始まり、16日は盛んに噴火し続け、火口底はすでに徐々に上昇していたが、まだかなり深く火口縁まで行かないと火口底は全く見えなかった(写真12参照)。それが17日になると噴火活動はいよいよ盛んになり火口底は益々上昇して浅くなり、8割位まで埋って遠方から火口底が良く見えるようになった(写真13-1, 13-2参照)。そして18日には噴火口は新熔岩で充満し更に筆者の観測小屋(火口から244mの処にある)へ150mまで熔岩が押寄せて来た(写真15参照)。19日には新熔岩は筆者の観測小屋及び火口茶屋を焼き更に内輪山からカルデラへ溢流して登山道に達した。更に21日の夕刻には内輪山の外側から新たに爆発が起り、次いで割目噴火となって内輪山の外側やカルデラばかりでなく、外輪山の外側からも割目噴火が起った(写真16参照)。筆者が22日午前5時頃テレビ朝日のヘリコプターで大島上空へ到達した時には灼熱熔岩は大島元町の人家へ150mまで迫っていたが、熔岩流の先端と若干の個所が赤かったが全体的には赤くない部分が相当あったから熔岩流は止まりかかっていたのかも知れない。この時大島の沿岸には多数の船が島民の脱出に備えて待機していた。

6) 今回の噴火についての考察

今回の噴火が昭和25、26年の大噴火をやや越える大噴火になった事については昭和33年から昭和49年までの16年間は噴火こそなかったが、噴煙が比較的多く又灼熱熔岩が時々露出していた。然るに昭和49年6月10日から昭和61年11月14日までの12年間は噴煙が極度に少なく(図12, 16, 17, 写真3参照)、又火口底の温度が著しく低下していた事(図15参照)が今回の活動を大きくした一つの原因であり、殊に割目噴火を起した原因であるように思われる。

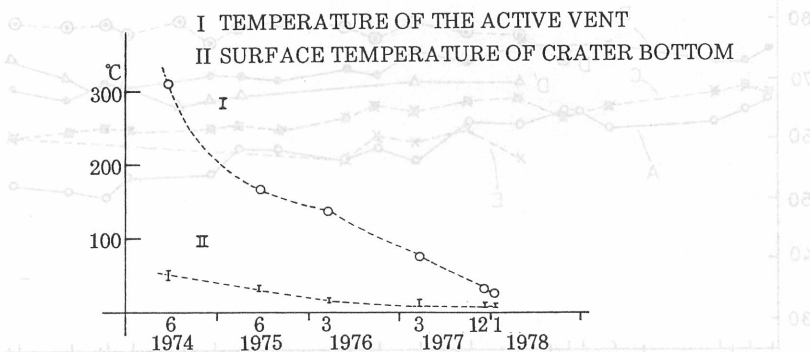


Fig. 15 Change of temperature of the crater bottom of Mihara-yama, Oshima, measured by the ground-based IR radiometer (by Professor Shimozuru)



写真12 三原山噴火(昭61.11.16午後撮影)
右筆者, 左下村為造(大島野増の人, 毎日登山して発電機を運転し, ガス濃度計の記録を取った.)
噴火は1~2秒の間隔で熔岩を150mほど吹き上げた. 新火口からの距離は約250mである.



写真14 三原山の噴火活動が旺盛な時は恰も噴水のように灼熱熔岩を噴出する(lava fountain)
(昭和61.11.17, 野口撮影)



写真13-1 三原山噴火口
(昭和61.11.17, 野口撮影)

13-2の写真と同時刻に撮影したもの. 噴火口は8割新熔岩で埋った.

熔岩流の方向
↓



写真15 三原山の新熔岩
(昭和61.11.18, 野口撮影)

観測小屋まで150mである. 19日正午頃遂に観測小屋は新熔岩に依り埋没した.



写真13-2 三原山噴火口
(昭和61.11.17, 野口撮影)

11月14日火口底の深さ150mであったものが11月15日からの噴火で8割まで埋った.



写真16 三原山外輪山の割目噴火の火口
(昭和63.4.4, 野口撮影)

火口周囲の樹木はすべて火口から放出された夥しい火山礫で削られて枯れたものである.

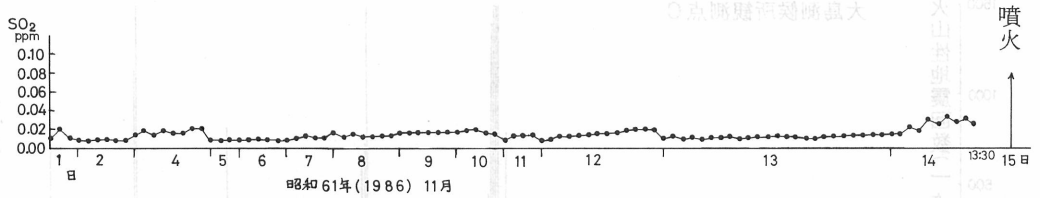


図16 昭和61年11月の三原山火口空気のSO₂濃度の変化

一方筆者は昭和44年(1969)6月25日以来鋭敏なSO₂濃度計を山頂の小屋(噴火口から244m)に設置して噴火口の空気を径1吋長さ244mの硬質ビニールパイプを通してファンで吸引し、SO₂濃度計へ通して観測をつづけたのであるが、昭和49年2月28日の噴火の際は50日前にSO₂濃度が最大値8.9ppmを示し、それが次第に減少しつつ、一方火口では鳴動が続き、火口附近の岩石の表面には火口ガスに由来する白色析出物(火山灰ではない)が顕著に付着しつつ2月28日夜噴火が起った⁸⁾。今回は全く異なり11月15日の噴火の直前11月14日ですら0.034ppmを示したに過ぎない。尤も子細にガス濃度計の記録を見ると14日の値は11月中の他の日よりやや大きく、且増減を示していた事から(図16参照)ガス濃度計は新噴気を感じ始めていたようである。何れにしても11月12日に新噴気が現われ、それが次第に増大して14日には肉眼で見ても只事ではないと思われた。にも拘らずガス濃度計に感じ難かった事については直径300m、深さ150mの噴火口においてガス取入口の正面向側の火口壁でかつ地表面から僅か20mと30mの浅い処から新噴気が現れた為、ガスは火口壁に沿って上昇し、逃失して火口のこちら側まで到達しにくかった為である。もしも新噴気が火口底に現れたのであれば、たとえ向側であっても昭和49年の噴火の時と同じように容易に感知出来たであろう。何れにしても1地点観測では不十分で3点位が望ましく、又常に火口附近をパトロールして噴気の変化や新噴気の出現に注意することが肝要であろう。

7) 三原山の噴火口ガスと地震活動

筆者は噴火口空気のSO₂濃度を自記SO₂濃度計で昭和44年6月25日から昭和61年11月14日まで17年6ヶ月ほど毎日観測したが、その日々のSO₂濃度を大島測候所の観測に依る火山性地震記録と比較するに当り、資料は莫大な量であるため便宜上SO₂濃度は1ヶ月間の最大値を採用し、これと大島測候所のC観測点(測候所の処)における火山性地震の1ヶ月間の回数とを比較することにした。その結果を図17に示す(噴火口に近い火口茶屋の近くにあるA点の地震計に依る火山性地震の回数は、ガスの変化と比較する場合、C点における記録と類似の結果であったが、欠測がやや多かったのでここではC点における記録を採用した)。図17を見ると明らかにSO₂濃度の高い昭和44年6月25日から昭和49年6月10日までの間は地震が少なく、SO₂濃度が極めて低い昭和49年6月10日から昭和61年11月14日までの間は地震が多い。このことはSO₂濃度が高い期間はマグマの位置が浅く、しばしば露出しており、このような状態では地震は少なく、SO₂濃度が極めて低い期間は火口底温度も著しく低く、マグマの位置が深く、この期間に群発地震が繰返し起っていることが判る。たとえば昭和52年10月31日の地震については0.03ppm、53年1月14日の大島沖地震の際は0.02、55年6月29日の川奈沖地震では0.04、58年1月16日の地震は0.05、同年12月30日の地震は0.03、59年9月2日の地震は0.03、61年4月1日の地震は0.04ppm等何れも著しく小さい値で火口ガスには異常はなかった。

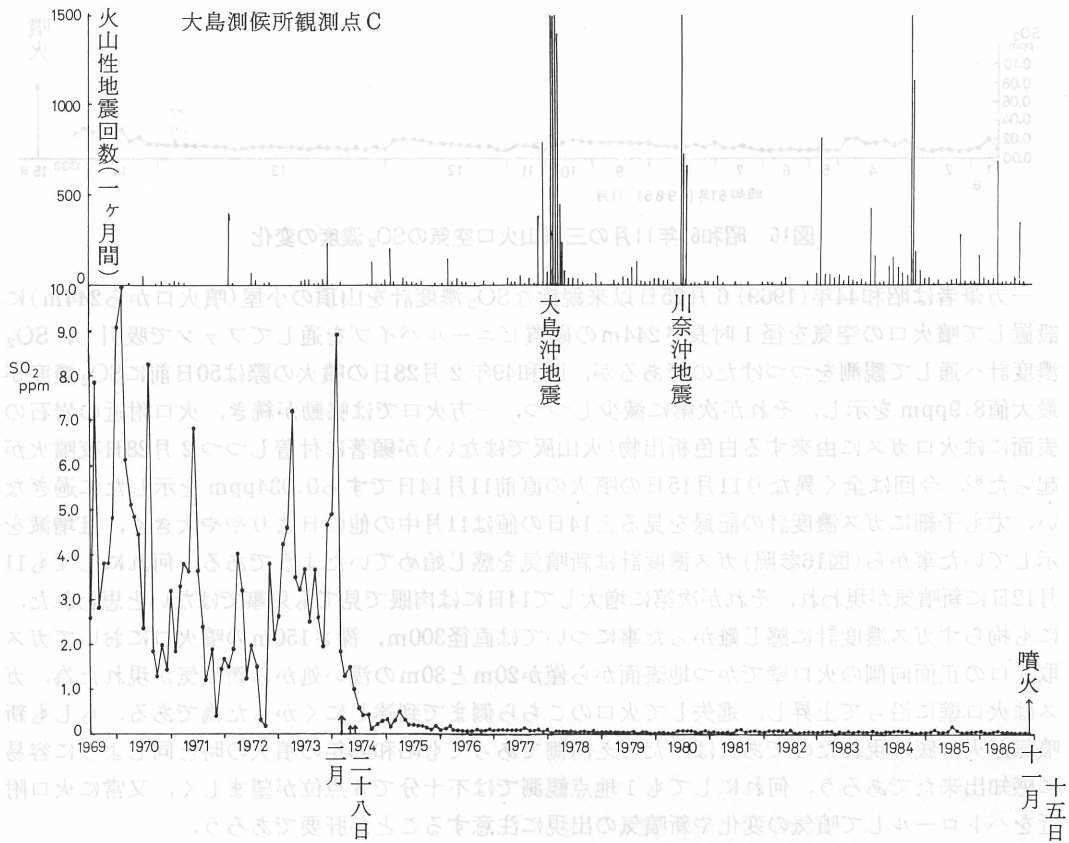


図17 三原山噴火口ガスの変化と地震活動

8) 大島温泉ホテルの湯と三原山の活動

三原山の中腹海拔460mにある大島温泉ホテルの湯はボーリングの深さ約300m、78℃(表1に示す60.0℃より高いが、これは後で再び掘さくした為である)を示す単純泉であるが、昭和61年11月の割目噴火の火口にやや近いので三原山の火山活動に伴って変化することが期待されたが、所有者に依ると変化は全くなかった由である。尚またこの温泉に近い湯場の蒸風呂は昭和25、26年の頃50℃を示す水蒸気孔であったが、三原山の25、26年及び昭和61年11月の大噴火の際、変化は認められなかった。

9) 大島元町の新温泉

昭和61年(1986)11月三原山が大活動し、11月21日には内輪山の外側、カルデラばかりでなく外輪山の外側からも割目噴火を起し、熔岩流は元町近くまで達した事はすでに述べた通りである(写真17参照)。その後割目噴火の活動は間もなく沈静したが、昭和62年9月頃から割目噴火の火口群のほぼ延長上に位する小清水、第一中学校、大津、くるみや、大島高等学校、大陣等の井戸水の温度が上昇し始め、平成元年(1989)7月12日には小清水65.3℃、第一中学校54℃、大島高等学校48℃、くるみや48.1℃(5月9日)、大陣38.5℃(8月7日)等を示した(図18参照)。これらは割目噴火の残余活動と考えられる。これらの温度変化を図19に示す。これら新温泉の温度は平成元年7月12日小清水の65.3℃が最高温度で、それ以後はそれぞれ幾分低下の傾向にある。これら

熔岩流の方向



写真17 三原山外輪山中腹に起った割目噴火の熔岩流(昭和63.4.4, 野口撮影)

向こうから手前へ流下して人家へ150mまで迫る.

表1 大島元町新温泉の化学成分

	Temp. (°C)	pH	蒸発残渣 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	HBO ₂ (mg/l)
小清水井戸 1989. 3 . 31	63.7	6.12	3,530	1,770	91.6	220	20.6
第一中学校井戸 //	50.3	6.20	3,170	1,570	97.4	226	20.6
高校井戸 //	44.0	6.16	1,972	850	73.9	281	11.2
ホテル椿園井戸 1989. 4 . 1	18.8	7.48	970	441	60.6	73.2	0.67
大島温泉ホテル1号 1973. 4 . 6	60.0	6.4	680	24	25	341	12
大島温泉ホテル2号 //	43.5	6.3	648	22	41	386	0
	SiO ₂ (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Li (mg/l)	
小清水井戸	160	861	101	266	35.9	0.0935	
第一中学校井戸	140	794	79.9	230	47.7	0.0697	
高校井戸	140	449	46.7	168	28.4	0.0382	
ホテル椿園井戸	51.1	247	12.5	49.7	23.5	0.0183	
大島温泉ホテル1号	196	29	8.0	74.5	18.0	—	
大島温泉ホテル2号	124	23	4.1	83.4	33.1	—	

(分析者 東邦大学医学部相川嘉正)

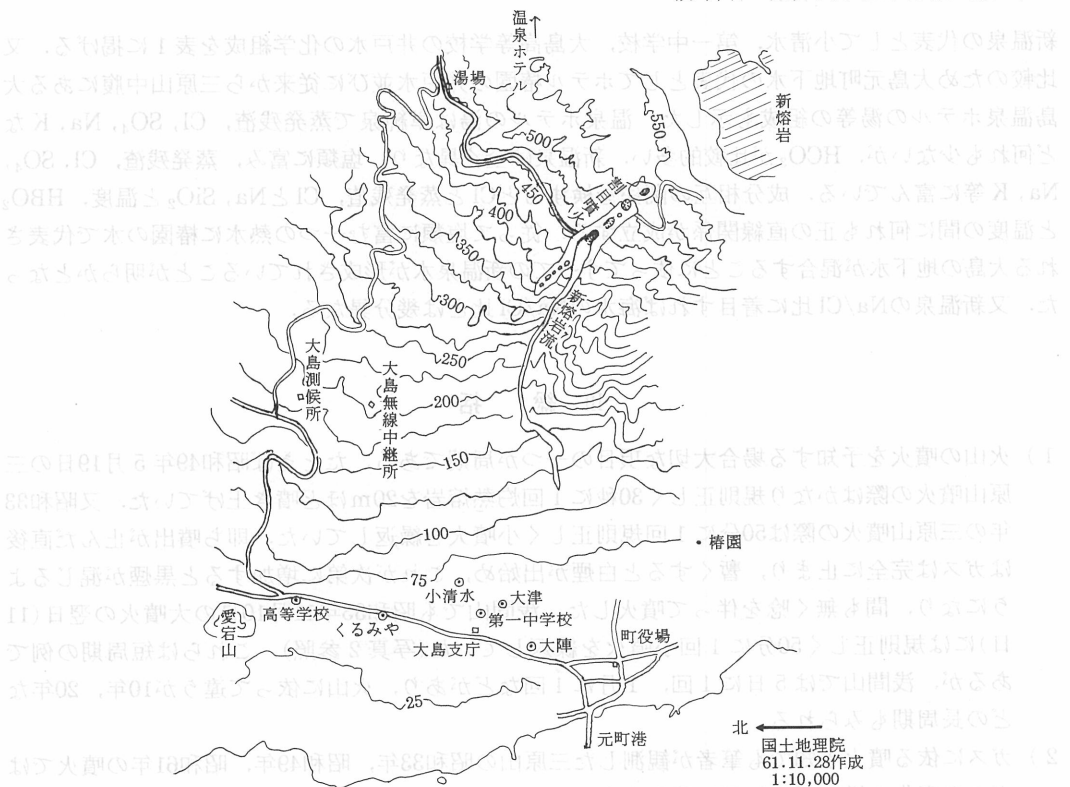


図18 大島における新温泉の分布

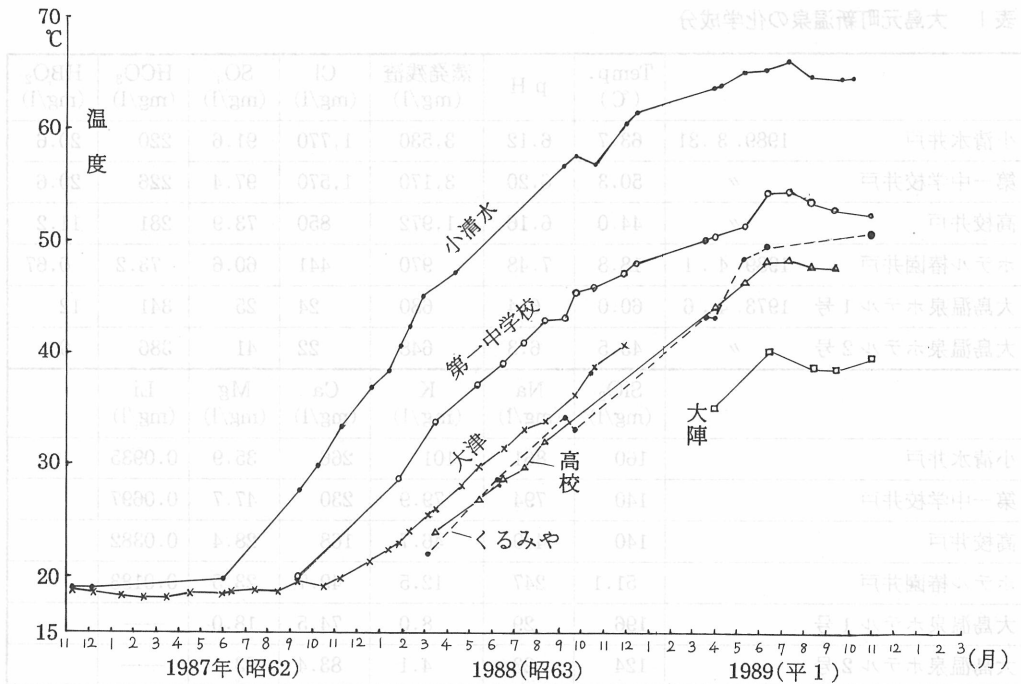


図19 大島元町新温泉の温度変化

新温泉の代表として小清水，第一中学校，大島高等学校の井戸水の化学組成を表1に掲げる．又比較のため大島元町地下水の代表としてホテル椿園の井戸水並びに従来から三原山中腹にある大島温泉ホテルの湯等の組成も示した．温泉ホテルの湯は単純泉で蒸発残渣，Cl，SO₄，Na，Kなど何れも少ないが，HCO₃が比較的多い．新温泉は全く異なり，塩類に富み，蒸発残渣，Cl，SO₄，Na，K等に富んでいる．成分相互の関係を検するとClと蒸発残渣，ClとNa，SiO₂と温度，HBO₂と温度の間に何れも正の直線関係が成立する．従って塩類に富む一つの熱水に椿園の水で代表される大島の地下水が混合することに依ってすべての新温泉水が形成されていることが明らかとなった．又新温泉のNa/Cl比に着目すれば海水のNa/Cl比とは幾分異なる．

III 総 括

- 1) 火山の噴火を予知する場合大切な項目の一つが周期である．たとえば昭和49年5月19日の三原山噴火の際はかなり規則正しく30秒に1回灼熱熔岩を20mほど噴き上げていた．又昭和33年の三原山噴火の際は50分に1回規則正しく小噴火を繰返していた．即ち噴出が止んだ直後はガスは完全に止まり，暫くすると白煙が出始め，これが次第に増加すると黒煙が混じるようになり，間も無く唸を伴って噴火した．浅間山でも昭和33年11月10日の大噴火の翌日(11日)には規則正しく50分に1回小噴火を繰返していた(写真2参照)．これらは短周期の例であるが，浅間山では5日に1回，1月に1回などがあり，火山に依って違うが10年，20年などの長周期もみられる．
- 2) ガスに依る噴火予知でも筆者が観測した三原山の昭和33年，昭和49年，昭和61年の噴火ではガスの変化の様子がそれぞれ著しく違う．一般に短い周期で噴火する場合は殆ど同じ場所から同じ周期を守って噴火することが多いから観測し易いが，長く休んだ場合，特に長期間が

マグマの噴出量が著しく減少すると共に火口底の温度が著しく低下した場合はマグマの位置が深くはなっており、噴出する通路が閉塞してしまうためか、新しく通路を作って噴火する場合は少なくない。昭和61年11月の三原山噴火のように火口底に2〜3の噴気孔群があり、火口外にも7ヶ所ほど噴気孔群があった。然しマグマはその何れからも噴出せず、新しい噴気を作ってそこから噴火が始まった点が注目に値する。

又自記装置を使って火山ガスを観測する場合でもガスの取入口の位置が正しいか否かは非常に重要な問題である。

一般に噴火口附近に多数見られる比較的低温の噴気は火山活動と直接関係がないものが多いから注意を要する。又高温度の噴気孔でも永続きしないことがしばしばあり、長期観測には不向きでむしろ噴火口空気の火山ガス濃度は火口底に存在する多数の噴気孔から出るガスの総量を表わす点で長期観測に適しているようである。

昭和61年11月の噴火についても筆者らの観測小屋が噴火口に近く、且火口附近の噴気孔群や噴火口を全部見渡すことが出来る位置にあったからこそ容易に新噴気を発見出来たのであり、もし遠方で記録を取っていたのであれば、安全ではあるが、新噴気の見えは或は出来なかったかも知れないのである。三原山の噴火の場合、新噴気が生じてから僅か3日で噴火が始まった点は流動性に富む玄武岩質熔岩の特性と思われるが注意を要する点である。

- 3) 火口ガスと火山性地震との関係については火口空気のSO₂濃度の1ヶ月間の最大値と大島測候所のC点における1ヶ月間の火山性地震の回数とを比較するとSO₂濃度が高く、マグマが浅くしばしば露出するような状態では火山性地震は比較的少なく、SO₂濃度が極めて低く、火口底の温度も著しく低下し、マグマの位置が深い時に火山性地震が多く起っている。
- 4) 昭和62年9月頃から始まった大島元町の新温泉の出現は割目噴火の残余活動と考えられるが、この温泉水は塩類に富み、単純泉である三原山中腹の温泉ホテルの湯とは全く異なる。

温泉の成因

大島温泉ホテルの湯(海拔450m、ボーリングの深さ約300m、静水位は地表より270m)は単純泉であるが、この温泉の成因についてはこの近くにある湯場の蒸風呂の噴気のような少量のCO₂を含む高温の水蒸気が深部から上昇し、これが浅所で地下水と混合して炭酸含有水となって周囲の岩石を浸して後湧出したものと推定される。この場合、温泉水中のCa、SiO₂は主として岩石からとりこんだものと考えられる。

小清水の湯(海拔60m、ボーリングの深さ63m)で代表される元町新温泉の湯は何れも塩分

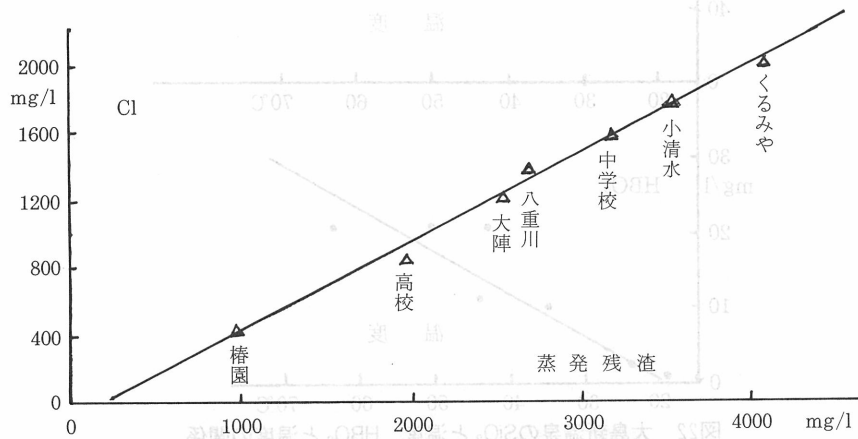


図20 大島新温泉のClと蒸発残渣の関係

に富むが、この近くの地下水の代表と考えられるホテル椿園の井戸水(海拔70m, ボーリングの深さ80m)は水温18.8℃塩分含有量がやや多く、飲用不適であるが、Na/Cl比が海水のNa/Cl比と良く一致するので少量の海水が混入していることは明らかである。

この地下水に深部から上昇する熱水が混合して総ての新温泉水が形成されている(図21)。

この熱水のNa/Cl比は海水のNa/Cl比より、縮小さい(図21)、又表1よりこの熱水には炭酸塩、硼酸が多く含まれていることから、Cl、CO₂、HSO₂、H₂Oなどを含むマグマの揮発物質が深部で海水の混入した地下水と混合して生じた熱水と推定される。

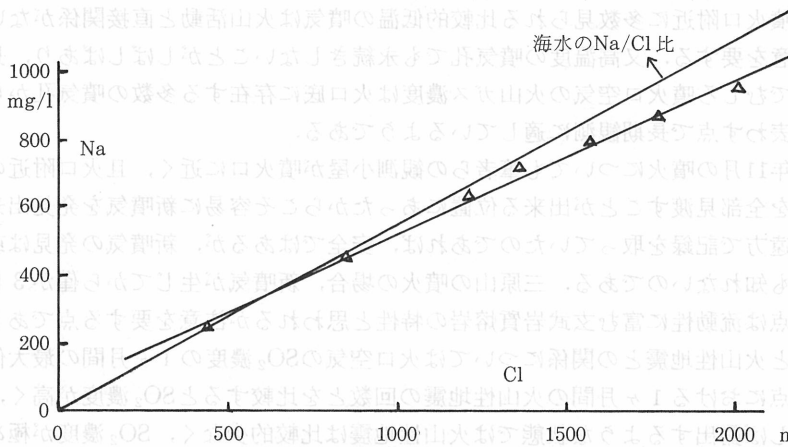


図21 大島新温泉のNaとClの関係

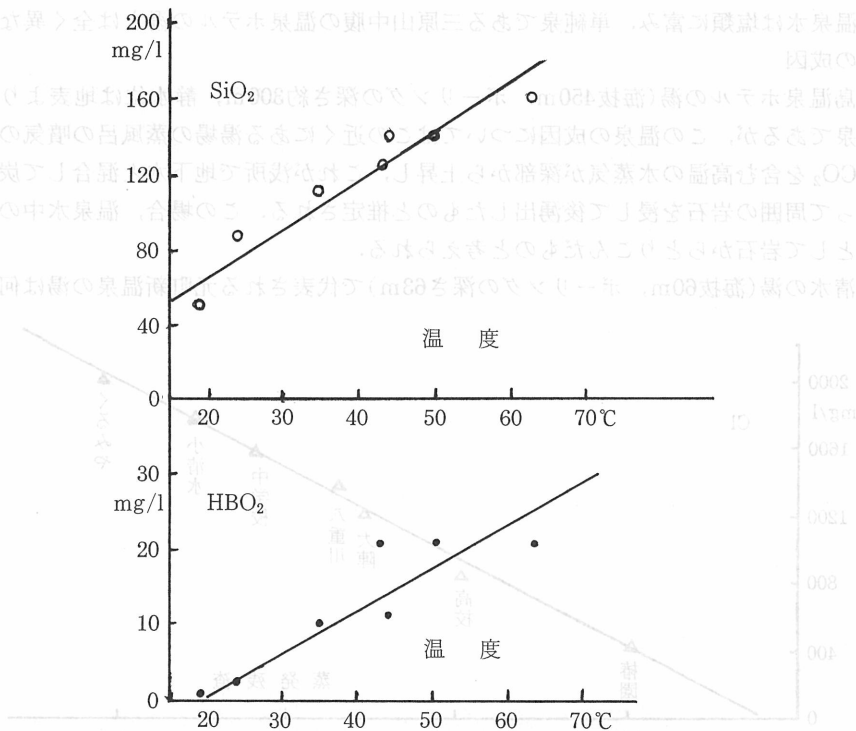


図22 大島新温泉のSiO₂と温度, HBO₂と温度の関係

最後にこの研究は東大では多田格三、金子修、掛川一夫、東京都立大では西條八東、神谷宏、加藤龍夫、高橋保夫、里見泰弘、赤石準、中山弘、坂田朗、近藤焼その他、東邦大相川嘉正、岩手大後藤達夫等の方々の御協力に依り、現地では浅間山火山館主小山金重、小諸市中村恵亮(現中村清兵衛)、大島野増の下村為造等の諸氏の御協力に依るもので、ここに記して深く謝意を表す。尚又18年に亘り貴重な火山性地震観測表並びに火山性地震回数報告のコピーを頂戴した大島測候所に厚く感謝する。

文 献

- 1) 野口喜三雄, 日化, 59, 902~908(昭13)
- 2) 野口喜三雄, 信濃教育, 第1024号, 23~25(昭47)
- 3) 野口喜三雄, 日化, 57, 920~928(昭11)
野口喜三雄, 日化, 59, 521~543(昭13)
- 4) Kimio Noguchi and Hiroshi Kamiya, Bulletin Volcanologique, 26, 367~378 (1963)
- 5) 野口喜三雄, 化学と工業, 12, 702~707(昭34)
- 6) 野口喜三雄, 東京都総務局地方課報告(昭33)
- 7) K. Noguchi and H. Kamiya, Proc. Japan Acad., 46, 83~88(1970)
- 8) 野口喜三雄, 相川嘉正, 東邦大学教養紀要 第8号, 41~45(1976)

Abstract

The author has studied variations of chemical compositions of gases and spring waters at the top of Volcanoes Asama and Mihara and their neighbouring areas for 54 years. As for Mihara, an automatic gas recording instrument was placed in a small cottage at the top of the mountain and the amount of gas emitted from the active vent was recorded for seventeen years. The main results are as follows:

- 1) The author placed four open glass vessels containing potassium hydroxide solution at the edge of the active vent of the Asama Volcano and made analyses of the gases absorbed for every one week or ten days. It was found that the amounts of sulphur compounds and chloride, and the S/Cl ratio began to increase distinctly three months before the great eruption which occurred on November 10, 1958.
- 2) The author also placed four open glass vessels containing alkaline solution at the edge of the active vents of the Mihara Volcano in May, 1957 and made analyses of the gases absorbed as in the case of Asama, and found that the contents of chloride, fluoride and sulphur compounds in the gases absorbed began to increase distinctly about ten days before the eruptions in August and October, 1957.

Therefore, it is possible to predict the time of an approaching eruption with some degree of accuracy.

- 3) On the other hand, the air containing volcanic gas at the edge of the active vent of Mt. Mihara was sucked to the automatic gas recording instrument which was placed in the cottage 244 m distance from the active vent. In the case of the 1974's eruption of the Mihara Volcano, the sulphur dioxide content had reached the maximum amount 8.9 ppm on January 9, 1974,

谷 and after that it was in a gradually decreasing state, while Mt. Mihara has had underground rumblings every day, and moreover, white sublimates have been deposited on the surface at the edge of the active vent. In such a state, an eruption occurred on the mountain on February 28, 1974.

4) While, in the case of the 1986's eruption of Mt. Mihara, which occurred after the mountain had been dormant for twelve years, the amount of gas from the active vent had been very small since the outcrop of magma disappeared on June 10, 1974, and also, the bottom temperature of the active vent had been very low. There were six fumaroles lower than 80°C in temperature around the active vent and three fumaroles on the bottom, 150 m down the active vent.

In such a state, new fumaroles were created at 20 and 30 m down the wall of the active vent and were found by the author on November 12, 1986. The new fumaroles had grown up rapidly and increased their intensity day by day. At last, on November 15, 1986 a great eruption started from the new fumaroles. Unfortunately, the gases from the new fumaroles were almost undetected by the gas instrument, because the new fumaroles appeared at a shallow place, 20 and 30 m deep on the wall of the active vent, and moreover, opposite the place where the gas pipe line was set, so it is presumed that it was difficult for the gas from the new fumaroles to reach the entrance of the gas pipe line by crossing the distance of 300 m of the active vent.

5) As for the volcanic gases in relation to the volcanic earthquakes at Volcano Mihara, the SO₂ content in the air at the edge of the active vent of Mt. Mihara which was observed every day by using an automatic gas recording instrument during the period of June 25, 1969 to November 14, 1986 was compared with the number of the volcanic earthquakes which were observed at the Ohshima Meteorological Station during the same period.

In this case, the data of gas and earthquakes was too abundant to be compared. Therefore, for convenience, the largest content of SO₂ observed in a month was compared with the number of earthquakes which were recorded at the C point of the Oshima Meteorological Station in the same month.

The results are shown in Fig. 17. During the period of June 25, 1969 to June 10, 1974 when the SO₂ content was distinctly large and the magma sometimes appeared at the bottom of the active vent, the number of volcanic earthquakes recorded was small.

While, during the period of June 10, 1974 to November 14, 1986 when the content of SO₂ was very low and showed 0.4 to 0.02 ppm SO₂ and the bottom temperature of the active vent was also very low, and in such a state, earthquakes occurred repeatedly.

6) The well waters of Koshimizu, The First Middle School, Ohtsu, Kurumiya Hotel, Ohshima High School and Taijin Hotel which are located almost on the extension line of the vents of the fissure eruption which occurred on the slopes of Mt. Mihara on November 22, 1986 began to rise in temperature almost simultaneously in September, 1987.

The well water of Koshimizu showed 65.3 °C as the highest temperature on July 12, 1989. Recently, all these well waters are in a slightly descending state in temperature. Chemically, these thermal waters are rich in salts. They are quite different from the thermal water of Onsen Hotel which is poor in salts.

The above mentioned temperature rise of the well waters in Motomachi are presumed to be a residual activity of the fissure eruption of 1986.