

桜島から放出された二酸化硫黄が環境濃度へ及ぼす影響について（事例研究）*

水野 建樹**

要旨

二酸化硫黄の環境濃度と気象データを用いて、桜島の噴火によって放出された二酸化硫黄が桜島の南東部に位置している志布志地域にどのように影響しているかを考察した。はじめに、桜島の煙が志布志方向に流れていたと思われる日について煙の拡散幅を推定し、当日二酸化硫黄の排出量が 550 ton/day 程度であることを見積った。次に、1年間の環境濃度と風向の出現率から桜島の寄与濃度を求め、年平均値に対して 0~3 ppb 程度濃度上昇をもたらすという結果を得た。

1. はじめに

今まで、火山から放出されている二酸化硫黄や塩化水素等の有毒ガスについて、その放出量や周囲の環境濃度に及ぼす影響について、定量的に調査した事例は案外少ないようである。この理由は工業開発に伴って人工的な汚染源から放出される二酸化硫黄などが日常生活に大きな影響を及ぼしてきたため、都市周辺地域を中心とした環境濃度の測定、気象観測等が優先的に実施されてきたことにある。また、噴火中のガス量や汚染物質の濃度を直接測定する有効な手段が少なかったことも、火山ガスの影響調査を遅らせる大きな要因であったと考えられる。近年、活発な噴火をくりかえしている大島三原山、浅間山、桜島等の活火山については火山の集中観測が実施され、その一環として放出物質の種類、量が測定されるようになった（鎌田, 1975）。環境濃度についても同時に観測されているようであるが、その範囲は火山周辺に限られ、火口から 10 km あるいはそれ以上離れた場所で特に観測されているわけではない。もちろん、火山周辺の濃度と放出量の関係を得ようとして観測計画をたてれば、これだけで大きなプロジェクトになるから実際問題としてはなかなかむずかしい。

ここでは、火山の噴火について意図的に観測したわけではないが、環境大気の観測中に偶然火山の噴火があって、その影響が現われたと思われる濃度分布が得られたので、そのときの大気の成層状態、風系について考察し、拡散の規模、放出量等を推定してみた。また、環境濃度の長期観測結果をもとに、年平均値に及ぼす影響についても考察した。なお、火山は桜島であり、観測地点は桜島からみて南東部にある志布志地域である。

2. 地形と環境大気質の測定点

桜島の噴火口と志布志湾に面した平野部（以後志布志地域と呼ぶ）との地理的關係は第1図に示す通りである。噴火口は志布志地域からみてほぼ西北西から北西にあり、距離にして 30 km 程度離れて位置している。噴火口の標高は 1,100 m 程度であり、桜島と志布志地域の間部には標高約 1,200 m の高隈山系が南北の方向に横たわっている。高隈山の南端に続いて平野部が開け、鹿屋市に至り、そこから東部にかけての帯が鹿児島湾と志布志湾を結ぶ唯一の平野部となっている。志布志地域の南部は再び山岳地帯となり、海岸も険しくなり、内之浦へと続いている。

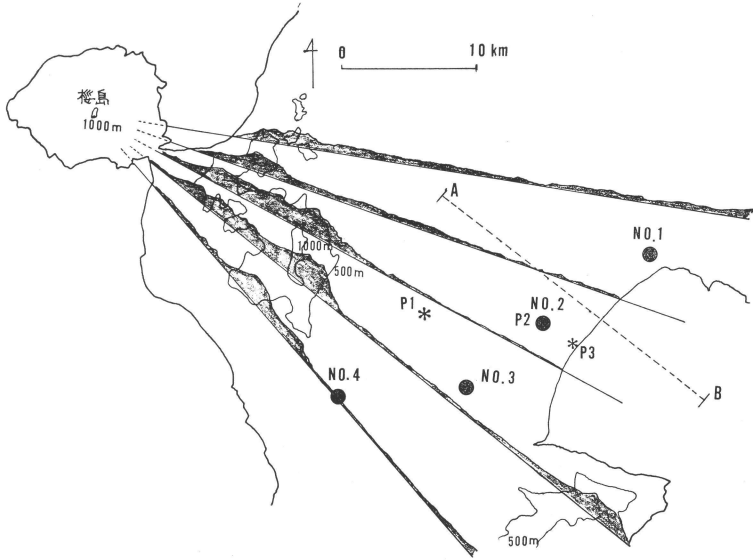
第1図の P₁, P₂, P₃ 地点はパイバルによる上空風の測定点である。P₂ 地点は他に低層ゾンデによる気温の鉛直分布および、地上 45 m において超音波風速計による乱流観測を実施している。No. 1 から No. 4 は地上の風向風速および二酸化硫黄窒素酸化物の汚染物質測定点

* Effects of SO₂ emitted from Sakurajima volcano on the environmental air quality (case study).

** Tateki Mizuno, 公害資源研究所.

——1980年2月5日受領——

——1980年6月3日受理——



第1図 桜島と志布志地域の地理的關係. 黒く塗ってある部分は山の断面図（垂直縮尺/水平縮尺=1/2）である. 図中の記号は本文で説明してある.

である. (P_2 と No. 2 地点は同一地点である.) 第1図中の線分 AB は軽飛行機による乱流, 気温の測定経路で, 130度~310度の方向を高度を変えて往復している. 飛行機による乱流観測方法については山本ら (1975) による詳しい報告がある.

3. 観測された濃度分布

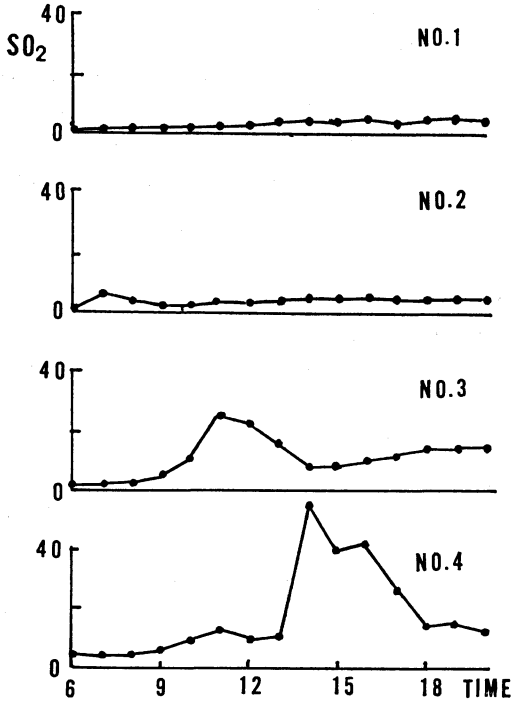
一般に, 地上濃度観測局で測定された濃度は長時間で平均すればある一定の変化を示すものの, 短時間内の変化は一見ランダムに近いことが多い. このような濃度変化の中から, 桜島から放出された二酸化硫黄によって, 環境濃度が変化したと思われるものを抽出することは他に何の情報もなければ不可能に近い. ここでは志布志地域で実施されたパイバルや飛行機による気象観測中 (1976年5月13日), 偶然多量の降灰が同地域にあったので, 当日の二酸化硫黄測定結果にも桜島の影響が現れるのではないかと考え, 気象の資料を用いて濃度変化を解析した. 写真1は当日午後3時ごろ鹿児島市側からみた噴煙の様子であり, 小規模の爆発があって, 多量の煙がちょうど志布志方向に流れていることを示している.

環境濃度の観測局4点で地上濃度の時間変化を追ってみると, NO_x に関しては顕著な変化は認められなかったが, SO_2 には系統だった変化が現われていた (第2図). この変化の特徴は, 第一にピーク濃度の出現時刻



写真1 鹿児島市の方角からみた当日午後3時頃の煙の様子 (山本晋氏撮影による).

が測定点によって異なり, 南西寄りの測定点ほど遅いこと, 第二にピーク濃度の値も南西寄りの測定点ほど高いことである. 第一の特徴は風系の変化と関係するものと考えられたので, 当日の天気図を参照すると (第3図), 移動性高気圧が東支那海を東進中であり, 三陸沖に中心をもつ低気圧から太平洋沿岸に寒冷前線が伸びていて日本は一時的に冬型の気圧配置となっていた. そのため九州地方でははじめ強い WNW の風が吹き, 高気圧の移動にともなって風向は次第に NW へと変化しつつあった. 鹿児島県吉野の高層気象台における当日9時と21時の850 mbにおける風向風速は, それぞれ 290° , 17.5

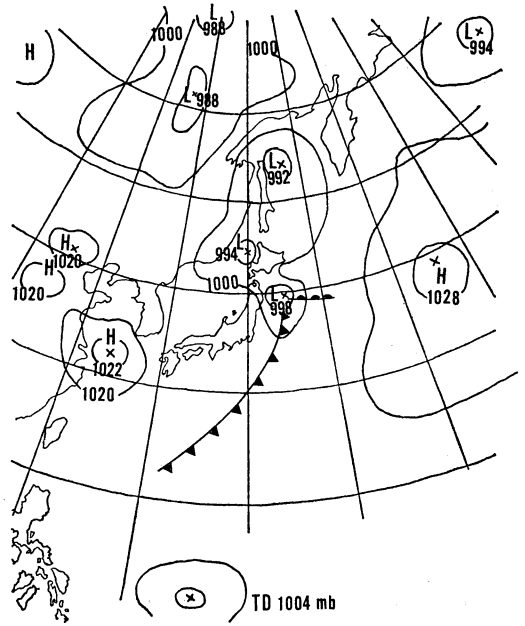


第2図 1976年5月13日における SO₂ 濃度の時間変化。縦軸は濃度 (ppb)、横軸は時刻を示す。No. 1~No. 4 は測定点。

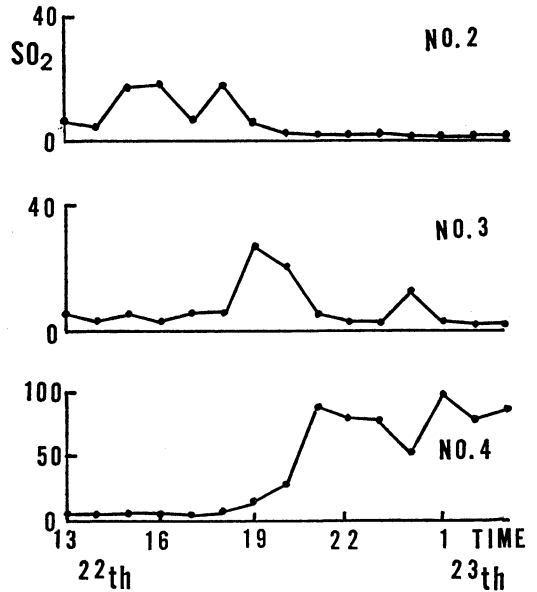
m/s, 320°, 11.5 m/s である。このような風系の変化と、志布志地域で観測された SO₂ の地上濃度の時間変化パターンは桜島を放出源とすれば良く対応しているようにみえる。

ところで、桜島は時々起こす爆発の他に、ほとんど連続的に煙を放出し続けている。この煙の中には多量の二酸化硫黄が含まれているので (鎌田ら, 1978), 気象条件によってはいつでも当該地域の地上付近に拡散し濃度上昇をもたらすと考えられる。

一つの観測点に高濃度が現れ、その時刻が北から南へとずれてゆく現象に注意して環境濃度を整理すると、同じような現象は他の日にも多く認められた。その1例を第4図に示す。これは1976年1月22日から23日にかけて観測されたものである。気圧配置としては、中国大陸にはりだしたシベリア高気圧の一部が移動性となって黄海に進出しつつある状態 (第5図) にあった。そのため吉野における 850 mb の風向も NW から NE へと徐々に変化していた。この日、図示はしていないが No. 1 地点での SO₂ 濃度の時系列には何ら特徴的な変化はなく、低濃度であった。No. 2 地点での濃度は15時ごろ

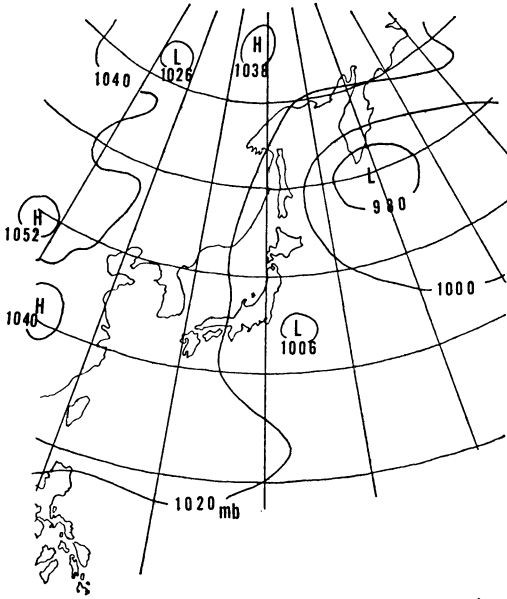


第3図 1976年5月13日午前9時の地上天気図。



第4図 1976年1月22日から23日にかけての SO₂ 濃度の時間変化。縦軸は濃度 (ppb)、横軸に時刻を示す。

上昇し、続いて、それより南側の No. 3 地点、さらに遅れて No. 4 地点にきわめて高い濃度が出現した。なお24時に No. 3 地点で濃度が一時的に上昇し、その時



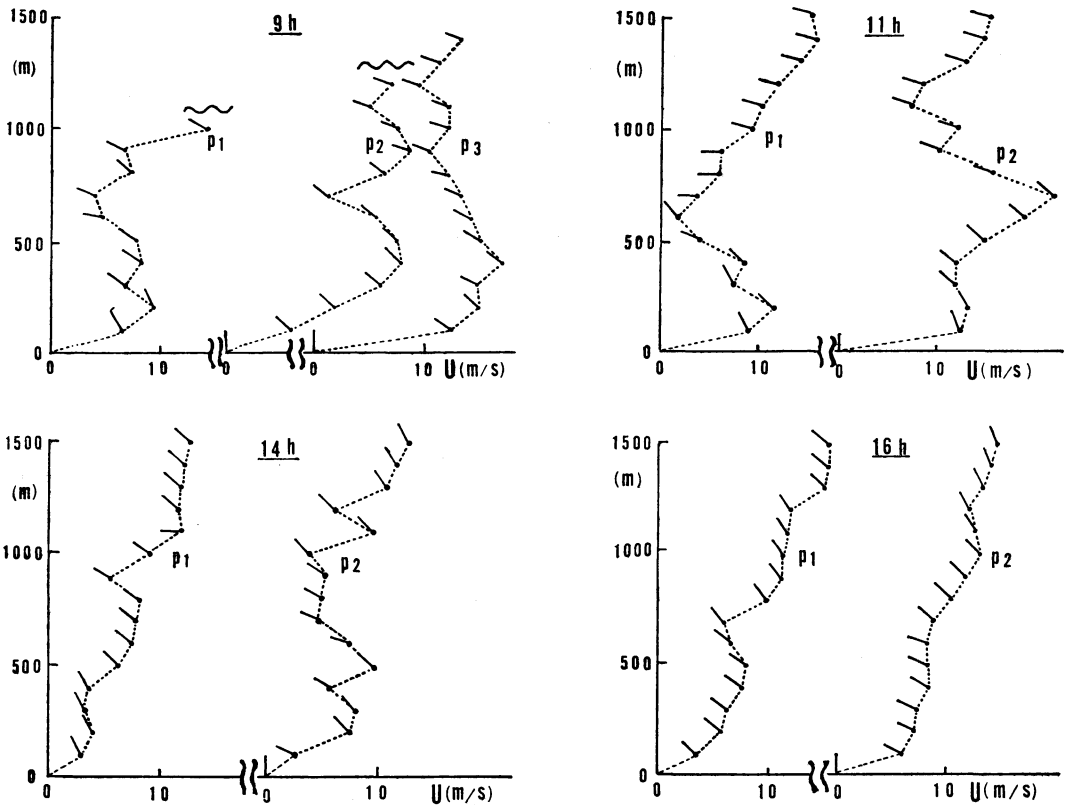
第5図 1976年1月22日午後9時の地上天気図。

刻に No. 4 地点で減少していることは興味深い。しかし、これが風系の変化と関係があるか否かは手元の気象資料だけでは何ともいえない。また、No. 4 地点では 100 ppb にも達しているのに、測定点近くの特定煙源からの排ガスを観測している可能性も考えられたが、同時に測定している窒素酸化物濃度には何ら変化がないので、近くの煙源の影響は少ないものと思われる。

4. 煙の流れ方

桜島から出た煙の流れ方を調べるために、先の5月13日の例にもどって、当日この地域でどのような気象状態にあったか、もう少し詳しくみることにする。

P₁ から P₃ 地点で観測したパイバルによる地上 100 m から 1,500 m 程度までの風向風速分布（第6図）によれば、午前中風上側の山岳に近い P₁ 地点では地上 600 m ないし 700 m に弱い風速領域があり、よくみるとその高度を境にして風向が異なっている。また、700 m よりも上層の風向は時間の経過とともに WNW から NW



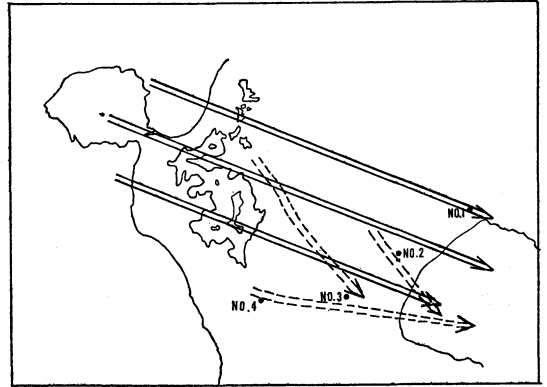
第6図 パイバル観測による風向、風速分布（1976年5月13日）。

へと変化しているのに対し、下層ではNWないしNNWの風向である。平野中心部の P₂ 地点の傾向もこれと似ている。ただし、午前中の弱風域は P₂ 地点の方が若干高いようである。海岸部の P₃ 地点（午前9時）では下層の風速がさらに大きくなっている。なお、午後遅くなって上層の風向がNWへ変化するにつれて、中層にあった弱風域は消え、なめらかに増加する分布となっている。

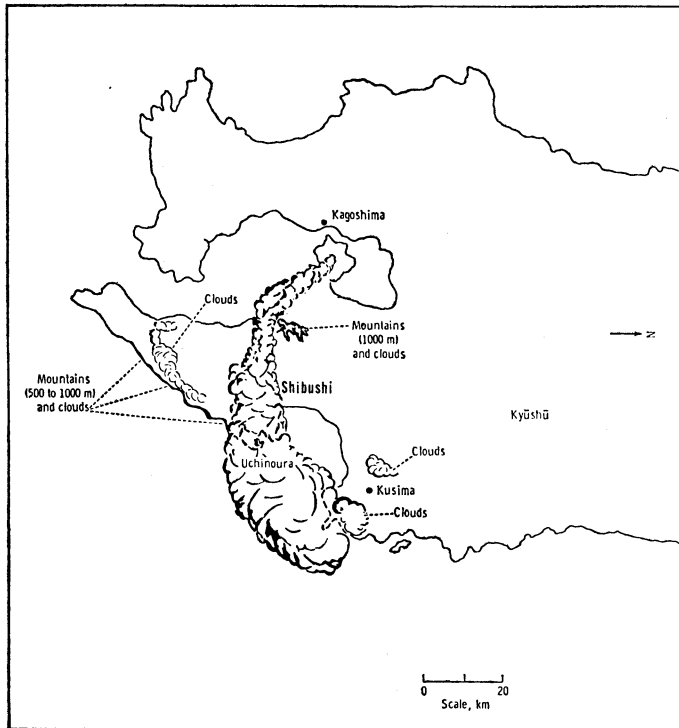
このような風系を地形との関係でみると、大きくわけて高隈山の上空を越えて志布志上空に達する上層風と、地上近く山間部を通り、高隈山の背後部へまわり込んでくる下層流の2層に分離できそうである。第7図はNo. 1~No. 4の地上風向風速およびパイバル観測から推定した当日午前中のおおよその風系の立体分布である。午前中は上層（約1,000m以上）でWNW系の風が広い地域にわたって一様に吹き、地上付近では平野部北部でNNW、南部でWNWとなり風の収束域が存在している。この収束域のために、第6図で示したように、海岸

に近づくにつれて下層で風速が増す現象があらわれたものと考えられる。

このような風系を想定すると、桜島から出た煙は、は



第7図 1976年5月13日午前中の風系分布。実線は上層（高さ1,000m程度）、破線は地上付近の風向を示す。



第8図 1974年1月7日に人工衛星スカイラブから撮影した煙の写真。見やすいように描きなおしたもの（Randerson, 1977による）。

じめ上層の WNW 方向から吹く風によって流され山脈を越えて志布志上空へ達する。ここで拡散によって地上付近においてきた煙は NW 方向からの風によって南下し、さらに再び東へ方向を変え、志布志湾上へでると推定される。この状態では平野部の北東部にある観測点 (No. 1) では桜島の影響はまったく現れない。午後になると、第7図に比べて上層風の風向は NW に近くなり下層もいくぶん N よりとなる。したがって、煙は高限山の西側を海岸線とほぼ平行に南下し、下層へおりてきた煙は山麓南斜面で東へ方向を変えて志布志地域に達する。No. 4 地点ではこの状態のときに高濃度が出現する。

桜島から放出された煙の経路については、実際に人工衛星から撮影した写真によっても明瞭にとらえられている。第8図はその1例であり、スカイラブから望遠レンズをつけたカメラで撮影したものをわかりやすいように図化したもので、Randerson (1977) より引用した。撮影日はまったく異なっているものの、桜島からの煙が高限山に沿って南下し、鹿屋付近から志布志方向へ流れている様子がよくわかる。

5. 水平横方向への拡散

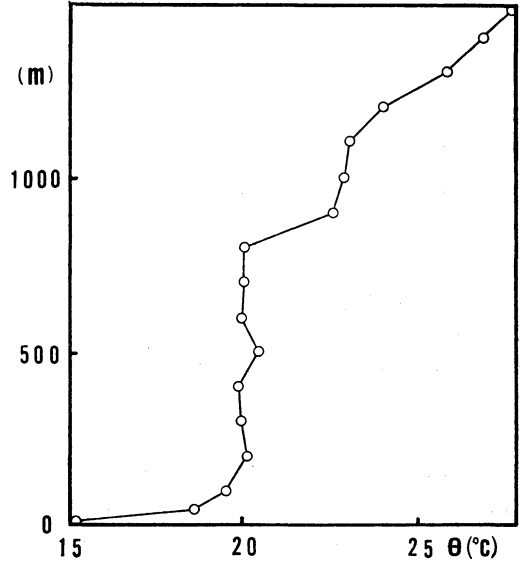
第2図に示した濃度の時間変化パターンを利用すれば、煙の拡散幅が推定できる。そのために次の仮定をする。まず、煙源は唯一であるとし、風向は一定の方向に一定の割合で変化しているとする。また、風向と直角方向への煙の濃度分布は標準偏差 σ_y のガウス分布で近似できるとし、 σ_y の大きさは風向が変わっても変化しないものとする。これらの仮定によれば、ある測定点における濃度の時間変化パターンは縦軸を濃度、横軸を時間にとったとき、空間分布と同様ガウス分布となる。この標準偏差を σ_l とし、風向変化の角速度を ω 、煙源から測定点までの距離を r とすれば、

$$\sigma_y = \sigma_l \cdot r \cdot \omega \quad (1)$$

が成り立つ。第2図の No. 3 地点における濃度変化パターンから、ピーク濃度とその60%の濃度間の時間幅として σ_l を求めると、約1.5時間となる。また、No. 3 と No. 4 の出現時刻の差から風向変化の角速度 ω を求めると4.5 (度/時) 程度となる。桜島と No. 3 の測定点間の距離 r を約34 km とすれば、これらの値を(1)に代入することにより、

$$\sigma_y \approx 3.9 \text{ km} \quad (2)$$

が得られる。このようにして得られた σ_y は煙が桜島か



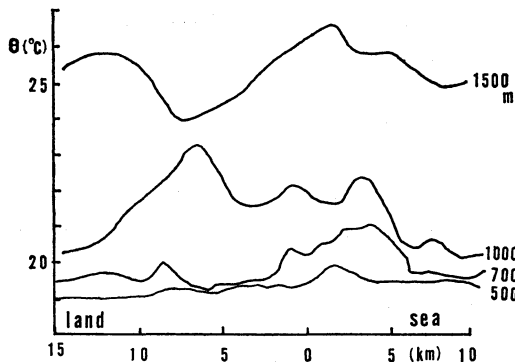
第9図 1976年5月13日、午前6時の P₂ 地点における温位分布。

ら出て測定点に到達した後 (風速 10 m/s とすれば約1時間後)、観測点で濃度の平均化を1時間行った場合の拡散幅であり、 σ_y の評価時間はこれらの和として2時間程度となる。

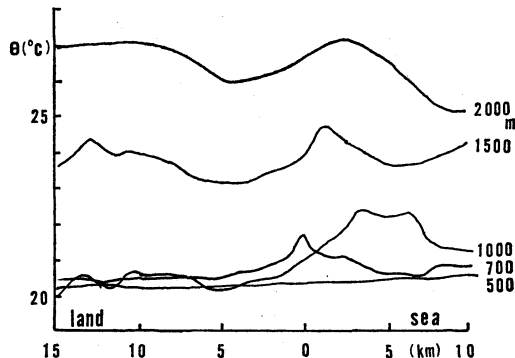
6. 鉛直方向への拡散

鉛直方向への拡散幅については濃度の鉛直分布に関する観測がないので直接推定することは不可能であるが、気温や乱流の鉛直分布が観測されているので、大気の状態を調べるにより間接的に見積ることができる。

第9図は P₂ 地点における午前6時の温位鉛直分布である。すぐわかるように地表面付近には強い逆転層が形成されており、その上空 800 m 程度までは等温位である。強い接地逆転層の上部にあたる地上 45 m では、超音波風速計による鉛直方向への風向変動幅 σ_E の観測がされており、この時間帯前後に平均して 7° 以上を示していた。これは同地点における他の観測例から推定した中立大気中の σ_E (約 5.2°) に比べても大きい値である。接地逆転層上部に等温位層があり、乱流の鉛直成分が大きくなっているという事実は、上空での大気の混合が盛んであることを示している。したがって、この強い乱流の発生には測定している場所付近での地面粗度が関係しているのではなく、上流側にある大きなスケールの地



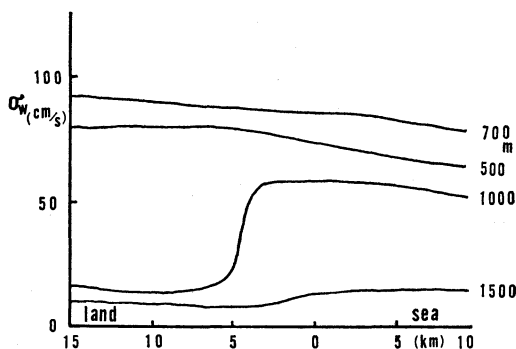
第10図 1976年5月13日午前9時16分～10時22分における飛行機観測から得られた温位分布 (下層ほど後の時間になっている)。



第11図 1976年5月13日12時17分～13時32分における温位分布。

形、例えば山岳等が関係しているとみてよいであろう。上流で鉛直方向に大きなスケールで乱流が発生したとすれば、この乱流は夜間平野部を通過するうちに下層から冷やされておとろえ、地上付近には逆転層が形成される。しかし、上空は依然として上流側の影響が残り、強い乱流状態になっていると考えられる。このような大気中では、桜島から放出された煙は接地逆転層上端付近まで急速に拡散するかも知れないが、地面まではなかなか降りてこないであろう。第2図で、No. 2 地点の地上濃度の上昇がきわめて少ないのはこの接地逆転層に一つの原因があるように思われる。

次に、飛行機観測の結果を用いて日中の混合状態を調べてみた。第10図は当日午前中の温位分布である。高度700 m 以下では温位の高さ変化はほとんどない。(地上付近は逆転層がすでに解消して不安定層になっている。) 高度1,500 m では空間的に波動状の気温変化が認められる。これは高隈山系の風下に形成された山岳波と考えられる。同じような現象は当日午後(第11図)にも観測されている。ところが、高度1,000 m における温位分布は、これらの分布と異なり、かなり特異な分布をしている。同時に測定されている乱流の鉛直成分の標準偏差 σ_w についても高度1,000 m の分布は他のものと異なっている(第12図)。同図によれば、 σ_w は700 m 以下の高度で大きく、水平方向に多少減衰している。また、高度1,500 m における σ_w は極めて小さく、大気が安定状態にあることと対応している。高度1,000 m では上流側の σ_w は小さいものの、ある地点までくと急激に増加し、下層の σ_w に近づいている。このような観測結果から推察すれば、高度1,000 m は下層にある混合層

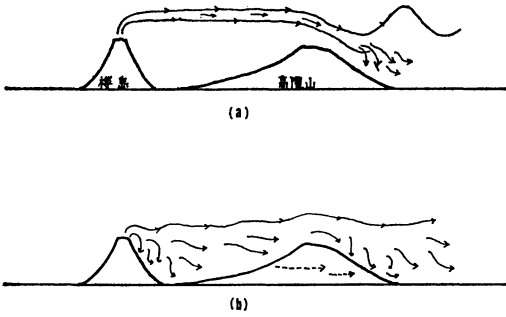


第12図 第10図と同じ時間帯に観測された鉛直方向乱流変動量 σ_w の分布。

と、上部の安定層の境界付近にあたっていて、混合層は海岸寄りで多少高くなっているといえそうである。

なお、風系から見て日中の混合層は山岳後背地に生じたメカニカルな乱流によるものに、熱的な原因が加わって発達しているようにみえる。正午過ぎの観測(第11図)では、高度1,500 m 以上で午前中と同様に波動状の温位分布が現れているが、高度1,000 m の温位は陸上部で下層の温位とほぼ等しくなっている。したがって、混合層高度は午前中より発達し、少なくとも1,000 m は下らないと思われる。以上のように、桜島から放出された煙が観測にかかったと思われる当日、志布志地域では早朝に接地逆転層があって、大気の混合はその上部から800 m 程度まで活発であり、日中には地上から少なくとも1,000 m 程度まで混合が盛んであったと考えられる。

これらの観測から、桜島の火口を煙源とみたとき、地上濃度が高濃度となる場合については次のようなパターンが想像される。一つは煙が1,000～1,500 m の安定層



第13図 地上で高濃度が出現する場合の煙の移流拡散の様子。

- (a) 上層が安定のため、煙の上昇がおさえられた状態で移流し、山の背後で生じた乱流によって地上におりてくる場合。
 (b) 噴火口近くからダウンドラフトによって下層に拡散する場合。斜線は山の側面をまわる流れを示す。

中を流れてきたときに山の背後で急激に下方へ拡散する場合(第13図a)である。もう一つのパターンは煙が何らかの原因により噴火口からあまり上昇せずはじめから地上付近に舞い降りてくるときに生じ、火山の風下側直後から高濃度が現れる(第13図b)場合である。坂上(私信)によれば、他で得られたSO₂の地上濃度と桜島からの距離の関係を調べて、有効火口の高さは必ずしも実際の火口よりも高くはなく、第13図bのようにダウンドラフトが火口付近で生じている場合が多いと指摘している。先に示した写真1でも比較的重い粒子状の物質は火口近くですでに下層に広がり、上空には及んでいないようにみえる。もちろん目視できないSO₂や水蒸気はこれら粒子状の物質と異なる運動をして、上層に拡散している可能性は十分あり得る。

7. 二酸化硫黄放出量の推定

以上の観測に基づいて、桜島から放出されている二酸化硫黄の量を推定してみた。ここで前記観測点付近での煙の鉛直拡散幅は混合層の高さ H まで一様とし、また、水平横方向への拡散幅 σ_y は(2)で与えられるものと仮定した。

これらの値と風速 U を用いると環境濃度 C と放出量 Q の関係は、

$$C = \frac{Q}{\sqrt{2\pi} U H \sigma_y} \quad (3)$$

で与えられる。ここで、 $\sigma_y = 3.9 \text{ km}$ 、 $H = 1,000 \text{ m}$ 、 $U =$

10 m/s とし、濃度 C は第2図のNo.3地点の補正最大値(=最大値-バックグラウンド濃度)として約23 ppbを仮定すると(3)より、

$$Q = 2.2 (\text{Nm}^3/\text{s}) \quad (4)$$

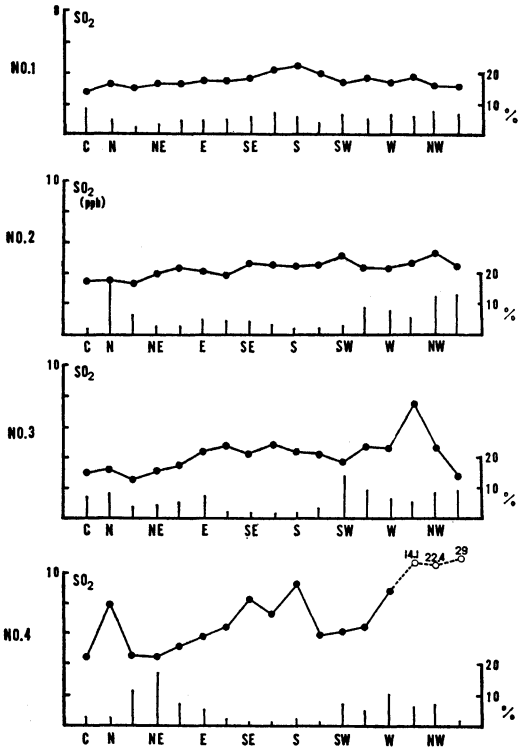
となる。これはほぼ550 ton/dayに相当する。煙の有効排出源高さが1,000 m以上であれば、ここに評価しなかった上部安定層を流れるものもあるから、放出量は上記の値をさらに上まわることになる。

ところで、桜島から放出されている二酸化硫黄の量については、実際にはもっと詳しい推定が行われている。鎌田ら(1978, 前出)は相関スペクトルメーターを用いて火口近くの煙の断面を遠隔測定し、風速のデータと組み合わせることで放出量を推定した。彼等の推定結果によれば、放出量は時間的にも、さらには観測を実施した日によっても大きく変化しており、その変動範囲はおおよそ600~2,500 ton/dayということである。ここで扱った観測日については彼等の推定値がないので、比較してもあまり意味はないかも知れないが、同程度の値が得られた点は興味深い。なお、他の観測によれば、桜島からは二酸化硫黄と同程度の塩化水素が放出されているらしい(小坂ら, 1978)ので、溶液導電率法で測定した濃度には両者の寄与が含まれることになるが、その比率は今のところわからない。

8. 環境濃度への影響評価

桜島から放出される二酸化硫黄のために、志布志地域の地上付近の濃度が上昇することは確からしいので、もう少し長期的な影響について評価してみた。評価の対象としてここでは年平均濃度に着目した。その際仮定として濃度測定点周囲の中小煙源は一様に分布しているとし、また、風向の出現ひん度は各方向とも十分多く、風速、大気安定度の出現率は風向によらないとした。これらの仮定がなりたてば風向別年平均濃度はどの風向でもほぼ等しくなるから、ある特定の方向で濃度が上昇していれば、その上昇分は特定の排出源(ここでは桜島)からの影響とみることができるといえる。第14図は4観測点の風向別年平均濃度分布である。同図でNo.1とNo.2地点の濃度は全般的に凹凸が小さいが、No.3とNo.4はWNWないしNW風向のとき、かなり高濃度になっている。桜島はこの風向の風上に位置している。

影響濃度の推定は次のようにして行った。 i 風向の年間出現率を n_i とし、その風向の平均濃度を C_i とする。(16方位分割を用いるので $\sum_{i=1}^{16} n_i = 1$ である。)桜島の方



第14図 風向別SO₂平均濃度(1975年10月~1976年8月のデータ) 黒丸は濃度、棒線は出現率を示す。Cはcalmを表わす。

向を風上とする風向を j とし、 j 風向以外の方向の濃度を用いて平均濃度 \bar{C} を求める。

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^{16} n_i C_i}{(1 - n_j)} \quad (5)$$

ただし、 $i=j$ を除く

風向 j では \bar{C} 以上になった濃度 ($C_j - \bar{C}$) が桜島の影響であると考え、この濃度に出現率 n_j を乗じることによって寄与濃度とする。すなわち、

$$\Delta C = (C_j - \bar{C}) \cdot n_j \quad (6)$$

このようにして得られた二酸化硫黄濃度を第1表に示す。同表では風上方向を1方向に限らず、3方向まで拡大して考慮した。これをみると、もっとも北部のNo. 1

地点についてはほとんど影響がなく、南西へずれるにしたがって増加し、No. 4 地点では2~3 ppb の影響力をもつことになる。先に解析した高濃度出現日でも、北部の観測局よりも南西部の観測局で高い濃度になる傾向が示されており、これには高隈山系の影響が大きいことはすでにみた通りである。

9. まとめ

(1) ある特定の1日に、環境濃度と気象の関係を解析し、桜島から放出された煙が志布志平野部の上空でどのように流れていたかを推定した。次に、それらの結果を用いて当日の二酸化硫黄(塩化水素も含まれる)放出量を見積ったところ 550 ton/day 程度になった。この値は別の日に相関スペクトルメーターによる観測から推定された放出量と比べてもオーダーとしては一致しており、桜島からはかなり多量の二酸化硫黄が放出されていると考えられる。

(2) 桜島の噴火による志布志地域への二酸化硫黄濃度の寄与は年平均で 3 ppb 以下(1976年)と推定される。この寄与濃度は平野の北東部では低く南西部では高い。短時間的にはかなり高濃度になる場合もあると考えられるが、その出現位置はやはり南西部の地域になる可能性が大きい。この原因として、桜島との間にある高隈山が煙の移流拡散に大きく影響していることがあげられる。すなわち、上層風が WNW の風向のとき山の後背部で生じる乱流によって上空の煙は急激に地上に達するが、平野部北部の地上付近の風向は時計まわりの方向にずれるために煙は南下し、結果的に北東部の海岸付近の地上濃度はあまり変化しないと考えられる。これに対して平野部南西部では南下した煙のために地上濃度が上昇する。また煙がはじめからあまり上昇せずに高隈山の東側斜面に沿って南下すると、鹿屋方面で高濃度汚染をもたらす可能性がある。

(3) 桜島から放出されている物質のうち、窒素酸化物は二酸化硫黄に比べて極めて少ないと考えられる。

なお、火山の活動は常に一定しているわけではないから、ここで推定した値は当時の活動をいくらか明らかに

第1表 桜島の影響(年平均濃度として)

地 点	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
影 響 風 向	WSW, W, WNW	WNW, NW, NNW	W, WNW, NW	WNW, NW, NNW
ΔC (ppb)	0.04	0.23	0.35	2.32

したに過ぎない。その後の変化についても追跡調査をしたいと考えている。

謝辞

ここで用いた資料は「大隅地区大気環境調査報告書」（鹿児島県，昭和51年）および「志布志地区（現地気象）調査結果報告書」（通商産業省，鹿児島県，昭和52年）を利用した。また，環境濃度については鹿児島県環境局より提供していただいた。関係各位に深く感謝します。

文 献

鎌田政明，1975：火山活動と地球環境，火山，20，特別号，355-362.

鎌田政明，大田一也，1978：桜島火山南岳からのSO₂の放出量，第2回桜島火山の集中総合観測（別冊），98-104.

小坂丈予，平林順一，小沢竹二郎，君島克憲，1978：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（別冊），68-80.

坂上治郎（私信）

Randerson, D., 1977: Quantitative analysis of atmospheric pollution phenomena, NASA Spec. Publ., Skylab explores the Earth, 381-404.

山本 晋，蒲生 稔，横山長之，1975：飛行機による乱流観測の誤差の補正方法，公害，10，259-270.

気象学会および関連学会行事予定

行 事 名	開 催 年 月 日	主 催 団 体 等	場 所
第24回国際地理学会議 （気候関係）	昭和55年9月1日～4日	国際地理学連合（IGU）	全共連会館 都市センターホール
月例会「大気数値シミュレーション」	昭和55年9月3日	日本気象学会	東大海洋研究所
第17回自然災害科学総合シンポジウム	昭和55年10月20日～21日		名古屋大学農学部
昭和55年日本気象学会秋季大会	昭和55年10月29日～31日	日本気象学会	京都教育文化センター
第6回リモートセンシングシンポジウム	昭和55年11月18日～19日	計測自動制御学会	国立教育会館
第18回粉体に関する討論会	昭和55年11月27日～29日	日本化学会ほか	豊橋技術科学大学
第27回風に関するシンポジウム	昭和55年12月9日		気象研究所講堂