

2001年の桜島における火山ガス高濃度事象

坂本昌弥*・木下紀正

(2004年10月19日 受理)

High Concentration Events of Volcanic Gas at Sakurajima in 2001

SAKAMOTO Masaya and KINOSHITA Kisei

Physics Department, Faculty of Education, Kagoshima University

要約

2001年1月～2002年3月の桜島噴煙火山ガス放出活動において、有村・黒神両局でSO₂ガス濃度が環境基準を超える、いわゆる高濃度事象が計622時間検出された。また、2001年1月～8月、赤水局ではSO₂ガスの高濃度事象が計102時間検出された。2001年4月～2002年3月、鴨池局・鹿児島市役所局では計5時間検出された。本論文ではこれらの高濃度SO₂ガスに関して特徴的な事象を取り上げ、気象条件との関連性について考察し、桜島の山麓においてSO₂ガスの高濃度事象は強風下で生じることが多いことを検証した。

キーワード：環境基準，SO₂ガス濃度，高濃度事象，ハザードマップ。

1. はじめに

南九州には活火山である桜島（図1）が存在し、その噴火・噴煙活動が落ち着いているといわれている現在でも、SO₂ガスをはじめとする火山ガスや噴煙は地域住民の生活等に大きな影響を与えている。また日本全国をみても、浅間山・三宅島・有珠山・雲仙普賢岳の例を引くまでもなく、火山災害が毎年のように生じ、多くの人的・物的被害をもたらしている。

それゆえ火山の噴煙活動とそれに伴う火山ガス放出についての防災的な研究は急務であろう。

これまで火山の噴煙活動にともなう火山ガス高濃度事象に関する研究は噴煙映像観測とそれに基



図1 桜島噴煙。桜島西方4km地点鹿児島玉龍高等学校4Fから撮影。
(2004.4.12 6:30am)

づく研究を木下 (1992)¹⁾, 木下ら (1994)²⁾, 木下ら (1998)³⁾ をはじめとする多くの研究者によって、詳細な検証がおこなわれている。

本論文では、桜島の火山活動についてSO₂ガス濃度が、「1時間値の1日平均値が0.04ppm以下であり、かつ1時間値が0.1ppm以下であること」と定められている環境基準を超える場合（以下、高濃度事象）について、同日の天気図・風速・風向等も含めて総合的に考察することとした。

また各自治体は火山活動・火山ガス・噴煙活動等についてハザードマップを作成し、地域住民等へ火山ガスや噴煙災害の情報を公開し火山活動の変化に備えているが、本研究ではその情報に記載されていないケースである、強風下におけるSO₂ガスの高濃度事象が観測できたため、それもあわせて報告する。

2. データについて

今回のデータ測定点を図2に示す。解析は赤水、桜島町役場（2004年11月から鹿児島市桜島支所）、喜入、鹿屋各局は鹿児島県環境生活部の測定データを、黒神、有村、谷山、鴨池、鹿児島市役所各局は鹿児島市環境保全課の環境大気測定局観測点の測定データを用いた。データの測定方法は鹿児島県と鹿児島市の4測定局（谷山・有村・黒神・鴨池局）では溶液導電率法による測定を、市役所局では1998年2月に紫外線蛍光法の乾式測定法にかわって測定をおこなっており、ppb(0.1ppm=100ppb)の単位で測定をしている。

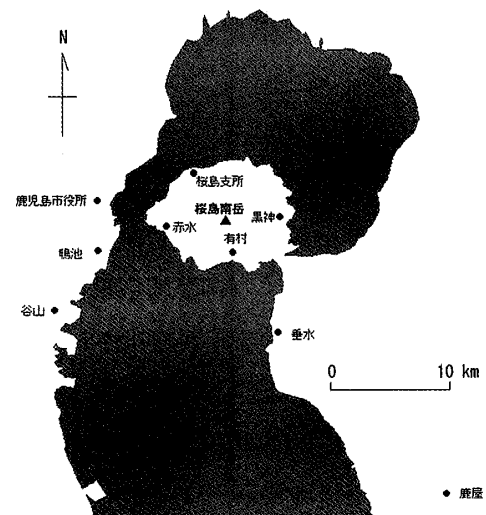


図2 各観測点の位置。

SO₂の環境基準は、短期的評価では「1時間値の1日平均値が0.04ppm以下であり、かつ、1時間値が0.10ppm以下であること」となっている。長期的評価では「1日平均値の測定値につき、測定値の高いほうから2%の範囲内にあるものを除外した値が0.04ppm以下であり、かつ一日平均値0.04ppmを超える日が2日以上連続しないこと」となっている。解析にあたり、本論文では環境基準に基づきSO₂の濃度値が100ppbを超える場合、これを高濃度事象とした。

風速・風向については鹿児島地方気象台の925hPa観測データを用いた。測定時間は3時、9時、15時、21時の4回である。風向WD(°)と、風速WS(m/s)を用いて解析した。風向WD(°)は北風を0°として時計回りに何度の方角から風が吹いてくるか表現してあり、例えば270°は西風となる。桜島上空の噴煙は、大きな爆発のときなどは3000~4000mも噴煙が上がるが、今回解析する2001年ではそれほど大きな爆発はなく、専ら925hPaの風データを使用した。指定気圧面925hPaは海拔約850m程度に相当する。

火山ガスは噴煙と挙動を共にすると考えられるので¹⁻³⁾、高濃度事象時のビデオやwebカメラによる噴煙映像も出来るだけ参照した。

3. 有村局の高濃度事象について

有村局・黒神局の2001年1月～2002年3月の高濃度事象月別時間数を図3に示す。有村・黒神両局で環境基準値を超える火山ガスの高濃度事象が15ヶ月間で合計622時間あった。特に有村局では2001年1月に142時間、11月に83時間、12月に70時間、翌年1月に55時間、2月に46時間と秋から冬にかけて頻発している。また、2001年1月には鹿屋局でも5時間観測されている。桜島の活動が一定であるとするならば、当然のことながら高濃度事象は風向に大きく左右される。季節風の影

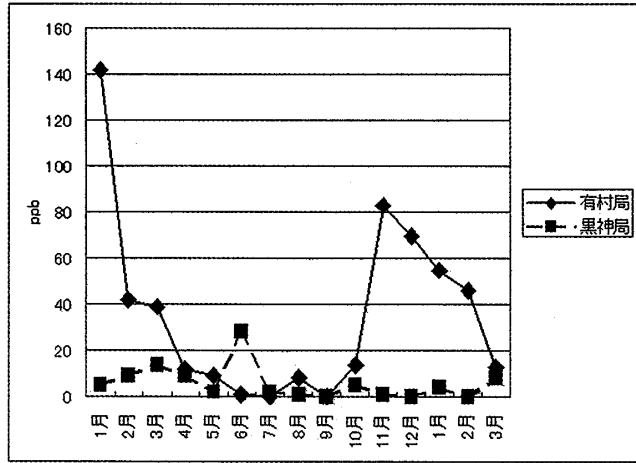


図3 有村・黒神両局における100ppb以上の各高濃度事象月別時間数。(2001年1月1日～2002年3月31日)

響により風向が有村局を向く秋から冬にかけて高濃度事象が非常に数多く観察される。

中でも高濃度事象が多かった2001年1月のSO₂濃度値変化は図4のようになった。大きなピークがいくつもあるが、ここでは12日前後、19日前後、そして28日前後に注目してみる。この3日間の

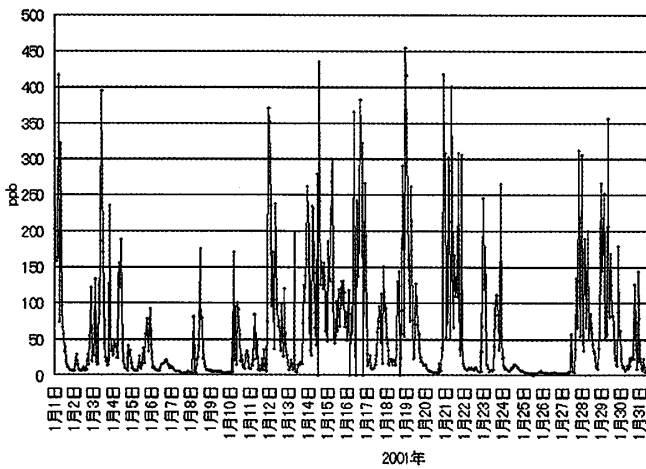


図4 2001年1月の有村局におけるSO₂濃度1時間値。

天気図を図5、925hPaにおける風向と風速を図6、図7に示す。これらの図から有村地区で高濃度事象が生じる場合の風向は300°～350°であり、風速は925hPaを示す高度でほぼ10m/secを超えていることがわかる。また天気は西高東低の冬型であり、これは木下ら(1998)³⁾が指摘した点と整合する。特に28日前後は九州の東側に大きな低気圧があり、この低気圧の影響で強い北風が吹いている際に高濃度事象が生じている。

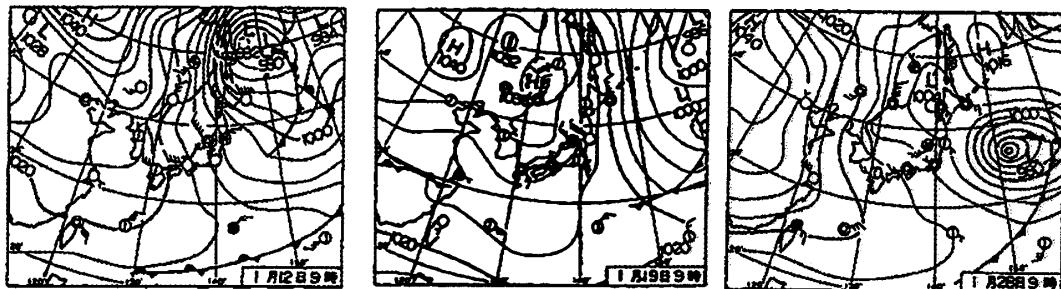


図5 2001年1月12日、19日、28日の天気図⁴⁾。

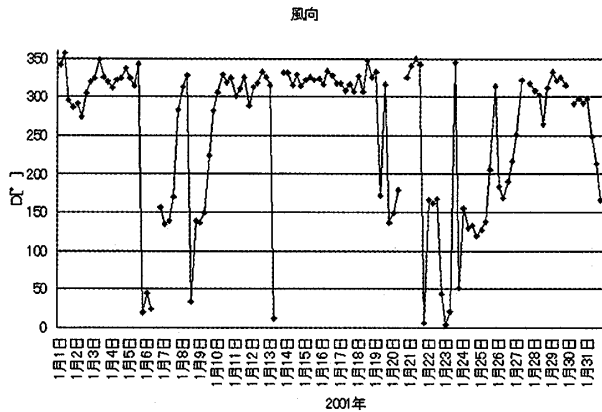


図6 2001年1月鹿児島地方気象台上空925hPaの風向。観測は各3時, 9時, 15時, 21時に実施。6日15時, 13日15時, 20日15時, 27日15時, 20日3時は欠測。

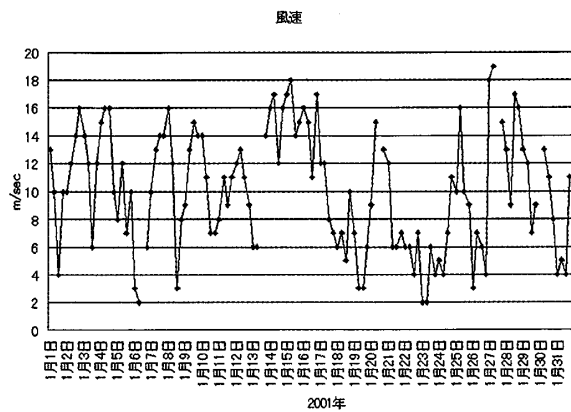


図7 図6に対応する風速。

解析した期間のデータで全観測局中最も高い数値を示したのは12月25日から26日にかけて有村局で連続的に発生した高濃度事象中に記録された26日1時の1120ppbである(図8)。この高濃度事象時の風速は事象発生時の測定値がないが、25日21時に30m/sec, 26日3時に15m/secと前後から非常に強い風速であったことが推定できる(図9)。また事象発生時の風向は350°程度であったことが推定できる(図10)。この前後の天気図を見てみると(図11), 西高東低の気圧配置であるが、低気圧が太平洋側にあり、この影響で鹿児島地方は強い北風が吹いていたことがわかる。

有村局での高濃度事象は、多くの場合西高東低という冬型の気圧配置時で、強い北西風から北東風の幅内で発生する傾向が強い。

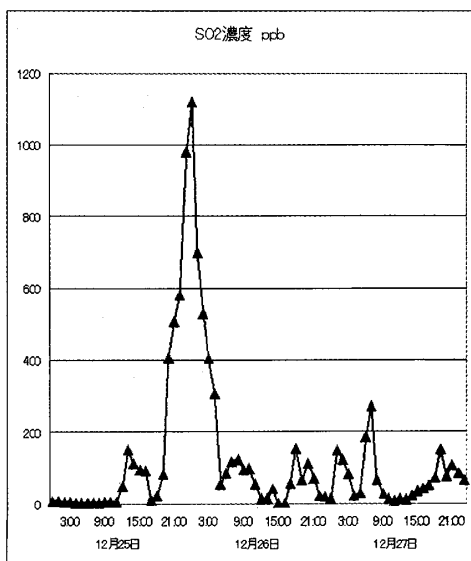


図8 2001年12月25日0時~27日24時までのSO₂濃度1時間値。12月26日16時, 17時は欠測。

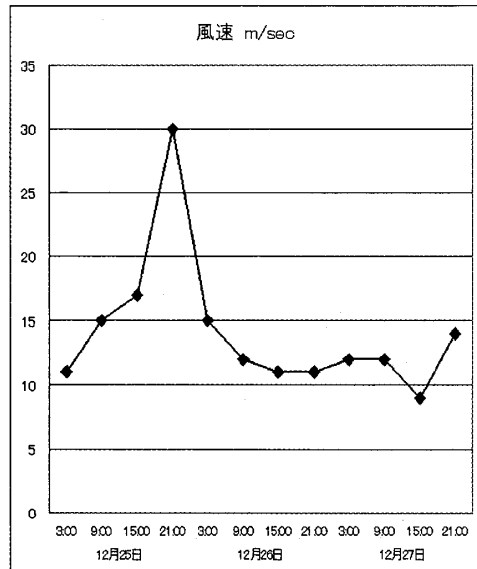


図9 2001年12月25日3時~27日21時までの925hPaにおける風速。6時間ごとに測定。

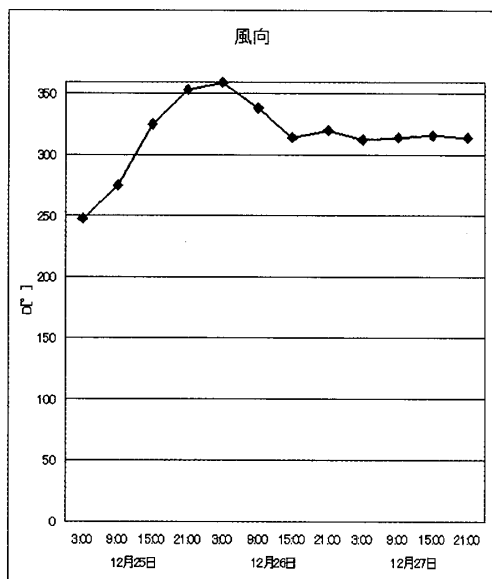


図10 図9に対応する風向.

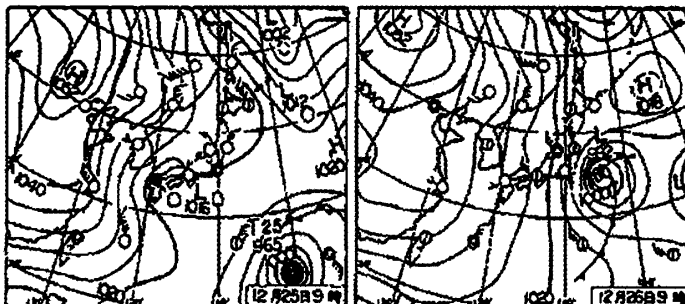


図11 2001年12月25日, 26日の天気図⁵⁾.

4. 黒神局での高濃度事象について

黒神局の高濃度事象は図3に示したように2001年1月～翌年3月に合計88時間発生している。特に'01年3月に14時間, 同6月に28時間発生している。

この中で特に高濃度事象を示した6月29日～30日の事例について検討する。この2日間のSO₂濃度値変化(図12), 風速(図13), 風向(図14), そして全国の天気図(図15)を示す。

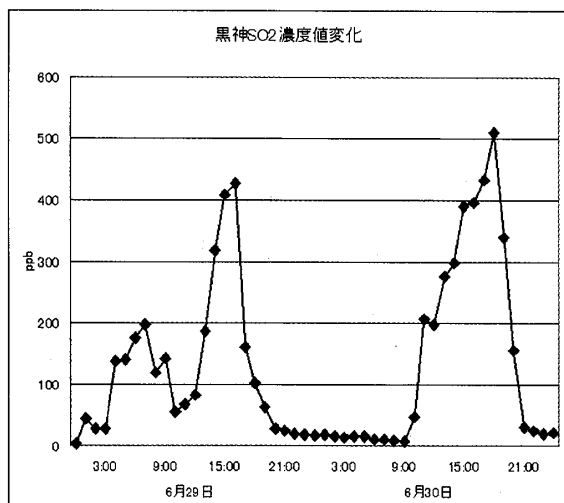


図12 2001年6月29日0時～30日24時までの黒神局におけるSO₂濃度1時間値.

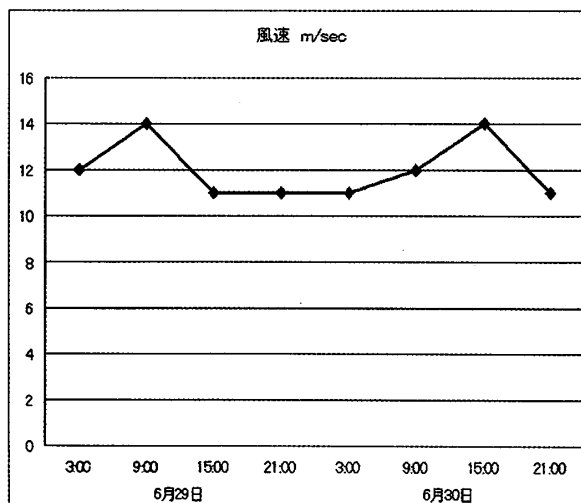


図13 2001年6月29日3時～30日21時までの925hPaにおける風速. 6時間ごとに測定.

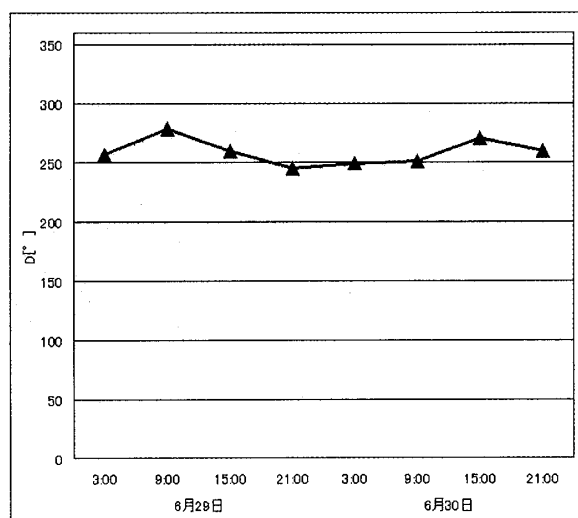
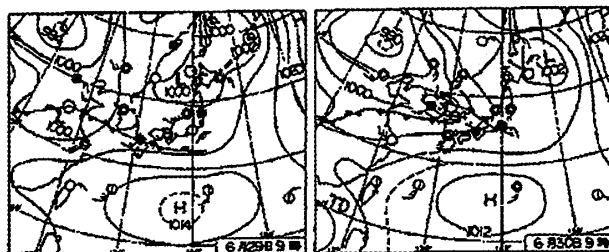


図14 図13に対応する風向.

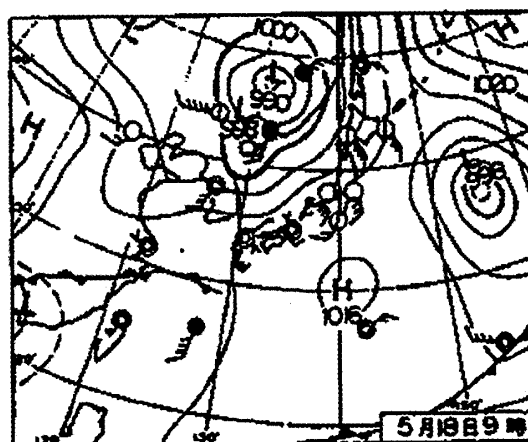
図15 2001年6月29日30日の天気図⁶⁾.

黒神局での高濃度事象は主として6月に発生しており、最も高い数値を示したのは6月30日18時の510ppbである。この高濃度事象は、九州北部を低気圧が通過し、西風から南西風に変化する中で生じた。風速はいずれも10m/secを常に越えており、非常に強風下で生じている。黒神で高濃度事象が生じる際には気圧配置が南高北低である場合が多く、九州北部を低気圧が通過する際に吹く強風下で発生するケースが多い。今回の事例では最も高濃度であった時刻に近い15時に最大風速15 m/secを記録している。低気圧の通過による高濃度事象であるため、有村のように継続的に高濃度事象が続くことは少ないが、山頂からの吹きつけにより、短時間に非常に大きな数値を示す可能性がある。

5. 桜島町役場局・赤水局での高濃度事象について

2001年には、旧桜島町役場（現桜島支所）局では100ppbを超える高濃度事象が2回観測されている。これは5月18日18時と19時に連続して261ppb, 229ppbという濃度であった。この日9時の天気図を図16に示す。18日15時の風速は8 m/sec, 21時の風速は5 m/secと比較的弱い風であり、風向は130°前後である。

これに対して島のほぼ西側に位置する赤水局では1月～8月間に計102回の高濃度事象を検出した。本論文ではこの高濃度事象の中でもっとも特徴的なものを述べたい。5月21日～22日にかけて赤水局で

図16 2001年5月18日の天気図⁷⁾.

は図17に示すような高濃度事象が発生した。この最高値は748ppbであった。そしてこの前後はまったく高濃度事象が発生していない。この時の風速を図18に、風向を図19に、そして天気図を図20に示す。

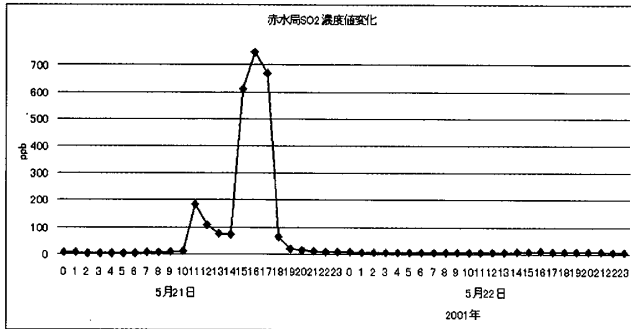


図17 2001年5月21日～22日までの赤水局 SO₂濃度 1時間値.

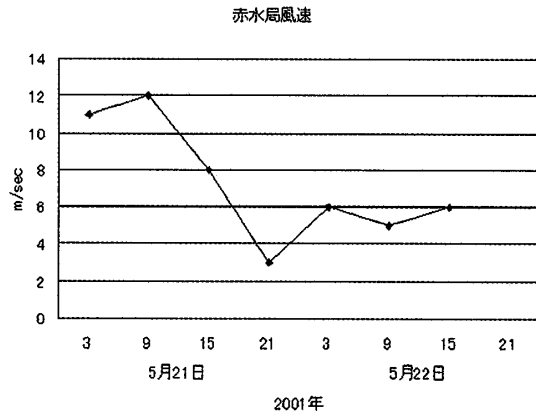


図18 2001年5月21日～22日までの鹿児島地方気象台上空925hPaの風速. 6時間ごとに測定.

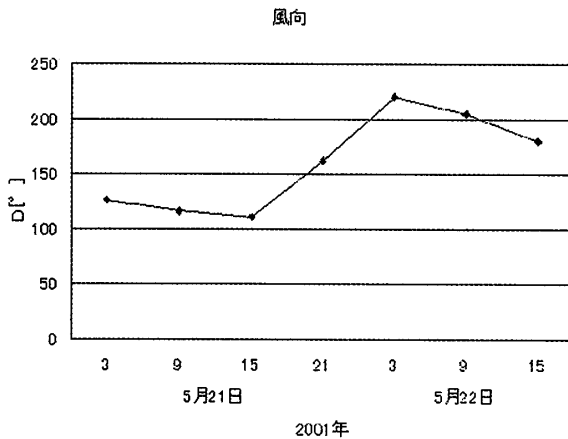


図19 図18に対応する風向.

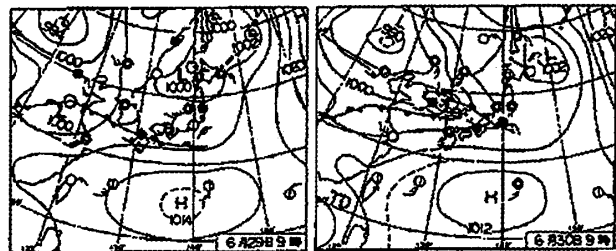


図20 2001年5月21日～22日の天気図⁷⁾.

この現象は図20から見てもわかるように前線を伴った低気圧が鹿児島の南の海上を西から東に移動する際に発生する、いわば南低北高の気圧配置時に生じる現象であると理解できる。それゆえ南の海上を低気圧が移動する際に発生する高濃度事象を注意すべきであろう。

6. 谷山局・鴨池局・市役所局での高濃度事象について

2001年は、鹿児島市内の谷山・鴨池・市役所の3観測局では400ppbを超える高濃度事象は見られなかった。また谷山局では100ppbを超える高濃度事象も見られなかった。しかし図21に示すように市役所局での11月20日17時の361ppbは、桜島からの距離を考慮すると非常に高濃度である。これには継続的な注意が必要である。この時の風速・風向を表1に、天気図を図22に示す。

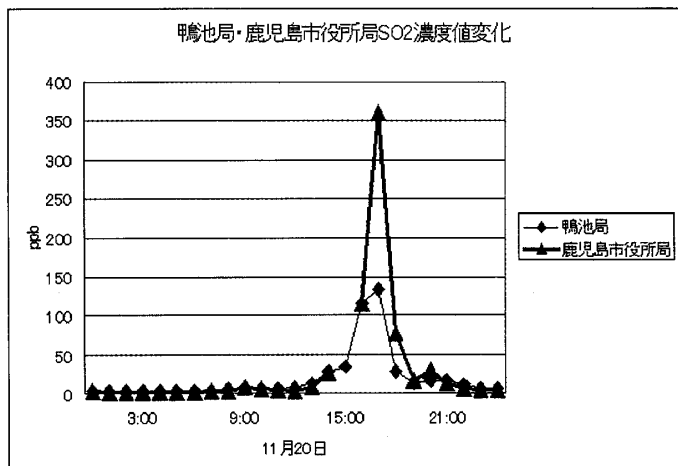


図21 2001年11月20日0時～24時までの鴨池局・鹿児島市役所局のSO₂濃度1時間値.

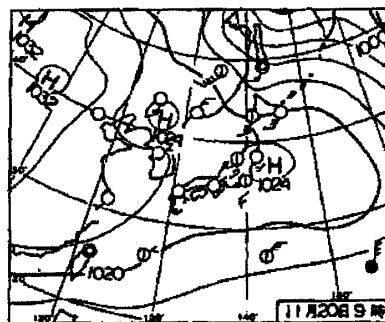


図22 2001年11月20日の天気図⁸⁾

表1 2001年11月20日の925hPaにおける風速・風向.

時間	風速[m/sec]	風向[°]
3:00	2	119
9:00	1	13
15:00	2	338
21:00	2	117

この現象は木下 (1996)⁹⁾, 木下ら (1999)¹⁰⁾にあるように, 対流混合によるものだと考えられる。吹き降ろしによる高濃度事象は図23のようになるが, 図24に示したように噴煙が水平に移動中に桜島島内や鹿児島市上空であたためられた空気が対流となって上下動することによってこの高濃度事象が生じた。鹿児島市上空に弱い風によって幅広く運ばれてきた高濃度のSO₂ガスが対流によって降下し, 鹿児島市役所局と鴨池局に高濃度事象を生じさせたと考えられる。この事象は比較的弱い風でも生じるため, 好天の午後などに注意が必要である。

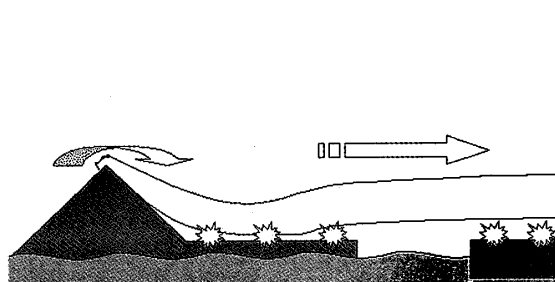


図23 噴煙の吹き降ろし.

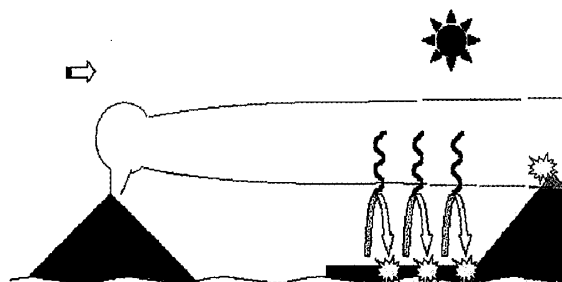


図24 噴煙の移流と鉛直方向の対流混合.

7. 火山ガス高濃度事象とハザードマップについて

活火山を抱える各自治体が火山のハザードマップで次のように火山ガスについて地域住民等に説明していることが多い¹¹⁾。

「くぼ地や低地, 谷筋などガスがたまったり集まりやすい地形や風が弱くガスがよどみやすい気象条件のとき, ガス中毒事故が発生しやすいので特に注意が必要である。」

「風の弱い日はガスがたまり, 濃くなりやすい。」

しかしSO₂ガスの高濃度事象は, 今回の2001年桜島噴煙活動観測結果から判断すると, 特定の地

形条件や弱風下のみで発生するとは考えられない。むしろ風速が10m/secを超える場合にこそ高濃度事象が生じている。そこで特に以下の3点をここで述べておきたい。

- (1) 有村局でSO₂ガス濃度が最も高濃度であった12月26日1時前後の1120ppbは、風速15m/sec～30m/secという非常な強風下で発生し、強風時の高濃度事象が環境基準を大きく上回った事例である。三宅島の例を引くまでもなく、火山ガス濃度には常に大きな注意が必要であり、強風時の高濃度事象に対する行政による対応が急務である。
- (2) 有村局では、強風時の高濃度事象として特に11月～2月にかけて注意が必要である。これは強風下の高濃度事象は季節風や気圧配置と相関関係があるためである。有村局では西高東低の気圧配置の時に高濃度事象が発生しやすく、黒神局では6月などの南高北低の場合に高濃度事象が発生しやすい。このことは木下ら¹²⁾¹³⁾が解析した高濃度事象と非常によく調和し、最大限の注意が必要である。
- (3) 鹿児島市は2004年の市町村合併を機に桜島の噴煙・火山ガスについて地域住民への情報提供を強化し、火山ガス対策を含めた火山防災地図（ハザードマップ）を作成すべきである。火山ガスの高濃度事象は火山活動の状態と風向・風速等の気象条件とに大きく影響されるため、単にハザードマップ等で情報を提供するだけでなく、地域住民や観光客等へリアルタイムで情報を提供する方法を考えるべきである。

8. まとめ

2001年の桜島の火山ガス解析結果から次のような点がわかった。

- (1) 2001年、環境基準を超えるSO₂ガスの高濃度事象は桜島の周囲で観測される。特に有村局・黒神局に多く観測され、15ヶ月間であわせて622時間というものであった。鹿屋局でも5時間観測できた。また赤水局では2001年1月～8月で102時間観測され、2001年4月～2002年3月に鹿児島市役所局では5時間観測された。これらは桜島の噴煙活動が安定している現在としては非常に多い高濃度事象の時間数であり、今後継続的な警戒が特に必要である。
- (2) SO₂ガスの高濃度事象は強風下で発生しており、その時の気圧配置・季節風等と密接に関係がある。このことから強風下での高濃度事象に関するより一層の防災、特に地域住民や観光客等へリアルタイムで情報を提供する方法を考えるべきである。
- (3) 桜島をはじめ、現在活動中の火山には噴煙・火山ガス活動に関するハザードマップ作成が急務である。特に今までまったくというほど触れられていなかった強風下の高濃度事象を十分考慮に入れ、また桜島の周囲ではどこでも高濃度事象が発生する可能性のあることを示したハザードマップを作成し、それをもとにした防災計画・地域住民等への広報・教育等を強化すべきである。

謝辞：環境大気の貴重なデータを提供していただいた鹿児島県環境生活部環境管理課と鹿児島市環境保全課の関係各位，ならびにご協力をいただいた金柿主税氏（熊本県天草郡御所浦北中学校）と飯野直子氏（鹿児島大学工学部）に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 木下紀正：火山噴煙の観測と解析，気象利用研究，5，51，1992。
- 2) 木下紀正・今村和樹・金柿主税：桜島山麓における二酸化硫黄高濃度時の風系，第13回風工学シンポジウム論文集，79，1994。
- 3) 木下紀正・池辺伸一郎・金柿主税・直江寛明・今村和樹：高濃度火山ガスの動態と気象条件，自然災害科学研究所西部地区部会報・論文集第22号，1998。
- 4) 坂井一樹：天気日記，No542，気象，45号，pp.17110-17111，2001。
- 5) 坂井一樹：天気日記，No553，気象，46号，pp.17638-17639，2002。
- 6) 坂井一樹：天気日記，No547，気象，45号，pp.17350-17351，2001。
- 7) 坂井一樹：天気日記，No546，気象，45号，pp.17302-17303，2001。
- 8) 坂井一樹：天気日記，No552，気象，46号，pp.17590-17591，2002。
- 9) 木下紀正：火山噴煙の上昇と移流・拡散，可視化情報，vol16，No.63，pp230-235，1996。
- 10) 木下紀正・西之園雅靖・瓜生洋一朗・金柿主税：桜島火山周辺におけるエアロゾルと火山ガスの高濃度事象の解析，鹿児島大学教育学部研究紀要，自然科学編，50，11，1999。
- 11) 例えば
羽根田治：火山ガスの特性と対応策を知る，山と溪谷，1997-11，pp.145-147，
藤原泉：火山ガスの警鐘，岳人，1997-11，pp.92-96。
- 12) 木下紀正・小山田恵，日高耕一：桜島噴煙の2点観測と火山ガス高濃度事象の解析，鹿児島大学教育学部研究紀要，自然科学編，51，37，2000
- 13) 木下紀正・金柿主税・今村和樹：桜島における火山ガス降下の気象条件，日本気象学会1994年秋季大会予稿集，p231，1994。