

【事例報告】

桜島火山爆発的噴火の高気圧酸素治療への影響

盛本 真司¹⁾ 米満 幸一郎¹⁾ 小村 寛¹⁾ 川田 慎一¹⁾ 改元 敏行¹⁾ 森岡 奈津子²⁾
 有村 敏明³⁾ 山口 俊一郎³⁾ 濱崎 順一郎³⁾ 上野 剛³⁾
 鹿児島市医師会病院 高気圧酸素治療室¹⁾
 〃 看護部²⁾
 〃 麻酔科³⁾

桜島は、鹿児島湾を隔てて鹿児島市内からわずか4kmの距離に位置する活火山である。2009年4月9日15時31分、桜島が爆発的噴火をし、市内は大量の火山灰に見舞われた。当院で高気圧酸素治療（HBOT）を開始した2003年6月以降で最大の爆発的噴火であった。火山灰および火山ガスに含まれる高温型のSO₂ガスがHBOT機器および患者へ及ぼす影響を検討するために、火山灰の機器への流入を防止する外気取り入れフィルタの性能検証と当院所在地区におけるSO₂ガス濃度を調査した。外気取り入れフィルタの捕集効率は粒径6μmで100%の仕様となっており、粒径6μmの火山灰はすべて捕集される。したがって鹿児島市内に降灰する火山灰（粒径約5μm～500μm）の機械室内への流入をほぼ防ぐことができた。鹿児島市環境保全課提供のデータによると、当院所在地区におけるSO₂濃度は、1時間値で16時0.004ppm、17時0.025ppm、18時0.006ppmであり、1時間値の1日平均値は0.005ppmであった。環境基準である「1時間値0.1ppm以下」かつ「1時間値の1日平均値0.04ppm以下」を満たしており、HBOT患者への影響はなかった。

キーワード 地域特性, 火山灰, 火山ガス, 二酸化硫黄

【Case report】

The effect of Sakurajima volcano's explosive eruption on Hyperbaric Oxygen Therapy

Shinji Morimoto¹⁾, Kouichirou Yonemitsu¹⁾, Hiroshi Komura¹⁾, Shinichi Kawada¹⁾, Toshiyuki Kaimoto¹⁾, Natsuko Morioka²⁾, Toshiaki Arimura³⁾, Shunichirou Yamaguchi³⁾, Junichirou Hamasaki³⁾, Tsuyoshi Ueno³⁾

1) Hyperbaric Oxygen Therapy Unit Kagoshima medical association hospital

2) Nursing Administration Kagoshima medical association hospital

3) Department of Anesthesiology Kagoshima medical association hospital

Abstract

Sakurajima is an active volcano located only 4 km from Kagoshima City across Kagoshima Bay in South-Western Japan. The eruption of the volcano at 15:31 on 9th April 2009, the largest since June 2003 produced a very large amount of ash fall. Hyperbaric Oxygen Therapy (HBOT) treatment was just underway at that time in our hospital in Kagoshima City. To determine the effect of the eruption on HBOT equipment and patients, we examined the performance of the air filter attached to the fresh-air intake and the concentration of sulfur dioxide (SO₂) in the area surrounding the hospital. According to the filter specifications, all particles of size 6 μm will be blocked by the filter. As the size of the fallout from the volcano is reported to be from 5 to 500 μm, the filter is estimated to be effective in preventing the intake of volcanic ash. The concentrations of SO₂ in the hospital area were 0.004 ppm at 16:00, 0.025 ppm at 17:00 and 0.006 ppm at 18:00. The mean value for the day was 0.005 ppm. These values were all within allowable levels. We conclude there were no adverse effects of the eruption on HBOT equipment or patients.

keywords regional characteristics, volcanic ash, volcanic gas, sulfur dioxide

はじめに

桜島は大都市（鹿児島市人口603,216人 2009年4月1日現在）で断続的に噴火を繰り返す活火山として世界的に知られており、現在活動中の火口は南岳火口と南岳の東側山腹にある昭和火口である。2009年4月9日15時31分、昭和火口が爆発。噴煙が火口縁上4,000mを超えて南西方向に流れ、火砕流が昭和火口の東側約1kmの範囲に流下した。また、桜島島内では火山灰に混じって直径1cm程度の小さな噴石（火山れき）が確認された。噴煙量多量で2000年10月以来9年ぶり、当院で第2種治療装置（kawasaki KHO-300S-1）による高気圧酸素治療（HBOT）を開始した2003年6月以降で最大の爆発的噴火であった¹⁾。この噴火に伴い鹿児島市内は大量の火山灰と刺激臭に覆われ（図1）、HBOT管理医の指示の下、その日予定されていた以後の治療1運転を中止した。我々は、今回の桜島爆発的噴火がHBOTへ及ぼす影響について検討したので報告する。

方法

今回の爆発的噴火（中規模噴火）のHBOTへの影響として、火山噴出物である①火山灰がHBOT機器に及ぼす影響と②火山ガスが人体へ及ぼす影響が挙げられる。当院では第2種治療装置を用いてHBOTを行っており、プレフィルタとして日本バイリーン社製のフィレドンエアフィルタ（PS/400）、メインフィルタとして日本バイリーン社製の中高性能フィルタであるEcoalpha（VX-95M-56F）の二段構えで外気をHBOT機械室に取り入れている（図2）。そこで、外気取り入れフィルタの性能を検証し、火山灰の機器室への流入を評価することで機器へ及ぼす影響を検討した。また、人体に影響を及ぼす主な火山ガ

スには、硫化水素（H₂S）、二酸化硫黄（SO₂）、二酸化炭素（CO₂）であり、このうち噴火時に問題となるのは噴火で放出される高温型火山ガスであるSO₂である²⁾。そこで、当院所在地区への噴火口から放出された高温型火山ガスのSO₂濃度を調査し、人体への影響を評価した。

結果

①火山灰が機器へ及ぼす影響

フィルタ性能の検証：プレフィルタであるフィレドンエアフィルタ（PS/400）の平均捕集効率は米国冷房空

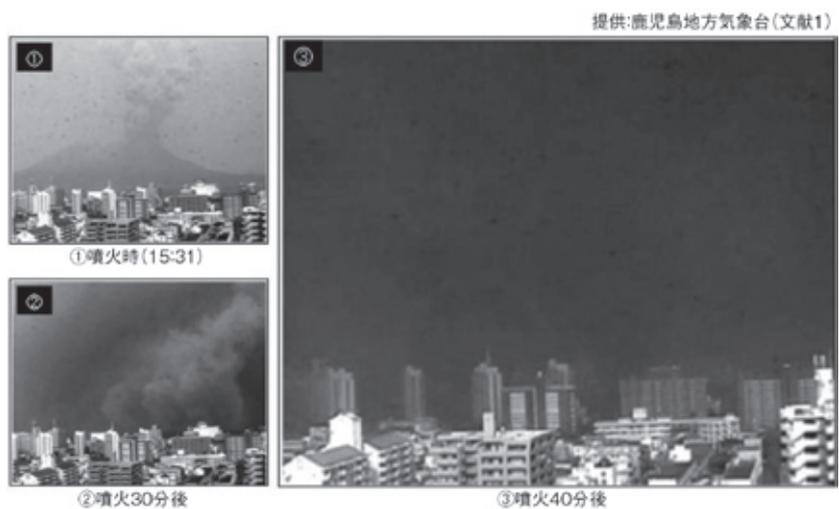


図1 桜島の爆発的噴火

2009年4月9日 15時31分爆発的噴火後、鹿児島市内に噴煙、火山灰が押し寄せる様子。①噴火時、②噴火30分後、③噴火40分後

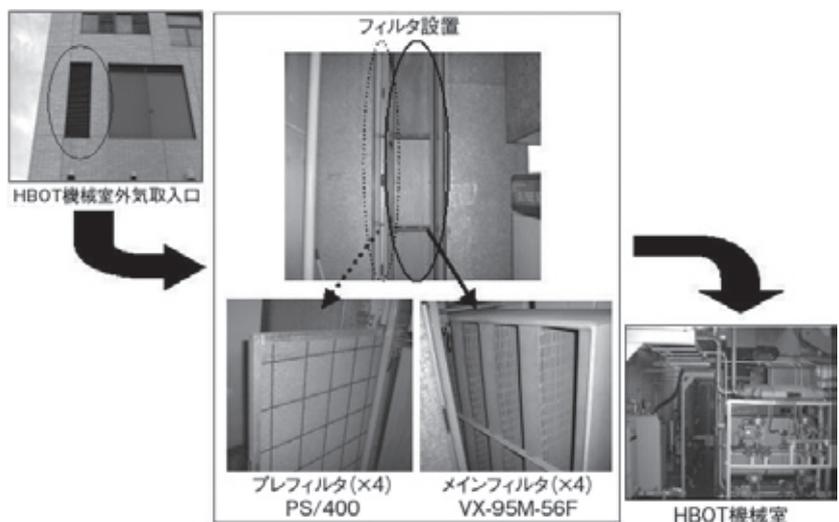


図2 外気取り入れの流れ

外気をプレフィルタとして日本バイリーン社製PS/400、メインフィルタとしてVX-95M-56Fの中高性能フィルタを通しHBOT機械室に取り入れている。

調技術会の試験法であるASHRAE規格の質量法で76%であり、目視可能な粗大粒子(粒径10 μm ~20 μm 以上)の大半が捕集される。また、メインフィルタであるEcoalpha (VX-95M-56F)のJIS比色法による捕集効率は95%以上であり、粒径別捕集効率は粒径1 μm で88%、粒径6 μm で100%の仕様となっており、粒径6 μm の火山灰はすべて捕集される(図3)。火口から遠ざかるにつれテラフ(火山灰)の厚さが指数関数的に薄くなる傾向にある³⁾。火口から数kmの近距離に位置する鹿児島市街地に降灰する火山灰の粒径は5 μm ~500 μm の大きさで(図4)、火山灰のHBOT機械室への流入をほぼ防ぐことができた。また、メインフィルタの濾材全体に超撥水性の繊維を含有しているため、火山灰に付着した水溶性のSO₂ガスおよび海塩粒子の下流側への移行がないことが判明した。

②火山ガスが人体へ及ぼす影響

鹿児島市では、鹿児島市環境保全課が桜島島内や鹿児島市内の8つの観測局において、SO₂濃度、浮遊粒子状物質(SPM: Suspended Particulate Matter)、風向き、風速を1時間毎に測定している。鹿児島市環境保全課提供のデータによると、当院所在(鴨池)地区におけるSO₂濃度は、1時間値で噴火前の15時では0.005ppm、噴火後の16時0.004ppm、17時0.025ppm、18時0.006ppmであり、1時間値の1日平均

値は0.005ppmであった(図5)。環境省から告示されている環境基準の「1時間値0.1ppm以下」かつ「1時間値の1日平均値0.04ppm以下」を満たしていた。

考察

気象庁から発表されている日本国土における85の活火山のうち噴火口から数km以内に大都市が位置し、HBOT施設が存在するのは鹿児島市の桜島だけである。また、海外も含め我々が検索した限りでは、同様な条件のHBOT施設は探し得なかった。従って鹿児島市のHBOT施設は活火山の影響を受ける地域特性を有しているといえる。

桜島の大規模噴火(1914年の大正噴火、1946年の昭和噴火など)で生じる被害は、噴石、火砕流、溶岩流、降灰、土石流、洪水、地震、岩なだれ、津波、浸水、火山ガス等である⁴⁾。このうち、今回の爆発的噴火のHBOTへの直接的な影響として、前述した火山噴出物である「火山灰がHBOT機器へ及ぼす影響」と「火山ガスが人体へ及ぼす影響」が挙げられた。火山灰が機器へ及ぼす具体的影響として、火山灰が機械を摩耗させる、金属を腐蝕させる、湿った火山灰が電気回路を短絡させるなどが考えられたが、フィルタの性能検証により火山灰のHBOT機械室への流入が防げ、機器への影響はほぼないことが判明した。問題点としては、火山灰によりフィルタの目詰まりが早まり、フィルタの寿命が短縮し経費増加に繋がるということが挙げられる。また、当院所在地区のSO₂濃度は環境基準「1時間値0.1ppm以下」かつ「1時間値の1日平均値0.04ppm以下」を満たしており、明らかな火山ガスの人体への影響はみられなかった。高温型火山ガスであるSO₂の場合に最も警戒すべきことは、強風によ

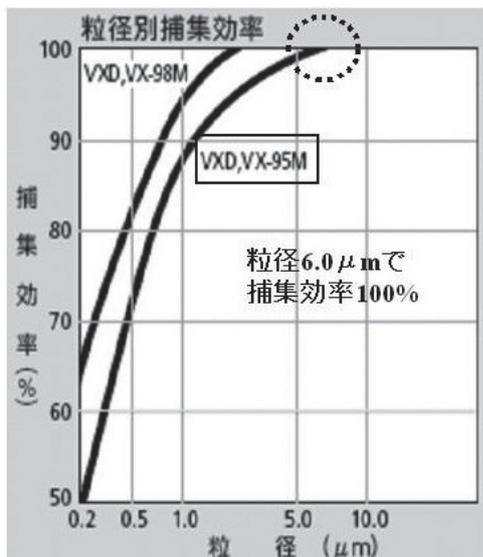


図3 メインフィルタ性能

日本バイリーン社製VX-95M-56Fは、粒径6.0 μm で捕集効率100%を示す。



図4 2009年4月9日、当院玄関口で採取した火山灰

る吹きつけ・吹き下ろしによるSO₂濃度が環境基準を超える高濃度事象発生である⁵⁾。今回、当院所在地区へは東南東の風、風速1.7m/sの弱風であり高濃度事象はみられなかった。当院では、北川式真空法ガス採取器 (AP-20) とSO₂ 検知限度0.1ppmの北川式SO₂ 検知管 (103SA) およびH₂S検知限度0.05ppmの北川式H₂S検知管 (120U) を常備し、桜島爆発的噴火時における高気圧酸素治療室のSO₂ 濃度およびH₂S濃度をリアルタイムで独自に測定すべく対応している。

結語

当院でHBOTを開始後、最大の桜島爆発的噴火を今回経験し、火山噴出物である火山灰と火山ガスによるHBOTへの影響を検討した。火山灰は中高性能フィルタによりほぼ捕集でき機器への影響はなかった。また、今回の噴火での病院所在地区におけるSO₂ 濃度は環境基準内であり人体への影響はないと考えられた。しかし、桜島は活発な活動を続けており、今後も噴火の程度、風向き、風速等による火山ガスの高濃

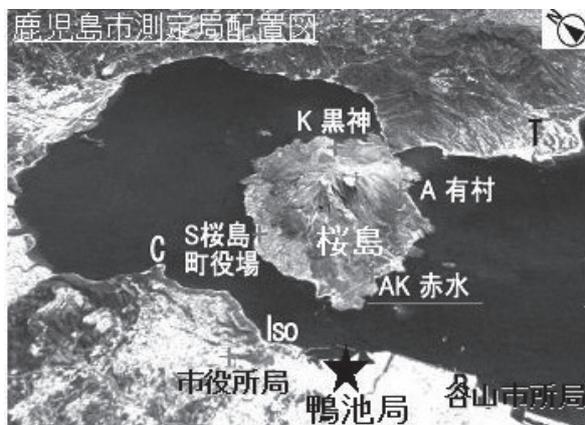
度事象の発生がないか継続して調査することが必要と思われた。

謝辞

桜島爆発的噴火時の写真を提供いただいた鹿児島地方気象台ならびにSO₂ 濃度調査に際し各測定局の情報提供をいただいた鹿児島市環境保全課の方々に深謝いたします。

文 献

- 1) 福岡管区気象台火山監視・情報センター：桜島の火山活動解説資料 (平成21年4月). 2009 ; pp. 1-14.
- 2) 木下紀正：火山ガスの正しい理解を—三宅島噴煙活動をめぐって—. 科学. 2001 ; 71 : 1277-1279.
- 3) 町田洋, 新井房夫：新編 火山灰アトラス—日本列島とその周辺—. 東京 ; 東京大学出版会, 2003 ; pp8-10
- 4) 赤崎義則：桜島火山対策要覧. 鹿児島 ; 鹿児島市防災火山対策課, 1994 ; pp208-212
- 5) 飯野直子：三宅島島内高濃度火山ガスハザードマッピング. 鹿児島県地学会誌 2006 ; 92 : 3-12.



測定局	時刻	SO ₂ ppm	SPM μg/m ³	風向き 16方位	風速 m/s
鴨池局	15:00	0.005	42	北西	0.6
	16:00	0.004	37	東南東	1.5
	17:00	0.025	309	東南東	1.7
	18:00	0.006	425	北	0.7
	19:00	0.005	457	西南西	0.6
市役所局	15:00	0.009	36	南東	1.7
	16:00	0.012	56	南東	2.8
	17:00	0.022	171	南東	3.4
	18:00	0.014	152	南西	1.2
	19:00	0.01	116	西北西	2.1

測定局	時刻	SO ₂ ppm	SPM μg/m ³	風向き 16方位	風速 m/s
桜島支所局	15:00	0.002	32	南東	3.8
	16:00	0.002	20	南東	4
	17:00	0.002	37	南東	4
	18:00	0.002	40	北東	0.5
	19:00	0.002	37	南南東	0.9
1日平均SO ₂ 0.002ppm					
赤水局	15:00	0.002	10	南南東	1.2
	16:00	0.002	33	南東	3.1
	17:00	0.004	153	南	2.3
	18:00	0.003	76	南南東	0.9
	19:00	0.096	171	北北西	0.6
1日平均SO ₂ 0.056ppm					
有村局	20:00	0.31	325	無風	0.3
	21:00	0.462	143	東	1.6
	15:00	0.037	38	東南東	2.2
	16:00	0.035	22	東南東	2.3
	17:00	0.034	31	南南東	1.5
1日平均SO ₂ 0.035ppm					
黒神局	18:00	0.035	24	北東	2.4
	19:00	0.036	22	北東	2.8
	15:00	0.002	29	東南東	3.1
	16:00	0.002	42	東南東	2.6
	17:00	0.002	36	東	2
1日平均SO ₂ 0.002ppm					
谷山支所局	18:00	0.002	28	東北東	2
	19:00	0.002	32	西北西	1
	15:00	0.002	15	南南東	3.7
	16:00	0.003	23	南南東	4.4
	17:00	0.003	48	南南東	3.2
1日平均SO ₂ 0.002ppm					
市役所局	18:00	0.002	35	南	2.4
	19:00	0.002	71	南南東	1.6

SPM: 浮遊粒子状物質

図5 2009年4月9日の各測定局SO₂濃度 (鹿児島市環境保全課提供)