

有珠火山2000年噴火の噴煙観測装置

宝田晋治¹ 西 祐司² 高田 亮³ 松島喜雄³ 風早康平⁴

Shinji TAKARADA, Yuji NISHI, Akira TAKADA, Nobuo MATSUSHIMA and Kohei KAZAHAYA (2001) Volcanic plume monitoring system for the Usu 2000 eruption. Bull. Geol. Surv. Japan. Vol. 52 (4/5), p. 181 - 187, 8 figs.

Abstract : A volcanic plume monitoring system for the Usu 2000 eruption was made in order to get plume images for a long duration. The monitoring system consists of two systems: (1) a real-time monitoring image server system with a remote-control camera and (2) an automatic still-image capturing system taking at 5 minutes intervals. These systems were installed on June 4, 2000 at an observation point at the northwestern part of the Toya Lake, north of the Usu Volcano. All captured volcanic plume still images taken for more than half a year can be seen at the GSJ web site. Variations of volcanic plume conditions were observed from these images.

要 旨

有珠火山2000年噴火の噴煙観測を行うため,長期間野外で映像記録を行うことができる噴煙観測装置を構築した.噴煙観測装置は2つのシステムからなる.1つは,遠隔操作により首振りやズーム可能な高性能カメラと,リアルタイムの噴煙映像を遠隔地のパソコン上で見ることができる画像サーバーからなるシステムである.もう1つは,日中5分おきに自動的に噴煙の静止画像を撮影し,一定時間ごとにインターネット用WWWサーバーに転送するシステムである.2000年6月4日から,この噴煙観測装置を洞爺湖北西のサイロ展望台に設置し,半年以上に渡って噴煙静止画像の撮影を行った.すべての静止画像は,地質調査総合センターのホームページ上で公開されている.これらの画像から,噴煙の長期的な状態変化を知ることができる.

1. はじめに

西南北海道の有珠火山は,西山麓で2000年3月31日13時7分に噴火を開始した(第1図;宝田・羽坂,2000;川辺,2000;川辺ほか,2000).マグマ水蒸気爆発による噴火は西山の西北西1.25kmの地点(N1火口)で始まった.噴煙は消長を繰り返しながら,何度も立ち上がった(高田ほか,2001).比較的大きな噴煙は高度3,200mに達した.噴煙は南西の風によって北東方向に流され,降灰の一部は札幌市内でも確認された(宝田ほか,2001).3月31日に



第1図 西山西山腹で2000年3月31日13時7分から開始したマグマ水蒸気爆発による噴煙.洞爺湖北西のサイロ展望台から13時19分撮影.

Fig. 1 The first volcanic plume of phreatomagmatic eruption at the western slope of the Nishiyama Volcano starting at 13:07 on March 31, 2000. Taken at 13:19 from the Sairo Observation Point at the northwestern part of the Toya Lake.

は,N1火口周辺にいくつかの火口(N2,N3火口)が形成された.4月1日にも西山西地域で噴火が続き,西山の西側山麓や虻田町と洞爺湖温泉を結ぶ国道230号線付近で多数の新火口が形成された.また,この日には,洞爺湖温泉街南にある金比羅山の北西山麓でも噴火が始まった

¹ 北海道地質調査連携研究体 (Hokkaido Branch, GSJ)

² 地圏資源環境研究部門

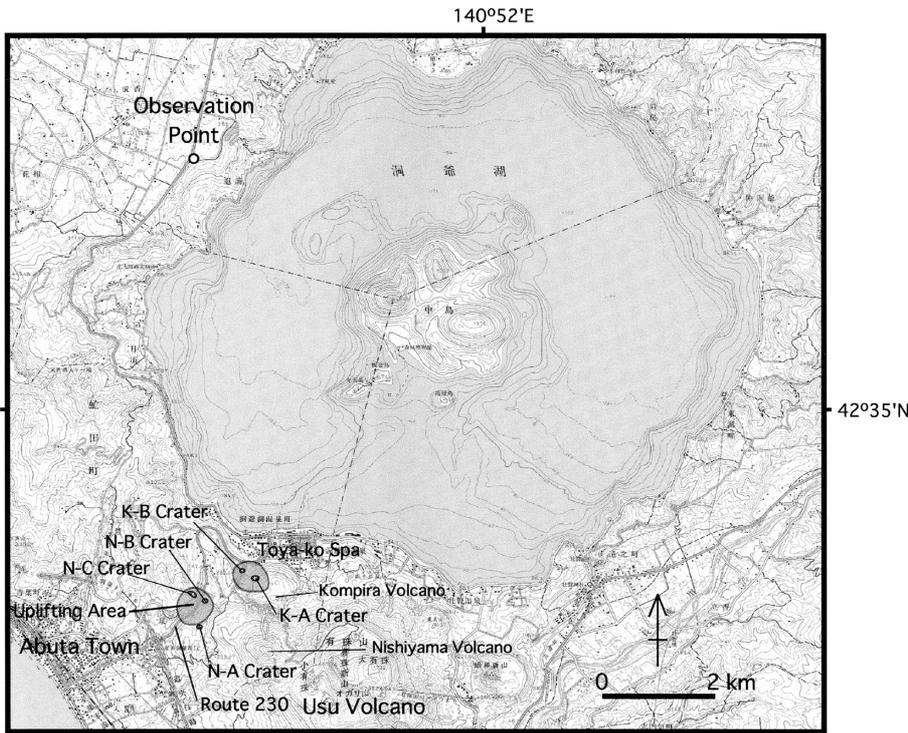
(Institute for Geo-Resources and Environment, GSJ)

³ 地球科学情報研究部門 (Institute of Geoscience, GSJ)

⁴ 深部地質環境研究センター

(Research Center for Deep Geological Environments, GSJ)

Keywords : Usu Volcano, Usu 2000 eruption, volcanic plume, monitoring system, remote control



第2図 洞爺湖北西のサイロ展望台にある観測地点。K-A, K-B火口は金比羅山北西の活発な火口。N-A, N-B, N-C火口は西山西の活発な火口。地形図は、国土地理院発行の25,000分の1地形図「有珠火山とその周辺」(平成12年3月調整)を使用した。

Fig. 2 The observation point at the northwestern part of the Toya Lake. The K-A and K-B Craters, near the Toya-ko Spa area, are active craters at the northwestern foot of the Kompirayama Volcano. The N-A, N-B, and N-C Craters, near the uplifting center, are active craters at the western foot of the Nishiyama Volcano. A 1:25,000-scale Mt. Usu topographic map published by GSI on March 2000 was used.

(第2図). 4月上旬には、これらの火口から、マグマ水蒸気爆発や水蒸気爆発による噴煙が数100m～約2000mの高さまで上昇した。噴煙からは風向きによって、さまざまな方向に降灰がみられた(宝田ほか, 2001; 浦井ほか, 2001)。新たな火口形成は4月中旬頃まで続いた。西山西周辺では30以上、金比羅山西周辺では20以上の火口が形成された(火山噴火予知連絡会有珠山部会資料; 宇井・総合観測班地質グループ, 2000; 稲葉ほか, 2000)。

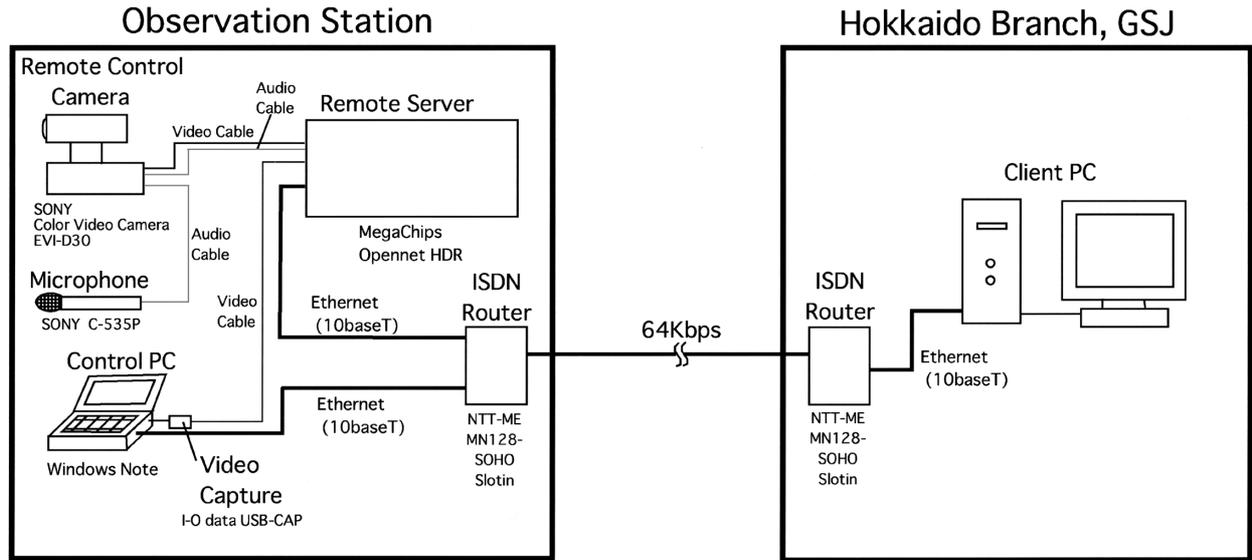
4月中旬頃までは、マグマ水蒸気爆発や水蒸気爆発に特有な鶏の尾羽根状に周囲に飛び出すようなコックス

テル型の噴煙、火口から真上に勢いよく上昇するジェット型の噴煙、火口周辺の岩石や固結した泥を周囲に火花状に飛ばす炸裂型の噴煙などが観測された。4月下旬には、活動的な火口は、西山西のN-A, N-B, N-C火口の3ヶ所と、金比羅山北西のK-A, K-B火口の2ヶ所に限定されるようになった(第2図)。これらの火口の周辺には、噴出した多量の土砂によって高さ数10m～約50mの火砕丘が形成された。これらの火口のうち、N-B火口とK-A, K-B火口は2000年12月下旬の段階でも活発に白色噴煙を上げている。8月, 9月, 10月, 11月に行ったK-A, K-B火口の現地調



第3図 サイロ展望台3階の屋外に設置した噴煙観測装置。a: 前部, b: 後部。bの防水ケースの下部につり下げている筒には、指向性マイクロフォンが入っている。

Fig. 3 Volcanic plume monitoring system installed at outside on the third floor of the Sairo Observation Point. a: front side, b: back side. An unidirectional microphone is installed in a tube hanging under the box (b).



第4図 噴煙観測システムの構成図. サイロ展望台に設置した防水ケース内部のシステムと地質調査所北海道支所(当時)内部のシステムを示す.

Fig. 4 A schematic diagram of the volcanic plume monitoring system. Both systems installed at the observation point and in the Hokkaido Branch, GSJ are shown.

査では、火口内部から直径数10cm程度の岩石や固結した泥を数m～数100mの高さに勢いよく吹き上げている状況が確認できた。

火山の活動度を評価するためには、刻々と変化する噴煙の状況を調べることが重要な手段の一つとなる。定量的な評価を行うためには、定点から、噴煙の高さ・火口的位置・噴煙の色・噴煙の形状などを記録する必要がある。4月中は、地質調査所(当時)、北海道大学、北海道立地質研究所のメンバーが交代で、洞爺湖北西のサイロ展望台(第2図の観測点)から、噴煙の記録を行っていた(高田ほか, 2001)。しかし、研究者が現地に常駐して噴煙の記録を行う体制を長期間維持することは難しい。そのため、ここで紹介するような噴煙観測システムを構築した(第3図, 第4図)。観測装置は2000年6月4日にサイロ展望台3階の屋外に設置し、ほぼ毎日半年以上にわたって観測を継続した(2001年2月末に撤去)。

2. 観測装置の概要

噴煙観測装置は、2つのシステムからなる。1つは、地質調査所北海道支所(当時)から遠隔操作によって首振り・ズームを行うことができるカメラ・画像サーバーシステムである。このシステムでは、北海道支所(当時)でリアルタイムに噴煙映像を見ることができた。また、北海道支所(当時)からの遠隔制御で噴煙の動画を画像サーバーに記録することも可能であった。さらに、指向性マイクロフォンによって空振などの音を遠隔地から聞くことも可能であった。もう一つのシステムは、日中5分おきに自動的に静止画像を撮影

し、2時間ごとにインターネット用WWWサーバーに静止画像と表示用のHTMLファイルを自動転送するシステムである。

3. 遠隔制御システム

遠隔制御システムの詳細をまとめる(第3図, 第4図)。基本システムは、メガチップス社のOpennet HDR(<http://www.megachips.co.jp/html/product/opn0223f.htm>)を使用して構築した。Opennet HDRは、エレベータや無人ATMの監視用に開発された装置であるが、本観測目的にも十分使用可能である。2GBのハードディスクを内蔵し、最高品質の動画(30コマ/秒)で約25分、低画質の動画(数コマ/秒)では約3時間録画可能である。得られた動画ファイルは、北海道支所(当時)へftp転送することも可能であった。また、この装置ではISDN回線などで接続することによって、リアルタイムに遠隔地のパソコンから噴煙映像を見ることができた。高速回線の場合は30コマ/秒の高品質動画が可能であるが、今回は維持費用の関係で一般家庭用の64kbpsのISDN回線を使用したため、320x240ピクセルのサイズで5コマ/秒の映像が限界であった。さらに、マイクロフォンを接続して空振などの音を同時に録音することもできた。ただし、64kbpsのISDN回線による接続で、遠隔地から映像と同時に音を聞いた場合、回線速度が遅いため高音質の音は得られなかった。

Opennet HDRの制御は、ネットスケープやインターネットエクスプローラなどのブラウザを使用して、現地にあるノートパソコンや、北海道支所(当時)内のLANに接続され



第5図 Opennet HDRを使った, ネットスケープブラウザによるカメラ遠隔制御用の操作画面。

Fig. 5 A remote camera control page in a netscape browser, which provided by the Opennet HDR system.

たパソコンから行うことができる(第4図;第5図). 画像サイズは, 640×480, 320×240, 160×120ピクセルの3種類から選ぶことができる. 動画のサンプリング数は30コマ/秒~1/60コマ/秒の範囲で選ぶことができる. 録画・録音の開始, 停止も遠隔操作可能である. セキュリティのため, アク

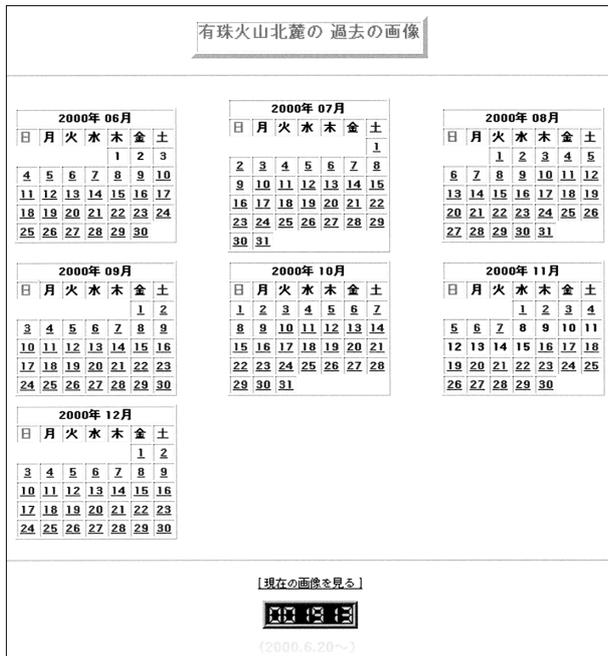
セスできるパソコンを限定することや, パソコンの最大接続数を限定することも可能である. また, 噴煙の状況に応じてカメラ制御のページで, カメラの方向やズームを変更することも可能である(第5図).

使用したカメラは, 遠隔制御可能なSONY カラービデオカメラEVI-D30である(第3図, 第4図). 38万画素のCCDカメラ, 12倍のズームレンズを備えており, 水平方向±100°, 垂直方向±25°の範囲で首振りが可能である. 使用したマイクロフォンは, SONY C-535Pである(第3図b). 軸方向の単指向性をもつ高性能マイクロフォンである.

ISDN回線用のルータは, NTT-MEのMN128-SOHO Slotinを使用した. ハブ機能を持ち, ルータの設定を遠隔操作で変更可能である. 現地と北海道支所(当時)に各1台ルータを設置した. 遠隔制御を行う場合は, ルータ同士のLAN型接続機能で2台のルータをISDN回線で接続した.

現地でのOpennet HDR設定用に, Windows ノートパソコンを使用した(第4図). このノートパソコンは, もう1つの自動静止画像撮影システムにも使用した. ノートパソコンには, Fujitsu FMV BIBLO (Pentium II 266 MHz, 6GB HD)を使用した. 11月中旬以降は, このノートパソコンが不調となったため, SONY VAIO NOTE (Celeron 450 MHz, 6GB)を使用した.

これらの観測機器を屋外に設置するため, 横幅124cm, 高さ46cm, 奥行き80cmの防水ケースを作成した(第3図). 防水ケースは, 厚さ20mmの塩ビ製の板でできている. 後部の開閉が可能である. 前面は, 厚さ20mmの亚克力板でできている. カメラレンズへの太陽光線の直接入射や, 雨滴などによる視界不良を防ぐため, アクリル板の上部には幅30cmのひさしを取り付けた. ケース内には夏期用にセンサ付きのファンを内蔵している. 一定温度以上になるとファンが回転し, ケース内の温度を適温に保つ. また, 冬期用にヒータを内蔵している. 一定温度以下になる



第6図 地質調査総合センターのホームページで公開している, 5分おきの噴煙静止画像用の初期画面. 2000年6月4日以降のすべての静止画をみることができる. 日付をクリックすればその日の静止画像を見ることができる.

Fig. 6 An initial page in the GSJ web site for the volcanic plume still image archives taken at 5 minutes intervals. All still images taken after June 4, 2000 can be seen from this page. Photo archives taken in a day can be seen by clicking the day.

とヒータが作動し、凍結を防ぐ。内部には、3台の雲台が取り付けられており、カメラ自体の方向を微調整して固定することが可能である。7月～8月の期間は、ズーム付きカメ

ラ以外に、赤外線カメラや夜間でも噴煙の記録が可能な高性能カメラを設置し、デジタルビデオテープによる噴煙画像記録を行った(西ほか, 2000)。マイクロフォンは、円筒形の防水型の筒に収納してケースの下部につり下げる形で設置した。マイクロフォンの方向は任意に微調整することができる。ISDN回線や電源、マイクロフォン用のケーブルはケースの下部から防水措置を行った上で取り出している。防水ケース自体は、サイロ展望台3階の屋外前面に柵があるため、高さ約1.5mの足場を制作し、その上に設置した。

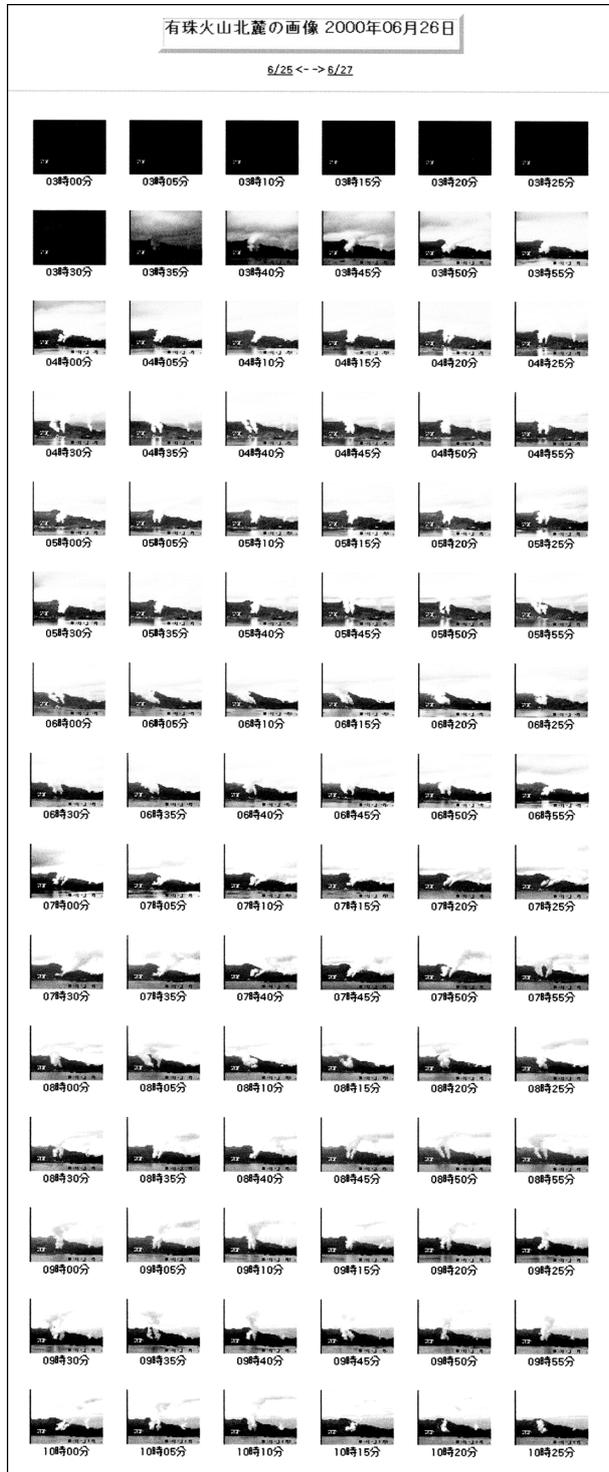
4. 静止画像撮影システム

5分おきの自動静止画像撮影システムの詳細をまとめる(第4図)。基本システムは、プロファイア社の定点撮影ソフトウェア「Actiview」を使用した([http:// www.profire.co.jp/actiview/](http://www.profire.co.jp/actiview/))。このソフトウェアでは、(1)ビデオカメラの画像を一定時間ごとにパソコンに取り込み、(2)指定された時間に自動的にWWWサーバーにアクセスし、(3)自動的にHTMLファイルを作成し、(4)画像データ、HTMLファイルをWWWサーバーに転送するという一連の処理を行う。取り込む静止画像は、遠隔制御システムのカメラSONY EVI-D30から共通に取ることにした。Opennet HDRへの入力画像を分岐して、USBタイプのビデオキャプチャー(I-O dataのUSB-CAP)を経由して、ノートパソコンに静止画像を取り込んだ(第4図)。このため、静止画像の方向や画角を状況に応じて遠隔制御することが可能となった。

本システムは、毎日3時～21時の間、5分おきに撮影する設定とした。取り込んだ静止画像は1時的にノートパソコンに蓄えられ、2時間ごとにWWWサーバーに自動的に転送される。撮影の開始時間と終了時間は、夜間は噴煙画像を撮影できないため、季節によって変更した。転送時間も、通信料金節約のため、噴煙の状況が落ち着いてきた9月頃から12時と20時の1日2回とした。撮影間隔も11月中旬から10分おきとした。

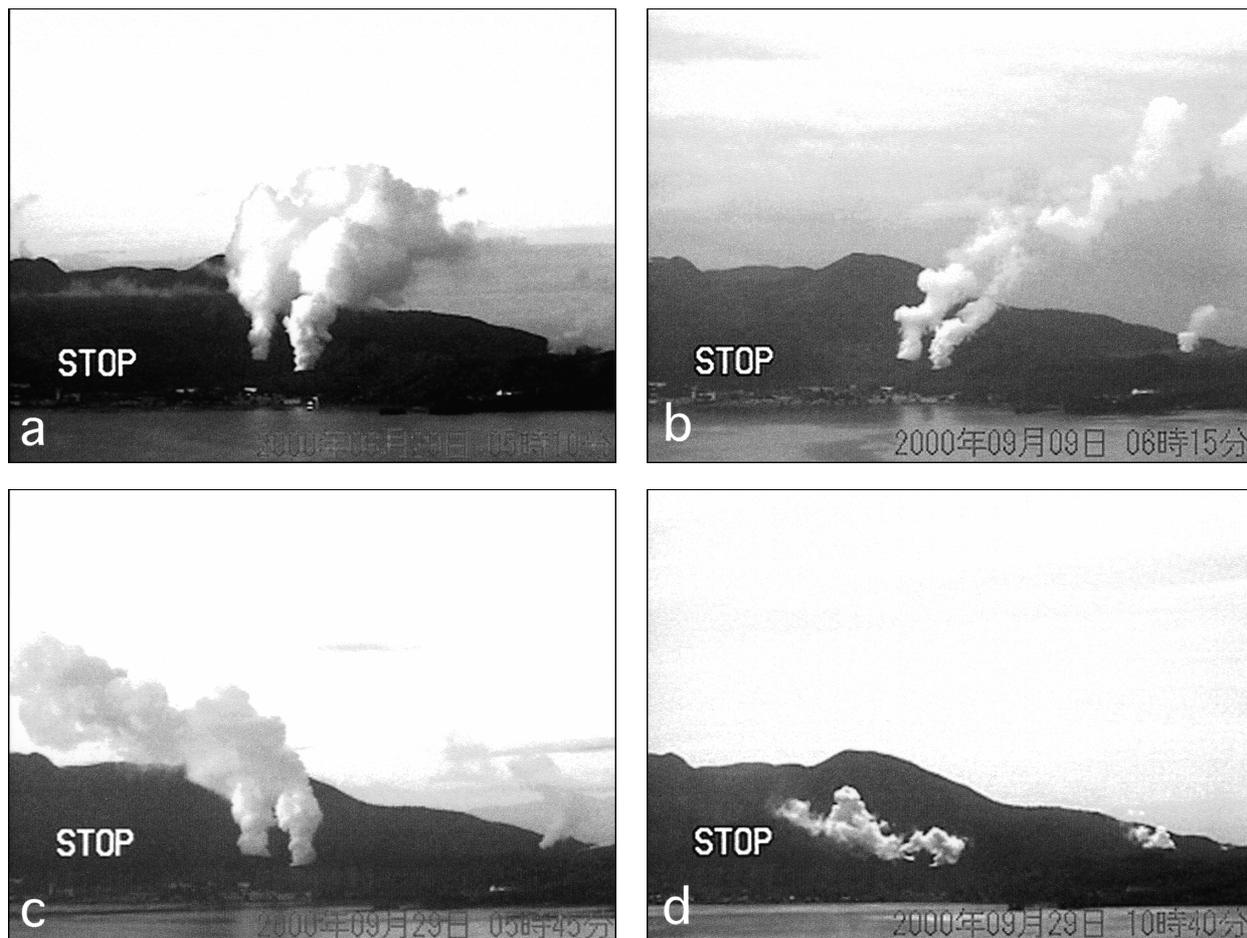
WWWサーバーへの転送は、直接地質調査所本所(当時)のWWWサーバーに自動転送できるのが理想であるが、通信料金とセキュリティの問題から以下のような方法を取った。まず、最寄りの民間プロバイダ(アサヒネット)のアクセスポイント(苫小牧)に現地のルータからアクセスし、画像とHTMLファイルを転送した。その後、北海道支所からプロバイダのWWWサーバーにアクセスして、手動で2～3日分の画像とHTMLファイルをまとめて北海道支所のパソコンにftp転送した。HTMLファイルの形式を整えたいうえで、地質調査所本所(つくば市)にあるWWWサーバーに画像とHTMLファイルをftp転送した。

こうして地質調査所本所(当時)のWWWサーバーへ転送されたすべての画像は、地質調査総合センター(北海道



第7図 2000年6月26日の5分おきの噴火静止画像。噴煙の状況が刻々と変化している。

Fig. 7 Volcanic plume still images taken at 5 minutes intervals on June 26, 2000. The volcanic plume conditions were changed variably.



第8図 代表的な有珠火山北西山麓の静止画像. a: 2000年8月29日5時10分, b: 2000年9月9日6時15分, c: 2000年9月29日5時45分, d: 2000年9月29日10時40分.

Fig. 8 Typical volcanic plume still images at the northwestern foot of the Usu Volcano. a: 5:10 Aug. 29, 2000, b: 6:15 Sep. 9, 2000, c: 5:45 Sep. 29, 2000, d: 10:40 Sep. 29, 2000.

地質調査連携研究体) ホームページで公開されている (<http://www.gsj.go.jp/bHOK/usu-HP/plume/usu/calendar.html>). ホームページ上では, 第6図のようにカレンダーの日付をクリックすることで, 2000年6月4日からのすべての画像を見ることが可能である(ただし, 2000年11月8日~15日の間は, ノートパソコン不調のため, 画像が得られていない). 日付をクリックすると, 第7図のように5分(10分)おきに撮影したその日の噴煙画像を見ることができる. 特定の噴煙画像を拡大したい場合は, その画像をクリックすると拡大画像が表示される(第8図). ただし, それぞれの画像は, 画質向上のため最高品質のjpeg画像として撮影しているため, 1枚あたり約100kb~150kbとなっている. このため, 一般家庭などからモデム経由でアクセスする場合は, かなり時間がかかる可能性が高い. そのため, これらの画像を1週間から数週間ごとにまとめてQuick Timeによる動画ファイルにしてホームページ上で公開している(深部地質環境研究センター 宮城磯治氏作成).

5. 噴煙画像

噴煙画像からは, 多くの情報を得ることができる. 第8図に, (a) 2000年8月29日5時10分, (b) 9月9日6時15分, (c) 9月29日5時45分, (d) 9月29日10時40分の噴煙画像を示す. 第8図のそれぞれの画像の中央では, 金比羅山北西部にあるK-A火口(左側)とK-B火口(右側)から比較的大きな白色の噴煙が上がっている. また, 画面右の西山西のN-B火口からは比較的小さい噴煙が上がっている. やや分かりにくいのが, K-A, K-B火口の手前や左側の湖面に近い部分には洞爺湖温泉街が広がっている. K-A, K-B火口のやや左後ろには標高537mの西山がある. 画面左端には外輪山北西部にある標高539mの北屏風山が見られる. 噴煙の高さは以下の方法で見積もることができる. 西山の標高は537m, 洞爺湖湖面の標高は84mである. したがって, 湖面から西山山頂までの比高は約450mである. この部分と比較することによって, 噴煙の高さを求めることが

できる。第8図aのK-A, K-B火口の噴煙の高さは約500-600m, 第8図bの高さは約800m, 第8図cの高さは約700m, 第8図dの高さは約230mであったことがわかる。

第7図の6月26日の噴煙の映像でも, 噴煙の高さ, 形状, 噴煙がたなびく方向が刻々と変化していることがわかる。第8図のcとdの2つの9月29日の噴煙画像でも, 時間によって噴煙の状況が大きく変化していることがわかる。K-A, K-B火口周辺の9月~11月の現地調査によれば, 火口内部での噴出口の位置の変化, 噴出物の小規模な地滑りによる噴出口の閉塞などの, 噴出口周辺の状況変化, もしくは水蒸気爆発による内部ガス圧の変化等に応じて, 噴煙の高度や形状が大きく変化している可能性が高いことがわかった。また, 噴煙がたなびく方向は有珠山周辺のローカルな風向きの変化に応じて変化している。また, 噴煙の高さは, 降雨のあと約500~1000mとなり, 降雨後の噴煙の高さが比較的高い傾向があることがわかった。このことは, 降雨による地下水の状況の変化が, 小規模な水蒸気爆発の規模を変化させている可能性があることを示唆している。

噴煙状況の長期的・系統的な変化については, 現在解析を行っている最中であり, 次回に報告する予定である。ここでは, 噴煙観測装置についてとりまとめた。こうした噴煙観測装置のシステムは, 研究者が長期間現地に滞在できない場合や, 火砕流などの危険性のため現場に近づけない等の場合に, 長期的に火山活動の状況変化を把握するうえで, 非常に有効である。地質調査総合センターでは, 同様のシステムで三宅島の火山状況の観測を継続している(2001年3月現在)。

謝辞 観測に当たって, 洞爺湖北西のサイロ展望台の方々には大変お世話になった。また, 磯部一洋部長, 宇都浩三室長, 篠原宏志博士, 伊藤順一博士をはじめとする当時の地質調査所の噴火対策チームの方々, 太田英順支所長, 中川 充室長, 高橋裕平室長, 羽坂俊一氏をはじめとする当時の北海道支所の方々, 北海道大学(当時)の西村裕一氏, 吉本充宏氏をはじめとする有珠火山噴火総合観測班の方々には, ささまざまな面で大変お世話になった。

川辺禎久氏によるコメントは, 本論文を改善するうえで有効であった。ここに記して深く感謝する。

文 献

- 稲葉千秋・大岡和哉・永田直己・並川和敬・曾我智彦・向山 栄・新井田清信・総合観測班地質グループ(2000)2000年有珠山噴火における火口分布の変遷と基盤の構造。日本火山学会秋季大会講演予稿集, 185。
- 川辺禎久(2000)速報:2000年3月31日有珠山噴火。地質雑, 106, VII - VIII。
- 川辺禎久・風早康平・宝田晋治・総合観測班地質グループ(2000)2000年3月31日有珠山噴火。地質ニュース, 548, 1 - 2。
- 西 祐司・宝田晋治・高田 亮・松島喜雄・風早康平(2000)有珠火山の噴煙映像解析システム。日本火山学会秋季大会講演予稿集, 176。
- 高田 亮・宝田晋治・山元孝広・松島喜雄・西 祐司・廣瀬 亘・垣原康之・田近 淳・遠藤祐司・野呂田晋・北海道大学理学部(2001)有珠2000年噴火の噴煙高度変化速報(4月6日-13日)。地調研報, 52, 199 - 206。(本特集号)
- 宝田晋治・羽坂俊一(2000)北海道支所における有珠火山2000年噴火への対応(速報)。地質ニュース, 551, 11-19。
- 宝田晋治・吉本充宏・北川淳一・平賀正人・山元孝広・川辺禎久・高田 亮・中野 俊・星住英夫・宮城磯治・西村裕一・三浦大助・廣瀬 亘・石丸 聡・垣原康之・遠藤祐司・八幡正弘・野呂田 晋・新井田清信・石塚 吉浩・工藤 崇・相沢幸治・本間宏樹・江草匡倫・石井英一・高橋 良(2001)有珠火山2000年噴火の降灰と火口近傍の状況。地調研報, 52, 167 - 179。(本特集号)
- 宇井忠英・総合観測班地質グループ(2000)有珠山2000年噴火:噴火の推移と災害。日本火山学会秋季大会講演予稿集, 23。
- 浦井 稔・川辺禎久・伊藤順一・高田 亮・加藤雅胤(2001)ASTERによる有珠火山2000年噴火に伴う降灰域の観測。地調研報, 52, 189 - 197。(本特集号)

(受付:2001年1月10日; 受理:2001年1月10日)