

有珠火山2000年噴火の降灰と火口近傍の状況

宝田晋治¹ 吉本充宏¹ 北川淳一² 平賀正人² 山元孝広³ 川辺禎久⁴ 高田 亮⁴
中野 俊⁴ 星住英夫⁴ 宮城磯治³ 西村裕一⁵ 三浦大助⁶ 廣瀬 亘⁷ 石丸 聡⁷
垣原康之⁷ 遠藤祐司⁷ 八幡正弘⁷ 野呂田 晋⁷ 新井田清信² 石塚吉浩⁴
工藤 崇² 相沢幸治² 本間宏樹² 江草匡倫² 石井英一² 高橋 良²

Shinji TAKARADA, Mitsuhiro YOSHIMOTO, Jun-ichi KITAGAWA, Naoto HIRAGA, Takahiro YAMAMOTO, Yoshihisa KAWANABE, Akira TAKADA, Shun NAKANO, Hideo HOSHIZUMI, Isoji MIYAGI, Yuichi NISHIMURA, Daisuke MIURA, Wataru HIROSE, Satoshi ISHIMARU, Yasuyuki KAKIHARA, Yuji ENDO, Masahiro YAHATA, Susumu NOROTA, Kiyooki NIIIDA, Yoshihiro ISHIZUKA, Takashi KUDO, Koji AIZAWA, Hiroki HONMA, Masamichi EGUSA, Eiichi ISHII and Ryo TAKAHASHI (2001) Volcanic ash falls from the Usu 2000 eruption and situation at the source area. Bull. Geol. Surv. Japan. Vol. 52 (4/5), p. 167 - 179, 12 figs.

Abstract : Volcanic ash fall distributions of four initial-stage 2000 eruptions at Usu Volcano were made. Total weight of each eruption was estimated from isopleth maps. The main axis direction for the largest eruption from 13:07 March 31 was N65°E - N30°E. The ash fall distributed more than 50 km from the vent. The total weight was 124,000 ton. The main axis direction for eruptions from 12:00 April 1 to 12:00 April 2 was N145°E. The ash fall distributed more than 25 km from the vent. The total weight was 21,000 ton. The main axis direction for a small eruption at 14:00-14:10 April 2 was N110°E. The total weight was 450 ton. The main axis direction for an eruption from 16:00 to 18:00 April 4 was N10°W - N8°E. The ash fall distributed more than 30 km from the vent. The total weight was 49,000 ton. Depositional features of the March 31 deposit were investigated near the vent area. Phreatic eruptions and their deposits at the N-B and K-B Craters were described. Ash deposits at Toyako Spa area were also described.

要 旨

有珠火山2000年噴火で初期に発生した4つの噴火の降灰分布図を作成した。また、定面積試料を採取し、等重量線図を作成した上で降灰量を算出した。一連の噴火の中で最大規模であった3月31日13時7分～16時頃の噴火による降灰分布は、N65°E～N30°Eの方向が主軸であり、火口から50km以上遠方まで追跡できた。降灰量は124,000トンとなった。4月1日12時～4月2日12時の間の噴火による降灰分布は、N145°Eの方向が主軸であり、火口から25km以上遠方まで追跡できた。降灰量は21,000トンとなった。4月2日14時～14時10分の小噴火による降灰は、N110°Eの方向が主軸であった。降灰量は450トンとなった。4月4日16時～18時の降灰は主軸がN10°W～

N8°Eの方向であり、火口から30km以上遠方まで追跡できた。降灰量は49,000トンとなった。また、西山西麓の噴出口近くで3月31日の噴出物の記載を行った。西山西麓のN-B火口と金比羅山北西麓のK-B火口の水蒸気爆発の状況、周囲の堆積物の状況を記載した。さらに、洞爺湖温泉街などで堆積物の記載を行った。

1. はじめに

西南北海道の有珠火山は、前回の1977年～78年噴火(門村ほか, 1985; Katsui *et al.*, 1985; 曾屋ほか, 1981)から22年ぶりに、2000年3月31日13時7分に噴火を開始した(宝田・羽坂, 2000; 川辺, 2000; 川辺ほか, 2000; 岡田ほか, 2000; 宇井・総合観測班地質グループ, 2000)。この

¹ 北海道地質調査連携研究体 (Hokkaido Branch, GSJ)

² 北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻
(Earth and Planetary Sciences, Hokkaido University)

³ 深部地質環境研究センター
(Research Center for Deep Geological Environments, GSJ)

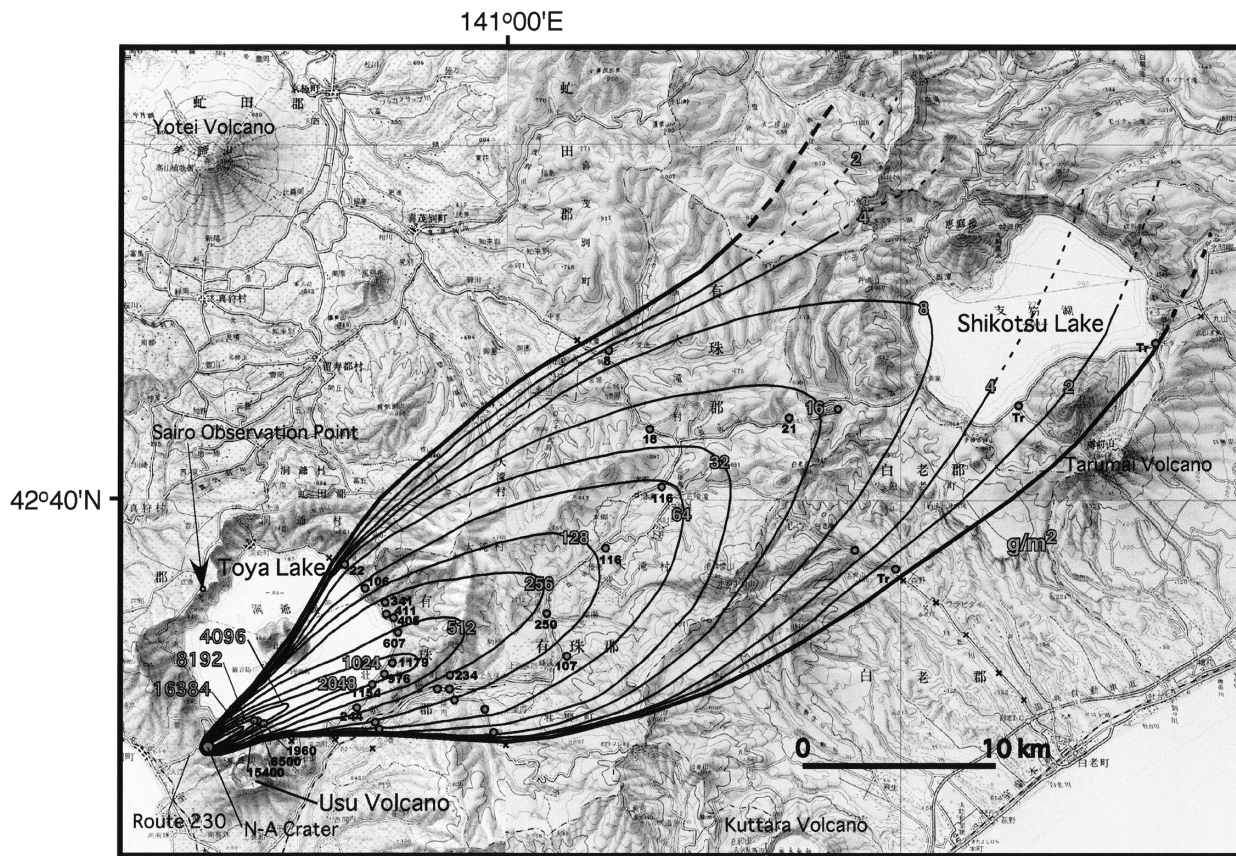
⁴ 地球科学情報研究部門 (Institute of Geoscience, GSJ)

⁵ 北海道大学大学院理学研究科地震火山研究観測センター
(Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University)

⁶ 電力中央研究所 (CRIEPI)

⁷ 北海道立地質研究所 (Geological Survey of Hokkaido)

Keywords : Usu Volcano, Usu 2000 eruption, ash fall, distribution, volume, phreatomagmatic eruption, phreatic eruption, crater, deposit



第1図 2000年3月31日13時7分～の噴火による降灰分布図。外側の太い線は、降灰分布限界を示す。分布限界内部のコンターは、等重量線(1m²あたりのグラム数)を示す。小さい丸は調査地点を示す。調査地点の数字は、定面積試料の乾燥重量から算出した1m²あたりのグラム数を示す。Trは極微量の降灰があった地点を示す。Xは降灰が確認できなかった地点を示す。地形図は、国土地理院発行の20万分の1地勢図「室蘭」、「岩内」、「札幌」、「苫小牧」を使用した。

Fig. 1 Volcanic ash fall distribution by the 13:07- March 31, 2000 eruption. A broad outer line indicates distribution limit of the ash fall deposit. Contours within the broad line indicate isopleth lines (g/m²). Small circles in the map show ground survey points. Numbers beside the circles indicate ash sample weight per unit area (g/m²) in dry condition. "Tr" indicates survey point with a small amount of ash fall deposit (<1g/m²). "X" indicates survey point without ash fall deposit. 1:200,000-scale topographic maps "Muroran", "Iwanai", "Sapporo", and "Tomakomai" published by the GSI were used.

噴火では、マグマ水蒸気爆発が西山西麓で始まり、何度も噴煙が立ち上った(川辺, 2000; 高田ほか, 2001)。噴煙の高度は最大3,200mに達した。噴煙は南西の風によって、北東方向に流された(第1図)。この日には、初めに形成されたN1火口の他にも、周辺にいくつかの火口が形成された(N2, N3火口)。この噴火による噴出物には、約50vol%の本質物質が含まれていた(東宮ほか, 2001; 東宮ほか, 2000)。31日13時7分～16時頃の噴火は、有珠火山2000年噴火の中で最大規模の噴火であった。

翌4月1日には、洞爺湖温泉街南の金比羅山北西部でもマグマ水蒸気爆発や水蒸気爆発による噴煙が上がった(北海道新聞社, 2000)。この日には、西山西麓付近の、虻田町と洞爺湖温泉街を結んでいた国道230号線付近でも多数の火口が形成された(東宮, 2001)。4月上旬には、マグマ水蒸気爆発や水蒸気爆発によって、数多くの新火口が

西山西麓や金比羅山北西麓付近で形成された。これらの火口からは高度数100m～約2000mの高さまで噴煙が上がった。4月4日16時～18時ごろには、比較的大きい噴煙が上がり、南風によって北方へ降灰があった(第4図)。4月5日以降の噴火は比較的小規模であった。新火口の形成は4月中旬頃まで続き、西山西麓と金比羅山北西麓を合わせて60以上の新火口が形成された(宇井・総合観測班地質グループ, 2000; 稲葉ほか, 2000)。

一方、マグマ上昇にともなう地下水系の変化によって、国道230号線の一部で4月上旬に水たまりができる現象が見られ、次第に水位を増し、直径200mの池になった。金比羅山の火口内でも水がたまり、4月7日頃～4月9日、10日頃には噴出物とともにあふれ出て熱泥流となり、洞爺湖温泉街に流れ込む現象が見られた。また、地下のマグマの貫入によって、西山北西麓～西麓付近では、隆起現象や

それに伴う断層群の発達が見られた(羽坂ほか, 2001; 宝田ほか, 2000; 西村ほか, 2000; 須藤ほか, 2000; 斎藤ほか, 2000; 広瀬ほか, 2000). 西山西麓の国道230号線付近は約60m隆起し, 潜在溶岩ドームが形成された(長谷川ほか, 2000). また, 今回の噴火では, 最大1万6千人の有珠火山周辺の住民が避難した.

本論文では, 現地調査や解析の結果明らかになった, 3月31日13時7分~の降灰, 4月1日12時~4月2日12時の降灰, 4月2日14時~14時10分の降灰, 4月4日16時~18時の降灰の分布図, 等重量線図, 降灰量を紹介する. また, 火口近傍の水蒸気爆発の状況や堆積物の特徴についてもまとめる. なお, 降灰の現地調査・分析は, 北海道大学, 北海道立地質研究所(以下, 道立地質研と略す), 地質調査所(当時)が合同で行った.

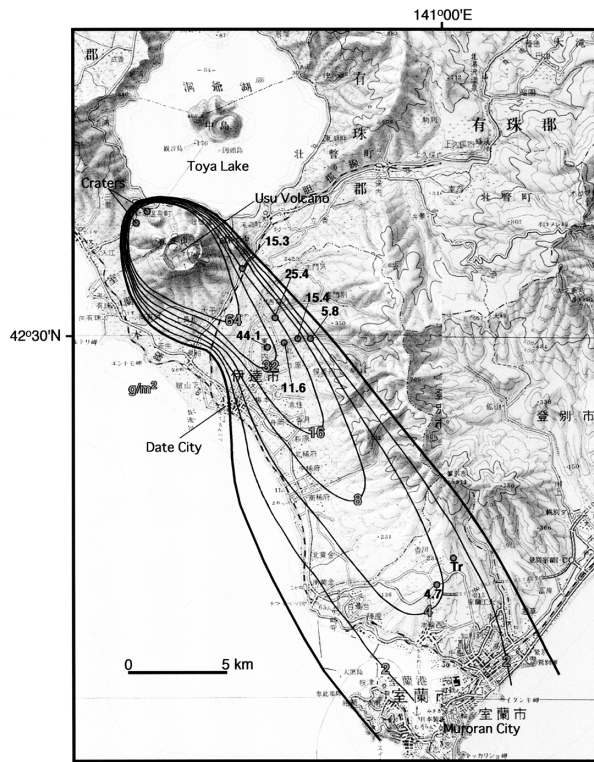
2. 3月31日の噴火

3月31日の噴火の状況をまとめる. 地質調査所(当時)の宝田, 川辺, 風早, 道立地質研の廣瀬, 北海道大学(当時)の吉本は, 3月31日の噴火当日の午前中, 有珠火山北東麓の割れ目群の調査を行っていた(宝田・羽坂, 2000; 羽坂ほか, 2001). 気象庁から, 小有珠付近の地下浅所で地震が増加しているという情報が入り, 安全確保のため, 午後洞爺湖北西のサイロ展望台(第1図)に移動した. 13時7分に西山西麓の地点から噴火が始まった(川辺, 2000). 噴煙は初めゆっくりと上昇した. 次第に黒色の噴煙となり, 13時20分ごろに, 噴煙高度は2000m以上に達した. 噴煙から直径数10cm~1m程度の噴石が周囲に落下している状況が双眼鏡で確認できた. 噴煙の状況は, 時折勢いの弱い白色噴煙になったが, すぐ後には別の黒色噴煙が立ち上るといった噴火の強弱が見られた. 噴煙は, 南西の風によって北東方向に流された. 14時頃に, 噴煙高度は3200mに達した. 黒色噴煙は16時頃に収まった. その後は, 白色噴煙があがっていた. 日没のため正確なこの噴火の終了時刻は不明である.

3. 降灰分布と降灰調査

3.1 3月31日13時7分~の降灰

3月31日13時7分~の噴火は, 16時ごろには噴煙の勢いが弱まった. そこで, 宝田, 廣瀬, 吉本の3名は, 洞爺湖北東岸付近の降灰調査に向かった. 16時30分ごろ, 洞爺湖北東岸の仲洞爺で厚さ数mmの降灰が確認できた. 降灰の多くは, 直径数mm以下の凝集状態(未固結の火山豆石状態)になっていた. 民家の前に設置されていた, ごみステーションの蓋の上に堆積した降灰を面積測定(49cm×58cm)したうえで, すべて採取した. さらに, 仲洞爺キャンプ場のブロック上に堆積した降灰についても, 面積測定したうえで4サンプル採取した(13×73cm, 13×



第2図 2000年4月1日12時~4月2日12時の期間の噴火による降灰分布図. 外側の太い線は, 降灰分布限界を示す. 分布限界内部のコンターは等重量線(1m²あたりのグラム数)を示す. 小さい丸は調査地点を示す. 調査地点の数字は, 定面積試料の乾燥重量から算出した1m²あたりのグラム数を示す. "Tr"は極微量の降灰があった地点を示す. 地形図は, 国土地理院発行の20万分の1地勢図「室蘭」, 「苫小牧」を使用した.

Fig. 2 Volcanic ash fall distribution by eruptions from 12:00 April 1 to 12:00 April 2, 2000. A broad outer line indicates distribution limit of the ash fall deposit. Contours within the broad line indicate isopleth lines (g/m²). Small circles in the map show ground survey points. Numbers beside the circles indicate ash sample weight per unit area (g/m²) in dry condition. "Tr" indicates survey point with a small amount of ash fall deposit (<1g/m²). 1:200,000-scale topographic maps "Muroran" and "Tomakomai" published by the GSI were used.

79cm, 12.5×79cm, 12.5×60.5cm). 採取したサンプルはその日のうちに, 車で北海道大学に運んだ. また, 一部のサンプルは地質調査所(当時)にも送った. 北大で乾燥重量を測定した結果, この地点の降灰量は1m²あたり約400gとなった.

翌4月1日は, 北海道大学, 道立地質研, 地質調査所(当時)の関係者が分担して, 3月31日の降灰分布限界の調査と定面積試料の採取を行った. 北海道大学の新井田, 本間, 工藤のグループは支笏湖周辺, 道立地質研の石丸, 垣原のグループは大滝村, 支笏湖周辺, 道立地質研

の遠藤,野呂田のグループは登別市,地質調査所(当時)の宝田,川辺のグループは,久保内,オロフレ峠,北湯沢周辺,地質調査所(当時)の山元と北海道大学(当時)の吉本は洞爺湖東岸の現地調査を行った.定面積試料の採取は,降灰量算出のために行った.

まだ多くの場所で残雪があったため,折れ尺などで30cm×30cmの面積を測定した上で,雪の上に堆積した降灰を雪ごとプラスチック製のサンプル袋に採取した.4月1日の風向きは北西の風によって,主として有珠火山の南東方向に降灰があった(第2図).そのため,降灰調査の最中に,4月1日の降灰が混入することはほとんどなかったと考えられる.降灰分布限界やサンプルの採取地点,サンプルはその日の夕方に取りまとめた.31日の降灰は約65km離れた札幌市内南部でも観測されたという情報があった.

また,5月上旬には,噴火状態がやや安定してきたため,洞爺湖温泉東部に立ち入り可能となり,地質調査所(当時)の中野と山元が,3月31日火口から東北東3.3kmの地点にあるサンパレスホテル周辺の降灰調査を行った.ホテルの東側で1ヶ所,西側で1ヶ所,3月31日の噴出物の定面積試料採取を行った.乾燥重量を測定した結果,ホテルの東側で6500g/m²,西側で15,400g/m²となった.

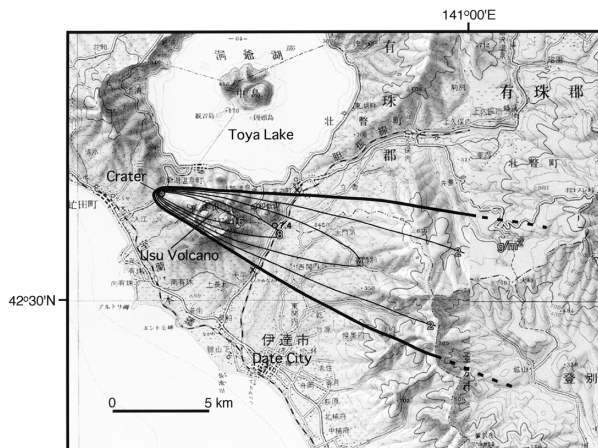
調査の結果得られた3月31日13時7分~の噴火による降灰分布図を第1図に示す.降灰分布は,有珠山付近では狭く幅2.5km程度であるが,火口から離れるにつれて次第に幅が広がっている.火口から約25km離れた大滝村周辺では,幅は約20kmに広がっている.降灰主軸は,有珠山・洞爺湖周辺の火口から約15kmまでの範囲ではN65°Eの方向であるが,次第に北寄りに向きを変え,火口から約45km離れた支笏湖周辺でN30°Eの方向になっている.

3.2 4月1日12時~4月2日12時の降灰

4月1日12時~4月2日12時の間の降灰分布と定面積試料の採取は,道立地質研の石丸,垣原,遠藤,野呂田が行った.3月31日と同様の方法で,分布限界の調査と試料採取を行った.その結果得られた降灰分布を第2図に示す.降灰の主軸はN145°Eの方向に伸びており,室蘭市の方向に向かっている.火口から20kmの地点で幅約10kmに広がっている.約24時間の間の降灰分布を調べたため,比較的小規模な降灰が多数発生し,有珠火山周辺の降灰分布はかなり広がっている.有珠火山周辺の降灰分布は,地表やヘリコプターからの写真画像をもとに作成した.

3.3 4月2日14時~14時10分の降灰

4月2日14時~14時10分の降灰は,この時刻に昭和新山付近の地割れ調査を行っていた山元と吉本が遭遇した比較的小規模な降灰である.1ヶ所のみであるが橋の柵



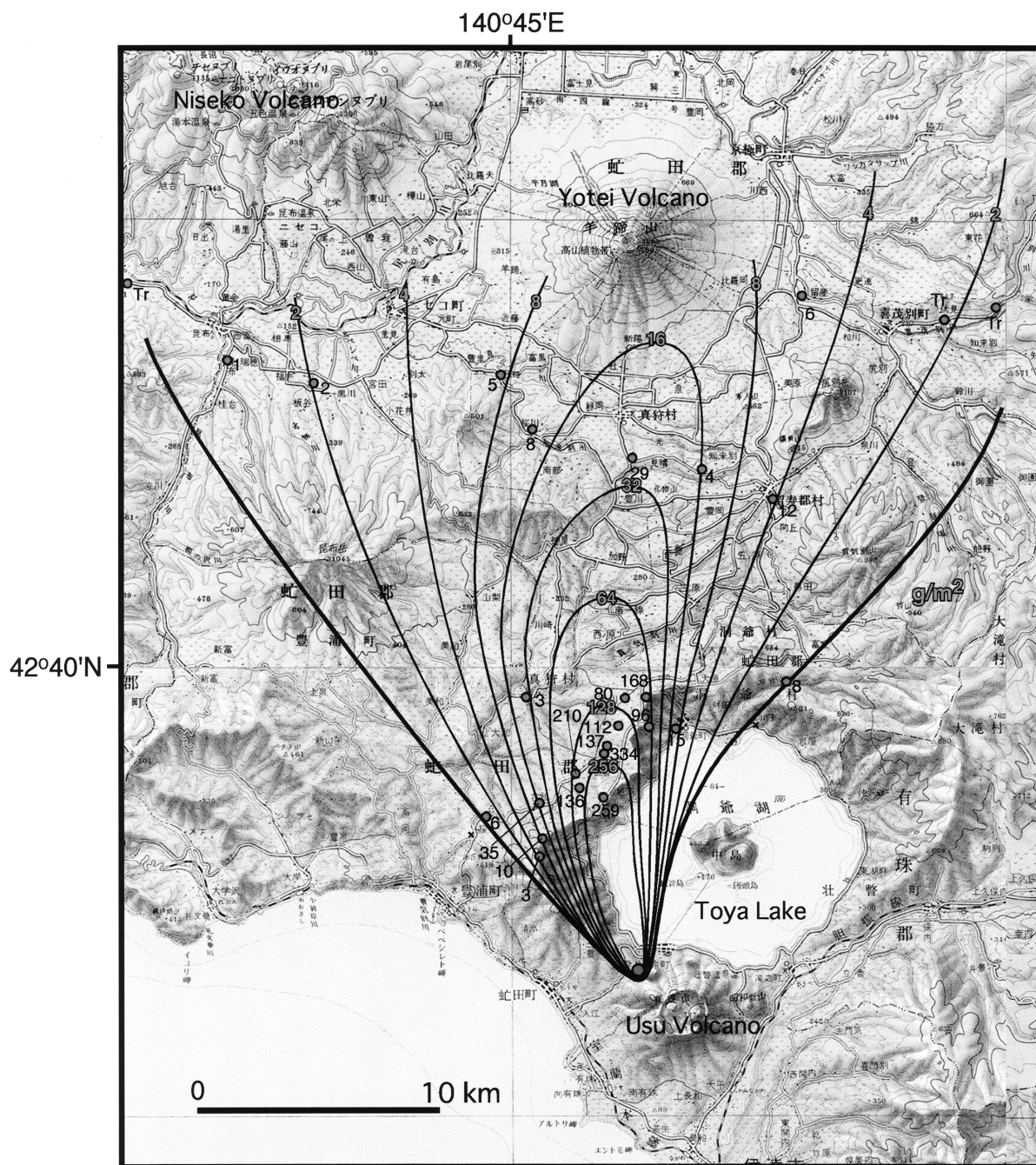
第3図 2000年4月2日14時~14時10分の噴火による降灰分布図.外側の太い線は,降灰分布限界を示す.分布限界内部のコンターは等重量線(1m²あたりのグラム数)を示す.小さい丸は調査地点を示す.調査地点の数字は,定面積試料の乾燥重量から算出した1m²あたりのグラム数を示す.Xは降灰が確認できなかった地点を示す.地形図は,国土地理院発行の20万分の1地勢図「室蘭」,「苫小牧」を使用した.

Fig. 3 Volcanic ash fall distribution by an eruption at 14:00-14:10 April 2, 2000. A broad outer line indicates distribution limit of the ash fall deposit. Contours within the broad line indicate isopleth lines (g/m²). A small circle in the map show a ground survey point. A number beside the circle indicates ash sample weight per unit area (g/m²) in dry condition. "X" indicates survey point without ash fall deposit. 1:200,000-scale topographic maps "Muroran" and "Tomakomai" published by the GSI were used.

の部分に堆積した降灰の定面積試料を採取した.周辺地域の降灰の有無を確認し,分布限界を調べた上で作成した降灰分布図が第3図である.降灰の主軸はN110°Eの方向である.火口から約6km付近では約4kmの幅に広がっている.さらに遠方では次第に幅が広がっている.分布範囲は比較的狭い.

3.4 4月4日16時~18時の降灰

4月4日16時~18時の降灰は,サイロ展望台で噴煙の遠望観測を行っていた道立地質研の垣原が遭遇している.降灰の調査は,4月5日に道立地質研の八幡が洞爺湖北西部の現地調査を行った.4月8日には,北海道大学の吉本,北川,江原が火口から約20~25 km離れた真狩村,ニセコ町,喜茂別町周辺,地質調査所(当時)の高田が洞爺湖周辺の調査を行った.4月4日から8日の間に北側に降った比較的大きい降灰は4月4日16時~18時の降灰だけであったことから,他の降灰が混合している可能性はほとんどないと考えられる.



第4図 2000年4月4日16時~18時の噴火による降灰分布図。外側の太い線は、降灰分布限界を示す。分布限界内部のコンターは等重量線(1m²あたりのグラム数)を示す。小さい丸は調査地点を示す。調査地点の数字は、定面積試料の乾燥重量から算出した1m²あたりのグラム数を示す。Trは極微量の降灰があった地点を示す。Xは降灰が確認できなかった地点を示す。地形図は、国土地理院発行の20万分の1地勢図「室蘭」、「岩内」、「札幌」、「苫小牧」を使用した。

Fig. 4 Volcanic ash fall distribution by the 16:00-18:00 April 4, 2000 eruption. A broad outer line indicates distribution limit of the ash fall deposit. Contours within the broad line indicate isopleth lines (g/m²). Small circles in the map show ground survey points. Numbers beside the circles indicate ash sample weight per unit area (g/m²) in dry condition. "Tr" indicates survey point with a small amount of ash fall deposit (<1g/m²). "X" indicates survey point without ash fall deposit. 1:200,000-scale topographic maps "Muroran", "Iwanai", "Sapporo", and "Tomakomai" published by the GSI were used.

分布限界を調査して得られた降灰分布を第4図に示す。降灰の主軸は火口から約10kmの範囲ではN10°Wであり、それよりも北側では次第に東寄りに向きを変え、火口から20km離れた地点ではN8°Eの方向を向いている。降灰の幅は火口から4km地点では約5kmであるが、次第に扇型に大きく広がり、火口から25kmの地点では幅約35kmとなっている。

4. 降灰量

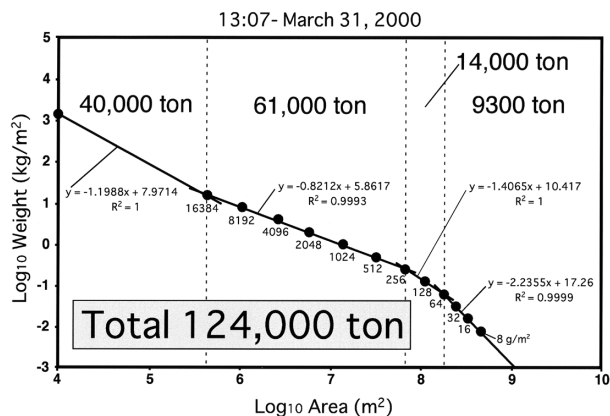
4.1 3月31日13時7分～の降灰の降灰量

現地調査で得られた定面積試料の乾燥重量を測定し、等重量線図を作成した上で、降灰量を算出した。雪とともに採取した降灰試料は北海道大学の実験室に持ち帰り、処理を行った。乾燥重量の測定は、北海道大学(当時)の石塚、吉本、工藤、相沢、北川、平賀、本間、江草、石井、高橋が行った。

乾燥重量の測定は下記の方法で行った。(1) 大きいホーロー製容器やピーカーに、雪と共に降灰試料を入れ、ホットプレート上で雪を溶かす。(2) 灰が完全に下に沈むまで、半日程度放置する。(3) 透明な上澄み部分の水を捨てる。(4) あらかじめ乾燥重量を測定したピーカーに試料を移す。(5) 恒温器の中に入れ、105℃で加熱する。(6) 完全に乾燥したら、外に出して冷ます。(7) ピーカーごと精密はかりで重量を測定する。(8) ピーカー自体の重量を差し引いて、降灰の乾燥重量を求める。

3月31日の降灰では19地点の降灰の処理を行い、乾燥重量を求めた。各地点の乾燥重量をもとに、等重量線を作成した。各地点の乾燥重量を1m²あたりのグラム数に換算し、地図上にプロットした(第1図)。これらの値をもとに、2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, ... ,16384g/m²の等重量線図を引いた(第1図)。等重量線の作成と降灰量の算出は、宝田、吉本、北川、平賀、相沢が行った。フリーソフトウェアのNIH imageや、グラフィックソフトウェアであるDeneba社のCANVAS ver. 7を使用して、それぞれの等重量線が占める面積を求めた。

縦軸に各等重量線の重量(kg/m²)をとり、横軸に等重量線の面積(m²)をとって、常用対数グラフ上にプロットした(第5図)。各等重量線の値は、1本の直線ではなく、いくつかの線で近似できた。64g/m²と256g/m²のデータのところで折れ曲がりが見られた。64g/m²よりも外側の8, 16, 32, 64 g/m²の4つのデータをもとに最小2乗法で近似直線を引いた($y = -2.2355x + 17.26$; $x = \log_{10} \text{Area (m}^2\text{)}$, $y = \log_{10} \text{weight (kg/m}^2\text{)}$)。最小2乗法による近似直線は、Microsoft社のExcel 2001を使用して求めた。同様に、64, 128, 256 g/m²の3つのデータをもとに近似直線を引いた($y = -1.4065x + 10.417$)。さらに、256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384 g/m²の7つのデータをもとに近似直線を引いた($y = -0.8212x + 5.8617$)。3本目の近似直線を火



第5図 2000年3月31日13時7分～の降灰の各等重量線図の面積(m²)と重量(kg/m²)をプロットした対数グラフ。対数グラフ上で直線近似できる区間ごとに、最小2乗法で近似直線を求めた。64g/m²、256g/m²、16384 g/m²の等重量線のデータの部分で区間を区切った。区間ごとに積分して降灰量を算出した。火山近傍(10⁴m²)の層厚を1mとして近似直線を引いている。

Fig. 5 Relation between area (m²) and weight (kg/m²) of each ash fall isopleth for the 13:07- March 31, 2000 eruption. Approximation lines were determined using the method of least squares. The approximation lines were divided at 64, 256, and 16384 g/m² values. The total ash fall weight was calculated by integration of the approximation lines in each segment. Ash fall deposit thickness near the source area (10⁴m²) was estimated as 1m.

口近傍の10⁴m²(=100m×100mの領域)まで延長すると、(近似直線にx=4を代入してy=2.58となり、10^{2.58}=380(kg/m²)であるから)平均密度1,500kg/m³とした場合、層厚は25cmとなる。8月下旬の現地調査の結果、3月31日の火口中心から90m離れた地点(第10図S8地点)での層厚は約1mであった(第11c図)。そこで、16,384g/m²のデータと10⁴m²の地点での層厚1mのデータの2つのデータを直線で結んで、4本目の近似直線とした($y = -1.1988x + 7.9714$) (第5図)。このような、火口近傍の層厚が遠方から外挿して求めた値よりもかなり大きくなる現象は、1996年や1998年の北海道駒ヶ岳火山の噴火の際にも見られた(宇井ほか, 1997a, b; 宝田ほか, 1999)。火口近傍には、遠方まで到達しない小規模な堆積物が多数累積することや、多くの弾道噴出物が堆積していることが原因であると考えられる(宝田ほか, 1999)。

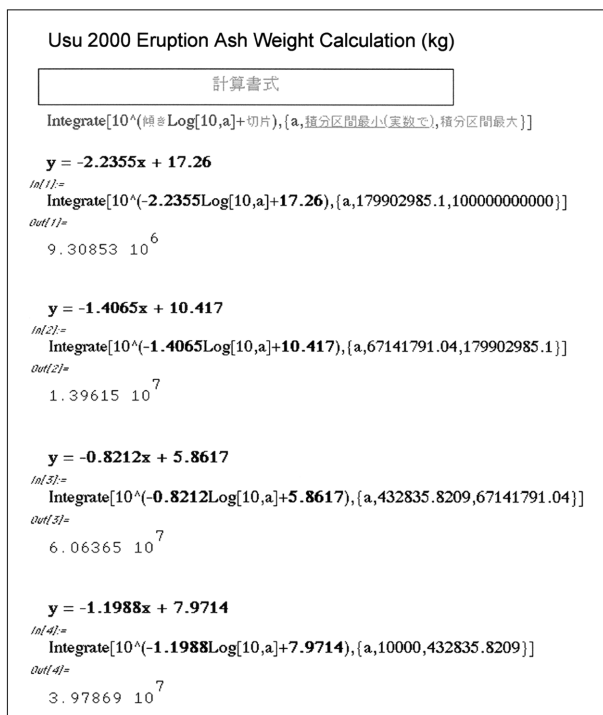
これらの4本の近似直線を使い、区間ごとに積分を行って総降灰量を算出した。区間ごとの積分は数値計算ソフトウェアのMathematica ver.2.2を使用した(第6図)。その結果、64g/m²よりも外側の領域では9,300トン、64～256g/m²の領域では14,000トン、256～16,384g/m²の領域では61,000トン、16,384 g/m²～火口近傍(10⁴m²)の領域では40,000トンとなった。これらの値を合計すると総降

灰量は124,000トンとなった。

4月の速報値は、5月の山元、中野によるサンパレス付近のデータがなかったため、総降灰量は75,000トンであった。その後、サンパレス付近のデータを追加して再計算を行った結果94,000トンとなった(宝田・羽坂, 2000)。この報告では、さらに8月下旬に行った火口周辺での層厚のデータを加えたため、124,000トンとなった。この値は、日本大学を中心とした調査グループ(有珠山噴火火山灰合同調査班)による調査結果(12万トン; <http://www.geo.chs.nihon-u.ac.jp/tchiba/usu/volume2.htm>)とほぼ同じ値となった。

4.2 4月1日12時～4月2日12時の降灰の降灰量

4月1日12時～4月2日12時の降灰(第2図)についても、3月31日の降灰と同様の方法で降灰量を算出した。7地点で得られた定面積試料の乾燥重量を測定した。1m²あたりのグラム数に換算した値を地図上にプロットした(第2図)。これらの値をもとに、2, 4, 8, 16, 32, 64 g/m²の等重量線図を作成した(第2図)。コンターが閉じている4, 8, 16, 32, 64 g/m²の等重量線について、それらが囲む面積をCAN-



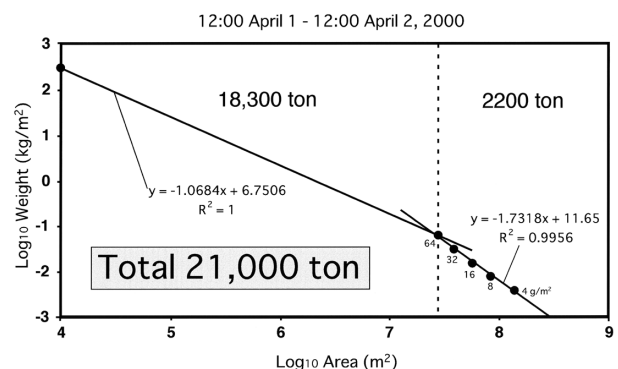
第6図 Mathematicaで、第5図の区間ごとの積分を行った計算式。第5図の各近似直線の傾きと切片の値を代入し、各積分区間の範囲を実数で入力して、区間ごとに降灰量を算出した。

Fig. 6 Equations to calculate weight of the ash fall deposit by the 13:07-March 31, 2000 eruption. Mathematica was used for calculation. Slope and intercept values of four approximation lines were used.

VASでそれぞれ算出した。縦軸に等重量線の重量をとり、横軸に等重量線の面積をとって、対数グラフ上にプロットした(第7図)。これらの5つの等重量線のデータをもとに、最小2乗法で近似直線を引いた($y = -1.7318x + 11.65$)。この近似直線を火口近傍(104m²)まで延長すると、堆積物の密度を1500kg/m³としたとき、火口近傍での層厚は約35mとなる。この層厚は8月、9月、10月、11月に行った現地調査の結果(5cm～30cm)と大きく異なる。そこで、火口近傍での層厚を、平均をとって約20cm(=300kg/m³)としてプロットした。64g/m²の等重量線のデータと直線で結んでこの領域の近似直線とした($y = -1.0684x + 6.7506$)。Mathematicaを使った積分の結果、64g/m²の等重量線で囲まれた領域の外側の降灰量は2,200トン、内側の領域は18,300トンとなった。これらの合計から総降灰量は21,000トンとなった。

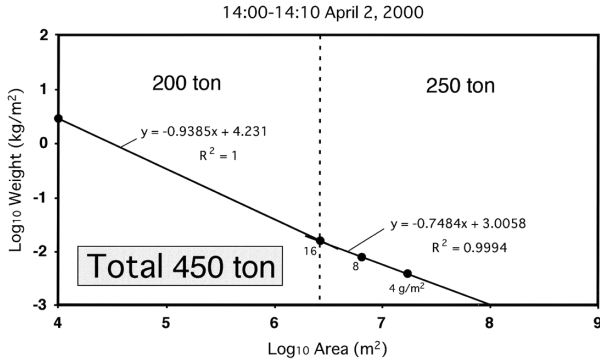
4.3 4月2日14時～14時10分の降灰の降灰量

4月2日14時～14時10分の降灰についても同様の方法で降灰量を算出した。1地点の定面積試料の乾燥重量を測定した。それを1m²あたりの重量に換算した結果、7.4g/m²となった。これを地図上にプロットし、降灰の分布限界をもとに2, 4, 8, 16 g/m²の等重量線を作成した(第3図)。閉じたコンターが得られた4, 8, 16 g/m²の3つの等重量線について、各々の等重量線の面積を算出した。縦軸に、各等重量線の重量をとり、横軸に等重量線の面積をとっ



第7図 2000年4月1日12時～4月2日12時の降灰の各等重量線図の面積と重量をプロットした対数グラフ。64g/m²のデータよりも外側と内側でそれぞれ近似直線を引いた。火口近傍(10⁴m²)での層厚を20cmとしている。区間ごとに積分して降灰量を算出した。

Fig. 7 Relation between area (m²) and weight (kg/m²) of each ash fall isopleth by eruptions from 12:00 April 1 to 12:00 April 2, 2000. Approximation lines were determined using the method of least squares. The approximation lines were divided at 64g/m² value. The total ash fall weight was calculated by integration of the approximation lines in each segment. The ash fall deposit thickness near the source area (10⁴m²) was estimated as 20cm.



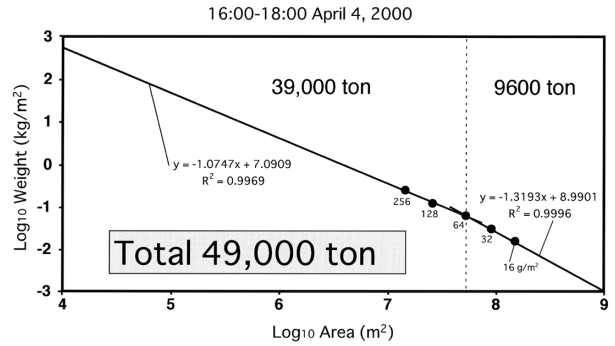
第8図 2000年4月2日14時～14時10分の降灰の各等重量線の面積と重量をプロットした対数グラフ。4, 8, 16g/m²のデータから最小2乗法で近似直線を求めた。近似直線の傾きと切片の値から積分を行い、総降灰量を算出した。

Fig. 8 Relation between area (m²) and weight (kg/m²) of each ash fall isopleth for an eruption at 14:00-14:10 April 2, 2000. An approximation line was determined using the method of least squares. The total ash fall weight was calculated by integration of the approximation line.

て、対数グラフにプロットした(第8図)。これらの3つのデータをもとに最小2乗法で近似直線をひいた($y = -0.7484x + 3.0058$)。この近似直線を火口近傍(10⁴m²)まで延長すると、堆積物の密度を1,500kg/m³としたとき、火口近傍での層厚は約0.07cmとなる。この値は、現地調査で確認できた火口近傍の1枚の薄層の層厚(0.1cm～数cm)よりも1桁小さい。そこで、火口近傍での層厚を、平均をとって約0.2cm(=3kg/m²)としてプロットした、16g/m²の等層厚線のデータと直線で結んで、この領域の近似直線とした($y = -0.9385x + 4.231$)。Mathematicaを使った積分の結果、16g/m²の等層厚線で囲まれた領域の外側の降灰量は250トン、内側の降灰量は200トンとなった。これらの合計から総降灰量は450トンとなった。定面積試料のデータが1点しかないため、等重量線の自由度が大きい。このため、この降灰量は数分の1～数倍の誤差がある可能性がある。

4.4 4月4日16時～18時の降灰の降灰量

4月4日16時～18時の降灰についても同様の方法で降灰量を算出した。24地点の定面積試料の乾燥重量を測定した。1m²あたりの重量に換算した値を地図上にプロットした(第4図)。これらの値をもとに、2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 g/m²の等重量線を作成した(第4図)。コンターが閉じている16, 32, 128, 256 g/m²の等重量線について、各々の等重量線の面積を算出した。縦軸に各等重量線の重量をとり、横軸に等重量線の面積をとって対数グラフ上にプロットした(第9図)。各データの並びは、64 g/m²付近で折れ曲がりが見られた。このため、16, 32, 64 g/m²の3つの



第9図 2000年4月4日16時～18時の降灰の各等重量線の面積と重量をプロットした対数グラフ。64g/m²の等重量線のデータの外側と内側でそれぞれ近似直線を引いた。それぞれの区間で積分を行い、総降灰量を算出した。

Fig. 9 Relation between area (m²) and weight (kg/m²) of each ash fall isopleth for the 16:00-18:00 April 4, 2000 eruption. Approximation lines were determined using the method of least squares. Approximation lines were divided at 64g/m² value. The total ash fall weight was calculated by integration of the approximation lines in each segment.

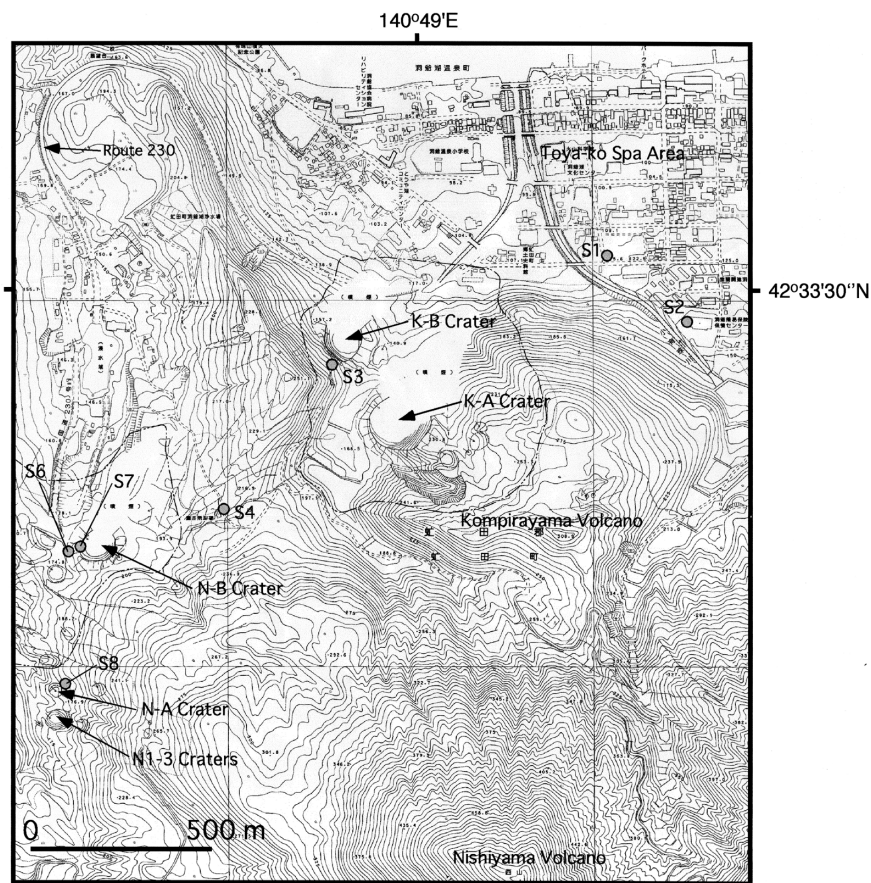
データをもとに最小2乗法で近似直線を引いた($y = -1.3193x + 8.9901$)。さらに、64, 128, 256 g/m²の3つのデータをもとに近似直線を引いた($y = -1.0747x + 7.0909$)。2本目の近似直線を火口近傍まで延長すると、堆積物の密度を1,500 kg/m³としたとき、火口近傍(10⁴m²)での層厚は約40cmとなる。この層厚は、火口近傍での現地調査の結果(5cm～50cm)とほぼ一致する。このため、近似直線をそのまま火口近傍まで延長することにした。64 g/m²の等重量線で囲まれた領域の外側の範囲を積分すると9,600トン、内側の範囲を火口近傍まで積分すると39,000トンとなった(第9図)。したがって、これらの合計から総降灰量は49,000トンとなった。

4.5 降灰量データの検討

降灰量の算出結果から、以下のことが言える。

- (1) 降灰分布域のうち、約50%以上の面積を占める64 g/m²の等重量線よりも外側の領域の降灰量は、降灰量全体の約20%以下に過ぎない。
- (2) 64g/m²の等重量線よりも内側の領域の降灰量が、全体降灰量の80%近くを占める。
- (3) 山麓のみの定面積試料のデータから火口近傍まで外挿して算出した総降灰量は、過小・過大評価となる(第5図;第7図;第8図)場合がある。したがって、火口近傍での堆積物の層厚調査が、より正確な総降灰量を算出する上で重要である。

近年の国内の論文では、等層厚線が1本得られれば、総噴出量を算出できる、結晶法による経験則に基づいた



第10図 有珠火山北西部の西山西麓, 金比羅山北西麓周辺, 洞爺温泉街周辺の火口群と調査地点 (S1~S8). N1-3火口は3月31日の噴火の火口である. N-B火口は西山西麓で2000年11月の段階でも活発な火口である. K-A火口とK-B火口は, 金比羅山北西麓で2000年11月の段階でも活発な火口である. 地形図は, 国土地理院発行の5,000分の1地形図「平成12年(2000年)有珠山噴火地形図III(国土地理院技術資料C・1-NO.284 XI-PF31)」(平成12年4月26日, 5月25日撮影の空中写真に基づく)を使用した.

Fig. 10 Eruption craters and survey points (S1-S8) at the western foot of Nishiyama Volcano, the northwestern part of Kompirayama Volcano, and Toyako-Spa area. N1-3 craters were formed by the 13:07- March 31, 2000 eruption. N-B crater is the active crater at the western foot of Nishiyama Volcano. K-A and K-B craters are active craters at the northwestern part of the Kompirayama Volcano. A 1:5,000-scale Mt. Usu 2000 eruption topographic map published by the GSI (C・1-NO.284; XI-PF31) was used.

Hayakawa(1985)の簡便法($V=12.2TS$; T=等層厚線の層厚, S=等層厚線が占める面積)が広く用いられている(例えば, 奥野ほか, 1997). しかし, この簡便法は, 等層厚線が数本以上得られた場合に, それぞれの等層厚線についてこの式で総噴出量を計算すれば明らかなように, 総噴出量の値に1桁以上の誤差が生じることがある(宝田ほか, 1997). 一方, ここで紹介した方法を使えば, やや手間はかかるが, 数本の等重量線を作成し, グラフ上で区間ごとにいくつかの近似直線を引くことで, より正確に降灰量を算出することが可能である.

5. 火口近傍の状況

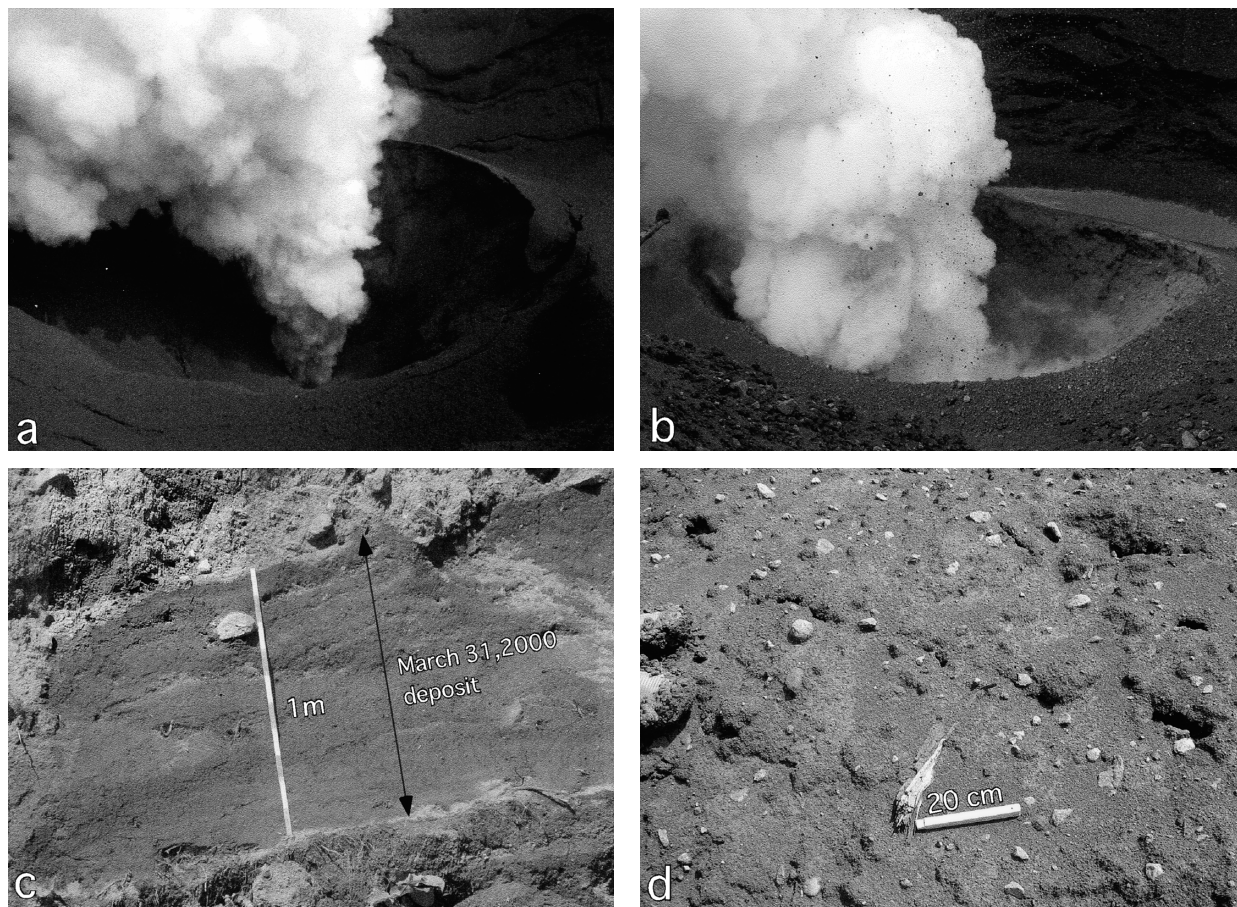
5.1 N-B火口の状況

2000年6月以降, 水蒸気爆発によって影響が及ぶ範囲が次第に小さくなってきた. このため, 立ち入り禁止区域が次第に縮小された. これに伴って, 研究者によって, 火口周辺でも観測機器の設置や堆積物の調査が行われるようになった. 6月以降2001年3月までほぼ毎月火口周辺に入り, 西山西麓と金比羅山の火口周辺の調査を行った(第10図; 第11図; 第12図). 5月下旬以降も噴煙活動が活発

に続いていた火口は, 西山西麓のN-B火口と金比羅山北西麓のK-A火口, K-B火口である(第10図; 第11a図; 第11b図).

第11a図は, 6月22日に北大の西村と宝田が, 光波測距用の反射ミラーを西山西付近に設置した際に撮影した写真である. N-B火口の西側のリム(第10図のS7地点)から撮影した. N-B火口の直径は約100mであり, 基底部の直径約175m, 高さ約15mの噴石丘の中に火口がある. N-B火口の火口底には, 直径約75mの小型の噴石丘がある. 小型噴石丘の火口内部はすり鉢状になっている. 火口壁の周辺にはいくつかの亀裂があり, 部分的に地滑りによって火口内部に滑り落ちている. 噴石丘は, 直径数10cm以下の円磨された類質礫や異質礫と, ラピリ, 砂, シルト, 粘土サイズの淘汰の悪い基質からなる(第11d図). 4月1日以降の噴出物と比較して, シルト, 粘土サイズの粒子の割合が高い傾向がある. 固結した泥のかたまりや, 破碎された木片なども多数見られる.

6月22日のN-B火口の噴煙は, 噴石丘外側からの観察では100~200 mの高さまで穏やかに白煙を上げていた. しかし, 火口西壁から火口内部の状況を観察すると, 噴出口から直径10数cm以下の礫を絶えず数m~15mの高さま



第11図 西山西麓と金比羅山北西麓の火口付近の状況。(a) N-B火口内部の状況(2000年6月22日;第10図S7地点から撮影)。(b) K-B火口内部の状況(2000年8月23日)。数10cm以下の礫や固結した泥を多量に吹き上げている(第10図S3地点から撮影)。(c) 3月31日13時7分~の降灰による堆積物(2000年8月24日撮影;第10図S8地点)。(d) N-B火口周辺の堆積物の状況(2000年8月24日撮影;第10図S6地点)。

Fig. 11 Situations near the source crater area. (a) A phreatic eruption plume inside the N-B crater (taken on June 22, 2000 at the S7 point). (b) A phreatic eruption plume inside the K-B crater (taken on Aug. 23, 2000 at the S3 point). Numerous blocks (<30cm) and cemented mud pieces were ejected. (c) A 1m-thick phreatomagmatic eruption deposit derived from the 13:07-March 31, 2000 eruption (taken on Aug. 24, 2000 at the S8 point). (d) Deposit near the N-B crater (taken on Aug. 24, 2000 at the S6 point).

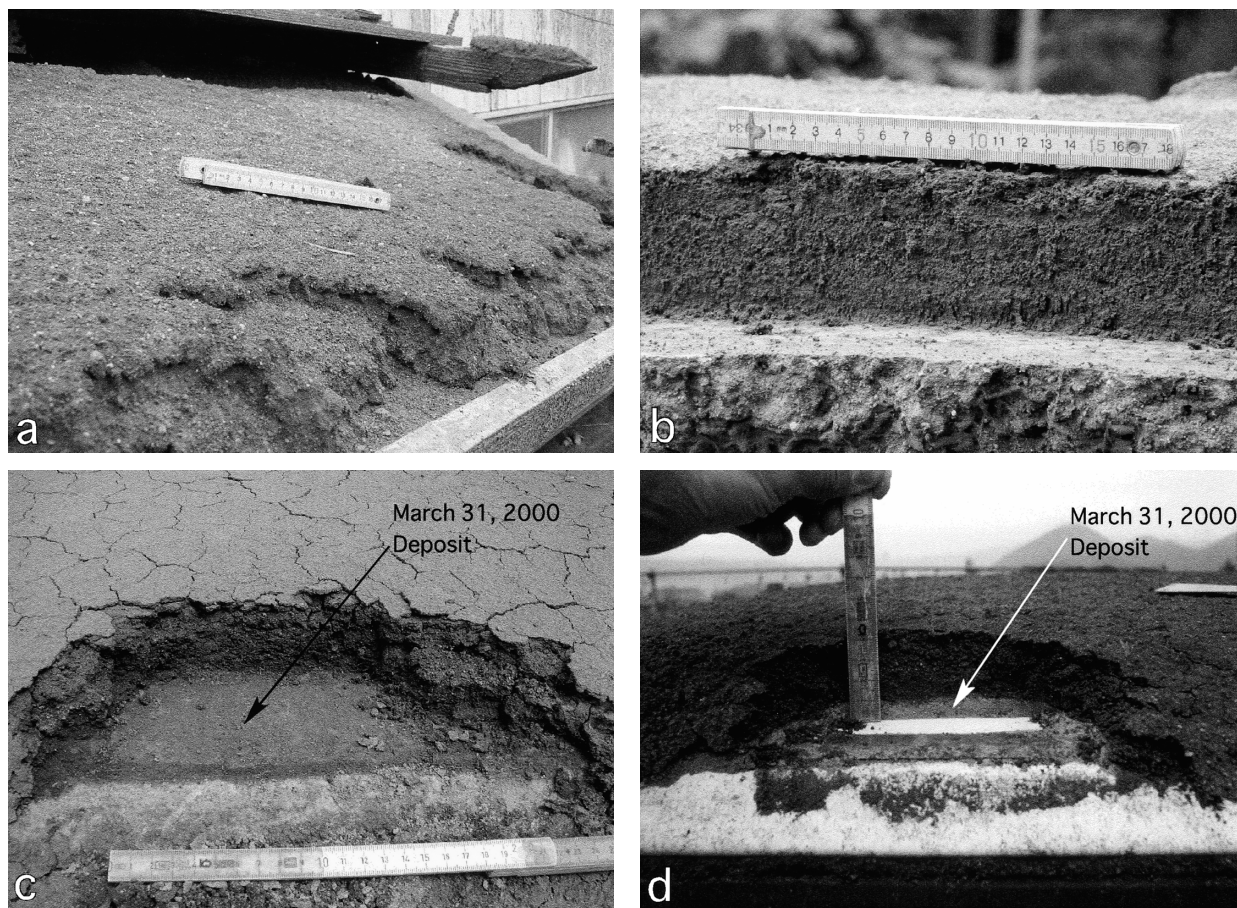
で激しく吹き上げていた。すり鉢状になった小型噴石丘の火口内部に落下した礫は転がり落ちて、再び噴出口の中に落下した。こうした過程を何度も繰り返すことによって、噴石丘を構成している礫は円磨されたと考えられる。噴出口の直径は3m~7m程度であった。この噴出口から勢いよく白色噴煙が吹き出していた。また、噴出口の近くでは、噴煙は毎秒数回転以上の速度で上から見て反時計方向に竜巻状に回転していた。噴煙は、約10m~20m上昇したあたりで、徐々に拡散して穏やかな白色噴煙となり、ゆっくりと上昇した。

8月23日、24日に地質調査所(当時)の星住、宮城、宝田、北大の西村で現地調査を行った際には、N-B火口の火口底の深度はさらに深く(>25m)になっていた。火口内部の小型噴石丘は消失していた。火口底には、多量の砂礫

が堆積していた。噴出口付近では、ガスの上昇によって直径約5m~10mの範囲の砂礫が流動化し、液体が沸騰するように、激しく泡立つ現象が見られた。また、火口リムの堆積物に人さし指の指先を近づけると、静電気によって小さな火花が飛ぶ現象が見られた。これは、粘土~シルトサイズの粒子が帯電していたためであると考えられる。

5.2 K-B火口の状況

第11b図は、K-B火口の南側(第10図のS3地点)から、8月23日に星住、宮城、宝田、西村で調査を行った際に、火口内部の状況を撮影した写真である。K-B火口は直径約120mであり、山麓の直径約220m、高さ15m~20mの噴石丘の中に火口がある。火口の深さは約20mである。K-B火口は2000年11月でも、まだ活発に水蒸気爆発を起こして



第12図 降灰の状況. (a) 第10図S3地点の屋根の上に堆積した3月31日の降灰(2000年8月23日撮影). (b) 第10図S3地点の道路の上に堆積した3月31日の降灰(2000年8月23日撮影). (c) 第10図S1地点に堆積した降灰(2000年7月6日撮影). 矢印の部分が3月31日の降灰. (d) 第10図S2地点の放置自動車の屋根に堆積した降灰(2000年7月6日撮影). 下部の層厚0.9cmの白色の堆積物が3月31日の降灰.

Fig. 12 Ash fall deposits. (a) The 13:07 - March 31 ash fall deposit on a roof at the S3 point(taken on Aug. 23, 2000). (b) The 13:07 - March 31 ash fall deposit on a road at the S3 point(taken on Aug. 23, 2000). (c) Ash fall deposits at the S1 point. The lower 0.7cm-thick light gray ash fall deposit was derived from the 13:07- March 31, 2000 eruption (taken on July 6, 2000). (d) Ash fall deposits on a car roof at the S2 point. The lower 0.9cm-thick light-colored ash layer was derived from the 13:07- March 31, 2000 eruption.

おり、火口から半径500mの範囲内では、時折空振も聞こえていた。火口底には直径約70mの小型の噴石丘があり、小型噴石丘の火口から、盛んに白色噴煙が湧き出すように上がっていた。直径数10cm以下の礫や固結した泥が高さ数m～20mの高さまで吹き上げられていた(第11b図)。噴石丘は、直径数10cm以下の円磨された礫や固結した泥のかたまり、木片を多量に含んでいた。基質部分は、淘汰の悪いラピリ、砂、シルト、泥でできていた。この堆積物は、降雨のあとは靴に泥がこびりついて、非常に歩きにくい状況であった。

5.3 N1-3火口周辺の3月31日堆積物の状況

第11c図は、3月31日13時7分～の噴火による堆積物の露頭写真である。この露頭は、N1-3火口の北90mの小火

口の壁に露出している(第10図のS8地点)。堆積物の調査は、8月23日と24日に星住、宮城、宝田、西村が行った。この露頭では厚さ約1mの3月31日の堆積物が露出している。旧地表面の下には、下位から厚さ60cmのUsu-bベースサージ堆積物(1663年)、厚さ2cmと3cmの細粒火山灰を主体とするサージ堆積物、厚さ20cmの文政熱雲(block-and-ash flow)堆積物(1822年)、厚さ2cm～10cmの5枚の砂礫層、厚さ3cmの土壌が露出している(曾屋ほか、1981)。

3月31日のマグマ水蒸気爆発による堆積物は、層厚0.5cm～9cmの多数の層からなり、層厚は側方に変化する。各層の基質は、粗粒砂～シルトサイズ、もしくは細粒砂～シルトサイズの粒子からなる。最大粒径1cmの発泡度の低い(本質)白色軽石を含む。また、直径1.2cm以下のや

や円磨された類質礫や異質礫を含む。さらに、直径10cm～30cm程度の有珠山外輪山溶岩でできた弾道礫を含む。3月31日の堆積物の上位には、4月上旬以降の、層厚2cm～19cmの比較的粗粒な噴出物が覆っている。3月31日の堆積物については、現在、各層ごとに粒度組成や、構成物の種類、構成物の化学組成などを分析中であり、別の機会に詳細を報告する予定である。

5.4 降灰の状況

第12a図、第12b図は、N1-3火口から750m離れた地点(第10図のS4地点)での降灰の状況である。ここでは、層厚7cm～10cmの3月31日の堆積物が見られた。堆積物は、ラピリ～粘土サイズの淘汰の悪い粒子からなる。堆積物中には、直径1cm以下の白色軽石が含まれていた。

第12c図、第12d図は、7月6日に宝田と電力中央研究所の三浦が行った、洞爺湖周辺での現地調査の際に撮影した降灰の状況である。第12c図の写真は、第10図のS1地点の道路脇の歩道で撮影した。最下部に、層厚0.7cmの粗粒砂～シルトサイズの粒子からなる淡色の3月31日堆積物が見られた。この3月31日の堆積物には6mm以下の白色の軽石が含まれていた。その上位には、層厚2.8cmの中粒砂～シルトサイズの層があり、最上部に層厚1.7cmの極細粒礫～シルトサイズの層が堆積していた。上位の2層は、主にK-A火口やK-B火口からの噴出物である可能性が高い。7月の調査の際には、K-A火口やK-B火口からは常時細粒火山灰が降っており、風向きによっては、火口から700m離れた地点で15分程度車を放置しておくで、微量の降灰が確認できる状態であった。

第12d図の写真は、第10図のS2の地点に噴火前から放置してあった乗用車の屋根に堆積した火山灰の状況である。ここでも、下部に層厚0.9cmの中粒砂～シルトサイズの3月31日の白色の層が見られた。その上位には、層厚1.3cmの極粗粒砂～シルトサイズの層があり、最上部に層厚2.0cmの細粒礫～シルトサイズの層が堆積していた。これらの層もK-A火口やK-B火口からの堆積物であると考えられる。また、最基底部には層厚1mmの細粒砂～シルトサイズの層が見られた。これは3月31日の噴火ごく初期のあまり噴煙の勢いが強くなかった段階(13時7分～10分頃)の降灰である可能性が高い。

6. まとめ

- (1) 最大規模の2000年3月31日13時7分～16時頃のマグマ水蒸気爆発による降灰分布は、N65°E～N30°Eの方向が主軸であり、降灰量は124,000トンであった。
- (2) 4月1日12時～4月2日12時の間の噴火による降灰分布は、N145°Eの方向が主軸であり、降灰量は21,000トンであった。
- (3) 4月2日14時～14時10分の小噴火による降灰分布は、

N110°Eの方向が主軸であり、降灰量は450トンであった。

- (4) 4月4日16時～18時の噴火による降灰分布は、N10°W～N8°Eの方向が主軸であり、降灰量は49,000トンであった。
- (5) 降灰分布図のうち、50%以上の面積を占める、64g/m²の等重量線よりも外側の領域の降灰量は総降灰量の約20%以下に過ぎず、64g/m²の等重量線よりも内側の領域の降灰量が総降灰量の約80%以上を占める。
- (6) 山麓のみの定面積試料のデータから火口近傍まで外挿して算出した総降灰量は、過小・過大評価となる場合があり、火口近傍での堆積物の層厚調査が、より正確な総降灰量を算出する上で重要である。
- (7) 西山西麓のN-B火口、金比羅山北西麓のK-B火口周辺の水蒸気爆発堆積物は、円磨された礫や固結した泥を含む、淘汰の悪い堆積物であった。
- (8) 西山西麓のN1-3火口近傍では、3月31日の噴火による総層厚1mのマグマ水蒸気爆発堆積物が見られ、各層は厚さ0.5cm～9cmの粗粒砂～シルト、細粒砂～シルトサイズの基質から成り、直径数cm以下の白色軽石や数10cm以下の弾道礫を含む。
- (9) 洞爺湖温泉付近では、厚さ0.7cm～0.9cmの白色軽石を含む3月31日の降灰が見られ、その上に厚さ数cmの数枚の火山灰層が見られた。

謝辞 本報告で用いた降灰算出方法は、1996年の北海道駒ヶ岳の噴火の際に北海道大学大学院理学研究科研究生(当時)の吉田真理夫博士(現在:ダイヤコンサルタント)が開発した方法であり、その後の改良によって現在のよう形となった。ここに記して感謝の意を表したい。

調査に当っては、筆者の一人宝田は、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地質調査所北海道支所の方々、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本所の噴火対策チームの方々、北海道大学、北海道立地質研究所の有珠山噴火総合観測班の方々にはさまざまな面で大変お世話になった。また、北海道大学の岡田 弘教授と宇井忠英教授には、有珠山総合観測班のとりまとめ役として大変お世話になった。筆者のうち北海道大学に所属するメンバーは研究経費として文部省科学研究費補助金(特別研究促進費課題番号12800001,研究代表者:岡田 弘;基盤研究C課題番号12640461,研究代表者:宇井忠英)、平成12年度北海道庁受託研究「北海道における火山に関する研究」(研究代表者:岡田 弘)を使用した。火山灰薄片は北海道大学理学研究科薄片技術室の桑島俊昭氏および野村秀彦氏に作って頂いた。また、古川竜太博士によるコメントは、本論文を改善するうえで大変有効であった。ここに記して深く感謝する。

文 献

- 羽坂俊一・西村裕一・宝田晋治・高橋裕平・中川 充・斎藤英二・渡辺和明・風早康平・川辺禎久・山元孝広・廣瀬 亘・吉本充宏(2001)有珠火山2000年噴火の山体変動-北東山麓割れ目群の変位およびセオドライトによる北麓,西麓の観測結果.地調研報,52,155-166.(本特集号)
- 長谷川裕之・小荒井衛・渡辺信之・飯田 洋・松尾 馨(2000)写真で捉えた有珠山の火山活動に伴う地表変動の時系列変化.日本火山学会秋季大会講演予稿集,170.
- Hayakawa Y. (1985) Pyroclastic geology of Towada Volcano. Bull. Earthq. Res. Inst., 60, 507-592.
- 広瀬 亘・田近 淳・八幡正弘・宝田晋治・川辺禎久・風早康平・山元孝広・吉本充宏(2000)地表変形からみた有珠山2000年噴火における地殻変動.日本火山学会秋季大会講演予稿集,47.
- 北海道新聞社(2000)有珠山噴火.北海道新聞社出版局,札幌,64p.
- 稲葉千秋・並川和敬・片岡達彦・向山 栄・曾我智彦・鈴木拓・総合観測班地質グループ(2000)日本火山学会秋季大会講演予稿集,181.
- 門村 浩・岡田 弘・新谷 融(1988)有珠山 その変動と災害.北海道大学図書刊行会,札幌,258 p.
- Katsui Y., Komuro, H. and Uda T. (1985) Development of faults and growth of Usu-shinzan cryptodome in 1977-1982 at Usu Volcano, northern Japan. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. IV, 21, 3, 339-362.
- 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.
- 西村裕一・宝田晋治・斎藤英二・宇都浩三・風早康平・松島健・高木朗充(2000)有珠山2000年噴火に伴う西山麓の地殻変動.日本火山学会秋季大会講演予稿集,45.
- 岡田 弘・森 濟・大島弘光(2000)2000年有珠山噴火はどう予知されたか.日本火山学会秋季大会講演予稿集,22.
- 奥野 充・守屋以智雄・田中康平・中村俊夫(1997)北関東,高原火山の約6500cal yr BPの噴火.火山,42,393-402.
- 斎藤英二・西村裕一・渡辺和明・宇都浩三・風早康平・宝田晋治・羽坂俊一・高橋裕平(2000)光波測距による有珠火山2000年噴火の山体変動観測.日本火山学会秋季大会講演予稿集,160.
- 曾屋龍典・勝井義雄・新井田清信・堺幾久子(1981)有珠火山地質図.火山地質図2,地質調査所.
- 須藤 茂・渡辺和明・斎藤英二・池田国昭(2000)空中写真による有珠火山西麓2000年火口周辺の山体変動解析.日本火山学会秋季大会講演予稿集,49.
- 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・広瀬 亘・荒井健一・吉田真理夫・佐々木寿・児玉浩・宇井忠英・岡崎紀俊・石丸 聡・渡辺精久・橋本政樹(1997)1996年11月雌阿寒岳の噴火(2):一降灰の分布形態,状況,降灰量一.地球惑星関連学会1997年合同大会予稿集,801.
- 宝田晋治・中川光弘・吉本充宏・北川淳一・吉田真理夫・宇井忠英・岡崎紀俊・広瀬 亘・石丸 聡・佐藤十一・太田良久(1999)北海道駒ヶ岳1998年10月25日の小噴火.1999年地球惑星科学関連学会合同大会予稿集,Vd-P014.
- 宝田晋治・西村裕一・羽坂俊一・高橋裕平・中川 充・渡辺和明・斎藤英二・風早康平(2000)有珠火山2000年噴火の山体変動-セオドライトによる北麓,西麓の変動観測.日本火山学会秋季大会講演予稿集,161.
- 東宮昭彦・宮城磯治・星住英夫・川辺禎久・山元孝広(2000)有珠火山2000年噴火の本質物質.日本火山学会秋季大会講演予稿集,30.
- 東宮昭彦(2001)有珠火山2000年噴火の空撮写真-4月1日に次々と形成された火口群一.地調研報,52,I-II.(本特集号口絵)
- 東宮昭彦・宮城磯治・星住英夫・山元孝広・川辺禎久・佐藤久夫(2001)有珠火山2000年3月31日噴火とその本質物.地調研報,52,215-229.(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.
- 宇井忠英・吉本充宏・古川竜太・石塚吉浩・吉田真理夫・宮地直道・勝井義雄・紀藤典夫・雁沢好博・野上健治(1997a)北海道駒ヶ岳1996年3月の噴火.火山,42,141-151.
- 宇井忠英・吉本充宏・佐藤十一・橋本 勲・宮村淳一(1997b)北海道駒ヶ岳1996年3月噴火の噴出量の再検討.火山,42,429-431.

(受付:2001年1月10日;受理:2001年1月10日)