2000年有珠火山の噴火とその被害

廣瀬 亘*・田近 淳**

要 旨

有珠山は、2000年3月31日、北西山麓からマグマ水蒸気爆発を起こした。火口が住民の生活圏や主要交通路に近接していたこと、噴火に伴う地殻変動が顕著であったため、噴火の規模が比較的小さかったにもかかわらず、住民の避難生活は長期化し、周辺市町村に大きな被害を与えている。火山活動は噴石や火口からの泥流の流下など、噴火による直接的被害のほか、火口周辺のドーム隆起とそれに伴う山麓部の圧縮・横ずれなどの地盤変形をもたらした。このため、火口周辺から山麓にかけての高速道路、国道をはじめとする道路施設や、上・下水道などのライフライン、河川施設、工場や住家などの建物が被害を受けている。一方、今回の噴火では、地震活動、地殻変動の観測から、噴火が山体北西部から発生する可能性の-highいことが噴火直前に予測され、ハザードマップに基づく住民の避難が速やかに行われたため、これまでに一人の犠牲者も出さずに至っている。今回の噴火は、適切なハザードマップが作られ、十分に活用されれば、有効な減災が行い得ることを示した。

Key words : 有珠山 Usu volcano, 噴火 eruption, 災害 disaster, ハザードマップ hazard map

1. はじめに

有珠山は、北海道南西部に位置し、更新世後期以降活発な活動を続けている活火山である(図-1)。とくに、歴史時代以降(1663年以降)の噴火はデイサイト質マグマの活動で特徴づけられ、山頂や山麓での噴火による火砕流、火砕サージ、降下火砕物の噴出や、溶岩ドーム・潜在ドームの形成、非常に顕著な地殻変動、および二次的な泥流・土石流により周辺地域に大きな被害を与えている¹⁾。2000(平成12)年3月31日、有珠山は北西山麓から噴火した。前回の噴火(1977~1978年)から、およそ23年ぶりの噴火である。噴火活動およびそれに伴う地殻変動は噴火当初よりも弱まりながらも現在まで継続し、山麓の市町村に大きな被害を与えている。

北海道立地質研究所では、3月28日から北海道大学、工業技術院地質調査所、北海道教育大学旭川校などと共同で現地調査を開始し、噴火以降は総合観測班として他の機関と協力して火山活動の監視・観測を継続している。以下では、現時点(6月9日)までの火山活動の経過および被害の状況について述べる。

2. 噴火の経過

有珠山では、南山腹の気象庁地震観測点(A点)において、3月27日8時以降急速に地震が増え始め、顕著な群発地震が開始された(図-2)。1時間あたりの地震回数は急速に増加し、28日1時31分ごろには有感地震が、28日15時48分には、低周波地震も観測され始めた。振幅 $3\mu\text{m}$ 以上および

図-1 位置図

*北海道立地質研究所 Geological Survey of Hokkaido
 E-mail:whirose@gsh.pref.hokkaido.jp

**北海道立地質研究所 Geological Survey of Hokkaido (会員)
 E-mail:jun@gsh.pref.hokkaido.jp

図-2 有珠山 2000 年噴火における 1 日ごとの地震回数
(振幅 $3\mu\text{m}$ 以上)

室蘭地方気象台発表の火山観測情報に基づき、北海道立地質研究所企画情報課作成

$35\mu\text{m}$ 以上の地震回数は29日昼まで次第に増加し、同日16時前後からは急速に増加、1時間あたり地震回数は最大120回以上に達した。30日昼から地震回数はしだいに減少する傾向へ転じた。

噴火に先立ち、有珠山周辺では顕著な地殻変動が観察され始めた(図-3)。3月30日には、壮瞥町壮瞥温泉、虻田町洞爺湖温泉町、有珠山北西部の北屏風山において、断層が形成された。さらに、31日朝までに、西山～金比羅山にかけて、北東-南西方向の断層群、ついで、3月31日には、有珠山北西麓の国道230号線付近で顕著な地割れ、断層群が確認された。31日13時の噴火は、この国道付近の地割れ群から開始した。

一方、有珠山の山麓ほぼ全域にわたる地殻変動が、噴火に先駆けて北海道大学大学院理学研究科附属地震火山研究観測センターと北海道立地質研究所が設置したGPS観測網により検出された。GPSによれば、山体が山麓方向へせり出すような変動が有珠山山麓全域において30日以降認められ、有珠山北西麓の洞爺湖畔では、30～31日にかけて最大1m/日に及ぶ水平変位量が検出された。断層や地割れ・顕著な地殻変動は有珠山のとくに北西部に集中して現れ、比較的浅い震源も有珠山北西部に集中していたため、有珠山北西部からの噴火の可能性が比較的高いことが噴火前に予想された。

なお、噴火後の北海道立地質研究所、北海道大学、地質

調査所の調査により、有珠山周辺の井戸において顕著な水位上昇が観測された。これらの井戸の水位は、火山性地震の増加(3月27日)前後から急速に上昇し、一部の井戸では自噴した。また、有珠山北西部に近い井戸ほど水位が大きく上昇する傾向があった。これらの井戸では3月31日の噴火以降、次第に水位が低下しつつあるが、虻田町市街地では噴火後に西山に近い泉地区などで湧水の湧出量が大きく増加した。

3月31日13時07分、有珠山西山腹の西山の西麓からマグマ水蒸気爆発噴火が開始した。噴煙は黒灰色のカリフラワー状噴煙であり、高さ数百mに達するコックスティルジェット、噴石と火山雷を伴っていた。噴煙高度は火口上空3,500mに達した(口絵：写真-1)。降下火砕物は北東～東北東方向に流れ、洞爺湖温泉街東部では降下火山灰の厚さは5cmに達し、遠方では札幌市、千歳市でも降灰が観測された。総合観測班地質グループ(北海道大学、北海道立地質研究所、地質調査所)により算出された31日午後の噴火による火山灰の総噴出量は、火口遠方における降灰量からの見積もりで94,000トン、現時点で見積りができない火口近傍の降灰量を考慮すると20～100万トンである。さらに4月1日昼には、有珠山北西麓の金比羅山西山腹からも噴火が開始した(口絵：写真-2)。2日以降、西山西麓、金比羅山の両火口群では、多数の火口を形成しつつ黒灰色のカリフラワー状噴煙・コックスティルジェットと白色噴煙を断続的に噴出し有珠山周辺地域に降灰をもたらしたが、7日ごろからは、大量の水蒸気を伴うコックスティルジェットに続いて灰混じり噴煙が上昇する形態(ジェット型)へ移行した。4月中旬からは、噴火は両火口群でそれぞれ主に2つの火口に限定され(口絵：写真-3)、水蒸気の量が減少、噴煙とともに土砂を火口周辺に放出する炸裂型噴火を伴うようになりつつ現在に至っている(口絵：写真-4)。

一方、火口となった西山西麓火口群周辺では、顕著な隆起が認められている。隆起量は、建設省土木研究所による航空レーザー測量では、3月31日～4月26日の間で30～65mと見積もられている。

地震活動は、31日の噴火以後引き続き低下傾向をたどり、4月1日3時12分には最大規模の地震(M4.6)が発生したが、地震回数は4月9日以降一日に数～20回前後となっている。

3. 火山活動に伴う地盤変形

火山活動の進展に伴って、西山西麓火口群周辺では、隆起運動やそれに伴う正断層帯が形成された(口絵：写真-5)。一方、これらの山麓部にあたる虻田町市街地や洞爺湖温泉周辺では、山体の隆起に伴う様々な側方圧縮現象が発生した。この圧縮現象は地表では、アスファルト路面での圧縮リッジの形成(口絵：写真-6)や、道路縁石や路面ブロックの座屈、V字溝の雨水升への貫入、地盤隆起とそれによる

図-3 有珠山 2000 年噴火における火口・断層・地盤変形および泥流流下堆積範囲分布図
(建設省国土地理院発行 25,000 分の 1 地形図「虻田」を使用した)

グラーベン・地すべりの形成(口絵:写真-7),横ずれや引張による開口クラックの形成などとして認識される。

山麓部での地盤変形は,3月30~31日朝にかけて出現した。当初,伊達市有珠地区や北山麓の壮瞥温泉地区など有珠山全体を取り囲むように発生したが,噴火後は北西部山麓の虻田町市街地や洞爺湖温泉地区付近に集中した(図-3)。これらは,有珠山北西山腹を中心とする半円状の分布を示し,変形領域の西縁(変形フロント)付近では,少なくとも40cm以上に及ぶ隆起が生じた。圧縮リッジや縁石の座屈から推定された圧縮方向はおおむね西山西麓火口群付近を中心に放射状の分布を示すが,局所的な地盤構造の影響を受けてやや異なる方向を示す地域も認められる。縁石の座屈・側溝の短縮から推定された短縮量は,虻田町入江地区において,3月31日~4月19日までに少なくとも124.2cm以上である。その後短縮現象は弱まりつつも継続している。

これらの山麓部での圧縮変形は,中位段丘面,扇状地,沖積面など地盤表層が比較的軟質な地域で顕著である。また,変形フロント周辺を除き顕著な隆起・沈降や断層を伴わないことから,表層部の軟質な堆積物が隆起の中心域からの圧縮により塑性変形したために発生したと考えられる。深さ6mに埋積された下水道管が損傷していることから,

少なくとも深さ6m以深までは大きな変形を受けていると想定される。

火口群西方に位置する三豊地区では,噴火後の4月中旬~下旬にかけて,横ずれ断層やグラーベンが形成され,地すべりのような表層滑動が発生した。この地域は新第三系の分布地域であり,これらの現象は第四系の分布地域の地盤変形とはかなり異なっている。これらの動きは,地質状況を反映しているとともに,火口周辺の隆起現象のセンスを直接反映している可能性もある。

なお,有珠山北側の洞爺湖に面した山麓では,噴火開始前後に,東側の壮瞥温泉地区で右横ずれ断層群が,また西側にあたる洞爺湖温泉街の洞爺湖協会病院周辺では左横ずれ断層が形成された。これらの断層群に挟まれた地域(洞爺湖温泉町東側)では断層や圧縮性の変形が少ないことから,この地域はブロックとして振る舞い洞爺湖側(山麓側)へせり出すような地すべり的な運動を行っていたと考えられる。

4. 火山活動に伴う被害

4.1 今回の噴火に伴う被害の特徴

今回の有珠山の噴火は,歴史時代以降の過去の噴火と同

様に群発地震、地殻変動といった前兆現象を伴っていた。噴火時期の予知に成功したこと、噴火規模が比較的小さかったこと、さらに地元住民の防災意識の高さもあって、幸いにも噴火に直接伴う犠牲者は出ていない。しかし、山麓での噴火であったために火口が周辺住民の生活圈や国道、鉄道などの主要交通路にきわめて近接していた。このため、噴火規模の割に周辺地域へ及ぼした影響は大きく、なおかつ避難は長期化している。

有珠山噴火に伴い山麓では、火口からの噴石、噴出ないし溢流した泥流および地盤変形による被害が発生している。また、地震による被害もわずかながら認められる。

4.2 噴石と降灰による被害

噴石による被害は被害地域の大部分が未だ避難指示地域のため不明である。観測ヘリからの観測や現地調査によれば、火口群周辺の建物や道路などで被害が著しい。虻田町月浦(火口から北西へ2km)では、4月17～18日にかけて、半固結した粘土からなる“火山弾”が北海道大学により採集された。虻田町泉では、直径60～100cmの噴石が、西山西麓火口群から約1km地点の民家を直撃しているのが確認された(口絵：写真-8)。また、道央自動車道虻田洞爺湖IC付近では、路面上に直径数10cm～1mの噴石が多数散乱している。洞爺湖温泉町では、金比羅山火口群から北に約300mのアパート群が噴石により損傷し、同600mの洞爺湖温泉小学校にも噴石が到達している。今後の調査により、噴石による災害の全容が明らかになるとみられる。

降灰は火口周辺で厚いが、これによる直接的な被害は現在のところ報告はされていない。

4.3 地盤の変形による構造物の被害

地盤の変形によって道路や、鉄道、住宅、上・下水道などの構造物が大きな被害を受けている。国道230号線は、火口群を横切するため大きな被害を出している。虻田町泉では隆起と断層で道路は完全に破壊され、国道上に火口が形成された。また、虻田市街地のJR室蘭本線跨線橋が損傷したほか、洞爺湖温泉町～虻田町入江間の各地で、断層や圧縮変形により損傷した(口絵：写真-6)。

道央自動車道は伊達市有珠～虻田町にかけて被害を受けている。とくに火口から1kmの範囲にはいる洞爺湖虻田IC～洞爺トンネルにかけては、圧縮リッジの形成や路面の隆起・横ずれ、橋脚の損傷などの被害を受けた(口絵：写真-9)。洞爺トンネルは、右横ずれ運動のためにスパンが海側にせり出すようにずれたり、亀裂が形成されコンクリートが落下するなどの被害を受けた。

JR室蘭本線は山麓部の変形フロント付近に位置し、虻田町入江において3月31日以降に線路の屈曲、路盤の隆起が発生したため(口絵：写真-10)4月中旬まで不通となった。

上・下水道は、虻田町内、とくに入江～泉にかけて損傷

が発生している。また、虻田町市街地と洞爺湖温泉を結ぶ幹線下水道(トンネル)は噴火に伴い隆起した西山西麓火口群の近くを通過しており、大きな被害を受けている可能性がある。

擁壁などの河川施設も虻田町内の各地で損傷した。有珠山周辺の砂防施設は、西山川上流で火口形成のために砂防ダム一基が破壊されたほか、金比羅山周辺、西山周辺をはじめ壮瞥温泉や伊達市大平でも、地盤変形(ないし地震)のために砂防ダムに亀裂が発生している。

住宅の被害も、主に座屈変形によるもので、一部は不等沈下や横ずれによるものも見られる。虻田市街地では火口に近い泉地区や変形フロント近くに被害が多い。

4.4 泥流による被害

金比羅山火口群に近い地域では、火口から噴出ないし溢流した泥流により住居、橋梁などの構造物が破壊、損傷、埋積されている。金比羅山火口群からは、4月1日以降、泥流(熱泥流)の発生が目撃されている。5日には、泥流が西山川に沿って洞爺湖温泉町へ流下し、4月8日には流路工から溢流^いし始めた。その後も間欠的に火口から泥流が発生、西山川下流の住宅地は泥流堆積物に覆われている。

一方、4月以降6月上旬まで有珠山周辺において連続降雨量20mmを越える降雨が5度観測されたが、有珠山周辺の各河川では、小規模な土砂移動は認められるものの、土石流・泥流の発生はこれまで報告されていない(有珠山土砂災害対策専門家チーム調査)。しかしながら、西山川上流の金比羅山火口群、板谷川上流の西山西麓火口群では、噴火により大量の火山灰が堆積している。これらの地域では、降雨、融雪に伴い多くのガリーが形成されており、土層表層部における浸透能が著しく低下していることが予想され、なおかつ火山活動に伴う隆起が顕著である。このため、今後まとまった降水があった場合、これらの地域から土石流、泥流の発生の可能性がある。

5. ハザードマップと今回の噴火

有珠火山では、周辺市町村により1995年にハザードマップ²⁾が作成されている。このマップでは山頂噴火と山麓噴火の2つの場合が想定されていた。山頂噴火の場合は、降下火砕物、火砕流、火砕サージ、火山泥流、土石流、噴出岩塊の被害を受ける可能性がある地域、山麓噴火では、火口となる可能性のある場所と噴出岩塊の被害を受ける可能性のある地域が図示されている。

今回の噴火では群発地震の発生後、このマップに基づく避難勧告・指示が出された。さらに観測によって、山体北西部から爆発的な噴火をする可能性が指摘されたため、有珠山現地連絡調整会議は噴火に先立つ3月30日に、山体北西部からの噴火と火砕流・火砕サージの被害を想定して急遽ハザードマップの見直しを行い、虻田町月浦・泉地区を

避難指示地域とした。31日の噴火はハザードマップによる山麓噴火想定域の西縁へわずかに外側で発生したが、ハザードマップに基づきあらかじめ適切な避難が行われていたために、人的な被害は出なかった。

今回の有珠山の噴火では、火山の専門家と行政が連携するとともに、ハザードマップを的確に活用した。人命への被害がくい止められた点で、ハザードマップが減災に有効に働いた例となった。なお、数次の噴火災害と共存してきた地元住民の火山防災に対する意識の高さがそれを支えたことは言うまでもない。

6. ま と め

今回の有珠山噴火は、噴火に伴う降下火砕物の被害はそれほど大きくなかったものの、山麓噴火であったために火口が住民の生活圏や主要交通路に近接し、地殻変動が大きかったことも併せて、周辺地域に大きな被害を及ぼしている。噴火に伴う避難者数は、3月31日の噴火直後で、伊達市・壮瞥町・虻田町あわせて、6,874世帯、15,770人に及ん

だ。その後避難指示地域は段階的に縮小したが、6月7日時点で1,291世帯、2,426人が未だに避難生活を余儀なくされている(北海道庁調べ)。5月以降、泥流や噴石による新たな被害は報告されておらず、山麓における地盤の変形も局在化ないし著しく減速している。しかし、これらの地殻変動は継続しており、今後マグマの新たな供給などのイベントが生じた際には、再び被害地域が拡大する可能性も残されている。今後も、火山活動およびこれらの地表変動の注意深い観測が必要である。

引 用 文 献

- 1) 横山 泉・勝井義雄・大場与志男・江原幸雄(1973): 有珠山-火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策, 北海道防災会議, 254p.
- 2) 伊達市・虻田町・壮瞥町・豊浦町・洞爺村(1995): 有珠山火山防災マップ, 伊達市・虻田町・壮瞥町・豊浦町・洞爺村.

(2000年6月13日受付, 2000年7月19日受理)

Jour. Japan Soc. Eng. Geol., Vol.41, No.3, pp.150-154, 2000

The 2000 Eruption of Usu Volcano and Related Damages

Wataru HIROSE and Jun TAJIKA

Abstract

Phreatomagmatic eruption has occurred at the western flank of Usu volcano, southwestern Hokkaido, northern Japan, at 31 March 2000. Surrounding towns have been seriously damaged and refuge has been prolonged for three months, because the eruptive vents have formed close to residence category of surrounding towns and the main traffic routes, and the eruption has involved remarkable crustal movement. Serious damages by crustal deformations (such as many pressure ridges, cracks, buckling deformations of the kerbstones, and landslide-like surface movement), uplift, ballistic ejecta, mudflow, earthquakes occurred near the volcano. Important national routes (national roads, railways, and the highway), houses, buildings, water pipes, transmission lines, retaining walls, bridges have been damaged or destroyed. On the other hand, sites of the vents and the time of eruption have been predicted by scientists based on the sites of the crustal movement and the earthquake foci. Hazard map of the volcano was corrected based on the observation results and refuge has been done before the eruption. So no victim occurred until now. This case indicates that appropriate hazard map and the effective utilization of it can decrease the disaster.

Key words : Usu volcano, eruption, disaster, hazard map

2000 年有珠火山の噴火とその被害

写真-1 洞爺カルデラ縁から見た
西山西麓の噴火

3月31日2回目の噴火(14:05
ごろ)の様子。カリフラワー状の
黒色噴煙を上げる噴火が断続的に
続いた。左下、噴煙の下に洞爺湖
温泉街がみえる。

写真-2 ジェットを吹き上げる金比羅山の火口

噴火からはほぼ一週間は、多くの火口を形成し、黒煙とジェットを
上げる噴火が交互に続いた。洞爺カルデラ縁(サイロ展望台)から見
た4月2日15:00ごろの噴火。

写真-3 北西側上空から見た4月13日の噴煙

4月中旬になると火口はほぼ固定化した。左側が金比羅山火口群
の2つの火口、右側が西山西麓の火口。自衛隊ヘリから9:10ごろ
撮影。

写真-4 洞爺カルデラ縁から見た4月26日の噴煙

4月下旬から5月にかけて、しばしば重く垂れた灰色の噴煙を上
げる様子が見られるようになった。洞爺カルデラ縁(サイロ展望台)
から。

写真-5 西山西麓火口群周辺の断裂と火口

火口周辺には火砕丘が形成され、隆起による断層変位や噴石により建物が破壊された。右下は国道 230 号。隆起によって川が閉塞され水たまりができている(右上)。自衛隊ヘリから(4月13日)。

写真-9 橋台の継ぎ目の変形

火口群の南西約 1 km に位置する高速道にもさまざまな被害が及んだ。橋台の継ぎ目は、初めに開き、次に圧縮されてぶつかり、横ずれした。道央自動車道、泉一の沢橋付近(4月27日)。

写真-6 山麓で発生した道路の変形

山麓の虻田町市街地や洞爺湖温泉街では、縁石の座屈やアスファルトの圧縮変形が発生した。周囲には火山灰が堆積している。国道 230 号、洞爺湖温泉中学校付近(4月27日)。

写真-8 噴石に直撃された住宅

柵や玄関フードが破壊されている。噴石は3月31日の噴火によるものと見られる。西山西麓火口群の西方約 1 km、虻田町泉地区(5月1日)。

写真-7 山麓の畑に形成したグラーベン

山麓の変形フロント付近では地盤がわずかに隆起し、斜面では地すべり状の表層変形が発生した。これは、虻田高校付近の畑に見られる地すべり頭部のグラーベン(5月1日)。

写真-10 鉄道線路の変形

山麓の変形フロント付近に位置する JR 室蘭本線では、地盤の隆起や横ずれによって、線路の変形が発生した。国道 230 号との交差点付近、跨線橋の橋脚も圧縮変形を受けている(4月12日)。