

◆ 危機管理特集 ◆

噴火に伴う有珠山土砂災害緊急対応について

仲野公章* 杉浦信男** 葛西勝栄*** 山越隆雄****

1. はじめに

2000年3月31日、北海道の有珠山は23年ぶりに噴火した。噴火によって大量の火山灰が山腹斜面に堆積し、泥流の発生する危険性が増大した。前回の1977-78年の噴火時には、噴火終了後に発生した泥流によって3名の犠牲者が出た。そこで、建設省では、今回の有珠山噴火に伴う泥流による被害を防止するために、監視・観測活動を行うとともに泥流に対する緊急的な対応についての指導を行ってきた。本報では、2000年有珠山噴火における泥流災害防止に関する主に建設省及び北海道建設部のこれまでの取り組みについて概説する。



写真-1 火口から上がる噴煙 (2000年4月16日撮影)

2. 有珠山 2000年噴火の概要

北海道の有珠山(標高732m)は、3月27日から

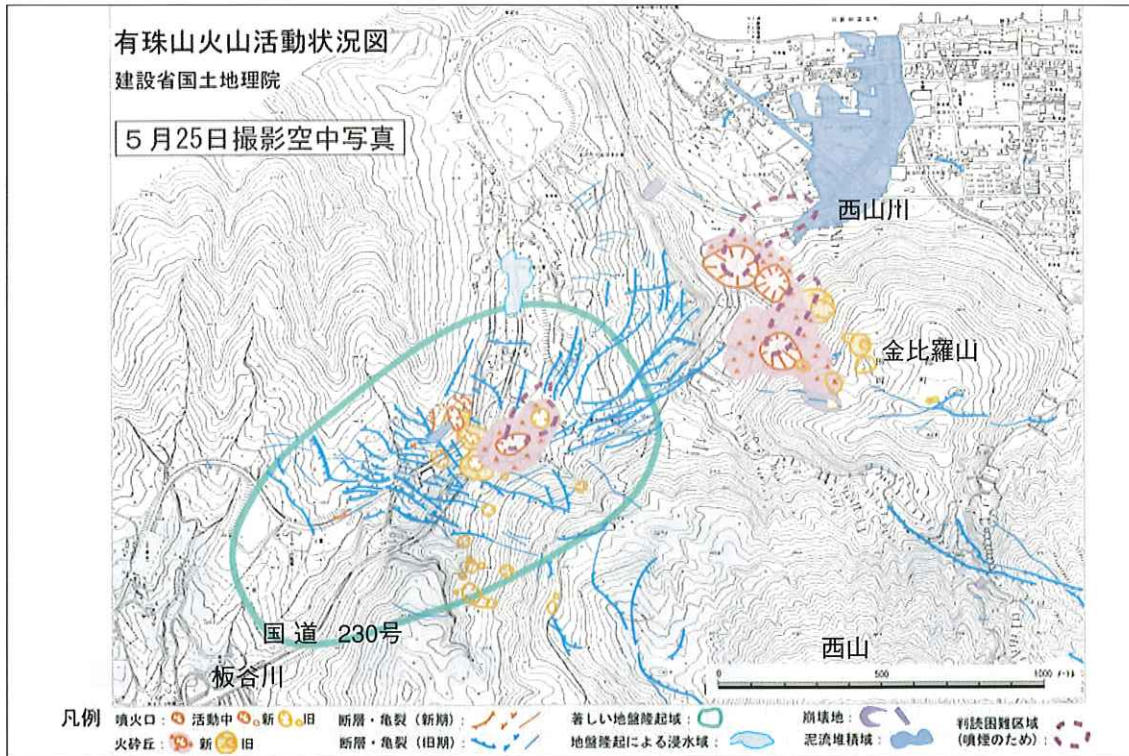


図-1 有珠山の噴火状況図 (国土地理院作成に加筆)

地震活動が活発化し始めた。以後地震回数・規模ともに増加し、29日に室蘭地方気象台は噴火前としては史上初めて緊急火山情報を発表して、警戒を呼びかけた。そして、3月31日13:10頃、西山西麓において1978年以來の噴火が始まった。噴火の形態は、水蒸気爆発またはマグマ水蒸気爆発であり、大量の火山灰が噴出された。翌4月1日には、金比羅山西麓からも噴火が始まり、その後、西山西麓から金比羅山西麓にかけての範囲で、次々と新たな噴火口から噴火が始まり、このエリアには、1ヶ月の内に、50を超える数の噴火口が形成された(写真-1, 図-1)。

3. 危機管理体制

3.1 建設省の体制

建設省では、3月28日に注意体制、翌29日には緊急体制を敷き、有珠山が噴火した直後、3月31日13:15には、河川局長を本部長とする建設省の有珠山火山噴火災害対策本部が設置され、今後の基本対処方針が決定された。

3.2 職員の派遣

3月29日の緊急火山情報の発表を受けて、有珠山現地連絡調整会議(3月31日14:30、有珠山噴火非常災害現地対策本部(以下、現地対策本部という)へ変更)に建設省防災・海岸課長が派遣された。噴火が始まった3月31日には、政府調査団の一員として建設省砂防部長ほか2名が派遣された。その後、4月1日に土木研究所砂防部から専門家2名が、翌2日に建設省砂防課火山・土石流対策官が派遣され、現地において主に情報提供活動を行った。

3.3 現地の体制

そして、4月3日に、泥流・土石流から人命を守るための土砂災害対策として、危険渓流における各種調査・検討、その他必要な措置を講じることを目的として、建設省砂防部、同土木研究所砂防部、北海道建設部、北海道開発局など関係各機関合同で土砂災害対策専門家チームが編成された。

土砂災害対策専門家チームは、有珠山周辺における泥流発生の危険性を把握するために、火山灰堆積深の測定やヘリコプターからの目視観測及び望遠ビデオ画像の解析等を行ってきた。また、降雨時には、現地対策本部へ雨量情報を提供し、降雨終了後には、土砂流出状況の確認を行った。こ

れらの調査結果は、現地対策本部会議において、逐次報告するとともに、ホームページ上でチームレポート及び現地調査写真等を公開している¹⁾。

4. 有珠山噴火中に実施された泥流対策

4.1 泥流の発生に備えた監視・観測

4.1.1 災害対策用ヘリコプターの派遣

関東地方建設局配備の災害調査用ヘリコプター「あおぞら」が、4月1日に有珠山に向けて派遣され、翌2日に現地に到着した。そして、北海道開発局配備の「ほっかい」とともに4月3日より、刻一刻と変化する噴火活動の推移に合わせて、降灰分布、主要砂防施設の堆砂状況等を把握するため、上空から有珠山の目視観測を開始した。6月20日時点での調査飛行回数は、「あおぞら」、「ほっかい」合わせて167回にのぼった。

一方、火山活動が活発化したため、4月3日に、有珠山の噴火口を中心とした半径5kmの範囲が、飛行制限空域とされた。その後、4月15日には、制限空域が半径3km以内へと縮小されたものの、火口周辺の状況を肉眼によって観察することは困難となった。そこで、広い範囲が制限空域に指定されている間は、手持ちの望遠レンズ付きカメラや防災台付き望遠ビデオカメラ(WESCAM)を用いることによって、有珠山周辺の土砂流出状況及び土砂災害発生の危険性について監視を行った。

4.1.2 GPS搭載無人ヘリコプターによる調査²⁾

今回の噴火により有珠山周辺には火山灰が厚く堆積し、各渓流で泥流の発生が懸念されていた。とりわけ、流域内での地形変化、火山灰堆積ともに著しく、下流に市街地、幹線国道のある板谷川では、泥流の発生が危惧された。しかし、噴火口

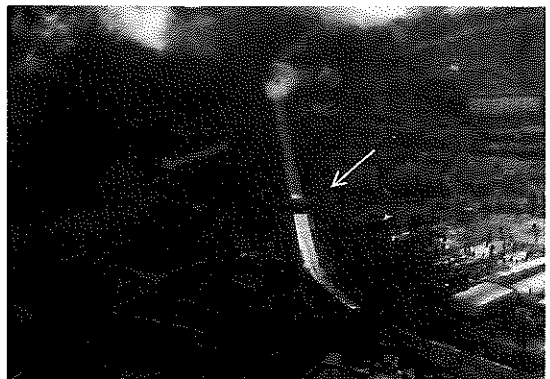


写真-2 西山川流路工内を流下する小規模な1次泥流(熱泥流)と流された橋脚(矢印)



写真-3 調査に向かう無人ヘリコプター

を中心とした広い範囲で立ち入りが制限されていたため、泥流の発生に係る斜面の状況を詳細に調査することができなかった。

そこで、郵政省の協力も得て、GPS 搭載自律型無人ヘリコプターを、ヤマハ発動機(株)と共同で、4月24～26日にかけて板谷川上流域に接近させ、近接画像の撮影を試みた。従来もラジコンヘリコプターを利用した調査が行われてきたが、機位を保つために目視操縦が不可欠であるため、人間が遠近感を感じられる距離(150m程度)の遠隔操作しか行うことができなかった。しかし、今回用いた無人ヘリコプターは、搭載したGPSによって、自ら機位を保持するため、数kmもの遠隔操作が可能となった。

無人ヘリコプターによって得られた画像の一部を写真-4に示す。写真の中に写っているボールは、無人ヘリコプターから、堆積物の厚さを目視によって正確に見積るためにスケールとして投下したものである。この調査によって、板谷川上流域の降灰堆積深分布及び旧国道230号上に堆積し

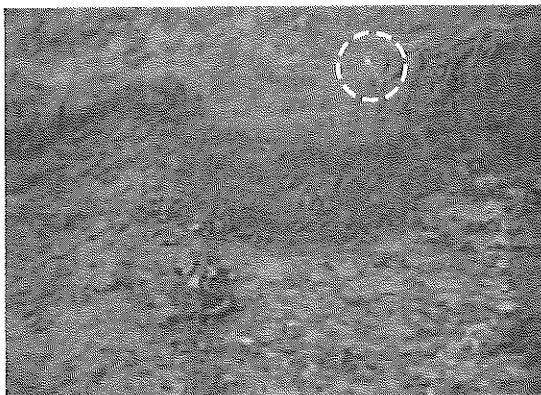


写真-4 国道230号上の泥流堆積物。堆積物上に突き刺さったボール(写真右上、長さ1.4m)は、スケールとして無人ヘリコプターから投下したものである。(2000年4月26日撮影)

た泥流堆積物の堆積厚(最大4.5m)の概略を知ることができた。

4.1.3 航空レーザー測量の実施³⁾

有珠山の噴火活動に伴う地形変化を詳細に把握し、今後の泥流発生の危険性を検討するために、噴火直前の3月31日及び噴火開始後約1ヶ月が経過した4月26日に、ヘリコプターによる航空レーザー測量を行った。航空レーザー測量とは、GPSによってヘリコプターの正確な3次元位置情報を取得しながら、搭載したレーザー測量器によって地表面をくまなく測量する技術である(図-2)。従って、従来行われてきている航空写真測量のように、人間が現地に立ち入って対空標識を設置することなく、正確な絶対3次元座標を得ることができる。

図-3に、3月31日から4月26日間の有珠山西部の地形変化量分布図を示す。この図によると、3月31日に噴火が始まった西山西麓の火口を中心として、最大で65m隆起している。隆起範囲は北東-南西方向に分布し、30m以上隆起した範囲が、NE-SW方向に約1km、NW-SE方向に約500mの広がりを持って分布している。このエリアについて地形変化量を計算すると、3月31日から4月26日にかけての地形変化量は $3.95 \times 10^7 \text{m}^3$ であった。この西山西麓を中心とした隆起のため、板谷川では、泥流発生域の地形条件が二つの点で大きく変化したことが明らかになった。一つは、板谷川の道央道との交差点から最も隆起した地点までの区間で、噴火前には縦断勾配が 2.4° であったものが、 6.7° へと増大したことである。もう一つは、最大隆起地点よりも上流側の流域が閉じ、流域面積が 1.15km^2 狭まったことである。これらは、泥流の発生し易さという点で、相反する効果を持つと考えられるので、地形変化

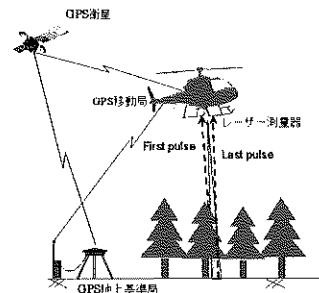


図-2 レーザー測量システムの概要



図-3 有珠山北西部の隆起量分布図 (4/26/00-3/31/00 の標高差分値の空間分布)

の結果から直ちに板谷川における泥流発生の危険性が増したとも減じたとも言えることはできない。今後、板谷川流域の火山灰堆積状況や降雨・土砂流出特性について詳細な調査を行った上で、泥流発生危険度の再評価を行う必要がある。

4.2 泥流の発生に備えた緊急対策工事

4.2.1 板谷川における緊急泥流対策工事 (有人施工)⁴⁾

板谷川の既設遊砂地は、完成後 10 年以上経過し、土砂の堆積が進んでいたため、今回の噴火によって発生するおそれのある泥流に対し、十分な遊砂機能を果たすことができない状況であった。このため、北海道は 4 月 22 日～6 月 7 日にかけて約 12,000m³ の排土を行い、20,000m³ の空き容量を確保した。また、泥流の氾濫を食い止めるため、板谷川の屈曲部に大型土のうを延長約 780m にわたって設置した (図-4、写真-5)。

また、泥流の発生を検知するために、4 月 26 日、図-4 に示す位置にワイヤーセンサーを敷設した。その後、徐々に上流側にその設置位置を移し、現在は、国道 230 号上の泥流堆積物の直下に敷設



写真-5 大型土のうの設置状況 (2000 年 4 月 26 日撮影) してある。

4.2.2 板谷川における緊急泥流対策工事 (無人化施工)⁴⁾

5 月 1 日より、板谷川上流域 (道央道と旧国道 230 号の交叉部の上流側) に、泥流の泉地区及び入江地区への流出を防ぐ目的で、遊砂地 (V=37,000m³) の建設を開始した。施工地が、着手時、避難指示区域であったため、施工は無人化施工機械によって行った (写真-6)。

火山において、初めて無人化施工により緊急的に砂防施設の建設を行ったのは、1990 年から 1995 年にかけて噴火した雲仙普賢岳の水無川においてである⁵⁾。雲仙では、広大な火砕流堆積地上での施工であったため、電波状況も良好で、大型の重機を駆使することが可能であった。しかし、板谷川においては、地形が複雑に入り組んでいること、施工地における見通しがきかないことなどから、無人化施工に当たって多くの制約があった。この点を解消するため、旧国道 230 号を跨ぐ道央道の跨線橋上等にモニターカメラを設置するとともに、雲仙で用いられてきた指向性が強く低出力の無線機 (50GHz, 10mW) ではなく、無指向性で高出力の無線機 (424MHz, 1W) を用いることとした。新しい無線機を用いたところ、見通しが利かなくとも、400～500m 程度の遠隔操作が可能となった。

4.2.3 西山川における緊急泥流対策工事⁴⁾

西山川では、6 月 8 日より、現在 (平成 12 年 12 月 18 日) に至るまで、西山川を閉塞したこんぴら橋の橋桁及び熱泥水堆積物の除去、導流堤の建設などを目的として、有人及び無人化施工が行われている。西山川における無人化施工は、板谷川以上に地形が複雑で建物が多いため、一層困難で

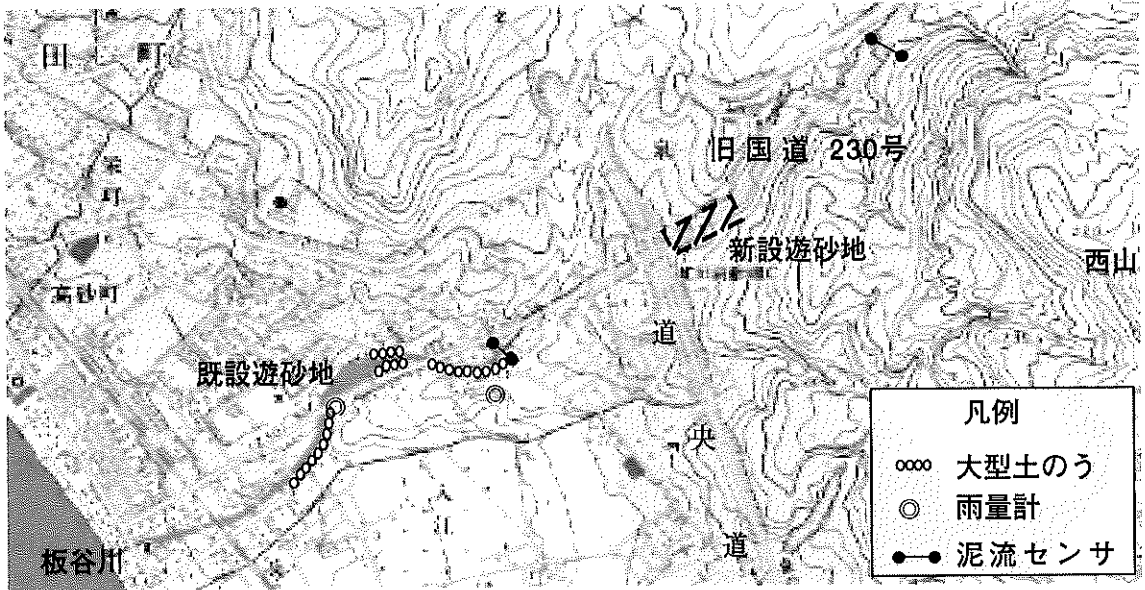


図-4 板谷川における緊急対策工事の概況

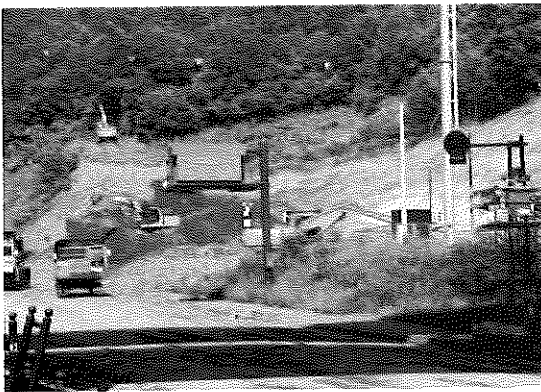


写真-6 板谷川の上流遊砂地の掘削を行う無人化施工機械 (2000年7月14日撮影)

あった。板谷川と同様に、無指向性で高出力の無線機を用いることとしたが、それでも電波が届かず、高さ20mの無線中継タワーを設置しなくてはならなかった。また、施工範囲全域を見渡すモニターカメラを取りつける上で好適な地点がなかったため、無人のカメラ車を、操作基地からの死角を補うように各所に配置することとした。

5. 評価等

2000年有珠山噴火に際し、泥流災害に対処すべく様々な危機管理手法を導入した。ここで、前章で概説してきた泥流対策の内、(1)監視・観測、と(2)緊急対策工事、に分け、それぞれの手法の評価を行うとともに(3)今後の方向性、について検討する。

(1) 監視・観測手法の評価

噴火中の火山では、噴火活動の推移に応じて、泥流が発生する危険性も大きく変化する。したがって、その評価のためには、噴火活動に即応して機動的に監視・観測が行われなければならない。また、泥流発生危険性を把握するためには、地形変化量、火山灰堆積量等の定量的なデータが不可欠である。そして最も重要なことは、調査に伴う危険性はなるべく少なくしなくてはならない。

災害対策用ヘリコプターによる調査は、極めて機動的であり、今次災害においてもその威力を遺憾なく発揮した。ただし、噴火の規模によっては、飛行の安全性が確保できず、調査可能な範囲が制限される。また、目視、またはビデオカメラによる観察であるので、得られる情報は定性的なものに限定され、定量的な状況把握という点では、火山灰の面的な分布調査等、その用途は限られたものとなる。

GPS搭載無人ヘリコプターによる噴火中の火山の遠隔調査は、今回、世界で初めて試みられたものである。この調査手法は、現在開発途上であり、未だ機動的に調査を行うまでには至っていないが、無人機による調査であるため、調査員の安全性の確保という点では最も優れているといえる。また、調査対象に接近可能で、スケールの投下を行うことが可能であることから、堆積物の厚み等をかなり正確に読み取ることができる。実際に板

谷川上流域で読み取った結果は、噴火活動が沈静化した後に行った現地踏査結果(最大堆積厚 5m)ともほぼ一致していた。

航空レーザー測量は、ヘリコプターが飛行可能でありさえすれば、数日の内に詳細な地形データを得ることができる。航空写真測量に比べ、精度・処理速度の点で優れている。また、安全性の面においては、航空写真測量のように対空標識の設置等の現地作業が不要であるという点で優れていると考えられる。ただし、現時点ではコストが高い。

(2) 緊急対策工事の評価

今回、雲仙普賢岳において導入された無人化施工技術が有珠山においても取り入れられた。従来の無人化施工技術は、広大な雲仙普賢岳の火砕流堆積斜面上において培われたものである。今回、有珠山に対して適用するにあたり、電波及び視界の見通しの確保が最も懸念された。しかし、無指向性で高出力の無線機を用いること等により、おおむねその問題は解決することができた。今回の適用を通して、同施工技術の汎用性を高めたものと考えられる。

(3) 今後の方向性

今回の有珠山噴火では、災害調査用有人ヘリコプターが活躍するばかりでなく、すでに実用化されている無人化施工技術についてその有用性が再確認された。そればかりか、無人ヘリコプターによる調査、レーザー測量等の有用性が新たに証明された。しかし、今回の事例では、それぞれの手法同士の連携は十分でなく、個々の手法としてその有用性が示されたに過ぎない。

これら個々の手法を連携して用いれば、それぞれの長所を活かした効果的な監視・観測または対策工事を行うことが可能と考えられるので、今後は各手法の汎用性を高めるとともに連携方策を探る方向での技術開発を進める必要がある。

6. おわりに

災害時の危機管理で重要なことの一つに正確な情報の把握と発信や迅速な応急対応などが挙げられる。噴火活動が活発で人間が接近できないという厳しい状況ではあったが、今回の有珠山の事例においては、従来より一歩進んだ取り組みをなし得た。これには、関係者の多大なご支援やご協力が必須であったことを記し、謝意を表したい。

参考文献

- 1) 有珠山土砂災害対策専門家チーム：有珠山土砂災害対策専門家チームによる調査結果報告，<http://www.mr.had.go.jp/usudata/dosha.htm>，レポート 1～170，2000。
- 2) 仲野公章ほか：GPS 搭載無人ヘリコプターによる有珠山噴火災害調査，土木技術資料，Vol.42 No.6，グラフィア，2000。
- 3) 仲野公章ほか：ヘリコプター搭載レーザースキャナーを用いた 2000 年有珠山噴火時の地形変化測定，ワークショップ「InSAR とその応用」発表論文集，<http://www.eorc.nasda.go.jp/INSAR-WS/meeting/WSindex.html>，2000。
- 4) 北海道建設部：平成 12 年(2000 年)有珠山噴火 半年の軌跡，2000。
- 5) 松井宗広：雲仙普賢岳における無人化施工について，砂防学会誌，Vol.47，No.1，pp.51-53，1994。

仲野公章*



国土交通省土木研究所
砂防部砂防研究室長
Masaaki NAKANO

杉浦信男**



国土交通省砂防部砂防計画課火山・土石流対策官
Nobuo SUGIURA

葛西勝崇***



北海道建設部砂防災害課長補佐
Katsuei KASAI

山越隆雄****



国土交通省土木研究所
砂防部地すべり研究室
研究員
Takao YAMAKOSHI