

II-7 地理情報システム(GIS)を用いた土砂災害情報管理システムの構築に関する調査

研究予算：治水勘定

研究期間：平11～平14

担当チーム：火山・土石流チーム

研究担当者：平11 南 哲行(室長), 清水孝一

平12 仲野公章(室長), 清水孝一

平13～14 渡 正昭(上席), 山越隆雄, 石田哲也

【要旨】

土砂災害、特に、火山噴火に伴う泥流をはじめとする土砂災害の発生危険度評価支援システムの提案を目的として、研究を行った。2000年有珠山噴火災害の際に、土砂災害対策専門家チームが必要とした情報を整理してデータベース化し、その情報を表示する機能を持たせたシステムを作成した。このシステムを実際の有珠山噴火災害に適用し、有珠山周辺の溪流における危険度評価支援を試み、その適用性と問題点を整理した。

キーワード：GIS、泥流災害、有珠山

1. はじめに

土砂災害発生時には、災害発生状況の変化に即応して、意思決定を行う必要があるため、迅速に大量の情報を収集し、分析しなくてはならない。特に、火山噴火に伴う土砂災害に対応する場合には、その発生する現象が多様であり、しかも、予測が困難な場合が多いため、さらに迅速な対応を求められる。

平成12年には、有珠山、三宅島が相次いで噴火し、泥流災害の危険性が危惧された。有珠山噴火の際には、旧建設省、北海道開発局、北海道ほかのメンバーによって構成された土砂災害対策専門家チームの一員として、泥流等土砂災害対策に従事した。同チームは、独自に情報収集を行ったほか、他の機関が発表した情報も収集し、それらを総合的に考慮して、有珠山周辺の溪流に対し、泥流災害危険度の評価を行った¹⁾。噴火中の火山においては、その危険性から、情報収集手段が限られ、噴火後しばらくは情報量もそれほど多く得られることは無い。しかし、近年のリモートセンシング技術および情報処理技術の進歩のため、2000年有珠山噴火の際には、様々な情報が大量に得られ、それらが噴火災害の軽減に役立てられ

た。

しかし、これら多様な情報が、大量に、しかも未整理な状態でもたらされたため、その整理・検討に多くの時間と労力を要したことも事実であった。通常の豪雨に伴う土砂災害等の場合には、災害発生後の緊急体制が長期にわたることはめったに無いが、火山災害の場合には、そのような状況が長期にわたり継続することがある。2000年有珠山噴火の場合には数ヶ月に及んだ。そのため、対策に従事する人間の入れ替わりによって、時には、情報があるにも関わらず、その情報が危険度評価の判断に適切に反映されにくい状態に陥る恐れがあった。

以上のように、火山噴火に伴う土砂災害に対応する場合には、状況の推移に応じた迅速な判断を可能にするために、収集したデータを随時データベース化し、情報の整理を効率的に行う工夫をする必要があると考えられる。また、リモートセンシングデータをはじめとして、有珠山噴火の際に得られたデータの多くは電子データであった。したがって、データベースは、計算機上で作成、利用されるべきであり、また、一般に、火山噴火の

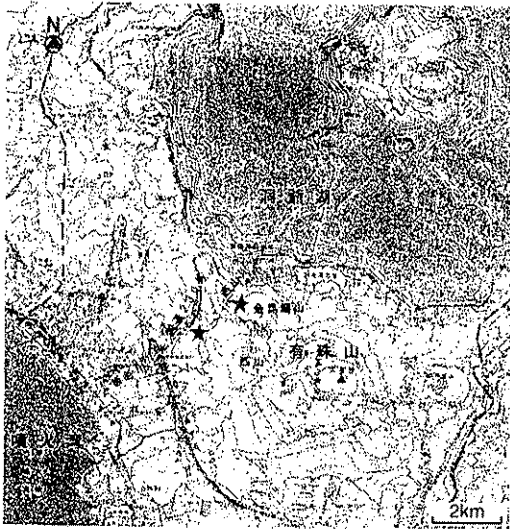


図-1 2000年有珠山噴火における噴火口群の位置

影響は広範囲にわたるため、データは、地理情報によって分類・整理することが望ましく、地理情報システム(GIS)を活用することの価値が高いものと考えられる。

そこで、本研究では、2000年有珠山噴火災害をモデルケースとし、その噴火災害の際に土砂災害対策専門家チームが収集したデータを整理し、GISを活用した火山地域での泥石流危険度評価支援システムの開発を行った。

2. 2000年有珠山噴火の推移

北海道の有珠山(標高732m)は、3月27日から地震活動が活発化し始め、3月31日13:10頃、西山西麓において昭和54年以来22年ぶりの噴火が始まった。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した。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(図-1)。こうした火山活動により、噴火後の3月31日時点では、6,874世帯、15,815人が避難指示、勧告の対象となった²⁾。

噴火活動の結果、地殻変動により地形が変化し、噴出した火山灰が噴火口周辺に厚く堆積した。前回(昭和52、53年)の噴火時には、噴火活動によって有珠山を源とする各溪流の流域が荒廃し、泥石流が数多く発生した。前回の噴火による死者は全て泥石流によってもたらされたため、今回も泥石流によって被害が生じることが強く懸念された。

その後、噴火口から直接熱泥水が噴出し、流下した「熱泥流」の発生があったほかは、幸いにして降雨に伴う二次泥石流の発生は無かった。そして、2000年7月10日には、火山噴火予知連絡会からマグマ活動がほぼ休止したとの見解が発表され、有珠山噴火災害は一応の終息をみた。

3. 泥石流危険度評価に必要な情報の整理

2000年有珠山噴火災害時に土砂災害対策専門家チームが実際に収集した情報の一覧を、その入手方法等とともに表-1に示す。

通常の溪流で発生する土石流と同様に、泥石流は、勾配が急であったり、流域面積が大きいと発生し易い。そのため、流域面積、溪床勾配など流域の

表-1 泥石流危険度評価に必要であった情報とその入手方法(2000年有珠山噴火の場合)

目的	情報	入手方法	備考
土砂等生産源の把握	降灰範囲・厚さ	空中写真(衛星写真含む)判読、ヘリコプターからの目視調査調査、無人ヘリコプターからの踏査、現地踏査	火山噴火予知連絡会の調査発表もある
	斜面崩壊位置・土砂量	空中写真判読、ヘリコプターからの目視調査、現地踏査	
	植生被害状況	空中写真判読、ヘリコプターからの目視調査、現地踏査	
水の所在の把握	積雪範囲・深さ	空中写真(衛星写真含む)判読、ヘリコプターからの目視調査、現地踏査	気象庁からのデータ取得もある
	湛水域(みずたまり)	空中写真判読、ヘリコプターからの目視調査、現地踏査	
土砂移動実績の把握	泥石流流下・氾濫範囲	空中写真判読、ヘリコプターからの目視調査、現地踏査	
	降雨量	雨量観測	気象庁からのデータ取得もある
地形条件の把握	地殻変動量	空中レーザー測量	国土地理院、火山噴火予知連絡会の調査発表もある
	溪床勾配・集水面積	噴火前の地形図読み取り、空中レーザー測量	
防災施設の保全状況の把握	砂防堰堤の空き容量	空中写真判読、ヘリコプターからの目視調査、現地踏査	
	砂防施設の被災状況	空中写真判読、ヘリコプターからの目視調査、現地踏査	

地形的諸元に関する情報は、泥流発生危険度を評価するうえで基本的な情報である。有珠山噴火災害時にも、これらの情報は直ちに調べられ、基礎資料とされた。ただし、西西山火口付近において1ヶ月間に最大65m以上隆起するなど、活発な地殻変動により、地形が著しく変化したため、噴火活動の推移に応じて、随時地形情報を更新する必要があった。

泥流は、土砂と水が混合して流下する現象であることから、その発生危険度を把握するためには、土砂と水の生産源を監視しなくてはならない。水の出発源については、降雨に対する警戒がもちろん重要であるが、それ以外に、有珠山の場合、噴火当初は積雪に注意が払われ、その後、地殻変動などにより、水たまりが形成されるとそれらの監視も行われるようになった。一方、土砂の出発源としては、降下火砕物の堆積範囲および厚さや、斜面崩壊の位置、規模などに注意が払われた。これらの情報の収集には、空中写真判読、ヘリコプターからの目視調査などの手段が用いられた。

そのほか、西山川をはじめとする有珠山周辺の溪流には、前回昭和53～54年の噴火災害後に建造された砂防堰堤、流路工などの対策施設が多数存在していたため、発生した泥流が下流に到達するかどうかは、砂防堰堤等の空き容量にかかっているといえた。そこで、既設砂防施設の空き容量や、破損状況なども情報収集の対象となった。

4. 泥流災害危険度評価支援システムの概要

本研究では、泥流災害危険度評価支援システムを開発し、火山噴火後の土砂災害対策担当者が行う泥流災害危険度評価作業の負担を軽減することを目的とした。そのため、災害時に調査結果として報告される多様な大量の情報をGISとしてデータベース化し、コンピュータ上

で簡単な整理検討を行うことが可能な機能を付加させることとした。本支援システムは、現在最も普及しているGISソフトウェアの一つである、ArcView® Ver.8.2およびSpatial Analyst®をベースとし、その上にMicrosoft社Visual Basic for Application® 6.0を開発言語として用い、支援システムとして特化させるアプリケーションを作成した。また、データベース形式は、一般に広く用いられ、ArcView® Ver.8.2に対応しているMicrosoft Access 2000®形式とした。

データベースは、平成12年6月に国土地理院から発行された「有珠山GIS」^③を基盤データとし、そのほか、別途収集したデータを付け加えることによって作成した。収集したデータの仕様は表-2に示す通りである。各種地図データはshpファイルフォーマットにした。データ収集期間は、噴火活動が活発であった2000年3月～5月の間とした。

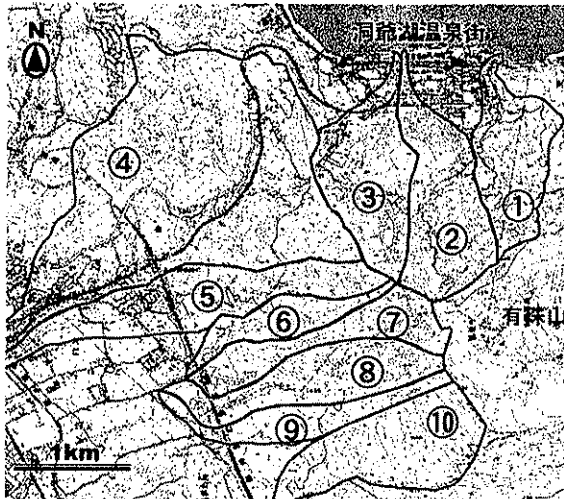
次に、付加した機能の一覧を表-3に示す。本支援システムの機能は、基本的には通常のGISデータ表示ソフトウェアの備えている機能と同じであるが、それに加えて、集水面積や河床縦断勾

表-2 収集データの仕様一覧

	位置	ポリゴン	線	点	日時	数値情報	リンクすべき情報
行政界	○	○	○		確認日時		自治体情報
地区毎の居住者数と世帯数	○				確認日時	居住者数、世帯数	自治体情報
航空写真撮影による地形変化	○	○	○	○	調査日時	ベクトル量	測定者の情報
GPS観測点と基線長伸長状況	○			○	調査日時	ベクトル量	測定者の情報
火口	○	○		○	調査日時		写真
火山灰調査結果	○	○	○	○	調査日時	厚さ、面積、粒径	測定者、写真、記号、柱状図
断層	○		○	○	調査日時	落差、延長	写真、記載
植生(樹種・被害)	○	○	○	○	調査日時	樹種名、被害面積等	写真、記載
建造物(家屋)	○	○		○	確認日時	所有者情報、建物数	
砂防構造物(堰堤等)	○	○	○	○	調査日時	高さ、空き容量等	構造物管理者情報
道路・鉄道	○		○		確認日時	延長距離	通行止情報
各溪流の任意の点における上流側集水範囲および面積	○	○		○		面積	
各溪流の任意の点における溪床勾配	○		○	○		勾配	
方格子-区分(避難指示区域設定)	○	○		○	設定日時	避難者数、避難所収容人数	避難情報
土砂災害対策専門家チーム調査報告	○				調査日時	記録者名	
写真・VTR	○		○	○	撮影日時	撮影者名	対象の記載

表-3 泥石流災害危険度評価支援システムの主な機能の説明

大機能	中機能	小機能	説明
情報表示	属性表示	属性表示	専用ウィンドウによる属性項目の表示 調査結果のメモなど
	写真表示	写真表示	専用ウィンドウによる写真の表示
地理解析	集水範囲	集水範囲作成 属性取得	任意の点の集水範囲の作成 集水範囲の面積など属性取得
	勾配データ	地形断面図作成 渓床縦断面図作成	指定2点間の断面図表示 指定渓流の主流路縦断面図の作成
	出力	図面出力	ファイル保存 画像データ化 印刷
			地図の保存 地図の画像化 地図の印刷



①小有珠右の川、②小有珠川、③西山川、④板谷川、⑤トコタン川、⑥泉3の沢、⑦泉2の沢、⑧泉1の沢、⑨北有珠桃園の沢、⑩北有珠登山口の沢

図-2 有珠山西斜面の10 溪流の流域界

配などが簡易に求められるような機能を加えた。また、最近では、調査レポートは、モバイルパソコン等を持参し、ワープロソフトで作成することが普通であり、写真もデジタルカメラで撮影されることが多い。したがって、これら電子媒体として作成される情報をあわせて GIS データとともに表示可能なようにした。とくに、撮影された写真などは、GIS 上で、その撮影対象にリンクさせて整理することとした。

5. 泥石流災害危険度の判定

現在の研究水準では、溪流毎に火山噴火災害に伴う泥石流災害危険度を絶対評価することは困難である。ここでは、その時点で得られている情報を横並びで比較検討することにより、相対的に泥石流災害危険度を評価することを想定している。以下、有珠山の①噴火開始 1 週間経過後および②およそ 1 ヶ月間経過後の時点において、本支援シス

テムを用いることにより、どのように泥石流災害危険度を評価することが可能であったかを検証する。検証対象範囲は、今回の有珠山噴火の際に噴火活動が集中した有珠山の西側斜面を流域とする 10 溪流(図-2)とした。

①噴火開始 1 週間後 (4 月 6 日)

3 月 31 日に西山西に火口が形成され、その翌日(4 月 1 日)には、金毘羅山西斜面にも新たな火口が形成された。これらは、それぞれ板谷川と西山川の流域に当たる。両エリアの火口から噴出した火山灰は、概ね西～南西の風に流されて、板谷川の上流域、西山川、小有珠川、小有珠右の川、に堆積し、その後、風向きに応じて、有珠山南西側斜面を流域にもつ、泉 1～3 の沢、トコタン川、北有珠桃園の沢、北有珠登山口の沢などの上流域にも堆積した。火口を流域に含むということから西山川と板谷川において特に火山灰堆積厚が大きいと考えられた。そして、その両方の流域に隣接し、西山西火口のすぐ風下側にあたるトコタン川流域でも火山灰は他の流域より厚く堆積しているように見えた。

この時点では、有珠山一帯で、まだ積雪が残っていた。さらに板谷川上流部には幅 30m 長さ 100m 程度の大きさの水たまりが形成されていた。

西山川の砂防堰堤には、この時点で、約 5 万 m³ の空き容量が、板谷川の遊砂池には約 1 万 m³ の空き容量があるものと見積もられていた。

以上が、ヘリコプターからの空中調査などの結果この時点で得られていた情報であり、これらをまとめて表-4.1 に示した。この表では、泥石流災害危険度を増す傾向にあると思われる情報に網掛けをして示した。これによると、全ての溪流が降灰の影響を受け、積雪が残っているため、泥石流発生の危険性があると判断される。しかも、噴火後この時点までに顕著な降雨は無く、この後の雨は、日雨量 8mm、時間雨量 2mm 以上のものについては、常に泥石流発生の危険性を考えなくてはならない。

ただし、これら 10 溪流の中でも、泥石流災害危

表-4.1 2000年4月6日時点の対象溪流における泥流災害危険度関連情報

溪流名	流域面積 (m ²)	降灰状況	火口数	積雪	湛水	土砂移動発生状況	砂防施設の保全状況		泥流非発生事例の降雨データ	
							空き容量 (m ³)	破損状況	総雨量	最大時間雨量
西山川	1,140,000	有り(顕著)	9	有	無	砂防堰堤の堆砂地に流入した堆積物有り	約50000	無	8	3
小有珠川	1,210,000	有り	0	有	無	無	—	無	8	3
小有珠右ノ川	930,000	有り	0	有	無	無	—	無	8	3
板谷川	4,900,000	有り(顕著)	9	有	有	国道230号上に1000m ² 以下の流下堆	約10000	無	8	3
トコタン川	1,380,000	有り(顕著)	0	有	無	無	—	無	8	3
泉3の沢	470,000	有り	0	有	無	無	—	無	8	3
泉2の沢	760,000	有り	0	有	無	無	—	無	8	3
泉1の沢	980,000	有り	0	有	無	無	—	無	8	3
北有珠桃園の沢	560,000	有り	0	有	無	無	—	無	8	3
北有珠登山口の沢	1,230,000	有り	0	有	無	無	—	無	8	3

表-4.2 2000年5月3日時点の対象溪流における泥流災害危険度関連情報

溪流名	流域面積 (m ²)	降灰状況	火口数	積雪	湛水	土砂移動発生状況	砂防施設の保全状況		泥流非発生事例の降雨データ	
							空き容量 (m ³)	破損状況	総雨量	最大時間雨量
西山川	1,140,000	有り(顕著)	7	無	無	洞爺湖温泉街の西山川沿いを中心に大量の土砂流出	約18000	堰堤一部破損、流路工閉塞	71	14
小有珠川	1,210,000	有り	0	無	無	無	—	無	71	14
小有珠右ノ川	930,000	有り	0	無	無	無	—	無	71	14
板谷川	3750000 △1150000	有り(顕著)	22	無	無	無	約10000	一部破損	71	14
トコタン川	1,380,000	有り	0	無	無	無	—	無	71	14
泉3の沢	470,000	有り	0	無	無	無	—	無	71	14
泉2の沢	760,000	有り	0	無	無	無	—	無	71	14
泉1の沢	980,000	有り	0	無	無	無	—	無	71	14
北有珠桃園の沢	560,000	有り	0	無	無	無	—	無	71	14
北有珠登山口の沢	1,230,000	有り	0	無	無	無	—	無	71	14

危険度には差があるものと考えられる。この表を見る限り、降灰が顕著で、流域内に火口、湛水、積雪、そして土砂移動現象が確認され、しかも、これら 10 溪流の中で最も流域面積の大きい、板谷川で泥流災害危険度が最も高いものと判断される。したがって、同様に考えれば、西山川、トコタン川という順に、他の溪流に比べて相対的に危険度が高いと判断される。

②おおよそ1ヶ月後(5月3日)

4月6日以降、5月3日までに、西山西、および金毘羅山西エリアには、最も多い時で50箇所以上の噴火口が形成された。また、西山西を中心として地盤の隆起が著しく進行し、同エリアを中心に、断層や地割れが多数形成された。4月26日に実施された空中レーザー測定の結果、最大65m隆起していることが明らかになるとともに、隆起の中心が位置する板谷川流域では、隆起箇所より上流側の1.15km²の範囲が比高約30mの隆

起によって板谷川の流域から事実上切り離されていることが明らかになった。

そのほか、4月7日～12日にかけて、西山川では、火口から直接噴出し流下する熱泥流が発生し、洞爺湖温泉街の西山川沿いに大量の土砂が氾濫し、堆積している。その結果、西山川の砂防堰堤の空き容量はおおよそ18000m³まで減少し、流路工内に土砂が堆積したり、熱泥流によって押し流された橋桁が流路を塞いでいるため、通水断面が狭まってしまった。

4月6日以降、積雪は比較的早い内に見当たらなくなった。その後、4月21日～22日にかけては、日雨量71mm、最大時間雨量14mm(AMeDAS伊達)という、この地域としてはかなり大きな雨を経験した。しかし、有珠山周辺の溪流で泥流は発生しなかった。

以上がこの時点で得られていた情報であり、これらをまとめて表-4.2に示した。これによると、全ての溪流が降灰の影響を受けているものの、積

雪が無くなり、4月21～22日の雨で泥流が発生していないことから、西山川、板谷川以外の8溪流については、4月6日時点よりも泥流災害危険度は低下したといえる。一方、降灰が顕著で、熱泥流が発生した西山川や、火口が多数形成され、地盤の著しい隆起が進行した板谷川では、他の8溪流に比べて泥流発生の危険性は、ずっと高いと考えられる。特に、西山川では、砂防施設の空き容量が減じており、泥流災害危険度は高いと考えられる。一方、板谷川では、隆起に伴う流域の縮小があり、その点においては、泥流発生の危険性は減少したものとも言えるが、隆起に伴う溪床勾配の増大等のために泥流発生危険度が増えたとも考え得るため、板谷川では、一概に泥流災害危険度が4月6日比べて上がったとも下がったとも言うことはできない。

以上のように、本研究で提案した泥流災害危険度評価支援システムを用いて情報を整理・検討することにより、概ね相対的に泥流災害危険度を評価することができた。実際に有珠山では降雨に伴う泥流は発生していないため、ここで示した評価結果を確かめることはできないが、板谷川、西山川の危険度が高いというは妥当な結果であると考えられる。

6. まとめと今後の課題

2000年有珠山噴火時の土砂災害対策専門家チームの調査結果を詳細に調べてゆくと、すでに確認済みの現象を、その二週間後のレポートで新たに発見したかのように記述したりするなど、調査結果の整理が適切になされていない例があった。これは、火山噴火災害が長期にわたるため、調査担当者が途中で交代し、引継ぎが上手く行かないことがあるためであると考えられる。

本研究を通して開発した泥流災害危険度評価支援システムは、泥流災害危険度評価の精度を高めるものではない。計測技術の進歩に伴い種類、量ともに飛躍的に増大した情報をGISによって管理し、泥流災害危険度評価を効率的に行えるようにするものである。ここで行った検討の結果、2000年有珠山噴火の事例については、本システムは、概ね有効であったものと考えられた。

ただし、今回の場合は後検証を行ったに過ぎず、実際に進行中の火山噴火災害の中で運用したわけではない。実際の噴火災害においてここで提案したようなシステムを用いるにあたっては、本研究でまとめたような情報項目について予めデータベースを構築しておく必要がある。そして、火山噴火が始まってからは、迅速に追加情報を入力することが可能なように、予めフォーマットを決めて情報を収集するように心がける必要がある。

さらに、本システムでは、泥流発生危険度の定量的絶対評価を行うことができない。これを可能にするためには、噴火後の火山における泥流発生メカニズムを解明する必要があり、今後そのような方向性でも研究を進めてゆく必要がある。

参考文献

- 1) 仲野公章・杉浦信男・葛西勝栄・山越隆雄(2001): 噴火に伴う有珠山土砂災害緊急対応について, 土木技術資料, Vol.43, No.2, p.34～39.
- 2) 北海道建設部: 平成12年(2000年)有珠山噴火半年の軌跡, 平成12年10月
- 3) 国土地理院(2000): 有珠山 GIS データ, 国土地理院技術資料 D-1, No.376