

八幡川火山砂防工事砂防調査

北海道 函館土木現業所

1. はじめに

平成 18 年 10 月 2 日夜半から 3 日朝にかけて、渡島半島の南東部は大雨にみまわれた。特に、函館市東部の恵山周辺では短時間で局地的な大雨を観測し、函館市新八幡町（旧榎法華村字八幡）を流れる八幡川（図-1）では、3 日朝、土石流が発生した。

本報告は八幡川で発生した土石流の概況と、それを捕捉した砂防施設の状況について取りまとめたものである。

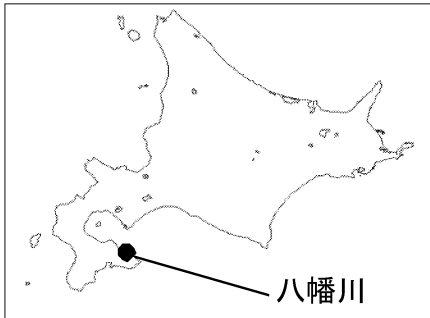


図-1 位置図

2. 八幡川の位置と砂防事業

八幡川は渡島半島の南東部に位置し、活火山恵山の外輪山の北麓を流下して、旧榎法華村市街を経て太平洋に注ぐ、流域面積 1.72km²、流路延長 2.5km、平均勾配 1/8 の普通河川である。地質構造は安山岩質の火山角礫岩層と溶岩及び火砕流堆

表-1 砂防施設概要

砂防施設名	高さ(m)	長さ(m)	計画捕捉量(m ³)	完成年月
1号砂防えん堤	6.5	66.0	2,700	H18年3月
2号砂防えん堤	8.0	70.0	3,600	H19年3月(当時施工中)
3号砂防えん堤	13.5	141.0	28,000	H17年3月
床固工群	3.5~4.0	67~142	-	未施工

積物等の火山噴出物で構成され、山岳部にはミズナラが優先する天然林帯、山麓の緩斜面はスギの植林を中心とする人工林が広がっている。

八幡川の砂防事業は、平成 9 年 9 月台風 5 号に伴う豪雨出水で流域が著しく荒廃したことにより、平成 11 年度から火山砂防事業に着手している。

表-1 に八幡川の砂防施設概要を示す。平成 17 年度までに鋼製スリット構造の 3 号砂防えん堤、コンクリート重力式構造の 1 号砂防えん堤が完成している。また、平成 18 年度は鋼製スリット構造の 2 号砂防えん堤が建設中であり、約 2,000m³の床堀を完了したところで今回の土石流が発生した。

3. 土石流発生時の気象概況

平成 18 年 10 月 2 日夜半、秋雨前線が北上していたところ、三陸沖の前線上で発生した低気圧が発達しながら北海道の南東海上を北東に進み、この低気圧に伴う気圧の谷が渡島半島付近に停滞した。この気圧の谷に向かって南から暖かく湿った空気が流れ込むとともに、北から上空に寒気が流れ込んだため、2 日夜半過ぎから 3 日朝にかけて渡島半島南東部で局地的な大雨となった。

表-2 に恵山周辺の各降雨観測所による降雨観測結果を示す。また、図-2 には 24 時間雨量の降雨分布を示す。恵山を中心とする函館市東部（旧恵山町・旧榎法華村・旧南茅部町）では 24 時間雨量が 100mm を越え、特に恵山山麓から山頂

表-2 恵山周辺の降雨観測結果

月日	時間	釜谷	古武井	白浜川	恵山公園	御崎	元村	水無川上流	水無川下流	榎法華消防
10月2日	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	11	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	18	3.0	2.5	4.0	4.0	2.0	3.0	4.0	3.5	1.5
	19	1.0	3.0	3.5	3.0	3.0	6.5	4.5	6.5	2.5
	20	2.0	2.0	3.0	3.0	1.0	4.0	3.5	2.5	3.0
	21	5.0	4.5	4.5	4.5	3.0	3.5	4.5	3.5	3.0
	22	8.0	5.0	5.0	6.5	4.0	4.5	5.0	4.5	3.5
	23	0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.5	1.0	0.0
24	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	2.0	1.5	1.0	
10月3日	1	1.0	1.0	1.0	2.5	0.0	1.5	1.0	0.5	3.5
	2	3.0	3.0	5.5	5.0	7.0	6.0	8.0	6.5	5.5
	3	12.0	12.5	13.0	13.0	7.0	9.0	12.5	7.0	8.5
	4	25.0	24.0	24.5	20.5	20.0	20.0	26.5	19.5	17.5
	5	40.0	44.5	57.0	54.5	16.0	36.5	44.0	27.0	42.0
	6	30.0	40.5	74.0	81.0	54.0	64.5	82.0	58.5	45.5
	7	2.0	4.0	5.0	6.5	4.0	3.0	4.0	4.0	6.5
	8	3.0	6.0	11.0	10.0	4.0	2.5	5.0	3.5	2.5
	9	0.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
24時間雨量		137.0	156.5	215.5	219.5	129.0	167.5	209.0	150.5	146.0
最大時間雨量		40.0	44.5	74.0	81.0	54.0	64.5	82.0	58.5	45.5

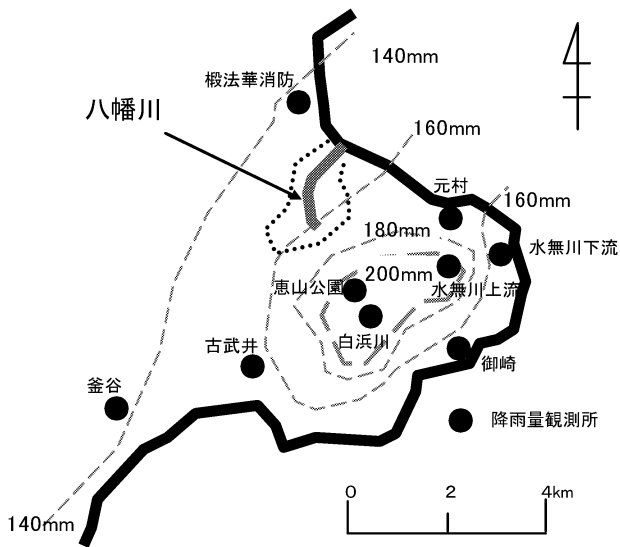


図-2 恵山周辺の24時間雨量降雨分布

にかけては200mmを越える降雨を観測した。降雨は2日夕方頃から始まり、21～22時に若干強い雨が降ったものの、その後は小康状態となっている。3日3時頃、亀田半島付近に発達した雨雲がかかったことから、渡島支庁東部に3時9分、大雨・洪水注意報が、5時1分、大雨・洪水警報が発令された。5～6時にかけて時間雨量16～82mmの大雨がもたらされ、3日9時頃に降雨は収束している。

4. 八幡川の土砂移動状況

土石流発生後に行った調査(図-3)は床固工群より上流1600mの間で、土石流発生前(平成11年)に撮影した河道断面の写真と土石流発生後の河道状況を比較した。また、砂防施設の上流側では発生前後の縦断面を用いて堆積土砂量を算出し、この堆積土砂の粒径調査を実施した。粒径調査は1・3号砂防えん堤の堆砂敷では1m間隔

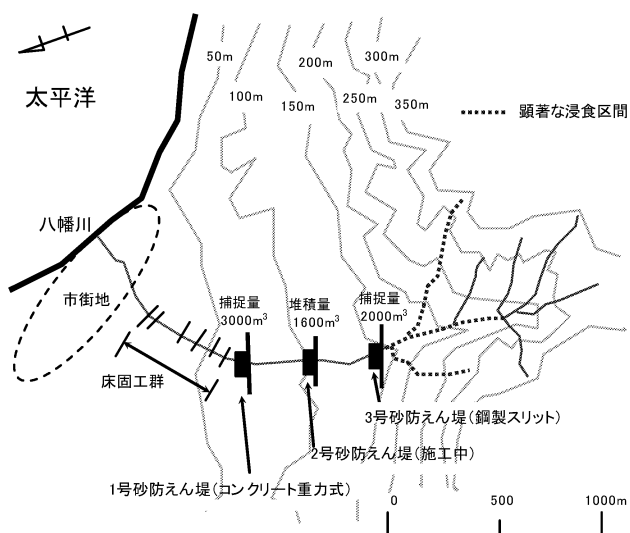


図-3 土砂移動概況図

の線格子法で調査を行い、施工中の2号砂防えん堤については5×5mの面格子法により調査を行った。

本川の土砂移動は写真比較より、ほぼ全区間に渡って発生し、高さ2m内外の土砂堆積及び侵食箇所も確認された。本川における侵食の中心は、溪床の岩盤露頭が多く見られる3号砂防えん堤から3号砂防えん堤上流500m間で、この区間では横方向の侵食も激しく、河道を横断する状態で多くの倒木も見られた。

また、3号砂防えん堤の堆砂地で本川に合流する左右岸支川の侵食も激しく、特に右岸支川で谷の出口付近において深さ1m程度の侵食が確認された。

表-3に粒径調査の結果を示す。最上流に位置する3号砂防えん堤には、巨石や流木を中心に2,000m³の土砂が堆積し、最大粒径1.5m、平均粒径0.5mであった。下流に位置する1号砂防えん堤は、堆積土砂がほぼ水通天端にまで達し、3,000m³の土砂で満砂に至った。堆積土砂の粒径は最大で0.4m、平均粒径0.1mと3号えん堤と比較して小さな粒径であった。

また、施工途中の2号砂防えん堤には、施工完了していた床堀箇所が、今回の土砂移動により1,600m³の土砂で埋没した。堆積した土砂の粒径は、最大で0.7m、平均粒径で0.3mであった。

平均粒径は上流から下流に向かう700m間で、500mmから100mmと1/5となり、細粒化の傾向が確認された。このことは、複数の砂防施設が土砂量に加えて粒径の観点からも土砂移動の規模を低減したものと考えられる。

表-3 堆積土砂粒径調査結果

	調査点(点)	平均粒径(mm)	最大粒径(mm)	最小粒径(mm)
1号えん堤	100	104	400	1以下
2号えん堤(施工中)	25	300	700	20
3号えん堤	80	500	1500	20

5. おわりに

平成18年10月3日に発生した土砂移動は、3号砂防えん堤からその上流500m区間および3号砂防えん堤の堆砂敷に合流する左右の2支川が主な土砂生産源であると推定された。この区間を中心に生産された土砂は、3号、1号砂防えん堤及び2号砂防えん堤の床堀箇所でも堆積した。

これにより下流の市街地区間における土砂災害の発生を未然に防ぐことができたものと考えている。

今後は今回確認できた砂防施設の効果を評価し、事業に反映していきたい。

単災調査費 01009-B01 号 追久保地すべり詳細設計業務 (三次元安定解析による地すべり対策工の検討)

宮城県土木部 大河原土木事務所

1. 目的

平成 19 年 7 月 15 日、宮城県白石市小原において台風 4 号に伴う豪雨を誘因として発生した追久保地すべりは、幅 200m に達し、地すべり地内を通過する市道を流出させると共に、末端部の蝦夷倉川を閉塞、天然ダムを形成するに及んだ大規模地すべりである。

追久保地すべりは、以下の特徴を有するため、通常用いられる主測線のみでの二次元解析では、安定度の評価や対策の配置・規模設定を適切に実施することは困難であると判断した。

①平面形状が移動方向（測線方向）に対して非対称（下流側で前面に向かって押し出したような形状）であり、中央部と側部で断面形状が大きく異なる。

②排土工、盛土工を地すべり対策として行うが、崩落した地すべり土塊の上方斜面にも地すべり地形が存在すること、地すべり末端部が大きく屈曲しながら地すべり移動方向と斜交して流下する沢地形に規制されることから、排土、盛土とも同一の形状を地すべり幅全体には展開できない。

そこで、当地区では適切に安定度を算出して対策工検討結果に反映させることを目的に三次元安定解析を行った。

2. 地すべり調査結果

地質調査として、ボーリング調査10孔、動態観測としてパイプ歪計（10孔）、地盤伸縮計（5基）、地下水水位計（10孔）、移動杭観測等を行った。

調査の結果から、三次元安定解析に供する基礎資料としてすべり面等高線図（図 1）、地下水水位等高線図（図 2）を作成した。

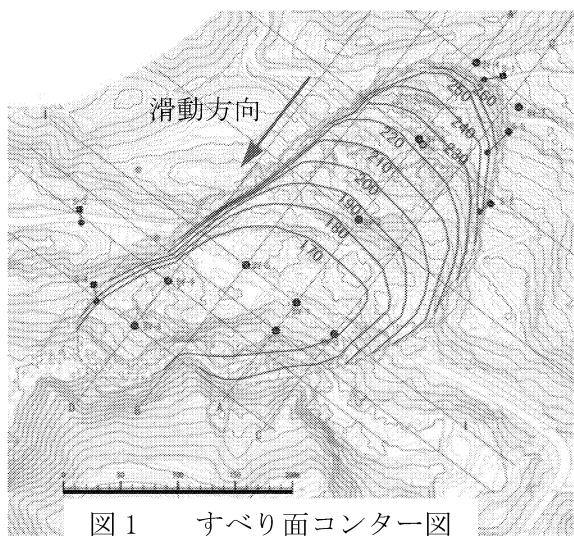


図 1 すべり面コンター図

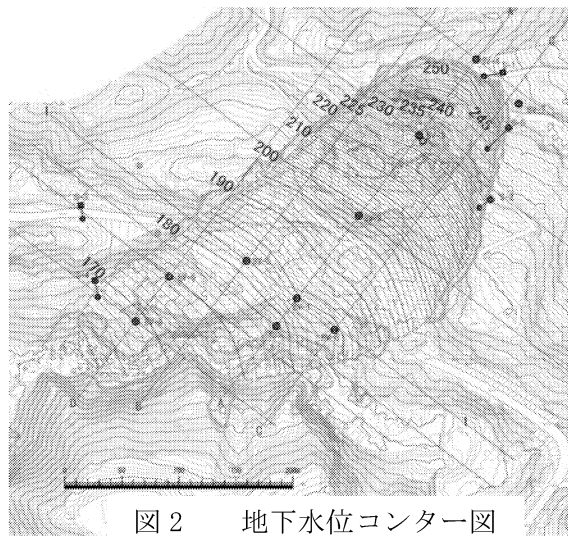


図 2 地下水水位コンター図

3. 三次元安定解析の方法

三次元安定解析には、いわゆる疑似三次元解析と呼ばれ複数の二次元断面の安定解析結果を総合し

て安全率を算出するものと（Lamb-Whitman法等）、地すべり土塊を複数の地塊柱（鉛直な側面を持つ三角ないし四角柱）に分割し、各地塊柱の安定計算要素の総和の比を全体の安全率とする手法（Hovland法等）などがあるが、本業務では後者の計算を行い、2次元簡便法に近い修正ホフランド法を用いた。計算式は下記に示す通りである。

$$F_s = \frac{\tan \phi \cdot \sum (N - U) + C \cdot \sum A}{\sum T}$$

F_s	: 安全率	
T	: すべり面（地塊柱底面）に作用するせん断応力	: kN
N	: すべり面に作用する垂直応力	: kN
U	: すべり面に作用する間隙水圧	: kN
A	: すべり面の面積	: m ²
C	: すべり面の粘着力	: kN/m
ϕ	: すべり面の内部摩擦角	: °

4. 解析結果

地すべり対策工としては、頭部排土工、末端押え盛土工、地下水排除工を採用することとし、それぞれの地形形状で安全率を算出した。

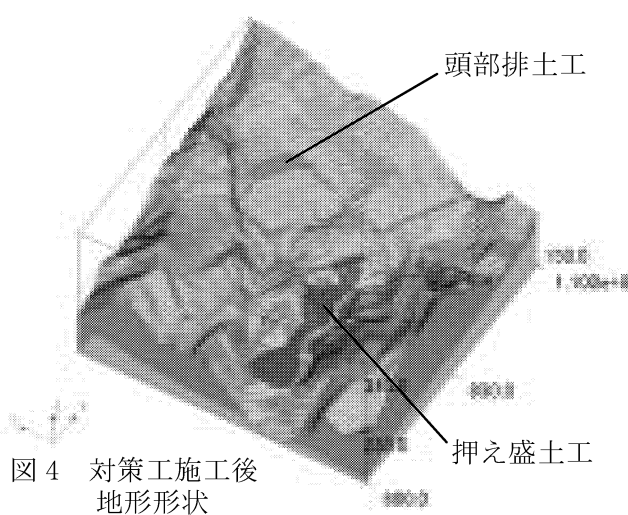
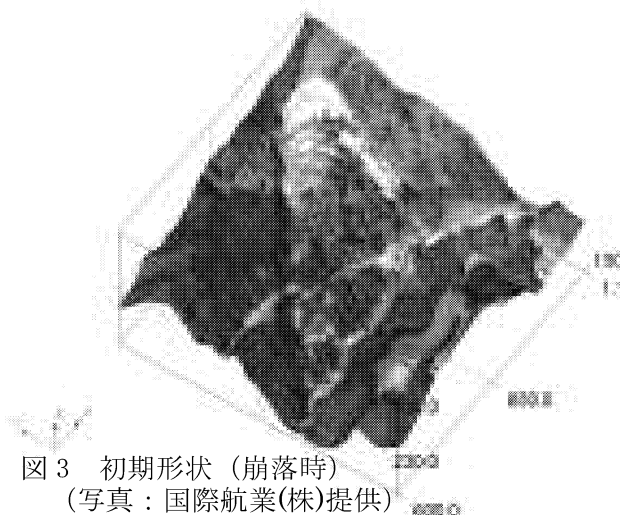
表 1 安全率の流れ

解析の結果、施工に伴う安全率の流れは、表 1 に示す通りである。比較のため疑似三次元安定解析（4本の測線を使用）の結果を併記した。

施工段階	条件	地下水条件	三次元結果	疑似三次元結果
1	初期形状	最高水位	1.000	1.000
2	頭部排土工施工時	最高水位	1.033	1.032
3	押え盛土工施工時	最高水位	1.082	1.058
4	地下水排除工施工時	計画水位	1.121	1.093

計算条件としては、初期形状の安全率 $F_s=1.00$ 、粘着力 $C=25\text{kN/m}^2$ 、移動土塊の単位体積重量 $\gamma=18\text{kN/m}^3$ 、計画安全率 $F_{sp}=1.12$ とした。逆算によって求めた ϕ は、 13.107° である。

この結果、三次元解析結果では、より詳細に地形や対策の形状を評価できることから対策規模の縮減による経済的効果も得られた。図 3, 4 に三次元安定解析によって作成した初期形状と対策工実施後の形状を示した。



5. 今後の課題

三次元安定解析は、近年の計算機の進歩、解析ソフトの一般化の結果、従来より採用し易くはなっているものの、精密な地形図や三次元的すべり面形状の入手、試行計算で対策工最適形状を算出する場合の手間（時間）、抑止工設計手法の確立など、各種の課題の残る手法であると言える。今後、これらの点を確立、改善するよう働きかけていくことが重要である。

新潟県中越沖地震による土砂災害発生状況等検証業務委託

新潟県 砂防課

1. 調査概要

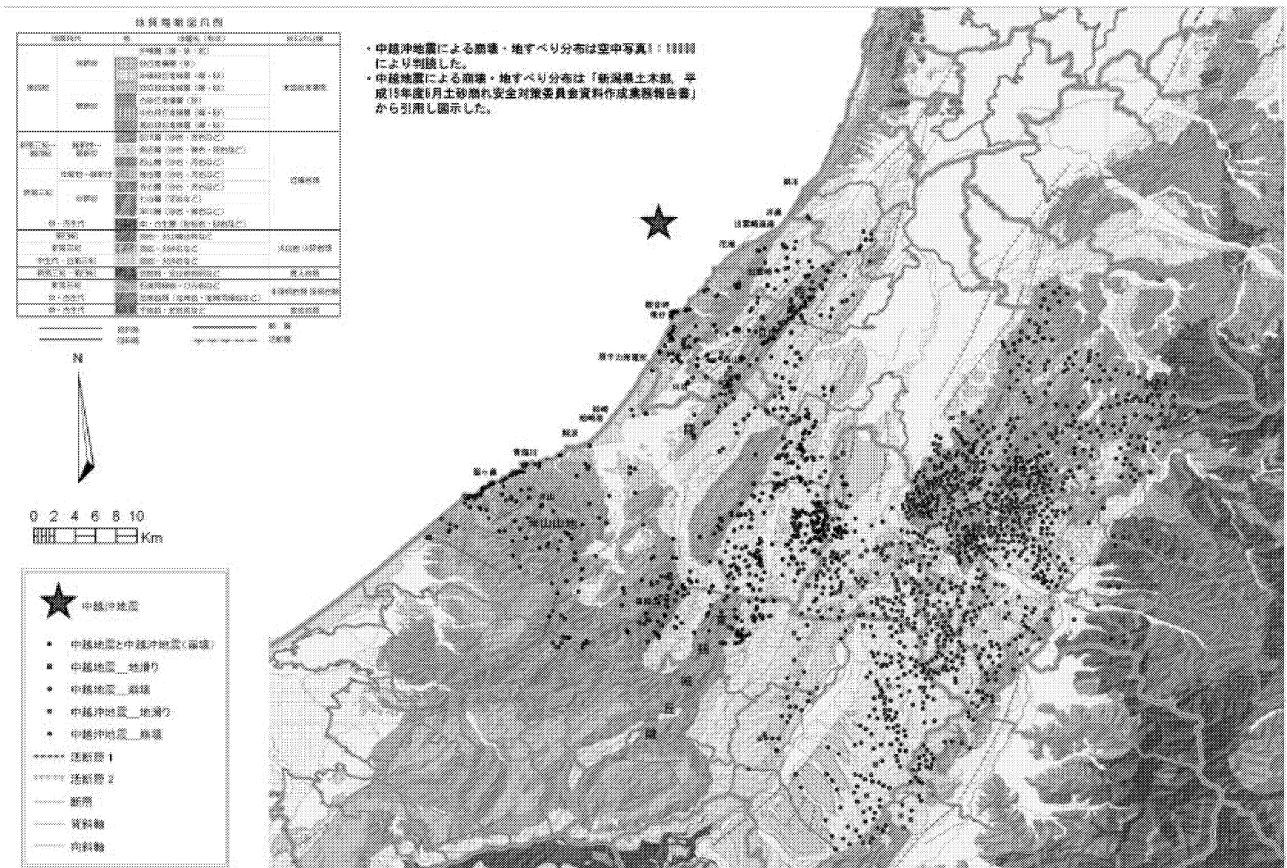
平成19年7月16日に発生した中越沖地震により柏崎地域整備部管内を中心とした中山間地から市街地、海岸沿いにいたる多くの斜面で多数の「がけ崩れ」が発生した。本調査業務は、中越沖地震発生時の気象状況や地震の概要、土砂災害発生状況について取りまとめを行い、さらに地域内の対策済み斜面と未対策斜面の地震後の比較や施設効果事例を取り上げながら、地震に対する防災工事計画や維持管理計画のあり方などを検討するものである。

2. 調査方法

災害発生箇所を地形地質的にグルーピングし、土砂災害の種類、地震に強い施設、弱い施設、今後の防災対策の展開方針についてまとめた。

3. 調査結果

下記に作成した土砂災害分布図を示す。



4. 調査結果の活用

今回の業務により地震による土砂災害の分布を把握し、地震に強い施設、弱い施設を把握し今後の事業展開に生かす。また、HPを通じて全国の都道府県へ情報提供を行い、地震の被害を受けていない地域での活用を図る。

地すべり地下水調査業務

徳島県 砂防防災課

1. 概要・調査の目的

釣井地区は、徳島県西部の三好市にあり、一級河川吉野川の支川祖谷川に沿って約10Km上流のぼった地点にあり、南東から北西に流れる祖谷川と合流する熊谷川に接する南向き緩斜面上にある。

釣井地すべり防止区域には、A～Oまで合計15個の地すべりブロックが存在する。さらに、各ブロックは幾つかの小ブロックに分割される。熊谷川に近い末端部の地すべりブロックほど地すべり活動は活発であり、道路擁壁や建物施設等に顕著な変状を生じている箇所が随所に見受けられている。そのため、緊急性が高いと思われるG、Hブロックを優先して一次調査（調査ボーリング、地すべり観測、孔内水位、地下検層等）を実施してきた。

当該地において、地すべり地特有の緩勾配を呈していることから、ブロックの末端部～中腹で横ボーリング工が施工し難い状況にあり効果的な対策の模索していた。このため、地下水調査として「1m深地温探査」と「水質分析」を実施することにより、地すべり挙動に大きく関与しているとされる地下水の流入経路を解明することで対策工法（特に地下水排除工）の樹立することを目的とする。



2. 調査方法

2. 1 1m深地温探査

○試験方法

手順①：鉄棒で1m程度、経25～30mmの穴を空ける。穴を空けるときに孔内水、土質状況を観察する。

手順②：穴が空き次第、順に測温体を挿入していく。

手順③：測温体を挿入して10分以上経過した後に温度を読み取る。

○測定時期

流動地下水温の年変化は少ないが、地温については年変化が激しいため、両者温度差が少なくなる時期（温度差±2.5℃以内）は探査の実施には適さない。逆に、温度差が大きくなる時期が地温探査を実施する上で最適な時期となる。最適時期はおおよそ1～2月、7～9月であるため、本業務では1月末から2月上旬に探査を実施した。

○結果の整理および利用

現場で得られた測定値には、測温体の誤差、経日変化、微地形、地質および地表面の状況など種々の因子が関与しているため、補正を行い解析に用いた。

2. 2 水質分析

○採水箇所と採水方法

採水は、湧水地点、横ボーリング工、調査ボーリング地点で実施した。

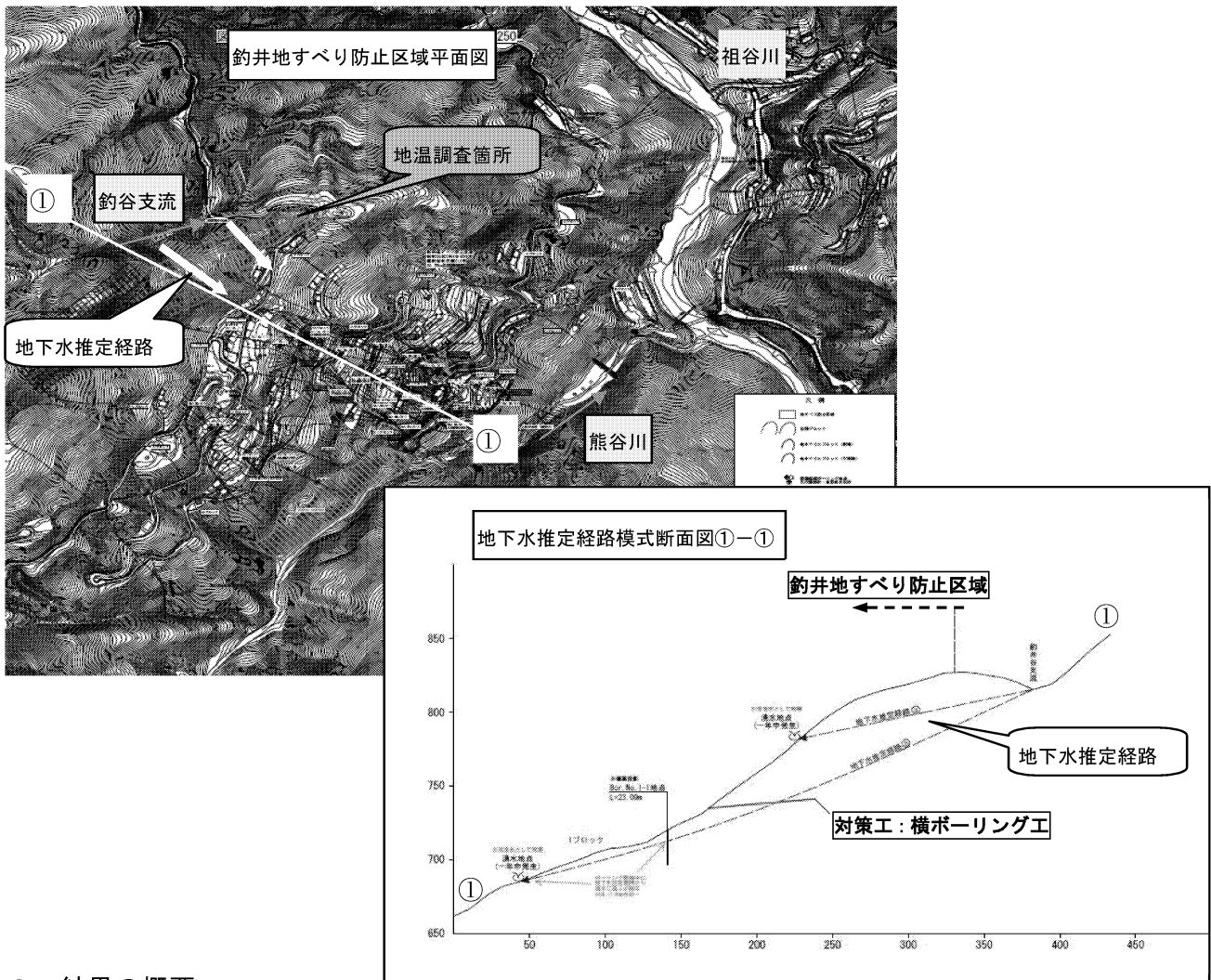
湧水地点と横ボーリング工については、プラスチック製のビーカーを用いて直接的に採取した。

また、調査ボーリング地点の採水には、京都大学防災研究所が独自に開発した採水装置を用いた。

この装置は、地上から採水器の開閉を操作できるため、目的深度の地下水が採取できる。

○測定および分析項目

水質測定および分析項目は、水温、電気伝導度 (EC)、水素イオン濃度 (pH)、塩化物イオン (Cl^-)、硫酸イオン (SO_4^{2-})、硝酸イオン (NO_3^-)、重炭酸イオン (HCO_3^-)、ナトリウムイオン (Na^+)、カリウムイオン (K^+)、カルシウムイオン (Ca^{2+})、マグネシウムイオン (Mg^{2+}) の主要成分を取り上げた。



3. 結果の概要

今回の試験時期（冬期）では地下を流れていると推定される水脈上での地温は相対的に高く、「1 m深地温探査」の調査結果から尾根の向こう釣井支流から地下水が釣井地すべり地へ流入する水脈が2本推定できた。また、「水質分析」の調査結果では、 SO_4 等の溶存成分濃度から地下水流動経路は表層部を経過しているものと土層深部を追加しているものが推定された。

したがって、今回の調査結果より、溪流から供給される水の対処法として、地下水が地すべり地に流入する前にそれを排除することを目的とした対策工の規模位置等を効果的に立案することができる。