



平成 29 年度  
銅山川地区民有林直轄地すべり防止事業  
全体計画変更に係る検討委員会

【説明資料】

平成 30 年 1 月 19 日

東北森林管理局

《資料目次》

- 2-2 「銅山川地区民有林直轄地すべり防止事業の経緯」 <P1>
- 2-2-1 現在までの委員会開催状況と全体計画 <P1>
- 2-2-2 調査地概要と過去の地すべり活動状況 <P1>
- 2-2-3 地すべり安定解析と対策工全体計画 <P7>
- 2-2-4 現在までの対策工進捗状況 <P9>
- 2-3 「銅山川地区民有林直轄地すべり防止事業」の全体計画変更経緯 <P10>
- 2-3-1 全体計画変更に至った事象 <P10>
- 2-3-2 No. 5 排水トンネル工施工時の事象と対処結果 <P18>
- 2-4 現地視察会等の状況報告 <P20>
- 2-4-1 開催報告 <P20>
- 2-4-2 現地視察会等での質疑事項と現段階での対応状況 <P20>
- 2-5 全体計画変更に関する検討 <P25>
- 2-6 全体計画（案） <P26>
- 2-6-1 全体計画変更（追加）内容 <P26>
- 2-6-2 全体計画変更（追加）に伴う概略予算 <P30>
- 2-6-3 全体計画変更（追加）内容に関する質疑等 <P30>
- 2-6-4 今後の「銅山川地区民有林直轄地すべり防止事業」の概略スケジュール <P30>

『銅山川地区地すべり平面図』（全体ブロック対策工）

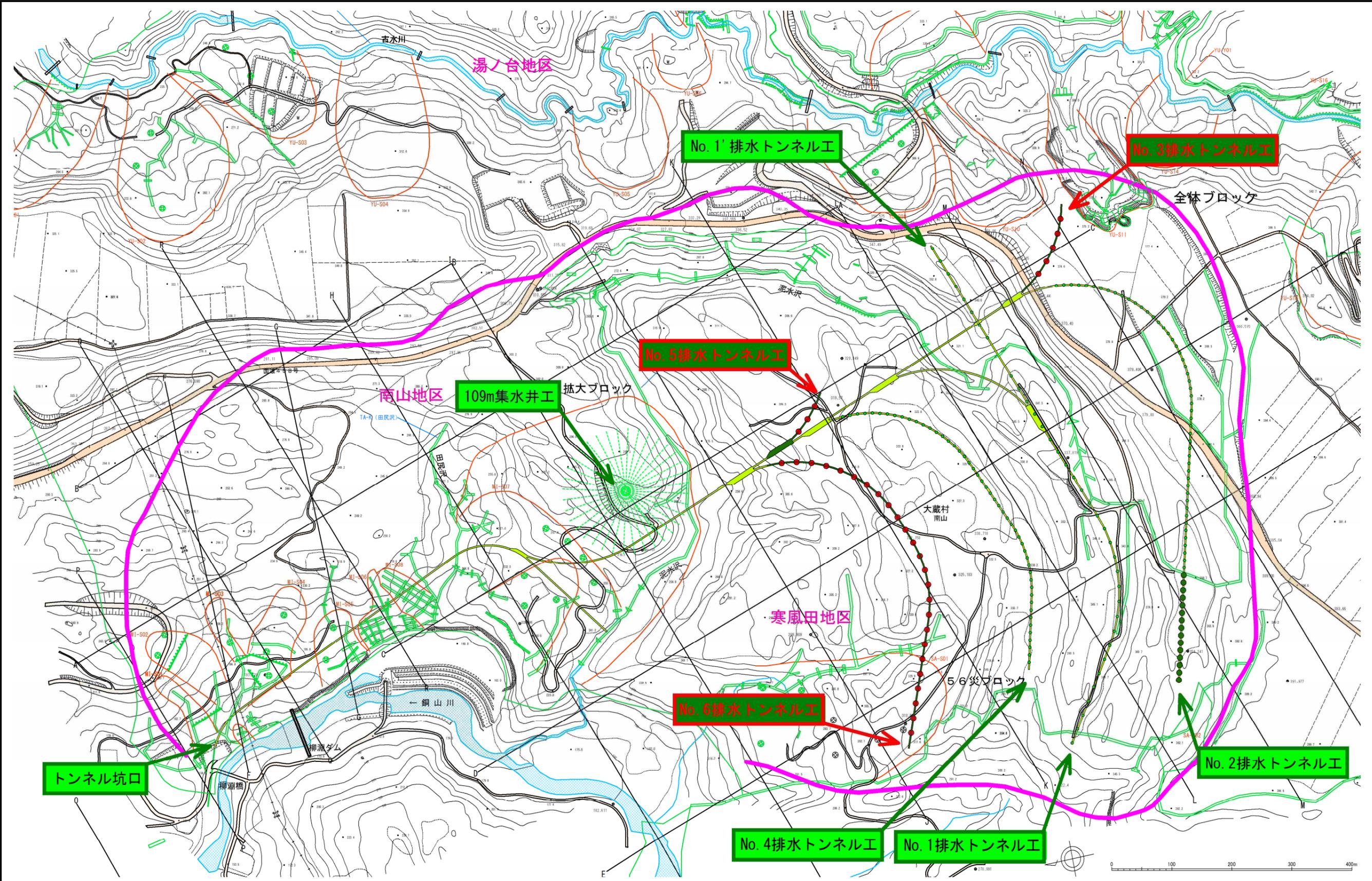


図1 『銅山川地区地すべり平面図』（全体ブロック対策工）<S=1/6,000>

『銅山川地区地すべり平面図』(調査孔位置)

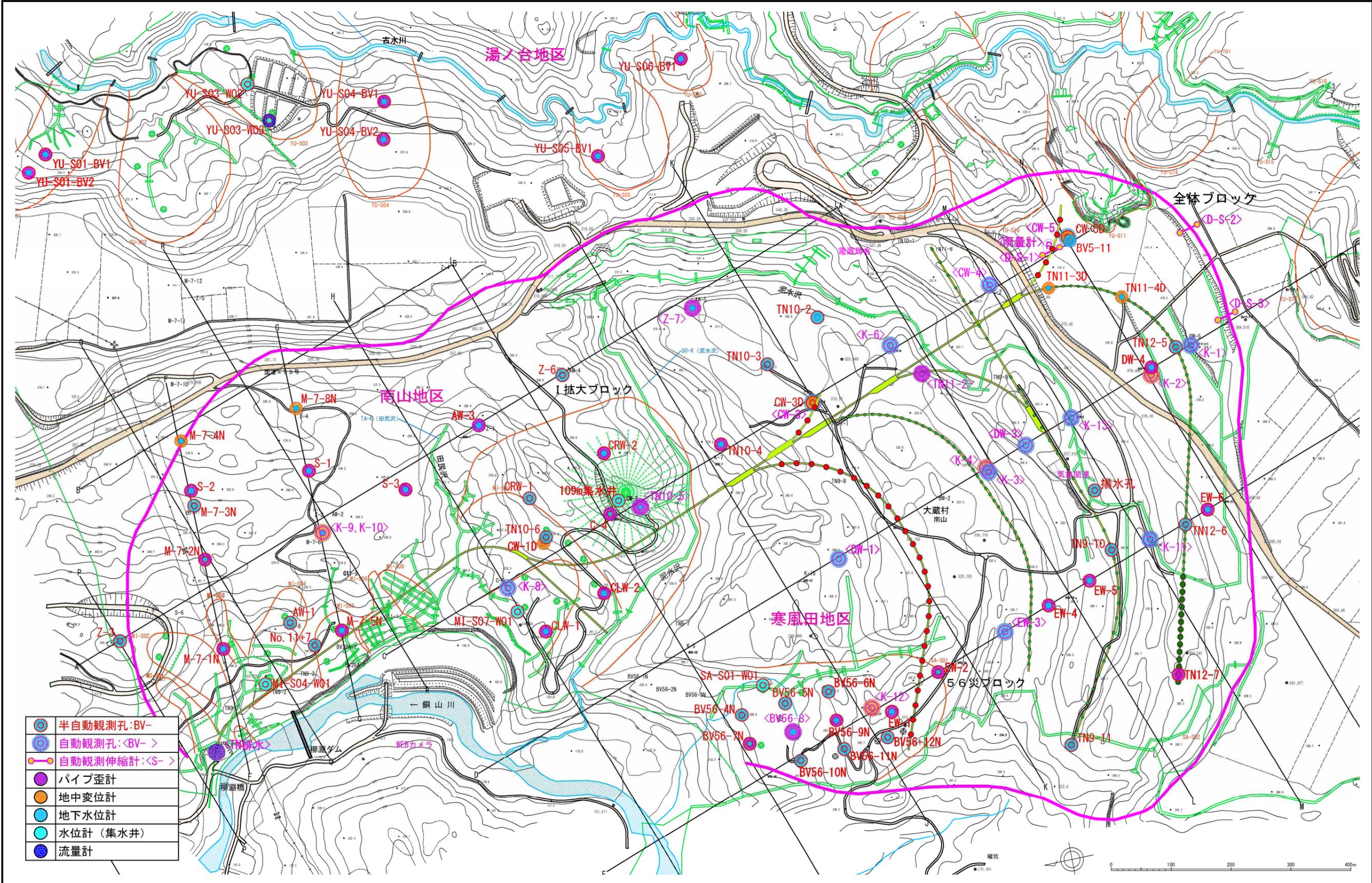


図2 『銅山川地区地すべり平面図』(調査孔位置) <S=1/6,000>

『銅山川地区地すべり平面図』(小ブロック位置)

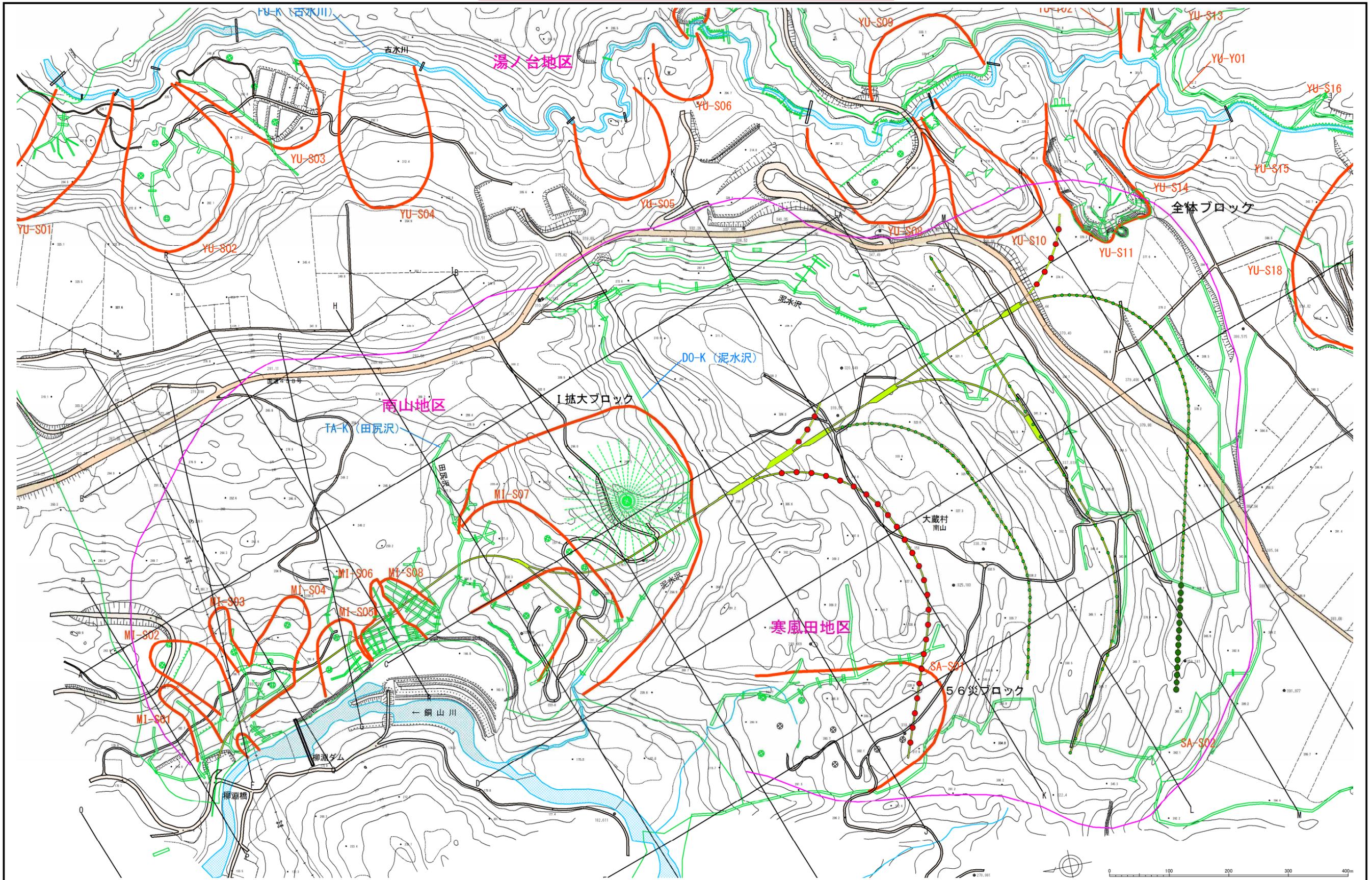


図3 『銅山川地区地すべり平面図』(小ブロック位置) <S=1/6,000>

< 議 事 内 容 >

2-2「銅山川地区民有林直轄地すべり防止事業」の経緯

2-2-1 現在までの委員会開催状況と全体計画

《事業経緯》

『銅山川地すべり』の事業経緯は、以下のとおりである。

- ①昭和 27 年 5 月 → 山形県にて事業着手
- ②昭和 57 年～H1 年 → 地すべり防止区域指定 (3 地区合計：A=328.34ha)
- ③平成 4 年 4 月 → 林野庁民有林直轄事業開始<全体計画策定>
- ④平成 8 年 5 月 → 大規模地すべり発生 (A=130ha)
- ⑤平成 11 年～ → 「第 1 回技術検討会」開催<H11>, 全体計画変更<H13>
- ⑥平成 23 年～ → 「第 2 回技術検討会」開催<H23>, 全体計画変更<H24>

《全体計画および事業費変更経緯》

	策定年度	施行期間	区域面積	事業費
当初計画	H4 年度	H4 年度～H23 年度	328.34ha	9,036 百万
第 1 回変更	H13 年度	H4 年度～H30 年度	〃	31,069 百万
第 2 回変更 <現行計画>	H24 年度	〃	〃	21,570 百万 <約 216 億円>

2-2-2 調査地概要と過去の地すべり活動状況

《調査位置》

『銅山川地区地すべり』は、山形県最上地方西南部の大蔵村中心部より南方約 9km の南山地区に位置し、“斜面長：約 2km，斜面幅：約 1.5km”の主になぎ林地として利用されている北西向き斜面であり、“寒風田地区”“南山地区”“湯ノ台地区”の 3 地区に分けられる。地内には、新庄～大蔵村～肘折温泉を結ぶ幹線道路である国道 458 号が存在しており、当該事業地から銅山川沿いに最上川との合流点にかけて 26 の集落が点在している。



写真 1 『銅山川地区地すべり』全景写真

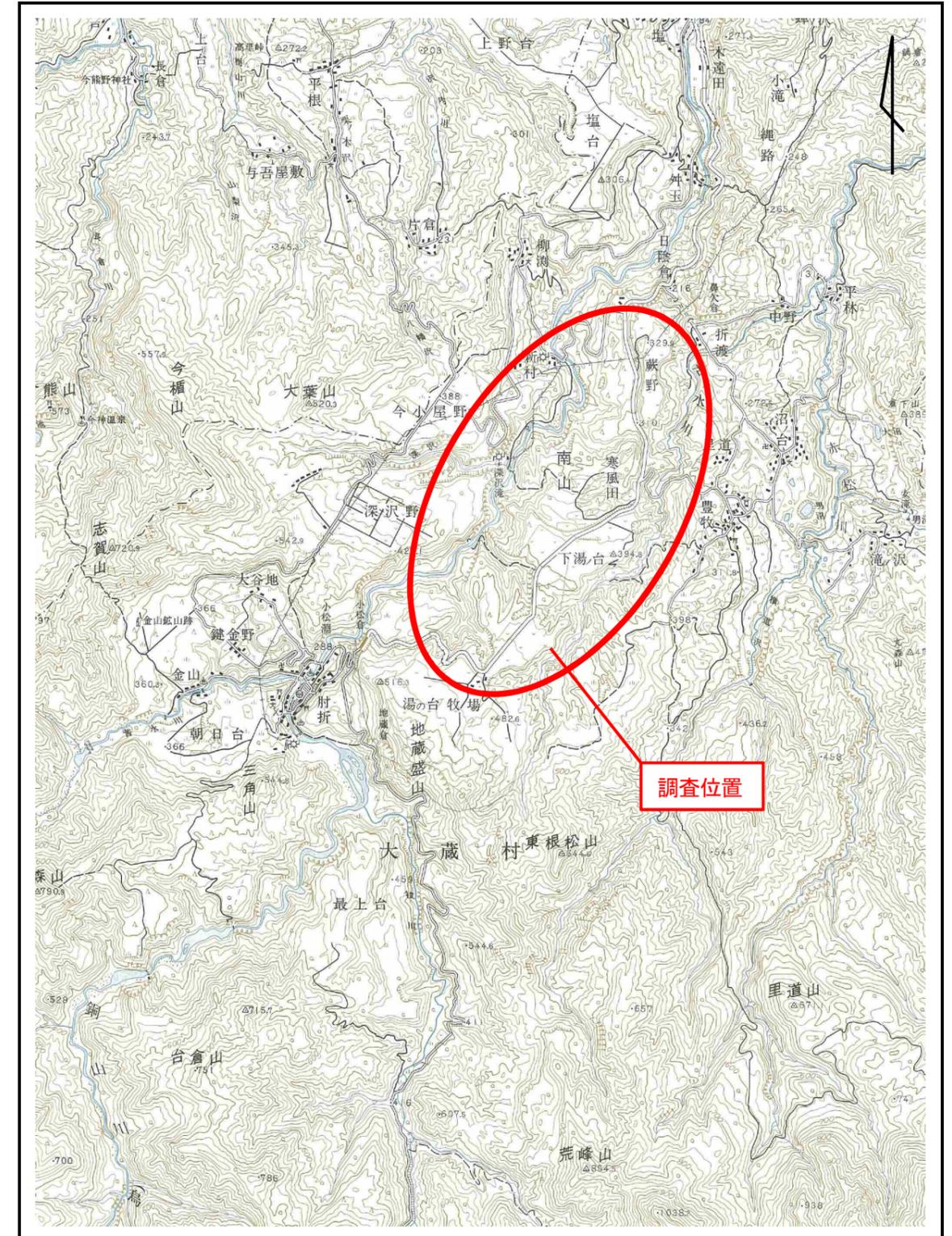


図 4 調査位置図<月山：S=1/50,000>

《地形概要》

『銅山川地区地すべり』周辺の地形は、火山噴出物が厚く堆積した典型的な台地状地形（湯ノ台など）を形成している。この台地は、約 1 万年前の肘折火山活動により形成された地形であり、標高 400m 前後まで堆積した火山噴出物は、その後一帯の地質構造に沿って南北方向に流れる“銅山川”“古水川”“赤松川”“横道沢”といった河川による侵食・開析が繰り返されて現在のシラス台地状地形を形成している。

これまでの調査地一帯での「調査ボーリング」「地表踏査」等の結果から、肘折火山活動以前の地形は標高 350m 前後の尾根が連なった南北方向に開析が進む丘陵地であったと想定される。

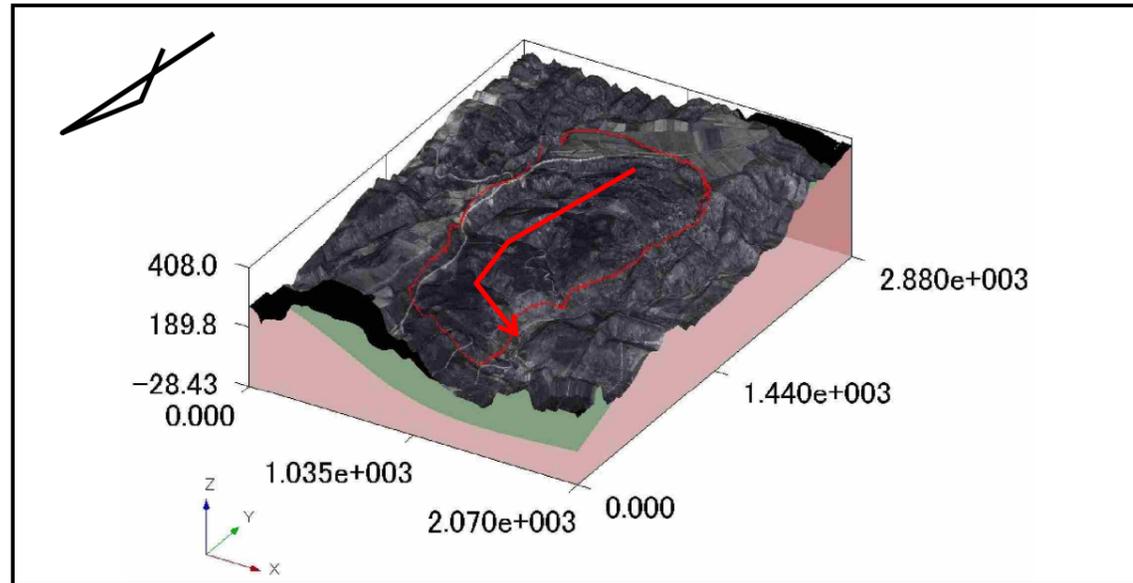


図5 調査地周辺の鳥瞰図

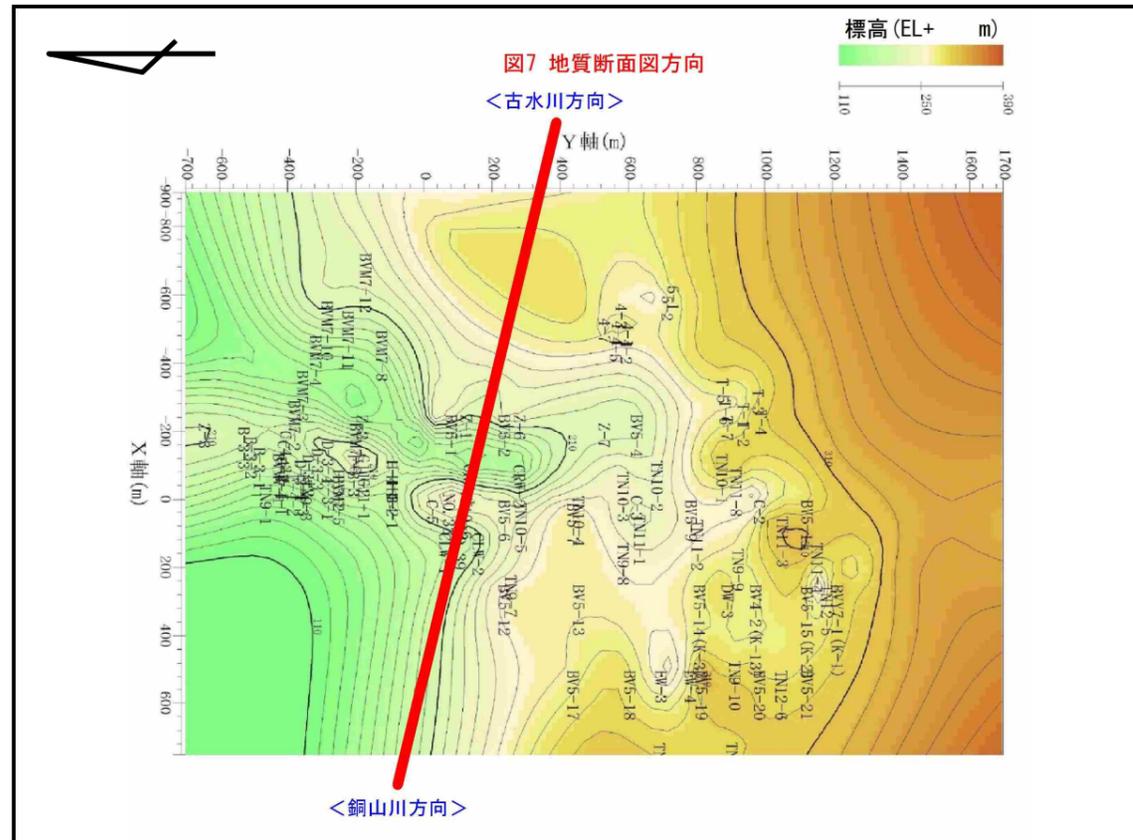


図6 調査地内の“シラス層底面”等高線図（調査ボーリング結果より）

《地質概要》

当調査地を含む銅山川一帯の地質は、新第三紀層の堆積岩上部に約 1 万年前の肘折火山活動に由来する“シラス層”が 50~100m 前後の層厚で堆積している。

この“シラス層”は、石英や角閃石の結晶が混在する「軽石質凝灰岩」を主とした半固結火砕流堆積物で、肘折カルデラより北東方向に分布する。調査地一帯の露頭状況やボーリングコアの観察結果から、この“シラス層”の特徴として、“固結度が低く”“空隙が多く透水性が高く”“火山灰や軽石、岩片の混じり具合や規模が入り混じって全体的に淘汰が悪い”といったことが認められた。これらの特徴から、当該地区に堆積するシラスは、酸性マグマの爆発的な火山活動による火山噴出物が北東方向に向かって空気中をかなり高速で流れ、つまり火砕流として流れ出て一帯に堆積したことを示している。このように、調査地一帯が「**固結度が低く透水性も高い脆弱な地層である“シラス層”により形成されていること**」が、地すべり等の斜面災害発生の大きな要因となっている。

“シラス層”の下位には、「**新第三系中新世～鮮新世：野口層**」が不整合に重なる。「野口層」は、主として「砂質シルト岩」「凝灰質砂岩」により構成され、下位に行くほど泥質を帯びている。当層は、未風化の状態では硬質で難透水性であるが、風化が進むと固結度も低くなり透水性が上がる（地すべり学会東北支部 1992, 皆川 1985, 北村 1974, 山野井 1987, 山形県 1993）という特徴を持ち、ボーリングコアでは全体的に褐鉄鉱汚染を著しく被り、顕著に粘土化が進む軟弱な状態で採取される。

「野口層」の下位には、調査一帯の基岩層となる「**新第三紀中新世：古口層**」が整合に重なる。当層は、所々で砂質を帯びる暗灰色で塊状無層理の「黒色泥岩」で構成されている。ボーリングコアでは、新鮮かつ硬質な状態で採取され、上位の「野口層」とは明瞭に区別できる。



写真2 シラス露頭（軟質で軽石質凝灰岩混じり）

写真3 古口層露頭（塊状をなす砂質泥岩）

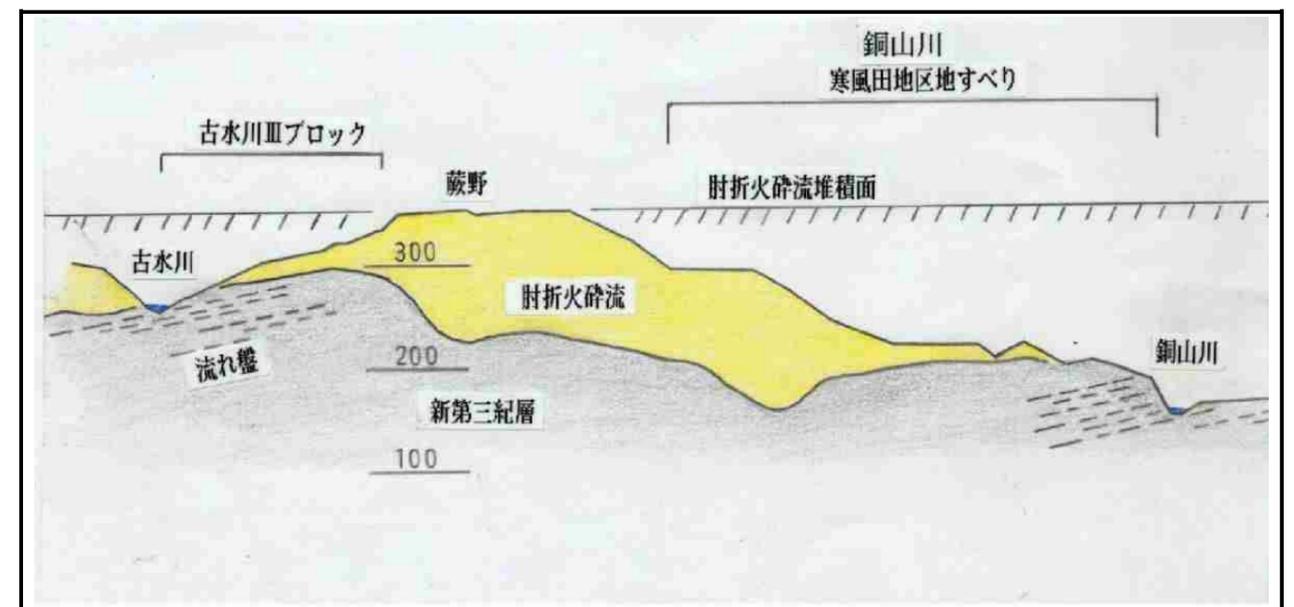
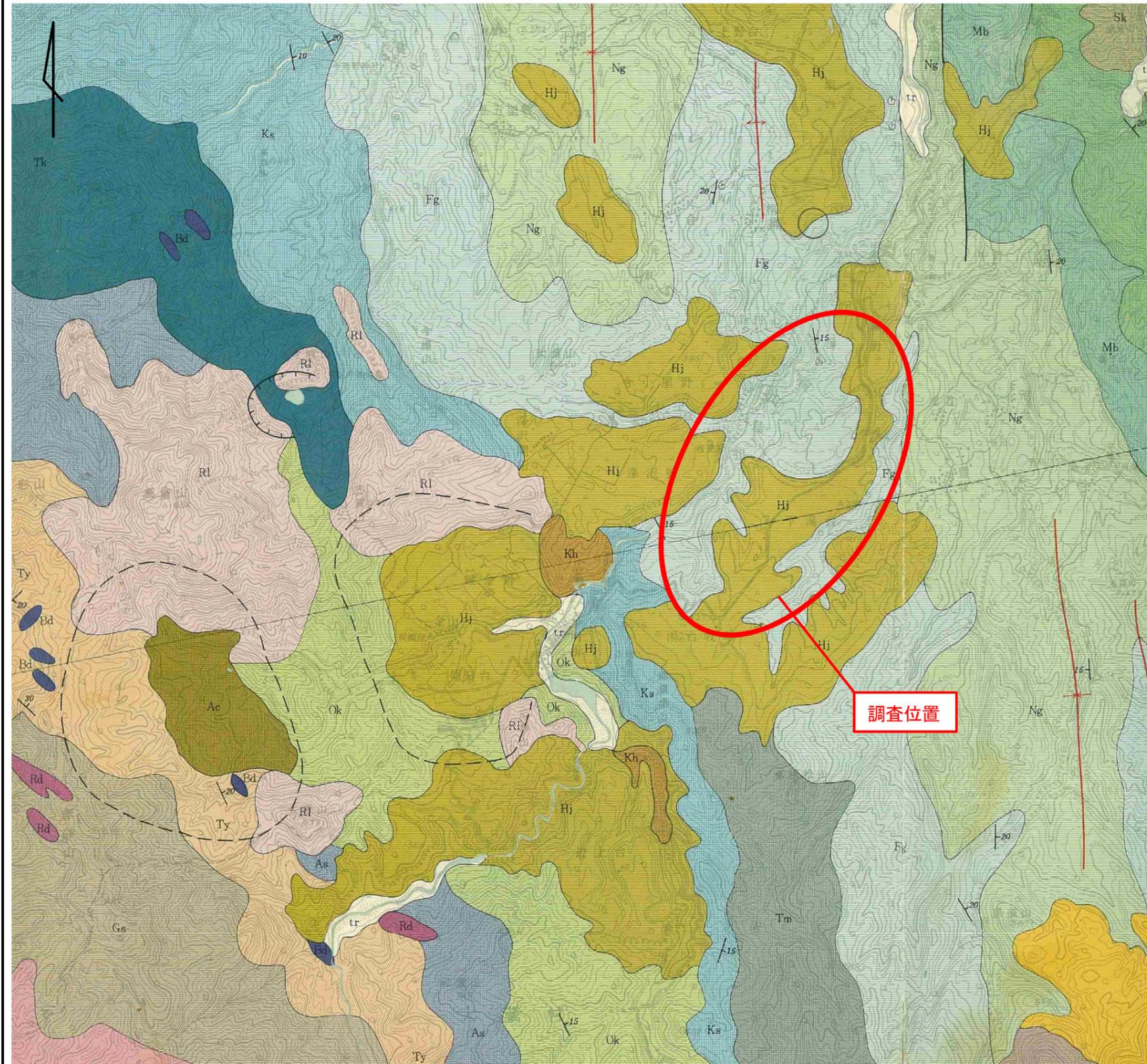


図7 調査地周辺の地質断面図

地質図

地質凡例



第四紀 Quaternary	
段丘堆積物および河床堆積物 Terrace deposit and river floor deposit	tr 礫、砂および粘土 Gravel, sand and clay
火山産物 Volcanic product	
月山中地火山 Gassan central volcano	
阿摩山溶岩 Amamoriyama lava	Am
神泉池溶岩 Shinsenike lava	Ss
徳生池溶岩 Bushoike lava	Bs
胎内岩溶岩 Tainaiwa lava	Tn
念佛の原溶岩 Nenbutsugahara lava	Ns
中台溶岩 Nakadai lava	Nd
品倉溶岩 Shinakura lava	Sh
赤松原溶岩 Midagahara lava	Mh
泥流 Mud flow	Mf
湯殿山溶岩 Yudonosan lava	Yd
おんね火山 Onnake volcano	
御沢溶岩(円頂丘) Nigorizawa lava (Dome)	Nr
薬田溶岩 Waradahage lava	Wd
菅陀溶岩 Fudaraku lava	Fd
泥流 Mud flow	Mf
越前岳火山 Ubagadake volcano	
越前溶岩 Ubagadake lava	Ud
弓張平溶岩 Yumiharidaira lava	Yh
畑溶岩 Hata lava	Hr
巖山火山 Iwama volcano	
巖山溶岩 Kagamiyama lava	Ky
巖山溶岩 Hayama lava	Hy
古藤室山溶岩 Komimuroyama lava	Km
富並川噴出物層 Tomimigisawa volcanic product caldera formation	Tm
泥流 Mud flow	Mf
新新火山 Hijiori volcano	
財折火砕流堆積物 Hijiori pyroclastic flow deposit	Hj
小松淵・蔵川溶岩 Komatsubuchi-Haraigawa lava	Kh
赤砂山カルデラ噴出物層 Akasunayama volcanic product caldera formation	Ac
八向層 Yamake formation	
砂岩 Sandstone	Ym
鮭川層 Sakekawa formation	
砂岩 Sandstone	Sk
大林層 Obayashi formation	
礫岩・砂岩互層および亜炭 Alternation of conglomerate and sandstone and lignite	Ob
三輪峠層 Mastubashitoge formation	
砂岩 Sandstone	Mb
野口層 Noguchi formation	
砂質シルト岩および凝灰質砂岩 Sandy siltstone and tuffaceous sandstone	Ng
古口層 Furuguchi formation	
泥岩 Mudstone	Fg
東松山層 Tabanatsuyama formation	
流紋岩質凝灰岩 Phyolitic tuff	Tm
久曾山層 Kusanagi formation	
頁岩 Shale	Ks
角川層 Tsunokawa formation	
泥岩 Mudstone	Tk
青沢層 Aosawa formation	
玄武岩溶岩および同質集塊岩互層 Basalt lava and basaltic agglomerate	As
立谷沢層 Tachiyazawa formation	
泥岩および凝灰岩 Mudstone and tuff	Ty
月山層 Gassan formation	
玄武岩、安山岩、石英粗面岩の溶岩および火砕岩 Basalt, andesite, liparite lava and pyroclastic rocks	Gs
新第三紀 Neogene Tertiary	

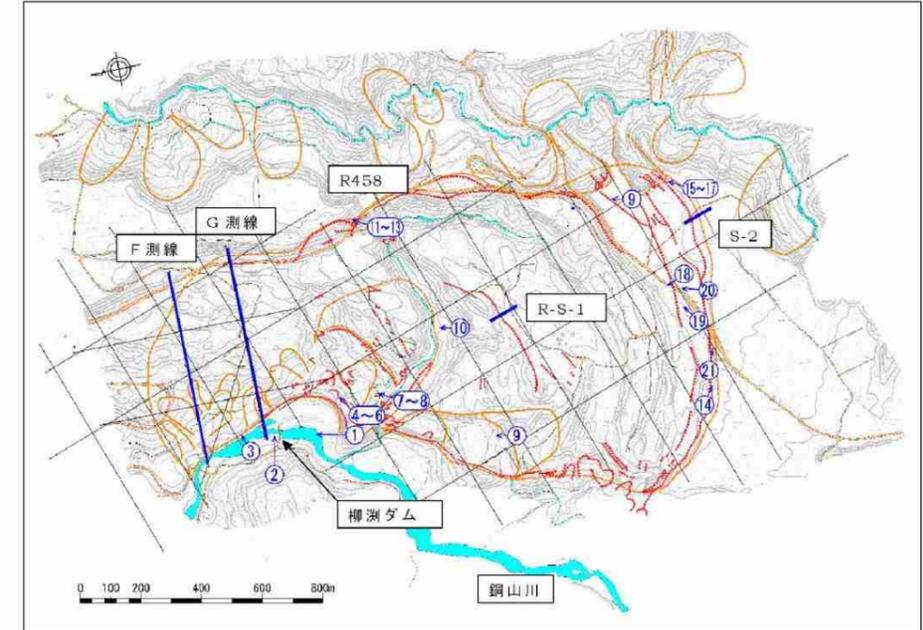
図8 周辺地域地質図<月山：S=1/50,000>

《平成 8 年度の被災状況》

『銅山川地区地すべり』では，“林野庁民有林直轄事業（H4～）”として事業を開始した後の平成 8 年融雪期に約 130ha の範囲（斜面長：約 1,300m，斜面幅：約 1,100m，最大すべり面深度：約 150m）に及ぶ大規模な地すべりが発生した。現象としては，地域の基幹生活道であり肘折温泉へのアクセス道ともなっている国道 458 号の一部が寸断（陥没等）し，村道も橋桁（鳶郷橋）のズレにより寸断した。地内の林地および耕地内にも多数の亀裂や陥没等の現象が発現し，地域住民生活および地域経済に大きな影響を与えた。



1 地すべり末端状況（遷急線付近がすべり面）



2 地すべり末端部状況

写真 4 平成 8 年度融雪期の地すべり活動による被災状況<抜粋>

《すべり面構造および地すべり移動方向》

主測線である“D測線”の断面図を図9に示した(測線位置は図11:参照)。これによると、地すべり移動体の形状は、典型的な“椅子形すべり面”となっている。

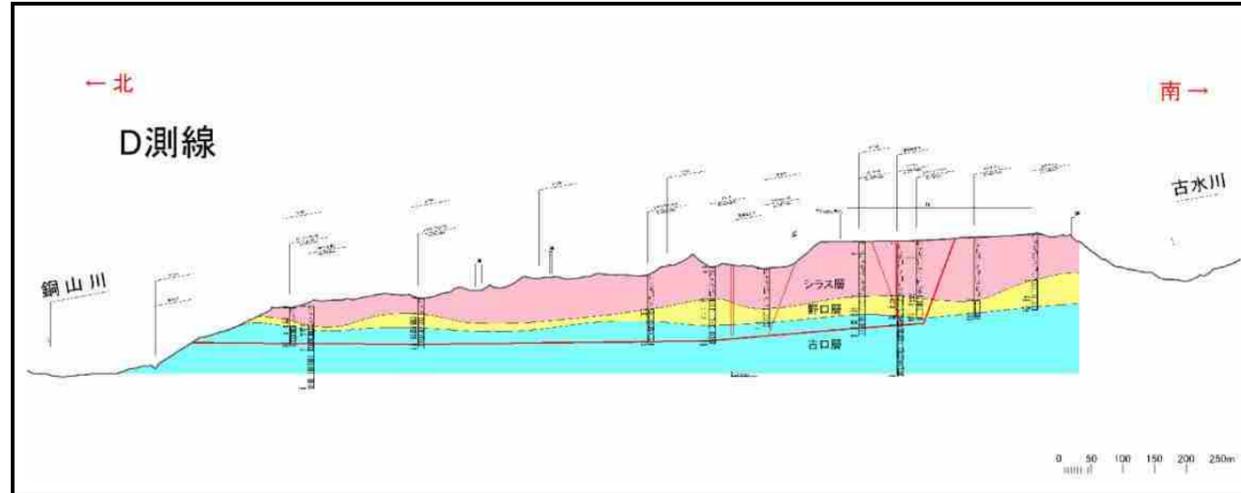


図9 地すべり縦断面図 (D測線:主測線)

一方、末端域の地すべり移動体の形状は、図10の“G測線”断面図(測線位置は図11:参照)に示すように、すべり面が右岸側(東側:古水川方向)に向かって深くなる“左右非対称のすべり面横断形”を呈している。

すべり面は、中央部から東寄りに深くなり、“銅山川”方向へは逆勾配のすべり面形となっている。

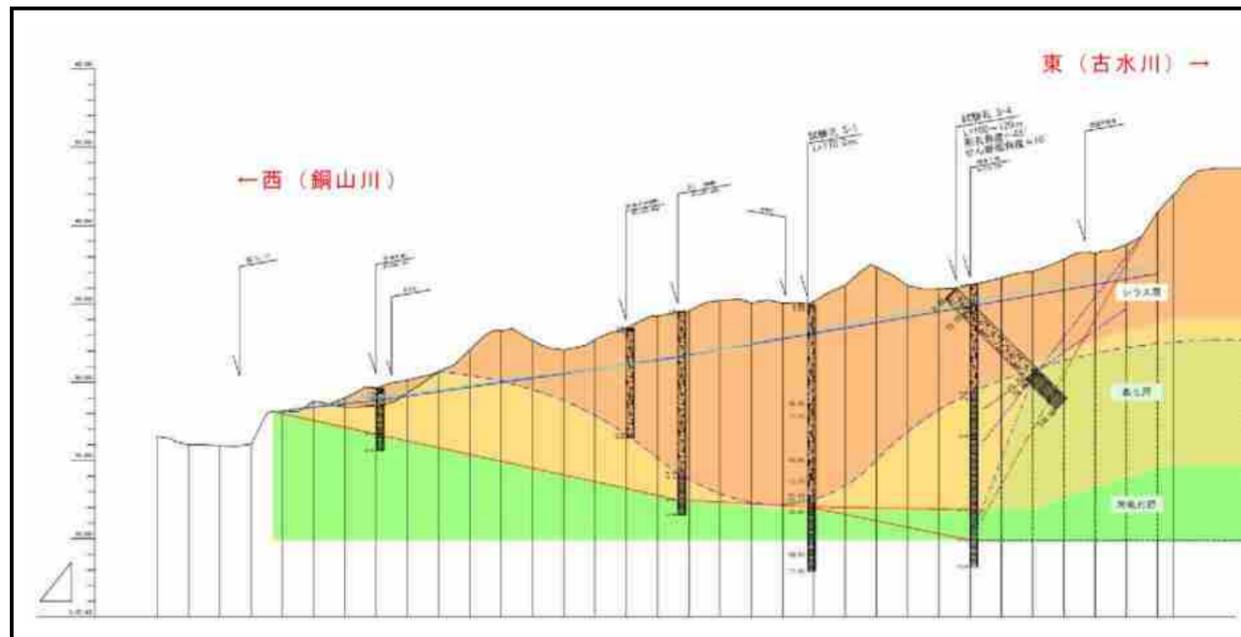


図10 地すべり縦断面図 (G測線:末端域)

地すべりが主測線(D測線)方向に直線的に移動すると、末端域(移動ブロック北端)のすべり面が極端な逆勾配となっていることを要因として移動を制限する力が発生すると考えられる。さらに、北西側の“銅山川”位置が開放斜面となっていることから、地すべりは“銅山川”方向にほぼ90°移動方向を変えて変位しているものと判断される。

このすべり面形状および地形条件による地すべり移動方向の変化は、「GPS 移動量調査」における地すべり移動方向(図11: ←●)においても照合(地すべり地の下部<北側>で90°近く転向)される結果を得ている。

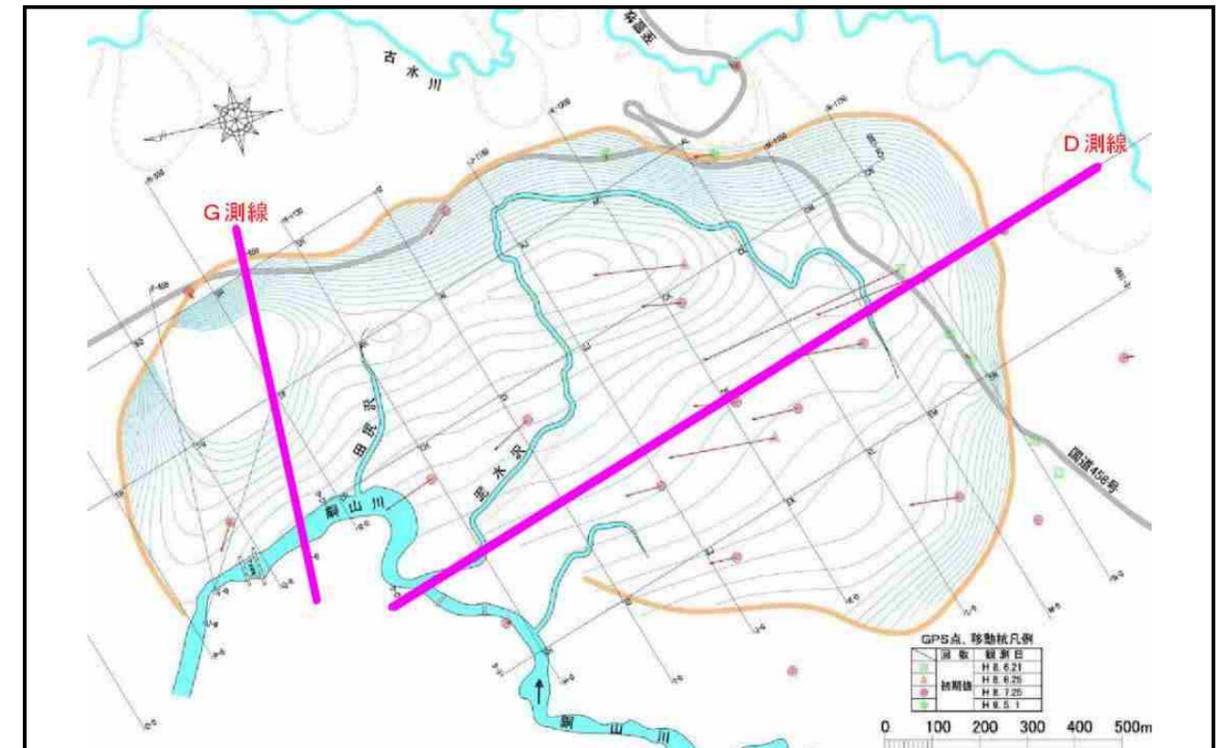


図11 『銅山川地すべり』のすべり面等高線図と移動方向 (GPS 移動量調査)

《旧地表面(シルス層底面)と地下水供給経路》

『銅山川地区地すべり』においては、調査地一帯が“シルス層”により形成されていることが地すべり発生の大きな要因となっている。旧地表面(シルス層底面)の凹地形は現在と異なり右側壁側に形成されており、“南から北側に流下する流路”が概ね地すべり東側側方に沿って流れていた可能性が高い。

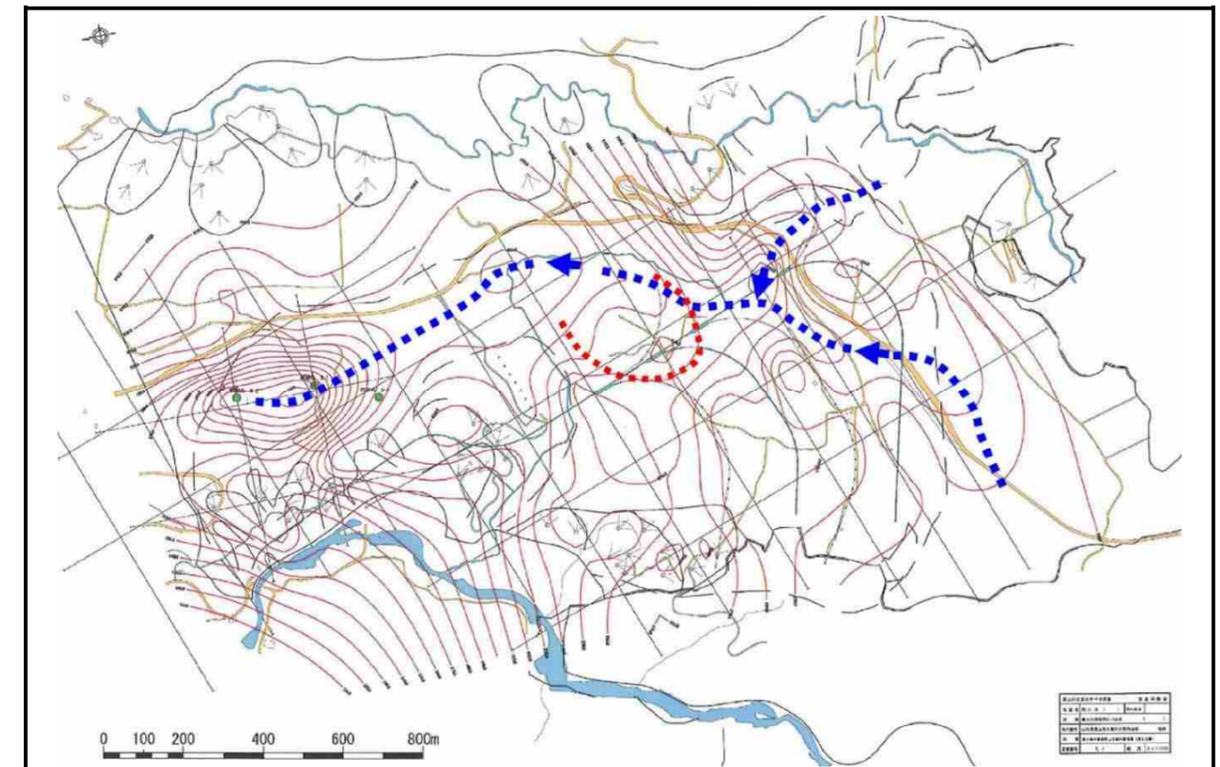


図12 旧地表面(シルス層底面)等高線図(10mコンター)と旧地形の流路

《全体ブロックのエリア区分》

図 13 に示すように「全体ブロック」を概括すると、亀裂の発達状況において“泥水沢”“田尻沢”を境界として、“upper エリア”・“middle エリア”・“lower エリア”の 3 つに分割できる。

すなわち、“upper エリア”においては、土塊の移動方向がほぼ真北へ向かう円弧状亀裂の配列が顕著で、亀裂も“泥水沢”に近いところを除けば全体的に少ない。一方の“middle エリア”は、やや北西側に移動するような南西―北東に伸長する開口状～円弧状亀裂が多く、また亀裂の密度も高い。“lower エリア”については、ほぼ西側の“銅山川”へ移動する開口亀裂群となり、亀裂密度も他の 2 つのエリアに比べて高い。この亀裂の特性は、前記した“GPS 移動方向”とも調和的である。

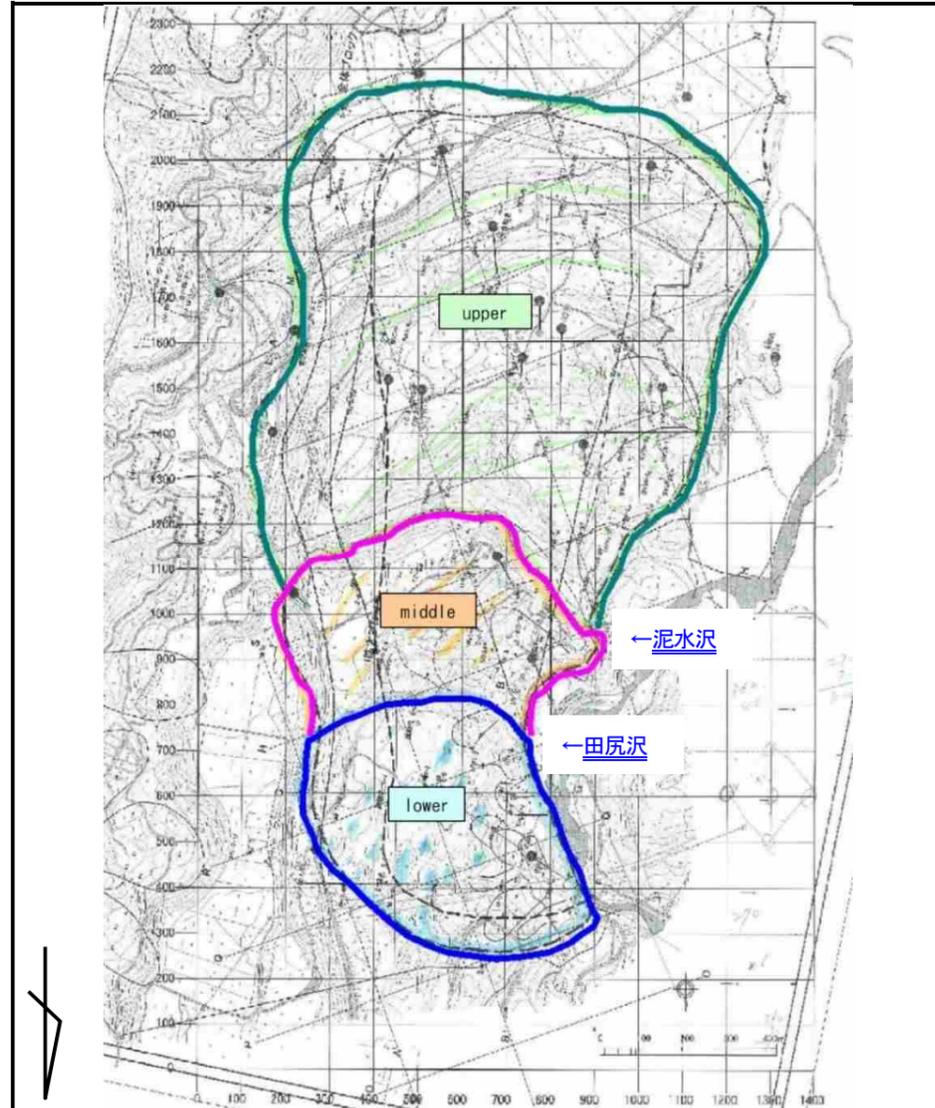


図 13 「全体ブロック」の地形図による概略のエリア区分

《地すべり動態状況》

- ・平成 8 年度の地すべり活動以降は、平成 12 年度頃まで歪累積が認められ、この間は地表（GPS）においても変動が確認されている。
- ・平成 12 年度は、“upper” “middle” “lower” の各エリアで歪累積が確認され、これに対応するように GPS 変位も確認されている。
- ・平成 12 年度以降は、「強制排水工」の効果発現により顕著な地すべり変動は確認されていない。

※「強制排水工」が突発的に停止した平成 17 年度に微少な変動を確認。

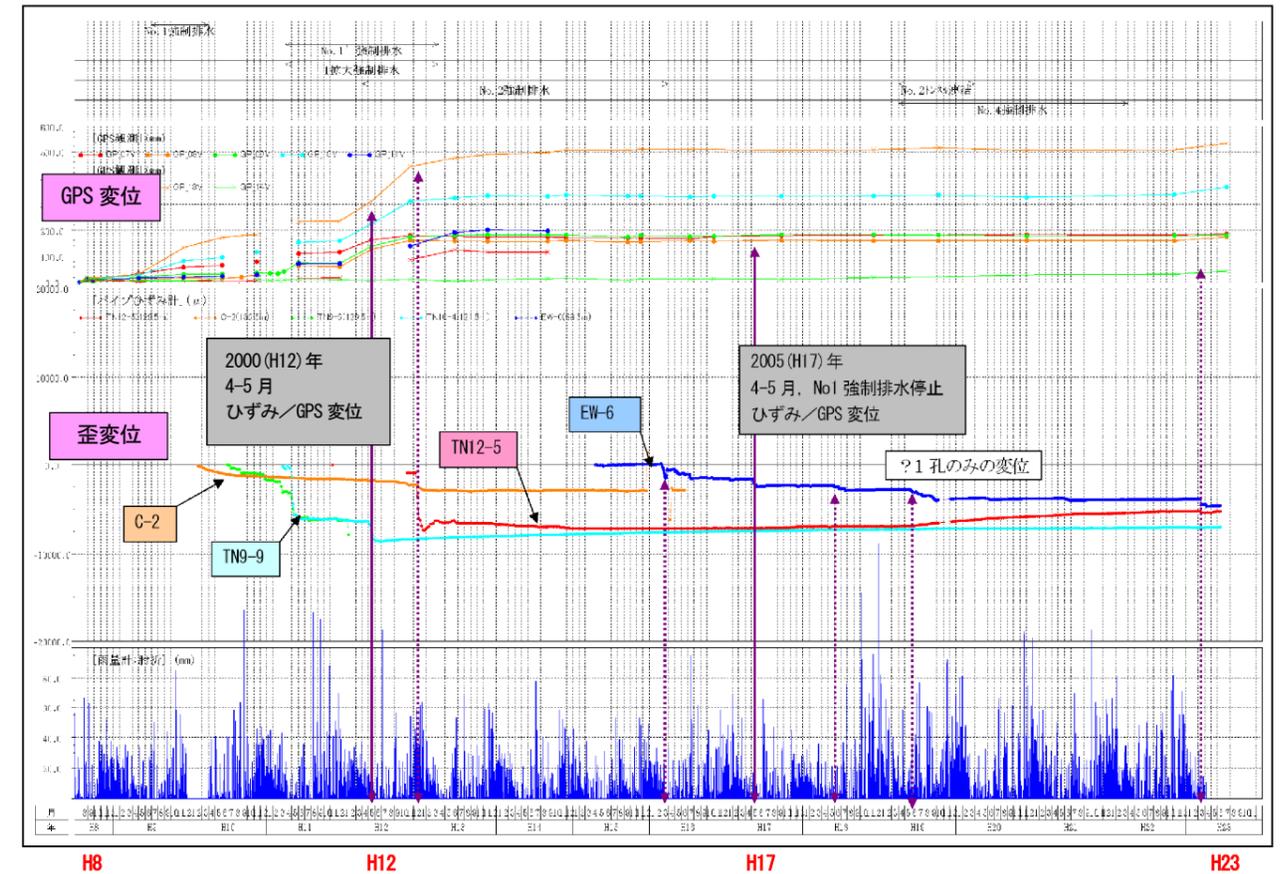


図 14 歪変動－GPS 変動対比図<upper エリア> (H8～H23)

図 15 に示した「GPS 移動量調査」結果において明瞭な移動<←●>を示しているのは、平成 8 年度～平成 12 年度の期間となっており、その後は明瞭な変位は確認されていない。地すべり移動方向の特性としては、“upper エリア”はほぼ北側に向かって変位しているのに対して“lower エリア”は北西方向に移動している。移動量は、“lower エリア”と比較して“upper エリア”が大きいことが分かる。

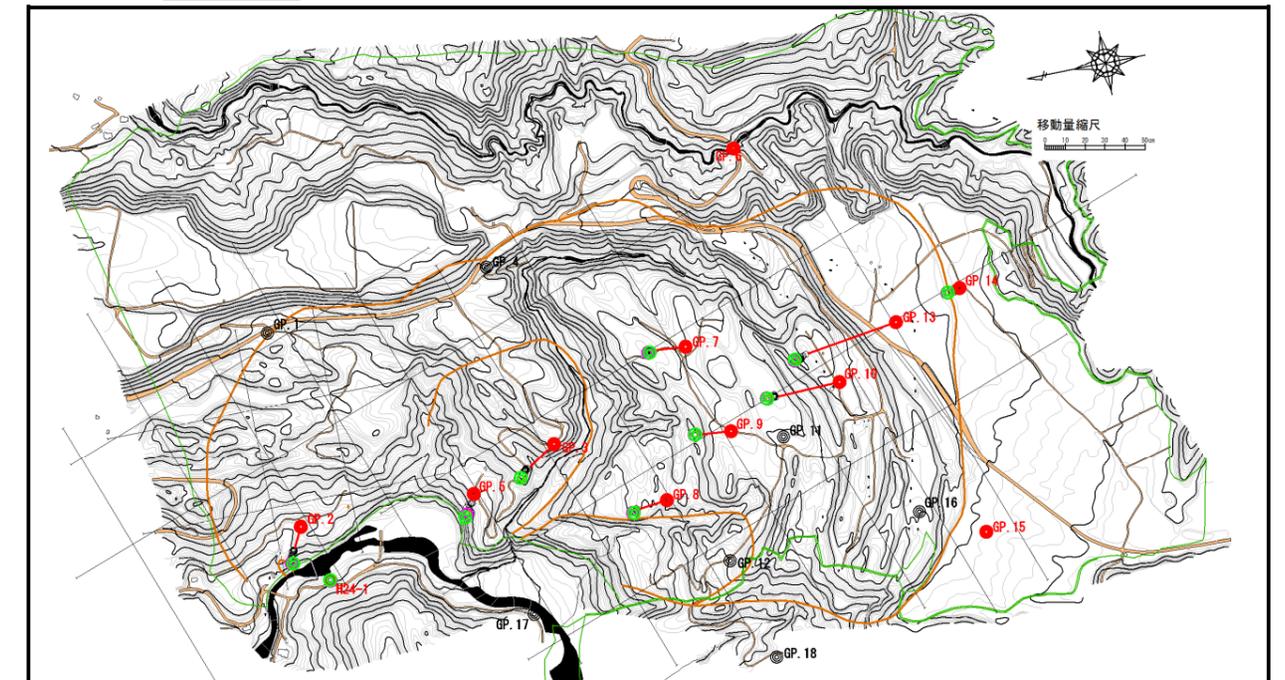


図 15 GPS 移動図

2-2-3 地すべり安定解析と対策工全体計画

《安定解析手法（変更点）》

対策工法の基本計画は“平成 11 年度：技術検討会”にて策定されているが，“平成 23 年度：技術検討会”において安定解析手法の変更により対策工数量（主として「落込みボーリング工」仕様）の見直しを実施している。

地すべり安定解析は、平成 8 年度の大規模地すべり発生時（対策工全体計画策定時）～平成 22 年度の効果判定時まででは、複数断面（解析測線）を活用した「近似三次元安定解析」を実施した。

しかし、解析を進めるなかで以下の事項が懸案となった。

- ・斜面内で移動方向を 90° 近く変化させる移動特性およびブロック北端の逆勾配すべり面形状（抵抗）をどのように安定解析に組み入れるか。
- ・ブロック内の地下水位が恒常的に高く、地内に湧水や湿地等も多く、地下水が流動する“埋没谷”が存在する地下水条件（水圧）をどのように安定解析に取り入れるか。

以上の“すべり面形状”“移動方向”“地下水条件”等の複雑さを反映することを目的として、平成 22 年度以降「**三次元地下水流動解析**」「**三次元安定解析（RBSM解析）**」を実施している。

表 1 技術検討会での地すべり安定解析の変更点（平成 22 年度実施）

	地下水条件 1	地下水条件 2	安定解析条件	目標安全率
H22 以前	各調査孔位置での地下水位高さを地すべり断面図に転記	特になし	二次元断面を複数活用した <b>近似三次元安定解析</b>	F=1.20
↓	↓	↓	↓	↓
H22 以降	<b>三次元地下水流動解析</b> による三次元地下水モデルの作成	<b>超過確率雨量</b> を適用	バネ理論を適用した <b>三次元安定解析（RBSM解析）</b>	超過確率雨量 100 年の条件で F=1.00

《三次元地下水流動解析の概要》

一般的に実施されている地すべり安定解析時の間隙水圧（地下水）条件は、二次元の地すべり断面に「地下水位調査（計器観測）」で得られたデータを転記して安定解析を実施する。ただし、『銅山川地区地すべり』に関しては、単独断面では「地下水排除工」効果を適切に反映できないことから、“複数断面を活用した近似三次元解析”と“三次元地下水解析（GW 解析）”を実施していた（平成 22 年度以前）。

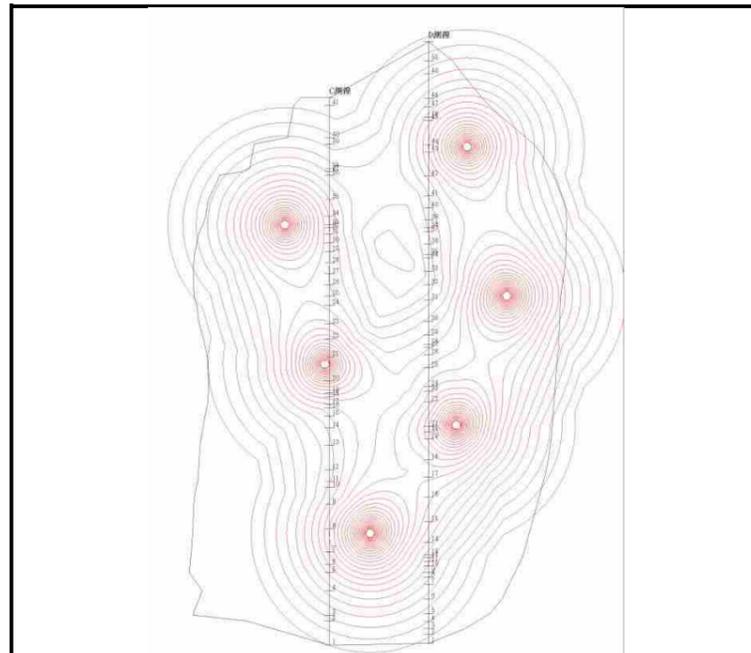


図 16 三次元地下水解析結果（地下水位低下“等値線図”）＜一般図＞

さらに、『銅山川地区地すべり』では、地下水に関する以下の事項を解析に考慮している。

- ・供給量の概念と超過確率雨量
- ・地層ごとの透水性の評価

“供給量”とは、すなわち“降水量（+融雪量）”である。地すべり活動は、降雨（融雪水）を誘因としている場合が多いが、地すべり解析に“供給量”の概念を入れることは多くない。よって、観測した年の降雨量（積雪量～融雪量）の多少により地下水位の形成高さが変化することから、目標安全率を達成し概成評価とした調査地において数年後の多降雨等により再度斜面が不安定化する事態となることも少なくない。

『銅山川地区地すべり』は将来的に山形県へ事業移管することから、対策工の導入により将来的にも不安定化しないことが必須条件となる。よって、“供給量と地下水位の関係”を明確にすることにより“**超過確率雨量**”を条件として与えた場合の“地下水位の上昇”について推定することが可能となり、これにより将来的な斜面の不安定化のリスクが著しく低下する。

“**地層ごとの透水性の評価**”は、上記の“供給量と地下水位の関係”を明確にするための重要なファクターとなる。一般的には、調査孔において継続的に地下水位を観測することにより得られたデータにより地すべり解析を実施するが、『銅山川地区地すべり』においては“超過確率雨量”をインプットデータとして与えることから、地内での地下水位の変動特性を明確にする必要がある。

“供給量（降雨、融雪水等）”が同量であっても、地下水位変動が大きな箇所と小さな箇所が存在する。その要因は、その位置を構成する地層の透水性や層厚である可能性が高い。このような“地層ごとの透水性の評価”に関しては、下図に示した“水収支の概念”を適用する。

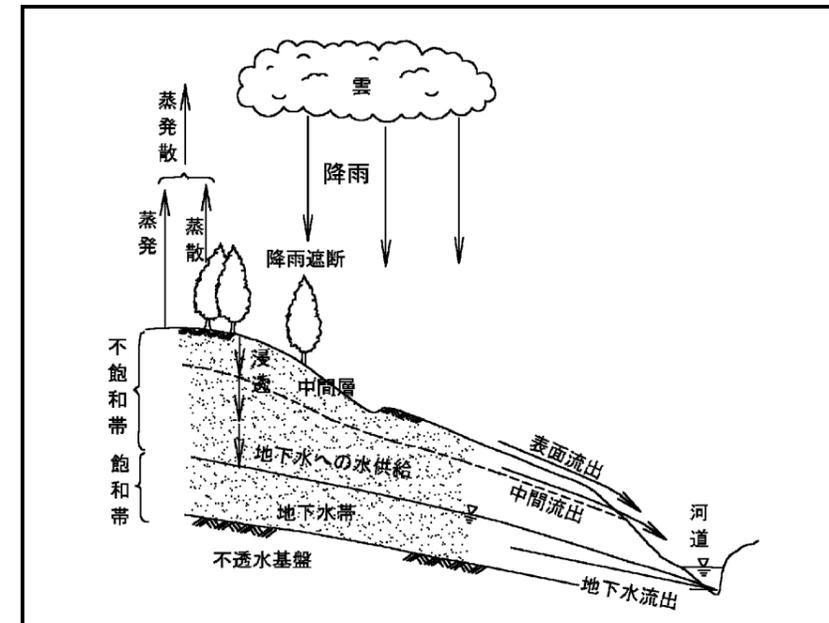


図 17 水収支の概念図

“水収支計算”を実施するために実施した主な項目は、以下のとおりである。

- ・過去の降雨量データ
- ・過去の積雪深データと融雪期気象（気温）データ＜融雪換算降水量の算定＞
- ・過去の各調査孔位置での地下水位データ
- ・現地での流量 1（地下水排除工からの排水量）
- ・ “ ” 2（地表水排除工からの排水量）
- ・ “ ” 3（地表部での地層ごとの湧水量）

“各種データおよび解析結果”から得られた“地下水涵養条件（15 日連続涵養量）”“境界条件（地質、水文）”“水理条件”等による“キャリブレーション（再現性向上のための調整）”を実施し、“**地下水解析モデル**”を構築した。

《三次元安定解析（RBSM解析）の概要》

“RBSM解析（Rigid Bodies-Spring Model）”は、剛体バネ理論といわれている解析手法である。

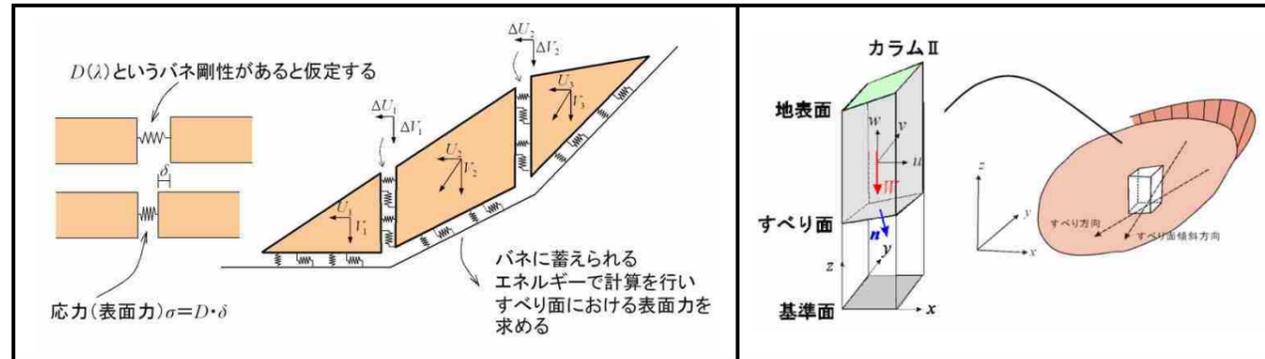


図 18 剛体バネモデルの概念

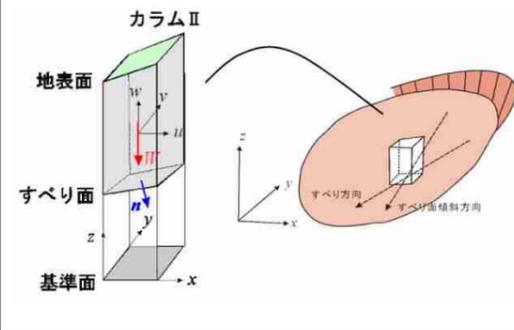


図 19 コラムとその自由度

★概要

RBSM解析は、“川井”によって開発された主として金属材料や地盤の離散化極限解析モデルである。その後、“竹内”によって岩盤解析用に種々の機能を付加して実用化されてきたモデルで、要素を剛体と仮定しブロック間にバネを設けて要素境界面に蓄えられるエネルギーをもとに剛性行列を誘導して解析するものである。要素境界面上の表面力を扱うことから、進行性破壊などが表現でき安定解析などへの応用が可能であり、“高度な地すべり安定解析モデル”といえる。簡易三次元斜面安定解析（RBSM<3D>）はこれらの考えを応用したものであり、“x・y平面”上で“x軸・y軸”の2方向に分割されたコラムで構成して取り扱うこととし、このコラム側面間にRBSMで用いられるバネをエネルギー伝達のためのペナルティ関数として取り込み、扱いを簡単にした解析法である（“竹内”“濱崎”）。

このことは、結果的に変形係数などに依存しないモデルであり、コラム運動の回転を考えず並進性のみに着目した解析とすれば計算を容易にすることが可能であり、処理の利便性においてこれまでのHovlandなどの現行極限平衡法モデルと同等に扱える解析手法となる。

また、コラムをRBSMの三次元要素と考えて要素間に考えられるエネルギーを評価し、剛性行列を誘導して離散化極限解析を行うことによってすべり面上の表面力を求め、全体安全率を導くことが可能である。さらに、個々のコラムの変位ベクトルを求めることができ、全体の挙動を反映することが可能となる。

★RBSM<3D>によるモデル化

Hovland法などの分割法による方法では、三次元斜面をxy平面のメッシュ状のコラムの集まりで表現し、極限平衡法を適用して各コラムのすべり面上の安全率を求める。このコラムをRBSMの三次元要素と考えて離散化極限解析を実施すれば、すべり面上の表面力が求められるため、これを用いて安全率を求めることも可能である。斜面の変形解析を実施するのであれば、地層や地下水面等を考慮してこのコラムをさらに分割し、適切な変形係数等の地盤定数を入力する必要がある。しかし、この方法では解析時間を要し、さらに適切な地盤定数や地層状態の調査等の処理のため簡便性が低下する。本モデルでは、分割法と同程度の簡便さで解析を行うことを目的とし、コラムをRBSMにおける1つの要素と考えて下図に示すように“x方向、y方向、z方向”の3自由度のみを考慮する。

さらに、RBSMでは回転自由度を考慮するのが一般的であるが、コラムの並進運動のみ取り上げるという考え方から、回転変位は考慮しない。

以上の手法による剛体バネ理論を三次元的に検討し、「地すべりモデル」を構築した。

《安定解析各種条件》

★適用した確率雨量年と安定度指針

“100年確率雨量の条件下においても地すべり安全率F=1.00を下回らないこと”を長期安定化評価の指針とした（平成23年度技術検討会での承認事項）。

★適用した物性値

平成22年度事業（「調査ボーリング」）において側壁部（S-4、S-6）のすべり面を採取して、「すべり面せん断試験」を実施した。この結果、底面すべり面のせん断抵抗角（3°）よりも大きな値（7.2°、8.1°）を得ており、平均的な値は7.5°

となった。

すべり面底面は、層理面に沿ったすべりであり、純粋なスメクタイトの残留強度と同程度の強度を示すが、側壁部は層理面に斜交して強制的にせん断されることから大きめのφを示すと考えられる。なお、下表に示した数値のうち“シラス層：粘着力”のみを“逆算値”として求めている。この数値が安定計算を実施した際の変動値となっている。

表 2 H22 解析時のすべり面の物性値

区分	単位体積重量 γ t (kN/m <sup>3</sup> )	粘着力 c (kPa)	せん断抵抗角 φ (°)
シラス層	18.4	109.7	32.0
野口層（側壁部）	19.6	10.0	7.5
古口層（底面）	19.6	21.0	3.0

※   : 土質試験値、  : 逆算値

《全体ブロック対策工計画》

★基本方針

「全体ブロック」の対策工計画は、以下の方針で決定されている。

- ・「排水トンネル工」計画は、平成13年度計画に則っている。配置計画は、以下を基本方針としている。
  - 「全体ブロック」を網羅すること
  - 「56災害ブロック」「I拡大ブロック」の対策を兼ねること
- ・「落込みボーリング工」計画は、平成23年度技術検討会の際に計画数量を変更している（No.1路線&No.3路線&No.5路線&No.6路線の設置間隔を12.5mピッチから25.0mピッチへ変更）。ただし、最終的な計画数量は、第6期工事完了後の施工効果判定を実施して決定する方針としている。
- ・平成23年度技術検討会段階での安全率は、計画されている「排水トンネル工」「落込みボーリング工」「集水井工」の導入により、F=1.038（100年確率雨量条件）となっている。

※当地区での安全率は、“施工済み対策工効果（実績）+計画対策工の見込み効果”により算出されている。F=1.038は「第5期工事までの実績」と「第6期+第7期工事の見込み効果」による結果である。

★109m集水井工計画

平成8年度活動時に導入された「応急対策：強制排水工」は、「I拡大ブロック」に対応した位置にも存在しており、その代替施設として他路線と同様に「排水トンネル工+落込みボーリング工」が計画（平成13年度段階）されていた。しかし、その後の施工中のすべり面分布状況の変化が確認されたことにより「排水トンネル工」の導入が困難であることが判明した（すべり面より上位にトンネルが位置するため）。

新たな代替施設として「集水井工+井内集水ボーリング工」により対処することが平成23年度技術検討会で提案され、承認を得た（平成26年度：第6期工事とは別発注にて施工～完成）。

★落込みボーリング工仕様

表 3 落込みボーリング工仕様（平成23年度段階）

排水トンネル路線名	落込みボーリング工設置間隔	備考
No. 1	25.0mピッチ（H23変更：12.5m→25.0m）	
No. 1'	25.0mピッチ（H23変更：12.5m→25.0m）	
No. 2	12.5mピッチ	
No. 3	25.0mピッチ（H23変更：12.5m→25.0m）	
No. 4	12.5mピッチ	
No. 5	25.0mピッチ（H23変更：12.5m→25.0m）	
No. 6	25.0mピッチ（H23変更：12.5m→25.0m）	56災害ブロック対応兼

《第 6 期工事完了段階での評価》

★対策工進捗状況（第 6 期工事完了段階）

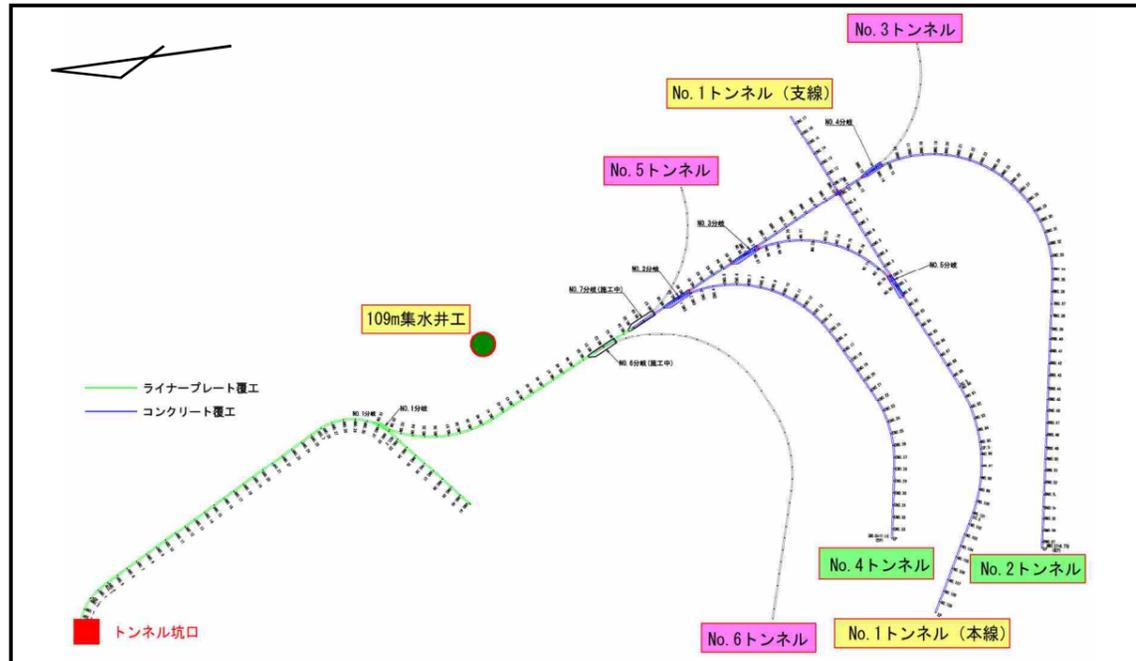


図 20 「排水トンネル工」配置図<S=1/12,000>

表 4 排水トンネル工施工状況（第 6 期工事完了段階）

施工状況	排水トンネル路線名	落込みボーリング工 設置間隔
<済>第 5 期工事まで	No. 2 トンネル※, No. 4 トンネル	12.5m ピッチ
<済>第 6 期工事	No. 1 トンネル, No. 1' トンネル No. 2<落込み>※※	25.0m ピッチ 12.5m ピッチ
第 7 期工事（施工中）	No. 3 トンネル, No. 5 トンネル, No. 6 トンネル No. 2<落込み>※※：残分実施	25.0m ピッチ 12.5m ピッチ

※第 5 期工事「No. 2 トンネル：落込みボーリング工」は 12.5m ピッチ計画に対して 25.0m ピッチで実施

※※第 6 期工事「No. 2 トンネル：落込みボーリング工（12.5m ピッチ）」の残分を第 7 期工事で実施

★施工済み対策工（第 6 期工事完了段階）の効果判定<安定計算結果>

<条件>

- ・第 6 期工事完成段階
- ・109m 集水井工の井内流量計結果反映
- ・各路線の「落込みボーリング工」は当初通り

<安定解析に使用する涵養量>

表 5 検討ケースごとの諸元（H27.10.28～29 の現地調査結果）

	涵養条件	涵養量 (mm/15day)	涵養量 (mm/年)	備考
H27 試算	100 年確率	362.5 152.3	8820.8 3706.0	15 日間累積最大涵養量 " (lower-middle)

<安全率試算結果>

★F=1.006

“第 5 期工事完了時→第 6 期工事完了時”に安全率が“F=1.038→F=1.006”と“約 3%の差異（見込みよりも安全率

が上昇していない状況”が認められた。主要因としては、「109m 集水井工」の集水量が当初見込み計画よりも少なかったことが挙げられる。平成 23 年度の試算段階では、1 拡大ブロック対応位置は既存の「強制排水工」を効果として見込んでいた（見込み排水量：約 1,000L/m）。その後代替として実施した「109m 集水井工」の排水量が約 300L/m（半自動観測流量計による数値）であり、その排水量の差異が安全率に反映されている状況である。

※当地区での安全率は、“施工済み対策工効果（実績）+計画対策工の見込み効果”により算出されることから、対策工の進捗により当初の見込みよりも低い効果（排水量）が発現した場合には、安全率が低下する形態となっている。

2-2-4 現在までの対策工進捗状況

現段階（平成 29 年 12 月）での第 7 期工事の進捗状況および次年度実施予定計画は、以下のとおりである。

表 6 第 7 期工事進捗状況<H29.12月段階>と次年度計画(1)

	本坑開削・覆工	～ H28	H29	H30	備考
No. 3 排水トンネル工	L=170m 完了	→	○ 170m	—	トンネル延長変更（減）
No. 5 排水トンネル工	L=105m 完了（分岐部 52m 含む）	→	○ 105m	—	トンネル延長変更（減）
No. 6 排水トンネル工	L=673m 完了（分岐部 52m 含む）	→	○ 673m	—	

表 7 第 7 期工事進捗状況<H29.12月段階>と次年度計画(2)

	落込みボーリング工	～ H28	H29	H30	備考
No. 2 排水トンネル工	完了(15 本)	×	○ 15	—	第 6 期工事残分
No. 3 排水トンネル工	未施工	×	×	×	残 5 孔
No. 5 排水トンネル工	未施工	×	×	×	残 3 孔
No. 6 排水トンネル工	未施工	×	×	○ 3	残 22 孔

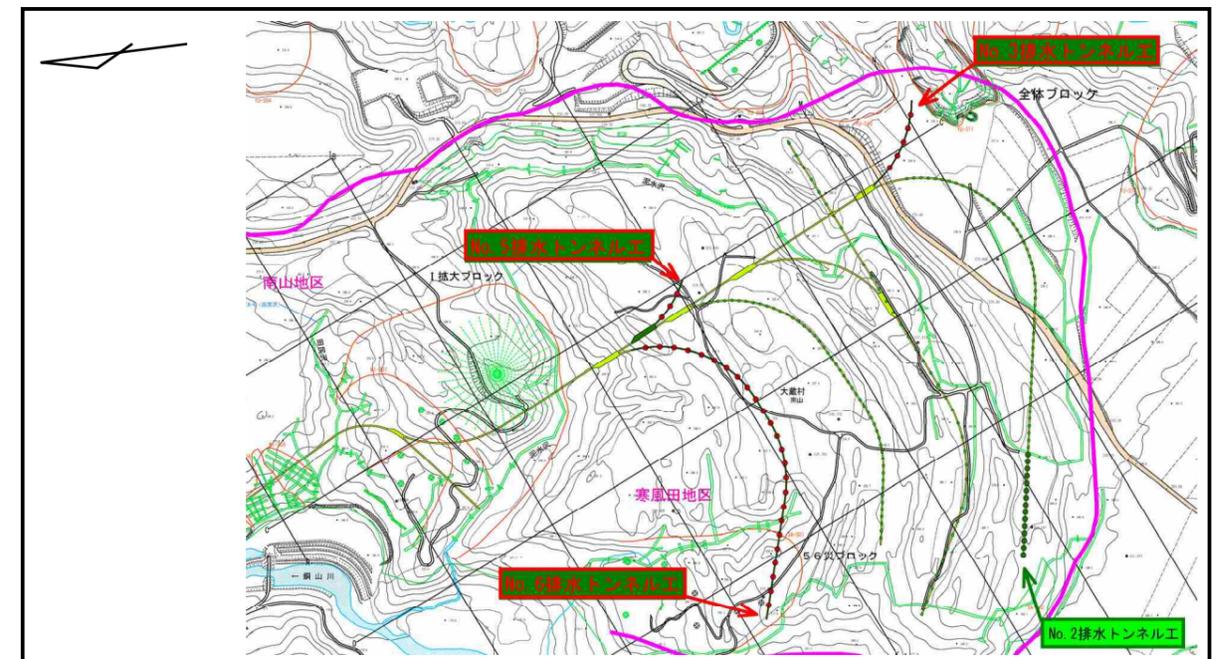


図 21 第 7 期工事実施状況図<S=1/12,000>