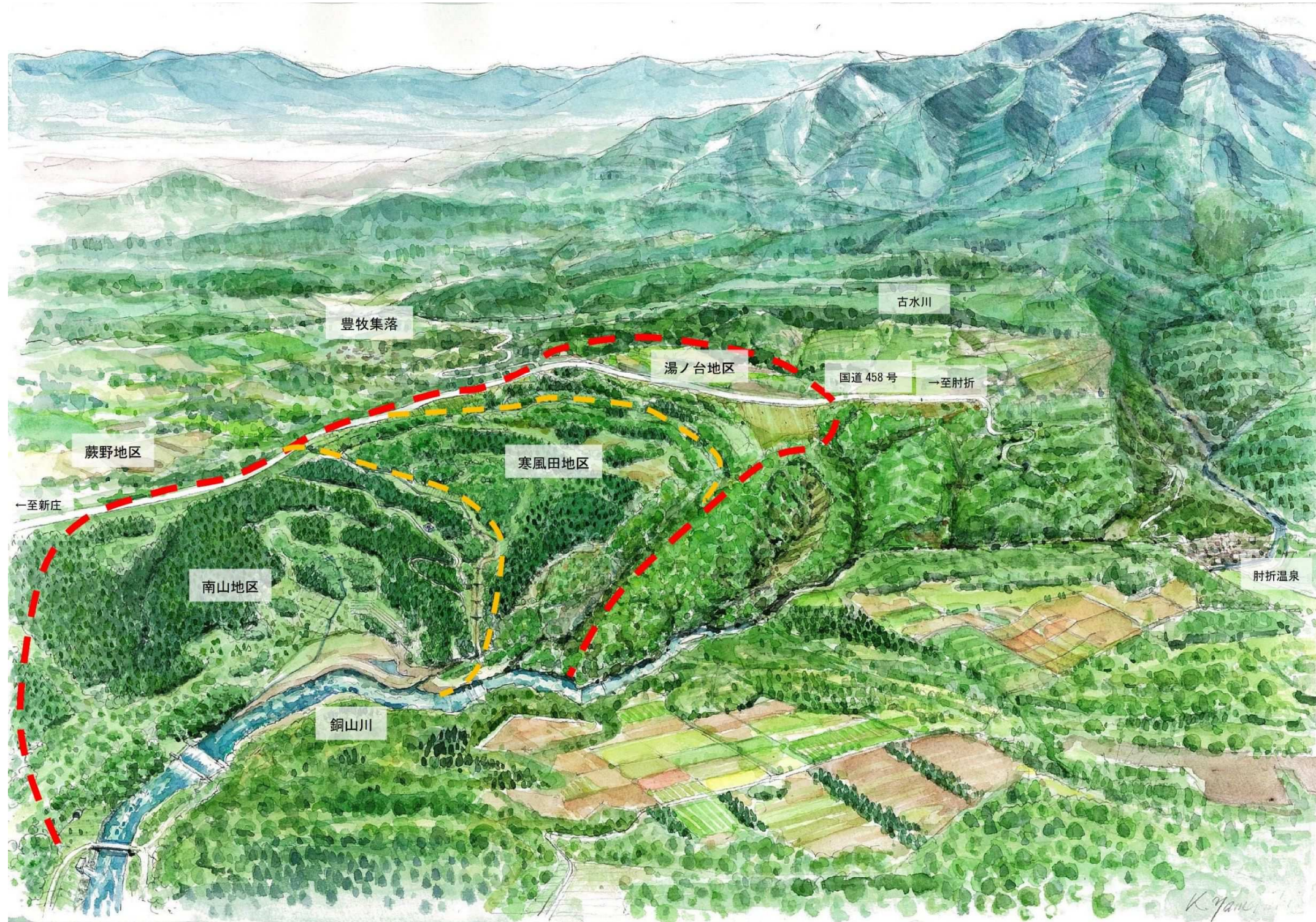


銅山川地区民有林直轄地すべり防止事業概成検討委員会

第1回 概成検討委員会



銅山川地区民有林直轄地すべり防止事業概成検討委員会

第1回 概成検討委員会

《 検討会資料 》

令和7年10月30日（木）～31日（金）

現地視察：銅山川地すべり地

室内検討会：ニューグランドホテル（新庄市）

東北森林管理局 山形森林管理署最上支署

銅山川地区民有林直轄地すべり防止事業概成検討委員会

設置の趣意書

銅山川地すべりは、山形県最上地方南西部の最上郡大蔵村大字南山地区に位置し、過去より幾度にわたって地すべりや斜面崩壊による甚大な斜面災害が発生していた。そのため、民有林を昭和27年から山形県により、隣接する国有林を昭和44年から秋田営林局（現東北森林管理局）により地すべり防止対策を実施されてきた。

しかし、地すべりの規模が次第に拡大し、重要な保全対象に被害を及ぼす危険性が増したことから、山形県の強い要請を受け、平成4年より民有林直轄地すべり防止事業に着手し事業を実施している。

この間、平成8年に発生した大規模地すべりやその後の小規模な地すべりが続いたことから、延べ4回の全体計画の変更を実施してきたところであるが、令和8年度をもって、本事業の概成に見通しがたったところである。

本委員会では、本事業の概成に当たり、山形県最上地方に関わりが深く、自然や環境、地形、地すべり対策事業等に造詣が深い学識経験者及び関係行政機関より、概成の妥当性について、幅広い視点から意見をいただくことを目的に設置するものである。

< 検討会委員・事務局 >

区分	氏名	所属	摘要	
検討委員	学識経験者	大河原 正文	岩手大学 理工学部 社会基盤・環境工学コース 教授	※五十音順 (検討委員のみ)
		岡田 康彦	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 森林防災研究領域 山地災害研究室 室長	
		宮城 豊彦	東北学院大学 名誉教授	
		本山 功	山形大学 学術研究院 教授	
	行政機関	笠井 俊哉	山形県農林水産部森林ノミクス推進課 課長	
		門脇 裕樹	林野庁東北森林管理局 計画保全部 部長	
		若槻 寛	山形県大蔵村産業振興課 課長	
事務局	久積 将史	東北森林管理局計画保全部治山課 課長		
	高橋 健太郎	東北森林管理局計画保全部治山課 設計指導官		
	山崎 彬弘	東北森林管理局計画保全部治山課 審査係長		
	武藤 哲平	東北森林管理局計画保全部治山課 民有林治山係長		
	邑上 颯	東北森林管理局計画保全部治山課 保安林係		
	伊東 弘至	山形森林管理署最上支署 支署長		
	三塚 幸仁	山形森林管理署最上支署治山グループ 総括治山技術官		
	佐藤 博國	山形森林管理署最上支署治山グループ 主任治山技術官		
	上野 晴生	山形森林管理署最上支署治山グループ 主任主事		
	大友 郁弥	山形森林管理署最上支署治山グループ 主事		
高橋 和子	山形森林管理署最上支署治山グループ大蔵治山事業所 治山技術官			

< 目 次 >

1. 銅山川地すべり事業の概要.....	1	3.3.1 安定解析手法の比較.....	33
1.1 事業位置.....	1	3.3.2 三次元 RBSM (RBSM-3d)	33
1.2 地形.....	1	3.4 地下水流動解析.....	34
1.3 地質.....	2	3.4.1 融雪量の推定と地下水位応答	35
1.4 民有林直轄地すべり事業の経緯.....	3	3.4.2 地下水涵養量.....	36
2. 事業地の概成判断.....	9	3.4.3 地下水流動解析.....	37
2.1 全体ブロックの概成判断.....	9	3.4.4 地下水位面の予測	37
2.1.1 地すべりの特徴.....	9	3.5 長期安定性評価.....	38
2.1.2 全体ブロックの対策工の考え方.....	11	3.6 全体ブロック地すべり発生シナリオと現状	41
2.1.3 長期安定性評価.....	12	4. MI-S07-1 ブロック	42
2.2 全体ブロック内の小ブロック (南山地区の地すべり対策工、山腹工対策)	13	5. 古水川流域の現況.....	45
2.3 古水川沿いの小ブロック (湯の台地区)	14	5.1 現地踏査結果	45
2.3.1 地すべり対策工 (山腹工対策)	14	5.2 古水川の現況評価.....	46
2.3.2 古水川沿い崩壊ブロックの山腹工	15	5.3 追加対策の必要性.....	46
2.3.3 古水川沿い崩壊ブロックの溪間工	15	5.4 今後の方針.....	46
2.4 銅山川地区で導入された対策施設地区.....	16	6. 事業移管後の維持管理	47
2.4.1 南山地区.....	16	6.1 維持管理マニュアル.....	47
2.4.2 寒風田地区.....	17	6.1.1 維持管理マニュアルの基本方針	47
2.4.3 湯ノ台地区.....	18	6.1.2 維持管理マニュアルの運用.....	47
2.4.4 泥水沢地区.....	20	6.1.3 危険度予測	47
2.4.5 田尻沢地区.....	22	6.2 継続観測.....	48
2.4.6 蕨野地区.....	22	6.3 現地点検.....	49
2.5 銅山川地区で導入が見送られた施設.....	23	6.3.1 目視点検ルート.....	49
2.5.1 寒風田地区水路工.....	23	6.3.2 気象イベント.....	49
2.5.2 湯ノ台地区溪間工.....	23	6.4 警戒基準.....	49
3. 全体ブロック発生機構と対策.....	24		
3.1 これまでの調査の経緯.....	24		
3.2 地すべり発生機構.....	26		
3.2.1 すべり面構造.....	26		
3.2.2 地表変動特性.....	27		
3.2.3 地中変動特性.....	27		
3.2.4 地下水変動特性.....	29		
3.2.5 エリア別調査結果の対比.....	32		
3.3 安定解析.....	33		

1. 銅山川地すべり事業の概要

1.1 事業位置

銅山川地区民有林直轄地すべりは、山形県北部の新庄盆地と庄内海浜地域とを分かつ出羽丘陵の東縁にあたり、山形県最上郡大蔵村内で大蔵村中心部清水より南方約9kmに位置する。

民有林直轄事業区域は、南北約2.2km、東西約1.5km、面積328.34haで、西側は南西から北東に向けて流下する一級河川銅山川、東側は銅山川の東側を北流する赤松川支流古水川の右岸部までのエリアでスギ植林地や耕作地として利用されている。

1996（平成8）年5月の融雪期には、湯ノ台地区、寒風田地区から南山地区にかけて斜面長約1.2km、斜面幅約1.1km、最大深さ約170mの大規模な地すべりが発生しており、本事業により地すべり防止工事が実施され、現在では安定が確保されている。

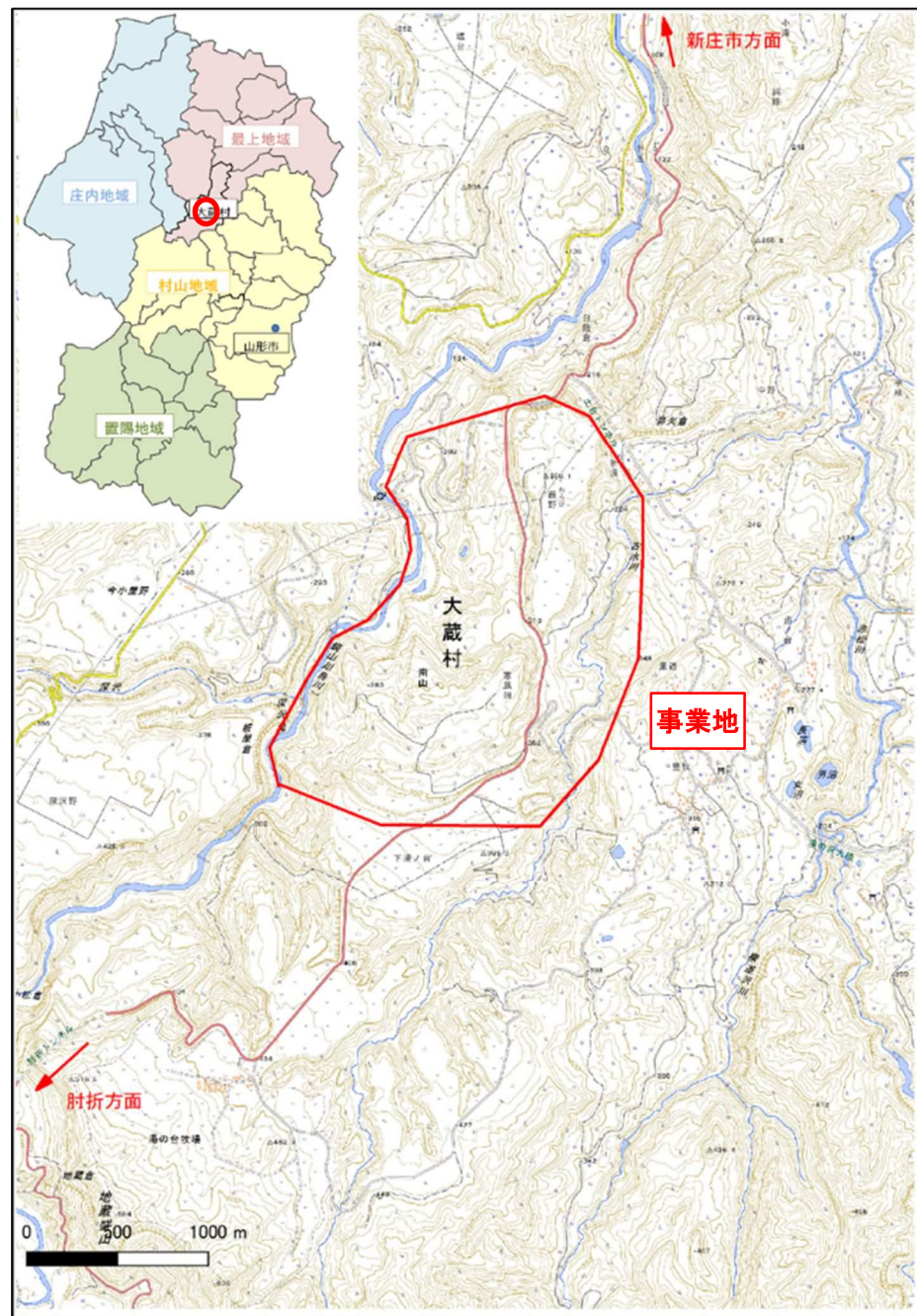


図 1.1 事業位置図

1.2 地形

銅山川地すべり周辺の地形は、約1万年前の肘折火山活動による肘折火砕流堆積物（シラス）に厚く覆われた後に、一帯の地質構造に沿って南から北に流下する銅山川、古水川などの河川の開析を受け、浸食を免れた部分がシラス台地（湯ノ台、深沢野など）として残ったが、浸食は固結度の低い新第三紀層にまで及び、境界部は比高を増し周辺の斜面を不安定化させる要因の一つとなっている。

銅山川地すべり内では、すべり面がさらに深くまで達し、地すべり活動を繰り返した結果、複数の陥没地形が特徴的に残っている。

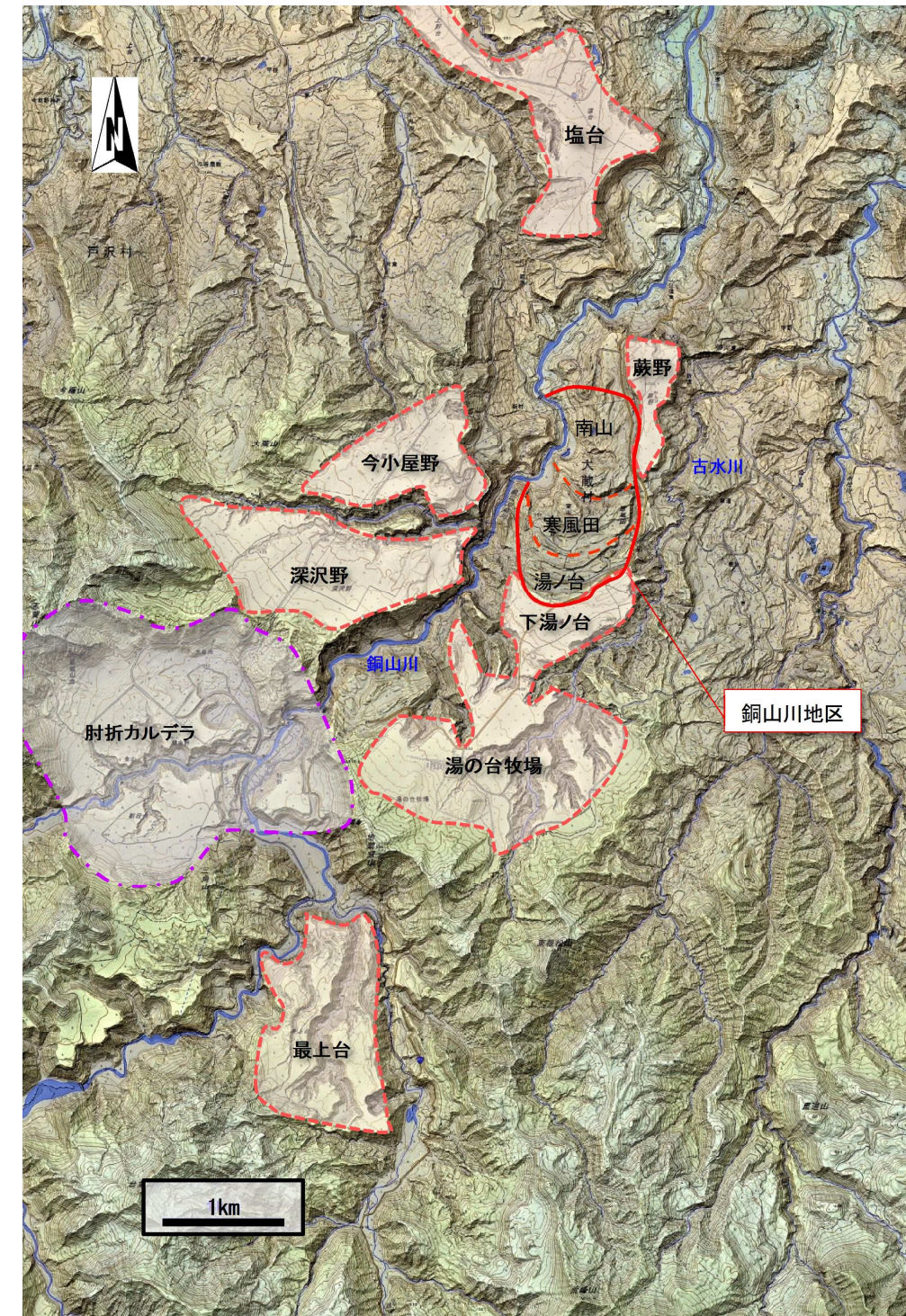


図 1.2 銅山川周辺の地形図（カシミール3Dスーパー地形に加筆）

地すべり（全体ブロック）の冠頭部は、下湯ノ台（シラス台地）の北側に接するように位置しており、かつてのシラス台地は地すべり滑動により馬蹄形状に浸食されている。

馬蹄形の内側には3列の明瞭な陥没地形が配列され、その南側（上部斜面）にはシラス台地の様相を残したままの陥没が発生している。

3列の陥没地形の北側には陥没帯の配列に同調するように沢（泥水沢、田尻沢）が発達しており、古くから地すべり活動が進行していたことがうかがわれる。

1.3 地質

銅山川地すべり周辺の地質は、上位より概ね以下の地質で構成されている。

① 肘折火砕流堆積物（シラス層）

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、半固結の火砕流堆積物で50～100m前後の層厚で堆積している。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しており、肘折シラスと称されている。

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、「固結度が低い」、「空隙が多く透水性が高い」、「火山灰や軽石、岩片が混じり全体的に淘汰が悪い」といった特徴が認められ、周辺のシラス層は、肘折カルデラの酸性マグマの爆発的な火山活動による噴出物が北東方向に向かって空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がうかがえる。

② 野口層

シラス層の下位には、新第三系中新統～鮮新統：「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。

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。

③ 古口層

野口層の下位には、調査地一帯の基岩層となる新第三系中新統：「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 1.1 地内に露頭する地質状況（左：シラス層、中：野口層、右：古口層）

野口層、古口層の走向傾斜は、概ねNS走向、東傾斜8～10°で、すべり面は古口層の風化部と未風化部の層界をなす層理面に沿って形成されているが、地すべりの移動方向は、ブロックの上部から中腹部にかけては層理面の走向方向に、下部は層理面に斜交して受け盤上を乗り上げるように移動している。

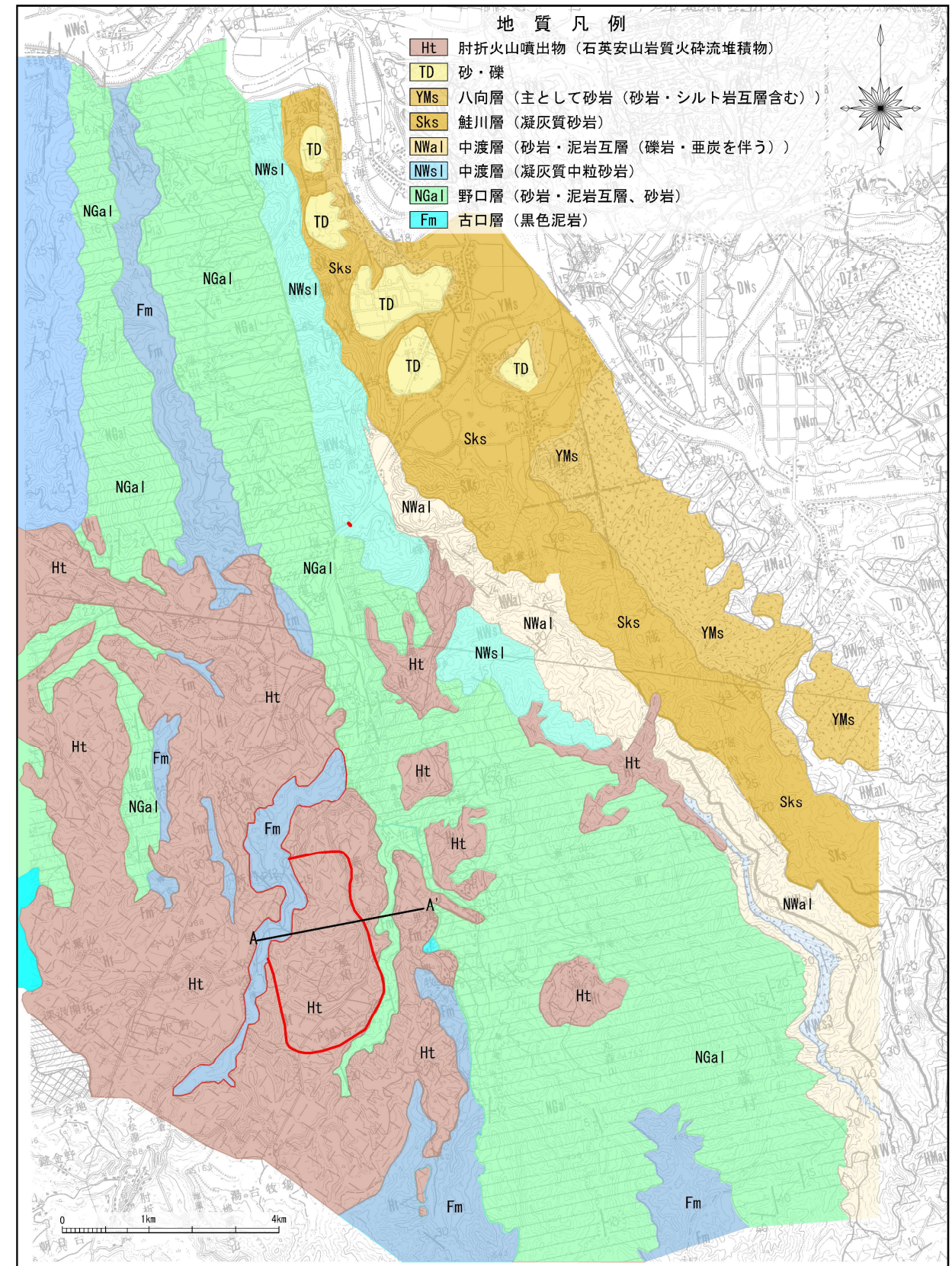


図 1.3 周辺の地質図（北村信編 新生代本州東北弧地質資料集第3編島弧横断ルート No. 22 に着色）

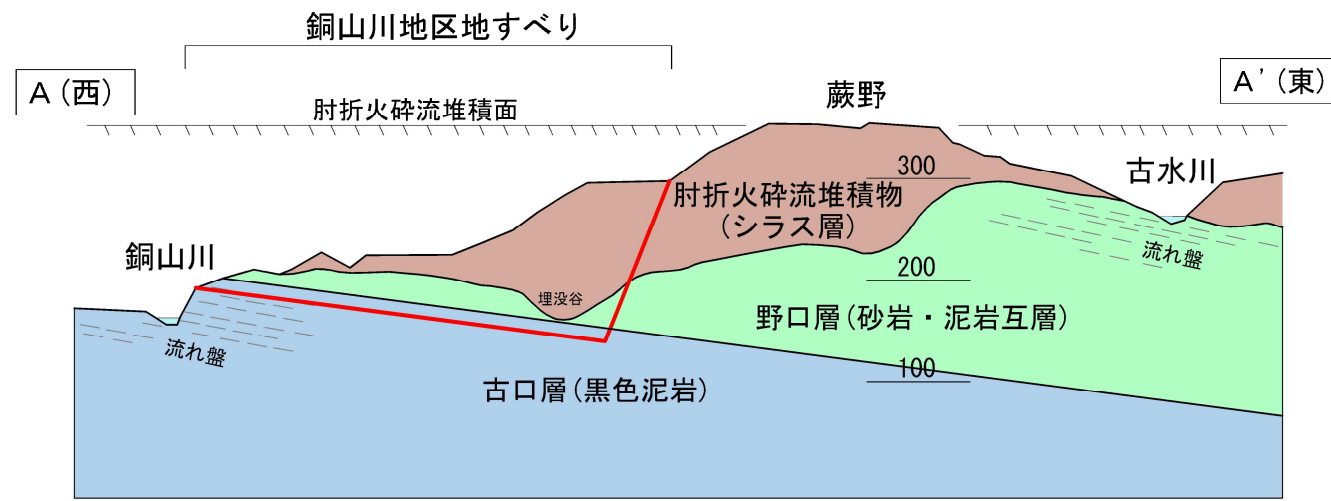


図 1.4 地質断面図

1.4 民有林直轄地すべり事業の経緯

銅山川地区の地すべり防止事業は、民有林においては1952（昭和27）年から山形県が、隣接する国有林においては1969（昭和44）年から旧秋田営林局（現東北森林管理局）により実施されてきた。

そして、地すべり規模の拡大や活発化により国道や村道、耕作地や山林などの重要な保全対象に被害を及ぼす危険性が增大したために、1982（昭和57）年に寒風田地区、1984（昭和59）年には南山地区、続いて1989（平成元）年に湯ノ台地区が地すべり防止危険地区の指定告示を受け、1992（平成4）年以後、東北森林管理局において民有林直轄地すべり防止事業として地すべり対策が実施されている。



写真 1.2 銅山川地すべり周辺の全景写真

表 1.1 地すべり防止区域と直轄地すべり防止区域

地すべり防止区域名	面積 (ha)	告示年月日	告示番号	直轄地すべり防止指定	
				面積 (ha)	
寒風田	78.19	昭和57年8月9日	農告示1359号	78.19	平成4年4月10日 農告第455号
南山	39.00	昭和59年4月5日	農告示 774号	39.00	
湯ノ台	937.98	平成1年9月26日	農告示1244号	211.15	
計	1,055.17			328.34	

表 1.1 に地すべり防止区域について、表 1.2 に地すべり対策事業の経緯について示す

現行の直轄事業施工区域は、重要な生活道路であり観光道路である国道 458 号をはじめとする公道、一級河川銅山川、および公共施設等の重要な保全対象を抱えていることから、地すべり防止対策をより一層積極的に推進する必要がある一方、事業規模、対策工施工の困難性等から山形県、および大蔵村の強い要請を受け、1992（平成4）年から民有林直轄地すべり事業として実施している。

1995（平成7）年には、有識者による検討委員会を開催し、地すべり地に対する対策工、およびその進め方についての検討、抜本的な対策工基本計画の策定に着手した。

このような中で、1996（平成8）年5月に南山・寒風田・湯ノ台に跨る大規模な地すべり災害が発生したため、当該事業地全体に係る再調査を余儀なくされ、1999～2000（平成11～12）年に検討委員会を開催して全体計画の見直し（1回目）を行っている。

2011（平成23）年には、事業開始から19年間の地すべり調査による動態、地下水、すべり面などのデータが蓄積され、そして、この間に発展した解析手法なども取り入れて、銅山川地すべりの実態の検証と長期安定性の評価による全体計画の見直し（2回目）を行った。

そして、2017（平成29）年には、排水トンネル支線端部でのすべり面確認、全体ブロック末端に位置するMI-S07ブロックの活動が顕在化し、MI-S07ブロックはさらにブロックの拡大がみられたことなどから、2024（令和6）年に、さらに2026（令和8）年に事業期間を延期して現在に至っている。

表 1.2 地すべり対策事業の経緯

年月	事業等
1952(S27)年5月	山形県が民有林内での事業開始(民有林)
1969(S44)年	旧秋田営林局が国有林内での事業開始(国有林)
1982(S57)年8月-1989(H1)年9月	地すべり防止区域指定(南山、寒風田、湯ノ台)
1992(H4)年4月	銅山川地区民有林直轄地すべり事業開始
1995(H7)年	H7検討委員会開催
1996(H8)年5月	大規模地すべり(全体ブロック)発生
1999(H11)年11月-2000(H12)年2月	H11検討委員会開催 → H13全体計画変更(H30まで)
2011(H23)年2月-2012(H24)年3月	H23-24検討委員会開催 → H24全体計画変更(H30まで)
2018(H30)年3月	H29検討委員会開催 → 概成2024(R6)年を見込む
2020(R2)年12月	MI-S07ブロック活動が顕在化
2023(R5)年1月	有識者協議 → 概成2026(R8)年を見込む
2025(R7)年10月、2026(R8)年1-2月	概成判定のための検討委員会開催

図 1.5 に対象となる地すべりブロックとエリアについて示す。

ブロックの名称 (地すべり対策工、山腹工、溪間工)

- ① 全体ブロック : 1996 (平成 8) 年に発生した大規模ブロック_斜面長約 1.2km、幅約 1.1km (I 拡大、S56 災ブロックは全体ブロックと一体)
- ② 全体ブロック内の小ブロック : MI-S01 (A) ~MI-S07 (I)
- ③ 古水川沿いの小ブロック : YU-S01 (I) ~YU-S18 (IX)

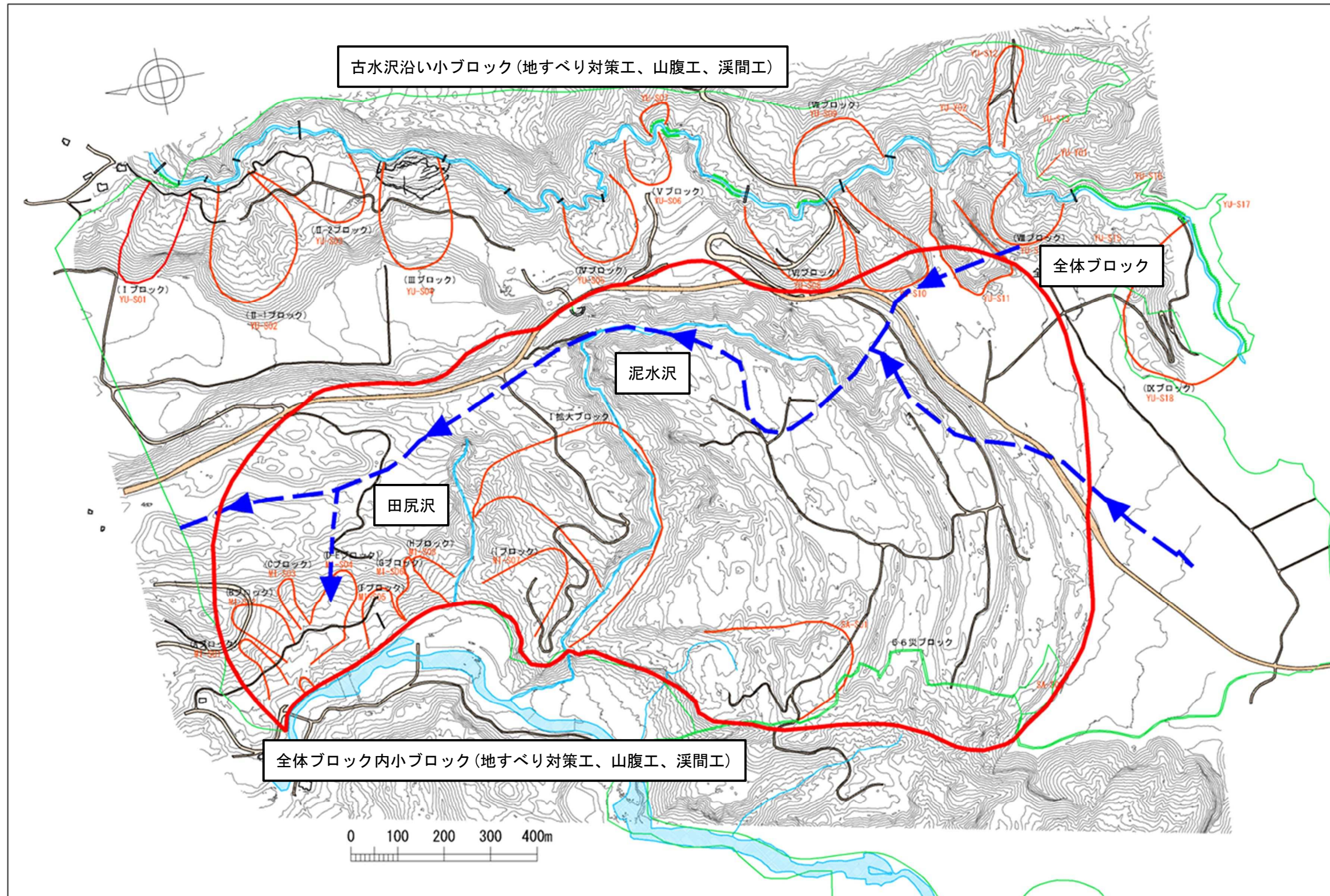


図 1.5 全体ブロックと小ブロックの位置

全体計画の見直しにともなって事業費も変化している。

1996（平成 8）年の全体ブロックの活動は、当初計画の対象ブロックよりも規模を拡大して滑動したことから、当初計画の事業費 90.4 億円から 2001（平成 13）年度の見直しでは 310.7 億円へと事業費が大きく拡大している。

これに対して、2017（平成 29）年度の見直しでは、事業費を約 95 億円減じて 215.7 億円としている。

対応する地すべりブロックに変わりはないが、それまでに取得したすべり面分布や物性値、移動方向の転向などのデータの蓄積から、安定解析手法を近似三次元解析から、三次元 RBSM（剛体ばねモデル）に変更したことにより、移動方向の転向や側壁抵抗力などの実態に応じた再現性の高いモデルを構築した (①)。さらに気象条件（融雪量や降水）の変化に応じたブロック全体の地下水位面の変動予測モデルを構築し、予測水位面と三次元 RBSM を組み合わせることにより、確率年に応じた全体ブロックの安全率の予測を行った (②)。

(①+②) により、全体ブロックの地すべり対策計画数量が大きく見直された。

「(当初) 事業量 = (目標安全率 $F=1.20$ ・初期安全率 $F_0=0.98$) 相当の対策工見合い」
 → (見直し) 「100 年確率の (融雪量+降水量) においても、全体ブロックの安定を確保 (安全率 $F>1.0$) する事業量」

表 1.3 民有林直轄事業費の変遷

区分	設定年度	施工期間	区域面積	事業費 (百万円)
当初計画	H4年度	H4年度-H23年度	328.34	9,036
第1回変更	H13年度	H4年度-H30年度		31,069
第2回変更	H24年度			21,570
第3回変更	H29年度	H4年度-R6年度		24,687
第4回変更	R4年度	H4年度-R8年度		26,158

事業の主体は、大規模地すべりである「全体ブロック（地すべり）」であるが、これ以外にも地すべり対策として、全体ブロック内、あるいは古水川沿いの小ブロック、そして事業地内の山腹工、溪間工なども含まれている。ここでは全体ブロック（地すべり）対策とそれ以外に分けて示す。

表 1.4 全体ブロックの地すべり対策（実施）数量

工種		数量
応急対策	強制排水工	76本
恒久対策	排水トンネル工	5,959m(本線2,211m、支線3,748m)
	建て上げボーリング工	50本
	落とし込みボーリング工	201本
	集水井工	1基(109m)

全体ブロックの地すべり対策は、応急対策としての強制排水工と並行して整備してきた排水トンネル工と落とし込みボーリング工や建て上げボーリング工を組み合わせた立体排水工、そして集水井工を施工している。

表 1.5 事業地内の施設数

地区	R4点検実施時の施設 ①				次回以降点検対象外				次回以降点検対象				施設合計			
					崩壊等により施設が被災し、その対策として代替施設が完成すれば、点検対象から除外される施設 ②				R4(施設点検時点で施工中、あるいは計画中の施設 ③)				①-②+③			
	地すべり	山腹工	溪間工	小計	地すべり	山腹工	溪間工	小計	地すべり	山腹工	溪間工	小計	地すべり	山腹工	溪間工	小計
南山	22	49	0	71		18		18	1	4		5	23	35	0	58
湯ノ台	13	56	17	86		1		1		1		1	13	56	17	86
寒風田	24	20	3	47				0			1	1	24	20	4	48
古水川	0	0	58	58			3	3				0	0	0	55	55
泥水沢	19	22	15	56				0				0	19	22	15	56
田尻沢	3	16	7	26				0				0	3	16	7	26
蕨野	0	7	0	7				0				0	0	7	0	7
計	81	170	100	351	0	19	3	22	1	5	1	7	82	156	98	336

事業地内の施設数を表 1.5 に示した。

- ・ 2022 (R4) 年の施設数は、351 施設（地すべり 81 施設、山腹工 170 施設、溪間工 100 施設）
- ・ このうち、施設が被災して代替施設に置き換えられた施設は、22 施設
- ・ 本事業で対象とした施設数は、336 施設（地すべり 82 施設、山腹工 156 施設、溪間工 98 施設）

表 1.6 銅山川地区民有林地すべり対策事業の経緯 (1/3)

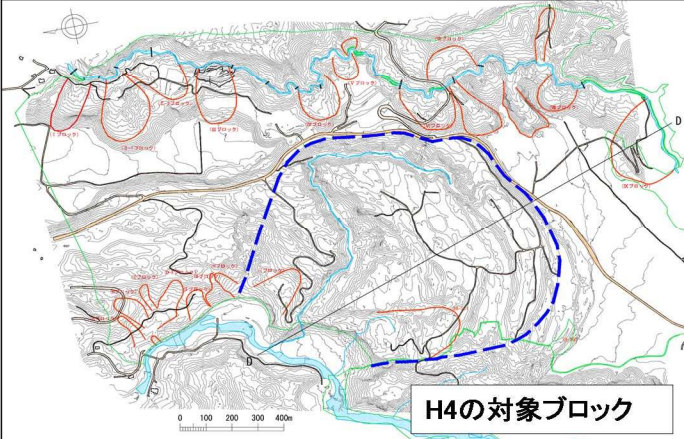
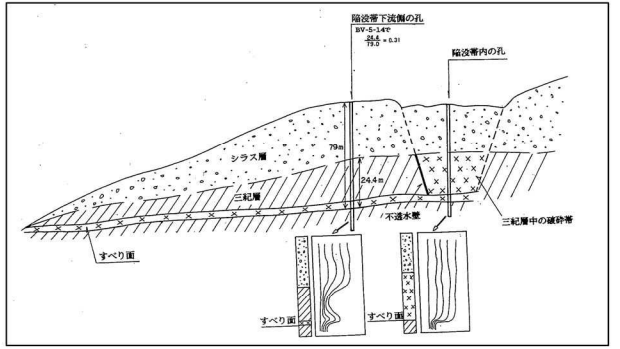

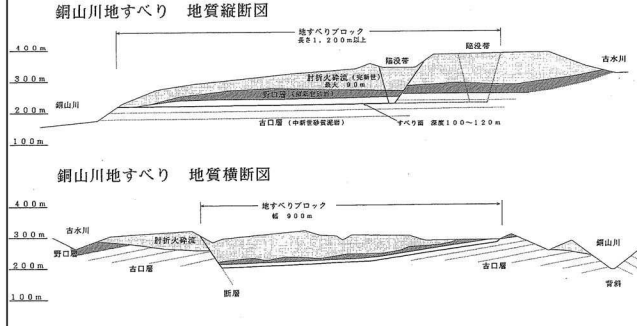
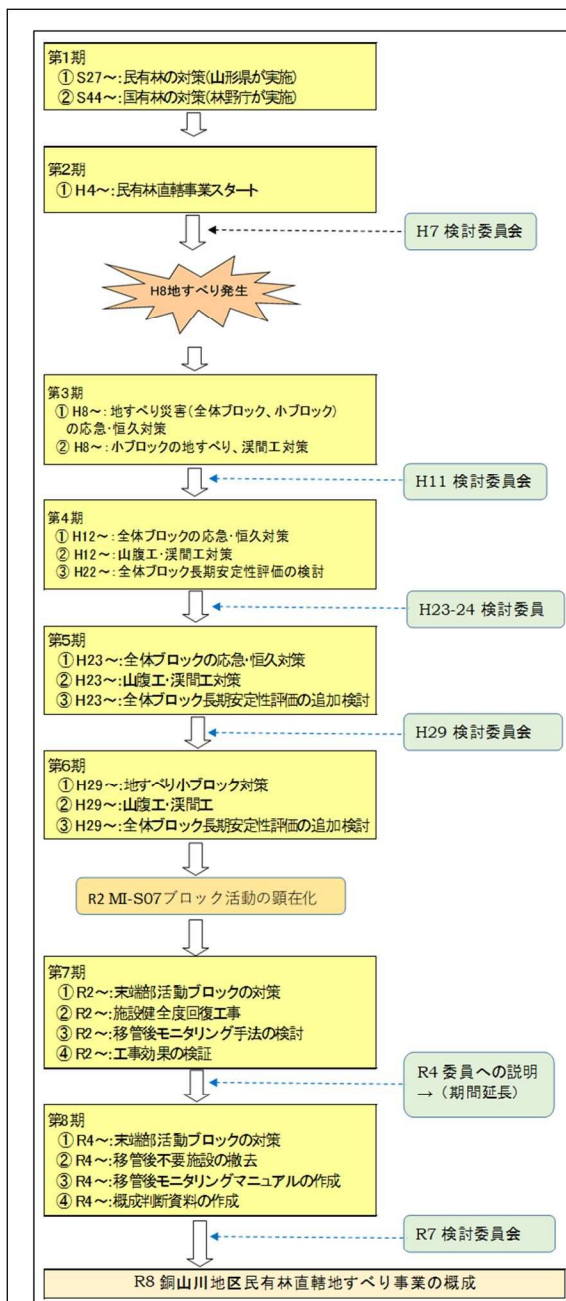
経過+A2:VA2:V52	区分	対象・委員等	ブロック・数量等																																																																																																																													
<p>第1期 ① S27～:民有林の対策(山形県が実施) ② S44～:国有林の対策(林野庁が実施)</p> <p>第2期 ① H4～:民有林直轄事業スタート</p> <p>H7 検討委員会</p> <p>H8地すべり発生</p> <p>第3期 ① H8～:地すべり災害(全体ブロック、小ブロック)の応急・恒久対策 ② H8～:小ブロックの地すべり、溪間工対策</p> <p>H11 検討委員会</p> <p>第4期 ① H12～:全体ブロックの応急・恒久対策 ② H12～:山腹工・溪間工対策 ③ H22～:全体ブロック長期安定性評価の検討</p> <p>H23-24 検討委員</p> <p>第5期 ① H23～:全体ブロックの応急・恒久対策 ② H23～:山腹工・溪間工対策 ③ H23～:全体ブロック長期安定性評価の追加検討</p> <p>H29 検討委員会</p> <p>第6期 ① H29～:地すべり小ブロック対策 ② H29～:山腹工・溪間工 ③ H29～:全体ブロック長期安定性評価の追加検討</p> <p>R2 MI-S07ブロック活動の顕在化</p> <p>第7期 ① R2～:末端部活動ブロックの対策 ② R2～:施設健全度回復工事 ③ R2～:移管後モニタリング手法の検討 ④ R2～:工事効果の検証</p> <p>R4 委員への説明 →(期間延長)</p> <p>第8期 ① R4～:末端部活動ブロックの対策 ② R4～:移管後不要施設の撤去 ③ R4～:移管後モニタリングマニュアルの作成 ④ R4～:概成判断資料の作成</p> <p>R7 検討委員会</p> <p>R8 銅山川地区民有林直轄地すべり事業の概成</p>	<p>H4民有林直轄事業</p> <p>(当初:民直計画)</p> <p>寒風田ブロック Iブロック A-Hブロック</p> <p>(H7)検討委員会</p> <p>(委員) ・中村三郎 委員 ・古谷尊彦 委員 ・山野井徹 委員 ・松浦純生 委員 ・申潤植 委員</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">事業種</th> <th colspan="3">銅山川地区民有林直轄地すべり防止事業量</th> </tr> <tr> <th>工種</th> <th>数量</th> <th>事業量</th> <th colspan="2">摘要</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">溪間工</td> <td>えん堀工</td> <td>18 基</td> <td>7,000.0 m³</td> <td></td> </tr> <tr> <td>谷止め工</td> <td>28 基</td> <td>5,675.0 m³</td> <td></td> </tr> <tr> <td>床固工</td> <td>7 基</td> <td>1,100.0 m³</td> <td></td> </tr> <tr> <td>護岸工</td> <td></td> <td>200.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="10">山腹工</td> <td>土留工</td> <td>26 基</td> <td>87.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>水路工</td> <td></td> <td>3,790.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>暗渠工</td> <td></td> <td>500.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>集水井工</td> <td>49 基</td> <td>1,180.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>横孔ボーリング工</td> <td>64 孔</td> <td>2,700.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>トンネル暗渠工</td> <td></td> <td>3,675.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>杭打工</td> <td>80 本</td> <td>1,820.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>シャフト工</td> <td>65 本</td> <td>1,950.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>アンカー工</td> <td></td> <td>4,891.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td>9.1 ha</td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>運搬路</td> <td></td> <td>4,800.0 m</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">事業種</th> <th colspan="3">事業量</th> </tr> <tr> <th>種別</th> <th>工種</th> <th>数量</th> <th>事業量</th> <th>摘要</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">地すべり対策 (寒風田ブロック)</td> <td>トンネル工</td> <td>5 路線</td> <td>2,000.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>鋼管集水井(φ2500)</td> <td>12 基</td> <td>1,080.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>落とし込みボーリング</td> <td>12 本</td> <td>240.0 m³</td> <td></td> </tr> <tr> <td>集水ボーリング</td> <td>12 群</td> <td>31,200.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>建て上げボーリング</td> <td>40 本</td> <td>1,800.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="5">山腹工・溪間工 (寒風田ブロック)</td> <td>鋼管杭打工</td> <td>67 本</td> <td>3,115.5 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>アンカー工</td> <td>174 本</td> <td>6,351.0 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>谷止工</td> <td>9 基</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>法枠工</td> <td></td> <td>5,700.0 m²</td> <td></td> </tr> <tr> <td>水路工</td> <td></td> <td>2,170.0 m</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>(安定解析)::簡易ヤンプ法による近似三次元安定解析 (寒風田ブロック対策)陥没帯内での集約的な立体地下水排除工</p>	事業種		銅山川地区民有林直轄地すべり防止事業量			工種	数量	事業量	摘要		溪間工	えん堀工	18 基	7,000.0 m ³		谷止め工	28 基	5,675.0 m ³		床固工	7 基	1,100.0 m ³		護岸工		200.0 m		山腹工	土留工	26 基	87.0 m		水路工		3,790.0 m		暗渠工		500.0 m		集水井工	49 基	1,180.0 m		横孔ボーリング工	64 孔	2,700.0 m		トンネル暗渠工		3,675.0 m		杭打工	80 本	1,820.0 m		シャフト工	65 本	1,950.0 m		アンカー工		4,891.0 m		その他		9.1 ha		その他	運搬路		4,800.0 m		事業種		事業量			種別	工種	数量	事業量	摘要	地すべり対策 (寒風田ブロック)	トンネル工	5 路線	2,000.0 m		鋼管集水井(φ2500)	12 基	1,080.0 m		落とし込みボーリング	12 本	240.0 m ³		集水ボーリング	12 群	31,200.0 m		建て上げボーリング	40 本	1,800.0 m		山腹工・溪間工 (寒風田ブロック)	鋼管杭打工	67 本	3,115.5 m		アンカー工	174 本	6,351.0 m		谷止工	9 基			法枠工		5,700.0 m ²		水路工		2,170.0 m		 <p>H4の対象ブロック</p> 
事業種		銅山川地区民有林直轄地すべり防止事業量																																																																																																																														
工種	数量	事業量	摘要																																																																																																																													
溪間工	えん堀工	18 基	7,000.0 m ³																																																																																																																													
	谷止め工	28 基	5,675.0 m ³																																																																																																																													
	床固工	7 基	1,100.0 m ³																																																																																																																													
	護岸工		200.0 m																																																																																																																													
山腹工	土留工	26 基	87.0 m																																																																																																																													
	水路工		3,790.0 m																																																																																																																													
	暗渠工		500.0 m																																																																																																																													
	集水井工	49 基	1,180.0 m																																																																																																																													
	横孔ボーリング工	64 孔	2,700.0 m																																																																																																																													
	トンネル暗渠工		3,675.0 m																																																																																																																													
	杭打工	80 本	1,820.0 m																																																																																																																													
	シャフト工	65 本	1,950.0 m																																																																																																																													
	アンカー工		4,891.0 m																																																																																																																													
	その他		9.1 ha																																																																																																																													
その他	運搬路		4,800.0 m																																																																																																																													
事業種		事業量																																																																																																																														
種別	工種	数量	事業量	摘要																																																																																																																												
地すべり対策 (寒風田ブロック)	トンネル工	5 路線	2,000.0 m																																																																																																																													
	鋼管集水井(φ2500)	12 基	1,080.0 m																																																																																																																													
	落とし込みボーリング	12 本	240.0 m ³																																																																																																																													
	集水ボーリング	12 群	31,200.0 m																																																																																																																													
	建て上げボーリング	40 本	1,800.0 m																																																																																																																													
山腹工・溪間工 (寒風田ブロック)	鋼管杭打工	67 本	3,115.5 m																																																																																																																													
	アンカー工	174 本	6,351.0 m																																																																																																																													
	谷止工	9 基																																																																																																																														
	法枠工		5,700.0 m ²																																																																																																																													
	水路工		2,170.0 m																																																																																																																													
	<p>(H8)地すべり発生</p> <p>(H11-12)検討委員会</p> <p>第1回:H11年1月 第2回:H12年2月</p> <p>全体ブロック I拡大ブロック S56災ブロック</p> <p>(委員) ・中村三郎 委員 ・古谷尊彦 委員 ・八木浩司 委員 ・松浦純生 委員 ・山村勝 委員 ・須藤真 委員</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>基数</th> <th>数量</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">溪間工</td> <td>谷止工</td> <td>24 基</td> <td>5,973.0 m³</td> </tr> <tr> <td>床固工</td> <td>25 基</td> <td>2,265.0 m</td> </tr> <tr> <td>護岸工</td> <td></td> <td>1,116.0 m</td> </tr> <tr> <td>流路工</td> <td></td> <td>1,517.0 m</td> </tr> <tr> <td rowspan="13">山腹工</td> <td>土留工</td> <td></td> <td>1,455.0 m</td> </tr> <tr> <td>水路工</td> <td></td> <td>13,313.0 m</td> </tr> <tr> <td>集水井工</td> <td>41 基</td> <td>865.0 m</td> </tr> <tr> <td>集水ボーリング工</td> <td>728 孔</td> <td>36,473.0 m</td> </tr> <tr> <td>横抗ボーリング工</td> <td>746 孔</td> <td>22,650.0 m</td> </tr> <tr> <td>トンネル暗渠工</td> <td></td> <td>5,815.0 m</td> </tr> <tr> <td>杭打工</td> <td>1,042 本</td> <td>40,112.0 m</td> </tr> <tr> <td>アンカー工</td> <td>286 本</td> <td>7,260.0 m</td> </tr> <tr> <td>強制排水工</td> <td>116 本</td> <td>11,882.0 m</td> </tr> <tr> <td>落とし込みボーリング工</td> <td>291 本</td> <td>37,400.0 m</td> </tr> <tr> <td>建て上げボーリング工</td> <td>1,016 本</td> <td>88,200.0 m</td> </tr> <tr> <td>法枠工</td> <td></td> <td>29,490.0 ha</td> </tr> <tr> <td>緑化工</td> <td></td> <td>7.4 m</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>運搬路ほか</td> <td></td> <td>7,024.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>(安定解析)::簡易ヤンプ法による近似三次元安定解析 (全体ブロック対策)陥没帯内での集約的な立体地下水排除工</p> <ul style="list-style-type: none"> ・強制排水工(応急対策) ・排水トンネル工(恒久対策) ・落とし込みボーリング、建て上げボーリング 	工種	基数	数量	備考	溪間工	谷止工	24 基	5,973.0 m ³	床固工	25 基	2,265.0 m	護岸工		1,116.0 m	流路工		1,517.0 m	山腹工	土留工		1,455.0 m	水路工		13,313.0 m	集水井工	41 基	865.0 m	集水ボーリング工	728 孔	36,473.0 m	横抗ボーリング工	746 孔	22,650.0 m	トンネル暗渠工		5,815.0 m	杭打工	1,042 本	40,112.0 m	アンカー工	286 本	7,260.0 m	強制排水工	116 本	11,882.0 m	落とし込みボーリング工	291 本	37,400.0 m	建て上げボーリング工	1,016 本	88,200.0 m	法枠工		29,490.0 ha	緑化工		7.4 m	その他	運搬路ほか		7,024.0	 <p>H8に滑動した全体ブロック</p> 																																																																
工種	基数	数量	備考																																																																																																																													
溪間工	谷止工	24 基	5,973.0 m ³																																																																																																																													
	床固工	25 基	2,265.0 m																																																																																																																													
	護岸工		1,116.0 m																																																																																																																													
	流路工		1,517.0 m																																																																																																																													
山腹工	土留工		1,455.0 m																																																																																																																													
	水路工		13,313.0 m																																																																																																																													
	集水井工	41 基	865.0 m																																																																																																																													
	集水ボーリング工	728 孔	36,473.0 m																																																																																																																													
	横抗ボーリング工	746 孔	22,650.0 m																																																																																																																													
	トンネル暗渠工		5,815.0 m																																																																																																																													
	杭打工	1,042 本	40,112.0 m																																																																																																																													
	アンカー工	286 本	7,260.0 m																																																																																																																													
	強制排水工	116 本	11,882.0 m																																																																																																																													
	落とし込みボーリング工	291 本	37,400.0 m																																																																																																																													
	建て上げボーリング工	1,016 本	88,200.0 m																																																																																																																													
	法枠工		29,490.0 ha																																																																																																																													
	緑化工		7.4 m																																																																																																																													
その他	運搬路ほか		7,024.0																																																																																																																													

表 1.7 銅山川地区民有林地すべり対策事業の経緯 (2/3)

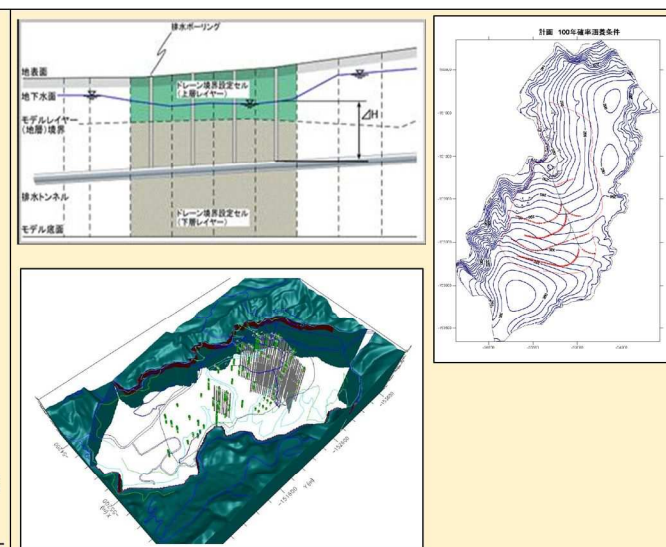


(H21-22: 林野庁治山課)
大規模地すべり地における地下水排除工の施工効果と長期安定性の評価調査

地すべり危険地域における災害の防止のため、地すべりの実態及び発生機構を解明するとともに、地すべり危険地の判定、地すべり防止対策を計画するための調査及び工法決定手法を研究し、地すべり防止対策の経済的かつ効果的な実施手法の確立に資することが目的。

すべり面の横断形	地すべりの移動方向	安定解析式と概要		
		二次元簡易ヤンプ	近似三次元簡易ヤンプ	三次元簡易ヤンプ
左右対称	移動方向直線	△(平底型○)	○	◎
	末端移動方向変化小	△	○	◎
	末端移動方向変化大	×	△ 測線配置に工夫必要	×
左右非対称	移動方向直線	×	○	◎
	末端移動方向変化小	×	△ 測線配置に工夫必要	○
	末端移動方向変化大	×	△(×の場合もある) 測線配置に工夫必要	×
解析費		小	中	大

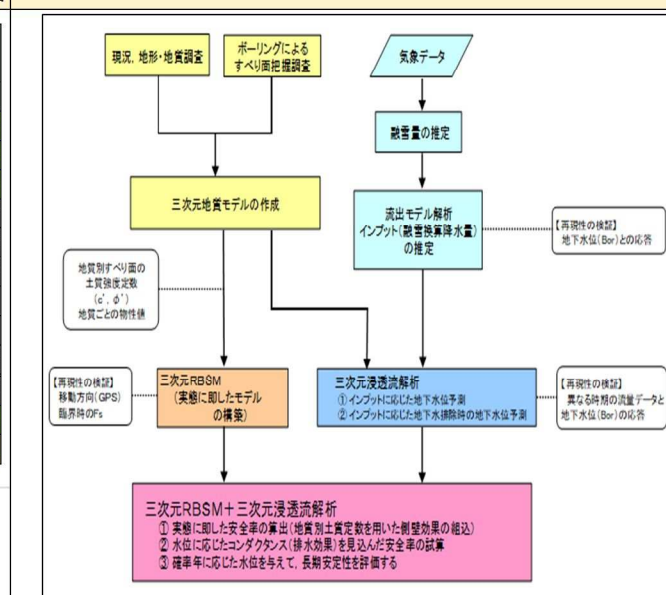
- ・すべり面左右非対称で移動方向変化に適応するのはRBSMのみ
- ・地下水涵養量の推定(融雪換算降水量と地下水応答タンクモデル)を地下水排除工効果を考慮した三次元浸透流解析に取り込み、確率年に応じた水位面を推定
- ・確率年に応じた水位面をRBSMに取り込み、確率年に応じた安全率を試算→長期安定性評価



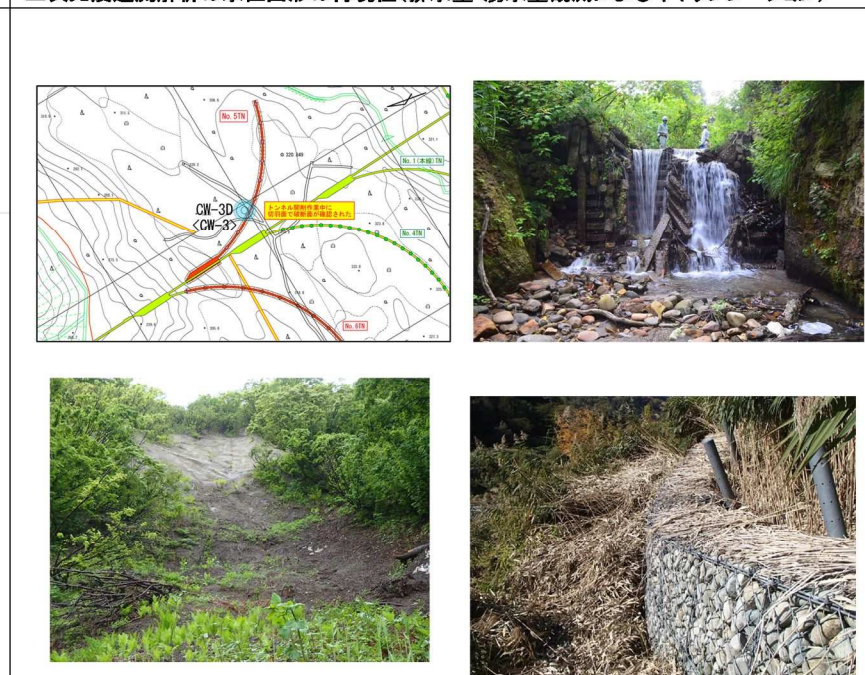
(H23) 検討委員会
第1回: H23.2.17
第2回: H23.8.4-5
第3回: H23.12.13
第4回: H24.3.15

区分	トンネル 暗渠工 (m)	強制排水工		落込みBor (当初から)		建て上げBor (追加)		電気 施設 (個所)					
		(本)	(m)	(本)	(m)	(本)	(m)						
No.1TN	2,205	28	2,520	28	1,400	27	3,780	106	8,480	104	8,320	28	
No.1' TN	360	8	960	8	400	7	840	40	4,000	38	3,800	8	
No.2TN	1,158	33	3,300	33	2,640	32	5,760	158	15,800	156	15,600	33	
No.3TN	250	7	700	7	560	6	1,080	26	2,600			7	
No.4TN	678	26	2,600	26	2,080	25	4,500	120	12,000			26	
No.5TN	248	9	900	9	720	8	1,440	40	4,000			9	
No.6TN	716			25	4,250	25	4,250	128	12,800				
施設災TN	200					25	3,700	100	800				
拡大ブロック		9	902									9	
小計	5,815	120	11,882	136	12,050	155	25,350	718	60,480	298	27,720	120	
見直し計画		69	6,780	136	12,050	57	10,260					69	
差			-51	-5,102	0	0	-98	-15,090	-718	-60,480	-298	-27,720	-51

(安定解析)三次元RBSM(剛体ばねモデル)
・すべり面三次元分布、強度データの集約 → 三次元安定解析
・移動方向変化の再現性(地すべり発生機構に応じたパネ比の採用)
→ RBSMの再現性向上
・三次元浸透流解析の水位面形の再現性(排水量・湧水量観測によるキャリブレーション)



(H29) 検討委員会
(全体計画変更)
第1回: H30.1.19



全体ブロック
末端部小ブロック
古水川沿いブロック

(委員)
・宮城豊彦 委員
・井良沢道也 委員
・大丸裕武 委員
・岡本 隆 委員
・八木浩司 委員
・安達善代美 委員
・越後 享 委員
・島内厚実 委員
(・中村三郎 ob)
(・檜垣大助 ob)

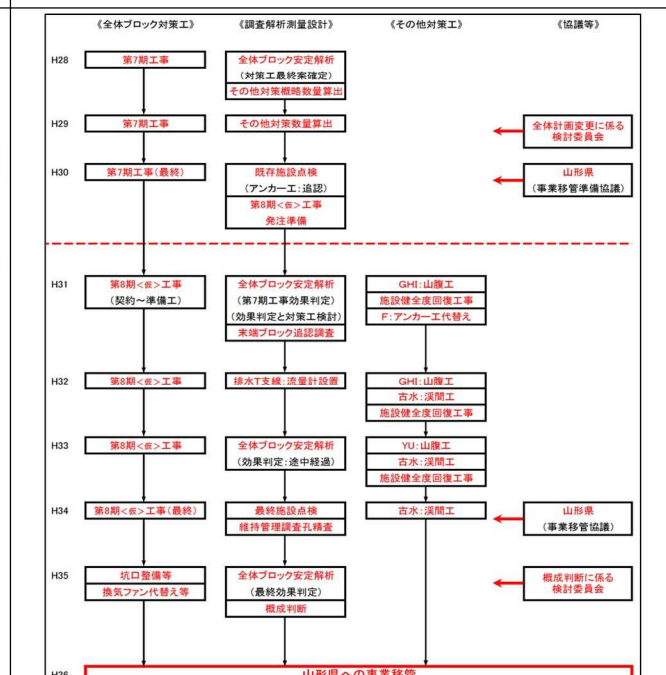


表 1.8 銅山川地区民有林地すべり対策事業の経緯 (3/3)

<p>第1期 ① S27～:民有林の対策(山形県が実施) ② S44～:国有林の対策(林野庁が実施)</p> <p>第2期 ① H4～:民有林直轄事業スタート</p> <p>H7 検討委員会</p> <p>H8地すべり発生</p> <p>第3期 ① H8～:地すべり災害(全体ブロック、小ブロック)の応急・恒久対策 ② H8～:小ブロックの地すべり、溪間工対策</p> <p>H11 検討委員会</p> <p>第4期 ① H12～:全体ブロックの応急・恒久対策 ② H12～:山腹工・溪間工対策 ③ H22～:全体ブロック長期安定性評価の検討</p> <p>H23-24 検討委員</p> <p>第5期 ① H23～:全体ブロックの応急・恒久対策 ② H23～:山腹工・溪間工対策 ③ H23～:全体ブロック長期安定性評価の追加検討</p> <p>H29 検討委員会</p> <p>第6期 ① H29～:地すべり小ブロック対策 ② H29～:山腹工・溪間工 ③ H29～:全体ブロック長期安定性評価の追加検討</p> <p>R2 MI-S07ブロック活動の顕在化</p> <p>第7期 ① R2～:末端部活動ブロックの対策 ② R2～:施設健全度回復工事 ③ R2～:移管後モニタリング手法の検討 ④ R2～:工事効果の検証</p> <p>R4 委員への説明 → (期間延長)</p> <p>第8期 ① R4～:末端部活動ブロックの対策 ② R4～:移管後不要施設の撤去 ③ R4～:移管後モニタリングマニュアルの作成 ④ R4～:概成判断資料の作成</p> <p>R7 検討委員会</p> <p>R8 銅山川地区民有林直轄地すべり事業の概成</p>	<p>H29以降の事業</p> <ul style="list-style-type: none"> ・排水トンネル(No.5TN延長変更、No.3TN換気抗位置変更) ・古水川溪間工の施工、更新 ・古水川地すべり(YU-S01)の地すべり対策工 ・全体ブロック末端小ブロックの対策工、追加調査 ・全体ブロック長期安定性検討 ・モニタリングマニュアル(案) 	<p>全体ブロックの長期安定性</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>涵養量条件</th> <th>15日間累積涵養量(mm)</th> <th>Fs_RBSM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1996(H8) 災害発生年</td> <td>Upper</td> <td>259.6</td> <td rowspan="2">1.056</td> </tr> <tr> <td>Middle+Lower</td> <td>134.6</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">100年確率</td> <td>Upper</td> <td>306.1</td> <td rowspan="2">1.019</td> </tr> <tr> <td>Middle+Lower</td> <td>152.3</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">150年確率</td> <td>Upper</td> <td>311.9</td> <td rowspan="2">1.015</td> </tr> <tr> <td>Middle+Lower</td> <td>154.4</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">200年確率</td> <td>Upper</td> <td>317.4</td> <td rowspan="2">1.011</td> </tr> <tr> <td>Middle+Lower</td> <td>156.3</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">1970(S45)年4月 既往最大(T=約1000)</td> <td>Upper</td> <td>341.1</td> <td rowspan="2">0.995</td> </tr> <tr> <td>Middle+Lower</td> <td>166.8</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Fs=100となる回帰式計算(T=741)</td> <td>Upper</td> <td>332.1</td> <td rowspan="2">1.000</td> </tr> <tr> <td>Middle+Lower</td> <td>162.6</td> </tr> </tbody> </table> <p>MI-S07ブロックの対策</p>  <p>・集水井+排土工+杭打工</p>	涵養量条件	15日間累積涵養量(mm)	Fs_RBSM	1996(H8) 災害発生年	Upper	259.6	1.056	Middle+Lower	134.6	100年確率	Upper	306.1	1.019	Middle+Lower	152.3	150年確率	Upper	311.9	1.015	Middle+Lower	154.4	200年確率	Upper	317.4	1.011	Middle+Lower	156.3	1970(S45)年4月 既往最大(T=約1000)	Upper	341.1	0.995	Middle+Lower	166.8	Fs=100となる回帰式計算(T=741)	Upper	332.1	1.000	Middle+Lower	162.6
涵養量条件	15日間累積涵養量(mm)	Fs_RBSM																																							
1996(H8) 災害発生年	Upper	259.6	1.056																																						
	Middle+Lower	134.6																																							
100年確率	Upper	306.1	1.019																																						
	Middle+Lower	152.3																																							
150年確率	Upper	311.9	1.015																																						
	Middle+Lower	154.4																																							
200年確率	Upper	317.4	1.011																																						
	Middle+Lower	156.3																																							
1970(S45)年4月 既往最大(T=約1000)	Upper	341.1	0.995																																						
	Middle+Lower	166.8																																							
Fs=100となる回帰式計算(T=741)	Upper	332.1	1.000																																						
	Middle+Lower	162.6																																							
	<p>(R6) 事業移管延期 2024(R6)→2026(R8)</p> <p>(委員説明)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・宮城豊彦 委員 ・八木浩司 委員 ・井良沢道也 委員 ・岡本隆 委員 	<p>(H29検討委員会指摘の懸念箇所_MI-S07ブロックの変動) →概成2026(R8)に見直し</p> <ul style="list-style-type: none"> ・R1懸念箇所の調査開始 ・R2年12月に活動→R3追加調査 ・R4集水井施工→R5融雪期に変形 ・アンカー工から鋼管杭工+排土工に計画変更 ・R6排土工施工、R7-8鋼管杭工施工予定 	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>令和4年度</td> <td>集水井工の施工</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">令和5年度</td> <td>集水井工の効果判定</td> </tr> <tr> <td>頭部排土工・ボーリング暗渠工・鋼管杭工の設計</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">令和6年度</td> <td>ボーリング暗渠工施工の効果判定</td> </tr> <tr> <td>鋼管杭工の修正設計</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">令和7年度</td> <td>頭部排土工の施工</td> </tr> <tr> <td>頭部排土工・鋼管杭工の施工</td> </tr> <tr> <td>令和8年度</td> <td>杭工の施工、最終効果判定・事業移管</td> </tr> </tbody> </table>	令和4年度	集水井工の施工	令和5年度	集水井工の効果判定	頭部排土工・ボーリング暗渠工・鋼管杭工の設計	令和6年度	ボーリング暗渠工施工の効果判定	鋼管杭工の修正設計	令和7年度	頭部排土工の施工	頭部排土工・鋼管杭工の施工	令和8年度	杭工の施工、最終効果判定・事業移管																									
令和4年度	集水井工の施工																																								
令和5年度	集水井工の効果判定																																								
	頭部排土工・ボーリング暗渠工・鋼管杭工の設計																																								
令和6年度	ボーリング暗渠工施工の効果判定																																								
	鋼管杭工の修正設計																																								
令和7年度	頭部排土工の施工																																								
	頭部排土工・鋼管杭工の施工																																								
令和8年度	杭工の施工、最終効果判定・事業移管																																								

2. 事業地の概成判断

- ① 全体ブロック：100年確率の涵養量においても安全率 $F > 1.00$ 確保
 - ・ 地すべり三次元安定解析 (3d-RBSM)
 - ・ 1/100 に関わる水文量 (融雪量モデル、地下水位応答モデル)
 - 地下水流動解析による水位面の推定
- ② 小ブロック (①以外)：目標安全率 $F \geq 1.20$
- ③ 山腹工：構造物の完成、施設点検による施設、および周辺の安定確認
- ④ 溪間工：構造物の完成、施設点検による施設、および周辺の安定確認

2.1 全体ブロックの概成判断

2.1.1 地すべりの特徴

- ① 地すべり規模
 - ・ 斜面長約 1.3km、幅約 1.1km、面積約 130ha
 - ・ すべり面最大深さ 170m
- ② すべり面の地質と構造
 - ・ すべり面の地質：新第三紀古口層風化砂質泥岩上面
 - ・ すべり面の構造：走向 $N5-10^\circ E$ 、傾斜 $E8-10^\circ$
- ③ 地すべりの特徴
 - ・ シラス堆積前の頭部から現行全体ブロック右側壁に沿った地下部 (旧地表面) の谷地形 (埋没谷)
 - ・ 埋没谷を埋積するのは肘折火砕流堆積物 (シラス層)
 - ・ 肘折火砕流堆積物は固結度が低く、優勢な地下水が賦存
 - ・ Upper (引張領域)、Middle、Lower (圧縮領域)
 - ・ 移動方向は、Upper (N方向)、Middle (NW方向)、Lower (WNW方向) 方向を転じる
 - ・ 移動量は、 $Upper \geq Middle > Lower$
- ④ 豊富な地下水
 - ・ シラス堆積前 (約 1 万年前) の頭部地下部の盆状
 - ・ 盆状構造から全体ブロック右側壁沿いに埋没谷
 - ・ 埋没谷を埋積するのは肘折火砕流堆積物
 - ・ 肘折火砕流堆積物は固結度が低く、優勢な地下水が賦存
 - ・ 豪雪地帯にあり、融雪量が多い
- ⑤ 保全対象
 - ・ 国道 458 号 (生活道路、観光道路)
 - ・ 一級河川銅山川
 - ・ 銅山川下流部には集落が点在

(1) すべり面構造

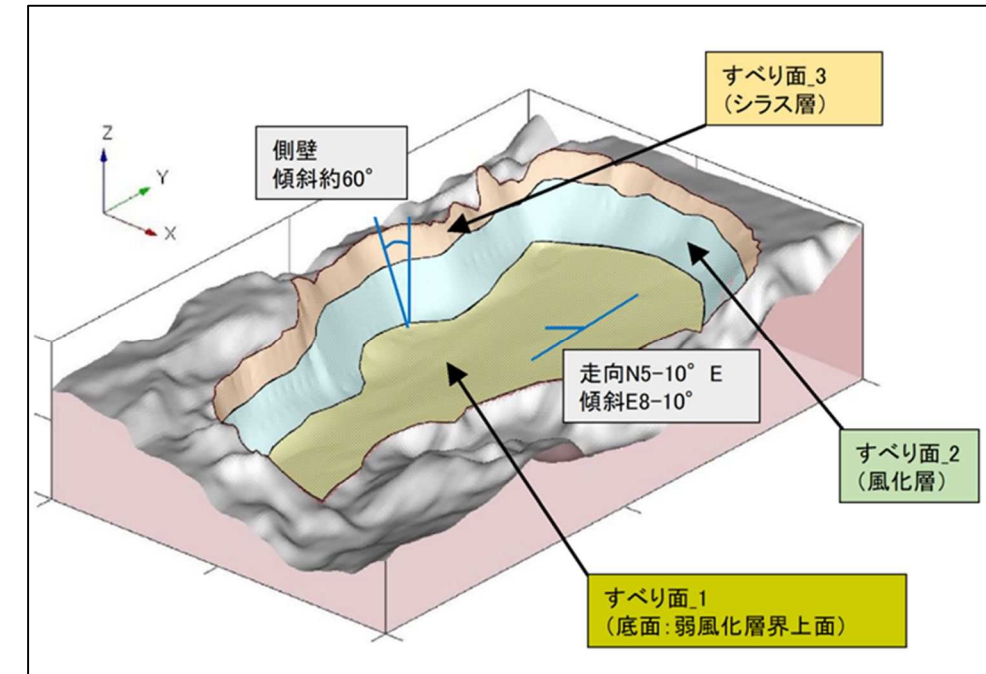


図 2.1 すべり面の三次元構造

(2) 地すべり移動方向

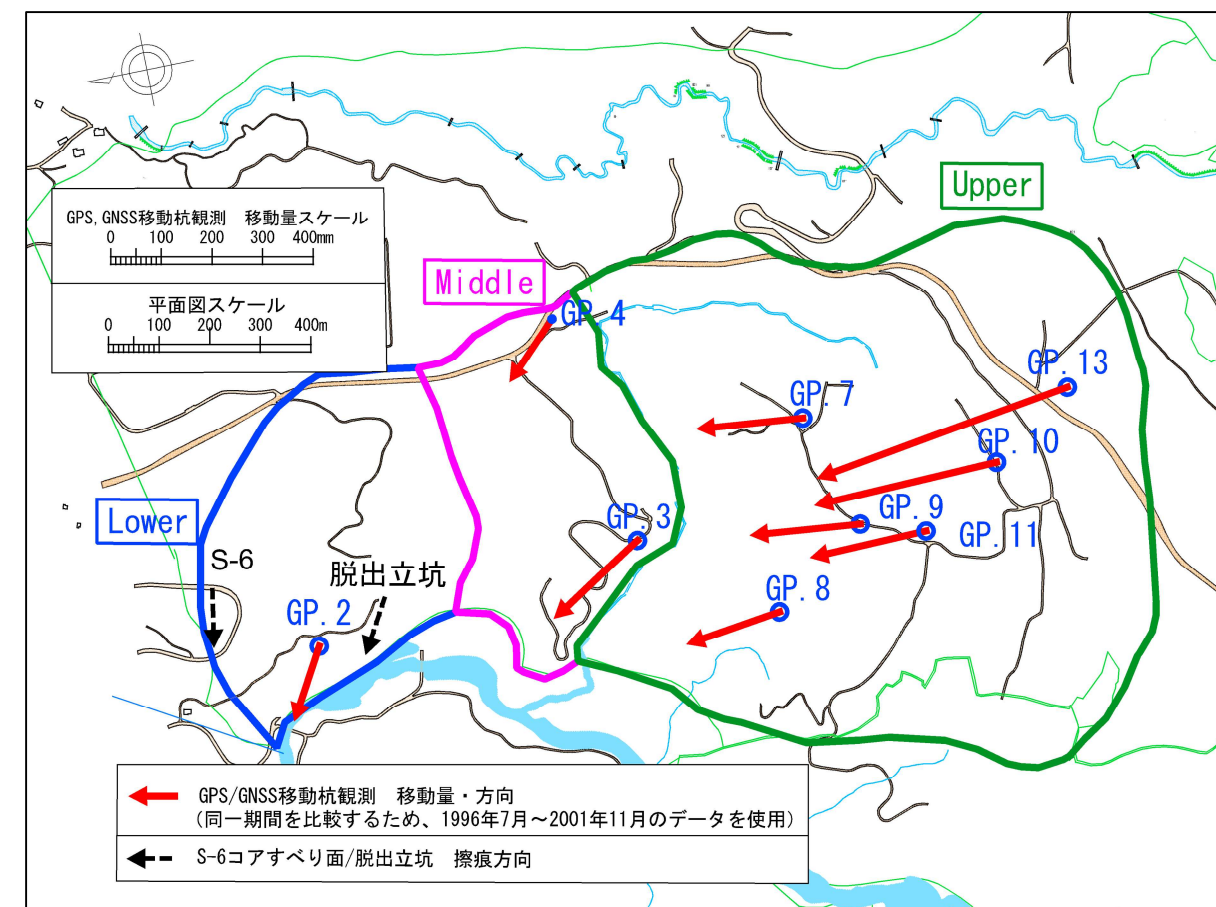


図 2.2 地すべり移動方向、移動量の変化

(3) 地下水

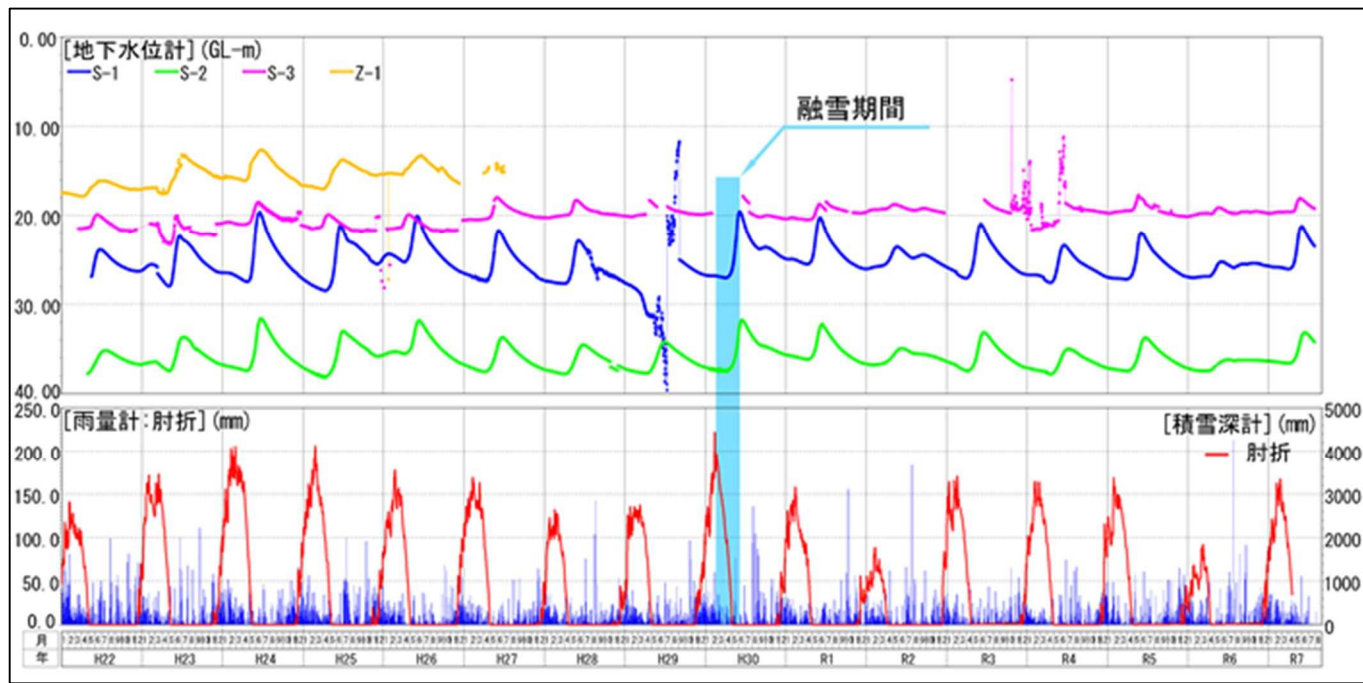


図 2.3 地下水位変動形態

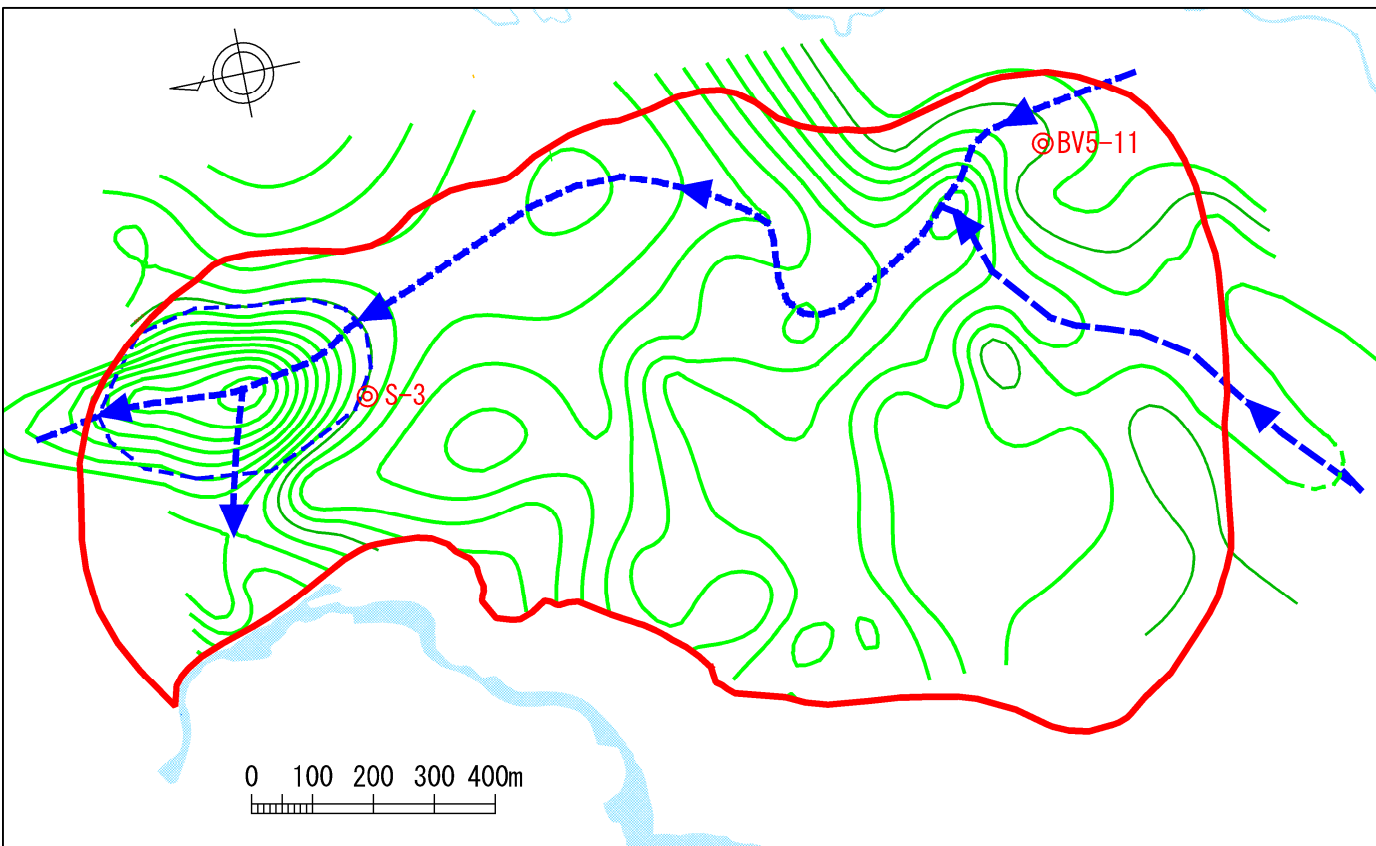


図 2.4 旧地表面等高線図と埋没谷の流路

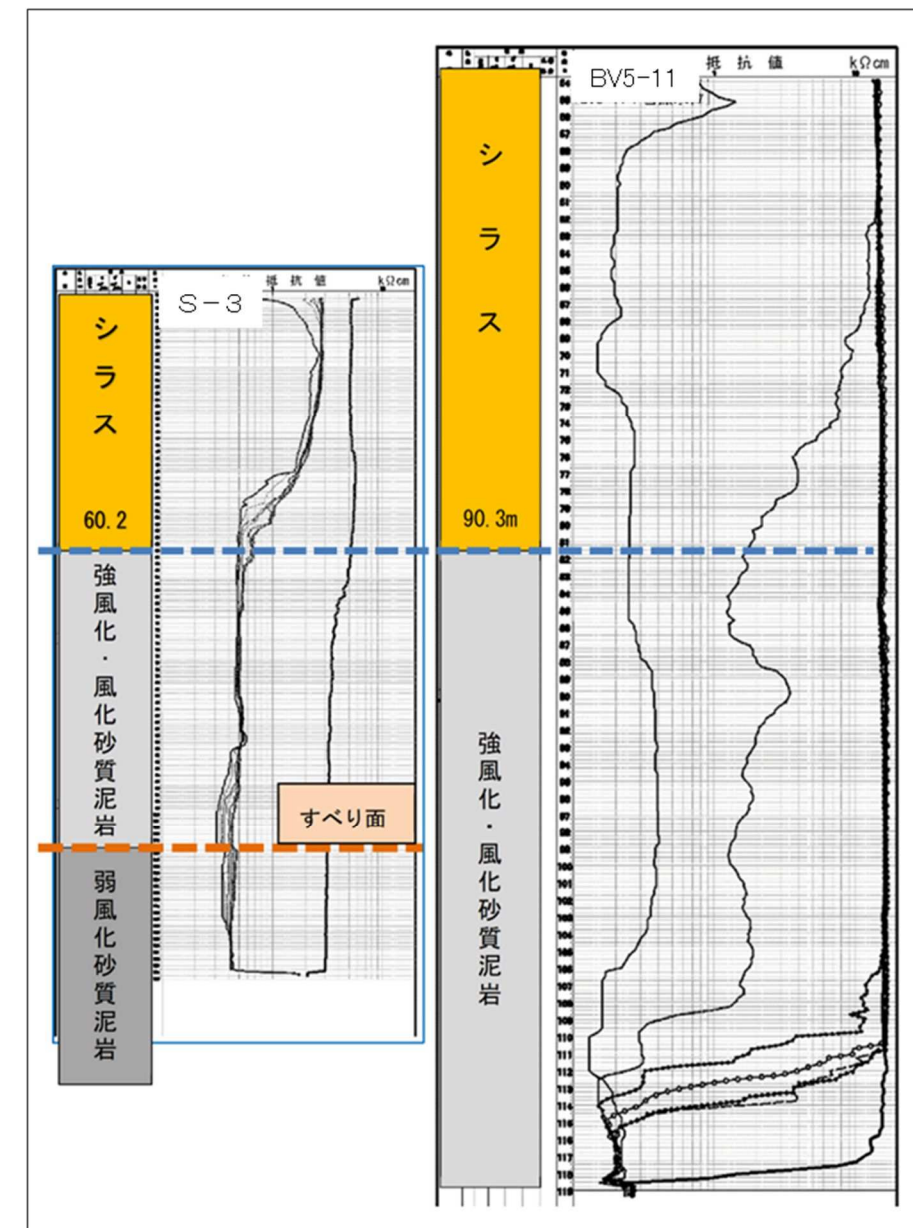


図 2.5 地下水流動形態

<地下水の特徴>

① 地下水位の変動形態

地下水は融雪期に上昇し当年の最高水位は消雪後の6月に記録し、次の融雪期に向けて徐々に低下する。無雪期の豪雨による水位上昇は大きくはない。

② 地下水の賦存

シラス層内に優勢な地下水が賦存する。陥没帯内ではシラス層下位の強風化・風化層までシラス層内と同様な地下水変動形態を示し、破碎の進行をうかがわせる。とくに陥没体内の地下水はすべり面の揚圧力を上昇させる。

③ 地下水の経路

旧地表面（シラス底面）から谷地形（埋没谷）を読み取ることができる。埋没谷は、全体ブロックの頭部付近で二つの谷地形が合流し、右側壁に沿って流下する。シラス層内には優勢な地下水が賦存（②）しており、埋没谷が地すべりに対する地下水の供給源である可能性が高い。

2.1.2 全体ブロックの対策工の考え方

- ① 抑止工に対する制限
 - ・ 地すべり推力膨大 (D 測線 : 約 33.8 万 kN/m²) 現実的な抑止工不可
- ② 抑制工に対する制限
 - ・ 上部に国道 458 号、下部に一級河川銅山川 → 盛土工、排土工不可
 - ・ すべり面深さ、すべり面の偏り → 一般的な集水井工不可
 - ・ 脆弱なシラス層 → 集水井工不可
- ③ 応急対策と恒久対策の組み合わせが必要
 - ・ 応急の安定度を高める工法が必要 (強制排水工)
 - ・ 恒久の安全を確保する必要 (立体排水工 : 排水トンネル+落とし込み・建て上げボーリング工、集水井)

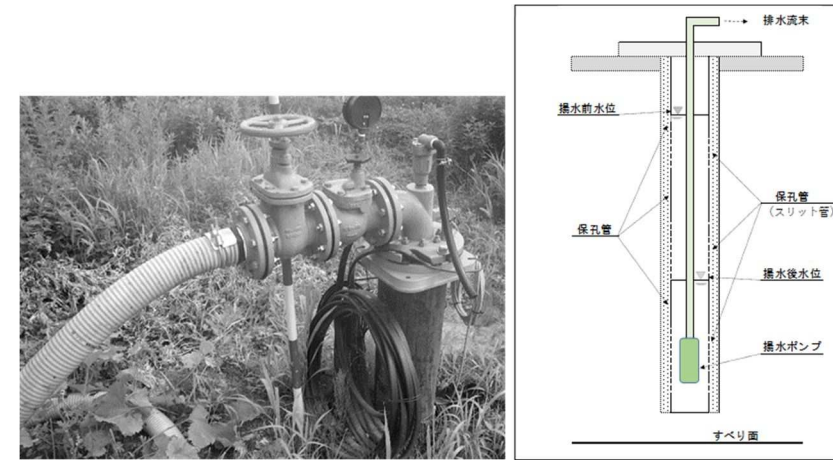


図 2.7 強制排水工 (応急対策)

表 2.1 全体ブロック対策工の数量

工種		数量
応急対策	強制排水工	76本
恒久対策	排水トンネル工	5,959m (本線2,211m、支線3,748m)
	建て上げボーリング工	50本
	落とし込みボーリング工	201本
	集水井工	1基(109m)

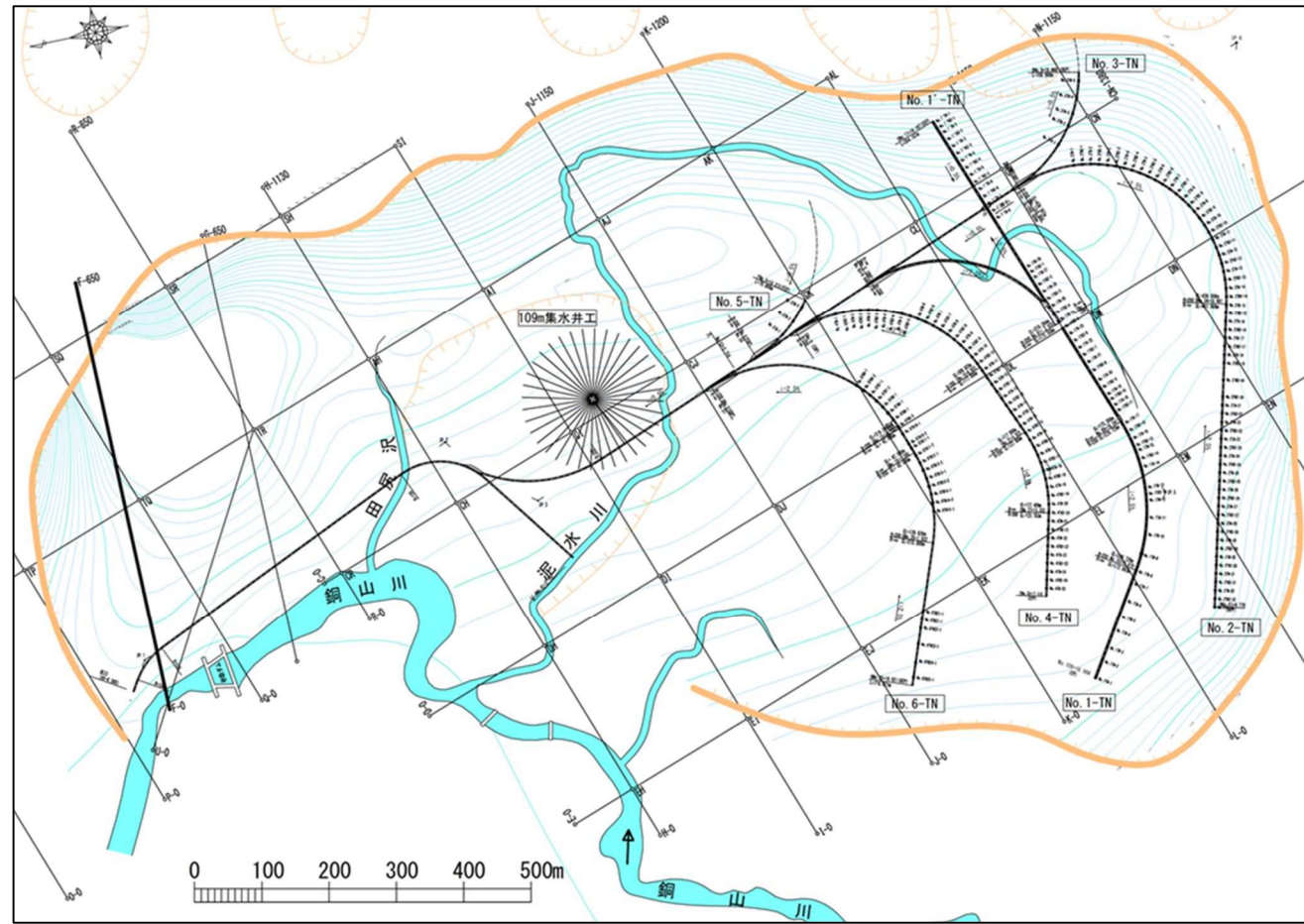


図 2.6 全体ブロックの対策工

年	地すべり状況 要因など	応急対策 (強制排水工)	恒久対策 ・排水トンネル工 ・落とし込みボーリング ・109m集水井
1996(H8)	全体ブロック活動	→	→
1997(H9)		→	→
1998(H10)		→	→
1999(H11)		→	→
2000(H12)		→	→
2001(H13)		→	→
2002(H14)		→	→
2003(H15)		→	→
2004(H16)	強制排水工緊急停止	→	→
2005(H17)		→	→
2006(H18)		→	→
2007(H19)		→	→
2008(H20)		→	→
2009(H21)		→	→
2010(H22)		→	→
2011(H23)	東北地方太平洋沖地震	→	→
2012(H24)		→	→
2013(H25)		→	→
2014(H26)		→	→
2015(H27)		→	→
2016(H28)		→	→
2017(H29)		→	→
2018(H30)	(三角形)	→	(矢印)
2019(H31/R1)	・上辺の幅: 地すべり変動の程度	→	・長さ: 各対策の施工期間
2020(R2)	・高さ: 変動の期間	→	

図 2.8 地すべり変動状況と対策工の進捗

2.1.3 長期安定性評価

表 2.2 各条件下における全体ブロック安全率

対象年など	地すべり 状況	条件		三次元 Fs- RBSM
		涵養量	対策工	
2000(H12)	変動	当年実績 (Case-1)	強制排水工追加途上	0.987
		100年確率 (Case-3)	強制排水工追加途上	0.958
2005(H17)	臨界時	当年実績 (Case-2)	停電による強制排水工停止	1.000
1996(H8)+対策工	変動	当年実績	対策工完成適用	1.056
実施対策工に対して		100年確率 (Case-7)	対策工完成適用	1.019
	150年確率	対策工完成適用	1.015	
	200年確率	対策工完成適用	1.011	
1970(S45)既往最大		T=約1000年	対策工完成適用	0.995
Fs=1.00になる回帰計算		T=741年	対策工完成適用	1.000

- ① 2005（平成 17）年融雪期に積雪による電柱倒壊が発生した。これにより強制排水工は停止したため地すべりが発生した（臨界時の把握）
- ② 既に完成している対策工は、100年確率の涵養量（融雪・降水量による）に対して、 $F=1.019$ と安全を確保する
- ③ 既往最大と試算される 1970（昭和 45）年の涵養量は、 $T=約 1,000$ 年にあたる
- ④ 回帰計算から得られる $F=1.000$ となる涵養量は、 $T=741$ 年にあたる

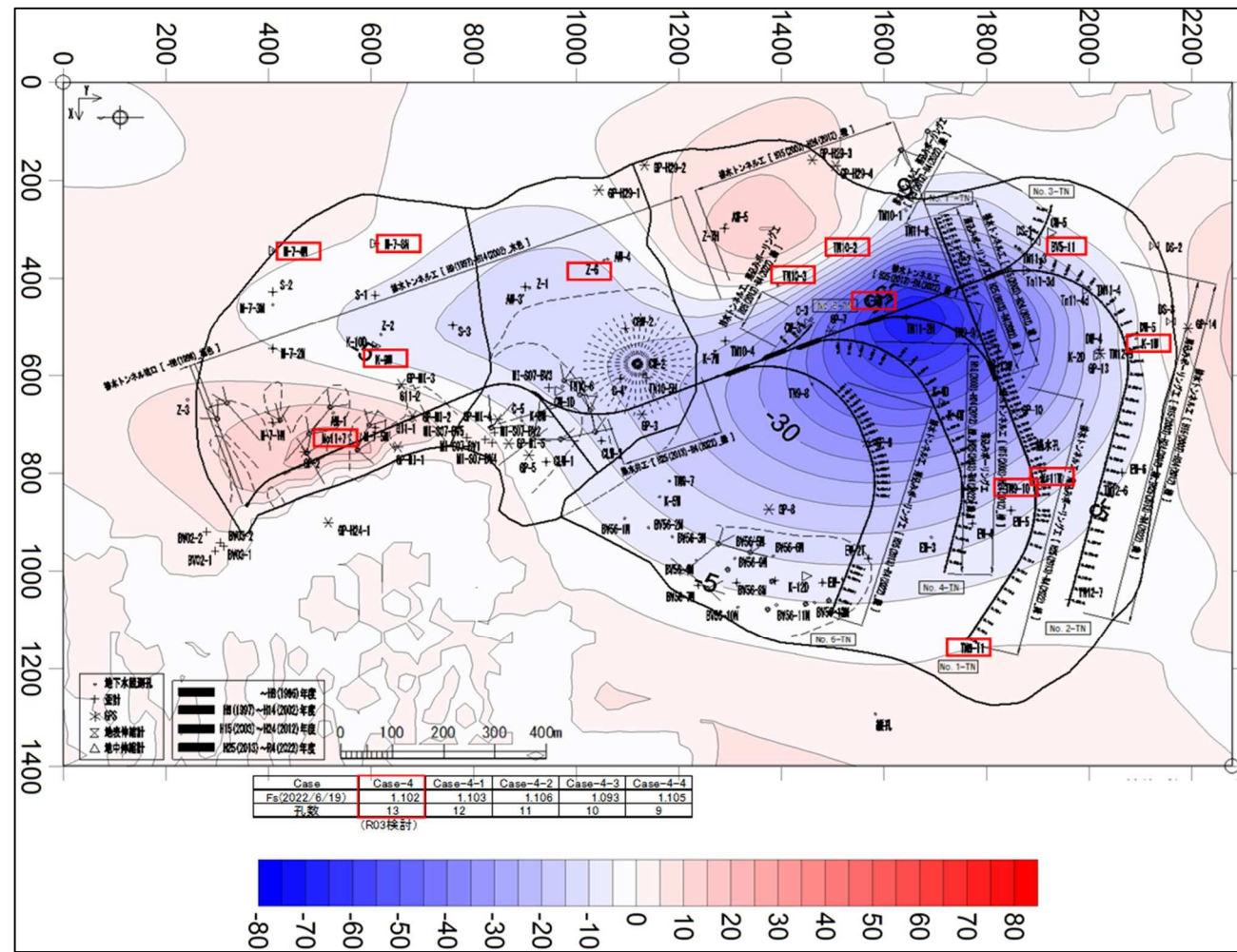


図 2.9 地下水排除工の予想効果

臨界時 2000/5/1 に対する 2022/6/19 の水位低下の事例で、使用する観測孔数を変化させて予測水位面、予測安全率がどのように変化するかを検討している。

寒色系：地下水排除工による水位低下の程度（大：濃い、小：薄い）

暖色系：同 水位上昇の程度（大：濃い、小：薄い）