

## 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）

全体ブロックの北側（Middleエリア、Lowerエリア）には、A（MI-S01）～H（MI-S08）の7ブロックが位置している。地すべり調査は、1991（平成3）年：山形県所管）から着手され、1992（平成4）年以降、民有林直轄事業による地すべり対策工事が本格的に施工されている。

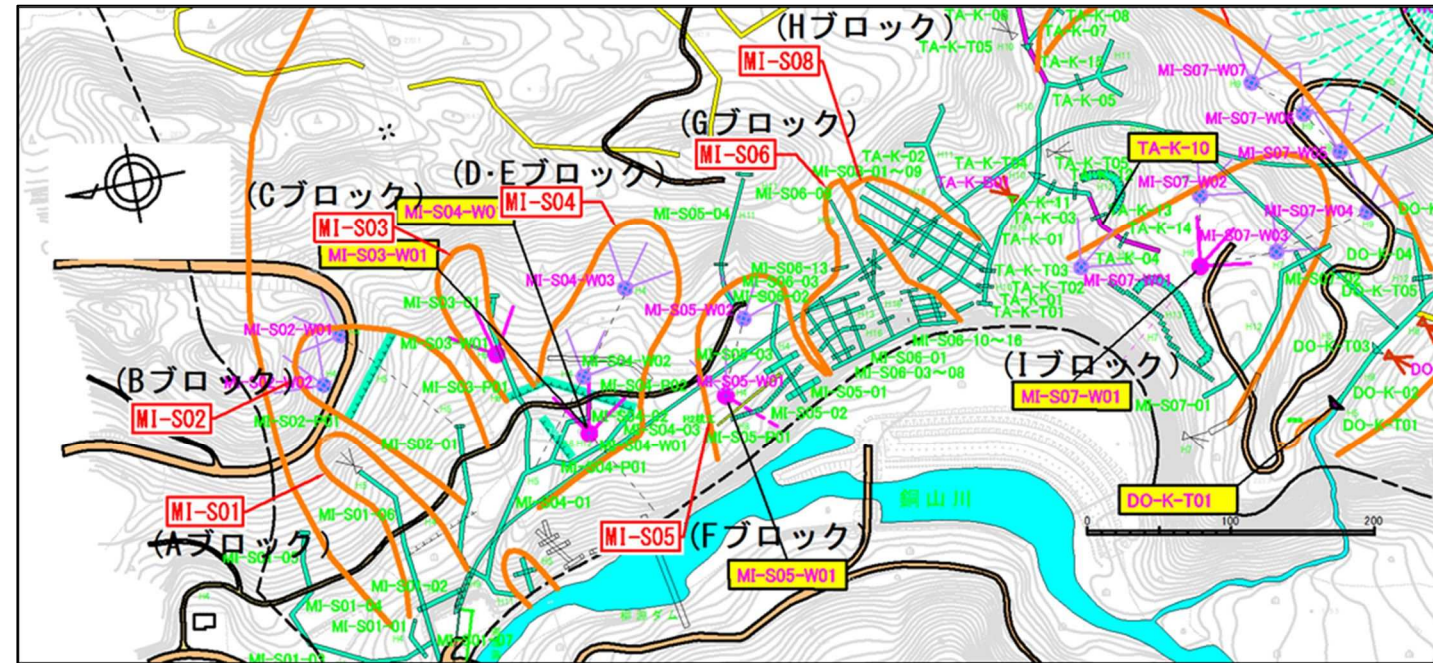


図 2.10 全体ブロック内の小ブロック位置図

表 2.3 全体ブロック内の小ブロックの地すべり対策工、山腹工対策

ブロック名		観測期間	対策工		安全率		滑動状況	備考
H4区分	H26区分		地すべり対策工	山腹工その他	目標	現状		
A	MI-S01	H3(1孔:歪水位)	H9鋼管杭工	H4土留工 H5水路工 H8水路工	1.20	1.20以上(※)	R4施設点検で変状なしを確認	※抑止工により安全率のすべてを負担しており、 $F \geq 1.20$
B	MI-S02	H3(3孔:歪水位)	H4集水井工 H5鋼管杭工	H4水路工	1.20	1.20以上(※)	R4施設点検で変状なしを確認	※抑制工による安全率の不足分を抑止工が負担しており $F \geq 1.20$
C	MI-S03	H4(3孔:歪水位)	H6集水井工、鋼管杭工	H5水路工	1.20	1.20以上(※)	R4施設点検で変状なしを確認	※抑制工による安全率の不足分を抑止工が負担しており $F \geq 1.20$
D・E	MI-S04	H3(4孔:歪水位)→D H4(3孔:歪水位)→E	H4集水井工、鋼管杭工 H6集水井工、鋼管杭工	H5水路工、H6水路工 H11水路工	1.20	1.20以上(※)	R4施設点検で変状なしを確認	※抑制工による安全率の不足分を抑止工が負担しており $F \geq 1.20$
F	MI-S05	H3(3孔:歪水位)	H4集水井工 H7アンカー工 R2鋼管杭工、R3鋼管杭工	H4水路工、土留工 H11水路工	1.20	1.20以上(※)	H25にアンカー工の健全度低下を確認 →R2～3鋼管杭工施工	※抑制工による安全率の不足分を抑止工が負担しており $F \geq 1.20$
G	MI-S06	H11～H13(2孔:歪水位) R1～R2(2孔:歪水位)	— (山腹崩壊のため 山腹工のみ計画)	H13水路工、土留工 H16水路工、土留工 R3土留工 R4大型ブロック積み工、土留工	—	—	H26施設点検で施設の健全度低下を確認 →H28に山腹工計画→R3より施工中 R4末端部崩壊→大型ブロック積み工施工	地すべりではなく山腹崩壊による被災のため、山腹工導入により安定化を図る方針とする(H28報告書より)
I (現全体ブロック 末端部)	MI-S07	H3(3孔:歪水位) R1～R4(7孔:歪水位)	H6集水井工 H7～H9集水井工、集水Bor R6排土工、R7～8鋼管杭工	H12水路工、土留工	1.20	1.20以上(※) (R8)	H29委員会で調査の必要性を指摘 R3融雪期に地すべり発生 R4融雪期も変動確認	R7～8鋼管杭工 ※抑制工による安全率の不足分を抑止工が負担しており $F \geq 1.20$
H	MI-S08	H4(7孔:歪水位) R1～R2(2孔:歪水位)	— (山腹崩壊のため 山腹工のみ計画)	H10土留工 H18水路工、土留工、法枠工(木製) R3水路工、土留工	—	—	H26施設点検で施設の健全度低下を確認 →H28に山腹工計画→R3施工完了	地すべりではなく山腹崩壊による被災のため、山腹工導入により安定化を図る方針とする(H28報告書より)

・ MI-S01, 02, 03, 04, 05(地すべり): 概成  $F \geq 1.20$ (抑止工、抑制工の組み合わせ)  
 ・ MI-S07(地すべり): R8完成  $F \geq 1.20$ (抑止工、抑制工の組み合わせ)  
 ・ MI-S06, 08(山腹崩壊): 地すべりではないため目標安全率を設定せずに山腹工実施で概成

## 2.3 古水川沿いの小ブロック（湯の台地区）

### 2.3.1 地すべり対策工（山腹工対策）

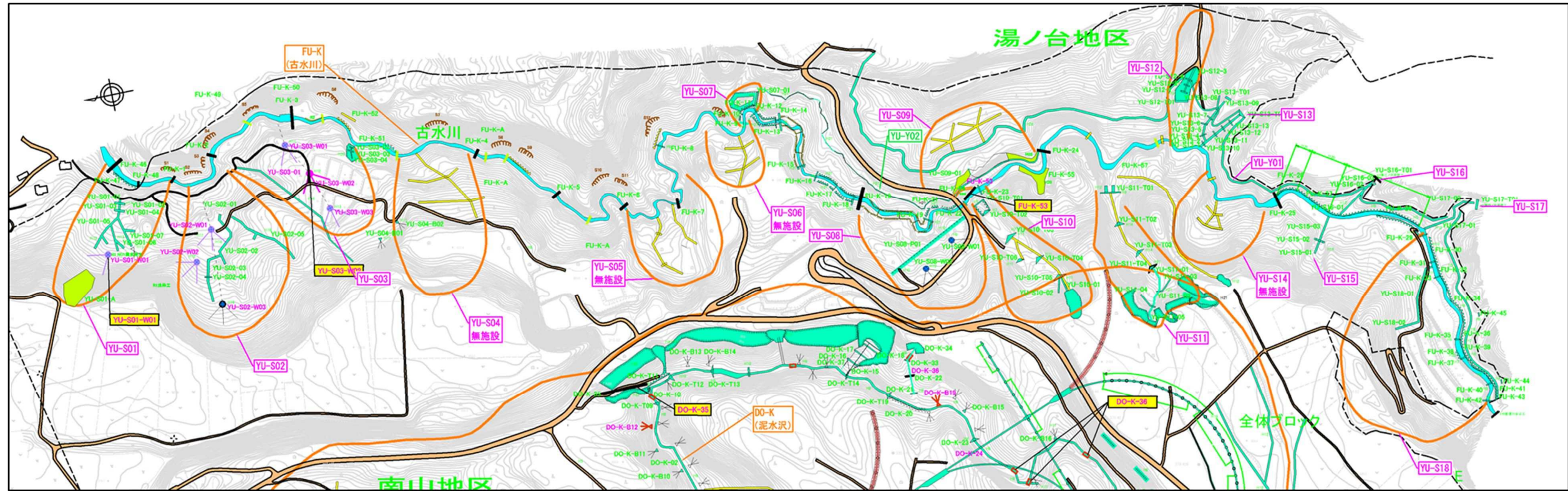


図 2.11 古水川沿いの小ブロック位置図

表 2.4 古水川沿い小ブロックの地すべり対策工（山腹工対策）

H4区分	H26区分	観測期間	対策工		安全率		滑動状況	備考	参考
			地すべり対策工	山腹工その他	目標	現状			
I	YU-S01	H11 (7孔: 壺水位) H27~R4 (2孔: 壺水位)	H11ボーリング暗渠工 R2集水井工	H11水路工、土留工 H13水路工、緑化工 R2法枠工、山腹工	1.20	1.38 (R4) 1.31 (R5)	H27以降変動なし(壺計) R4(施設点検)で変状なしを確認	山腹工(押え盛土工、頭部排土工)施工	
II-2	YU-S02	H6 (14孔: 壺水位)	H10集水井工 H12集水井工 H16集水井工	H16水路工、土留工	1.20	-	R4(施設点検)で変状なしを確認	H16以降水位観測未実施 →R7水位観測孔設置、R7-8水位観測実施	
II-1	YU-S03		H10集水井工 H12集水井工 H13集水井工	H16水路工 H20水路工、土留工	1.20	-	R4(施設点検)で変状なしを確認	H16以降水位観測未実施 →R7-8水位観測実施	
III	YU-S04	H12 (8孔: 壺水位) H27~R4 (6孔: 壺水位)	H11ボーリング暗渠工 R4ボーリング暗渠工	押え盛土工 頭部排土工	1.20	1.28 (R4) 1.27 (R5)	R4(施設点検)で変状なしを確認	R5融雪期に地下水排除工の効果判定 山腹工(押え盛土工、頭部排土工)施工	
IV	YU-S05	H13 (7孔: 壺水位) H27~R4 (1孔: 壺水位)	— (※)	—	1.20	—		地すべり移動体が不明瞭であるが、地すべり地形を否定することはできないことから地すべり調査を実施したものの、地すべり変動は確認されず、表層の荒廃もみられない(30年: H4-R4)ことから対策は未実施とした	※<H23年第3回技術検討会> 古水川沿いのブロックは、計画があったとしても今回の評価としては、大規模な対策というより、表面排水の処理などの表面水の処理を行い、浸食に対しての対策を中心に考えて行けばよい。
V	YU-S06	H13 (2孔: 壺水位) H27~R4 (1孔: 壺水位)	— (※)	— (荒廃認めず計画せず)	1.20	—	H4-H23(検討会間)19年間変動なし その後R4(施設点検)でも変状なしを確認	地すべり移動体が不明瞭であるが、地すべり地形を否定することはできないことから地すべり調査を実施したものの、地すべり変動は確認されず、表層の荒廃もみられない(30年: H4-R4)ことから対策は未実施とした	
VI(蕪郷橋)	YU-S08	H9 (8孔: 壺水位)	H9集水井工 H10集水井工、鋼管杭工		1.20	1.20以上(※)	現R4(施設点検)で変状なしを確認	※抑制工による安全率の不足分を抑止工が負担しており F ≥ 1.20	
VII	YU-S09	H14 (6孔: 壺水位)	— (※)	H18水路工、H26法枠工 H28護岸工、H29護岸工	1.20	—	H4-H23(検討会間)19年間変動なし その後R4(施設点検)でも変状なしを確認	地すべり移動体が不明瞭であるが、地すべり地形を否定することはできないことから地すべり調査を実施したものの、地すべり変動は確認されなかったことから地すべり対策は未実施とした。ただし、H24に表層崩壊発生したことから、法枠工・護岸工を施工。	※<H23年第3回技術検討会> 古水川沿いのブロックは、計画があったとしても今回の評価としては、大規模な対策というより、表面排水の処理などの表面水の処理を行い、浸食に対しての対策を中心に考えて行けばよい。
VIII	YU-S14		— (※)	— (荒廃認めず計画せず)	1.20	—	H4-H23(検討会間)19年間変動なし その後R4(施設点検)でも変状なしを確認	地すべり移動体が不明瞭で、地すべり地形を否定することはできないものの、地すべり変動は確認されず、表層の荒廃もみられないこと(30年: H4-R4)から対策は実施していない。	
IX	YU-S18	H7 (3孔: 水位)	— (※)	水路工	1.20	—	H4-H23(検討会間)19年間変動なし その後R4(施設点検)でも変状なしを確認	地すべり移動体が不明瞭であるが、地すべり地形を否定することはできないことから地すべり調査を実施したものの、地すべり変動は確認されていないことから、地すべり対策は実施せずに水路工を施工。	

2.3.2 古水川沿い崩壊ブロックの山腹工

古水川沿いの崩壊ブロックの山腹工一覧表を表 2.5 に示す。施設は8崩壊ブロックに対して設置されており、いずれの施設、あるいは施設周辺の山腹も安定していることから各施設は適性に機能を発揮している。

表 2.5 古水川沿い崩壊ブロックの山腹工 (表 2.4 以外)

ブロック名	対策工		変動状況	備考
	地すべり	山腹工		
YU-S07	—	H9水路工、緑化工	R4施設点検で地表変状がないことを確認 (26異常なし/26施設中)	<施設点検による「異常」> ・地表変状(クラック、小崩壊、段差陥没の発生) ・地すべり変状にともなう立木の変状 ・対象施設以外の構造物の変状
YU-S10 (下葛郷)	—	H6谷止工 H7谷止工 H10谷止工 H15法枠工、水路工	同上	
YU-S11 (上葛郷)	—	H8谷止工 H14谷止工 H21谷止工、土留工 H22法枠工、アンカー工 H23法枠工、アンカー工、水路工、土留工 H24法枠工、アンカー工、水路工 H25法枠工、アンカー工、水路工	同上	(R2-R3)アンカー工健全度調査実施
YU-S12	—	H1えん堤工(県) H18法枠工、土留工 H19水路工、土留工	同上	
YU-S13	—	H5床固工 H21水路工、土留工	同上	
YU-S15	—	H14水路工	同上	
YU-S16	—	年度不明 水路工、暗渠工 H5床固工	同上	
YU-S17	—	H5床固工 H12水路工	同上	



写真 2.1 FU-K-53 (R4.6.11 点検) 護岸工の倒壊

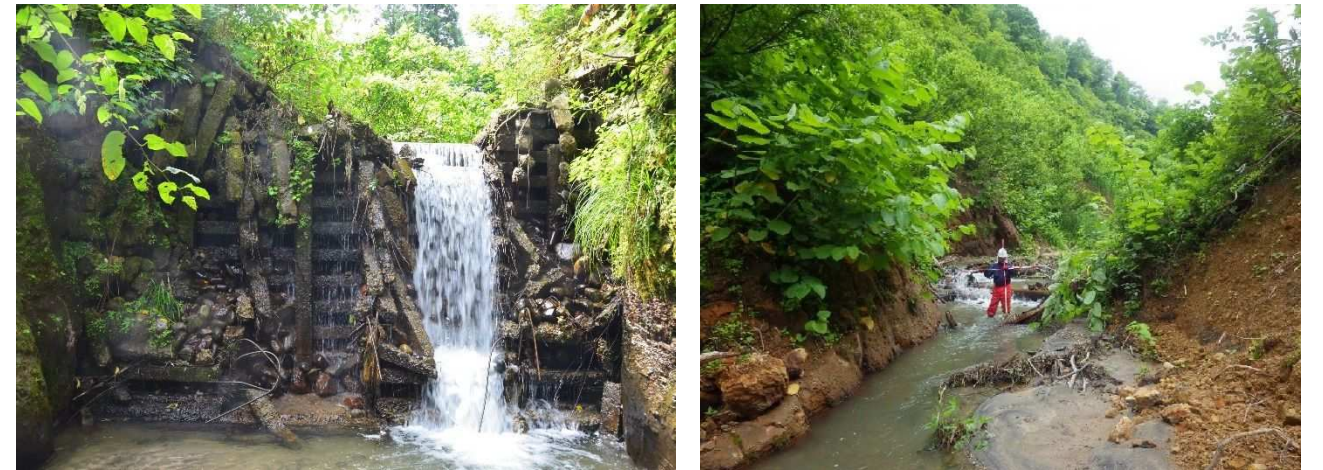


写真 2.2 FU-K-04 左 (H26.9.3 点検) 材の倒壊  
右 (R4.6.17 点検) 堤体の流出

2.3.3 古水川沿い崩壊ブロックの溪間工

表 2.6 古水川の溪間工

古水川溪間工		基数	健全度Ⅰ	健全度Ⅱ	健全度Ⅲ	健全度Ⅳ	施工中	施工年
FU-k	治山ダム工	36	26	7	1	1	1	S34?, 37、41、44、46、50、52、 H3、4、6-911、21、R1-2
	護岸工	23	21	1	1	0	0	?、H6-9、11、16、20-21、23、 28-29、R2
計		59	47	8	2	1	1	

表 2.7 古水川 (溪間工) の健全度Ⅲ、健全度Ⅳの施設一覧

施設番号	健全度 評価	施工 年度	施設名称	施設諸元			点検実施 年月日	状況	内容		改修 実施
				高(m)	長(m)	天端厚(m)			分類	概要(数量)	
FU-K-53	健全度Ⅲ	H28	NO.8鋼製自在枠 護岸工	不明	不明	不明	2022年6月11日	終点部傾倒 新規追加点検	補修	撤去・再設置 L=10m	R7補修中
FU-K-04	健全度Ⅳ	S34?	鉄筋コンクリート枠 ダム工	不明	不明	不明	2022年6月17日	施設流出 代替溪間工有	代替施設 施工中		代替施設による 機能確保
FU-K-07	健全度Ⅲ	S34?	鉄筋コンクリート枠 ダム工	不明	不明	2	2022年6月10日	部材欠落		溪間工 整備中	

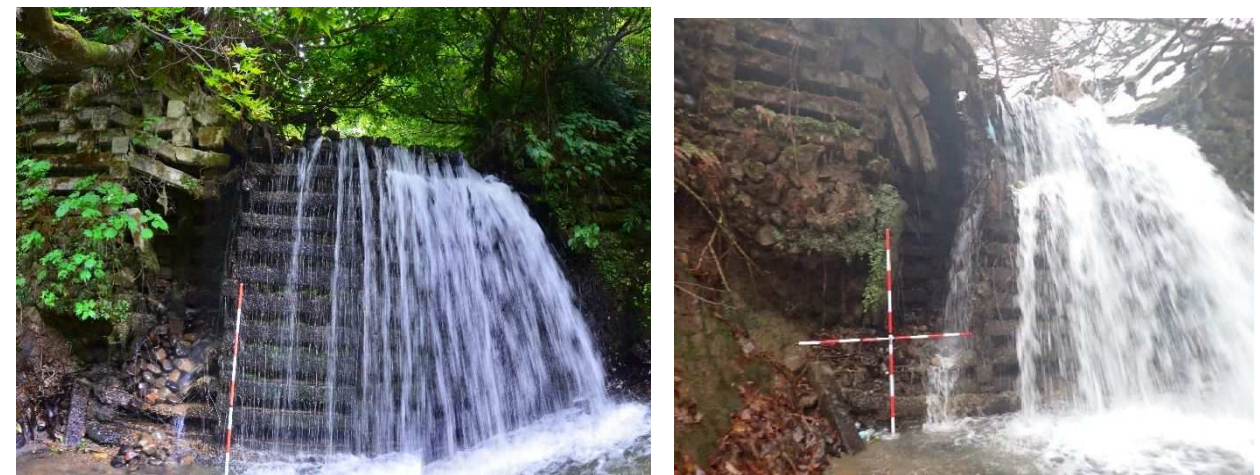


写真 2.3 FU-K-07 左 (H26.9.9 点検) 材の損壊  
右 (R4.6.17 点検) 堤体損壊の進行

## 2.4 銅山川地区で導入された対策施設地区

なお、令和4年度施設点検で健全度Ⅲないしは健全度Ⅳと評価された施設については、令和8年度まで補修工事が完了する予定である（代替施設の導入、更新が行われた施設を除く）。また、工事が完了した施設については、施設点検を適宜、実施して施設の再評価を行う。

### 2.4.1 南山地区

表 2.8 南山地区の山腹工、溪間工と健全度

南山		基数	健全度Ⅰ	健全度Ⅱ	健全度Ⅲ	健全度Ⅳ	施工年
MI	治山ダム工	0	0	0	0	0	
	流路工	0	0	0	0	0	
	土留工	24	24	0	0	0	H4、10、12-13、16、189、R3-4
	法枠工	1	1	0	0	0	H17
	水路工	24	22	2	0	0	H4-6、8、11-13、16-18、R3-4
	アンカー工	1	1	0	0	0	H7
	杭打工	6	6	0	0	0	H5-6、9、R2
	集水井工	16	3	7	5	1	H4、6-7、9、R4
	ボーリング暗渠工	0	0	0	0	0	
計	72	57	9	5	1		

表 2.9 南山地区の健全度Ⅲ、健全度Ⅳの施設一覧

施設番号	健全度評価	施工年度	施設名称	構造	施設諸元		点検実施年月日	状況	内容		備考
					単位	数量			分類	概要(数量)	
MI-S04-W02	健全度Ⅲ	H4	NO.3集水井工	鋼製 (ライナープレート)	深さ(m)	13.0	2022年11月9日	防護柵破損	補修	防護柵交換 洗浄工実施	R7補修済
MI-S04-W03	健全度Ⅲ	H4	NO.4集水井工	鋼製 (ライナープレート)	深さ(m)	11.5	2022年11月10日	天蓋腐食	補修	天蓋交換 洗浄工実施	R7補修済
MI-S05-W01	健全度Ⅳ	H4	NO.5集水井工	鋼製 (ライナープレート)	深さ(m)	10.5	2022年11月9日	異常湛水	補修	詳細点検 排水Bor追加	R7補修 排水Bor追加検討
MI-S07-W01	健全度Ⅲ	H6	NO.9集水井工	鋼製 (ライナープレート)	深さ(m)	30.5	2022年11月8日	湛水	補修	洗浄工実施	R7補修済
MI-S04-W01	健全度Ⅲ	H6	NO.7集水井工	鋼製 (ライナープレート)	深さ(m)	16.0	2022年11月9日	湛水	補修	洗浄工実施	R7補修済
MI-S03-W01	健全度Ⅲ	H6	NO.8集水井工	鋼製 (ライナープレート)	深さ(m)	14.5	2022年11月10日	天蓋腐食	補修	天蓋交換 洗浄工実施	R7補修済



写真 2.5 MI-S04-W03 左（防護柵の破損）  
右（天蓋の腐植と破損）



写真 2.6 MI-S05-W01 左（集水井の湛水）  
右（H26点検時には確認された排水ボーリング出口が埋設）



写真 2.4 MI-S04-W02 左（防護柵の破損）  
右（天蓋の腐植と破損）



写真 2.7 MI-S07-W01 左（防護柵の破損）  
右（井内湛水）

2.4.2 寒風田地区

表 2.10 寒風田地区の山腹工、溪間工と健全度

寒風田		基数	健全度Ⅰ	健全度Ⅱ	健全度Ⅲ	健全度Ⅳ	施工年
SA	治山ダム工	1	0	1	0	0	H13
	流路工	2	0	2	0	0	H13
	土留工	9	6	3	0	0	H14、16
	水路工	11	4	7	0	0	H13-14、16
	アンカー工	1	1	0	0	0	H26
	杭打工	0	0	0	0	0	
	集水井工	9	1	4	4	0	S56、59、61-62、H9、19、26
	ポーリング暗渠工	1	0	0	1	0	H19
計	34	12	17	5	0		



写真 2.8 MI-S04-W01 左 (集水井ポーリング閉塞状況)  
右 (排水ポーリング出口の埋設)

表 2.11 寒風田地区の健全度Ⅲ、健全度Ⅳの施設一覧

施設番号	健全度評価	施工年度	施設名称	構造	施設諸元		点検実施年月日	状況	内容		備考
					単位	数量			分類	概要(数量)	
SA-S01-W01	健全度Ⅲ	H9	NO.1集水井工	鋼製	深さ(m)	22	R4.10.27	集排水閉塞	補修	洗浄工実施	R7補修済
SA-S01-W02	健全度Ⅲ	H9	NO.2集水井工	鋼製	深さ(m)	14	R4.10.27	集排水閉塞	補修	洗浄工実施	R7補修済
SA-S01-W03	健全度Ⅲ	H19	NO.3集水井工	鋼製 (ライナープレート)	深さ(m)	14	R4.10.27	防護柵破損	点検・診断	防護柵交換 洗浄工実施	R7補修済
SA-S01-B01	健全度Ⅲ	H19	ポーリング 暗渠工	その他	本数(本)	8	R4.7.1	孔口土砂堆積	補修	孔口土砂浚渫	R7補修済
SA-S01-W08(県)	健全度Ⅲ	S56	集水井工		深さ(m)	28	R4.10.31	防護柵破損	補修	防護柵交換 洗浄工実施	R7補修済



写真 2.9 MI-S03-W01 左 (天蓋の腐植と一部欠損)  
右 (集水ポーリングの状況)



写真 2.10 SA-S01-W01 左 (上段集水ポーリングの閉塞状況、閉塞率 50%以上が 11/27 本)  
右 (静水槽の堆砂 90%、排水ポーリング呑み口 50%閉塞)



写真 2.11 SA-S01-W02 左（集水ボーリングの閉塞状況、閉塞率 50%以上が 4 本/27 本中）  
右（静水槽の堆砂 90%、排水ボーリング呑み口 30%閉塞）



写真 2.14 SA-S01-W08 左（防護柵の損傷）  
右（静水槽土砂の堆積と排水ボーリング呑み口の閉塞）



写真 2.12 SA-S01-W03 左（防護柵の破損）  
右（集水ボーリングの閉塞状況、閉塞率 50%以上が 3 本/11 本中）



写真 2.15 SA-S01-W08 改修工事 左（施工中）、右（完成）



写真 2.13 SA-S01-B01 左（地上集水ボーリング孔口の土砂による閉塞）  
右（孔内の閉塞）

### 2.4.3 湯ノ台地区

表 2.12 湯ノ台地区の山腹工、溪間工と健全度

湯ノ台		基数	健全度 I	健全度 II	健全度 III	健全度 IV	施工年
YU	治山ダム工	15	11	4	0	0	H1、5、7、9、11、14、22、R3
	護岸工	1	0	1	0	0	H7
	土留工	17	16	1	0	0	H11、16、18-23、26
	水路工	36	26	8	2	0	H4、9、11-16、18-21、23-25、不明
	法枠工	4	4	0	0	0	H18、25-26、R2
	杭打工	1	1	0	0	0	H10
	集水井工	9	3	2	4	0	H9-13、16、R2
ボーリング暗渠工	2	2	0	0	0	H11、26	
計		85	63	16	6	0	

表 2.13 湯ノ台地区の健全度Ⅲ、健全度Ⅳの施設一覧

施設番号	健全度評価	施工年度	施設名称	構造	施設諸元		点検実施年月日	状況	内容		備考
					単位	数量			分類	概要(数量)	
YU-S08-W01	健全度Ⅲ	H9	NO.1集水井工	鋼製	深さ(m)	14	2022年6月9日	防護柵変形	経過観察	防護柵交換 洗浄工実施	R7補修済
YU-S08-W02	健全度Ⅲ	H10	NO.2集水井工	鋼製 (ライナープレート)	深さ(m)	22	2022年6月9日	防護柵変形	経過観察	防護柵交換 洗浄工実施	R7補修済
YU-S03-W02	健全度Ⅲ	H12	NO.4集水井工	鋼製 (ライナープレート)	深さ(m)	21.5	2022年6月8日	スケール付着著しい	経過観察	洗浄工実施	R7補修済
YU-S03-01	健全度Ⅲ	H16	NO.1号 コレゲートリウム水路工	鋼製 (コレゲート)	延長(m)	211.7	2022年6月9日	一部埋没	補修	土砂浚渫 L=10m	※
YU-S02-01	健全度Ⅲ	H16	NO.3号 鉄筋コンクリート水路工	コンクリート製	延長(m)	56.2	2022年6月8日	終点部埋没	補修	土砂浚渫 L=10m	※
YU-S01-W01	健全度Ⅲ	R2	NO.1集水井工	鋼製 (ライナープレート)	深さ(m)	7	2022年6月8日	天蓋変形	点検・診断	天蓋交換 洗浄工実施	R7補修済

※ 水路工の一部に土砂の流入、あるいは一部に変状が確認されたが、水路機能に影響があるものではないことから、山形県との調整の結果、改修等の対象としないこととした



写真 2.18 YU-S08-W02 左 (防護柵の破損)  
右 (集排水ボーリング、閉塞率 90 が 2 本/17 本中)



写真 2.16 YU-S08-W01 左 (防護柵の破損)  
右 (集排水ボーリングは健全)



写真 2.19 YU-S03-W02 左 (排水ボーリング呑み口の閉塞)  
右 (集水ボーリングのスケールによる閉塞)



写真 2.17 YU-S08-W01 改修工事 左 (施工中)  
右 (完成)



写真 2.20 YU-S01-W01 左 (雪圧による天蓋、トラップ用手すりの変形)  
右 (スケールによる閉塞率 50%以上が 10 本/18 本中)

2.4.4 泥水沢地区

表 2.14 泥水沢地区の山腹工、溪間工と健全度

泥水沢		基数	健全度Ⅰ	健全度Ⅱ	健全度Ⅲ	健全度Ⅳ	施工年
DO	治山ダム工	11	9	1	1	0	S37-38、62、H4-6、8-9
	護岸工	3	2	1	0	0	H8-9
	流路工	3	0	2	1	0	H8-9
	水路工	13	8	2	3	0	H6、12-13、21-22
	土留工	7	6	1	0	0	H6、21
	法枠工	1	1	0	0	0	H6
	ボーリング暗渠工	20	10	1	9	0	H9

表 2.15 泥水沢地区の健全度Ⅲ、健全度Ⅳの施設一覧（山腹工）

施設番号	健全度評価	施工年度	施設名称	構造	治山ダム以外諸元		点検実施年月日	健全度評価	状況	内容		備考
					単位	数量				分類	概要(数量)	
DO-K-36	健全度Ⅲ	H6	水路工(0.5×0.5)	鋼製(コルゲート)	延長(m)		2022年7月26日	健全度Ⅲ	土砂堆積	補修	土砂浚渫L=10m	※
DO-K-24	健全度Ⅲ	H8	泥水沢流路工	鋼製(コルゲート)	延長(m)	288.8	2022年7月26日	健全度Ⅲ	土砂堆積	補修	土砂浚渫L=50m	※
DO-K-B14	健全度Ⅲ	H9	右岸2ボーリング暗渠工	その他	本数(本)	10	2022年7月16日	健全度Ⅲ	土砂堆積	補修	孔口土砂浚渫	R7補修済
DO-K-B01	健全度Ⅲ	H9	NO.1ボーリング暗渠工	その他	本数(本)	10	2022年7月15日	健全度Ⅲ	埋積	補修	孔口土砂浚渫	R7補修済
DO-K-B02(1)	健全度Ⅲ	H9	NO.2ボーリング暗渠工	その他	本数(本)	10	2022年7月15日	健全度Ⅲ	埋積	補修	孔口土砂浚渫	R7補修済
DO-K-B02(2)	健全度Ⅲ	H9	NO.2ボーリング暗渠工	その他	本数(本)	10	2022年7月15日	健全度Ⅲ	埋積	補修	孔口土砂浚渫	R7補修済
DO-K-B05	健全度Ⅲ	H9	ボーリング暗渠工	その他	本数(本)	10	2022年7月15日	健全度Ⅲ	顕著な目詰り	補修	孔口土砂浚渫	R7補修済
DO-K-B07	健全度Ⅲ	H9	ボーリング暗渠工	その他	本数(本)	10	2022年7月16日	健全度Ⅲ	スケール付着著しい	補修	孔口土砂浚渫	R7補修済
DO-K-B09	健全度Ⅲ	H9	ボーリング暗渠工	その他	本数(本)	10	2022年7月16日	健全度Ⅲ	土砂堆積	補修	孔口土砂浚渫	R7補修済
DO-K-B12	健全度Ⅲ	H9	ボーリング暗渠工	その他	本数(本)	10	2022年7月16日	健全度Ⅲ	目詰り、土砂堆積	補修	孔口土砂浚渫	R7補修済
DO-K-B19	健全度Ⅲ	H9	ボーリング暗渠工	その他	本数(本)	10	2022年7月26日	健全度Ⅲ	埋積	補修	孔口土砂浚渫	R7補修済
DO-K-29	健全度Ⅲ	H12	水路工	コンクリート製 0.6×0.6m	延長(m)	309.8	2022年7月25日	健全度Ⅲ	土砂堆積	補修	土砂浚渫L=10m	※
DO-K-35	健全度Ⅲ	H22	水路工	鋼製(コルゲート) w350×H350	延長(m)		2022年7月16日	健全度Ⅲ	土砂堆積	補修	水路更新L=35m	※

※ 水路工の一部に土砂の流入、あるいは一部に変状が確認されたが、水路機能に影響があるものではないことから、山形果との調整の結果、改修等の対象としないこととした

表 2.16 泥水沢地区の健全度Ⅲ、健全度Ⅳの施設一覧（溪間工）

施設番号	健全度評価	施工年度	施設名称	構造	治山ダム諸元			点検実施年月日	状況	内容		備考
					高(m)	長(m)	天端厚(m)			分類	概要(数量)	
DO-K-T01	健全度Ⅲ	H4	NO.2コンクリート谷止工	コンクリート製	4	21.5	1.1	R4.7.15	副堤の洗堀	補修	間詰工・護床工設置	R7補修済



写真 2.21 DO-K-B14 ボーリング暗渠工の口元は埋積



写真 2.22 DO-K-B01

ボーリング暗渠工は土砂とスケールにより埋積周辺は集水により湿地化している



写真 2.23 DO-K-B02(1)

ボーリング暗渠工は土砂とスケールにより埋積。周辺は集水により湿地化している



写真 2.24 DO-K-B02(2)

ボーリング暗渠工は土砂とスケールにより埋積。周辺は集水により湿地化している



写真 2.25 DO-K-B05

ボーリング暗渠工保護工に変状はないが、スケールによる孔閉塞は全体の4割



写真 2.28 DO-K-B12

スケールの付着はみられないが、孔口付近で土砂による埋積



写真 2.26 DO-K-B07

ボーリング暗渠工付近にはスケールが堆積、排水により周辺は泥濁化している



写真 2.29 DO-K-B19

ボーリング暗渠工の孔口は土砂、スケールで埋積



写真 2.27 DO-K-B09

排水量が良好でスケールの付着はみられないが、孔口付近に土砂が堆積している



写真 2.30 DO-K-T01

泥水沢最下流部の谷止工、副堤の下部が浸食を受けている

2.4.5 田尻沢地区

表 2.17 田尻沢地区の山腹工、溪間工と健全度

田尻沢		基数	健全度Ⅰ	健全度Ⅱ	健全度Ⅲ	健全度Ⅳ	施工年
TA	治山ダム工	7	4	3	0	0	S41-42、H10
	護岸工	0	0	0	0	0	
	流路工	0	0	0	0	0	
	水路工	9	1	6	2	0	H10-11
	土留工	7	2	4	1	0	?、H11-13
	法枠工	0	0	0	0	0	
	ボーリング暗渠工	3	1	1	1	0	H10-11
計		26	8	14	4	0	



写真 2.32 MI-S07 ブロック水路工 (TA-K-04) の被災状況 (現在は切土工により消失)

2.4.6 蕨野地区

表 2.18 田尻沢地区の健全度Ⅲ、健全度Ⅳの施設一覧 (山腹工)

施設番号	健全度評価	施工年度	施設名称	構造	治山ダム以外		点検実施年月日	状況	内容		備考
					単位	数量			分類	概要(数量)	
TA-K-B01	健全度Ⅲ	H10	ボーリング暗渠工	その他	本数(本)	12	R4.11.2	一部埋没	補修	孔口土砂浚渫	R6補修
TA-K-04	健全度Ⅲ	H11	水路工 (コルゲートA-2)	鋼製 (コルゲート)	延長(m)	16.9	R4.11.4	一部変状	補修		MI-S07排土工による消失
TA-K-10	健全度Ⅲ	H10	水路工(A500)	鋼製 (コルゲート)	延長(m)	27.5	R4.11.3	土砂堆積	補修	土砂浚渫 L=20m	※
TA-K-14	健全度Ⅲ	H13	H13NO.1土留工	コンクリート製	延長(m)	7.5	R4.11.4	亀裂等の変状	機能強化	MI-S07-1の対策工整備	MI-S07-1ブロック排土工(R5-6)、鋼管杭工(R7-8)により代替

※ 水路工の一部に土砂の流入、あるいは一部に変状が確認されたが、水路機能に影響があるものではないことから、山形県との調整の結果、改修等の対象としないこととした



写真 2.31 TA-K-B01 閉塞率 20%が 2 本/10 本中、ほかも保孔管底部の土砂の堆積が H26 より増加

表 2.19 蕨野地区の山腹工、溪間工と健全度

蕨野		基数	健全度Ⅰ	健全度Ⅱ	健全度Ⅲ	健全度Ⅳ	施工年
WA	治山ダム工	0	0	0	0	0	S41-42、H10
	護岸工	0	0	0	0	0	
	流路工	0	0	0	0	0	
	水路工	1	1	0	0	0	H10-11
	土留工	3	3	0	0	0	?、H11-13
	法枠工	1	1	0	0	0	
	盛土工	1	1	0	0	0	
	補強土工	1	1	0	0	0	H10-11
計		7	7	0	0	0	

※蕨野地区で健全度Ⅲ以上と評価された施設なし



写真 2.33 蕨野地区全景

## 2.5 銅山川地区で導入が見送られた施設

平成8(1996)年度の銅山川全体ブロックの顕在化以降、銅山川地区においては令和7(2025)年度時点でMI-S07ブロックの鋼管杭工や一部施設の補修工事を残して、計画されている対策施設の導入が実施されている。

なお、以下の2施設については、全体計画の見直しや小ブロック化した地すべりの顕在化により設計方針の見直しが行われたため、施設の導入を見送っている。

### 2.5.1 寒風田地区水路工

泥水沢沿いの支溪で、寒風田地区中腹部を源頭部として泥水川の支溪で計画されていた水路工である。本支溪では沢の屈曲部で湿地(池)が形成されており、該当箇所は当初の排水トンネル計画ルートに位置しており、トンネル掘削時に異常出水等が発生させる可能性があったことから、地表水の浸透防止を目的とし、水路工が計画されていた。

しかし、排水トンネル計画ルートが変更されたことにより水路工を整備する位置付けが低くなったため、また、融雪期以外に常時流水も認められないこともあり、当該水路工の設置は行わない方針とした。

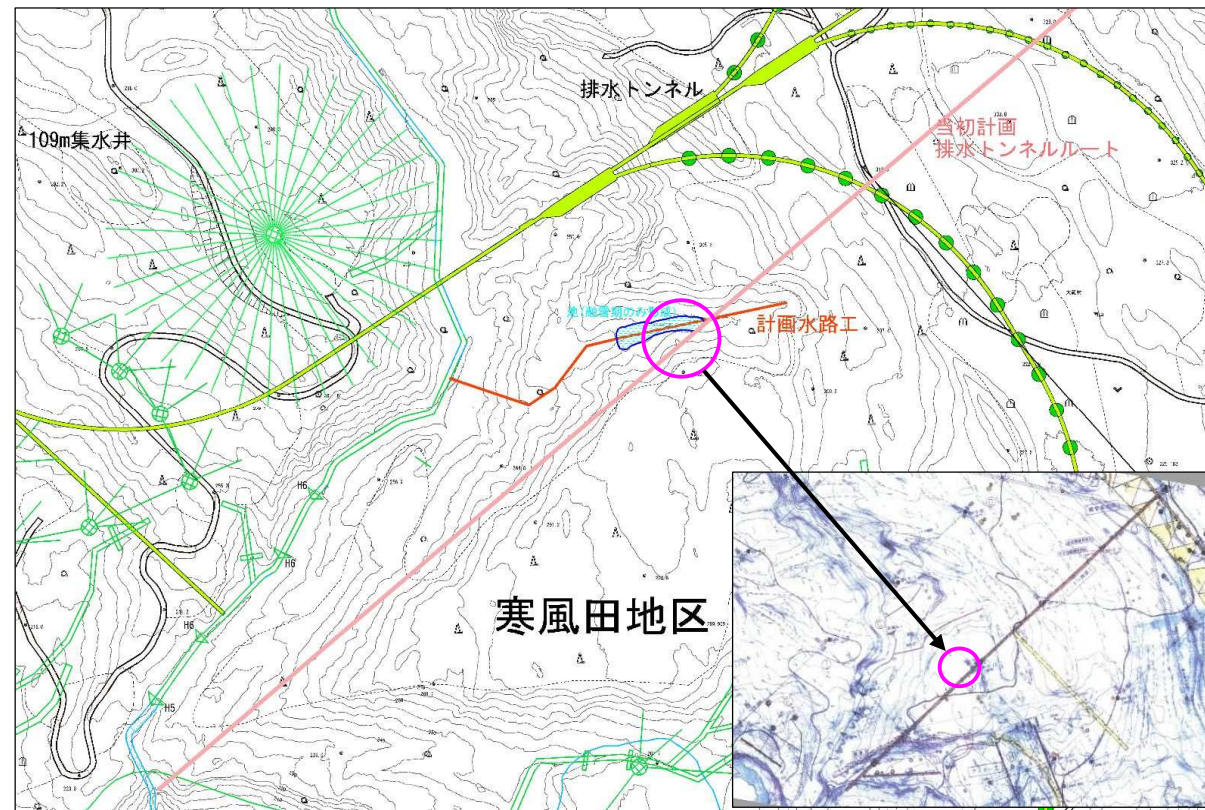


図 2.12 寒風田地区 水路工計画位置図

### 2.5.2 湯ノ台地区溪間工

古水川流域では荒廃が進んでいた古水川流域の安定を図ることを目的として、銅山川地区民有林直轄事業としても溪間工の整備が行われ、一部、補修工事等が残っているものの、令和4(2022)年度までに溪間工の整備が完了している。

このうち、古水川沿いのYU-S04ブロック末端部で計画されていた谷止工の1基(損壊していた山形県施工の井桁ダム: FU-K-4の代替計画)については、YU-S04ブロックの地すべり顕在化により計画が見なおされ(床掘りによる地すべりブロックの不安定化を回避)、YU-S04ブロック下流側で計画していた谷止工(令和2(2020)年度に施工済み)の堤高を上げ、護岸工を整備することで溪床勾配の緩和と押え盛土効果による地すべりブロックの安定化を図る方針とし、谷止工の導入は見送られた。

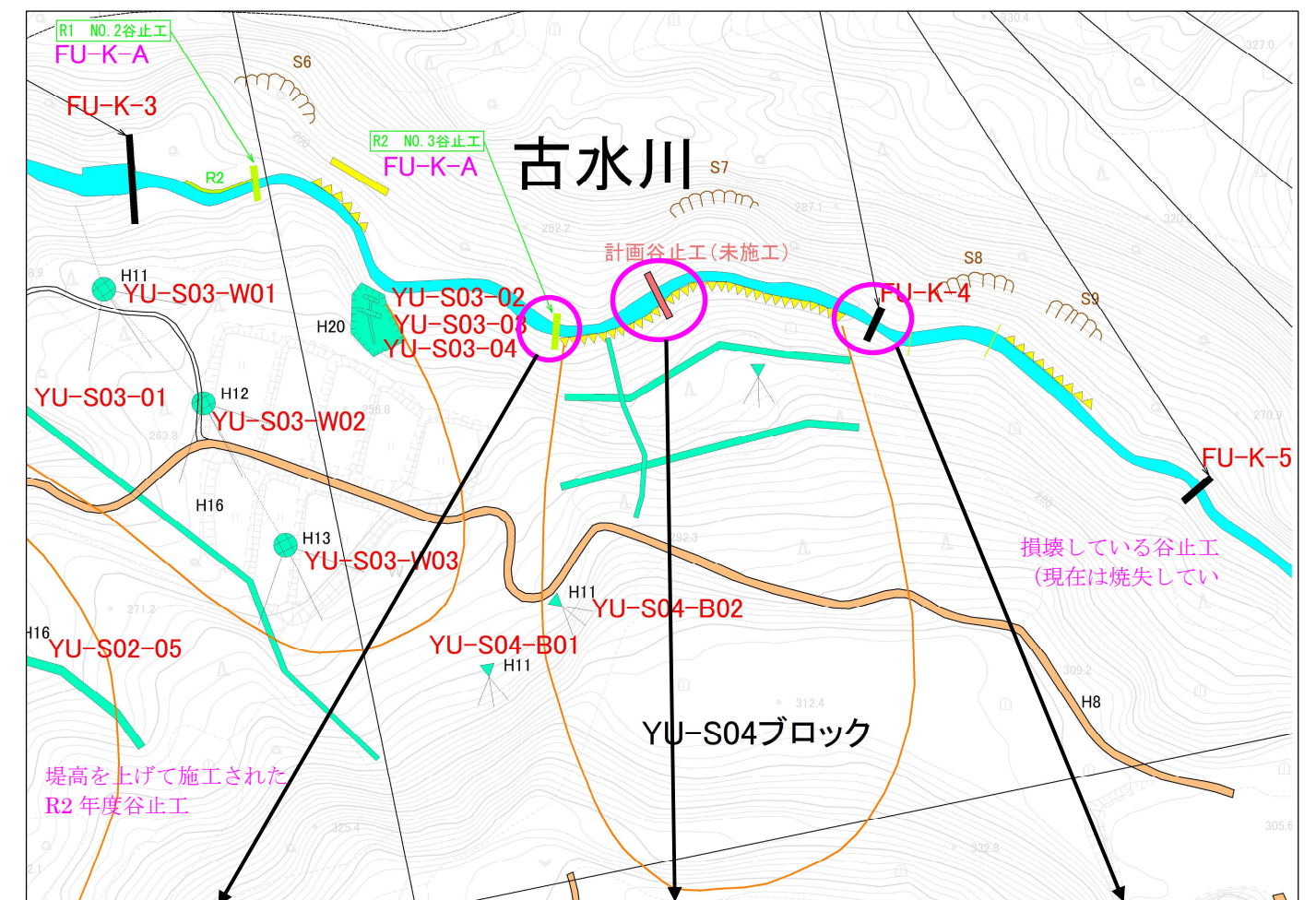


図 2.13 古水川(YU-S04ブロック)谷止工計画図

### 3. 全体ブロック発生機構と対策

#### 3.1 これまでの調査の経緯

銅山川地すべり全体ブロックの地すべり発生機構把握、対策工検討に関する一連の経過を表 3.1 に、対策工の概略を図 3.1 に示す。

表 3.1 全体ブロック安定解析の経緯

		トピック および 調査・工事の進捗																															
		ロードマップ																															
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
		H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09
3次元地すべりモデル解析	地すべり3次元地質モデル作成 (CIM/BIM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>地形・地質 調査</li> <li>地形解析とブロック区分</li> <li>地層区分(第三紀泥岩-古口層・野口層、シラス層、移動土塊) (地層モデルのCIM化)</li> <li>すべり面作成 (移動土塊区分)</li> <li>対策工のCIMモデル作成</li> </ul> <p>2012に第一段階として確定</p> <p>2017から 最新地形データLPを基にモデル再検討</p> <p>対策工 CIM化</p>																															
	水文気象データの整理 涵養量解析(タンクモデル)	<ul style="list-style-type: none"> <li>該当する気象観測所選定</li> <li>水文気象解析</li> <li>融雪涵養解析(融雪モデル解析)</li> <li>タンクモデルによる涵養量解析(C-3.TN10-6)</li> <li>災害特性解析-水文量非超過確率解析-100年確率計算 (長期安定性評価)</li> </ul> <p>2013に確定 (耐折気象1962-2009)</p>																															
	3次元地下水流動モデル作成 (ModFlow解析)	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水モデル作成(解析領域、境界条件、水理条件) 定常解析</li> <li>透水係数 - 涵養量と水位分布から同定</li> <li>コンダクタンス(c) - 排水量と地下水低下量からの適正C同定</li> <li>各水文年ごとの水面形解析</li> </ul> <p>2013に初期確定</p> <p>2018年に再度検証 確定</p>																															
	3次元安定解析 (ヤンプ法 → SlopeRBSM3D解析)	<ul style="list-style-type: none"> <li>安定解析モデルの選定(ヤンプ法、ホフランド法、RBSM法)</li> <li>複雑な地質構造と変動条件の解析が可能なモデル選定</li> <li>土質定数c、φ、γt設定 (H17年臨界時水面でFs=1.0とする)</li> <li>Modflowで得られた各水文年ごとの水面形を用いて安定度解析 (長期安定性評価)</li> </ul>																															
	移動方向解析+安定度解析 (New-SlopeRBSM3D)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブロック毎に異なる複雑な移動方向をモデル化</li> <li>SlopeRBSM3D解析のすべり面ハネ比を変えて再現解析</li> <li>地表面・すべり面再評価(2017LP図など)</li> <li>Modflowで得られた各水文年ごとの水面形を用いて安定度解析 (長期安定性評価)</li> </ul>																															
	移動量再現 + 安定度解析 (New-SlopeRBSM3D+Modflow+LMDM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2000年臨界時の再現(Modflow、実際の孔内水位)</li> <li>順次進む落とし込みボーリングの追加に伴う安定度評価</li> <li>2008年、2011年の地震時 移動再現解析</li> </ul>																															
	対策工最適配置解析 (ModFlow解析+SlopeRBSM3D解析)	<ul style="list-style-type: none"> <li>落とし込みボーリング孔の最適配置について予備解析</li> <li>順次進む落とし込みボーリングの追加に伴う安定度評価</li> </ul>																															
	工事効果確認解析 (SlopeRBSM3D解析)	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工終了後の随時安定度評価</li> <li>地下水位観測値を用いて安定度算定</li> </ul>																															
管理手法検討 - 移管	モニタリング手法検討 (LMDM解析 タンクモデル解析 SlopeRBSM解析)	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象範囲</li> <li>移動量-孔内水位-気象条件、閾値等関係図</li> <li>安定度に係る関係式(重回帰式)の作成</li> <li>維持管理手法検討</li> </ul>																															
	モニタリングマニュアル作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>モニタリング方針(気象、水位孔、移動観測)</li> <li>緊急対応方針、維持管理方針</li> </ul>																															
	委員会	<ul style="list-style-type: none"> <li>個別協議</li> <li>概成委員会開催</li> </ul> <p>第1回 技術検討会 (H23)</p> <p>第2-4回 技術検討会 (R01-R03)</p> <p>個別 概成検討会 (R04)</p> <p>移管 (R09)</p>																															



### 3.2 地すべり発生機構

#### 3.2.1 すべり面構造

全体ブロックの主測線である D 測線（図 3.4）の断面図を図 3.2 に示す。これによると、地すべり移動体の形状は典型的な「椅子型すべり面」となっている。

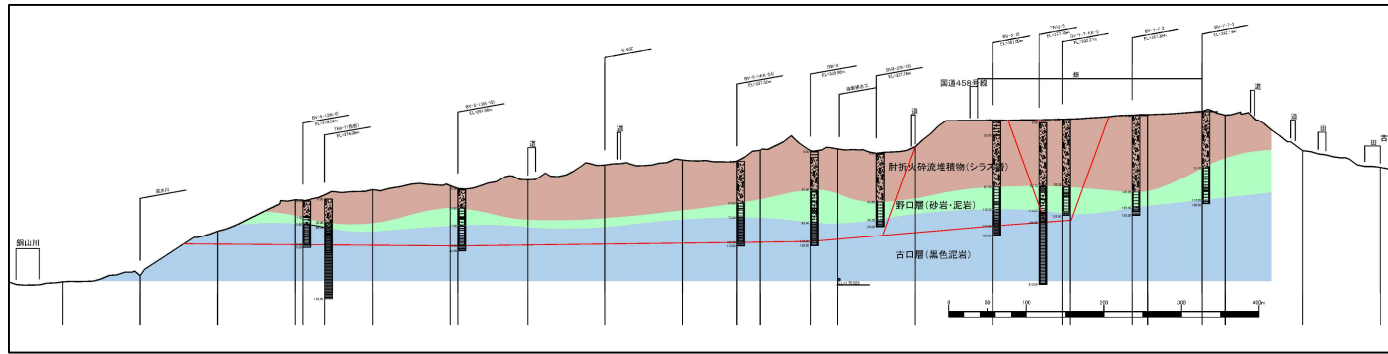


図 3.2 地すべり断面図 (D 測線)

一方、末端域の地すべり移動体の形状は、図 3.4 のすべり面等高線図 (G 測線図 3.3) 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。

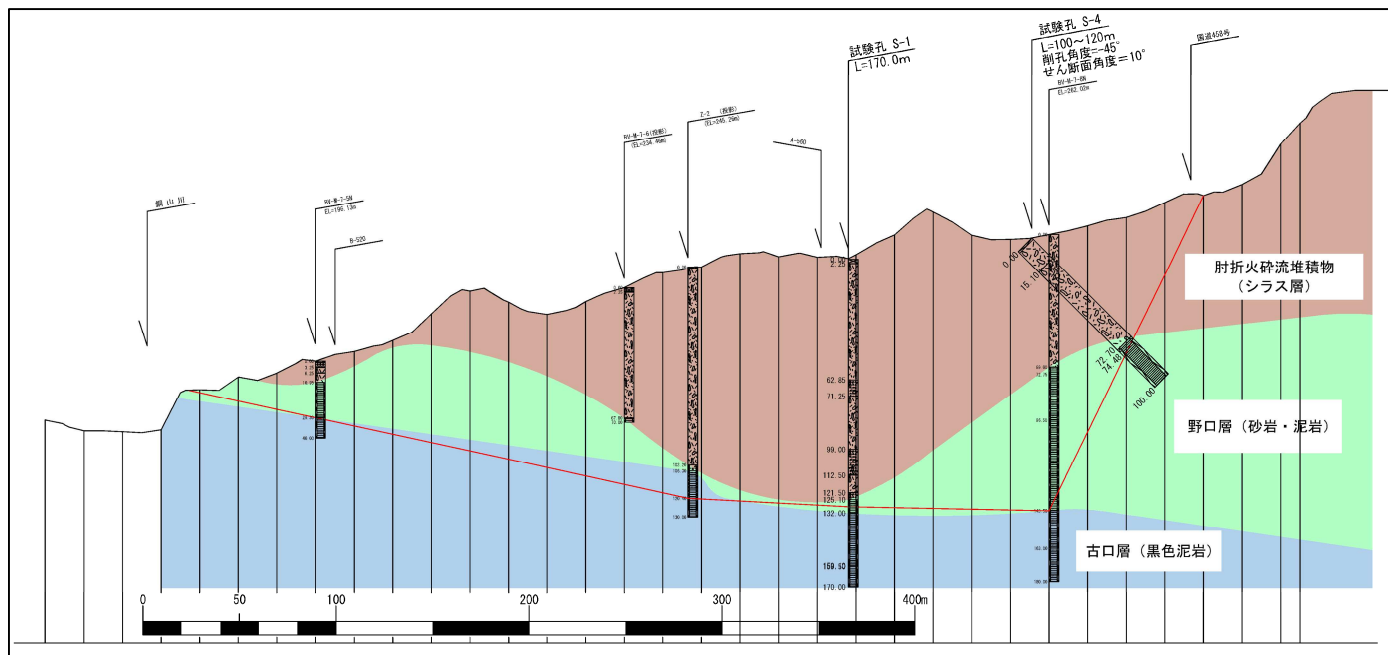


図 3.3 地すべり断面図 (G 測線)

地すべりが主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り、移動を制限する力が発生すると考えられる。さらに、北西側の銅山川右岸が開放斜面となっていることから、地すべりは銅山川に向かって大きく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の移動方向の変化は、GNSS 移動杭観測で示された移動方左上向 (図 3.7) である。

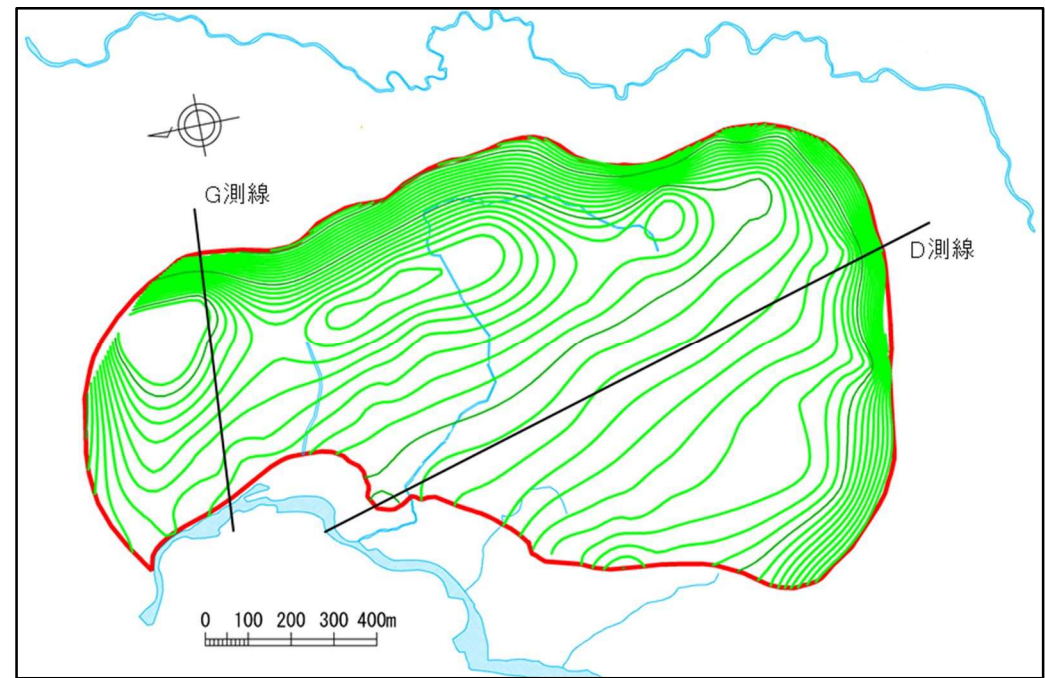


図 3.4 全体ブロックすべり面等高線図

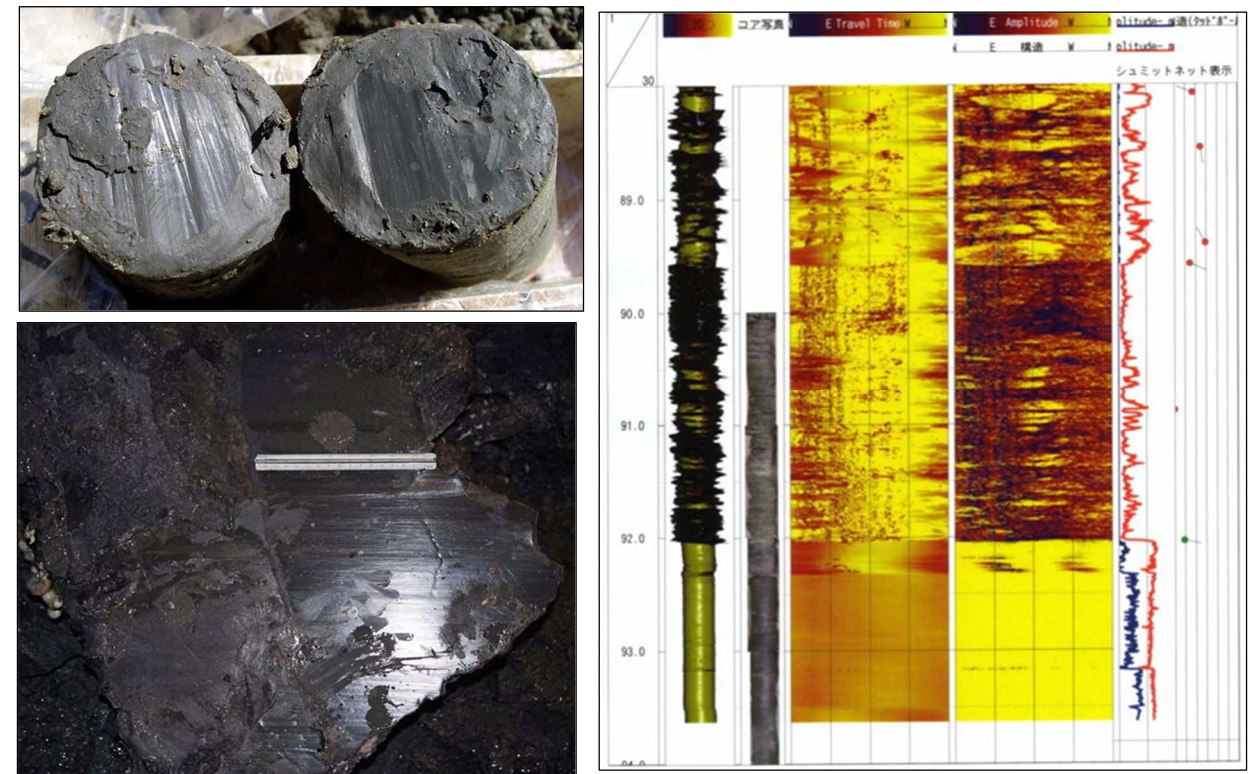


図 3.5 すべり面

(左上: ボーリングコアのすべり面、光沢ある鏡肌面、明瞭な擦痕)  
 (左下: 脱出坑のすべり面、鏡肌、擦痕、平板構造\_走向 N6°W、傾斜 E8-10°)  
 (右: CW-1 の超音波検層結果、すべり面上下での反射強度が変化)

### 3.2.2 地表変動特性

#### (1) 地形によるエリア区分

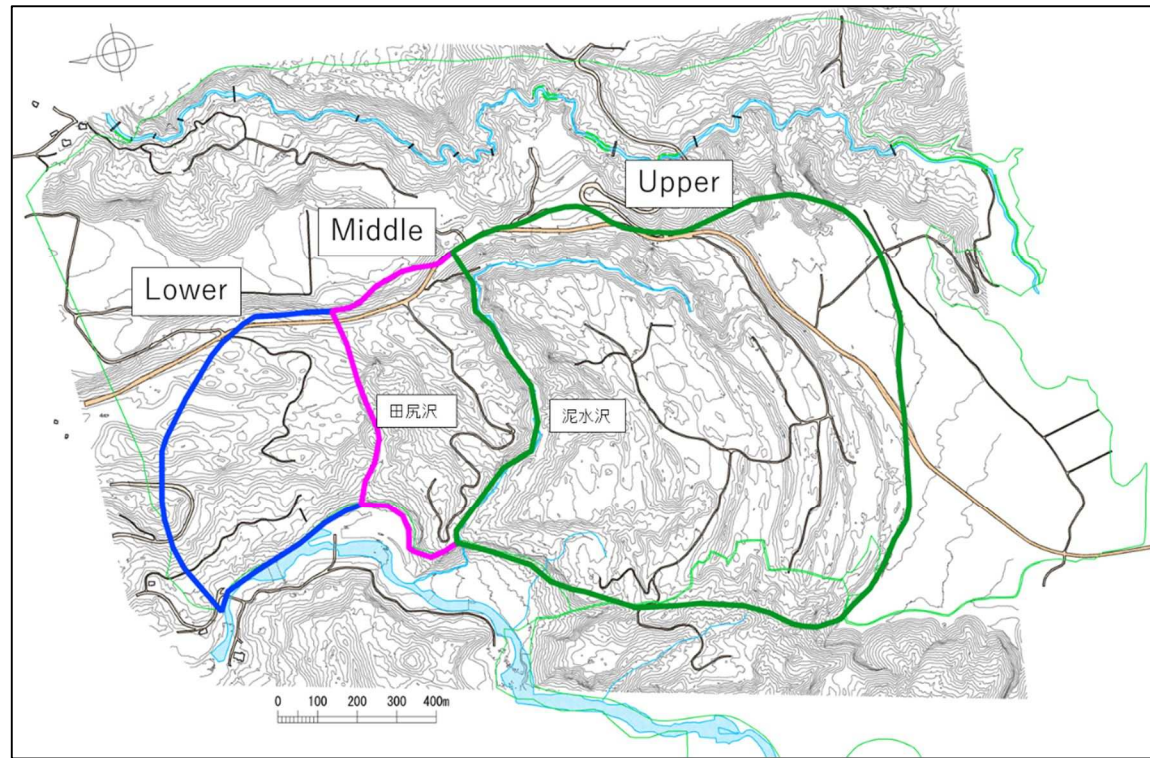


図 3.6 地形によるエリア区分

図 3.6 に示すように、全体ブロック内には二つの沢（泥水沢、田尻沢）が存在し、沢に区切られた領域ごとに地すべり変動方向が変化するという特徴がみられることから、これらの領域を「Upper」「Middle」「Lower」と3区分して検討を行っている。

#### a) エリアごとの地表変動

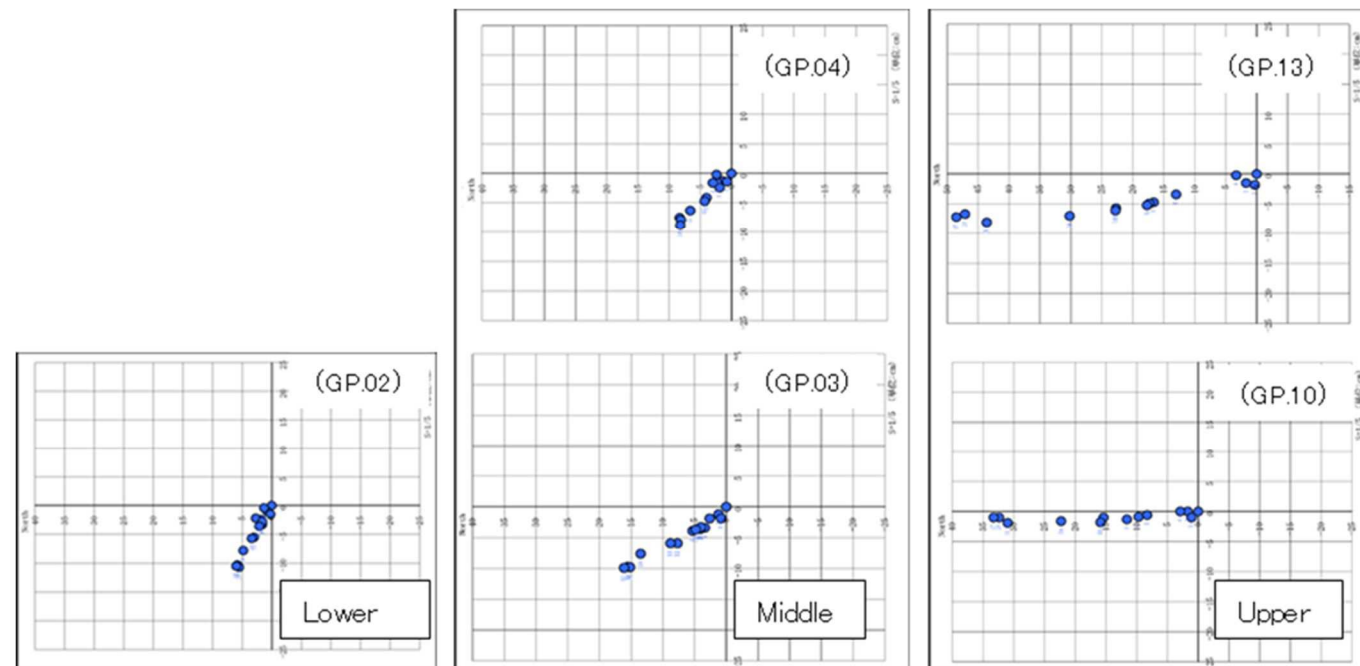


図 3.7 Lower、Middle、Upper の GPS ベクトル図

表 3.2 エリアごとの地表変位量の比較

エリア	No.	ブロック内の位置	観測		水平変位量 (mm)		エリア平均/エリア最大値	区分
			開始年月日	集計年月日	箇所別	平均		
Lower	GP-02	末端部	H8.7.23		121	121	29.4%	圧縮域++
Middle	GP-03	中央	H8.7.23		189	154.5	37.5%	圧縮域+
	GP-04	縁辺部	H8.7.25		120			
Upper	GP-07	中央北側	H8.7.23		175	178.8	43.4%	圧縮域
	GP-08		H8.7.24		158			
	GP-09		H8.7.23		183			
	GP-11		H8.7.25		199			
	GP-10	陥没帯	H8.7.22		333	411.5	100.0%	引張域
	GP-13		H8.7.23		490			

※同一期間を比較するため、1996(H8)年7月～2001(H13)年11月のデータを使用

Upper では北に向いていた移動方向が、Middle では北西、Lower では西北西へと変化しつつ、移動量は徐々に小さくなっていることがわかる。

Upper の陥没帯における移動量を 100%とすると、Upper の北側(地すべりブロック中央部)で 43%、Middle で 37%、Lower で 29%とブロック下方ほど低下することから、陥没帯を形成する Upper 上部を引張域として、ブロック下方に向かうにつれて圧縮域に移行していると考えられる。

#### b) イベントと地すべり変動

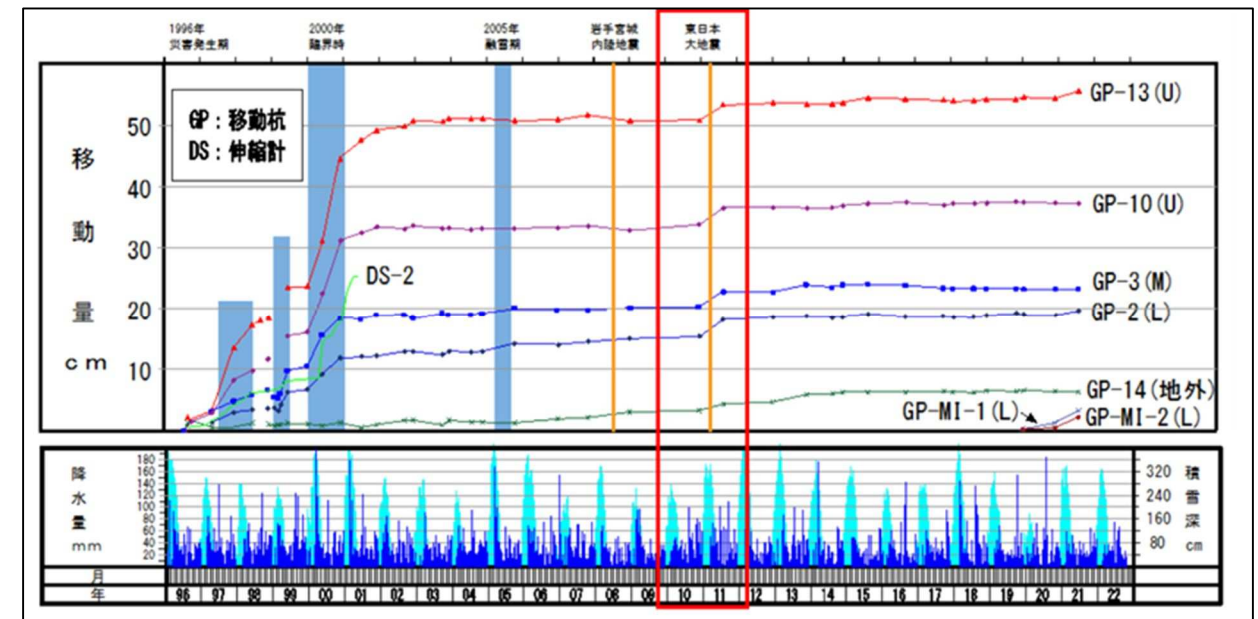


図 3.8 GNSS 水平移動量と気象、地震イベント

### 3.2.3 地中変動特性

#### a) エリアごとの地中変動特性

図 3.9 にボーリング孔位置図を、図 3.10 にエリア (Upper、Middle、Lower) ごとの各ボーリングのすべり面における設置当初から現在までのひずみ変動を示した。また、図 3.11～図 3.13 には、時間スケールを拡大してひずみ変動時期のエリアごとに比較して示した。

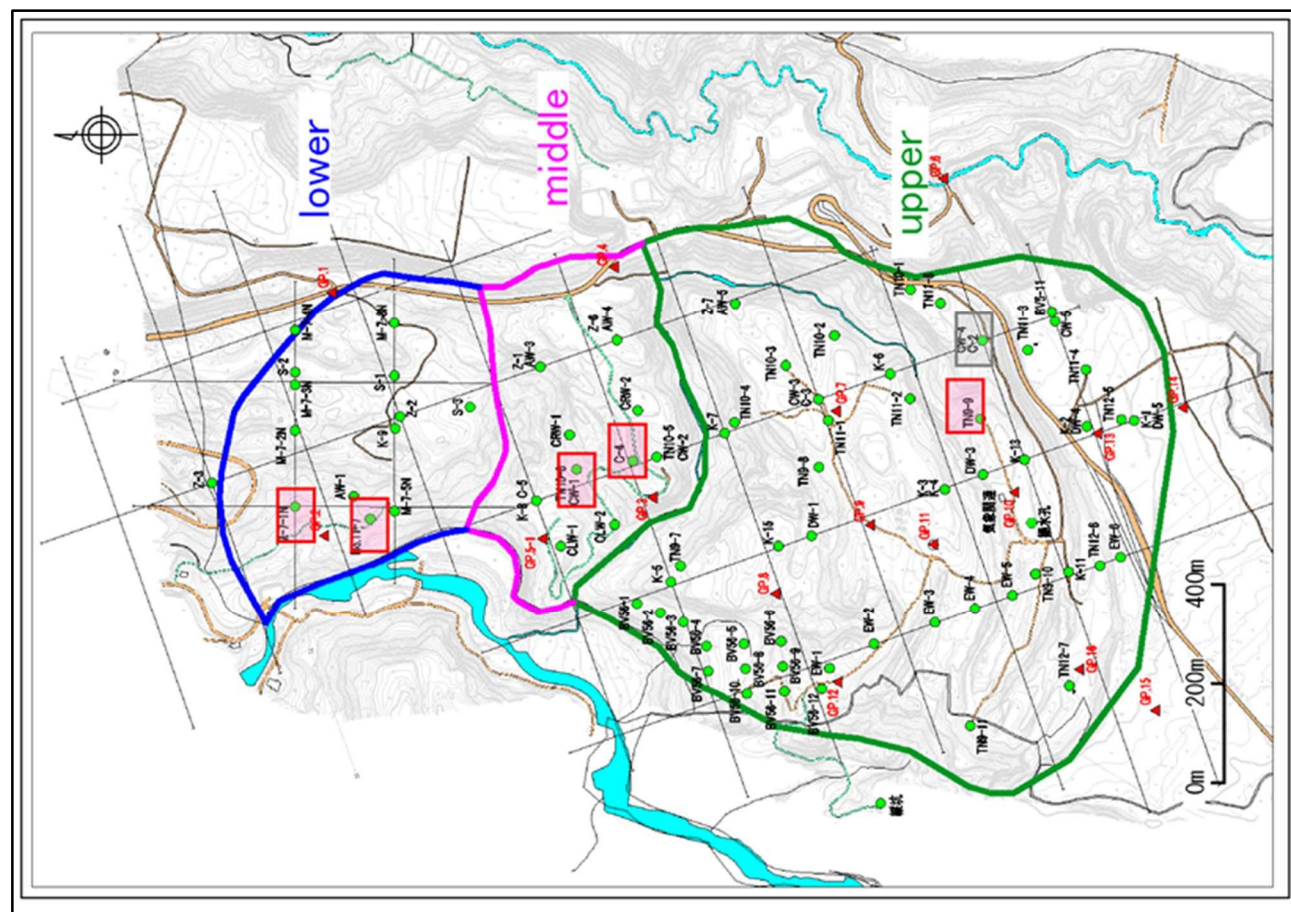


図 3.9 調査ボーリング孔位置図

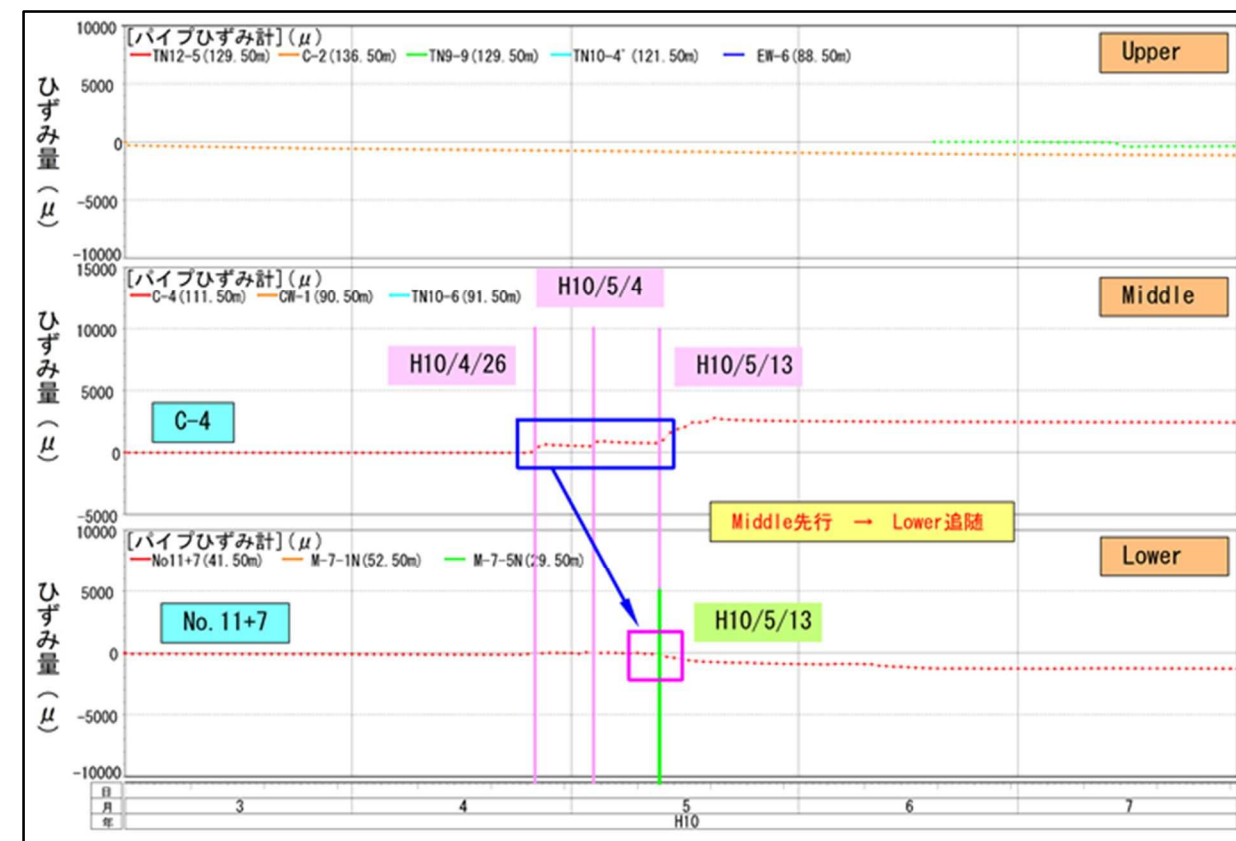


図 3.11 平成 10 (1998) 年 4-5 月の変動

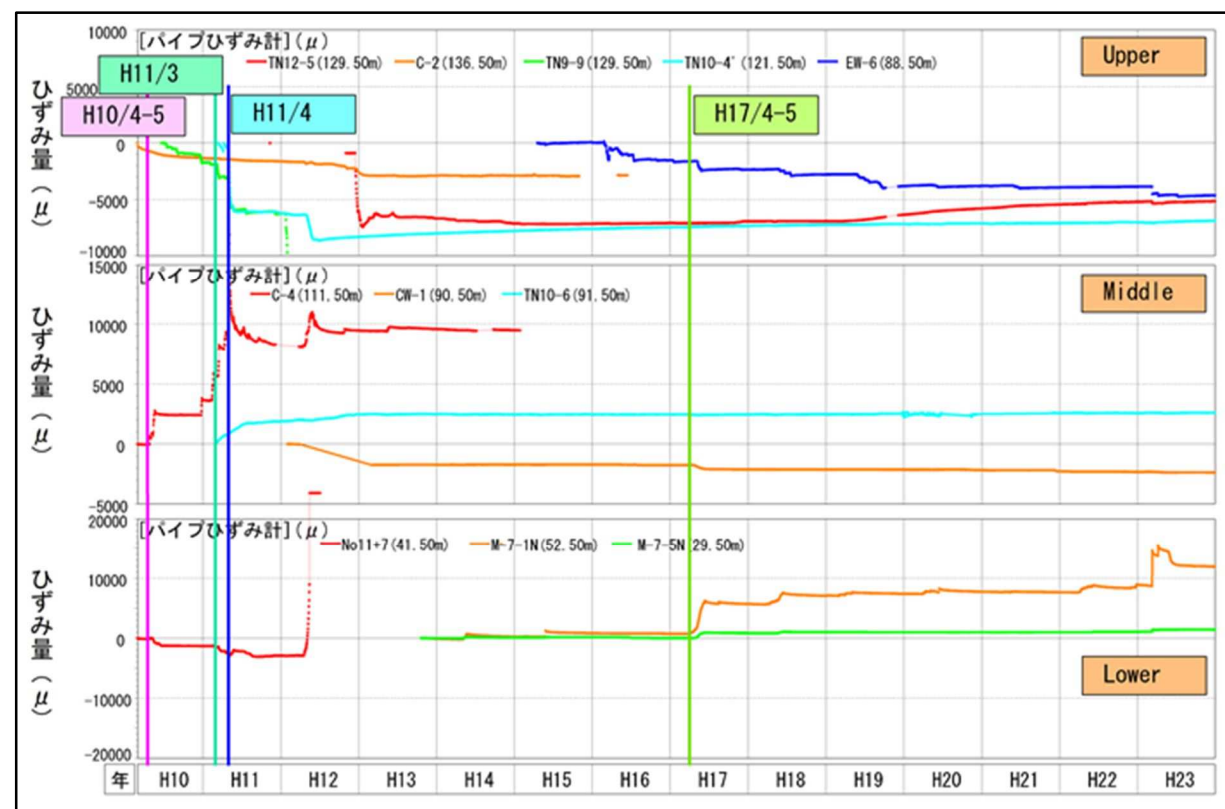


図 3.10 ひずみ計変動図 (変動時期)

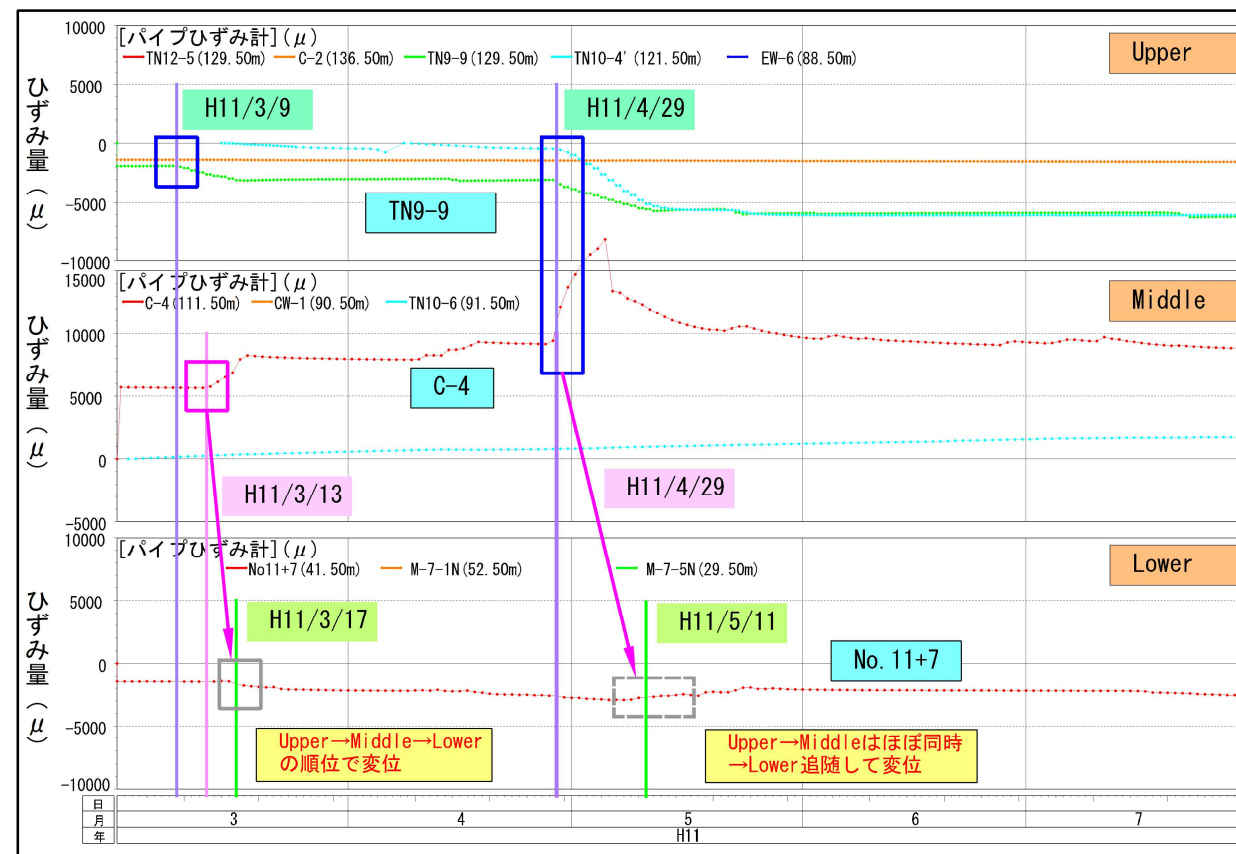


図 3.12 平成 11 (1999) 年 3 月、4 月の変動

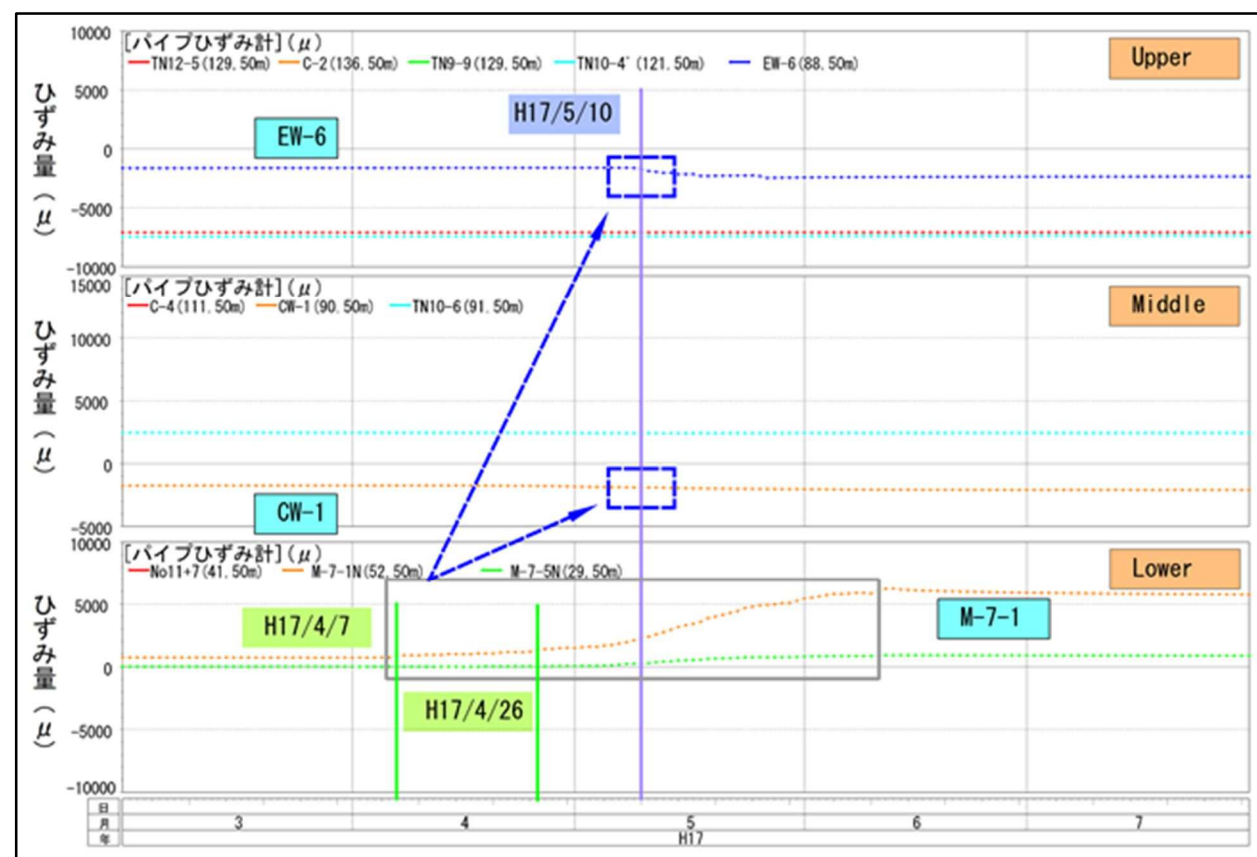


図 3.13 平成 17 (2005) 年 4-5 月の変動

すべり面とひずみ計設置深度との関係で、ひずみ計の変動形態は異なり、ひずみ計変動データから地すべりの変位量を直接把握することは一般に困難である。しかし、地すべりの活動性（滑動開始、停止）を把握するためには有効な手法である。

地すべりが大きく滑動した平成 8 (1996) 年の地表部での亀裂の発現順位、そして、GPS による変位量の差から、Upper が引張領域、Lower が圧縮領域に対比され、地すべり変位はブロック上部から徐々に下流側に及ぶことが推定された。

そこで、これまでの経年のひずみ変動図の時間スケールを部分的に拡大することで、エリアごとの地すべり滑動の伝播について検討を行った。

地すべり滑動時のボーリング孔の配備状況、そしてそれまでに各ボーリングが受けた累積地すべり変位量はまちまちであることから、厳密な意味での地すべり滑動伝播の把握は難しいが、何回かの地すべり変位に対する傾向から把握を試みた。表 3.3 に検討結果を示す。

表 3.3 ひずみ計発現時期のずれ

年月	ひずみ変動発現月日			備考
	Upper	Middle	Lower	
H10 (1998) 年 4-5 月	?	4/26, 5/4, 5/13 (C-4)	5/13 (No. 11+7)	U 不明, M 先行→L 追隨 (進行型)
H11 (1999) 年 3 月	3/9 (TN9-9)	3/13 (C-4)	3/17 (No. 11+7)	U 先行→M 追隨→L 後追い (進行型)
H11 (1999) 年 4 月	4/29 (TN9-9, 10-4)	4/29 (C-4)	?	U 先行→M 追隨→L? (進行型) (L に至らず?)
H17 (2005) 年 4-5 月	5/10 (EW-6)	?	4/7, 4/26, 5/10 (M-7-1)	L 先行→U 追隨 (退行型)

① 平成 10 (1998) 年、平成 11 (1999) 年と上流側から下流側にかけてのひずみ累積発現のズレが生じ、いずれも進行形の様相を呈し、上流側が引張領域、下流側が圧縮領域となり、地すべり推力も上流側から下流側に移行すると地すべり発生機構と同調的な結果である。

② これに対して、平成 17 (2005) 年は Middle エリアでのひずみ変動は把握されず、Lower エリアが先行し、Upper が追隨しており、①と異なり対応形を呈している。

平成 17 (2005) 年になると Upper エリアでの強制排水工の整備が進み、GPS 観測による水平変位も小さくなる時期にあたる。引張領域での集中的な地下水排除工の効果が発現し、Upper エリアが小量化に至ったものの、Lower では蓄積したひずみを開放するように変位している可能性が考えられる。

### 3.2.4 地下水変動特性

#### (1) エリアごとの地下水変動

調査地における代表的な地下水変動状況を図 2.5 に示す。融雪後期の 4 月後半から水位上昇を開始して、6 月中旬ころにピークを迎え、次の融雪後期に向かい徐々に水位は低下していく。融雪期以外の降雨に対してはほとんど水位が変動しない。平成 8 (1996) 年の地すべりも融雪期に発生していることから、地すべり発生の誘因として融雪による多量の地下水供給が関与していることが示唆される。

エリアごとの地下水位変動状況を図 3.14~図 3.16 に、排水トンネルの排水量変動図を図 3.17 に示す。

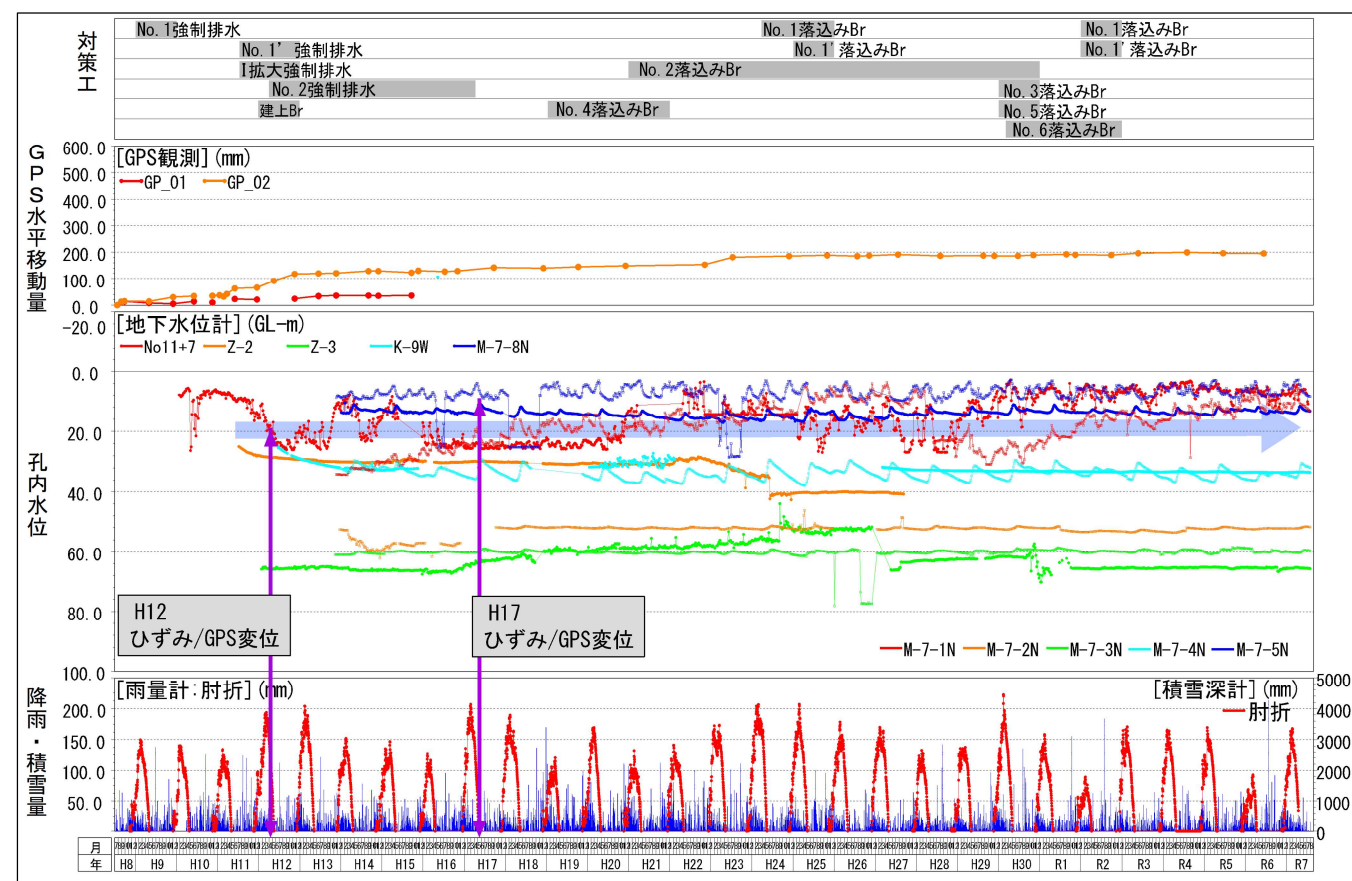


図 3.14 Lower の地下水位変動状況

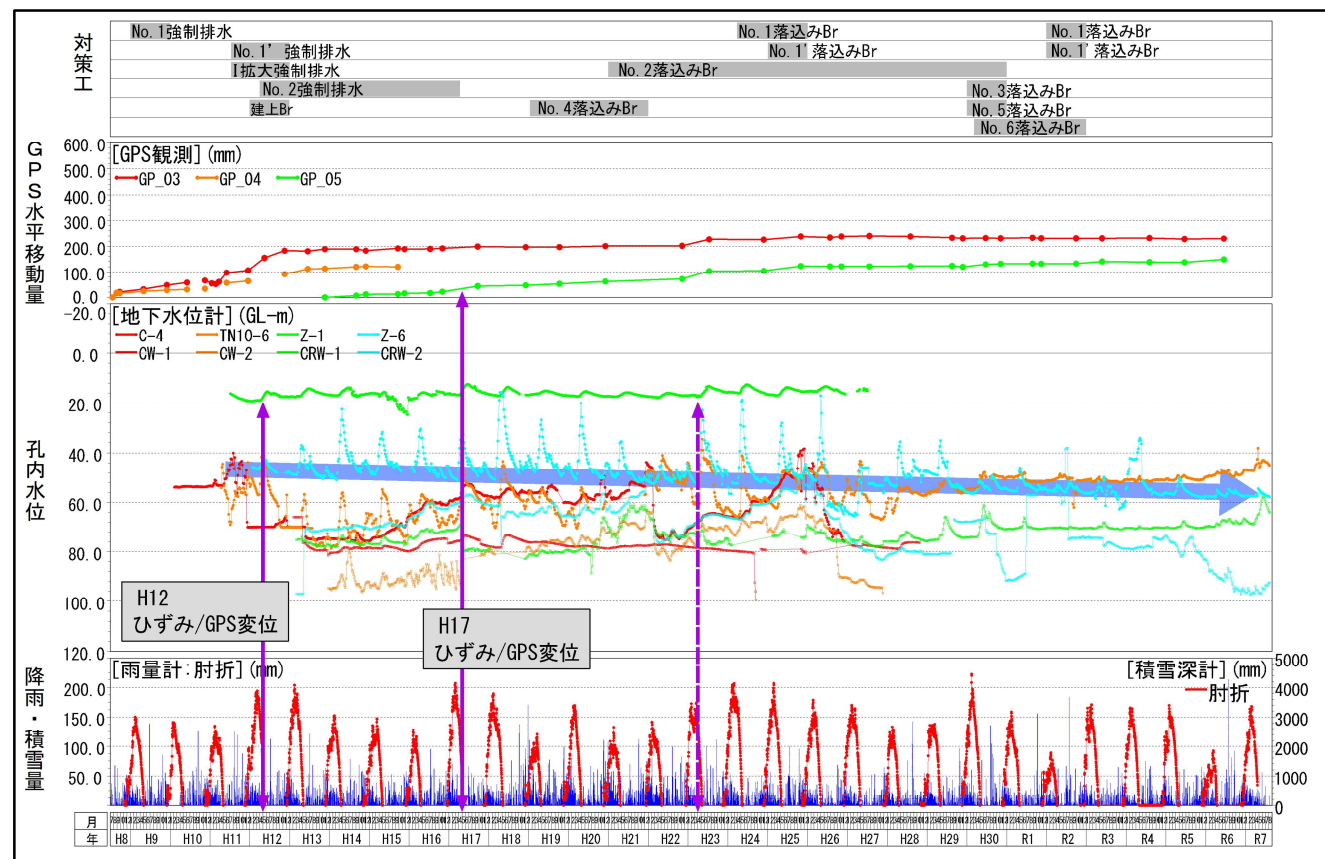


図 3.15 Middle の地下水位変動状況

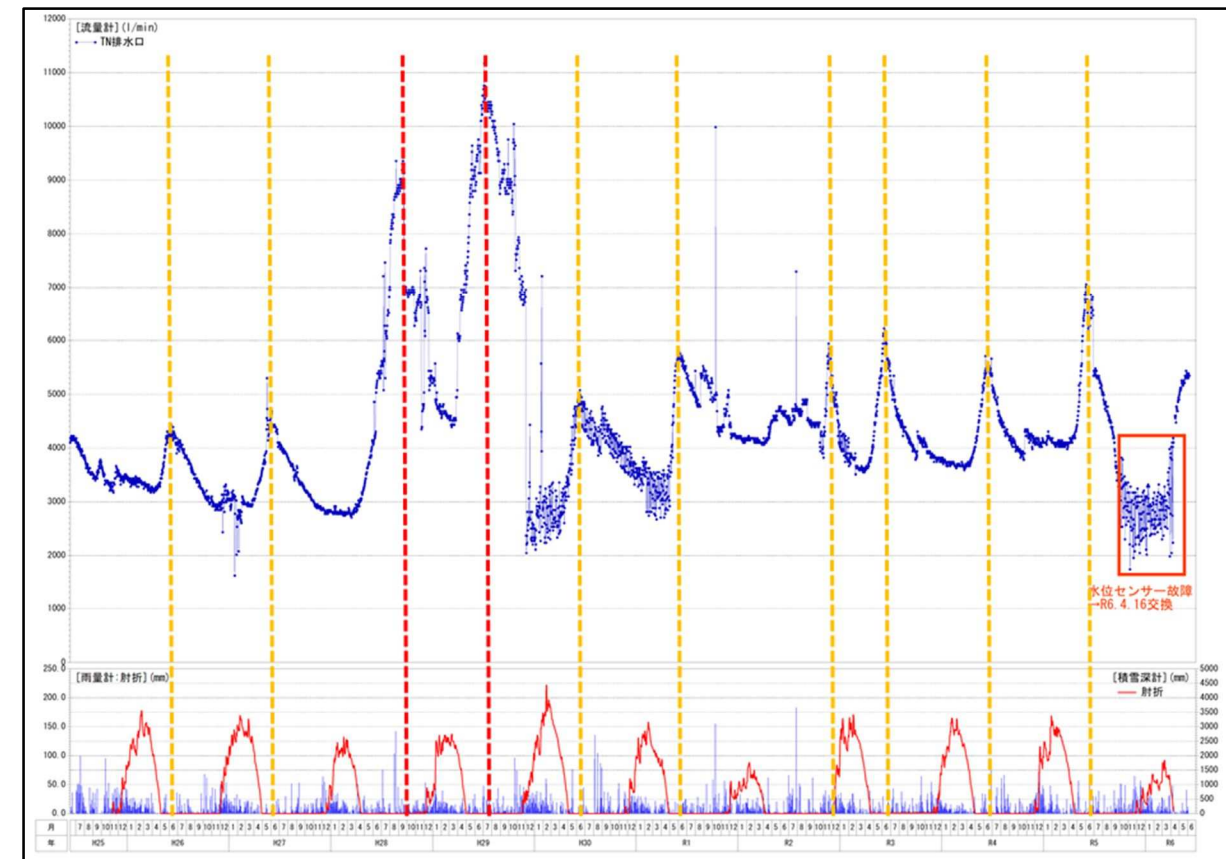


図 3.17 トンネル排水量変動図

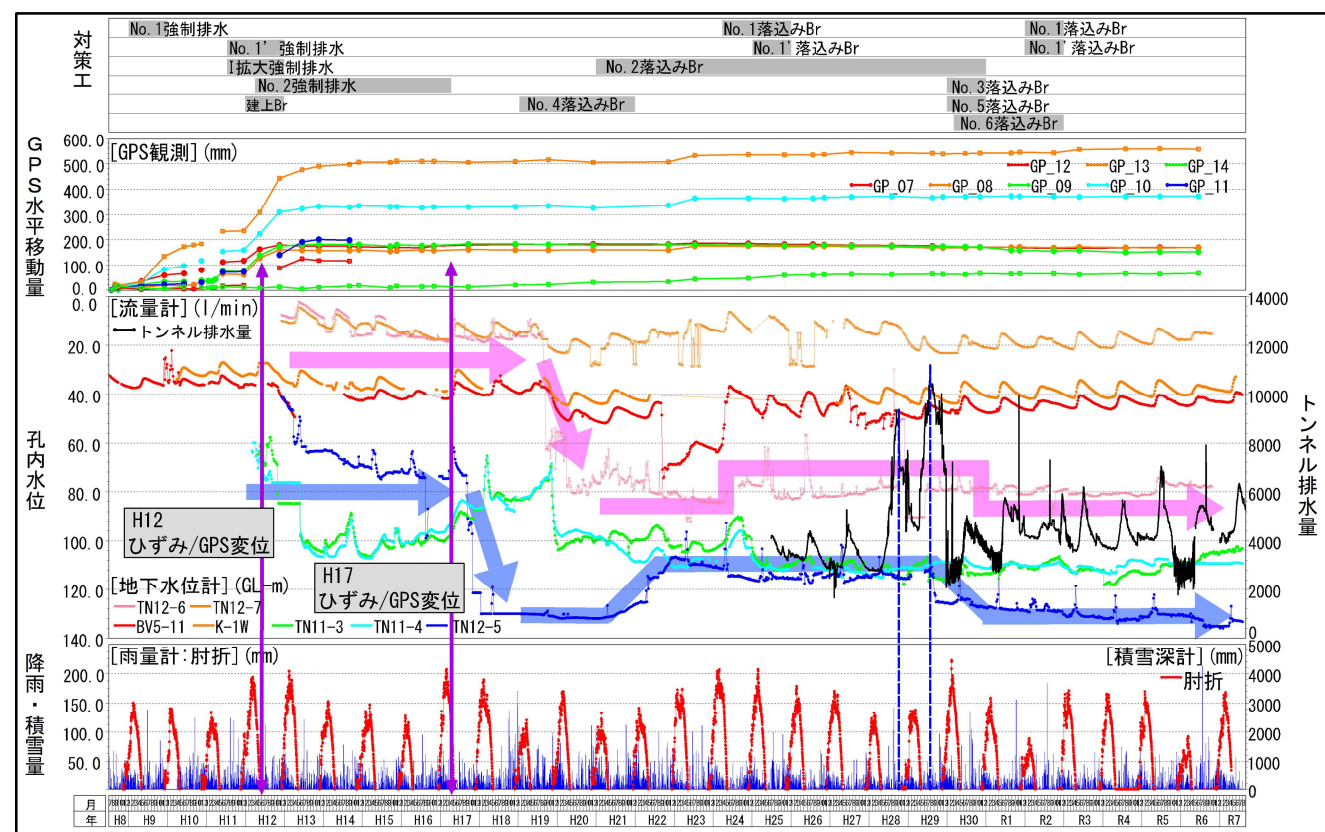


図 3.16 Upper の地下水位変動状況

地下水排除工が集中する Upper（とくに頭部陥没帯）の地下水低下が顕著で、Middle、Lower に向かうにつれて水位低下は小さくなるが、頭部での集中的な地下水低下によって全体ブロックの安定が確保されている。

(2) エリアごとの流域特性（比流量）

各エリア境界は、概ね泥水沢、田尻沢によって区分していることから、流域とは一致しないものの、両沢の出口を流域とする領域を流域 A（≒Lower）、流域 B（≒Middle）、流域 C（≒Upper）として捉えて、流量の観測を実施した。地下水排除工による流量は、各対策工の施工位置を観測点として計測し、並行して検討する浸透流解析にも反映させている。

表 3.4 平成 23（2011）年 6、9 月観測流量の比較

流域区分	対応するエリア区分	H23年6月		平成23年9月		対H23.6比
		比流量	対Upper比	比流量	対Upper比	
A'		2.5		3		1.20
A	Lower	4.1	0.55	3	0.50	0.73
B	Middle	3.9	0.53	2.2	0.42	0.56
C	Upper	7.4~7.9	1.00	6.0~6.4	1.00	0.81

平成 23（2011）年 6 月は融雪後期の流量の多い時期、9 月は例年地下水が最低位に近づく時期にあたるため、いずれの流域（≒エリア区分）でも 6 月の比流量が大きく、流域 A（≒Upper）に対して、流域 B（≒Middle）、流域 C（≒Upper）は 4~5 割程度と明らかに小さな比流量である。

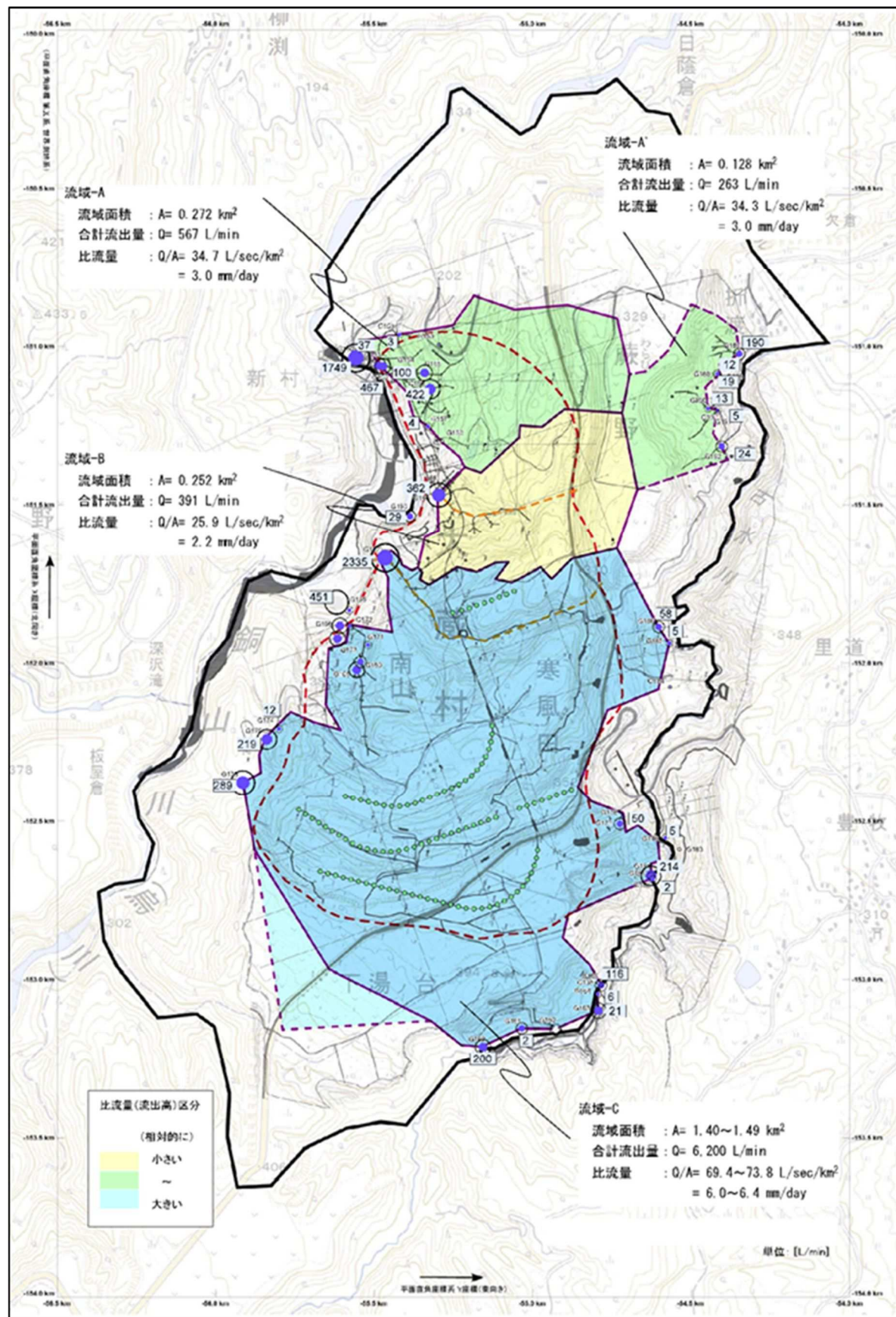


図 3.18 平成 23 (2011) 年 9 月流量観測平面図

3.2.5 エリア別調査結果の対比

エリア別調査結果を表 3.5 に示す。

表 3.5 エリア別調査結果の一覧

調査種		Upperエリア	Middleエリア	Lowerエリア	全体
地中移動(ひずみ計)		① 1998(H10)年4-5月不明 ② 1999(H11)年3-4月明瞭な変動 ③ 2000(H12)年4-5月に複数孔で明瞭なひずみ変動を確認 ④ 2005(H17)年4-5月にひずみ変動(EW-6のみ)を確認 ⑤ 2008(H18)年以降、1孔(EW-6)のみ、微小なひずみ変動 ⑥ 2011(H23)年3月、「東北地方太平洋沖地震」時にひずみ変動はあるが一時的	① 1998(H10)年4-5月明瞭な変動 ② 1999(H11)年3-4月明瞭な変動 ③ 2000(H12)年4-5月に複数孔で明瞭なひずみ変動を確認 ④ 2005(H17)年4-5月に微弱なひずみ変動(CW-1のみ)を確認 ⑤ 2008(H18)年以降の変動はなし ⑥ 2011(H23)年3月、「東北地方太平洋沖地震」時にはひずみ変動なし	① 1998(H10)年4-5月明瞭な変動 ② 1999(H11)年3-4月明瞭な変動 ③ 2000(H12)年4-5月に明瞭なひずみ変動を確認 ④ 2005(H17)年4-5月に複数孔で明瞭なひずみ変動を確認 ⑤ 2008(H18)年以降、1孔(EW-6)のみ、微小なひずみ変動 ⑥ 2011(H23)年3月、「東北地方太平洋沖地震」時にひずみ変動はあるが一時的	<エリア特性> <b>Upper→Middle→Lower</b> ① 1998(H10)年4-5月Middle先行→Lower追隨(Upper不明) ② 1999(H11)年3月Upper先行→Middle追隨→Lower追隨 ③ 1999(H11)年4月Upper・Middle先行→Lower追隨 ④ 2005(H17)年4月Lower先行(単独) ⑤ 2000(H12)年4-5月に全体ブロックが滑動 ⑥ 2005(H17)年4-5月は、全体ブロックでは滑動せず。Lowerエリアの一部が滑動 ⑦ 2008(H18)年以降は、全体ブロックとしての滑動はないがLowerエリアの一部が滑動の可能性あり ⑧ 2011(H23)年3月、「東北地方太平洋沖地震」時は③と同様
地表移動(GPS)		① 2000(H12)までは、着実にGPS変動を確認 ② 2005(H17)年は、変位なし ③ 2001(H13)以降は全体の変位はみられず、小康化 ④ 2011(H23)は3月「東北地方太平洋沖地震」後の観測で変位を確認	① 2000(H12)までは、着実にGPS変動を確認 ② 2005(H17)年は、変位確認 ③ 2001(H13)以降は全体の変位はみられず、小康化 ④ 2011(H23)は3月「東北地方太平洋沖地震」後の観測で変位を確認	① 2000(H12)までは、着実にGPS変動を確認 ② 2005(H17)年は、変位を確認 ③ 2001(H13)以降は全体の変位はみられず、小康化 ④ 2011(H23)は3月「東北地方太平洋沖地震」後の観測で変位を確認	<エリア特性> <b>Upper(引張域)／Middle・Lower(圧縮域)</b> ① 2000(H12)年4-5月に全体ブロックが滑動 ② 2005(H17)年4-5月は、全体ブロックでは滑動せず、Lower、Middleエリアの一部が滑動の可能性 ③ 2008(H18)年以降は、全体ブロックとしての滑動はないがLowerエリアの一部が滑動の可能性あり ④ 2011(H23)年3月、「東北地方太平洋沖地震」時は、一時変動。
地下水	地下水	① 陥没帯地下深部には、シラス堆積前の旧地形は凹地上であり、右側壁沿いに谷地形(埋没谷)がみられこれに沿った地下水供給の可能性 ② 陥没帯内の地下水は自由地下水的な動態を示し、シラス層下位の三紀層内も破碎を受けている可能性 ③ Upperエリア上部(No.2TN付近)から、ブロック右側壁側にかけて30~80mの水位低下を確認 ④ ②の下部(No.1TN~No.4TN付近にかけて)で5~10mの水位低下を確認	① 1 拡大ブロック(強制排水工)付近で10~25mの水位低下を確認 ② 右側壁側では、2~5mの水位低下を確認	① 銅山川右岸部(小ブロックの地下水排除工)周辺で2~5mの水位低下を確認	① Upperエリアでは地下水排除工周辺から北側に向けて水位の低下範囲が広がっている
	流量観測	① 比流量(H23年6月:7.4~7.9mm/日) → タンクモデルによる算定流出量は ≒7mm/日(6.84~6.75) (H23年9月:6.0~6.4mm/日)	① 比流量(H23年6月:3.9mm/日) (H23年9月:2.2mm/日)	① 比流量(H23年6月:4.1mm/日) (H23年9月:3.0mm/日)	① <b>比流量:Upper≫Middle≒Lower</b> ② ①は <b>透水係数の大小に関連か?</b> → <b>透水性:Upper≫Middle≒Lower</b> ・Upper(透水性大) → 地すべりの主働エリアに対比か ・Middle/Lower(透水性小) → 地すべり圧縮エリアに対比か
	揚水試験	① 影響圏(R)=100m ② 透水係数(k)= $3.39 \times 10^{-3}$ ( $3.76 \times 10^{-4} \sim 6.11 \times 10^{-3}$ ) ③ 陥没帯の上下流壁は、上流壁が涵養壁、下流が不透水壁			① 上流側涵養壁、下流側不透水壁とする結果は、比流量の大小から考える透水性の結果と調和的
すべり面	すべり面分布				① 三次元構造把握(古口層内平坦面:概ねNS走向、E傾斜8-10°)
	土質強度				① シラス( $\gamma_t=18.4\text{kN/m}^3$ 、 $\phi'=32.0^\circ$ ) ② 風化部すべり面( $\gamma_t=19.6\text{kN/m}^3$ 、 $\phi'=7.5^\circ$ 、 $c'=10\text{kPa}$ ) ③ 底面すべり面( $\gamma_t=19.6\text{kN/m}^3$ 、 $\phi'=3.0^\circ$ 、 $c'=21\text{kPa}$ )
変動特性と再現		① すべり面(平坦面)の走向方向に移動(S方向へ) ② 変動量は、Upper1.00≧Middle0.38>Lower0.29	① 移動方向をNW方向へ変化させ移動(抵抗力である右側壁から逃げるように、あるいは地形が開放する方向へ絞り出されるように)	① 移動方向をSSW方向(すべり面に乗り上げる方向)へさらに変化させ移動(抵抗力である右側壁から逃げるように、あるいは地形が開放する方向へ絞り出されるように) ② GNSS移動方向とTN脱出坑掘削時に確認したすべり面は同調	① 変化する移動方向三次元RBSM(剛体バネモデル)で解析 ② 移動量の変化をエリアごとのバネ比に反映させることで、エリアごとに変化する移動方向を再現