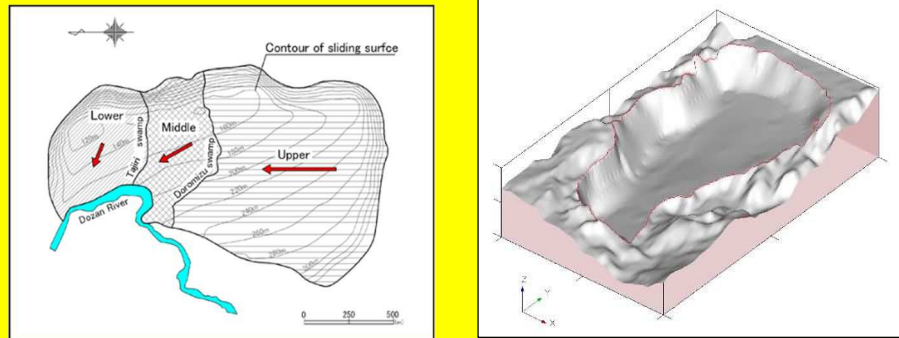


### 3.3 安定解析

#### 3.3.1 安定解析手法の比較

##### <全体ブロックの特徴>

- ① すべり面は平板状（新第三系 古口層風化層層理面、概ね NS 走向 E 傾斜 8-10°）
- ② すべり面横断形（非対称：左側壁から右側壁に向けて深くなる）
- ③ 移動方向（Upper\_北方向、Middle\_北西方向、Lower\_西北西方向）
- ④ 移動量（Upper ≥ Middle > Lower）
- ⑤ 右側壁が抵抗体（高い壁）



##### H22-23 林野庁

##### 「大規模地すべりに地における地下水排除工の効果と長期安定性の評価調査」

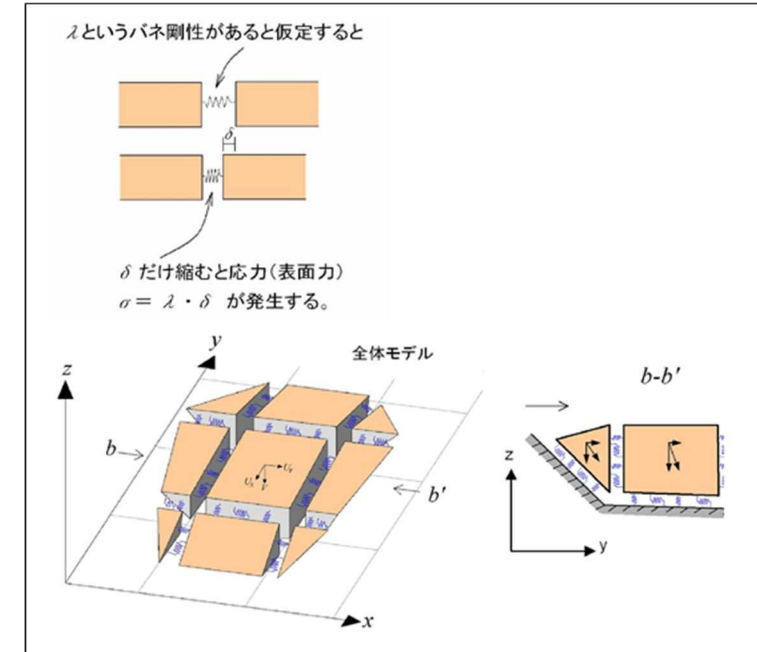
##### <安定解析式の適用性検討>

- ① 二次元簡易ヤンプ法
- ② 近似三次元簡易ヤンプ法(断面積の重み付け)
- ③ 三次元簡易ヤンプ法
- ④ 三次元 RBSM(剛体ばねモデル)

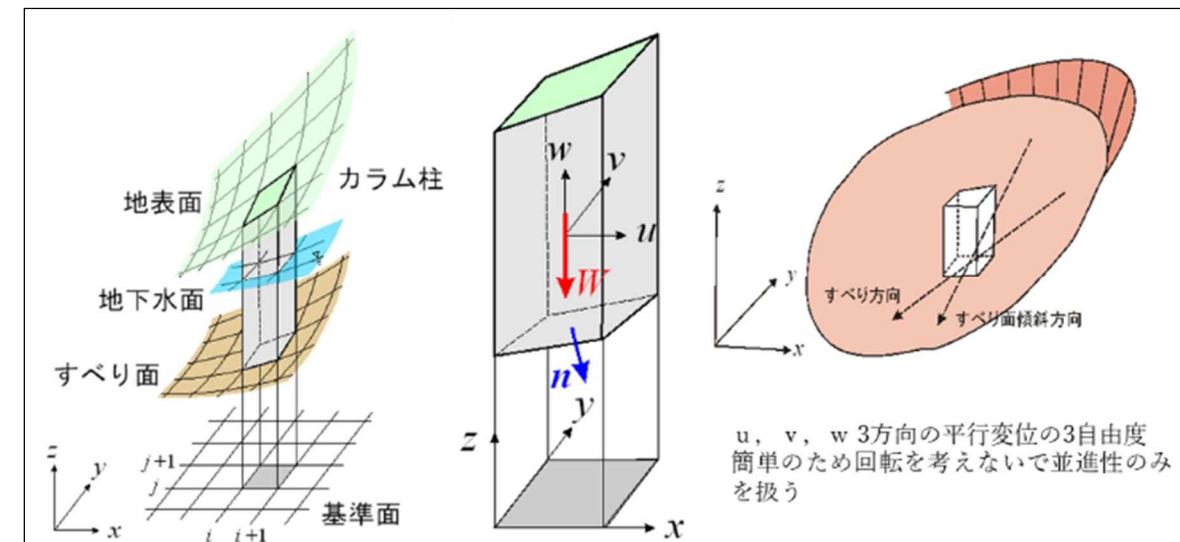
安定解析手法	すべり面の横断形左右対称			すべり面の横断形左右非対称		
	移動方向直線	末端移動方向 の変化小	末端移動方向 の変化大	移動方向直線	末端移動方向 の変化小	末端移動方向 の変化大
二次元簡易ヤンプ	○	△	×	×	×	×
近似三次元簡易ヤンプ	○	○	△	○	△	△
三次元簡易ヤンプ	◎	○	×	◎	○	×
三次元RBSM	◎	◎	◎	◎	◎	◎

- ・ 二次元簡易ヤンプ：側壁抵抗力加味せず（三次元安全率 > 二次元安全率）
- ・ 三次元簡易ヤンプ：側壁抵抗力加味、移動方向変化には適用難
- ・ 三次元 RBSM：側壁抵抗量加味、移動方向変化に適用可

#### 3.3.2 三次元 RBSM (RBSM-3d)



要素を剛体として仮定して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評価し、剛性行列を誘導して離散化極限解析によりすべり面上の表面力、全体安全率と移動ベクトルを算定するものである。この過程で個々のカラムの変位ベクトルを求めることになるため、対象カラムの集合をエリアで区切ることで Upper、Middle、Lower のエリアごとのベクトルを知ることができる。



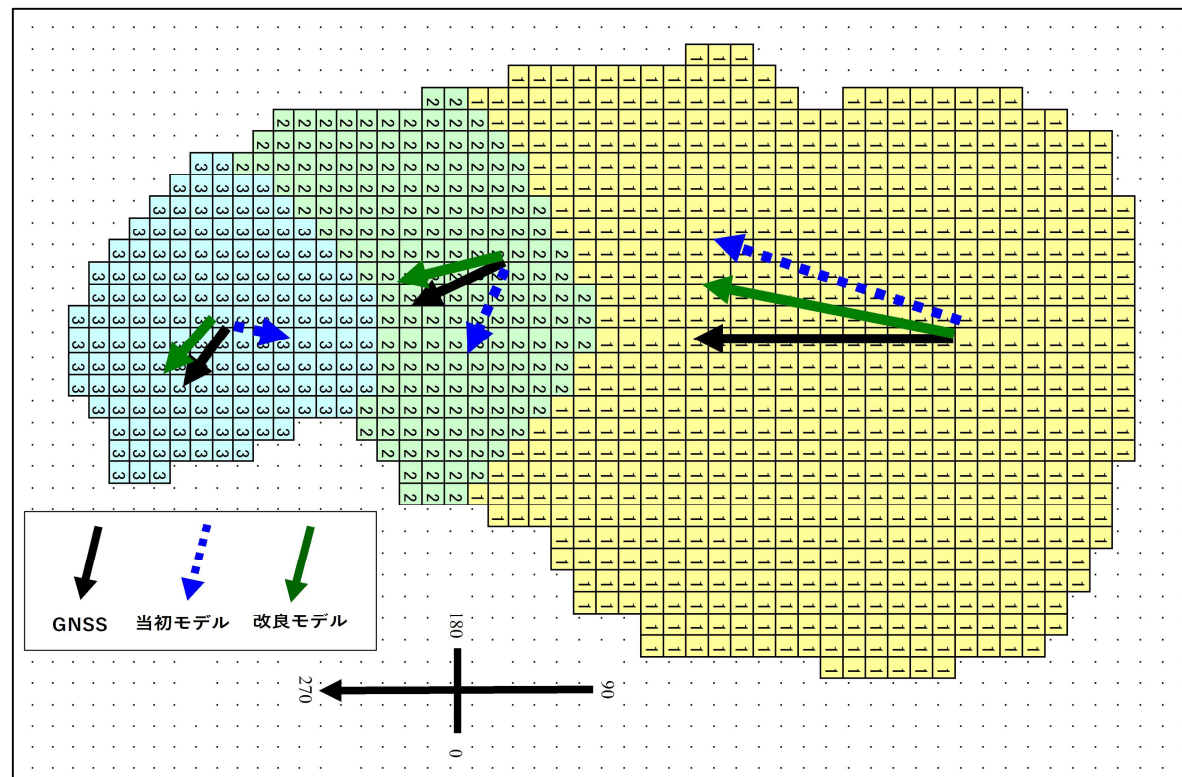


図 3.19 RBSM-3d によるエリア別ベクトルの再現結果

表 3.6 RBSM-3d に用いたパラメータ

区分	$\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$c'$ ( $\text{kN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )	バネ比		
				Upper	Middle	Lower
シラス	18.4	49	32.0	0.01	0.10	1.00
風化泥岩 (滑落崖壁、側壁)	19.6	10	7.5			
泥岩上面 (底面すべり面)	19.6	6.8	3.0			

- ① 2005 (平成 17) 年融雪期 (停電による強制排水工停止) を臨界 ( $F=1.00$ ) として、土質試験結果を用いて、(シラス  $c'$ ) のみ逆算で算出
- ② 当初モデルではバネ比一律としていたが、機構解析結果 (Upper 引張領域、Middle 圧縮 < Lower 圧縮) に応じて改良モデルではバネ比を変化 (Upper < Middle < Lower) させた
- ③ その結果、改良モデルの解析ベクトルは、GNSS による観測結果をほぼ再現することができた

<再現性確認→設定条件の妥当性> 地すべり発生機構把握

- ① すべり面の三次元分布
- ② すべり面の強度 (底面すべり面、滑落崖・側壁風化層すべり面、シラス層)
- ③ 臨界時
- ④ 臨界時の水圧分布
- ⑤ 安定解析式 (RBSM-3d)

→ 地下水の涵養条件の予測をできれば → 長期安定性の予測

### 3.4 地下水流動解析

<地下水解析の目的>

- ① 全体ブロックの安定度把握に必要なのは、全体ブロック水位面分布
- ② 融雪量・降水量によって変化する水位面分布を把握が必要
- ③ (融雪量・降水量/水位面の関係) → (水位面/安全率の関係) ⇒ 長期安定性評価

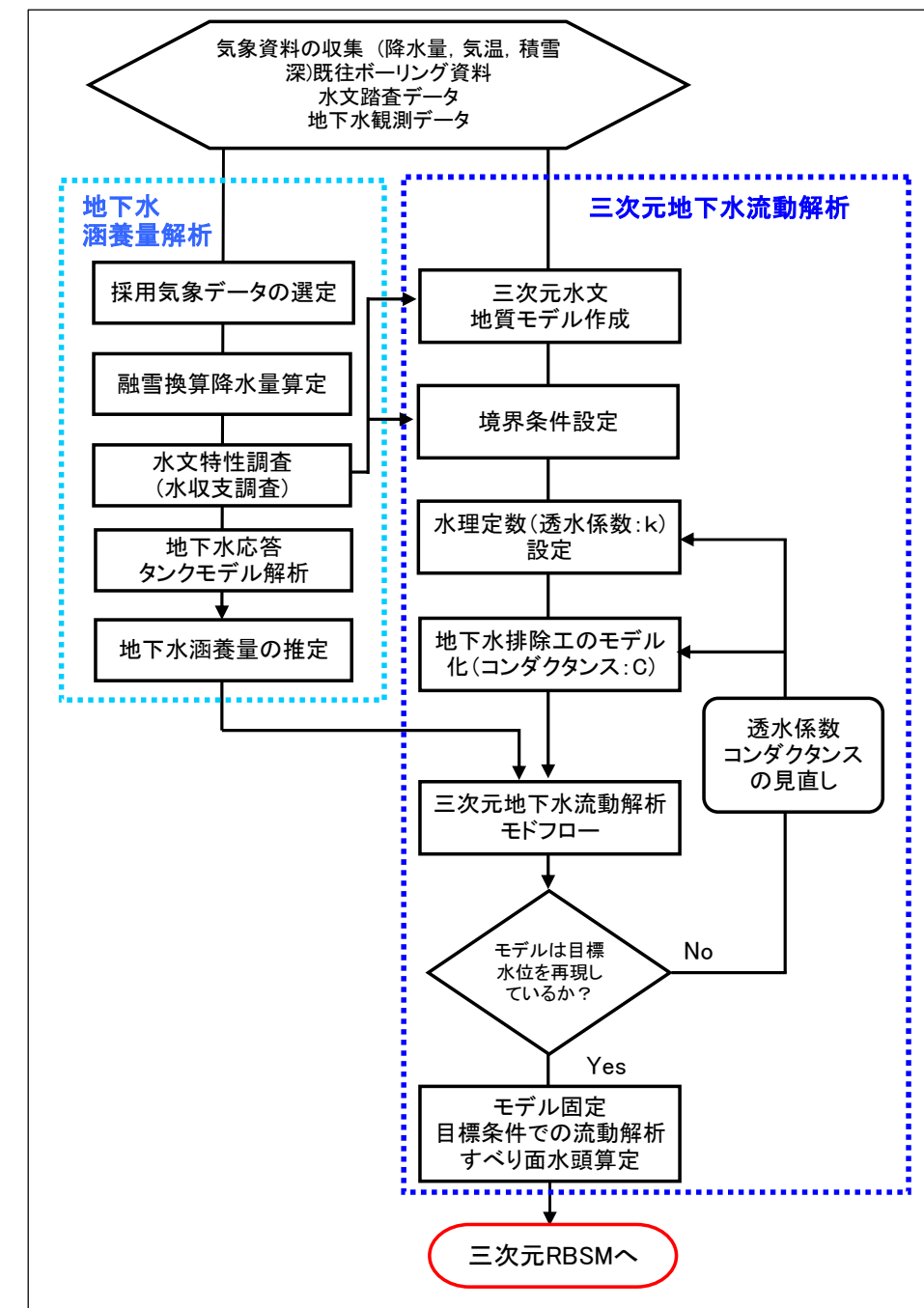
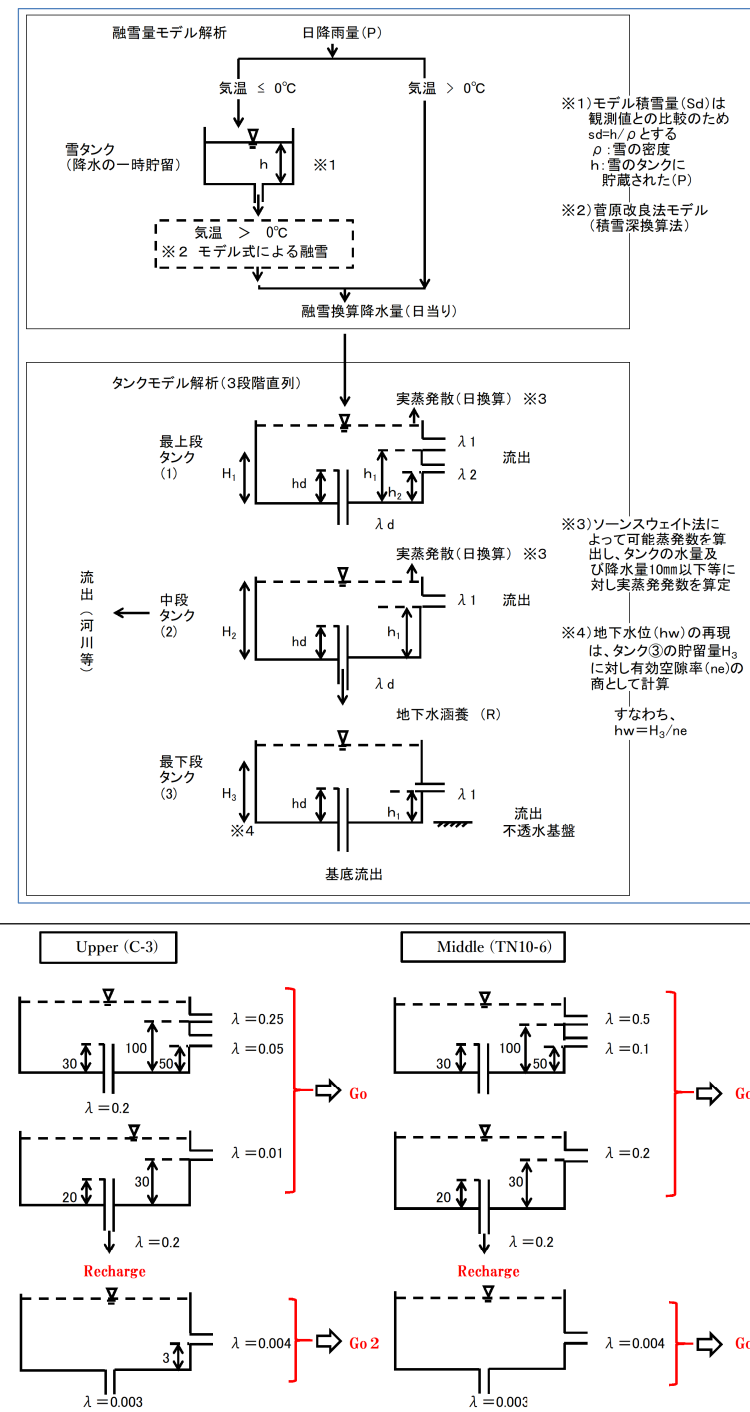


図 3.20 地下水解析のフローと RBSM-3d の関係

3.4.1 融雪量の推定と地下水位応答



(1) 融雪量の推定

- ・ 気象データ (銅山川 1996-、気象庁肘折 1962-) → 積雪量  $R2=0.96$
- ・ 融雪量換算 (菅原改良モデル)
- ・ 気温補正  $2^\circ\text{C}$  → (解析積雪: 観測積雪)  $R^2=0.957$

(2) タンクモデルによる水位応答

- ・ Upper (C-3)、Middle・Lower (TN10-6)

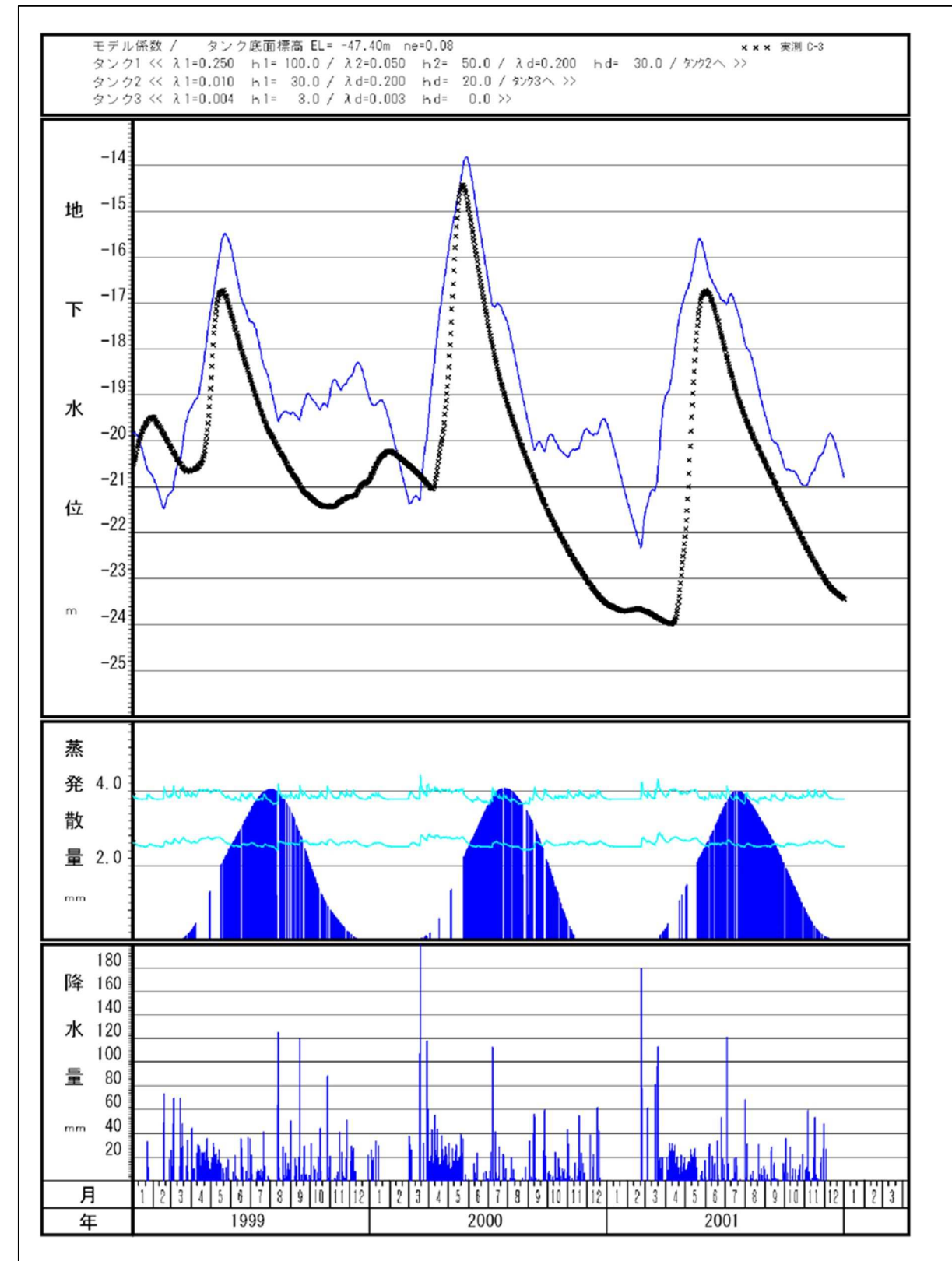


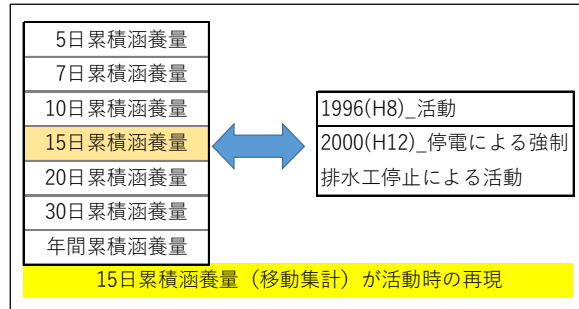
図 3.21 C-3 (Upper) のタンクモデル

3.4.2 地下水涵養量

(1) タンクモデルによる地下水涵養量

2013（平成25）年11月18、19日比流量（Upper=8、Middle・lower=4）は、タンクモデル解析の「地下水流量（Go2）+河川流量（Go）合計値」とほぼ一致（タンクモデルの妥当性）。

(2) 超過確率水文量



活動時（1996（平成8）年5月）の涵養量が高まるのは15日累積涵養量→「基本涵養条件」

順位	年 / 月 / 日 ~ 年 / 月 / 日	データ	F (%)	
1	1970/4/5 ~ 1970/4/19	341.1	98.98	既往最大
2	1977/2/24 ~ 1977/3/10	302.1	96.94	
3	1967/3/27 ~ 1967/4/10	295.5	94.90	
4	1974/4/10 ~ 1974/4/24	260.3	92.86	
5	1996/5/3 ~ 1996/5/17	259.6	90.82	災害発生年
6	1980/3/31 ~ 1980/4/14	252.7	88.78	
7	1988/5/2 ~ 1988/5/16	252.6	86.73	
8	1975/3/31 ~ 1975/4/14	251.5	84.69	
9	1969/4/10 ~ 1969/4/24	249.7	82.65	
10	1984/4/12 ~ 1984/4/26	248.8	80.61	
11	1995/4/20 ~ 1995/5/4	245.3	78.57	
12	1963/3/24 ~ 1963/4/7	244.4	76.53	
13	2005/3/11 ~ 2005/3/25	242.8	74.49	
14	1973/4/18 ~ 1973/5/2	238.4	72.45	
15	2000/3/31 ~ 2000/4/14	232.6	70.41	
16	2003/4/20 ~ 2003/5/4	232.6	68.37	
17	1968/3/24 ~ 1968/4/7	230.9	66.33	
18	1975/4/27 ~ 1975/5/11	230.1	64.29	
19	1982/4/15 ~ 1982/4/29	229.6	62.24	
20	1966/4/24 ~ 1966/5/8	229.4	60.20	
21	1983/4/18 ~ 1983/5/2	228.5	58.16	
22	1981/4/29 ~ 1981/5/13	225.5	56.12	
23	1993/4/26 ~ 1993/5/10	225.3	54.08	
24	1998/4/12 ~ 1998/4/26	223.9	52.04	
25	1986/3/28 ~ 1986/4/11	222.6	50.00	
26	1964/4/14 ~ 1964/4/28	222.4	47.96	
27	1962/4/24 ~ 1962/5/8	219.5	45.92	
28	2009/4/18 ~ 2009/5/2	219.2	43.88	
29	1992/4/20 ~ 1992/5/4	217.9	41.84	
30	1965/11/9 ~ 1965/11/23	214.0	39.80	
31	1985/4/26 ~ 1985/5/10	211.7	37.76	
32	1999/4/22 ~ 1999/5/6	211.0	35.72	
33	2002/3/12 ~ 2002/3/26	209.9	33.67	
34	2001/2/23 ~ 2001/3/9	209.9	31.63	
35	1991/4/23 ~ 1991/5/7	208.7	29.59	
36	1978/4/28 ~ 1978/5/12	208.0	27.55	
37	2010/4/30 ~ 2010/5/14	208.7	25.51	
38	2004/4/16 ~ 2004/4/30	208.2	23.47	
39	1971/4/26 ~ 1971/5/10	205.9	21.43	
40	1994/4/5 ~ 1994/4/19	205.9	19.39	
41	2008/4/18 ~ 2008/5/2	204.9	17.35	
42	2006/4/30 ~ 2006/5/14	201.5	15.31	
43	1987/4/24 ~ 1987/5/8	193.4	13.27	
44	2007/4/19 ~ 2007/5/3	190.4	11.22	
45	1989/4/7 ~ 1989/4/21	187.9	9.18	
46	1972/4/10 ~ 1972/4/24	185.3	7.14	
47	1997/4/6 ~ 1997/4/20	185.0	5.10	
48	1979/4/11 ~ 1979/4/25	184.2	3.06	
49	1990/4/8 ~ 1990/4/22	182.0	1.02	

再現T年	確率降水量(mm)
200	317.4
150	311.9
100	306.1
75	302.1
50	295.0
30	286.4
25	283.2
20	279.3
10	265.7
9	263.5
8	261.1
7	258.2
6	254.8
5	250.5
4	245.0
3	237.3

再現T年	確率降水量(mm)
200	156.3
150	154.4
100	152.3
75	150.8
50	148.3
30	145.1
25	143.9
20	142.5
10	137.4
9	136.6
8	135.7
7	134.5
6	133.2
5	131.6
4	129.5
3	126.5

(3) 1/30、1/50、1/100 長期安定性評価のための涵養量

確率	Upper領域涵養量 mm/15day(mm/1day)	Middle/Lower領域涵養量 mm/15day(mm/1day)
1/200	317.4(21.16)	156.3(10.42)
1/150	311.9(20.79)	154.4(10.29)
1/100	306.1(20.41)	152.3(10.15)
1/50	295.0(19.67)	148.3( 9.89)
1/30	286.4(19.09)	145.1( 6.67)

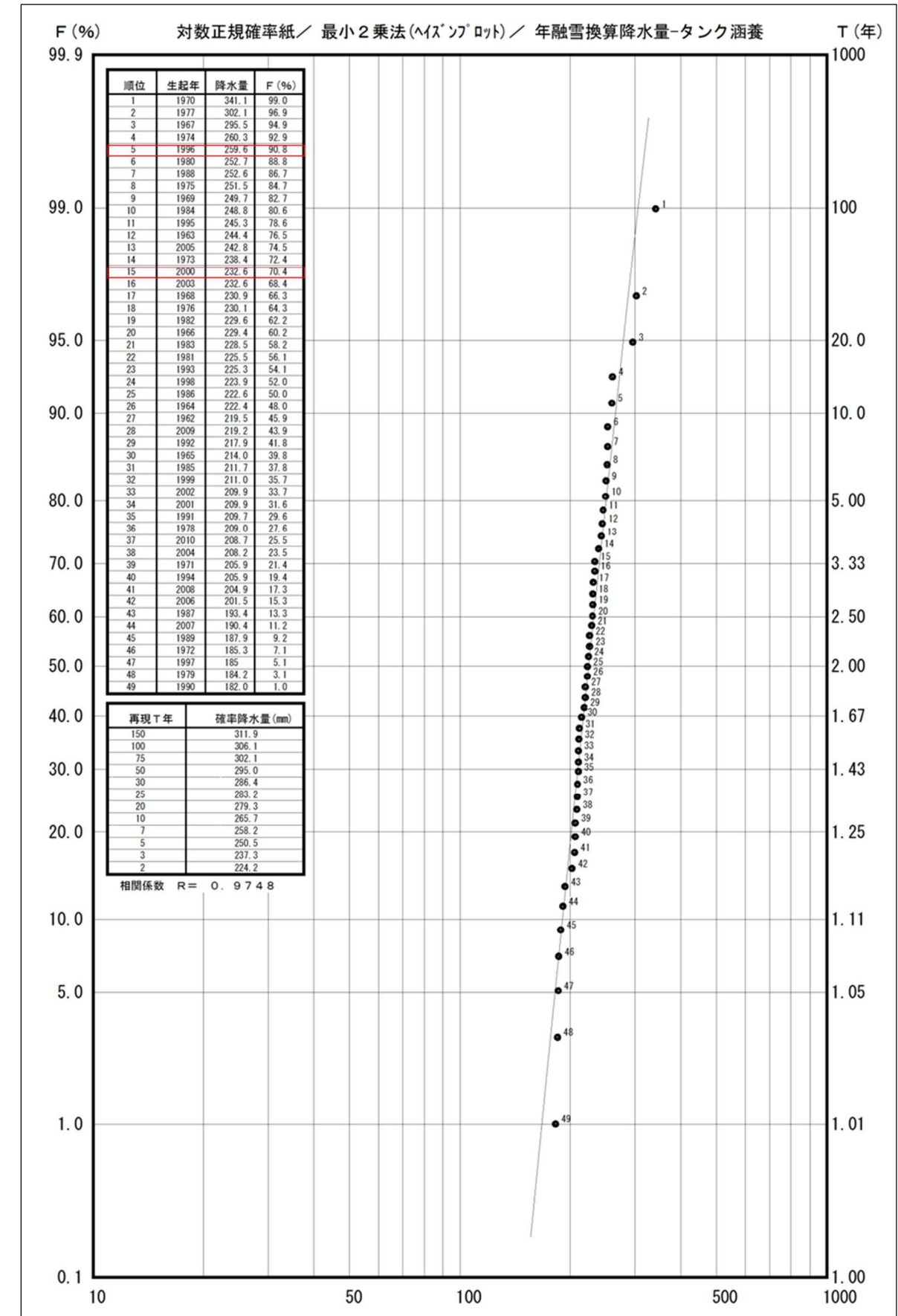
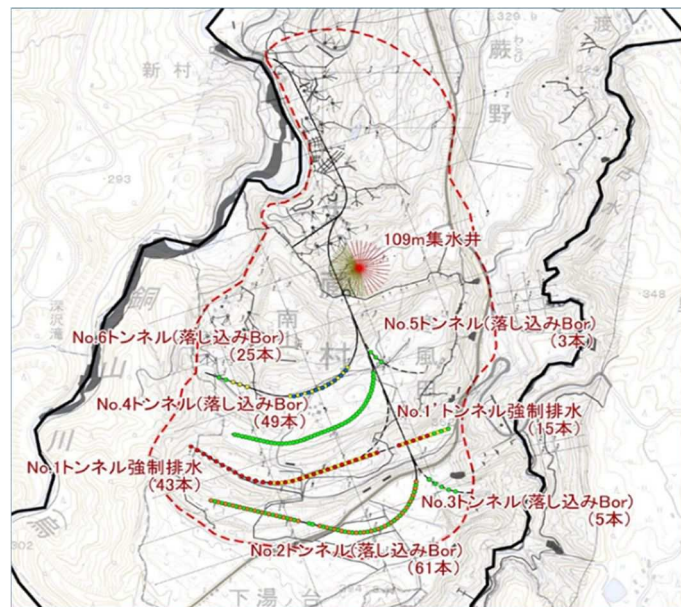
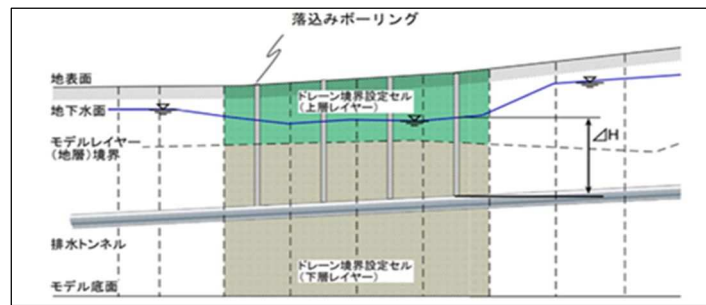


図 3.22 地下水涵養量（Upper：15日累計）

### 3.4.3 地下水流動解析

	初期モデル(2013)	現行モデル(2020改良)
モデル構築範囲	4.223km <sup>2</sup>	
水文地質区分	2層モデル ・上層(流動層): シラス底面、もしくはすべり面底面(移動体内をUpper/Lowerで区分) ・下位層: (難透水層)、主に三紀層 ・モデル底面: EL-0m	3層モデル ・上層: シラス層Upper/Lower ・中層: 三紀層風化部(地すべり移動体と不動部で区分) ・下層(難透水層)、すべり面 ・モデル底面: EL-0m
境界条件	・涵養量: 現地水文調査結果に基づくタンクモデルにより算出した15日平均涵養量を設定 ・モデル周辺: 水位固定(河川)、不透水壁(谷、尾根沿い) ・地下水排除工: ドレーン境界	
使用プログラム	MODFLOW セル(10m×10m×層厚)	
モデル検証	数年にわたる水文踏査で実測される規定流量を定常涵養条件として、各時点での観測水位の再現性を確認	同左 同時期データ(地下水排除工排水量、地下水位、表流水実測値)がある2018年9月踏査データ
臨界時水位検討	モデル検証で最適化されたモデルで、 ・2000(H12)年融雪期の再現性確認	モデル検証で最適化されたモデルで ・2000(H12)年融雪期の再現性確認 ・2005(H17)年融雪期の再現性確認



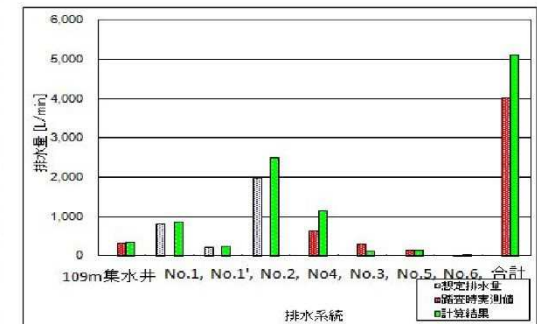
### 3.4.4 地下水位面の予測

設定箇所 (水理地質区分)	透水系数 [cm/sec]	
	kh (水平成分)	kz (鉛直成分)
シラス層 (ブロックUpper領域)	1.0×10 <sup>-3</sup>	1.0×10 <sup>-3</sup>
シラス層 (ブロックLower領域)	5.0×10 <sup>-4</sup>	5.0×10 <sup>-4</sup>
風化層 (ブロック内)	2.5×10 <sup>-4</sup>	2.5×10 <sup>-4</sup>
風化層 (Z-3孔付近)	2.0×10 <sup>-5</sup>	2.0×10 <sup>-6</sup>
風化層 (No.2TN付近の一部)	2.5×10 <sup>-4</sup>	2.5×10 <sup>-4</sup>
風化層 (シラス縁辺の一部)	8.0×10 <sup>-4</sup>	8.0×10 <sup>-4</sup>
風化層 (不動部)	2.0×10 <sup>-5</sup>	2.0×10 <sup>-6</sup>
基岩	1.0×10 <sup>-6</sup>	1.0×10 <sup>-6</sup>

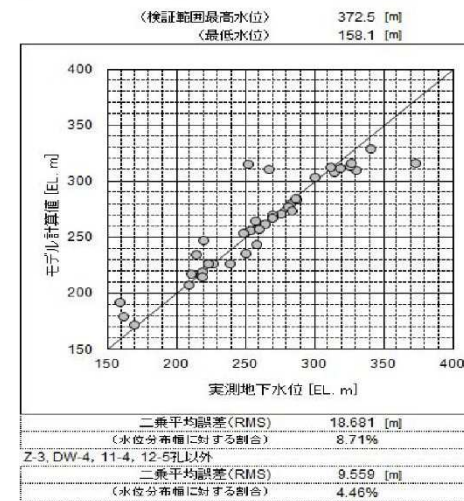
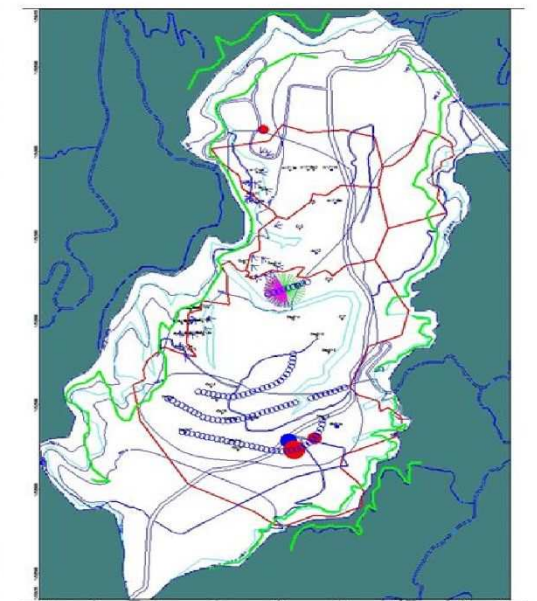
箇所 (排水TN名等)	コンダクタンス [m <sup>2</sup> /day]	
	シラス層内	風化層内
No.1TN	0.75	0.10
No.1'TN	0.75	0.10
109m集水井	0.05	
No.2TN	0.80	0.20
No.4TN	0.50	0.10
No.3TN	0.80	0.20
No.5TN	0.50	0.10
No.6TN	0.50	0.10

観測孔名	Y(東西) [m]	X(南北) [m]	Obs.: 実測地下水位 [m]	Calc.: モデル再現値 [m]
1 AW-1/1	-55279	-151226	161.1	180.0
2 AW-3/1	-55017	-151599	257.3	244.9
3 BV5-11/1	-54918	-152627	329.3	310.6
4 BV56-10N/1	-55674	-152016	262.9	263.2
5 BV56-11N/1	-55669	-152091	274.3	271.8
6 BV56-12N/1	-55665	-152166	281.8	281.3
7 BV56-4N/1	-55579	-151935	248.1	254.3
8 BV56-5N/1	-55574	-152010	253.1	257.7
9 BV56-6N/1	-55570	-152085	268.7	271.1
10 BV56-7N/1	-55629	-151938	247.8	254.5
11 BV56-9N/1	-55620	-152088	268.5	268.3
12 C-4/1	-55215	-151788	213.0	235.2
13 CLW-1/1	-55388	-151856	217.0	216.8
14 CRW-2/1	-55106	-151797	218.4	247.9
15 DW-4/1	-55154	-152710	372.5	317.5
16 EW-1/1	-55624	-152182	286.1	284.9
17 EW-3/1	-55531	-152393	299.5	304.6
18 EW-4/1	-55503	-152473	313.4	308.8
19 EW-5/1	-55476	-152549	310.9	313.6
20 M-7-1N/1	-55307	-151120	168.5	172.6
21 M-7-2N/1	-55146	-151112	208.2	208.3
22 M-7-3N/1	-55054	-151106	209.5	218.1
23 M-7-4N/1	-54944	-151105	238.2	227.2
24 M-7-8N/1	-54925	-151304	249.5	236.3
25 S-1/1	-55034	-151306	225.4	226.9
26 S-2/1	-55028	-151107	217.5	220.3
27 S-3/1	-55097	-151458	222.3	227.0
28 TN10-2/1	-54955	-152191	285.5	285.8
29 TN10-3/1	-55015	-152094	280.2	278.4
30 TN10-4/1	-55130	-151993	255.9	265.2
31 TN10-6/1	-55223	-151674	217.5	215.5
32 TN11-4/1	-55024	-152696	268.0	312.1
33 TN12-5/1	-55124	-152767	251.1	316.5
34 TN12-7/1	-55659	-152663	340.0	329.9
35 TN9-10/1	-55433	-152595	324.8	314.8
36 TN9-11/1	-55739	-152464	325.9	317.0
37 YOUSUW/1	-55330	-152587	317.5	312.3
38 Z-3/1	-55275	-150869	158.1	193.2
39 Z-6/1	-54958	-151766	259.1	258.4
40 Z-7/1	-54889	-151991	282.7	274.3

排除工	排水Bor. [本]	想定排水量 [L/min]	踏査時実測値 [L/min]	計算結果 [L/min]	
109m集水井	1	—	323.0	353.3	109%
排水トンネル (集水井以外)	No.1	815.5	—	866.5	106%
	No.1'	235.1	—	245.0	104%
	No.2	1975.0	—	2509.5	127%
	No.4	—	643.0	1166.4	181%
	No.3	—	296.0	131.1	44%
	No.5	—	136.0	140.4	103%
No.6	—	10.0	53.8	538%	
合計	—	—	4028.0	5112.6	127%
集水井(田尻沢北)	—	—	—	2440.0	—
集水井(田尻沢-泥水沢間)	—	—	—	1315.0	—
集水井(泥水沢南)	—	—	—	1083.8	—



検証対象箇所での地下水位誤差分布図  
(赤丸: 計算結果が高い箇所, 青丸: 低い箇所)



3.5 長期安定性評価

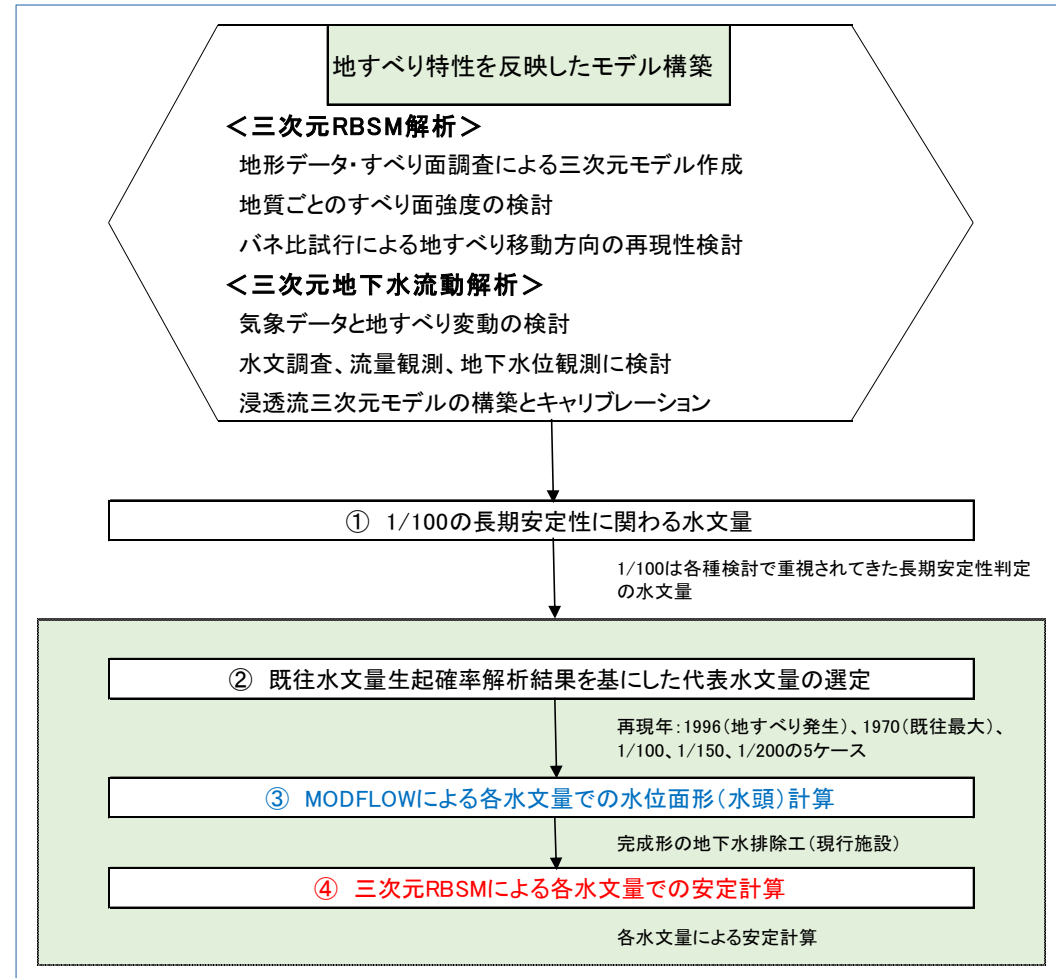


図 3.23 長期安定性評価のフロー

表 3.7 検討ケースと涵養量

検討Case (Model名称)	排除工配置	涵養条件	涵養量		備考
			[mm/15day]	[mm/年]	
Case-1: H12(2000)年 変動時	当時の工事進捗に基づき設定	H12融雪期	232.6	5659.9	15日間累積最大涵養量(Upper)
			123.9	3014.9	" (Lower-Middle)
Case-2: H17(2005)年 臨界時	当時の工事進捗に基づき設定	H17融雪期	242.8	5908.1	15日間累積最大涵養量(Upper)
			128.4	3124.4	" (Lower-Middle)
Case-3: H12(2000)年_100年	当時の工事進捗に基づき設定	100年確率	306.1	7448.4	15日間累積最大涵養量(Upper)
			152.3	3706.0	" (Lower-Middle)
Case-4: 当初計画_100年	No.1TN2-16~27無し	100年確率	306.1	7448.4	15日間累積最大涵養量(Upper)
			152.3	3706.0	" (Lower-Middle)
Case-5: H30(2018)年9月_100年	当時の工事進捗に基づき設定	100年確率	306.1	7448.4	15日間累積最大涵養量(Upper)
			152.3	3706.0	" (Lower-Middle)
Case-6: H30(2018)年9月_現況	当時の工事進捗に基づき設定	踏査時想定		2836.1	踏査時流量から算定した流出高(Upper)
				1314.0	" (Lower-Middle)
Case-7: 計画 (No.6TN変更)_100年	No.6TNの施工不可箇所変更案	100年確率	306.1	7448.4	15日間累積最大涵養量(Upper)
			152.3	3706.0	" (Lower-Middle)

表 3.8 確率年とエリアごとの涵養量

確率	Upper領域涵養量 mm/15day(mm/1day)	Middle/Lower領域涵養量 mm/15day(mm/1day)
1/200	317.4 (21.16)	156.3 (10.42)
1/150	311.9 (20.79)	154.4 (10.29)
1/100	306.1 (20.41)	152.3 (10.15)
1/50	295.0 (19.67)	148.3 ( 9.89)
1/30	286.4 (19.09)	145.1 ( 6.67)

表 3.9 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 (H17) 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 (S45) 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

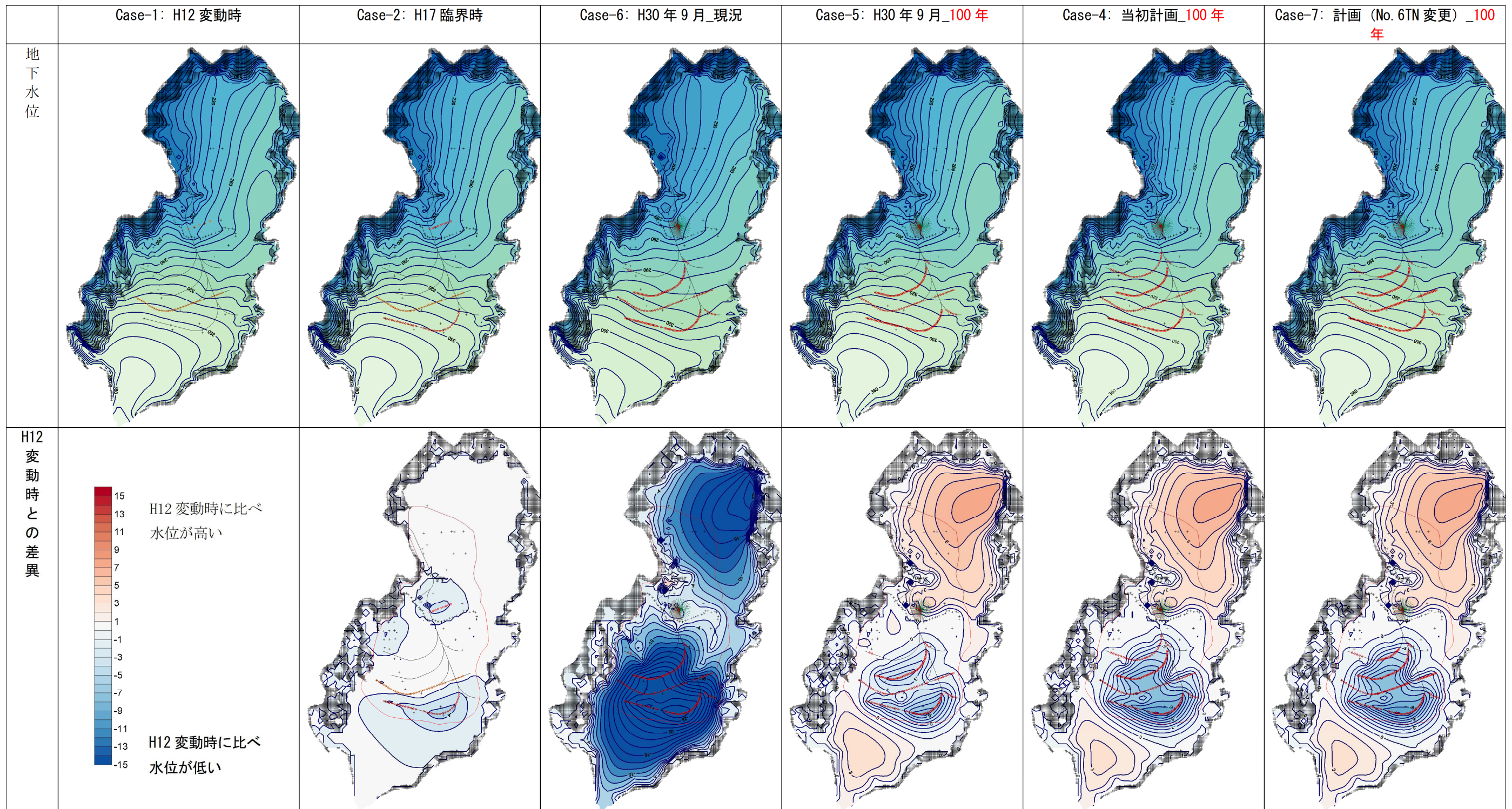


図 3.24 各ケースのモデル水位、および 2000 (H12) 年変動時 (Case-1) と各ケース水位との差分

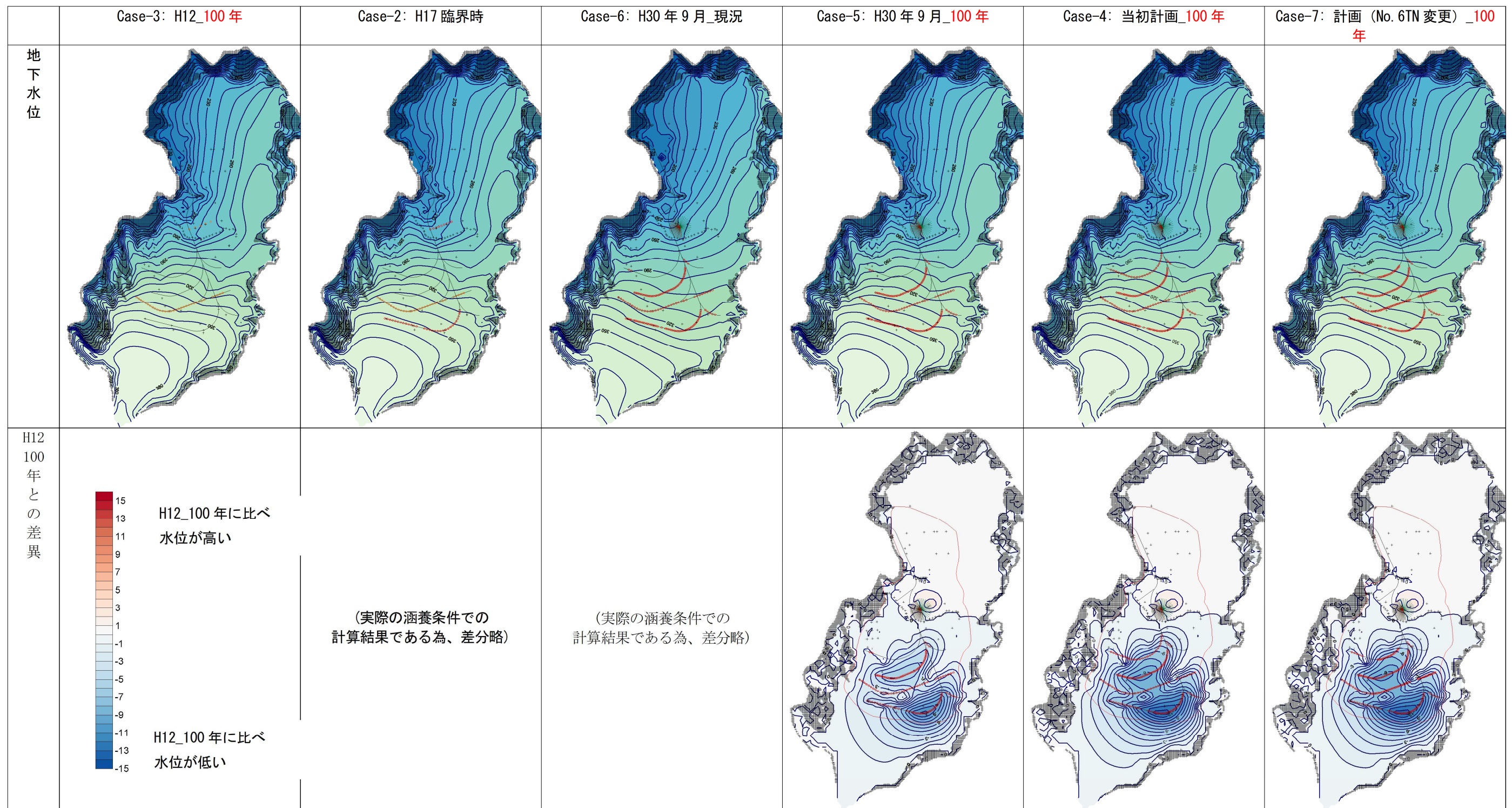


図 3.25 各ケースのモデル水位、および 2000 (H12) 年\_100 年確率水位 (Case-3) と各ケース水位との差分

### 3.6 全体ブロック地すべり発生シナリオと現状

#### ＜全体ブロック地すべり発生シナリオと現状＞

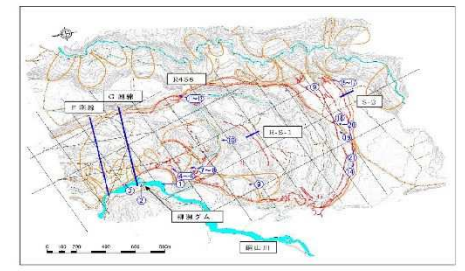
- ① 肘折火砕流以前には、現在の地すべり頭部陥没帯付近に平坦面をなし、右側壁（東）に沿うような谷地形を形成した斜面を形成していた。
- ② 約 10,000 年前に肘折火山の噴火により、火砕流堆積物が 70～100m にわたり堆積した。
- ③ シラスの堆積によって形成された埋没谷に沿って、大量の地下水が火砕流堆積物を通じて供給され、シラス層下位にあたる新第三紀層の風化を促進するとともに、シラス層と地下水が荷重として作用することで、古口層内の層理面の岩盤強度を低下させた。
- ④ 地層の傾斜方向は東方向（右側壁側）であるが、右側壁側は新第三系の堆積岩が形成する丘陵地でこの方向には滑動し得ず、銅山川に浸食された低地に向かい滑動した（埋没谷が右側壁を規制）。
- ⑤ 主たる活動域は、現在の陥没地形よりも下方（北側）であったが、地すべりは退行していくつかの陥没帯を形成するに至った。
- ⑥ これまでに繰り返された地すべりによって、Upper エリア（陥没帯を形成）は、変位量が大きな引張域となり、旧地表面を通じた上流域から地すべりに対する地下水供給域であることは今も変わっていない。
- ⑦ Middle エリアは、Upper エリアの地すべり力に抵抗する圧縮域となっているが、地すべり推力に対抗しきれずに、地すべり層厚が薄く抵抗力がより小さな北西方向に移動方向を偏向して滑動した。
- ⑧ Lower エリアは、Middle エリア同様に圧縮域であるが、Upper、Middle の地すべり推力を受け、すべり面の受盤構造を乗り上げながら滑動した。
- ⑨ 周辺域は、最大積雪量が 4m をも超える豪雪地帯であり、融雪期には多量の融雪水が発生し、地すべり地内ばかりではなく旧地形の有する集水地形、埋没谷を介して供給される地下水は膨大で 1996（平成 8）年には地下水涵養量が高まり全体ブロック内の地下水を上昇させ、地すべり活動を誘起した。  
（気象観測が開始された 1962（昭和 37）年以降では、1667（昭和 42）年、1970（昭和 45）年、1974（昭和 49）年、1977（昭和 52）年、1988（昭和 63）年にも、15 日累積涵養量が 1996（平成 8）年を超えており、地すべり活動が繰り返していたと推定される）
- ⑩ 現在は、陥没帯（Upper エリア）での排水トンネルへの落とし込みボーリング、Middle エリアでの集水井工により地下水が排除され、地すべりの安定は確保されている。



写真 3.1 すべり面コア (CB-1 : GL-103.7m)



1 地すべり末端状況 (帯急傾斜がすべり面)



2 地すべり末端部状況



11 ブロック右側壁中段部の国道 458 号の法面に発生した亀裂



13 ブロック右側壁中段部の国道 458 号に発生した亀裂



15 滑溜帯延長上に発生した崩壊 (シラス)



12 ブロック右側壁中段部の国道 458 号の法面に発生した亀裂



14 陥没帯部上流壁



16 滑溜帯延長上に発生した崩壊 (シラス)



17 陥没帯に発生した開口亀裂



18 国道 458 号沿いに発生した陥没帯下流壁 (写真奥が斜面下方)



19 国道 458 号沿いに発生した陥没帯 (写真奥が斜面下方)



20 陥没帯の下流壁 (写真左手が斜面下方)



21 陥没帯の上流壁 (写真左手が斜面下方)

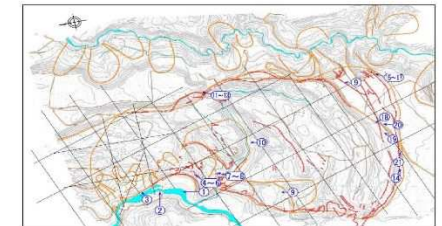


写真 3.2 全体ブロック活動時 (H8 年 5 月融雪期) の斜面状況

#### 4. MI-S07-1 ブロック

事業移管が令和6年から令和8年に延期する結果となった、令和2年融雪期に地すべりが顕在化したMI-S07ブロックについてまとめる。

##### (1) MI-S07-1 ブロックの概要

MI-S07ブロックは、Middle-Lowerの境界をなす田尻川の左岸部にあたる。

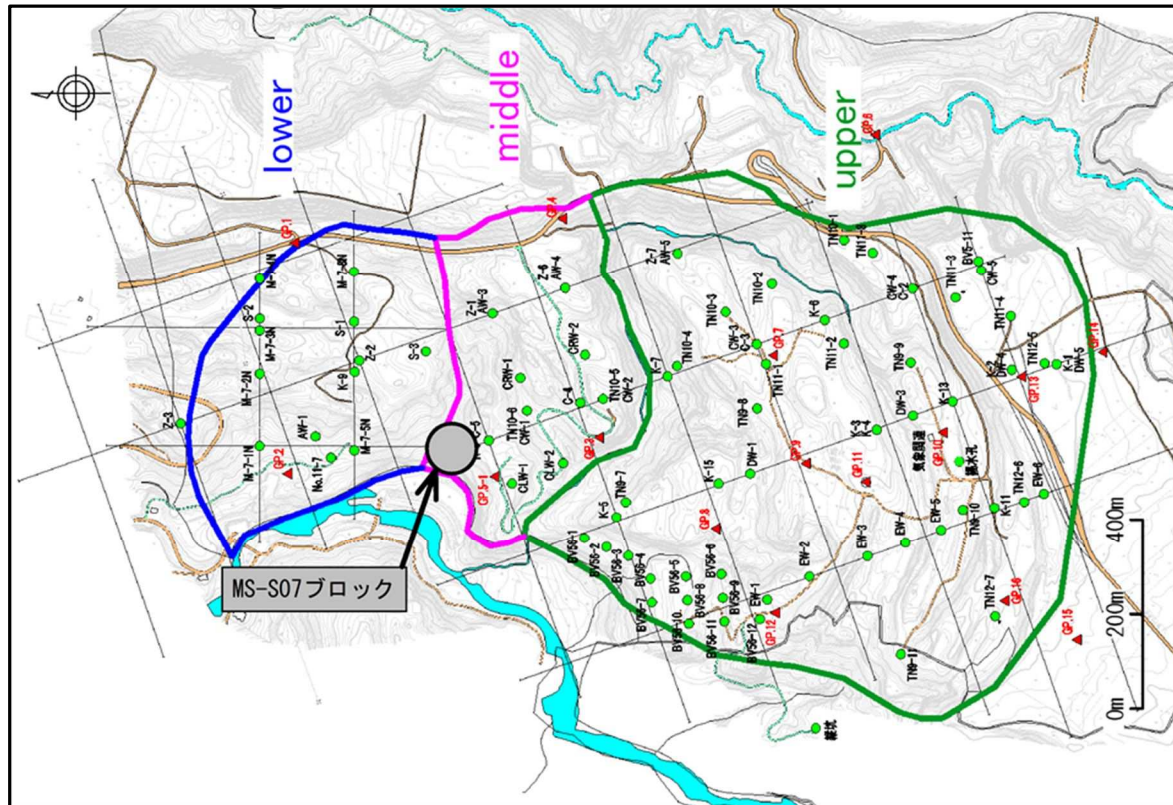


図 4.1 MI-S07 ブロック位置

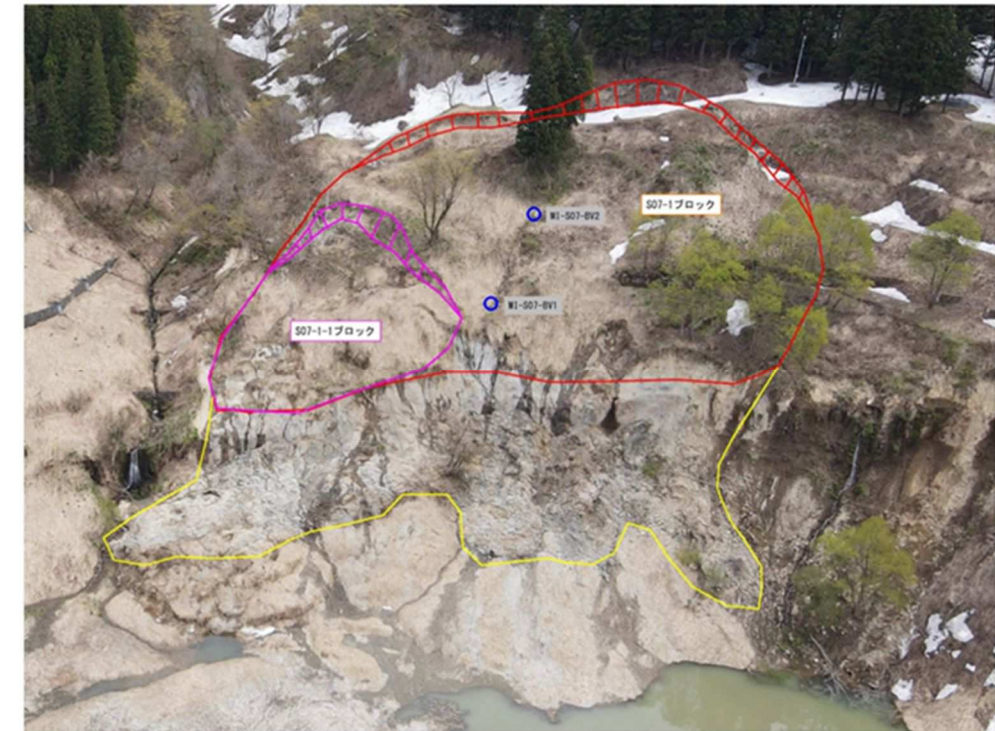


写真 4.1 MI-S07-1 ブロックの現況 (R3.4.28 撮影)

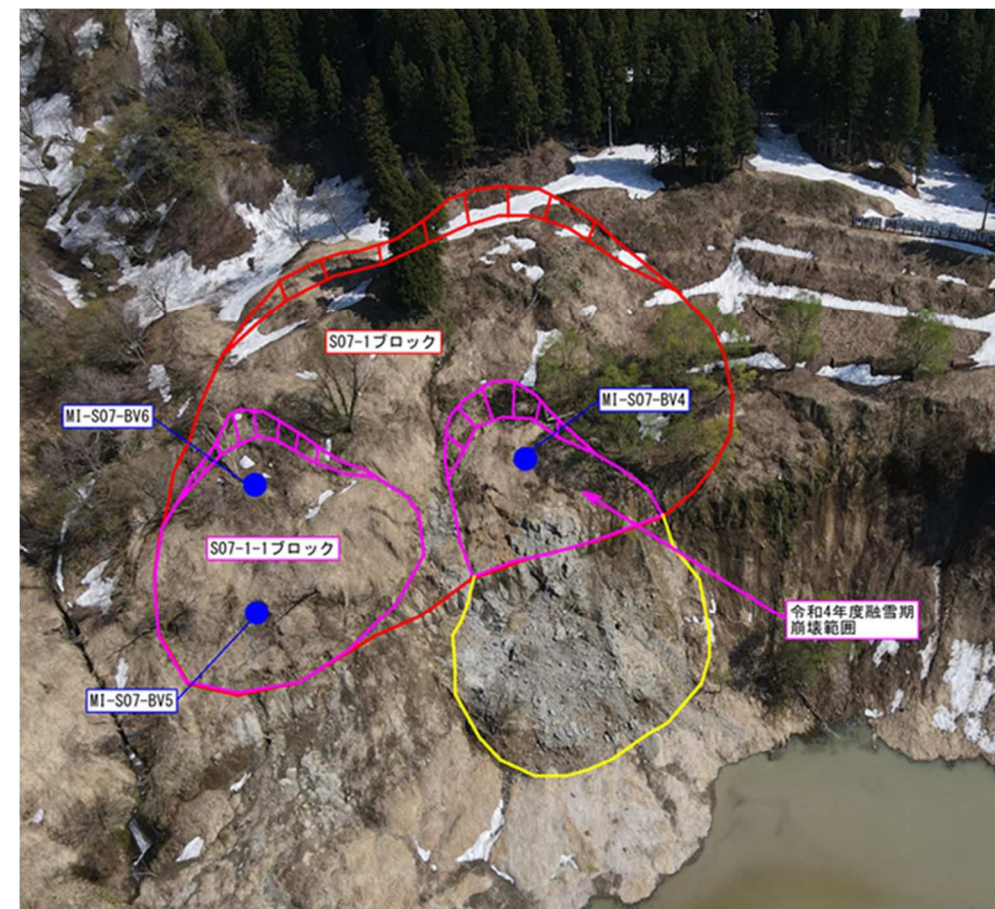


写真 4.2 MI-S07-1 ブロック全景写真 (R4.4.28 撮影)

##### <平成 29 (2017) 年検討委員会での指摘>

全体ブロック末端部エリアでは、魚のうろこ状でずれる現象が発生している。これは一定の深度まで力学特性が劣化して、表層が変位している可能性がある。そこで劣化している深度を確認して土留工を変形させている斜面変形機構の解析を行った上で、表層だけの対策か地すべり対策が必要なのかを検討すべきである。

MI-S07 ブロック内外での調査ボーリング、動態観測実施

##### <令和 7 (2025) 年 2 月 27 日：宮城委員の指摘>

MI-S07 ブロックは、両脇を泥水沢と田尻沢に挟まれ、全体ブロックの中では Middle エリアと Lower エリアの境界で圧縮される領域であることから、ほかのエリアとは異なる極めて脆弱な材料特性をもつと考えられ、全体ブロックとは異なるメカニズムで発生した独立したブロックであることを明確にする必要がある。MI-S07 ブロックの脆弱性を土質試験等により定量的に評価できないか。

- ① MI-S07ブロックは、全体ブロックの末端部、田尻沢左岸部に位置。
- ② 平成 29 (2017) 年度検討委員会において、Middle-Lower の境界部であり、全体ブロック末端・縁端部にあたり、周辺の小ブロック変状から安定性が疑問視され地すべり調査の必要性が指摘される。
- ③ 令和元 (2019) 年度より地すべり動態観測を開始。
- ④ 令和 2 (2020) 年 12 月下旬に MI-S07 ブロックの末端斜面において地すべりが顕在化 (地すべりの規模は、斜面長 75m、幅 100m、最大すべり面深度 19m)。
- ⑤ 令和 3 (2021) 年度は、S07-1 ブロック、S07-1-1 ブロックの活動に対して、ボーリング追加調査を実施。
- ⑥ 令和 4 (2022) 年度融雪後に UAV 空撮を実施。滑落崖の後退や側壁の拡大など、ブロック全体で地すべりが大きく活動していないが、斜面末端で新たに斜面崩壊を確認、当年度集水井工が施工。
- ⑦ 令和 4 (2022) 年 12 月中旬に明瞭な累積変動が認められた。
- ⑧ 令和 5 (2023) 年融雪後、頭部から左側壁にかけては断続的に亀裂の落差が拡大、左側壁側末端部を主体に土砂が流出し、令和 4 (2022) 年度に施工された集水井工のライナープレートに変形を確認。背後の「MI-S07 ブロック」では地すべり活動を示す変状や変動は認められない。
- ⑨ 令和 5 (2023) 年度に対策工計画の見直しを行い、アンカー工を鋼管杭工に変更、あわせて杭工の抑止力を軽減する排土工を併用し、「鋼管杭打工+頭部排土工+地下水排除工」としている。
- ⑩ 令和 6 (2024) 年度は、11/19 ライブカメラ映像により斜面崩壊を確認 (崩壊の発生範囲は鋼管杭工施工エリアの切土斜面内に限定) されており、MI-S07-1 ブロックの地すべり活動を示す変状や変動データは確認されなかった。
- ⑪ 令和 7 (2025) 年融雪期にのり面の小崩壊が発生しているが、ブロックとして活動は確認されていない。
- ⑫ 地すべり活動が小康状態にあることが確認され、令和 7 年より杭工の施工が開始された。

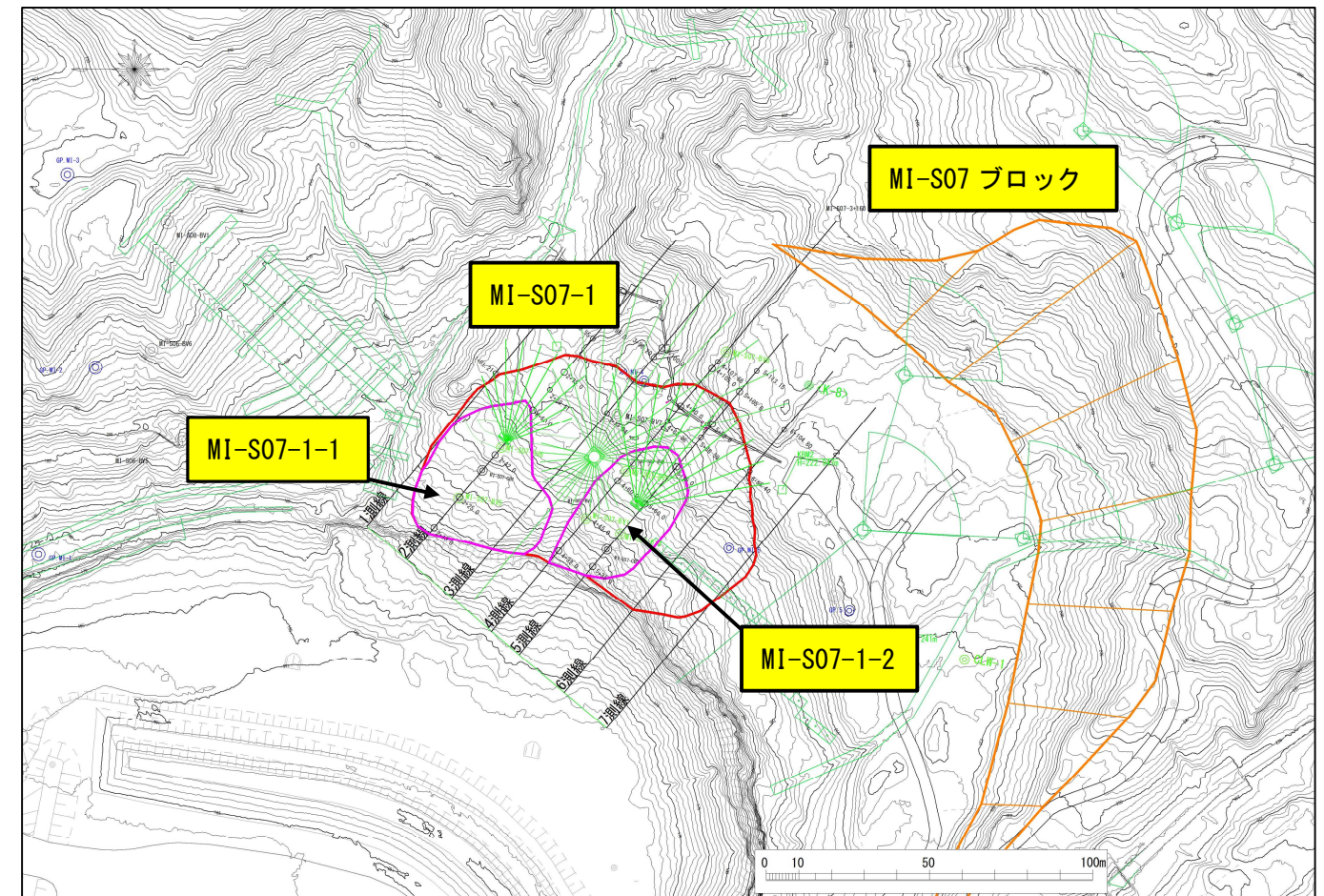


図 4.2 MI-S07-1 ブロック調査平面図



写真 4.3 MI-S07-1 ブロック全景写真 (R7.4.18 撮影)

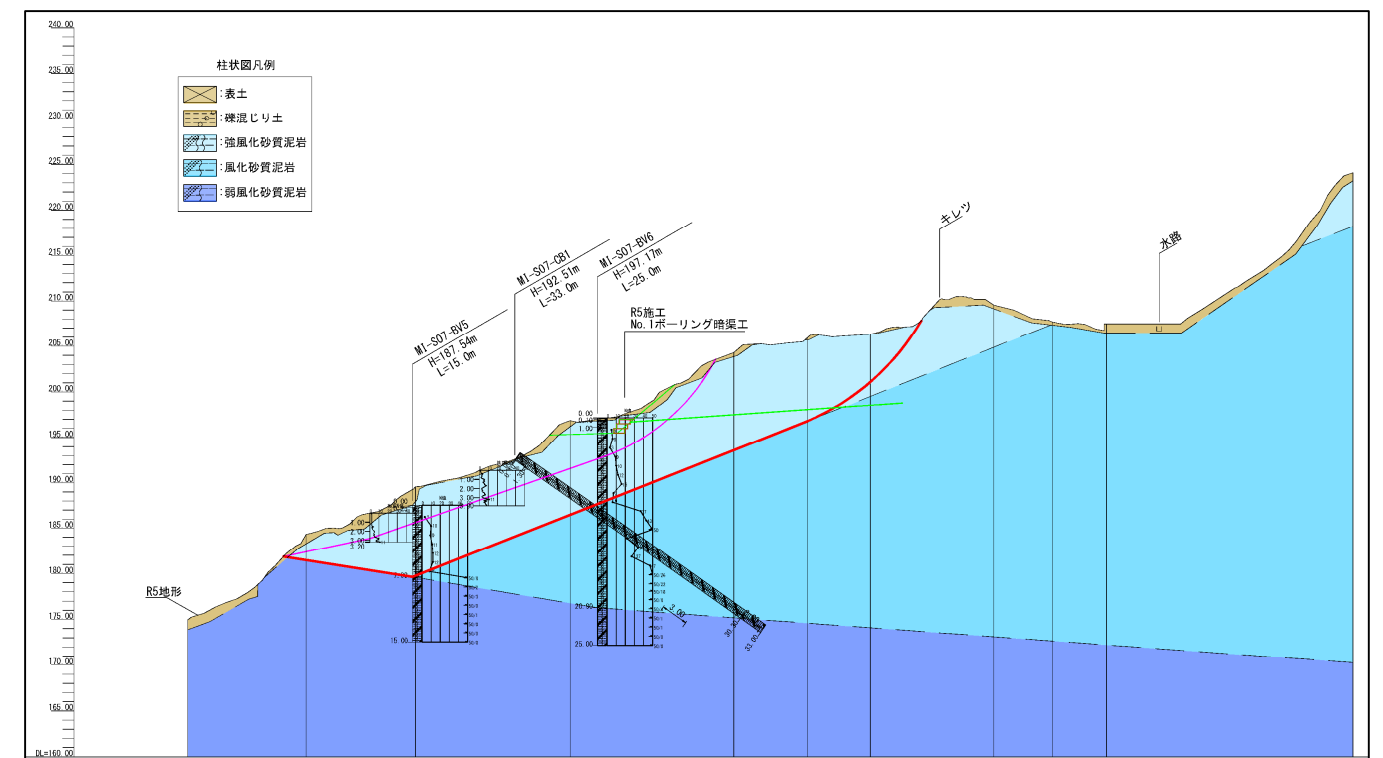


図 4.3 MI-S07-1 ブロック地すべり断面図 (2 測線)

(2) MI-S07-1 ブロックの特徴

これまで調査により把握しているブロックの特徴を表 4.1 に示す。

表 4.1 MI-S07-1 ブロックの特徴

要素	特徴
1_地形	① 全体ブロックの末端部縁辺にあたり地形開放
	② 田尻沢(Middle-Lower境界)左岸部
	③ 受け盤上の全体ブロックすべり面を末端付近で共有
2_地質(移動土塊)	④ 強風化-風化砂質泥岩層界にすべり面、浅層は強風化層内で変位
	⑤ 斜面下部の地表は含水高く、融雪期は泥ねい化
3_全体ブロックと関係	⑥ Middle-Lower境界部、圧縮域にあたり、移動体の内部応力を受けている可能性
	⑦ 全体ブロックは小康状態にあるが、MI-S07-1は単独に変動
4_地下水の供給	⑧ 田尻沢からの地下水供給はなく、全体ブロック移動体内から供給されている
5_透水性	⑨ 比流量:Upper>Middle≒Lower で透水性は低いと推定
6_地表浸食(降水、グライド)	⑩ 詳細不明



写真 4.4 MI-S07-1 ブロック 杭工施工状況 (R7.10.2 撮影)

(3) 検討事項

MI-S07-1 ブロックの特徴を踏まえて、変動特性を把握するにあたり、土質試験を実施中で検討結果は次回検討委員会での報告を予定している。

想定している規制条件と検討事項との関係について示す。

表 4.2 規制条件と検討事項

規制条件		土塊物理性	全体ブロックの影響	備考	
MI-S07-1 ブロック	素因	1_地形	○	○	
		2_地形(移動土塊)	○		
	誘因	3_全体ブロック移動体の内部応力		○	Upper→Middle→Lower、圧縮域
		4_地下水の供給		○	
		5_透水性	○		比流量:Upper>Middle≒Lower
		6_地表浸食(地表水、降水、雪のグライド)	△		

表 4.3 試験項目

試験・分析項目	試験から直接得られる物性値	計算で求められる物性値
土粒子の密度試験	土粒子の密度 $\rho_s$	乾燥密度 $\rho_d$
含水比試験	含水比 $w$	間隙比 $e$
湿潤密度試験	湿潤密度 $\rho_t$	飽和度 $S_r$
一面せん断試験(定圧条件)	せん断強さ $\tau$	
繰り返し一面せん断試験(定圧条件)	完全軟化強度パラメータ( $c_s, \phi_s$ )	
	残留強度パラメータ( $c_r, \phi_r$ )	
pH試験	土懸濁液のpH	
交換性陽イオン分析	交換性イオンの種類・量	
X線回折分析(不定方位法、定方位法)	含有鉱物の同定、半定量分析	
メチレンブルー吸着量試験(定量)	スメクタイト含有量 $V_{sm}$	



写真 4.5 MI-S07 ブロック 地すべり変状拡大時の斜面状況 (R5.5月撮影)

## 5. 古水川流域の現況

銅山川地区においては、地すべり活動による大きな影響のほかに、銅山川地区東側を流れる古水川の荒廃が進めば土砂災害等で地域へ大きな影響を与える。こうしたことから、過去より古水川流域では溪間工、山腹工の整備が行われてきている。

ここでは、治山施設点検とは別に銅山川民有林直轄事業区間の古水川流域での LP データによる地形解析、現地踏査による崩壊箇所や土砂の異常堆積箇所などの状況確認を令和 7（2025）年 8-9 月に実施した。

### 5.1 現地踏査結果

現地踏査結果をまとめると次のとおりである。

- ・対象区間で局所的な小崩壊等はあるものの、土砂供給の発生源となるような現象は確認されない。
- ・過去の空中写真等で確認されていた古い溪岸崩壊地では立木の侵入など植生の回復がみられ、拡大崩壊した形跡は認められない。
- ・対象区間に整備された治山ダムおよび護岸工は、施設機能を損なうような変状は確認されないほか、治山ダム背後の堆砂域で土砂等の異常堆積は認められない（令和 4（2022）年度施設点検で健全度Ⅲと評価された護岸工は今年度に補修工事が実施されている）。
- ・対象区間の最上流付近では、令和 6（2024）年 7 月下旬（212mm/日）の豪雨により溪岸に位置する水田まで河川が氾濫し、土砂の流出が確認されている。現在は土砂撤去による河道整備と大型土のうにより溪岸保護が行われている。
- ・調査区間内の中～上流域では、河川の蛇行部を中心に近年流下したと思われる土砂の堆積が確認されるが、下流域までの土砂流下や堆積は確認されていない。
- ・また、民有林直轄事業区間で、河川への土砂供給源となる山腹崩壊や溪岸崩壊は認められず、支溪からの土砂流入も確認されていない。
- ・特に令和 4（2022）年度に施工された堰堤工の施工効果が大きく、本谷止工の堆砂域として、約 300m 上流地点の河床が 4m 程度上昇しており、溪床勾配の大きな緩和が図られている。



写真 5.1 令和 4 年度谷止工の堆砂により水通し部まで埋没する既設谷止工（FU-K-5）

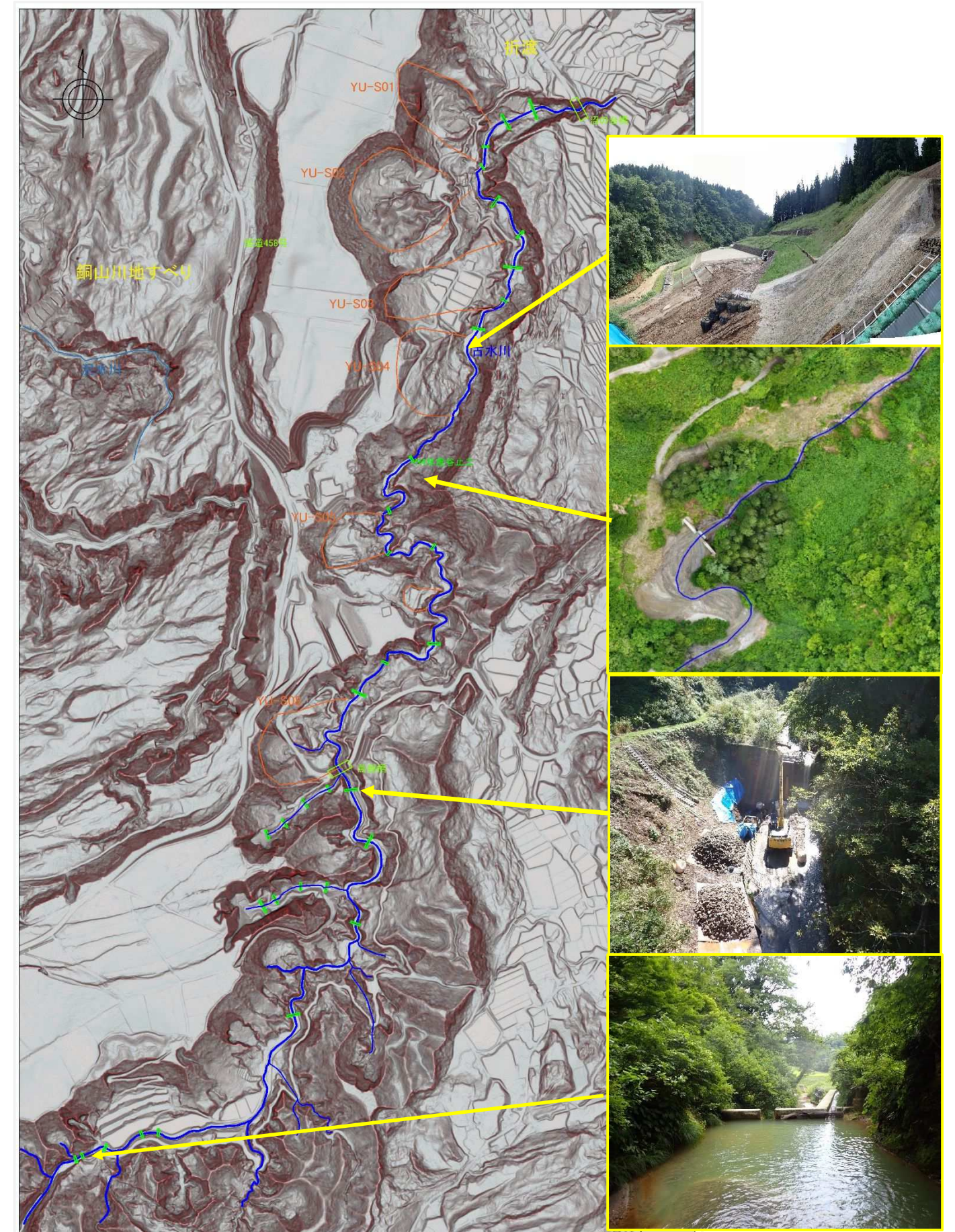


図 5.1 古水川流域地形解析図（民有林直轄事業区間）（令和 3 年 LP データを元に作成）（縮尺任意）

## 5.2 古水川の現況評価

- ① 現況踏査、LP 断面図で現況を確認した。
- ② 対象流域は、凝灰質砂岩・砂質シルト岩(風化により脆弱化)と火砕流堆積物(浸食に弱い)により構成。
- ③ 対象区間の溪床勾配は、0.8~2.0%(0.45~1.15°)と緩い勾配を形成している。
- ④ 対象区間においては、治山ダム等により溪床勾配の緩和、縦横浸食は抑制されている。
- ⑤ 溪床の堆積物はほとんどが軽石や粗粒砂(シラスの主な構成物)であり、対象区間での溪岸浸食や支流からの大規模な土砂流入などはみられないが、古水川源頭部にはシラス台地位置していることから、堆積土砂のほとんどはシラス台地から供給されている可能性が高い。

## 5.3 追加対策の必要性

- ① 治山ダムや護岸工などの効果(溪床の安定、溪岸浸食防止)に加え、山腹工や地すべり対策工などの効果(崩壊防止)が発揮され、古水川流域は安定している。
- ② 令和6(2024)年7月25日には、肘折観測所で観測史上1位の豪雨時に見舞われた。
- ③ 一部で水田までの土砂流出が確認されたものの、中流までの土砂流出はなく、治山施設の機能低下を招くような変状は確認されなかった。
- ④ したがって、現時点で対象区間における追加対策の必要性は低いと判断される。

## 5.4 今後の方針

- ① 「維持管理マニュアル」による維持管理(主に目視点検)
  - ・ 定期点検の実施(1回/5年) → 維持管理(必要に応じて補修や土砂撤去など)
  - ・ 気象イベント時の点検
    - ✓ 土砂、流木等による治山ダムの放水路閉塞の有無
    - ✓ 袖天端まで土砂が堆積するような過堆積の有無
    - ✓ 堆砂敷の見通しで溪床勾配が大きく変化しているか(現溪床勾配の2倍以上程度)
    - ✓ 施設の変状の有無
    - ✓ 施設周辺での崩壊等の発生の有無
 なお、異常堆砂が確認された場合は浚渫による復旧を行うこととし、異常堆砂の範囲を特定するため当該施設の上下流の施設についても点検を実施する。
- ② LP データによる土砂移動の把握(1回/数年)






	
<p>① 100m 地点 治山ダム 沼の台橋より、最下流域における土砂流出の確認</p>	<p>② 730m 地点 NO.3 コンクリート谷止工 (R2) 水通し部に土砂なし(右岸側倒木あり) 堆砂勾配: 0.8° / 19.4m YU-S04 ブロックの安定状況を含めた土砂移動の確認</p>
	
<p>③ 1130m 地点 コンクリート堰堤工 (R4) 水通し部に土砂なし 堆砂勾配: 0.5° / 24.0m 古水川中流域で最も施工効果の高い施設</p>	<p>④ 2330m 地点 コンクリート堰堤工 (S44) 蔦郷橋より、上流域からの土砂流下 および土砂堆積状況の確認</p>
	
<p>⑤ 3340m 地点 NO.7 コンクリート床固工 (H10) 水通し部埋没 堆砂勾配: 0.3° / 43.1m R6.7 豪雨により土砂が堆積した水田付近 溪岸崩壊および土砂堆積状況の確認</p>	<p>⑥ 3660m 地点 NO.2 コンクリート床固工 (H6) R6.7 豪雨時に土砂により用水路呑口が閉塞し、 河川氾濫の原因となった施設 用水路呑口、床固工背面の土砂堆積状況、水深、 下流への土砂流出状況を確認</p>

写真 5.2 古水川における現況確認位置 (R7年8月撮影)

## 6. 事業移管後の維持管理

銅山川地区は日本でも有数な再活動型の大規模地すべりであり、地すべりが再活動した場合には大蔵村を中心とした社会インフラへの甚大な被害を及ぼすこととなる。

今後、気象災害の激甚化、地震の頻発、地質の風化などの自然条件の変化や、地すべり防止施設の経年劣化等に伴い、地すべりの置かれる環境や発生要因が変化していく可能性があることから、民有林直轄地すべり防止事業の事業移管後も銅山川地区の地すべり監視や対策工の維持管理を行うことは必要不可欠である。

### 6.1 維持管理マニュアル

#### 6.1.1 維持管理マニュアルの基本方針

事業移管後の銅山川地区の維持管理手法として、「維持管理マニュアル」を策定した。

維持管理マニュアルの基本方針は以下としている。

- **誰でも使える**：専門知識や高度な技術がなくても運用が容易にできる。
- **危険予測を行う**：気象イベント時における危険度予測、危険水準の判断を事前に行う。
- **情報の共有化**：緊急時に有効に機能する体制を構築（情報共有と関係機関の連携）
- **緊急時対応の体系化**：通常時の対応と緊急時の対応について対応手法をまとめる。
- **既存施設の管理・活用**：地すべり対策施設の機能低下を把握する。
- **地域への周知・理解**：管理者および受益者（地元）の意向、理解を得た体制を構築する。

#### 6.1.2 維持管理マニュアルの運用

銅山川地区の維持管理マニュアルの運用については、山形県農林水産部森林課（現 森林ノミクス推進課）策定の「山形県農林水産関係災害対策要領」および「地すべり防止区域点検マニュアル」に基づき、銅山川地区における留意点、確認すべき点等を反映した運用を行う。

以下、維持管理マニュアル運用時における基本的な流れをまとめる。

- ① 地すべり活動の徴候を察知する（地すべり活動の危険性を判断）
  - ・ 気象イベント等による不安定化 →（銅山川地区の危険度予測）
  - ・ 地すべり活動の有無 →（年1回（融雪後）の目視による定期点検）
  - ・ 地すべり対策施設機能の評価 →（5年に1度の治山施設点検）
  - ・ 斜面の異常確認 →（異常気象等のイベント後の臨時点検）
  - ・ 地すべり安定度、地下水排除機能の評価 →（継続観測による評価）
- ② 地すべりの活動段階を把握する（地すべり活動後の対応）※地すべりの再活動時
  - ・ 活動状況の把握 →（観測体制強化、観測種追加）
  - ・ 活動範囲の拡大 →（警戒態勢強化、周囲への周知、安全体制確保）
  - ・ 減災対策 →（応急対応体制の構築、避難体制の確立）
  - ・ 活動の沈静化 →（地すべり防止工の導入）
- ③ 地すべりの活動の終息を確認する（地すべり活動沈静化後の対応）
  - ・ 活動終息の確認 →（継続観測、目視点検）
  - ・ 安全の確認 →（警戒態勢・避難体制の解除、周囲への周知）
  - ・ 継続した安全確保 →（定期的な点検、管理マニュアルの運用）

#### 6.1.3 危険度予測

銅山川地区の維持管理マニュアルで特徴となるのは、過去の地すべり活動状況、経年の観測データ、三次元RBSM解析結果、地下水タンクモデル・対策工施工状況・地下水位・安全率の関係より作成した「銅山川地区安定性評価シート」により、気象データや水位データを入力することで、大凡の銅山川地区の危険度評価を行うことである。

危険度評価については地すべり活動の危険性に応じて、レッド・イエロー・グリーンによる色分けで評価する。

○ **「グリーン」**：地すべり活動の危険性が低い状態（一定の安定を確保した状況）。

安全率では  $F=1.05$  より大きい場合に相当 ( $1.05 < F$ )

(※応急工事における計画安全率以上  $F=1.00 \sim F=1.05$  (R6年度 災害手帳 p527))

○ **「イエロー」**：地すべり活動の危険性がある状態（地すべり活動の恐れが高まっている状況）。

安全率では  $F=1.00$  より大きく、 $F=1.05$  以下相当 ( $1.00 < F \leq 1.05$ )

(※応急工事における計画安全率  $F=1.00 \sim F=1.05$  に相当)

○ **「レッド」**：地すべり活動の危険性が高い状況（臨界状態）また、すでに活動している状態。

安全率でいうと  $F=1.00$  以下に相当 ( $F \leq 1.00$ )

#### 〈安定性評価シートの入力〉

○ 気象条件からの入力

・ 気象庁肘折気象観測所の気象データ（※）より、確認日（データ入力日）より 15日間の日降水量、気温、最深積雪量を入力する。

※[https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php?prec\\_no=35&block\\_no=1125&year=&month=&day=&view=](https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php?prec_no=35&block_no=1125&year=&month=&day=&view=)

入力日より、過去15日間の観測データを入力するとデータ入力時点での安定性評価を行うことができ、観測日を含め、15日後までの気象データを予想して入力すると、データ入力時点から最大2週間先の安定性を予測することができる。

ただし、データ入力日から先の気象データは予想値となるので、実際の気象データに合わせて確認が必要。

○ 地下水位条件からの入力

・ 銅山川地区で継続観測が必要として選定された観測孔9孔の地下水位（その日の最高水位）を入力する。

基本的に半自動観測機器によるデータ集積後に最高水位を抽出して入力を行うが、手測りデータしかない場合は、手測り測定時の地下水位を入力する。

半自動観測データにより日毎の最高水位を入力した場合、過去からデータ入力時時点までの安定性の推移を確認することができる。また、今後の降雨や融雪等から地下水位を予想して入力した場合は今後の安定性を予想することができる。

表 6.1 安定性評価シート入力内容と安定性予測結果 (例)

Y/M/D	降水量	気温	積雪深	融雪換算降水	実効雨量(α)			U	U	U	U	L	L	U	U	M
					0.96	0.98	0.97									
2024/11/1	0	9.3	0	0.0	23.7	43.3	30.1	42.44	13	37.7	77.79	13.49	32.01	40.54	56.64	
2024/11/2	19	11.3	0	19.0	36.8	57.3	43.7	42.56	13	37.69	77.73	13.5	32	40.54	56.75	
2024/11/3	0	9.3	0	0.0	31.8	52.9	39.0	42.54	13	37.68	77.67	13.5	31.99	40.53	56.8	
2024/11/4	2.5	8.8	0	2.5	29.8	51.1	37.1	42.48	13.03	37.72	77.76	13.52	32.01	40.54	56.76	
2024/11/5	6.5	8.3	0	6.5	31.5	53.1	39.0	42.45	13.03	37.71	77.73	13.53	31.99	40.53	56.76	
2024/11/6	21	6.6	0	21.0	44.8	68.0	53.0	42.59	13.05	37.74	77.75	13.54	32	40.55	56.85	
2024/11/7	26	4.5	0	26.0	59.7	85.8	69.3	42.62	13.05	37.73	77.74	13.55	32	40.55	56.89	
2024/11/8	5.5	4.9	0	5.5	55.2	83.5	65.7	42.8	13.07	37.75	77.81	13.56	32.01	40.56	56.96	
2024/11/9	0	6.5	0	0.0	47.0	76.4	58.0	42.72	13.1	37.77	77.85	13.57	32.01	40.56	56.95	
2024/11/10	0	5.3	0	0.0	40.3	70.0	51.3	42.67	13.11	37.78	77.81	13.58	32.01	40.56	56.93	
2024/11/11	0.5	10.5	0	0.5	35.2	64.8	46.0	42.63	13.11	37.77	77.77	13.59	31.99	40.54	56.96	
2024/11/12	3	8.1	0	3.0	33.0	62.3	43.6	42.41	13.11	37.77	77.75	13.59	31.97	40.52	56.93	
2024/11/13	0	7.3	0	0.0	28.7	57.4	39.0	42.57	13.12	37.78	77.77	13.6	31.98	40.53	56.98	
2024/11/14	0	4.5	0	0.0	25.1	52.9	34.9	42.6	13.15	37.81	77.84	13.61	31.99	40.54	57.02	
2024/11/15	0	7.6	0	0.0	22.0	48.9	31.4	42.6	13.16	37.8	77.84	13.62	31.98	40.53	57.04	
2024/11/16	0	10.6	0	0.0	19.5	45.2	28.3	42.63	13.16	37.81	77.8	13.62	31.98	40.54	57.06	
2024/11/17	17	12.7	0	17.0	31.6	57.3	40.4	42.47	13.18	37.82	77.82	13.63	31.98	40.52	57.05	
2024/11/18	32.5	3	3	32.5	54.3	82.1	64.1	42.4	13.18	37.81	77.78	13.63	31.96	40.5	57.1	
2024/11/19	5	0.8	6	0.0	46.3	75.1	56.6	42.81	13.2	37.84	77.86	13.64	32	40.54	57.25	
2024/11/20	0	1.2	1	0.0	39.7	68.9	50.1	42.96	13.23	37.87	77.93	13.66	32.01	40.55	57.25	
2024/11/21	0.5	3.8	0	4.1	37.6	67.0	48.1	42.8	13.23	37.85	77.82	13.67	31.98	40.52	57.19	
2024/11/22	24	4.9	0	24.4	53.4	84.4	64.6	42.66	13.24	37.86	77.81	13.67	31.97	40.51	57.19	
2024/11/23	21.5	3.8	0	21.5	63.0	96.5	75.3	42.66	13.24	37.86	77.8	13.68	31.98	40.51	57.22	
2024/11/24	7	2.8	0	7.0	59.1	94.3	72.1	42.82	13.26	37.87	77.85	13.69	31.99	40.52	57.28	
2024/11/25	0	3.4	0	0.0	50.2	86.1	63.4	42.84	13.29	37.9	77.95	13.7	32.01	40.53	57.31	
2024/11/26	3.5	7.3	0	3.5	45.8	81.9	59.0	42.79	13.31	37.92	77.94	13.71	32.01	40.52	57.28	
2024/11/27	4	9.4	0	4.0	42.6	78.6	55.6	42.52	13.27	37.86	77.76	13.72	31.97	40.49	57.27	
2024/11/28	35	3.7	0	35.0	65.2	103.3	79.2	42.63	13.28	37.88	77.78	13.72	31.97	40.49	57.29	
2024/11/29	34.5	2.1	0	34.5	82.9	124.9	98.6	42.84	13.3	37.89	77.82	13.73	31.98	40.49	57.41	
2024/11/30	42.5	2.2	0	42.5	103.4	151.1	121.7	42.89	13.15	37.89	77.8	13.73	31.97	40.49	57.4	
2024/12/1	19	3	0	19.0	101.0	153.5	121.3	42.91	13.32	37.9	77.84	13.73	31.97	40.49	57.38	
2024/12/2	0	2.7	0	0.0	84.0	138.8	105.0	42.92	13.36	37.94	77.96	13.73	32	40.51	57.38	
2024/12/3	5.5	4.8	0	5.5	74.7	130.6	96.0	42.66	13.38	37.96	77.93	13.7	31.98	40.49	57.35	
2024/12/4	13.5	4.8	0	13.5	88.2	144.1	114.5	42.77	13.38	37.97	77.93	13.7	31.98	40.5	57.36	
2024/12/5	26	4.8	0	26.0	104.7	160.6	130.5	42.77	13.38	37.97	77.93	13.7	31.98	40.5	57.36	
2024/12/6	37	4.8	0	37.0	141.7	211.6	181.5	42.77	13.38	37.97	77.93	13.7	31.98	40.5	57.36	

降水量・気温・積雪深を入力

観測水位を入力



DATE	Y/M/D	肘折気象			融雪換算 降水量	実効降水量 α 0.98	15日間累積タンク涵養		観測水位による安定性評価		5日涵養量による安定性評価	
		降水量	気温	積雪深			Middle+Lower	Upper	評価	評価(Middle+Lower)	評価(Upper)	
2024/8/1		0	0	0	0.0	7.4	90.25	170.43				
2024/8/2		0	0	0	0.0	7.1	89.19	171.54				
2024/8/3		0	0	0	0.0	6.8	87.23	171.08				
2024/8/4		0	0	0	0.0	6.6	84.39	169.04				
2024/8/5		0	0	0	0.0	6.3	81.45	166.11				
2024/8/6		0	0	0	0.0	6.1	78.89	162.84				
2024/8/7		0	0	0	48.5	50.4	78.58	161.54				
2024/8/8		0	0	0	0.0	46.6	79.15	161.30				
2024/8/9		0	0	0	0.0	43.2	71.41	153.06				
2024/8/10		0	0	0	0.0	40.0	63.76	141.69				
2024/8/11		0	0	0	0.0	37.2	57.22	129.57				
2024/8/12		0	0	0	2.0	36.4	51.36	117.26				
2024/8/13		0	0	0	0.5	34.3	46.43	105.47				
2024/8/14		0	0	0	0.0	32.0	42.45	94.70				
2024/8/15		0	0	0	0.0	29.9	37.99	83.88				
2024/8/16		0	0	0	0.0	27.9	33.85	73.72				
2024/8/17		0	0	0	0.5	26.6	30.33	64.60				

観測水位からの危険度予測

15日間涵養量からの危険度予測

6.2 継続観測

銅山川地区においては事業移管後も継続して観測が必要な調査孔を9孔計画・提案する。これら観測孔は一部、地中伸縮計による地すべり動態監視を行うものの、基本的には地下水位観測孔が主体であり、前述した維持管理マニュアルにおいて、地下水位条件から危険度予測を行うために必要な観測孔である。

また、銅山川地区の全体ブロックは排水トンネルを基幹とした地下水排除工による対策工で安定化が図られていることから、施設点検と合わせて継続的に地下水位観測を行うことで水位変動のトレンドを把握し、地下水排除工の機能評価（地下水排除機能の評価）を行っていくことが重要である。

なお、地下水観測孔の他に、排水トンネル出口での排水流量の測定、また外部から全体ブロックの状況を確認できるライブカメラによる監視も望ましい。

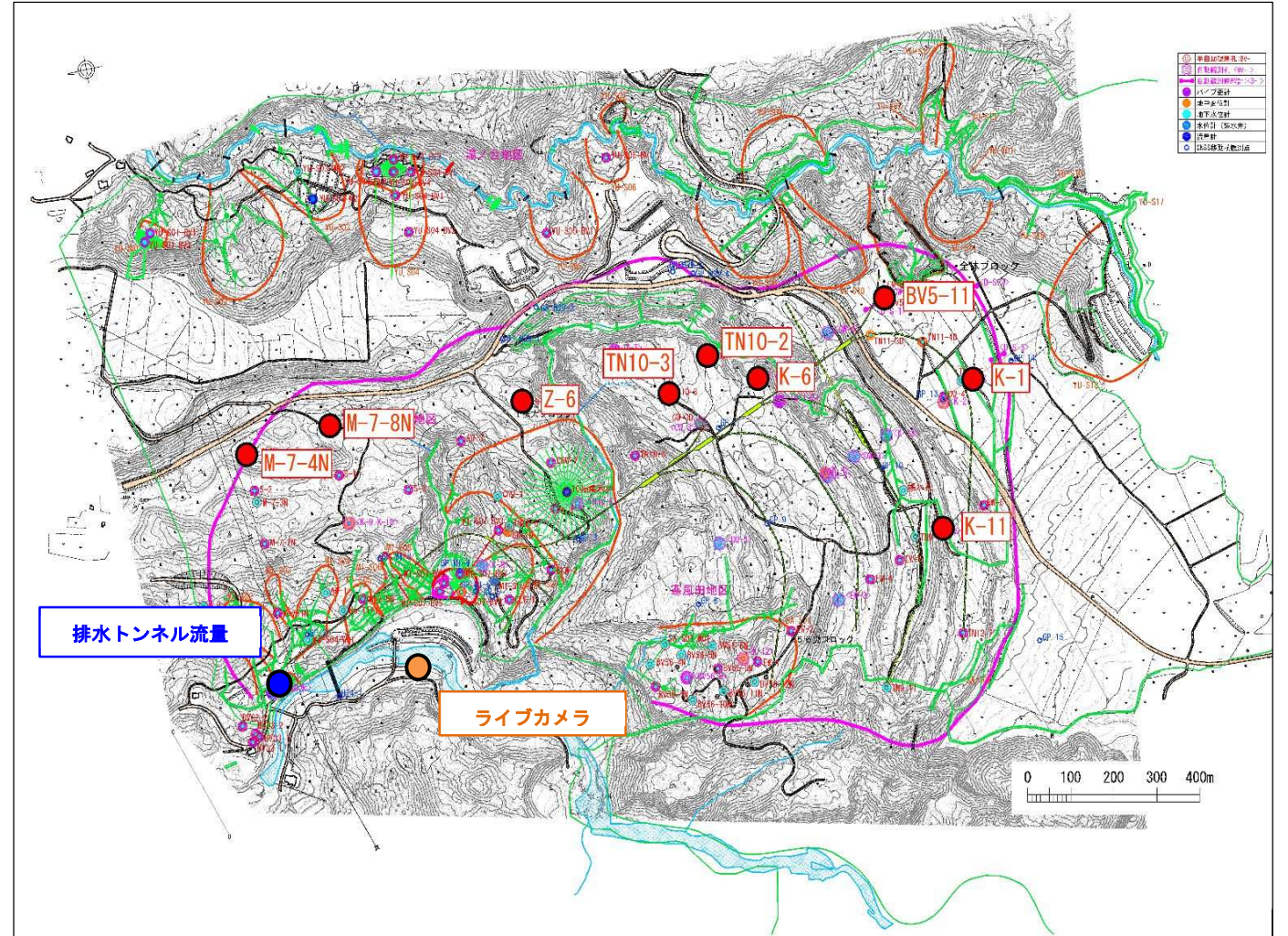


図 6.1 観測孔提案位置図

銅山川地区の恒久的な安定化を維持するためにも（地下水排除機能の評価を行う）、施設点検の他に、地下水観測や流量観測による継続的なモニタリングが必要不可欠である。

### 6.3 現地点検

現地点検は、施設機能の状態確認や地下水状況の把握、斜面や対策施設の異常を確認することを目的とした、年1回の実施を基本とする「定期点検」と、地震、豪雨等の気象イベント発生時（後段に記す設定値以上の気象を観測した時）における斜面災害発生の有無を含めた状況確認を目的とした「臨時点検」を行う。

- ① 毎年、融雪期等に1年に1回の点検（定期点検）
- ② 地すべりが発生する恐れのある豪雨後、地震発生後に行う点検（臨時点検）  
山形県農林水産部「地すべり防止区域点検マニュアル」総則より

「定期点検」、「臨時点検」ともに点検手法は目視点検を基本とし、必要に応じて点検ハンマーや各種測定具により被災や損傷の規模・程度を把握する。

#### 6.3.1 目視点検ルート

目視点検ルートは銅山川地区全体での地すべり活動の確認、斜面変状発生の有無を確認することを目的として、地表面が現れやすいポイントや過去の地すべり活動で斜面変状が確認された箇所に絞って、以下に示す13地点で目視による確認を行う。

- 〈銅山川地区の目視点検ルート〉
- ① 銅山川対岸（ライブカメラ位置）
  - ② 銅山橋（村道銅山川横断箇所）
  - ③ 排水トンネル坑口
  - ④ 右側壁末端（村道）
  - ⑤ 右側壁中部（村道）
  - ⑥ 右側壁国道横断部（国道458号、蕨野農道分岐）
  - ⑦ 右側壁国道のり面（国道458号）
  - ⑧ 泥水沢上流（寒風田のり枠アンカー工）
  - ⑨ 右側壁～滑落崖（国道458号、豊牧町道分岐）
  - ⑩ 滑落崖・陥没帯（湯の台農道）
  - ⑪ 滑落崖～左側壁（国道458号）
  - ⑫ 鳶郷橋（村道）
  - ⑬ 沼の台橋（村道）・・・計13地点

なお、銅山川地区は対象範囲が広く、また確認すべき箇所も点在しており、臨時点検は速報性が必要という観点から、2班体制での点検を実施することが望ましい。

#### 6.3.2 気象イベント

以下の状況を気象イベントとし、気象イベント経験後には臨時点検を実施する。

- 〈気象基準値〉※気象庁折観測所の歴代1位以上となる気象を観測した時。
- ・地震：震度4以上の地震（山形県農林水産関係災害対策要領より）
  - ・降雨：日降水量212.5mm以上または時間降水量67.5mm以上（※）
  - ・積雪：最深積雪深445cm以上※積雪を記録した時の融雪直後に点検を実施。

※気象イベントは平成8年融雪期の全体ブロック顕在化以降に未経験の気象条件とする。

### 6.4 警戒基準

「山形県農林水産関係災害対策要領」（令和6年4月1日一部改定）を参考に、銅山川地区で地すべり活動が懸念される時における警戒体制と対応を以下とする。

#### ・警戒体制Ⅰ（待機による状況確認）：山形県農林水産部基準の「警戒配備」に相当

- 〈対応〉ライブカメラによる状況監視、安定性評価シートによる安定度検証、地すべり動態観測変位量の累積性に注意。
- 〈観測基準値〉地中伸縮計もしくは地表伸縮計での変位量1mm/日以上（累積性がみられる）  
パイプ歪計で100 $\mu$ /月以上（累積性がみられる）（地すべり防止技術指針国交省砂防部より）
- 〈気象基準値〉
- ・大雨…1回の降雨量が50ミリメートル以上  
※参考：気象庁の基準では、1時間の雨量で30mm以上～50mm未満を激しい雨、50mm以上～80mm未満を非常に激しい雨と表現される。
  - ・大雪…1回の降雪量が25センチメートル以上
  - ・地震…震度4未満
- ※地すべりに大きく影響しないため、強風（10分間の平均風速が10m/sec以上、暴風（瞬間風速が30m/sec）は除く。

※警戒区分Ⅰは労働安全衛生法で定められた悪天候時を気象条件の基準値とする。

#### ・警戒体制Ⅱ（臨時点検による現場確認）：山形県農林水産部基準の「特別警戒配備」に相当

- 〈対応〉臨時点検実施、ライブカメラによる状況監視、安定性評価シートによる安定度検証  
観測体制の強化（観測頻度を増やし、動態観測データ量の累積性に注意する）  
移動杭観測、GNSS観測による移動量監視
- 〈観測基準値〉地中伸縮計もしくは地表伸縮計での変位量10mm/日以上（累積性がみられる）  
パイプ歪計で1000 $\mu$ /月以上（累積性がみられる、準確定変動相当）  
（地すべり防止技術指針 国交省砂防部より）
- 〈気象基準値〉※気象庁折観測所の歴代1位以上となる気象を観測した時（気象イベント経験時）。
- ・地震：震度4以上の地震（山形県農林水産関係災害対策要領より）
  - ・降雨：日降水量212.5mm以上または時間降水量67.5mm以上（※）
  - ・積雪：最深積雪深445cm以上※積雪を記録した時の融雪直後に点検を実施。  
→斜面や対策施設での変状確認や観測データで累積傾向が確認されれば警戒区分Ⅲへ移行する。

#### ・警戒体制Ⅲ（常時監視、応急対策、状況では避難）：山形県農林水産部基準の「非常配備」に相当

- 〈対応〉国道、村道通行止め（変状発生箇所による）、監視員の配置  
地域への警報発報（警報、避難勧告、避難指示等）  
ライブカメラによる状況監視、安定性評価シートによる安定度検証  
観測体制の強化（観測頻度を増やし、動態観測データ量の累積性、停止に注意）  
移動杭観測、GNSS観測による移動量監視
- 〈観測基準値〉地中伸縮計、地表伸縮計での変位量4mm/時間もしくは変位量10mm/日以上  
（※変位量に累積性がみられる場合）  
パイプ歪計で5000 $\mu$ /月以上（累積性がみられる、確定変動相当）  
（地すべり防止技術指針 国交省砂防部より）
- 〈気象基準値〉気象条件は警戒区分Ⅱと同じとし、警戒区分Ⅱの現地点検結果、観測結果で明瞭な地すべりの兆候が確認されれば警戒区分Ⅲとする。

災害発生時、異常確認時には関係機関、各所への迅速な報告と情報共有が重要である。

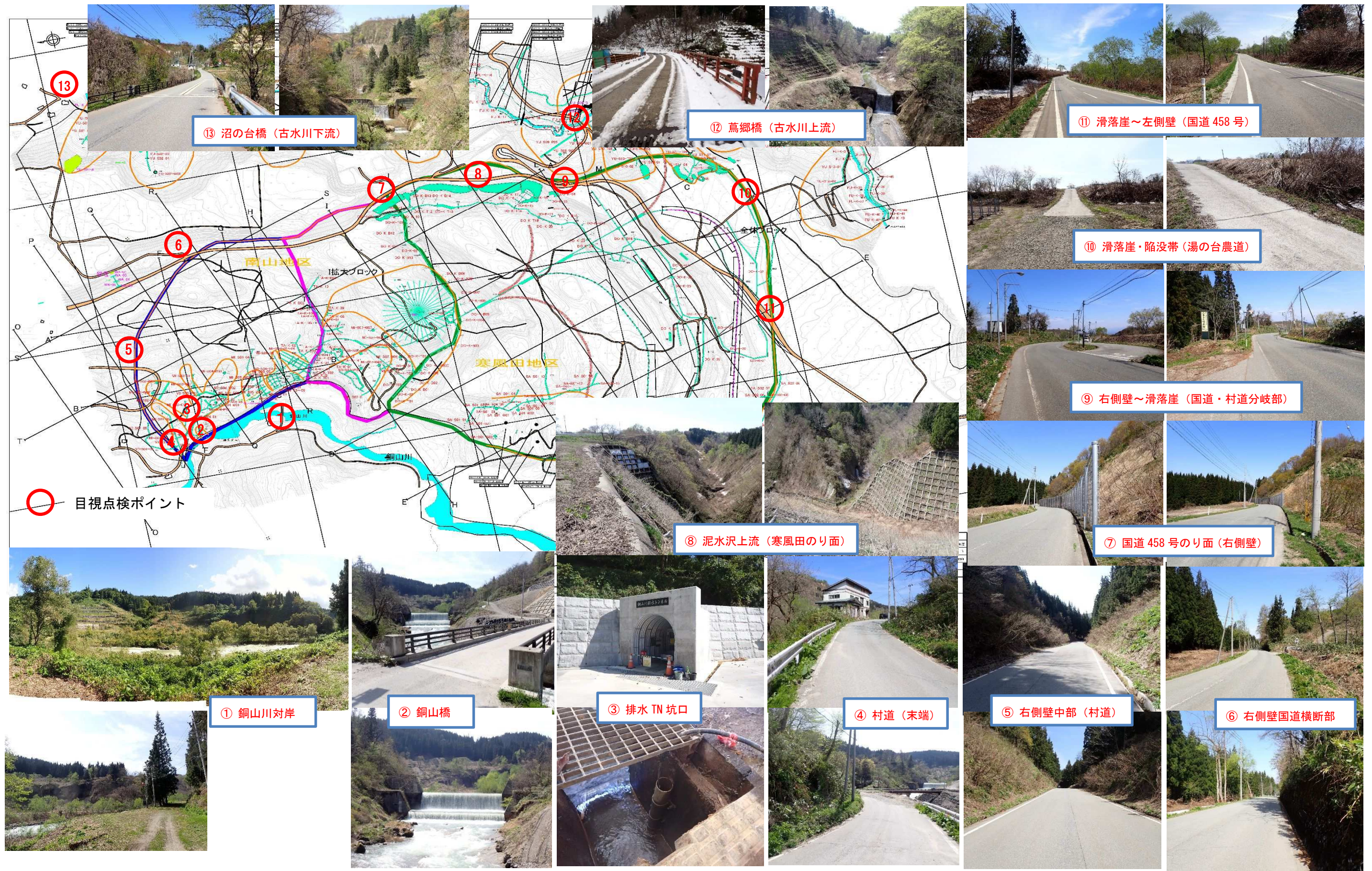


図 6.2 銅山川地区点検ルート概要図