

# 荒砥沢地すべりの今後の対策に関する検討会

## 《 検討会資料概要版 》

2022年11月10日(木)

現地視察：荒砥沢地すべり地

室内検討会：エポカ21(栗原市)

東北森林管理局 宮城北部森林管理署

## 設立趣意書

2008（H20）年6月14日に発生した「岩手・宮城内陸地震（M7.2、栗原市での震度6強）」により、岩手県南部から宮城県北部の山間部において斜面崩壊や土石流が多発した。これらの中で荒砥沢地すべりは、大規模（斜面長約1,300m、幅約900m、滑落崖の最大高さ約150m）、300mを越す長距離移動により広範囲の裸地や湛水域の形成など、ほかに類をみない地震地すべりであったため、その対策方針の検討に際しては、2008（H20）年（岩手・宮城内陸地震に係る山地災害対策検討委員会）、2009（H21）年（岩手・宮城内陸地震に係る荒砥沢地すべり対策と大規模地すべりにより出現した地形・景観の活用に関する委員会）、2014（H26）年（荒砥沢地すべりの今後の対策に関する検討会）、2019（R1）年（荒砥沢地すべりの今後に関する検討会）などを重ねて現在に至っている。

その結果として、市道の安全に対して悪影響を及ぼす箇所での「冠頭部（滑落崖上部）での排土工」、荒砥沢ダムへの土砂流出の危険がある箇所での「ダム湖に面した小ブロックの地すべり対策（杭打工、）」や地すべりにより生じた「湛水域の排水」、湧水を速やかに排水するための「流路工」などの整備を実施し、直接的な影響の低い箇所については「当面、対策は行わずに自然の復元に委ねる」とし、「モニタリングによって経過を観察しつつ、変状が確認された場合には対策を検討」することを方針としている。

本年まで、地すべり（全体ブロック）変位（①）、冠頭部（滑落崖上部排土面）の陥没による亀裂、および滑落崖の変位（②）、冠頭部（滑落崖上部排土面）より上部斜面の亀裂の変位（③）、地内の地形・植生の遷移（④）等についてのモニタリングを実施している。2008（H20）年の岩手・宮城内陸地震（栗駒震度6弱）で荒砥沢地すべりが活動して以降、2011（H23）年3月11日の東北地方太平洋沖地震、同年4月7日の余震（栗駒震度6弱）、2022（R4）年3月16日福島県沖地震（栗駒震度5強）と二度の地震イベントを経験している。

- ①（地すべり）に関しては、すべり面変位を観測するパイプひずみ計、孔内傾斜計観測、地表変位を観測するGNSS観測、いずれも変動がみとめられない。
- ②（冠頭部）に関して、2011（H23）年の地震、2022年（R4）年の地震において、排土面での陥没の進行が認められたものの滑落崖の崩壊には至っていない。排土面での移動杭観測においても崖面に近接する移動杭に変位はみとめられるもののブロックとしての一連の変位は認められず、地中変位を追跡するパイプひずみ計観測や滑落崖表面の変位を追跡する地上レーザ測量結果でもブロックとしてのまとまった変形はみられない。
- ③（冠頭部より上部）に関しては、亀裂の変位を連続監視する伸縮計観測、あるいは広域に変位を把握する航空レーザ測量による差分解析においても変位が累積するようなデータは得られていない。

一方、④（地形・植生）に関しては、地形の大きな変化はみられず、地すべり発生や排土工・盛土工施工により形成された裸地、あるいは滑落崖直下の崖錐にはヤマハンノキなどの植生が繁茂している。植生の繁茂は地表面の移動がないことを示しており安定した状態が継続していると判断される。

荒砥沢地すべりは、地震により誘発された地すべりであり、その規模や縦断形状などから今後の活動性が低いとされ、モニタリングを地すべり対策の一環として位置づけている。この特性から、これまでに得られているデータの解釈や今後のモニタリングなどの実施方法、期間等の対応方針の策定にあたり、各分野の有識者等から意見をいただくことを目的として検討会を設置するものである。

### <検討会委員・オブザーバー・事務局>

区分	氏名	所属	摘要
委員	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	※五十音順 (委員のみ)
	香月 英伸	東北森林管理局 計画保全部長	
	千葉 則行	東北工業大学 名誉教授	
	鄒 青穎	弘前大学 農学生命科学部 講師	
	宮城 豊彦	東北学院大学 名誉教授	
オブザーバー	向川 克展	宮城県 北部地方振興事務所 栗原地域事務所 林業振興部 部長	
	佐藤 忠実	栗駒山麓ジオパーク推進協議会 事務局長	
事務局	玉館 力	東北森林管理局 計画保全部 治山課長	
	本城谷 貴広	東北森林管理局 計画保全部 治山課 設計指導官	
	畠山 格	東北森林管理局 計画保全部 治山課 調査係長	
	佐々木 秀隆	東北森林管理局 計画保全部 治山課 国有林治山係長	
	仙北谷 誠	宮城北部森林管理署 署長	
	松永 哲	宮城北部森林管理署 総括治山技術官	
	三橋 健人	宮城北部森林管理署 栗原治山事業所 治山技術官	
	當麻 成亮	宮城北部森林管理署 治山技術官	
	福島 拓	宮城北部森林管理署 治山技術官	

## 2. モニタリング結果のまとめ

調査結果を次の対象に区分して対象ごとの評価を実施する。

- 地すべり（全体ブロック）
- 滑落崖上部陥没帯亀裂の変位（陥没亀裂、上部亀裂）
- 盛土部
- 地すべり末端部東側の湛水

### 2.1 地すべり（全体ブロック）

表 2.1 地すべり（全体ブロック）のモニタリング結果

対象	モニタリング結果						対象の評価
	種別	調査種	No.	位置	変動・変化等	調査種ごと評価	
地すべり (全体ブロック)	動態 (地中)	パイプ ひずみ計	BV-10	移動体中腹下部	・ 有意な変動は認められない	ひずみ観測から地すべり全体ブロックの 一体的な変動、拡大崩壊の変位は確認さ れていない	<p>① 地中、地表ともに全体ブロックが一 体とし変位は観測されていない</p> <p>② 地下水位を用いた安定度の評価を 実施してはいるが、水文環境の大き な変化はなく地すべりの誘因を高めて いないことは①の結果と同調的</p> <p>③ 裸地が減少し植生が増加してい ることは地表の安定化を示している</p> <p>④ 侵食によるローカルな変形はある ものの大きな地形変化はみられず、全 体ブロックは総体的に安定している</p> <p>⑤ 山腹工や杭打工、流路工が期待され る機能を発揮しており、機能の低下は みられない</p> <p><b>地すべり（全体ブロック）は一体と した活動はみられない。</b> <b>侵食などによる緩やかな変化はある ものの、崩壊や多量の土砂流出などの 地形を変化させるような事象は発生し ていない。</b> <b>時間の経過と裸地の減少、植生によ る被覆の増加には相関がみられ、さら に二次林構成種の定着化がみられるこ とから、侵食に対する耐性が高まりつ つある。</b> <b>自然の復元に委ねたエリアが順調に 自然回復しているとともに、山腹の固 定、流路固定、地すべり末端ブロック 固定のための対策工は効果を発現し維 持していることから、観測密度や頻度 を縮小する。</b></p>
		孔内傾斜計	BV-2-13	移動体上部	・ 2020 (R2) 年 9 月 15 日設置 ・ 地すべり性の変動は認められない	孔内傾斜計観測から地すべり全体ブロッ クの変動は確認されていない	
	動態 (地表)	GNSS 変位量 (2019 年 10 月-2022 年 9 月) 累積性 (設置当初か らの傾向)	GP.4	移動体中央部下方	・ 変位量 11mm (S11° E)、累積性あり	・ 変位が計測される点もあるが、方向性 に一貫性があるとは言えず、GNSS 観測 点はローカルな変位を捉えたもので全体 ブロックの一体的な変動を捉えたもので はないと判断される	
			GP.5	移動体中央部	・ 変位量 4mm (S39° W)、累積性なし		
			GP.13	移動体上部左側壁側	・ 変位量 18mm (S29° E)、累積性あり		
			GP.18	移動体下部	・ 変位量 17mm (S44° E)、累積性あり		
		航空 LP (差分解析)		全域	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2008 (H20) 年 6 月～2008 (H20) 年 9 月：陥没亀裂の発達、陥没部の沈下、滑落崖の崩 落、崖錐の発達</li> <li>・ 2008 (H20) 年 9 月～2009 (H21) 年 10 月：対策工施工による変化のみ</li> <li>・ 2009 (H21) 年 10 月～2010 (H22) 年 11 月：対策工施工による変化のみ</li> <li>・ 2010 (H22) 年 10 月～2011 (H23) 年 5 月：排土面の陥没、滑落崖の崩落、崖錐の発達 (東 北地方太平洋沖地震による変位)</li> <li>・ 2011 (H23) 年 5 月～2014 (H26) 年：滑落崖の一部崩落、崖錐増加、大きな変化なし</li> <li>・ 2014 (H26) 年～2016 (H28) 年：大きな変化なし</li> <li>・ (2022 年全体ブロックの計測なし)</li> </ul>	全体ブロックの内でみられる変位は滑落 崖の崩落にもなう崖錐の発達と対策工 実施による地形改変であり、移動体に大 きな変位は確認されない	
	地下水位	地下水位計	BV-10	移動体中腹下部	・ 2011 (H23) 年までの GL-40m 程度の水位が、2014 (H26) 年かけて上昇し、以降は 36m 程度で水位変動している	BV-10 は基底水位の上昇がみられるが、 融雪、降雨に伴う急激な水位上昇は発生 しておらず、地すべり誘因としての水文 環境の変化は小さい	
			BV-13	移動体中腹上部	・ 2009 (H21) 年に約 1.8m の水位低下を示し、以降は GL-28m 程度でほとんど変動を示し ていない		
	植生	UAV-写真・踏査		全域	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2014 (H26)年～2022 (R4) 年撮影</li> <li>・ 裸地の減少 70 万 m<sup>2</sup> (2014 (H26) 年) →16 万 m<sup>2</sup> (2022 (R4) 年) R<sup>2</sup>=0.9182</li> <li>・ 植生の増加 122 万 m<sup>2</sup> (2014 (H26) 年) →182 万 m<sup>2</sup> (2022 (R4) 年) R<sup>2</sup>=0.9106</li> <li>・ いずれも時間の経過と面積の変化に相関関係がある</li> </ul>	時間の経過とともに裸地が減少して植生 が増加している →総体的に地表の安定化が認められる	
		プロット調査		No.1～14 (10 を除く)	全域	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 植被率、最高樹高は増加傾向</li> <li>・ No.5、15 では高木層を形成し始めている</li> <li>・ 二次林構成種 1 種 (2009 (H21) 年) →6 種 (2022 (R4) 年)</li> </ul>	
	地形	定点観察・写真		移動体及び縁辺	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 急崖直下の崖錐や下方の緩傾斜部分には植生が侵入している</li> <li>・ 軽石質凝灰岩が崖を形成する部分は、侵食が進行しているなど変化がみられる</li> </ul>	急崖の一部が崩落するなど部分的な変形 はあるものの、形態が大きく変化するよ うな変形はない	
	施設点検	定点観察・写真	山腹工	末端ブロック	・ 山腹斜面の乱れがなく、緑化ができています	既設対策工は機能を発揮してる 第 1 リッジ脇の湛水下流部の流路では応 急対策を実施したままであるが、機能は 維持されている	
			杭打工		・ 2011 (H23) 年東北地方太平洋沖地震時に山腹に亀裂が発生した。亀裂は 2008 (H20) 年 地すべり発生時の亀裂をトレースしていたが、その後の観測においても累積性は認められず、 地すべり性ではなく 2008 (H20) 年の地すべりで緩んだ層が圧密沈下したものと判断された。 以降変形はみられず杭打工の機能は維持している		
湛水対策 (応急)			末端部	・ 排水管からの排水は維持されており機能の低下はみられない			
流路工			ヒアヒクラ沢	・ 流路工とその周辺斜面に変化はみられず流路が固定されている			
流路工 (応急)			第 1 リッジ脇の湛水下流部	・ 大型土のうの崩れ等が発生しているが流路は確保され機能を維持している			
流路工・山腹工	ヒアヒクラ沢沿い	・ 谷止工、流路工及び山腹工に変形等はなく機能を維持している					

2.2 滑落崖上部陥没亀裂の変位（陥没亀裂、上部亀裂）

表 2.2 滑落崖上部陥没帯亀裂の変位（陥没亀裂、上部亀裂）のモニタリング結果

対象	モニタリング結果						対象の評価
	種別	調査種	No.	位置	変動・変化等	調査種ごと評価	
滑落崖 上部陥没 亀裂 (陥没亀裂)  冠頭部 (上部亀裂)  変位	動態 (地中)	パイプひずみ計	BV-K1	冠頭部（排土面）	・東北地方太平洋沖地震時 GL-101m で約 5,000 μ の変動が認められた・2015(H27) に深部の歪計を再設置。2016 (H28) -2017 (H29) に GL-97.0、98.0m で累積性の変動がみられたが、以降は累積変動なし	滑落崖上部の陥没亀裂が一体的に変位はしていない	<p>① GNSS、移動杭観測において、排土面の縁端部で累積性の変位がみられるが、これより上部の移動杭では累積性は確認されない。また、陥没帯部の伸縮計、ボーリングのパイプひずみ計に累積性の変位はみられない。さらに、陥没亀裂が大きく変形する場合には滑落崖（溶結凝灰岩の大規模な崩落や溶結凝灰岩のせり出し等が発生することが予想されているが、踏査、地上 LP、航空 LP 等の調査によっても確認されていないことから、変位は排土面縁端部のみによるもので、懸念している拡大崩壊が進行しているのではないと考えられる。</p> <p>② 陥没亀裂の上部には上部亀裂が確認されており、この動態が把握するために亀裂に配した伸縮計、あるいは航空 LP による監視を実施した。いずれも変位を確認されず、上部亀裂は進行していない。</p> <p>③ 基底水位レベルの変化がみられるが、地すべり誘因としての水文環境に大きな変化はないと考えられる。</p> <p>④ 排土面では、裸地が減少し植生が増加している。高木層の出現や出現種数増加など、植生による侵食防止効果が向上しつつある。</p> <p><b>滑落崖背後排土面の縁端部の変位はみられるものの、陥没亀裂から下方が一体的に崩壊する拡大崩壊の兆候は観測されていないことから、観測密度や頻度を縮小する。</b></p>
		孔内傾斜計	BV-2-14	冠頭部（排土面の上部）	・2020 (R2) -2022 (R4) までの観測ですべり変形や地盤傾倒を示す累積変動は認められていない	滑落崖上部の陥没亀裂が一体的に変位はしていない	
	動態 (地表)	GNSS 変位量(2019年10月-2022年9月) 累積性(設置当初からの傾向)	GP.10	冠頭部（排土面法面上部）	・変位量 10mm (S40° E)、累積性なし	2019 (R1) -2022 (R4) 間の変位量は 4-11mm。変動方向に統一性はみられない。	
			GP.12	冠頭部（滑落崖上北東部）	・変位量 8mm (S24° E)、累積性なし		
			GP.15	冠頭部（滑落崖上北東部）	・変位量 11mm (S47° E)、累積性なし		
			GP.19	冠頭部（排土法面）	・変位量 4mm (S5° W)、累積性なし		
			GP.20	冠頭部（排土面上部）	・変位量 7mm (N85° W)、累積性なし		
		移動杭観測変位量 (2019年10月-2022年9月) 累積性(設置当初からの傾向)	a、b、c、d、e、f 測線	冠頭部（排土面）	・排土面から排土法面上部を含めた 4 点の変位を計測 ・ a～d 測線は、最下端の変位量（水平変位/鉛直変位 a1: 41/-74mm、b1: 32/-63mm、c1: 28/-61mm、d1: 29/-55mm）が大きく、水平変位より鉛直変位が優勢で、いずれも融雪期を挟んだ時期の変位が大きく、水平変位方向は SE～ESE と滑落崖の方向とは斜交する ・ e～f 測線は、最下端と 2 点目までが変位（水平変位/鉛直変位 e1: 24/-35、e2: 11/-20、f1: 14/-4、f2: 17/-4）	滑落崖に近い縁辺部での変位がみられる。滑落崖の開放部に向けた変形と陥没の影響を受けている可能性が考えられる	
			RNo.2～4、Lno.2～4 TP.1	冠頭部（中央東側）	・RNo4、3、2、GP.15 で 9-15mm の水平変位を示す ・変位量は小さいものの SE 方向への累積性がみられ、いずれも滑落崖に斜交する	変位量は小さいものの SE 方向への累積性はあり、いずれも滑落崖に斜交して SE 方向に変位	
		地表伸縮計	S-4	冠頭部（排土面）	・2020 (R2) -2021 (R3) の伸び変位は、陥没亀裂間の沈下を計測したものであることを確認し、同変位をキャンセルする仕様に伸縮計を再設置 ・再設置後、2022 (R4) /3/16 の福島沖地震時（震度 5 強：栗駒）に一時的に伸び確認するが、以降累積は確認されない	有意な累積傾向は確認されない	
			S-5	冠頭部（排土面上部）の	・2021(R3) 年 7 月から観測開始。6/27-7/13 に圧縮（不規則な交互変動）を示すが、累積変動は確認されない	冠頭部（上部亀裂）の変位は確認されない	
			S-6	拡大亀裂	・2021(R3) 年 7 月から観測開始。不規則な交互変動を示すが、累積変動は確認されない		
	地上 LP		滑落崖	・溶結凝灰岩部の一部で鉛直変位（LP3 断面で-2.4m、LP2 で-1.3m）がみられ、部分的な崩落が発生したと考えられる ・軽石質凝灰岩部では、地すべり発生当初にみられたようにブロック状のせり出しは確認されない。溶結凝灰岩部で発生した崩落による下部斜面での崖錐の増加が一部みられる	2019 (R1) -2022 (R4) の比較軽石質凝灰岩のせり出しは確認されないが、溶結凝灰岩の部分的な崩落がみられる		
	航空 LP (差分解析)			滑落崖上下部～冠頭部	<ul style="list-style-type: none"> <li>2008 (H20) 年 6 月～2008 (H20) 年 9 月：陥没亀裂の発達、陥没部の沈下、滑落崖の崩落、崖錐の発達</li> <li>2008 (H20) 年 9 月～2009 (H21) 年 10 月：対策工施工による変化のみ</li> <li>2009 (H21) 年 10 月～2010 (H22) 年 11 月：対策工施工による変化のみ</li> <li>2010 (H22) 年 11 月～2011 (H23) 年 5 月：排土面の陥没、滑落崖の崩落、崖錐の発達（東北地方太平洋沖地震による変位）</li> <li>2011 (H23) 年 5 月～2014 (H26) 年 11 月：滑落崖の一部崩落、崖錐増加、大きな変化なし</li> <li>2014 (H26) 年 11 月～2016 (H28) 年 11 月：滑落崖東側の崩落と崖錐の発達</li> <li>2016 (H28) 年 11 月～2020 (R2) 年 11 月：大きな変化なし</li> <li>2020 (R2) 年 11 月～2021 (R3) 年 11 月：滑落崖の部分的崩落</li> <li>2021 (R3) 年 11 月～2022 (R4) 年 11 月：滑落崖の部分的崩落</li> </ul>	2011 (H23) 年東北地方太平洋沖地震により陥没亀裂が変位するが、滑落崖の大規模な変形には至っていない。以降 2022 (R4) 年 3 月 16 日の福島沖地震（震度 5 強）においても同様	
	地下水位	地下水位計	BV-14	冠頭部（排土面）	・2012 (H24) 年から基底水位が GL-84m→69m に上昇している。基底水位は、積雪期に下降傾向と融雪期に上昇傾向が認められる。 ・降雨に呼応し+1m 程度の上昇を示し、最高水位は 2022 (R4) 年 8 月 24 日の GL-62.95m	融雪、降雨に伴う急激な水位上昇は発生しておらず年間の変動幅が小さい。基底水位レベルの変化がみられるが、地すべり誘因としての水文環境に大きな変化はないと考えられる	
			BV-K-1	冠頭部（排土面の上部）	・2014 (H26) 年までの水位は、GL-66m 前後で変動幅 1m 程度で推移していたが、2015 (H27) の調査孔再設置以降、基底水位の低下（GL-66m→71m）が認められた ・2016 (H28) 以降は、GL-67～70m 間で推移し、融雪や降水に対してわずかな水位上昇を示し、最高水位は 2015 (H27) 年 6 月 30 日の GL-63.57m		
植生	UAV-写真・踏査			・排土面ではアカマツ、ヤマハンノキなどが繁茂（樹高 8-10m）し、周辺を視認できないほどに自然緑化が進行している	排土法面は緑化工を施工しているが、排土面は自然に植生の侵入が進行している		
	プロット調査	No.15	冠頭部（排土面）	・植生率 15% (2014) →90% (2022) ・樹高 1.5m (2014) →11.5m (2022) ・出現数 10 種 (2014) →28 種 (2022)			
落石	落石調査	滑落崖下方	滑落崖直下	・新たな落石は、これまでの落石の堆積による凹凸や崖錐の緩傾斜化により捕捉され、一部立木による停止もみられる。これまでに確認された落石の到達位置よりも上流側にとどまっている	落石、崩落は発生しているが、大規模な崩壊には至っていない		
施設点検	定点観察・写真	排土工	陥没亀裂	・陥没亀裂は 2008 (H20) 地すべり発生当初の陥没をともなった亀裂をトレースしている ・施工後、2011 (H23) 年東北地方太平洋沖地震（震度 6 弱：栗駒）により変形は発生したものの、滑落崖の崩壊には至らなかった ・陥没亀裂の地表分布は陥没の進行にともなってやや拡大している	2011 (H23) 年東北地方太平洋沖地震（震度 6 弱）や以降の地震（震度 5 弱～5 強）といった大きなインパクトを経験したが、滑落崖が崩壊に至らなかったことから、対策工の効果が発揮された		
亀裂	踏査		排土面上部の亀裂 (上部亀裂)	・亀裂の開口は進行していない ・S-5、S-6 の観測結果とも同調している	変動は確認されていない		

## 2.3 盛土部と末端ブロック東側の湛水池

表 2.3 盛土部と末端ブロック東側の湛水池のモニタリング結果

対象	モニタリング結果						対象の評価
	種別	調査種	No.	位置	変動・変化等	調査種ごと評価	
盛土 (排土工の残土処理)	動態	GNSS	GP.21	盛土部	・ 累積変動は確認されていない	盛土中央部の掘り割り水路が侵食を受けているが、植生の侵入も進行しており、盛土自体は安定している	盛土中央部の掘り割り水路が侵食を受けているが、植生の侵入も進行しており、盛土自体は安定している
			GP.22	盛土部	・ 累積変動は確認されていない		
	植生	プロット調査	No.16、No.17	盛土部	・ 2009年盛土造成（緑化工なし）後、2022年までにNo.16で16種、No.17で18種の侵入が確認されている ・ 高木の出現数が増加し、最高樹高は2019-2022間で約2-4mの上昇がみられる		
	施設点検	定点観察・写真			・ 植生による被覆が広がり安定している		
湛水池の排水	施設点検	点検観察・写真		地すべり末端部東側の湛水	・ 湛水池の水位上昇解消のための排水施設（排水ポーリング：縦坑による連結） ・ 湛水箇所の水位変動状況は不明であるが、排水ポーリング出口の排水が確保されている	排水が確保されている	今後も定期的な確認（点検）が必要である

### 3. 今後のモニタリングの方針

#### 3.1 これまで実行してきた調査とその経緯

##### 3.1.1 現行計画の考え方\_1

(H22 第4回「岩手・宮城内陸地震にかかる荒砥沢地すべり対策と大規模地震により出現した地形・景観に関する検討会」、p.27)

荒砥沢地すべりは、岩手・宮城内陸地震により誘起され、その規模は日本最大級であり、すべり面傾斜角が緩いにも関わらず移動距離が約300mを超過するたぐい希な地すべりである。保全対象である下流側の荒砥沢ダム、上流側の市道馬場駒の湯線と重要な保全対象に近接しているため、地すべり対策は安全確保を第一の目的とするが、一方では新たな地形、地質、水環境が創出され、それぞれが重要な環境資源でもあり、残された環境を環境・防災教育などに有効に活用することも重要である。

したがって、荒砥沢地すべり対策では、防災一辺倒とはせずに、現状を可能な限り保存し、あるいは創出された地形・景観を活用することなども配慮することとしている。

しかし、第一の目的である安全の確保がおろそかになっては本末転倒である。そこで、対策工を行いつつも、地すべりや拡大崩壊など、被害の原因となる事象や、地すべりの結果、創出された地形・地質、植生などの変化を追跡するモニタリングを併用することで対策工について必要最小限の規模にとどめることにしているものである。今後モニタリング等により新たな現象を捉えた場合には、これに即応して対策工を実施することとする。

##### 5.1.1 追跡する現象

(1) 安全監視に関して(地すべり・崩壊に対応、及び下流域への影響に関するモニタリング)

- ① 全体ブロック(地すべり)
- ② 拡大崩壊(滑落崖と拡大亀裂間：陥没帯)
- ③ 地内の崖面の崩壊など
- ④ 流出土砂の捕捉状況など

(2) 環境変化の追跡に関して(地形・地質、植生に関するモニタリング)

- ① 創出された地形の変化(従順化)
- ② 植生の遷移

##### 3.1.2 現行計画の考え方\_2

(H26 第3回「荒砥沢の地すべりの今後の対策に関する検討会」、p.71)

平成20年度に実施された「岩手・宮城内陸地震に係る山地災害検討会」、平成21年度に実施された「岩手・宮城内陸地震に係る荒砥沢地すべり対策と大規模な地すべりにより出現した地形・景観に関する検討会」の検討を踏まえ、荒砥沢地すべりでは、必要最小限の対策を行いつつ、被害の原因となる事象や地形・地質、植生などの変化を追跡するモニタリングを併用し、新たな現象を捉えた場合には、即応して対策を実施することとしている。

これまでに実施している対策は、末端ブロックにおける切土工、盛土工、杭打工、滑落崖上部に発生した拡大崩壊を抑制するための排土工、湛水を速やかに排除するための排水工、地すべりの右側壁部にあたるヒアヒクラ沢沿いの流路工や作業道作設などある。

平成23(2011)年3月11日に発生した東北地方太平洋地震時には、築館で震度7、栗駒地で震度6弱、4月7日余震時には、築館で震度6強、栗駒で震度6弱と荒砥沢地すべり周辺も大きな震度域であった。

この地震により、懸念されていた拡大崩壊は既に形成していた亀裂に沿って変形が生じたものの大規模な崩壊には至らなかった。また、末端部東側に形成していた湛水域での決壊なども発生しなかった。既に施工されていた約37万m<sup>3</sup>の排土工や、縦坑を連結した湛水の排水施設の効果が発揮されたものであり、荒砥沢地すべりの対策方針と実態との間に乖離がないことが確認されたものと考えられる。

したがって、今後の荒砥沢地すべりのモニタリング計画にあたっては、これまでの基本方針を踏襲するとともに、新たな知見を追加した見直し案を提案する。

##### (1) 対象とするリスク(変化なし)

- ① 市道馬場駒の湯線の安全確保(拡大崩壊の監視)
- ② 荒砥沢ダムへの土砂流入防止対策(末端部の山腹工、湛水の速やかな排水)

##### (2) 監視対象(変化なし)

- ① 全体ブロック(地すべり)
- ② 拡大崩壊(拡大崩壊と拡大亀裂)
- ③ 地内崖面の崩落、落石
- ④ 流出土砂の捕捉状況など
- ⑤ 地形の変化
- ⑥ 植生の遷移

##### (3) 新たな知見

- ① 東北地方太平洋沖地震時に全体ブロックは、ひずみ変動はみられるものの全体が活動していない
- ② 同様に拡大崩壊が変位したが、大規模な崩壊には至っていない
- ③ 土砂移動の有無

##### (4) 監視頻度

- ① 2011年東北地方太平洋沖地震は地すべりにとって最大級のインパクトであり、この下で上記知見が得られている。
- ② 細大漏らさぬ配慮をしつつ、安全側へ過分に偏ることを避ける配慮も必要。
- ③ シヅミクラ地すべりのモニタリング基準を準用し、異常があった場合は必要な監視(パトロール)を行う。

### 3.1.3 現行計画の考え方\_3

(R1「荒砥沢の地すべりの今後の対策に関する検討会」、p.109)

平成23(2011)年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(4月7日の同余震)で、栗原で震度7(同6強)、震度6弱(同6弱)と強いゆれにおそわれたが、その時点で荒砥沢地すべりの中で最も懸念されていた拡大崩壊に対する排土工が施工されていたために、排土面に沈下が発生したものの大きな崩壊には至らず、また、全体ブロック(地すべり)においても、パイプひずみ計で地震時に一時的な変位がみられたが累積変位は確認されず全体ブロックが一体化した滑動には至っていない。

このことから荒砥沢地すべりに対する現行計画の考え方が概ね妥当であることが確認され、以降、現行計画の考え方に沿ってモニタリングが実行されている。(対象とするリスク2項目や監視対象6項目等も同様)。

一方、滑落崖上部の陥没による亀裂の変位については、移動杭観測において、これまで融雪期に微少な変位を観測していたが、平成30年7-8月、R1年6-7月には、これまでの融雪期にはみられなかった大きな変位が確認されたものの、同変位の地中変位を追跡するパイプひずみ計、あるいは滑落崖の地表変位を追跡する地上レーザ測量結果では同変位を肯定するデータとはなっていない。同変位の程度が小さい、あるいは同変位の追跡位置・追跡手法の違いにより変位が把握されていない可能性もあることから今後も追跡が必要である。

2011年東北地方太平洋沖地震といった大きなイベントによる被災がごく限定的であったことから、全体ブロック(地すべり)に対しては、モニタリングの内容、頻度等を軽減、あるいは長期観測体制整備のための調査種の更新の必要がある。また、滑落崖上部の陥没による亀裂の変位については、従前のモニタリングの継続、対象数量の見直しが必要である。

#### (1) 対象とするリスク(変化なし)

- ① 市道馬場・駒の湯線の安全確保(滑落崖上部の陥没による亀裂の監視)
- ② 荒砥沢ダムへの土砂流入防止対策(末端部の山腹工、湛水の速やかな排水)

#### (2) 監視対象(変化なし)

- ① 全体ブロック(地すべり)
- ② 滑落崖上部の陥没による亀裂の変位
- ③ 地内崖面の崩落、落石
- ④ 地形・植生の遷移

#### (3) 新たな知見

- ① 全体ブロックは一体的な活動はしていない
- ② 滑落崖上部の陥没による亀裂の変位は、移動杭観測結果、地上LP観測結果、パイプひずみ計観測結果と調和しておらず判然としない

#### (4) 観測種、監視頻度

- ① 全体ブロックについては、現行体制を軽減(気象、地震等のイベント後の追跡モニタリングの実施)
- ② 滑落崖上部の陥没による亀裂の変位については、継続、一部数量の追加
- ③ 地形変化・植生遷移については、軽減(実施間隔の長期化)

### 3.2 今後の調査計画

#### 3.2.1 今後の調査計画の考え方

荒砥沢地すべりでは、平成20(2008)年の地すべり発生後、市道馬場駒の湯線の安全確保、荒砥沢ダムへの土砂流出の防止を目的として、冠頭部(滑落崖上部)の排土工、末端ブロックの杭打工・山腹工や湛水・漂流水を速やかに導水するための排水工、流路工などを実施してきた。これらの対策工の効果が発現され、植生の自然侵入も相まって荒砥沢地すべりとその周辺は安定的に推移している。

荒砥沢地すべりの対策方針は、モニタリングを実施しつつ必要最小限の対策を行い、異常が確認された場合に対策を検討することであるが、最大級の地震イベントでもある東北地方太平洋沖地震時にも対策を要する異常は発生していないことから、今後は徐々にもモニタリングを軽減することにも配慮する必要がある。

地すべり変動などに対しては計器に頼らざるを得ない部分もあるため、当面は、計器による監視と、異常を速やかに把握するための監視を組み合わせたモニタリング計画として、ゆくゆくは後者のみに移行することが望ましいと考えられる。

#### (1) 対象とするリスク(変化なし)

- ① 市道馬場・駒の湯線の安全確保(滑落崖上部の陥没による亀裂の監視)
- ② 荒砥沢ダムへの土砂流入防止対策(末端部の山腹工、湛水の速やかな排水)

#### (2) 監視対象(変化なし)

- ① 全体ブロック(地すべり)
- ② 滑落崖上部の陥没による亀裂の変位
- ③ 地内崖面の崩落、落石
- ④ 地形・植生の遷移

#### (3) 新たな知見

- ① 全体ブロックは一体的な活動はしていない
- ② 滑落崖端部の崖面に向けた変位は認められるものの、陥没帯を含めた一体的な変位は認められない
- ③ 冠頭部上部(滑落崖上部排土面上部)の亀裂は変位していない
- ④ 植生の自然侵入による植生が拡大しており地表面の安定が図られている

#### (4) 観測種、監視頻度

- ① 観測頻度を軽減(計器観測:2回/年のメンテナンス、GNSS、移動杭観測:1回/年)し、気象、地震等対象イベント後のモニタリングを組み合わせる
- ② 滑落崖上部の陥没による亀裂の変位については観測を継続するが、監視頻度を軽減する(計器観測:2回/年のメンテナンス、GNSS、移動杭観測:1回/年)
- ③ 地形変化・植生遷移については、軽減(実施間隔の長期化)

3.2.2 今後の調査計画

表 3.1 モニタリング計画表

種別	区分	目的	対象	手法	No.(箇所)	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	~	~	~	~			
						2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028							
地すべり冠頭部の変位	2023(R5)年以降	地すべり動態観測	地すべり移動体	ひずみ計・水位計観測	メンテナンス	BV-10,BV-13 BV-14,BV-K1	定期観測 1回/月		メンテ：2回/年+イベント発生後												
				孔内傾斜計観測	メンテナンス	BV-2-13 BV-2-14	定期観測 1回/月		メンテ：1回/年+イベント発生後												
				GNSS観測	メンテナンス	GP.4,GP.5 GP.13,GP.18	定期観測 3回/年		メンテ：1回/年+イベント発生後												
		冠頭部動態観測	陥没亀裂(冠頭部)	GNSS観測	メンテナンス	GP.12,GP.15 GP.19,GP.20	定期観測 3回/年		メンテ：1回/年+イベント発生後												
				伸縮計観測	自動	S-4	保守管理 1回/年		保守管理：1回/年												
		滑落崖・排土面の変形	航空レーザ測量(航空LP)		滑落崖周辺 排土面 排土域上部斜面								R7			R10					
			地上レーザ測量(地上LP)		滑落崖								R7			R10					
		対策工	対策工効果判定	湛水地	湛水地水位計観測	メンテナンス	W-1	定期観測 1回/月 (中継井内水位)		メンテ：2回/年+イベント発生後 (湛水地水位)											
				各対策工	施設点検												R9				
				盛土部,ダム用地	GNSS観測		GP.21,GP.23	定期観測 3回/年		メンテ：1回/年+イベント発生後											
全体	イベント後状況把握	指定箇所	目視	イベント後		→															
		地形変化・遷移の追跡	UAV(オルソ写真)										R7			R9					
			プロット調査											R7			R9				
検討会						2028 (R10) が事業最終年度の予定 →															

- 2028 (R10) 年を事業の最終年として計画しており、今後のモニタリングにより対策を要する異常が発生しない場合は、
- 2022 (R4) 年の検討会を最終会として計画する予定。
- 事業を終了しても、対象イベントに応じた対応は必要。

- (青) : 2022(R4)までの実施
- (赤) : 2023(R5)~2028(R10)の計画
- (黒) : 2029(R11)以降、イベント後の対応



表 3.2 モニタリング計画

区分	目的	対象	必要性	手 法		実施時期		No. (箇所)	備 考	
						～R4	R5 以降			
地すべり ・ 陥没亀裂の 変位	地すべり 動態監視	地すべり 移動体	<p>荒砥沢地すべり対策工の主要目的の二つのうちの一つが、「荒砥沢ダムへの土砂流出の防止」である。</p> <p>東北地方太平洋沖地震時には、全体ブロックの活動はみられなかったものの、全体ブロック、末端ブロック、あるいはブロック化による活動は、荒砥沢ダムに与える影響が最も大きな要因であり、すべり活動の兆候があれば、早急な対応を実施する場合もあることから、地すべりの動態監視が必要である。</p> <p>地すべりが発生する場合、地中（すべり面）、地表いずれもが変形するため、双方の変位を追跡する。</p> <p>排土面の変形がみられるとともに排土面上部に亀裂がみられることから、地すべり範囲が拡大することを視野に入れた監視体制が必要である。</p>	ひずみ計・水位計観測	半自動	定期	維持管理 (年2回)	BV-10	全体ブロック下部(末端部上方)のすべり面変位、および地内の水位変動把握。イベント後の孔変形等の把握にも使用	
				水位計観測				BV-13	全体ブロック上部のすべり面変位、および地内の水位変動把握 イベント後の孔変形等の把握にも使用	
								BV-14	全体ブロック外、ブロックの拡大把握のデータ把握 イベント後の孔変形等の把握にも使用	
					孔内傾斜計観測	手動	定期	維持管理 (年1回)	BV-2-13 BV-2-14	全体ブロックおよびブロックの拡大監視の地中変位観測として、せん断変位と傾倒変位の量と方向を測定し、地表変位との比較評価を行う
	陥没亀裂の変位の動態監視	陥没亀裂 ～滑落崖	<p>荒砥沢地すべり対策の主要目的のうち一つが、「生活道路として利用されている『市道馬場駒の湯線』の安全確保」である。</p> <p>東北地方太平洋沖地震時には、陥没亀裂対策として既に滑落崖の排土工が施工されていたことから、その変位量は最小限にとどまったものの、陥没亀裂の変位は、上記目的を脅かすことから、同変位に対する監視を行い、発生の兆候があれば早急な対応を実施して、その被害を最小化する必要がある。よって、陥没亀裂の変位の動態監視が必要である。</p> <p>陥没亀裂の変位が進行すると、排土面、あるいは滑落崖の一部に変形を生じることがから、これらの変位を追跡する。</p>	GNSS 観測	計測	定期	維持管理 (年1回)	固定点 1、2 GP.4、5、13、18 GP.12、15 GP.19、20 GP.21 GP.23	移動観測の基準点として観測 地すべり移動体内の地表面変位(量、方向)を観測 全体ブロック縁辺部(滑落崖上部)の地表変位(量、方向)を観測 排土工切土法面上部、切土面(拡大崩壊)変位、および移動杭観測の基準点 排土土砂の捨場(盛土部)の地表面変位(量、方向)を観測 荒砥沢ダム湛水域上部付近の地表面変位を観測	
				伸縮計	自動	運用	保守管理	S-4	陥没帯亀裂の変位観測(自動観測による通報機能)。イベント後観測は杭の簡易的な杭2点間観測に変更	
				ひずみ計・水位計観測	半自動	定期	保守管理	BV-K1	陥没亀裂の変位に対する地中変位、水位の観測。イベント後は孔変形確認に活用	
				地上 LP 航空 LP	計測 解析	定期	イベント 後 実施検討	拡大亀裂 ～排土面 ～滑落崖	滑落崖から背面上部にみられる亀裂周辺を含めた範囲での変形を UAV-LP により追跡する。取得データは既存の LP データとの差分解析を実施する。 UAV-LP 計測時に GPS.12、13、15、19、20+2 点(新規)を GCP として観測	
全体	植生回復・ 地形変化		<p>平成 20 年の大規模な地すべり活動により、滑落崖やリッジ、凹地などの特徴ある地形、広大な裸地など、新たな地形・地質、植生、水環境が創出された。今後の地形変化、植生遷移の把握は防災の研究、教育などの貴重な場としての活用も重要である。</p>	UAV-オルソ	撮影 解析	定期	3～5 年 間隔	全域	全域の植生の遷移を画像データとして追跡する 裸地部での侵食状況把握、追跡する	
	地形変化・ 遷移の追跡・ 対策工効果追 跡	対策工効果	<p>対策工の主要目的の一つに「荒砥沢ダムへの土砂流出の防止」があり、このために山腹工、緑化工、渓床の侵食防止対策工などを実施している。</p> <p>これらの工事効果が期待通り発揮されているのかを検証し、不足があれば追加対策の検討を行う必要があることから、構造物の安定とその機能発揮について追跡する。</p> <p>地すべり動態監視、陥没帯亀裂動態監視にも、対策工効果追跡結果を活用する。</p>	プロット調査		定期		現行 13 箇所+排土面 1 箇所	緑化工効果の追跡、植生の遷移状況を追跡する	
				湛水池水位 設置・観測	半自動	-		W-1	現状の排水工の機能評価のために水位観測を行う	
				排水施設井内水 位観測	半自動	定期	-			
				湛水池水位設 置・観測	半自動	-	維持管理			
				GNSS 観測	手動	定期	維持管理	盛土部 GP-21	盛土部の安定監視	
				施設点検・踏査	目視	イベ ント 後	イベ ント 後 実施 検討	各対策工	各対策工の工事効果(機能発揮状況)を追跡し、機能低下がみられた場合、機能復元の対策を検討する	
目視点検	目視	イベ ント 後	イベ ント 後 実施	指定箇所	地すべり、陥没帯亀裂の変位が進行する場合の着目箇所をあらかじめ指定しておき、一定以上の豪雨や地震等のイベント発生後に、所定の箇所を点検する					

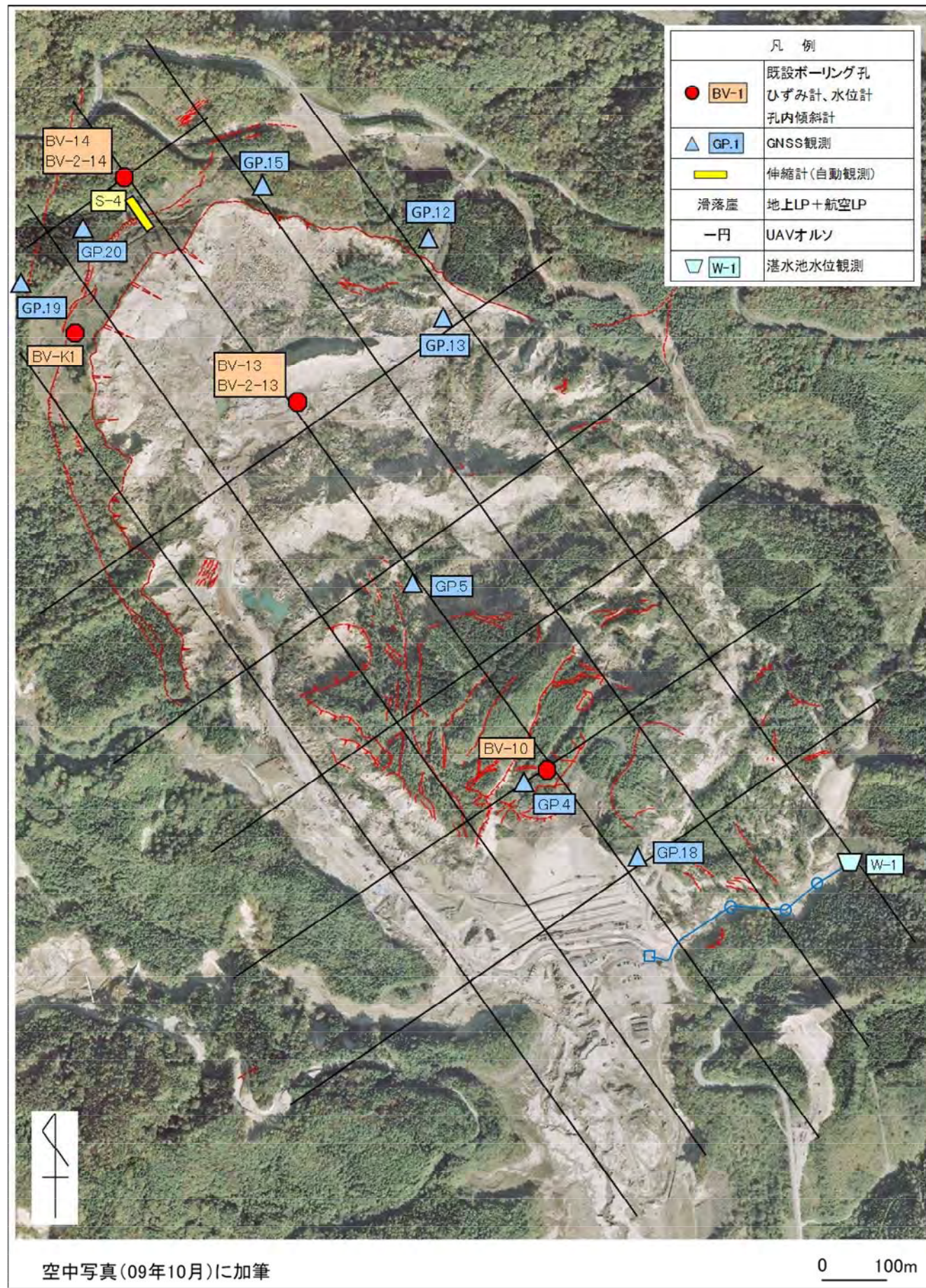


図 3.1 モニタリング計画-1/2 (案)

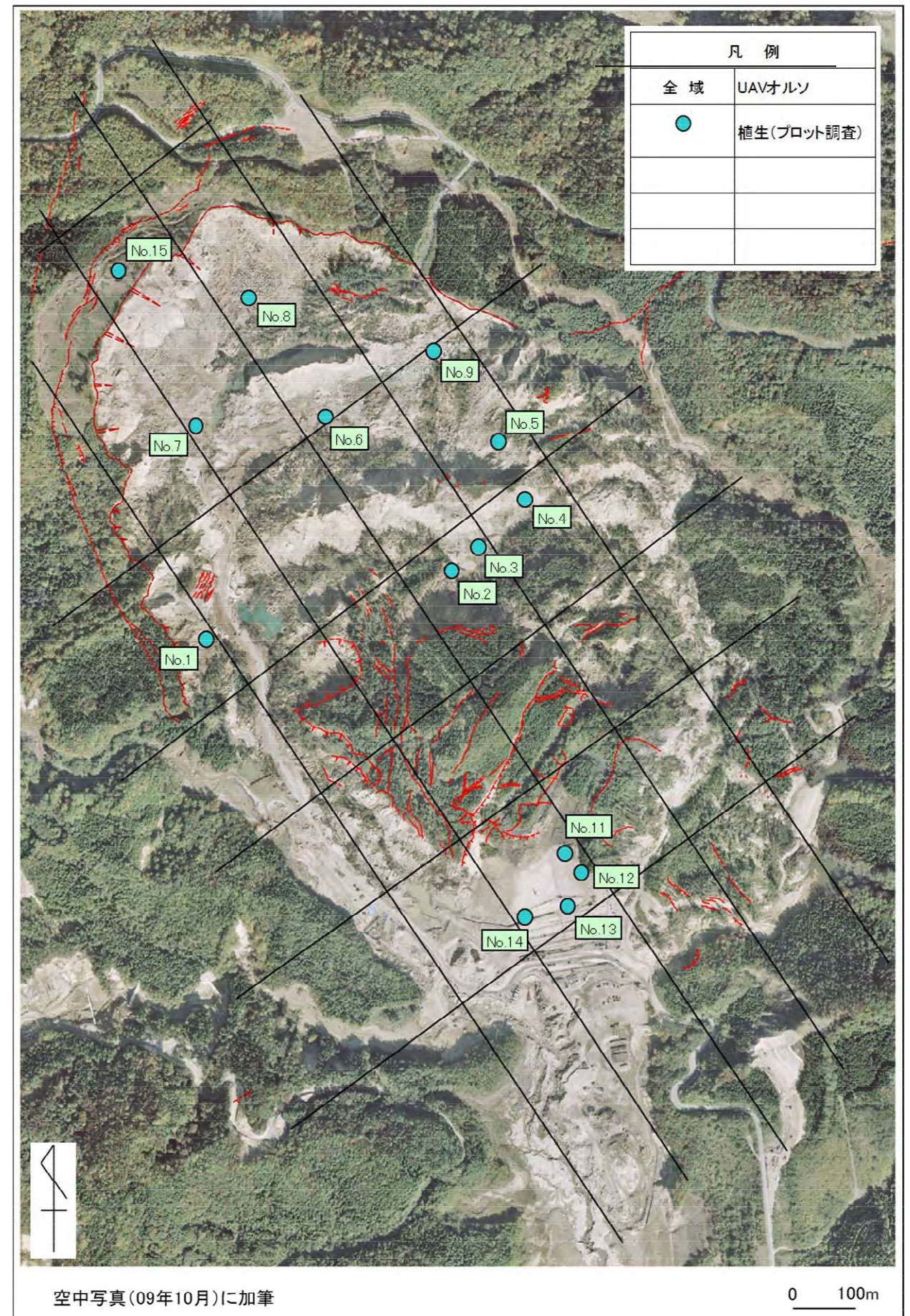


図 3.2 モニタリング計画-2/2 (案)

### 3.2.3 対象イベント（案）

2008年の地すべり発生後、市道馬場駒の湯線の安全確保、荒砥沢ダムへの土砂流出の防止を目的として、冠頭部（滑落崖上部）の排土工、末端ブロックの杭打工・山腹工や湛水・漂流水を速やかに導水するための排水工、流路工などを実施してきた。これらの対策工の効果が発現され、植生の自然侵入も相まって荒砥沢地すべりとその周辺は安定的に推移している。

荒砥沢地すべりの対策方針は、モニタリングを実施しつつ必要最小限の対策を行い、異常が確認された場合に対策を検討することであるが、対象とする事象に対策を要すると判断される異常が発生していないことから、今後は徐々にもモニタリングを軽減することにも配慮する必要がある。

対象とする実施期間内においては、地すべり変動など計器に頼らざるを得ない部分もあるため、当面は、計器による監視と、考えるリスクに生じる異常を速やかに把握するための監視を組み合わせたモニタリング計画として、ゆくゆくは後者のみによる運用が望ましいと考えられる。

リスク異常を発生させる要因（誘因）としては、地すべり、滑落崖、山腹を不安定化させる降雨、地震が考えられることから、両者に対してモニタリング実施のための対象イベントの閾値を検討する。

#### (1) 対象降雨の検討

モニタリングで対応する降雨イベント、2019年検討会までの降雨を参考として、「日雨量：110mm/日」として対応してきた。以降、降雨を経験する中で滑落崖の小規模な崩落、陥没帯の沈下の発生はみられるものの、冠頭部排土面を巻き込んだ崩壊や地すべり全体ブロックの活動は発生していない。

「110mm/日」の目安は、限られた期間の中でより安全側に立った判断であるが、時間の経過とともに増えた降雨回数のもとで発生した事象とを照らして目安を見直すことは現実的な対応と考えられる。

2019年の検討と同様に降雨に対しては、月降雨量、日雨量を指標として検討する。

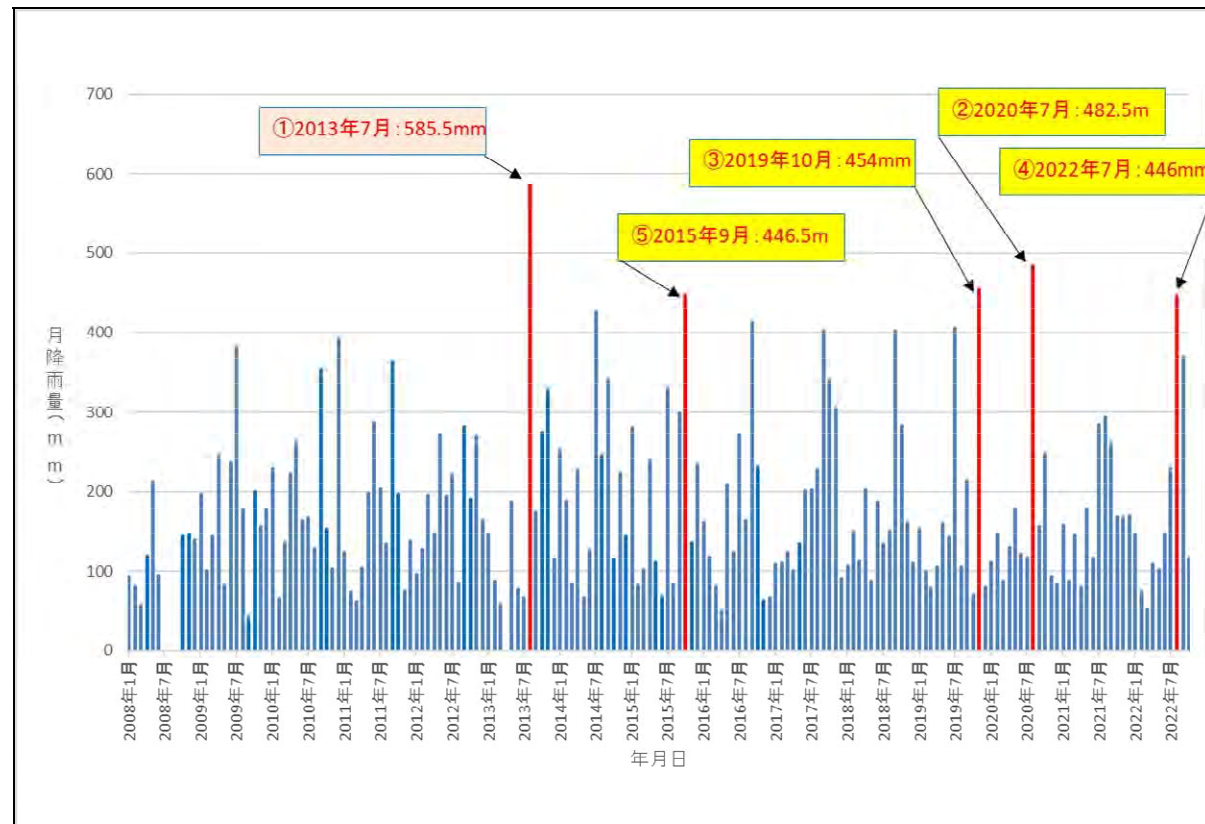


図 3.3 気象庁（駒ノ湯観測所）の月降水量

(2008/6/15-10/21 間に日降水量データがないため7-9月の月間データはゼロ、7、10月データは観測実施日のみの集計としている)

#### (確認された事象)

- ① 2008年の地すべり発生以降、全体ブロックは一体とした地すべり活動は発生していない。
- ② 2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震時、および2022年3月16日の福島沖地震時に滑落崖上部排土面で陥没が進行したが、いずれも滑落崖の小規模な崩落にとどまり、陥没部を含めたような崩壊には至らなかった。
- ③ 滑落崖の端部付近では、概ね開放面に向けて-4~-74mmの鉛直変位が融雪期を挟んだ時期に生じているものの、各点の変位方向、変位量から一体的ではなく、ローカルな範囲の変位と考えられる。
- ④ 冠頭部上部斜面の亀裂は、伸縮計観測、踏査、航空LPの結果から変位は進行していない。

#### (目安とする雨量の提案)

- ① 2013（H23）年以降の最大月降雨量は、2013（H25）年の7月の585.5mm/月を記録。
- ② 2014（H26）年以降は、6-9月の降雨期に毎年400mm/月を超過している。
- ③ 以降、2020年（R1）年7月に482.5mm、2022年（R4）年7月に446mmを記録している。  
→ モニタリングの開始の目安を月降雨量とした場合、モニタリング実施のタイミングを逸する危険があることから日降雨量を参考値として、対象イベント開始の目安とすることが考えられる。

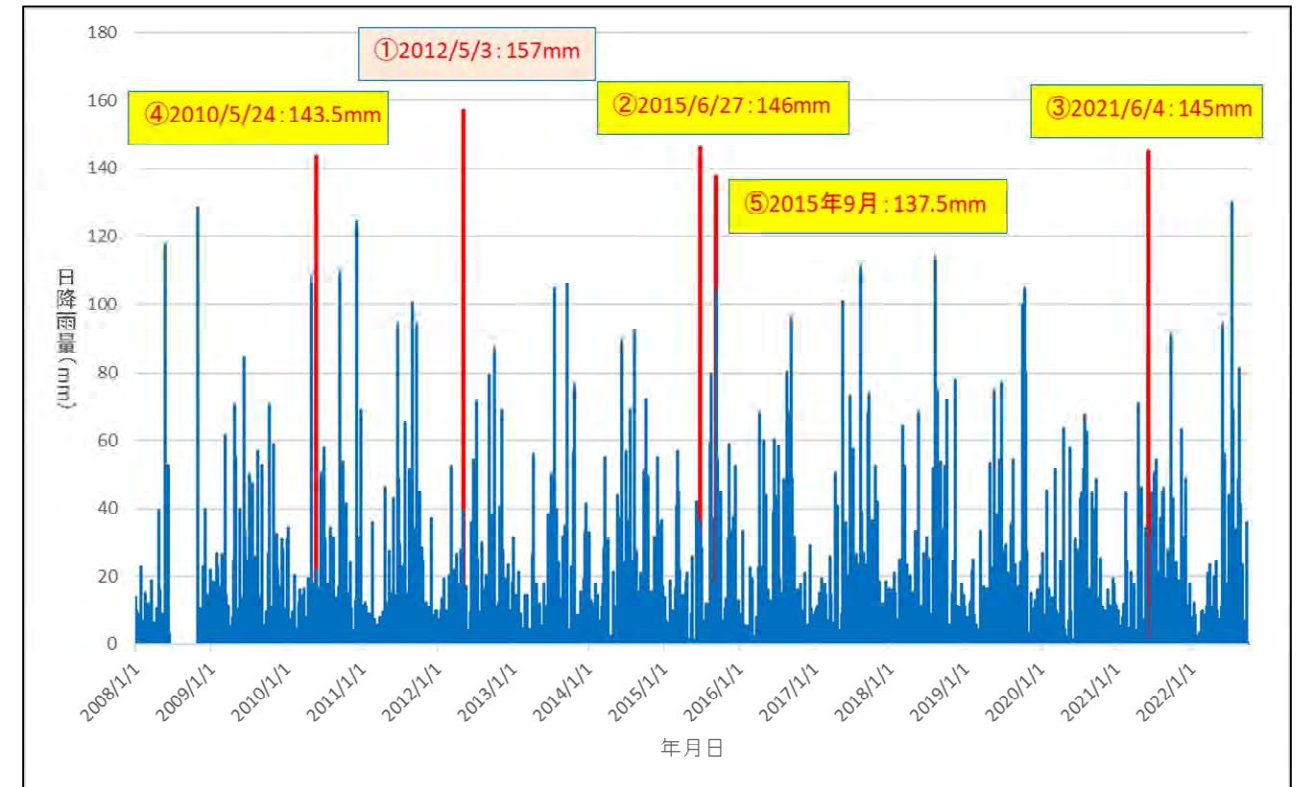


図 3.4 2013（H25）年以降の日雨量

- ④ これまでの日雨量の最大は、2012（H22）年5月3日（157mm）であり、2015年6月27日（146mm）、2021年6月4日（145mm）が次いでいる。日雨量150mm超は一度のみであるのに対して、145mm超は二度の経験している。閾値の引き上げについては慎重を期する観点も必要と考えられることから、日雨量については「145mm/日」を閾値として提案する。

(2) 対象地震の検討

地震と被害の関係は、地震規模、震源の深度、震央からの距離、当該地の地質や堆積環境、地下水条件などにより変化するため、事前に震度や被害を想定することは困難である。

ただし、モニタリングを実施するための対象イベントを絞り込む必要があることから、これまでの荒砥沢地すべり周辺で経験した地震、そして荒砥沢地すべりを誘起した地震と同様の内陸地震と被害の関係から対象とする地震規模を検討する。

表 3.3 に 2011 (H23) 年東北地方太平洋沖地震以降に発生した地震 (気象庁栗原市栗駒観測所での震度 4 以上) を、表 3.4 に内陸型地震での被害例を示した。

表 3.3 気象庁 (栗原市栗駒観測所) の最大震度

地震の発生日	地震の発生時刻	震央地名	深さ	M	最大震度	栗原市栗駒最大震度	備考
2022/3/16	23:36:33	福島県沖	57 km	7.4	震度 6 強	震度 5 強	福島沖地震
2021/5/1	10:27:27	宮城県沖	51 km	6.8	震度 5 強	震度 5 弱	
2021/3/20	18:09:45	宮城県沖	59 km	6.9	震度 5 強	震度 4	
2021/2/13	23:07:51	福島県沖	55 km	7.3	震度 6 強	震度 5 弱	
2020/9/12	11:44:10	宮城県沖	43 km	6.2	震度 4	震度 4	
2015/5/13	6:12:58	宮城県沖	46 km	6.8	震度 5 強	震度 4	
2013/8/4	12:28:51	宮城県沖	58 km	6	震度 5 強	震度 4	
2012/12/7	17:18:31	三陸沖	49 km	7.3	震度 5 弱	震度 4	
2012/3/27	20:00:42	岩手県沖	21 km	6.6	震度 5 弱	震度 4	
2011/7/23	13:34:24	宮城県沖	47 km	6.4	震度 5 強	震度 4	
2011/4/7	23:32:43	宮城県沖	66 km	7.2	震度 6 強	震度 6 弱	
2011/3/31	16:15:30	宮城県沖	47 km	6.1	震度 5 弱	震度 4	
2011/3/28	7:23:57	宮城県沖	32 km	6.5	震度 5 弱	震度 4	
2011/3/24	17:20:59	岩手県沖	34 km	6.2	震度 5 弱	震度 4	
2011/3/12	19:53:28	宮城県沖	20 km	5.8	震度 4	震度 4	
2011/3/12	15:18:39	岩手県沖	44 km	5.5	震度 4	震度 4	
2011/3/12	4:02:57	三陸沖	9 km	6.3	震度 4	震度 4	
2011/3/11	21:15:42	岩手県沖	23 km	5.9	震度 4	震度 4	
2011/3/11	20:36:40	岩手県沖	24 km	6.7	震度 5 弱	震度 4	
2011/3/11	16:29:00	岩手県沖	17 km	6.6	震度 5 強	震度 5 弱	
2011/3/11	15:25:44	三陸沖	11 km	7.5	震度 4	震度 4	
2011/3/11	15:23:06	岩手県沖	31 km	6.1	震度 4	震度 4	
2011/3/11	15:08:53	岩手県沖	32 km	7.4	震度 5 弱	震度 4	
2011/3/11	15:06:11	岩手県沖	29 km	6.5	震度 5 弱	震度 4	
2011/3/11	14:46:18	三陸沖	24 km	9	震度 7	震度 6 弱	東北地方太平洋沖地震
2011/3/9	11:45:13	三陸沖	8 km	7.3	震度 5 弱	震度 4	
2008/7/24	0:26:20	岩手県沿岸北部	108 km	6.8	震度 6 弱	震度 5 弱	
2008/6/16	23:14:38	岩手県内陸南部	7 km	5.3	震度 4	震度 4	
2008/6/14	23:42:32	岩手県内陸南部	6 km	4.9	震度 4	震度 4	
2008/6/14	10:40:00	岩手県内陸南部	7 km	4.8	震度 4	震度 4	
2008/6/14	9:20:12	宮城県北部	7 km	5.7	震度 5 弱	震度 4	
2008/6/14	8:43:45	岩手県内陸南部	8 km	7.2	震度 6 強	震度 6 弱	岩手・宮城内陸地震

表 3.4 内陸型地震での被害例

地震名	発生年月日	M	深度 (km)	最大震度	最大震度箇所	地震の種類	主な被害	死者数 ※行方不明者数含む
濃尾地震	1891(M24)/10/28	8		7	福井県今立郡鯖江	内陸地殻内地震(直下型地震)	家屋全壊142,177棟 延長約76kmの断層出現	7273
三河地震	1945(S20)/1/13	6.8	11	7(推定)	西尾市	大陸プレート内地震 逆断層型	津波8-10m 液状化(矢作古川)、 水田海水没79ha(平坂町)	3432※
兵庫県南部地震	1995(H7)/1/17	7.3	16	7	神戸、洲本 (当時、震度7は計測震度計の 適用外、震度は現地調査によるもの)	内陸地殻内地震、 逆断層・横ずれ断層型	被害総額 約10兆円 周期1、2秒程度のキラーパルス	6434
北海道胆振東部地震	2018 (H30) /9/6	6.7	37	7	北海道厚真町	逆断層型の地殻内地震	支社43名、全壊家屋469棟 崩壊面積推定約13.4km <sup>2</sup> 脆弱地盤、造成地での液状化	43
新潟県中越地震	2004(H16)/10/23	6.8	13	7	川口町川口	大陸内プレート内地震	津波6m 住宅全壊3,174棟 土砂崩れ・崖崩れによる道路寸断 被害総額 3兆円	68
北丹後地震	1927(S2年)/3/7	7.3	18	6	京都府宮津、兵庫豊岡	大陸プレート内地震 左横ずれ及び右横ずれ断層	家屋全壊12,584棟 家屋倒壊率70-90%	2925
丹沢地震	1924(T13)/1/15	7.3	0	6	甲府市	プレート内地震、 関東地震の最大余震	家屋全壊1,200余	19
姉川(江濃)地震	1909(M42)/8/14	6.8		6	滋賀県長浜市	内陸直下型地震	家屋全壊978棟、山崩れ70箇所 長浜市周辺では全半壊率が9割	41
桜島地震	1914(T3)/1/12	7.1	6-10	6	鹿児島市	火山性地震	津波6m	29
但馬地震	1925(T14)/5/23	6.8	0	6	兵庫豊岡町		全壊:1,733棟 家屋倒壊率4割強(豊岡、城崎)	428
北伊豆地震	1930(S5)/11/26	7.3	1	6	三島市	大陸プレート内地震 左横ずれ及び右横ずれ断層	伊豆半島北部の山間部では、山 崩れや崖崩れが多発	272※
西埼玉地震	1931(S6)/9/21	6.9	3	6	埼玉県吹上村	活断層による地震	地面の亀裂、地盤液状化発生	15
鳥取地震	1943(S18)/9/10	7.2	0	6	鳥取市吉方	直下型地震、横ずれ断層型	家屋全壊7,485 木造家屋のほぼ全てが倒壊	1083
福井地震	1948(S23)/6/28	7.1	15	6	福井市	内陸地殻内地震 左横ずれ断層型	全壊家屋36,184戸 福井市内家屋の全壊率79%	3769※
長野県西部地震	1984(S59)/9/14	6.8	5	6(推定)	長野県大滝村	大陸プレート内地震 右横ずれ断層型	御嶽崩れ 最大50m谷を埋積	29
芸予地震	2001(H13)/3/24	6.7	51	6弱	広島河内町	スラブ内地震	被害総額 約193億円	2
2003宮城県北部地震	2003(H15)7/26	6.4	12	6強	宮城県矢本町	内陸地殻内地震	住宅全壊1,276棟	0
福岡県西方沖地震	2005(H17)/3/20	7.0	9	6弱	福岡市	内陸地殻内地震 左横ずれ断層型	住宅全壊144棟 福岡県被害額314.9億円 玄界塚住宅全壊率約5割	1
能登半島地震	2007(H19)/3/25	6.9	11	6強	輪島市	大陸プレート内地震 右横ずれ成分含む逆断層型	津波20cm、家屋全壊686棟 キラーパルス	1
新潟県中越沖地震	2007(H19)/7/16	6.8	17	6強	長岡市、柏崎市	直下型地震(逆断層型)	津波1m 住家全壊1,331棟	15
岩手・宮城内陸地震	2008(H20)/6/14	7.2	8	6強	栗原市一迫、 奥州市衣川区	直下型地震(逆断層型)	一関西観測点4022gal(全方向合 成)は、日本最大値 土砂崩れなどによる国有林の被 害額(約417億円)、宮城県 (1199.9億円)・岩手県(294.4億 円)	17
岩手県沿岸北部地震	2008(H20)/7/24	6.8	108	6弱	岩手県野田村	スラブ内地震(正断層型)	家屋一部損壊379戸	1
1905芸予地震	1905(M38)/6/2	7.25-7.3		5-6	広島市、呉	スラブ内地震		11
仙北地震	1914(T3)/3/15	6.4-7.1		5	秋田県仙北郡神宮寺町	大陸プレート内地震 東傾斜の逆断層型?	家屋の80% 近くが全壊、 人口の10%以上が死傷	94
神奈川県東部地震 (浦賀水道地震)	1922(T11)/4/26	6.8	88	5	東京都大手町		関東大震災の前年	2
島原地震	1922(T11)/12/8	6.9	19	5	長崎市		被害家屋数は2,000超え	26
男鹿地震	1939(S14)/5/1	6.8	0	5	秋田市	内陸地殻内地震 東傾斜の逆断層型	津波10-20cm	27
新潟地震	1964(S39)/6/14	7.5	34	5	長岡、新潟市など	新潟県下越、粟島沖	長周期地震動による液状化 家屋全壊:1,960棟	26
伊豆半島沖地震	1974(S49)/5/9	6.9	9	5	静岡県伊豆町	プレート内地震 右横ずれ断層	山崩れで22戸巻き込まれ 家屋全壊134戸 急傾斜地での山崩れ多発	30
伊豆大島近海地震	1978(S53)/1/14	7.0	15.0	5	伊豆大島	プレート内地震 右横ずれ断層	津波70cm	23
北美濃地震	1961(S36)/8/19	6.5-7.5	10	4	福井県福井	直下型地震	家屋全壊12棟 山崩れ99ヶ所	8
1962宮城県北部地震	1962(S37)/4/30	6.5	19	4	宮城県田尻町		建物全壊340棟	3

(国研)防災科研:防災基礎講座 基礎知識編 地震の基礎知識(p.33 図 6.6 を抜粋し加筆、修正)

表 3.5 気象庁の震度階級

震度階級	地盤の状況	斜面等の状況
5弱	亀裂※ <sup>1</sup> や液状化※ <sup>2</sup> が生じることがある。	落石やがけ崩れが発生することがある。
5強		
6弱	地割れが生じることがある。	がけ崩れや地すべりが発生することがある。
6強	大きな地割れが生じることがある。	がけ崩れが多発し、大規模な地すべりや山体の崩壊が発生することがある※ <sup>3</sup> 。
7		

※1 亀裂は、地割れと同じ現象であるが、ここでは規模の小さい地割れを亀裂として表記している。  
 ※2 地下水位が高い、ゆるい砂地盤では、液状化が発生することがある。液状化が進行すると、地面からの泥水の噴出や地盤沈下が起こり、堤防や岸壁が壊れる、下水管やマンホールが浮き上がる、建物の土台が傾いたり壊れたりするなどの被害が発生することがある。  
 ※3 大規模な地すべりや山体の崩壊等が発生した場合、地形等によっては天然ダムが形成されることがある。また、大量の崩壊土砂が土石流化することもある。

### 1) 栗駒観測所での地震

- 栗駒観測所で観測した震度4以上の地震は、2008年6月14日の岩手・宮城内陸地震以降、同年7月24日発生の地震までは同地震の余震と思われる内陸型地震によるものであるが、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震以降は、岩手県沖、宮城県沖、福島県沖、三陸沖を震源とする海溝型地震によるものである。
- 2008（H20）年6月以降、荒砥沢地すべり近隣の気象庁栗駒観測所での最大震度は、同年6月14日の岩手・宮城内陸地震、2011（H23）年3月11日の東北地方太平洋沖地震時、および同地震の余震とみられる4月7日の震度6弱が最大である。
- 震度5強は、2022（R4）年3月16日の福島沖地震である。
- 震度5弱は、2008（H20）年7月24日、2011（H23）年3月11日、2021（R3）年2月13日、2021（R3）年5月1日に発生した地震によるものである。

### 2) 内陸地震の被害例

表 3.4 は、(国研)防災科学研究所が1900～2013年に日本周辺で発生し、死者を伴った地震を取りまとめたもののうち、マグニチュード6.8以上の地震を抜粋し、一部加筆したものである。

表には、観測された最大地震（一部推定を含む）と被害を併記している。

- 同一震度において被害に差はあるものの、総じて震度の増加に応じて被害の程度も上昇している。
- 岩手・宮城内陸地震と同様の「震度6強」を経験した2003年宮城県北部地震では、海岸近くの山地の少ない矢本町で住宅全壊1,276棟に被害を受けている。
- 内陸地震での「震度5」でも、大きな被害を受けている事例がある。

### 3) 気象庁の震度階級

- 震度5弱が落石やがけ崩れが発生する目安である。

### 4) 荒砥沢地すべりでの観測結果とイベントの整理

- 荒砥沢地すべりは内陸地震に誘起されて発生しており、その後に経験した海溝型地震とは対象とする形態が異なることから一連の比較が難しいが、これまでに発生した最大「震度6弱（2011年4月7日）」では、地すべり変動や滑落崖の大規模な崩壊などは発生していない。

- 地表伸縮計 S-4 をみると、2020年8月～2021年11月の累積変位は、2.2 地表伸縮計（p.8）で述べたように、陥没帯の沈下による変位を伸び変位として計測しているが、2022年3月16日の震度5強時には、+1.8mmの一時的な伸びを記録する一方、震度5弱（2021年2月13日、同5月1日）には2回ともに変位を記録していない。

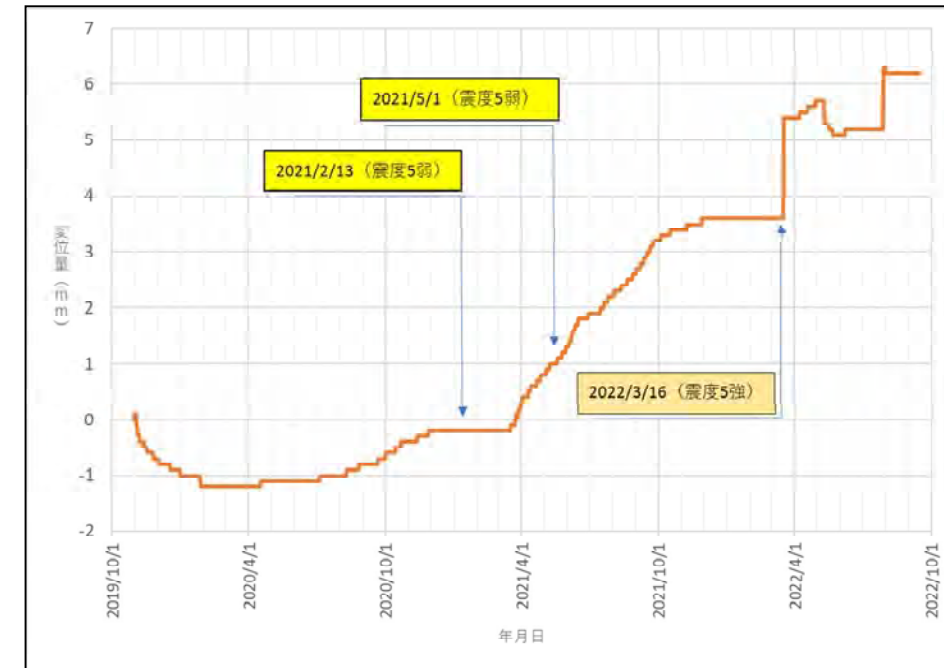


図 3.5 地表伸縮計（S-4）の地震時の反応

- 荒砥沢地すべりは内陸地震の「震度6強」で大きく変位した。
- 内陸地震の事例では、「震度5」でも大きな被害を受けている事例がある一方で、荒砥沢地すべりでは海溝型地震による「震度5強」を1回（2022年3月16日）、「震度5弱」を2回経験（2021年2月13日、同5月1日）したものの、全体ブロック地すべりの変位や滑落崖の変形には及んでいない。
- 「震度5弱」時には、陥没の変位も記録していない。
- このことから、地震イベントの目安を「震度5強」以上とすることが考えられる。

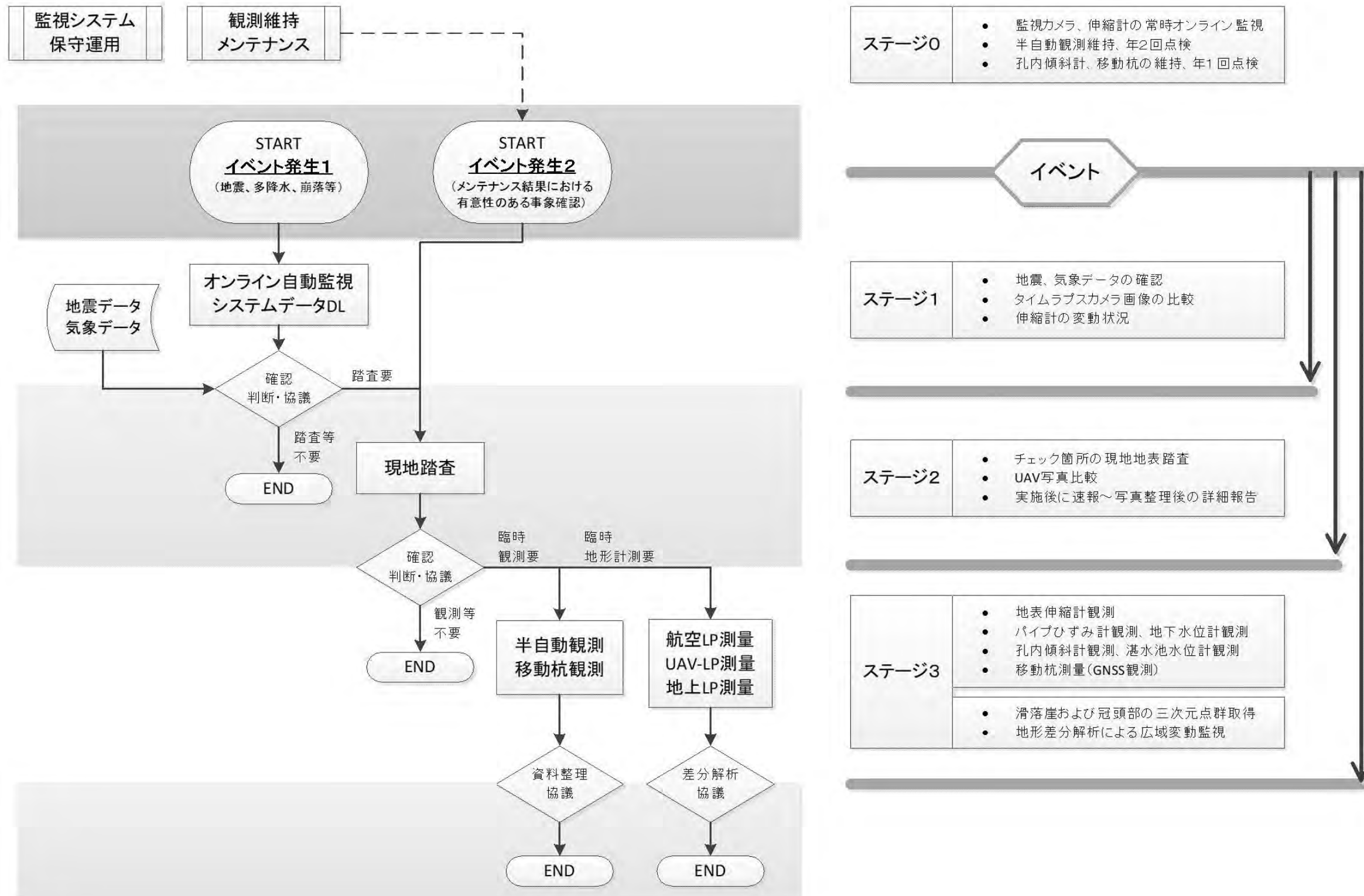
<イベント後のモニタリング開始の目安（案）>

- 降雨：145mm/日以上
- 地震：震度5強以上（近隣観測所）

### 3.2.4 イベント後のモニタリング対応フロー(案)

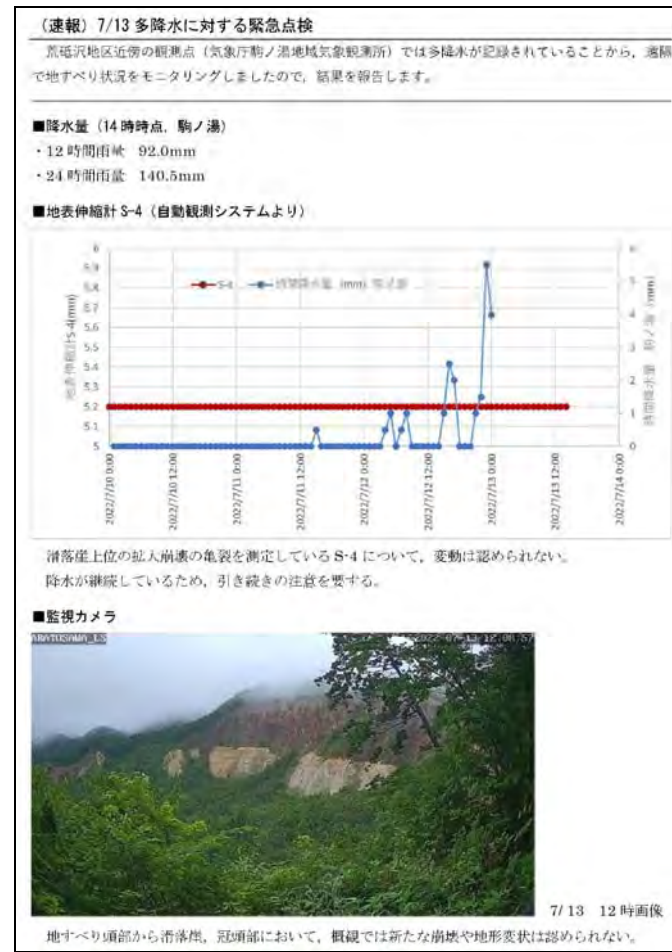
対象規模の降雨と地震によるイベント時においては、モニタリング体制として遠隔監視システムによる遠隔調査から現地踏査、計器観測と計測によるモニタリングを行う計画である。また計器メンテナンス時には、データ回収と確認ですべり等の可能性を示す有意性のある変動をとらえた場合には、イベントして取り扱う。

イベント後のモニタリングは3つの段階で進める。ステージ1は速報性が高く、特に多降水後や地震後の現地の安全性把握が目的である。ステージ2は発生後1～2日後のUAV（ドローン）併用による現地踏査により、地すべり等の地表面象の確認比較による変動考察を目的とする。ステージ3はデータ回収や計測と解析により変動の検証を目的として実施する。



(1) 遠隔監視

オンラインによる自動監視システムは、監視カメラと拡大すべり監視用の地表伸縮計S-4を対象としている。

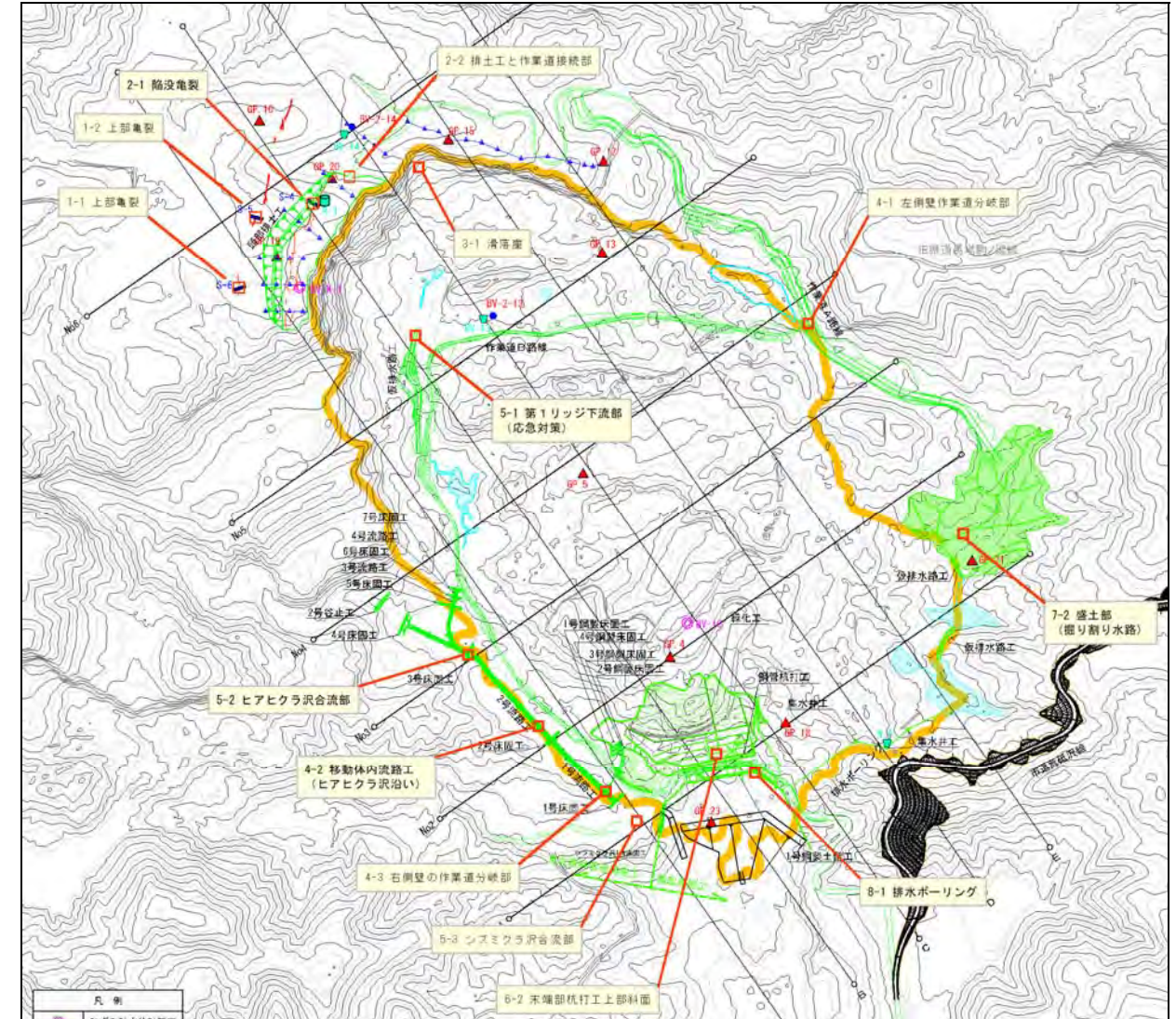


R4.7.13 多降水後の遠隔監視(第1報)事例

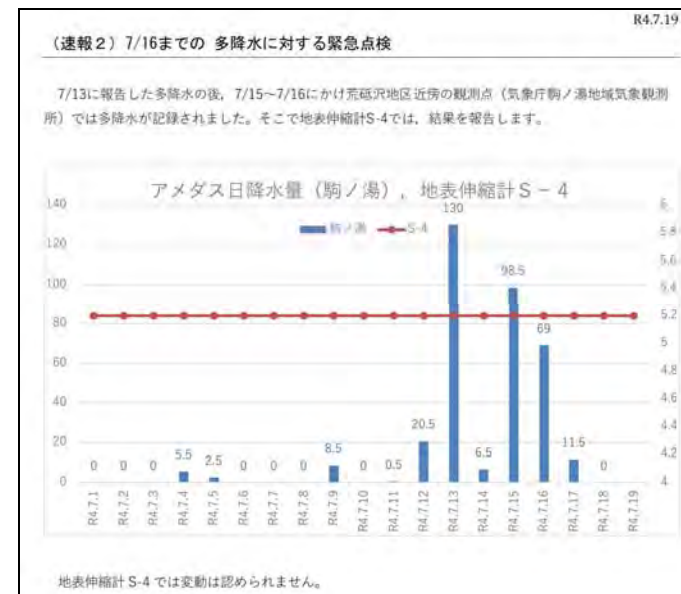
平面図(自動監視システム設置箇所)

(2) 現地踏査

多降水後の現地踏査は、監視定点の亀裂や施設変形状況の比較確認によって実施している。



R4.7.19 多降水後の現地踏査(報告)の事例



R4.7.19 多降水後の遠隔監視(第2報)事例

### 3.2.5 イベント後のモニタリング箇所（現地定点踏査）

荒砥沢地すべりのリスクは、全体ブロックの滑動、末端部ロックの単独の滑動、拡大崩壊の発生であり、今後は、これらの現象を把握しうるモニタリング計画が必要である。これらの現象が発生しているのか否かを判断するためのポイントの絞りこみを行う。

#### (1) 荒砥沢地すべりの特徴

- ① 滑落崖は最大 150m（排土により最大約 120m に縮小）の落差がある（崖面上部付近においてに崖面に向けた変位が発生している）
- ② すべり面傾斜がほぼ水平に近く、移動体は 300m 以上移動している（地すべり変位は観測されていない）
- ③ 滑落崖上部排土面に拡大亀裂（陥没）が発生（現在も地震時などに進行している）
- ④ 冠頭部上部（冠頭部排土面の上部に亀裂がある（亀裂の変位は確認されていない）
- ⑤ 全体ブロックの末端部は、西側（図 3.6 の左側）は地形がダム湖に向けて開放し、東側（同右側）は対岸衝突しており、全体ブロックが一体としては不安定化しにくい形状である

#### (2) 荒砥沢地すべりの対策

- ① 排土工：拡大崩壊を抑制するために滑落上部斜面を約 34.5 万 m<sup>3</sup> 排土している。
- ② 第 1 リッジの西側などではブロック内での湧水が多く湛水を形成し、ヒアヒクラ沢と合流し、さらにシズミクラ沢と合流して流下している。この流路は地すべりにより強制的に転移したもので、全体ブロック内、地すべり移動土塊内を流下しているため、流路の固定、侵食の防止のために新たに形成された流路に沿って流路工が施工されている。
- ③ 末端ブロックは、ダム湖に向けて地形が開放しているために、全体ブロック滑動時に小ブロック化しており、この対策として杭打工、排土工が施工されている。
- ④ 末端部ブロックがダム湖に向けて開放しているのに対して、東側は全体ブロック滑動時に対岸衝突し谷をせき止めて湛水を形成している。流水による侵食は堰止め部の決壊等を生じさせかねないことから、応急対策としてライナープレートによる縦坑と排水ボーリングによる排水がなされ、恒久対策としてトンネルによる導水が計画されている。

#### (3) 現象が健在化しやすい箇所

- ① 地すべり・陥没亀裂の発生域と未発生域の境界部（移動体と縁辺部）  
→ 亀裂（開口）、段差、盛り上がりなど
- ② ①の近接部で施工された対策工等の構造物  
→ 道路などの人工構造物へ変形が生じやすく、把握が容易である。
- ③ 滑落崖端部 → 崩落、崩壊
- ④ 地形、立木などの変化  
→ これまでの継続的な観測で把握している箇所に絞り、変化を把握する。

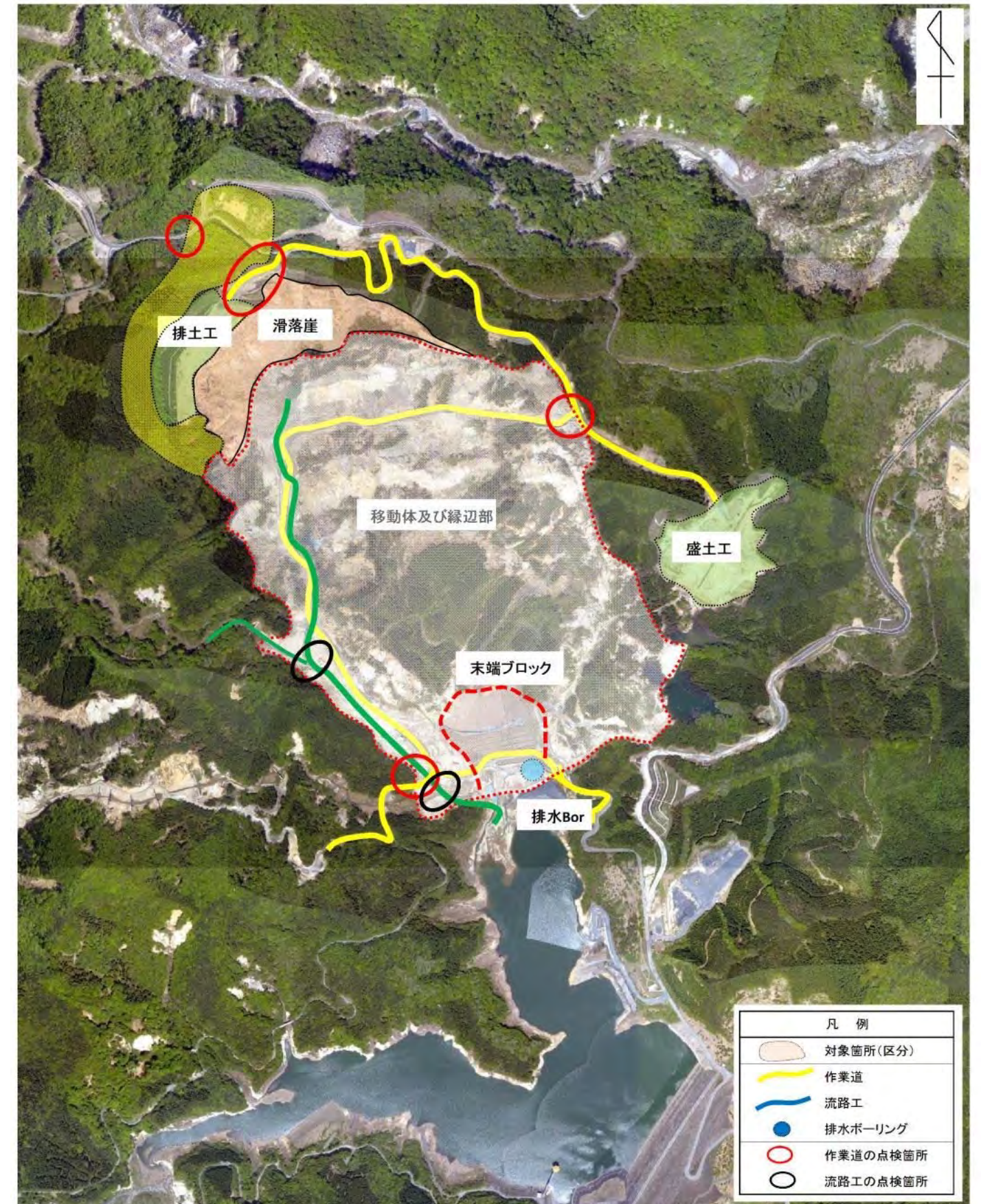


図 3.6 モニタリング箇所（案）

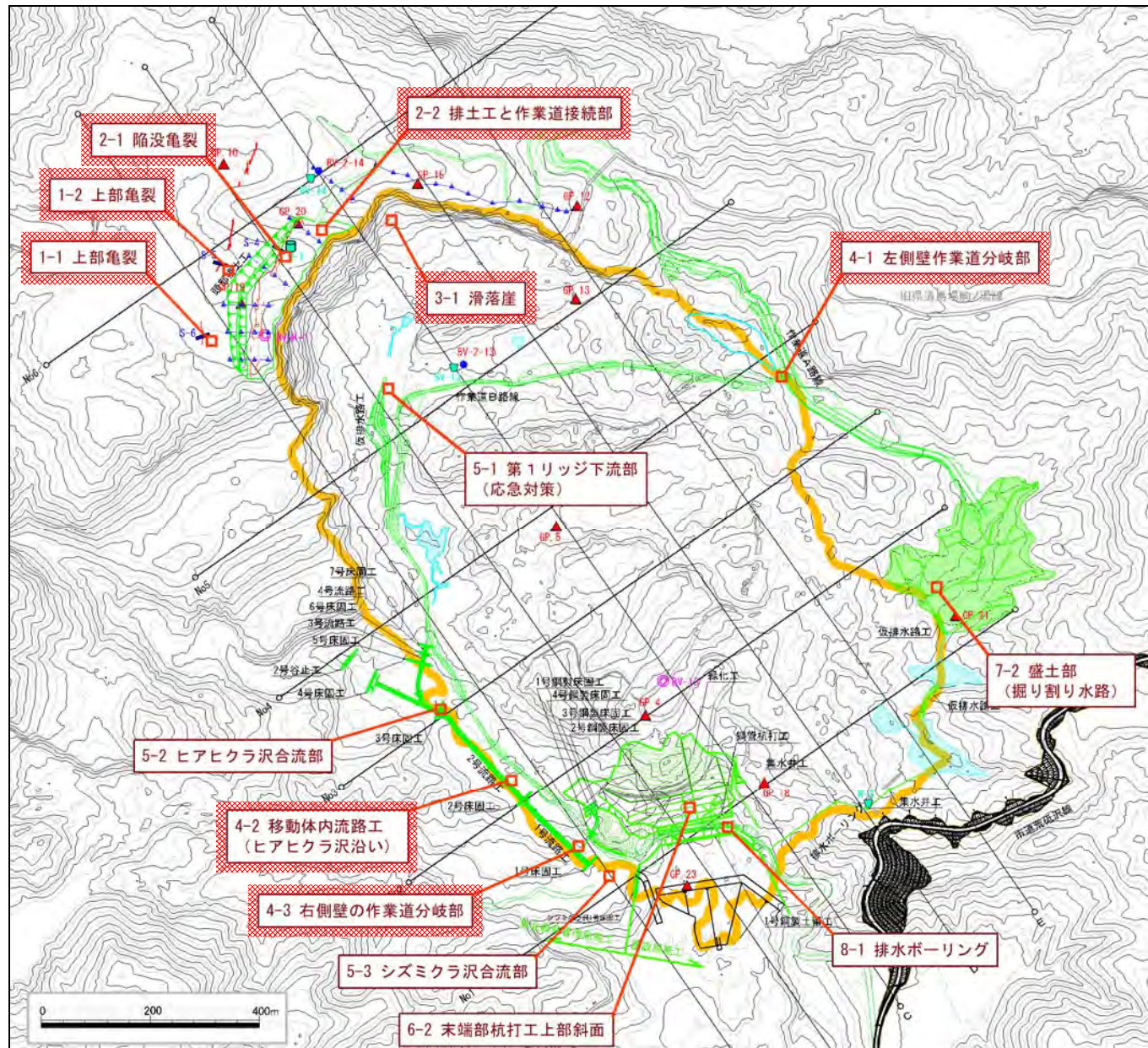
図 3.6 にモニタリングに着目する箇所を、表 3.6 に着目箇所と手法について示す。



表 3.6 モニタリング着目箇所と手法

No.	箇所	写真位置・方向等			計測等	状態確認	現地確認における留意点
		位置	写真番号	撮影対象			
1	上部亀裂	S-6 S-5	1-1 1-2	亀裂の高さ、開口巾	亀裂(目視確認) 観測施設(変形目視確認)	① 亀裂の状態(新鮮 新鮮ではない 不明)	伸縮計施設は R5 以降は撤去済。 事前に計測場所を決め、同じ箇所を観察する
2	排土工	S-4	2-1	陥没亀裂の深さ 伸縮計施設の側面	亀裂の目視確認 伸縮計施設の変形目視確認	① 亀裂の状態(新鮮 新鮮ではない 不明) ② 伸縮計施設の変形(変形あり 変形なし)	事前(ステージ1)で自動観測で変動状況を確認する
		作業道	2-2	道路変形状況に応じて 不明の場合は道中心線	ポール等	① 排土工と作業道接続部付近変状 ② 作業道谷側(滑落崖側)の沈下変形、崩落等	植生で隠れない道路は変位が現れやすく重点的に観察する
3	滑落崖	第1リッジ西端	3	全体(写真、動画)	UAVによる空撮	① 軽石質凝灰岩表面(亀裂 剥がれ 変形なし) ② 熔結凝灰岩表面と崖錐(崩壊 変化なし)	静止画と動画を撮影し、持ち帰った動画から新しい崩壊の有無を確認する
4	移動体内	変位確認箇所	4-1	道路変形状況に応じて 不明の場合は道中心線	UAVにより、作業道などの人工構造物の変形確認	① 変状の状態(亀裂、開き、段差、盛り上がり、崩落等)	植生で隠れない道路や対策施設、崖面を重点的に観察する
	移動体縁辺部	左側壁側 作業道分岐部	4-2	道路変形状況に応じて 不明時は側壁横断部	ポール等	① 作業道の状態(せん断亀裂、段差、亀裂方向、配置等) ② 流路工の変状(護岸の転倒、背面の地下、断面現象)	縁辺部にある構造物は全体ブロックが滑動すればせん断破壊を受ける。 ・道路のせん断変形、開口亀裂 ・溪間工、橋梁の変形 など
		右側壁側の作業道分岐部	4-3	道路と流路工の変形 不明時は道路と橋	ポール等、UAV空撮		
5	流路工	・第1リッジ下流の流路工未施工部 ・ヒアヒクラ沢合流部 ・シヅミクラ沢合流部	5-1 5-2 5-3	対策施設の変形に応じて	UAVによる空撮	① 第1リッジから流路工未施工部の溪床、溪岸の侵食 ② 流路工施工部(護岸工の転倒、背面の侵食、底部ブロックの変形) ③ 各合流部での流水の濁り等	全体ブロックが滑動する場合には移動体縁辺部として変形を受ける 流路工は侵食による変形可能性あり
6	末端ブロック	・末端ブロック ・排土法面	6-1 6-2	変形に応じて	UAVによる空撮	① 地表面の変位(亀裂有無 亀裂方向 亀裂配置) ② 植生(乱れ 枯れ) ③ 作業道(変形 亀裂 線形異常の発生)	排土工と杭工の施工斜面であり、亀裂や段差形成がないことを確認する。
7	盛土工	・盛土全体 ・掘り割り水路	7-1 7-2	変形に応じて	UAVによる空撮	① 盛土変状の有無、異常湧水や濁りの有無 ② 掘り割り水路の底面洗掘、側面侵食の有無	盛土の変形は、盛土下端部の斜面と水路に現れやすい
8	湛水池排水施設	排水流末	8	排水管の流末状況	UAVによる空撮	① 排水量の低下 ② 排水の濁り等	異常な流量低下は排水管の変形等による機能不全の可能性あり

(4) 定点踏査の実施



2-1 陥没亀裂



- 地表伸縮計 S-4 亀裂陥没
- ・ 観測施設変形の有無, 新鮮な亀裂の確認
  - ・ 自動観測データにより事前データ確認

2-2 排土域



- 排土域の排土域の接続部
- ・ 作業道谷側 (写真左側) の変形, 崩落の有無
  - ・ 排土域における新たな亀裂や沈下の有無

3-1 滑落崖



- ・ 軽石凝灰岩層 (下層) 亀裂拡大・剥がれの有無
- ・ 溶結凝灰岩層 (上層) と崖錐に新たな変状の有無

4-1 移動体内



- ・ 道路にせん断変形や開口亀裂の有無

4-2 左側壁



- 左側壁, 作業道分岐部
- ・ 作業道路面における変状の有無

4-3 (1) 右側壁



- 右側壁, 作業道分岐部
- ・ 作業道および橋梁における変状の有無

1-1 上部亀裂

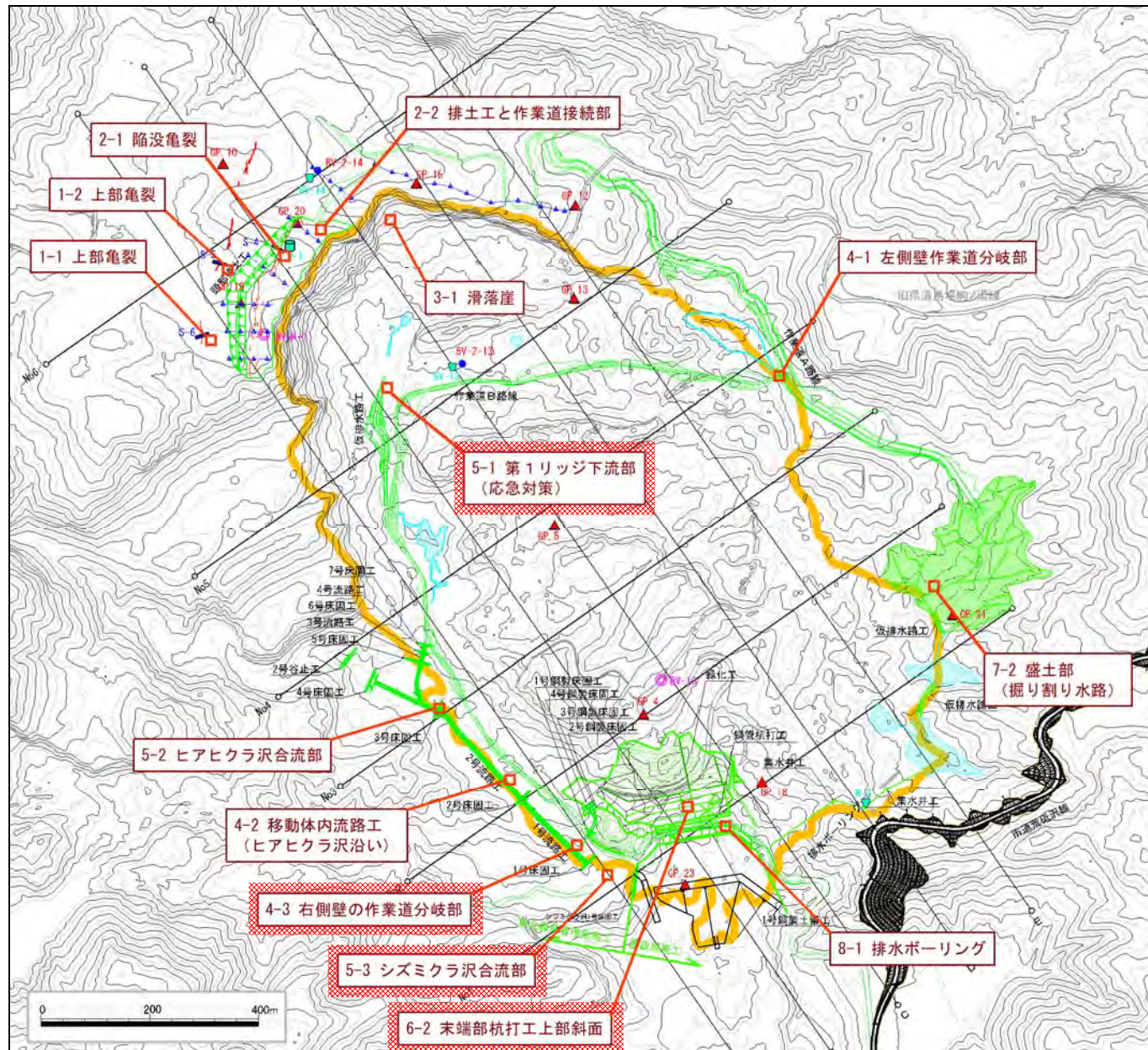


- S-5 位置の開口亀裂
- ・ 伸縮計施設は R5 撤去
  - ・ 新鮮な亀裂の確認

1-2 上部亀裂



- S-6 位置の開口亀裂
- ・ 伸縮計施設は R5 撤去
  - ・ 新鮮な亀裂の確認



5-2 (1) 流路工, ヒアヒクラ沢合流部



流路工施工区間

移動体縁端部として変形の有無

5-2 (2) 同, 合流部拡大



護岸転倒, 背面浸食, 底部ブロック変形等の異常の有無

5-3 (1) 流路工, シズミクラ沢合流部



濁り等の異常の有無

5-3 (2) 同, 合流部拡大



同左

6-1 末端ブロック



地表面に変状や土砂流出の有無

6-2 同, 法面部拡大



植生や水路工に変状の有無

4-3 (2) 右側壁



右側壁, 作業道分岐部

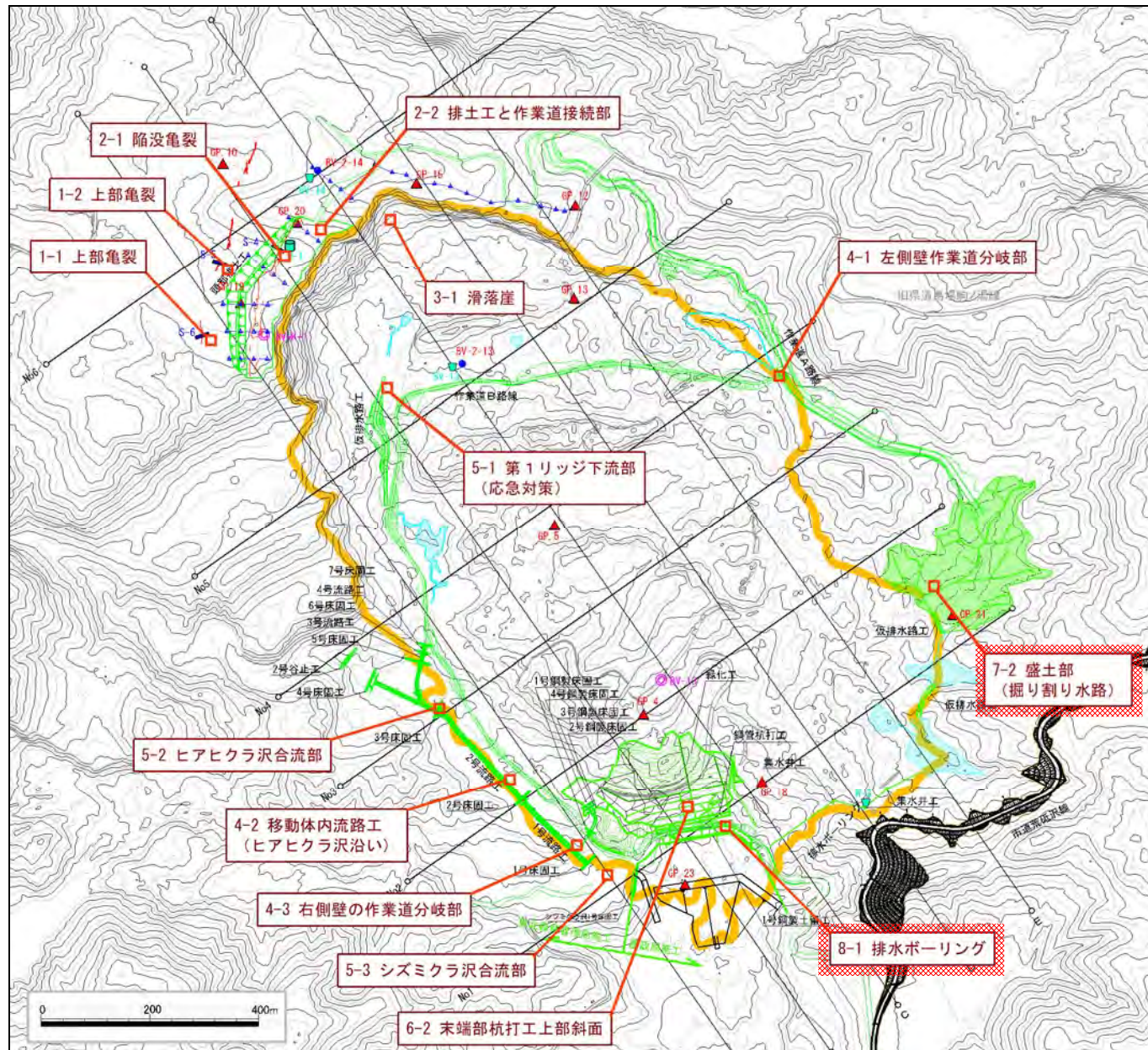
・ 作業道および橋梁に変状の有無

5-1 流路工, 第1リッジ下流

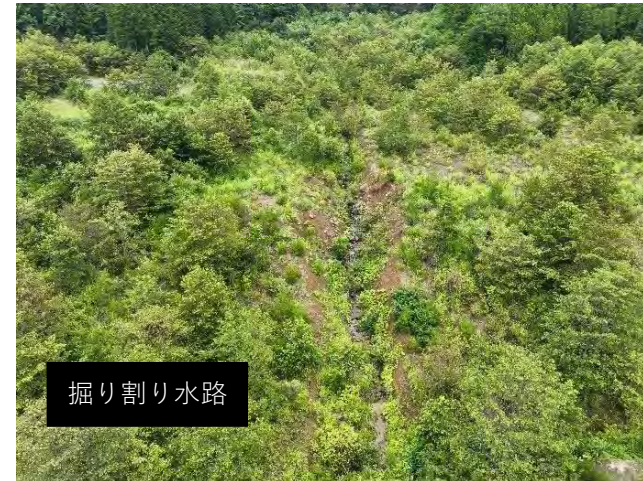


第1リッジから流路工施工区間まで  
仮設流路工区間

・ 溪床, 溪岸の浸食の有無



7-2 (1) 盛土中央の流路工



掘り割り水路

掘り割り水路や周辺の盛土における変状の有無

7-2 (2) 同, 流路部拡大



水路の底面洗掘や側面浸食の有無

8-1 (1) 排水施設流末



排水に濁り等の異常の有無

8-1 (2) 同, 流末拡大



排水流末

排水流量の異常な減少等の確認

その他 作業道の洗掘など (例)



地内の作業道路床の洗掘  
車両通行への支障など



洗掘状況

同左

7-1 (1) 盛土部



盛土部全体における変状の有無

7-1 (2) 同, 盛土法面拡大



盛土法面～湛水池

盛土部下端の法面における変状の有無