

手取川上流崩壊地に関する技術検討会 資料

手取川上流崩壊地に関する技術検討会 議事次第	1
手取川上流崩壊地に関する技術検討会の目的（技術検討会趣旨説明）	1
1. 大汝国有林の崩壊地概要および現在までの経緯	2
1.1 崩壊地の概要	2
1.2 現在までの事業経緯と現地環境の変遷	5
1.3 崩壊地の概要および年度別対策工実施内容について	9
2. 平成30年度大汝国有林モニタリング手法検討委員会まとめと現地調査結果	10
2.1 検討委員会概要	10
2.2 治山対策のモニタリングの手法	11
2.3 治山対策のモニタリング結果の評価方法の確立	14
2.4 施工効果の確認	15
3. 次年度以降における治山対策について	25
3.1 現段階での初期緑化目標達成状況	25
3.2 今後の治山対策内容の検討	26
3.3 今後の流れ	27

日時：令和元年11月20日（水） 14：00～16：00

場所：金沢勤労者プラザ

近畿中国森林管理局

手取川上流崩壊地に関する技術検討会 議事次第

日時：令和元年 11 月 20 日（水） 14：00～16：00

場所：金沢勤労者プラザ

議事次第

1. 開会（事務局）
2. 開会の挨拶（近畿中国森林管理局 計画保全部 部長 松永 彦次）
3. 議 事
 - ① 大汝国有林の崩壊地概要および現在までの経緯
 - ② 平成 30 年度大汝国有林モニタリング手法検討委員会まとめと現地調査結果
 - ③ 次年度以降における治山対策について
4. 閉会の挨拶（近畿中国森林管理局 計画保全部 治山課 課長 蓮尾 秀平）
5. 閉会（事務局）

【技術検討会名簿】

委員名簿（五十音順）

こすぎ けんいちろう 小杉 賢一朗	京都大学大学院 農学研究科 教授
だいまる ひろむね 大丸 裕武	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究ディレクター
たかみ けいじ 高瀬 恵次	石川県立大学 生物資源環境学部 環境科学科 特任教授
なかの ゆうじ 中野 裕司	特定非営利活動法人 日本緑化工協会 理事長
やない せいじ 柳井 清治	石川県立大学 生物資源環境学部 環境科学科 教授

オブザーバー名簿

ふくだ みつお 福田 光生	国土交通省 北陸地方整備局 河川部 地域河川調整官
ふくい ともゆき 福井 智之	環境省 中部地方環境事務所 国立公園課 課長
おおさわ あんせい 大澤 安声	農林水産省 北陸農政局 農村振興部 防災課 課長補佐
いのうえ かずたか 井上 一隆	石川県 農林水産部 森林管理課 担当課長
よしもと けんじ 吉元 研司	石川県 土木部 砂防課 担当課長
きづ まさひと 木津 正人	石川県 土木部 河川課 担当課長
ひがしもと きよたか 東元 清隆	白山市 産業部 部長

手取川上流崩壊地に関する技術検討会の目的（技術検討会趣旨説明）

石川県白山市大汝国有林（中ノ川中流右岸）では小規模な崩壊地が存在していることが以前より確認されていたが、平成 26 年 11 月に手取川において濁水が発生（小規模崩壊発生）し、平成 27 年 5 月上旬に再び濁水が発生する被害が生じた。現地調査の結果、斜面長約 800m、幅 200m の規模で崩壊が発生しており（以下、本崩壊が発生した範囲を「崩壊地」と記載する）、流出土砂により中ノ川が一部堰き止められ、越流水が濁水となって流下しているのが認められた。

平成 27 年には、応急対策として吹付工、袋型根固工が実施され、平成 28 年には袋型土留工、航空緑化導入工、侵食防止工が実施されている。その後、平成 28 年の現地調査を踏まえて、平成 29 年 2 月 3 日の技術検討会において、崩壊地における立地環境を見極めながら、5 年程度の期間をもって緑化対策を講じていくことが必要であるとの意見が示され、平成 29 年には航空緑化導入工、航空コア緑化工、袋型石詰筋工が実施された。平成 30 年には航空緑化導入工、航空コア緑化工、袋型石詰筋工が実施されている。

以上の条件を踏まえた上で、平成 30 年に「大汝国有林モニタリング手法検討委員会」を計 2 回開催し、石川県白山市の大汝国有林内崩壊地にて実施されている治山事業について、対策工種ごとの施工効果を把握するための調査項目、方法を、現地調査結果を基に検討し、当崩壊地に適用できるモニタリング手法を策定した。

令和元年は、策定したモニタリング手法を適用した最初の年であり、手法を基とした現地調査を実施した。また、令和元年には航空緑化導入工、航空コア緑化工が実施されている。

このような状況を踏まえた、本技術検討会の目的を以下に示す。

- 「手取川上流崩壊地に関する技術検討会」（以下、「技術検討会」と記載する）の目的
- 現地調査により実施されたモニタリング調査の結果を踏まえ、大汝国有林における「治山対策のモニタリングの手法（モニタリングの具体的手法）の妥当性」、「治山対策のモニタリング結果の評価方法の確立」、「施工効果の確認」について検証を行う。また、施工効果に基づき、次年度以降における治山対策について検討を行うことを目的とする。

1. 大汝国有林の崩壊地概要および現在までの経緯

1.1 崩壊地の概要

1.1.1 位置, 地形

○崩壊地位置

手取川上流約 60km 大汝国有林 中ノ川右岸に位置する。

○地形概要

崩壊地は、金沢市から南へ約 60km 離れた白山連峰（標高 2702m）の北東山麓を流れる、手取川の支流中ノ川に位置し、中ノ川右岸斜面（標高 1200～1500 m）で発生している。

中ノ川流域は、地形開析・表層侵食が著しく、V字谷が深く発達するが崩壊地上部は比較的なだらかな山腹斜面（平均傾斜角度約 30°）を残す幼年地形を成す。このV字谷は、高さ 100～300 m の侵食崖を形成し、急峻な地形（傾斜角度約 40～50°）を形作っている。



図 1.1 崩壊地位置図

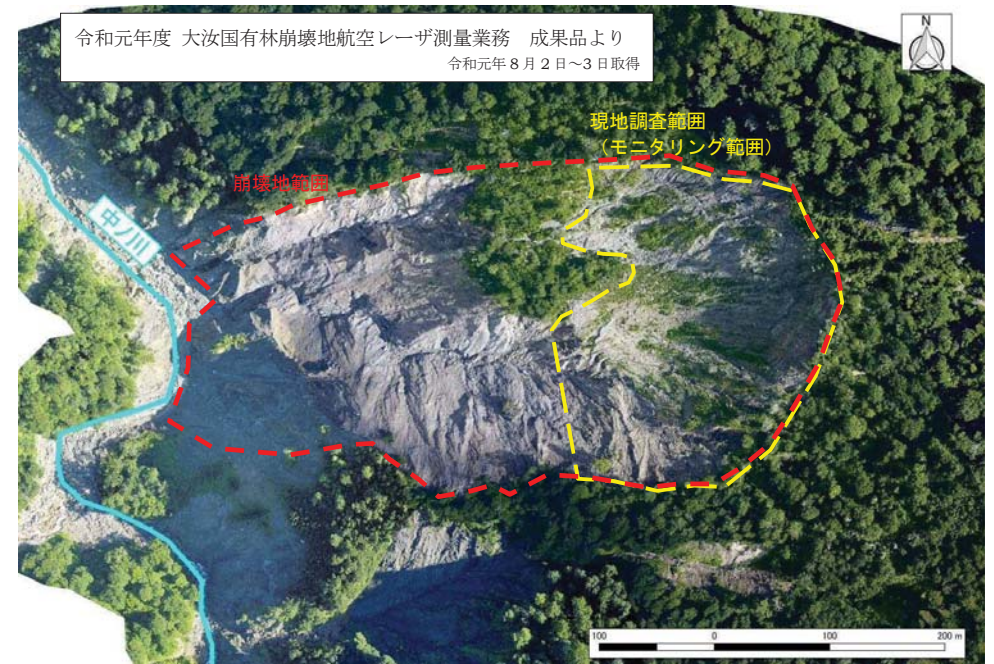


図 1.2 崩壊地オルソ画像

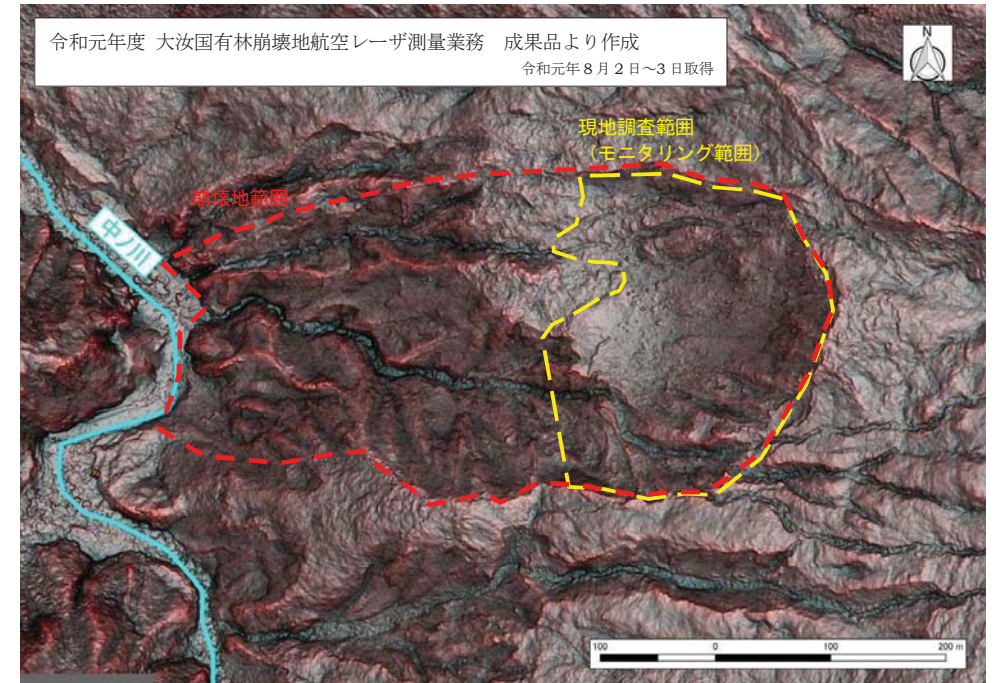
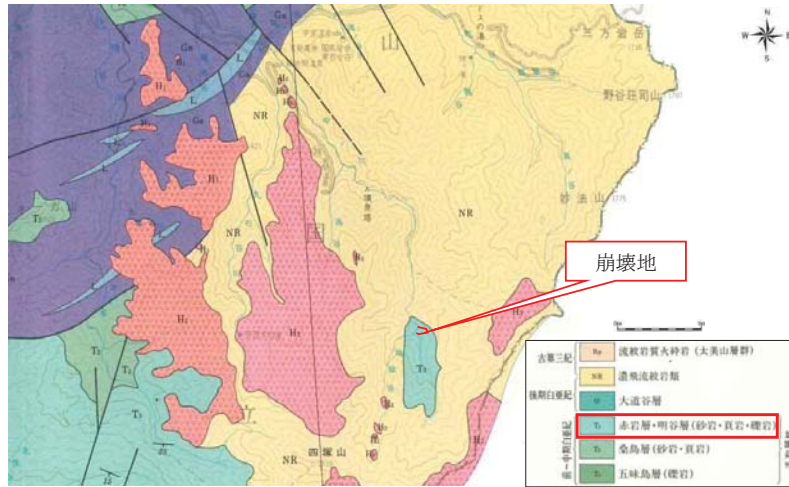


図 1.3 崩壊地微地形図

1.1.2 地質状況

崩壊地の地質は、白亜系手取層群赤岩・明谷層、および第四系の古白山火山噴出物、崩積土からなる。

赤岩層・明谷層は、脆弱な頁岩・砂岩・礫岩より構成され、節理が発達している。古白山火山噴出物も節理が発達した濃飛流紋岩類よりなり、赤岩層・明谷層および古白山火山噴出物とも非常に脆弱な地質特性を有している。



新版・石川県地質図 (1993年 石川県 北陸地質研究所) より抜粋・一部加筆
図 1.4 地質図

1.1.3 気象状況

崩壊地は、日本海気候区で2000m級の山系にあり、変動の激しい気象条件を有している。豪雪地帯で、春季は融雪水による増水が激しく、年平均降水量(10年平均)は3000mm程度の多雨地帯で、夏期は高山帯特有の苛烈な豪雨が発生するなど、崩壊や溪流の荒廃が発生しやすい、極めて厳しい気象条件下にある。



図 1.5 アメダス位置図 (左: 白山白峰, 右: 白川)

気象庁 HP より抜粋

表 1.1 年別の気象状況

観測所	白山白峰			白川			白川	
	降水量 (mm)			気温 (°C)			積雪 (cm)	
	年間降水量	日最大降水量	時間最大降水量	平均気温	最高気温	最低気温	最深積雪深	積雪の合計
2009	2757.0	119.0	43.0	11.1	33.1	-10.8	112	561
2010	3311.0	100.0	34.5	12.0	35.2	-10.5	243	940
2011	3234.5	113.0	45.5	10.6	34.7	-13.6	244	1051
2012	2877.5	80.5	30.5	10.5	36.3	-13.4	218	1081
2013	3381.0	204.5	43.0	10.8	33.7	-13.3	188	1002
2014	2942.5	97.5	29.5	10.5	35.2	-11.7	116	665
2015	2673.5	70.5	30.0	11.1	33.6	-11.0	236	1223
2016	2512.0	90.0	54.0	11.8	33.5	-11.0	102	477
2017	3399.5	156.5	37.5	10.3	34.8	-11.3	198	787
2018	3256.5	203.0	44.5	11.6	35.8	-11.1	236	943
平均	3034.5	123.5	39.2	11.0	34.6	-11.8	189	873

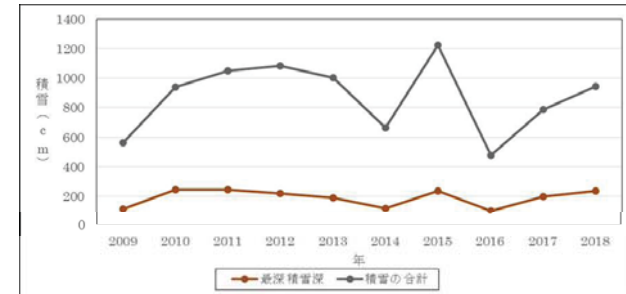
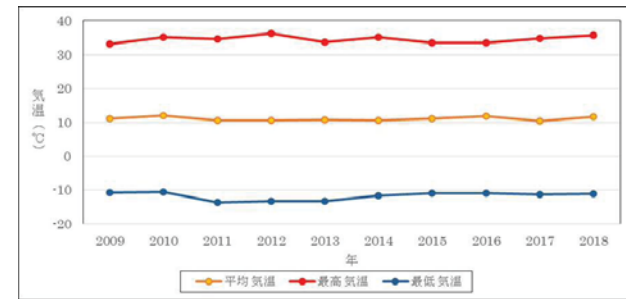
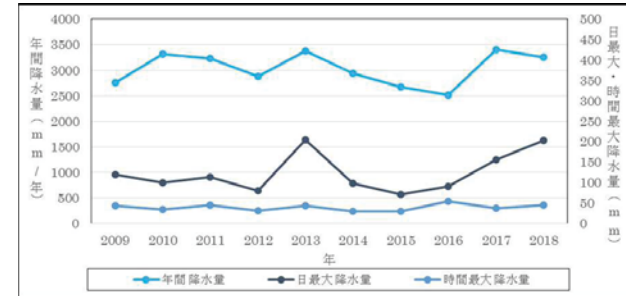


図 1.6 年別の気象状況グラフ (上から, 降水量, 気温, 積雪)

1.1.4 崩壊地内土壌条件（平成 28 年度調査時）



図 1.7 土壌条件測定位置図

(1) 物理性（土壌硬度）

崩壊地内 7 箇所にて測定した（測定位置は図 1.7 青丸箇所）。

測定値は 10mm～13mm となった。

表 1.2 崩壊地内土壌物理性（土壌硬度）測定結果

生育基盤の硬度	植物の生育状態
10mm 未満	・乾燥のため発芽不良となる。
粘性土 10～23mm 砂質土 10～27mm	・根系の伸長は良好である（草本類では肥沃な土である場合）。 ・樹木の植栽に適する。
粘性土 23～30mm 砂質土 27～30mm	・木本類の一部のものを除いて根系の伸長が妨げられる。
30mm 以上	・根系の伸長はほとんど不可能である。
軟岩・硬岩	・岩に亀裂がある場合には、木本類の根系の伸長は可能である。

(2) 化学性

崩壊地内 3 箇所にて採取した試料を基に測定した（測定位置は図 1.7 赤丸箇所）。

表 1.3 分析結果一覧表

項目	単位	測定値（試料ごと）		
		①	②	③
pH(H ₂ O)	—	8.79	8.74	8.59
電気伝導度 EC	mS/cm	0.070	0.102	0.073
腐植含有量	%	0.38	1.05	0.88
全炭素	%	1.6	1.9	2.0
全窒素	%	0.006	0.013	0.020
C/N 比	—	261.02	142.78	101.51
陽イオン交換容量 CEC	meq/100g	3.7	5.4	5.6
塩基飽和度	%	183	319	183
アンモニア態窒素 NH ₄ -N	mg/100g	0.7	0.6	0.9
硝酸態窒素 NO ₃ -N	mg/100g	-	-	0.1
有効態リン酸 P ₂ O ₅	mg/100g	6.7	16.3	8.3
リン酸吸収係数 P-abc	—	393	628	442
交換性カルシウム CaO	mg/100g	147	417	221
交換性マグネシウム MgO	mg/100g	24.4	42.8	40.6
交換性カリウム K ₂ O	mg/100g	10.7	10.8	13.1
交換性ナトリウム Na ₂ O	mg/100g	1.8	2.2	2.0

表 1.4 pH, EC, CEC の適正範囲

分析項目	測定結果			養分状態		
	1	2	3	不良	適正值	高い
pH(H ₂ O)	8.79	8.74	8.59			③ ① ②
電気伝導度 (EC)	0.07	0.102	0.073	① ③ ②		
陽イオン交換容量 (CEC)	3.70	5.40	5.60	① ③ ②		

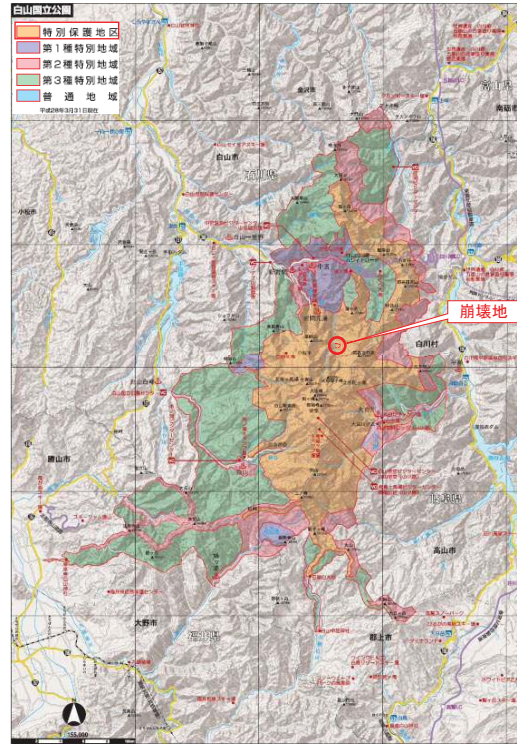
1.1.5 法規制

崩壊地周辺は、水源かん養保安林および白山国立公園の特別保護地区等に指定されている。

<規制内容>

自然公園法第21条第3項において、特別保護地区内における木竹の伐採、土地の形状の変更、植物の種子を播くこと等については、環境大臣の許可が必要である旨が規定されている。

関係法令等	主な調査項目
森林法	保安林、保安施設地区(山地災害危険地区)
地すべり等防止法	地すべり防止区域(地すべり危険地区)等
漁業法	内水面における漁業権
水産資源保護法	保護水面
文化財保護法	史跡、名勝、天然記念物
河川法	河川区域
砂防法	砂防指定地(土石流危険渓流)
土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律	土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険地区(急傾斜地崩壊危険箇所)
海岸法	海岸保全区域、一般公共海岸区域
自然公園法	国立公園、国定公園、都道府県立自然公園
自然環境保全法	自然環境保全地域
絶滅のおそれのある野生動物植物の種の保存に関する法律	生息地等保護区
鳥獣保護及狩猟に関する法律	鳥獣保護区
その他	関連自治体の条例、国有林の機能類型、保護林



(財)自然公園財団 HP より 白山国立公園 地権区分図 一部抜粋, 加筆修正
図 1.8 白山国立公園範囲

1.2 現在までの事業経緯と現地環境の変遷

1.2.1 事業経緯

(1) 全体計画の考え方 (平成 28 年度技術検討会資料より)

<これまでの対策の評価>

- ①手取川の土砂移動、濁度の変化については、さらに詳細な検討が必要であるが、これまでのデータに基づけば斜面の移動と土砂流出量は減少してきていると考えられる。
- ②現地調査の結果、崩壊斜面上部において植生回復の兆しが見られたことも踏まえ、当該崩壊地における対策は、緑化工を主体としたものを継続することが適当である。

<今後の対策の方向性>

- ①崩壊地における立地環境を見極めながら、5 年程度の期間をもって緑化対策を講じていく必要がある。
- ②対策の実施に当たっては、種子等の散布により植生回復を進める箇所、自然回復を促す箇所に分け、メリハリをつけて集中的な対策を行っていく必要がある。
- ③崩壊地を全面的に緑化することは非常に困難であるが、困難な場所においても、新たな技術開発により緑化の可能性を検討する必要がある。また、植生回復を促すための土壌づくりにも取り組む必要がある。
- ④現地に直接アクセスし、工事の起点となるベースを設置することは非常に困難であると思われるが、対策の進捗状況については、現地の情報収集による施工効果のモニタリングを行う必要がある。
- ⑤周辺の地域と同様な現象が発生することも想定して、流域全体で濁水対応を検討していくなど、引き続き関係機関との連携が重要である。

「手取川上流崩壊地に関する技術検討会」の概要について (平成 29 年 2 月 7 日) 抜粋, 一部加筆・修正

○対策工の方針について：崩壊地内を地帯区分した上で、ヘリコプターによる対策工を実施する。

区分名	ゾーンの状況と対策の方向性
A	崩壊地内でも比較的平坦な箇所であり、土留工等が施工されて安定しつつある。土留工の上部を中心に種子による緑化を検討(水・肥料等を混合した資材の活用)
B	急傾斜で乾燥している箇所。現地の個々の状況を踏まえつつ部分的な緑化を検討。
C	崩壊地内の沢地形近辺であり、比較的湿潤な箇所。ヤナギの枝を活用した緑化を検討。
D	急傾斜で乾燥している箇所。現地の個々の状況を踏まえつつ部分的な緑化を検討。
E	傾斜は比較的急だが、自然植生の侵入が確認される箇所。自然植生の侵入がみられることを踏まえ、土壌改良による緑化の進展を検討。
F	リル・ガリの発達地帯で、小規模な崩壊が発生する非常に急傾斜な箇所。急傾斜地のためヘリ作業が困難であることから、今後土壌改良や種子による緑化についての手法を検討。



平成 28 年度技術検討会資料 (平成 29 年 2 月 7 日 林野庁プレスリリース資料) を基に作成
図 1.9 崩壊地対策工全体計画の方針について

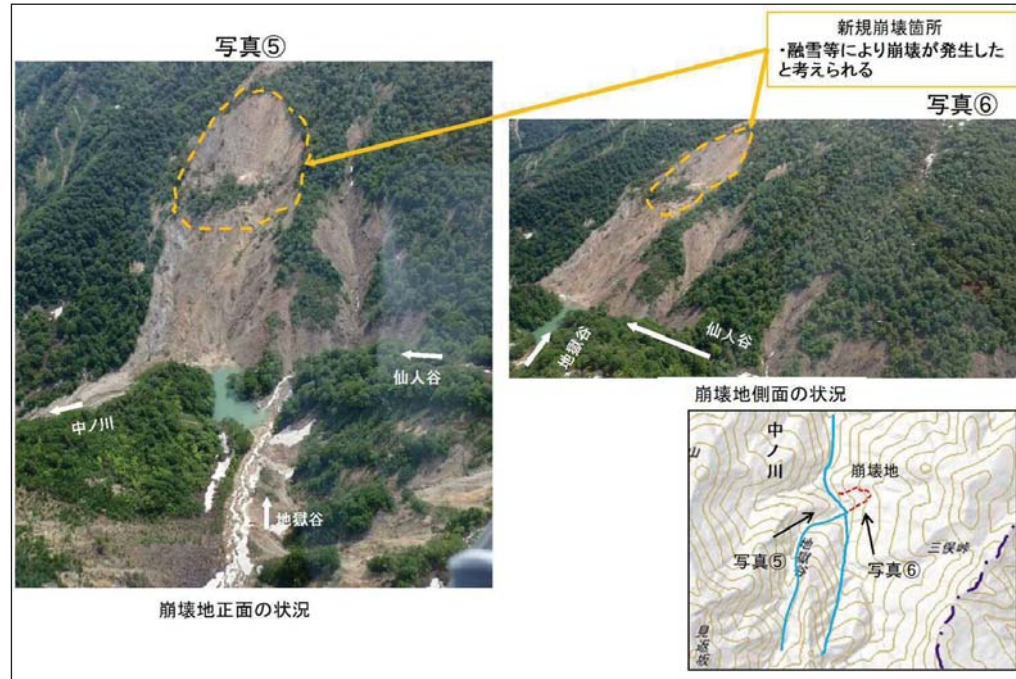
(2) 崩壊発生～現在までの事業経緯の詳細

表 1.5 崩壊発生～現在までの経緯

年度	日時	イベント	備考	対策工内容	調査・計測 (実施業者)
	～1950年代	小規模な崩壊地の存在を確認。	顕著な拡大崩壊は無し (～2014年)	無し	
平成26年度 (2014年度)	2014年11月	手取川において濁水発生	小規模崩壊発生	無し	
平成27年度 (2015年度)	2015年5月上旬	手取川において濁水発生	拡大崩壊発生	<ul style="list-style-type: none"> 7月14日～8月27日 吹付工 施工実施。 9月14日～9月21日 土留工 施工実施。 	平成27年度 治山流域別調査 (加賀森林計画区) 別冊 大汝崩壊地 全体計画調査 ((株) 森林テクニクス)
		ヘリによる現地調査を含む技術的検討	学識経験者を含む		
	2015年6月12日	対策工法の決定	吹付工, 土留工		
	2015年10月1日	現地踏査, ヘリ調査実施	局, 署, 学識経験者による		
	2015年10月27日				
2016年2月3日	「手取川上流崩壊地に関する技術検討会」開催	「技術検討会」で今後の対策の方針を決定			
平成28年度 (2016年度)	2016年4月19日	ヘリコプターによる融雪後の崩壊地調査	目立った拡大崩壊は無し。	<ul style="list-style-type: none"> 6月16日～7月18日 袋型土留工 施工実施。 7月1日 航空緑化導入工 (ヤナギの枝散布) 施工実施。 8月1日～8月2日 航空緑化導入工 (混合資材散布) 施工実施。 8月4日～8月21日 侵食防止工 施工実施。 	平成28年度 大汝国有林崩壊地治山全体計画調査業務 (国土防災技術 (株))
	2016年10月12日	緑化用種子採取			
	2017年2月3日	「手取川上流崩壊地に関する技術検討会」開催			
平成29年度 (2017年度)	2017年5月30日	ヘリコプターによる融雪後の崩壊地調査	目立った拡大崩壊は無し。既設袋型土留工, 侵食防止工に変状は確認されず。	<ul style="list-style-type: none"> 6月12日～6月22日 以下の対策工を施工実施。航空緑化導入工 (緑化工A): 在来種子, 肥料, 等の散布 (緑化工B): 肥料等の散布 (緑化工C): ヤナギの枝散布, 侵食防止材等の散布 航空コア緑化工: 水溶性ペレット散布 6月22日～8月4日 袋型石詰筋工 施工実施。 	平成29年度 大汝国有林植生等データ収集業務 ((株) 緑化技研) 平成29年度 大汝国有林崩壊地航空レーザ測量業務 (中日本航空 (株))
	2017年10月11日	緑化用種子採取			
平成30年度 (2018年度)	2018年6月8日	崩壊地 ヘリによる現状確認	林野庁, 技術検討会委員 合同	<ul style="list-style-type: none"> 6月21日～6月26日 以下の対策工を施工実施。航空緑化導入工 (緑化工A): 在来種子, 肥料等の散布 (緑化工B): 肥料等の散布 (緑化工C): ヤナギの枝散布, 侵食防止材等の散布 航空コア緑化工: 水溶性ペレット散布 6月26日～8月21日 袋型石詰筋工 施工実施。 	大汝国有林における治山対策のモニタリング手法検討業務 (国土防災技術 (株)) 平成30年度大汝国有林崩壊地航空レーザ測量業務 (国際航業 (株))
	2018年8月31日	第1回大汝国有林モニタリング手法検討委員会 開催			
	2018年10月15日	緑化用種子採取			
	2018年12月20日	第2回大汝国有林モニタリング手法検討委員会 開催			
令和元年度 (2019年度)	2019年5月22日	崩壊地 ヘリによる現状確認	林野庁, 技術検討会委員 合同	<ul style="list-style-type: none"> 6月13日～6月20日 以下の対策工を施工実施。航空緑化導入工 (緑化導入工A): 在来種子, 肥料等の散布 航空コア緑化工A: 水溶性ペレット散布 航空コア緑化工B: 麻袋にヤナギ, 赤玉土 	大汝国有林における治山対策のモニタリング及び技術検討業務 (国土防災技術 (株)) 令和元年度大汝国有林崩壊地航空レーザ測量業務 (アジア航測 (株))
	2019年10月9日	緑化用種子採取			
	2019年11月20日	技術検討会 開催			

<年度ごとの崩壊地全景写真> (写真は全てプレスリリース資料より)

平成 27 年度 (平成 27 年 6 月 2 日)



平成 27 年度応急対策工
実施内容

- ・ 7 月 14 日～8 月 27 日
吹付工 施工実施。
- ・ 9 月 14 日～9 月 21 日
土留工 施工実施。

平成 28 年度 (平成 28 年 8 月 21 日)



平成 28 年度対策工
実施内容

- ・ 6 月 16 日～7 月 18 日
袋型土留工 施工実施。
- ・ 7 月 1 日
航空緑化導入工 (ヤナギの枝散布) 施工実施。
- ・ 8 月 1 日～8 月 2 日
航空緑化導入工 (混合資材散布) 施工実施。
- ・ 8 月 4 日～8 月 21 日
侵食防止工 施工実施。

平成 29 年度 (平成 29 年 8 月 4 日)



平成 29 年度対策工
実施内容

- ・ 6 月 12 日～6 月 22 日
以下の対策工を施工
実施。
- 航空緑化導入工
(緑化工 A) : 在来種子、
肥料、等の散布
(緑化工 B) : 肥料等の散布
(緑化工 C) : ヤナギの枝
散布、侵食防止材等の
散布
- 航空コア緑化工 : 水溶性
ペレット散布
- ・ 6 月 22 日～8 月 4 日
袋型石詰筋工 施工実施。

平成 30 年度 (平成 30 年 8 月 21 日)



平成 30 年度対策工
実施内容

- ・ 6 月 21 日～6 月 26 日
以下の対策工を施工
実施。
- 航空緑化導入工
(緑化工 A) : 在来種子、
肥料、等の散布
(緑化工 B) : 肥料等の散布
(緑化工 C) : ヤナギの枝
散布、侵食防止材等の
散布
- 航空コア緑化工
: 水溶性ペレット散布
- ・ 6 月 26 日～8 月 21 日
袋型石詰筋工 施工実施。

令和元年度 (令和元年 6 月 20 日)



令和元年度対策工
実施内容

- ・ 6 月 13 日～6 月 20 日
以下の対策工を施工
実施。
- 航空緑化導入工
(緑化導入工 A) : 在来種子、
肥料等の散布
- 航空コア緑化工 A
: 水溶性ペレット散布
- 航空コア緑化工 B
: 麻袋にヤナギ、赤玉土

1.2.2 現在までの現地環境の変遷

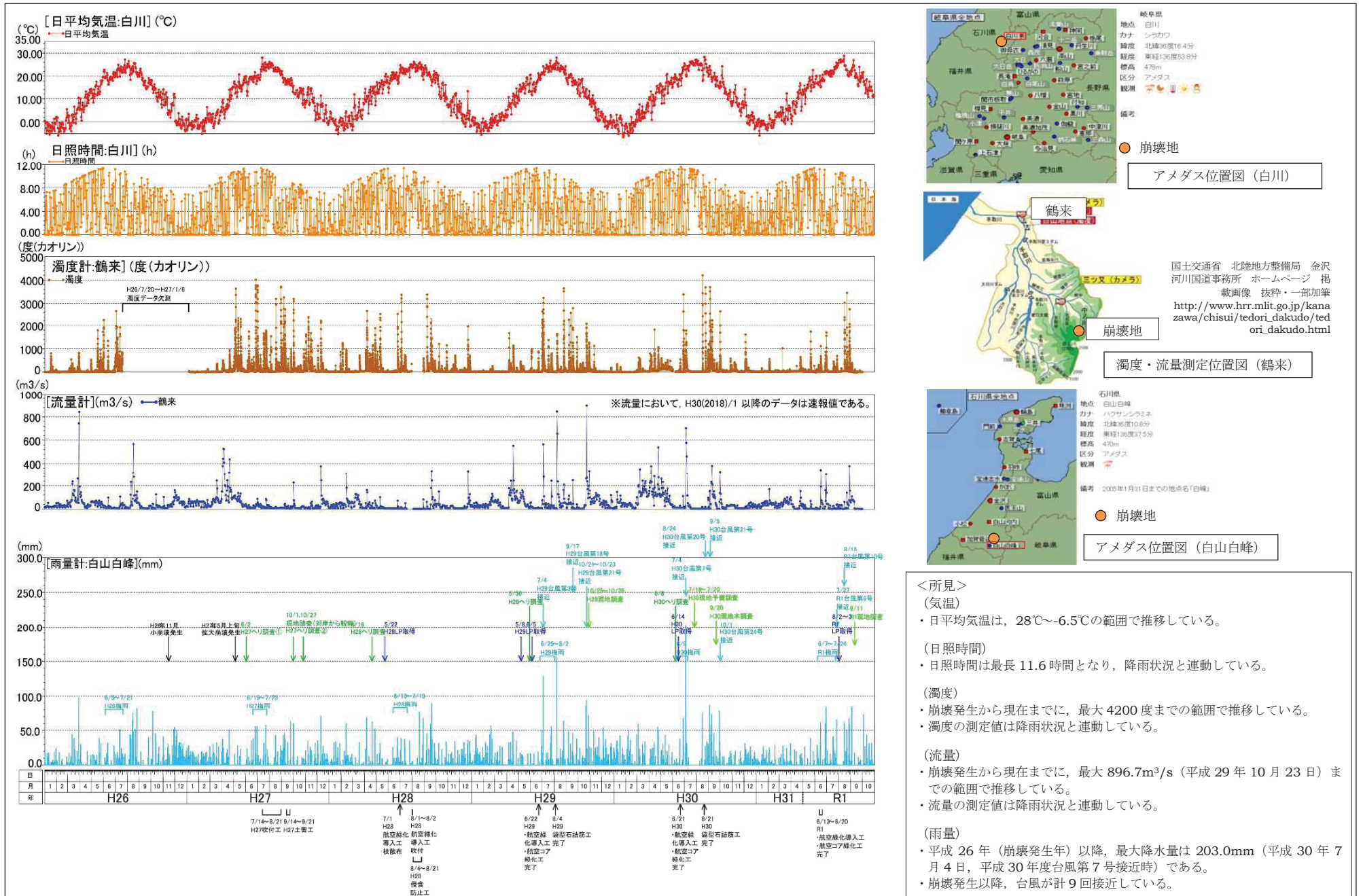


図 1.10 総括対比図 (気温-日照時間-濁度-流量-雨量)

1.3 崩壊地の概要および年度別対策工実施内容について

表 1.6 崩壊地の概要

項目	説明
地形・地質状況	<ul style="list-style-type: none"> 崩壊地の規模が大規模である。 崩壊地の斜面は平均傾斜約 30°，下部の最急部で 40～50° と急峻な地形である。 崩壊面には火山砕屑物や凝灰岩等の非常に脆い基岩が露出している。 崩壊地表面の土質は、岩塊や礫が主体となる。 土壌の pH 値は中性～アルカリ性を示す。
気象状況	<ul style="list-style-type: none"> 標高 1200m～1500m 程度に位置する山間部斜面であり、強風、低温、強い紫外線を受ける環境にある。 多雨地域（年平均降水量（10 年平均）は 3000mm 程度、雨水による侵食が懸念される） 豪雪地帯（冬季の積雪深は 5m 以上、場所によっては 10m 以上となる。） 崩壊発生から現在まで 9 回の台風接近による降雨を経験。 日平均気温は 28℃～-6.5℃の範囲で推移している。 降雨状況と連動して、手取川の濁度の上昇が確認された。
法規制	・白山国立公園の特別保護地区である。
採用工法	・ヘリコプターによる対策工を実施する。

表 1.7 年度別の対策工実施内容一覧表

工法分類		対策工実施内容									
		平成 27 年度 (7/14～9/21)		平成 28 年度 (6/16～8/21)		平成 29 年度 (6/12～8/4)		平成 30 年度 (6/21～8/21)		令和元年度 (6/13～6/20)	
工法分類	説明	対策工名	施工内容	対策工名	施工内容	対策工名	施工内容	対策工名	施工内容	対策工名	施工内容
航空実播工	在来種子+肥料+土壌改良材等の散布	—	—	—	—	航空緑化導入工 (緑化工 A)	在来種子、肥料等の散布	航空緑化導入工 (緑化導入工 A)	在来種子、肥料等の散布	航空緑化導入工 (緑化導入工 A)	在来種子、肥料等の散布
自然侵入促進工	肥料+土壌改良材等の散布	—	—	—	—	航空緑化導入工 (緑化工 B)	肥料等の散布	航空緑化導入工 (緑化導入工 B)	肥料等の散布	—	—
スラリー+挿枝散布	土壌改良材等の散布+挿枝散布	—	—	航空緑化導入工	ヤナギの枝を裁断し水、肥料等との混合資材による吹付	航空緑化導入工 (緑化工 C)	ヤナギの枝等の散布	航空緑化導入工 (緑化導入工 C)	ヤナギの枝等の散布	—	—
コア実播	水溶性容器(在来種子+肥料内蔵)の散布	—	—	—	—	航空コア緑化工	種子、肥料、保水等剤入りの水溶紙製ペレットを散布	航空コア緑化工 A	種子、肥料、保水等剤入りの水溶紙製ペレットを散布	航空コア緑化工 A	種子、肥料、保水等剤入りの水溶紙製ペレットを散布
挿し木袋散布	麻製土のう袋(ヤナギ挿し木入り)の散布	—	—	航空緑化導入工	<ul style="list-style-type: none"> ヤナギの挿し木、赤玉土入りの麻袋を散布(挿し木散布工 A) ヤナギの枝のみ、散布(挿し木散布工 B) 	—	—	航空コア緑化工 B	ヤナギの挿し木、赤玉土入りの麻袋を散布	航空コア緑化工 B	ヤナギの挿し木、赤玉土入りの麻袋を散布
袋型石詰筋工	再生ポリエステル製ラッシュェル網の袋を使用した石詰袋を筋状に設置する	土留工	大石入りの袋を設置	袋型土留工	大石入りの袋を設置	袋型石詰筋工	大石入りの袋を設置	袋型石詰筋工	大石入りの袋を設置	—	—
侵食防止工	侵食防止剤の散布	吹付工	固化系侵食防止剤の散布(セメント系含む)	侵食防止工	侵食防止剤の散布	—	—	—	—	—	—

2. 平成 30 年度大汝国有林モニタリング手法検討委員会まとめと現地調査結果

2.1 検討委員会概要

2.1.1 設置趣意

崩壊地におけるモニタリング手法を検討するに当たり、発注者及び有識者を検討委員として検討委員会を開催し、「治山対策のモニタリングの手法（モニタリングの具体的手法）の内容」、「治山対策のモニタリング結果の評価方法」を決定する上で、必要なお意見を検討委員より頂いた。

検討委員会は計 2 回開催した。開催した検討委員会の諸元を表 2.1 に示す。

表 2.1 検討委員会開催日時および場所

開催回	日時	開催場所
第 1 回	平成 30 年 8 月 31 日（金） 13:00～15:00	近畿中国森林管理局
第 2 回	平成 30 年 12 月 20 日（木） 13:00～15:00	石川森林管理署 2 階会議室

表 2.2 委員名簿

氏名	役職（検討委員会実施当時）
柳井 清治	石川県立大学 生物資源環境学部 環境科学科 教授
大丸 裕武	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究ディレクター
小川 泰浩	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 山地災害研究室 主任研究員
川浪 亜紀子	近畿中国森林管理局 計画保全部 部長

各委員会の議事次第を 2.1.2 に示す。

2.1.2 議事次第、委員名簿

(1) 第 1 回検討委員会

1. 開会
2. 開会の挨拶
3. 大汝国有林モニタリング手法検討委員会 趣意説明
4. 大汝国有林モニタリング手法検討委員会 委員御紹介
5. 大汝国有林モニタリング手法検討委員会 座長御挨拶
6. 議 事
 - ①大汝国有林の崩壊概要および現在までの経緯
 - ②緑化施工地の経過
 - ③現地予備調査結果
 - ④モニタリング手法の検討
 - ⑤今後の予定
7. 閉会

(2) 第 2 回検討委員会

1. 開会
2. 開会の挨拶
3. 議 事
 - ①第 1 回検討委員会以降の確認事項
 - ②現地本調査結果
 - ③モニタリング手法（案）
 - ④評価方法（案）
4. 閉会の挨拶
5. 閉会

2.1.3 検討委員会にて頂いたご意見のまとめ

表 2.3 にまとめた、検討委員会内で頂いたご意見を基に、決定したモニタリング手法の概要を 2.2、2.3 に示す。

表 2.3 平成 30 年度大汝国有林モニタリング手法検討委員会にて頂いたご意見のまとめ

治山対策のモニタリングの手法（モニタリングの具体的手法）の内容	木本種の侵入状況の確認のため、現地の発芽状況を丁寧に確認すること。
	長期間の変化を追跡するために、5m×5m 程度の固定コドラートの設置が必要である。
	固定コドラートを調査する際は、ドローン空撮も活用すること。
治山対策のモニタリング結果の評価方法	モニタリング手法において、航空写真や現地調査、ドローン等を組み合わせた調査方法について、検討を行うこと。
	モニタリングは 5 年評価として考えること。
	対策工法に合わせて指標となるモニタリング項目を決定する必要がある。
	モニタリング手法を検討する上で、大規模崩壊地の植生復元のプロセスを参考にしながら評価していくこと。
	評価軸の一つとして植被率を用いるが、他の評価方法も検討すること。
	崩壊地の現場状況は厳しいため、独自の評価基準を設定すること（既存の考え方は採用しない）。

2.2 治山対策のモニタリングの手法

2.2.1 崩壊地の現場諸条件

1. にて記載した内容を基に、崩壊地の現場諸条件を再整理した。

表 2.4 崩壊地の現場諸条件

項目	説明
地形・地質状況	<ul style="list-style-type: none"> 崩壊地の規模が大規模（面積約 15ha）である。 崩壊地の斜面は平均傾斜約 30°，下部の最急部で 40～50° と急峻な地形である。 崩壊面には火山砕屑物や凝灰岩等の非常に脆い基岩が露出している。 崩壊地表面の土質は、岩塊や礫が主体となる。 土壌の pH 値は中性～アルカリ性を示す。
気象状況	<ul style="list-style-type: none"> 標高 1200m～1500m に位置する山間部斜面であり、強風、低温、強い紫外線を受ける環境にある。 多雨地域（年平均降水量（10 年平均）は 3000mm 程度、雨水による侵食が懸念される） 豪雪地帯（冬季の積雪深は 5m 以上、場所によっては 10m 以上となる。） <p>→気象的に植物の生育非常に厳しい環境にあり、かつ土砂の移動が激しいことから、安定した植物の定着が難しい。</p>
法規制	<ul style="list-style-type: none"> 白山国立公園の特別保護地区（採用できる導入種が地元種苗に限定される） <p>→散布する種子は同地区内で採取した種子を使用するため、種子の採取量が限られる。</p>
採用工法	<ul style="list-style-type: none"> 徒歩のみ調査地へアクセスが可能であり、片道 10 時間以上要する。 <p>→調査地では航空緑化工が唯一適用できる工法である。</p> <p>→ただし、調査地の地形・地質状況において航空緑化工の施工効果を発揮するためには時間を要すると考えられる。</p>
施工期間	<ul style="list-style-type: none"> 本現場では現場状況等により、施工期間は融雪時期（6 月～10 月 約 5 か月）に限られている。 高標高地であるため、1 日当たりの作業時間が短い。

表 2.4 に整理した内容により、崩壊地は植物の生育には非常に厳しく、一度植生が喪失すると回復速度は遅く、元に戻るには非常に長い年月がかかる環境であり、かつ通常の重機及び人力等を活用した対策工の適用が難しい場所であると考えられる。

2.2.2 崩壊地における目標（初期緑化目標）

崩壊地の現場環境（表 2.4）を考慮し、過去の文献も参考にした結果、崩壊地における初期緑化目標を次の通りに設定した。

初期緑化目標：複数種類の植物の侵入および定着が確認できる状態。

2.2.3 目標設定に対する評価項目

上記に示した、崩壊地における初期緑化目標を評価するため、表 2.5 に示した項目を設定した。

表 2.5 初期緑化目標の評価項目

評価項目	項目の説明
植生の被覆状況	モニタリング範囲における、植生の被覆面積と植生の箇所数を経年的に比較し、傾向を把握する。
散布種子の定着状況	導入種の種類、群落、定着状況を把握する。
周辺植生の定着状況	周辺からの侵入植生の種類、群落、定着状況を把握する。
植生の遷移状況	木本種の定着及び草本種から木本種への遷移状況を把握する。
植生の生長状況	植生の生育の状況を把握する。

2.2.4 モニタリング手法

(1) モニタリングの流れ

作業項目	作業内容
地形解析・オルソ画像解析	モニタリング実施年までに収集した航空レーザ測量データ（LP データ、オルソ画像）を用いて、解析を行う。
崩壊地内のゾーニング	崩壊地内におけるモニタリングを実施する範囲（ゾーン）を決定する。（図 2.2）
現地調査実施範囲の設定	現地調査方法ごとに実施する範囲を決定する。
コドラートの設定 （令和元年度モニタリング時のみ実施）	追跡調査を行うコドラートの設置位置を検討する。
現地調査の実施（大汝崩壊地内）	大汝崩壊地内にて現地調査を実施する。
モニタリング結果とりまとめ	調査における結果をとりまとめる。

(2) モニタリング方法

(i) 調査方法の決定

調査方法は図 2.1 のフロー図に従って決定する。

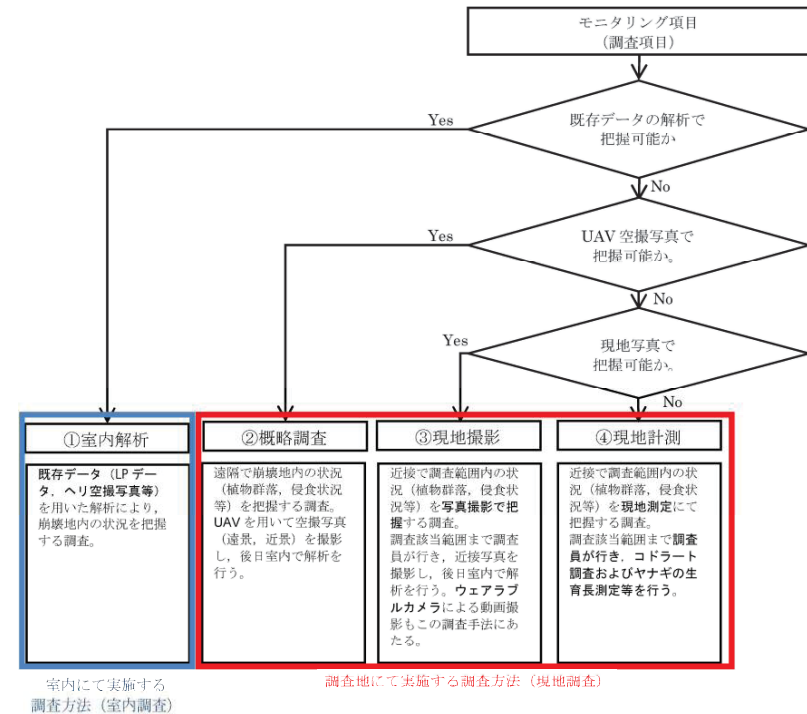


図 2.1 モニタリング手法フロー図

①室内解析～④現地計測の具体的な実施内容を表 2.6 に示す。

表 2.6 モニタリング方法ごとの実施内容

モニタリング方法		内容
室内調査	①室内解析	<p>【LP データによる地形解析 (LP データは別業務で経年的に取得したデータを使用)】</p> <ul style="list-style-type: none"> GIS 解析ソフトを用いて地形解析を行い、微地形図・傾斜区分図・差分解析図を作成する。 <p>【空中写真 (オルソ画像) によるモニタリング範囲内の緑量抽出】</p> <ul style="list-style-type: none"> オルソ画像から、植物群落と残存木を抽出し、各植物群落範囲を群度 (群落内における、個々の植物の分布様式の指標) を利用して区分する。(植生状況: 良好部, 中庸部, 不良部の 3 区分) 群度は「Braun-Blanquet 法による優占度・被度と数度 (推定的個体数) の組み合わせによる測定法」を用いて目測する。(良好部: 群度 4~5, 中庸部: 群度 2~3, 不良部: 群度 1) <p>【調査範囲内のゾーニング】 (実施の流れは図 2.2 参照)</p> <ul style="list-style-type: none"> 対策工事の成否および変化状況を適切に把握するために、対策工の施工範囲, 植生状況範囲を用いて、現地調査範囲内に調査する範囲を設定する。 対象とする対策工は、調査実施年度および前年度に実施した対策工を対象とし、年度ごとに設定するものとする。 <p>【オルソ写真によるモニタリング範囲内の植被率の算出】</p> <ul style="list-style-type: none"> オルソ画像を GIS 解析ソフトに入力し、植生状況ごとの占める面積を算出する。 崩壊地緑化対象範囲 (崩壊地内平坦部~崩壊地頭部斜面) に対する、植生状況「良好部」+「中庸部」が占める割合を百分率 (%) で示し、崩壊地全体の植被率として算出する。
	②概略調査	<p>【UAV による空撮 (全景, 近接)】</p> <ul style="list-style-type: none"> 対象物 (ゾーン内の植物群落, 袋型石詰筋工等) を UAV で空撮する。 飛行範囲は、墜落時の機体回収が可能な、図 2.4 青破線内およびその周辺斜面とする。 対象物の全体および周辺状況を全景撮影にて撮影する。 空撮写真内で詳細な情報を取得するために、可能な限り対象物に UAV が接近した状態で撮影 (近接撮影, それにより撮影した写真は近接写真) する。 UAV の空撮写真 (全景, 近接問わず) から推定する際は、詳細調査 (③現地撮影+④現地計測) 結果と比較した上で行う。
現地調査	③現地撮影	<p>【ウェアラブルカメラによる現地モニタリング状況の録画撮影】</p> <ul style="list-style-type: none"> デジタルカメラの写真撮影を補充するために実施する。 <p>【現地調査 (コドラート調査も含む)】</p> <ul style="list-style-type: none"> 現地調査時はモニタリング対象物 (群落全体, 生息種, コドラート等) をデジタルカメラによる撮影のみを実施し、後日室内にて写真の解析を行う。
	④現地計測	<p>【現地調査 (コドラート調査も含む)】</p> <ul style="list-style-type: none"> スケール (赤白ボール) を使用して、対象物の大きさ, 規模等を測定する。



図 2.2 モニタリング時における大汝崩壊地内ゾーニングの流れ

(ii) コドラート調査

(a) 目的

経年的な変化を追跡するために、固定コドラートを設定する。
 経年的な植物群落変化の追跡には、UAVによる空撮（近接撮影）も活用する。

(b) コドラートの構成

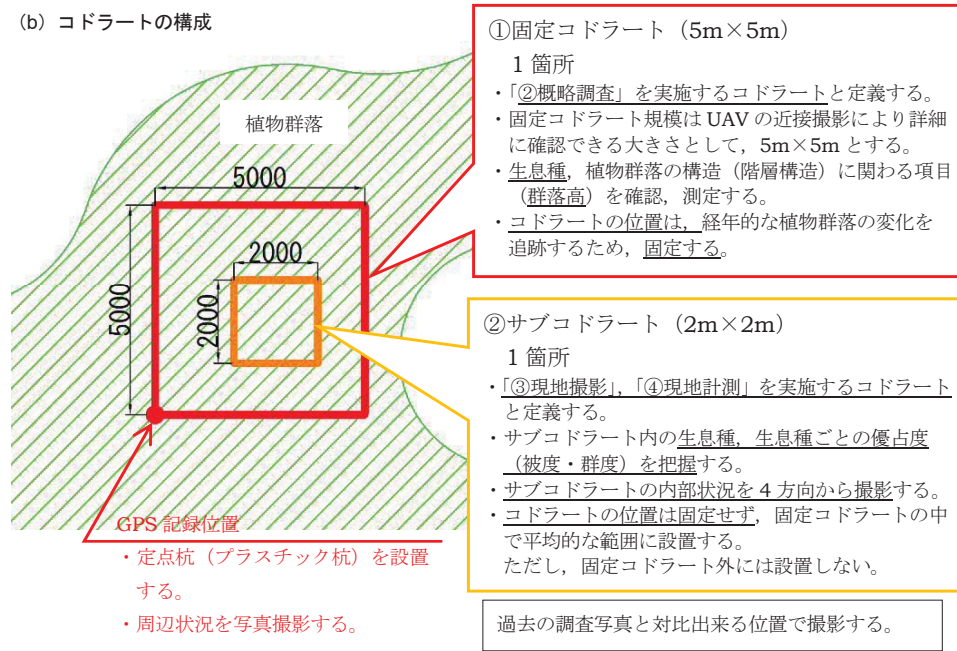


図 2.3 固定コドラート構成図

(c) コドラート内の調査方法

表 2.7 コドラートごとの調査方法

コドラート	項目	調査方法
① 固定コドラート	UAV 空撮写真	<ul style="list-style-type: none"> ・固定コドラート内の植物群落を空撮する。 ・空撮する写真は真上写真、斜め写真の最低2枚の写真を空撮する。 ・真上写真を空撮する際は、UAVの撮影画面内に収まる位置から撮影する。 ・経年的な変化（経年的な植被率増減傾向、群落高増減傾向、優占種の変化等）を追跡するために、モニタリング実施期間中（～令和3年度・2022年度）、UAVにて同じ位置、同じ方向にて固定コドラート内を撮影する。
	生息種の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・固定コドラート内に確認できる生息種をデジタルカメラで近接撮影し、後日写真を用いて種の同定を行い、記録する。 ・生息種の状態（葉の形態、開花状況、結実状況等）が分かるように撮影する。 ・<u>草本種</u>、<u>木本種ごとの優占種</u>を記録する。 ・<u>草本種</u>、<u>木本種の被度・群度</u>を目測する。 ・UAV空撮写真上で目測する。
	被度・群度の目測（草本種、木本種）	<ul style="list-style-type: none"> ・被度・群度は「Braun-Blanquet法による優占度—被度と数度（推定的個体数）の組み合わせによる測定法」を用いて目測する。
② サブコドラート	群落高の測定（草本種、木本種）	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>草本種</u>、<u>木本種ごとの平均群落高</u>を測定する。 ・標尺（赤白ボール）を設置した上で撮影し、写真上で測定する。
	デジタルカメラによる撮影	<ul style="list-style-type: none"> ・サブコドラート内の状況を4方向からデジタルカメラで撮影する。
	生息種の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・固定コドラート内に確認できる生息種をデジタルカメラで近接撮影し、後日写真を用いて種の同定を行い、記録する。 ・生息種の状態（葉の形態、開花状況、結実状況等）が分かるように撮影する。 ・特に<u>木本種</u>、<u>サイズが小さい個体</u>を確実に確認する。 ・<u>生息種ごとの被度・群度</u>を目測し、<u>優占している種</u>を記録する。
	被度・群度の目測	<ul style="list-style-type: none"> ・被度・群度は「Braun-Blanquet法による優占度—被度と数度（推定的個体数）の組み合わせによる測定法」を用いて測定する。

(iii) ヤナギの樹高測定

- ・対策工の施工評価を行うために、対策工にて散布、定着した個体（ヤナギ）に対し、個体識別を行った上で、生育長を測定し、現地調査精度向上を図る必要がある。
- ・現地にて定着が確認できた個体に対し、標識タグ等の装着による個体識別を行った上で、生育長を測定する。
- ・ただし、個体識別は、現地調査時の安全性を考慮して③現地撮影+④現地計測実施範囲（図 2.4 赤点線範囲内）にて確認された個体のみ行うものとする。

(3) モニタリング実施範囲【現地調査は8月末～9月中旬頃に実施】



図 2.4 モニタリング実施範囲設定図（2018年度（平成30年度）オルソ画像）

2.3 治山対策のモニタリング結果の評価方法の確立

2.3.1 評価基準の設定

表 2.5 にて設定した項目について、表 2.8 を評価基準とした。

表 2.8 初期緑化目標評価段階の調査項目および評価基準

評価項目	項目の説明	評価基準	
		評価ポイント	目標
植生の被覆状況	モニタリング範囲における、植生の被覆面積と植生の箇所数を経年的に比較し、傾向を把握する。	<ul style="list-style-type: none"> ・植被面積か箇所数が漸増傾向にある。 ・植被面積か箇所数が横ばい傾向にある。 ・植被面積か箇所数が衰退傾向にある。 	植被面積または箇所数が、漸増傾向、または横ばい傾向にあること。（被覆箇所か面積の拡大傾向が認められる。）
散布種子の定着状況	導入種の種類、群落、定着状況を把握する。	<ul style="list-style-type: none"> ・導入種^{※3}の活着^{※1}が複数認められる。 ・導入種の定着^{※2}が複数認められる。 ・導入種が優占した群落が複数箇所て形成されている。 	評価ポイントの内、1項目以上確認できること。（散布種子の定着傾向が認められる。）
周辺植生の定着状況	周辺からの侵入植生の種類、群落、定着状況を把握する。	<ul style="list-style-type: none"> ・侵入種^{※4}の活着が複数認められる。 ・侵入種の定着が複数認められる。 ・侵入種が優占した群落が複数箇所て形成されている。 	評価ポイントの内、1項目以上確認できること。（周辺植生の定着傾向が認められる。）
植生の遷移状況	木本種の定着及び草本種から木本種への遷移状況を把握する。	<ul style="list-style-type: none"> ・木本種の定着が確認できる。 ・木本種の本数が漸増傾向にある。 ・木本種の植被率が漸増傾向にある。 	評価ポイントの内、1項目以上確認できること。（草本種から木本種への遷移傾向が認められる。）
植生の生長状況	植生の生育の状況を把握する。	<ul style="list-style-type: none"> ・前年と比較して伸長（群落高の上昇）が確認できる。 ・前年と比較して葉量の増加が確認できる。 ・種子の結実状況が確認できる。 ・周辺へ植生の拡大傾向が確認できる。 	評価ポイントの内、1項目以上確認できること。（伸長等の傾向が認められる。）

※1 崩壊地において、活着とは「芽生えが確認できる状態」と定義する。
 ※2 崩壊地において、定着とは「崩壊地周辺に自生する植物と同等の高さまで生育している状態」と定義する。
 ※3 崩壊地において、導入種とは「対策工により調査地へ散布された植物種」と定義する。
 ※4 崩壊地において、侵入種とは「調査地周辺に分布する森林から種子が供給されることにより、調査地内へ侵入した植物種」と定義する。

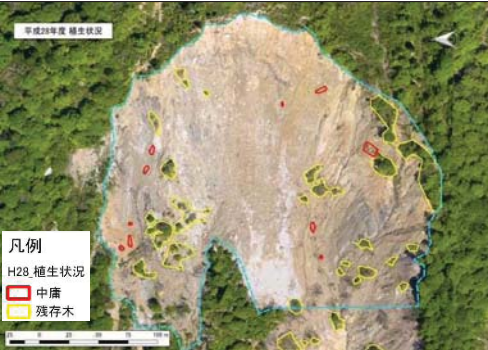
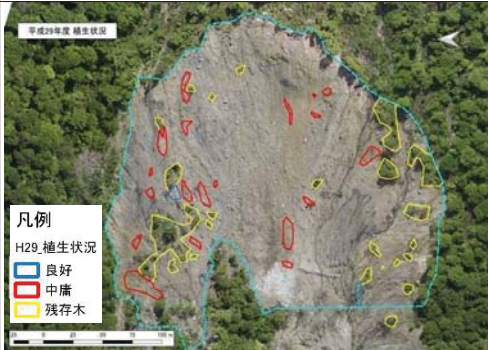
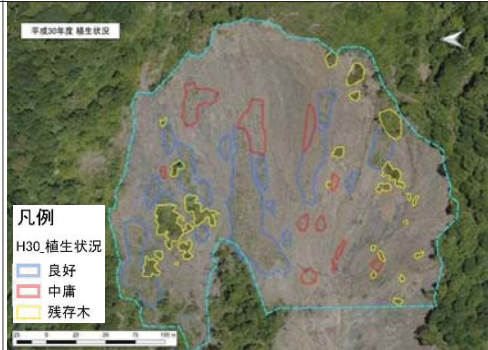

2.3.2 評価方法

表 2.8 に示した評価方法にて、評価項目ごとに設定した目標状態に達しているか否かを判断する。

その上で、崩壊地における初期緑化目標は評価項目5項目の内、3項目以上を満たした場合は、初期緑化目標を達成したと評価し、初期緑化の緑化導入対策は一定の効果を果たしたものと判断して、自然の植生遷移にゆだねる段階に移行する。

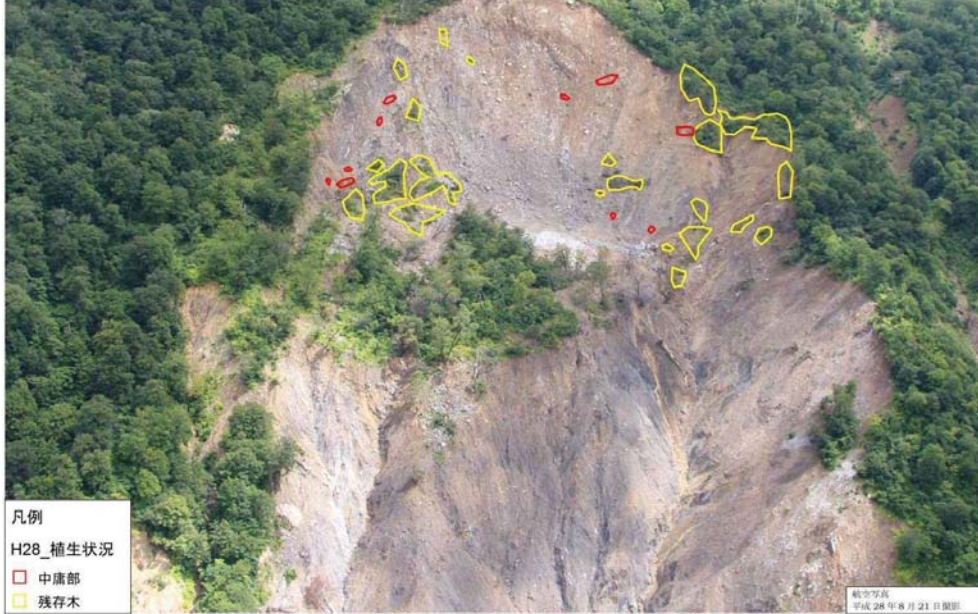
2.4 施工効果の確認

2.4.1 崩壊地における年度ごとの対策工施工内容と経年変化

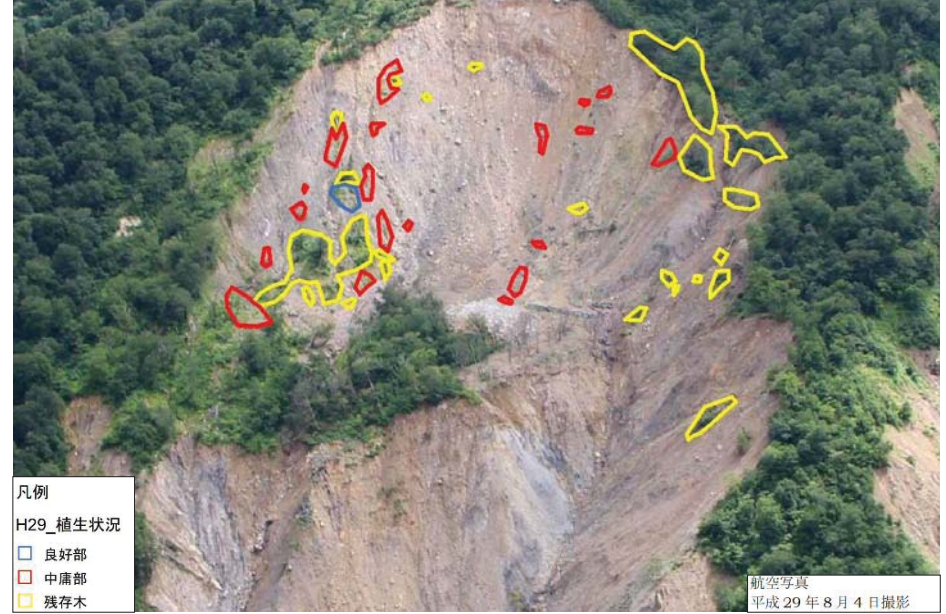
年度	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度	令和元年度
オルソ画像				
植生状況確認年月日	平成 28 年 8 月 21 日 (全景写真から判読し、オルソ画像に転写)	平成 29 年 8 月 4 日 (全景写真から判読し、オルソ画像に転写)	平成 30 年 8 月 21 日 (全景写真から判読し、オルソ画像に転写)	令和元年 8 月 27 日 (全景写真から判読し、オルソ画像に転写)
対策工施工工種	<ul style="list-style-type: none"> 袋型土留工 H28/6/16～7/18 袋型土留工の設置。 航空緑化導入工 H28/7/1 ヤナギの枝のみ散布 ヤナギの挿し木、赤玉土入りの麻袋を散布 航空緑化導入工 H28/8/1～8/2 ヤナギの枝を裁断し水、肥料等との混合資材による吹付 侵食防止工 H28/8/4～8/21 侵食防止剤の散布 (緑化用種子採取 H28/10/21) 	<ul style="list-style-type: none"> 航空緑化導入工（緑化工 A） H29/6/12～6/22 在来種子、肥料、土壌改良材等の散布 航空緑化導入工（緑化工 B） H29/6/12～6/22 肥料、土壌改良材等の散布 航空緑化導入工（緑化工 C） H29/6/12～6/22 ヤナギの枝散布、土壌改良材等の散布 航空コア緑化工 H29/6/12～6/22 種子、肥料、保水等剤入りの水溶紙製ペレットを散布 袋型石詰筋工 H29/6/22～8/4 大石入りの袋を設置 (緑化用種子採取 H29/10/11) 	<ul style="list-style-type: none"> 航空緑化導入工（緑化導入工 A） H30/6/21～6/26 在来種子、肥料等の散布 航空緑化導入工（緑化導入工 B） H30/6/21～6/26 肥料等の散布 航空緑化導入工（緑化導入工 C） H30/6/21～6/26 ヤナギの枝等の散布 航空コア緑化工 A H30/6/21～6/26 種子、肥料、保水等剤入りの水溶紙製ペレットを散布 航空コア緑化工 B H30/6/21～6/26 ヤナギの挿し木、赤玉土入りの麻袋を散布 袋型石詰筋工 H30/6/26～8/21 大石入りの袋を設置 (緑化用種子採取 H30/10/15) 	<ul style="list-style-type: none"> 航空緑化導入工（緑化導入工 A） R1/6/13～6/20 在来種子、肥料等の散布 航空コア緑化工 A R1/6/13～6/20 種子、肥料、保水等剤入りの水溶紙製ペレットを散布 航空コア緑化工 B R1/6/13～6/20 ヤナギの挿し木、赤玉土入りの麻袋を散布 (緑化用種子採取 R1/10/9)
（オルソ画像解析より）コメント	<p><崩壊地内の植被率について></p> <ul style="list-style-type: none"> 崩壊地内の植被率は平成 30 年度より増加傾向にある。 平成 29 年度は航空緑化導入工（緑化導入工 A）が初めて施工され、平成 30 年度より崩壊地内の植被率が増加している。 ただし、南側のガリー地形および周辺斜面（令和元年度オルソ画像オレンジ破線部）において、植被率の増加が他斜面よりも緩やかである。 <p><既設袋型土留工、袋型石詰筋工について></p> <ul style="list-style-type: none"> 崩壊地内では既設の袋型土留工、袋型石詰筋工の残存が確認された。 平成 28 年度袋型土留工、平成 30 年度袋型石詰筋工の背面斜面では、植物群落の発達が確認された。 ただし、平成 29 年袋型石詰筋工の背面斜面では、植物群落の発達が確認されなかった。 			

植生状況の確認に使用した全景写真を次ページに示す。

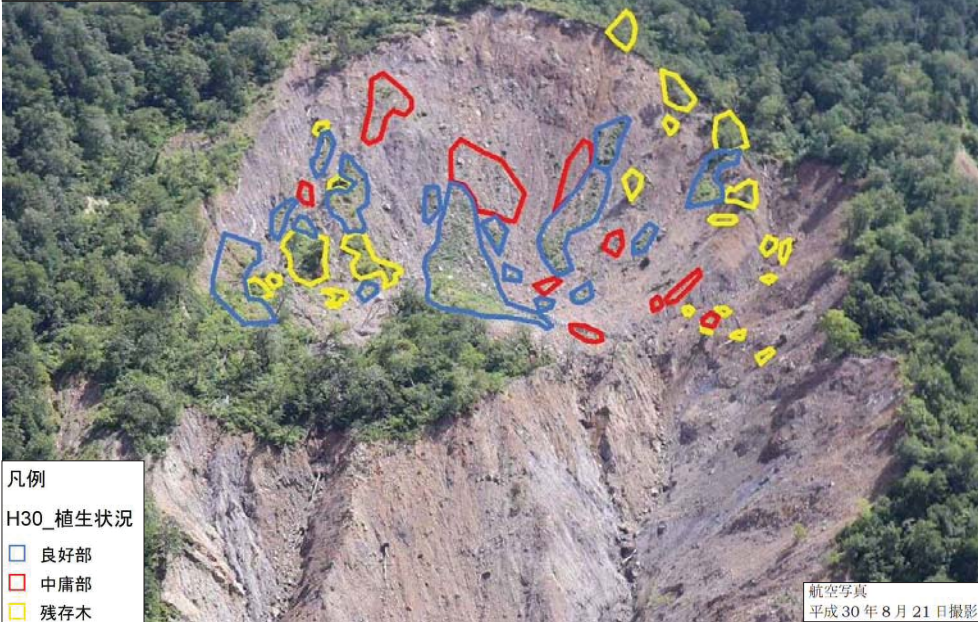
平成 28 年度 全景写真
(植生状況確認写真)



平成 29 年度 全景写真
(植生状況確認写真)



平成 30 年度 全景写真
(植生状況確認写真)



令和元年度 全景写真
(植生状況確認写真)

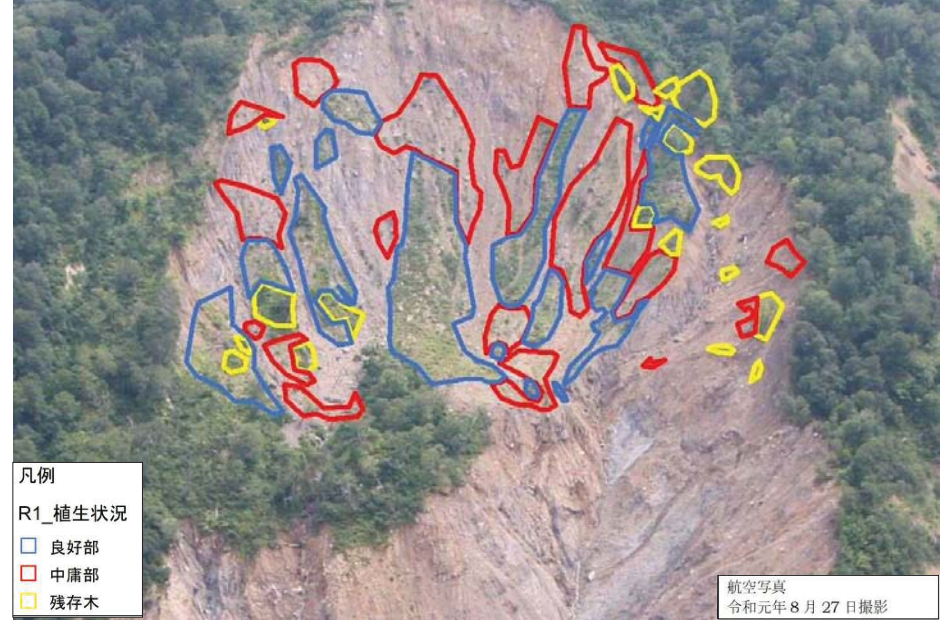
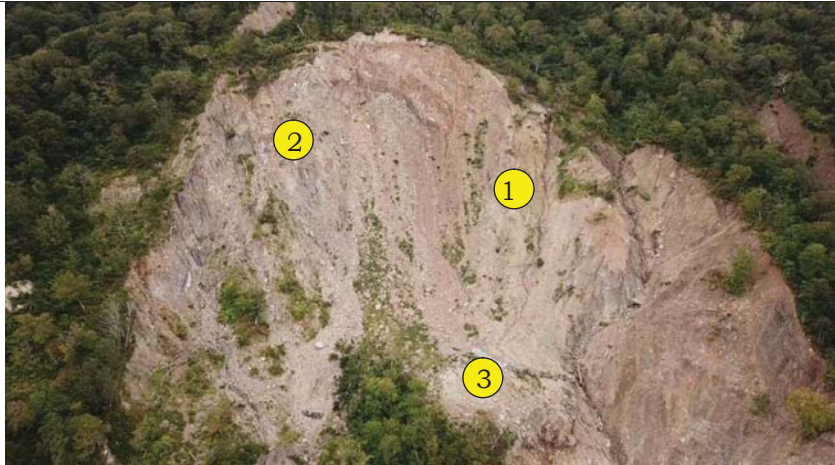









図 2.5 年度ごとの全景写真

直近 2 年間の植生状況の変化を、各年度に実施した現地調査時に撮影した写真で示す。

	平成 30 年度（平成 30 年 9 月 20 日）	令和元年度（令和元年 9 月 11 日）
全景 写真		
拡大 写真	  	  

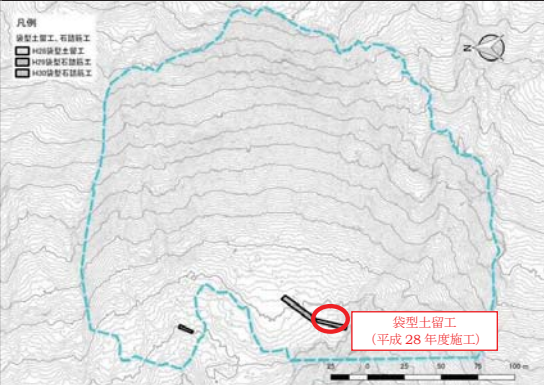








平成 30 年度～令和元年度にかけて、植物群落が発達したことが確認された。

2.4.2 崩壊地内の差分析結果

表 2.9 年度ごとの差分析結果図及び解析結果

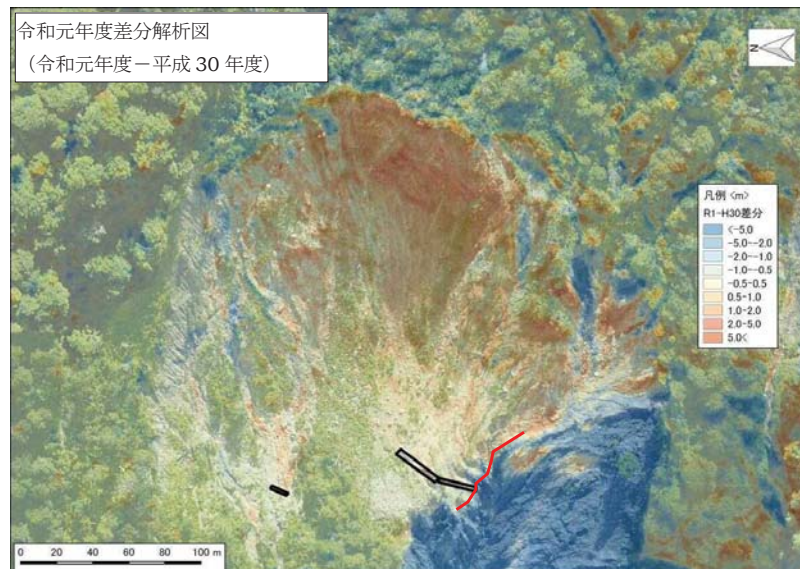
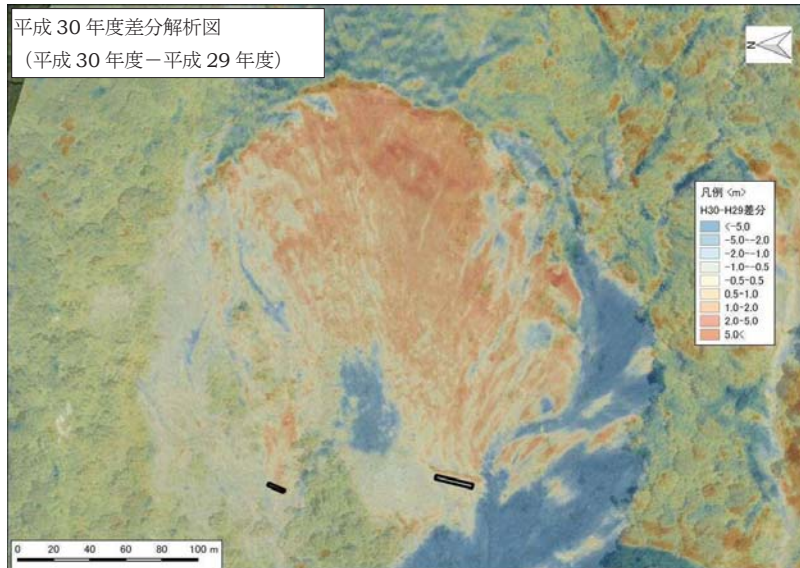
年度	平成 29 年度	平成 30 年度	令和元年度
解析期間	平成 28 年 5 月 22 日～平成 29 年 6 月 5 日	平成 29 年 6 月 5 日～平成 30 年 6 月 14 日	平成 30 年 6 月 14 日～令和元年 8 月 3 日
差分析結果	<p>凡例 H29-H28差分 (m)</p> <ul style="list-style-type: none"> <-5.0 -5.0~-2.0 -2.0~-1.0 -1.0~-0.5 -0.5~0.5 0.5~1.0 1.0~2.0 2.0~5.0 5.0< 	<p>凡例 H30-H29差分 (m)</p> <ul style="list-style-type: none"> <-5.0 -5.0~-2.0 -2.0~-1.0 -1.0~-0.5 -0.5~0.5 0.5~1.0 1.0~2.0 2.0~5.0 5.0< 	<p>凡例 R1-H30差分 (m)</p> <ul style="list-style-type: none"> <-5.0 -5.0~-2.0 -2.0~-1.0 -1.0~-0.5 -0.5~0.5 0.5~1.0 1.0~2.0 2.0~5.0 5.0<
コメント	<p>① 崩壊地斜面下方において、範囲に差があるものの、毎年侵食によるものと考えられる地表変動が確認された。</p> <p>② 崩壊地斜面上方（現地調査実施範囲）において、範囲に差があるものの、南側のガリー地形では侵食によるものと考えられる地表変動が確認された。</p> <p>③ 崩壊地斜面上方（現地調査実施範囲）において、平坦部の範囲が土砂侵食により縮小傾向にある。</p>		

2.4.3 治山対策の経年変化状況（袋型土留工，袋型石詰筋工の経年変化）

施工年度及び 対策工種	施工位置 (○ 赤丸部)	現地状況	
		平成 30 年度	令和元年度
袋型土留工 (平成 28 年度 施工)	 <p>袋型土留工 (平成 28 年度施工)</p>	 <p>平成 30 年 9 月 20 日撮影</p>	 <p>2017/09/11 令和元年 9 月 11 日撮影</p>
コメント	<ul style="list-style-type: none"> 袋型土留工自体に変状は確認されず，機能は維持している。 袋型土留工の基部が侵食されることによる，袋型土留工の崩壊が発生する可能性がある。（詳細は 2.4.4 参照） 		
袋型石詰筋工 (平成 29 年度 施工)	 <p>袋型石詰筋工 (平成 29 年度施工)</p>	 <p>平成 30 年 9 月 20 日撮影</p>	 <p>2017/09/11 令和元年 9 月 11 日撮影</p>
コメント	<ul style="list-style-type: none"> 袋型石詰筋工自体に変状は確認されず，機能は維持している。 		
袋型石詰筋工 (平成 30 年度 施工)	 <p>袋型石詰筋工 (平成 30 年度施工)</p>	 <p>平成 30 年 9 月 20 日撮影</p>	 <p>2017/09/11 令和元年 9 月 11 日撮影</p>
コメント	<ul style="list-style-type: none"> 袋型石詰筋工自体に変状は確認されず，機能は維持している。 		

2.4.4 平成28年度施工の袋型土留工周辺地形について

(1) 地形解析結果



<コメント>

平成30年度から令和元年度にかけて、ガリーの侵食によって平成28年度袋型土留工の基部まで遷急部が後退している（平成28年度袋型土留工の右脇（南側）、赤線部まで侵食が拡大）。

→土留工は機能しているが、平坦部の肩部が侵食により土砂が流出し、土留工付近まで後退している。

(2) 現場状況（UAV空撮）

全景



<コメント>

- ・平成28年度袋型土留工斜面下方の遷急線付近で、小規模な崩壊、流水痕が確認された。
- ・今後、平成28年度袋型土留工を巻き込む形での崩壊が発生する可能性がある（範囲は赤破線部）。

近景



<コメント>

- ・現地では、平成28年度袋型土留工の基部付近まで侵食が進行していることが確認された。
→今後、平成28年度袋型土留工の基部にあたる土砂部が侵食により流亡し（青丸部）、平成28年度袋型土留工の一部が崩壊する可能性がある。
- ・さらに、平成28年度袋型土留工斜面上方の緩斜面にて、ガリー地形と連続した段差地形が確認された（黄色線部）。

2.4.5 現地調査結果（現地調査：令和元年9月11日（水）実施）

(1) コドラート調査

(i) 設置目的

植生状況の追跡調査を行うために、固定コドラートを設置し、調査を行った。

(ii) 設置場所



写真 2.1 コドラート位置図

表 2.10 コドラート詳細

コドラート名	設置位置		設置目的
	設置位置	概略	
A	袋型土留工・袋型石詰筋工周辺		袋型土留工・袋型石詰筋工の施工効果（土砂の安定化）が植物群落の成立、発達に与える影響を把握する。
B	対策工施工効果により、草本種（導入種）が優占する植物群落		今後の植生遷移に伴い、植物群落の優占種が草本種→木本種へ変化するか否かを把握する。
C	植生状況「不良部」範囲		A, B コドラートとの対照地として、植生状況が不良部の範囲内で1箇所設置する。

(iii) 調査項目及び結果

表 2.11 固定コドラート調査結果一覧表

調査項目	概略	コドラート名					
		A		B		C	
固定コドラート	UAV 空撮写真						
	生息種の確認	オオヨモギ フキ ススキ オニタビラコ オオバコ イタドリ		オオヨモギ ススキ		オオヨモギ フキ イタドリ	
	被度・群度の目測 （草本種、木本種）	草本種 2 2 木本種		草本種 4 5 木本種		草本種 + 木本種	
群落高の測定 （草本種、木本種）	草本種：0.2m 木本種：—		草本種：1.0m 木本種：—		草本種：0.1m 木本種：—		
サブコドラート	デジタルカメラによる撮影						
	生息種の確認 被度・群度の目測	種名	被度・群度	種名	被度・群度	種名	被度・群度
	オオヨモギ	2・2	オオヨモギ	4・4	オオヨモギ	+	
	ススキ	+	ススキ	+	フキ	+	
	フキ	+			イタドリ	+	
	優占種		優占種		優占種		
	オオヨモギ		オオヨモギ		オオヨモギ		

(2) ヤナギの樹高測定

(i) 目的

地内で定着したヤナギの樹高を測定した。

ただし、過去に散布したヤナギの枝が定着、生育した個体かどうかは不明である。

(ii) 測定場所

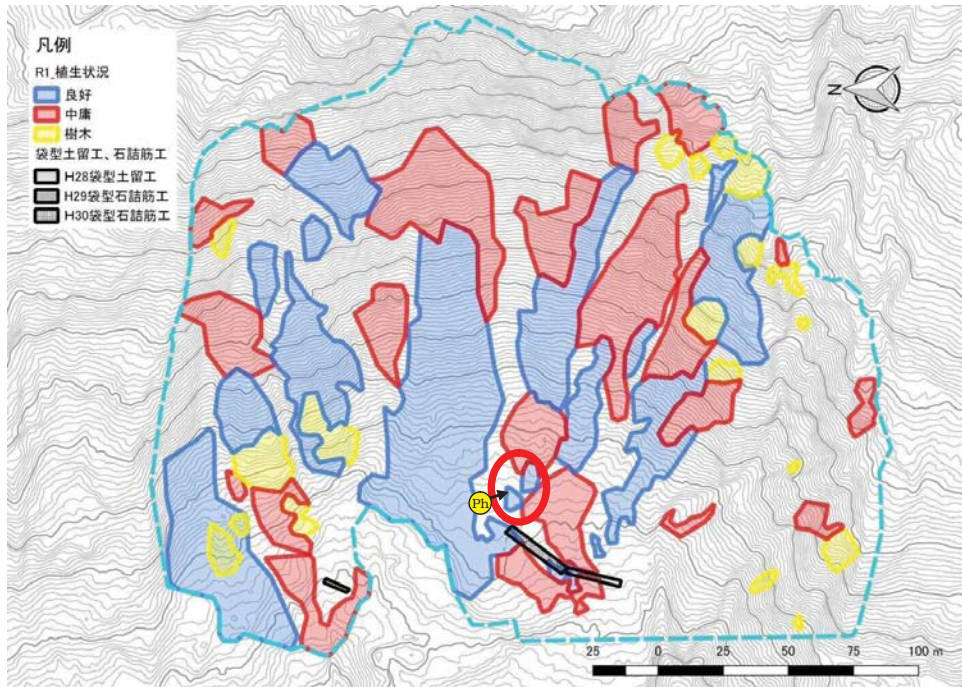


図 2.6 測定実施位置図

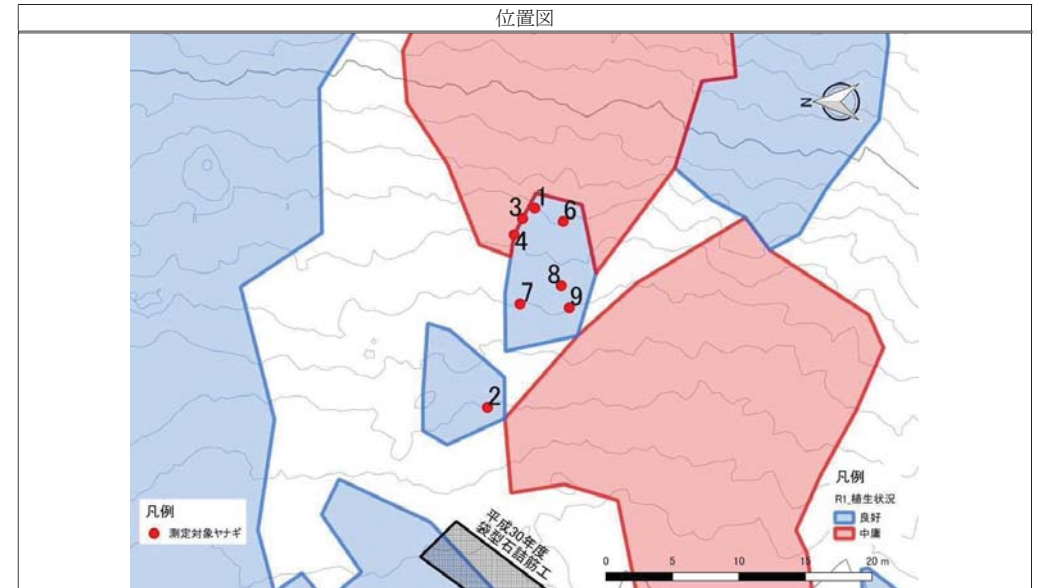


写真 2.2 測定位置状況写真及び測定状況

●(Ph)・写真撮影位置

ヤナギ(オノエヤナギ)が主体となる、植物群落が確認された。

(iii) 結果



個体 No.	写真	樹種	樹高 (m)	個体 No.	写真	樹種	樹高 (m)
1		オノエヤナギ	2.0	6		オノエヤナギ	1.8
2			2.8	7			1.3
3			1.8	8			1.6
4			1.6	9			1.4

※No.5 は欠番
計 8 個体

(3) 令和元年度施工の航空コア緑化工 B 施工状況

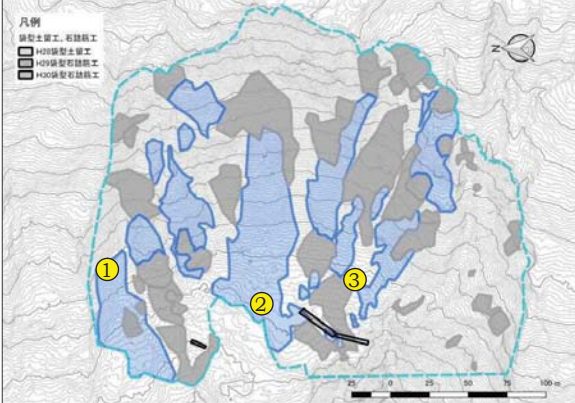



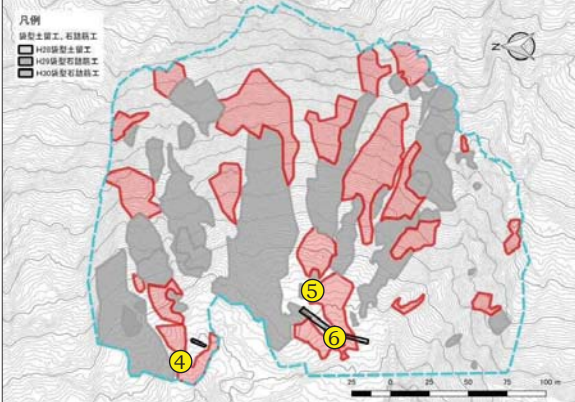



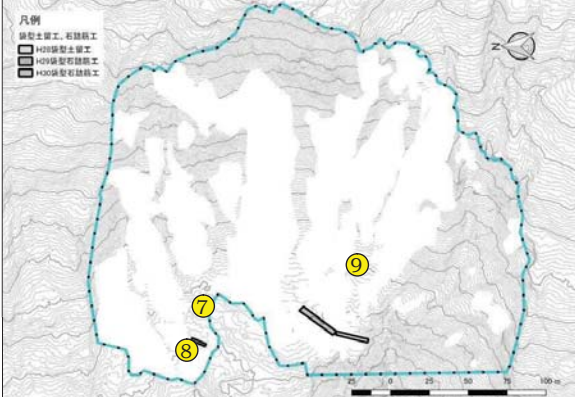



令和元年度では航空緑化導入工 A, 航空コア緑化工 A, 航空コア緑化工 B が施工されている (令和元年 6 月 13 日～6 月 20 日)。この内, 航空コア緑化工 B (ヤナギの枝+赤玉土を入れた麻袋散布) の施工状況 (ヤナギの定着状況) を UAV 空撮にて確認した。

UAV 空撮の結果, 定着した可能性があるヤナギ個体が計 6 個体確認された。



(4) 植生状況別現地状況

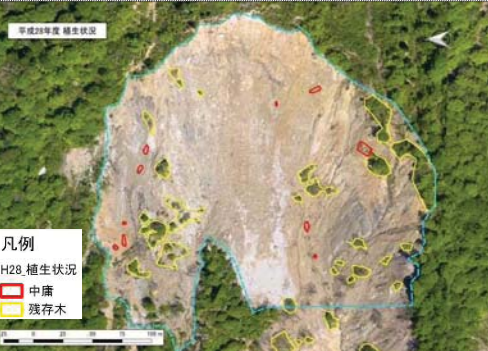
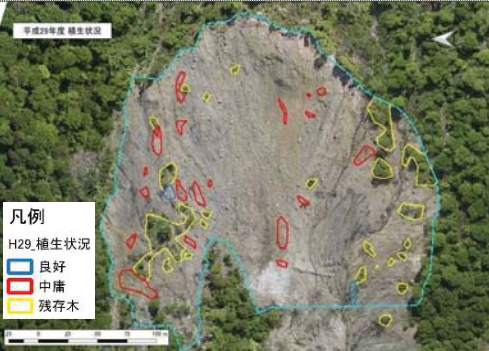
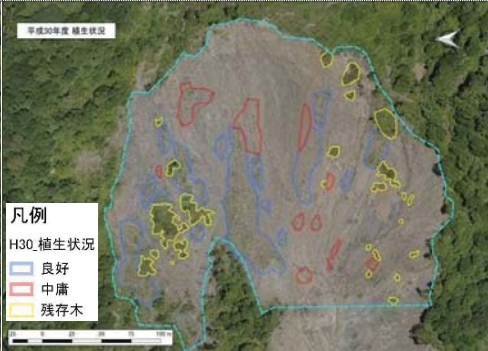
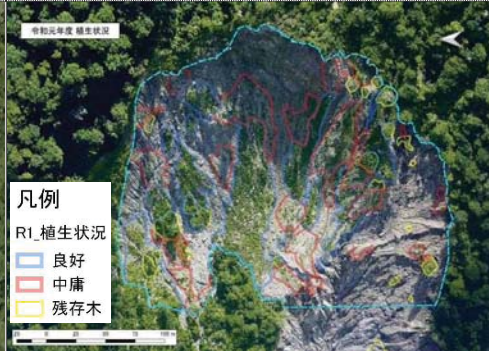
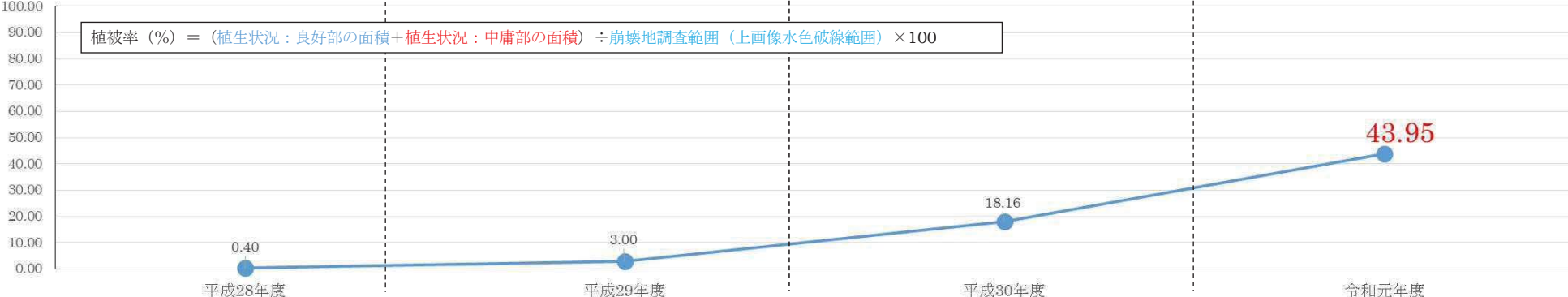
表 2.12 植生状況ごとの現地状況

植生状況	撮影場所	状況写真・コメント
良好		<div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p>①</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 植被率 50%以上、群落高約 0.5m 以上となる植物群落が発達している。 ・ 群落自体が発達している斜面は安定していると考えられる。 ・ 航空緑化導入工（緑化導入工 A）、航空コア緑化工 A 施工範囲内において、導入種（オオヨモギ、ススキ、フキ、イタドリ等）が多く確認できた。（②、③）
中庸		<div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p>④</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 植被率約 10%～50%、群落高約 0.2m～1.0m となる植物群落が発達している。 ・ 群落が発達している斜面は、土砂移動が最近小康化したと考えられる。 ・ 今後、植物群落がさらに発達する可能性がある。
不良		<div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p>⑦</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 小柄な草本種が点在するのみである。 ・ 植物が斜面上にある粗礫の陰にて生育している状況が確認できた。 ・ 土砂移動が小康化しない限り、植生状況が良好になるまで、時間を要すると思われる。

3. 次年度以降における治山対策について

3.1 現段階での初期緑化目標達成状況

表 3.1 年度ごとの達成度評価

年度	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度	令和元年度									
取得年月日	平成 28 年度 5 月 22 日	平成 29 年度 6 月 5 日	平成 30 年度 6 月 14 日	令和元年 8 月 2 日～3 日									
オルソ画像 崩壊地全景													
	凡例 H28 植生状況 ■ 良好 ■ 中庸 ■ 残存木	凡例 H29 植生状況 ■ 良好 ■ 中庸 ■ 残存木	凡例 H30 植生状況 ■ 良好 ■ 中庸 ■ 残存木	凡例 R1 植生状況 ■ 良好 ■ 中庸 ■ 残存木									
植被率算出年月日	平成 28 年 8 月 21 日 (空撮写真から判読し、オルソ画像に転写)	平成 29 年 8 月 4 日 (空撮写真から判読し、オルソ画像に転写)	平成 30 年 8 月 21 日 (空撮写真から判読し、オルソ画像に転写)	令和元年 8 月 27 日 (空撮写真から判読し、オルソ画像に転写)									
植被率 植被率の推移 (%)	$\text{植被率 (\%)} = (\text{植生状況：良好部の面積} + \text{植生状況：中庸部の面積}) \div \text{崩壊地調査範囲 (上画像水色破線範囲)} \times 100$												
	 <table border="1"> <caption>植被率の推移 (%)</caption> <thead> <tr> <th>年度</th> <th>植被率 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>平成28年度</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>平成29年度</td> <td>3.00</td> </tr> <tr> <td>平成30年度</td> <td>18.16</td> </tr> <tr> <td>令和元年度</td> <td>43.95</td> </tr> </tbody> </table>				年度	植被率 (%)	平成28年度	0.40	平成29年度	3.00	平成30年度	18.16	令和元年度
年度	植被率 (%)												
平成28年度	0.40												
平成29年度	3.00												
平成30年度	18.16												
令和元年度	43.95												
評価 (令和元年度時点)	評価項目 (表 2.8)	目標 (表 2.8)	結果	コメント									
	植生の被覆状況	被覆箇所か面積の拡大傾向が認められる。	植被率は増加傾向にある (上図参照)。この傾向が続けば、本項目の達成条件が満たされると判断する。	<ul style="list-style-type: none"> 現段階では、評価項目 5 項目の内、4 項目が達成できるという見通しとなった。しかし、「植生の遷移状況」は現在の傾向が続けば、達成が困難である見通しとなった。 現在、対策工施工範囲内に形成する植物群落の多くが、優占種が草本種 (オオヨモギ) となり、また木本種の稚樹が確認されないことから、今後木本種の生育が課題になると考えられる。 また、土砂侵食や土砂堆積による土砂移動により、植生状況が不良部と判断される範囲があること、既設の土留工に対する影響 (2.4.4 参照) があることから、土砂移動の小康化に対する対策方針の策定が課題になると考えられる。 									
	散布種子の定着状況	散布種子の定着傾向が認められる。	令和元年度に散布したイタドリが確認され、平成 30 度に散布、形成したオオヨモギ群落は引き続き定着している。令和元年度に散布したヤナギの定着が確認された。この傾向が続けば、本項目の達成条件が満たされると判断する。										
	周辺植生の定着状況	周辺植生の定着傾向が認められる。	残存木周辺や斜面上方急傾斜面では、侵入種の定着が昨年と同様に確認され、範囲は拡大している。この傾向が続けば、本項目の達成条件が満たされると判断する。										
	植生の遷移状況	草本種から木本種への遷移傾向が認められる。	草本種が主体となる植物群落では、木本種は確認されなかった。(2.4.5 (1) コドラート B) この傾向が続けば、本項目の達成条件が満たされないと判断され、今後の推移の観察が必要であると考えられる。										
植生の生長状況	伸長等の傾向が認められる。	対策工施工範囲内において、群落高 1.0m～2.0m となる植物群落が確認された。この傾向が続けば、本項目の達成条件が満たされると判断する。											

3.2 今後の治山対策内容の検討

崩壊地における、今後治山対策内容に対する検討事項を表 3.2、表 3.3 に示す。

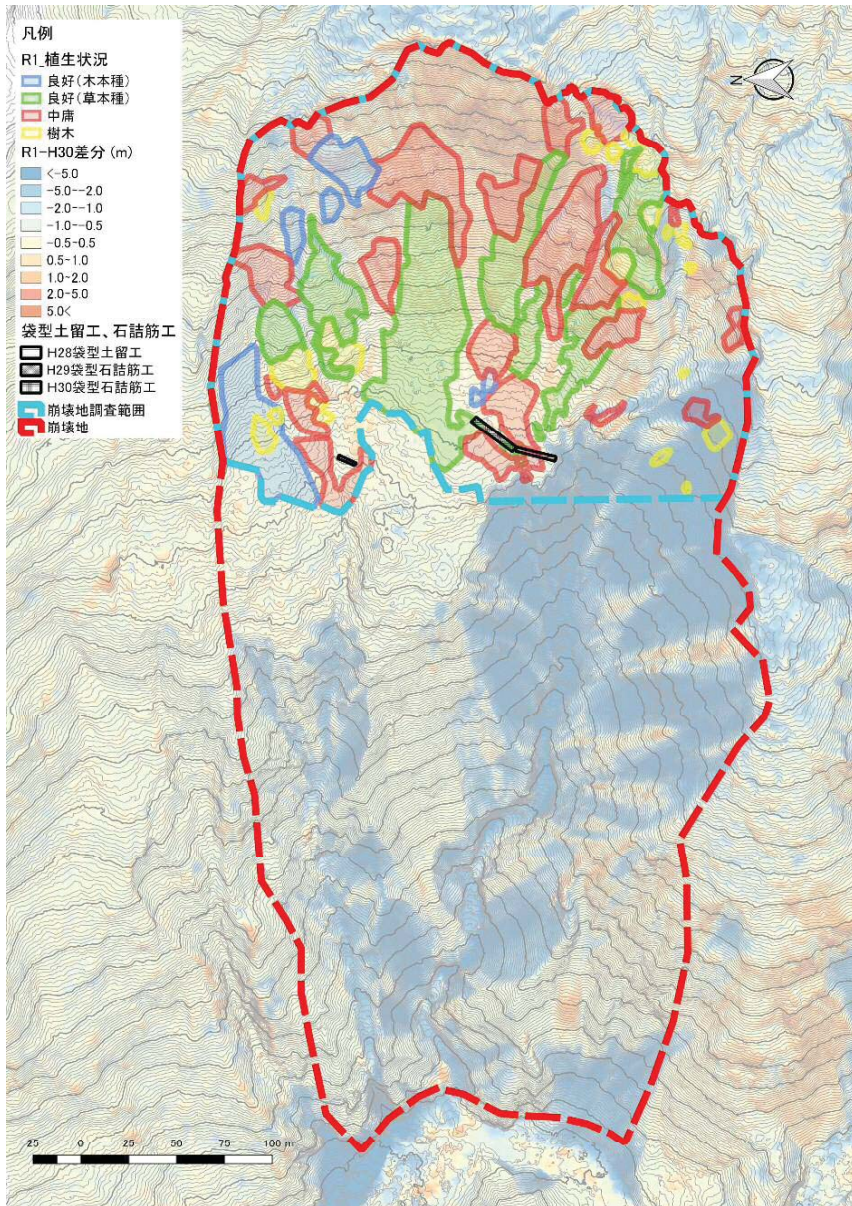


図 3.1 植生状況-差分解析結果図（令和元年度）

表 3.2 今後の治山対策内容に対する検討内容

検討範囲		検討項目	実施内容
植生状況 良好部	優占種が木本種の場合 (図 3.1 R1_植生状況 青範囲部)	・植生遷移が進行するかどうか。	・モニタリングを継続実施する。
	優占種が草本種の場合 (図 3.1 R1_植生状況 緑色範囲部)	・木本種が定着、生育するかどうか。 ・優占種が草本種→木本種に遷移するかどうか。	・モニタリングを継続実施する。 ・必要に応じて、木本種の種子・肥料散布（航空緑化導入工 等）を実施する。
植生状況中庸部 (図 3.1 R1_植生状況 赤色範囲部)		・侵入種が発芽、定着するかどうか。 ・中庸部から良好部へ変化するかどうか。	・モニタリングを継続実施する。 ・必要に応じて、種子・肥料散布（航空緑化導入工 等）を実施する。
植生状況 不良部	土砂移動（侵食・堆積）が 小康化した範囲 (図 3.1 赤破線範囲の内、 R1-H30 差分 薄黄範囲)	・周辺植生からの侵入により、植物（特に木本種）が定着するかどうか。	・モニタリングを継続実施する。 ・必要に応じて、種子・肥料散布（航空緑化導入工 等）を実施する。
	土砂移動（侵食・堆積）が 進行している範囲 (中ノ川直上のガリーが発達した 急傾斜地) (図 3.1 赤破線範囲の内、 R1-H30 差分 青範囲)	・土砂移動が小康化し、植物が活着するかどうか。	植生の回復促進、土砂移動の小康化のため、 新たな工法の採用、施工を含めた対応を検討する。 (※詳細は表 3.3 に示す)

表 3.3 植生状況不良部に対する課題（案）

対応範囲	課題項目	対応内容（案）	概略
ガリー地形内	土砂移動の抑制	袋型土留工の施工	侵食が確認される崩壊地下部斜面において、ガリー地形内に袋型土留工を設置する。 背面斜面に堆砂域の形成が確認された後、航空コア緑化工B（ヤナギの挿し木、赤玉土入りの麻袋散布）の実施を検討する。
ガリー地形外	植生の活着・定着	有機質肥料への変更	これまで、航空緑化導入工、航空コア緑化工において、無機質肥料を散布していた。 土壌条件の改善のために、無機質肥料から有機質肥料への変更、使用を検討する。

(memo)

3.3 今後の流れ

崩壊地における、崩壊発生から初期緑化目標に至るまでの地内状況の変化を的確に把握するために、実施するモニタリングの流れを図 3.2 に示す。モニタリングを3つの段階に区分する。

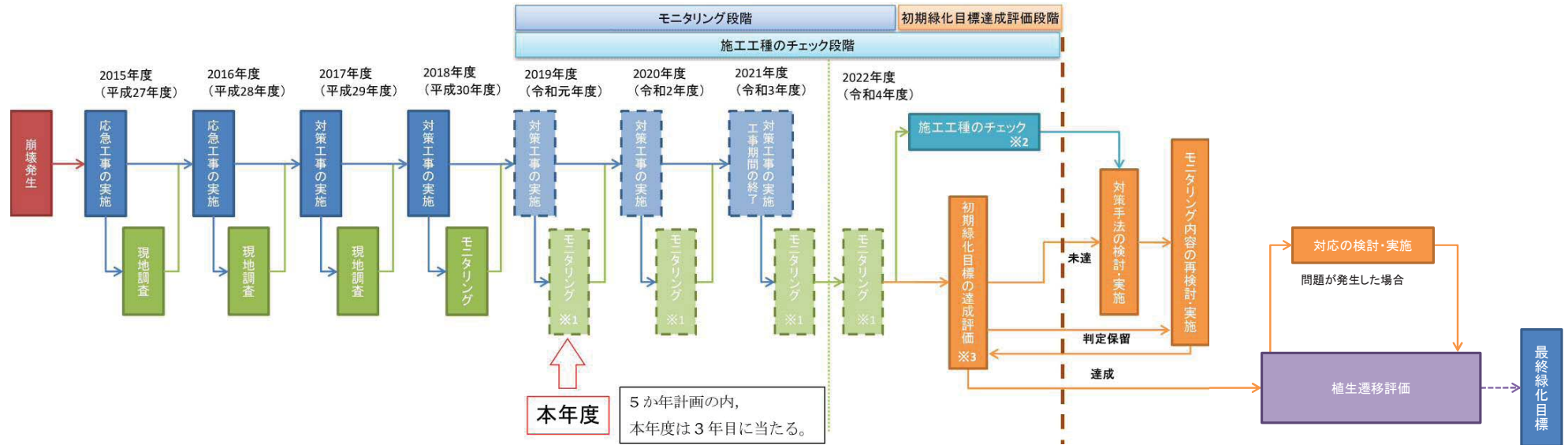


図 3.2 モニタリングのフロー図

各段階での主な実施時期や評価項目を表 3.4 に整理した。

表 3.4 モニタリングにおける各段階の実施内容

段階	実施時期の目安	実施頻度	主な項目	備考
モニタリング (※1)	対策工を施工した当年および翌年 (2019年度 (令和元年度) ～2022年度 (令和4年度))	毎年	<航空実播工, 自然侵入促進工, コア実播工> ・生息種の確認 ・植被率 (草本種, 木本種) ・群落高 (草本種, 木本種) <スラリー+挿し枝散布, 挿し木袋散布> ・残存率 ・発芽確認 ・生育長	・施工工種のチェックは、調査によって得たデータを活用し、対策工種単位で評価する。 ・項目ごとの調査方法は調査要領 (案) に記載する。 ・モニタリング段階では、年度ごとに施工した年度～次年度にかけての施工範囲内の状況変化を工種ごとにチェックする ・施工工種のチェック段階では、年度ごとで実施した「単年度ごとのチェック」結果を基に、工種ごとに施工効果をチェックする。
施工工種のチェック (※2)	対策工事が完了した翌年 (2022年度 (令和4年度))	1回	<袋型石詰筋工> ・施工状況 ・流出・移動状況 ・破損状況 ・土砂堆積状況 ・勾配緩和範囲 ・周辺地形への影響	
初期緑化目標達成評価 (※3)	工事が完了した翌年 (2022年度 (令和4年度))	1回	・植生の被覆状況 (オルソ画像や UAV 空撮写真で調査) ・散布種子の定着状況 (コドラートで調査) ・周辺植生の定着状況 (コドラートで調査) ・植生の遷移状況 (コドラートで調査) ・植生の生長状況 (コドラートで調査)	・初期緑化目標は、[複数の植生の侵入および定着が確認できる状態] と定義する。 ・初期緑化目標の評価は、 <u>モニタリング実施範囲内の植生状況をもって実施する。</u>

-以上-