

3.6. 現地調査

現地調査は、衛星画像や航空レーザデータ等に基づき判読・生成した各種データ（森林変化地、土砂流出地、路網など）の精度確認および衛星画像などからは把握することが困難な、路網（盛土や切土、侵食や水みち発生の有無、土砂流出対策の有無）や周辺の植生、土質などの実態を把握することを目的として実施した。得られた情報については前項の分析結果と照らし合わせ、土砂流出の要因分析に用いるとともに、今後の対策の在り方について整理することとした。

当初8か所の調査箇所を選定していたが、災害復旧工事による通行止めとなっている区域もあったため、アクセス可能な箇所のうち、比較的、路網密度が高く、複数の土砂流出地点が抽出されていた2地区（No.7及びNo.8）について調査を行うこととした（図51）。

3.6.1. 現地調査概要

現地調査の概要を表13に示す。現地調査に先立ち球磨村森林組合と協議し、土砂流出状況や現地通行状況、施業方法について情報収集を行った。

表13 現地調査の概要

調査日	令和5年2月27日、28日
場所	熊本県球磨郡球磨村大字大瀬地先（権現山の北側斜面：No.7） 熊本県球磨郡球磨村大字渡地先（丸尾山南部：No.8）
調査内容	・判読結果の精度確認 ・路網の実態や周辺環境の把握 ・土砂流出の痕跡の確認、表層土や路網の侵食の様子など土砂流出の要因を調査した。

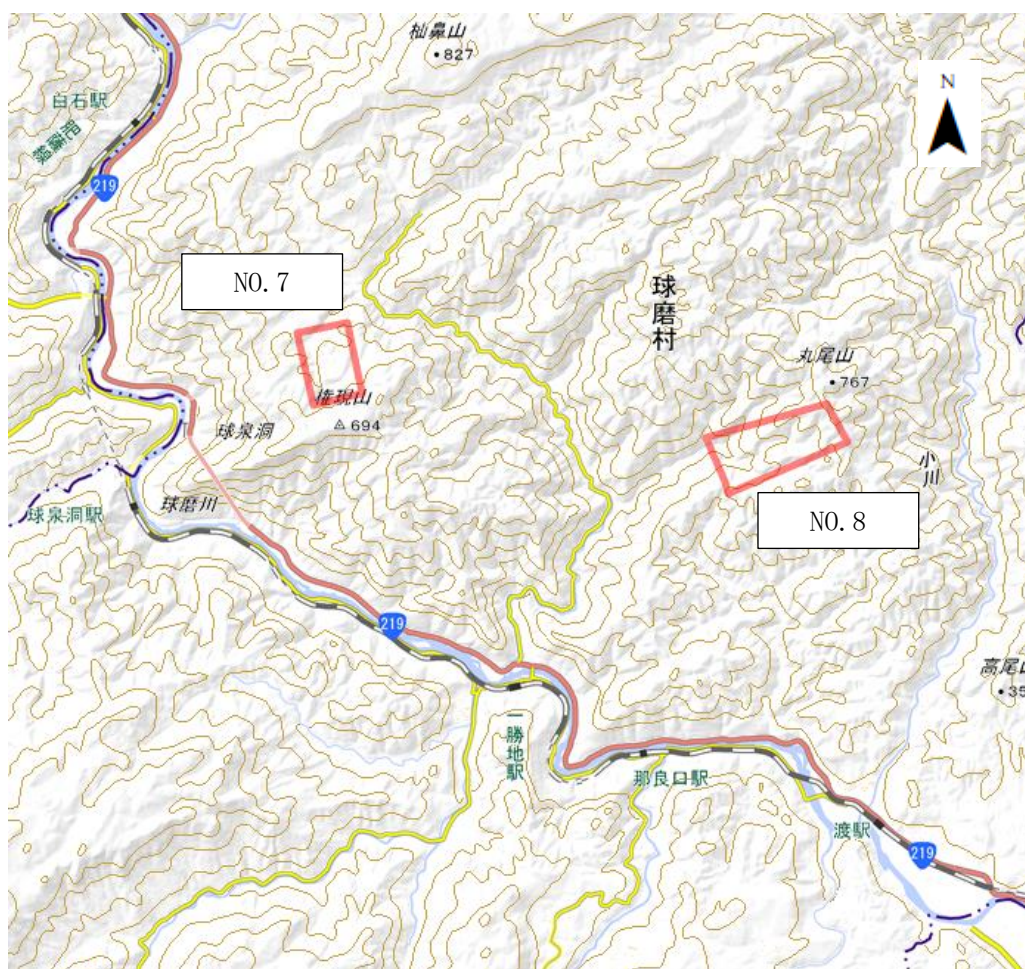


図51 現地調査箇所（地理院地図）

3.6.2. 森林組合との協議内容

球磨村森林組合様に災害当時の様子や球磨村内の森林施業手法などを伺った。以下協議内容である。

- ・球磨村では、球磨村森林組合だけでなく市内の事業者や他市の事業者が施業している
- ・主な施業方法はスイングヤード等による簡易的な架線集材を行い、必要に応じて路網を作設している。
- ・他の事業者も含め、従来の架線式集材を行うことはまれである。
- ・村内の皆伐地には他県の業者が施業して、植林せずに放置されている箇所がある。
- ・シカ害が顕著であり、植栽後にはネットが必須である。
- ・スギの苗は先端部が食されても生育するがヒノキは枯れてしまうことから、最近ではスギを植林している。
- ・球磨村森林組合では毎年 100 ヘクタールほど植林している。しかし、伐採する林業事業者が多く、植林が追い付かず伐採後に数年後に植林する場合もある。
- ・球泉洞の上流部の西側では、H28 年の台風による倒木被害があり、球磨村森林組合が災害復旧の保安林事業を実施した。

以上

3.6.3. 現地調査結果

1) 調査地 No.7

調査地 No. 7 の現地確認は、令和 5 年 2 月 28 日に実施した。図 52 は、調査地 No. 7 の森林変化地全景及び現地確認を行った主な土砂流出地点の位置図である。

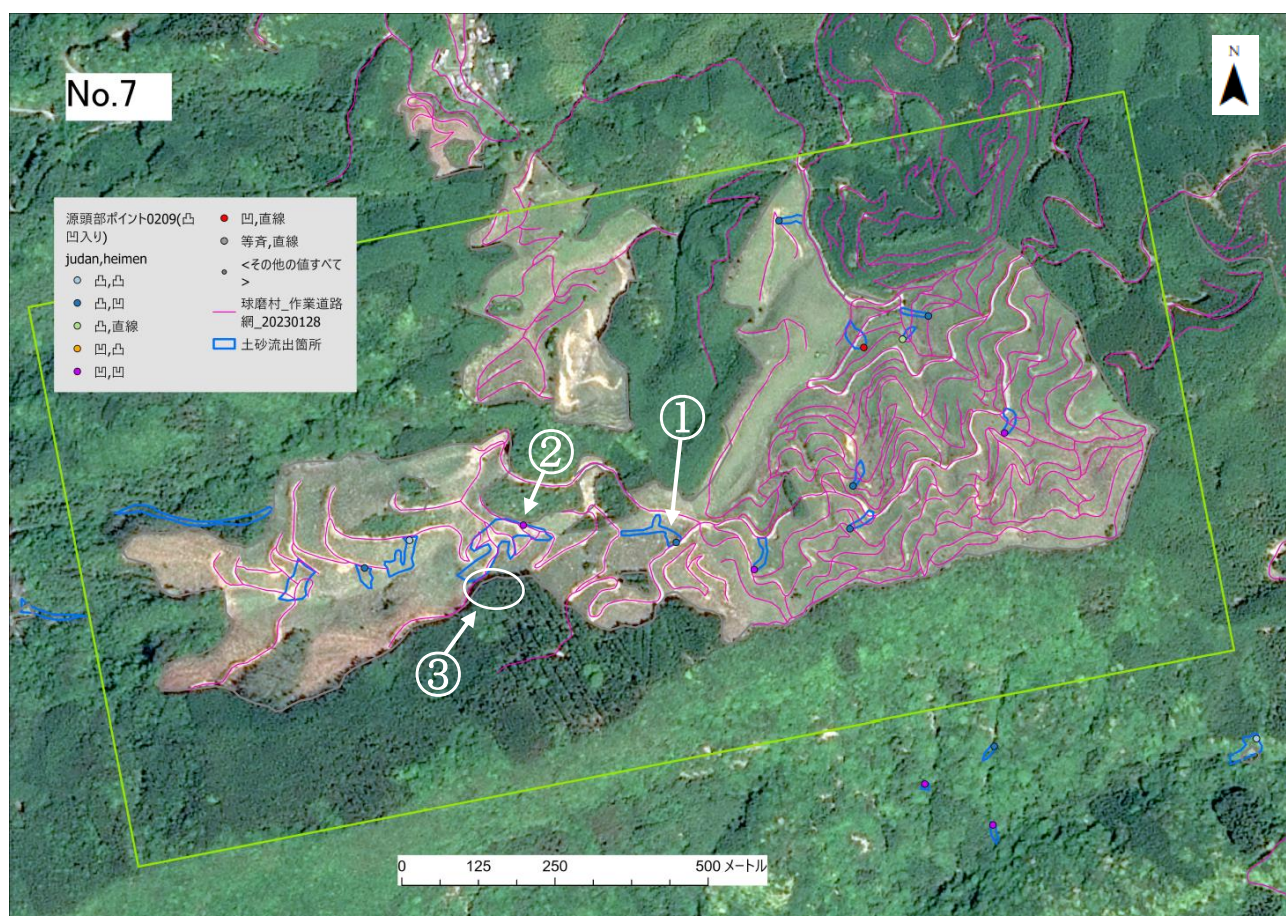


図 52 調査地 No. 7（権現山の北側斜面）と現地確認した土砂流出地点の位置

調査地 No. 7 は、権現山の北側斜面に位置しており、森林変化地の東側は傾斜が比較的緩やかなこともあり、路網が密に作設されており、小規模な土砂流出が点在している。一方、西側は急傾斜地が多く、土砂流出の規模もやや大きめな傾向である。現地確認を行った箇所のうち、以下の 3 つ

の土砂流出地点について概況を記す。

【土砂流出地点①】

土砂流出地点①の概況は図 53 のとおりである。

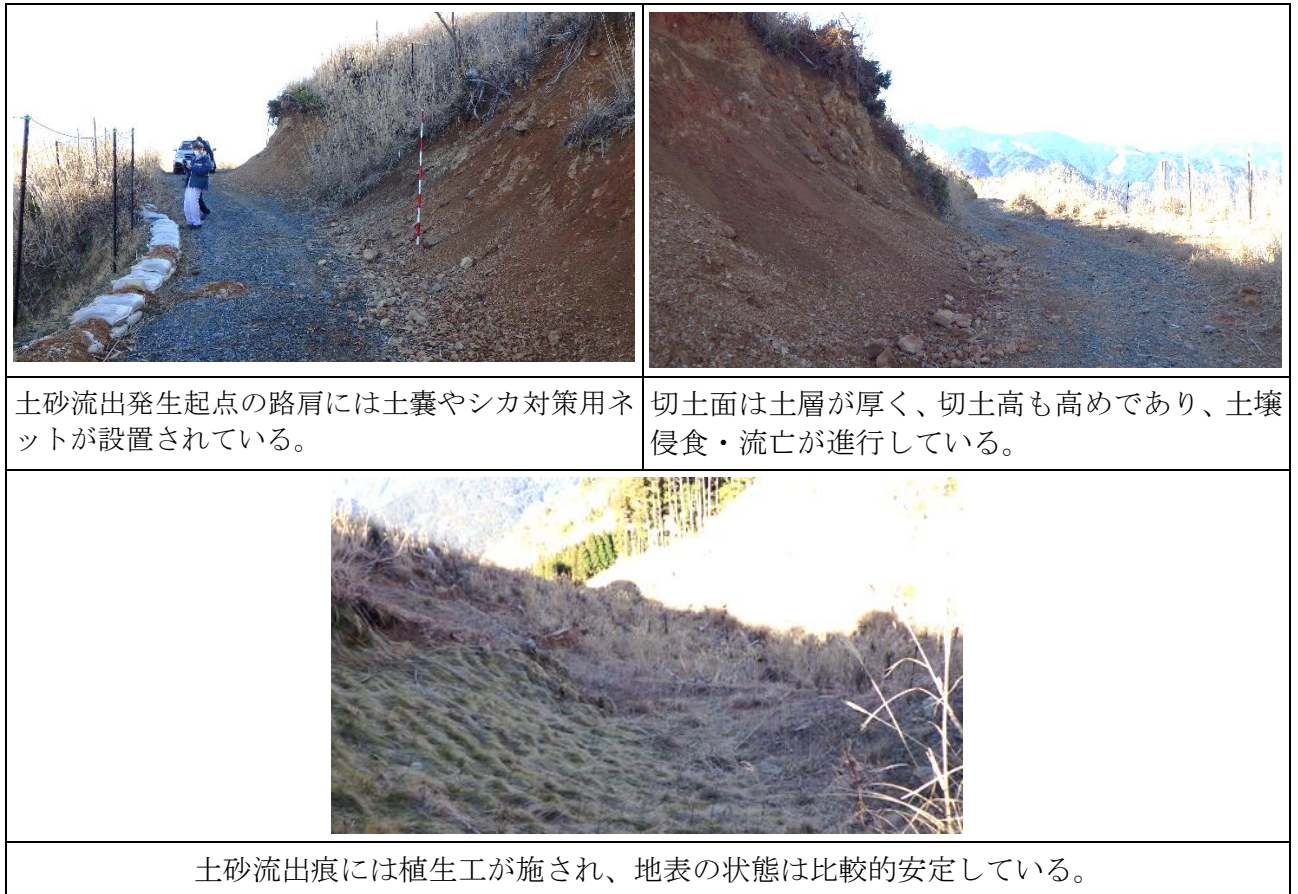


図 53 調査地 No. 7 の土砂流出地点①

土砂流出の起点となっている箇所は、切土により発生した土砂を盛土材として活用し、造成した、幅員 3m 程度の作業道の路肩とみられる。上流側は緩やかな谷地形を呈しており、土層も厚いことから雨水を溜めこみやすい条件となっているところ、豪雨時には貯留量が限界に達し、表面流となって大量に流出したことから、脆弱な路肩盛土から崩れたとみられる。現時点で露出している切土斜面では侵食、土壌流亡が進んでいる。土砂流出起点となっている作業道より下流側の斜面においてはすでに植生工が施され、地表面は安定化しているとみられる。

【土砂流出地点②】

土砂流出地点②の概況は図 55 のとおりである。

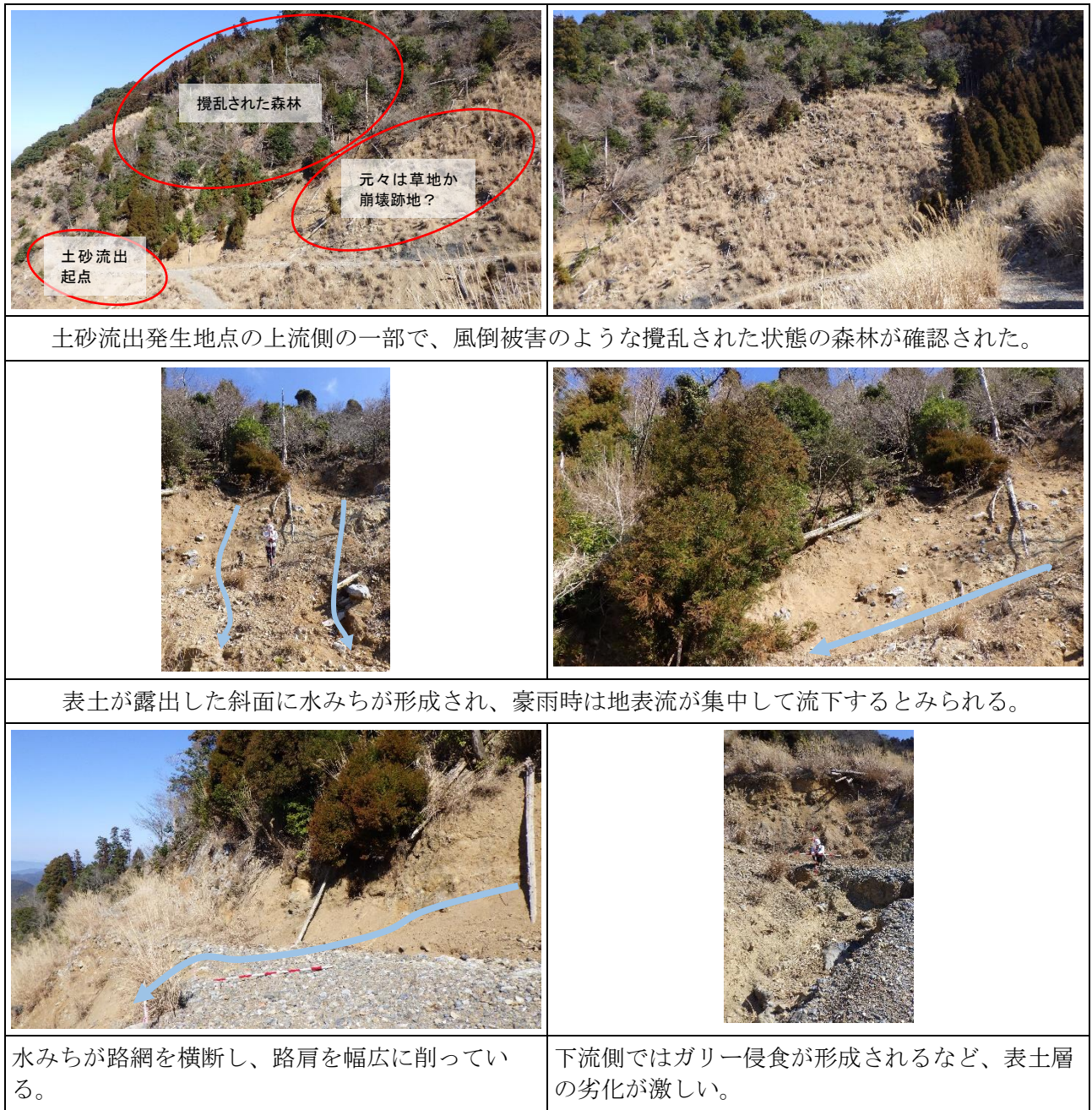


図 54 調査地 No. 7 の土砂流出地点②

土砂流出地点②は、路網が比較的密集したところで、大きな規模の土砂流出が発生した地点である。上流側の森林の一部は、なんらかの理由で攪乱された状態にあり、隣接するエリアは、発災前後の衛星画像の様子から、元々は草地か崩壊跡地のような様相を呈していたとみられる。

豪雨による表土層の露出や、斜面における水みちの形成が進んだことにより、表面流が発生しやすくなり、下流側に向けて路網を横断する水が集中し、路肩を削っていった様子がみてとれた。

下流側ではガリー侵食の進行が顕著で、土砂流出の範囲の拡大により、近接したエリアの土砂流出（土砂流出地点③）の発生に寄与した可能性も伺えた（土砂流出地点③で説明）。

【土砂流出地点③】

土砂流出地点③の概況は図 55 のとおりである。



図 55 調査地 No. 7 の土砂流出地点③

土砂流出地点③（以下、③）は、SPOT 衛星画像では判読されず、現地で確認された土砂流出地である。近接している土砂流出地点②の末端部分の侵食の拡大により、③の斜面末端部の表土層が不安定化したことから、③の土砂流出をもたらした可能性が考えられる。GoogleEarth で確認したところ、豪雨後しばらくは路網より上流側の斜面は崩れていなかったことから、路網より下流側の斜面が崩れ、不安定化したことにより、時間差で上流側の土砂流出を発生させたと考えられる。

2) 調査地 No.8

調査地 No. 8 の現地確認は、令和 5 年 2 月 27 日に実施した。図 56 は、調査地 No. 8 の森林変化地全景である。

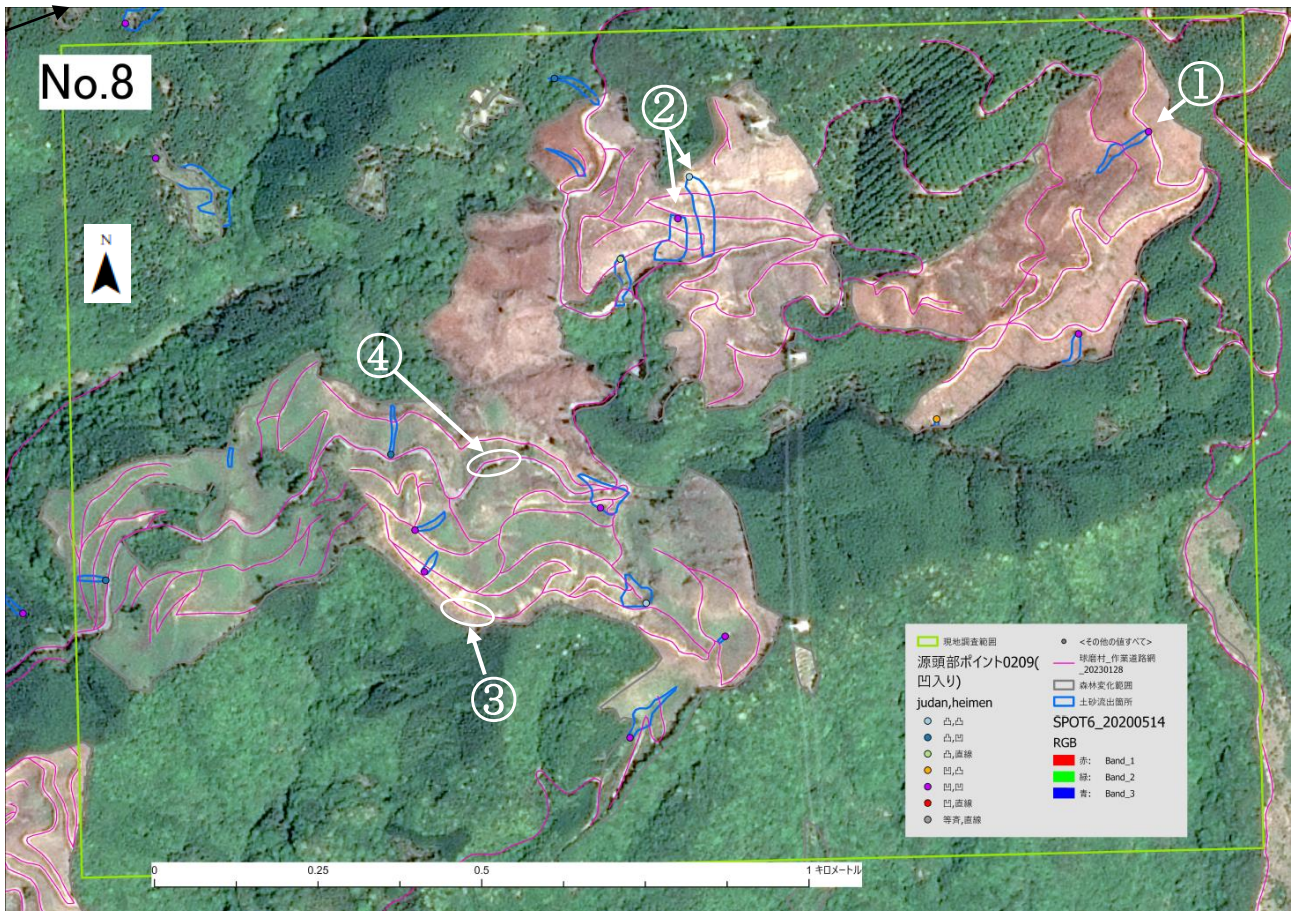


図 56 調査地 No. 8（丸尾山の南西部）と現地確認した土砂流出地点の位置

調査地 No. 8 は、丸尾山の南西部に位置しており、比較的密な路網の入った森林変化地である。土層は風化しており、特に南斜面は乾燥により非常に脆い土質となっている。調査地 No. 8 で現地確認を行った地点のうち、以下の4つの土砂流出地点について概況を記す。

【土砂流出地点①】

土砂流出地点①の概況は図 57 のとおりである。





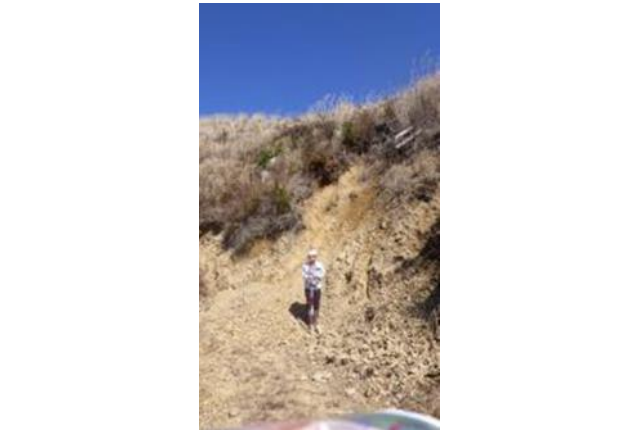



	
<p>土砂流出箇所 遠景</p>	<p>切土部分は堆積が厚く、雨水貯留しやすい。</p>
	
<p>土砂流出発生起点。凹地形を呈している。</p>	<p>土砂流出発生起点（路網の下流側）</p>
	
<p>①の周辺でみられた土砂流出拠点。土質は手で触れると簡単に碎ける風化土壌。</p>	
	
<p>路網に形成された水みちの合流地点が土砂流出発生起点となっている。</p>	<p>路面を走る雨水を分散させるための簡易横断排水施設</p>

図 57 調査地 No. 8 の土砂流出地点①

切土部分は堆積が厚く、緩やかな凹地形を呈しているため、雨水を貯め込みやすい地形となっており、豪雨時には飽和し、切土部分と路網の水みちからの流出が合流して、大量の水が路肩を削りながら土砂とともに流下したとみられる。周辺には路面での流出を分散させるための簡易排水施設が1基設置されていたが、水みちの拡大が顕著な現場の様子を勘案すると、より多くの分散排水施設の設置が必要と考えられた。

【土砂流出地点②】

土砂流出地点②の概況は図 58 のとおりである。

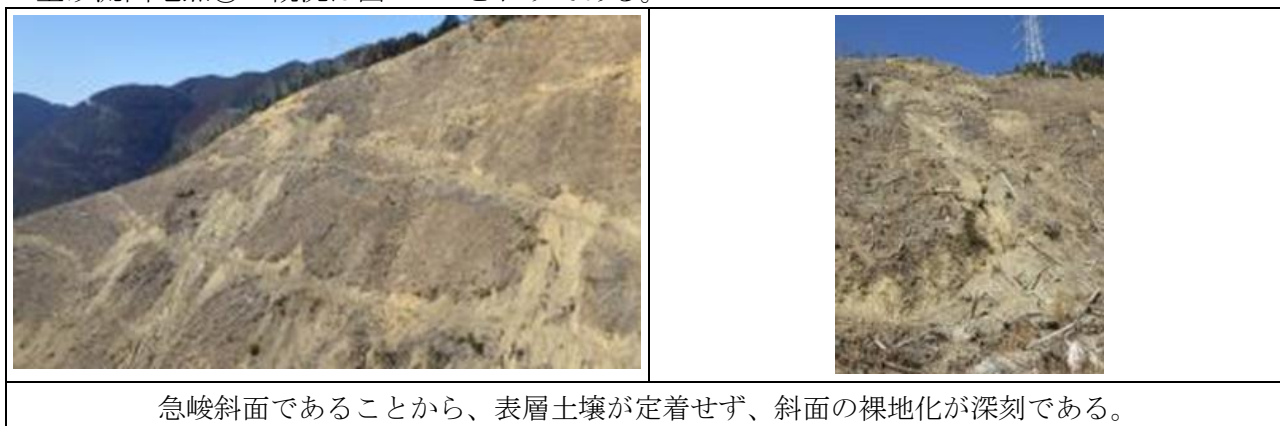


図 58 調査地 No. 8 の土砂流出地点②

土砂流出地②は、南向きの急峻地で、伐採からかなり日が経過しているとみられることもあり、斜面は乾燥し、風雨等により恒常的に土壌侵食が進行している。表層土壌が定着せず、斜面の裸地化が深刻であり、地表を安定化させるための早急な森林整備が必要と考えられた。

【土砂流出地点③】

土砂流出地点③の概況は図 59 のとおりである。

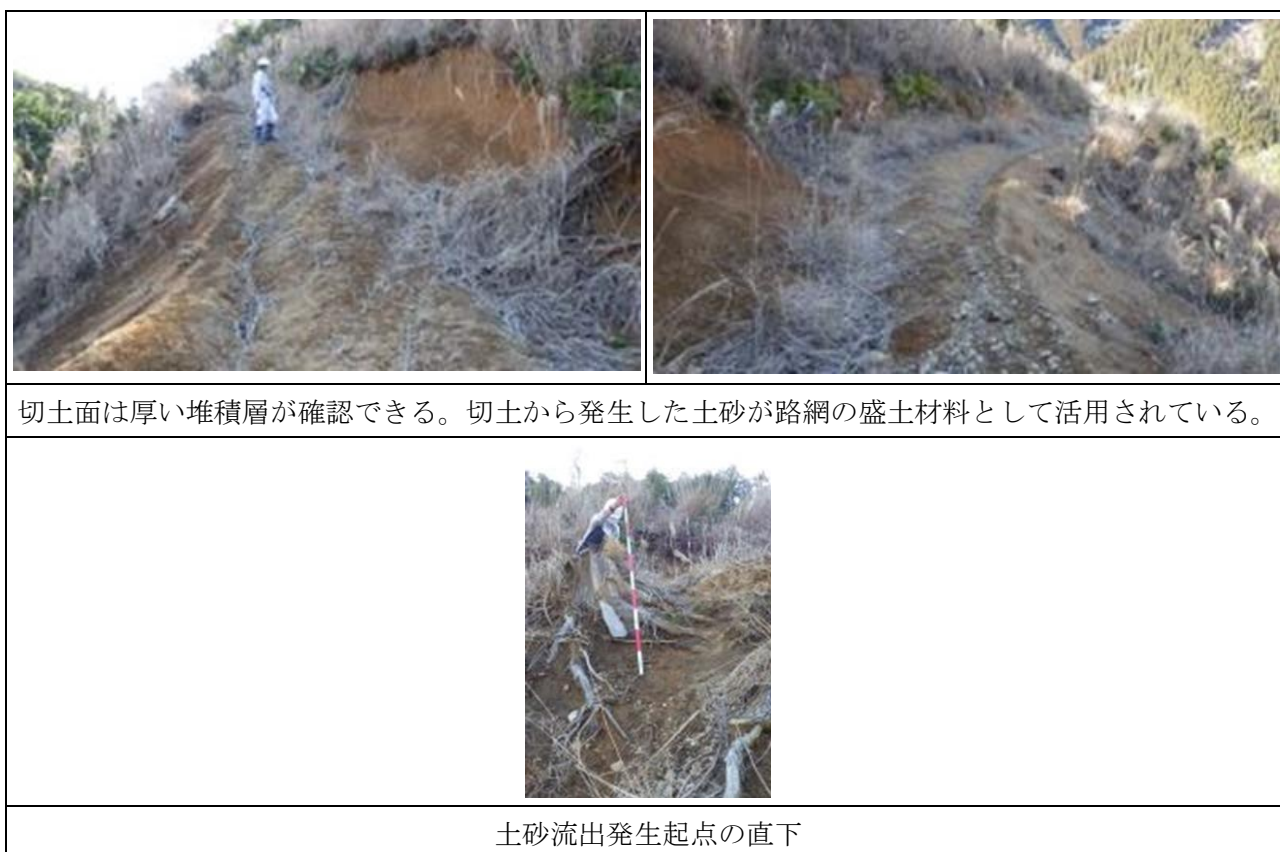
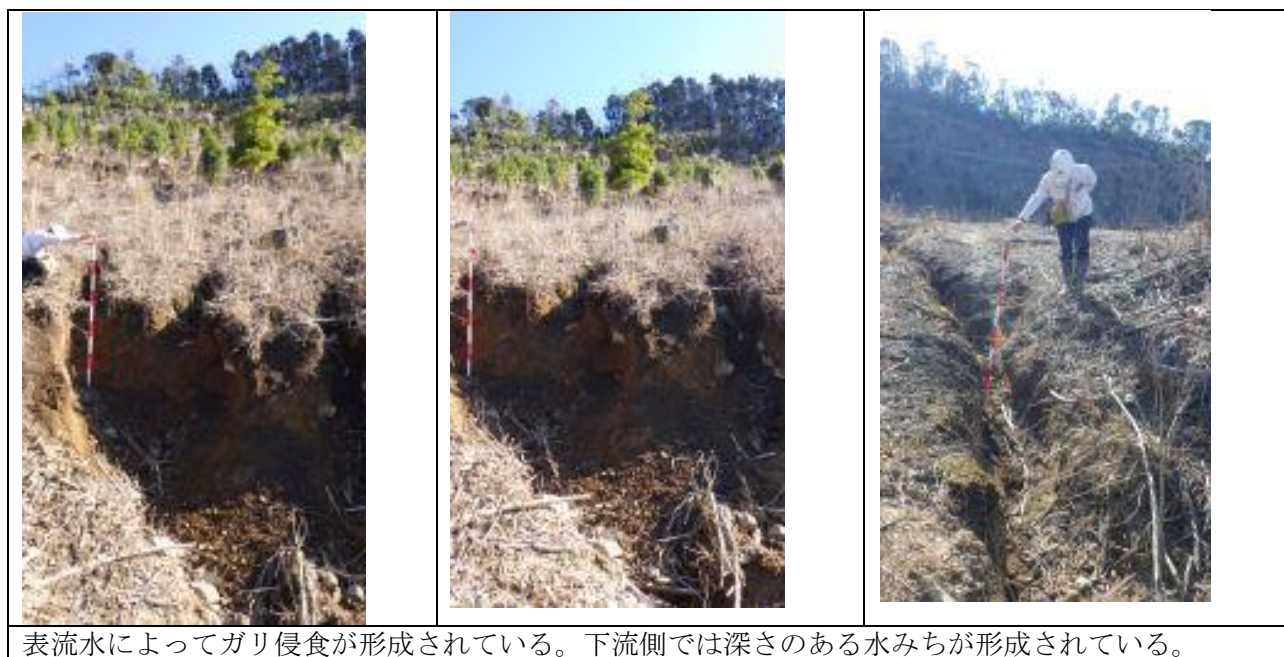


図 59 調査地 No. 8 の土砂流出地点③

土砂流出地点③は、北向き斜面の上流部に位置している、衛星画像では抽出されなかったが、現地を確認できた土砂流出地である。切土面は厚い堆積層から成り、切土から発生した土砂が盛土材料として路網の作設に用いられている。路網は、一時利用を想定したような簡素な作りとなっており、盛土部分が不安定なためか、路肩のあちこちで轍から拡大した水みちや小規模な崩れがみられた。

【土砂流出地点④】

土砂流出地点④の概況は図 60 のとおりである。



表流水によってガリ侵食が形成されている。下流側では深さのある水みちが形成されている。

図 60 調査地 No. 8 の土砂流出地点④

土砂流出地点③と同様、土砂流出地点④も衛星画像で抽出された土砂流出地ではないものの、顕著なガリ侵食がみられた箇所である。斜面には一定の植生があるものの、ガリの上流側は凹型の集水地形となっており、表面流が集中しやすく、ガリ侵食を拡大させたものとみられる。

ガリ侵食のさらに下流側では、深さのある水みちが形成されており、さらなる土壌侵食拡大の危険性が考えられた。

3.7. 調査結果のまとめと今後の課題

「3.5 土砂流出の要因に係る分析」と「3.6 現地調査」の結果をまとめ、以下に示す。

1) 衛星画像の判読精度

- ・ 森林変化地、土砂流出地、源頭部、路網等の判読結果データを、現地確認結果と照らし合わせた結果、位置、範囲等について、いずれも概ね精度よく再現されていた。
- ・ 源頭部毎に算出していた縦横断面形（凹凸）についても、現地の地形状況と調和的であった。
- ・ 以上のことから、画像解像度5～6ピクセル（0.01ha程度）の規模より大きい土砂流出ではSPOT衛星画像活用の有効性を一定程度確認できたといえる。

2) 土砂流出が発生しやすい条件の整理（因子との因果関係）

- ・ 分析の結果と同様、現地においても、全体的に傾斜が「急傾斜地」、「急峻地」、縦横断面形が「凹地」且つ路網が作設されている森林変化地において土砂流出が多いことが確認された。
- ・ 路網ありの森林変化地における土砂流出起点の大半は路網の路肩であった。多くの路網上には、轍から拡大したとみられる水みちが形成されており、上流側の谷地形や、路網そのものを流れ出る表面流などと合流し、土砂流出を加速させたものとみられた。
- ・ 特に簡易な盛土で作設された路網で路肩が幅広く削られているケースや、路網が密に作設された森林変化地で一箇所土砂流出が別の土砂流出を誘発するケースもみられ、路網作設の方法（傾斜、密度、距離）に課題が介在していることが示唆された。

3) 今後の課題

- ・ 今回と同様、他のエリアにおいても画像解像度5～6ピクセル（0.01ha程度）以上の土砂流出に着目して土砂流出と発生因子との関係を分析していく場合、衛星画像とともに、災害発生前後の航空レーザ測量による地形データ（DEMから算出する傾斜量、斜面方位、斜面の曲率等）の入手が可能であることが不可欠と考えられる。
- ・ 今後、さらに詳細な分析を行う場合は、特に重要な指標となる路網について、より詳細な情報（切土、盛土、作設方法、路網密度、幅員等）を抽出できることが望ましく、活用可能なデータとコストの検証が必要である。
- ・ 路網に起因する土砂流出の抑制に係る課題としては、凹地の路肩に水が集中し、土砂流出となるケースが多くみられることから、土砂流出の起点となることを回避するよう、路網への枝条の配置や、適切な分散排水施設の設置・維持を進めていくことが重要といえる（図61）。



図 61 土砂流出の発生を抑制する対策イメージ

（左：枝条による路面保護、右：横断溝による分散排水と流末に設置された沈砂池）

（引用：森林作業同解説の手引き-土砂を流出させない道づくり-）

3.8. 調査計画（案）の作成

全国の調査を進めていくには、膨大な時間と費用を要する。そこで、本業務での調査手法を整理するとともに、過年度に豪雨災害があった地域において次年度以降の調査計画を立案する。

3.8.1. 調査手法の整理

本業務における調査手法を次頁の図 62 に示す。また、本調査手法に要する空間情報を表 13 に示す。本調査手法では、災害発生前の航空レーザ測量による DEM を解析して、傾斜量、斜面方位、斜面の曲率等の地形量を求めることから、災害前の航空レーザ測量成果の有無が重要となる。また、災害後の航空レーザ測量成果は、差分解析による崩壊地の抽出や源頭部ポイント入力の参考、土層深の算出などに用いるため、整備されていることが望ましい。

一方、衛星画像では、定期的に日本国内を撮影しアーカイブとして蓄積しているため、航空レーザ測量成果と比較すると容易に入手できる状況にある。

表 14 本調査手法にて必要な空間情報

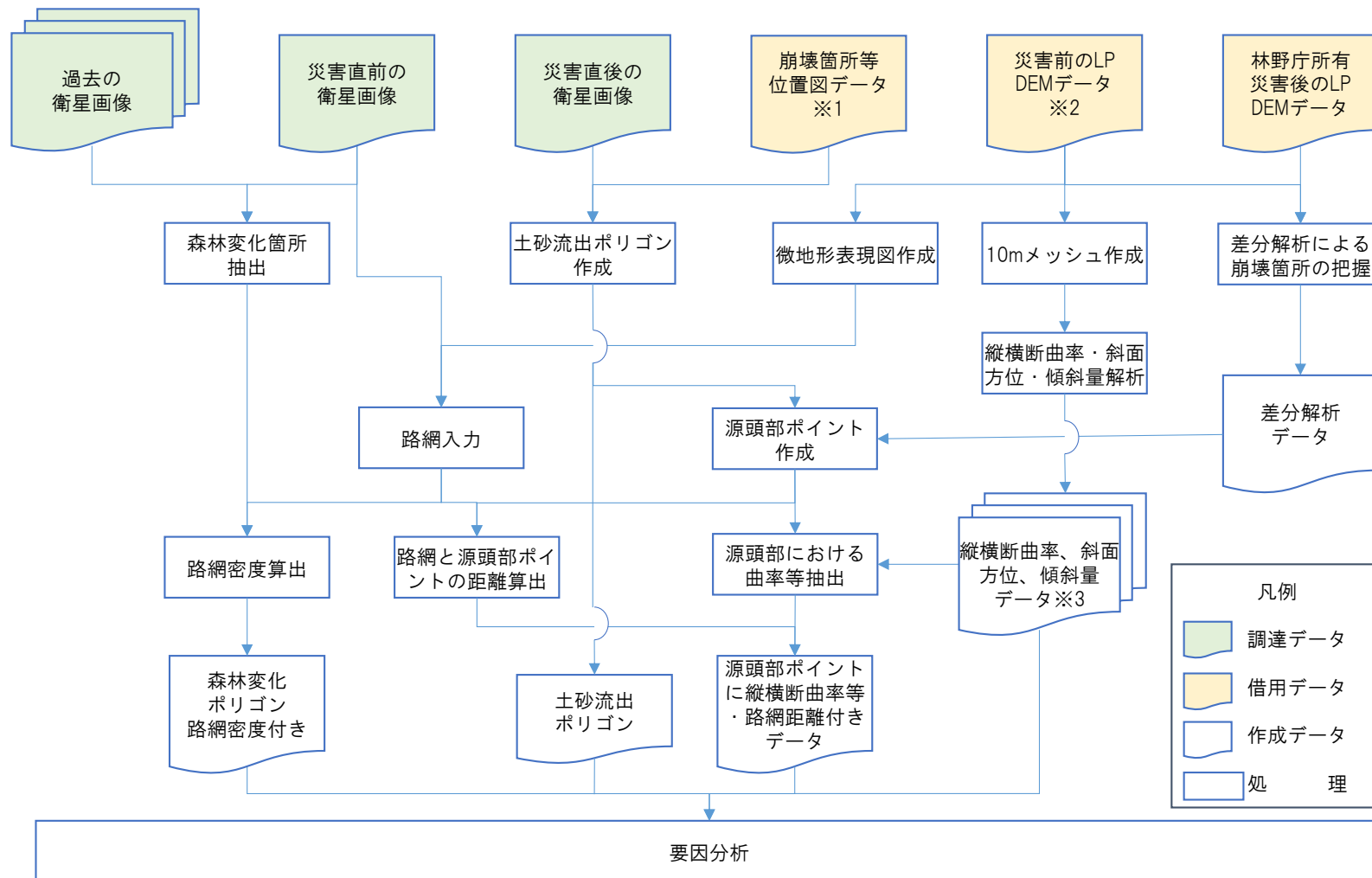
空間情報	備考
災害前の航空レーザ測量成果データ	発災前の地形量や路網配置の把握
災害発生後の航空レーザ測量成果データ	土砂流出箇所の把握
土砂流出箇所のポリゴンデータ	整備されていない場合は災害直後の衛星画像より判読する
災害発生前の衛星画像	過去 10 年程度の森林変化状況の把握、路網配置状況の把握
災害発生直後の衛星画像	土砂流出箇所の把握

3.8.2. 近年の豪雨災害について

近年、雨の降り方が変化している。その現象の一つが線状降水帯であり、全国各地で甚大な土砂災害等の被害をもたらしている。平成 26 年以降に発生した線状降水帯による大雨によって甚大な被害が発生した事例を表 15 に示す。

表 15 平成 26 年以降の線状降水帯の発生による土砂災害

事例	主な被災地	林野庁による航空レーザ測量
平成 26 年 8 月豪雨	広島県	
平成 27 年 9 月関東・東北豪雨	茨城県、栃木県、宮城県	
平成 29 年 7 月九州北部豪雨	福岡県、大分県	
平成 30 年 7 月豪雨	岡山県、広島県、愛媛県、高知県	実施
令和 2 年 7 月豪雨	熊本県、福岡県、鹿児島県	実施
令和 3 年 8 月の大雨	広島県、佐賀県、長野県	
令和 4 年 8 月 3 日からの大雨等	新潟県、石川県	



※1 整備していない場合もある
 ※2 他の計画機関から借用
 ※3 個別のデータファイル

図 62 本業務での調査手法

3.8.3. 林野庁における航空レーザデータ整備

林野庁では、平成 30 年 7 月豪雨および令和 2 年 7 月豪雨による広域的な土砂災害発生後に、航空レーザ測量を行い崩壊箇所等位置図の作成によって被害状況の把握を行った。図 63 と図 64 には豪雨災害後に林野庁が整備した航空レーザ測量範囲を示す。平成 30 年 7 月豪雨災害後には広島県、岡山県、愛媛県、高知県と広範囲に整備している。令和 2 年 7 月豪雨災害後には熊本県を広範囲に整備している。

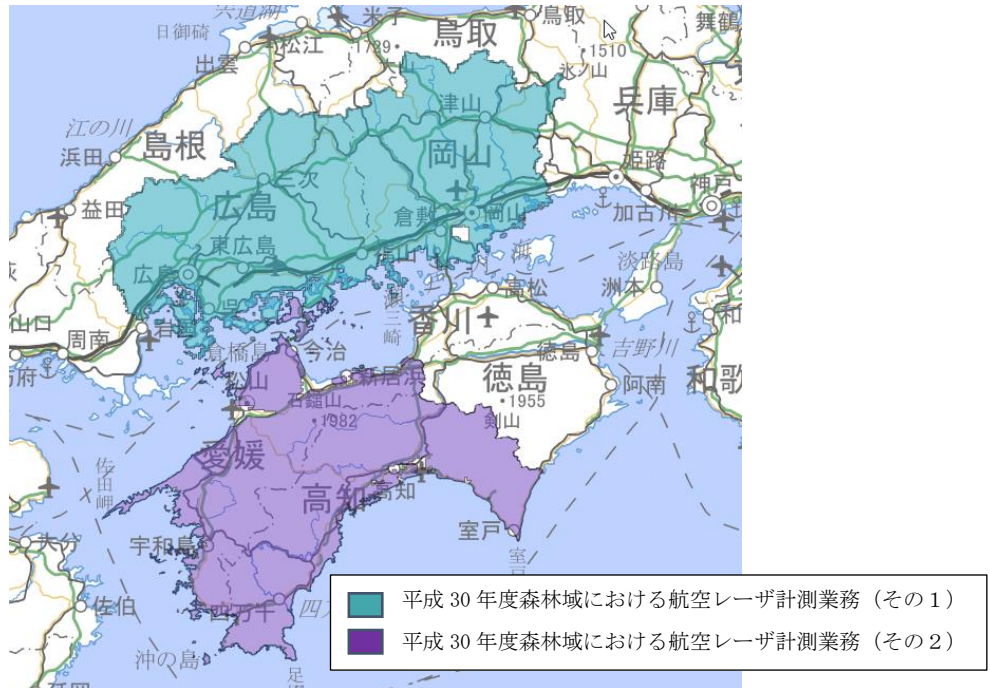


図 63 平成 30 年 7 月豪雨後の航空レーザ測量実施範囲※

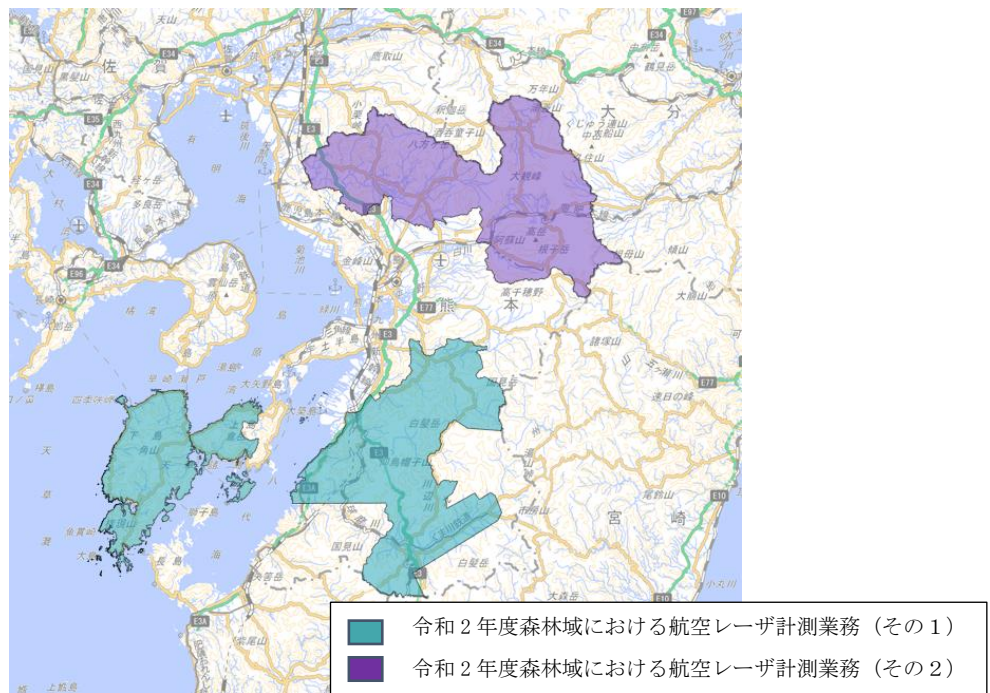


図 64 令和 2 年 7 月豪雨後の航空レーザ測量実施範囲※

※航空レーザ測量データポータルサイトより（公益財団法人日本測量調査技術協会）

3.8.4. 豪雨災害前の航空レーザデータ整備状況

平成 30 年 7 月豪雨以前の航空レーザ測量成果の整備状況および令和 2 年 7 月豪雨以前の航空レーザ測量成果の整備状況を調査した。図 65 に示す通り四国地方には平成 30 年以前の航空レーザ測量成果が整備されている。図 66 に示す通り令和 2 年以前の航空レーザ測量成果は九州地方で広域に整備されている。

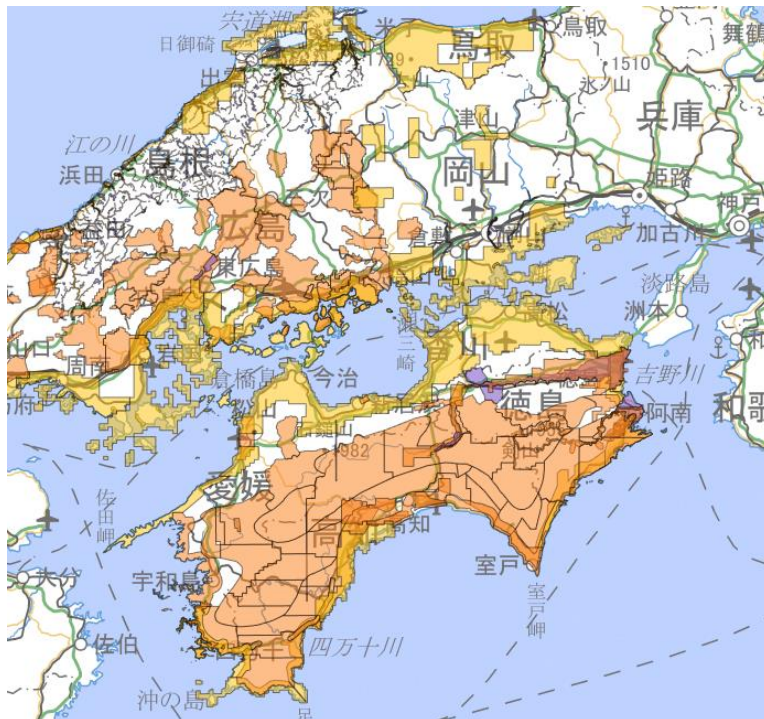


図 65 平成 30 年 7 月豪雨後の航空レーザ測量実施範囲※

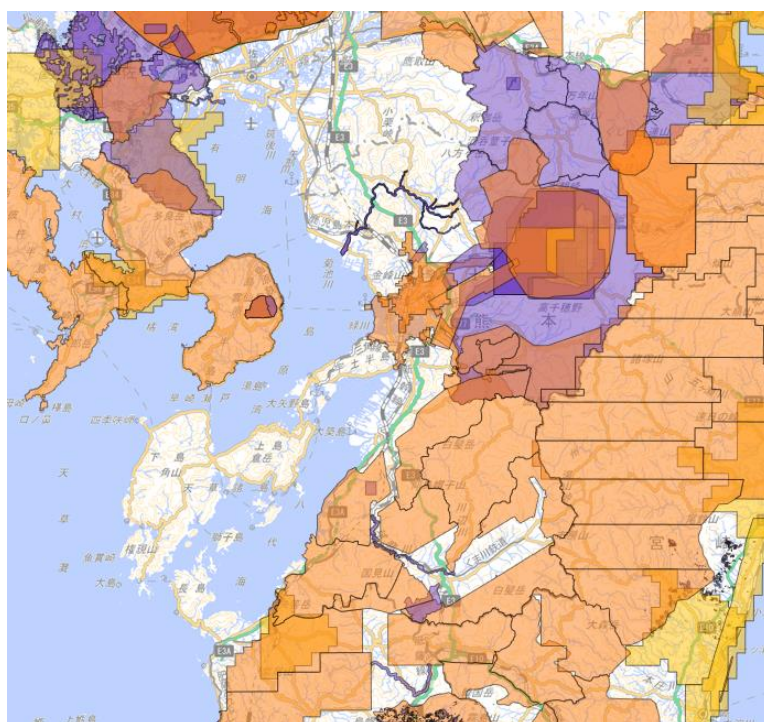


図 66 令和 2 年 7 月豪雨後の航空レーザ測量実施範囲※

※航空レーザ測量データポータルサイトより（公益財団法人日本測量調査技術協会）

3.8.5. 調査における注意点

次年度以降の調査計画における注意点を以下に示す。

- 過去の複数時期の衛星画像を用いて、経年による森林変化を把握する
- 過去の複数時期の衛星画像を用いて、経年的な土砂流出箇所や面積を調査する
- 複数時期の土砂流出ポリゴンを用いて、通常時と豪雨時の土砂流出箇所数や面積を比較する
- 路網の判読は、過去の航空レーザデータによる微地形図でベースを作成し、衛星画像による判読は補足的に用いる

3.9. 調査報告書の作成

本業務における調査報告書を作成した。

4. 工程表

本業務の作業工程表を以下に示す。確実に工期内で業務を遂行できるようにするため、適切な人員配置を行うとともに、同時並行が可能な工程については適切な工程管理を行い業務を実施した。

作業項目		主な作業内容	業務数量	令和4年		令和5年		
				11月	12月	1月	2月	3月
1. 作業計画			1式					
2. 業務の実施	(1) 伐採等の森林変化と土砂流出発生の有無の関連性に係るデータ収集方法の検討	①衛星画像等によるデータの収集	1式					
		②高次元・高解像度データによる検証	1式					
	(2) 土砂流出の分類	1式						
	(3) 林況と土砂流出の関係に係る分析	1式						
	(4) 調査計画（案）の作成	1式						
	(5) 調査報告書の作成	1式						
	(6) 照査	1式		○	○	○	○	○
(7) 打合せ	1式			■	■	■	■	

5. 業務実施体制

本業務の実施体制を、図 67 に示す。業務の実施に当たり、業務全体の管理を行う管理技術者のもと、各業務の知識・知見を有する主担当技術者を以下の通り配置し、事業の確実な履行を行った。

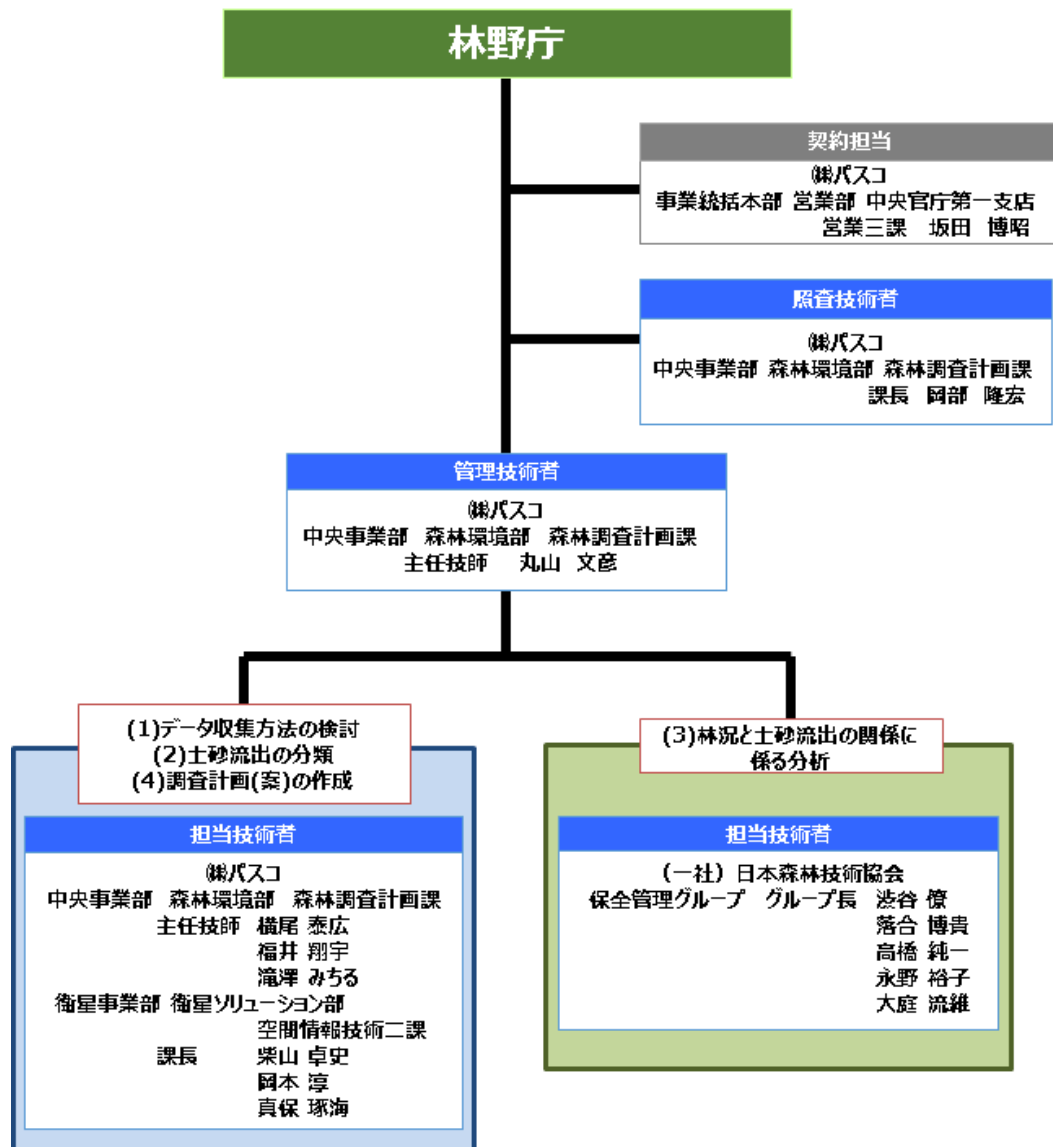


図 67 業務実施体制図

表 16 本業務の実施体制表

担当業務	氏名	資格名等
管理技術者	丸山 文彦 (パスコ)	<ul style="list-style-type: none"> ・技術士(森林/森林土木、環境/自然環境保全) ・森林情報士(森林 GIS1 級) ・林業技士(森林環境)
照査技術者	岡部 隆宏 (パスコ)	<ul style="list-style-type: none"> ・技術士(森林/森林土木) ・技術士(建設/河川、砂防及び海岸・海洋) ・森林情報士(森林 GIS1 級、森林リモートセンシング1 級) ・空間情報総括監理技術者
データ収集方法の検討 土砂流出の分類 調査計画(案)の作成 調査報告書の作成	横尾 泰広 (パスコ)	<ul style="list-style-type: none"> ・技術士(森林/森林土木) ・空間情報総括監理技術者
	滝澤 みちる (パスコ)	<ul style="list-style-type: none"> ・測量士 ・地理情報標準中級技術者 ・情報セキュリティマネジメント
	福井 翔宇 (パスコ)	<ul style="list-style-type: none"> ・森林情報士(森林 GIS 1 級) ・測量士補
	柴山 卓史 (パスコ)	<ul style="list-style-type: none"> ・博士(工学) ・空間情報総括監理技術者 ・技術士(建設/河川、砂防及び海岸・海洋) ・測量士
	岡本 淳 (パスコ)	<ul style="list-style-type: none"> ・測量士補
	真保 琢海 (パスコ)	-
林況と土砂流出の関係 に係る分析 調査報告書の作成	渋谷 僚 (日林協)	<ul style="list-style-type: none"> ・技術士(森林/森林環境) ・林業技士(森林環境)、森林評価士 ・森林情報士(森林 GIS 1 級) ・測量士
	落合 博貴 (日林協)	<ul style="list-style-type: none"> ・博士(農学)
	高橋 純一 (日林協)	<ul style="list-style-type: none"> ・技術士(森林/森林環境) ・林業技士(森林環境) ・森林情報士(森林航測 1 級) ・RCCM(建設環境) ・測量士
	永野 裕子 (日林協)	<ul style="list-style-type: none"> ・技術士(森林/森林環境) ・林業技士(森林土木) ・森林情報士(森林 GIS1 級) ・無人航空従事者試験 2 級 ・測量士補
	大庭 流維 (日林協)	-
バックアップ	パスコ 中央事業部 森林環境部 9名 日林協 事業部 保全管理グループ 9名	