

令和3年度
流域山地災害等対策調査
(森林保全対策調査)
委託事業

報 告 書

令和4年3月

林野庁

目次

第1章	事業の概要	2
1.1	事業の目的.....	2
1.2	事業の経緯及び課題.....	2
1.3	事業の基本方針.....	2
第2章	衛星画像の判読	4
2.1	衛星画像の判読作業.....	4
2.1.1	判読作業フロー.....	4
2.1.2	調査項目の検討.....	5
2.1.3	判読作業箇所検討.....	6
2.2	衛星画像取得.....	7
2.2.1	衛星の種類.....	7
2.2.2	衛星画像の選定.....	8
2.3	衛星画像判読.....	10
2.3.1	一次判読.....	10
2.3.2	詳細判読.....	11
第3章	現地調査	13
3.1	現地調査項目.....	13
3.2	現地調査結果.....	14
3.2.1	千葉県北部森林計画区.....	14
3.2.2	千葉県南部森林計画区.....	30
3.2.3	滋賀県湖南森林計画区.....	59
3.2.4	和歌山県紀南森林計画区.....	84
第4章	まとめ	105
4.1	調査結果.....	105
4.1.1	調査地の概要.....	105
4.1.2	開発目的の傾向.....	108
4.1.3	調査地の面積の傾向.....	109
4.1.4	調査地の傾斜の傾向.....	110
4.1.5	アンケート対象地.....	111
4.2	衛星画像の有効性・今後の展望.....	113
4.3	まとめ.....	116

第1章 事業の概要

1.1 事業の目的

水源の涵養、災害の防止等の公益的機能を有する森林は、国民生活の安定と地域社会の健全な発展に寄与している。したがって、森林において開発行為を行うに当たっては、森林の有する役割を阻害しないよう適正に行うことが必要になる。林野庁においては、森林の土地について、その適正な利用を確保することを目的に、林地開発許可制度を運用している。

現行制度において、所定の要件を満たす開発行為を行う場合には都道府県知事の許可が必要であり、違反行為があった場合には、森林法に基づき監督処分を受け、処分に従わない場合には罰則が適用されることとなっている。

他方で、林地開発許可制度の対象となる1haに満たない規模の開発行為（以下、「小規模林地開発行為」という。）に関しては、都道府県知事の許可は必要ではなく伐採届のみによる手続きとなっている。この中でも、太陽光発電施設の設置については、運用通知「太陽光発電施設の設置を目的とした開発行為の許可基準の運用細則について(令和元年12月24日付元林整治第686号林野庁長官通知)」において、「法第10条の2第1項の許可を要しない規模の開発についても、本通知を踏まえ、森林の土地の適切な利用が確保されるよう周知することが望ましい」と定められているところである。特に近年、短時間強雨の発生頻度が増加傾向にあるなど、今後、山地災害の発生リスクが一層高まることが懸念されていることから、林地開発許可制度の対象とならない小規模林地開発行為についても、適正な運用がなされているかを確認する必要がある。

本事業においては、小規模林地開発行為の対象箇所について、伐採届、衛星画像や航空写真等により土砂流出等の発生や災害発生のおそれを把握の上、現地調査を行うことで詳細な現状の調査を行い、これにより、小規模林地開発行為の適正性の検証に資する土砂流出状況の調査を行うことを目的とした。

1.2 事業の経緯及び課題

林野庁では、過年度にも本事業と同様の取り組みを行っており、今年度事業についてもこれらの成果及び議論を踏まえて事業に取り組む必要がある。また、令和元年度に開催された「太陽光発電に係る林地開発許可基準の在り方に関する検討会」においては、小規模林地開発について「1ha以下の開発案件において、災害が発生している事例が報告されていることから、林野庁においては、関係自治体の協力を得つつ、引き続き状況の把握に努めるべきである。」と記されている。

これらのことから、令和元年度、令和2年度の課題を踏まえた上で、本年度においても具体的な小規模林地開発箇所の状況の把握に努めるものとした。

1.3 事業の基本方針

小規模林地開発行為の現状を適切かつ効率的に把握するため、複数の衛星から最適な時期・解像度の衛星画像・航空写真を用いて、客観性のある判読・解析を実施することとした。これにより、効率的に現地調査箇所の絞り込みを行い、また、衛星画像判読結果を踏まえて現地調査を実施した。

図1-1に本事業の実施フローを示す。

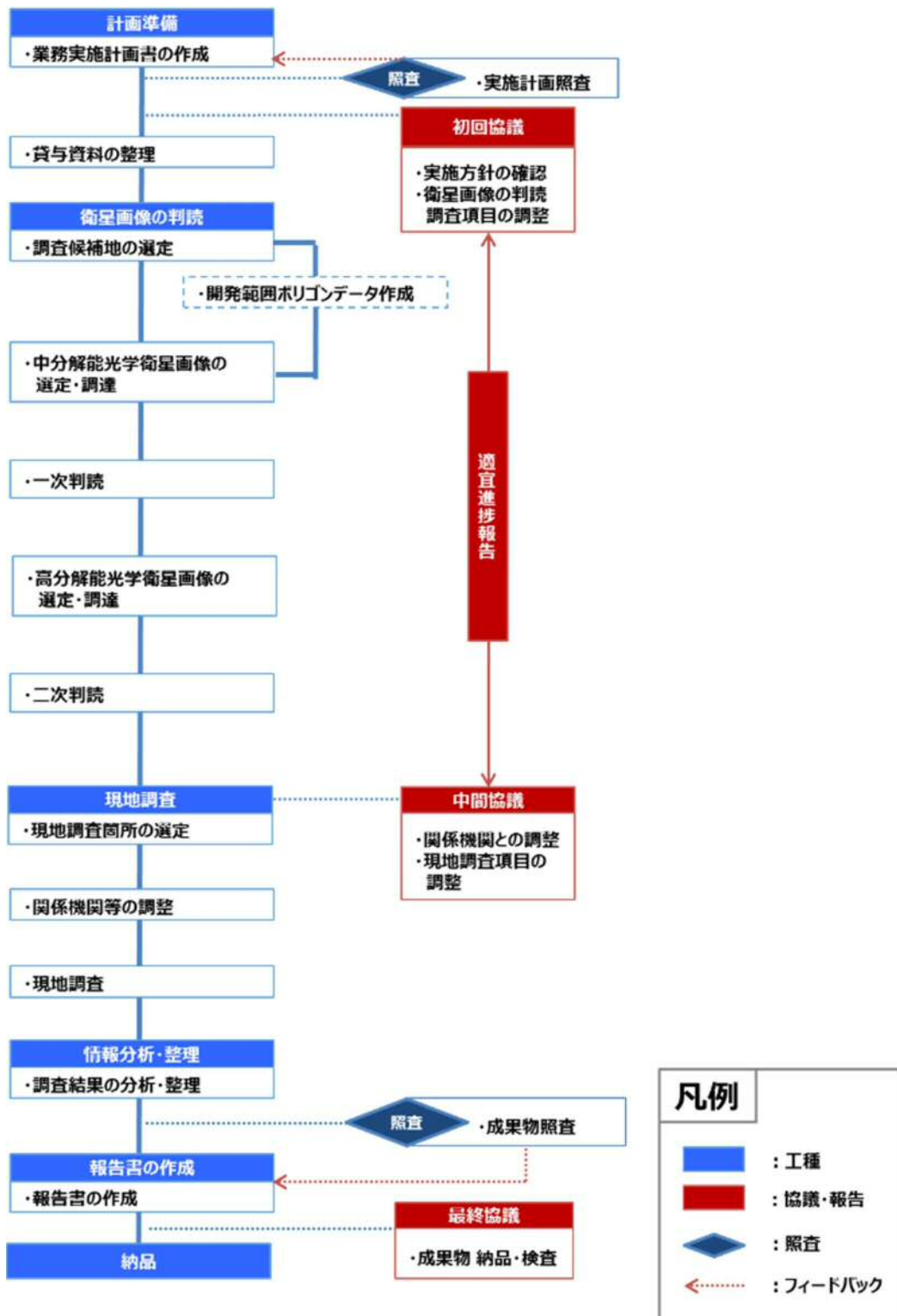


図 1-1 事業の実施フロー

第2章 衛星画像の判読

2.1 衛星画像の判読作業

2.1.1 判読作業フロー

貸与データを元に調査箇所を確定し、衛星画像判読を経て現地調査箇所をピックアップした。衛星画像判読に関するフローを図 2-1 判読作業フローに示す。

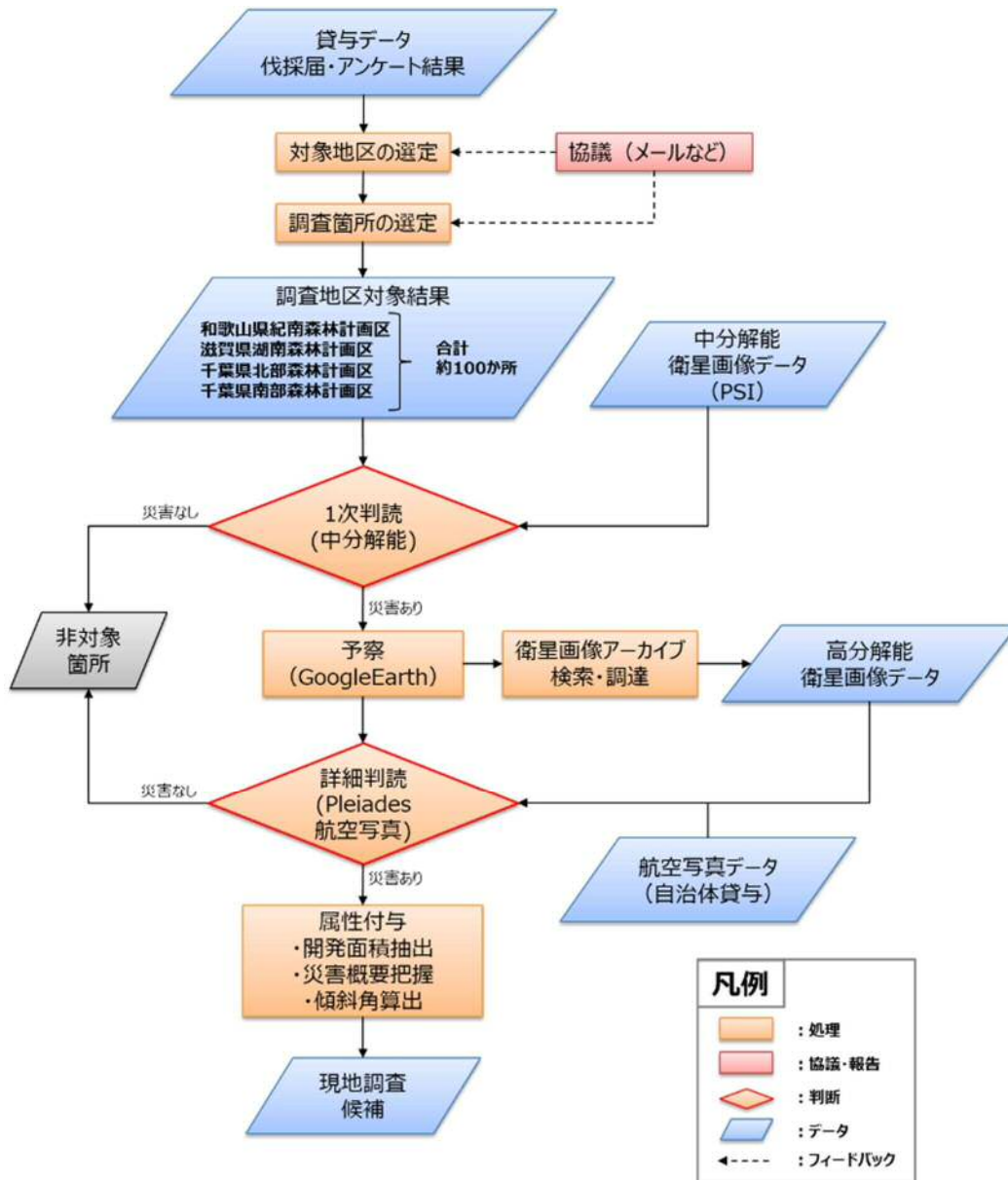


図 2-1 判読作業フロー

2.1.2 調査項目の検討

各伐採届と衛星画像から取得できる情報を整理し、衛星画像判読における調査項目を検討した調査項目を表 2-1 調査項目に示す。

表 2-1 調査項目

No.	抽出工程	調査項目	調査方法
1	貸与データ 整理	都道府県	貸与データより抽出
2		計画区情報	貸与データより抽出
3		伐採地 ID	貸与データより抽出
4		申請面積	貸与データより抽出
5		申請ポリゴン	貸与データより抽出
6		伐採届出年月日	貸与データより抽出
7		住所	貸与データより抽出
8		開発目的	貸与データより抽出
9	衛星画像 判読作業共通	衛星画像種別	衛星画像メタデータより抽出
10		衛星画像撮影時期	衛星画像メタデータより抽出
11		災害発生の有無	判読による有無の判断
12	衛星画像 詳細判読	開発ポリゴン	衛星画像上で判読
13		開発面積	開発ポリゴンの面積
14		傾斜	開発ポリゴン内の傾斜情報
15		災害発生の傾向	判読による種別の判断
16		防災施設の有無・状況	判読による有無の判断

貸与データは一律の形式で整理されたものではなく、各項目に欠けが存在するものであった。これを踏まえ、貸与データから抽出できる項目については後続の調査にあたり必要または抽出可能なものを挙げている。衛星画像から抽出できる項目は「一次判読」と「詳細判読」で扱う衛星画像の解像度が異なることを考慮し、各段階で調査項目を異なるものとした。

2.1.3 判読作業箇所検討

(1) 対象地区の選定

本業務では、各自治体が定める森林計画区を単位として、4地区の対象地区を選定した。調査にあたっては、都道府県の林務担当者から貸与された伐採届により転用された箇所の伐採届出情報および林野庁が平成30年度から令和3年度にかけて都道府県に対し行った小規模林地開発行為に起因した被害等の実態把握調査の結果（被害実態アンケート）を基礎資料として用いた。前述の通り、これら貸与データは一律の形式で作成されていないため、表2-1 調査項目を踏まえた整備状況を整理した。整理結果を表2-2 貸与データの整備状況に示す。

表 2-2 貸与データの整備状況

No.	計画区 データセット	Shape	届出数	都道 府県	伐採 届 ID	開発 面積	届出 年月日	住所	開発 目的
1	H28～R2 年度 和歌山県 紀南森林計画区	○	161	○	○	○	○	○	○
2	H29～R2 年度 滋賀県 湖南森林計画区	○	184	○	×	○	○	○	○
3	H30～R3 年度 千葉県 北部森林計画区	○	1478	○	×	○	×	○	△
4	H30～R3 年度 千葉県 南部森林計画区	○	303	○	×	○	×	○	△

(2) 調査箇所の選定

採用した各森林計画区に含まれる伐採届から判読を行う作業箇所を選定した。選定条件を以下の通りとする。

滋賀県湖南森林計画区は全件が転用完了済みであることが判明しているため、被害実態アンケートに報告がある大津市の40か所を対象とした。千葉県の各森林計画区は最新の林班データを貸与いただき、これとの差分を取ることで転用済みの伐採届の抽出を試みた。これにより北部森林計画区においては抽出することができ、25か所を確定とした。

残る和歌山県紀南森林計画区および千葉県南部森林計画区は市町村ごとに含まれる届出数を整理し、処理可能な判読数と合致するものを選択することで恣意性を排除した選定を行った。和歌山県紀南森林計画区は古座川町の14か所、千葉県南部森林計画区は大多喜町の17か所を選定し、これに被害実態アンケートで報告のあった大津市1か所、千葉県匝瑳市および長南町の2か所を加え、全地区で合計99か所を衛星判読における調査箇所とした。

2.2 衛星画像取得

2.2.1 衛星の種類

今回貸与された届出は2015年以降のものが主となっており、各県から貸与された航空写真は何れも古いものであったため、原則として衛星画像を新規で調達することで判読行うこととした。また、判読対象には土砂崩壊による大規模な堆積物から微小な防災施設も含む様々な地物が想定されるため、その判読可能性の検討を目的として、30cm,50cm,1.5mの加増度を持つ衛星をそれぞれ選択した。

表 2-3 衛星の種類

種別	光学衛星		
衛星名	WorldView-3 /ワールドビュースリー 	Pléiades /プレアデス 	SPOT6&7 /スポットシックス&セブン 
運用者	Maxar(旧DigitalGlobe)	Airbus Defence & Space	Airbus Defence & Space
撮影期間	2014年8月～	1A: 2011年12月～ 1B: 2012年12月～	SPOT6: 2012年9月～ SPOT7: 2014年6月～
衛星軌道	太陽同期準回帰	太陽同期準回帰	太陽同期準回帰
衛星高度	617km	694km	694km
撮影幅(直下視)	13.1km	20.0km	60.0km
撮影頻度(※)	約2日	毎日(2基体制)	毎日(2基体制)
プロダクト解像度	パナクロマティック: 30 cm マルチスペクトル: 1.2 m (SWIR, CAVISは検討外)	パナクロマティック: 50 cm マルチスペクトル: 2 m	パナクロマティック: 1.5m マルチスペクトル: 6m
センサー	パナクロマティック マルチスペクトル	パナクロマティック マルチスペクトル	パナクロマティック マルチスペクトル
観測周波数帯域(nm)	パナクロマティック: 445～808 コスタルブルー: 397～454 青: 445～517 緑: 507～586 黄: 580～629 赤: 626～696 レッドエッジ: 698～749 近赤外1: 765～899 近赤外2: 857～1039	パナクロマティック: 470～830 マルチスペクトル 青: 430～550 緑: 500～620 赤: 590～710 近赤外: 740～940	パナクロマティック: 450～745 マルチスペクトル 青: 450～520 緑: 530～590 赤: 625～695 近赤外: 760～880
1画素あたりの情報量	11bit	12bit	12bit

(1) SPOT6&7/スポット・シックス&セブン

中分解能衛星として選定した。Airbus Defence & Space社の運用する中分解能光学衛星でアーカイブを積み上げてきたSPOTシリーズの中でも地上解像度1.5mレベル(直下方向)で観測幅が60kmと広く、都道府県レベルの広域を一度に観測できる能力を持つ。今回候補とする3つの衛星プロダクトの中では最も安価に入手することができる。

国内では森林分野において、保安林管理に活用のほか、小麦成熟早晚のマップの作成、広域災害時の情報収集などに利用されている。本衛星はその撮影能力を活かして年次更新で更新される日本全国のオルソ画像を整備したプロダクト PSI(PascoSatelliteImage) が提供されている。

(2) Pléiades／プレアデス

50cm 級の高分解能衛星として選定した。Airbus Defence & Space 社の運用する高分解能光学衛星で、地上分解能 70cm レベルをのセンサを持ち、0.5m プロダクト分解能処理を施して高分解能画像を提供している。高分解能衛星の中では比較的広い 20km の観測幅を実現しており、2 基体制により時間分解能が比較的高いことが特徴である。同クラスの高分解能衛星プロダクトとしてはコストも比較的少なく、自動プロダクションシステムにより調達リードタイムも短い。

(3) WorldView-3／ワールドビュー・スリー

商用光学衛星としては世界最高レベルの高分解能である 30cm 級の衛星として選定した。Maxar 社が運用し地上分解能レベルが 31cm（直下方向）と従来の航空写真に最も近いことから、森林 GIS の背景画像データとして活用されている。ただし 1 基のみの運用のため、新規撮影をオーダーする場合には、撮影に必要な期間長くなる傾向にあり、また、高分解能衛星全体の特徴として、高分解能と引き換えに観測幅が狭くなるため、時間分解能は低く、アーカイブも比較的少ない。最初から全域を調達するのではなく、ある程度予察を進めてから調達をかける工夫が必要となる。

2.2.2 衛星画像の選定

本業務では一次判読および詳細判読の 2 段階に分けて判読作業を実施した。

一次判読では SPOT6&7 衛星画像を利用した。当工程では詳細な地表の情報は得られないが、土砂崩壊や堆積物等の変化を捉えることは可能であるため、判読作業箇所全 99 か所に対してすべてに災害発生の有無に限って判読を行う。この性質上、多量の箇所に対して複数時期の画像を迅速に収集する必要があり、受託者が保有する既に全国の画像が整備されていてかつ毎年更新されている PSI(PascoSatelliteImage)から 2015 年版、2018 年版、2020 年版を参照し、各地区に係る範囲を対象に採用することとした。

詳細判読では Pléiades および WorldView-3 の 2 つの解像度をそれぞれ同じ範囲で調達した。本業務では現地調査の日程を考慮し迅速に判読結果を提示する必要があったため、リードタイムの短い Pléiades を先行して調達し、追って同様の範囲の WorldView-3 画像を調達することとした。一次判読で「災害あり」判読された調査箇所を中心に、最低購入面積にあたる 25 km²の購入範囲を発生させ、それぞれの地点で届出資料および一次判読から発災したと考えられる直近の画像を選定した。調達数量一覧を表 2-4 衛星画像採用状況に示す。また、それぞれの調査地点に対しての画像および撮影日は巻末資料「詳細判読図面」に示す。

表 2-4 衛星画像採用状況

No	用途	衛星	プロダクト	数量	単位	備考
1	1次判読	SPOT6&7	PSI2015	155	メッシュ	
2			PSI2018	155	メッシュ	
3			PSI2020	155	メッシュ	
4	詳細判読	Pléiades	パンシャープン オルソ	275	km ²	
5		World View-3	オルソレディ	250	km ²	マニュアルでオルソ補正を実施

2.3 衛星画像判読

2.3.1 一次判読

判読対象箇所全 99 か所について、前述した SPOT6&7 の 2015 年 2018 年 2020 年の画像を各箇所で見比べて判読し、災害の疑いがあるものを抽出した。判読に際しては全ての判読箇所において衛星画像判読票（別紙資料：一次判読図面）を作成し、効率的に変化の有無を確認・整理した。

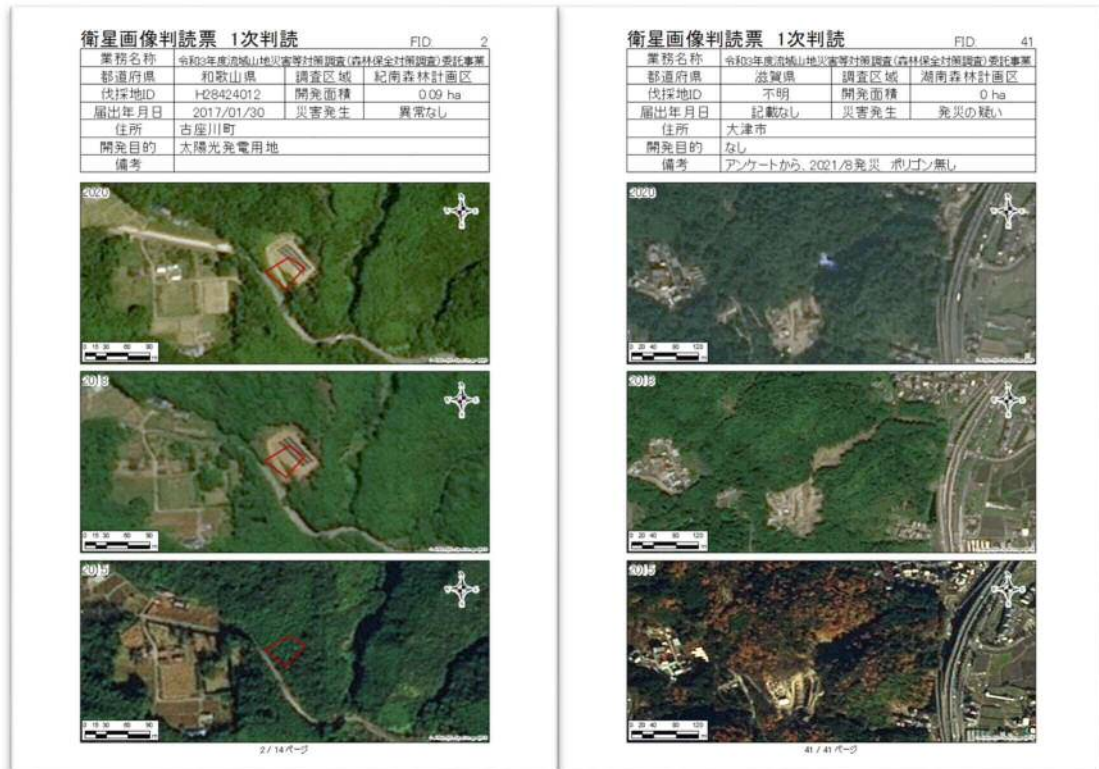


図 2-2 衛星画像判読票（一次判読図面）

なお、SPOT6&7 はその撮影能力から広範囲かつ高頻度の判読には優れているが、解像度 1.5m の衛星であるため、地表の細かな情報までは捉えることが難しい場合がある。これを補うため、災害がわずかでも疑われる場合は、適宜国土院から配信されている地形図や GoogleMap の航空写真による予察を行い、抽出漏れの内容に努めた。

判読の結果を表 2-5 一次判読結果に示す。12 か所において災害可能性が高いと判断し詳細判読を行うこととした

表 2-5 一次判読結果

No.	地区名	自治体等	判読数	災害発生 の疑われる箇所数
1	和歌山県紀南森林計画区	古座川町	14	3
2	滋賀県湖南森林計画区	大津市	41	3
3	千葉県北部森林計画区	全域（完了 届）	27	3
4	千葉県南部森林計画区	大多喜町	17	3
		合計	99	12

2.3.2 詳細判読

発災が疑われる箇所について、より詳細な災害有無の確認を行った。

判読にあたっては先行して調達した Pleiades 衛星画像を主として用いた。GoogleEarth 空中写真は撮影頻度が高く、時期によっては高分解能の航空写真が提供されている一方で、位置精度が保証されておらず、今回の調査箇所においては 2021 年以降の最新画像が整備されていなかった。このため、原則は調達した高分解能衛星画像を用いることとし、画像選定の予察および良好な高分解能画像がなかった場合の代替手段として用いることとした。なお、各自治体から貸与された航空写真は分解能に優れているが、撮影時期が限られていた。今回の調査箇所ではいずれも画像が古く、利用を見送ることとした。

判読においては一次判読と同様に衛星画像判読票を作成し、より詳細に災害の有無および状況を確認整理した（別紙資料：詳細判読図面）。作成した判読図面を図 2-3 に示す。地表の詳細な情報を判読可能なため、表 2-1 に基づき各情報を作成・記入した。開発ポリゴンは確認できる開発状況に合わせて目視により作成しており、これを利用して、判読面積、傾斜角等を算出した。

判読の結果を表 2-6 詳細判読に示す。一次判読で指摘した 12 か所のうち 7 か所で災害が起こっている可能性が高いと判断した。これらを基本として現地調査地点の選定材料とした。

表 2-6 詳細判読

No.	地区名	自治体等	判読数	災害発生数
1	和歌山県紀南森林計画区	古座川町	3	2
2	滋賀県湖南森林計画区	大津市	3	1
3	千葉県北部森林計画区	全域（完了 届）	3	2
4	千葉県南部森林計画区	大多喜町	3	2
		合計	12	7

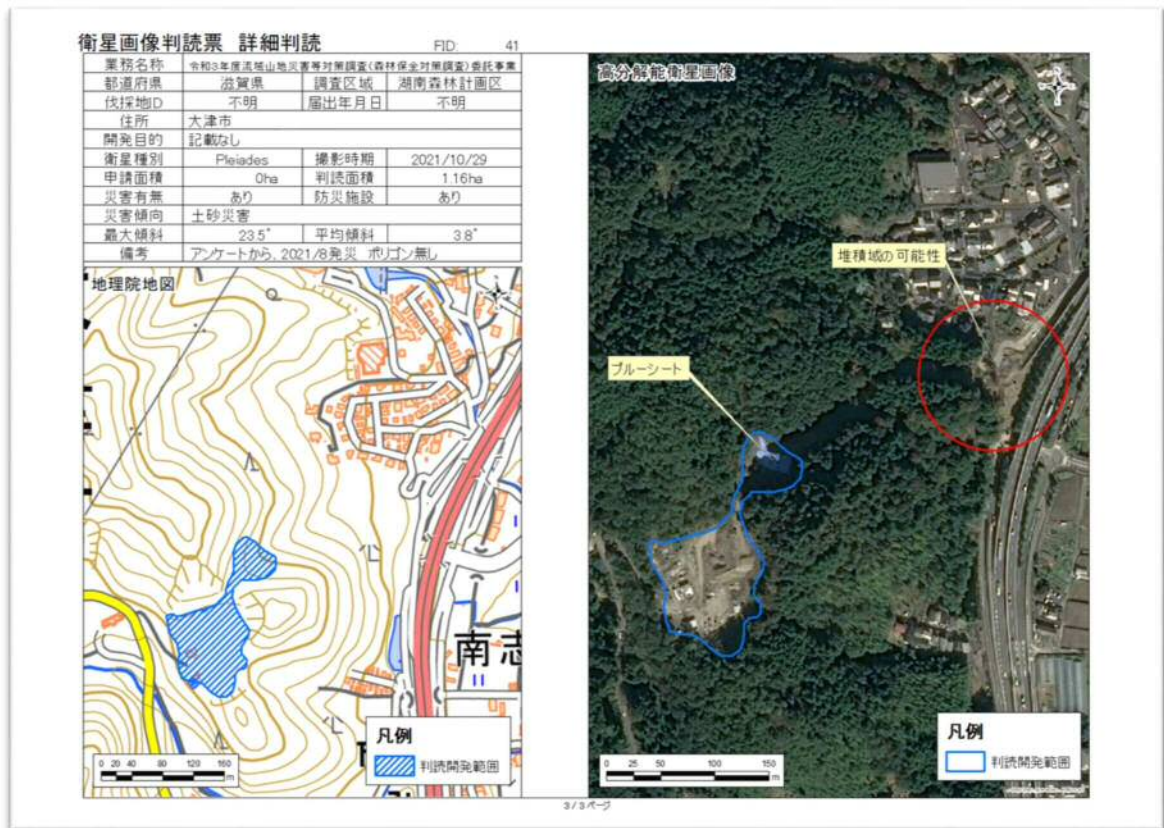


図 2-3 衛星画像判読票 (詳細判読)

第3章 現地調査

衛星画像の判読結果および伐採届等より土砂流出等の発生状況を踏まえ、現地調査箇所を選定を行った。選定に際しては、土砂流出や災害の発生が確認された地点または発生のおそれがある地点や、小規模林地開発行為に起因した被害等の実態把握調査（以下「アンケート」とする）の結果を優先的に調査対象地として選定した。また、太陽光発電施設などが設置されている地点や、転用済みであることが明らかな地点を調査対象として選定対象とした。

本業務では民有地への立ち入りが想定されたことから、森林法 188 条に基づいた身分証明書が発行を受けた。

3.1 現地調査項目

事前に小規模林地開発行為の開発目的を確認し、現地ではその開発行為や設置施設を中心に調査した。現地での調査項目は表 3-1 のように土砂流出状況に着目したものとし、発生区域、土砂崩壊・流出等の状況、災害発生の原因等を想定した。傾斜度については直接の計測が困難であることから目視による判読とした。また、現地の状況は写真に撮影し記録した。

表 3-1 調査項目

No	調査項目
1	発生区域
2	被災区域
3	土砂崩壊、流出等の状況
4	構造物、防災施設等の被災状況
5	災害発生の原因
6	地形概要
7	地表面の状況
8	備考
9	写真

3.2 現地調査結果

現地調査は、千葉県北部森林計画区、千葉県南部森林計画区、滋賀県湖南森林計画区、和歌山県紀南森林計画区の4地区を対象として実施した。各地区における調査候補地と、開発状況・調査実施の一覧を以下に現地調査地区ごとに示す。

3.2.1 千葉県北部森林計画区

千葉県北部地区において、衛星画像判読より27地点の調査候補地を抽出し、伐採届から開発目的が記載されている地点と県からのアンケート回答対象地を優先的に6地点の現地調査を実施した。その結果、本地区では土砂流出は認められなかった。またアンケート対象地（ID26およびID27）においては土砂流出を確認できず、既に復旧済みと考えられる。現地調査実施地点のうち伐採済みである5地点を後述する第4章における集計対象とした。

表3-2に調査地一覧を示し、以後に現地調査カルテを示す。

表3-2 調査候補地点（千葉県北部森林計画区）

ID	調査区域	市区町村	開発面積	開発目的	伐採/転用	届出年月日	アンケートより	調査実施	土砂流出	傾斜	集計対象
1	北部	旭市	0	記載なし		記載なし					
2	北部	鎌ヶ谷市	0	記載なし		記載なし					
3	北部	鎌ヶ谷市	0	記載なし		記載なし					
4	北部	香取市	0.01	記載なし		記載なし					
5	北部	山武市	0.16	太陽光発電設備の設置	伐採済	記載なし		○	無	平坦	○
6	北部	山武市	0.3	記載なし	未伐採	記載なし		○	無		
7	北部	市原市	0.06	記載なし		記載なし					
8	北部	市原市	0.04	記載なし		記載なし					
9	北部	市原市	0.01	埋立造成		記載なし					
10	北部	芝山町	0.3	ソーラー設置用地	伐採済	記載なし		○	無	平坦	○
11	北部	成田市	0	記載なし		記載なし					
12	北部	千葉市	0.01	記載なし		記載なし					
13	北部	千葉市	0	記載なし		記載なし					
14	北部	船橋市	0.29	資材置場		記載なし					
15	北部	船橋市	0.28	資材置場		記載なし					
16	北部	多古町	303	記載なし		記載なし					
17	北部	多古町	0.04	圏央道道路用地		記載なし					
18	北部	長南町	0.1	記載なし	伐採済	記載なし		○	無	平坦	○
19	北部	柏市	0	資材置場		記載なし					
20	北部	八街市	0.01	記載なし		記載なし					
21	北部	富里市	0.25	駐車場		記載なし					
22	北部	富里市	0	記載なし		記載なし					
23	北部	富里市	0	記載なし		記載なし					
24	北部	富里市	0	記載なし		記載なし					
25	北部	茂原市	0.13	記載なし		記載なし					
26	北部	匝瑳市	0.78	太陽光パネル	伐採済	2019/4/23	○	○	無	25~30	○
27	北部	長南町	0	太陽光パネル	伐採済	2017/2/16	○	○	無	平坦	○

現地調査カルテは省略

3.2.2 千葉県南部森林計画区

千葉県南部森林計画区において、衛星画像判読より17地点の調査候補地を抽出し、伐採届から開発目的が記載されている地点を優先的に14地点の現地調査を実施し、伐採地において土砂流出もしくは発生可能性のある地点を2地点認めた。現地調査実施地点のうち伐採済みである6地点を後述する第4章における集計対象とした。

表3-3に調査地一覧を示し、以後に現地調査カルテを示す。

表3-3 調査候補地点（千葉県南部森林計画区）

ID	調査区域	市区町村	開発面積	開発目的	伐採/転用	届出年月日	アンケートより	調査実施	土砂流出	傾斜	集計対象
44	南部	大多喜町	0.79	砂取場	伐採済	記載なし		○	可能性有	平坦/切土	○
45	南部	大多喜町	0.08	重機置場	伐採済	記載なし		○	無	平坦	○
46_1	南部	大多喜町	0.06	電線の管理	未伐採	記載なし		○	無		
46_2	南部	大多喜町	0.06	電線の管理	未伐採	記載なし		○	無		
47	南部	大多喜町	0.01	電線の管理	未伐採	記載なし		○	無		
48	南部	大多喜町	0.04	電線の管理	未伐採	記載なし		○	無		
49	南部	大多喜町	0.01	電線の管理	未伐採	記載なし		○	有		
50	南部	大多喜町	0.64	間伐	未伐採	記載なし		○	無		
51	南部	大多喜町	0.17	間伐	伐採済	記載なし		○	無	平坦/40	○
52	南部	大多喜町	0.24	住宅等の建築	伐採済	記載なし		○	無	平坦	○
53	南部	大多喜町	0.03	太陽光発電用地	未伐採	記載なし		○	無		
54	南部	大多喜町	0.14	太陽光発電	伐採済	記載なし		○	有	平坦/切土	○
55_1	南部	大多喜町	0.05	道路、法面	未伐採	記載なし		○	無		
55_2	南部	大多喜町	0.05	道路、法面	伐採済	記載なし		○	無	25	○
56_1	南部	大多喜町	0.26	大型重機の教習施設		記載なし					
56_2	南部	大多喜町	0.26	大型重機の教習施設		記載なし					
57	南部	大多喜町	0.42	間伐		記載なし					

現地調査カルテは省略

3.2.3 滋賀県湖南森林計画区

滋賀県湖南森林計画区において、衛星画像判読より41地点の調査候補地を抽出し、伐採届から開発目的が記載されている地点を優先的に10地点の現地調査を実施し、土砂流出する地点を2地点認めた。このうち1地点はアンケートにもとづく地点である。現地調査実施地点のうち伐採済みである10か所を後述する第4章における集計対象とした。

表3-4に調査地一覧を示し、以後に現地調査カルテを示す。

表3-4 調査候補地点（滋賀県湖南森林計画区）

ID	調査区域	市区町村	開発面積	開発目的	伐採/転用	届出年月日	アンケートより	調査実施	土砂流出	傾斜	集計対象
1	湖南	大津市	0.01	屋外スピーカーの設置		2018/10/29					
2	湖南	大津市	0.21	道路		2018/7/24					
3	湖南	大津市	0.23	道路		2018/7/24					
4	湖南	大津市	0.2	太陽光発電	伐採済	記載なし		○	無	平坦	○
5	湖南	大津市	0.21	太陽光発電	伐採済	記載なし		○	無	10	○
6	湖南	大津市	0.66	グラウンド		記載なし					
7	湖南	大津市	0.45	太陽光発電	伐採済	2017/9/23		○	無	平坦	○
8	湖南	大津市	0.41	スキー場コース		2017/10/5					
9	湖南	大津市	0.05	太陽光発電		2019/3/8					
10	湖南	大津市	0.08	太陽光発電施設	伐採済	2019/7/17		○	無	平坦	○
11	湖南	大津市	0.41	スキー場コース		2017/10/5					
12	湖南	大津市	0.27	太陽光発電	伐採済	2018/3/1		○	無	平坦	○
13	湖南	大津市	0.87	駐車場		2019/8/26					
14	湖南	大津市	0.03	残土処分地	伐採済	2019/2/21		○	無	30	○
15	湖南	大津市	0.55	最終処分場	伐採済	2018/5/16		○	無	平坦	○
16	湖南	大津市	0.01	携帯電話基地局		2018/11/5					
17	湖南	大津市	0.71	太陽光発電	伐採済	2018/10/30		○	無	平坦	○
18	湖南	大津市	0.14	宅地		記載なし					
19	湖南	大津市	0.03	喫茶店		記載なし					
20	湖南	大津市	0.15	住宅		2017/5/22					
21	湖南	大津市	0.65	太陽光発電		記載なし					
22	湖南	大津市	0.09	太陽光発電	伐採済	2019/8/9		○	有	15	○
23	湖南	大津市	0.63	都市公園		2018/4/2					
24	湖南	大津市	0.05	資材置場		2019/3/11					
25	湖南	大津市	0.33	法定外水路		2019/12/9					
26	湖南	大津市	0.01	宅地造成		2017/7/24					
27	湖南	大津市	0.12	宅地		記載なし					
28	湖南	大津市	0.56	資材置場		2017/5/15					
29	湖南	大津市	0.02	宅地		2019/3/22					
30	湖南	大津市	0.08	農業用倉庫		記載なし					
31	湖南	大津市	0.11	農業用道路		記載なし					
32	湖南	大津市	0.06	道路		2018/6/29					
33	湖南	大津市	0.01	携帯電話基地局		2018/5/18					
34	湖南	大津市	0.01	携帯電話基地局		2018/4/9					
35	湖南	大津市	0.01	携帯電話基地局		2018/9/21					
36	湖南	大津市	0.02	太陽光		2018/6/13					
37	湖南	大津市	0.01	太陽光		2018/6/13					
38	湖南	大津市	0.31	道路		2019/11/28					
39	湖南	大津市	0.06	資材置場		2020/11/28					
40	湖南	大津市	0.45	道路		2018/11/8					
41	湖南	大津市	不明	不明	伐採済	記載なし	○	○	有	急傾斜	○

現地調査カルテは省略

3.2.4 和歌山県紀南森林計画区

和歌山県紀南森林計画区において、衛星画像判読より14地点の調査候補地を抽出し、伐採届から開発目的が記載されている地点と転用済みである地点を優先的に、8地点の現地調査を実施し、土砂流出のある地点を2地点認めた。現地調査実施地点であり伐採済みである8地点を後述する第4章における集計対象とした。

表3-5に調査地一覧を示し、以後に現地調査カルテを示す。

表3-5 調査候補地点（和歌山県紀南森林計画区）

ID	調査区域	市区町村	開発面積	開発目的	伐採/転用	届出年月日	アンケートより	調査実施	土砂流出	傾斜	集計対象
1	紀南	古座川町	0.43	資材置場・倉庫	転用済み	2020/5/25		○	無	平坦	○
2	紀南	古座川町	0.09	太陽光発電用地	転用済み	2017/1/30		○	有	平坦/切土	○
3	紀南	古座川町	0.03	その他	未転用	2021/2/15					
4	紀南	古座川町	0.19	その他	未転用	2021/2/15					
5	紀南	古座川町	0.84	太陽光発電用地	転用済み	2017/2/1		○	無	10~20	○
6	紀南	古座川町	0.26	太陽光発電用地	転用済み	2017/7/26		○	無	20	○
7	紀南	古座川町	0.24	その他	未転用	2021/2/15					
8	紀南	古座川町	0.04	その他	未転用	2021/2/15					
9	紀南	古座川町	0.05	その他	未転用	2021/2/15					
10	紀南	古座川町	0.15	その他	伐採済	2021/2/15		○	無	35~40	○
11	紀南	古座川町	0.17	その他	伐採済	2021/2/15		○	無	30~35	○
12	紀南	古座川町	0.08	その他	伐採済	2021/2/15		○	有	30~40	○
13	紀南	古座川町	0.03	その他	未転用	2020/12/17					
14	紀南	古座川町	0.23	その他	転用済み	2017/1/20		○	無	50~	○

現地調査カルテは省略

第4章 まとめ

4.1 調査結果

4.1.1 調査地の概要

衛星画像判読地点 99 件に対して、38 地点を対象に現地調査を実施した。これらの現地調査地のうち転用済みもしくは伐採済み地点である 29 件を本項において集計対象とした。

表 4-1 に衛星画像判読および現地調査結果一覧を、表 4-2 に現地調査にて土砂流出を認め、もしくは発生の可能性のある地点の概要を示す（概要の内容は第 3 章にて示した現地調査カルテにも記載している）。

表 4-1 衛星画像判読・現地調査結果一覧

県名	調査区域	衛星画像解析件数	現地調査件数	集計対象件数 (A)	平均面積 (ha)	土砂流出件数 (B)	発生率 (B/A)
千葉	北部	27	6	5	0.34	0	0%
千葉	南部	17	14	6	0.25	2	33%
滋賀	湖南	41	10	10	0.29	2	20%
和歌山	紀南	14	8	8	0.28	2	25%
合計		99	38	29	0.28	6	21%

※集計対象：現地調査対象のうち転用済みであるもの

※発生の可能性も含む

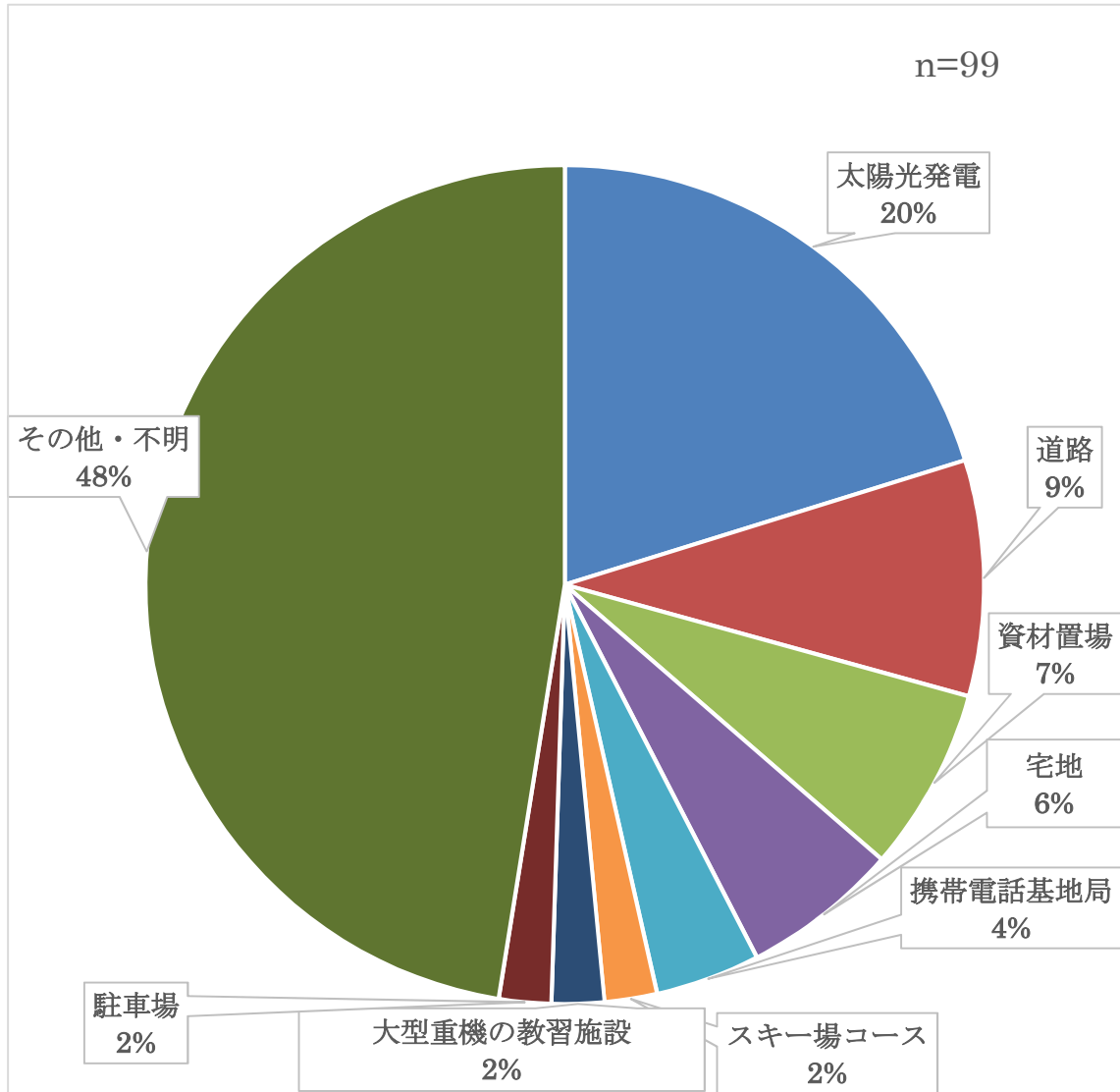
表 4-2 土砂流出地点概要

都道府県	ID	調査区域	市区町村	開発面積	開発目的	届出年月日	アンケートより	土砂流出	傾斜	土砂崩壊、流出等の状況	土砂流出の原因等の分析
千葉	44	南部	大多喜町	0.79	その他	記載なし		可能性有	平坦/切土	道路へ土砂が流出する可能性あり。	大雨の際、土砂が道路に多少流れ出る可能性があるが、隣接地に建物は無く災害が発生する可能性は低い。令和元年から砂利の採取地として利用されており、今年の11月で採掘は終了する予定である。採掘跡地は平地であり、周辺への土砂の流出はみられない。 しかし、敷地内に排水路は無く道路に隣接しているため大雨の際に土砂が道路に流れ出ることが懸念される。
千葉	54	南部	大多喜町	0.14	太陽光発電	記載なし		有	平坦/切土	施設内の路面に土壌浸食が見られる。	ソーラーパネルの設置箇所から約7m斜面下部には住宅がある。この設置箇所からの流出土砂は、丸太で抑えているのみであるため、大雨の際に崩れる可能性が懸念される。 ソーラー発電の周辺には柵は設置されておらず、排水路の設置も無い。そのため、大雨の際には土砂の流出が懸念される。 ソーラー発電箇所へのアプローチ道も土が露出しており浸食が見られる。
滋賀	22	湖南	大津市	0.09	太陽光発電	2019/8/9		有	15	軽微な土砂の流出あり	隣接地には建造物などは無く、災害が発生する可能性は低い。 ソーラーパネル設置場所左端に沢があり、その上流部には治山ダム堰堤が設置されている。この治山ダムには簡易的な排水管が設置されており、常時水が流れている。増水時には排水管からあふれた水がソーラーパネル設置場所まで流れ込み、土砂が浸食され、浸食された土砂が道路に流れ出ている。
滋賀	41	湖南	大津市	不明	不明	記載なし	○	有	急傾斜	土砂崩壊、土石流発生	令和3年の豪雨の影響と考えられる。 対象地は採石場内で、関係者以外立ち入り禁止。 土石流発生現場では復旧工事が行われており、工事現場は立ち入り禁止で土砂崩壊の詳細な状況は確認できなかった。

都道府県	ID	調査区域	市区町村	開発面積	開発目的	届出年月日	アンケートより	土砂流出	傾斜	土砂崩壊、流出等の状況	土砂流出の原因等の分析
和歌山	2	紀南	古座川町	0.09	太陽光発電	2017/1/30		有	平坦/切土	盛土法面は法面下部に土嚢を置いて土の流れを抑えているのみであるため、雨水による表土の浸食がみられる。	切土と盛土で平地にした場所にソーラーパネルが設置されている。法面下部には建造物等はないが、道路に土砂が流出する可能性が懸念される。 雨水を排水するために周囲に溝が掘られているが、既に埋まっている場所があり機能していない。
和歌山	12	紀南	古座川町	0.08	その他	2021/2/15		可能性	30～40	鉄塔の管理道沿いに土壌浸食が見られる。	土砂流出防止に設置された伐採木が腐朽しており、今後普及が進むことで土砂の流出が懸念される。 鉄塔の下は土砂流出防止柵が設置されており、斜面上部から流れ出る土砂を止めている。

4.1.2 開発目的の傾向

衛星画像判読対象地 99 地点における伐採届による開発目的のうち、太陽光発電が全体の 20%を占め開発目的のなかでも顕著である（図 4-1）。



これらのうち、土砂流出が発生している、もしくは発生の可能性のある地点における開発目的は、表 4-3 に示すように、調査 4 地区 6 地点中 3 件が太陽光発電であった。

表 4-3 土砂流出箇所の開発目的

開発目的	件数
太陽光発電	3
砂取場	1
その他・不明	2
合計	6

4.1.3 調査地の面積の傾向

伐採届から抽出した、調査地の開発面積の傾向を分類した。これらから、小規模林地開発行為対象となる1ha以下の領域のなかでも、特に0.2ha以下の小領域での伐採地が多いことが認められた。土砂流出地においても同様に0.2ha以下の小領域での発生傾向が認められた。伐採地全体の平均面積と土砂流出が発生している地点の平均面積について大きな差異は認められない。今回の調査で土砂流出等の発生が認められた箇所は小領域の箇所が比較的多く、これは調査地全体の開発面積頻度分布で小領域が多いことが影響を与えていると考えられる。

図4-2に伐採地における開発面積頻度を、図4-3に土砂流出が認められる、もしくは発生の可能性のある地点における開発面積頻度を示す。また図4-4に伐採地と土砂流出地点の開発面積平均比較を示す。

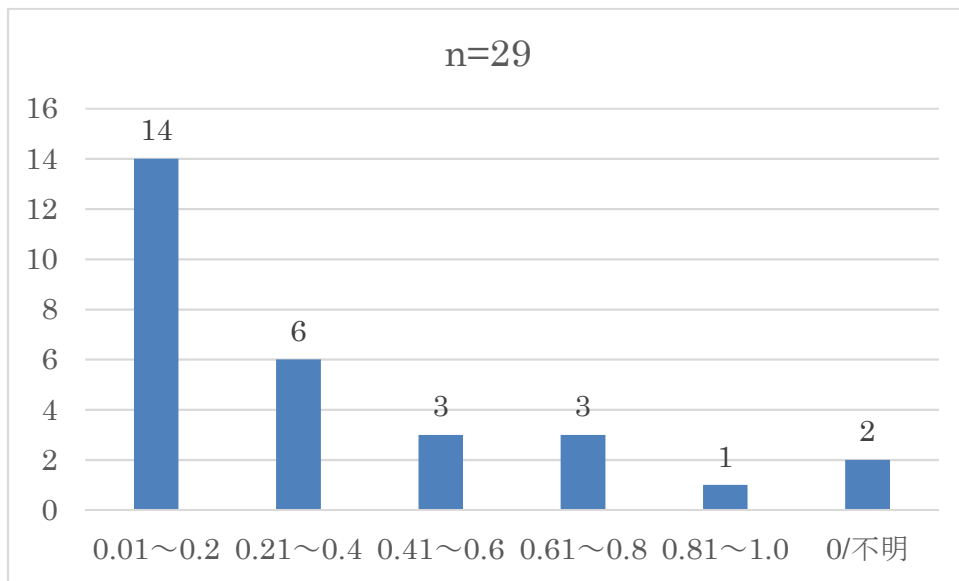


図 4-2 開発面積頻度 (ha) (伐採地)

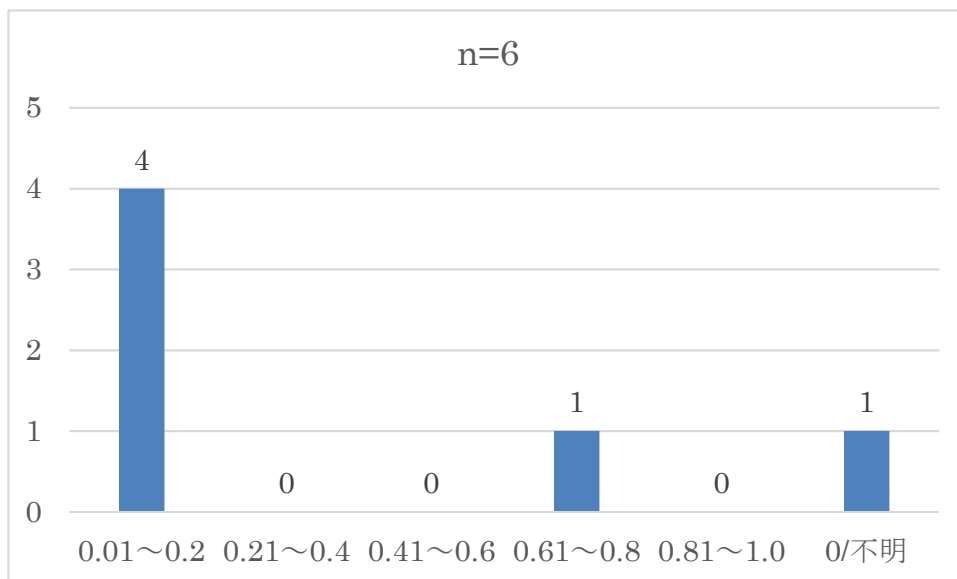


図 4-3 開発面積頻度 (ha) (土砂流出)

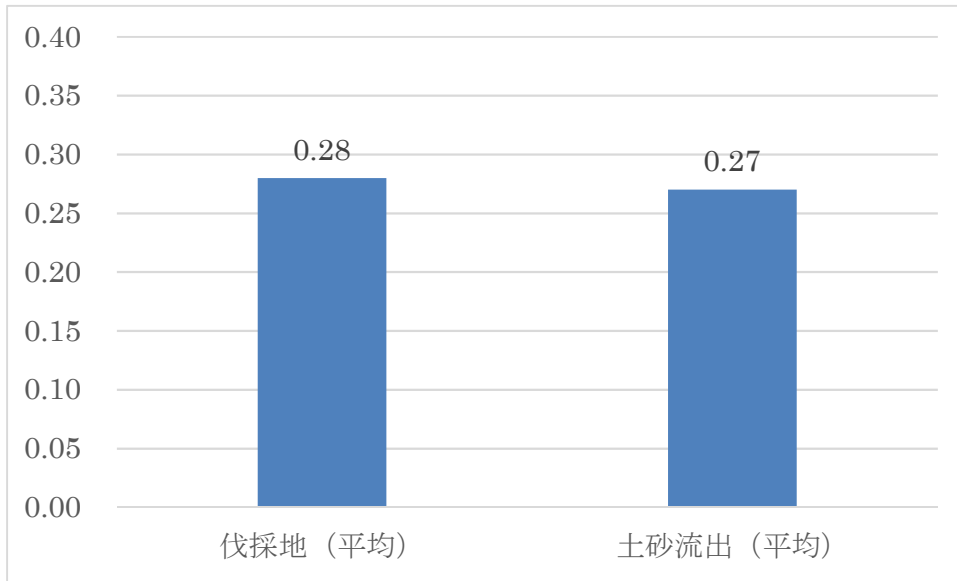


図 4-4 開発面積平均 (ha) (伐採地・土砂流出)

4.1.4 調査地の傾斜の傾向

伐採地における平均傾斜の分布は、切土を含むものも含めば、ほぼ平坦地のものが多数を占めている。それ以上の緩～急斜面は平均的に分散していると考えられる。調査地のうち傾斜を計測できた 28 地点に対して図 4-5 で示す。

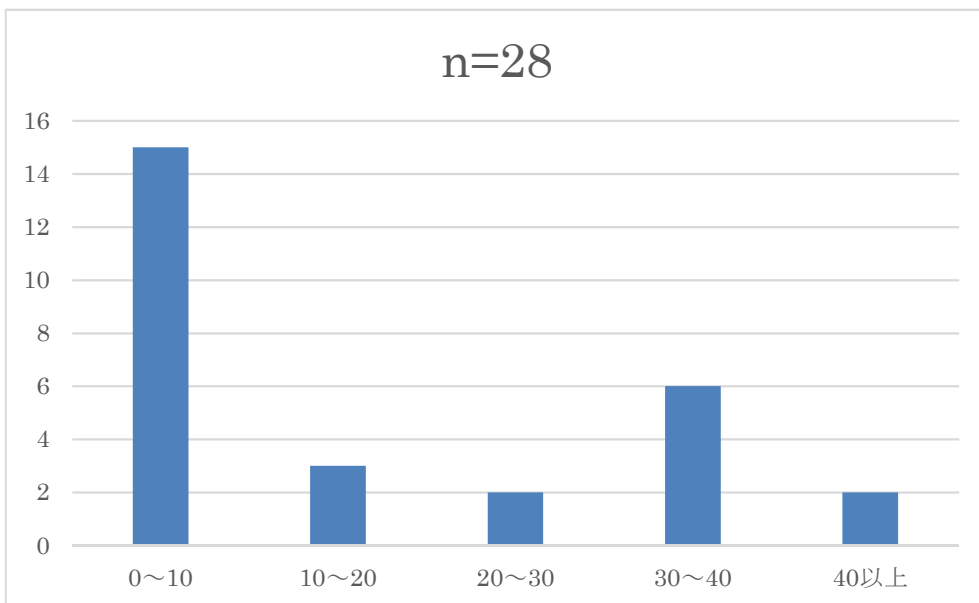


図 4-5 平均傾斜 (度/目視による) (伐採地)

これら調査地全体において、平坦地が多数を占めているが、これら平坦地のうち切土を含む平坦地と傾斜地の割合を併せると、切土を含まない平坦地の地点との割合は、切土を含む平坦地と傾斜地が若干優勢である。(表 4-4)。

表 4-4 平坦地と傾斜地の割合

	件数	割合
平坦地	13	44.8%
切土を含む平坦地/傾斜地	16	55.2%
調査地 (全件数)	29	

これらに対して、土砂流出が認められる、もしくは流出の可能性のある地点における平均傾斜は、平坦地であっても切土等を伴う地形であるか、緩～急傾斜であることが特色である(表 4-5)。

表 4-5 土砂流出地点の平均傾斜

都道府県	調査区域	ID	市区町村	傾斜
千葉県	南部	44	大多喜町	平坦/切土
千葉県	南部	54	大多喜町	平坦/切土
滋賀県	湖南	22	大津市	15
滋賀県	湖南	41	大津市	急傾斜
和歌山県	紀南	2	古座川町	平坦/切土
和歌山県	紀南	12	古座川町	30～40

4.1.5 アンケート対象地

本業務における調査対象地 99 地点のうち、アンケートの対象地は 3 地点となる。これら 3 地点では太陽光発電施設に関連し排水路や貯水地が設置され(表 4-6)、調査地 99 地点のなかでも比較的大規模な開発行為がなされている。土砂流出が認められたのは 1 地点(滋賀県 ID41)のみであるが、他の 2 地点においても、以前土砂流出が発生した可能性が伺えた。

これに対して、アンケート対象地以外の調査対象地 96 地点では、アンケート対象地に対して比較的小規模な開発行為がなされているが、土砂流出の発生もしくは発生の可能性が 5 地点認められた。この様に、県においてはアンケートにより比較的大規模な開発行為による土砂流出が把握されていると考えられるが、それ以外の比較的小規模な開発行為による土砂流出の発生もしくはその可能性のある地点の把握が困難であることが示唆される。

表 4-6 アンケート対象地の傾向

都道府県	ID	調査区域	市区町村	開発面積	開発目的	届出年月日	土砂流出	傾斜	状況
千葉	26	北部	匝瑳市	0.78	太陽光パネル	2019/4/23	無	25～30	<p>○採石場内：立ち入り禁止</p> <p>○工事現場：立ち入り禁止</p> <p>現状では崩壊地の詳細状況確認できなかったが、遠目に見る分にも基盤の土が露出しており、以前比較的大きな土石流が発生したことがうかがえた。</p>
千葉	27	北部	長南町	0	太陽光パネル	2017/2/16	無	平坦	<p>○ソーラーパネル設置場所の斜面にはコンクリートの雨水排水路が設置されている。また斜面下部には貯水池が設置されており排水路から雨水が入り込むようになっている。</p> <p>雨水排水や土砂流出に対して丁寧な対策が取られている。</p> <p>○工事現場が今後どのように施工されていくか不明であるが、現状でのソーラーパネル設置場所についてはある程度の豪雨対策は取られていると思われる。</p>
滋賀	41	湖南	大津市	不明	不明	記載なし	有	急傾斜	<p>○周辺一帯はメガソーラー、工事現場あり。</p> <p>○隣接のメガソーラーと共有した大きな貯水池があり、そこに排水管で雨水を流している。</p> <p>○ソーラーパネル設置場所は、崖の上であり、崖部はモルタル吹付と緑化擁壁が施工され、土砂の流出を防いでいる。</p> <p>○その崖部には土砂崩壊や土砂流出の形跡はみられない。</p>

4.2 衛星画像の有効性・今後の展望

本業務では 1.5m、50cm、30cm の 3 通りの解像度の衛星画像を調達した。実際の判読においては調達リードタイムの関係で 1.5m 画像を用いた一次判読および 50cm 画像を使った詳細判読を行ったが、現地調査の結果を踏まえて、30cm 画像も交えて、伐採による災害発生に関する判読可能性について考察する。

現地調査において災害発生の恐れがあったとした千葉県南部大多喜町の伐採地「FID:54」において追加して 30cm 画像による詳細判読を実施した。解像度による違いを図 4-4 に示す。当該調査箇所は一次判読において堆積物と疑われる地物を確認し、50cm 解像度の詳細判読において土砂崩壊の恐れがあると指摘したものであったが、実際には崩壊痕ではなく伐採後の木草本が堆積しているのみであり、崩壊は起こっていない。これは 1.5m および 50cm 解像度ではテクスチャを捉えることが出来ず、無秩序な堆積物であると誤認していたためである。30cm の解像度で同じ地点を観測してみると、規則的に並んだ材木または資材と考えられるものが確認でき、崩壊ではなく人為的に管理された伐採痕であると判読できた。

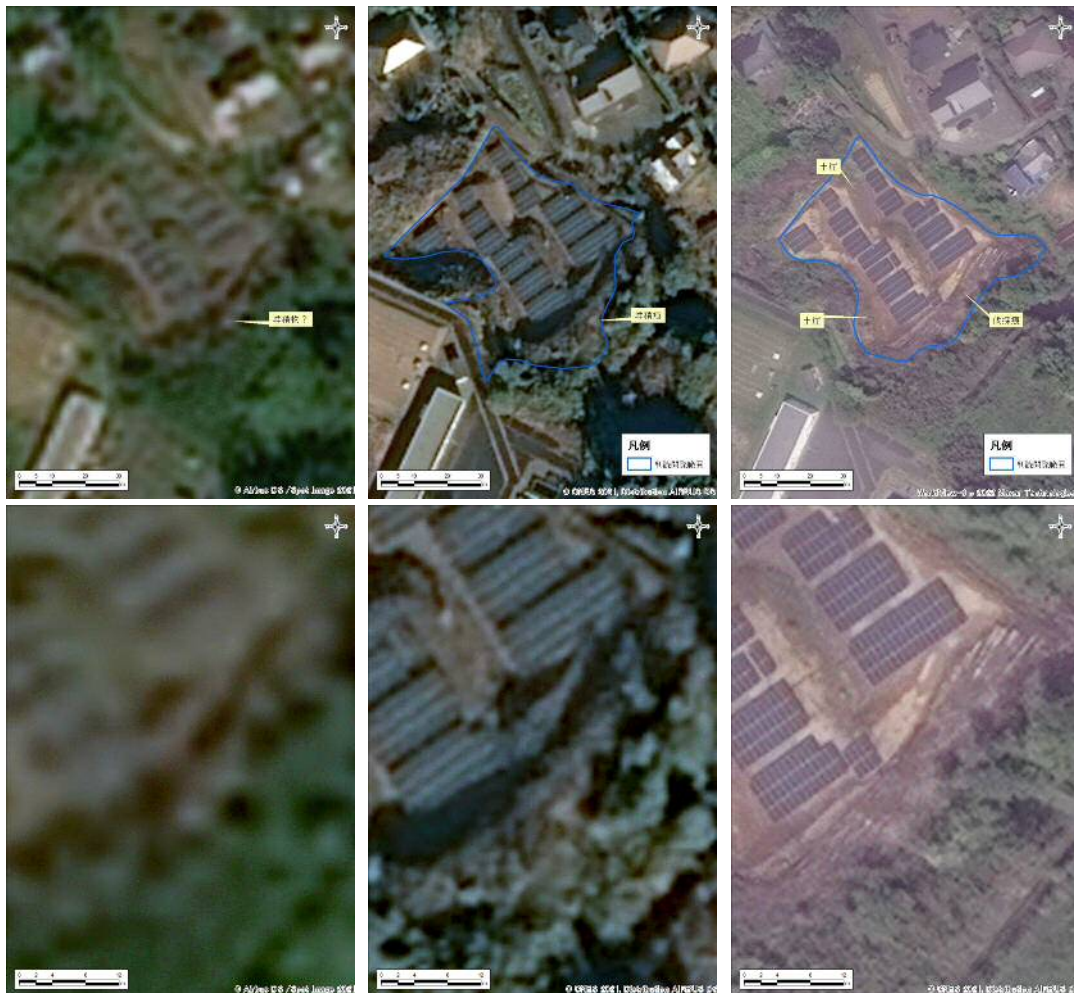


図 4-4 千葉県南部森林計画区大多喜町調査箇所 FID:54
(左：1.5m 画像 中：50cm 画像 右：30cm 画像)

一方で、和歌山県紀南森林計画区「FID2」では、現地調査によって小規模な法面の浸食が確認されている。各解像度による浸食箇所の見え方を図 4-5 に示す。流出箇所注目すると、30cm 画像であっても法面の異常を認めることはできず、判読は困難であった。

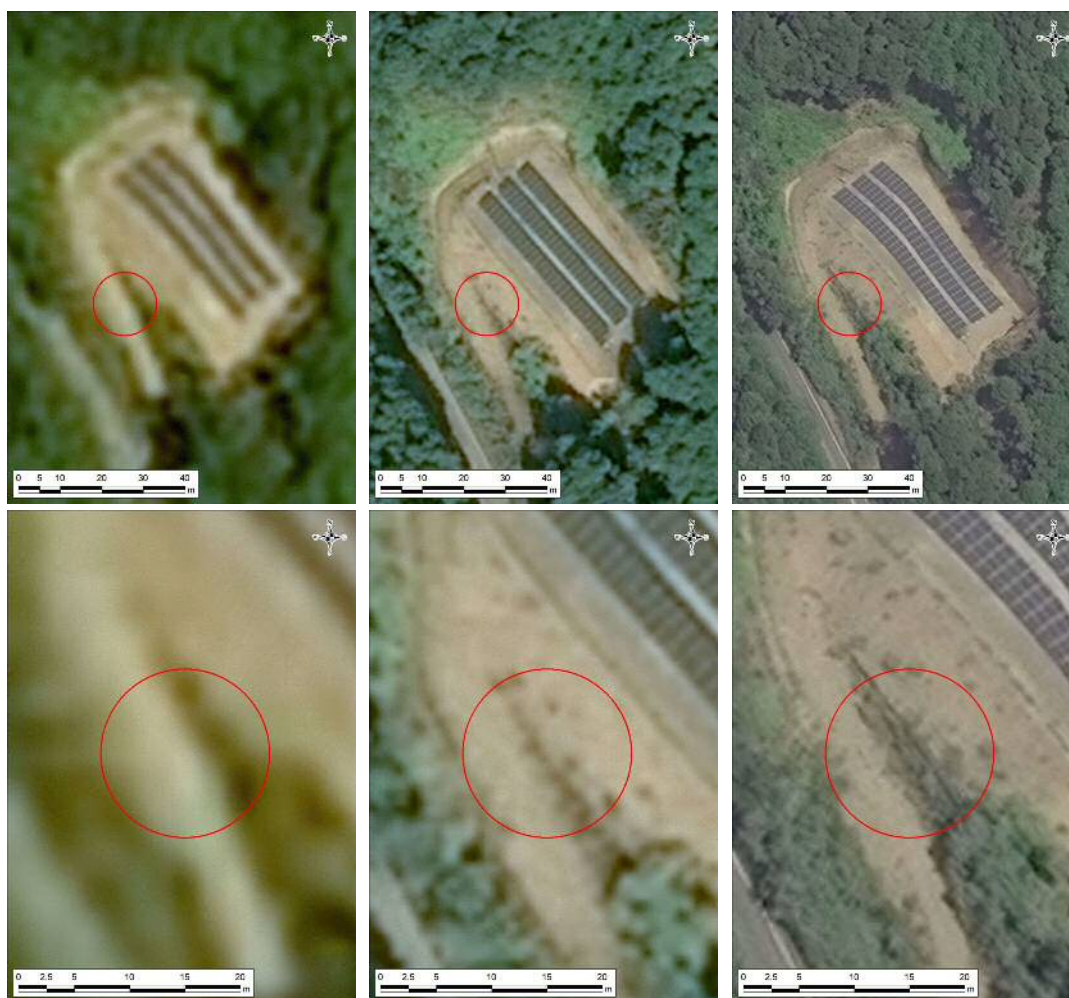


図 4-5 和歌山県紀南森林計画区調査箇所 FID:2
(左：1.5m 画像 中：50cm 画像 右：30cm 画像)

※30cm 画像の歪みは幾何補正によるもの

詳細判読に用いた 50cm 画像と 30cm 画像を比較すると、開発範囲については概ね一致しているほか、太陽光パネルも 1 枚ずつ地物として認識できるため、開発状況の確認にあたっては 50cm 解像度による判読で原則は問題なかった。また、災害が確認された例でも図 4-6 に示す滋賀県湖南森林計画区の調査箇所「FID:41」においては崩壊地点と堆積箇所を確認できており、このレベルの規模であれば十分判読は可能である。しかし、堆積物の詳細や、微小な土砂の流出を捉えるには 50cm 解像度は不十分であった。あくまで「疑い」を言及するにレベルにとどまり、30cm 解像度による判読が必要であると言える。ただし、30cm 解像度においても法面の微細な変化まで捉えることは出来ず、土砂の流出や堆積があれば、どの特徴から判読は可能であると考えられる。



図 4-6 滋賀県湖南森林計画区大津市調査箇所 FID:41 (50cm 画像)

実際は衛星の撮影能力、アーカイブの充実度等によって、30cm 解像度によるすべての伐採箇所における調査は難しいのが現実である。今回詳細判読を行った地点においても、30cm 画像ではアーカイブが存在せず、判読調査できないものが存在した。現在、30cm 解像度画像を提供できる商用衛星は WorldView-3 のみであるが、表 2-3 衛星の種類に示す通り、撮影幅は 13km 程度と他衛星と比べても非常に狭く、ピンポイントの観測を行うように運用されている。天候や他観測計画との衝突を考慮すると、一区の森林計画区を網羅するだけでおよそ 1 年程度は撮影期間を想定する必要があり、全県を対象としても、複数年にわたる計画が必要となってしまう。これのみで監視を行っていくことはあまり現実的ではなく、今回のように解像度の低い画像での予察を組み合わせる運用していくために、各解像度で「判読可能な事象」と「判読不可能な事象」を整理する必要がある。和歌山県紀南森林計画区「FID2」は今回の衛星画像判読では見逃した形となり、衛星画像の判読は現地調査には及ばないという結果であった。しかし、判読事例を蓄積することで、各解像度で確認できないような小規模な土砂流出が発生しうる地表の特徴を整理し、「発災を疑う」適切な目視判読の運用ができ、現地調査を交えて、効率的な調査が可能になると考えられる。

今回の調査のみでは実際に災害が起こっている箇所が少なく、解像度による厳密な評価をするには材料が少ない結果となった。衛星画像は豊富なアーカイブを持つことも利点として挙げることができ、過去に遡って災害を確認することも可能である。既知の 1ha 以下の伐採に係る様々な発災事例を蓄積し、判読事例としてまとめる中で発災に関わる地物の情報整理と、解像度による比較を行っていく必要があると考える。

4.3 まとめ

小規模林地開発行為の現状を適切かつ効率的に把握するため、複数の衛星による最適な時期・解像度の衛星画像を用いて、客観性のある判読・解析を実施した。調査地区は千葉県北部森林計画区、千葉県南部森林計画区、滋賀県湖南森林計画区、和歌山県紀南森林計画区とし99か所の地点を対象とした。このうちアンケートの対象地は3件である。

これらの地点から土砂流出や災害の発生が確認された地点、または発生のおそれがある地点、太陽光発電施設などが設置されている地点、および転用済みであることが明らかな地点などを調査対象とし、38か所の現地調査を実施した。現地調査の結果、土砂流出の発生もしくは発生のおそれのある地点を6件認めた。また、アンケートにより報告があった3件のうち、1件で土砂流出が認められた。これらの土砂流出が認められる、もしくは発生の可能性のある地点の開発目的の多くは太陽光発電に関する地点であった。これらの地点の平均傾斜は緩～急傾斜である場合が多いことが認められた。

衛星画像は1.5m、50cm、30cmの3通りの解像度の画像を調達し、1.5m画像を用いた一次判読および30cm画像および50cm画像を使った詳細判読を行った。その結果、衛星画像判読のみで発災の有無を判断するには、50cm解像度による判読はあくまで「疑い」を言及するにとどまり、30cm解像度による判読が必要であると言える。しかしながら、衛星の撮影能力、アーカイブの充実度等によって、30cm解像度によるすべての伐採箇所における調査は難しいのが現実である。本業務のように解像度の低い画像での予察を組み合わせる運用していくために、各解像度で「判読可能な事象」と「判読不可能な事象」を整理する必要がある。