

3. 衛星画像サンプル調査

3.1. 調査方法

小規模林地開発行為に係る実態調査により災害発生した事例が所在する地域森林計画区において、伐採届により開発が行われた箇所について、災害等の発生状況を開発前後の衛星画像を用いて確認した。

3.1.1. 調査対象

前述した 2. 小規模林地開発行為に係る実態調査結果から得られた情報において、土砂流出事例が見られ、かつ、伐採届により 1ha 以下の開発面積で転用され、都道府県において地域森林計画の樹立・変更作業時に森林から除外された箇所の位置情報が一覧化されている以下の 3 森林計画区域を選定した。下記①～③の 78 件の、伐採届に係る内容及び位置情報を都道府県担当者から提供を受け、分析に用いた。

- ①群馬県 利根上流森林計画区 22 件(平成 27～31 年度届出)
- ②大阪府 大阪森林計画区 30 件(平成 25～30 年度届出)
- ③岡山県 高梁川下流森林計画区 26 件(平成 28 年～31 年度届出)

3.1.2. 活用する画像

保安林の違法伐採等の管理等に活用されている、衛星写真画像データ(SPOT6/7)(以下「スポット画像」という)を用いた確認を試みたが、スポット画像は、空間解像度は 1.5m、時間解像度は 2 年から 4 年周期であり、小規模林地開発行為地の土砂流出を把握するには解像度が低いことが判明した。

一方で、グーグルアース画像(以下「グーグル画像」という)は、広範囲を様々な空間解像度(1.5m～25cm 及び航空写真)で確認できる上、不規則ながらも時系列変化を把握できる。特に都市近郊の森林域は、比較的解像度の高い情報を得ることができることから、スポット画像と併用して確認を行った。

3.1.3. 判読方法

3.1.1 で示した 78 件について、グーグル画像及びスポット画像(以下「衛星画像」という)上で特定し、開発前後及び直近の衛星画像により、災害の発生状況を確認した。土砂流出を発生させるような事象が見られた場合は、発生時期と発生範囲を確認するため、土砂移動を発生させた災害発生前後に撮影された衛星画像を活用し、時系列で比較判読した。スポット画像は広域的な調査に、グーグル画像は小面積における比較判読に活用した。

また、衛星画像において、各調査地の平均傾斜や最大傾斜、防災施設の有無について確認を行った。

(1) 判読事例①

(大阪府)

2018年6月のスポット画像では太陽光発電施設の開発が概ね完了している。2019年5月には、斜面下部にブルーシートが被覆され、土砂流出があったことが想定できる。その後2020年5月にはブルーシートが無くなっており、復旧したことが確認される。



写真 3.1 2018年6月 スポット画像

(2) 判読事例②(参考)

(大阪府)

参考として小規模林地開発地ではなく、林地開発許可地における事例を示す。2018年3月グーグル画像および2018年6月スポット画像において斜面の一部にブルーシートによる被覆が把握でき、土砂流出があったことが想定される。なお、2014年6月のスポット画像は白黒画像で判読が困難であった。



写真 3.2 2018年6月 スポット画像

(3) 判読事例③

(大阪府)

2018 年 8 月グーグル画像において斜面崩壊に伴う土砂流出があり、斜面下部の立木が消失していることが確認できる。



写真 3.3 2018 年 6 月 スポット画像

(4) 判読事例④(参考)

(岡山県)※調査対象区外

2016 年 6 月と 2018 年 10 月がスポット画像である。2018 年 2 月グーグル画像において太陽光パネル外縁に土砂崩壊したような痕跡がみられるが鮮明ではない。2018 年 10 月のスポット画像にも同様の傾向が見られる。



写真 3.4 2016 年 6 月 スポット画像

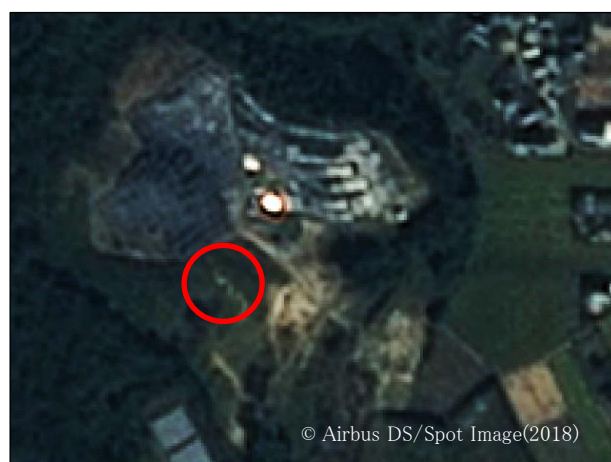


写真 3.5 2018 年 10 月 スポット画像

(5) 判読事例⑤(参考)

(群馬県)※調査対象区外

2016年6月と2018年10月がスポット画像である。2018年4月グーグル画像において太陽光パネル外縁に土砂崩壊したような痕跡がみられるが鮮明ではない。2018年10月のスポット画像にも同様の傾向が見られる。



写真 3.6 2016年6月 スポット画像



写真 3.7 2018年10月 スポット画像

3.1.4.現地調査

3.1.3により確認した結果、災害が発生している、または、災害が発生しているおそれがあると判断した箇所及び小規模林地開発行為に係る実態調査結果を元に、災害発生箇所を中心に現地調査を行った。

3.2. 調査結果

3.2.1. 衛星画像確認結果

(1) 調査の方法について

衛星画像の判読では、開発の進行状況等、林況が大きく変化する過程は確認出来るものの、林相の変化がない限り、1ha 以下の開発地における土砂の移動状況を把握することはかなり困難であった。特に、太陽光発電施設の場合、パネル下の侵食状況の確認が重要であるが、衛星画像では確認出来なかった。

災害発生時の応急措置であるブルーシートの設置が確認できる事例や、災害により立木が消失し林相が変化する事例であれば、災害が発生したと判断できた。加えて、周辺地の被災状況をもとに、開発地の地形等から発生の可能性が高い事例であることが想定できる事例もあった。

結果として、スポット画像では、災害の発生状況の把握はほぼ不可能で、グーグル画像により災害の発生を判断できた案件は1件、発生の疑いが強い状況であると判断できた事例は 5 件であった(以下「災害発生事例」という)。

これらより、グーグル画像を用いて災害発生状況を確認することは、発生状況や発生の疑いを確認するには有効であると考えられる。ただし、グーグルアースの撮影は1～数年おきで不規則であり、発生時期を特定することは困難であることに加え、具体の発生状況を把握することはできないため、例えば、グーグル画像により発生の疑いを確認し、現地調査を行うことで、災害発生状況が確認できる場合がある。

一方、現地調査においては、土砂移動の発生直後や、土砂移動の規模が比較的大きく、被災した施設の復旧痕跡が明瞭な場合は、土砂移動が発生したことを確認できるが、土砂移動規模が小さく、かつ時間経過によって、復旧痕跡等が確認できない、あるいは簡易構造物で対応し、いつ施工されたか不明な場合は、土砂移動の確認が困難であった。

(2) 結果概要

画像調査対象地は、表 3.1～3 のとおり 78 事例あり、そのうち 6 件で、土砂流出発生または災害発生の疑いがあると判断された。現地調査を行ったところ、そのうち 1 事例は、開発行為を起因とした災害では無く、近接地からの土砂流出が原因である災害と判断された。

表 3.1 衛星画像確認結果一覧

都道府県	森林計画区	調査数 (件)(A)	平均面積(ha)	衛星画像判 断による災 害発生事例 ※(件)(B)	災害発生 率(B/A)	現地調 査数(件)
群馬県	利根上流	22	0.42	1	5%	2
大阪府	大阪	30	0.27	2	7%	5
岡山県	高梁川下流	26	0.33	3	12%	14
合計		78	0.33	6	8%	21

※発生の疑いも含む。

表 3.2 災害発生箇所概要

全体 No.	計画区	開発 面積 (ha)	伐採 届出 年月日	開発目的	衛星画像分析結果						現地 調査	小規模林 地開発行 為に關す る実態調 査該当
					開発地の地形				災害 発生 有無	防災施設 の有無		
					地形概要	平均傾 斜(°)	最大傾 斜(°)	0字谷 有無				
16	利根上流	0.79	2016	太陽光発電施設	山腹凹凸 斜面	20	35	有り	発生の疑 い	無し	実施	該当
23	大阪	0.10	2016	太陽光発電施設	山腹凹凸 斜面	12	20	無し	発生の疑 い	有り(外溝)	実施	非該当
51	大阪	0.93	2016	太陽光発電施設	谷地形	24	63	有り	有り	無し	実施	該当
53	高梁川下流	0.99	2016	太陽光発電施設	尾根緩斜 面	13	18	無し	発生の疑 い	有り	実施	非該当
58	高梁川下流	0.25	2016	太陽光発電施設	谷出口緩 斜面	11	-	有り(域外)	発生の疑 い	有り(侵食 防止シー ト)	実施	非該当
62	高梁川下流	0.20	2017	太陽光発電施設	谷部	23	25	無し	発生の疑 い	不明	実施	非該当

表 3.3 災害発生状況一覧

全体 No.	計画区	衛星画像による判読結果		現地調査等による結果								備考
		災害 発生 有無	状況	災害発生 年月	発生区域	被災区域	土砂崩 壊、流出 等の 状況	構造物、 防災施設 等の被災 状況	災害発生の原因			
16	利根上流	発生の疑い	太陽光パネル周辺部に裸地があり、表面侵食の発生可能性がある。	2020.9	区域外	区域外	隣接する谷部崩壊地から土砂流出	国道への土砂流入	災害発生しているが、開発行為とは無関係		太陽光パネル周辺における侵食防止シート未施工地からの土砂流出を想定したが、現地調査の結果は、西部に隣接する凹地形(字谷)の表層崩壊による土砂流出であった。 今回は、太陽光発電施設からの土砂流出は確認されなかったが、設置空間の傾斜が大きく、侵食防止シートが設置されていないため、表面侵食による土砂流出は今後懸念される。	
23	大阪	発生の疑い	太陽光パネル周辺部に裸地があり、表面侵食の発生可能性がある。	-	区域内	区域内	小規模の土砂移動	-	災害発生していないが、小規模の土砂移動を確認。		パネル下や周辺部に侵食防止シートが設置されておらず、土砂集出を想定した。微地形の凹地形に集水し、地表面が侵食され外溝に流入していたが、それ以外に顕著な土砂流出は確認されなかった。 伐採した立木の根系が残存している。根系腐朽後の斜面崩壊が懸念される。	
51	大阪	有り	急斜面にパネルが配置され、侵食防止シートの設置がない。作業道が2018年に消失している。	2017.8 2018.7	区域内	区域外	作業道を経て一般道へ流出	一般道への土砂流出	一般道に土砂流出したと報告があるが、未踏査。表面侵食防止策や排水処理が不適当だったことが誘因と想定される。		南部に位置する展望台から遠望する限り、急斜面にパネルが設置されているものの、侵食防止シートは全く配置されていない。岩石地とそういえるが、表面侵食は今後も発生すると想定される。域外への排水施設も、開発面積に応じた規模として不適切。	
53	高梁川下流	発生の疑い	太陽光パネル周辺部に裸地があり、表面侵食の発生可能性がある。	-	区域内外	区域内外	ガリ侵食	外溝フエンスの倒伏	災害発生していないが、顕著な表面侵食を確認。表面侵食対策が不十分。		表層地質が古い時代に生成したもので風化が顕著で赤土化している。素掘りの沈砂池を配置しているが、周囲が崩落し、外周柵が倒伏している。	
58	高梁川下流	発生の疑い	域外からの土石流災害に注意が必要(花崗岩地帯)。区域内の太陽光パネル周辺に一部、裸地があり、表面侵食の発生可能性がある。	-	区域内	区域内	表層土砂移動	侵食防止マットの破損	災害発生していないが、侵食防止シートがめくれ表面侵食を確認。表面侵食対策が不十分。		イノシシ等の攪乱により侵食防止シートがめくれている。排水途中に素掘りの沈砂池が配置されているが、豪雨の際に機能を発揮するかは不明。	
62	高梁川下流	発生の疑い	パネル設置区域に近接する区域の伐採地が表層崩壊を発生している。 開発区域内でも表面侵食の発生可能性がある。	2018.7	区域内外	区域内外	土砂移動	-	顕著な豪雨だったことと、侵食防止対策と排水処理が不十分だったことにより土砂流出した可能性が高い。		パネル下部でも表面侵食発生。災害発生後に断続的に拡張しているパネル設置空間は、しっかりとした侵食防止シートが施工されている。しかし排水施設の整備が確認できず、流出係数の値が大きくなることによって、流出量が増加する対策が適用されていない可能性がある。	

(3) 災害発生傾向

① 開発目的(伐採届情報より)

画像調査対象事例の開発目的は図 3.1 のとおりである。災害発生事例については、前述の表 3.2 のとおり全て太陽光発電施設であった。

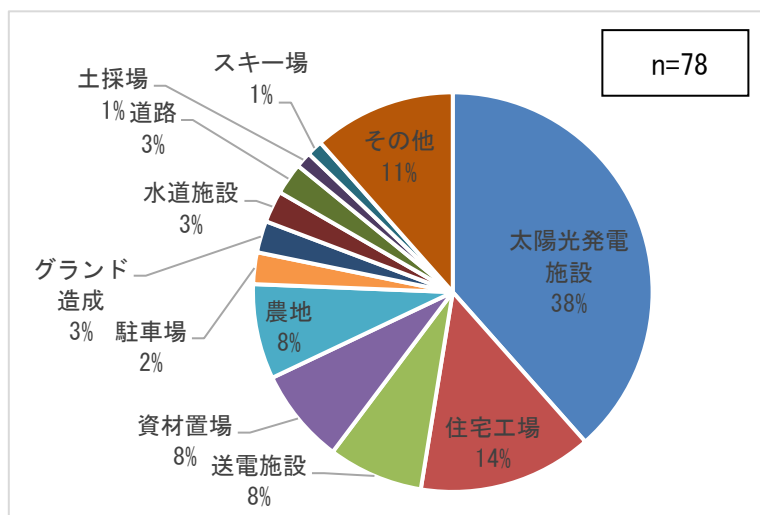


図 3.1 開発目的の分布(画像調査対象事例)

② 面積の傾向(ha)(伐採届情報より)

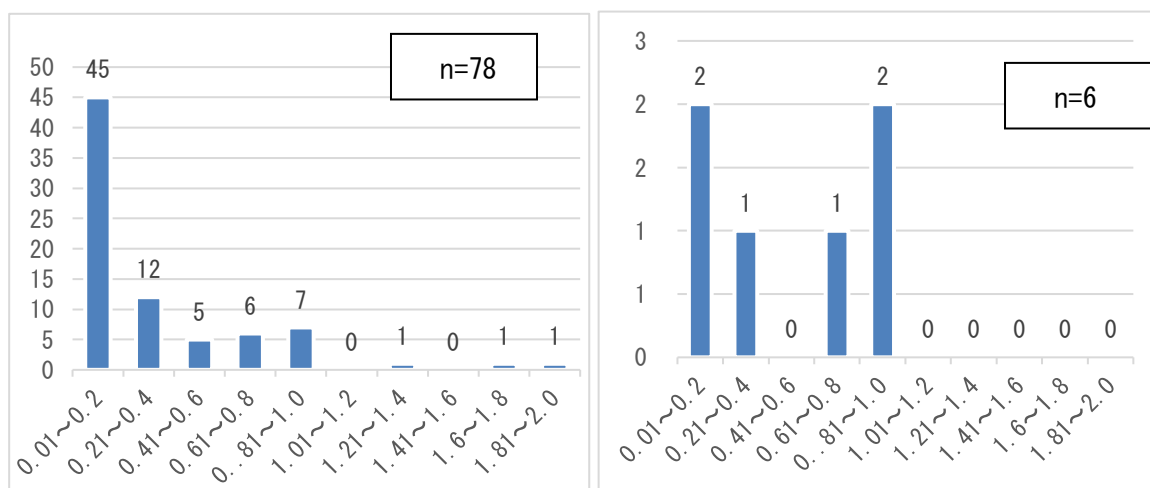


図 3.2 開発面積の頻度分布 左:画像調査対象事例 右:災害発生事例

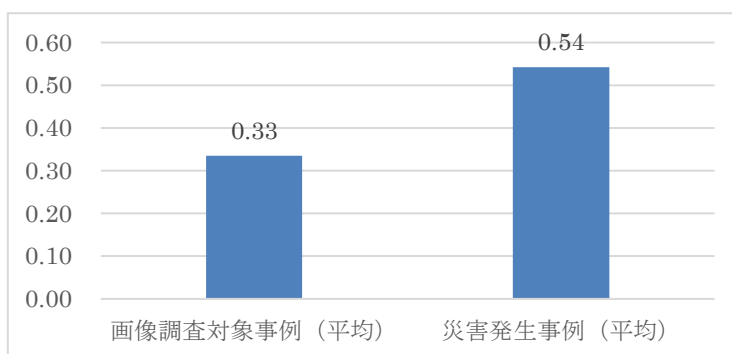


図 3.3 開発面積(平均)の比較

③ 平均傾斜(°)(衛星画像より)

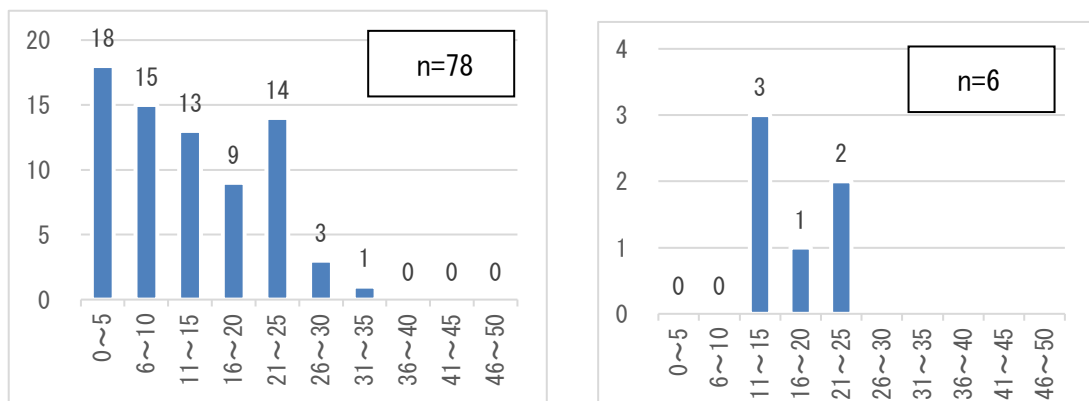


図 3.4 平均傾斜の頻度分布 左:画像調査対象事例 右:災害発生事例

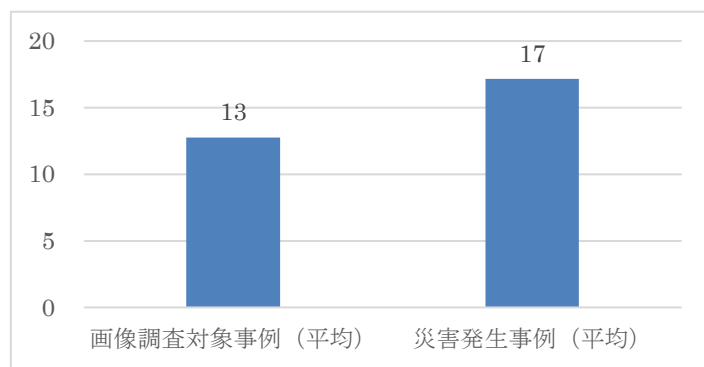


図 3.5 平均傾斜の比較

④ 最大傾斜(°)(衛星画像より)

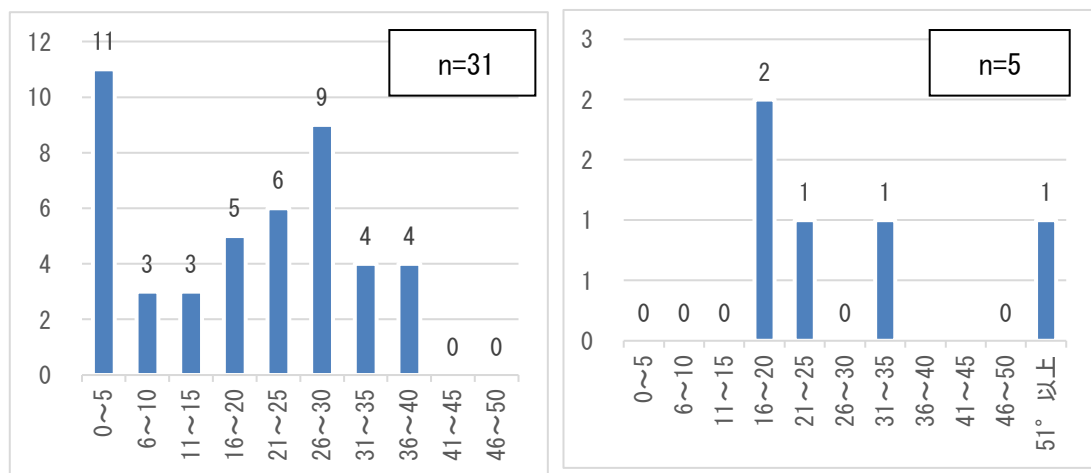


図 3.6 最大傾斜の頻度分布 左:画像調査対象事例 右:災害発生事例

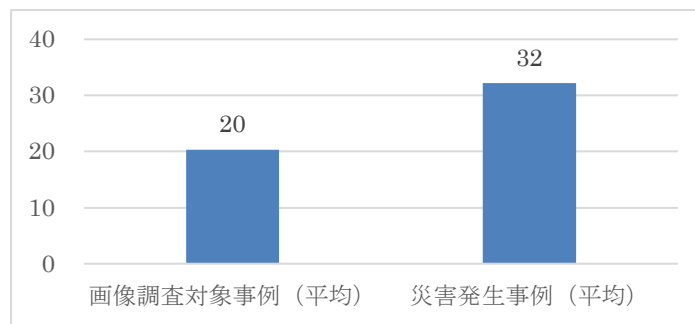


図 3.7 最大傾斜(平均)の比較

⑤ 防災施設の設置状況(衛星画像より)

調査対象事例全体では、防災施設有りは38%、無しは62%。このうち、太陽光発電施設については、防災施設有りは10件、無しは8件、不明は12件であり、図3.8左図の事例全体の傾向と同等であった。一方、災害発生事例において、防災施設有りは60%、無しは40%であった。

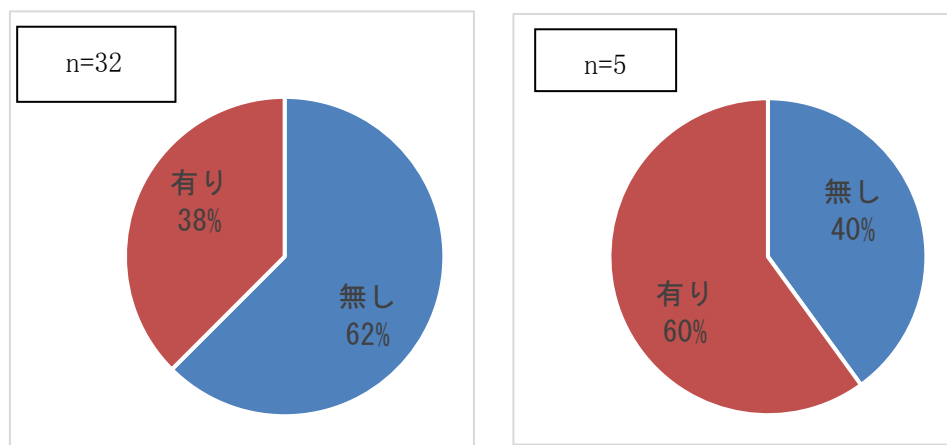


図 3.8 防災施設の有無 左:画像調査対象事例 右:災害発生事例

(4) 分析

- 衛星画像では、林相の変化があるような災害発生は把握できたが、太陽光発電施設の場合は表面侵食の状況がパネルで把握できず、周辺の状況を踏まえて災害発生の疑いがある箇所を把握した。
- 小規模林地開発行為に係る実態調査から、都道府県が把握している事例は、区域外への土砂流出や、道路や防災施設が被災するなど、比較的影響が大きい事例であった。衛星画像で新たに災害発生の疑いがあるとされた事例は、区域内外で被害が見られた事例の他、区域内で地表面侵食により土砂移動があった事例や、沈砂池の側面侵食により外構フェンスが倒伏して被災した事例があった。
- 衛星画像を調査した78事例のうち、災害発生があったのは6事例であり、全て太陽光発電施設の設置が目的であった。なお、うち1事例は開発が災害発生原因になっていないことが現地調査で把握できた(写真5.8～5.12)。
- 災害発生事例では、調査事例全体と比較した場合に、面積や平均傾斜の分布に偏りは見られなかったが、最大傾斜はおおむね全体平均より大きい傾向があった。
- 災害発生事例では防災施設が設置されている割合が全体より高い傾向であった。

4. 防災施設の設置状況調査

各都道府県の林務担当者へ調査票を令和2年6月28日に送付し、令和2年9月4日に回収した。小規模林地開発行為についての防災施設の設置状況を把握するため、令和元年度を対象に、小規模林地開発関連条例に基づく届出等の手続きと、届出等における防災施設等の報告欄の記入の有無及び各件数について調査を実施した。調査項目は表4.1のとおりである。

表 4.1 小規模林地開発関連条例等に基づく届出件数調査の項目

回答項目	
①	都道府県名
②	小規模林地開発関連条例等の有無
③	小規模林地開発関連条例等に基づく届出等の手続きの有無
	令和元年度における届出等の件数
④	届出等における、防災施設等の報告欄の有無
	令和元年度において、届出等で防災施設等の内容にかかる報告があった件数
⑤	備考

(1) 調査結果

本調査の結果、報告を受けたのは千葉県・京都府・兵庫県・香川県の4県であった。すべての県において、届出件数と防災施設の報告件数が一致していたことから、今年度報告を受けた4県については、小規模林地開発関連条例に基づく届出等があった開発では全て、防災施設が施行されている状況を確認できた。各都道府県から回収した調査結果は表4.2のとおりである。

表 4.2 小規模林地開発条例または規制等に基づく届出件数調査結果(令和元年度)

項目				
(1)都道府県名	千葉県	京都府	兵庫県	香川県
(2)小規模林地開発関連条例等の有無(表2.4参照)	有り	有り	有り	有り
(3)小規模林地開発関連条例等に基づく届出等の手続きの有無	有り	有り	有り	有り
令和元年度における届出等の件数(件)	33件	3件	9件	27件
(4)届出等における、防災施設等※の報告欄の有無	有り	有り	有り	有り
令和元年度において、届出等で防災施設等の内容に係る報告があった件数(件)	15件	3件	9件	27件
備考	・他法令に係る開発のため防災施設等の報告を省略している件数:18件			

※排水施設、調整池、法面をシートで覆う、緑化など

(2) 回答を受けた都道府県の関連条例等について

前述の回答を受けた都道府県について、小規模林地開発に関連する条例等の概要は表 4.3 のとおりである。

表 4.3 回答を受けた都道府県の関連条例について

都道府県名	関連条例における防災施設に関する概要
千葉県	「千葉県林地開発行為等の適正化に関する条例」(平成24年4月1日施行) https://www.pref.chiba.lg.jp/shinrin/rinchikaihatsu/documents/jorei ・0.3ha以上1.0ha未満の開発行為が届出の対象。 ・届出書に防災施設の項目を含む計画概要説明書を添付。
京都府	「京都府豊かな緑を守る条例」(平成18年4月1日施行) https://www.pref.kyoto.jp/shinrinhozen/14100019.html ・1,000m²(土石の採掘又は土砂の搬入以外による開発行為にあたっては3,000m²)を超える開発行為は知事への協議の対象。 ・計画書には防災施設の整備計画等の記載と計画に係る図面の添付を求める。
兵庫県	「小規模林地開発取扱要領」(平成28年4月1日施行) https://web.pref.hyogo.lg.jp/nk22/af17_000000006.html ・0.8ha以上の開発は計画書の提出 ・計画書において、防災施設の措置等について記載。
香川県	「みどり豊かでうるおいのある県土づくり条例」(平成14年4月1日施行) https://www.pref.kagawa.lg.jp/content/etc/subsite/shizen/hozen/index.shtml ・地域森林計画対象民有林を0.1ha以上開発を行う場合、土地開発事業者はあらかじめ知事に協議書を提出する必要がある。 ・協議書に防災施設の概要を記載。