

「平成30年7月豪雨を踏まえた治山対策検討チーム」

中間取りまとめ

平成30年11月

林 野 庁

## 目 次

はじめに	1
第1 平成30年7月豪雨による被災状況及び課題	2
1 被災状況	2
(1) 気象経過及び被害の概要	2
(2) 山地災害の概要	3
(3) 山地災害の発生メカニズム	5
2 災害を踏まえた課題	11
第2 平成30年7月豪雨を踏まえた事前防災・減災対策	13
1 基本的な考え方	13
2 事前防災・減災対策を講ずる箇所の選定	15
3 具体的な対策	17
(1) ソフト対策の強化	17
(2) コアストーンを含む巨石や土石流への対策	18
(3) 脆弱な地質地帯における山腹崩壊等対策	19
(4) 流木対策	20
(5) 複合防御型治山対策の推進	20
4 その他留意事項	24
(1) 保安林の適正な配備	24
(2) ハード事業やソフト対策における他事業との連携	24
(3) 設計条件の見直し	24
(4) 脆弱な地質地帯における各種災害への応用	24
(5) 山地災害の発生メカニズム等に関する調査	25
参考 学識経験者等名簿	26

はじめに

日本は、急峻な地形、脆弱な地質、台風・豪雨が常襲しやすい気候といった自然条件に加え、山麓部の沖積扇状地などにも人口が集中していることなどから、山地災害の発生リスクが高い条件下にある。

こうした中で、森林は、国土の保全、水源の涵養等の公益的機能を有していることは古くから知られており、先人は、このような森林の効用を活用しながら、山地災害から命や暮らしを守ってきた長い歴史がある。

特に、戦中・戦後復興期の過剰な森林伐採等により、中国地方をはじめ全国各地に禿げ山が多く発生し、森林の公益的機能が失われたことにより多数の山地災害が発生したが、国を挙げて計画的に進められた治山対策等によって、国土の約7割を占めるまでに森林は維持され、造成された人工林を主体に蓄積が年々増加した結果、その機能の発揮を通じて山地災害の発生の抑制が図られてきたところである。

一方で、近年、地球温暖化の影響によるとみられる異常気象の発生が指摘され、毎年のように全国各地で記録的な豪雨が観測されるようになり、森林の山地災害防止機能の限界を超えた激甚な山地災害の発生リスクの高まりが懸念されているところである。こうした中で、九州、四国、中国、近畿地方の広域において記録的な豪雨を観測した平成30年7月豪雨により、各地で山地災害が多数発生した。特に、マサ土等の脆弱な地質地帯における土石流や山腹崩壊、花崗岩地帯におけるコアストーン等の巨石の流下等により、下流域に甚大な被害を及ぼした。

このような状況を受け、林野庁は、平成30年7月12日に「平成30年7月豪雨を踏まえた治山対策検討チーム」を設置し、学識経験者等からの意見を伺いつつ、現地の実態を把握し、山地災害の発生メカニズムの分析と検証を行った上で、今後の治山対策の在り方について検討を重ねてきた。本中間取りまとめは、その結果をまとめたものである。具体的対策の検討に当たっては、現地調査（7月26日～7月29日に実施。被災地が広域であるため、特に被害が甚大であった広島県と愛媛県に限定）の結果を参照している。

また、今回の被災地である広島市において平成26年に発生した土砂災害及び

平成 29 年 7 月九州北部豪雨との比較も一部行っている。

さらに、林野庁は、平成 29 年 7 月九州北部豪雨による山腹崩壊等において、特に流木による被害が著しかったことを踏まえ、流木災害等に対する治山対策の検討結果を平成 29 年 11 月に取りまとめているが、平成 30 年 7 月豪雨とは山地災害の発生の諸条件が異なることから、流木対策に関しても改めて検討を行っている。

## 第 1 平成 30 年 7 月豪雨による被災状況及び課題

### 1 被災状況

#### (1) 気象経過及び被害の概要（参考資料 図 1 (P1)、表 2 (P2)、表 2 (P6)）

梅雨前線により 6 月 28 日頃から日本各地で降り続いていた雨は、台風第 7 号の影響による暖かく湿った空気の流入により 7 月 5 日頃から活発化し、さらに、湿った南東風と南風が西日本付近で合流し極めて大量の水蒸気をもたらされた。このため、西日本から東日本にかけての広域で記録的な大雨となり、梅雨前線が北上して活動を弱めた 9 日までの間、計 11 府県で大雨特別警報が発表された。6 月 28 日から 7 月 8 日までの総降水量は、ところにより四国地方で 1,800 mm、中部地方で 1,200 mm、九州地方で 900 mm、近畿地方で 600 mm、中国地方で 500 mm を超えた。山地災害発生までの雨の降り方を見てみると、広い範囲で 2 日間あるいは 3 日間という比較的長い間強い雨が継続したことが特徴的で、24、48、72 時間雨量の観測史上最大値を多くの地点で更新した。

この豪雨により、西日本を中心に河川の氾濫や洪水、土砂災害などが発生し、死者は 200 名を超え、6,300 余の住宅が全・半壊するなど甚大な被害が発生し、豪雨災害としては平成になって最大の被害となった。

林野関係では、林地荒廃 2,407 箇所、治山施設 86 箇所、林道施設等 9,488 箇所、木材加工・流通施設 42 箇所、特用林産施設等 29 箇所などが被災し、計 1,368 億円の被害額となった（10 月 24 日 9 時現在）。

なお、気象庁は 7 月 9 日に、6 月 28 日以降の台風第 7 号や梅雨前線の影響による記録的な大雨の名称を「平成 30 年 7 月豪雨」と定めたほか、政府は、平成 30 年 7 月豪雨を含めた 5 月 20 日から 7 月 10 日までの間の梅雨前

線及び台風による豪雨等による災害を平成 30 年 7 月 24 日に激甚災害に指定した。

(2) 山地災害の概要〈参考資料 表 3 (P6)、表 4 (P7)〉

山地災害による被害は全国に及び、33 道府県の 2,407 箇所において新たな林地荒廃や荒廃の拡大が確認され、22 道府県において治山施設に係る被害が確認された。被害総額は 1,070 億円に上っており、広域かつ大規模な被災状況であることから、個々の箇所についての詳細な状況は現在も依然として調査を継続しているところである（10 月 24 日 9 時現在）。特に甚大な被害を受けた広島県及び愛媛県の森林地域<sup>※1</sup>内の山腹崩壊発生箇所<sup>※2, 3</sup>は、それぞれ 7,610 箇所、876 箇所の合計 8,486 箇所であった。これに伴い被害を受けた立木の量は、最も崩壊箇所の多かった広島県でも崩壊地の単位面積当たりで見ると九州北部豪雨に比べて半分程度であり<sup>※4</sup>、土石流により河川まで運搬された流木の一部が土砂流や洪水流で浮遊して流下した九州北部豪雨より流木による被害は顕著とはならなかったと考えられる。具体的な対策の検討に当たり、林野庁、広島県及び愛媛県並びに学識経験者と東広島市や宇和島市等で行った合同現地調査<sup>※5</sup>による成果のほか、行政機関、研究機関及び学術団体による山腹崩壊等に関する現地調査で報告されている結果を参考にすれば、現地の状況は以下のとおりである。

- ・流出土砂は、広島県の調査箇所ではマサ土で構成されるものが主体、愛媛県の調査箇所では強風化したチャートを含む砂岩、細粒分を含む赤色の砂質土、砂岩及び泥岩が風化したものなど基岩に応じて様々であった。
- ・崩壊土砂の一部は、斜面中・下部や溪床内に堆積し、その下流では溪床・溪岸が激しく侵食されていた。また、大きさ約 2~3m 程度の未風化の花崗岩の巨石（コアストーン）や未風化の流紋岩の巨石が、溪流内やその周辺林地、流出土砂堆積地、下流被災地（住宅団地等）に散見された（安芸区矢野東、呉市安浦町市原、東広島市黒瀬）。
- ・災害周辺箇所の植生は、広島県の調査箇所ではコナラ、シイ・カシ類が主体、愛媛県の調査箇所ではスギ、ヒノキの人工林が主体であり、荒廃

溪流地における根が露出している立木の根系をサンプル的に計測<sup>※6</sup>したところいずれの深さも最大2m程度と推定され、立木の根系が及ぶ範囲より深い部分で崩壊が発生していた<sup>※7</sup>。

- ・崩壊が0次谷上流の遷急線(斜面の勾配変換点である遷急点を連ねた線)上部の緩やかな斜面(以下「尾根部付近」という。)から発生しているものが数多くあり、被害箇所までの流下距離の長いものも複数見られた(安芸区矢野東、呉市安浦町市原、東広島市黒瀬)。なお、合同現地調査地の近隣で行われた学術団体の調査<sup>※8</sup>では、尾根部付近の崩壊地滑落崖付近において地下水の噴出によるとみられる「パイプ」の痕跡が確認されていることが報告されている(東広島市黒瀬)。
- ・崩壊源頭部の滑落崖は、遷急点付近に位置していることが確認された(安芸区矢野東、西予市宇和町明間)。
- ・スギ、ヒノキの人工林が主体の崩壊箇所では、堆積区域の狭窄部に流木が堆積している状況が確認された(宇和島市三間町音地)。
- ・荒廃溪流に設置されていた治山ダムの中には堤体や袖部が破損しているものも確認されたが、いずれも溪床勾配の緩和により溪岸・溪床の侵食量が低減されており<sup>※9</sup>、流下土砂量の抑制といった効果は発揮していた(呉市安浦町市原、東広島市黒瀬)。

※1 森林法第5条に基づく地域森林計画及び同法第7条の2に基づく国有林の地域別の森林計画の対象となる森林。解析対象域は、両県のうち国土地理院のホームページで公表された崩壊箇所が示された区域(ただし、樹種と林齢については、崩壊密度等から対象エリアを更に限定した図13及び14の区域)。

※2 「広島大学平成30年7月豪雨災害調査団(地理学グループ):平成30年7月豪雨による広島県の斜面崩壊分布図,2018年8月2日」を使用。ここでの崩壊地は、草や木のない岩や土のみが認められる場所や、砂礫や泥に覆われた地点の最上部を崩壊発生地点とみなし点データとして扱っている。

※3 「平成30年7月豪雨愛媛大学災害調査団(地理学グループ):平成30年7月豪雨による愛媛県の斜面崩壊分布図,2018年8月3日」を使用。ここでの崩壊地は、草や木のない岩や土のみが認められる場所や、砂礫や泥に覆われた地点の最上部を崩壊発生地点とみなし点データとして扱っている。

※4 林野庁の推計:サンプル的に崩壊地の面積及び当該地における枝葉及び根を含む材積を推計して比較した。

※5 広島県と愛媛県で被災箇所が集中する5箇所において実施した(広島市安芸区矢野東、呉市安浦町市原、東広島市黒瀬、西予市宇和町明間、宇和島市三間町音地)。

※6 サンプル調査は、広島市安芸区矢野東、東広島市黒瀬、西予市宇和町明間で実施した。

※7 例えば、愛媛県西予市宇和町明間の調査地では、崩壊源頭部における崩壊規模は、幅約25m、長さ約30m、最大深さ約10mと推定された。

※8 出典：公益社団法人砂防学会 平成 30 年 7 月豪雨による西日本土砂災害に対する第一次緊急調査報告（平成 30 年 8 月 17 日）

※9 東広島市黒瀬の既設治山ダム直上のダム袖部付近の溪岸侵食量は、ダムの効果区域外の侵食量の半分程度であった。

### (3) 山地災害の発生メカニズム

#### ア 山地災害の発生に関する諸因子の分析

山地災害は、一般に気象条件のほか、地形、地質、林況等が発生の要因となることから、これらに着目した現地調査とデータ分析を行った。

なお、データ分析に当たっては、広島県及び愛媛県の森林区域のうち、崩壊発生地点が集中している区域を代表エリアとして区分して、その崩壊地分布図<sup>※2, 3</sup>と既往データ（気象、地形、地質、林況データ等）を重ね合わせるにより実施した。

#### ① 雨量（参考資料 図3（P11, 12）、図4（P13）、図5（P14-16））

レーダ雨量観測データ<sup>※10</sup>による期間総降雨量（6/28～7/8）の分布を確認すると総雨量の多い地域と崩壊発生地域とは必ずしも一致していない<sup>※11</sup>。そこで、72 時間の最多降雨量の雨量階級別に単位面積当たり崩壊発生箇所数をみると、雨量が増加する（雨量階級が上がる）につれて崩壊箇所数が増加していることが分かる。このことから、72 時間雨量と崩壊発生箇所数には関係性がみられた。

次に、気象庁アメダス観測所<sup>※12</sup>における 1 時間降水量は、広島県では 7 月 6 日に三原市本郷で 56.5mm（既往最大値 55mm を更新）、呉市倉橋で 59.5mm（既往最大値 46mm を更新）を記録したが、愛媛県では史上 1 位の更新は記録されなかった。

一方で、多くの観測点で 24、48、72 時間降水量の値が観測史上 1 位となり、このうち 72 時間降水量をみると、広島県では三原市本郷の 471mm をはじめとし 34 観測地点中 21 の観測地点で、愛媛県では北宇和郡鬼北町近永の 543.5mm をはじめとし 23 観測地点中 11 観測地点で観測史上 1 位を更新した。

このように、今回の山地災害の発生には、2～3 日間の比較的長時間の

記録的な豪雨が崩壊発生に大きく影響したものと考えられる。

② 地質〈参考資料 図6 (P17, 18)、図7 (P19, 20)、図8 (P21, 22)、図9 (P23, 24)〉

森林地域全体での地質の分布割合は、広島県では深成岩（花崗岩類）が56%と最も多く、次いで火山岩（流紋岩等）が26%、付加コンプレックス<sup>※13</sup>が7%となっている。愛媛県では付加コンプレックスが79%と最も多く、次いで変成岩類が17%となっている。

一方で、森林地域に発生した崩壊地を地質別にみると、広島県では深成岩（花崗岩類）が4,483箇所（59%）と最も多く、次いで火山岩（流紋岩等）で2,722箇所（36%）となっており、この二種類の地質に全体の95%の崩壊発生箇所が分布している。愛媛県では付加コンプレックスが761箇所（87%）を占め、次いで変成岩類が100箇所（12%）となっている。花崗岩、流紋岩及び変成岩の地質別の単位面積崩壊発生箇所数については、それぞれ11箇所/km<sup>2</sup>、4箇所/km<sup>2</sup>、7箇所/km<sup>2</sup>との既往報告<sup>※14</sup>があるが、今回の災害実績では花崗岩5箇所、流紋岩7箇所、変成岩0.8箇所/km<sup>2</sup>となっており、既往報告よりも流紋岩の山腹崩壊発生箇所が多くなっている。

次に、広島県において主要な地質である深成岩（花崗岩類）及び火山岩（流紋岩等）ごとに雨量階級別の単位面積崩壊発生箇所数についてみると、雨量階級200～300mm、300～400mmでは花崗岩で発生箇所が多いが、400mmを超えると火山岩（流紋岩等）が多くなっている。

また、愛媛県において主要な地質地帯である付加コンプレックス及び変成岩類ごとに雨量階級別の単位面積崩壊発生箇所数についてみると、雨量階級が大きくなるに従い発生箇所数が多く、地質別では付加コンプレックスが多くなっている。

このことから、広島県の山腹崩壊では、花崗岩に加え流紋岩での崩壊が、愛媛県の山腹崩壊では、付加コンプレックスでの崩壊が多いことが特徴として挙げられる。

③ 斜面傾斜度<sup>※15</sup>〈参考資料 図10 (P25, 26)、図11 (P27)〉

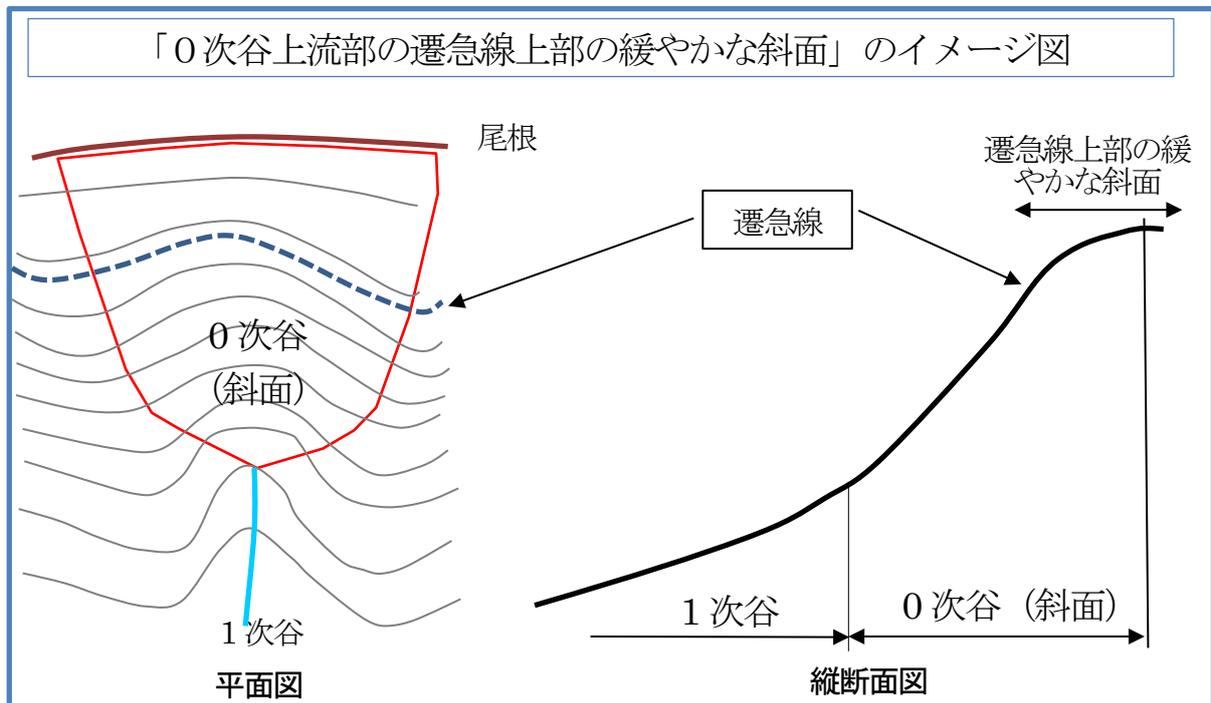
森林地域全体での斜面傾斜角の最頻値は、広島県では24～26°、愛媛県では26～28°の範囲となっている。また、山腹崩壊発生地点での最頻値は、広島県では24～26°と森林地域全体と同じ値であるのに対し、愛媛県では28～30°と若干急勾配となっている。

このことから、山腹崩壊の発生には、広島県では傾斜との関係は判別されないが、愛媛県では比較的傾斜の急な地形が影響したものと考えられる。

④ 尾根谷度<sup>\*16</sup> (参考資料 図12 (P28, 29)、図13 (P30))

尾根谷度の分布は、広島県では森林地域全体については尾根部に偏っており(谷:尾根=35:65)、山腹崩壊発生地点については尾根部(凸地形)に偏る傾向が顕著(谷:尾根=29:71)となった。一方で、愛媛県では森林地域全体については尾根部に偏っており(谷:尾根=39:61)、山腹崩壊発生地点については尾根部への偏りが小さく(谷:尾根=44:56)、谷部(凹地形)の割合が増えている。

一般的に、降雨による山腹崩壊は、谷地形で起こりやすいとされているが、今回の山腹崩壊は、特に広島県では尾根地形に偏って発生した傾向がみられた<sup>\*17</sup>。これは、通常崩壊発生源とならない尾根部付近が発生源となったことを示唆している。



⑤ 樹種（樹種と尾根谷度との関係）〈参考資料 図 14 (P31, 32)、図 15 (P33-36)〉

④の尾根谷度の結果を踏まえて樹種との関係性をみると、広島県における樹種と尾根谷度との関係は、代表エリアにおいて、森林地域全体ではスギ、ヒノキ、その他針葉樹及び広葉樹の各樹種とも尾根部に偏って分布しており（スギ：56%、ヒノキ：63%、その他針葉樹：63%、広葉樹：63%）、山腹崩壊発生地点では各樹種ともさらに尾根部（凸地形）に著しく偏る傾向が見られた（スギ：73%、ヒノキ：76%、その他針葉樹：73%、広葉樹：74%）。

一方で、愛媛県ではスギ、ヒノキ、その他針葉樹及び広葉樹は各樹種とも尾根部に偏って分布しているが（スギ：51%、ヒノキ：63%、その他針葉樹：70%、広葉樹：63%）、山腹崩壊発生地点では、スギの尾根部での崩壊発生は小さくなっているものの、森林全体で見れば依然として尾根部への偏りがあり、その影響は限定的である（森林全体：56%、スギ：42%、ヒノキ：63%、その他針葉樹：66%、広葉樹：62%）。

このことから特に広島県ではいずれの樹種も尾根地形に偏って発生した傾向がより顕著にみられ、山腹崩壊の発生には、樹種に関わらず、地形条件等の違いによる影響がより大きいと考えられる。

⑥ 林齢〈参考資料 図 16 (P37, 38)、図 17 (P39-40)〉

森林地域全体における人工林齢級別面積の割合は、広島県では 10～13 齢級の壮齢林が全体の 52%と約半分を占めている。山腹崩壊発生地点における人工林齢級別発生箇所割合は、10～13 齢級が全体の 55%と過半数を占めている。愛媛県では 10～13 齢級の壮齢林が全体の 60%を占めている。山腹崩壊発生地点における人工林齢級別発生箇所割合は、10～13 齢級が全体の 65%と過半数を占めている。

このことから、概ね齢級別森林地域の面積割合に応じて崩壊発生箇所の割合も増減しているものの、全体に占める崩壊箇所の多くは、面積割合の大きい齢級である壮齢林(10～13 齢級)となっていることが分かる。

一方、人工林齢級別の単位面積当たりの崩壊発生箇所数をみると、広島県では 1 齢級等<sup>※18</sup>で 8 箇所/100ha、2 齢級で 26 箇所/100ha、3 齢級以上では 19 齢級を除き概ね 10 箇所/100ha 以下となっている。このことから、2 齢級の幼齢林の林分で山腹崩壊が生じやすい結果が得られた。愛媛県では 1 齢級等で 2 箇所/100ha、2 齢級 18 箇所/100ha であるのに対し、3 齢級以上は概ね 5 箇所/100ha 以下となっている。このことから、2 齢級で山腹崩壊が生じやすい結果が得られた。

以上の結果から、既往調査結果<sup>※19</sup>でも言われているとおり 2～3 齢級で崩壊が多く発生し、立木の成長に伴う根系の発達等により、山腹崩壊が一定程度抑制されたものと考えられる。

※10 データ統合・解析システム (DIAS : Data Integration and Analysis System : データ統合・解析システム、文部科学省が所管する、地球観測データ、社会経済データを効果的に統合・分析するシステム) 及び XRAIN リアルタイム雨量情報システム (国土交通省により設置された国土交通省 X バンド MP レーダネットワーク。これにより、250m 四方の細かい雨の分布を観測することが可能。) より作成。

※11 出典:平成 30 年 7 月豪雨における積算雨量の特徴について (西日本)、国立研究開発法人防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部門 <http://www.bosai.go.jp/>

※12 出典:平成 30 年 7 月豪雨 (前線及び台風第 7 号による大雨等)、気象庁

※13 地層、岩石の集合体の一種で、海岸プレート上に堆積した堆積物などが、陸側プレートに海側プレートが沈み込む際に陸側に付加したもの

※14 出典:横田知昭 (1965) 崩壊調査資料の地質別集計に基づく一考察、新砂防 57 15-31

- ※15 斜面に仮想メッシュを設定し、該当メッシュとその周辺メッシュの最大の高度差を斜面の傾きとして示した指標。ここでは、10mDEMより作成した斜面傾斜度データを250m×250mの範囲で平均化して用いている。
- ※16 斜面全体の傾斜度とは関係なく、斜面仮想メッシュを設定した上で、該当メッシュが尾根か谷かを示す指標。谷部（凹地形）ではマイナス、尾根部（凸地形）ではプラス、平坦部はゼロの値を示す。ここでは、10mDEMより作成した尾根谷度データを250m×250mの範囲で平均化して用いている。
- ※17 尾根谷度の解析において250m四方のメッシュで尾根と判断されたものの中には、より詳細な単位で解析すると0次谷等の谷地形が含まれていることがある。
- ※18 未立木地や未植栽地等を含む
- ※19 出典：北村嘉一・難波宣士（1981）抜根試験を通して推定した林木根系の崩壊防止機能、林業試験場研究報告313号

## イ 諸因子の分析を踏まえた山地災害の発生メカニズム

現地調査及び崩壊地分布データと既往データの重ね合わせによる分析結果を踏まえると、今回の山地災害の発生メカニズムは、基本的に以下のとおりと考えられる。

- ① 多くの観測点で24、48、72時間降水量の値が観測史上1位を更新するような数日にわたる長時間の大雨が発生。
- ② この大雨による多量の雨水が、周辺森林から比較的傾斜が急な斜面における0次谷等の凹地形に長時間にわたって集中し、土壌の飽和を伴いながら深い部分まで浸透したことから、立木の根系が及ぶ範囲より深い部分で表層崩壊が発生。その際、崩壊発生箇所が多くが、深成岩（花崗岩類）や付加コンプレックス等の脆弱な地質地帯に集中。
- ③ また、一部の山腹では、長時間にわたる大量の雨水の浸透により尾根部付近においても土壌が飽和し、この飽和した水が尾根部直下から吹き出したことなどにより、斜面が不安定化し山腹崩壊が発生。
- ④ 山腹崩壊地に生育していた立木と崩壊土砂は、一部は斜面中・下部や溪床内に堆積し、一部水系が発達する流域では、多量の降雨のため著しく増加した流水により、溪流周辺の立木や土砂を巻き込みながら下流域に流下。その際、溪流内にあったコアストーン等の巨石はもとより、溪岸・溪床侵食により発生した巨石が流下したことにより土石の流下エネルギーを増大させ、下流保全対象の被害を拡大。

## 2 災害を踏まえた課題

我が国では、戦中・戦後復興期において森林の乱伐等により山地は著しく荒廃し、中国地方をはじめ各地で禿げ山が見られ、甚大な山地災害が毎年のように発生した。これに対し先人たちは、たゆまぬ努力を重ねて禿げ山の復旧を図り、現在では緑豊かな山地となり禿げ山の面影はほとんど見られない。また、高度経済成長期に入り、山麓部の沖積扇状地等にも住宅やインフラ等が開発されたことにより、山地災害発生のリスクが一層高まったことから、災害発生後の復旧対策はもとより、保全対象に近接した治山ダムの設置などの予防対策を強化するほか、山地災害危険地区の周知等による警戒避難体制の整備など事前防災対策にも努めてきたところである。

このように、森林の造成や治山施設の整備等の治山対策を確実に実施してきたことにより、森林の成熟化と相まって山地災害防止機能が高まり、山地災害の発生件数が減少するなどその効果がみられるようになってきた。まさに治山対策は、山地災害から国民の生命・財産を保全してきたものといえる。

しかしながら、近年、地球温暖化の影響とみられる局地的な集中豪雨が増加する傾向にあり、平成 26 年広島豪雨による山地災害のような激甚な山地災害の発生リスクが高まりつつある。

そのような中で、平成 30 年 7 月豪雨では、数日にわたる比較的長時間の豪雨により西日本を中心に被害が広範囲に及んでおり、尾根部付近から崩壊した土石が長距離を流下する、あるいは溪流や斜面に散在する巨石が土石流とともに流下して下流に著しい被害を及ぼしており、今後も同様の山地災害の頻発が予想される。

このほか、平成 30 年 7 月豪雨では、気象庁による特別警報の発令を受け、市町村による避難指示があったにも関わらず、多くの住民が避難行動に移らず人的被害の拡大につながったことが指摘され、警戒避難体制の在り方が問われている。治山対策においても、山地災害危険地区等の情報を自治体や地域住民に周知するなど、警戒避難体制の整備に資する情報提供等に努めてきたところであるが、今後、関係機関と連携した一層の取組強化が

求められる。

このように、激甚な豪雨等による山地災害の被害規模が一層拡大し、その頻度も高まりつつある傾向を念頭に、過去の経験やこれまでの技術的蓄積を踏まえ、引き続き森林の山地災害防止機能の向上を図ることを基本としながらも、森林の有する山地災害防止機能の限界を超え、大規模な山腹崩壊が起こることも想定する必要がある。このため、地形、地質、不安定土砂の状況や巨石の有無といった現地の状況を良く踏まえ、土石流に伴う流下物等を含めた想定を的確に行うハード対策とともに、警戒避難体制の整備等に資するソフト対策も組み合わせながら現地に応じた緻密な対応策を講じていくことが重要である。

## 第2 平成30年7月豪雨を踏まえた事前防災・減災対策

### 1 基本的な考え方

今回の豪雨による山地災害は、

- ① 広域において数日間をわたる比較的長時間（24時間、48時間、72時間雨量）の降雨によるものであるのが特徴であり、例えば、広島県山県郡安芸太田町では6月28日～7月8日までの11日間の総雨量が570mm、愛媛県西条市では965mmに及んだ。これにより、風化しやすい花崗岩等の火成岩類や崖錐堆積物等が堆積した脆弱な地質地帯における斜面では、斜面上部の表土層において地下水が上昇し土層が著しく飽和して崩壊の発生につながった。近年、特に広島県では0次谷からの崩壊に加え、尾根部付近からの崩壊が目立っており、通常、尾根部は、山腹斜面に比べ傾斜が緩やかで土層厚が厚く崩壊が発生しにくいのが、このような箇所でも崩壊が多発したことは、長時間続いた降雨による影響によるものと推定される
  - ② 尾根部付近からの崩壊が多く発生したため、流下距離が長く（例えば広島県では平均で456m）、多量の雨が降り続いたことにより溪岸・溪床を侵食しながら多量の土砂・土石が流下し、被害が大きくなった
  - ③ 崩壊深さは、根系の影響する範囲を超えた深さにまで及んだことが確認されており、これらの箇所では、森林の山地災害防止機能の限界を超えて崩壊が発生した
  - ④ 崩壊土砂の流下や、それに伴う溪岸・溪床侵食に伴い、森林内や溪流付近、風化土層内に点在していた2～3mの未風化の花崗岩の巨石（コアストーン）や未風化の流紋岩の巨石が流下したことにより、破壊力が増して治山ダムの損壊や下流保全対象への被害の拡大につながった
- といったメカニズムによって発生し、広域かつ甚大な被害を及ぼしたものである。

以上の考察及び近年の山地災害の傾向をみると、脆弱な地質地帯においては、近年頻発しているような激甚な豪雨により一定量・一定強度以上の降雨があると、森林の有する山地災害防止機能の限界を超えたことで山腹

崩壊が発生しやすく、

- ・ 一つの小流域内で0次谷を中心に複数の山腹崩壊が同時多発的に発生する
- ・ 通常崩壊しにくい尾根部付近からの発生により、侵食が長い区間となる
- ・ 崩壊とともに多量の被害木が発生し、流木化するおそれが高くなる
- ・ 森林内・溪流内に点在し、又は侵食に伴い新たに発生したコアストーン等の巨石も土石流とともに流下する

というように、山地災害の被害を拡大するいくつもの要素が絡む山地災害が発生する傾向にあり、従来の治山対策のみでは、被害を防止することが困難な状況となっている。

他方で、平成30年7月豪雨により被災した、東広島市黒瀬の既設治山ダム（昭和57年施工）直上のダム袖部付近の溪岸の侵食量と、治山ダムの影響を受けない下流域の溪床・溪岸の侵食量を比較したところ、治山ダムのある方が侵食量は半分程度に軽減されていることが確認された。すなわち、溪流全域に、同程度の侵食に抑える規模の治山ダムをきめ細かく階段状に施工すれば、溪流全体としても侵食量を半減し、流出土砂量を抑制する高い効果を得る可能性がある。

このことを踏まえ、激甚な山地災害の発生リスクの高まりに対して、森林域全体で山地災害防止機能を引き上げることを基本とし、保安林の適正な配備、根系や下層植生の発達等を促す森林の整備は引き続き行っていくことに加え、ソフト対策を強化し、被害の拡大要因に対応するハード対策を検討するとともに、治山施工地の条件に応じてこれら対策を組み合わせで効果的に被害を防止していく必要がある。

## 2 事前防災・減災対策を講ずる箇所を選定

激甚な豪雨災害が増加傾向にあり、最近、気象庁が名称を定めた顕著な豪雨災害だけでも、平成26年8月豪雨(平成26年8月20日広島土砂災害)、平成27年9月関東・東北豪雨、平成29年九州北部豪雨、そして今回の平成30年7月豪雨と続けて発生し、甚大な山地災害をもたらす記録的な豪雨が毎年のように発生している。こうした豪雨による山地災害は全国各地で発生する可能性がある一方で、山地災害の発生リスクがある箇所全てにおいて短期間に対策を進めるのは困難である。

このため、山地災害の発生しやすさと保全対象に与える被害の大きさについてリスク評価を行い、合理的かつ効果的な事業箇所の選定を行うとともに、対象地の地形、地質や流下のおそれのある巨石や流木の有無等に応じて適切に事業計画を策定する必要がある。

具体的には、山地災害危険地区等の森林について、以下に該当する箇所に留意しつつ、山地災害発生の危険性等を確認しながら、事業箇所の選定と優先順位の決定を行うことを基本とする。

- ・ 0次谷等の凹地形及び溪床・溪岸が荒廃している又は荒廃の兆候がみられる溪流
- ・ 荒廃又は荒廃の兆候のある箇所が広く見られ、かつ、マサ土や火山堆積物等の脆弱な地質地帯の箇所
- ・ コアストーン等の巨石が存在している、あるいは不安定土砂や流木等が異常堆積している溪流及びその周辺林地
- ・ 山腹斜面内で亀裂や遷急線が確認される箇所で、地下水が湧出しているなど崩壊につながる兆候が確認される箇所

なお、事業箇所の選定や事業計画の策定に当たっては、下流の保全対象への影響が及ぶおそれのある不安定土砂や巨石、あるいは流木化するおそれのある倒木や危険木が存在する箇所を把握するため、踏査による現地調査のほか、航空レーザ計測、合成開口レーダ、無人航空機(UAV)調査等の結果や森林GISを活用することにより、微地形や森林構成等の詳細な属地情報を収集・分析し、把握していくことも効果的である。

このため、近年、災害が激甚化・広域化していることを踏まえ、上記のような調査に関する新技術を関係職員が習得するための研修機会を必要に応じて設けることなど、対策を講ずべき箇所の効率的な把握の推進について検討する必要がある。

### 3 具体的な対策

平成 30 年 7 月豪雨等近年の豪雨に伴う山地災害の特徴的なメカニズム等を踏まえた対策として、(1) ソフト対策の強化、(2) コアストーンを含む巨石等への対策、(3) 脆弱な地質地帯における山腹崩壊等対策及び(4) 流木対策について整理し、様々な要因により全国各地で発生する山地災害から効果的に被害を防御するため、これらの対策を複合的に組み合わせた治山対策（複合防御型治山対策）を(5) のとおり整理する。

#### (1) ソフト対策の強化

激甚化する豪雨災害に対して、治山施設の整備に関する対策（ハード対策）だけで、その予防を全て行うことは困難であり、事前防災・減災対策の観点からも警戒避難体制に関する対策（ソフト対策）が強化されることが重要となっている。治山対策においても関係機関や地域住民と連携しつつ、都道府県及び市町村が地域防災計画に基づいて実施する警戒避難体制の整備に貢献するソフト対策を積極的に推進する。

##### ア 定期点検の実施

人家・公共施設等を保全対象とする山地災害危険地区等において、航空レーザや無人航空機（UAV）等による調査結果を活用しつつ、また、地域住民とも連携（合同での現地確認や異常出水、地下水流出等の聞取り等）して現地における点検を定期的を実施することなどにより、現地の状況を随時かつ的確に把握し、対応策の計画的な実施及び市町村、地域住民等への実際的な情報提供を推進する。

例えば、島根県ではいわゆる「アダプト制度」により、地域の防災意識の向上や警戒避難体制の充実を図る協働活動体制の整備のため、地域の自治会や集落と定期的な山地災害危険地区の巡視・点検や治山施設の巡視、防災講習会等の実施について協定を結ぶ取組を行っており（平成 29 年の協定締結先は 22 団体）、参考となる。

例えば、全国7つの森林管理局においては、地元建設業者等と「国有林防災ボランティア制度に係る協定」を締結し、

①地震、台風、集中豪雨等による林地荒廃、治山・林道施設等の被災状況の情報収集活動

②被害箇所における二次災害発生の兆候に関する情報提供

などに国有林防災ボランティアが活躍しており、参考となる。

例えば、石川県は、山地防災ヘルパーを認定し、その担当エリアにおける年2回の定期点検と豪雨災害後などにおける任意の点検等を依頼している。また、ヘルパー数に減員がある場合にはその数に応じて新たなヘルパーの認定を行うことにより、一定の体制を維持するよう努めており、参考となる。

#### イ 地域住民への山地災害発生リスクに関する情報の周知徹底

山地災害の発生の危険性の高い地域の住民に対し、同地における災害履歴や地下水の湧出等の異常現象を知ることの重要性、定期点検の有効性や山地災害に備えた避難対策の好事例等について拡充したパンフレット等を用いて山地災害防止キャンペーン等において情報提供を行うほか、土石流センサーや山腹の亀裂発生箇所におけるセンサーの設置など警戒避難態勢の整備等の対応策と連携した取組を促進する。

#### (2) コアストーンを含む巨石や土石流への対策

航空レーザ計測等を通じて把握したコアストーン等の巨石が溪流内や周辺林地に堆積している箇所においては、その流下に伴う直接的な被害や土石流の発達を防止するため、施工条件や施設の維持管理条件、対策の緊要性を勘案して、ロープネット・ワイヤーネットの固定等による落石予防工、落石防護工（高エネルギー吸収柵式）、巨石流下にも対応した治山ダム等の設置を検討する。なお、溪流内に、流下するおそれのある巨石がある箇所は、治山施設の整備と併せて巨石を小割して埋戻し等に使用するなどの処理を検討する。

また、今後、激甚な豪雨災害による巨石等を含んだ土石流による流下外力が増大するリスクが高まっていることから、巨石等の流下のおそれの確認できる箇所において施工する治山ダムについては、衝撃力等の外力に対する強度を適切に有するように、天端厚の確保や鉄筋の挿入、背面への盛り土等による袖部の補強を行う。さらに、巨石等を含んだ土石流の流下量や流下エネルギーを勘案した高さと厚さを持つ治山ダムを設置するほか、既設治山ダム等に不安定な土砂、巨石、流木が異常堆積している場合には、当該土砂等を排土・除去（除石、流木撤去等）する。

### (3) 脆弱な地質地帯における山腹崩壊等対策

火山噴出物、崖錐堆積物等の脆弱な地質地帯では、地下水の上昇により土層が著しく飽和し、山腹崩壊が発生して崩壊土砂・土石により直下の人家等に被害を与えることになる。

このため、脆弱な地質地帯においては、森林の山地災害防止機能を最大限に発揮するため、土砂流出防備保安林、土砂崩壊防備保安林及び落石防止保安林（以下「土砂流出防備保安林等」という。）の適正な配備とともに、指定施業要件を適切に定め、山腹斜面の非皆伐施業を進める。

また、間伐等による森林の適切な密度管理を行い、根系や下層植生の発達を促すとともに、立木間に根系による土壌の緊縛効果等が及ばない「すき間」が生じるおそれがある場合は、当該林分の後継樹ともなり得る木本類を導入し、森林の山地災害防止機能を持続的に発揮させる。

さらに、近年では森林の有する山地災害防止機能の限界を超えた災害が頻発化していることも踏まえ、直下に人家等の保全対象が近接する箇所においては、保安林の適正な配備や森林の整備と一体的に、斜面の安定性を向上させる補強土工、表面侵食の防止や土砂の移動を抑制するための土留工や柵工、山腹斜面が集水地形であるときは水路工、湧水等が確認される場合は暗渠工等の山腹工をきめ細かく施工することなどを積極的に検討する必要がある。また、根系の到達しない風化層内での崩壊が予想される場合には、崩壊が予想される層とその下の岩盤等を結びつけるためのアンカー工や杭工についても現場に応じて採用すること

も考えられる。このような山腹斜面においては、降雨時に異常出水や地下水の流出等がないか、情報を収集しておくことも重要である。

このほか溪流部における脆弱な地質地帯においては、溪岸・溪床の侵食が進むことから、治山ダムを階段状に設置し、侵食を防止する。

なお、山頂尾根部の崩壊発生源の復旧に当たっては、重機・資材搬入の制約などが想定されることから、必要に応じて航空緑化工を採用するなど、現地の施工条件に応じた効果的な復旧に努めることとする。

#### (4) 流木対策

平成30年7月豪雨の流木災害の状況は、人工林の流木が主体であった平成29年九州北部豪雨と比較した場合、流木の材積の面からすれば相対的に被害への影響は低かったと考えられるが、流木が橋脚に引っかかって河川の氾濫の一因となったとの指摘があった。このため、今回の災害に際しても、平成29年11月に公表した「流木災害等に対する治山対策検討チーム」中間取りまとめの結果に即し、引き続き必要な流木対策を適切に講じていく必要がある。

なお、林野庁では、同中間取りまとめを踏まえ緊急点検を実施し、緊急的・集中的に流木対策が必要な箇所として約1,200地区を抽出し、流木捕捉式治山ダムの設置等の流木対策を計画的に進めている。

#### (5) 複合防御型治山対策の推進

平成30年7月豪雨においては、その被害状況を踏まえ、地質や地形等の条件によっては上記(2)～(4)の対策を複合的に講ずるべき箇所が確認されたことから、近年激甚な豪雨が頻発化していることを踏まえ、同様の豪雨に備えるよう、溪流の発生区域、流下区域、堆積区域の特性や、地形、脆弱な地質の分布状況など施工地の条件に応じて、再整理し、有機的に組み合わせて山地災害を効果的に防御する複合防御型治山対策として次のア～オの例のように推進する。

なお、(1)のソフト対策については、ア～オのいずれにおいても合わせて実施することが望ましいものとして、カに別記している。

ア 0次谷等の凹地形が荒廃している又は荒廃の兆候がみられ、林内及び溪流内にコアストーン等の巨石が点在している場合

崩壊の発生によって、溪流内等に点在する巨石や土砂、流木を巻き込みながら溪岸・溪床を侵食し、下流域に大きな被害を与えるおそれがある。

このような箇所においては、溪流内の巨石、異常堆積している不安定土砂、流木・倒木等を除去するとともに流木と巨石の両方を捕捉する機能を有する治山ダム又は落石防護工（高エネルギー吸収柵式）により、流木と巨石の流下を抑止する。さらには、その下流では治山ダムにより溪床勾配を緩和し、溪岸・溪床の侵食を防止することで、土石流の流下エネルギーの減少及び流下土砂の堆積を促す。

イ 尾根部付近から谷の出口までの流下区間が長く、下流域の保全対象に大きな被害が及ぶおそれがある箇所

流下区間が長くなることから、複数の治山ダムを上流部より階段状に設置し、溪岸・溪床の侵食を防止する。加えて、平成30年7月豪雨においては、記録的な豪雨による土砂流の氾濫が各地で被害を助長したことを踏まえ、対策の実施に当たっては、流末処理対策も検討する必要がある。

なお、今回の災害では、尾根部付近からの崩壊が多く発生していることに留意しつつ、樹木の根系の発達を促し、土壌の緊縛力を一層引き上げるよう適切な密度管理を推進することとする。

ウ 谷出口に人家等の保全対象が近接している場合

巨石や流木を含んだ土石流の流下量、流下エネルギーを勘案した高さ・厚さを持つ治山ダムを設置し、それでもなお、巨石や流木が治山ダム

を乗り越えるおそれがある場合は、治山ダムを保護し、機能を発揮させるために落石防護工（高エネルギー吸収柵式）を併せて設置することも検討する。

エ 流出土砂や流木が多く、既設治山ダムに異常堆積している溪流の場合

降雨時に既設治山ダムを越流して下流に被害が及ぶおそれがある場合には、治山ダムの設置や既設治山ダムの機能強化に併せて、治山ダムやその上流域の巨石、異常堆積している不安定土砂、流木・倒木等を排土・除去し、下流への流出を防止する。

オ コアストーン等の巨石が点在する脆弱な地質の斜面が人家等の保全対象に近接している場合

間伐等による森林の適切な密度管理及び斜面の安定性を向上させる山腹工に加え、巨石の落下を予防するロープネット工や、土留工に落石防護工（高エネルギー吸収柵式）を整備するなど、山腹崩壊防止対策と巨石対策を併せて実施する。

カ 治山施設の整備等のハード対策を進める一方で、事前防災・減災対策の観点から、上記アからオまでのハード対策をより効果的に実施するため、ハード対策の推進状況や保全対象との関係を踏まえ、以下のソフト対策を組み合わせて実施する。

a 山地災害発生リスクの高い地域における現地点検

山地災害危険地区において、特に災害発生リスクの高い箇所を把握するよう、脆弱な地質地帯等において航空レーザ計測、合成開口レーダ、無人航空機（UAV）調査等の結果を活用し、地域住民と連携した定期点検等の現地踏査を積極的に行い現地の状況を随時かつ的確に把握する

ことにより、効果的な対策の計画及び地域住民への実際的な情報提供に資することとする。

また、荒廃地等の監視・観測体制の構築（山腹斜面内の亀裂や遷急線の確認、異常出水・地下水の流出等の崩壊の前兆現象を把握する等を含む。）を推進する。

#### b 確実な避難の促進対策

土石流センサーや人家裏山の亀裂発生箇所におけるセンサー等の設置の検討など警戒避難態勢の整備に資する対応策等と連携した取組みを効果的に組み合わせる。

また、特に今回の災害箇所のうち、崩壊直前に住民が異常な出水を確認し、避難したことにより人的被害に至らなかった事例があったことなどを教訓として、警戒避難体制の周知を一層強化していくことが必要である。

#### 4 その他留意事項

##### (1) 保安林の適正な配備

土砂流出防備保安林等の配備に当たっては、土石流等の発生箇所となる危険性のある0次谷及び尾根部付近、治山施設の上流域等を含む森林の山地災害防止機能の発揮が期待される箇所において、一体的に保全・整備すべき森林を指定し、また必要に応じて指定施業要件を見直すなど、保安林の適正な配備に努める。

##### (2) ハード事業やソフト対策における他事業との連携

事業実施箇所が他省庁・機関所管する事業・施設と隣接するなど、相互の事業の連携により効果的に下流域への被害の防止・軽減等を図ることができる場合には、相互に連携を図りつつ、円滑かつ効果的な事業実施に努める。

##### (3) 設計条件の見直し

近年の記録的な豪雨は、想定を超える雨量や流出土砂量等をもたらし、既設治山ダムによる効果はみられたものの、一部損壊した事例もみられたことから、上記の対策を進めていくに当たり、設計条件等を見直し等についても今後検討していく余地はある。

##### (4) 脆弱な地質地帯等における各種災害への応用

今回の中間取りまとめは、豪雨を起因とした山地災害を対象に治山対策の在り方を整理したものであるが、本年は、4月に大分県中津市耶馬溪町の地すべり災害が、9月に北海道胆振東部地震などが発生し、平成30年7月豪雨災害以外にも火山堆積物や崖錘堆積物等により構成される脆弱な地質地帯で激甚な山地災害が発生しているところである。それぞれ、起因する自然現象（災害の種類）は特異性があるものの、事前防災・減災対策等を講ずる箇所や、複合防御型治山対策の実施内容は、災害の種類に関わらず脆弱な地質地帯等における治山対策に応用できるものであり、より効果的に治山対策を進める上で、中間取りまとめで示した複合防御型治山対策

等の考え方を広く治山施策に反映していくことを検討するものとする。

(5) 山地災害の発生メカニズム等に関する調査

今回の検討は、短期間での限定した調査・分析によるものであったことから、山地災害の発生メカニズム等を十分に解明したとは言い難い。山地災害の発生に関する諸因子等について、必要に応じて追加の調査・分析を行うとともに、その結果を今後の事前防災・減災対策に活用するものとする。

(参考)

## 学識経験者等名簿

### 【学識経験者】

阿部 和時 日本大学 生物資源科学部 森林資源科学科 教授

石川 芳治 東京農工大学 名誉教授

岡田 康彦 国立研究開発法人森林研究・整備機構  
森林総合研究所山地災害研究室 室長

笹原 克夫 高知大学 教育研究部 自然科学系理工学部門  
山地保全学分野 教授

地頭菌 隆 鹿児島大学 学術研究院農水産獣医学域農学系 教授

### 【オブザーバー】

満足 高至 広島県 農林水産局 森林保全課 治山担当監

尾花 充彦 愛媛県 農林水産部 森林局 森林整備課 課長

津脇 晋嗣 近畿中国森林管理局 広島森林管理署  
山地災害復旧対策室 室長

目黒 剛志 四国森林管理局 計画保全部 治山課 課長

(敬称略、学識経験者は50音順)