

気候変動を踏まえた砂防技術検討会
中間とりまとめ

令和2年6月

気候変動を踏まえた砂防技術検討会

気候変動を踏まえた砂防技術検討会 中間とりまとめ

1. 近年の土砂災害実績を踏まえた課題と解決の視点

1. 1 近年の土砂災害実績を踏まえた課題

- 近年、豪雨の増加に同調するように、国内における土砂災害の発生件数は増加傾向が見られる。
- 平成 30 年 7 月豪雨では、西日本を中心に年平均の約 2.5 倍にも及ぶ 2,581 件もの土砂災害が広域に多発した。
- 翌令和元年東日本台風では、これまで土砂災害の発生が比較的少なかった関東・東北方面において土砂災害が広域に多発。一つの台風災害としては昭和 57 年以降の記録上最多となる 952 件もの土砂災害が発生した。
- 同災害では、土砂災害警戒情報の発表基準を上回る大雨特別警報が発表されるような豪雨のあった市町村において、土砂災害防止法に基づく土砂災害警戒区域等の指定の対象となっていない、または指定基準を満たさない箇所において土砂移動現象が発生し、人的被害が発生した。
- 具体的には、宮城県丸森町内において土砂・洪水氾濫による被害が発生したほか、同町廻倉地区における谷地形が不明瞭な箇所での土石流被害の発生や、群馬県富岡市内における明瞭な地すべり地形を呈さない箇所での地すべり被害の発生等、土砂災害警戒区域の指定基準を満たさない箇所での人的被害が生じた。
- これらは、気候変動に伴う豪雨の激甚化により、これまで発生件数の少なかった地域における土砂災害の増大、さらには、これまで頻度が少なかった土砂移動現象による土砂災害が顕在化してきていることを示唆するものと考えられる。
- 大きな被害を伴う土砂災害としては、花崗岩質の地質が広く分布する西南日本内帯では梅雨期における集中豪雨による表層崩壊や土石流が同時多発的に発生することに起因することが多く、また、西南日本外帯の太平洋側では台風による深層崩壊に起因することが多い傾向が見られるなど、ある程度その地域の素因や誘因の特性によって原因となる土砂移動現象の形態が異なっている。
- 今後、気候変動の進展に伴い、台風・梅雨前線ともに影響範囲が東進、北進し、これにより、これまでも集中豪雨が数多く発生した九州西部や中国地方ではより一層降水量が増大し、これまで降水量が多くなかった地域である北海道においても集中豪雨が発生するようになると予想されている。
- 気候変動に伴い増大等する土砂災害に適応するためには、気候変動に伴う降雨特性の変化によって、どの地域でどのような土砂移動現象がより一層顕在化し、もしくは新たに顕在化するのかを適切に評価する必要があり、そのためにはその評価手法を新たに構築することが喫緊の課題となる。

1. 2 近年の土砂災害実績を踏まえた課題への解決の視点

- 特に、土砂災害警戒区域等の指定の対象となっていない、または指定基準を満たさない箇所において発生する土砂移動現象については、ハード・ソフト対策を実施する上で必要となるハザードの特定ができていないため、今後このような現象に対しても警戒避難体制の強化はもとより、施設整備等の対策を適切に講じることができるよう、発生の蓋然性の高い箇所を抽出しハザードを特定する手法を確立することが重要な課題となる。
- とりわけ、近年頻発傾向にある土砂・洪水氾濫は、市街地や道路等の広い範囲に亘って被害をもたらし、地域の復旧・復興の大きな障害となっているが、今後気候変動により降雨強度が増加し、同時多発的な表層崩壊・土石流が発生しやすくなり、これと同時に降雨継続時間についても長くなるようなことになると、土石流等の発生時に河川流量も増加している蓋然性が高くなり、土砂・洪水氾濫のり

スクが今後より一層高くなる恐れがある。

- 大規模化・頻発化する土砂災害に対するハード・ソフト対策の計画の見直し等を具体的に進めていくためには、降雨量の増加に伴う生産土砂量の変化を素因・誘因等の地域の特性に関する分析を踏まえ適切に推定し、土石流や土砂・洪水氾濫等、各土砂移動現象による被害範囲の推定や、砂防関係施設的设计の際に必要な外力等の精度を向上させることが必要である。

2. 近年頻発化の傾向にある土砂・洪水氾濫の顕在化を踏まえた課題と解決の視点

2. 1 近年頻発化の傾向にある土砂・洪水氾濫の顕在化を踏まえた課題

- 土砂・洪水氾濫は、扇状地や谷底平野等の比較的緩やかな勾配の開けた市街地で生じるなど、その被害は土石流等と比較し広範囲におよぶ。
- 土砂・洪水氾濫は、これまで度々大きな被害をもたらしてきたが、平成後半になって頻発化の傾向にある。
- 土砂・洪水氾濫は、阪神大水害（昭和 13（1938）年）等のように高度成長期以前に流域の広い範囲が禿禿地であった地域において、流域の荒廃が著しかった時期に禿禿地での活発な表面侵食や小規模な表層崩壊により恒常的に土砂が生産され溪床等に堆積し、それが降雨に伴い下流に流送される、あるいは、戦後の拡大造林が進められた結果、ある時期に一時的に森林根系による土壌の緊縛効果が低下したこと起因した斜面崩壊が発生し土砂が河道へ流入し、河床上昇を引き起こすことによって発生し、大きな被害をもたらしていたものと考えられる。
- このような地域においては、例えば、平成 30 年 7 月豪雨時に六甲山周辺には阪神大水害を上回る降水量があったにも関わらず、被害は大幅に軽減されたことから分かるように、土砂の生産源における山腹工や砂防堰堤、床固工等が整備されたことによって、山腹斜面の侵食抑制や溪床堆積土砂の流出防止が図られ、今日においても流域内の土砂移動が大幅に抑制され、被害を防止していると考えられる。
- 一方で、高度成長期におけるエネルギー革命を経て、樹木の伐採が大きく減り山腹に植生が回復するにつれ、表面侵食・小規模な表層崩壊の頻度が減少することにより、かつて禿禿地が広く広がっていたような流域を含め、日本各地において森林土壌・風化基岩層の発達が進み、崩壊しうる土層厚が増加していると考えられる。
- このため、近年発生している土砂・洪水氾濫は森林が発達している流域において同時多発的な表層崩壊等が発生することに起因している事例が多いことから分かるように、禿禿地が広がっていた時期に比べ土砂生産の形態が大きく変化してきており、今後、ここ数十年に経験したことがないような集中豪雨が発生すると、森林に覆われた山腹斜面において表層崩壊やこれに伴う土石流が発生し、溪床堆積物の移動を防止することに主眼を置いた対策を実施しその効果が表れてきている流域や、中小出水では殆ど土砂移動がないような流域においても、土砂・洪水氾濫による被害が発生するおそれがあるものと考えられる。
- 土砂・洪水氾濫の発生時には、表層崩壊や土石流により、山腹等から流木が大量に生産され、被害を増長している事例が多く見られ、流木による被害の増大も懸念される。

2. 2 近年頻発化の傾向にある土砂・洪水氾濫の顕在化を踏まえた課題への解決の視点

- このように、大崩壊地等、明らかな土砂生産源がある流域ばかりでなく、かつて流域の広い範囲が禿禿地であって、そこから長年にわたって経年的に流出した多量の土砂が溪床に堆積している溪流、すなわち過去の土砂・洪水氾濫を受けて施設整備を進めてきた流域や、明らかな土砂生産源がないよう

な流域で発生する土砂・洪水氾濫に対しても適切に対策を講じるためには、気候変動に伴う降雨特性の変化によって表層崩壊等によって多量の土砂が生産され、その土砂が下流域に運搬され保全対象付近に堆積しやすい特徴を有する流域（以下「土砂・洪水氾濫危険流域」という。）を特定する手法を構築することが急務である。

- ただし、土砂・洪水氾濫危険流域を特定する手法を確立するには一定程度の時間が必要となるため、過去に土砂・洪水氾濫被害の実績のある流域は、地形的特徴から土砂・洪水氾濫が発生するポテンシャルの高い流域であるとし、現在は禿禿地のような土砂の発生源が既に消失していたとしても、新たに森林土壌・風化基岩層が発達していれば、過去とは違う土砂生産プロセスにより再度土砂・洪水氾濫を起こすリスクが高いものとして、現在の対策が十分なものであるのか再精査を行い、必要な対策を講ずることが必要である。
- また、過去に土砂・洪水氾濫の記録がない流域であっても、近年発生した表層崩壊等を主たる土砂生産源とした土砂・洪水氾濫の発生した流域と同様の特徴（流域面積、生産土砂量、被災地付近の河道縦断等を代表的な指標とする）を有する流域は、土砂・洪水氾濫危険流域とし、可能な対策を進めていくことが重要である。

3. 課題解決のための検討の方向性

- 「近年の土砂災害実績を踏まえた課題」、「近年の土砂・洪水氾濫の顕在化を踏まえた課題」を踏まえ、今後の気候変動を踏まえた土砂災害への適応策を推進するためには、1. どのような土砂移動現象が今後頻発化もしくは新たに顕在化する恐れがあるのかを社会全体として認識できるようにすることと、2. 計画論上・設計論上の外力（降水量・生産土砂量）がどの程度増加するのかを推定する手法を構築することが重要となる。
- 1. については、今後どのような土砂移動現象がどのような地域・箇所で頻発化もしくは新たに顕在化する恐れがあるのか、即ち「現象の変化の解明」については、広域的、地域的の両方の視点より検討を進めるべきである。
- 広域的な視点での検討としては、まずは気候変動に伴う地域毎の降雨特性の変化に応じて今後より一層頻発化もしくは新たに顕在化する恐れのある土砂移動現象を推定するとともに、その発生リスクの変化傾向を大まかな地域毎に評価する手法の構築を行い、全国各地域における気候変動による土砂災害リスクが今後どのように変化するかを把握できるようにすべきである。
- 地域的な視点での検討としては、具体的なハード・ソフト対策における適応策を講ずる観点から、特に気候変動に伴う降雨特性の変化によって顕在化しつつある、土砂・洪水氾濫のほか、谷地形が不明瞭な箇所での土石流や、明瞭な地すべり地形を呈さない箇所での地すべりのような、現在、土砂災害防止法で指定基準、ハザードの広がり特定する手法が定められていない土砂移動現象が発生する蓋然性の高い箇所の抽出手法の構築を急ぐべきである。
- 2. 計画・設計論上の外力の変化がどの程度増加するかについては、降水量の増加に応じてどう生産土砂量が増えるのか、即ち降水量に対する生産土砂量の応答特性を評価する手法の構築を目指すべきである。

4. 各検討課題にかかる検討上の留意点

- ① 気候変動に伴う地域毎の降雨特性の変化に応じて頻発化もしくは新たに顕在化する恐れのある土砂移動現象とその発生頻度の推定
 - ・ 平成 26 年広島豪雨や平成 29 年 7 月九州北部豪雨のようにある地域に集中的な表層崩壊や土石流

を引き起こす降雨パターン、平成 30 年 7 月豪雨のように停滞前線により広範囲に長期間にわたって降雨が継続するなか時折強雨が発生することによって広い範囲に散在的に集中的な表層崩壊や土石流を引き起こす降雨パターン、平成 23 年紀伊半島大水害や令和元年東日本台風のように深層崩壊や崩壊性地すべりなど土砂災害警戒区域等の指定の対象となっていない、または指定基準を満たさない箇所において発生する土砂移動現象を引き起こすような降雨パターンなど、降雨パターンをいくつかに類型化し、それぞれの降雨パターンを呈する将来降雨がクリティカルラインを超過する頻度や、履歴 1 位値を更新する頻度等を求めることにより、気候変動に伴う各地域の降雨特性の変化に応じた将来土砂災害リスクを推定することが考えられる。

- ・ 誘因の類型化にあたっては、まずは統一性、データの取得の容易性の観点から、土砂災害警戒情報の発表で用いられる土壌雨量指数と 60 分積算雨量や、積算雨量と短時間降雨等のスネークラインの形状の土砂災害発生前後の経時変化を指標とすることが考えられる。
- ・ 地域毎の降雨特性の変化については、継続時間・降水量の総量の変化の傾向が異なる可能性がある台風と梅雨前線を分けて分析を進めるべき。
- ・ 併せて、土砂災害実績より、土砂移動現象の形態（土石流、表層崩壊、深層崩壊、地すべり、土砂・洪水氾濫等）、地形地質等の素因、降雨特性等の誘因に関して情報収集し、それぞれの土砂移動現象に係性の高い支配的な素因・誘因の特性について、更に分析を進めるべき。
- ・ 素因の類型化にあたっては、西南日本外帯、内帯といった大きな区分から随時分類を始め、徐々に細かな区分での分類を進める等留意すべき。
- ・ 気候変動に伴う土石流の発生件数の増加傾向については、発生形態と降雨条件の関係に着目した分析を進めるべき。
- ・ 気候変動に伴う降雨特性の変化により、表層崩壊が卓越していた地域で深層崩壊が発生し始めるなど、発生する土砂移動現象が変わるような地域がないか留意すべきである。
- ・ 住民には、頻発化、もしくは新たに顕在化する土砂移動現象のリスクのみではなく、その地域で発生する土砂移動現象のリスクを漏れなく伝えるよう努めるべき。

② 気候変動に伴い顕在化してきた土砂移動現象の発生の蓋然性の高い箇所の解明

- ・ 土砂・洪水氾濫については、土砂・洪水氾濫危険流域の抽出のため、山地域での生産土砂量の評価に加え、山地域から下流域への土砂の流出しやすさ（土砂流出ポテンシャル）を土砂に関する山地域と下流域の土砂流下の接続性（コネクティビティ）等によって評価する手法を検討すべき。
- ・ 豪雨の頻度の増加により、溪流への土砂の供給が進み、その後の土砂・洪水氾濫のリスクが高まる可能性があることに留意すべき。
- ・ 谷底平野のボーリング調査結果を確認する等、土砂・洪水氾濫の履歴に関する調査・研究により、土砂・洪水氾濫危険流域の抽出手法の検証および発生頻度の把握を進めるべき。
- ・ 緩勾配斜面で発生する崩壊性地すべりについては、基岩があり、中間流が発生しやすい場所で起こりやすく、そのような場の抽出手法を検討すべき。また、抽出手法の検討においては、崩壊性地すべりの発生に関連があると考えられる、降雨の影響期間、深い地下水の挙動、集水面積の捉え方についても考慮すべき。
- ・ また、緩勾配斜面で発生する崩壊性地すべりについては、降下火砕堆積物の分布との関連性が高い可能性があることから、このような土砂移動現象の蓋然性の高い斜面の評価に当たっては、斜面勾配とともに、火砕流台地の縁辺部等の地形的特徴、噴火史等からすべり面となり得る風化軽石層の分布を指標として活用することを検討すべき。また、地形的特徴は重要な指標ではあるが、絶対的

なものではないので、地域において相対的に特異であるかに留意し検討を進めるべき。

- ・ 不明瞭な谷地形における土石流については、ゼロ次谷への表流水の集中や、中間流の集中が原因との指摘があるが、そのような発生場の特徴を把握すべき。
- ・ 崩壊性土すべり、不明瞭な谷地形における土石流については未解明の部分が多いため、発生機構、流下過程等、過去に発生したもののレビューも含め、継続した調査等により実態把握を進めるべき。

③ 気候変動に伴う降雨特性の変化に応じた生産土砂量の応答特性の解明

- ・ 今後、未経験な降雨規模の領域における生産土砂量を適切に対策に取り込めるように、数値計算によるシミュレーション等、物理モデルに基づく手法による生産土砂量の推定技術の開発・実装を急ぐべき。
- ・ そのための手法として、流域内の土層厚の分布を推定した上で、斜面の安定計算を行うことにより生産土砂量を予測する等、物理モデルを活用した手法が提案されており、これらの実装を検討すべき。
- ・ そのためにも、過去の災害時の生産土砂量の実測値により、各物理モデルの適用性について検証を進めるべき。
- ・ ただし、物理モデルの構築には、検証やさらなる技術開発等にある程度の時間が必要となることから、過去の土砂災害時の降雨量と生産土砂量の関係から、将来予測される降雨規模に応じた生産土砂量を推定する経験的手法の活用についても併せて検討を進めるべき。
- ・ 生産土砂量の推定に際しては、物理モデル及び入力条件設定に不確実性があることを理解、明らかにした上で、複数の物理モデルおよび経験的手法の推定結果を総合的に勘案し、推定を行うことが望ましい。
- ・ 経験的手法を用いるにあたっては、過去と今日における森林状況の変化等に留意すべき。
- ・ 森林状況の変化等の把握においては、樹木伐採や戦後の拡大造林等のため、時期・地域によって森林状況が大きく異なることを考慮すべき。
- ・ 戦後の拡大造林による皆伐・植栽後、樹木根系の土壌の緊縛効果の低下により、昭和 30～40 年代に表層崩壊が多発したものと考えられており、斜面が森林に覆われていても、表層崩壊が発生しやすい状況があることに留意すべき。
- ・ 森林状況については、特定の時期にのみ着目するのではなく、荒廃の継続期間等の森林の履歴を把握することが、過去に斜面・溪流に供給・貯留された土砂量を評価する際に重要である。
- ・ 流域によって斜面・溪流に貯留されている土砂の量が大きく異なる可能性があり、また、斜面・溪流への土砂の貯留から下流への流出までにはタイムラグがあるため、流域の荒廃、崩壊発生、下流への土砂流出の履歴の把握を進めるべき。
- ・ 降水量とそれによって生じる生産土砂量の関係は極めて非線形性が強いことに留意すべきである。
- ・ 降水量と生産土砂量の関係分析においては、日本国内、1つの広域な降雨イベント内での似ている地形地質の地域での降水量と生産土砂量の関係にも着目すべき。

5. 中間とりまとめを踏まえた今後の取組

- ・ 今後、中間とりまとめに基づき調査・研究を進め、短期的に技術基準類等への反映が可能な成果と長期的に調査・研究を継続すべき課題の整理を行い、可能なものから社会実装を進めるべき。
- ・ 調査・研究の実施期間内であっても、気候変動を踏まえた土砂災害の軽減に資する成果が得られれば、随時社会に発信すべき。

- ・ 気候変動への適応策を進めるにあたっては、砂防堰堤の整備等の事前防災の着実な進捗のみならず、維持管理を実施するタイミングや実施頻度についても検討・見直しが必要となる可能性があることに留意すべき。

以上

「気候変動を踏まえた砂防技術検討会」

委員名簿

内田 太郎	筑波大学 生命環境系	准教授
執印 康裕	宇都宮大学 農学部	教授
中北 英一	京都大学防災研究所	教授
◎ 藤田 正治	京都大学防災研究所	教授
堀田 紀文	東京大学大学院 農学生命科学研究科	准教授
松四 雄騎	京都大学防災研究所	准教授

◎：座長
(敬称略、五十音順)