四国山地における深層崩壊対策の優先度評価の検討

八千代エンジニヤリング株式会社　○本屋敷涼，横尾公博，宮田直樹，石丸元気，大塚智久
国土交通省　四国地方整備局　四国山地砂防事務所　松下一樹，高原晃宙
国土交通省　国土技術政策総合研究所　山越隆雄，坂田剛

1．はじめに

四国地方では、吉野川流域及び重信川流域で国による水系砂防事業が実施されている。この 2 流域では深層崩壊に起因する土砂災害が過去に発生しており、深層崩壊発生危険度や下流保全対象への影響度を考慮した合理的な砂防計画策定が望まれている。

深層崩壊のリスクマップとしては、平成 24 年に深層崩壊跡地密度マップ及び深層崩壊渓流（小流域）レベル評価マップが公表されている。しかし、密度マップの作成範囲は深層崩壊推定頻度が特に高い地域に限られており、小流域レベル評価マップは同じ地質区分内の相対評価になっている。砂防計画に反映するためには、計画対象流域内を統一的に評価することや、保全対象へのリスクを加味する必要があるなどの課題があると考えている。

そこで、本検討では、上記の 2 流域を対象として、深層崩壊発生危険度と深層崩壊が発生した場合の影響度を評価し、深層崩壊対策を対象とした計画検討の優先度が高い小流域を設定する手法について検討したので報告する。

2．小流域単位での深層崩壊発生危険度評価

検討対象とした流域では、深層崩壊跡地分布と地形・地質条件あるいは誘因となる気候特性との関連性が検討されており、地質条件との関連性が高いことが報告されている[1)]。一方で、H23 紀伊半島大水害時の深層崩壊発生箇所で微地形を分析した検討では、重力変形が進み、歪み率で危険度が高く評価された斜面での発生事例が多かったことが報告されている[2)]。そこで、本検討では、地質区分ごとの深層崩壊跡地密度と歪み率で評価した重力変形斜面の危険度から、小流域単位の深層崩壊危険度を評価することを試みた。

2.1 深層崩壊発生の蓋然性が高い地質区分の分析

2 流域周辺における深層崩壊跡地と地質分布を図.1 に示した。なお、地質区分は横尾らによる検討[1)]を参考としてシームレス地質図(V2 版)の区分によった。深層崩壊跡地は広域に点在するものの、三波川帯や秩父帯等の一部の地質区分において特に多く分布する。そのため、深層崩壊跡地密度を地質区分ごとに整理し、平均より密度が高ければ深層崩壊が発生する蓋然性が相対的に大きいのではないかと考えた（図.2）。

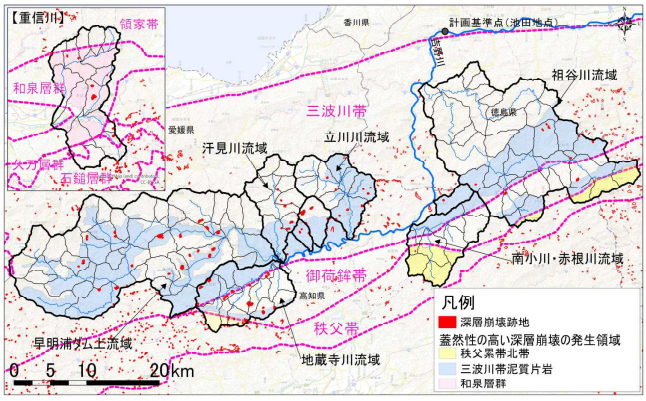

図.1 深層崩壊の蓋然性が高い地質と跡地の分布

検討対象流域の平均深層崩壊跡地密度は 0.09 個/km² で、平均より密度が大きかった地質区分は、三波川帯泥質片岩・秩父累帯北帯・御荷鉾緑色岩類（吉野川流域）、和泉層群・久万層群（重信川流域）であった。このうち、吉野川流域の御荷鉾緑色岩類は、深層崩壊跡地が清水構造線沿いのみに分布しており、構造線との関係性が高いことが推定された。本来であれば構造線との関係性を分析して考慮すべきだが、本検討での深層崩壊発生の蓋然性が高いとみなす地質区分からは外した。重信川流域の久万層群は調査面積が小さく、見かけ上の密度が高くなった可能性があった。そのため、本検討では深層崩壊発生の蓋然性が高いとみなす地質から外した。

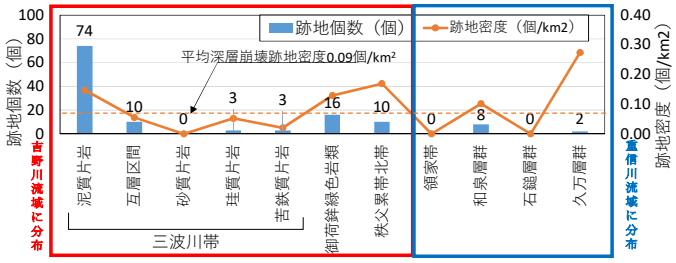

図.2　地質ごとの深層崩壊跡地個数・密度

2.2 小流域単位の深層崩壊発生危険度評価

深層崩壊発生の蓋然性の高い地質が分布している小流域であって、かつ危険度の高い重力変形斜面があれば、その流域は深層崩壊が発生する危険度が高いと想定し、表.1 のように危険度を評価した。検討対象流域では、石丸らにより航空レーザ測量データを用いた重力変形斜面地形の判読と、歪み率を用いた重力変形斜面の危険度評価が行われている[3)]。こういった想定が妥当かどうか確認するため、地質ごとに危険度ごとの重力変形斜面の数を整理した（図.3）。歪み率で評価した深層崩壊危険度が高となる斜面は、吉野川流域では三波川帯泥質片岩、重信川流域では和泉層群に多く分布しており、深層崩壊発生の蓋然性が高い地質分布と調和的であり検討への利用は妥当と考えた。

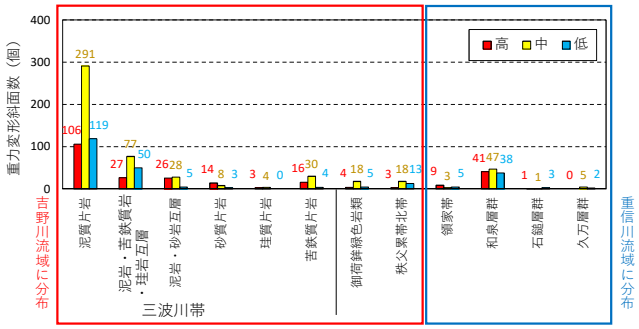

図.3　地質ごとの重力変形斜面の危険度評価

重力変形斜面についての危険度評価結果と、小流域単位の深層崩壊危険度評価結果を図.4 に示した。

表.1 小流域単位の深層崩壊発生危険度評価

		斜面の危険度		
		高	中	低
蓋然性の高い領域	領域内	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
	領域外	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ

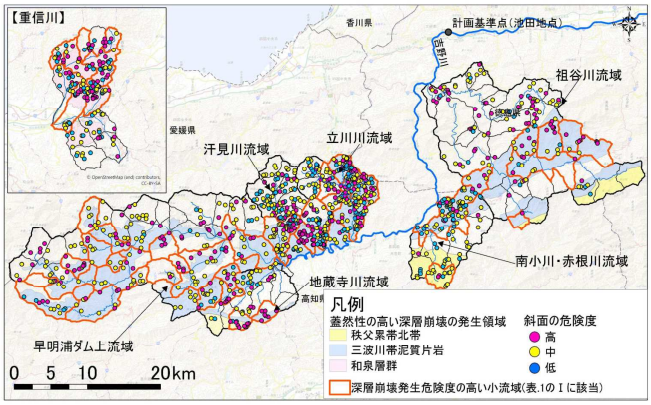

図.4 深層崩壊発生危険度高と評価した小流域の分布

深層崩壊の発生危険度の高い小流域の妥当性を検証するため、平成 30 年 7 月災害において立川川流域で発生した深層崩壊[4]との関係性を分析した（図.5）。平成 30 年 7 月災害の深層崩壊は全て危険度の高い小流域内で発生した。そのため、本検討における小流域単位での深層崩壊の発生危険度評価手法を用いた検討は有効だと考えた。

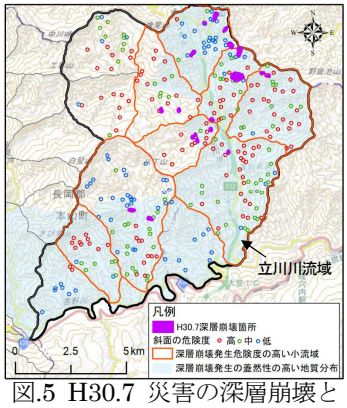

図.5 H30.7 災害の深層崩壊と小流域危険度評価結果

3．深層崩壊を対象とした計画検討優先度の評価

西口ら[5]による簡易的な被害リスクの評価手法を適用し、深層崩壊発生の保全対象への影響度評価を行った。また、深層崩壊を対象とした計画検討を実施する観点からは、危険斜面と保全対象が離れた位置関係にある場合、保全対象直上流に待受け対策等の施設整備が可能であり、砂防堰堤整備を深層崩壊対策として砂防計画に位置づけられる可能性がある。しかし、両者が混在した位置関係にある場合、対策工は斜面対策や土石流対策となり、精度よく土砂量などを決定する必要があり、現状では両者が離れた位置関係にある場合よりも計画に位置づけられる可能性が低い（図.6）。以上の観点から、深層崩壊発生危険度の高い小流域（図.4）のうち、被害リスクに基づく保全対象への影響度が高く、かつ危険斜面と保全対象の分離性の高いと考えられる小流域を深層崩壊対策の計画検討優先度が高い小流域として抽出した（図.7）。

吉野川流域及び重信川流域では深層崩壊を考慮せずに策定された砂防計画に基づいた事業が実施されている。そのため、深層崩壊対策の計画検討優先度評価結果を踏まえて、現計画の検証を行うこととした。深層崩壊対策の計画検討優先度の高い小流域（18 流域）のうち、砂防施設が整備済もしくは計画されている小流域は 12 流域であった。現計画外の 6 流域は、地蔵寺川と早明浦ダム上流域の源頭部付近に位置する 2 流域と、立川川及びその周辺流域に位置する 4 流域である。これらの小流域においても深層崩壊対策施設を計画することで、下流保全対象への被害軽減が図ることが可能となり、深層崩壊対策を加味したより効果的な砂防計画を検討できる可能性があった。

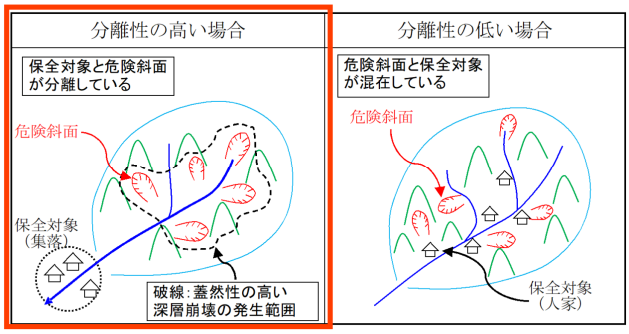

図.6 計画検討優先度が高い小流域のイメージ

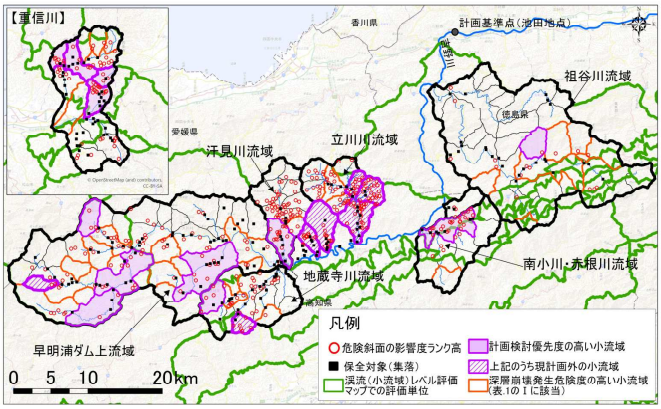

図.7 計画検討優先度が高い小流域の抽出結果

4．おわりに

本報告では、水系砂防事業が実施されている吉野川流域及び重信川流域の 2 流域で、小流域での深層崩壊の発生危険度を評価した。次いで保全対象等との位置関係から計画検討の優先度の高い小流域を抽出することで、水系砂防事業流域全体の計画検討優先度を統一した手法で評価した。

深層崩壊対策の計画検討優先度の高い 18 流域のうち、12 流域において現行の砂防基本計画に基づく事業が実施されている。そのため、今後は現計画の深層崩壊への施設効果を評価することが求められる。また、現計画外の 6 流域では、深層崩壊の規模や確率年の評価を行った上で、深層崩壊対策計画を立案し、土石流対策計画や土砂・洪水氾濫対策計画と組合せた合理的な砂防計画を策定することが求められる。しかしながら、深層崩壊との位置関係によっては、施設効果が小さい場合が想定される。具体的な対策実施箇所を選定するため、今後も深層崩壊対策に関する検討を行う必要があると考える。

（参考文献）

1) 横尾他(2021)，汗見川・立川川周辺流域における蓋然性の高い深層崩壊の検討，2021 年度砂防学会研究発表会概要集
2) 木下他(2013)，平成 23 年台風 12 号で発生した深層崩壊の地質的素因と崩壊面の土質特性，砂防学会誌，Vol66，No. 3，p. 3-12
3) 石丸他(2022)，平成 30 年 7 月豪雨で同時多発的な崩壊が発生した立川川流域における重力変形斜面の抽出およびひずみ率を用いた危険度評価，2022 年度砂防学会研究発表会概要集
4) 大塚他(2021)，平成 30 年 7 月豪雨に伴う崩壊地で発生した深層崩壊抽出手法の検討，2021 年度砂防学会研究発表会概要集
5) 西口他(2015)，深層崩壊による被害に関する簡易リスク評価手法の提案，H27 年度砂防学会研究発表会概要集