

深層崩壊対策のための 土砂災害の被害想定について

四国山地砂防事務所	調査課	市川	緑
四国山地砂防事務所	調査課長	高原	晃宙
四国山地砂防事務所	調査課専門官	青木	謙治

深層崩壊は崩壊規模が大きく、崩壊による土石等の流下機構・形態として、「崩土の直撃」、「土石流」、「河道閉塞（天然ダム）」が挙げられる。これらによる被害軽減のために、事前にハード・ソフト対策を実施することが求められる。

本検討では、吉野川水系のうち立川川流域を対象として、蓋然性の高い深層崩壊現象の抽出を行い、深層崩壊を起因とする被害の想定を行った。

キーワード 深層崩壊、被害想定、土石流、天然ダム、立川川

1. はじめに

降雨や地震等によって発生する土砂災害は、地すべり、土石流、斜面崩壊の3種類に大別される（図-1）。

地すべりは、緩い斜面の一部、またはすべてが地下水等によってゆっくりと下にすべる広範囲に及ぶ災害で、家屋や道路等が一度に被害を受ける。土石流は、急渓流に発生した大量の土砂や石礫が水とともに流下する現象で、場合によっては時速40kmという勢いで土砂、石礫が流下し、家屋や施設等を破壊する威力を持っている。斜面崩壊は、土砂や岩石が地中のある面を境にしてすべり落ちる現象で、崖で斜面崩壊が起これば崖の高さの約2倍ほどの距離まで崩壊土が襲ってくることがある。なお、表層土だけでなく深層の地盤までもが崩壊土塊となる深層崩壊は、その発生頻度は通常の土砂災害と比較して低いものの、崩壊規模が極めて大きく、被害も甚大になる可能性がある。また、深層崩壊により、河道閉塞（天然ダム）や土石流といった二次災害を引き起こすことも特徴としてあげられる。深層崩壊による被害を軽減するためには、深層崩壊による被害が懸念される流域を抽出し、想定される被害を予め検討しておくことが必要といえる。

平成30年7月豪雨では吉野川水系の立川川流域において深層崩壊が複数箇所でも発生した。本検討では、図-2に示す立川川、行川、栗ノ木川、汗見川流域を対象として、蓋然性の高い深層崩壊現象を抽出し、深層崩壊に起因する土砂災害の被害を想定した。

2. 深層崩壊対策の必要性

近年、深層崩壊に起因する土砂災害の事例としては、平成23年台風第12号による紀伊半島大水害があげられる。

上記災害では、奈良県や和歌山県において合計17箇所にと及ぶ河道閉塞が発生した。四国では、平成30年7月豪雨に伴い、吉野川水系の立川川流域において深層崩壊が複数箇所でも発生した。吉野川流域は活断層からなる中央構造線が東西に走り、かつ三波川帯等の温度や圧力等の変化により変形した地層が複雑に分布するといった、極めて脆弱な地質を有している。

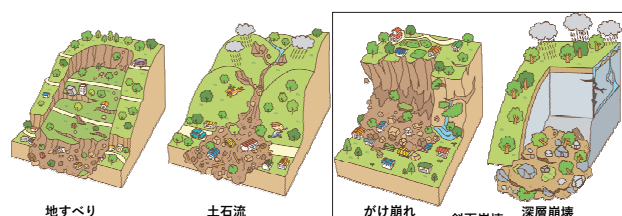


図-1 土砂災害イメージ図



図-2 流域の位置図

深層崩壊推定頻度マップ¹⁾によると、四国の広い範囲で深層崩壊発生頻度が高いことが示されている。また、このマップ上で、発生頻度が特に高い領域内で、深層崩壊の跡地を確認すると、特に多い領域が大半を占めることが分かっている²⁾。このため、四国は降雨や大規模な地震により、深層崩壊発生のリスクを抱えている領域であると考えられる。深層崩壊に伴う土砂災害が同時多発的に発生することで、多量の土砂が流域内に残り、短期間のみではなく、数ヶ月、数年といった中長期にわたり、土砂流出の影響が懸念されることから、事前対策の重要性は極めて高いといえる。

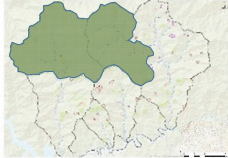
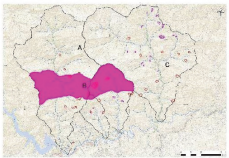
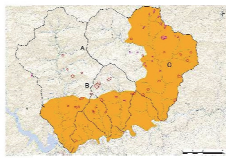
深層崩壊に伴う土砂災害による被害を軽減するためには、ハード及びソフトによる対策が必要であり、これらの対策を実施するには、深層崩壊の発生する箇所や規模、こういった被害形態が想定されるのかを検討する必要がある。

3. 蓋然性の高い深層崩壊現象の抽出

効果的な深層崩壊対策を実施するためには、深層崩壊が発生する可能性のある範囲、規模、土砂の流下形態、発生頻度等の調査・分析を行うことが必要である。

本検討では、蓋然性の高い深層崩壊現象³⁾（発生する可能性の高い深層崩壊現象）を抽出することで、将来的に深層崩壊のハード・ソフト対策を実施するための基礎となる資料を作成することにした。

表-2 蓋然性の高い深層崩壊現象の抽出結果(立川川流域の検討分割領域)

分割領域	A: 泥質片岩及び互層区間	B: 泥質片岩及び互層・褶曲区間	C: 泥質片岩区間
領域の面積	64.0km ²	23.0km ²	92.0km ²
領域の地形的特徴	急峻な産地と一部緩斜面からなる		全体的に急峻な斜面からなる
領域の地質	三波川帯の泥質片岩と苦鉄質片岩・形質片岩の互層区間	三波川帯の泥質片岩と苦鉄質片岩・形質片岩の互層で大規模褶曲帯が分布	泥質片岩区間（ブロックを伴う）
当該地質の分布図			
1. 深層崩壊発生箇所周辺の地形・地質的特徴			
地形的特徴	急峻な斜面と緩斜面が混在。主に泥質片岩部は急傾斜が多く、苦鉄質片岩や珪質片岩等の浸食耐性の強い斜面は緩斜面であることが多い。緩傾斜部は地すべり地形が多く認められる。	全体的に侵食量が多く、急峻な斜面が主体。緩傾斜部はおおむね地すべり地形を有している。	
地質的特徴	泥質片岩は剥離性が強く、岩片も他の岩盤と比較すると脆い。苦鉄質片岩や形質片岩は比較的剥離性は低く塊状岩盤をなすため、風化耐性が高い。	基本的にA領域の地質的特徴を有しているが、変形作用により地層が曲がりくねった、褶曲帯を大規模で形成している。	三波川帯の泥質片岩区間は剥離性が強く岩片も他の岩盤と比較すると脆い。一部砂質片岩と互層、またはブロックとして取り込む。
2. 深層崩壊の規模と形状			
標準的な規模（崩壊規模の平均）	100千m ³ 程度	701千m ³ 程度	88千m ³ 程度
深層崩壊跡地数（滑落崖の形状が明瞭な箇所）	4箇所	6箇所	22箇所
平成30年7月豪雨による深層崩壊地	2箇所	0箇所	19箇所
深層崩壊跡地密度	0.09箇所/km ²	0.26箇所/km ²	0.45箇所/km ²
3. 深層崩壊に起因する土石流等の流下形態			
土石流の流下機構・形態	天然ダム・土石流	土石流	天然ダム・土石流
4. 深層崩壊の発生頻度			
平均深層崩壊発生間隔	0.02箇所/年※	0箇所/年※	0.19箇所/年※

※複数年次での発生数を特定できないため、平成30年7月豪雨の深層崩壊地数を降雨規模で除した仮値

検討対象流域では、深層崩壊跡地が32箇所分布し、平成30年7月豪雨によって、さらに21箇所の深層崩壊が発生したことが確認されている。これらの深層崩壊地と地形や地質、気候特性との関連性を分析した結果、泥質片岩が分布する区間に深層崩壊跡地が多いことから、地質特性と深層崩壊地との関連性が高いことが明らかとなった。このため、立川川周辺流域の深層崩壊検討分割領域を「地質特性」に基づいて3領域に分割した（表-1）。加えて、深層崩壊跡地の地形・地質特性、規模、土石等の流下形態を分析し、深層崩壊検討分割領域毎に蓋然性の高い深層崩壊現象を抽出した（表-2）。なお、三波川帯の泥質片岩が主に分布する領域Cにおいて、地すべり地形分布図⁴⁾と平成30年7月豪雨時の深層崩壊地を重ね合わせた結果、地すべり地形の位置と深層崩壊発生位置がほぼ同位置であったことから、深層崩壊地と地すべり地形との関連性が示唆される結果となった。

表-1 深層崩壊検討分割領域

分割領域	地質帯	流域面積	設定根拠
A	泥質片岩及び互層区間	64km ²	三波川帯の泥質片岩と苦鉄質片岩・珪質片岩の互層する領域
B	泥質片岩及び互層・褶曲構造区間	23km ²	三波川帯の泥質片岩と苦鉄質・珪質片岩の互層で大規模な褶曲帯が分布する領域
C	泥質片岩区間	92km ²	三波川帯の泥質片岩が主に分布する領域

4. 深層崩壊に起因する土砂災害被害想定

(1) 検討手法

深層崩壊地は、既に深層崩壊が発生した斜面であるため、拡大崩壊の可能性はあるものの、再度崩壊が発生する可能性は低い。ここで、深層崩壊の発生する斜面の特徴の一つとして、重力性の変形の進行が認められる斜面があげられる。限られた検討ケースにおいても代表的な大規模土砂災害被害の想定が可能となるよう、変形斜面（重力変形斜面）を抽出し、保全対象の分布状況や蓋然性の高い深層崩壊現象を踏まえて、被害想定箇所の選定を行うこととした。

(2) 変形斜面の抽出

変形斜面は、LP地形図より作成した微地形表現図を用

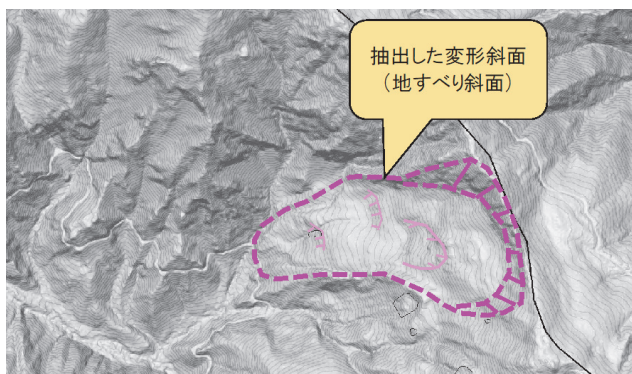


図-3 変形斜面の抽出事例

いて抽出した（図-3）。検討対象流域において、地すべり地形や重力性クリープ変形が認められる斜面（変形斜面）を図-4に示す。

(3) 被害想定箇所の選定

抽出した変形斜面を踏まえて、汗見川・立川川周辺流域における被害想定箇所の選定を実施し、図-5に示した5箇所とした。

(4) 深層崩壊に起因する土砂災害被害想定結果

深層崩壊に起因する土砂災害被害の想定は、数値シミュレーションにより行った。図-5にあわせて示す。各被害想定箇所における結果は、以下のとおり。

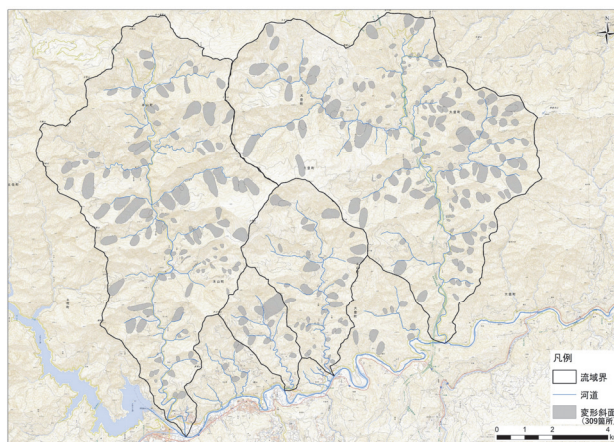


図-4 変形斜面の抽出結果

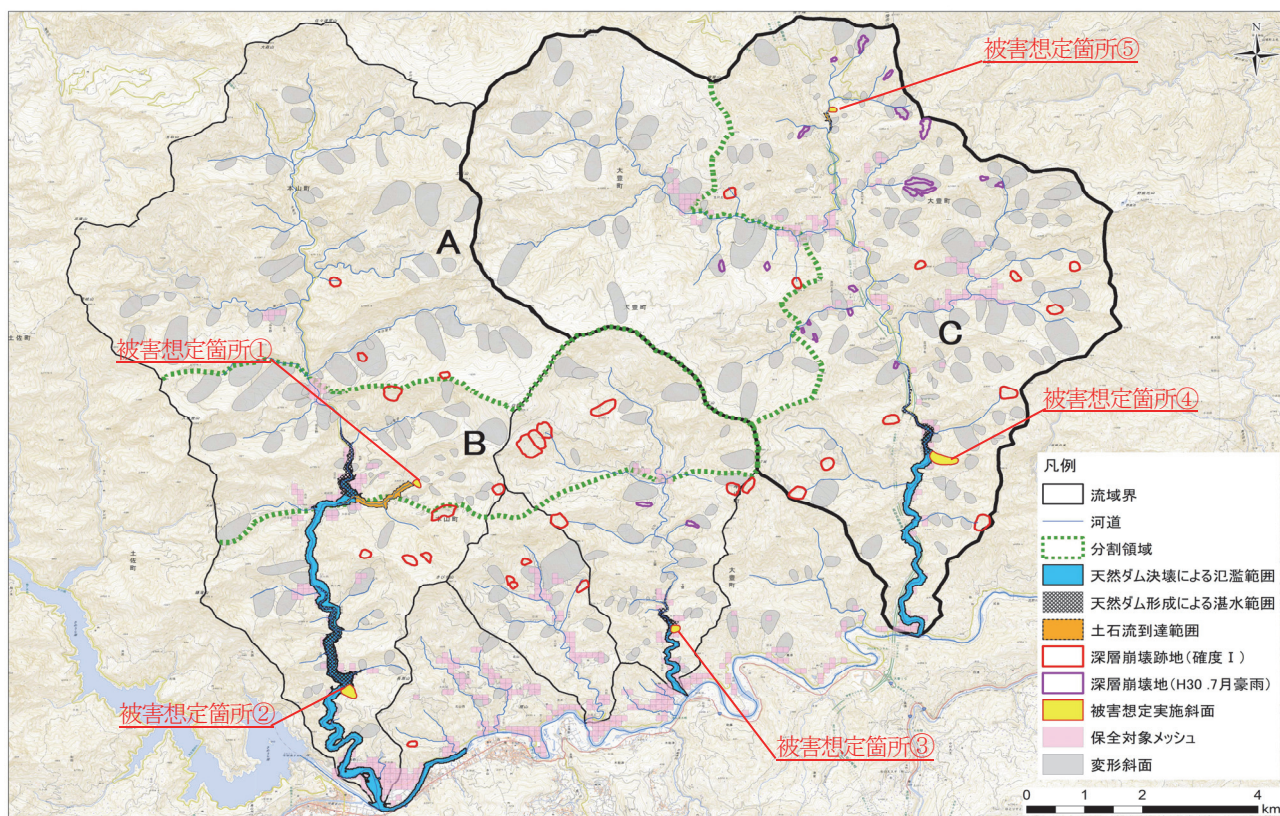


図-5 深層崩壊に起因する土砂災害の被害想定図

・被害想定箇所①

深層崩壊により発生した土石流が河川合流点付近で天然ダムを形成し、下流の氾濫のみならず、湛水により上流へ被害が及ぶ。

・被害想定箇所②

崩壊箇所直下で天然ダムが形成され、①と同じく上下流ともに被害が及ぶ。特に、吉野川本川合流点付近で被害が大きい。

・被害想定箇所③

①、②と同様に上下流ともに被害が及んでいる。また、吉野川本川へ多量の土砂が流入することが想定される。

・被害想定箇所④

②と同様に崩壊箇所直下で天然ダムが形成され、上下流ともに被害が及ぶが、②と比較して上流への湛水範囲は小さい。一方で、下流へ及ぼす影響は広範囲にわたっている。

・被害想定箇所⑤

被害想定実施斜面の範囲が①とほぼ変わらないのにも関わらず、約500m下流まで土石流が到達するだけにとどまっている。

5. まとめ

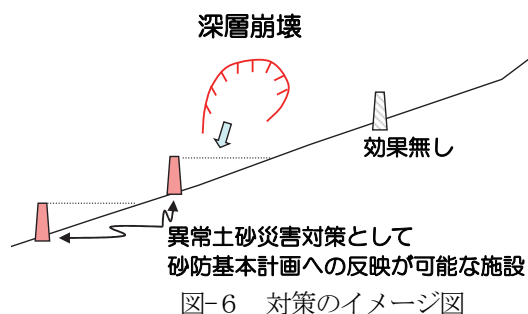
本検討では、図-2に示す立川川流域等を対象として、蓋然性の高い深層崩壊現象を抽出し、深層崩壊に起因する土砂災害の被害を想定した。その結果、以下のことが確認できた。

- ・地すべり地形分布図と平成30年7月豪雨時の深層崩壊地を重ね合わせた結果、地すべり地形の位置と深層崩壊発生位置がほぼ同位置であったことから、深層崩壊地と地すべり地形との関連性があることが分かった。
- ・深層崩壊が発生すると、天然ダムが形成され、上流は湛水による被害、下流は越流決壊による氾濫が起こることが土砂災害の被害想定により分かった。しかし、崩壊場所によっては、湛水、氾濫の被害が起こらない地形があることも分かった。

- ・深層崩壊対策を検討するうえで、蓋然性の高い深層崩壊現象の抽出結果を踏まえ、変形斜面の抽出結果と数値シミュレーションを組み合わせることで、被害を軽減するのに最適な箇所を検討できる可能性があることが分かった。

今回報告した蓋然性の高い深層崩壊現象抽出箇所以外、もしくは想定していなかった地形でも深層崩壊が発生する可能性があるため、深層崩壊の発生場を斜面単位で正確に予測することは極めて難しいと考えられる。このため、砂防堰堤等を深層崩壊対策として整備した場合においても、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あるため、具体的な対策実施箇所が選定できないことが課題である（図-6）。

合理的かつ効果的な深層崩壊対策を踏まえた砂防事業推進のためには、引き続き、深層崩壊対策に関する検討を行う必要がある。



参考文献

- 1) 国土交通省：深層崩壊に関する全国マップについて（深層崩壊推定頻度マップ），2010
- 2) 国土交通省：深層崩壊に関する溪流（小流域）レベルの調査について（深層崩壊跡地密度マップ），2012
- 3) 国土技術政策総合研究所：深層崩壊に起因する大規模土砂災害被害想定手法（国総研資料 第983号），2017
- 4) 国立研究開発法人 防災科学技術研究所：地すべり地形分布図，<https://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>，参照 2021. 6. 21