兵庫県箇所別土砂災害危険度予測システムの活用に向けた取り組み
—土石流判定手法の課題整理—

（一財）建設工学研究所：沖村 孝，中川 渉，○原口勝則，鏡原聖史
神戸市立工業高等専門学校：鳥居宣之
兵庫県県土整備部土木局砂防課：石田博彰
兵庫県但馬県民局 新温泉土木事務所：鎗水正和

1. はじめに

近年の気候変動の激化に伴い集中豪雨が増加傾向にある．兵庫県では，このような豪雨による土砂災害に対する警戒避難活動に資するため，土砂災害警戒区域毎に危険度を判定する箇所別土砂災害危険度予測システム [1]の導入に取り組んでいる．このシステムによる土石流の判定手法は，流域内を10mメッシュ毎に区分し，実績および予測降雨による安全率を算定し，総メッシュのうち安全率が1を下回ったメッシュの面積率と総流量に対応する流域面積を指標として危険度を判断しており，土石流の発生機構を必ずしも表していない．本検討では，平成26年8月豪雨における土石流の発生事例を対象として土石流判定手法の検証を行った結果，土石流の発生機構と関連した課題が確認されたのでこれについて報告する．

2. 検討対象災害

本検討では平成26年8月豪雨時に顕著な土砂災害が発生した丹波市市島地区の土石流危険渓流121渓流を対象とした．土石流災害事例には，斜面崩壊の崩土が流動化した“崩壊起因型土石流”や渓床の不安定土砂が流動化した“渓床堆積土砂流動型土石流”の2パターンが確認された．また，これらが複合的に発生した事例もあり，これを“複合型土石流”と呼ぶこととした．

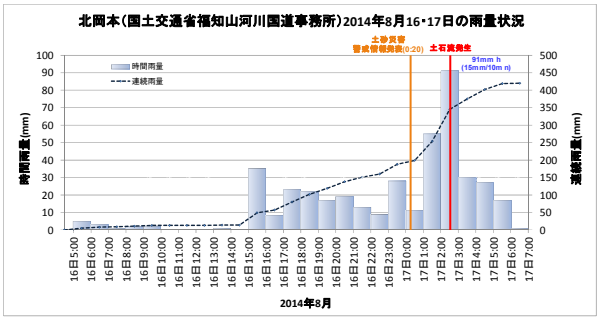

図-1　平成26年8月豪雨時の降雨状況（北岡本）

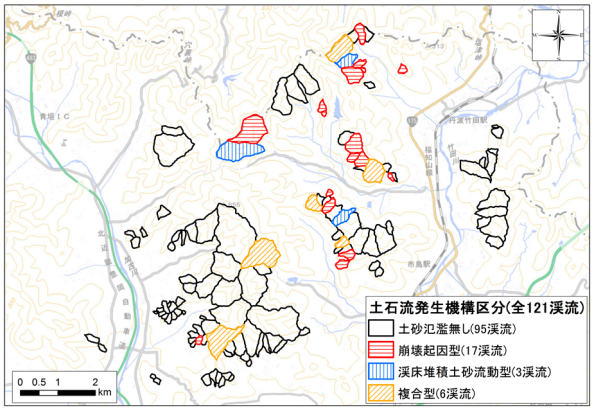

図-2　丹波市市島地区の土石流発生状況

3. 現行の土石流判定手法の課題

平成26年8月豪雨における土石流の発生事例を対象に現行の土石流判定手法を検証した結果，いずれの発生機構の土石流ともに88%以上の高い捕捉率を示していることが確認された（表-1）．一方，土石流が発生すると判定したにもかかわらず非発生となった空振りが60%以上と多い状況が確認された．このため，空振りが発生した渓流についてその原因を分析した結果，以下の課題点が認められた．

- 流域面積5ha程度を境に崩壊起因型土石流が発生した渓流の崩壊面積率の下限値に違いがみられ，これに起因した空振りが多い（図-3 検討箇所①）．
- 流域面積5ha程度より大きな渓流では渓床堆積土砂の移動が少なく流域内で移動が停止しているため空振りとなっている（図-3 検討箇所②）．

表-1　現行の土石流判定手法による検証結果

分類（災害実績）	土石流発生機構	渓流数 (A)	システムによる土石流発生判定渓流数 (B)	捕捉率(%) (B/A)	空振率(%) (B/A)
土石流発生	崩壊起因型	17	15	88.2	－
	渓床堆積土砂流動型	3	3	100.0	－
	複合型	6	6	100.0	－
	計	26	24	92.3	－
土石流非発生	－	95	58	－	61.1

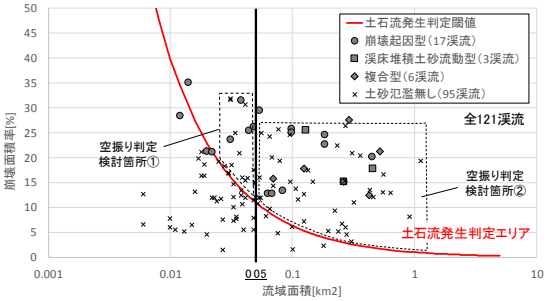

図-3　現行の土石流判定手法による判定状況

4. 新たな土石流判定手法の検討

土石流判定手法は，“崩壊起因型土石流”，“渓床堆積土砂流動型土石流”の発生機構ごとに確認された課題を考慮することで空振率の改善を図ることとした．

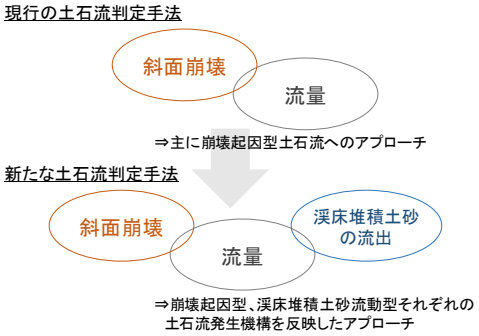

図-4　新たな土石流判定手法のイメージ

4.1 崩壊起因型土石流の判定手法

崩壊起因型土石流は，流域面積 5ha 程度を境に崩壊面積率の閾値に違いがみられたことから，流域面積に応じて判定方法に違いを設けるものとした．流域面積 5ha 未満の渓流では，小渓流であるため崩壊土砂が流水の影響に関わらず流域外に流出することが想定されるため，崩壊面積率のみで判定するものとした．流域面積 5ha 以上の渓流では，崩壊した土砂が流域外に流出する過程で流水による運搬能力が必要であることが想定されるため崩壊面積率に加えて谷出口流量を考慮した判定を行うものとした．

崩壊起因型土石流の発生機構のイメージと判定フローを図-5 に示す．

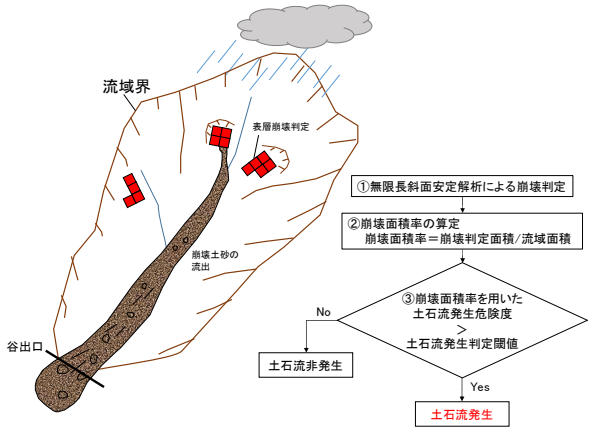

図-5　崩壊起因型土石流の判定イメージ

4.2 渓床堆積土砂流動型土石流の判定手法

渓床堆積土砂流動型土石流は流域面積 5ha 以上で発生していることを踏まえ，流域面積 5ha 以上の渓流を対象として，表面流による渓床土砂の流出を評価する手法を検討した．判定の指標としては，渓床堆積土砂流出率と谷出口流量の 2 つを用いる．渓床堆積土砂流出率は，渓流長に対する渓床堆積土砂流出区間長の割合であり，表面流による流出土砂の大小を表す．渓床堆積土砂流出区間長は，土砂輸送形態の領域区分図 2)（Takahashi 1987）に基づき該当区間を設定した．渓床堆積土砂流動型発生機構のイメージと判定フローを図-6 に示す．

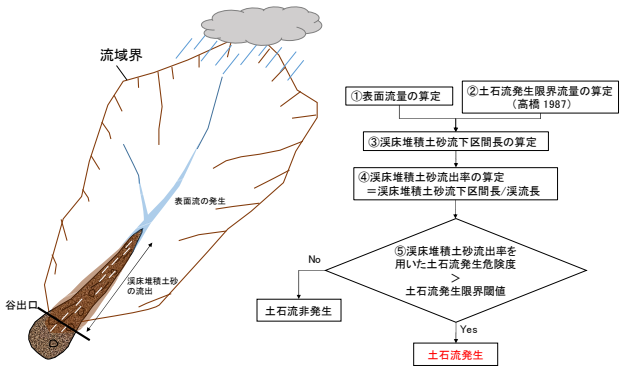

図-6　渓床堆積土砂流動型土石流の判定イメージ

5. 新たな土石流判定手法による検証結果

前述した土石流の判定方法により丹波市市島地区の土石流発生事例をカバーできるように閾値を設定し，捕捉率や空振率の変化を検証した．土石流の発生を判定する閾値は，図-7 に示すとおり複合型土石流の発生事例を崩壊起因型と渓床堆積土砂流動型の両方に考慮して設定している．この閾値を用いた新たな判定方法による捕捉率等の算出結果を表-2 に示した．表-2 と現行の判定手法による結果（表-1）とを比較すると，新たな判定方法の適用によって捕捉率の向上と空振率の大幅な低減が確認された．

捕捉率：現行）92.3%　→　改良）96.2%
空振率：現行）61.1%　→　改良）34.7%

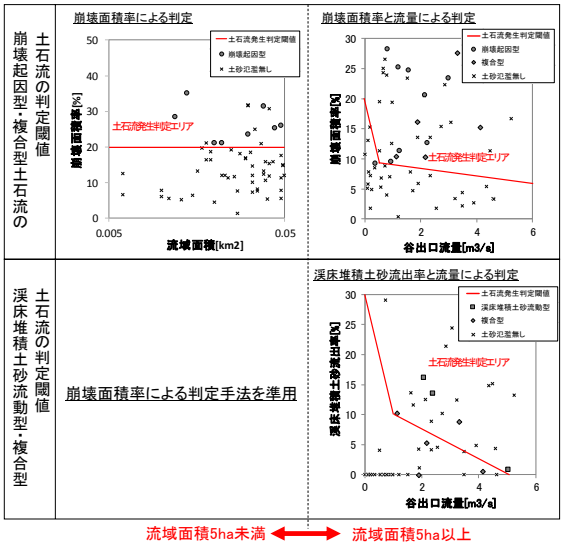

図-7　土石流発生判定閾値の設定

表-2　新たに検討した手法による判定結果

分類（災害実績）	土石流発生機構	渓流数（A）	システムによる土石流発生判定渓流数（B）	捕捉率（%）（B/A）	空振率（%）（B/A）
土石流発生	崩壊起因型	17	16	94.1	－
	渓床堆積土砂流動型	3	3	100.0	－
	複合型	6	6	100.0	－
	計	26	25	96.2	－
土石流非発生	－	95	33	－	34.7

6. まとめと今後の課題

丹波市域における崩壊起因型，渓床堆積土砂流動型，複合型の土石流に対し，それぞれの発生機構を反映した判定手法を適用することで現行の土石流判定手法の課題点であった空振率が半減し，さらに捕捉率についても向上した．しかしながら，改善された空振率は未だ高い数値であること（約 35%）や他地域への適用に際しては検証事例が少ない（1 事例）こと等の課題が残るため，今後も引き続き事例検証の積み上げによる土石流判定閾値の検証や判定手法の改良を進める必要がある．

参考文献

1) 沖村孝・鳥居宣之・尾崎幸忠・南部光広・原口勝則：豪雨による土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの構築，新砂防，63（6），4-12，2011.
2) Takahashi,T.,1987：High velocity flow in steep erodible channels,Proc.IAHR Congress,Lausanne,pp.42-53