

# LSFLOW モデル、LADOF モデル等を用いた天然ダム形成・決壊現象可視化の提案

一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構 ○千葉幹・亀江幸二・牧野裕至・伊藤仁志・佐光洋一・照沼利浩  
国土防災技術(株) 遊佐直樹\*・大野亮一・寺田秀樹、アジア航測(株) 吉野弘祐、京都大学大学院農学研究科 水山高久  
\*現 国土技術政策総合研究所

## 1. はじめに

天然ダムは、通常規模の土砂災害と比較して発生頻度が低く、またその形態が時々刻々と変化するという特徴をもつ。このため、住民にとってはもちろん、防災担当の行政職員にとっても、具体的な災害現象や災害規模をイメージすることが難しく、適切な避難行動や対策を実施できない可能性がある。

天然ダム現象を推定するための手法は、これまでも研究されてきた。天然ダムが決壊した場合の被害想定範囲を予想する手段としては、「天然ダムによる土石流想定範囲計算システム(QUAD-L)」が使われているほか、柳崎ら(2014)により、天然ダムの決壊解析が可能な土石流シミュレーションシステムも開発されている。また決壊時刻の予想に関する課題は、秋山ら(2014)他により、検討されている。

筆者らもこれまでに、天然ダムの発生事例やその対応にあたって必要な情報を得るための手法を検討してきた。また既往対応事例の整理や、国や地方自治体が連携して実施する天然ダム災害を対象とした防災訓練の実施補助等を通じ、住民避難や天然ダム決壊防止対策に必要な情報を整理してきた。本論では、これらの検討結果を踏まえ、各手法を連動させて、天然ダム形成時の対応に必要な情報を示す。これにより、天然ダム現象を可視化し、専門家ではなくても適切な対応をイメージできるような状況を目指す。

## 2. 可視化の方法

天然ダムの可視化にあたり、本論では筆者らが開発した以下の手法を用いる。

- ・ LSFLOW モデル
- ・ 満水降雨量簡易予測モデル
- ・ LADOF モデル

ここで、簡単に各手法の概要を示す。

LSFLOW モデルは、深層崩壊が発生した場合の土砂の堆積状況を予想するための手法であり、Nakamura et al. (1989) により開発され、朗・中村ら(1998) 他に

よって改良が加えられてきた。佐光ら(2013)により、地形や地質の異なる天然ダム事例での再現計算が実施され、深層崩壊により形成される天然ダムの形状予測への適用性が確認されている。

また降雨量簡易予測モデルは、天然ダムの水位に応じ、満水となるおそれのある降雨量を予測する手法である。総降雨量に対する損失雨量の割合から流出雨量を予測する方法であり、千葉ら(2013)は、平成23年紀伊半島で発生した天然ダムでの適用事例から、満水時の目安となる降雨量を把握した。

LADOF モデルは、天然ダム決壊時のハイドログラフを予測するための手法であり、里深ら(2007)の他、国内外の多くの既往天然ダム決壊事例でその高い再現性が示されている。

天然ダムは、時間の経過に伴い、ダム形状が変化し、想定される災害も変化する。この変化を3つのステージに区分し、各ステージでの危機管理対応において提供可能な情報を整理した。

### ■ステージ1:崩壊発生及び天然ダムが形成された段階

【想定される被害】崩土の直撃による被害・湛水被害

【提供できる情報】土砂の堆積範囲・形状、湛水範囲

### ■ステージ2:天然ダム湛水位が上昇する段階

【想定される被害】湛水位上昇による浸水被害、天然ダムの越流侵食による決壊のおそれ

【提供できる情報】その時点での湛水位に応じ、満水を引き起こす可能性のある降雨量

### ■ステージ3:天然ダムが決壊する段階

【想定される被害】決壊流量による洪水被害

【提供できる情報】天然ダム決壊時のハイドログラフ、決壊後の天然ダムの形状

## 3. 考察

当機構では大規模土砂災害を想定した防災訓練を通じ、天然ダム等の対応について以下のような意見を把握している(河合ら、2014; 萩原ら、2014; 西村ら、2014 他)。

- ・ 「応急対策の実施」に関し、対策方法は理解できたが、実際の現場で対応可能かは不明という意見があ

った。

- ・ 土砂災害防止法に基づく地すべりの緊急調査は、都道府県が実施する。直轄地すべりでは、都道府県がすべての対応を行うことが困難なおそれもある。
- ・ 国から県及び市町村に土砂災害緊急情報（あるいは氾濫シミュレーション結果）が提示された段階で、市町村が助言を求めたい事項として、避難勧告等の発令タイミングや対象範囲等が挙げられた。
- ・ 避難体制の整備（土砂災害に対して安全な避難場所、避難経路の確保など）、避難のタイミング（避難勧告、指示の発令タイミングの明確化）などが課題として挙げられた。

これらの意見も踏まえ、今回の手法で天然ダム形成・決壊現象に関する情報を提供するにあたり、特徴となる点を整理した。

#### ■ステージ 1: 崩壊発生及び天然ダムが形成された段階

- ・ 深層崩壊の危険性が高い斜面が特定された場合において、崩壊規模が異なれば堆積形状も異なると予想される。LSFLOW 上では、すべり面形状を変えることで、様々な条件下での堆積形状を確認できる。
- ・ 天然ダムの対策工事や警戒避難は、周辺の地形やアクセス路の状況等に応じて変化する。予想される堆積形状を、縦横断面だけでなく、3次元データとして提供することで、市町村や住民も様々な状況下での対応方法を事前に検討することができる。
- ・ 河道閉塞の可能性やその際の保全対象数が分かれば、国・都道府県間での役割分担等を事前に調整することができる。

#### ■ステージ 2: 天然ダム湛水位が上昇する段階

- ・ 天然ダム形成箇所の近隣で降雨観測がなされていない場合も多い。そうした場合であっても、既往研究成果を用いることで、どの程度の降雨量で満水するのか提示することが可能である。
- ・ 湛水位は変化するが、想定される天然ダム形状に応じ、湛水位と警戒すべき降雨量の関係を満水までの期間分提示することで、ある程度先の見通しがつく。
- ・ 越流開始点が分かることで、湛水域での浸水する範囲や避難のタイミングが予想できる。

#### ■ステージ 3: 天然ダムが決壊する段階

- ・ 河川管理者やダム管理者等との連携においては、ハイドログラフの提示が効果的な場合も多い。
- ・ 氾濫範囲を計算することで、メッシュごとの水深等を視覚的に示すことができるため、避難範囲の明確

化や避難手段の具体化が可能となる。住民にとっても分かりやすく地域防災力向上に役立つ。

- ・ 決壊時のハイドログラフは天然ダムの形状に応じて変化する。試算を通じ、危険側のみならず、複数の天然ダム形状に応じた予想結果を提示できる。

## 4. まとめ

大規模土砂災害を対象とした防災訓練の結果を踏まえ、筆者らの検討してきたシミュレーション等の手法の活用方策を検討し、把握している課題に対応できる可能性を把握した。各手法の連携手順のほか、活用場面を想定した出力内容の具体的な検討など課題は残ることから、天然ダム災害の可視性を高めるという目的に向け、今後検討を続けていきたいと考える。

#### 参考文献

- 秋山玲子・藤村直樹・石塚忠範・内田太郎・桜井亘・酒井良・海原荘一・只能典子（2014）天然ダムの水位予測に漏水量が与える影響、砂防学会誌 67 巻第 4 号（315）31-37
- 千葉幹・水山高久（2013）天然ダムの水位観測による満水までの雨量推定方法について（平成 23 年台風 12 号に関する事例研究）、砂防学会誌, Vol.65, No.5, pp.50-55.
- 柳崎剛・岩浪英二・堀内成郎・里深好文・中谷加奈・水山高久（2014）天然ダム決壊解析機能を実装した土石流シミュレーションシステムの開発、平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.B-220-221.
- 萩原陽一郎・亀江幸二・牧野裕至・花岡正明・佐光洋一・河合水城・近藤正樹・西村直記（2014）大規模土砂災害を想定した合同防災訓練において抽出された課題と今後の展望、平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.B-158-159.
- 河合水城・森俊勇・亀江幸二・牧野裕至・花岡正明（2014）大規模土砂災害対策を考慮した地域防災計画への提案について、平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.B-156-157.
- Nakamura, H., Tsunaki, R. and Ishihama, S. (1989) Simulation Model for Debris Movement of Landslide, Proceedings of the Japan-China Symposium on Landslides and Debris Flows, Niigata, pp. 81-86.
- 西村直記・亀江幸二・牧野裕至・花岡正明・佐光洋一・河合水城・近藤正樹・萩原陽一郎（2014）大規模土砂災害を想定した防災訓練による効果調査及び調査結果を活用した訓練方式の改善検討、平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.B-160-161
- 佐光洋一・森俊勇・中村浩之・渡辺文人・福田睦寿・遊佐直樹（2013）LS-FLOW モデルを用いた深層崩壊に伴い形成される天然ダム（河道閉塞）形状の予測について、平成 25 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.B-60-61.
- 里深好文・吉野弘祐・小川紀一郎・森俊勇・水山高久・高濱淳一郎（2007）高磯山天然ダム決壊時に発生した洪水の再現、砂防学会誌、59 巻 No 6、pp.32-37
- 朗煜華・中村浩之（1998）黄土地すべりのすべり面形状の特性と崩土の拡散範囲の予測、地すべり、34 巻 4 号、pp.9-18.