

紀伊半島大水害における河道閉塞（天然ダム）発生時に活用された技術とその後の研究開発の取組み

水野正樹・山越隆雄・清水武志

1. はじめに

平成23年（2011年）台風第12号の接近、上陸にともない、紀伊半島では広い範囲で豪雨となった。この豪雨により、紀伊半島で72箇所の大規模崩壊（崩壊面積1ha以上）が発生し、奈良・和歌山両県では河道閉塞（天然ダム）が17箇所発生した（図-1）。その内、大規模な5箇所については、河道閉塞に係るものとしては初めて2011年5月に改正施行された土砂災害防止法に基づく緊急調査（以下「緊急調査」という。）が実施された。

国土交通省国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）及び（国研）土木研究所（以下「土研」という。）では、災害発生直後の9月4日より、被災状況把握のためのTEC-FORCE派遣、緊急調査及び河道閉塞（天然ダム）箇所の監視・観測・緊急対策に係る技術的支援等を継続的に実

施し、近畿地方整備局（以下「近畿地整」という。）の活動をサポートした。特に、河道閉塞の緊急調査では、それまでに国総研・土研が開発した技術が活用され、河道閉塞（天然ダム）による二次災害を回避するための情報提供に大きく貢献した。

本報は、本災害で形成された河道閉塞（天然ダム）に適用された国総研・土研が開発した技術の概要とその適用状況について紹介するとともに、その後の研究開発の概要について紹介するものである。

2. 紀伊半島大水害における河道閉塞（天然ダム）とその対応の概要

2011年台風第12号は大型かつ動きが遅かったため、長時間にわたり暖湿な空気が日本列島に流れ込み、山沿いを中心に広範囲で記録的な大雨を



図-1 2011年台風12号による河道閉塞（天然ダム）の位置（2011年9月13日時点 国土交通省調べ）

せて河道閉塞（天然ダム）の位置とその概略の形状（高さ、下流のり勾配）を速やかに算定する手法を作成した⁴⁾。

紀伊半島大水害時には、この手法により、初動時に河道閉塞（天然ダム）の位置、概略の規模が計測され（図-3）、QUAD-Lによる計算に用いられた。



図-3 河道閉塞（天然ダム）の位置、形状の計測状況

3.3 河道閉塞（天然ダム）の水位を監視するための技術

河道閉塞（天然ダム）の越流によって発生する土石流による被害のおそれのある時期を推定するためには、河道閉塞（天然ダム）の湛水池の水位を監視する必要がある。そのためには、水位計をすぐに設置する必要があるが、場合によっては河道閉塞（天然ダム）の形成箇所へのアクセスが悪くすぐに設置できないこともある。

そのため、2008年の岩手・宮城内陸地震の際に、アクセスの悪い河道閉塞（天然ダム）であっても、迅速に設置できるよう、ヘリコプターで吊り下ろして設置可能な「土研式水位観測ブイ（投下型）」を開発していた。

紀伊半島大水害時には、すでに全国の地方整備

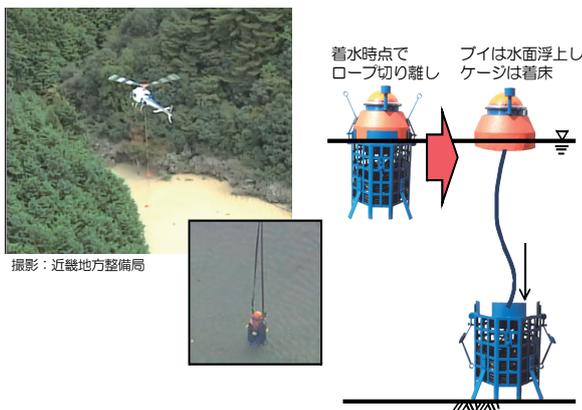


図-4 土研式水位観測ブイ（投下型）の設置状況

局に配備されており、国土交通省は近畿地整に各地方整備局の水位観測ブイを集めた。集められた全8基の水位観測ブイは、緊急調査の対象となった河道閉塞に対して次々に投入され、迅速な水位監視体制の構築に貢献した⁵⁾（図-4）。

4. 紀伊半島大水害後の技術開発等

紀伊半島大水害を通じて得られた知見に基づいて、国総研、土研では、その後も河道閉塞（天然ダム）の緊急調査の実効性を高めるための取り組みを続けている。

河道閉塞（天然ダム）の越流による土石流の被害のおそれのある区域を想定するための解析手法については、その後、より細かいメッシュサイズでのシミュレーションが可能ないように改良する、さらに広範で計算できるよう並列化する⁶⁾などの機能改善が図られた。2011年4月にQUAD-Lを国土交通省に初めて配布して以降、2021年までの約10年間で、上に示した機能改善成果を取り込むためのバージョンアップ2回、エラー除去のためメンテナンスバージョンアップ4回の合計6回のバージョンアップを経て現在に至っている。毎年、全地方整備局でプログラムの操作方法の研修が実施されている。

また、前述のとおり、初動時には、河道閉塞（天然ダム）の形状の計測は、レーザー距離計によって行ったが、動揺の激しいホバリング中のヘリでは、手ぶれによって正確な計測が困難であることや、遠くからの視認では堆積土砂の高低を判断して越流開始点を特定することが困難であるこ

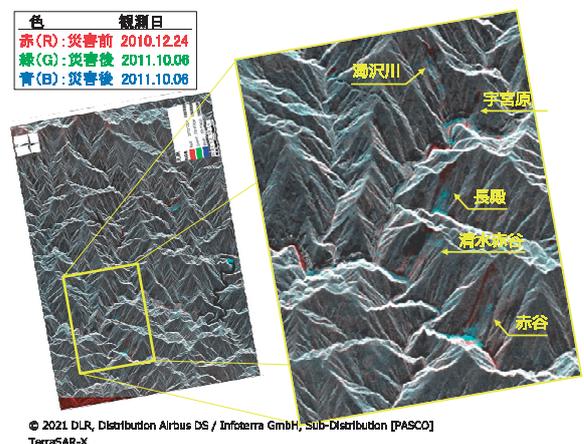


図-5 災害前後の衛星SAR強度画像を重ね合わせたスタック画像（熊野川流域五條市赤谷・十津川村長殿付近）

となどから、紀伊半島大水害時の初動時の計測結果にも、一定程度の誤差が生じていた。そのため、いち早くより正確な河道閉塞（天然ダム）の形状に関する情報を得られる技術として、土研では、ヘリコプターからの斜め写真を用いた SfM（Structure from Motion）技術の適用可能性の検討等を行っている⁷⁾。この技術を用いれば、GPS 付デジタルカメラによって、複数の撮影点から同じ対象物を撮影し、その画像を解析することによって、人によるレーザー距離計による計測に比べて精度良く、河道閉塞（天然ダム）の形状データが得られる。

その他、紀伊半島大水害の時には、河道閉塞（天然ダム）の発見に時間を要したことが指摘されている。また、同じく2011年3月に発生した東日本大震災の際には、広大なエリアのどこで河道閉塞（天然ダム）が発生しているか分からない等の課題が多くあった。そのため、国総研・土研は、河川水位データの異変から河道閉塞（天然ダム）を覚知する手法⁸⁾や、大規模崩壊の発生に伴う地盤震動を地震計で検知して崩壊の位置を推定するシステム⁹⁾、そして、衛星SAR強度画像から河道閉塞（天然ダム）を発見するための手法¹⁰⁾（図-5）などについて、研究開発を進めてきた。

5. まとめ

2011年9月の紀伊半島大水害時には、深層崩壊の発生に伴い、数多くの河道閉塞（天然ダム）が形成され、国土交通省は、土砂災害防止法に基づく緊急調査を実施した。この緊急調査では、国総研・土研が開発した技術が実際に適用され、緊急調査の速やかな実施を支えた。現在、気候変動に伴う極端な気象現象の増加や南海トラフ巨大地震等の切迫性の増大により土砂災害の頻発化、激甚化の懸念が高まっており、深層崩壊が発生して緊

急調査の実施が必要になるような河道閉塞が形成されるおそれが高まっている。国総研・土研では、今後とも、緊急調査の実効性を高めるべく、地方整備局等と連携して技術開発に努めていく予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部：土砂災害防止法の一部改正について（平成23年5月施行）パンフレット、2011
<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/sinpoupdf/H23kaisei.pdf>
- 2) 清水武志、山越隆雄、内田太郎、石塚忠範：天然ダムによる土石流想定範囲計算システム（QUAD-L）の開発と2011年台風12号災害における適用、土木技術資料、第54巻、第10号、2012
- 3) 内田太郎、山越隆雄、清水武志、吉野弘祐、木佐洋志、石塚忠範：河道閉塞（天然ダム）及び火山の噴火を原因とする土石流による被害範囲を速やかに推定する手法、土木技術資料、第53巻、第7号、2011
- 4) 内田太郎、吉野弘祐、清水武志、石塚忠範、小竹利明：長距離レーザー距離計を用いた天然ダム形状の計測、土木技術資料、第53号、第5号、pp.22～25、2011
- 5) 山越隆雄：2011年台風12号による紀伊半島における天然ダム災害への土研式水位観測ブイ（投下型）の活用、土木技術資料、Vol.54、No.10、2012
- 6) 高橋佑弥、藤村直樹、水野正樹：緊急時における災害想定のための高効率な氾濫計算プログラムの開発、砂防学会研究発表会、p.625-626、2018
- 7) 赤澤史顕、高橋佑弥、黒岩知恵、藤村直樹、水野秀明：ヘリコプターからの斜め写真を用いた SfM による天然ダム形状の計測、土木技術資料、第59巻、第5号、2017
- 8) 蒲原潤一、内田太郎、丹羽諭：流量観測データを用いた河道閉塞（天然ダム形成）覚知に関するデータの整理・分析の手引き（案）、国土技術政策総合研究所資料、No.767、2013
- 9) 石塚忠範、山越隆雄、武澤永純：大規模土砂移動検知システムにおけるセンサー設置マニュアル（案）、土木研究所資料、No.4240、2012
- 10) 鈴木大和、松田昌之、瀧口茂隆、野村康裕、山下久美子、中谷洋明：合成開口レーダ（SAR）画像による土砂災害判読の手引き、国総研資料、No.1110、2020

水野正樹



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部 深層崩壊対策研究官、博士（学術）
Dr.MIZUNO Masaki

山越隆雄



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部 砂防研究室長、博士（農学）
Dr.YAMAKOSHI Takao

清水武志



国立研究開発法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム 研究員
SHIMIZU Takeshi