

# 河道閉塞等の大規模土砂災害発生時の緊急対応方法を確立

## 1. 研究・活動のアウトライン

災害	河道閉塞数	災害対応	研究内容	成果反映 (研究を踏まえて整備されたマニュアル等)
2004/10/23 新潟県中越地震(H16)	52	○河道閉塞の決壊危険度を概略判定。 ・ 芋川本川の規模の大きな2つ(寺野、東竹沢)の河道閉塞について、決壊の危険度を概略判定。	<b>研究① 大規模河道閉塞対応技術指針類の作成 (2005~2009)</b> ・ 2004新潟県中越地震、2008岩手・宮城内陸地震の地震時天然ダムの対応実績を踏まえた対応技術指針を取りまとめた。	<b>【河道閉塞・深層崩壊の対応マニュアルの整備】</b> <b>【①地震時天然ダムの対応実績を受けた技術指針】</b> ○天然ダム監視技術マニュアル(案),土木研究所, 2008.12 ○天然ダム対策工事マニュアル(施工編)(案),天然ダム対策工事研究会(国土交通省砂防部、東北地方整備局), 2010.11 ○天然ダム形成時対応の基本的考え方(案),国総研砂防研究室, 2013.12
2008/6/14 岩手・宮城内陸地震(H20)	15	○河道閉塞危険度評価の数値シミュレーション	<b>研究② 土砂災害防止法に基づく緊急調査のための技術開発と人材育成 (2009~)</b> ・ 土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き(河道閉塞による土砂災害対策編)を検討(2009~)。 ・ 土石流により被害の生じるおそれのある時期の解析手法を検討。 ・ 地方整備局職員の併任研修の実施(2013~)	<b>【危機管理のあり方】</b> ○大規模土砂災害に対する危機管理のあり方について(提言),大規模土砂災害危機管理検討委員会, 2007.3 <b>【法律の検討・改正】</b> ○特殊な土砂災害等の警戒避難に関する法制度について(提言),特殊な土砂災害等の警戒避難に関する法制度検討会, 2009.12 ★土砂災害防止法 2010.11.25改正, 2011.5.1施行, (天然ダムに起因する土石流及び湛水に対し、緊急調査を実施し土砂災害緊急情報を提供)
2011/8/30~9/5 平成23年台風第12号(紀伊半島大水害)	17	○土砂災害防止法の緊急調査 ・ 法改正後、河道閉塞に関する初の緊急調査(土石流氾濫シミュレーション等、5箇所)。土砂災害緊急情報を関係自治体に通知、公表。 ○衛星SAR画像による天然ダムの判読	<b>研究③ 深層崩壊対策(平常時と緊急時)に関する研究</b> ・ 大規模土砂発生時における緊急対応の高度化(2014~2016) ・ 深層崩壊に起因する土砂災害による被害推定手法(2014~2016) <b>研究④ 大規模土砂災害対策技術センターの設置・研究(2014~)</b> ・ 近畿地整等と連携して大規模土砂災害対策技術センターを2014年和歌山県那智勝浦町に設置し、深層崩壊等の研究を推進。 <b>研究⑤ 衛星SAR観測による調査方法(2007~2019)</b> ・ リモートセンシングによる砂防流域モニタリング手法(2007~2012) ・ リモートセンシングによる大規模土砂災害監視手法(2013~2019) ・ JAXAとの共同研究を実施するとともに、JAXAとの「土砂WG会合」を開催して、衛星SAR画像判読の研究を推進。	<b>【②③土砂災害防止法に基づく緊急調査手法等に関するマニュアル】</b> ○土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き(河道閉塞による土砂災害対策編)及び計算プログラム,国土交通省砂防部・国総研・土木研究所, 2011.4.22 ○同上 手引き2016.3.31改訂 <b>【③④深層崩壊対策に関する資料・マニュアル】</b> ○深層崩壊対策技術に関する基本的事項,国総研資料第807号, 2014 ○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 <b>【⑤衛星SAR観測による調査のマニュアル整備】</b> ○単偏波の高分解能SAR画像による河道閉塞箇所判読調査手法(案),国総研資料第760号, 2013 ○2偏波SAR画像による大規模崩壊及び河道閉塞箇所の判読調査方法(案),国総研資料第791号, 2014 ○合成開口レーダ(SAR)画像による土砂災害判読の手引き,国総研資料第1110号, 2020.4
2018/9/6 北海道胆振東部地震(H30)	大規模は1	○衛星SAR画像による崩壊地の自動判読。		

1. 強

国土技術政策を支える研究開発

2004年、2008年、2011年と地震・豪雨により深層崩壊・天然ダム災害が相次いで発生し、そのような大規模土砂災害への対応と危機管理の必要性が強く再認識された。

国総研土砂災害研究部は、それらの災害に砂防研究者を派遣して現地の対応を支援するとともに、対応を通じて得られた知見のマニュアル化と技術開発、現地に密着した集中的な調査研究、および天然ダム災害等に対応できる人材の育成を継続的に行ってきた。

### 研究① 大規模河道閉塞の対応技術指針類の作成 (2005～2009)

2004年10月新潟県中越地震、2008年6月岩手・宮城内陸地震では天然ダムが多く発生し(図-1)、国総研土砂災害研究部及び土木研究所(以下、「土研」)土砂管理研究グループから数多くの砂防研究者を派遣して、地方整備局を支援した(図-2)。2007年3月「大規模土砂災害危機管理検討委員会」においては、大規模土砂災害への危機管理体制整備の必要性について提言されるとともに、国総研・土研からの砂防研究者派遣等の国の支援のあり方、新たな資機材開発の必要性等の課題も指摘された。2008年の岩手・宮城内陸地震の際には、土研土砂管理研究グループによって新たに開発された土研式投下型水位観測ブイ等の資機材が活用される一方で、大規模土砂災害への対応技術に関する課題が具体的に浮き彫りとなった。

これら明らかになった課題を踏まえて、迅速かつ効果的な天然ダム対応を今後行うことを目的に、国総研土砂災害研究部は、東北地方整備局や土研土砂管理研究グループ等と共に、近年の地震災害における対応を通じて蓄積された知見等に基づいて天然ダム対応技術の基本的な考え方を整理して、既存の対応マニュアルを更新した天然ダム対応の技術指針として、「天然ダム形成時対応の基本的考え方(案)」、「天然ダム監視技術マニュアル(案)」、「天然ダム対策工事マニュアル(施工編)」等を取りまとめた。



図-1 2008年岩手・宮城内陸地震で発生した湯ノ倉の河道閉塞(天然ダム)



図-2 土砂災害研究部による河道閉塞(天然ダム)の現地調査(2008年岩手・宮城内陸地震)  
形成した河道閉塞(天然ダム)において崩壊土砂の堆積状況と上流側の湛水状況を現地調査。

### 研究② 土砂災害防止法に基づく緊急調査のための技術開発と人材育成(2009～)

2010年改正前の「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」(以下、「土砂災害防止法」という)は、河道閉塞等の進行性で対応に高度な技術を要する特殊な土砂災害を念頭においた法律になっておらず、また、市町村長が避難指示の発令等を適切に行うに当たっての国等が市町村長を支援するための規定が無いこと等が、「特殊な土砂災害等の警戒避難に関する法制度検討会」によって指摘され、法改正の方向性等について提言が出された。その提言等を踏まえ、2010年に土砂災害防止法が改正され、河道閉塞等の特殊な土砂災害発生時において、市町村長を支援するための国による緊急調査や土砂災害緊急情報等が法的に位置付けられた。これを受けて、国土交通省砂防部、国総研土砂災害研究部、土研土砂管理研究グループは、土砂災害緊急調査についての手引き、及び河道閉塞(天然ダム)等を原因とする土石流によ



る被害範囲を推定するための数値計算プログラムを作成した。

国総研土砂災害研究部等が作成したこれらの手引きやプログラムは、2011年9月の台風12号により紀伊半島で深層崩壊による河道閉塞が発生し、赤谷(図-3)など5箇所の大規模な河道閉塞を対象とした土砂災害防止法に基づく国の緊急調査が初めて実施された際に、実際に活用された。この災害においても、国総研土砂災害研究部・土研土砂管理研究グループは研究者を数多く派遣し、近畿地方整備局の対応を技術的に支援した(図-4)。

一方で、この災害では、大規模な天然ダムが複数発生する等、災害の規模が大きい場合には、被災地方整備局だけでは緊急調査に精通した職員の数が十分でない状況も明らかになった。そこで国総研土砂災害研究部は、これまでの災害対応を通して得られた知見を踏まえ、緊急調査の内容、実施手法等に精通した地方整備局職員の人材育成を支援することを目的に、土研土砂管理研究グループの協力を得て、「高度な土砂災害対策に従事する地方整備局職員の育成支援プログラム」を2013年度から開始した(図-5)。本プログラムでは、地方整備局係長クラスの職員を4月から12月の期間国総研土砂災害研究部に併任とし、河道閉塞等に伴う土砂災害への対応方法について、国総研土砂災害研究部・土研土砂管理研究グループがこれまでに得てきた知見の普及を図っている。2020年度までにのべ65名が参加した。

### 研究③ 深層崩壊対策(平常時と緊急時)に関する研究(2014~2016)

天然ダムは、多くの場合、深層崩壊と呼ばれる大規模な斜面崩壊が発生することによって生じる。深層崩壊は、発生頻度は通常の土砂災害に比べて小さいものの、非常に規模が大きく、被害も甚大になる場合がある。地震あるいは豪雨に伴い発生した深層崩壊によって天然ダムを形成した災害が国内外で近年多数発生し、緊急対応を含めた対策の必要性が高まってきたことから、今後は深層崩壊の対策技術の確立と深層崩壊による被害が懸念される流域における事前の対策が必要である。

そこで、土砂災害研究部では、深層崩壊対策技術に関する研究を進め、2014年に国総研資料第807号「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」として、①施設整備によるハード対策、②深層崩壊発生時の切迫性に関



図-3 2011年台風第12号による豪雨で発生した河道閉塞(天然ダム)(熊野川流域五條市 赤谷 2011.9.6 土研土砂管理研究グループ撮影)



図-4 土砂災害研究部による河道閉塞箇所の詳細調査



図-5 「高度な土砂災害対策に従事する地方整備局職員の育成支援プログラム」の実施状況  
ヘリの機内からレーザー距離計で天然ダムの高さを計測する様子。

する情報に基づく避難、  
 ③深層崩壊による被害に関する土地の危険性に関する情報（ハザードマップ）に基づく防災計画（避難所や防災拠点の場所の適正化など）に関する技術的な基本事項についてとりまとめた（図-6）。一方、「深層崩壊対策技術に関する基本的事項」策定後、地方整備局でも、深層崩壊に関する災害シナリオの検討が進められてきた。また、国総研土砂災害研究部は、深層崩壊

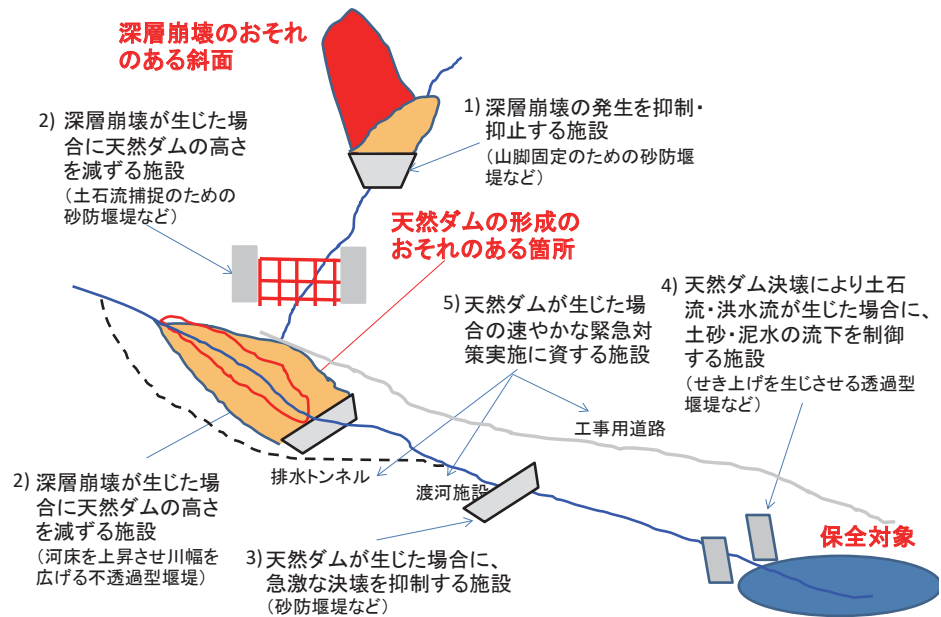


図-6 天然ダムのハード対策のイメージ

による被害予測に関して、新たな研究を進め、これら近年の取り組みを踏まえながら、国総研資料第983号「深層崩壊に起因する大規模土砂災害被害想定に関する手法」をとりまとめた。

現在、これらの技術資料に則って、全国の直轄砂防事業区域で設定したモデル地区において地方整備局等により災害シナリオの検討等が進められている。

#### 研究④ 大規模土砂災害対策技術センターの設置・研究（2014～）

2011年台風第12号では、紀伊半島の72箇所で大規模土砂災害が発生した。これらの箇所では過去にも同様の災害が発生している。2011年の災害以後も出水期には斜面の再崩壊や河道閉塞箇所に変状が生じるなど、紀伊山系砂防事務所は、厳しい状況下で砂防工事を進めているため、土砂災害研究部の砂防研究者による高度な判断が必要な状況が頻繁に発生している。また、深層崩壊や表層崩壊・土石流、それらに伴う土砂動態が未解明であり、綿密かつ継続的に、地形変化計測、河川流量、地下水、湧水等の水文観測、降雨毎の土砂移動現象の把握を実施する必要がある。

このため、近畿地方整備局は、大規模土砂災害対策技術センターを2014年4月和歌山県那智勝浦町に設置した。国総研土砂災害研究部は、2017年から砂防研究者（主任研究官）を一名常駐させており、深層崩壊や表層崩壊・土石流の発生メカニズム等の研究を推進している。

#### 研究⑤ 衛星SAR観測による調査方法に関する研究（2007～2019）

日本の陸域観測技術衛星「だいち（ALOS）」が2006年に打ち上げられたことから、国総研土砂災害研究部は、「だいち（ALOS）」等の観測データを砂防流域モニタリングに活用する研究を行った。そして衛星データの活用に関する研究が進み、特に夜間や悪天候時にも観測可能で位相情報が含まれる合成開口レーダ（以下、「SAR」という。）データが、大規模土砂災害前後の情報として有効であったことから、土砂災害発生が見込まれる際に迅速な初動対応を可能にするため、「だいち2号（ALOS-2、2014年打ち上げ）」等の衛星SARの強度画像や干渉画像を用いて、土砂災害の発生地域等を特定する方法について研究開発を行った。

並行して、JAXA（国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構）との共同研究（「衛星だいち2号による土砂災害監視手法の開発に関する共同研究（2017～2021）」等）及び、JAXAとの「土砂WG会合」への参加により、衛星SAR画像等の利用に関する研究の進捗を図った。



## 2. 主な研究成果

### ◆研究① 大規模河道閉塞対応技術指針類の作成 (2005～2009)

国総研土砂災害研究部は、迅速かつ効果的な天然ダム対応に資することを目的に、天然ダム形成時対応における「災害対応の流れ」、「初動対応」、「調査」、「危険度判定」、「平常時の対応」等について、2004年10月新潟県中越地震、2008年6月岩手・宮城内陸地震対応までに蓄積された基本的な考え方を整理して「天然ダム形成時対応の基本的考え方(案)」を取りまとめた。この際、形成した天然ダムの迅速な危険度概略判定のため、二層流モデル等による天然ダム上流側のり面の侵食過程を考慮した天然ダム決壊時のピーク流量推算手法(シミュレーション計算方法)を用いて、天然ダム越流ピーク流量早見判定図を作成した(図-7)。

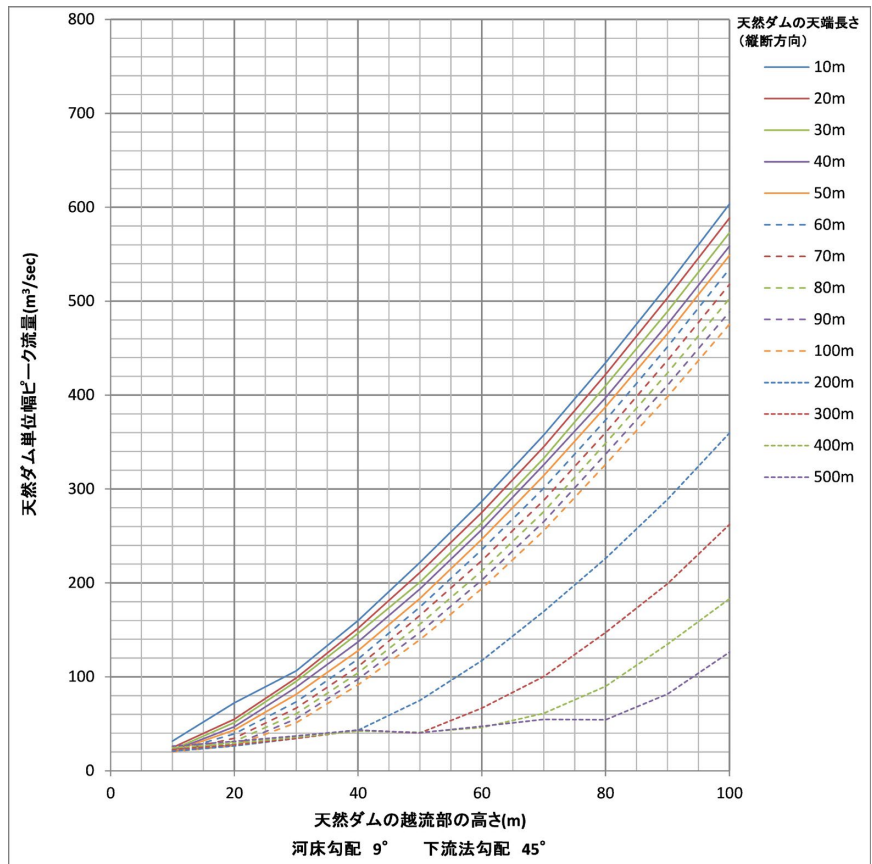


図-7 天然ダム越流ピーク流量早見判定図の例

### ◆研究② 土砂災害防止法に基づく緊急調査のための技術開発 (2009～)

国土交通省砂防部、国総研土砂災害研究部、土研土砂管理研究グループは共同で、「土砂災害防止法」に基づいて行う国の緊急調査について、一定程度の精度を確保した上で、時間をかけずに結果を出すことを主眼に、着手の判断から終了までの間に最低限実施すべき緊急調査の内容について整理することを目的とした手引き、及び数値計算プログラムを作成した。

ここで作成した手引きに基づき、2011年9月の台風第12号に伴う豪雨によって紀伊山地で発生した5箇所の天然ダムを対象として、改正土砂災害防止法の施行後初となる緊急調査が実施された(図-8)。さらに、国総研土砂災害研究部等は、この災害で実際に緊急調査が実施された状況における経験を踏まえて運用面での留意事項等を後日とりまとめ、手引きを改訂した。

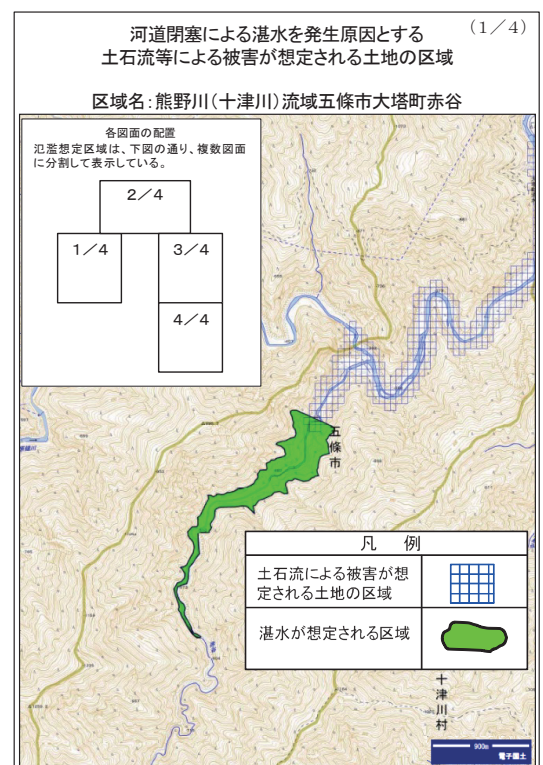


図-8 河道閉塞による湛水を発生原因とする土石流等による被害が想定される土地の区域 (2011年9月熊野川流域五條市 赤谷の例)



図-9 ドローン空中電磁探査の様子  
地表に敷設したケーブルに電流を流して磁場を発生させ、ドローンに吊した磁場センサーで地下の鉛直成分の磁場を測定する。

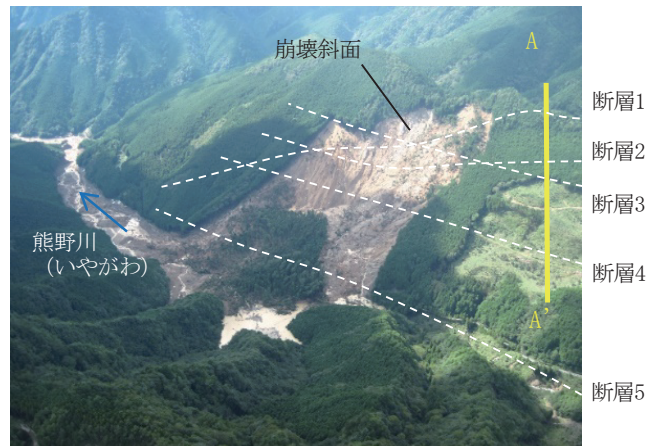


図-10 災害直後の和歌山県田辺市熊野地区 (いやちく) の様子 (2011年9月5日, 国総研土砂災害研究部撮影)。  
黄色の実線はドローン探査の測線を, 白色の点線は地表踏査と断層破碎帯を示す

◆研究③ 大規模土砂災害対策技術センターの設置・研究 (2014～)

紀伊山系の深層崩壊発生メカニズムについては、地形・地質・水文等色々な角度から研究が進んでいる。この中で、断層破碎帯による地下水の誘導・堰き止めにより斜面が不安定化し、深層崩壊が発生した可能性が指摘されるようになっている。

近年、ドローンによる空中電磁探査が開発されており、豪雨時の地下水の挙動を安価・安全・スピーディーに実施できるようになっている。そこで国総研土砂災害研究部は、深層崩壊に対して、最新技術であるドローンによる空中電磁探査を実施した (図-9)。

ドローン空中電磁探査の測線は、複数有る断層をまたぐようにし、同じ測線で台風14号直後 (2020年10月) と乾燥期 (2020年12月) の2時期比抵抗探査 (深さ約200m) を実施し、台風14号時の地下水の挙動を推定した (図-10)。

その結果、断層1・3・4は地下水を堰き止め、断層2は周囲から地下水を誘導していることが推定された (図-11)。このように、断層破碎帯が地下水の挙動に影響を及ぼし、断層破碎帯による地下水の誘導・堰き止めが深層崩壊の発生に強く寄与していることを明らかにした。

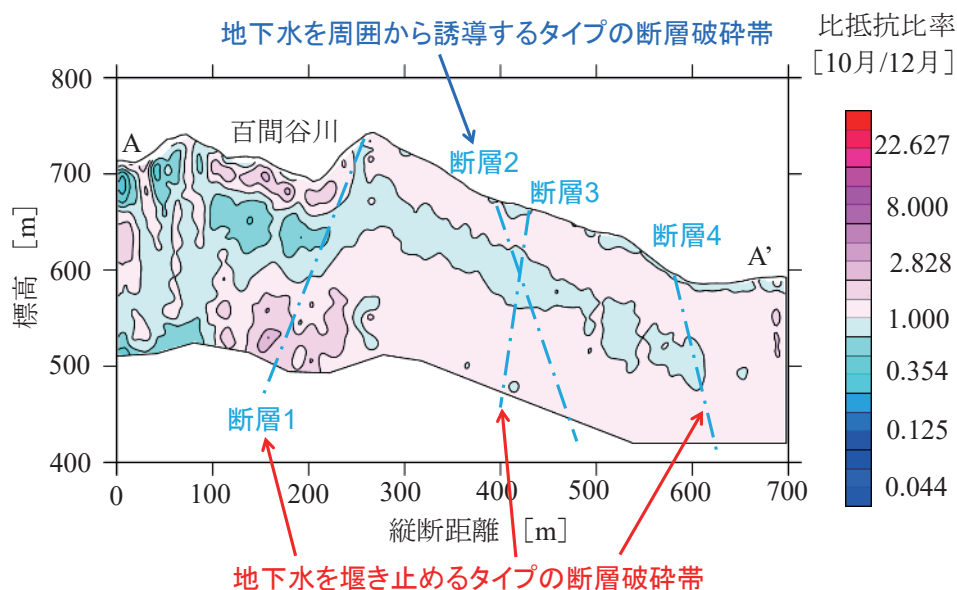


図-11 A-A' 測線での2020年台風14号による降雨終了3日後の比抵抗値を乾燥期 (2020年12月2日) の比抵抗値で除した値の縦断分布図 (和歌山県田辺市熊野地区)



紀伊山系においては、断層破碎帯の平面的な分布を調査した上で、ドローン探査などにより豪雨時の地下水の挙動を調査することで、リスク評価手法として精度良く深層崩壊危険度を評価できることが分かった (図-12)。

◆研究④ 衛星 SAR 観測による調査方法に関する研究 (2007 ~ 2019)

大規模な斜面崩壊・深層崩壊の発生によって河道内に土砂が堆積すると、河川をせき止めて湛水域が形成されることがある。河道を閉塞した土砂は不安定であることが多く、湛水域が急速に拡大した場合には決壊等が生じて下流域に甚大な被害をもたらす恐れがあるために災害後の迅速な河道閉塞の把握が求められる。また、斜面崩壊・表層崩壊が集中的に発生した場所及びその範囲をいち早く把握することも同様に応急対策の早期着手に繋げるために重要である。

このため国総研土砂災害研究部では、昼夜や天候を問わず観測可能な衛星 SAR 画像を用いた判読に着目し、まず単偏波や複偏波の単画像で河道閉塞箇所を迅速に把握する手法の検討を行った。

さらに近年の土砂災害対応において国総研土砂災害研究部は、定常的な観測により蓄積され続けているデータを活用し、災害前後の SAR 強度画像を用いて土砂災害の判読調査を行う方法

(図-13) を適用した。その結果、これまで対象としてきた大規模な斜面崩壊だけではなく、より小さな崩壊現象、地形や土地被覆が変化した箇所についても抽出できること、広範囲で斜面崩壊が高密度に発生する土砂災害についても短時間で被害状況を把握できることが明らかとなった。

本研究の成果は、国総研資料第 760 号、第 791 号、第 1110 号として衛星 SAR 画像による土砂災害を判読する方法について解説するとともに、適用条件と留意事項についてとりまとめた。

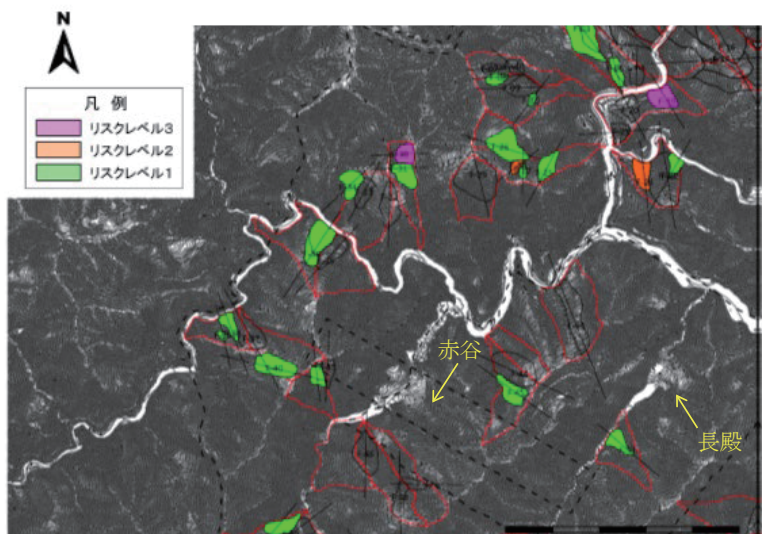
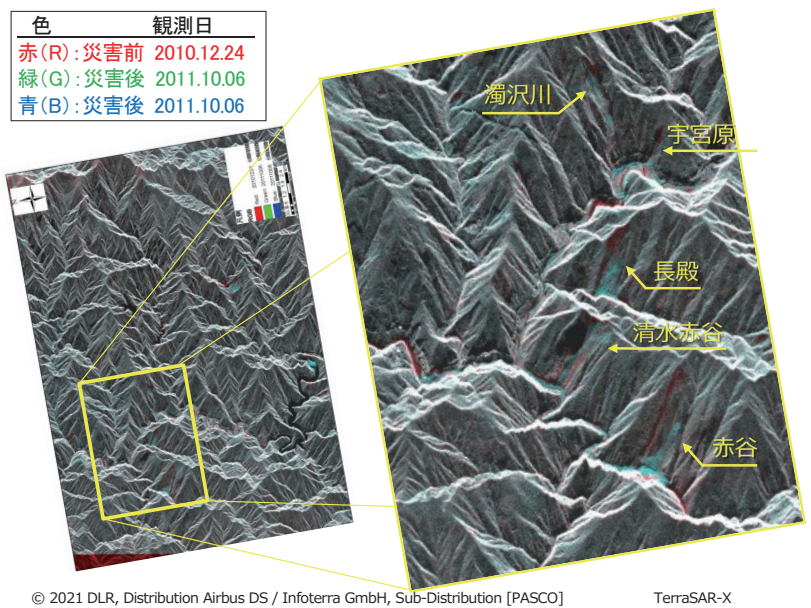


図-12 紀伊山地における深層崩壊リスク評価マップの一例 (熊野川流域五條市 赤谷 付近)



© 2021 DLR, Distribution Airbus DS / Infoterra GmbH, Sub-Distribution [PASCO] TerraSAR-X

図-13 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 (2011 年台風第 12 号災害、熊野川流域五條市 赤谷・十津川村 長殿付近)

### 3. 関係する報告書・技術資料一覧

#### (1) 研究報告書・研究資料

- 1) 国総研砂防研究室・土木研究所：平成 23 年（2011 年）紀伊半島台風 12 号土砂災害調査報告，国総研資料 No.728，2013.3

#### (2) 公表したマニュアル

- 1) 土木研究所火山・土石流チーム：天然ダム監視技術マニュアル（案）、土木研究所資料第 4121 号、2008.12
- 2) 蒲原潤一、内田太郎：深層崩壊対策技術に関する基本的事項、国総研資料、No.807、2014
- 3) 内田太郎、桜井亘、鈴木清敬、萬徳昌明：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、No.983、2017
- 4) 水野正樹、神山嬢子、江川真史、佐藤匠、蒲原潤一、林真一郎：単偏波の高分解能 SAR 画像による河道閉塞箇所判読調査手法（案）、国総研資料、No.760、2013
- 5) 水野正樹、神山嬢子、江川真史、佐藤匠、蒲原潤一：2 偏波 SAR 画像による大規模崩壊及び河道閉塞箇所の判読調査手法（案）、国総研資料、No.791、2014
- 6) 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
- 7) 鈴木大和、松田昌之、中谷洋明：災害時における合成開口レーダ（SAR）の散乱変事例解説集、国総研資料、No.1159、2021

### 4. 今後の展望

土砂災害研究部は、河道閉塞等の大規模土砂災害発生時の緊急対応のための人材育成の支援を継続するとともに、気候変動により頻発が懸念される深層崩壊の発生リスク評価に基づく砂防計画作成手法の検討、南海トラフ巨大地震等の切迫性増大に鑑みた斜面崩壊発生状況の早期把握と迅速な応急対応のための大規模崩壊を含む地震による斜面崩壊の危険度評価手法の検討、そして、地方整備局等で緊急時に実施する衛星 SAR 判読作業迅速化のための土砂移動箇所の自動抽出手法の検討等に取り組んでいく。