

**平成 26 年度**  
**大規模土砂災害対策研究機構年報**

**大規模土砂災害対策研究機構**

## はじめに

---

平成 23 年 9 月にわが国に襲来した台風 12 号は、紀伊半島の広い範囲に記録的な豪雨をもたらし、大規模な深層崩壊を含む 3,000 箇所を超える斜面崩壊が発生し、17 箇所の河道閉塞を引き起こすとともに、和歌山県那智勝浦町では同時多発的に発生した土石流により甚大な被害が生じるなど、紀伊半島全体で 88 名の死者・行方不明者を出す大災害となった。

本災害に対し、国・県・自治体等により緊急的な調査および対策工事が行われているところであるが、これまでに対応した前例の極めて少ない大規模な土砂災害であり、防災・減災を行ううえで、様々な技術的・行政的な課題が明らかとなった。

このような課題に対して対応技術の向上を図ることを目的として、国土交通省近畿地方整備局では平成 26 年度に「大規模土砂災害対策技術センター」を設置し、平成 23 年に大規模な災害を経験した那智勝浦町を活動の拠点として、大規模土砂災害に対する調査研究・技術開発を行っている。

上記の調査研究を効果的に進めていくとともに、土砂災害防止に関わる人材育成や地域防災力の強化、防災知識普及のための広報や諸外国に向けての技術の発信といった取り組みを積極的に推進していくため、土砂災害の防災・減災に取り組んでいる国・県、土砂災害や対策技術に関する高度な知見を有する大学や研究機関、ならびにより住民に近いところで警戒避難等災害対応にあたっている自治体、の官学が一体となり研究を推進し、活動拠点である那智勝浦町から国内外に向けた情報発信をめざして、国・県・町と大学・研究機関が協定を結び、「大規模土砂災害対策研究機構」（以下、研究機構）が平成 26 年度に設立された。

研究機構では、構成機関相互の連携のもと取り組みを進めてきており、ここに平成 26 年度の研究成果ならびに活動実績についてとりまとめたので報告する。

引き続き、連携をより密にしながら、土砂災害による被害の防止・軽減、ひいては安全・安心な社会の実現に貢献するため継続的に取り組みを推進し、その成果を社会に還元するべく尽力していく所存である。

平成 27 年 4 月  
国土交通省 近畿地方整備局長  
森 昌文

## 目 次

---

1. 研究機構の概要 .....	1
1.1 構成機関 .....	1
1.2 研究機構の取り組む課題 .....	1
1.3 研究機構の果たす役割 .....	1
2. 研究課題 .....	2
2.1 重点研究 .....	3
2.2 相互連携に基づく研究 .....	14
3. 学会活動 .....	35
3.1 学会誌掲載 .....	35
3.2 学会参加 .....	35
4. 広報・啓発活動 .....	36
4.1 シンポジウム .....	36
4.2 講演 .....	36
4.3 イベント出展 .....	36
5. 研修活動 .....	37
5.1 職員向け研修 .....	37
5.2 学生研修の受け入れ .....	37
6. 平成 26 年度の主な活動 .....	38

# 1. 研究機構の概要

---

## 1.1 構成機関

大規模土砂災害対策研究機構は下記の 9 機関により構成される。

- ・ 国土交通省近畿地方整備局
- ・ 国土交通省国土技術政策総合研究所
- ・ 和歌山県
- ・ 那智勝浦町
- ・ 独立行政法人土木研究所<sup>※</sup>
- ・ 北海道大学
- ・ 三重大学
- ・ 京都大学
- ・ 和歌山大学

※平成 27 年度より国立研究開発法人に移行

## 1.2 研究機構の取り組む課題

研究機構では、主として下記の課題に対して取り組みを行う。

- ・ 大規模土砂災害に係る危険箇所の抽出・評価
- ・ 中山間地域の危機管理対策
- ・ 国土監視及び国土管理の強化
- ・ 次世代災害対応技術の開発・導入

## 1.3 研究機構の果たす役割

上記の取り組みに加え、地域に根ざした研究機関として、研究機構は下記の役割を果たすことを目指す。

- ・ 土砂災害防止に関わる人材育成支援
- ・ 地域防災力の充実・強化支援
- ・ 防災知識普及のための広報
- ・ 諸外国に向けての技術の発信

## 2. 研究課題

---

研究機構における研究として、大規模土砂災害対策技術センターが主体となり、構成機関の助言を受けながら実施する「重点研究」と、センターを含め構成機関相互の連携により共同で実施する「相互連携に基づく研究」の2本を軸として研究を実施している。

平成26年度は下記のテーマについて研究を行った。

### 2.1 重点研究

- ・ テーマ1 深層崩壊危険箇所抽出手法に関する研究
- ・ テーマ2 那智川流域を対象とした土砂災害危険度評価及び警戒避難対策手法検討
- ・ テーマ3 大規模河道閉塞の対策技術に関する研究
- ・ テーマ4 深層崩壊対策工法に関する研究

### 2.2 相互連携に基づく研究

- ・ テーマ1 那智川流域での平成23年台風12号時の崩壊特性と水文特性
- ・ テーマ2 和歌山県内の深層崩壊発生斜面での水文・水質特性に関する研究
- ・ テーマ3 平成23年台風12号による和歌山県内の地震計の波形特性に関する研究
- ・ テーマ4 過去の表層崩壊の崩壊特性と降雨分布との比較
- ・ テーマ5 地形開析に着目した、球状風化を呈する花崗斑岩分布域における表層崩壊の発生特性
- ・ テーマ6 表層崩壊発生流域での水質特性に関する研究
- ・ テーマ7 崩壊痕跡を考慮した表層崩壊危険斜面の推定
- ・ テーマ8 溪床堆積物再移動型土石流の発生プロセスについての研究
- ・ テーマ9 紀伊山地付加体における深層崩壊対策に資する水文調査・解析手法の構築
- ・ テーマ10 ウルトラナローバンドを利用した砂防観測情報収集システムの構築

# 深層崩壊危険箇所抽出手法に関する研究

国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所

桜井亘・酒井良・奥山悠木

本研究では、深層崩壊発生斜面と航空レーザ測量データを用いた地形解析結果を重ね合わせ、深層崩壊発生斜面の地形的特徴を把握する。これらの地形的特徴や、深層崩壊発生斜面での地質・水文調査、空中電磁探査等により、深層崩壊危険斜面の抽出手法を検討する。

## 1. 研究の背景・目的

極端な気象現象が世界規模で頻繁に発生するなか、我が国においてもこれまでの観測記録を大幅に上回る豪雨が頻発し、深層崩壊に起因する土砂災害が多数発生している。深層崩壊は、土砂移動現象としての規模が大きいことから、崩壊土砂による被害も甚大となるうえ、河道を閉塞させた場合には、湛水による被害や、越流等による決壊に伴う下流の被害などの影響が大きい。



図-1 十津川上域で発生した深層崩壊の状況  
(平成23年台風12号)

このような異常な気象現象に伴う深層崩壊の発生から国土を保全していくためには、深層崩壊が発生する斜面の地形・地質・水文的な特性を把握し、発生機構を研究していくことが重要であり、その結果を深層崩壊発生の危険性が高い斜面の予測手法につなげていくことが重要である。

深層崩壊発生の危険性が高い斜面においては、施設整備、事前の避難による災害の防止や被害の軽減等の対策が望まれるものの、有効な対策を実施するためには、どの斜面で深層崩壊が発生しやすいのかを予測することが必要となる。

そこで本研究では、平成23年台風12号の豪雨により複数の斜面で深層崩壊が発生した十津川上流域を対象として、深層崩壊発生前に取得された航

空レーザ測量データを活用して深層崩壊発生との関連性が高い地形・地質・水文特性を把握する。この結果をふまえ、紀伊山地において、豪雨による深層崩壊が発生する危険性が相対的に高い斜面を抽出する手法を検討する。

研究結果で得られた知見は、我が国全体の深層崩壊発生による土砂災害の予測・対策に資する基礎資料となることが期待される。

## 2. 研究課題

本研究では、新宮川水系十津川流域をモデルケースとした深層崩壊危険箇所抽出手法の確立に向けて、以下に示す研究課題を設定し、各種検討を進めているところである。

### (1) 地形解析による抽出手法の検討

深層崩壊発生斜面で計測された発生前の航空レーザ測量データを用いて、深層崩壊発生との関連性が高い地形条件を抽出する。抽出した条件を用いて、地形条件から深層崩壊危険斜面の絞り込み手法を検討する。

### (2) 地質・水文調査による深層崩壊発生機構と抽出手法の検討

地形・地質・水文情報を基に深層崩壊発生機構をモデル化するとともに、空中電磁探査結果に対する地質・地形的な検証を行う。また、斜面詳細調査による斜面・ブロックの絞り込み手法を検討する。

### (3) 空中電磁探査による抽出手法の検討

重力変位・変形発達斜面の比抵抗特性把握と検証、地質・水文特性に関する比抵抗特性の確認を行い、比抵抗特性から着目する斜面・ブロックの確認手法の検討と適用性を確認する。

### (4) マニュアル(案)のとりまとめ

地形解析、地質・水文調査・空中電磁探査の検

討結果を基に、新宮川水系十津川流域をモデルケースとした深層崩壊危険斜面抽出手法の考え方を、全国に適用できるようなマニュアル（案）の形で取りまとめる。

### 3. 平成26年度の研究成果

平成26年度に実施した研究成果は以下のとおりである。

#### (1) 地形解析による抽出手法の検討

##### 1) 十津川流域における地形条件の検討

平成23年豪雨による深層崩壊発生箇所のうち、深層崩壊発生前の航空レーザ計測データが存在する十津川上流域において、航空レーザ計測による高精度地形データを活用して崩壊発生との関係性が高い地形条件を把握し、深層崩壊危険斜面を絞り込む地形条件を検討した。

その検討結果に対し、地形・地質特性が異なる十津川下流域で適用性を検証し、流域全体での深層崩壊危険斜面の絞り込みに適した4つの地形条件と、その組み合わせによる抽出結果の妥当性を検証した。

【重力性変形の発達評価】深層崩壊発生に関連する微地形として、小崖等（段差を伴う線状の微地形）を高精度地形データから判読し、その合計延長を単位斜面毎に算出した指標が、深層崩壊発生の相対評価に有効であることが確認された。

【侵食地形の発達が少ない平滑斜面の評価】深層崩壊発生斜面は、侵食による谷の発達が少ない比較的平滑な斜面で発生している傾向をふまえ、固有値比から侵食による凹凸の少ない斜面を抽出し、それが単位斜面に占める割合を算出した指標が、単位斜面の相対評価に有効であることが確認された。

【単位斜面における起伏量の評価】単位斜面の起伏量（単位斜面内の体積を算出し、斜面投影面積で除した地形量）を算出し、深層崩壊発生斜面の特徴をとらえる閾値を検討した結果、深層崩壊発生斜面の相対評価に有効であることが確認された。

【単位斜面の斜面勾配分布の評価】単位斜面における斜面勾配分布を算出し、深層崩壊発生斜面の特徴をとらえる閾値を検討した結果、深層崩壊発生の相対評価に有効であることが確認された。

#### 2) 十津川流域における抽出指標の検討

十津川上下流域で検討した深層崩壊発生に関連性が高い4つの地形条件について、地形条件の組み合わせ条件による的中率とカバー率を算出し、深層崩壊危険斜面の絞り込みにおける特徴と有効性を検討した。

#### (2) 地質・水文調査による深層崩壊発生機構と抽出手法の検討

##### 1) 深層崩壊発生箇所の地形、地質構造・水文特性の把握

平成23年豪雨で発生した深層崩壊8地区を対象に、地形・地質・水文の各資料を収集し、特徴を整理した。その結果、8地区の共通する特徴は、以下の通りとなった。

【地形特性】深層崩壊発生前の斜面に山頂緩斜面、小崖地形などの重力変形斜面や地すべり地形が形成されていたこと、斜面下部には凹地形（ガリーや崩壊地形など）が形成されていたことなどである。

【地質特性】斜面に対して流れ盤構造を示す不連続面が発達すること、また不連続面が交差することでクサビ状の構造を示す場合があること、深い深度まで岩盤の緩い域が形成されていたことなどである。

【水文特性】崩壊地背後に地下水を供給する長大斜面や沢地形があること、地下水を流入させる透水性岩盤（砂岩層や緩み岩盤など）・断層が形成されていること、崩壊地周辺に地下水が急上昇する水文構造が形成されていることなどである。更に崩壊地内または崩壊地周辺とその周辺に比べて、崩壊地側の斜面の比流量が大きい場合や水質が異なる場合がある。

これらの結果より、深層崩壊8地区での発生機構をモデル化してとりまとめた。また、深層崩壊8地区の斜面に隣接して、空中電磁探査で解析された相対的に低比抵抗部がクサビ状（比抵抗ウェッジ）を示す範囲があることを指摘した。

##### 2) 空中電磁探査結果による地盤特性の検証

平成23年豪雨で発生した深層崩壊8地区を対象に、深層崩壊と空中電磁探査で解析された比抵抗ウェッジの断面形状と平面分布の関連性を、地質、水文、既往の崩壊深、崩壊跡地との観点から把握するとともに、深層崩壊発生の原因となる地下水の流下経路や有圧水化について検討した。

その結果、比抵抗ウェッジの下面付近の深度は、岩盤の緩み域底面の深度や既往の崩壊深度に近く、

比抵抗ウェッジ内で地下水位が変動をしていること、赤谷・長殿周辺に分布する崩壊跡地と比抵抗ウェッジの関係の解析では、深層崩壊跡地の9割の近辺に比抵抗ウェッジが存在していること、8地区の深層崩壊地周辺にも比抵抗ウェッジが存在していることが把握できた。

### (3) 空中電磁探査による抽出手法の検討

#### 1) 重力変位・変形発達斜面の比抵抗特性把握と検証

地形解析で抽出された十津川流域の野迫川地区（四万十帯）と天川地区（秩父帯と花崗岩）の深層崩壊危険斜面の比抵抗パターンを確認し、共通点・相違点を地形指標を基に整理分析した。

その結果、重力変位・変形発達斜面は泥質岩分布域で浅層が低比抵抗を示すタイプの斜面に、重力変位・変形の発達程度が弱い斜面はチャート・花崗岩分布域で浅層が高比抵抗を示すタイプの斜面に相当することを確認した。

#### 2) 地質構造・水文特性に関する比抵抗特性の確認

斜面の岩盤緩み域や地下水位に関連する断面方向の比抵抗パターンの整理や比抵抗変化率等の定量的指標化を検討した。その結果、比抵抗ウェッジ軸の自動抽出手法と比抵抗変化率の図化手法を開発した。

#### 3) 比抵抗特性から着目する斜面・ブロックの確認

深層崩壊斜面・地質・地下水に関連する比抵抗ウェッジ構造を平面可視化する手法を検討した。その結果、比抵抗ウェッジの自動平面抽出手法を開発した。

## 4. 次年度以降の課題

次年度以降の課題は以下のとおりである。

### (1) 地形解析による抽出手法の検討

#### 1) 他流域（北山川流域・吉野川・有田川・日高川・富田川・日置川上流域）における深層崩壊危険斜面の抽出

十津川流域で検討した深層崩壊危険斜面抽出手法を、他流域へ適用して危険斜面を抽出するとともに、地形条件から危険斜面を絞り込む手法の適用性を検討する。

#### 2) 地質・水文特性、空中電磁探査による検討結果を踏まえた適用性などの考察

地形条件から危険斜面を絞り込む手法で抽出された斜面について、地質・水文特性や空中電磁探査から検討された深層崩壊発生機構との関係性を考察するとともに、その結果を踏まえた他地域への適用性を考察する。

### (2) 地質・水文調査による深層崩壊発生機構と抽出手法の検討

#### 1) 空中電磁探査結果による地盤特性の検証

深層崩壊8地区以外で、深層崩壊と比抵抗ウェッジの有無を検証する。また、比抵抗ウェッジの平面形状と地質・地下水流下経路の関連性を把握する。

#### 2) 斜面詳細調査による斜面・ブロックの絞り込み手法の検討

比抵抗ウェッジと小崖地形の組み合わせの出現パターンは、大きく4つのパターンに分類される。それぞれのパターンと地質・水文特性の関連性を検証し、危険箇所抽出手法の絞り込み精度の向上を図る。

### (3) 空中電磁探査による抽出手法の検討

#### 1) 重力変位・変形発達斜面の比抵抗特性把握と検証

地形解析で抽出された他流域の深層崩壊危険斜面抽出箇所の比抵抗特性を確認するとともに、地形・地質特性が異なる流域での適用性を検討する。

#### 2) 地質構造・水文特性に関する比抵抗特性の確認

斜面の岩盤緩み域や地下水位に関連する斜面内部の比抵抗特性を蓄積・類型化するとともに、深度方向の比抵抗特性の定量的指標化や崩壊土砂量算出手法を検討する。

#### 3) 比抵抗特性から着目する斜面・ブロックの確認

地形解析で抽出された他流域の深層崩壊危険斜面抽出箇所、比抵抗ウェッジの自動平面可視化手法の精度を確認し、地形・地質特性が異なる流域での適用性を検討する。

### (4) マニュアル（案）取りまとめ

地形解析、地質・水文調査・空中電磁探査の検討結果を基に、新宮川水系十津川流域をモデルケースとした深層崩壊危険斜面抽出手法の考え方を、全国に適用できるようなマニュアル（案）の形で取りまとめる。



# 那智川流域を対象とした土砂災害危険度評価 及び警戒避難対策手法の検討

国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所

桜井亘・酒井良・奥山悠木

平成23年紀伊半島大水害において、那智川流域で発生した土砂移動及び警戒避難の実態を整理したうえで、流域内で想定される土砂災害リスクの評価を行なう。さらに、リスク評価結果をもとに、流域内の土砂動態観測データの活用も見据えた警戒避難対策手法について検討する。

## 1. 研究の背景・目的

極端な気象現象が世界規模で頻繁に発生するなか、我が国においてもこれまでの観測記録を大幅に上回る豪雨が頻発し、激甚な土砂災害が各地で発生している。こうした異常な気象現象に伴う土砂災害から国土を保全するためには、土砂災害の発生機構の解明が不可欠であり、特に過去の降雨実績を上回る降雨等によって発生する土砂移動現象を予測することは警戒避難対策を講じる上で重要である。

そこで本研究では、これまでの降雨実績を上回る平成23年台風12号の豪雨により複数の溪流で崩壊・土石流が発生した那智川流域を対象として、土砂災害の発生機構の解明に向けた検討を行なう。那智川流域における土砂災害の発生機構を解明することは、当該流域の保全だけでなく、我が国全体の土砂災害予測・対策に資する基礎資料となることが期待される。

## 2. 研究課題

本研究では、土砂災害の発生機構の解明に向けて、以下に示す研究課題を設定し、那智川流域をケーススタディとした各種検討を行なった。

### (1) 土砂移動実態の把握

那智川流域における平成23年災害時の崩壊・土石流の発生実態の調査や、災害後の土砂移動モニタリングを行い、土砂移動予測のための基礎データとして整理する。

### (2) 土砂移動予測モデルの構築

水文モデルによる斜面崩壊予測や、土石流（特に平成23年台風12号豪雨のような同時多発的に発生する土石流）による被害予測手法の確立に向けた検討を行なう。

### (3) 災害リスク評価と警戒避難対策の高度化

超過外力や地震、あるいは複合的災害によるリスク評価とそれに対する防災・減災のあり方を検討する。

## 3. 平成26年度の研究成果

平成26年度に実施した研究成果は以下のとおりである。

### (1) 土砂移動実態の把握

#### 1) 斜面崩壊の発生を支配する降雨指標の検討

那智川流域を含む熊野酸性岩地帯（花崗斑岩地帯）における崩壊地の分布状況を空中写真等から把握し、これらの崩壊地分布と、平成23年台風12号災害時の降雨分布との関係性を分析した。評価対象とした降雨指標はn時間雨量（ $n=1\sim 72$ ）とタンクモデル貯留高である。

その結果、短期的な降雨指標（1～12時間雨量、タンクモデル1段目貯留高）において、降雨量が大きくなるにつれて崩壊地個数が増える傾向が見られ、特に2時間雨量やタンクモデル1段目貯留高においてその傾向が強かった。一方、長期的な降雨指標（24～72時間雨量、タンクモデル3段目



図-1 那智川流域の土石流発生状況  
(H23年台風12号)

貯留高)では、降雨量と崩壊地個数の関係性は見られず、24時間雨量やタンクモデル2段目貯留高の場合、どの降雨量階級でも崩壊地個数は概ね一定であった。

つまり、対象地域で発生した崩壊は、一定量以上の長期降雨により地下水位(飽和帯)が形成されたところに、短時間降雨による急激な地下水位上昇が引き金となって崩壊が発生したものと考えられる。

## 2) H23豪雨による崩壊地の実態把握

H23豪雨時に那智川流域で発生した崩壊地の発生規模(崩壊深等)を調査し、崩壊深と地形条件、地盤条件の関係性を考察した。

その結果、那智川流域で発生した崩壊の形態分類として、①花崗斑岩の玉ねぎ状風化部の崩壊(岩塊のブロック状の崩壊)、②花崗斑岩のマサ状部の崩壊、③崖錐・岩屑斜面の崩壊、④花崗斑岩と熊野層群境界部の崩壊、⑤熊野層群の崩壊の5つに大別された。

崩壊個数としてはタイプ②及びタイプ③が多く、崩壊深はタイプ①は深く(平均8m程度)、タイプ②及びタイプ③はやや浅い(平均3m程度)傾向が見られた。また、発生場所の特徴として、タイプ①は開析斜面下部、タイプ②は開析斜面上部での発生が多く、タイプ③は開析斜面上部・下部のどちらにも多く分布していることが明らかとなった。

## 3) 表土層厚に関する調査

那智川流域におけるモデル斜面(3地区)において、土層強度検査棒による表土層厚の計測を行った。さらに、表土層厚と地形等との関係性を分析し、地形(地形区分や斜面勾配)を指標とした表土層厚の推定モデルを検討した。

表土層厚と傾斜量との関係については、一定の傾向(傾斜量が大きくなるほど表土層厚が小さくなる)は見られたものの、同様の地形区分でも表土層厚に大きなばらつきが生じており、コアストーンが存在等、モデル化を行なううえでの課題が明らかとなった。

## 4) 斜面における水文観測

降雨や土壌水分、地下水位等の観測データや斜面変位の計測データ等から、降雨と地下水位の応答関係や斜面変位との関係性を整理した。

降雨と地下水位との応答関係については、全体的に日雨量50mm程度で水位が上昇し始めること

や、地質の違いや風化度合いによって地下水位の挙動が異なること、風化花崗斑岩(熊野酸性岩)や土砂層の急な水位挙動に比べると砂岩(熊野層群)内の水位挙動はやや緩やかであるといった知見が得られた。

また、崩壊検知センサー(傾斜計・土壌水分計)による観測では、顕著な変位は観測されなかったものの、土壌水分は降雨に対して反応が敏感な箇所や鈍い箇所が見られた。ただし、その要因は現時点では明らかではない。

## 5) 溪流における濁水観測

出水時のバケツ採水による濁水観測を行なうとともに、採取資料の分析(粒度分布等)を行なった。また、濁水の発生起源(河床部あるいは崩壊地部)を推定するために、土砂生産源における粒径調査を行なった。

これらのデータを用いて、出水時の懸濁物質の時系列的な変化と、上流域での土砂動態(崩壊地の残土流出や崩壊地部の拡大等)との関係性を分析を行ない、濁水観測から上流部での事象を推定することの可能性を検討した。

平成26年8月の台風第11号に伴い金山谷川左支溪の崩壊地で拡大崩壊が発生した。この時の土砂移動について、崩壊前後の地形変化(地上型LPによる差分解析)と流下域での水位、濁度、溶存イオン、浮遊砂成分の粒度変化を観測した。SSと流量の関係、溶存イオン濃度や浮遊砂の粒度分布の時間的な変化から、濁水の挙動と上流での土砂移動状況がある程度関連づけられることが示唆された。

今後は、強度や継続時間等が異なる降雨での検証や、より土砂生産源から離れた下流河道での浮遊砂観測(距離に応じた浮遊砂の変化)との比較検証等が必要と考えられる。

### (2) 土砂移動予測モデルの構築

次年度以降に検討する土砂移動予測モデルの構築に向けて、H23豪雨時に発生した各支溪流について、災害直後の空中写真や現地写真を手がかりとして、特に本川合流部における氾濫・堆積状況等の実態把握を行なった。

那智川本川の氾濫の原因となったトラブルスポットは、①左支溪(陰陽川～内の川の区間)からの崩壊土砂の流入箇所、②平野川からの土砂流入箇所、③源道橋上流の河床上昇であった。

那智川本川河道の河床上昇に大きな影響を及ぼ

しているのは、ほぼ直接的に本川に流入する尻剣谷川や金山谷川であると考えられた。その他の溪流は、本川までに緩衝区間があり、本川に流入するまでに大きく氾濫しているために本川への流入土砂量はそれほど多くないものと推測された。

土砂移動モデルを用いて那智川の氾濫を再現するうえでは、特に井関地区への氾濫の原因となった源道橋上流の河床上昇を再現することが重要となる。この河床上昇の直接的な原因としては、尻剣谷川からの土砂流入である可能性が高く、今後の検討を行なううえで重要なポイントになることが明らかとなった。

### (3) 災害リスク評価と警戒避難対策手法の確立

#### 1) 超過計画規模降雨時の被害想定

砂防事業で対象としている計画降雨を上回る降雨（超過計画規模降雨）において想定される被害を予測した。具体的には、直轄砂防事業が終了した段階で想定される残存リスクを評価するために、事業終了時の土砂流入条件及び地形条件を設定し、超過計画規模降雨時の被害を土砂移動シミュレーションにより想定した。

#### 2) 地震も含めた複合的自然災害による被害想定

降雨、地震あるいは両者の複合的な自然災害による災害発生シナリオを想定するとともに、災害発生時の影響度を評価した。

地震による災害は、紀伊半島南岸で想定される南海トラフ地震時の斜面崩壊危険度を評価し、それをもとに被害想定を行なった。

#### 3) 複合災害等に対する警戒避難対策手法の確立

那智川流域を対象として、前項までの被害想定結果を踏まえて、豪雨及び地震による複合災害のシナリオを検討した。

さらに、想定した複合災害シナリオに対して、対象地域の流域特性や防災対策の現状を踏まえてハード・ソフト対策の抽出を行ない、対策方針を検討した。

## 4. 次年度以降の課題

本年度の研究成果を踏まえて、次年度以降に実施すべき事項を以下に列記した。

### (1) 土砂移動実態の把握

#### 1) 表土層厚に関する調査

本年度の調査では、コアストーンの有無等、モ

デル化を行なううえでの課題が明らかとなった。今後は、他地域での検討事例との比較検証や、空中電磁探査の結果も踏まえつつ、調査地点を追加して土層厚推定方法に関する検討を行なう必要がある。

### 2) 流砂・水文観測

斜面における水文調査は、降雨浸透から崩壊に至る過程を明らかにするうえでの基礎データとなり得るものであり、今後も継続的な観測によるデータ蓄積を進めていく予定である。同様に、溪流における濁水調査等についても、土砂移動の前兆現象となり得る観測項目の抽出に向けて、引き続き観測を継続し、データ蓄積を図る予定である。

### (2) 土砂移動予測モデルの構築

#### 1) 水文モデルによる斜面崩壊発生危険度評価

本年度及び次年度以降に調査する表土層厚データ等を用いて、簡易水文モデル（H-Slider法）による崩壊発生危険度評価を行なう。評価結果について、H23 災害時の再現性を検証するとともに、予測モデルの改良に向けた検討を行なう。

#### 2) 同時多発的に発生する土石流による被害予測

平成 23 年災害の被害状況について、本年度に調査した土砂移動態等を踏まえてシミュレーション手法による再現解析を行なう。

### (3) 災害リスク評価と警戒避難対策の高度化

#### 1) 災害リスク評価

那智川における平成 23 年災害の再現モデルを用いて、今後想定される被害の予測精度の向上を図る。また、那智川と同様に豪雨・地震による複合的な自然災害が想定されるエリアを追加した検討を行なう。

特にシミュレーション等の技術的なモデル成果に加え、該当する流域内における警戒避難の実効性を高めるための支援シナリオや警戒避難対策について作成し、モデル検証した結果について地域との合意形成をはかり、那智モデルとして構築する。

#### 2) 複合災害等に対する警戒避難対策手法の確立

超過外力や複合災害に対する防災・減災のあり方を総合的に検討し、その成果を「減災対策・警戒避難等に関するマニュアル(案)」としてとりまとめる。マニュアル(案)については関係機関と合意形成を図り、連携方策の課題を整理する。

# 大規模河道閉塞の対策技術に関する研究

国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所

桜井亘・酒井良・奥山悠木

本研究では「平成24年度 河道閉塞等対策検討委員会」（委員長：水山高久教授 京都大学大学院農学研究科）の提言等に基づいて紀伊山地においてこれまで実施してきた深層崩壊・河道閉塞対策（8箇所：赤谷地区、長殿地区、栗平地区、北股地区、熊野地区、清水〔宇井〕地区、坪内地区、三越地区）を検証し、それを踏まえて深層崩壊・河道閉塞対策の基本的な考え方とともに適用可能な対策手法や工法について検討する。

## 1. 研究の背景・目的

我が国における深層崩壊・河道閉塞に起因する土砂災害には、古くは1858年（安政5年）飛越地震／鳶崩れ（常願寺川）、明治～昭和期にかけては1889年（明治22年）十津川大水害（奈良県新宮川）、1953年（昭和28年）有田川災害（和歌山県）、そして近年では2004年（平成16年）新潟県中越地震（新潟県）、2008年（平成20年）岩手・宮城内陸地震（岩手県・宮城県）、2011年（平成23年）紀伊半島大水害（奈良県・三重県・和歌山県）などがある。また、海外では2012年～2013年（平成24～25年）インドネシア共和国マルク州アンボン島（ワイエラ川）の事例もある。

深層崩壊・河道閉塞に起因する災害には河道閉塞の形成に伴う浸水被害（新潟県木籠地区、宮城県湯ノ倉地区）、河道閉塞の決壊に伴う大規模な土石流による土砂・氾濫被害（富山市常願寺川、インドネシア共和国ワイエラ川）などが特徴的であり、さらには、深層崩壊・河道閉塞から長期間にわたって土砂が流下することによる河床上昇に伴う氾濫被害も発生する。



図-1 深層崩壊・河道閉塞の発生状況（赤谷地区）

近年の国土交通省による深層崩壊・河道閉塞の対策工事としては、2004年（平成16年）新潟県中越地震時に新潟県山古志村（当時）芋川流域に形成された東竹沢地区・寺野地区において実施された、緊急対策としての排水ポンプによる湛水池の水位低下

や重機による排水路開削・排水管設置等の越流決壊防止工、恒久対策としての河道閉塞部下流における堰堤工・排水路工の整備による河道閉塞の安定性確保が主流となっている。この対策方針は2008年（平成20年）岩手・宮城内陸地震時における対策工事を経て、各種マニュアル（例えば、「天然ダム対策工事マニュアル（施工編）（案）」平成22年11月）に整理されている。

しかし、2011年（平成23年）紀伊半島大水害で形成された河道閉塞の閉塞高が、それまでの最大規模50mを大きく上回る100mにも達していたために対策計画や施工がより困難になった上、閉塞部の高低差が大きいため湛水池から流出する流水の影響が極めて大きく、さらには、頻繁に崩壊地から土砂流出が発生する大規模な深層崩壊斜面直下で対策を実施するなど、厳しい条件下での対策を強いられた。

そこで本研究では、2011年（平成23年）紀伊半島大水害において生じた深層崩壊・河道閉塞の対策工事を通じて得た対策に関する知見を基本として、2004年（平成16年）新潟県中越地震災害の芋川流域、2008年（平成20年）岩手・宮内陸地震災害の磐井川・迫川流域における対策工事をレビューしながら、河道閉塞が形成された直後に実施する緊急対策工事の基本方針をはじめ、深層崩壊・河道閉塞対策計画、適用可能な対策手法・工法、対策工事のあり方について検討を行う。本研究の成果は、我が国全体における深層崩壊・河道閉塞対策技術の向上に資する基礎資料となることが期待される。

## 2. 研究課題

本研究では、深層崩壊・河道閉塞対策のあり方の検討に向けて、以下に示す研究課題を設定し、各種検討を行なった。

### (1) 既往の深層崩壊・河道閉塞対策のレビュー

これまでに実施してきた緊急対策・恒久対策工事の整理とともに、他地域の対策事例の収集・整理を行う。

### (2) 深層崩壊・河道閉塞対策と土砂移動実態の把握

これまでに実施してきた対策工事を時系列的に整理するとともに、2011年（平成23年）以降に発生



した出水時等の土砂移動実態を把握する。

**(3) 対策の妥当性検証及び課題抽出**

施工業者へのヒアリングを実施して対策の妥当性・効果・課題、今後の対策のあり方に関する意見を把握するとともに、(2)で整理した対策と土砂移動実態との関係进行分析し、対策の妥当性検証と課題抽出を行う。

**(4) 深層崩壊・河道閉塞対策のあり方の検討**

上記を総括し、深層崩壊・河道閉塞対策計画、適用可能な対策手法・工法、対策工事のあり方を検討し、マニュアルとしてとりまとめる。

**3. 平成26年度の研究成果**

平成 26 年度に実施した研究成果は以下の通りである。

**(1) 既往の深層崩壊・河道閉塞対策のレビュー**

各地区 (8箇所) においてこれまでに実施してきた緊急対策工事ならびに現時点における恒久対策工事の状況を整理した (図-2~3; 赤谷地区の事例)。また、他事例として、2004年 (平成16年) 新潟県中越地震災害の芋川流域、2008年 (平成20年) 岩手・宮内陸地震災害の磐井川・迫川流域、2012年~2013年 (平成24~25年) インドネシア共和国ワイエラ川流域の対策工の事例について整理した。



図-2 緊急対策工事の概要整理結果 (赤谷地区)



図-3 恒久対策工事の概要整理結果 (赤谷地区)

**(2) 深層崩壊・河道閉塞対策と土砂移動実態の把握**

各地区 (8箇所) において対策工事の着工以降に発生した土砂移動現象の実態を整理するとともに、これまでに実施してきた緊急対策・恒久対策工事の実施状況を時系列的に整理し、各時点における対策工の考え方 (その対策工を選定した根拠など) と実態について分析した (図-4)。

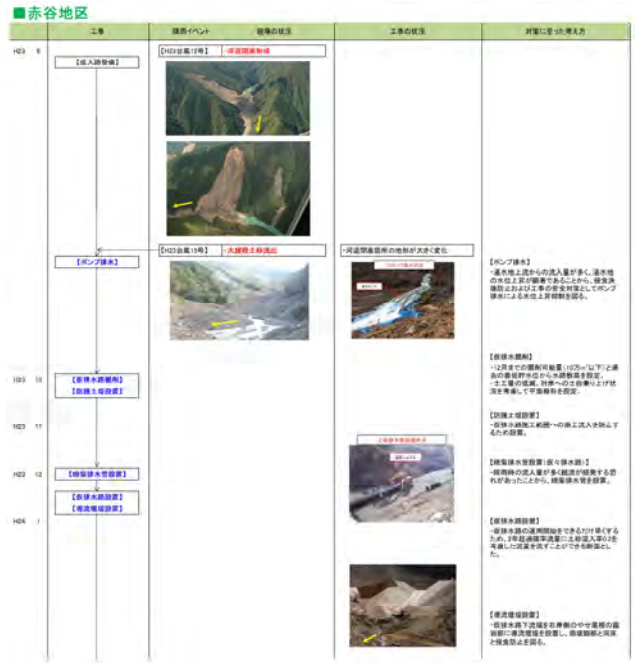


図-4 対策工事の時系列的な流れと対策の考え方 (赤谷地区)

本年度は、平成 26 年 8 月 8 日~9 日台風 11 号により赤谷地区と栗平地区で大規模な土砂移動現象が発生した。

**■赤谷地区の土砂移動実態**

赤谷地区では深層崩壊で再崩壊が発生し、この崩壊土砂により仮排水路で再閉塞・侵食が生じた。崩壊土砂量は約 76 万 m<sup>3</sup> (航空レーザー測量差分解析結果)、侵食に伴う河道閉塞下流への流出土砂量は約 29 万 m<sup>3</sup>、侵食に伴う最大流量は約 166m<sup>3</sup>/s と推定された (図-5~6)。

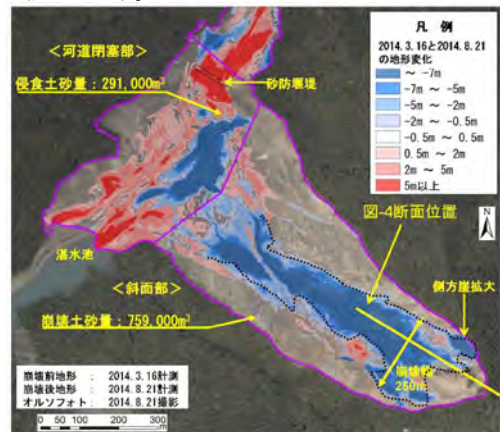


図-5 赤谷地区における平成26年8月台風11号前後の標高差解析

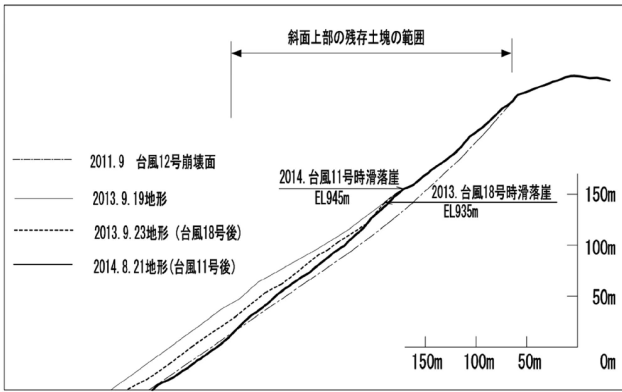


図-6 赤谷地区における平成26年8月台風11号前後の崩壊斜面縦断方向の地形変

■栗平地区の土砂移動実態

栗平地区では湛水池からの越流水によって河道閉塞部で大規模な侵食が生じた。最大侵食幅は約170m、最大河床低下量は約55mであり、侵食に伴う河道閉塞下流への流出土砂量は約165万m<sup>3</sup>、最大流量は約773m<sup>3</sup>/sと推定され、河道閉塞の下流では河床が最大で37m上昇した(図-7~8)。



図-7 栗平地区における平成26年8月台風11号前後の地形変

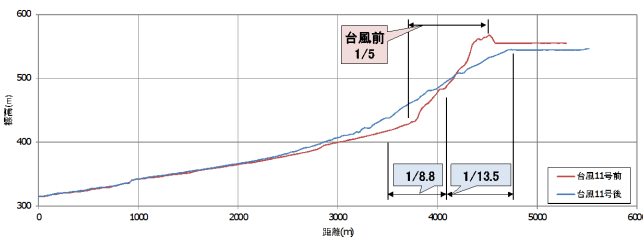


図-8 栗平地区における平成26年8月台風11号前後の河床縦断の地形変

(3) 対策の妥当性検証及び課題抽出

現在も河道閉塞および湛水池が残存している赤谷地区、長殿地区、栗平地区、北股地区の4地区を対象に、各地区を担当している施工業者へのヒアリングを実施し、これまでに実施した対策工の妥当性・効果・課題、今後の対策のあり方に関する意見を集約した。

ヒアリング結果とともに、対策工事と土砂移動実態との時系列的な関係分析の結果に基づき、対策の妥当性検証と課題抽出を行った。以下に主なポイントを示す。

- ・ 崩壊直後は多量の倒木が堆積していたため、河道閉塞へのアクセスが困難であった上、倒木の除去に約1ヶ月を要した。
- ・ 重機に搬入に際して必要となる特殊車両通行許可を得るには時間を要することから、申請の簡略化や事前協定の締結等が必要である。
- ・ 陸路による重機の搬入が困難な場合はヘリによって空輸したが、吊り下げ重量の限界があったため、今後は自衛隊との連携や、分解型重機の開発が必要だと考えられる。
- ・ 緊急対策工の設計基準、必要強度、竣工検査の基準等は一般の構造基準とは別に設定し、基準緩和を図ることが望ましい。
- ・ 排水路の整備に際しては、越流水による河道閉塞下流端の洗掘・侵食を防止するために、排水路と同時に堰堤工等の減勢工を整備することが重要である。
- ・ 緊急対策工事においては仮排水路の施工が最優先となったが、可能であれば、河道閉塞の高さを切り下げて、その掘削土砂によって湛水池を埋め戻すととも河道閉塞の下流面勾配を緩くすることが望ましい。

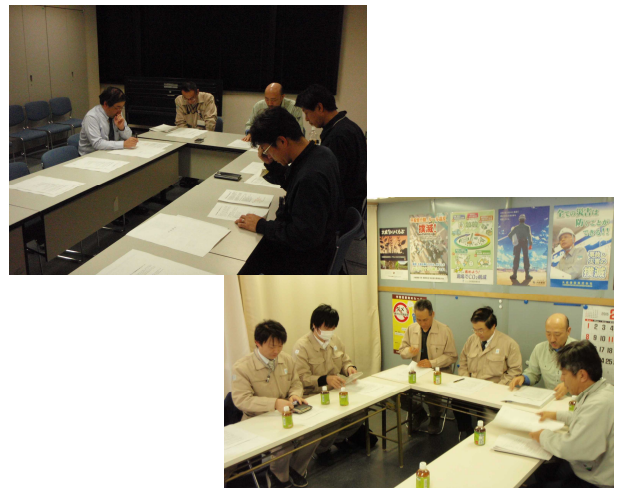


図-9 施工業者ヒアリングの実施状況

(4) 深層崩壊・河道閉塞対策のあり方の検討

上記検討結果を総括し、深層崩壊・河道閉塞対策計画、適用可能な対策手法・工法、対策工事のあり方を検討した。

4. 次年度以降の課題・方針

平成27年度以降は、引き続き、各地区における深層崩壊・河道閉塞の土砂移動実態を追跡し、対策工の効果・妥当性を検証するとともに、その結果に基づく対策計画、適用可能な対策手法・工法、対策工事のあり方を検討し、マニュアルとしてとりまとめる。

# 深層崩壊対策工法に関する研究

国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所

桜井亘・酒井良・奥山悠木

本研究では、紀伊山地の深層崩壊対策モデル斜面を対象として、想定される深層崩壊発生機構を踏まえ、深層崩壊の発生を抑制する対策工法や効果判定方法について検討する。

## 1. 研究の背景・目的

紀伊山地では、平成23年9月台風12号の豪雨により、大規模な深層崩壊が多発し、17箇所の天然ダムが形成された。深層崩壊は土砂移動の規模が大きく、一度崩壊が発生すると被害が甚大なうえ、広範囲に影響を及ぼし、対策までの時間も長期間必要となる。

このような深層崩壊による被害を軽減するためには、深層崩壊の発生の恐れのある斜面を抽出し、保全対象の重要性により深層崩壊の発生を抑制する有効なハード対策とソフト対策とを組み合わせた事前予防対策が重要である。

そこで本研究では、深層崩壊のモデル斜面を選定して、対象斜面の深層崩壊発生機構を踏まえ、深層崩壊発生前に実施可能な対策工法について、有効な対策工法の選定や施工方法、効果判定手法について検討し、対策工の評価手法を構築することを目的とする。また、他地域にも適用できるようなマニュアル（案）等の形で取りまとめを行う。

紀伊山地における深層崩壊対策工法の効果判定に関する研究成果が、我が国全体の深層崩壊対策工法の検討や効果判定に資する基礎資料となることが期待される。

## 2. 研究課題

本研究では、奈良県吉野郡天川村栃尾地区内の斜面をモデル斜面として、詳細な地質調査を実施し、深層崩壊の発生機構を踏まえた対策工法の選定・施工法の検討、効果判定手法の検討を行う。対策工法の効果判定手法の確立に向けて、以下に示す研究課題を設定し、各種検討を行う。

### (1) 地形・地質・水文特性の把握

深層崩壊に関連する地形・地質・水文状況から対象とするモデル斜面を選定する（図-1）。

選定したモデル斜面において詳細な現地調査を行う。現地調査は、電気探査、機械ボーリング、各種検層、モニタリング等を実施し、これらの結果からモデル斜面の深層崩壊発生機構を検討して、実施可能な対策工法の検討資料とする。

対策工施工前後の地下水位、湧水量・排水量の観測を行い、施工前後の地下水の変化を把握するとともに、地下水解析の基礎資料とする。また、施工前後の比抵抗分布の比較により、地下水低下範囲や地下水流下経路の変化を把握する（電気探査、空中電磁探査等の利用）。

### (2) 深層崩壊対策工法の検討

対象斜面で実施可能な深層崩壊対策工法を検討するために、既往の対策工法や仮設方法の資料収集・整理を行う。

モデル斜面で実施可能な対策工と選定された工法について試験施工を行い、工法の選定方法、施工方法、維持管理手法等について検討する。

### (3) 施工効果判定手法の確立

対象とするモデル斜面は、深層崩壊の発生の恐れのある斜面であり、かつ、明瞭な土塊移動に至っていない斜面である。観測期間中に変位が観測されない場合や崩壊面が未発達の場合が想定され、崩壊面の推定手法や安定計算による安定度評価方法について検討する。

深層崩壊対策工法の効果判定手法を確立するために、効果判定を行うための地下水モデル構築と検証を行う。効果判定には、施工前後の地下水位や湧水量等の観測データの比較、ある対象水位（既往最大、超過確率雨量対応等）との比較、タンクモデル（ボーリング孔の地下水位解析）、浸透流解析（面的な解析）等の手法があり、これらの地下水モデルと安定計算手法を組み合わせる手法について検討し、対策工の効果判定手法の構築・検証を行う。得られた成果は、マニュアル（案）としてとりまとめる。

## 3. 平成26年度の研究成果

平成26年度に実施した研究成果は、以下のとおりである。

### (1) 地形・地質・水文特性の把握

深層崩壊に関連する地形・地質・水文状況から対象とするモデル斜面として、天川村栃尾地区内の斜面を選定した。（図-1）



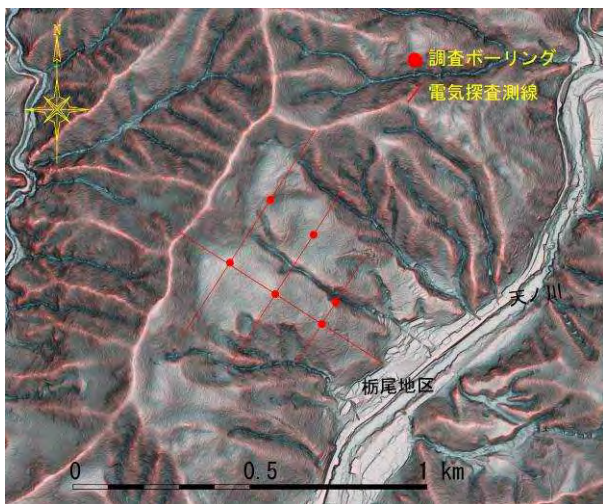


図-1 天川村栃尾地区の地形表現図と調査位置

モデル斜面における詳細な現地調査として、電気探査、機械ボーリング、各種検層、水質分析等を行い、地質・水文特性を把握し、深層崩壊の発生機構について検討した。

また、施工効果判定手法の検討のための地下水位や湧水量の観測データが必要となるので、各種観測機器を設置して、観測体制を整備した。

#### (2) 深層崩壊対策工法の検討

モデル斜面で実施可能な対策工法や仮設方法について、主に地すべり対策や急傾斜地対策等の工法の資料収集・整理を実施した。

対象地で実施可能な工法として斜面脚部での地下水排除工（横ボーリング工）を選定し、施工方法や仮設方法について検討した。

#### (3) 施工効果判定手法の確立

深層崩壊の発生の恐れのある斜面の安定性の評価方法について検討するために、既往資料の収集・整理を実施した。また、深層崩壊対策工法の効果判定手法を検討するために、既往資料の収集・整理を実施した。

##### 【崩壊面の予測方法】

モデル斜面は、明瞭な土塊の変動に至っておらず、崩壊範囲の設定や地盤内の崩壊面の設定が困難な場合が想定されるため、崩壊面を予測する手法について資料収集・整理を実施した。

##### 【安定度評価・初期安全率】

明瞭な変動に至っていない斜面に対する初期安全率の考え方や安定度評価について、資料収集・整理を実施した。

##### 【地下水位観測】

施工前後の地下水位や湧水量・排水量観測の事例を収集・整理し、地下水観測および流量観測方法について検討し、観測機器を設置した。

##### 【地下水モデル】

既往の地下水モデルについて資料収集・整理を実施した。施工効果判定を行うために、主にタンクモデルと浸透流解析による地下水モデルの構築方法について、資料収集・整理を実施した。

## 4. 次年度以降の課題

次年度以降の課題は、以下のとおりである。

### (1) 地形・地質・水文特性の把握

平成 27 年度は、地下水位、湧水量・排水量、動態観測等のモニタリングを行う。施工前後での降雨に対する地下水位の変化や湧水量・排水量の変化を把握し、効果判定のための基礎資料とする。また、施工前後の斜面の比抵抗分布の比較から効果を面的に把握する。

平成 28 年度は、地下水位、湧水量・排水量、動態観測等のモニタリングを継続し、観測結果をとりまとめて効果判定のための基礎資料とする。

### (2) 深層崩壊対策工法の検討

平成 27 年度は、多雨期後に地下水排除工（横ボーリング工）を実施し、施工方法や仮設方法について検証する。

平成 28 年度は、工法選定方法、施工方法、維持管理方法（排水機能の比較）について検証する。

### (3) 施工効果判定手法の確立

平成27年度は、多雨期のモニタリング結果から地下水モデルを構築し、対策工の効果予測を行う。施工後は、地下水位や湧水量・排水量観測結果と構築したモデルとを比較検証し、モデルの修正を行う。

平成28年度は、多雨期のモニタリング結果を踏まえ、地下水位、湧水量・排水量観測結果と地下水モデルによる予測との比較検証を行い、効果判定手法を検討する。

平成29年度は、地下水モデルと安定計算手法を組み合わせた効果判定手法を構築し、マニュアル（案）を作成する。



## 那智川流域での平成 23 年台風 12 号時の崩壊特性と水文特性

和歌山県  
 国立研究開発法人土木研究所  
 国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所

北勝也・西岡恒志  
 木下篤彦  
 桜井亘

### 1. はじめに

平成 23 年 9 月の台風 12 号では大規模な表層崩壊により那智川流域で大きな被害が発生している 1)。今後これらの被害を軽減するには、予想される降雨分布からおよその斜面の水文状況を推定し崩壊発生を予測することが必要である。これまで豪雨時の斜面の水文状況及び災害発生を予測するための手法としてタンクモデルを用いた事例が数例ある 2)・3)。一方でタンクモデルの貯留高と土砂災害との関係については十分検討されていないという課題も残っている。本研究では、平成 23 年の那智川流域での災害を例に挙げ、タンクモデルを用いて雨の降り方と水文特性との関係を明らかにすること、水文特性と崩壊の発生形態との関係を明らかにする。

崩壊は短時間雨量が効いて崩壊が発生したことが示唆される。

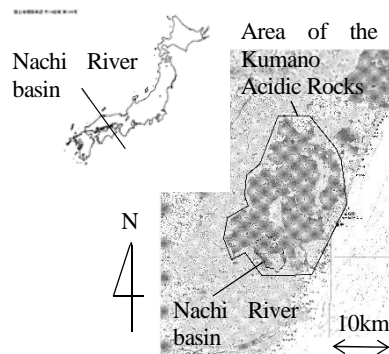


図-1 調査地の位置図

### 2. 調査地の概要及び降雨条件

調査地の位置図を図-1 に示す。調査は那智川流域を含む熊野酸性岩(花崗斑岩)が主に分布するエリアで実施した。このエリアでは平成 23 年の台風 12 号時に大規模な表層崩壊・土石流が多数発生している。図-2 に平成 23 年 9 月の台風 12 号時の那智川流域周辺の雨量の時間変化を示す。降雨は無降雨時間を除いて 50 時間以上と他の災害に比べて長い。またピーク時には時間雨量 130mm を超える雨が降っている。

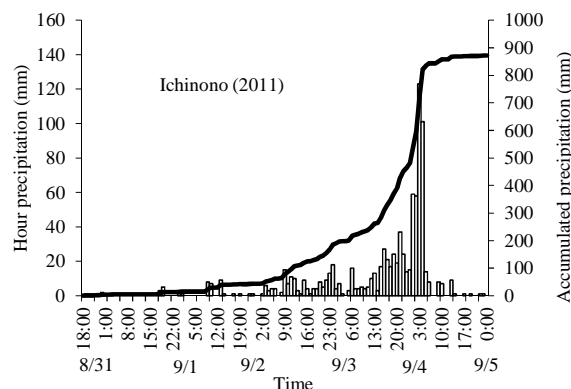


図-2 台風 12 号時の那智川流域周辺の雨量の時間変化

### 3. 降雨分布と崩壊分布の関係について

本研究ではまず航空写真を基に那智川流域を含む熊野酸性岩のエリア約 320km<sup>2</sup> において平成 23 年台風 12 号による崩壊箇所の分布を航空写真や LP などから判読した。次に、雨量観測所のデータから等雨量線図を作成した。調査の結果、崩壊箇所は 489 箇所、総面積は 0.8km<sup>2</sup> であった。これらの結果を基に、最大時間雨量と崩壊密度との関係を求めた。結果を図-3 に示す。最大 1 時間雨量の場合は雨量の増加に伴い崩壊密度も増加している。一方、最大 48 時間雨量の場合は雨量の増加と崩壊密度の関係が調和的でない。このことから、今回の台風による

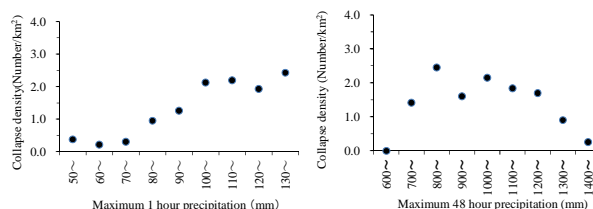


図-3 最大時間雨量と崩壊密度との関係

### 4. タンクモデルによる災害時の水文状況の再現計算

#### (1) タンクモデルのパラメータの設定について

タンクモデルのパラメータの設定方法については、鈴木ら<sup>2)</sup>、Ishihara ら<sup>4)</sup>、菅原ら<sup>5)</sup>を参考に下記のように設定した。

- ・タンクは3段とする。流出孔の設定は図-4の通りとする。1段目タンクは表面流出、2段目タンクは中間流出(表層浸透流出)、3段目タンクは地下水流出に該当する。

- ・計算流量が観測流量より小さい(大きい)なら、対応するタンクの流出係数を大きく(小さく)する。

- ・計算流量の減衰が観測流量の減衰より急(緩やか)であれば、対応するタンクの流出・浸透係数をとも小さく(大きく)する。

- ・ピーク時に計算流量のピークが観測流量のピークより小さい(大きい)なら第1タンクの上側の流出係数を大きく(小さく)する。

- ・計算による流量に小さなピークが存在する場合には、流出孔の位置を高くする。降雨があり、観測流量に小ピークがあるのに計算流量にピークが表れない場合は、流出孔の位置を低くする。

これらの条件で調整した結果、那智川流域では  $L1=30\text{mm}$ ,  $L2=80\text{mm}$ ,  $L3=30\text{mm}$ ,  $L4=30\text{mm}$ ,  $\alpha 1=0.03$ ,  $\alpha 2=0.05$ ,  $\alpha 3=0.01$ ,  $\alpha 4=0.002$ ,  $\beta 1=0.03$ ,  $\beta 2=0.01$ ,  $\beta 3=0.002$  とするとうまく再現できることが分かった。

## (2) タンクモデルによる計算結果と崩壊実績との関係

4.1で決定したパラメータを用いて平成23年台風12号の再現計算を行った。図-5に計算結果を示す。9月4日の未明に100mmを超える雨が2時間続いており、それによって第1タンクの貯留高が急激に上昇したことが崩壊につながったと考えられる。

図-6にタンク貯留高と崩壊密度の関係を示す。1段目のタンクは貯留高と崩壊密度との関係が調和的であるが、2段目・3段目は調和的でない。鈴木ら<sup>2)</sup>の研究では六甲山ハチース谷での観測結果から1段目・2段目が崩壊に効いているとの結果となっているが、平成23年台風12号については1段目が崩壊に寄与した可能性が高い。

このことから、地質や雨の降り方によって崩壊に寄与するタンクも合わせて変化する可能性があることが分かった。

## 5. おわりに

本研究では、平成23年の那智川流域周辺での災害について、降雨分布と崩壊分布との関係、及びタンクモデルによる災害時の水文状況の再現計算を行い、短時間の急激な雨量の増加により大規模な崩壊が発生したことが示唆された。

今後は、流量観測を継続的に実施するとともに計算手法の精度を高めることにより土砂災害の発生条件について検討したい。

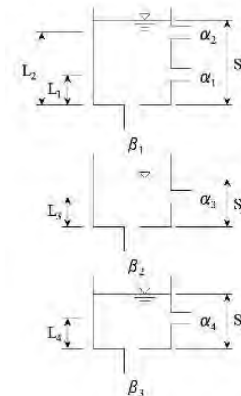


図-4 最大時間雨量と崩壊密度との関係

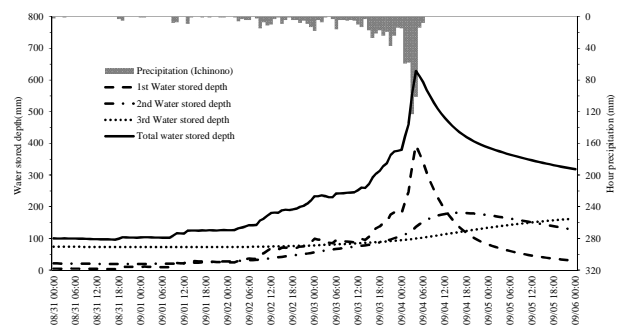


図-5 平成23年台風12号の再現計算結果

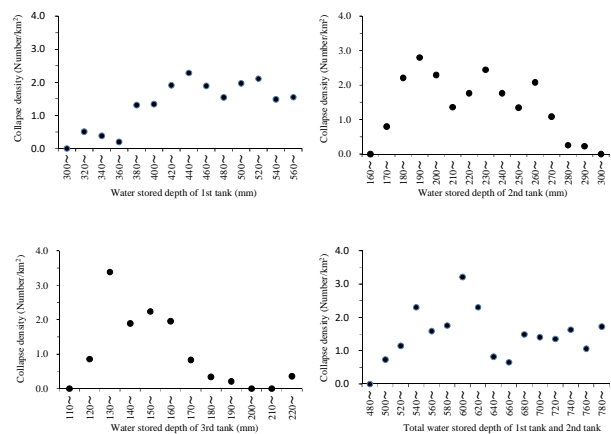


図-6 タンク貯留高と崩壊密度の関係

## 和歌山県内の深層崩壊発生斜面での水文・水質特性に関する研究

和歌山県  
国立研究開発法人土木研究所  
国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所

西岡恒志・千東圭央  
木下篤彦・高原晃宙・石塚忠範  
桜井亘

### 1. はじめに

和歌山県では平成23年台風12号の豪雨により和歌山県田辺市熊野地区で深層崩壊が発生し、明治22年の左会津川流域や昭和28年の有田川流域でも深層崩壊が発生している。このことから深層崩壊発生の恐れのある斜面を抽出することは喫緊の課題である。

これまで深層崩壊危険箇所の抽出手法の1つとして深層崩壊発生斜面からの湧水や渓流水の電気伝導度（EC）が注目されている<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup>、<sup>3)</sup>。

本研究では過去に大規模な深層崩壊が発生した有田川流域や斜面からの湧水のECの計測を面的に実施し、ECを指標とした深層崩壊危険斜面の抽出手法の検討を行った。

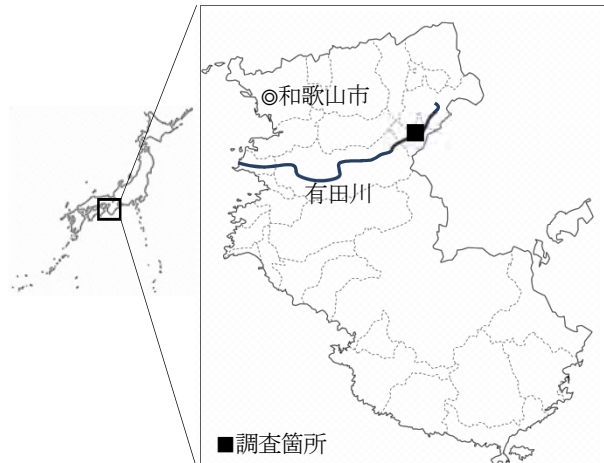


図-1 調査箇所位置図

### 2. 調査箇所の概要

#### (1) 調査箇所の概要

調査対象箇所は、昭和28年の有田大水害で深層崩壊など大規模土砂崩壊が多発した。図-1に調査箇所を示す。

有田川流域の地質は、下流域は三波川帯、上流域は四万十帯であり、付加体と呼ばれる堆積岩地域である。

#### (2) 調査手法

図-2に水質調査箇所を示す。水質計を用いて有田川本川及び支川のECの計測を行う。ECの抽出は以下の手順で行った。

①本川と支川の合流点に着目し、本川においては合流点直上・下流、支川においては合流点直上流で複数回ECの計測を行った。

②常にECが高い支川については①同様、支川のさらに支川に着目してECの計測を行った。

なお、渓流水のECは雨水の影響を受けて変化すると考えられるため降雨時や降雨直後には実施しないこととし、また同じ調査箇所であっても観測日が異なると観測条件が異なることから1回の調査は全て同じ日に完了する。また、上流に田畑等ECに影響を及ぼすおそれのある場合は観測対象から除外した。

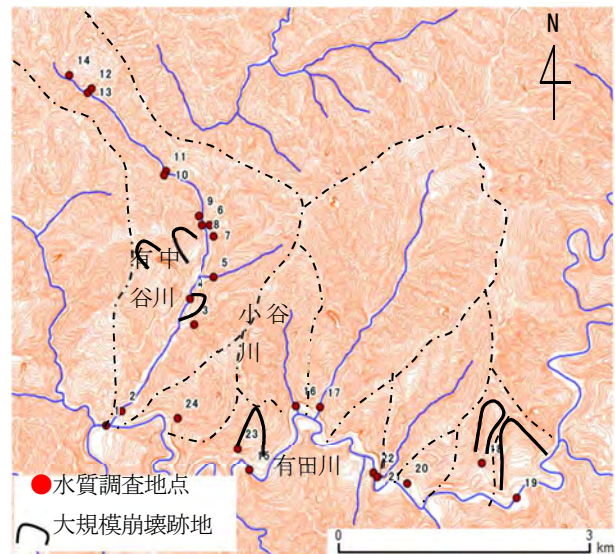


図-2 水質調査地点位置図

### 3. 崩壊斜面とその周辺における水質調査結果

#### (1) ECの高い溪流の抽出

平成26年8月から10月に同じ調査箇所ですべて計3回のECを計測し、ECが高い溪流が5箇所確認された(図-3)。

このうち3箇所は昭和28年に大規模崩壊が発生



した下流及び近辺であり、深層崩壊跡地からの湧出する溪流水の EC が高くなることが確認された。

1 箇所は上流に住居が多数あり、計測された EC が人為的な影響を受けている可能性がある。残り 1 箇所は昭和 28 年に大規模崩壊が確認されていない溪流である。

## (2) EC の高い溪流での詳細調査

小谷川では過去に大規模崩壊が確認されておらず、また人家など人為的影響がないにもかかわらず溪流水の EC が高かった。

これは流域内に過去に確認されていない大規模崩壊跡地か、または深層崩壊につながる斜面が存在する可能性があると考えられたため、流域の詳細調査を実施した。

詳細調査方法は小谷川の下流から EC を計測しながら上流へのぼり、流水が確認できる 3 箇所の支溪流の EC 計測も併せて実施した。

EC は上流へむかうに従い上昇していき、途中で合流する支溪流 1 の EC は低かったが、EC の高い支溪流 2 が分流すると EC は低下し、さらに上流で EC の高い支溪流 3 が分流すると本川の EC は大きく低下した (図-5)。

EC が高い溪流 3 流域でさらに調査を実施したところ、溪流内には過去に発生したと思われる土石流堆積物や崩壊跡地形、崖錐などが確認された。このことから、EC が高い支溪流 2 と支溪流 3 は過去に崩壊を起こした溪流及び斜面であり、深層崩壊の発生のおそれがある流域と判別される (図-4)。

## 4. おわりに

以上の調査結果により、過去に深層崩壊が発生した斜面及びその周辺から湧出する溪流水の EC が高いことが再確認された。

この結果は地頭菌ら 1) の研究と同様であった。比較的計測し易い本川合流部の水質の調査を実施して EC の高い溪流を選別し、その溪流の詳細調査を実施することは、過去の崩壊跡地や土石流跡地など危険溪流や危険斜面を発見する手法として有効であると考えられる。

今後は EC の高い流域において LP データを用いた地形判読による深層崩壊発生予測手法などと組み合わせ、様々な手法で深層崩壊発生斜面の抽出手法について検討していく。

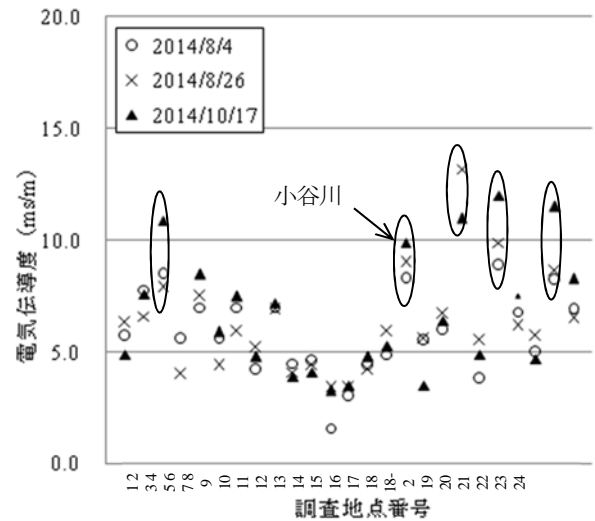


図-3 危険斜面の抽出結果

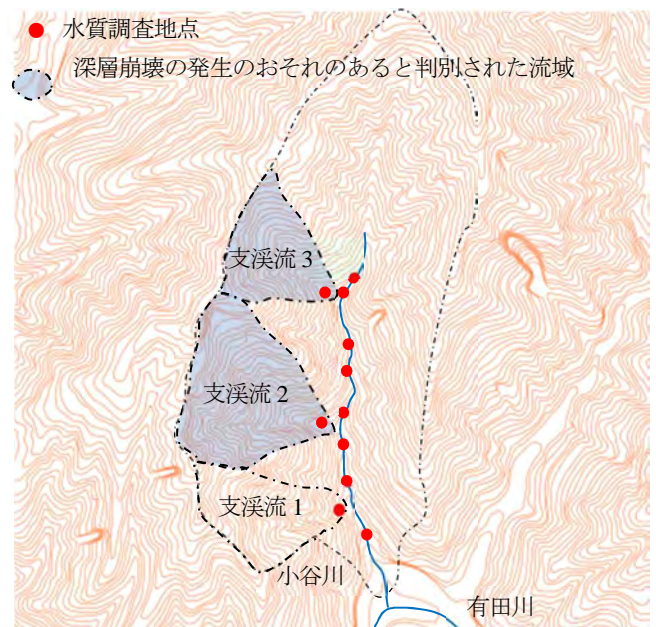


図-4 危険斜面の抽出結果

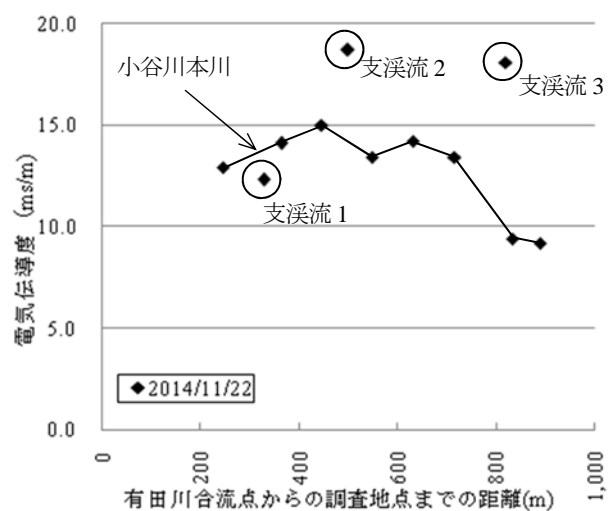


図-5 小谷川での EC の調査結果

## 平成 23 年台風 12 号による和歌山県内の地震計の波形特性に関する研究

和歌山県  
 国立研究開発法人土木研究所  
 国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所

大橋和也・西岡恒志  
 木下篤彦  
 桜井亘

### 1. はじめに

平成 23 年台風 12 号では和歌山県内の広範囲で 1,000mm を越える連続雨量を記録し、深層崩壊や河道閉塞、土石流が多数発生し甚大な被害が生じたが、被害地が広範囲に及んでいたため、その全容の把握には時間を要した。これらの課題を解決するツールの 1 つとして地震計の活用が挙げられる 1),2),3)。大規模土砂移動の検知は一方で地震波形との区別が付きにくいという課題がある。

本研究では、平成 23 年台風 12 号により和歌山県内で発生した大規模土砂移動の Hi-net データの解析を行い、振動特性の検討を行った。

### 2. 観測地点の概要

#### (1) Hi-net の概要

Hi-net は日本全国に約 20km 間隔、約 1,000 箇所の観測局があり、台風 12 号の災害箇所の近隣にも大塔や上富田などの観測局がある。

#### (2) 大規模土砂災害箇所と Hi-net 観測局

平成 23 年台風 12 号により和歌山県内で発生した多数の土砂災害箇所の中で深層崩壊 1 箇所と表層崩壊 2 箇所の 3 箇所を選定した (表-1)。紀伊半島に設置されている Hi-net 観測局と大規模土砂災害箇所の離隔距離は熊野地区と大塔観測点局間の 4km、那智川地区と那智勝浦観測局間の 6.5km 三越地区と十津川西観測局間の 13km であった (図-1)。

### 3. 解析手法

Hi-net データは公表されておりインターネットを通じてダウンロードを行う。Win32 形式のバイナリデータを変換プログラムで振動の数値に変換を行い、振動波形グラフ、周波数解析、振動波形グラフを大規模土砂災害箇所からの距離に並べたレコードセクションを作成して解析した。

表-1 平成 23 年台風 12 号で発生した主な大規模土砂災害

地区名	崩壊形態	崩壊土砂量	崩壊規模
熊野地区	深層崩壊	474万m <sup>3</sup>	幅440m、長さ650m、高さ250m
三越地区	表層崩壊	50万m <sup>3</sup>	幅200m、長さ330m、高さ180m
那智川地区 (金山谷川)	表層崩壊	9万m <sup>3</sup>	幅110m、長さ110m、高さ100m



図-1 大規模土砂災害位置と紀伊半島 Hi-net 観測局位置関係

### 4. 解析結果

熊野地区は振動センサーの 3 成分 (NS・EW・UD) ともに 9 月 4 日午前 6 時 53 分 40 秒頃からグラフの振幅が大きくなり 6 時 54 分過ぎに振幅が最大となり、その後数十秒間続いている (図-2)。

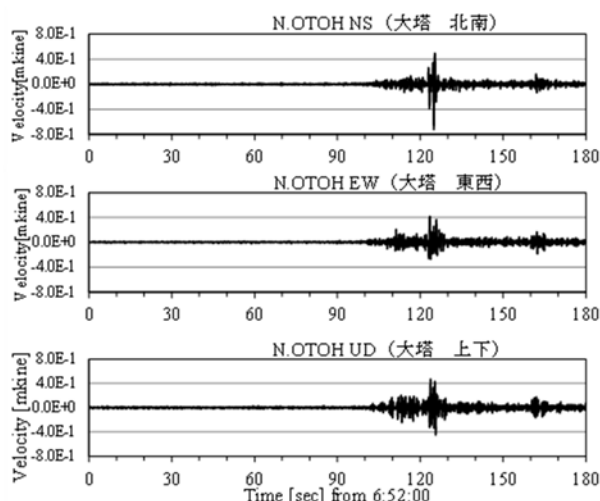


図-2 NS・EW・UD 3 成分の振動波形グラフ

振動センサーは微小地震や中地震、遠地地震のほか、発破振動や交通振動なども捉えるが、発災当時

に地震はなく、発破振動や交通振動もないため、この振動波形は熊野地区の深層崩壊を捉えたものと判断できる。

周波数解析では通常時の周波数と比較して 0.5Hz から 5Hz の周波数が大きくなっており、その卓越周波数は 1~2Hz である (図-3)。

大規模土砂移動の卓越振動数は 1~5Hz、継続時間は 10 数秒~数十秒とされており、本解析結果は概ねその範囲に含まれている。

レコードセクション (図-4) では、25km 離れた那智勝浦観測点においても微弱ながら振動を捉えている。伝播速度は、大規模土砂移動は振幅の初動が不明瞭で遠い観測点では振幅が小さくなり判読が困難となるが、最大振幅観測時間で 3.3km/s と地震の S 波速度に近い速度となっている。

2004 年 8 月に発生した奈良県大塔村の斜面崩壊の伝播速度は 1~2km/s とされており、それより速い速度であったといえる。

那智勝浦地区については地元住民へのヒアリングにより土砂移動発生時刻が概ね特定されており、その時間帯において最も近い那智勝浦観測局で振動波形グラフの小さな振れを NS 成分のみで確認できた。

この波形の立ち上がりが土砂移動によるものかどうかは今後詳細に検討していく必要がある。

三越地区については距離の近い十津川西・十津川東観測局のデータが欠測、土砂移動発生時刻も不明であり、振動波形グラフの特定は困難であったため解析は行っていない。

## 5. おわりに

解析の結果、熊野地区の深層崩壊の周波数、伝播速度を解明することができた。

今後は崩壊規模や地形・地質による伝播可能距離や伝播速度、周波数についてデータを蓄積する必要がある。表層崩壊は Hi-net の補足情報が少なくデータの蓄積を進める必要がある。

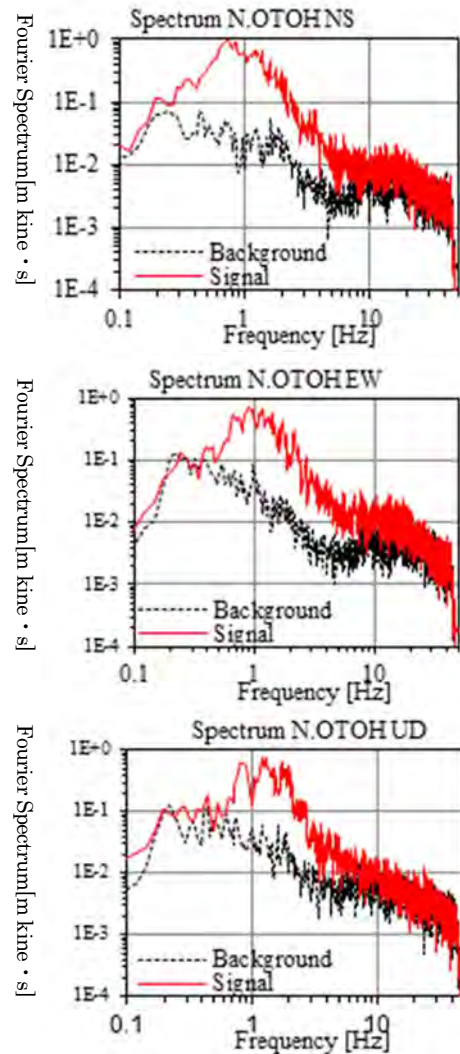


図-3 NS・EW・UD3 成分の周波数解析グラフ (観測点：大塔)

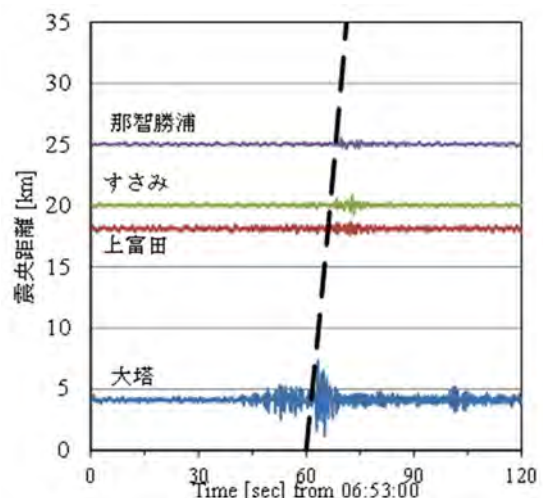


図-4 レコードセクション



# 過去の表層崩壊の崩壊特性と降雨分布との比較

国立研究開発法人土木研究所  
和歌山県  
国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所

木下篤彦・野池康平・高原晃宙・清水孝一・石塚忠範  
西岡恒志  
桜井亘

## 1. はじめに

近年、2014年の広島災害、2011年の那智川災害など、大規模な表層崩壊が発生している<sup>1)4)</sup>。これらの災害による被害を軽減するには、予想される降雨分布からおよその崩壊特性を推定し崩壊発生を予測することが必要である。これまで、表層崩壊による災害を個別に整理した事例はいくつかあるが<sup>5)6)</sup>、複数の災害を比較し、降雨分布と表層崩壊の発生の特徴を検証した研究は少ない。

本研究では、2014年の広島災害、2011年の那智川災害、2009年の防府災害、1999年の広島災害を例に挙げ災害時の降雨分布や崩壊状況を調査し、比較検討した。本研究の目的は、雨の降り方と崩壊の発生形態・分布の関係を明らかにすることである。

## 2. 災害の概要及び降雨の特性について

4 災害について発生場所を図-1に示す。また、災害時の時間雨量の変化、地質・降雨規模をまとめるとそれぞれ図-2、表-1のようになる。

災害発生箇所の地質はいずれも花崗岩もしくは花崗斑岩主体の箇所であり崩壊深が数 m 程度の崩壊が広い範囲で発生しそれらが土石流となって下流域に被害を及ぼしている。降雨規模について、最大時間雨量・総雨量是那智川災害が他に比べて大きくなっている。

一方、雨量の時間変化についてはそれぞれ特徴が異なっている。2014年の広島災害について、降雨は無降雨時間を除いて9時間であったが約80mmの雨が2時間降っている以外は時間雨量20mm程度の降雨であった。2011年の那智川災害について、降雨は無降雨時間を除いて50時間以上と他の災害に比べて長い。

またピーク時には時間雨量130mmを超える雨が降っている。2009年の防府災害について、降雨は無降雨時間を除いて13時間であったが、最大時間雨量は約60mmと他の災害に比べて小さい。1999年の広島災害については、降雨は無降雨時間を除いて21時間であった。また1時間だけ80mmを超える降雨となっているがそれ以外は時間雨量30mm以下であった。



図-1 調査位置図 (数字：災害発生年度)

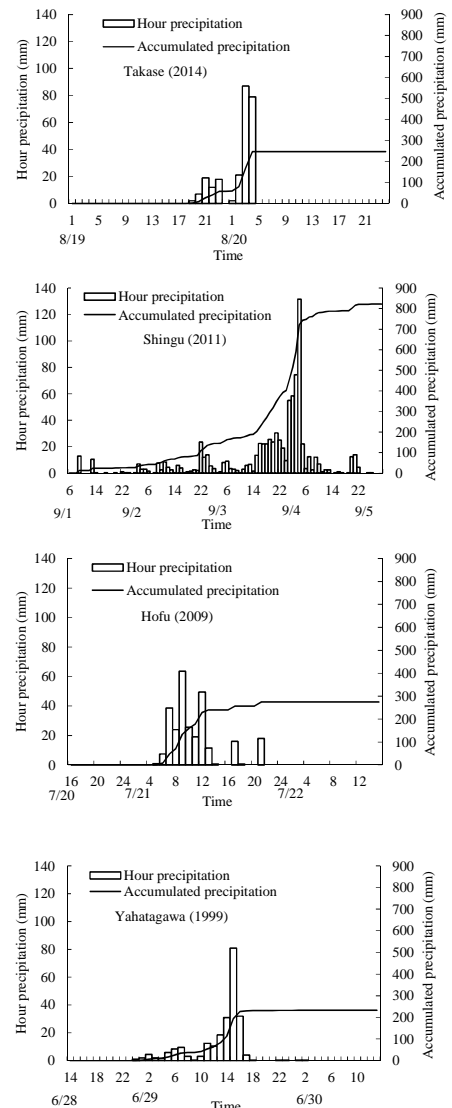


図-2 災害時の降水量の時間変化

### 3. 崩壊発生形態の比較

4 災害について表層崩壊が発生した斜面の調査を行った。調査結果を表-2 に示す。崩壊密度は 2009 年の防府災害が、崩壊面積率は 2014 年の広島災害が最も大きくなっている。例えば、2014 年広島災害と 2011 年の那智川災害を比較すると、崩壊面積率は 2014 年の広島災害が、崩壊深は 2011 年の那智川災害の方が大きくなっている。

また、2014 年の広島災害と 1999 年の広島災害を比較すると総雨量は同じにもかかわらず崩壊密度や崩壊面積は 2014 年の方が大きくなっている。このことから、降雨が長時間及ぶ場合は崩壊深が大きくなること、短時間で大きな降雨だった場合は崩壊面積が大きくなる可能性があることが示唆される。

### 4. 降雨分布と崩壊分布の関係について

降雨分布と崩壊分布の関係について 2014 年の広島災害と 2011 年の那智川災害を事例として調査した。図-3 に広島災害と那智川災害について、最大 1、24 時間雨量と崩壊密度(個/km<sup>2</sup>)との関係を示す。

広島災害は約 31km<sup>2</sup> の範囲で、那智川災害については那智川流域を含む約 320km<sup>2</sup> の範囲で航空写真や LP を基に崩壊箇所の判読を行った。雨量については、広島災害は C バンドのデータを基にし、那智川災害については実測雨量から等雨量線図を作成した。崩壊密度は広島災害については 1km<sup>2</sup> ごとに、那智川災害については等雨量のエリアごとに算出した。広島災害については、1 時間雨量と密度が調和的であるのに対し 24 時間雨量は 210mm を超えると密度はほぼ一定であった。那智川災害については、1 時間雨量と密度が調和的であるのに対し、24 時間雨量は 750mm を超えると密度は低下している。

2014 年の広島災害と 2011 年の那智川災害については、ともに短時間の急激な雨量の増加が要因になったと考えられる。

### 5. おわりに

本研究では、4 件の災害について雨の降り方と崩壊の発生形態との比較を行い、2 件の災害について降雨分布と崩壊分布との関係について検討した。

今後は 2009 年防府災害と 1999 年広島災害についても降雨分布と崩壊分布の関係を整理し、雨の降り方が崩壊の形態に及ぼす影響について検討したいと考えている。

表-1 災害時の降雨規模

	2014 広島災害	2011 那智川災害	2009 防府災害	1999 広島災害
地質	花崗岩・堆積岩	花崗斑岩	花崗岩	花崗岩
降雨規模	最大時間雨量 87mm	最大時間雨量 131.5mm	最大時間雨量 63.5mm	最大時間雨量 81mm
	総雨量 247mm	総雨量 821.5mm	総雨量 275mm	総雨量 233.5mm
	(高瀬観測所: 国土交通省)	(新宮観測所: 気象庁)	(防府観測所: 気象庁)	(八幡川橋 観測所: 日本道 路公団)

表-2 表層崩壊発生斜面の調査結果

	2014 広島災害	2011 那智川災害	2009 防府災害	1999 広島災害
研究対象エリア	八木・ 緑井地区	那智川流域	剣川・ 阿部谷川流域	荒谷地区
流域面積(km <sup>2</sup> )	3.5	9.7	2.5	4.0
崩壊個数	164	113	175	84
崩壊面積(km <sup>2</sup> )	0.118	0.056	0.061	0.047
崩壊密度(個/km <sup>2</sup> )	47.21	11.71	70.87	21.14
崩壊面積率(%)	3.41	0.58	2.49	1.19
平均崩壊深(m)	1.2	2.1	1.5(剣川のみ)	データ無し

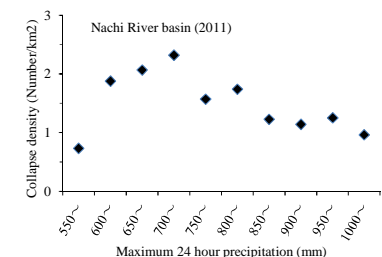
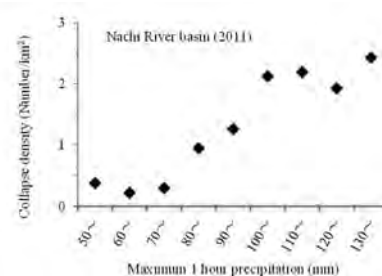
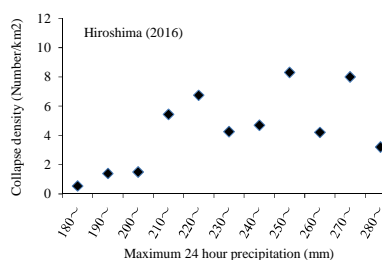
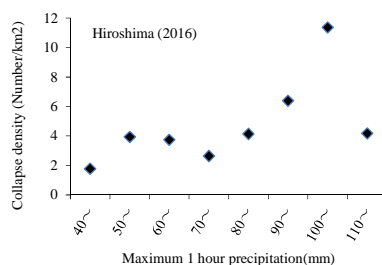


図-4 2016 年広島災害と 2011 年那智川災害についての最大時間雨量と崩壊密度との関係



## 2.2 相互連携に基づく研究 テーマ5

### 地形開析に着目した、球状風化を呈する花崗斑岩分布域における表層崩壊の発生特性

国立研究開発法人土木研究所  
和歌山県  
国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所

野池康平・木下篤彦・高原晃宙・清水孝一・石塚忠範  
西岡恒志  
桜井亘

#### 1. 背景と目的

近年、広島市（1999年・2014年）、山口県防府市（2009年）、和歌山県那智勝浦町（2011年）など花崗岩類が分布する地域では、同時多発的に発生した表層崩壊による重大な被害が生じている。このような表層崩壊の危険斜面を抽出・評価する場合、それぞれの地形・地質的特徴を考慮・区分した上でパラメータをそれぞれ設定することができれば、より高い精度で実施することが可能と考えられる。本研究では、球状風化を呈する花崗斑岩が分布し、2011年に同時多発的な表層崩壊が発生した和歌山県那智川流域を対象に、表層崩壊発生場の特性を把握することで、表層崩壊の危険斜面抽出に向けた基礎資料とすることを目的とした。また、危険斜面の抽出・評価に必要な土層厚を設定するため、球状風化を呈する地質帯における課題を整理した。

#### 2. 流域の概要

2011年8月30日から9月4日にかけて台風12号により紀伊半島の広い範囲で降雨をもたらされ、那智川流域は、9月4日0～4時で341mm、最大時間雨量123mm（市野々観測所）が記録された。その未明に表層崩壊及びそれに伴う土石流が発生したとされている。

那智川流域の地質および崩壊地の分布を図-1に示す。下位より順に下～中部中新統熊野層群、中部中心統熊野酸性岩類が分布する<sup>1)</sup>。熊野層群は泥岩優勢砂岩泥岩互層を主とし、東～北方向に10～20°傾斜している。貫入岩である熊野酸性岩類は、花崗斑岩を主とし、表層崩壊の多くはここで発生している。

#### 3. 地形の開析に着目した区分

花崗岩分布域では地形の開析程度が土層構成や崩壊形態を規制していることが明らかとなっている<sup>2)</sup>。この手法は2009年に表層崩壊が発生した山口県防府市に分布する防府花崗岩を対象に検討され、開析の進行度合いの順に開析斜面下部、開析斜面上部、山頂緩斜面の3つに区分、適用されたものである。

しかし、コアストーンを含み球状風化を呈した地質帯では異なる崩壊形態を示す可能性が考えられる。

そこで、那智川流域における地形開析状況を区分した（図-2）。花崗斑岩分布域は、開析斜面上部および開析斜面下部が主として分布し、尾根付近に山頂緩斜面が分布する状況が確認された。

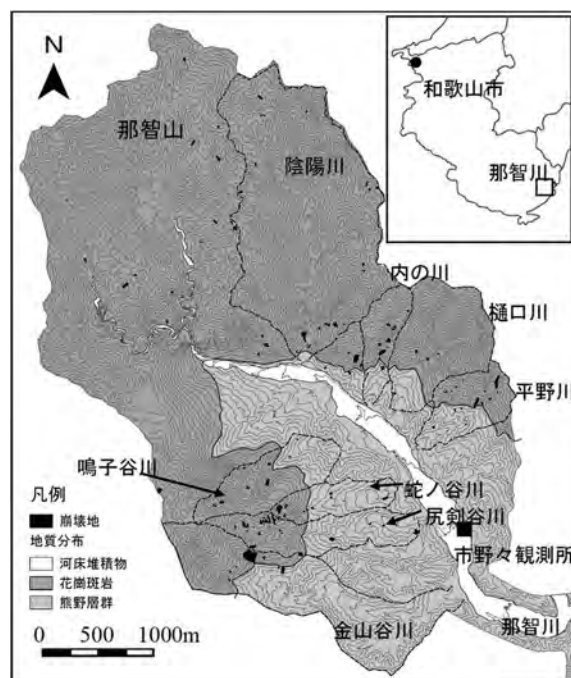


図-1 那智川流域の地質分布

#### 4. 崩壊地調査

那智川流域の花崗斑岩分布域における表層崩壊の発生形態を、現地踏査により下記の①～③に分類した。表-1に分類表および表層崩壊の概略断面図を示す。

##### ① 風化残積土の崩壊

主に山頂緩斜面で見受けられる崩壊のタイプである。崩壊面には締まりが良好な粘土質マサが分布する。崩壊土砂にはコアストーンや岩屑を含むが、その含有率は低い。ただし、検証事例が少ないため、ほかの事例を確認する必要がある。

##### ② 風化残積土および崩積土の崩壊

主に開析斜面上部において見受けられる。崩壊土層は崩積土および岩屑、コアストーンを含んだマサから成り、崩壊面においてもコアストーンおよび節理

が発達した強～弱風化岩露頭が確認できる場合がある。

### ③ 落石を伴う崩積土の崩壊

主に開析斜面下部において見受けられる。崩壊土砂は崩積土を主とするが、花崗斑岩から落石状の崩壊を伴うことがある。落石は、花崗斑岩中に発達した節理がくさび状に開口したものと考えられ、崩壊面には割れ目が開口した様子が見受けられる。

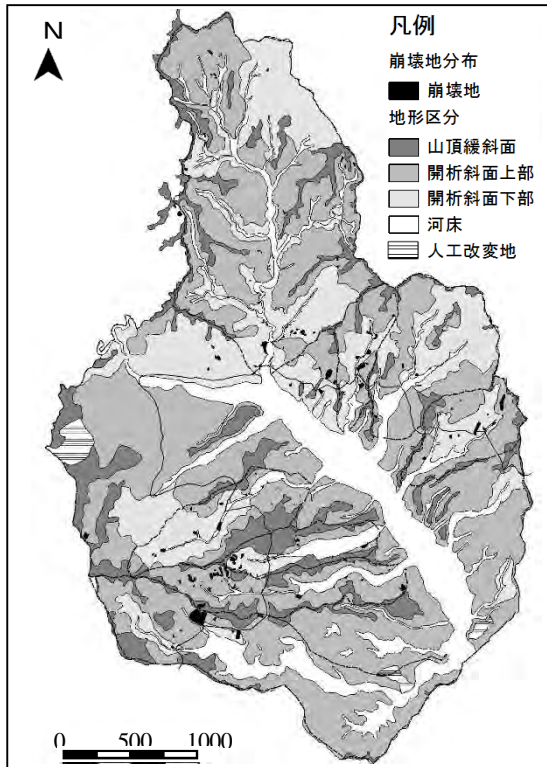


図-2 那智川流域下流側の地形区分結果

## 5. 地形区分ごとの土層厚の推定手法

球状風化を呈する花崗岩類分布域は、コアストーンの影響により正確な土層厚の検討が難しいと考えられる。そこで崩壊地周縁部において土層厚と崩壊深を計測・対比し、その正確性を検証した。測定は山頂緩斜面および開析斜面上部において、土層強度検査棒（土検棒）の簡易法により実施した<sup>3)</sup>。

貫入深度、および崩壊深・貫入深度の差分量との相関を図-3に示す。山頂緩斜面では相対的に崩壊深度と貫入深度が近似する傾向があるものの、どちらも大きなばらつきが見られ、直接的な手法では、正確な土層厚が反映されないと想定される。

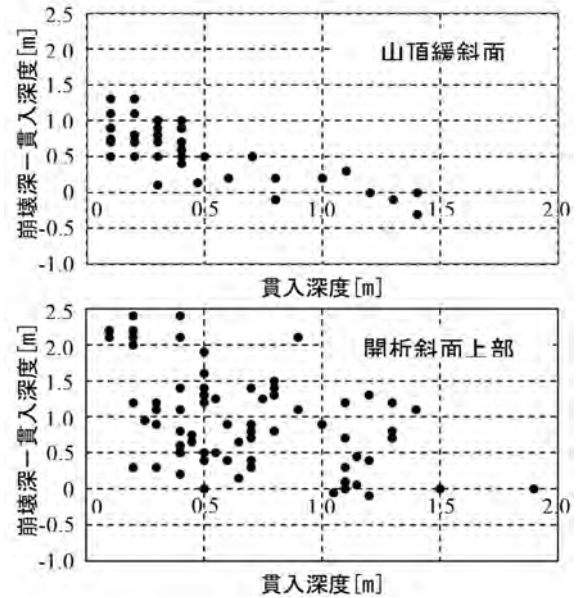


図-3 崩壊地周縁部における土層厚測定結果

## 6. おわりに

本研究では、和歌山県那智川流域に分布し、球状風化を呈する花崗斑岩分布域において表層崩壊発生場の特性を検討した。得られた結果は以下のとおりである。

- ・ 那智川流域の球状風化を呈する花崗斑岩分布域では、地形の開析程度によって、表層崩壊の発生形態が規制されていることがわかった。
- ・ コアストーンが分布する地質帯において、直接的な土層厚の測定手法では、正確な値を把握することが難しいと考えられる。今後は、物理探査など間接的な手法を含めて推定方法を検討する必要がある。

表-1 那智川流域に分布する花崗斑岩分布域の表層崩壊特性

地形区分	地形区分		
	山頂緩斜面	開析斜面上部	開析斜面下部
模式図			
概要	強風化岩が厚く分布し、それらの崩壊を主としている。コアストーンなどを含むが、含有率は低い。	崩積土およびコアストーンや岩層を含む強風化岩の崩壊を主とする。	崩積土の崩壊を主とし、これに落石状の崩壊が伴うことがある。落石状の崩壊は地質構造に規制されている。

## 表層崩壊発生流域での水質特性に関する研究

筑波大学生命環境科学研究科  
 国立研究開発法人土木研究所  
 和歌山県  
 筑波大学生命環境系  
 国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所

大賀知将  
 木下篤彦  
 西岡恒志  
 水野秀明  
 桜井亘

### 1. はじめに

深層崩壊跡地近辺からの河川の電気伝導度 (EC) およびシリカ濃度 (SiO<sub>2</sub> 濃度) が高くなることが知られており、このことを利用した深層崩壊箇所を検知する手法が研究されている (地頭園ら, 2006)。

今回、表層崩壊跡地でも表層の土壌が失われて基岩が露出している為、EC や SiO<sub>2</sub> 濃度が高くなると想定される。そこで本研究では平成 23 年台風 12 号により多数の表層崩壊及び土石流が発生し、甚大な被害を受けた和歌山県的那智川支川平野川流域を対象として、EC と SiO<sub>2</sub> 濃度を計測した。その調査結果を報告する。

### 2. 平野川流域及び計測の概要

図-1 は平野川流域を示したものである。平野川流域は流域面積 0.40 km<sup>2</sup> (紀伊山地砂防事務所, 2014) で、大きく左側と右側の小流域に分けられる。平成 23 年台風 12 号においては、7 箇所において崩壊が発生した (紀伊山地砂防事務所, 2014)。

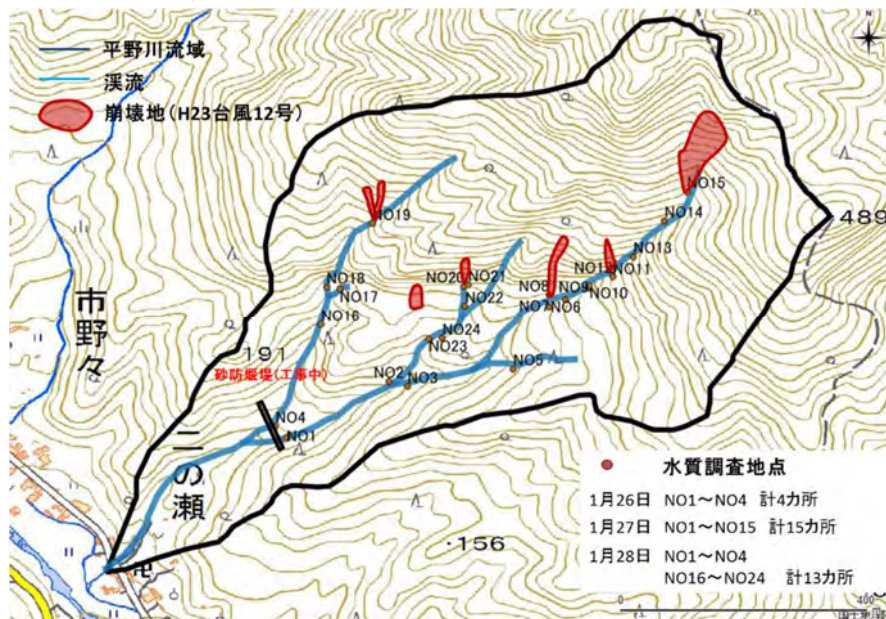


図-1 平野川流域水質調査地点

(背景は地理院地図(電子国土 web) 標準地図 2万5千分の1より作成、崩壊地は近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所(2014):同時多発的土石流発生メカニズムとリスク評価手法の検討委託を参考に記入)

EC と SiO<sub>2</sub> 濃度の計測地点は 1 つの崩壊地に対して崩壊が生じた斜面から支川に流れ込む滞筋内の 1 地点、その滞筋と支川の合流点を挟んだ上流側と下流側の 2 地点の計 3 地点を基本とした。左支川流域で 19 地点、右支川流域で 5 地点の計 24 地点で計測した。EC は東亜ディーケーケー製水質計を用いて計測した。SiO<sub>2</sub> 濃度は計測地点で採取した水を持ち帰り、室内で計測した。

### 3. 結果と考察

表-1 は EC と SiO<sub>2</sub> 濃度の測定結果である。計測地点名に続く数字は若いほど下流であることを示す。表-1 に示したように、平成 27 年 1 月 27 日以降の計測結果は同月 26 日の計測結果よりも低くなった。この理由は、同月 26 日夕方から 27 日早朝までに生じた降雨により、崩壊地でない斜面から表面流が滞筋に流れ込んだためと考えられる。表-1 より右支川と左支川で EC と SiO<sub>2</sub> 濃度の計測値を比較すると、全体的に左支川の EC と SiO<sub>2</sub> 濃度の計測値が高かった。このことは、左支川に EC と SiO<sub>2</sub> 濃度を増加させる要因があると考えられることができる。



左支川に着目すると下流から上流に行くに従い EC と SiO<sub>2</sub> 濃度の計測値が上昇し、EC は NO6 を境に、SiO<sub>2</sub> 濃度は NO7 を境に減少した。表層崩壊跡地 (NO8) での EC の計測値は 7.72mS/m、SiO<sub>2</sub> 濃度の計測値は 15mg/L であり、NO10 での値と比べてともに高い値を示した。

このことから NO6 および NO7 での EC と SiO<sub>2</sub> 濃度の測定結果は崩壊跡地からの流入により増加したと推定できる。また NO7 から NO3 に行くにつれて EC の低下が見られた。これは EC と SiO<sub>2</sub> 濃度の低い左支溪流 (NO5:EC 4.90mS/m・SiO<sub>2</sub> 濃度 12mg/L) が流入していることが影響していると考えられる。NO3 から NO1 において 3 回の調査で一貫して EC の増加を確認できた。いずれの調査でも高い値を示した右支溪流 (NO2) が流入していることが影響していると考えられるが、一方で SiO<sub>2</sub> 濃度については、いずれの調査でも NO2 は高い値を示していながら下流では必ずしも上昇しなかった。今後この原因を解明していく必要がある。

次に左支川の右支溪流の EC と SiO<sub>2</sub> 濃度の変化について考察する。この溪流は上流部で EC と SiO<sub>2</sub> 濃度の高い湧水(NO20 : EC 7.06mS/m・SiO<sub>2</sub> 濃度 20mg/L,NO21: EC 7.74mS/m・SiO<sub>2</sub> 濃度 19mg/L) が湧き出しており、下流にいくに従い、EC と SiO<sub>2</sub> 濃度が低くなった。このことから湧水が EC と SiO<sub>2</sub> 濃度を増加させたことを示していると考えられる。NO20,NO21 は崖際にあり、その上部には表層崩壊が確認されているが今回は表流水を確認できず今調査では測定できなかった。これらの関係を検討するためには上部の調査も併せて行う必要がある、今後の課題である。

#### 4. まとめ

今回の平野川の各支川の EC・SiO<sub>2</sub> 濃度の調査において、表層崩壊跡地からの渓流水は崩壊跡地から離れた地点に比べて EC では約 3mS/m、SiO<sub>2</sub> 濃度では約 3mg/L 高い値を示した。深層崩壊跡地で上流に比べて下流の EC が約 5mS/m 高かった (地頭菌ら, 2004) という既往研究の値に比べると小さな値ではあるが、表層崩壊においても EC が高くなることが確認された。

今回の調査は小範囲かつ短期間であったため、検討するにはサンプル数が不十分であると考えられる。よって、より広範囲かつ長期間に渡って調査し、水文特性等を考慮した上での比較検討が今後の課題であると考えられる。

表-1 EC と SiO<sub>2</sub> 濃度の測定結果

NO	調査地点	1月26日 EC (mS/m)	1月27日 EC (mS/m)	1月28日 EC (mS/m)	1月26日 SiO <sub>2</sub> (mg/L)	1月27日 SiO <sub>2</sub> (mg/L)	1月28日 SiO <sub>2</sub> (mg/L)
NO1	平野川左支川1	6.50	5.40	5.70	12	12	13
NO2	平野川左支川(右支溪流1-1)	6.75	5.90	6.32	17	14	16
NO3	平野川左支川2	5.65	5.30	5.61	12	13	12
NO4	平野川右支川1	5.37	4.86	5.02		14	15
NO5	平野川左支川(左支溪流1-1)		4.90			12	
NO6	平野川左支川4		6.06			12	
NO7	平野川左支川3		5.89			13	
NO8	平野川左支川(右岸崩壊1)		7.72			15	
NO9	平野川左支川5(湧水)		5.28			13	
NO10	平野川左支川6		4.44			12	
NO11	平野川左支川(右岸崩壊2)		4.73			13	
NO12	平野川左支川7		4.20			11	
NO13	平野川左支川(右岸崩壊3)		5.95			15	
NO14	平野川左支川8		4.15			12	
NO15	平野川左支川9		3.65			11	
NO16	平野川右支川2			5.56			17
NO17	平野川右支川(左支溪流1-1)			4.72			16
NO18	平野川右支川3			5.15			21
NO19	平野川右支川4			3.82			15
NO20	平野川右支川(右岸支溪流1-6)			7.06			20
NO21	平野川右支川(右岸支溪流1-5)			7.74			19
NO22	平野川右支川(右岸支溪流1-4)			7.61			20
NO23	平野川右支川(右岸支溪流1-3)			5.24			14
NO24	平野川右支川(右岸支溪流1-2)			6.85			18

## 崩壊痕跡を考慮した表層崩壊危険斜面の推定

北海道大学

笠井美春・柳井一希

### 1. 研究の背景と目的

土石流の発生は、表層崩壊に起因することが多い。土石流による災害を防ぐ為には、表層崩壊の発生場や規模について予測し、危険が想定される流域では適切な対策を速やかに実施することが重要である。本研究では、平成 23 年に発生した紀伊半島大水害にて、那智川流域での表層崩壊の箇所（図-1）と、森林群落や地形との関係について検討する。また、面積の大きな崩壊が発生する可能性がある斜面の地形条件について示す。

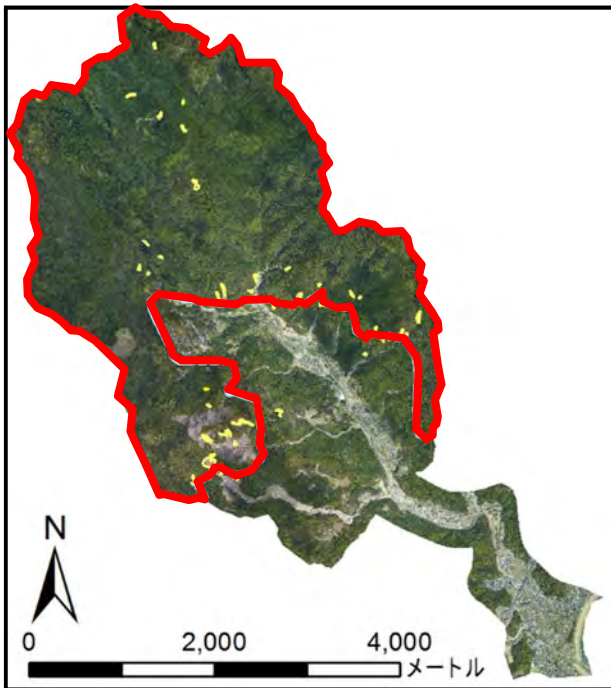


図-1 平成 23 年大水害の際の崩壊発生箇所（黄色の範囲）。赤線より上部は花崗斑岩、下部は堆積岩の地質。

### 2. 平成26年度の研究成果

#### (1) 崩壊と森林群落との関係

那智川流域での、各森林群落における崩壊面積を表-1 に示す。ミミズバイ・スダジイ群落で崩壊が群落面積に占める割合が比較的高かったが、地形との関連も調べる必要がある。また、森林の発達と崩壊のしやすさとの関係を見る為に、那智川各支流域内にて LP データ（平成 25 年取得）の DSM と DEM を用いて森林の平均樹高を推定し、各支流域に占め

る崩壊面積の割合（崩壊率）を比較した。しかし、両者の間に特に明確な関係は見られなかった（図 2）。

表-1 崩壊と森林群落との関係

	群落占有面積 (km <sup>2</sup> )	崩壊面積 (m <sup>2</sup> )	崩壊面積が群落面積に占める割合 (%)
スギ	7.6	29,900	0.39
シイ・カシ	3.1	13,800	0.44
シキミ・モミ	2.7	5,300	0.20
ミミズバイ・スダジイ	0.4	5,900	1.47

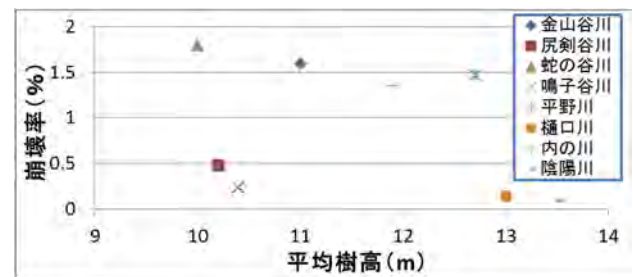


図-2 支流域での森林の平均樹高と、崩壊が各流域を占める面積の割合

#### (2) 滑落崖跡と崩積土厚との関係

那智川流域の崩壊の多くは、地質の境界線付近の花崗斑岩域の範囲に集中した（図-1）。この部分は、斜面下部に向かって勾配が緩やかになる範囲であり（図-3）、崩積土が厚く堆積していると考えられた。崩積土が厚くなるほど、崩壊面積は大きくなる可能性が図-4 より示されたので、崩積土厚の分布を地形より推定することとした。

今回は、滑落崖跡（滑落崖跡）からの距離が長いほど、また平均勾配が緩いほど崩積土が厚くなると仮定し（図-5）、花崗斑岩域にて図-6 に示すような計測を行った。水平距離と平均勾配は、LP データから作成した地形図を用いて GIS 上で計測し、土層厚は簡易貫入試験を実施して取得した。

図-7 から、赤丸で囲った点を除き、勾配が緩やかになるほど崩積土が厚かったことが分かった。この点は常時裸地であり、他の箇所とは異なった要因で崩壊したことが考えられた。図-8 からは、滑落崖跡

からの距離が遠いほど、崩積土が厚く堆積していたことがわかった。

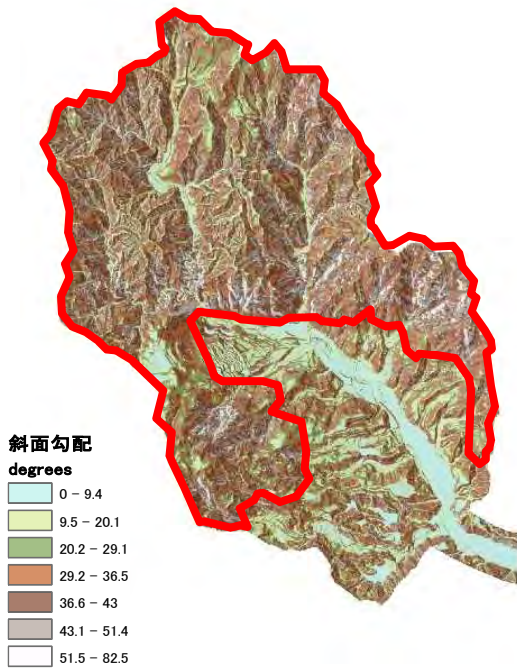


図-3 勾配図（赤色は地質境界線）

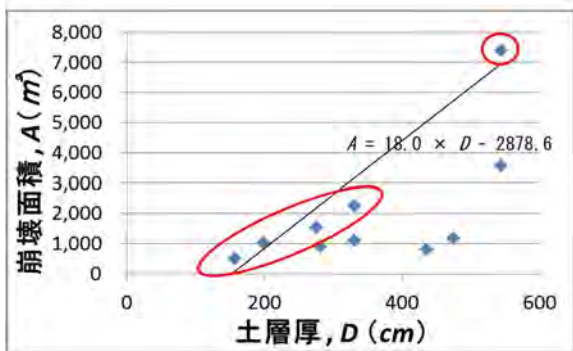


図-4 土層厚と崩壊面積の関係

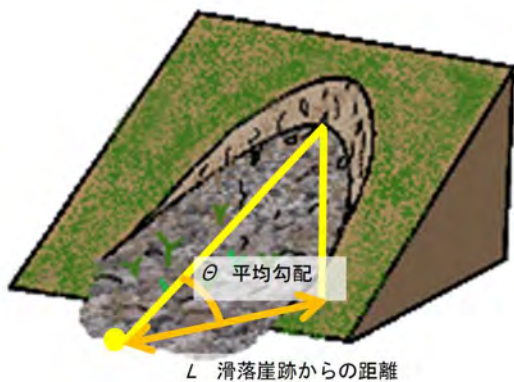


図-5 崩壊跡地での計測事項

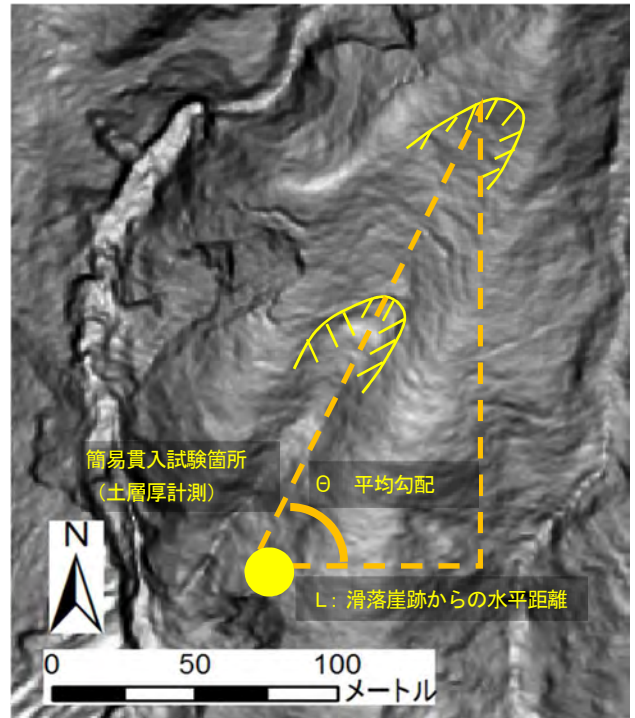


図-6 調査地における計測事項

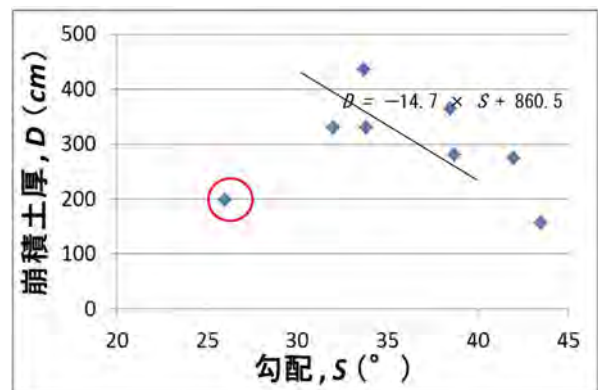


図-7 平均勾配と崩積土厚との関係

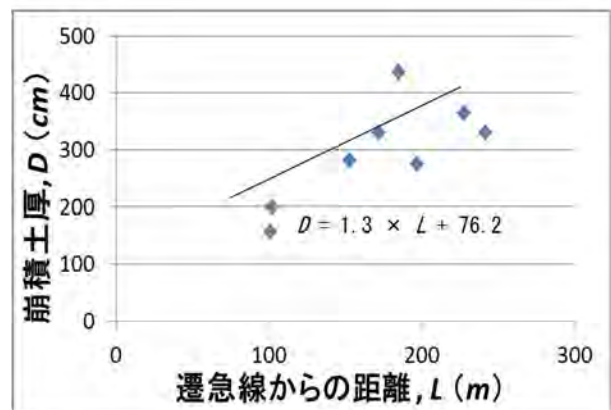


図-8 滑落崖跡からの距離と崩積土厚との関係

### (3) 大面積の崩壊が起こりうる地形条件の推定

那智川流域では、平成 23 年の水害の際に、流域内の崩壊面積が 2,500 m<sup>2</sup>以上の支流で土石流が発生した。

図-4 で得られた関係を用いれば、2,500 m<sup>2</sup>以上の崩壊が発生する斜面では、土層厚が 300cm 以上あるはずである。図-7 と 8 で示した関係より、そのような斜面は勾配が 30-40 度であり、且つ滑落崖跡からの水平距離が 170m 以上ある箇所に分布することが示唆された。

## 3. 次年度以降の課題

以上から、那智川流域では森林の樹種や構成よりも、崩壊履歴を考慮する方が、表層崩壊の箇所と規模の予測に寄与すると考えられた。

平成 26 年度は、滑落崖跡からの距離と平均勾配によって、斜面各点の崩積土厚が推定できる可能性を示した。しかし滑落崖跡は斜面各所に存在することから、汎用性の高い手法の提案の為に、崩積土厚と関連の高い滑落崖の選択の仕方について検討する必要がある。

また勾配についても、変換点の存在は無視できないと考える。加えて、既存の崖錐発達モデルにも照らし合わせ、土層厚の推定の為に必要な項目を整理していきたい。

特に次年度は、ここで求める手法について、平成 23 年の水害で発生した表層崩壊を予測できたのか、検証を進めることも重要である。今後も現地での土層厚についてのデータ数を増やし、崩壊の箇所と規模の予測の為に研究を進めていきたい。



## 渓床堆積物再移動型土石流の発生プロセスについての研究

- 豪雨時の伏流水の流出特性とそのモデル化（三重県いなべ市藤原町西之貝戸川の事例） -

三重大学

佐藤博文・山田孝・花田浩一・平山賢次・堀内望

### 1. はじめに

2011年の台風12号による那智川での土砂災害発生後に、平野川などの支川域における土石流土砂収支を調べた結果((社)砂防学会活動紀伊半島土砂災害調査委員会)、渓床堆積土砂量の再移動量が多いことがわかった。崩壊土砂のみならず、渓流に堆積した土砂の再移動の実態とメカニズムを明らかにすることは、土石流の規模予測や対策を検討するうえで重要と考えられる。

三重県いなべ市藤原町西之貝戸川流域では1999年から2014年までに11回の土石流が発生している。2008年以降、西之貝戸川における土石流発生予測の手法提案に向け、伏流水の流出状況の観測などを重点的に実施してきた。しかし、これまで豪雨時の伏流水の流量データなどは少なく、その流出特性は不明な点が多い。2014年度の観測では豪雨時のデータを1事例得ることができた。本研究では土石流発生材料である渓床堆積物中の伏流水の流出率に着目して豪雨時の伏流水の流出特性を考察した。また、豪雨時の伏流水の流出特性と過去の土石流発生事例の雨量・画像データを用いて、実現象に即した伏流水流出のタンクモデルを提案した。

それら以外を中小降雨イベントとし、豪雨時の伏流水の流出特性を考察した。以上の結果と過去のパイプ流・土石流発生事例の雨量・画像データを用いてタンクモデルの構造と各流出孔の高さを決定し、実現象に即した伏流水流出のタンクモデルを提案した。



図-1 調査対象地

### 2. 研究方法

調査対象地(図-1)は、三重県いなべ市藤原町西之貝戸川第6号砂防堰堤直上流とした。堰堤直上流の流域面積は0.75km<sup>2</sup>、平均勾配は24.3°、地質は主に中生層の石灰岩から成る。本研究では第6号砂防堰堤水抜孔(最下段の2孔)に設置した超音波水位計で得られた水位データを流量へ換算した。観測期間は2011年11月14日から2014年10月13日(2012年9月19日から2013年4月28日は2012年の台風16号による豪雨により観測機材が流出した為欠測)であり、そのうち流量ハイドログラフに明瞭なピークが見られた26降雨イベントを抽出した。さらに超音波水位計設置以前にインターバルカメラの画像判読から流量を算出した2011年9月4日の降雨イベントを加えた、全27降雨イベントのうち最大時間雨量と累積雨量の関係が過去の土石流発生降雨に近い3降雨イベントを豪雨イベント、

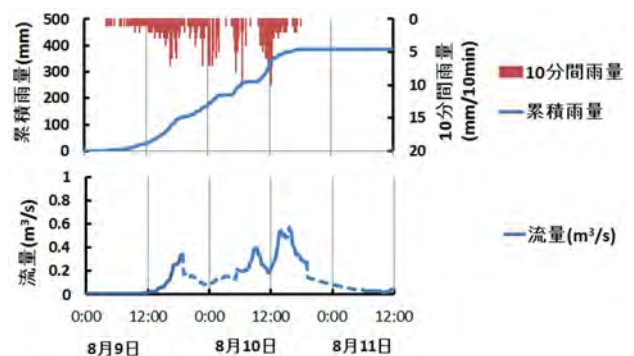


図-2 豪雨イベントにおける10分間雨量、累積雨量と流量の事例(2014年8月10日、点線部はデータ欠測を表す)



### 3. 結果・考察

#### 3.1 豪雨イベントの伏流水の流出特性

豪雨イベントでは一降雨内における複数回のピーク雨量強度に対して、2~4 時間程度の遅れを伴った明瞭な流量変化が現れる傾向が見られた(図-2)。表-1 に 3 事例の豪雨イベントの概要を示す。勾配急変点法により各降雨イベントの流出率を算出した結果、豪雨イベントの流出率は 7.6~13.7% であり、中小降雨イベントに比べ 1.4~19 倍と大きかった。また、各降雨イベントの流出ピークまでの実効雨量を算出した。半減期は豪雨イベントの流量減水部分と、様々な半減期における流出ピークまでの実効雨量と流出率との相関関係から 2 時間とした。

その結果、豪雨イベントの流出ピークまでの実効雨量も中小降雨イベントに比べ 1.3~9.2 倍と大きかった(図-3)。しかし、流出ピークまでの累積雨量(273mm~377mm)に対し 39.6mm~63.0mm と比較的小さな値を示すこと、堰堤水抜孔からの流出率は中小降雨イベントの 1.4~19 倍であることから、豪雨イベント時は溪床堆積物中に雨水は多くは貯留されにくく、石灰岩の基岩部に浸透すると想像される。

#### 3.2 短期降雨 - 流出解析用タンクモデルの提案

溪床堆積物でのボーリング調査結果(三重県桑名建設事務所, 2010)と豪雨時の伏流水の流出特性(前節)から、現場の溪床堆積物内は豪雨時には雨水が貯留されにくいことを考慮すると、表面流層と中間流層を 1 つのタンクで表せると考えられる。そのため、タンク 1 段目に 3 つの流出孔、2 段目に 1 つの流出孔を持つ 2 段タンクモデルとした。タンクモデルの各パラメータは、過去の土石流発生事例の雨量・画像データと超音波水位計により流量データを得られた 26 降雨イベントのハイドログラフから決定した。各流出孔の高さは、1 段上孔: 160mm, 1 段中孔: 60mm, 1 段下孔: 28mm, 2 段: 5mm であり、各流出孔の係数は、1 段上孔: 0.062, 1 段中孔: 0.024, 1 段下孔: 0.007, 2 段: 0.003 であり、各浸透係数は 1 段: 0.110, 2 段: 0.087 である。

図-4 に実測流量と計算流量の比較を示す。流量ピークが計算流量では早めに出現する傾向があるが、流量波形や流量はある程度再現可能である。2 つ目の流量ピークは夜間で最上段および中段水抜孔からの流出水の流量を欠測したため、計算流量と実測流量で大きく異なっている。なお、中小降雨イベントについても、このタンクモデルによる再現がある程度は可能であった。

降雨の年月日	最大10分間雨量強度(mm)	最大時間雨量強度(mm)	流出ピークまでの累積雨量(mm)	累積雨量(mm)	降雨継続時間(h)	ピーク流量(m <sup>3</sup> /s)	流出率(%)
2011/9/2 10:10 ~9/5 8:30	10	37	318	517	70	0.95	13.7
2012/6/19 5:30~23:00	8	33	273	279	18	0.48	7.6
2014/8/9 4:10 ~8/10 17:50	10	38	377	386	38	0.57	8.2

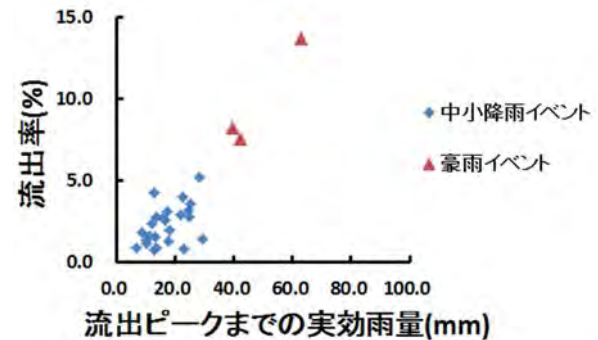


図-3 全 27 降雨イベントの流出ピークまでの実効雨量と流出率の関係

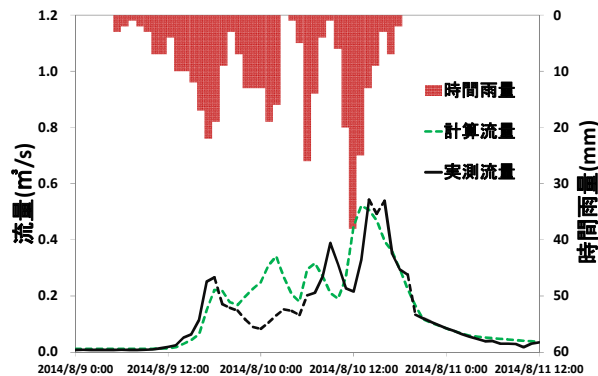


図-4 全計算流量と実測流量の比較(提案 2 段タンクモデル)

### 4. 結論

- (1)西之貝戸川において豪雨イベントでは流出率は 7.6~13.7% であり、中小降雨イベントに比べ、流出率は 1.4~19 倍と大きい。また、流出ピークまでの実効雨量(半減期: 2 時間)は中小降雨イベントに比べ 1.3~9.2 倍と大きい。流出ピークまでの累積雨量に対して実効雨量は小さい。
- (2)西之貝戸川における豪雨時を含む短期の伏流水の流出は、2 段タンクモデルによってある程度は再現することができる。

### 5. 今後の課題

平成 26 年度に引き続き、三重県いなべ市藤原町西之貝戸川流域において、豪雨時における伏流水の降雨 - 流出応答、ハイドログラフ、流出率、各種降雨指標との関係などの考察を進め、溪床堆積物の再移動による土石流の発生実態を解明する。

### 紀伊山地付加体における深層崩壊対策に資する水文調査・解析手法の構築(1)

京都大学

小杉賢一朗・正岡直也

#### 1. 研究の背景と目的

紀伊山地では、平成23年台風12号の豪雨で深層崩壊が多発し、甚大な被害をもたらした。既往研究により、地質・地形データに基づく深層崩壊危険箇所抽出にはかなりの進展が得られつつあるものの、膨大な数の斜面が危険と判定されてしまうという問題も発生している。危険箇所を絞り込むには、誘因となる地下水の動態(水文特性)を調査する必要がある。溪流の電気伝導度を指標とした手法が研究されているものの、複雑な地質構造を有する紀伊山地の付加体では岩質による電気伝導度の変動が大きく、データの解釈が難しいという問題も指摘されている。本研究では、電気伝導度に代わる新たな指標として湧水の安定同位体比に着目する。さらに、調査ボーリング孔を用いた水位・水質観測やトレーサー実験を組み合わせることにより、紀伊山地付加体特有の深層崩壊に関わる水文特性を明らかにした上で、警戒避難態勢整備やハード対策検討に資する調査解析手法を構築する。

#### 2. 研究の方法

雨水の酸素安定同位体比は標高が上がるにつれて小さくなるといわれている(高度効果)。一方、山体に浸透した後は同位体比に変化が生じないため、湧水の同位体比を計測することによって、その起源となる標高を推測することができる。この結果、山体地下水が集中する斜面(高い標高で降った雨水が流域界を越えて集中する斜面)を検出でき、水文学的観点より崩壊危険箇所を抽出できると期待される。本年度は、既往崩壊斜面とその周辺の3地区を対象として、湧水の同位体比の計測を行った。

#### 3. 結果

飛養曾地区では、湧水の酸素同位体比は標高が高くなるにつれて概して減少した(図-1 上段)。これは雨水の高度効果を反映した結果と考えられる。ただし、左岸側や右岸側の流域界末端の地点(32番、19~21番)では、標高が低いにも関わらず同位体比は小さくなった。次に、雨水の高度効果から予測した同位体からの偏差をみると、上記の32番、19~21

番では著しく小さな値となった(図-1 下段)。このことから、流域の微地形とは関係なく、流域界の尾根を流動経路とする山体地下水の流れが存在することが強く示唆された。このような地下水流は、長殿、赤谷、北股、川原樋川などで発生した深層崩壊の誘因となっている可能性が高い。

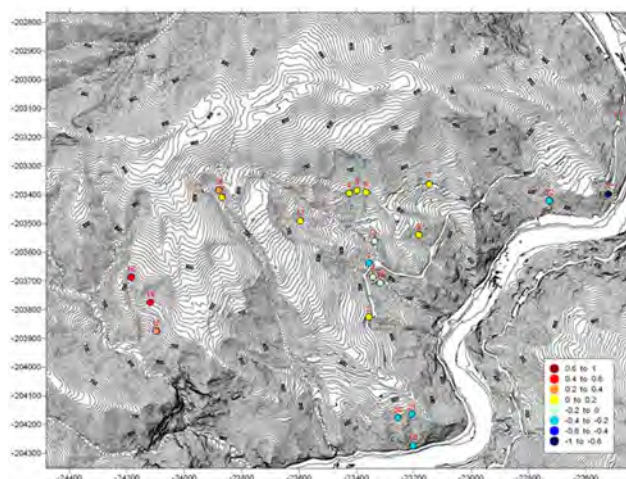
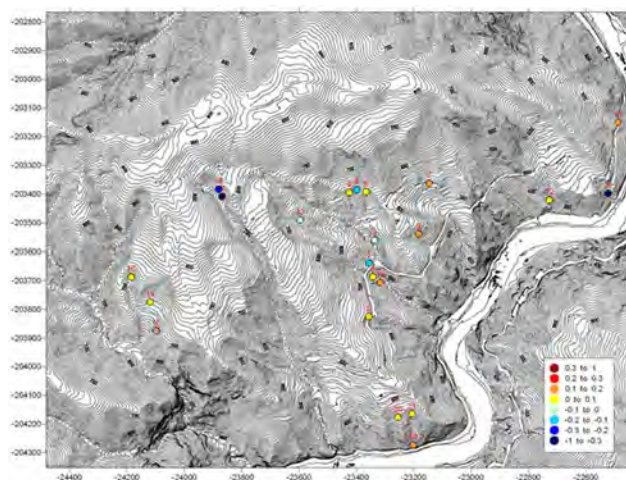


図-1 飛養曾地区湧水酸素安定同位体比の平均からの偏差(上)と予測値からの偏差(下)



# 紀伊山地付加体における深層崩壊対策に資する水文調査・解析手法の構築(2)

## 1. 研究の背景と目的

紀伊山地では、平成23年台風12号の豪雨で深層崩壊が多発し、甚大な被害をもたらした。既往研究により、地質・地形データに基づく深層崩壊危険箇所の抽出にはかなりの進展が得られつつあるものの、膨大な数の斜面が危険と判定されてしまうという問題も発生しており、危険箇所を絞り込むには、誘因となる地下水の動態（水文特性）を調査する必要があると考えられる。

本年度の研究では、深層崩壊跡地周辺で計測されている地下水位変動データを用い、崩壊発生危険度予測の観点から地下水位ピークの大きさに着目した検討を行った。さらに、避難解除を判断するための基礎的データとして、降雨ピークに対する地下水位ピークの遅延時間についても詳細に検討した。

## 2. 研究の方法

代表的な深層崩壊が発生した 8 地区において、崩壊跡地周辺で計測されている山体地下水位変動データを用い、各降雨イベント時のピーク水位とピーク発生時刻を抽出した。総解析地点数は 44 である。また、崩壊地付近で観測された降雨データから、各種雨量指標のピーク値とピーク発生時刻を抽出し、地下水データとの比較を行った。検討した雨量指標は、イベント積算雨量、1~24 時間積算雨量、半減期 1.5~240 時間実効雨量である。

## 3. 結果

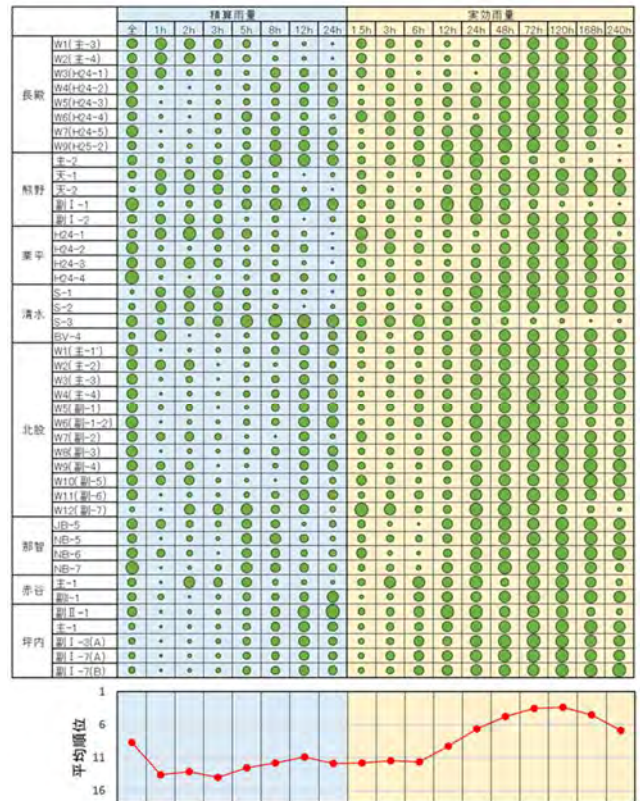
図-1は、各地下水位観測地点について、地下水位ピークの再現精度の高さに基づき雨量指標をランク付けしたものである。概して、半減期 72~120h の実効雨量が適切な指標となっていることがわかる。地点ごとに詳しく見ると、① 尾根筋・斜面上部は半減期の短い実効雨量が適し、崩土内・斜面下部は半減期の長い実効雨量が適する、② 地下水深が深くなるほど、最適な実効雨量の

半減期が長くなる、という傾向が検出された。また、地下水位ピークと雨量指標ピークの相関は、概して凸型の飽和型曲線で表されることが多いが、大規模降雨時に限って地下水ピークが急増する地点が存在することもわかった。

遅延時間については、降雨規模が大きいほど地下水位ピークは雨量指標ピーク直後に現れるようになることがわかった。遅延時間は多くの地点で4時間以内であったが、12時間以上になる地点も見られた。

表-1 地下水位ピークの再現精度の高さに基づく雨量指標のランク付け

(緑色の○が大きいほど、再現精度が高いことを表す。赤色の○は、全 44 地点についての各指標の平均順位を表す。「全」はイベント積算雨量を表す。)



## ウルトラナローバンドを利用した砂防観測情報収集システムの構築

国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター  
和歌山大学

桜井亘・酒井良・奥山悠木  
秋山演亮・山口耕司

### 1. はじめに

砂防の現場において住民および工事作業者の安全性を確保するためには、現地観測データに基づく監視警戒体制の構築が重要であるが、砂防の現場は山間奥地に位置することが多く、観測機器の設置や通信環境の構築に相当の労力とコストを要することが少なくない。

一方、通信技術の分野においては近年、低軌道衛星を用いた簡易的な通信技術についての技術開発が進められており、この技術を砂防の現場に応用することにより、山間奥地においても比較的簡易かつ安価に通信体制を確立できることが期待される。

国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センターおよび和歌山大学宇宙教育研究所では、低軌道衛星を活用した山間地における観測・通信技術に関する実証試験を平成 26 年度より共同で実施しており、これまでに現地における観測・通信システム試験環境の構築を行い、データ通信技術に関する検証を行ったのでその概要を報告する。

### 2. 現地観測・通信における現状の課題

携帯電話の電波が届かないような山間奥地の現場において観測データを事務所まで伝送するため、有線回線による通信が行われることがあるが、通信ケーブルの敷設は人力作業となることが多く、多大な労力と危険を伴う(写真-1 左)。また、敷設後においても落石・流水・倒木・動物等により通信ケーブルが破断する事例も発生している(写真-1 右)。



写真-1 (左) 通信ケーブル敷設状況 (右) 通信ケーブル破断状況 (栗平地区)

このような有線回線の課題に対応するため、静止

衛星を利用した衛星携帯電話による通信が代替として利用されているが、機器の価格が 120 万円程度、通信費が約 2~3 万円/月と高額なことや、消費電力が大きく商用電源が必要となることなど現状では課題が多い。

また、観測機器と外部通信機器の距離が離れているなど有線での接続が困難な場合、観測機器から通信機器まで無線でデータを伝送する必要があるが、中継機を含めた通信経路が 1 経路に限られており、経路上の 1 つの機器が故障すると通信不能となるため、冗長性の面でも課題がある。

### 3. 解析手法

#### (1) 手法の概要

図-1 に本研究で構築を目指す、低軌道衛星通信による、監視・観測体制を示す。

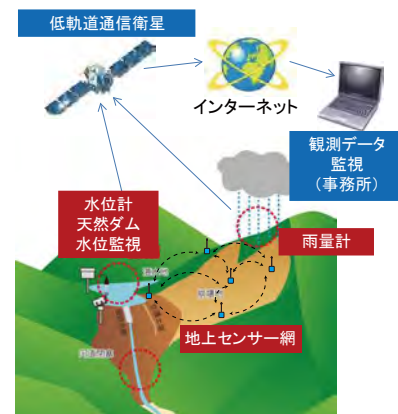


図-1 低軌道衛星通信による監視・観測体制のイメージ

災害現場に設置された雨量計や水位計、伸縮計等で計測されたデータは、各センサーに取り付けられた地上機器間通信機によりデータを転送する。通信には 920MHz 帯の電波を利用し、まずは地上のセンサー間での冗長的な通信網の構築を目指した。各機器は通信可能な位置にある他機器とそれぞれデータ通信を行うことが出来るため(アドホック通信)、通信は複数経路で保証される。このため、万が一の機器破損でも通信の安定性が確保できると期待される。

地上機器の一部に、低軌道衛星との通信機を接続する。低軌道衛星の周回高度は 600km~800km 程



度と非常に低いため、周回高度 36,000km の静止衛星を使った従来の手法に比べ、はるかに小さい電波強度・狭帯域（ウルトラナローバンド）での通信が可能のため、省電力化およびアンテナの小型化が実現でき、表-1 に示すように、コスト面でも大幅な削減が期待できる。

さらに、地上センサー網および低軌道衛星により集められたデータを、インターネット上に設けられたクラウドサーバに集約し、手元のAndroid端末等で閲覧できるようなシステムを構築する。

表-1 低軌道衛星通信と衛星携帯電話通信の比較

		衛星携帯電話通信	低軌道衛星通信
電源		・消費電力大: 商用電源、発動発電機 ・電源喪失による 観測不能の危険大	・消費電力小: ソーラーパネル +蓄電池 ・電源喪失による 欠測リスク小
コスト	通信機	機器高価: 120万円	機器安価: 10万円 (オープンコム使用)
	通信費	2~3万円/月	6千円/月 (オープンコム使用)
設置の容易性		機器構成が複雑、 設置大変	小型・機器構成単純で 設置容易
データ転送頻度		10分間隔	40分間隔
課題		・コスト、電源確保、 維持管理	・データ転送頻度

## (2) 実証試験の内容

地上センサー網の通信および太陽電池パネルと二次電池のみによる各地上機器の連続運用を実証するために、まずは和歌山大学構内にて長期の野外実証実験を実施した。実験の様子を図-2 に示す。

次に実際の災害現場において、地上センサー網を設置し、低軌道衛星を利用した通信実験を実施した。将来的には通信方法等にも工夫を行う予定であるが、今回は既に商業用として使われている衛星通信サービスであるオープンコムを利用した。



図-2 和歌山大学構内における実証実験の様子

## (3) 試験結果

大学構内での3ヶ月間の実証実験により、地上センサー網によるデータ転送、サーバへのデータ集積、Android端末での情報提供が可能であることを

実証し、電力収支も成立することを確認した。また図-3のように、クラウドサーバに集約されたデータをAndroid端末で表示可能なことも確認することができた。



図-3 Android端末での表示例

次に災害現場における実証実験により、図-4に示すように、衛星との通信装置が従来装置に比べ、格段にコンパクト化できることを確認した。また従来装置は稼働に外部の発電機からの給電が必要であるが、本手法の装置では太陽電池パネルと二次電池により、電力収支が成り立つことを確認することができた。

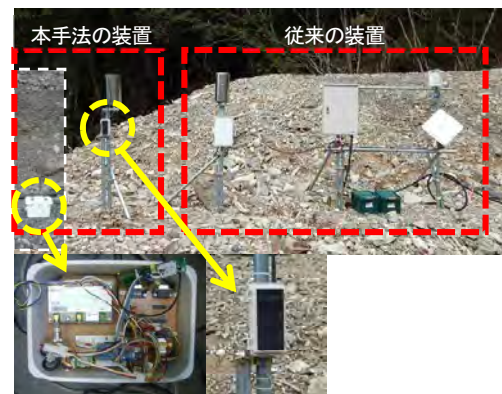


図-4 従来および本手法における通信装置の比較

## 4. まとめと今後の課題

本研究により、ウルトラナローバンドを利用した砂防観測情報収集システムの構築が可能であることが実証された。また現在は地上センサー網の通信、および低軌道衛星との通信にはそれぞれ別の周波数を利用しているが、静止軌道衛星に比べて3,600倍も利得がある低軌道衛星では、1W程度の低出力でも、地上センサー間の通信電波を受信できる可能性がある。今後、この点に関しても検証を実施する予定である。

### 3. 学会活動

#### 3.1 学会誌掲載

	タイトル	執筆者	雑誌名	巻号	論文種別	発行年月
1	河道閉塞の緊急対策として最適な仮排水路の計画について	桜井亘・酒井良・後藤彦幸・梶原修・下野公仁・江口健治・森田真幸・荒川淳二・大塚康之	砂防学会誌	Vol. 67 No. 4	技術ノート	2014. 11
2	天然ダムの水位予測に漏水量が与える影響	秋山怜子・藤村直樹・石塚忠範・内田太郎・桜井亘・酒井良・海原荘一・只熊典子	砂防学会誌	Vol. 67 No. 4	技術ノート	2014. 11
3	閉塞高が高く下流斜面が長大な河道閉塞の対策について	桜井亘・酒井良・水山高久・池田暁彦・杉浦信男・荒木義則・濱田隆敬・柏原佳明・吉野弘祐	砂防学会誌	Vol. 67 No. 6	報文	2015. 3

#### 3.2 学会参加

##### (1) 砂防学会研究発表会

新潟市で開催された砂防学会研究発表会に参加し、研究発表を行った。

期 間：平成 26 年 5 月 28 日（水）～30 日（金）

会 場：朱鷺メッセ（新潟市）

参加機関：国土交通省近畿地方整備局、和歌山県、国土技術政策総合研究所、(独) 土木研究所、北海道大学、三重大学、京都大学



##### (2) インタープリメント 2014

奈良市で開催された国際防災学会「インタープリメント 2014」に参加し研究発表を行うとともに、赤谷地区において現地見学会を実施した。

期 間：平成 26 年 11 月 25 日（火）～28 日（金）

会 場：奈良県新公会堂（奈良市）

参加機関：国土交通省近畿地方整備局、和歌山県、国土技術政策総合研究所、(独) 土木研究所、北海道大学、三重大学、京都大学



## 4. 広報・啓発活動

---

### 4.1 シンポジウム

#### (1) 「大規模土砂災害対策研究機構」設立シンポジウム

研究機構の設立を記念して、那智勝浦町においてシンポジウムを開催した。

日 時：平成 26 年 7 月 21 日（月） 13:30～16:30

会 場：那智勝浦町体育文化会館

主 催：国土交通省近畿地方整備局、和歌山県、那智勝浦町

参加機関：国土技術政策総合研究所、（独）土木研究所、北海道大学、三重大学、京都大学、和歌山大学

来 場 者：約 2,000 人



### 4.2 講演

#### (1) 那智勝浦町土砂災害防災訓練における講演

那智勝浦町市野々区土砂災害防災訓練において、住民向けに講演を行った。

日 時：平成 26 年 6 月 1 日（日） 9:00～11:00

会 場：那智勝浦町立市野々小学校

主 催：那智勝浦町

参加機関：国土交通省近畿地方整備局、和歌山県

来 場 者：約 150 人



### 4.3 イベント出展

#### (1) 南紀熊野ジオパークフェスタへの出展

南紀熊野ジオパークフェスタに出展し、パネル展示を行った。

日 時：平成 27 年 2 月 22 日（日） 10:00～18:00

会 場：潮岬青少年の家（和歌山県串本町）

参加機関：国土交通省近畿地方整備局、和歌山県





## 5. 研修活動

### 5.1 職員向け研修

#### (1) 小型 UAV を用いた空中写真撮影のための試験飛行

小型 UAV（無人航空機）を用いた空中写真撮影のための試験飛行を行い、職員による操作訓練を実施した。

日 時：平成 27 年 2 月 12 日（木） 11:00～16:00

場 所：赤谷地区（奈良県五條市）

実施機関：国土交通省近畿地方整備局

参加者：職員約 20 人



### 5.2 学生研修の受け入れ

#### (1) 学生研修の受け入れ・研究指導

土砂災害に関する研究を行う大学生の現地研修の受け入れを行うとともに、土砂災害の専門家による研究指導を行った。

実施機関：国土交通省近畿地方整備局、（独）土木研究所、和歌山県

研修実績：北海道大学学生……平成 26 年 4 月 8 日～11 日、7 月 23 日～31 日、11 月 13 日～20 日、平成 27 年 3 月 5 日～12 日

京都府立大学学生……平成 26 年 10 月 7 日

筑波大学学生……平成 27 年 1 月 21 日～30 日





## 6. 平成 26 年度の主な活動

---

日付	活動内容
平成26年	
4/8～11	北海道大学学生研修（那智勝浦町、五條市）
5/28～30	砂防学会研究発表会（新潟市）
6/1	那智勝浦町土砂災害防災訓練（那智勝浦町）
7/21	「大規模土砂災害対策研究機構」設立シンポジウム（那智勝浦町）
7/23～31	北海道大学学生研修（那智勝浦町）
10/7	京都府立大学学生研修（那智勝浦町）
11/13～20	北海道大学学生研修（那智勝浦町）
11/25～28	インターイベント2014（奈良市、五條市）
平成27年	
1/21～30	筑波大学学生研修（那智勝浦町）
2/12	小型UAV試験飛行（五條市）
2/22	南紀熊野ジオパークフェスタ（串本町）
3/5～12	北海道大学学生研修（那智勝浦町）

## 平成 26 年度 大規模土砂災害対策研究機構年報

---

発 行 平成 27 年 4 月  
編集・発行 国土交通省 近畿地方整備局  
住 所 大阪府大阪市中央区大手前 1-5-44  
連 絡 先 河川部 河川計画課 TEL 06-6945-6355  
機 構 H P <http://www.kkr.mlit.go.jp/kiisanchi/kikou/index.htm>