

**平成29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**

## 1. 研究機構の概要

---

大規模土砂災害対策研究機構は、平成 23 年紀伊半島大水害において多数発生した大規模な土砂災害を契機として、大規模土砂災害への対応技術の高度化に対して行政・大学・研究機関が連携して取り組むために平成 26 年度に設立され、様々な取り組みを進めている。

### 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（大規模土砂災害対策技術センター）
- ・ 国土交通省国土技術政策総合研究所
- ・ 国立研究開発法人土木研究所
- ・ 和歌山県
- ・ 那智勝浦町
- ・ 北海道大学
- ・ 三重大学
- ・ 京都大学
- ・ 和歌山大学

### 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研究を実施している。

平成 29 年度は下記のテーマについて研究を行った。

### 2.1 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）

- ・ 奈良県天川村栃尾地区における深層崩壊対策工の効果について
- ・ 紀伊山地における深層崩壊危険箇所の特徴と水文・水質調査について
- ・ 土砂災害に対する警戒避難意識向上に向けた教育コンテンツの検討
- ・ 紀伊山地における各流域ごとの土砂の偏在および河道形状把握の試み
- ・ 空中電磁探査による比抵抗値に着目した深層崩壊危険斜面の抽出技術の開発
- ・ 有田川上流域における昭和 28 年(1953)災害の土砂災害分布について
- ・ 那智川流域における観測機器を用いた土砂流出状況の把握

### 2.2 国土交通省国土技術政策総合研究所

- ・ 深層崩壊に起因する天然ダムタイプの被害想定手法に関する一考察
- ・ 地震時斜面崩壊に及ぼす地盤加速度の影響評価手法

### 2.3 土木研究所

- ・ 空中電磁探査を用いた崩壊深推定手法の検討

### 2.4 和歌山県

- ・ 2011 年台風 12 号那智川災害における洪水氾濫実態の分析に関する研究
- ・ データマイニングを用いた 2011 年 9 月 4 日那智川流域における土砂災害発生に係わる重要要因の把握
- ・ 花崗斑岩巨礫の上に成林したスギ林の根系分布調査の試み
- ・ 花崗斑岩礫質土壌の上に成林したスギ林の根系分布調査の試み
- ・ 降雨後の EC の変化に着目した深層崩壊危険斜面の抽出方法に関する研究

- ・ 昭和 28 年有田川水害のクロノロジーと体験者証言から考察する今後の土砂災害対策
- ・ 濁質成分の量と粒径に着目した流域内の崩壊監視手法に関する研究
- ・ 土砂災害時の消防機関の行動パターンに着目した最適な避難誘導に関する研究
- ・ 表層崩壊が多発した那智川流域における水文・水質特性

## 2.5 那智勝浦町

- ・ 紀伊半島大水害から 5 年間の那智勝浦町における地域防災力向上のための取組

## 2.6 京都大学

- ・ 実行雨量を用いた基岩内地下水位の変動解析

## 2.6 和歌山大学

- ・ 衛星/地上ネットワークを利用した安価な計測システムの構築
- ・ あがらマップ: まち歩き型の情報収集に対応した防災マップづくり一貫支援システム
- ・ 平成 23 年台風 12 号に伴う熊野那智大社裏山の斜面崩壊と土石流の現地踏査による実態調査
- ・ 南紀熊野ジオパークにおける防災ジオツアーの展開

### 奈良県天川村栃尾地区における深層崩壊対策工の効果について

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 吉村元吾・木下篤彦・菅原寛明・田中健貴  
国土技術政策総合研究所 桜井亘

#### 1. はじめに

紀伊山系では、平成23年台風12号により広い範囲で多数の深層崩壊が発生している。これらの深層崩壊による被害を軽減するには、レーザープロファイラなどの地形図から事前に深層崩壊危険箇所を抽出すること<sup>2)</sup>、それらを基に対策をしておくこと<sup>3)</sup>が重要である。特に、対策工については、地下水位の高い地すべり地では、対策工の効果に関する研究も多いが<sup>4)・5)</sup>、深層崩壊を引き起こすような岩盤クリープでの対策工は既往調査事例がほとんどないのが実状である。本研究では、深層崩壊対策工に主眼を置き、岩盤クリープ斜面である奈良県天川村栃尾地区での横ボーリング工の施工事例とその効果について検討する。

#### 2. 調査地の概要と横ボーリング工の施工内容について

図-1に調査地の概要を示す。栃尾地区の地質は、中生代花園層と美山層が分布している。花園層は砂岩・頁岩を主体とした堆積岩類であり、美山層は泥質岩を主体としている。平成23年の台風12号では近隣で多数の深層崩壊が発生している。調査対象斜面においても重力性変形が見られている。

平成25年に調査ボーリングや電気探査、文調査を実施して、対象斜面の地質構造や水文構造を把握した。平成26年10月に対象斜面脚部で深層崩壊危険斜面の対策工法検討のため、横ボーリング工を10本(L=70m)設置した。横ボーリング工の効果を確認するため、地下水位変化や横ボーリング工の排水量を計測している。

#### 3. 横ボーリング工の効果について

図-2に雨量と横ボーリング工及び重力式擁壁からの排水量の時間変化を示す。擁壁からの湧水量に比べ、横ボーリング工の排水量が多いこと、排水量のピークがやや遅れることが分かる。

図-3に横ボーリング工施工前後の各ボーリング孔の水位変化を示す。横ボーリング工施工後は

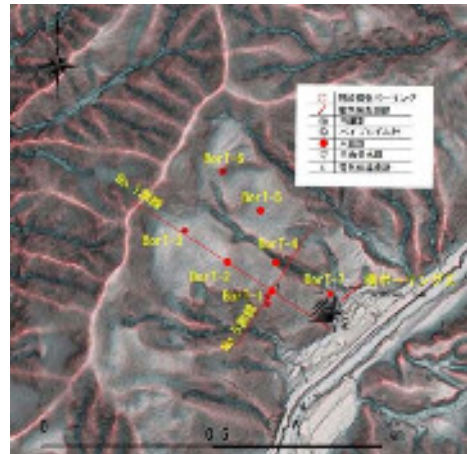


図-1 調査位置図



写真-1 横ボーリング工からの排水



写真-2 重力式擁壁からの排水

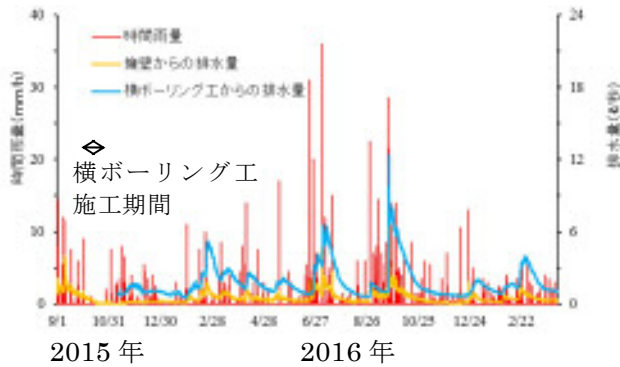


図-2 雨量と横ボーリング工及び重力式擁壁からの排水量の時間変化

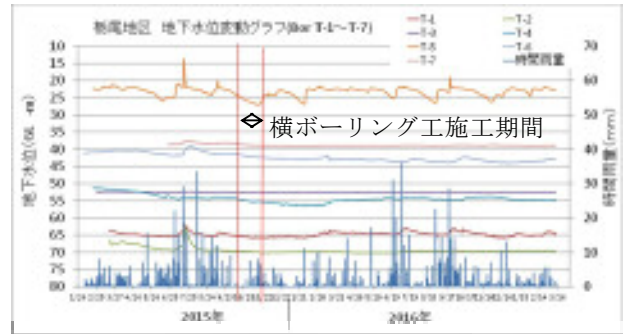


図-3 栃尾地区の各ボーリング孔の横ボーリング工施工前後の水位変化

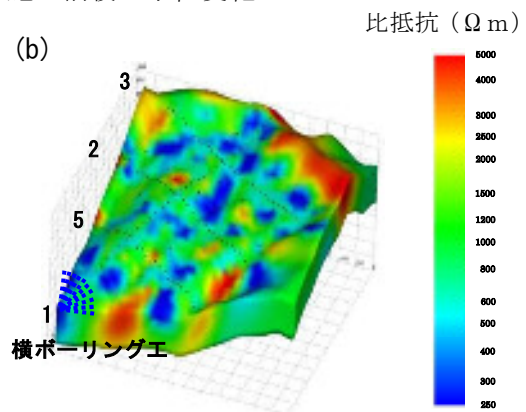
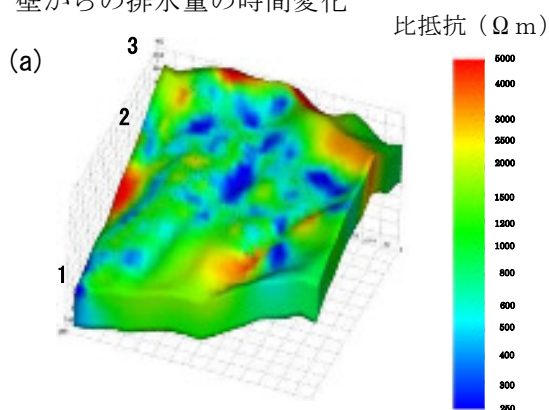


図-4 電気探査による横ボーリング工施工前後の比抵抗分布。(a)施工前，(b)施工1年後

時間雨量 20mm を超える雨が 2 回発生しているが、いずれも施工前に比べると上昇幅が大きく、一定の効果があつたと考えられる。

図-4 に電気探査による横ボーリング工施工前後の比抵抗分布を、図-5 に比抵抗の変化率を示す。なお、電気探査はそれぞれ平成 26 年、平成 28 年のほぼ同時期(10 月中旬)に行っている。横ボーリング工の施工により平均すると約 24%抵抗値が上昇し、施工の効果により含水率の低減効果があつたと考えられる。また、ほとんどのエリアで含水率が低下しているものの、一部横ボーリング工周辺で上昇しているエリアが見られた。このことは、水みちが施工前後で変化したことが示唆される。

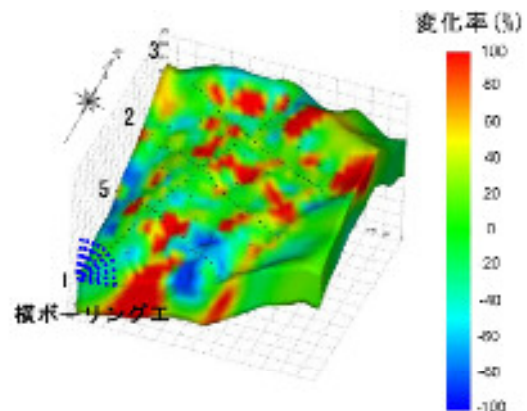


図-5 電気探査による横ボーリング工施工前後の比抵抗変化率

#### 4. おわりに

これまでの観測により、豪雨時の地下水位のピークの低減、という点で横ボーリング工に一定の効果が認められた。今後は、タンクモデルや浸透流解析などの計算手法により、地下水位の低減効果の定量化を図りたい。

#### 参考文献

1) 松村ら：2011 年 9 月台風 12 号による紀伊半島で発生した土砂災害，砂防学会誌， Vol.64, No.5,

pp.43-53, 2012.

2) 土木研究所：深層崩壊の発生する恐れのある斜面抽出技術手法及びリスク評価手法に関する研究，土木研究所資料，2016.

3) 蒲原ら：深層崩壊対策技術に関する基本的事項，国土技術政策総合研究所資料，2016.

4) 國眼ら：地下水モデルを用いた地下水排除工の評価方法，地すべり学会誌，Vol.42, No.3, pp.32-41, 2005.

5) 木下ら：積算水位対積算雨量の関係に着目した地下水排除工の施工効果判定，地すべり学会誌，Vol.50, No.2, pp.1-8, 2013.



### 紀伊山地における深層崩壊危険箇所の特徴と水文・水質調査について

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  
国土交通省国土技術政策総合研究所  
和歌山県

木下篤彦・田中健貴  
桜井亘  
西岡恒志

#### 1. はじめに

紀伊山系では、平成23年の台風12号で大規模な深層崩壊が多数発生している。これらの被害を軽減するには、深層崩壊危険箇所の地質・水文学的な特徴を把握することが重要である。本研究では、これらの特徴を把握する目的で、空中電磁探査や岩盤クリープ斜面での水文・水質調査を行ったので報告する。

#### 2. 紀伊山地における深層崩壊危険箇所の特徴について

平成23年に深層崩壊が発生した斜面の特徴として、元々岩盤クリープが発生しており、二重山稜やクラックなどが存在していたことが分かっている。危険箇所の特徴を把握する目的で、まず紀伊山系における岩盤クリープ斜面の調査を行った。写真-1・2に熊野川流域小原川、右会津川流域の岩盤クリープ斜面を示す。なお、地質はそれぞれ、砂岩・泥岩優勢の付加体である。岩盤クリープ斜面上部は二重山稜等が発達しており、馬蹄形をしている。写真-3・4にそれぞれの流域の末端斜面での湧水の状況を示す。岩盤クリープ斜面では、湧水が存在することが分かった。

#### 3. 空中電磁探査を用いた岩盤クリープ斜面の特徴について

深層崩壊危険斜面の地下構造を捉える目的で、空中電磁探査の計測を行った。計測深度は近隣の深層崩壊発生斜面の深度を参考に、100～150mまでの深度が計測できる手法を採用している。図-1(a)・(b)に空中電磁探査を実施した赤谷上流の位置図を示す。図-2に(b)中の測線Ⅰ～Ⅲにおける比抵抗値の縦断分布を示す。岩盤クリープ斜面においては鉛直方向に比抵抗値の変化点があることが分かった。

#### 4. 右会津川流域における湧水の水文・水質調査について

深層崩壊危険斜面は、既往研究から湧水の電気伝導度が高いことが報告されている。ただし、これらについては季節や地質によっても異なると考えられ、紀伊山系においても、和歌山県田辺市の右会津川の岩盤クリープ斜面において湧水と湧水が合流する右会津川本川の電気伝導度の変化を計測している。図-3に結果を示す。湧水の電気伝導度は本川に比べて高いこと、降雨によって低下することが分かった。このことから、電気伝導度の計測による危険斜面の抽出は、湧水と本川の値を相対的に比較することによって行うこと、冬期のような非出水期に行うことが望ましいと考えられる。

#### 5. おわりに

本研究により、深層崩壊危険斜面である岩盤クリープの特徴をおおよそ掴むことができた。一方、深層崩壊危険斜面は多数あり、危険度判定技術が不可欠である。今後は、ひずみの進行具合と空中電磁探査により得られる比抵抗や水文・水質的な特徴との関係に関して調査を進めていきたい。



写真-1 右会津川の岩盤クリープ(和歌山県田辺市)

写真-2 小原川の岩盤クリープ(奈良県十津川村)



写真-3 右会津川の岩盤クリープ斜面の湧水



写真-4 小原川の岩盤クリープ斜面の湧水

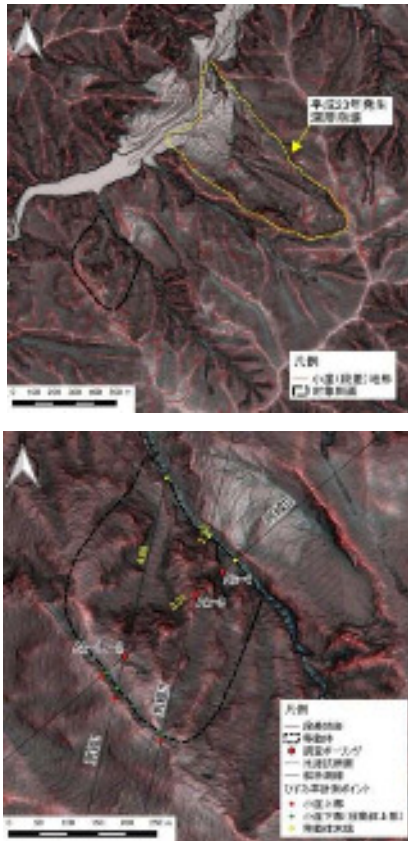


図-1 空中電磁探査実施箇所位置図。(a) 広域図、(b) 詳細図。

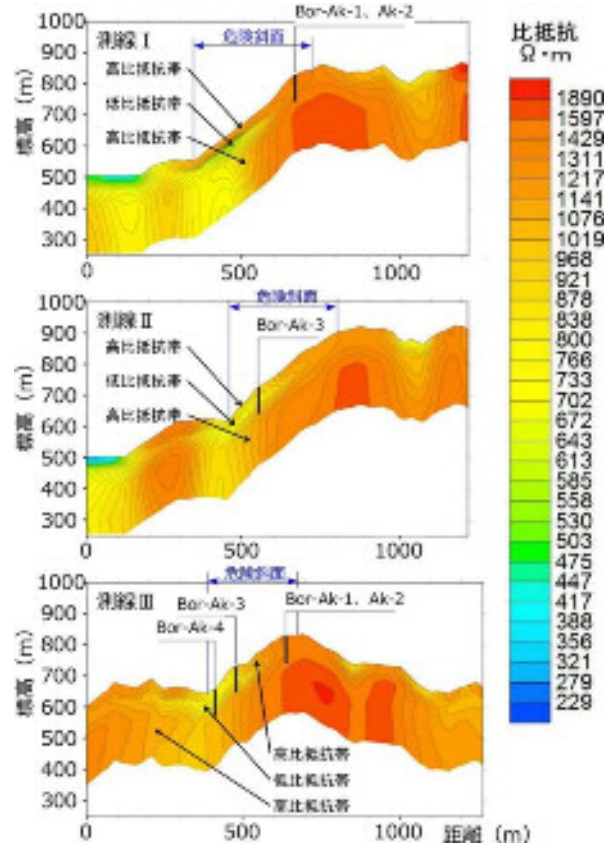


図-2 測線 I ~ III における比抵抗値の縦断分布

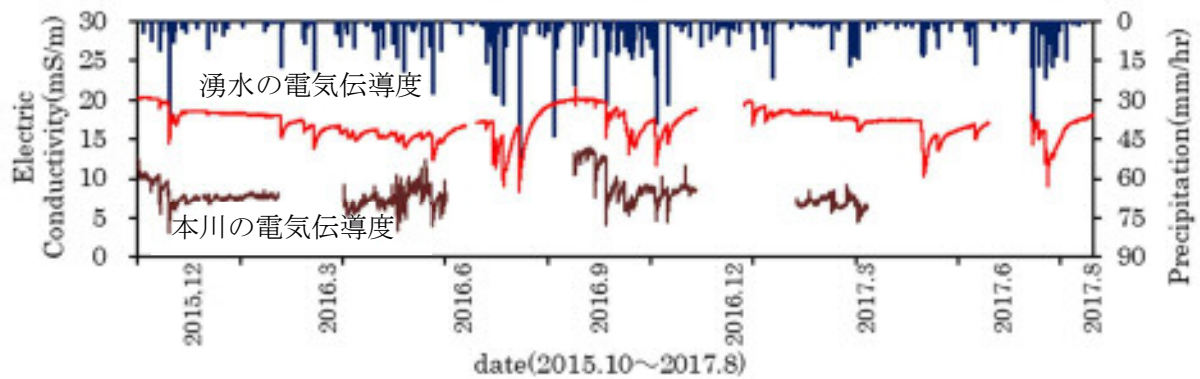


図-3 右会津川における湧水と湧水が流出する本川の電気伝導度の季節変化



## 土砂災害に対する警戒避難意識向上に向けた教育コンテンツの検討

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 吉村元吾・犬丸 潤・今森直紀・田中健貴  
和歌山大学 此松昌彦・江種伸之

**1. はじめに** 平成23年台風12号では那智川流域（和歌山県那智勝浦町）において同時多発的な土石流により甚大な被害が生じた。国土交通省近畿地方整備局では、砂防堰堤などの施設整備による再度災害防止対策を進めるとともに、地域住民が土砂災害への理解を深め、警戒避難意識の向上が図られるよう、災害記録の伝承や防災意識の向上に資する土砂災害再現映像等を作成してきた。これら映像等は当地に建設された和歌山県土砂災害啓発センターにて地域住民や観光客向けに展示され、土砂災害に関する知識の習得や防災意識の向上に活用されているところである。

一方で、今後の土砂災害に対する警戒避難意識の向上をより効果的に図る上で、次代を担う児童・生徒に対して知識の普及等を進める防災教育の有効性が指摘されている（例えば檜垣ら2016）。

そこで今回、小学校高学年児童を対象とした防災教育の内容について検討し、試行授業を実施した。本報告では、その内容と防災教育の効果について試行授業実施後に行ったアンケート結果を基に考察する。

### 2. 試行授業の内容に関する検討

#### 2.1 学習計画の検討

桜井ら（2012）でも指摘されている通り、防災教育の教育現場への導入に当たっては、教育現場が抱える課題に着目する必要がある。そこで、那智勝浦町教育委員会にヒアリングを実施したところ「那智川流域においては土砂災害について授業したいが教材がないこと」、「授業では児童自身で課題を見つけること」、「土砂災害に対して児童が知りたいという意欲を重要視すること」といった意見が得られた。また著者らがこれまでに得た「土砂災害発生の仕組みを単純化した実験で見せることによって、より児童の理解が深まること」、「映像を使用する場合には児童でも分かりやすい内容にすること」といった知見を踏まえ、図1に示す学習計画を設定した。

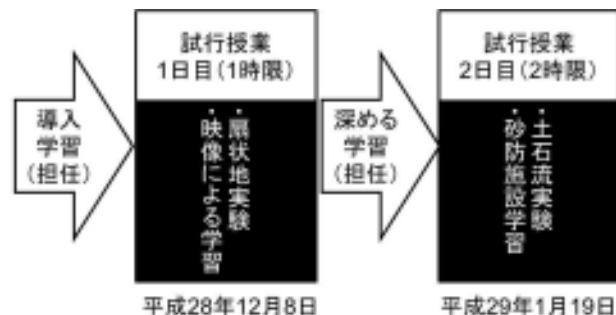


図1 学習計画

上記学習計画は対象校と調整の上、5・6年生（複式学級11名）の総合学習の時間を2日間3時限確保した。1日目については防災教育用映像を視聴するとともに、小規模な土石流発生モデルを通じて、土石流発生後に扇状地が形成されること、我が国にはそのような土地が多くみられることを学習することとした。またあわせて那智川流域の地質的な特徴でもある風化した花こう岩に実際に触れ、脆いことを体

感することとした。2日目については、大型模型を使用し、土石流が発生する様子や砂防施設の効果について学習することとした。また2日目の試行授業終盤ではそれまでの学習で体感したことを踏まえ児童自身が「平成23年の土砂災害を他の人に伝えるにはどうすべきか」、「土砂災害の危険性を大人に伝えるための方法はどうすればよいか」を議論することとした。

#### 2.2 防災学習用映像コンテンツの作成

今回の試行授業では学習用コンテンツの1つとして防災学習のための映像を作成することとした。映像については、既往の土砂災害再現映像を基にしたが、ヒアリングで意見があった通り、児童が分かりやすい内容とするために、次のような変更を行った。

- ・児童にとって違和感のないストーリーとキャラクターの設定
- ・土砂移動現象を視覚的に理解する映像の収録
- ・扇状地形成過程と日本国土の特性
- ・含水比の変化による土質特性の変化
- ・地域に愛着を持つような内容
- ・風化花こう岩の脆さや災害履歴
- ・地域で災害を乗り越えてきた文化

### 3. 試行授業の効果・課題の分析

#### 3.1 試行授業の効果検証（アンケート概要）

今回実施した試行授業の効果検証のため、児童を対象にアンケートを実施した。アンケートは2日間実施した試行授業の終了後にそれぞれ実施した。アンケートの設問は、知識の定着と意識変化を問う2種類とした上で、対象学年を考慮し、4問の選択式（一部自由記述式）とした。以下に設問内容を示す。

授業後のアンケート設問	
1 日目	Q1. 映像を見て「新しく知ったことは？」(図3選択肢(選択式:MA))
	Q2. 「前から知っていたが、より詳しく知ることができたものは？」(〃)
	Q3. 「いちばん印象に残っているものは？」(〃)
	Q4. 「あなたの感想は？」(以下MA) 1. 那智勝浦町は土砂災害の危険が高く怖い。 2. " " 土砂災害の危険もあるけれど魅力も多い。 3. " " 土砂災害の危険もあるけれど魅力も多いので、地域の人たちが安全について考えてくれていて安心。 4. " " 土砂災害の危険もあるけれど魅力も多く、自分も安全な暮らし方を考えていく必要がある。
2 日目	Q1. 2回の授業で一番楽しかったことは？(以下MA) 1. 学習映像 2. くずれやすい花こう岩を触ったり割ったり、扇状地の実験を見たこと 3. 現地で砂防堰堤をみたり解説をきいたこと 4. 教室に帰ってきてみんなで話し合ったこと 5. そのほかであれば自由
	Q2. 2回の授業で一番「ためになった」ことは？(〃)
	Q3. 2回目の授業で新たに知ったことは？(〃)
	Q4. 今回の学習をおうちの人と話したか？(図4 選択肢)

表1 アンケート設問(2回分)



図2 授業を受ける児童の様子

### 3.2 試行授業1日目の効果(定着した知識)

1回目のアンケート結果の抜粋を図3に示す。この結果から、花こう岩の地質が多い(32.3%)、日本は扇状地で暮らしている人もたくさんいる(24.8%)、扇状地は繰り返された土石流が作った地形(22.6%)等、防災学習用映像を通して土砂災害に関する新たな知識を習得していることが分かる。特に、小型模型や花こう岩に触れるなど、見て・触れた実験や体感的学習の効果が高く表れており、この効果が見られる。

### 3.3 試行授業2日目の効果(意識変化)と考察

2回目アンケート結果を図4に示す。1回目および2回目の授業を通じ「最も楽しかった」と答えたことは、1回目授業での花こう岩に触れたり、実験を見たこと(58.3%)が最も多く、著者らが地域への波及効果に繋がると期待した試行授業2日目の授業での「教室に帰ってきてみんなで話し合ったこと」(8.3%)との回答は少数派であった。その他の回答からも、試行授業2日目で提示した「新たな知識」を得たことは伺えたが、土砂災害への備えとして明確な「意識」変化はデータとして確認できなかった。しかし、77.8%の児童が家の人と話したと回答しており(図4右)、檜垣ら(2016)でも指摘されていた児童への防災教育が各家庭に波及効果をもたらすことは改めて確認された。試行授業2日目の児童間での話し合いにおいては「(町内の)掲示板で話し合ったことを掲示する」、「回覧板で大人にも知ってもらおう」、「地区のお祭りやショッピングセンターでの発表」等、具体的な地域への伝え方が提示されており、伝えるための資料作りまでを授業で行うことが

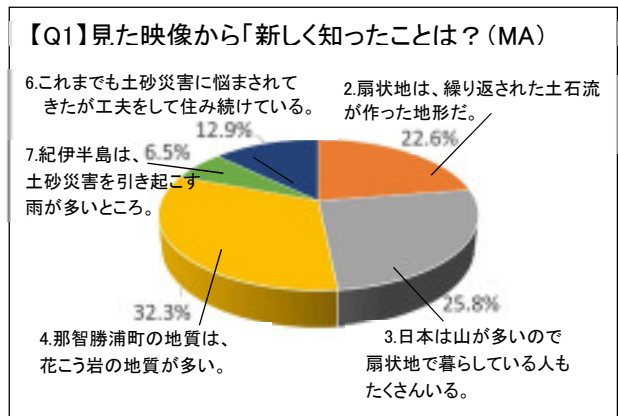


図3 アンケート結果(定着した知識)

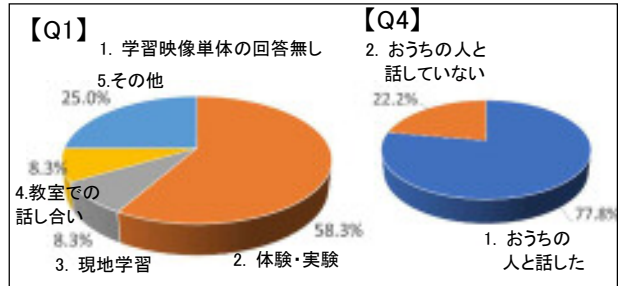


図4 アンケート結果(2回目抜粋)

できれば、防災意識の変化とともに、波及効果もさらに高めることができたのではないかと考えられる。

### 3.4 アンケート結果に関するまとめ

基礎的な知識を学習するための映像に、見る・触るという体験が組み合わせることで、防災教育に必要な基礎的な知識の学習が効果的なものになることが示唆された。一方、知識を意識の変化に繋げるためには、児童自身が考えたことを実践する取り組みが必要と考えられる。また、波及効果を向上させる取り組みもあわせて求められる。

## 4. 今後の展開に向けての課題

今後、小学校高学年のみならず、幅広い世代に展開するためにはコンテンツの充実が求められる。さらに、継続的に土砂災害に関する防災教育を実施していくためには、土砂災害防止学習の指導者を確保・育成する仕組みの構築、学習レベルを維持・向上させる仕組み作りが必要である。また複式学級等の学校毎の防災教育事情を踏まえたカリキュラム案のバリエーション強化が求められると考えられる。

### 引用文献

- 檜垣大助ら：土砂災害と防災教育 命を守る判断・行動・備え，朝倉書店，2016
- 桜井亘ら：高知県の町をケーススタディとした地域の防災教育支援について～教育関係者と連携した土砂災害から命を守る防災教育支援資料の作成～，平成24年度砂防学会研究発表会概要集，pp-482

## 紀伊山地における各流域ごとの土砂の偏在および河道形状把握の試み

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

吉村元吾・今森直紀・田中健貴

### 1. はじめに

平成23年台風12号によって紀伊山地では深層崩壊や表層崩壊、また土石流が多発し、大量の土砂が生産された。生産された土砂量は崩壊地判読によって1億 $m^3$ と推定されている（国土交通省水管理・国土保全局，2011）。これらの土砂は、生産後徐々に移動していると考えられ、その移動状況を捉えることは砂防計画に、重要であると考えられる。

これまでも流域内の土砂動態把握の検討に関する多くの研究がされてきた（例えば、国土技術政策総合研究所2016）。これらの検討ではハイドロフォンなどの観測機器を用いて、ある河道断面における土砂の流下状況を推定しており、通過する土砂量や粒径について推定するなど、一定の成果が得られている。一方で、例えば宮崎ら（2007）は斜面崩壊によって側方から供給された土砂の堆積状況およびその後の出水による堆積状況の変化を河道の縦横断測量によって追跡調査し、モデル化を試みている。

紀伊山地における土砂動態把握においては、大量の土砂が移動しており、各支川で土砂生産や土砂移動状況を把握する必要がある。そこで本報告では、平成23年台風12号によって崩壊が発生し、土砂生産があった溪流において縦横断測量を実施し、土砂生産後の土砂移動状況および河道形状の変化について調査し、土砂流出状況について検討した。

### 2. 方法

#### 2.1 調査地概要

調査地概要を図1に示す。調査は奈良県十津川支川の神納川流域において実施した。当該地域では平成23年台風12号によって深層崩壊が発生している。また当調査地を包括する形で平成21年および平成24年にLP測量が実施されるとともに、平成25年には奈良県によって神納川流域において現地測量が実施されている。

本調査地では平成23年台風12号による崩壊発生前後でLP測量結果の比較により、図-1に示すような堆積状況の変化が見られた。神納川支川足谷の上流で崩壊が発生し、足谷流域において土砂堆積が著しいことが分かる。一方で、神納川本川は水位がある程度高く、LP測量ではレーザー光を水面で反射するため、一概に土砂堆積の把握はできない。

#### 2.2 方法

H25年以降の土砂堆積状況を調査するため、図-1に示す区間において縦断方向に200mおきに縦横断測量を実施した（図-2）。この区間は河床勾配1/100であった。なお、測線については先述のとおり平成25年に実施された奈良県による測量結果を基に設定した。測量はニコン・トリニプル GF-405N（ト

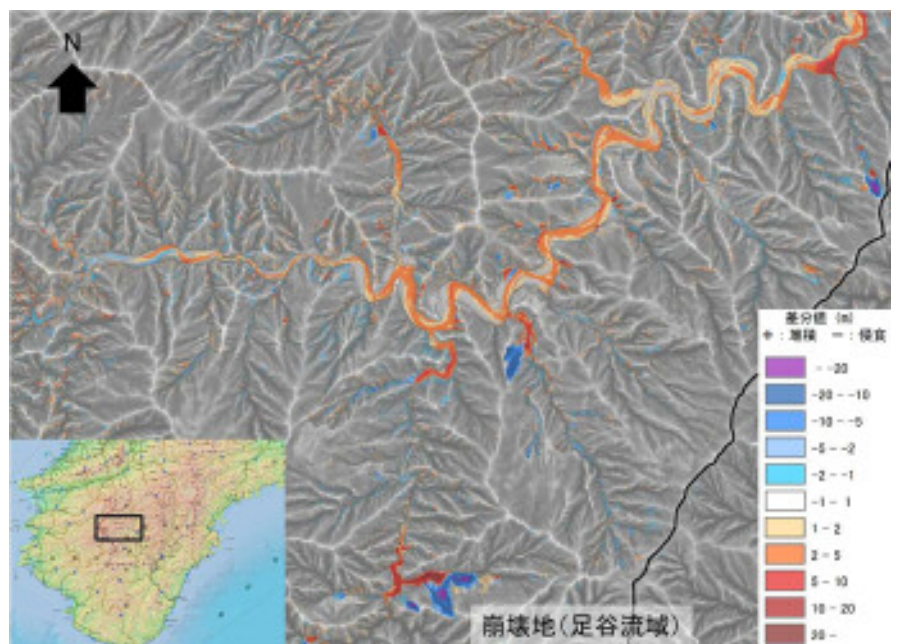


図-1 調査地概要 神納川流域



図-2 調査の様子



ランシット) およびニコン・トリンプル AS 自動レベル (レベル) を用いて行った。また土砂堆積状況について、平成 25 年と平成 28 年の測量結果を基に断面積の変化に着目し、測点間の距離を乗じることによる平均断面積法により、土砂堆積状況を把握した。

### 3. 結果と考察

調査区間の縦断測量結果を図-3 に示す。平成 25 年、平成 28 年と比較するとおおむね H25 年において縦断方向の測線で見ると河床が高いことが分かる。一方で、平成 28 年の縦断方向の測線を見ると、多くの部分で平成 25 年と比較して、河床が低くなるとともに、縦断方向に複数の箇所河床のピークが見られることが分かる。これらのピークは下流から 1600m, 1800m, 2400m, 2600m, 3000m に見られた。また H23 年に崩壊が発生した足谷との合流点である 2400m 付近より下流では、下流から 1600m 地点でピークが見られる。このピークについては今後さらに下流への土砂供給源となりうる可能性がある。

次に、測点間ごとの堆積土砂量を図-4 に示す。全区間で堆積が見られ、浸食による堆積土砂量の減少は見られなかった。また堆積土砂量には調査区間において大きく 2 つのピークが見られる。

以上のことから、神納川本川における土砂堆積状況が平成 23 年台風 12 号による出水後から、徐々に変化している様子が改めて見られた。また今後の出水により、現在の土砂堆積状況も変化すると推測される。その際には出水の規模により、移動する土砂の礫径は変化するものと考えられる。

### 4. まとめ

本検討では、1 つの深層崩壊発生箇所を含む溪流区間において測量を実施し、土砂堆積状況の検討を行った。その結果、平成 25 年から平成 28 年の 3 年間に於いて一定程度の土砂移動がみられ、またそれに伴う河道形状の変化が見られた。一方で、これらの変化は 3 年間に於ける複数の出水を経た変化であり、単独の出水に着目したものではない。そのため、土砂堆積状況の変化を予測するためには、出水規模などの特性に着目した分析が求められる。さらに土砂堆積状況と河道形状の変化は互いに影響を与えると考えられる。今後の土砂移動および堆積状況を予測するために、継続した検討が必要である。

### 参考文献：

- 国土交通省水管理・国土保全局砂防部 (2011)：台風 12 号に伴う豪雨による奈良県・和歌山県・三重県での崩壊土砂量について (速報値), [http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03\\_hh\\_000413.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000413.html), 2011
- 国土技術政策総合研究所 (2016)：近年の山地河川における流砂水文観測, 国土技術政策総合研究所資料, 2016
- 宮崎知与, 山田孝, 丸谷知己 (2007)：Sediment pulse 発生後における土砂の波状移動と分球現象, 砂防学会誌 vol.61, No.2, pp.5-15, 2008

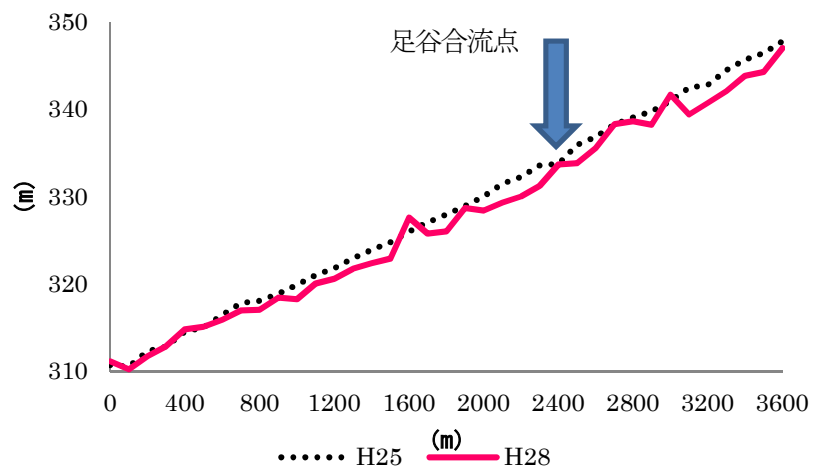


図-3 測量区間における縦断形状の変化

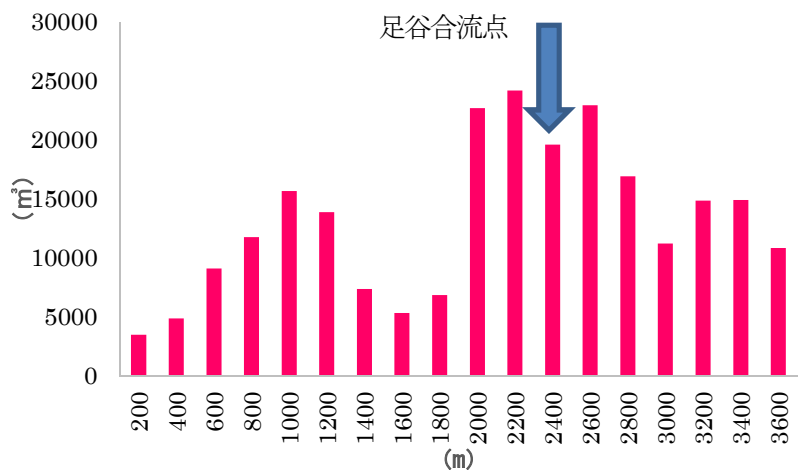


図-4 測量区間ごとの堆積土砂量



## 空中電磁探査による比抵抗値に着目した深層崩壊危険斜面の抽出技術の開発

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  
 国立研究開発法人土木研究所

吉村元吾・木下篤彦・今森直紀・田中健貴  
 森加代子・林幸一郎

### 1. はじめに

平成23年台風12号により紀伊山地で発生した深層崩壊など、近年各地で深層崩壊が多発している。深層崩壊による被害を軽減し、対策を行うには、深層崩壊発生危険斜面（以後、危険斜面）を抽出する必要がある。これまで危険斜面の抽出手法として斜面の変形の程度や、斜面末端での湧水の電気伝導度が高いことを利用した方法が検討されてきた<sup>1)</sup>。しかし、これらの方法は詳細な現地調査が必要とする場合があり、広範囲から危険斜面を抽出するには多大な労力を要する。

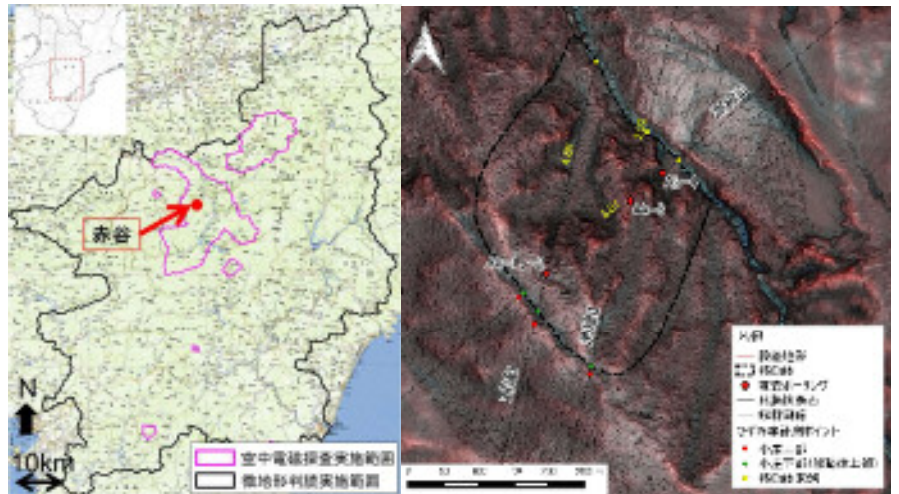


図-1 調査地概要

一方で、ヘリコプター等を用いて広範囲の地下情報が得られる空中電磁探査が注目されている。そこで本研究では、空中電磁探査から得られる比抵抗に着目した危険斜面抽出方法について検討する。

### 2. 方法

#### 2.1 研究方法

まず紀伊山地においてレーザープロファイラから危険斜面であると考えられる1斜面を抽出した。この斜面について、斜面の変形程度（ひずみ率）や湧水の電気伝導度から危険斜面であると考えられることを確認しつつ<sup>1)</sup>、この斜面の比抵抗を分析した。さらにボーリング調査を行い、比抵抗から想定される岩盤の風化状況、緩み域の妥当性を検証した。次に、広範囲からの危険斜面抽出手法を検討した。図-1に示す範囲からレーザープロファイラによる微地形判読などから危険斜面と考えられる斜面を74斜面抽出し、それらについて比抵抗から緩み域の状況を検討した。

#### 2.2 調査地概要

図-1に空中電磁探査実施範囲およびボーリング調査箇所を示す。なおボーリング調査を実施したのは平成23年台風12号によって発生した深層崩壊である赤谷の周辺に位置する重力変形斜面である（以後、赤谷西と呼ぶ）。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 見掛比抵抗構造から想定される地盤状況

図-2に赤谷西の見掛比抵抗を示す。見掛比抵抗の相対的な変化は、地盤の抵抗値に影響する含水率、粘土鉱物含有

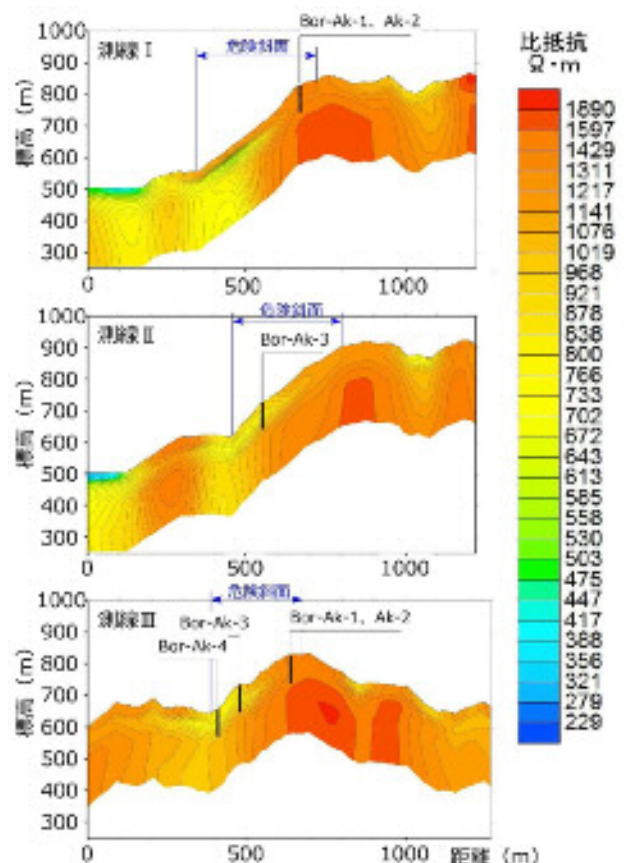


図-2 各測線における見掛比抵抗

量、構成物質そのものの比抵抗特性等の相対的な違いに影響されると考えられる。見掛比抵抗から推測される鉛直方向の地盤状況は、浅部の高比抵抗領域は開口や間隙の多い不飽和な緩み岩盤、中間に位置する低比抵抗領域は地下水飽和帯や粘土鉱物が多い地層、砂岩に比べ相対的に比抵抗が低い泥岩や凝灰岩層の分布、深部の高比抵抗は比較的新鮮で間隙が少なく不飽和な岩盤である。また中間の低比抵抗帯の中心が深さ 52m 周辺に見られた。

### 3.2 ボーリングコアで確認される地盤状況

赤谷西におけるボーリングコア (Ak-1) を図-3 に示す。深さ 52m 周辺に低比抵抗帯の中心が位置していたが、ボーリングコアでは凝灰質頁岩を含む泥質岩が分布し、上下に砂岩層が存在する。また低比抵抗帯の中心周辺では X 線回析の結果、粘土鉱物の緑泥石が消失し、スメクタイトが形成され、崩壊面となりうる可能性がある。またボーリングコア深度 72m 付近では、深度 70.1~73.52m にかけて砂岩層が破碎され岩片状となり、脆弱な岩盤が分布していた。

### 3.3 地盤状況による推定崩壊面と見掛比抵抗変化面

比抵抗の分析、比抵抗とボーリング調査の比較から、高比抵抗帯に挟まれた低比抵抗帯は、破碎状細礫の狭在やスメクタイトの形成が見られるなど緩み域で見られる特徴を表現している可能性があることが分かった。またこのような比抵抗の変化は深度方向への変化であり、鉛直一次微分や鉛直二次微分といった微分フィルタによって高い精度で把握できることが示唆される。

### 3.4 紀伊山地の他斜面への適用

図-1 で示した範囲において、ひずみ率や微地形判読から危険斜面を 74 斜面抽出し、比抵抗の分布を調査した。分析の結果、赤谷西と同様に表層と下部に高比抵抗があり、その中間に低比抵抗帯が分布する斜面と、低比抵抗帯が深度方向に広く分布する斜面、またこれらが混在する斜面が存在した (図-4)。これらの斜面は既往研究<sup>2)</sup>で示された平成 23 年台風 12 号によって深層崩壊が発生した斜面と同様の見掛比抵抗構造であり、今回調査した危険斜面が平成 23 年台風 12 号によって深層崩壊が発生した斜面と同様の地盤構造を有している可能性を示している。

## 4. まとめ

赤谷西におけるボーリング調査と比抵抗の分布から、深度方向に比抵抗が大きく変わる箇所が緩み域を表現している可能性があることがわかった。またこのような変化は微分フィルタによって、より明瞭に抽出できる可能性がある。さらに紀伊山地の 74 斜面の調査結果から、危険斜面の比抵抗の分布には、緩み岩盤下部の崩壊面付近で比抵抗が急激に低下するパターンと、地表から緩み域まで厚く低い比抵抗の分布が見られるパターン、またそれらが混在するパターンがあることが分かった。今後、緩み域をより明瞭に表現する比抵抗の分析方法を検討するとともに、より詳細な危険斜面抽出手法について検討していきたい。

### 参考文献：

- 1) 国立研究開発法人土木研究所:深層崩壊の発生する恐れのある斜面抽出技術手法及びリスク評価手法に関する研究, 土木研究所資料第 4333 号, 2016.
- 2) 木下篤彦ほか:平成 23 年台風 12 号により紀伊半島で発生した深層崩壊周辺の広域比抵抗構造特性, 平成 25 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pp.356-357, 2013

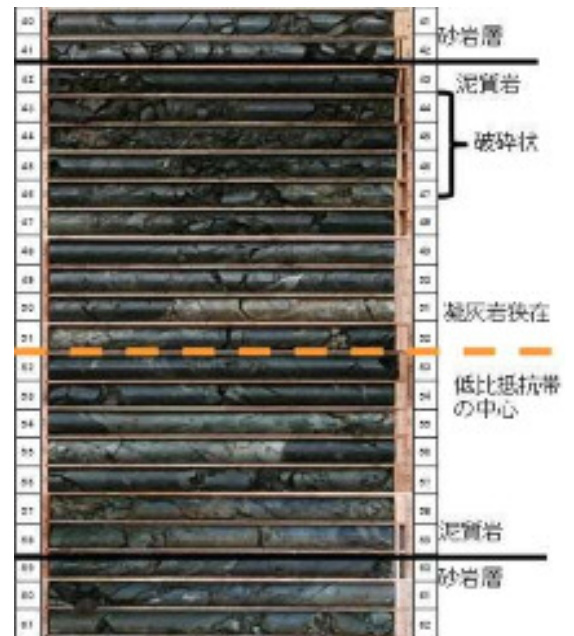


図-3 調査地概要

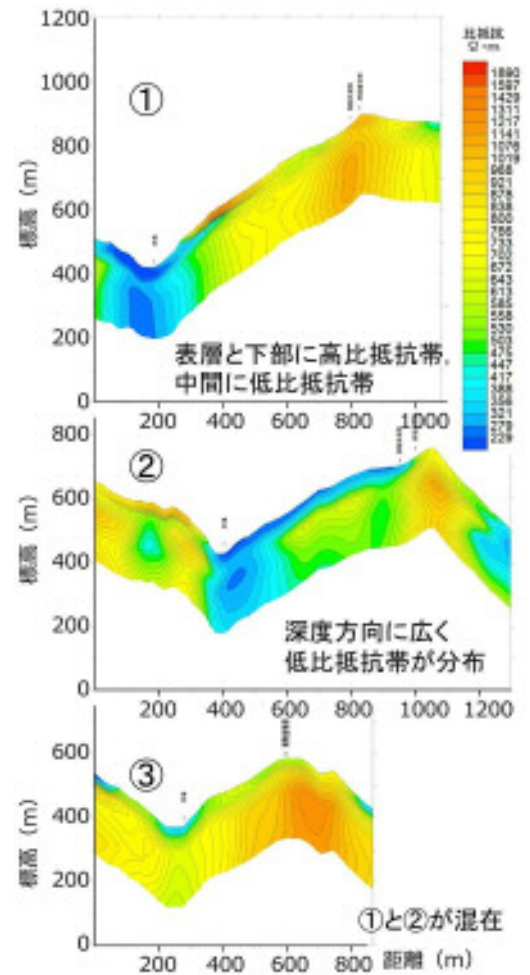


図-4 調査地概要



## 有田川上流域における昭和28年(1953)災害の土砂災害分布について

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  
和歌山県

河南良男・吉村元吾・今森直紀・田中健貴  
千東圭央

### 1. はじめに

平成23年台風12号によって紀伊半島では深層崩壊や土石流によって甚大な被害が生じた。一方で、紀伊半島では過去にも明治22年十津川災害や昭和28年有田川水害によって甚大な被害が生じている。紀伊半島における土砂災害の危険性を把握し、地域住民に伝えることによって、警戒避難意識の向上や実際の避難行動につながると考えられる。

過去に紀伊半島で発生した土砂災害のうち、昭和28年有田川水害では、戦後間もない時期にもかかわらず、和歌山県内において災害の5か月後の昭和28年12月に林野庁が災害地の航空写真撮影を行い、1/1万地形図が作成されている。さらに崩壊地の調査を行い、詳細な崩壊地分布図が作成されている。また和歌山県土木部砂防利水課(1957)、木津川砂防工事事務所(1969)、和歌山県土木部砂防利水課(1992)、和歌山県花園村(1992)など調査報告も多く残されている。

そこで警戒避難意識向上のため、資料が多く残されている昭和28年有田川水害を対象として、紀伊半島で起こりうる土砂災害の危険性を調査した。

### 2. 有田川水害による被害概要と調査方法

#### 2.1 昭和28年有田川水害による被害の概要

昭和28年有田川水害では和歌山県・奈良県を中心とし、死者・行方不明者1000人を超す被害が生じた。特に有田川上流では深層崩壊、天然ダムが多数発生・決壊し、大きな被害が生じた。また大坂管区气象台(1954)によれば、図1に示したように、有田川流域だけでなく、和歌山県中・北部で激甚な土砂・洪水災害が発生していたことが分かる。

#### 2.2 調査方法

既往報告を基に、有田川上流の崩壊位置、崩壊数、崩壊土量、被害状況を整理した。併せて、有田川上流域、和歌山県旧花園村(現かつらぎ町)で地域住民にヒアリングを実施し、災害当時の様子を調査した。



図1 昭和28年(1953)7月災害の被災状況図  
大阪管区气象台(1954):大阪管区異常気象報告

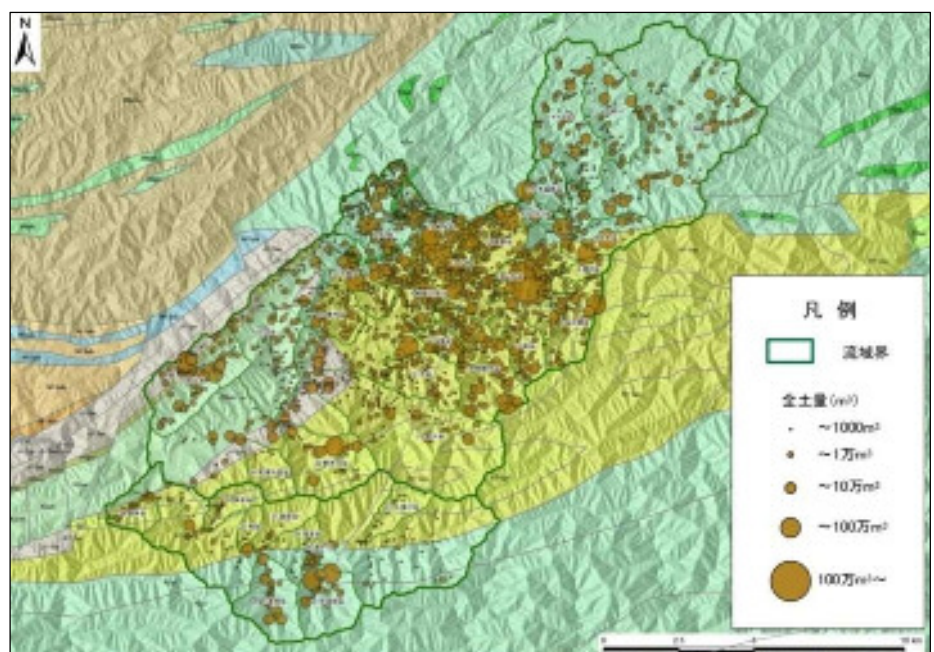


図2 有田川中・上流域崩壊地分布図(背景:産総研発行シームレス地質図)

### 3. 調査結果

図2は和歌山県土木部砂防利水課（1957年）作成の崩壊地分布図を規模別に円グラフで示した（全2272箇所）。背景の地質図は、産業技術総合研究所の1/20万シームレス地質図である。

表1に崩壊箇所の集計結果を示す。崩壊土砂量

100万m<sup>3</sup>を超える崩壊地は2箇所で崩壊土砂量の合計は656万m<sup>3</sup>、全崩壊土砂量は2108万m<sup>3</sup>にも達している。崩壊土砂量10万m<sup>3</sup>以上の崩壊地は29か所で、崩壊土砂量は1509万m<sup>3</sup>と全崩壊土砂量の72%にも達している。

### 4. 金剛寺付近の大規模崩壊

図3は有田川本川の金剛寺から北寺付近の崩壊地分布図である。金剛寺は昭和28年有田川水害で最も規模の大きい崩壊地（崩壊土砂量520万m<sup>3</sup>）で、雨の降り止んだ7月20日午前1時頃発生し、有田川を塞ぎ止め、高さ60m、湛水量1700万m<sup>3</sup>の天然ダムを形成した。湛水域は6.6km上流の久木の丸尾地区まで達した。この天然ダムは9月23日から25日にかけての台風13号の襲来により満水となって決壊した。ヒアリング調査により、金剛寺より下流では、この天然ダムの決壊により、7月19日の洪水よりも水位が高い洪水段波に見舞われた地区（旧花園村敷地、旧清水町清水等）もあることがわかった。

金剛寺の西側の瀬の谷は、崩壊土砂量136万m<sup>3</sup>と2番目の規模である。しかし、地形図から分かるように、崩壊は2つに分かれる。下前ほか（1963）によれば、最初に瀬の谷中流部で崩壊（18日朝5時頃）が起こり、瀬の谷沿いの人達は台地上あった大日堂に避難した。しかし、上流からの崩壊・土石流が20日昼頃に発生したため、大日堂は破壊・流失した。大日堂から逃げられた人達は、金剛寺と瀬の谷の尾根部を通過して高野山に避難した。

北寺は、7月18日午前11時頃発生し、花園村の中心集落を襲い、村役場をはじめとして19戸を埋没し、死者96人と最も大きな被害が生じた。この地区の崩壊土砂量は64万m<sup>3</sup>と見積もられている。この他にも旧花園村の有田川本川や高野谷・有中谷などで大規模崩壊が発生している。

### 5. まとめ

今回の調査では、過去の報告や地域住民へのヒアリングから、昭和28年有田川水害での崩壊や被害の実態をある程度把握することが出来た。また、ヒアリング、崩壊地分布図、地形図を突き合わせることで、崩壊場所とその範囲を正確に把握することが出来た。今後、本調査で得られた結果を土砂災害に対する警戒避難意識の向上に役立てていくとともに、有田川上流旧花園村と同じく大きな被害が生じた有田川中流旧清水町での被害についても調査して行く必要があると考えられる。

#### 引用文献

- ・和歌山県土木部砂防利水課（1957）：有田川上流崩壊調査書，322p.
- ・木津川砂防工事事務所（1969）：有田川流域砂防調査報告書，64p.
- ・大阪管区气象台（1964）：昭和28年大阪管区異常気象報告，第1巻.
- ・下前房代・公庄レイ・下前佐一ほか（1963）：あれから十年—水害の記録—

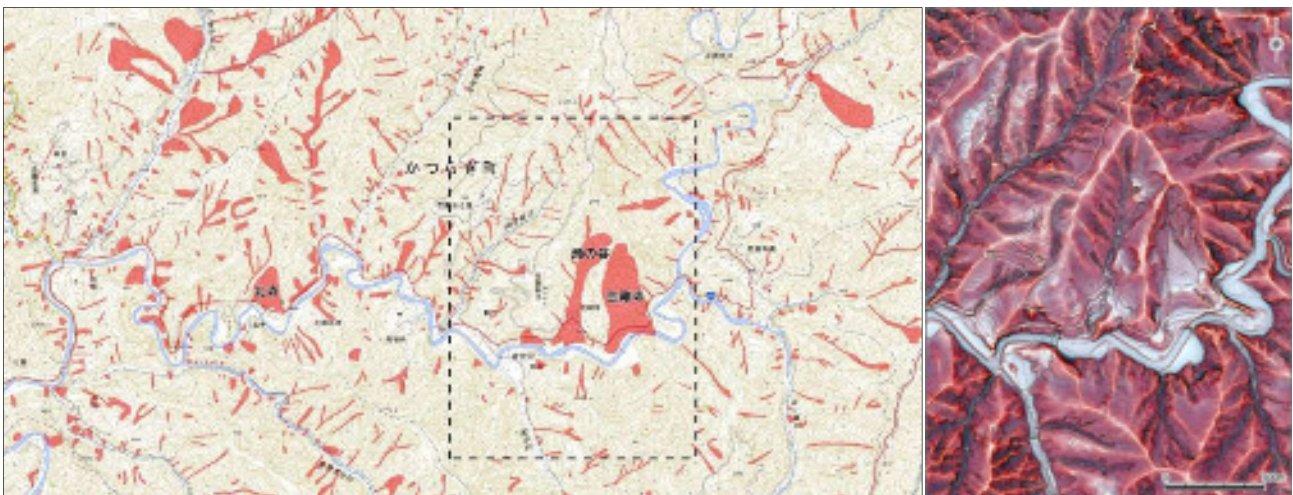


図3 有田川本川の金剛寺から北寺付近の崩壊地分布図と地形図



## 那智川流域における観測機器を用いた土砂流出状況の把握

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  
和歌山県

吉村元吾・木下篤彦・今森直紀・田中健貴  
筒井和男

### 1. はじめに

和歌山県那智勝浦町を流れる那智川流域では、平成23年9月の台風第12号に伴い崩壊及び土石流が複数の支流で同時多発的に発生し、甚大な被害が発生した。この災害以降、大規模土砂災害対策技術センターでは、流域内の土砂移動の監視を目的とした観測システムの構築を進めており、これまでの5年間に発生した土砂移動の観測データが蓄積されてきている。

本報告は、本格的に流砂・水文観測を開始した平成27年4月以降で最も大きな降雨を記録した平成27年7月台風第11号の観測成果を対象に、主に警戒避難への活用（災害の予兆把握）に向けて検討したものである。

### 2. 観測データの警戒避難への活用に関する知見

平成23年9月に那智川流域で最も規模の大きい崩壊が発生した那智川支流、金山谷川の観測成果について整理する。金山谷川上流は、崩壊地のある左支流( $A=0.12\text{km}^2$ )と荒廃地の少ない右支流( $A=0.27\text{km}^2$ )、その合流地点( $A=0.62\text{km}^2$ )で水位・濁度を主体に流砂・水文観測を行っている。なお、豪雨時には渓流水を採取して水質を分析している（図-1）。



図-1 那智川流域支流金山谷川の観測機器等の配置

#### 2.1 拡大崩壊の発生状況

対象降雨は、総雨量511mm、最大時間雨量37.5mm（那智高原公園観測局）の後方集中型の降雨である（図-2a）。この雨で拡大崩壊が発生したが、発生時刻は崩壊地直下の濁度計のセンサー一部が土砂で埋没した7月17日0:00と推定される。また、それより5時間前の7月16日19:00~20:00に崩壊地内にある孔内水位計が落石により破損した。

#### 2.2 拡大崩壊前後の観測値の変化

拡大崩壊の発生時刻と観測データとを比較した結果、拡大崩壊の予兆として3~4時間前の16日19:00~20:00頃から観測値に変化が現れはじめることが確認できた。

- 1) 水位と濁度：落石発生後の16日20:00以降から濁度に変化が見られる（図-2b）。濁度/水位比をみると16日20:00~翌17日5:00の8時間の変化が大きい（図-2c）。
- 2) 流量：16日20:00から23:00に急激に立ち上がり、その後減少し始めた0:00に崩壊が発生した（図-2d）。
- 3) 電気伝導度・溶存イオン：16日20:00にEC（電気伝導度）が最大値を21:00にSiO<sub>2</sub>（溶存シリカ）の濃度が最低値を示す。K（溶存カリウム）の濃度は拡大崩壊が発生したと考えられる17日0:00のみ反応を示す。ECは水が土壌及び基岩内に長時間滞在していると高い傾向があり、SiO<sub>2</sub>は値が高いほど基岩由来の水（地下を流れた水）を含み、Kは森林土壌に多く含まれ表面流及び表面崩壊と密接な関係があると考えられている（図-2e）。
- 4) 浮遊砂の粒度組成：浮遊砂の粒度分布（メジアン値の変化）をみると、16日19:00に一時的に粒径の大きい粒子の割合が増加し、その後、粒径の小さい粒子の割合が増加する（図-2f）。

### 3. まとめ

金山谷川上流の観測成果から、流砂・水文観測が3~4時間程度のリードタイムを有する警戒避難情報として利用できることを報告した。現在、土砂災害に対する警戒避難情報としては、土砂災害警戒情報に代表されるような降雨を指標とする情報が広く用いられている。降雨予測は、気象レーダーや解析技術の発達に伴い空間分解能の緻精化や時間精度の向上がはかられてきているが、警戒避難の判断指標としては現状ではキロメートルオーダーの比較的広範な情報である。一方、今回の流砂・水文観測は、上流域で発生する実現象を捉えるものであるため、①対象の特定・絞込みが可能、②空振りの低減（精度向上）、③住民の避難行動の動機付けとなる有用な情報のひとつとなる等が期待でき、これまでの指標と組み合わせることで、警戒避難情報の高度化がはかれるものと考えられる。

また、その他の観測成果等から、流域面積や地形・地質条件等により各支流で土砂移動特性に違いがあることも分かってきている。この観測開始からの5年間では大規模な土砂移動を伴う豪雨は発生していないこともあり、今後も各支流で観測を継続すると共に、全国の他地域で進められている観測りと連携し、那智川流域の安全性確保を第一義に有効な監視・観測方法について検討を進めたい。

#### 参考文献：

- 1) 桜井 亘他：近年の山地河川における流砂水文観測，国土技術政策総合研究所資料，第887号，2016.3

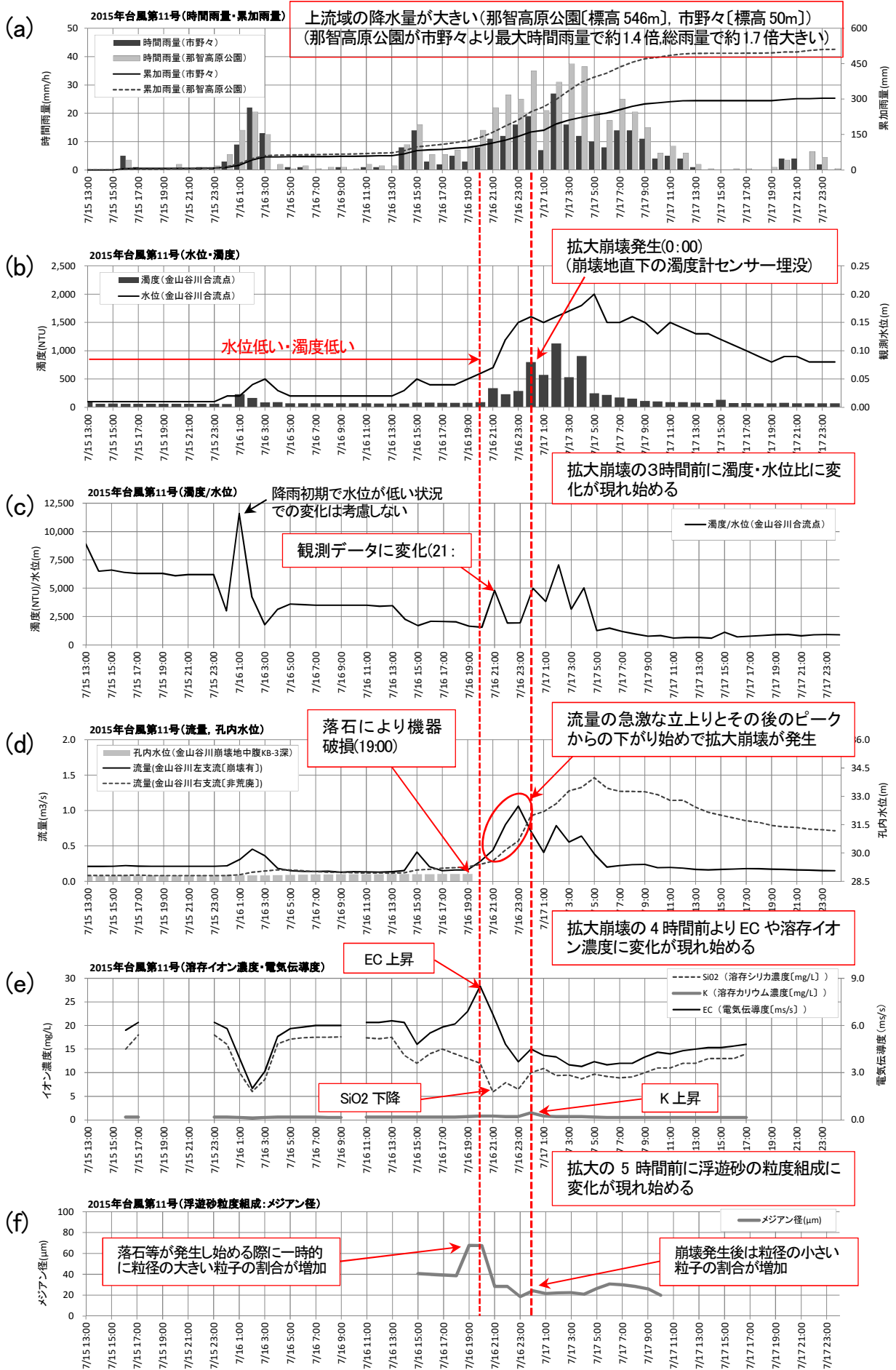


図-2 平成27年7月台風第11号の観測値の時系列変化と拡大崩壊等の発生時刻の関係

# 深層崩壊に起因する天然ダムタイプの被害想定手法に関する一考察

国土技術政策総合研究所

桜井 亘・内田太郎・鈴木清敬

## 1. はじめに

「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」においては、天然ダム対策は事前対策と緊急対策、ならびにハード対策とソフト対策を組み合わせるべきと整理されている。

このうち、事前対策を実施するにあたっては、①深層崩壊場所の想定、②深層崩壊規模の想定、③天然ダム形成位置の推定、④天然ダム形状の推定、⑤短時間決壊型 or 長期間継続型かの判定、⑥決壊・氾濫計算の実施、のような流れに従い、外力や被害範囲を想定する必要がある。ここで、①、②、⑤、⑥については、多くの研究が行われ、技術開発が進められてきた。その一方で、③および④については、研究例が少なく、事前に想定することが困難である。

③天然ダム形成位置の実態を把握することは、想定する天然ダムの規模、形状、数値計算の計算開始地点や計算ケースを整理するために重要である。また、④天然ダム形状（天然ダムの高さ等）は、短時間決壊型か長期間継続型かの判定や湛水容量、決壊時のピーク流量に大きな影響を及ぼすため重要である。

そこで、本研究では、過去の深層崩壊の事例を対象に、③天然ダム形成位置、④天然ダム形状の実態を整理することを目的とした。

## 2. 研究方法

### (1) 天然ダム形成位置の実態把握方法

深層崩壊に起因する土砂は急勾配な河道では堆積せずに流下する可能性が考えられるため、天然ダム形成箇所の河道の勾配には上限値があると考えられる。そこで、本研究では既往文献<sup>1)2)</sup>からの事例収集および航空レーザ計測成果（以降 LP データと呼ぶ）を用いた判読を行い、天然ダム形成地点の河床勾配を整理した。整理したデータは、既往文献 101 事例、LP 判読 31 事例の合計 132 事例である。LP データを用いた判読は、新潟県中越地震（2004）、岩手・宮城内陸地震（2008）、紀伊半島大水害（2011）の 3 災害を対象とし、災害後に取得された LP データを用いて判読を行った。

LP 判読は天然ダム形成地点を中心に上流側 200m および下流側 200m の区間について概ね 1m 間隔で LP 地形モデルから標高データを読み取った。

### (2) 天然ダム形成位置の実態把握方法

天然ダム形状に関するパラメータのうち被害範囲等に大きな影響を及ぼすものとして、天然ダムの高さ、のり勾配が考えられる。そこで、本研究では新潟県中越地震（2004）、岩手・宮城内陸地震（2008）、紀伊半島大水害（2011）の 3 災害について、災害後に取得された LP データを用いて、天然ダム形成地点の縦断面図を作成し、天然ダムの前法形状を検討した。縦断面図を作成して形状等を検討したデータは LP 地形モデルにて天然ダム形状が確認できた 24 事例である。

縦断面図の作成位置は天然ダム形成後の河道の中心線とし、概ね 1m 間隔で LP 地形モデルから標高データを読み取り縦断面図を作成した。

## 3. 研究結果

### (1) 天然ダム形成位置の実態

図-1 に過去の天然ダムの形成地点の河床勾配の整理結果を示す。図-1 左より、天然ダム実績の 95% は河床勾配が約 1/7（概ね 8 度）より緩い地点で、形成されていることがわかった。

また、図-1 右は天然ダム形成地点の平均河床勾配について、流下形態（谷壁斜面の崩壊による天然ダムの形成、支川上流の崩壊により本川で天然ダム形成）によって区分したものである。天然ダムが形成される河床勾配は流下形態によってはほとんど変わらないと言える。

### (2) 天然ダム形状の実態

図-2 に天然ダムの縦断面図の例を示す。この図より、天然ダムの前のり形状は図-2 左に示すように明らかな急勾配部とその下流に緩勾配部が存在する複断面形状を呈するもの（24 事例中 10 事例）と、図-2 右に示すように単断面形状を呈するもの（24 事例中 14 事例）が確認できた。

図-3 に天然ダム高さ（全体の高さ）と前のり勾配（全体の平均勾配）の関係を示す。天然ダムの高さと前のり勾配には明確な関係性は認められなかった。

ただし、天然ダムの高さが 25m を超えるものは 11 事例中 9 事例（82%）が複断面の前のり形状を呈しており、逆に天然ダムの高さが 25m 未満のものは 13 事例中 1 事例（7.7%）のみが複断面の前のり形状を呈していた。一方、勾配により単断面と複断面を分類することはできなかった。

図-4 に天然ダム急勾配部の高さ(急勾配部の前のり勾配)の関係を示す。斜面安定解析においては、ある勾配に対しては斜面として成り立つ限界の高さが存在し、図-4 中に破線で示したように勾配が大きいほど限界の高さが小さくなると言われており(例えば 3)、天然ダムの前のり形状についても同様の考え方が適用できる可能性が考えられる。

図-5 に天然ダムの全体の高さと急勾配部の高さの関係を示す。図中の黒点線より下側の範囲は天然ダムの前のり形状が複断面形状を呈する領域である。また、青破線、緑破線、茶破線はそれぞれ天然ダム全体の高さのうち、緩勾配部の高さが 10m、20m、30m となるラインを示している。この図より、天然ダムの全体高さに占める急勾配部の高さや緩勾配部の高さの関係はバラツキが大きく明瞭な傾向は確認できなかった。ただし、緩勾配部の高さは概ね 30m より低かった。

図-6 に天然ダムの前のり勾配の急勾配部の勾配と緩勾配部の勾配の関係を示す。この図より、前のり形状が単断面のものは、1 事例を除いて前のり勾配が 18~31 度であった。前のり形状が複断面化しているものは、急勾配部の勾配は概ね 11~35 度、緩勾配部の勾配は 4~17 度となっており、緩勾配部の勾配は急勾配部の勾配の半分程度となっていた。

#### 4. おわりに

天然ダムの形成地点は、その 95%が河床勾配 1/7 (概ね 8 度) より緩い地点で形成されていた。このことから、事前対策や被害想定をおこなう場合には、河床勾配が 8 度以下の緩勾配区間にて優先的に検討を進めてもよい可能性がある。

また、天然ダムの前のり形状は、単断面のものと複断面のものがあり、天然ダム高さが概ね 25m を超えるものは複断面化していることがわかった。前のり勾配と天然ダム高さはバラツキが大きく、明確な関係性はみられなかったが、斜面安定解析における限界高さの考え方を適用できる可能性が考えられた。このことから、事前対策や被害想定をおこなう場合の天然ダム形状は、限界斜面高さを考慮した天然ダム高さ・勾配を踏まえて設定することが望ましいと考えられる。

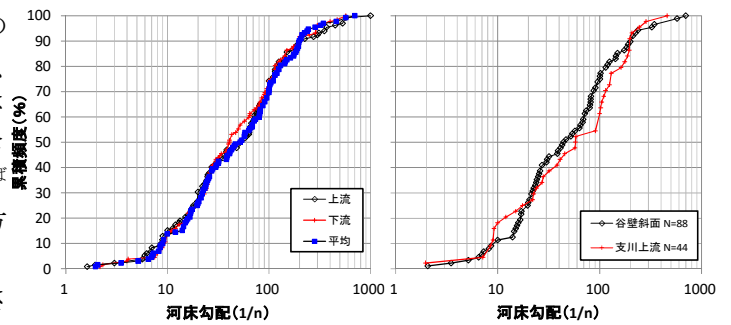


図-1 天然ダム形成地点の河床勾配の分布

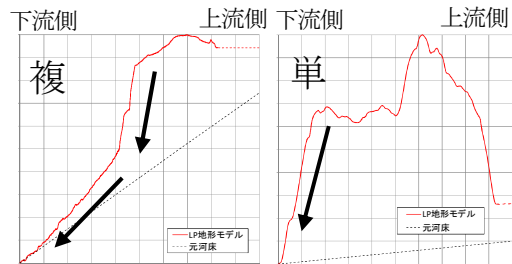


図-2 天然ダム縦断面形状の事例

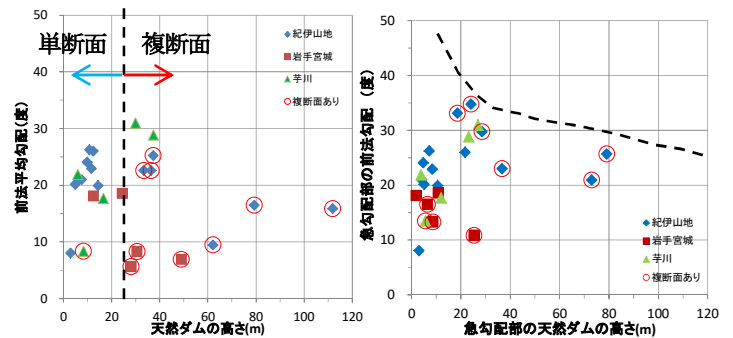


図-3 天然ダムの高さとの前のり平均勾配の関係

図-4 天然ダムの急勾配部の高さとの前のり勾配の関係

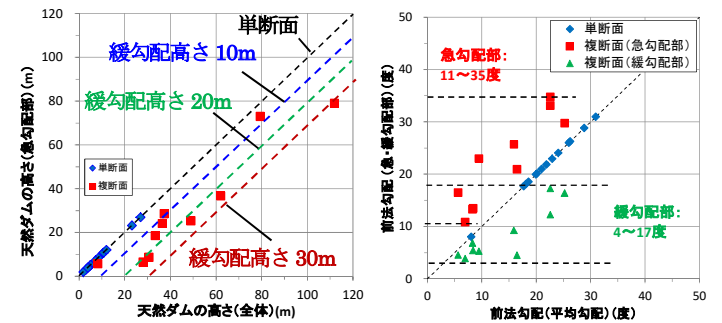


図-5 天然ダムの全体高さと急勾配部高さの関係

図-6 天然ダム前のりの急勾配部と緩勾配部の勾配の関係

#### <参考文献>

- 1) 田畑茂清・水山高久・井上公夫: 天然ダムと災害, 古今書院, 2000
- 2) 奈良県: 平成 23 年度紀伊半島大水害 大規模土砂災害アーカイブ, 2015
- 3) Schmidt, K. M., and D. R. Montgomery, Limits to relief, Science, 270,617-620, 1995



## 地震時斜面崩壊に及ぼす地盤加速度の影響評価手法

国土技術政策総合研究所

萬徳昌昭・松本直樹・内田太郎・桜井 亘

### 1. はじめに

平成 28 年に発生した熊本地震では強い揺れを観測した西原村、南阿蘇村、阿蘇市等を中心に、190 件にも達する斜面崩壊が発生した。こうした中山間地域を震源とした内陸直下型地震は過去からも多く発生し、深刻な土砂災害が引き起こされている。さらに、また、南海トラフにおける巨大地震の発生も懸念されてきている。

そこで、国土技術政策総合研究所では、地震による山腹斜面の崩壊危険度を評価するため、平成 7 年兵庫県南部地震の六甲山地を対象として検討を行い、地震時斜面崩壊危険度評価を行うことができるシステムを開発している。

その一方で、兵庫県南部地震時には、地震計の観測密度も低く、地震動のデータが十分得られたとは言いがたかった。そこで、本研究では、平成 28 年熊本地震による崩壊特性を分析し、大規模地震による斜面崩壊危険度評価のために、地震加速度が地盤へ与える影響に関する評価手法を見直し、新たな危険度評価手法の提案を行うとともに、有効性を検証するものである。

### 2. 検討内容

本研究では、平成 28 年熊本地震における崩壊特性を分析して崩壊面積率と加速度の関係に整理した。また、既往の平成 16 年中越地震、平成 20 年岩手宮城内陸地震及び平成 28 年熊本地震を対象として斜面勾配と崩壊面積率の関係、最大加速度が地震時斜面崩壊に及ぼす影響を定式化した。これらの知見を用いた新たな斜面崩壊危険度評価手法として立案するとともに、モデルサイトへの適用を行って有効性の検証を行った。

#### 2.1 平成 28 年熊本地震における崩壊特性の分析

地形データ及び加速データの収集整理を行い、10 m メッシュの数値標高データを作成して各メッシュにおける勾配・最大加速度について国総研資料第 204 号<sup>1)</sup>による方法を用いて算出・整理を行った。これらから崩壊面積率の算出を行い、勾配ごとの最大加速度を崩壊面積率の関係を整理・分析した。

その結果、斜面勾配  $5^{\circ}$  以下と斜面勾配  $60^{\circ}$  以上の場合を除き斜面勾配が高くなるに従い崩壊面積率が高くなり、その関係は一次関数で表現できることが分かった。また、最大加速度、最大速度及び SI 値が上昇するに従い崩壊面積率が上昇することも把握できたが、用いる地震動指標により、ある値を境に崩壊面積率が急激に上昇するなどの違いが見られた。

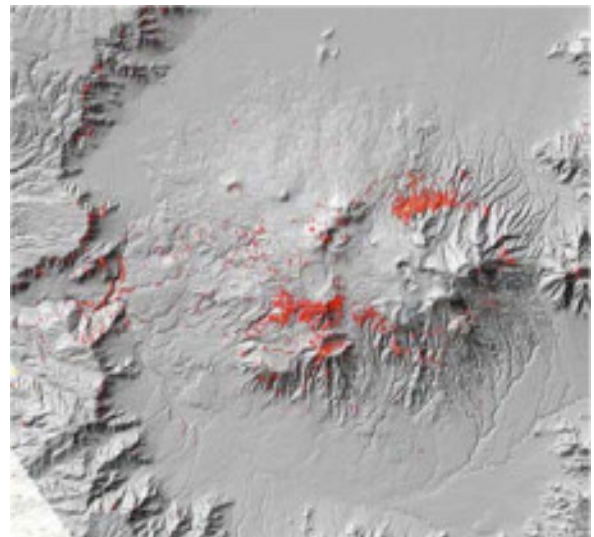


図-1 平成 28 年熊本地震での斜面崩壊分布

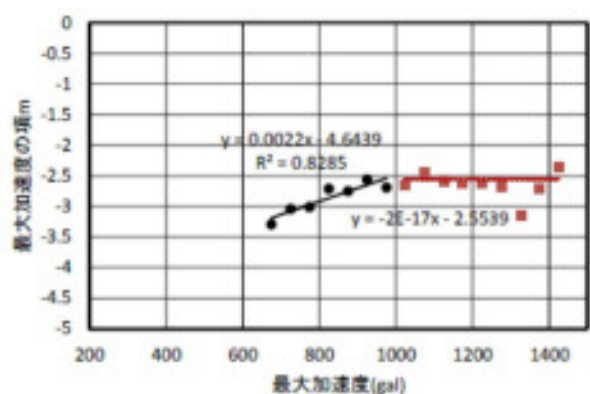


図-2 熊本地震の分析結果から得られた崩壊面積率の特性

## 2.2 最大加速度が地震時斜面崩壊に及ぼす影響の定式化

平成16年中越地震(対象面積740km<sup>2</sup>)、平成20年岩手宮城内陸地震(対象面積590km<sup>2</sup>)、平成28年熊本地震(対象面積700km<sup>2</sup>)を対象として、斜面勾配と崩壊面積率の関係から、最大加速度が地震時斜面崩壊に及ぼす影響を定式化した。

平成28年熊本地震では、データにバラつきがあるものの、加速度が上昇するに従い崩壊面積率が上昇する傾向が把握できた。平成16年中越沖地震では、最大加速度500~1500galの範囲で加速度が上昇するに従い崩壊面積率が上昇する傾向が把握できるとともに、最大加速度900galで加速度の影響が一定になることが分かった。

平成20年岩手・宮城内陸地震では、最大加速度の範囲が700~1100galと比較的狭く、加速度が上昇するに従い崩壊面積率が上昇する傾向が把握できたが、加速度の影響が一定となる現象は現れなかった。

## 2.2 新たな斜面崩壊危険度評価手法の作成及び検証

平成28年熊本地震、平成16年中越地震、平成20年岩手・宮城内陸地震の崩壊分析より得られた各評価式を表-1に示す。本研究で作成した3つの評価式のうち、データ数が最も多く、幅広い加速度帯をカバーするとともにバラつきの少なかった中越式を新たな地震時斜面危険度評価式として選定した。熊本地震の分析結果から、図-2に示すような最大加速度が大きくなるのに従い、崩壊面積率の値は大きくなる傾向があり、最大加速度が900galを超えると一定値に近づいていく特性があることがわかっ

たが、これを評価式に反映させている。

この評価式を用いて平成28年熊本地震の評価を行った結果を図-3に示す。既往の六甲式では対象領域全域が崩壊メッシュとなっていたが、一方、中越式による評価では、崩壊地の的中率は53.4%、非崩壊地の的中率は98.1%ときわめて高い結果となった。

表-1 各地震の分析より得られた評価式

対象地震動	評価式
平成28年熊本地震 (熊本式)	$\log(P) = 0.0503 I + f(a) - 5.97 C$ $f(a) = 0.0006a - 4.130$
平成16年中越地震 (中越式)	$\log(P) = 0.0325 I + f(a) - 3.86 C$ $f(a) = \begin{cases} 0.0022a - 4.644(a \leq 900) \\ -2.554(900 < a) \end{cases}$
平成20年岩手・宮城内陸地震 (岩手・宮城式)	$\log(P) = 0.0465 I + f(a) - 5.52 C$ $f(a) = 0.0065a - 10.189$

$I$ : 斜面勾配(°)       $C$ : 平均曲率  
 $a$ : 最大加速度

## 3. 今後の課題

今回、既往地震の地形データと観測データの整理分析を行い、強震域での実績を踏まえた評価手法の見直し、崩壊面積率による評価を実施した。今後、モデルサイトでの実証を行うとともに、社会実装されるための取り組みを合わせて検討し、地域に役立つ研究として取りまとめていく予定である。

### [参考文献]

- 地震による斜面崩壊危険度評価手法に関する研究、2004年11月国土技術政策総合研究所資料第204号。

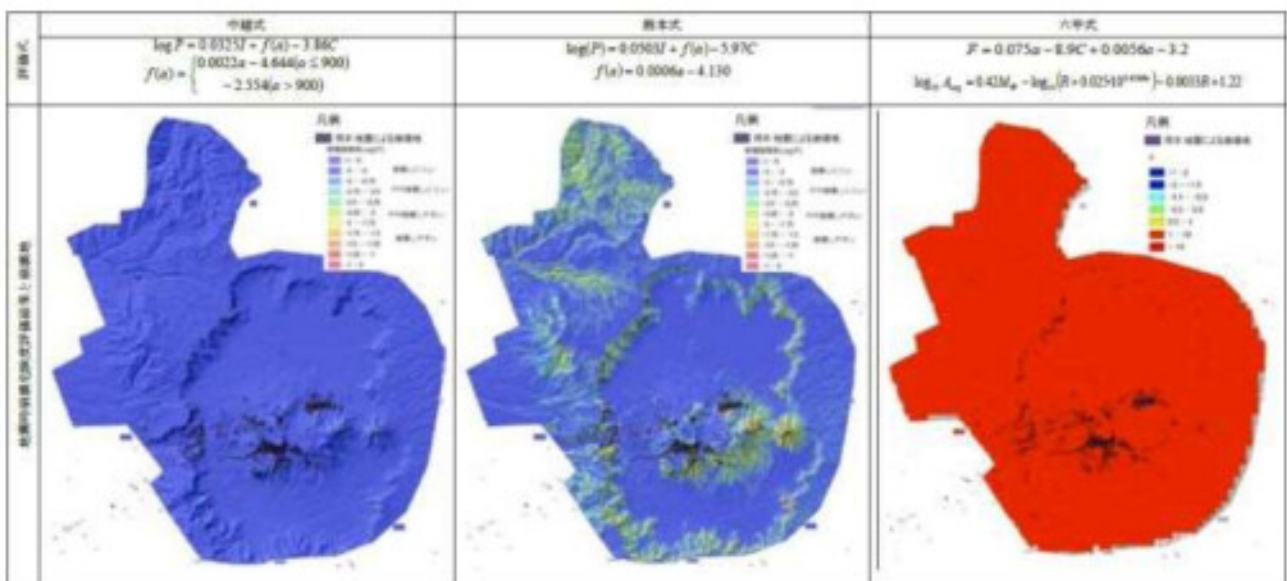


図-3 熊本地震を対象とした3評価式による評価

## 空中電磁探査を用いた崩壊深推定手法の検討

国立研究開発法人土木研究所

石井靖雄・武澤永純・林幸一郎

### 1. はじめに

深層崩壊による対策を検討する上では、崩壊の恐れの高い斜面を抽出するだけでなく、崩壊する規模を把握することが重要である。しかし、深層崩壊の恐れのある斜面において、崩壊にいたる深さを推定する手法は確立されていない。

斜面内部の状況を調査する手法のひとつとして物理探査技術が挙げられる。このうち、空中電磁探査において計測される比抵抗は、地盤の粘土鉱物の含有量、体積含水率と関係性があり、比抵抗情報から風化層の深度を推定できる可能性がある<sup>(例えば 1)</sup>。本研究では、平成 23 年に深層崩壊が発生した斜面の周辺で実施されたボーリング調査結果から推定した深さと空中電磁探査結果から推定した深さを比較し、その関係を調査した。

### 2. 研究方法

空中電磁探査は図-1 に示す範囲で実施された。空中電磁探査は、周波数領域空中電磁探査法の RESOLVE システムを用いた。周波数領域空中電磁探査法は、比抵抗の絶対値を求めることが困難なものの、電気探査などに比べ相対的な低比抵抗を検出しやすい特徴がある<sup>2)</sup>。本研究では、特に低比抵抗の分布による見掛比抵抗の相対的な変化の程度に着目した。見掛比抵抗の算出は周波数と地盤の比抵抗の関係式<sup>2)</sup>を用いた。算出した見掛比抵抗は、空間フィルタによる鉛直解析手法<sup>4)</sup>で内挿し、1 m 単位のグリッドデータを出力した。グリッドデータから比抵抗の変化率が最大となる深度を算出し、それを「空中電磁探査により推定した崩壊深さ」とした。

平成 23 年に深層崩壊が発生した発生した斜面の周辺でボーリング調査が 12 孔実施された。ボーリング調査地点を表-1 に示す。ボーリング調査結果より風化層の下端深度を推定し、それを「ボーリング調査から推定した崩壊深さ」とした。

### 3. 結果

ボーリング調査結果と見掛比抵抗及び比抵抗変化率を対比した例を図-2 に示す。図-2 より、ボーリング調査では深度 71.1 m まで風化が認められており、

見掛比抵抗の最大変化率深度は深度 64 m であった。

風化層の下端深度で算出される見掛比抵抗の値はボーリング調査地点ごとに異なるが、風化層の下端深度と見掛比抵抗の変化率が最大となる深度はほぼ類似した深度を示した。そこで、図-3 に、ボーリング調査により推定した崩壊深さと、空中電磁探査



図-1 調査対象地区と空中電磁探査実施範囲

表-1 ボーリング調査地点

No.	都道府県	地区名	削孔深度(m)
1	奈良県	赤谷地区	40
2	奈良県		60
3	奈良県		60
4	奈良県		60
5	奈良県	清水(宇井)地区	90
6	奈良県	坪内地区	64
7	奈良県		48
8	奈良県	栢尾地区 (非崩壊斜面)	60
9	奈良県		65
10	奈良県	熊野地区	60
11	和歌山県		45
12	和歌山県	三越地区	41

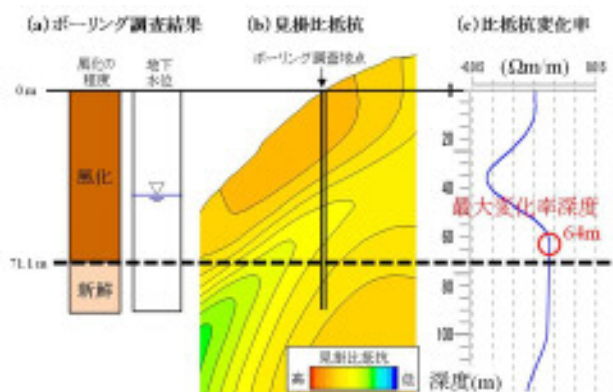


図-2 ボーリング調査結果と見掛比抵抗の調査結果



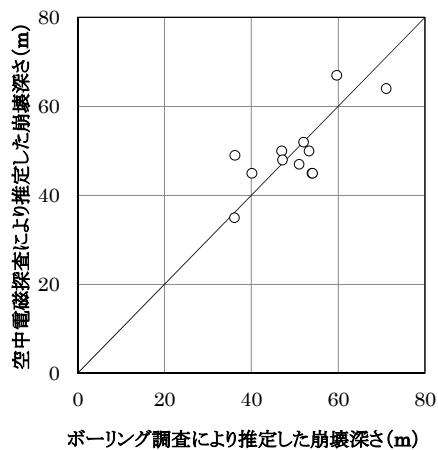


図-3 ボーリング調査、空中電磁探査により推定した崩壊深さの関係

により推定した崩壊深さの関係を整理した。深度の差の範囲は0 m～12.8 mであった。

#### 4. 重力変形斜面での検討結果

前節では深層崩壊が発生した斜面の周辺を対象に検討を行っており、重力変形斜面は対象としていない。そこで、赤谷西地区において、重力変形が生じていると推定される斜面を対象に実施されたボーリング調査結果を、別途実施された空中電磁探査の結果と比較した。その結果を図-4に示す。

当該斜面のボーリング調査によると、深度67.8 m付近まで風化が著しい岩が分布し、角礫状のコアを呈していたことから、67.8 mを風化層の下端深度とした。見掛比抵抗変化率は、図-4右に示す深度58 mで変化率が最大を示した。風化層の下端深度と、空中電磁探査により推定した深度との差は9.2 mであった。

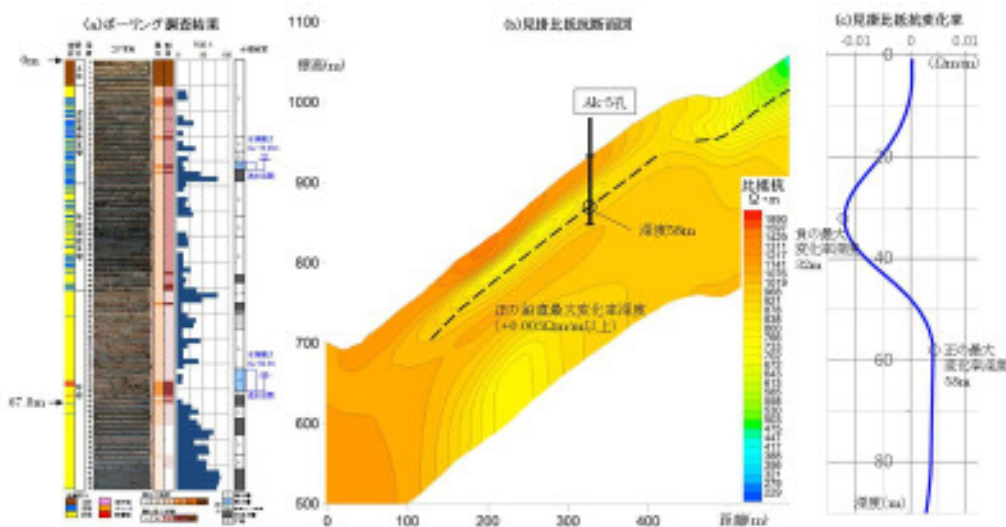


図-4 重力変形斜面での対比結果

#### 5. おわりに

深層崩壊が発生した跡地の周辺や斜面でボーリング調査から推定した風化層の下端深度を空中電磁探査により推定した比抵抗変化率が最大となる深さを比較した結果、その差は0～12.8 mであった。また、重力変形が生じていると推定される斜面で検討した結果、ボーリング調査と空中電磁探査で推定した深度との差は9.2 mであった。ただし、重力変形斜面の検討ではボーリング孔1地点のみの検討であるため、今後同一斜面の複数孔のボーリング調査結果から検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 鈴木隆司・内田太郎・田村圭司：深層崩壊発生斜面の特定に向けた地盤構造調査法，土木技術資料，vol.51，No.7，p.8-13，2013.
- 2) 建設省土木研究所・大日本コンサルタント(株)・同和工営(株)：新地盤探査技術の開発，斜面の探査技術の開発に関する共同研究報告書(その2)―空中電磁法による斜面の概査技術―，土木研究所共同研究報告書第113号，111pp，1995.
- 3) Sengpiel,K.P. and Siemon,B. : Advanced inversion methods for airborne electromagnetic exploration, Geophysics, Vol.65, No.6, p.1983-1992, 2000.
- 4) 瀬戸秀治・高原晃宙・木下篤彦・水野秀明・奥村稔・河戸克志・影浦亮太・阿部征輝：空中電磁探査を活用した崩壊するおそれのある斜面における崩壊深度の推定手法に関する検討，平成28年度砂防学会研究発表会概要集A，p.244-245，2016.



## 2011 年台風 12 号那智川災害における洪水氾濫実態の分析に関する研究

和歌山県

三木康義・筒井和男・福田和寿・坂口武弘・西岡恒志

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

木下篤彦・田中健貴

### 1. はじめに

山地河川の支川で発生した土石流や流木が本川に流入することで本川の氾濫被害が拡大する事例がある。支川から本川への影響を解明することができれば被害軽減に繋がる可能性がある。本研究では、2011 年台風 12 号の那智川流域で発生した洪水氾濫実態を分析することにより、避難の妨げや被害拡大の要因となる急激な水位の上昇や複雑な河道形状、橋梁部での河道閉塞等の影響などについて検証した。

### 2. 那智川災害の概要と解析手法

那智川流域では 9 月 4 日の未明に最大時間雨量 123mm, 0~4 時の 4 時間に 314mm の豪雨があり、その時間帯に流域内の複数の支川で土石流が同時多発的に発生したと考えられている。支川で多量に発生した土石や流木が那智川本川に供給されて下流に流下し、下流にある井関地区の住宅地で氾濫し、甚大な被害となった。

解析手法として、井関地区での洪水流、流木、土石の氾濫実態について、現地写真、航空写真、LP データ、被災者ヒアリング等から、洪水流の氾濫状況、流木や土石の流下堆積状況の特徴を分析した。

### 3. 河床変動の状況

災害前後の空中写真データの比較により、河床高の変動と氾濫域の土砂堆積の状況を分析した(図-1)。井関地区と金山谷川合流付近での河床上昇が見られるとともに、尻剣谷川付近の河床低下がみられる。特に上流部の河床低下と源道橋の上流部にかけての河床上昇が著しいことがわかる。このことから上流からの流送土砂と橋梁部での河道閉塞が進行したものと考えられる。

### 4. 被害家屋の分布

現地調査及び住民ヒアリングにより、流出家屋、災害後解体家屋及び残存家屋を判別し分類する(図-2)。井関地区上流と金山谷川合流点直下流付近に被災家屋が集中しており、人的被害の発生箇所も同様な状況であった。

### 5. 流木・巨礫の堆積状況

被害の大きかった井関地区について災害直後に撮影された航空写真や現地写真から流木や巨礫の堆積状況を 1 辺 20m の正方形グリッド毎に整理を行った(図-2)。流木は 1m 程度以上を対象とし、最大長さ及び平均長さで表した。巨礫については 0.5m 以上を対象とし、最大直径及び平均直径で表した。

流木の最大長さ(図-3)は下流方向に短くなるとともに、金山谷川

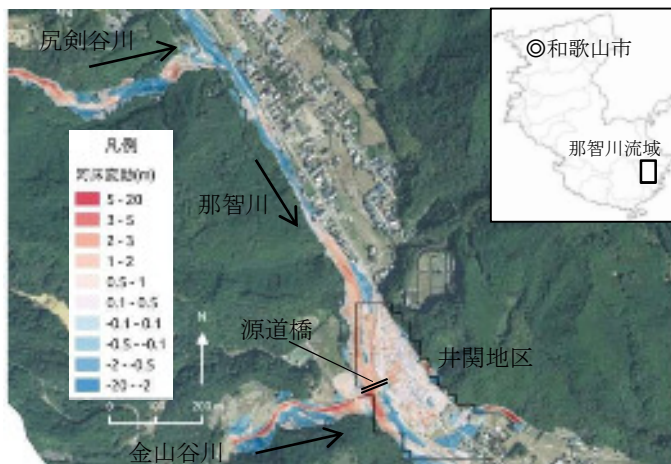


図-1 那智川流域の河床変動状況

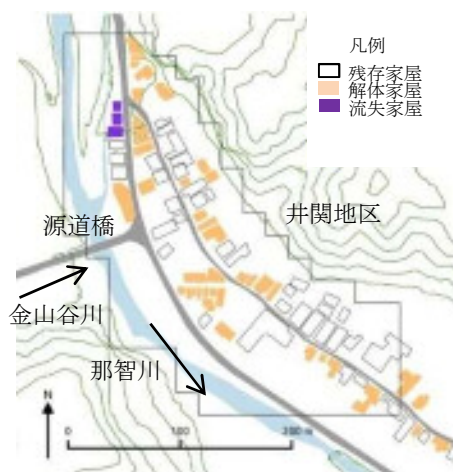


図-2 井関地区の家屋被害状況

合流点から左岸方向及び本川下流方向にも短くなる傾向があった。流木の平均長さも、同様の傾向が見られた。巨礫の平均直径（図-4）は地区上流側と金山谷川合流点下流が大きい傾向であった。最大直径は地区上流側と金山谷川合流点下流付近で大きい礫が堆積し、源道橋上流の本川には比較的小径の礫が堆積している状況であった。

## 6. 井関地区の氾濫状況

堆積状況の調査結果より那智川の氾濫状況を図-5に示す。井関地区は本川橋梁部の河道閉塞および背割堤の越流による氾濫と、金山谷川から本川への土石流の流入したことによる氾濫が発生したと考えられる。このことは金山谷川からの土石流の流入が発生する前に那智川本川が溢れていたとの住民ヒアリングの証言と一致している。

## 7. おわりに

今回の検証により、橋梁部の河道閉塞と支川から本川への土石流流入が同じ場所で発生したことが広範囲に被害をもたらしたことがわかった。今後は土砂供給の要因・水路模型実験及び数値計算等により、氾濫状況の再現を行っていきたい。



図-3 平均流木長別堆積状況

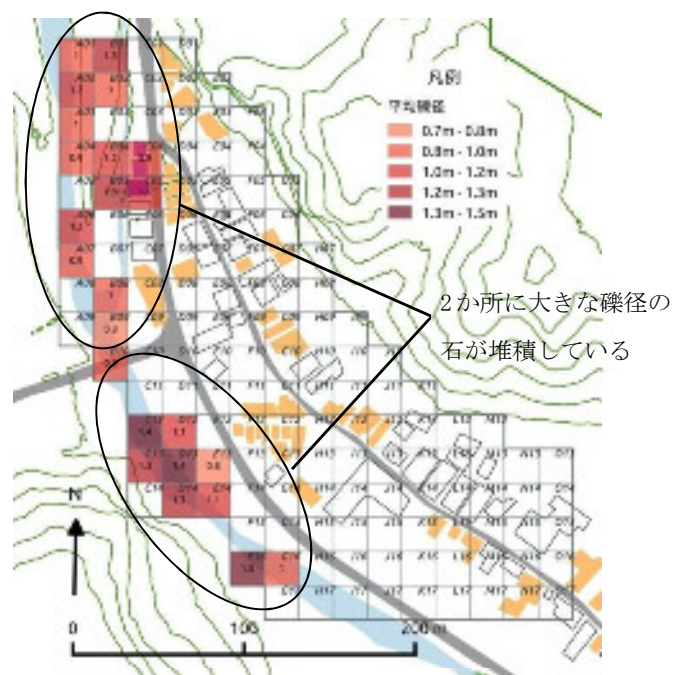


図-4 平均礫径別堆積状況

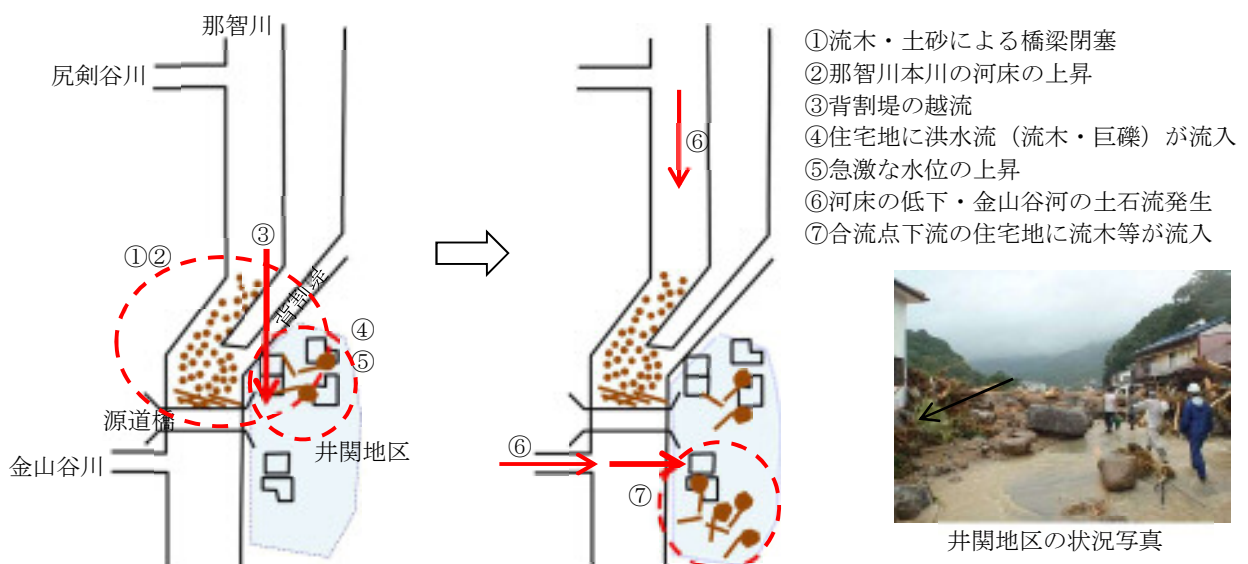


図-5 氾濫発生状況の時系列順

井関地区の状況写真

## 2.4 和歌山県 テーマ2

### データマイニングを用いた2011年9月4日那智川流域における土砂災害発生に係わる重要要因の把握

和歌山県

坂口武弘・西岡恒志・筒井和男・福田和寿

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

木下篤彦・田中健貴

#### 1. はじめに

2011年9月の台風12号(以下「台風12号」という)で和歌山県那智勝浦町内の那智川流域では、総雨量1,000mm、時間雨量120mmを超える降雨により、多数の土砂災害が発生した。土砂災害の発生危険度を把握するためには、地形や地質、降雨指標など土砂災害の発生と関連性の高い素因や誘因を把握することが必要である。

そこで、本研究では台風12号により那智川流域で発生した土砂災害を対象にデータマイニング手法の1つであるラフ集合を用いて、地形・地質や降雨など土砂災害発生に関連性の深い重要因子の抽出や発生条件及び非発生条件の検討を行った。

調査箇所的那智川流域は流域面積24.8km<sup>2</sup>、流路延長が約11km、河床勾配は8.5%である。地質的特徴としては熊野層群に花崗斑岩が貫入して、泥岩上に崖錐を形成した地域であり、台風12号の集中豪雨により表層崩壊・土石流が多数発生し、大規模な被害が生じた流域である。

#### 2. 検討方法

##### 2.1 ラフ集合の概要

ラフ集合はデータマイニング手法の一つであり、1982年にポーランドの計算機学者Zdzisław Pawlakによって提唱されたもの<sup>1)</sup>で、その基本概念は類別と近似であり、データベースの分離性を低下させずに如何に簡約化できるかという点に主眼が置かれている。ラフ集合の主な機能としては、データベースの縮約とルール抽出がある。

ラフ集合の概念を図-1に示す。例えば斜面勾配と斜面高の要因をそれぞれ4つのカテゴリに分割して、災害の発生した流域(○印)と非発生の流域(●印)を分類した場合を考える。災害の発生と非発生を考えることは、発生する箇所と非発生の箇所を分離することであり、ラフ集合では図-1の白色の範囲のように同一カテゴリ内が発生または非発生のみのデータで構成されているようなデータを整合データと呼び、灰色のセルは発生・非発生が混在しているものを矛盾データと呼んでいる。全データ数に対する整合データの存在割合を整合度と呼んでおり、整合度が高くなるような要因は重要要因であると言える。また、縮約とは、例えば、図-2の例のように地形条件2を除いて考えても、災害の発生及び非発生には関係ないとすると、データベース上では地形条件2は省略することができるという考え方である。残りの地形条件1、地形条件3は災害の発生・非発生を考える上での重要要因であるということになる。

##### 2.2 本研究に用いたデータ

本研究では那智川流域内を100×100mメッシュに区分し、それを評価単位として斜面崩壊等の範囲から発生・非発生を区分するとともに、レーダー雨量計による雨量メッシュデータに基づく短期～長期の雨量やそれら超過確率年、斜面方位や傾斜度などの地形要因、地質区分、空中電磁波探査結果等の計28要因についてそれぞれ5～8のカテゴリに分類した。

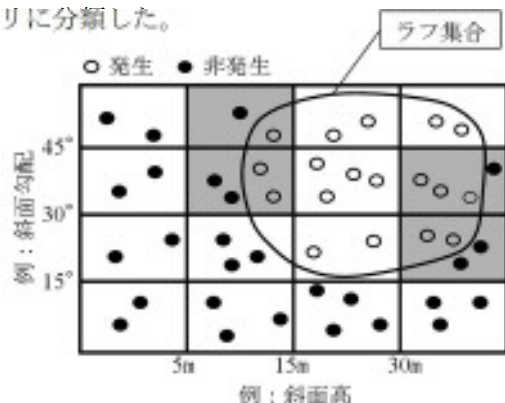


図-1 ラフ集合の概念

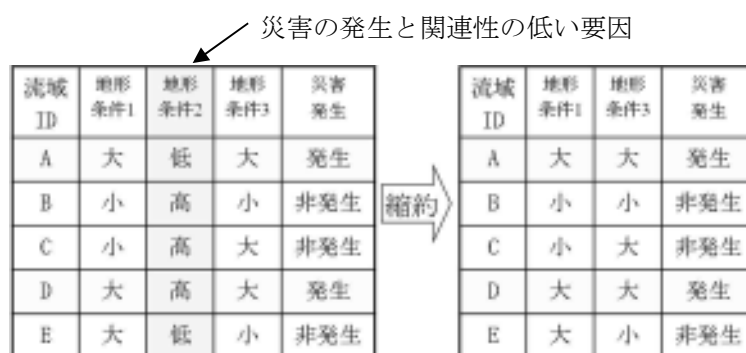


図-2 ラフ集合におけるデータベース縮約のイメージ



なお、空中電磁波探査結果については地中の水分量や地質構造の変化点等を表す指標として検討対象に加えた。また、流域内で2011年の崩壊発生箇所の判読結果を元に、評価単位の100×100mメッシュを発生と非発生に分類し、データベースを作成した。そのデータベースに基づいて、ラフ集合を用いて土砂災害発生の発生及び非発生と関係の深いと考えられる要因を28項目の要因の中から抽出する(表-1)とともに、発生及び非発生条件を求めた。

### 3. 那智川流域における斜面崩壊の発生・非発生における重要要因

ラフ集合による解析の結果、28要因のうち7要因の組み合わせで整合度が約96%の精度で発生・非発生を分離可能となった。抽出要因としては、「斜面方位」、「接谷面差」、「谷密度」がどの組み合わせの場合においても抽出されており、次いで「累積解析雨量」、「接峰面差」が多く抽出される結果となった。

表-1 要因と要因数ごとの抽出要因の組み合わせ一覧表

要因数	番号	整合度	斜面方位	地質区分	傾斜度	接峰面差	接谷面差	谷密度25	解析雨量10分	解析雨量1時間	解析雨量24時間	解析雨量36時間	解析雨量48時間	解析雨量累積	確率年1時間	確率年24時間	確率年36時間	確率年48時間	確率年累積	確率年那智1時間	土砂災害警戒情報	土壌雨量指数	比抵抗値	表面比抵抗値	電探1次微分	電探1次微分深さ	電探2次微分	電探2次微分深さ	1次微分周辺差分		
5	5-1	90.090	●				●	●						●																	
	5-2	90.154	●				●	●						●																	
	5-3	90.348	●			●	●	●						●																	
	5-4	90.476	●				●	●						●	●																
採用数			4	0	0	1	4	4	0	0	0	0	0	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	6-1	94.530	●		●	●	●	●		●				●	●																
	6-2	94.530	●			●	●	●						●																	
	6-3	94.530	●			●	●	●						●																	
	6-4	94.659	●			●	●	●						●	●																
	6-5	94.723	●			●	●	●						●																	
	6-6	94.723	●			●	●	●						●	●											●					
	6-7	94.852	●			●	●	●						●													●				
採用数			7	0	1	5	7	7	0	1	0	0	0	6	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
7	7-1	96.718	●		●	●	●	●						●	●												●				
	7-2	96.718	●			●	●	●						●	●												●				
	7-3	96.718	●			●	●	●						●		●													●		
	7-4	96.718	●			●	●	●						●			●										●				
	7-5	96.783	●		●	●	●	●						●													●				
	7-6	96.783	●			●	●	●		●				●													●				
	7-7	96.783	●			●	●	●						●												●					
	7-8	96.783	●			●	●	●						●														●			
採用数			8	0	2	6	8	8	0	1	0	0	0	7	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	2	0		

### 4. 考察

本研究において斜面方位が選定された理由として、要因分析結果より南東・南・南西向き斜面において表層崩壊の発生割合が高くなっており、これは那智川流域が位置する紀伊半島が2011年台風12号の中心進路から東側に位置していたことによって南側斜面が湿った空気の直撃を受け降雨量が多くなったことが原因であると推察される。また、「接谷面差」、「谷密度」は共に現地地形に至る過程の侵食の結果を表現する指標であり、重要要因として選定されることに矛盾はないと考えられる。

一般的に短期雨量指標との関係が深いと考えられる表層崩壊を検討対象としているにもかかわらず、累積解析雨量や24時間雨量の超過確率年が多く選定されていることについては、上空雨量を観測している解析雨量と実際に地上で降る雨量との違いが影響した可能性があること、また、限られた検討対象範囲では降雨指標に大きな差がなかったためであると推察される。また、7要因で空中電磁波探査1次微分深さ(地質の変化点が見られる深度)が要因として抽出されているが、要因分析の結果では、最も浅いカテゴリの発生率が最も高くなっていないものの、比較的浅い範囲のカテゴリ(24~40m)に崩壊発生メッシュが集中しており、条件によっては、地表付近のデータが取得しにくい場合があるという空中電磁波探査の性質から考えると検討結果と矛盾していない。

#### 参考文献

- 1) Pawlak Z : Rough Sets, International Journal of computer and Information Sciences, Vol.11, pp.341-356, 1982
- 2) 海原荘一・木下篤彦・今森直紀・竹本大昭・只熊典子 : ラフ集合による深層崩壊発生の重要要因と発生・非発生条件の抽出, 砂防学会誌, Vol. 70, No. 1, 2017 (掲載予定)

## 花崗斑岩巨礫の上に成林したスギ林の根系分布調査の試み

和歌山県  
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

福田和寿・坂口武弘・西岡恒志・筒井和男  
木下篤彦・田中健貴

### 1. はじめに

和歌山県ではこれまで数多くの土砂災害が発生している。平成23年台風12号では豪雨による多数の山腹崩壊が発生し流出した流木により被害が拡大した。そこで、この地域で成林する樹木根系の崩壊防止機能について調査することは重要である。これまで、土砂崩壊防止機能に関する研究は数多くあるが、根系を水平根と鉛直根に分けその機能をネットと短杭で表現する概念モデルなどを塚本<sup>2)</sup>が研究し、阿部<sup>3)</sup>がスギを対象に鉛直根の分布にワイブル分布を適用しさらに精密化されている。一方、水平根については北原<sup>4)</sup>が重要性を主張し、三次元安定解析を用い評価し、その後、木下<sup>5)</sup>がスギ・ヒノキ林において水平根の抵抗力について検討している。そこで本研究では、多数の山腹崩壊が発生した那智川流域において多く成林する人工林(スギ林)の水平根の分布調査について試験地を用いて試みたので発表する。

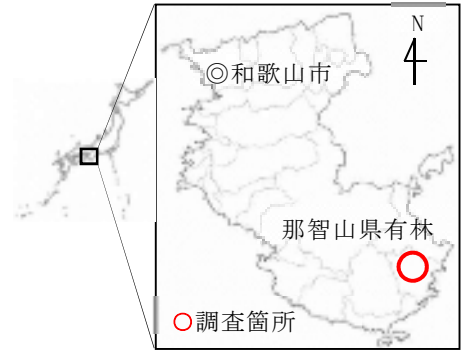


図-1 調査場所

### 2. 調査場所の概要

試験地は紀伊半島南部に位置する那智川流域上流の県有林内で行った。(図-1)この周辺の地質の特徴は、下部が熊野層群と呼ばれる第三紀の堆積岩類(砂岩泥岩相互)、上部が熊野酸性岩類(花崗斑岩)で構成されている。また、この試験地周辺でも山腹崩壊が発生している(写真-1)。



写真-1 周辺の山腹崩壊の様子

### 3. 現地調査

和歌山県南東部、和歌山県那智山県有林において、以下に示す方法で水平根の分布調査を実施した。

#### 3.1 調査方法

最初に、複数の立木が存在し胸高直径が異なる場所を1区画(4m×4m程度)選定した(写真-2)。今回は、4本のスギを調査対象として樹高・樹齢などを測定した(表-1)。樹齢の測定方法は、立木の伐倒後の切株の年輪を目視で数えて推定している。また、土層と根の関係を確認するため外堀掘削(コの字型)を行った(写真-3)。

表-1 立木の情報(樹種:スギ)

対象木	樹齢	樹高(m)	胸高直径(cm)	枝下高(m)	枝張り長(m)
A株	52	17.5	19	2.8	2.4
B株	64	23.4	35	11.8	2.0
C株	59	22.2	27	5.2	3.1
D株	60	16.7	21	7.3	1.4



写真-2 調査箇所のスギ林の様子

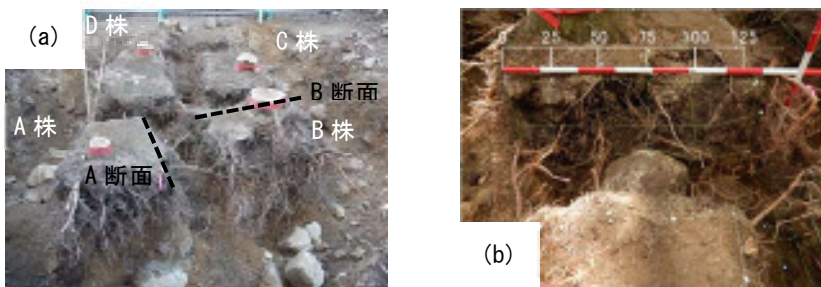


写真-3 掘削後の状況 (a) 立木間の確認状況, (b) トレンチ調査(B断面)の状況

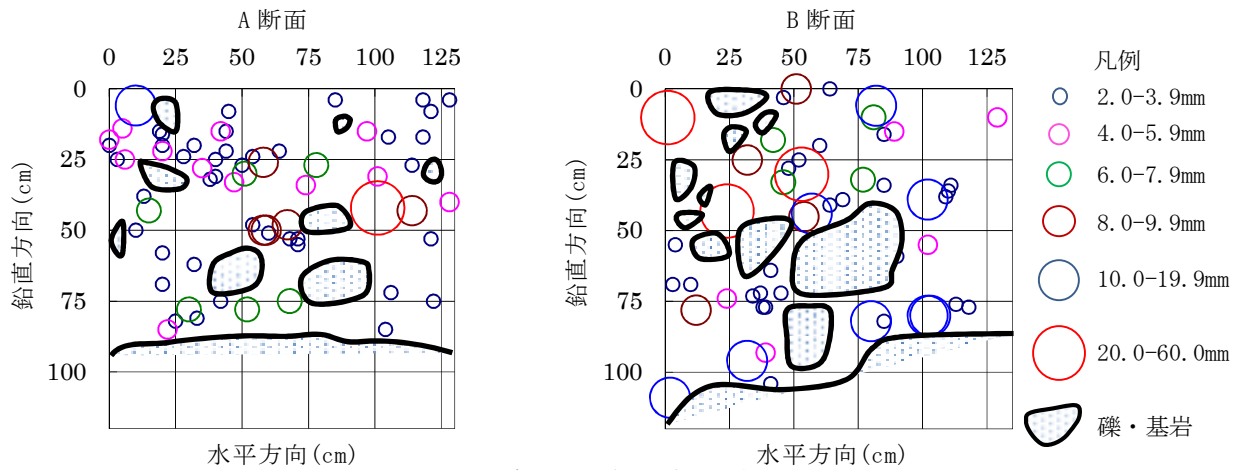


図-2 各断面の根と礫の関係

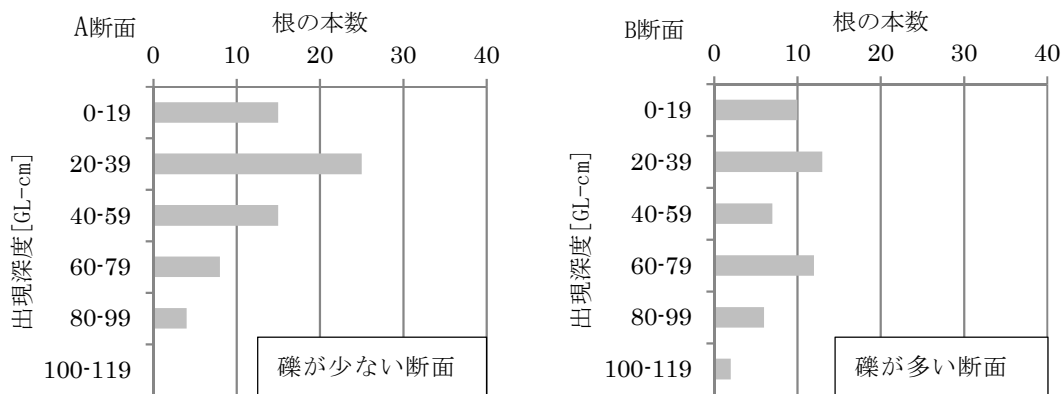


図-3 礫の存在と根の出現深度の関係

### 3.2 水平根の分布調査（トレンチ調査）

3.1で外堀掘削した場所において、水平根の分布調査を実施した。深さ約1.0m、幅0.6mのトレンチ（写真-3）を手掘り掘削し、鉛直断面に露出した根の位置及び直径を0.25mピッチの格子断面を作成して記録した（図-2）。測定断面はクロス部分に該当する8断面とし、根の直径の測定対象は木下ら<sup>5)</sup>にならい直径2mm以上の根とした。また、トレンチの位置は北原<sup>4)</sup>にならい、土中の根がもっとも疎となる立木間の中央位置とした。

### 4. 調査結果

調査結果より、薄い表土層の下に礫混じり土、基岩（花崗斑岩）が確認できた（図-2）。また、礫混じり土の中に0.50mを超える巨礫が多く点在しており、鉛直根は基岩まで達していないことが確認できた。これは巨礫が根の伸長を阻害したことが要因と考えられる。また、これらの結果は鉛直方向1.0m以内で苧住<sup>6)</sup>のスケッチとおおむね一致していた。水平根についても土層部分に多くの根が確認できたが鉛直方向に深くなるに連れて減少する傾向にある。また、鉛直根と同様に巨礫が点在しているため立木間が狭い箇所でも根の伸長に差がみられた。次に、断面に出現した根を直径別に整理すると、6割の根が2mm未満となった。また、2mm未満の根は地表下20cmまでもっとも多く出現し、深くなるほどその本数は減少し、2mm以上の根は地表下20～39cmにもっとも多く出現した（図-3）。

### 5. まとめ

今回の調査結果より、立木間隔が狭くなるほど互いの根が多い傾向にあることを再確認できた。しかし、花崗斑岩巨礫の上に成林する立木においては通常の森林土壌より巨礫が多く存在し間を縫うように根を張るものや屈折するものも見られた。また、胸高直径が大きいものほど根の直径が太い傾向にあることも確認できた。これは、樹冠が成長することで個体の成長差が生じているためと考えられる。今後は、今回得たデータを細かく分析し樹齢・胸高直径との関係を整理して本数密度や間伐との関係を検討していきたい。

### 参考文献

- 1) 松村ら：2011年9月台風12号による紀伊半島で発生した土砂災害，砂防学会誌，Vol.64，No.5，p.43-53，2012.
- 2) 塚本：樹木根系の崩壊抑止効果に関する研究，東京農工大学演習林報告，第23号，p.65-124，1987.
- 3) 阿部：樹木根系が持つ斜面崩壊防止機能評価方法に関する研究，森林総研研報，No.373，p.105-181，1997.
- 4) 北原：森林根系の崩壊防止機能，水利科学，No.311，p.11-37，2010.
- 5) 木下ら：スギ・ヒノキ林における水平根が発揮する抵抗力の検討，砂防学会誌，Vol.65，No.5，p.11-20，2013.
- 6) 苧住：樹木根系図説，2010年11月，誠文堂新光社 p123.



## 花崗斑岩礫質土壌の上に成林したスギ林の根系分布調査の試み

和歌山県

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

長井達磨・坂口武弘・西岡恒志

木下篤彦

### 1. はじめに

近年地球規模の気候変動により全国で大規模な土砂災害が多発している。和歌山県では平成23年台風12号の豪雨により多数の山腹崩壊が発生した<sup>1)</sup>。森林の土砂崩壊防止機能を高めるには適切な保安林改良などにより根系を発達させる必要がある。これまで、土砂崩壊防止機能に関する研究は数多くあるが、鉛直根については塚本<sup>2)</sup>、阿部<sup>3)</sup>が、水平根については北原<sup>4)</sup>、木下<sup>5)</sup>が検討している。一方、和歌山県南部に分布する花崗斑岩のエリアは礫質土壌となっており、既往研究<sup>5)</sup>のように間伐による密度調整と根系の発達との関係のみに注目すればよいかはわからない。本研究では、礫質土壌における土砂崩壊防止機能に関する検討の第一歩として、礫の分布と根系の発達状況との関係について調査した。

### 2. 調査場所の概要

調査地は紀伊半島南部に位置する那智川流域上流の県有林内で行った(図-1)。この周辺の地質の特徴は、下部が熊野層群と呼ばれる第三紀の堆積岩類(砂岩泥岩互層)、上部が熊野酸性岩類(花崗斑岩)で構成されている。

### 3. 現地調査

調査地において、以下に示す方法で水平根の分布調査を実施した。

#### 3.1 調査方法

最初に、複数のスギ立木(50~60年生)が存在する1区画(4m×4m程度)を選定し樹高・樹齢などを測定した(写真-1)。次に、土層と根の関係を確認するため外堀掘削(コの字型)を行った(写真-2)。

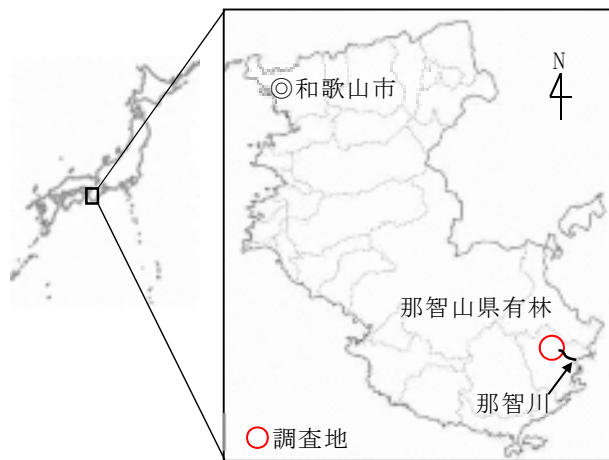


図-1 調査場所

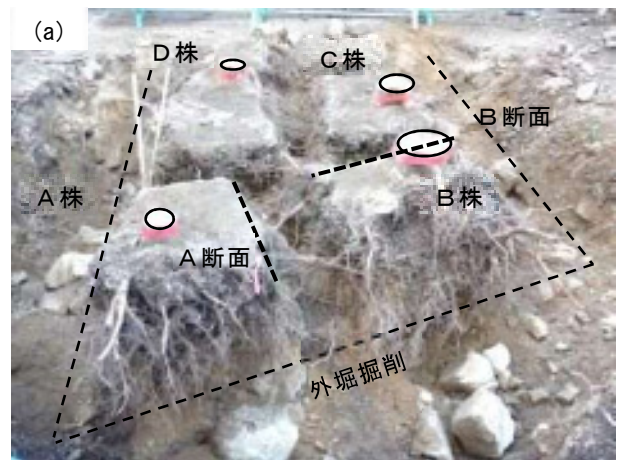


写真-2 掘削後の状況。(a) トレンチ掘削状況, (b) 調査断面(B断面)の状況。



写真-1 調査箇所のスギ林の様子

### 3.2 水平根の分布調査（トレンチ調査）

3.1 で外堀掘削した場所において、水平根の分布調査を実施した。深さ約 1.0m、幅 0.6m のトレンチ（写真-2）を手掘り掘削し、鉛直断面に露出した根の位置及び直径を 0.25m ピッチの格子断面を作成して記録した。測定断面はクロス部分に該当する 8 断面とし、根の直径の測定対象は木下ら<sup>5)</sup>にならい、直径 2mm 以上の根とし、2mm 以下の根は位置座標のみ記録した。また、トレンチの位置は北原<sup>4)</sup>にならい、土中の根がもっとも疎となる立木間の中央位置とした。

### 3.3 引き抜き試験

試験方法は、露出した根を切断、根株側ではない側の根端部をつかみ横方向に人力で引き抜く（写真-3）。このとき、根 1 本を引き抜くのに要する引張力  $T$  [kN/本] を測定する。根が途中で破断する場合もあるが、これも測定値に含めた（写真-4）。トレンチ内で 30 本、その他で 60 本の試験データを取得した。

### 4. 調査結果

薄い表土層の下に礫混じり土、基岩（花崗斑岩）が確認できた（写真-5）。また、礫混じり土の中に 50cm を超える巨礫が多く点在しており、鉛直根は基岩まで達していないことが確認できた。これは巨礫が根の伸長を阻害したこと

が要因と考えられる。これらの結果は鉛直方向 1.0m 以内で苜住<sup>6)</sup>のスケッチとおおむね一致していた。水平根についても土層部分に多くの根が確認できたが、鉛直方向に深くなるにつれて減少する傾向にあり、鉛直根と同様に巨礫が点在しているため、立木間が狭い箇所でも根の伸長に差がみられた。次に、断面に出現した根を直径別に整理すると、6 割の根が 2mm 未満となった。2mm 未満の根は地表下 20cm までにもっとも多く出現し、深くなるほど本数は減少し、2mm 以上の根は地表下 20~39cm にもっとも多く出現した（図-2）。礫質土壌において根は礫をよけるように発達するため、深度方向の根の分布に一部少ない部分が見られる（図-3・4）。引き抜き試験では約 9 割が破断し、既往研究と比較すると、引き抜き抵抗力はもっとも低い結果となった（図-5）。これは根に屈折箇所（写真-6）が多数存在し、屈折部位で力の集中が生じ破断したものと推定している。既往研究で同様に回帰線が低い位置となる森岡ら<sup>7)</sup>の対象木が 12 年生（胸高直径 6~12cm）と若齢のスギであるのに対し本研究は 50~60 年生（19~35cm）と壮齢のスギであり、その弱さが際立つ結果である。

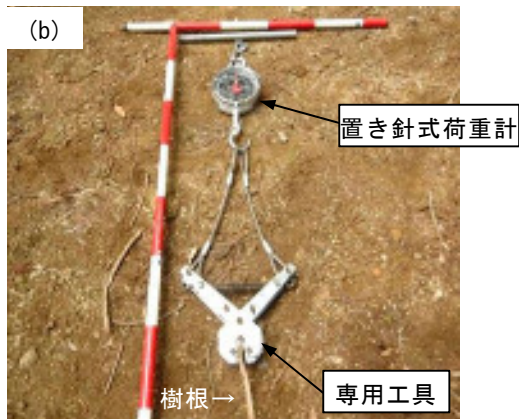


写真-4 破断した抜根



写真-3 引き抜き試験の様子。(a) 引き抜き専用工具、(b) 引き抜き作業の様子。



写真-5 土層と根の関係



## 5. まとめ

今回の調査結果より、花崗斑岩礫質土壌では巨礫の間を縫うように根を張るものや屈折するものが見られた。また、通常個々の根は伸びたり変形したりしながらもすぐには破断せず、複数の根が分担して外力に抵抗するが、本研究では破断したことにより、引き抜き力が根の深いところまで届いていないものと思われる。今後は、礫質土壌の地域で土砂崩壊防止機能を高めるための治山施業について、本数密度や間伐との関係を検討する必要がある。

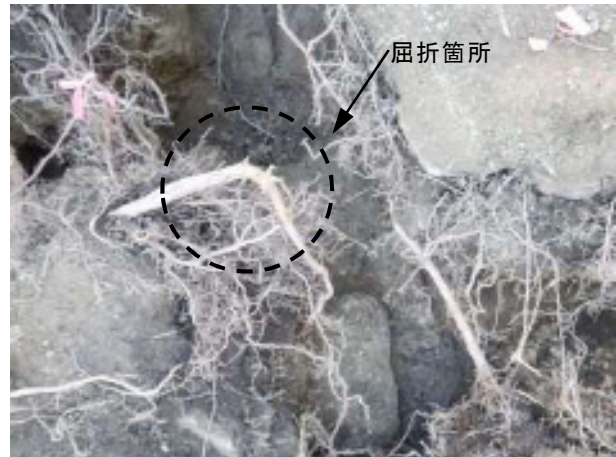


写真-6 屈折して伸長した根

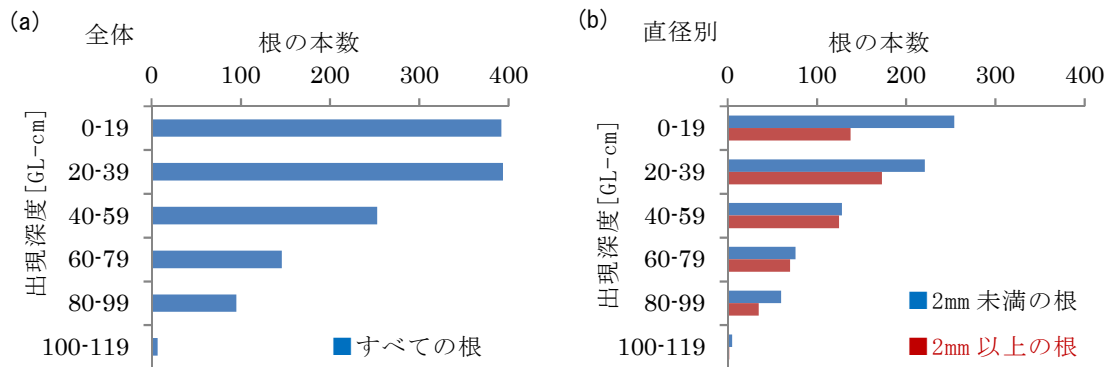


図-2 深度別の出現数。(a)全体、(b)直径別。

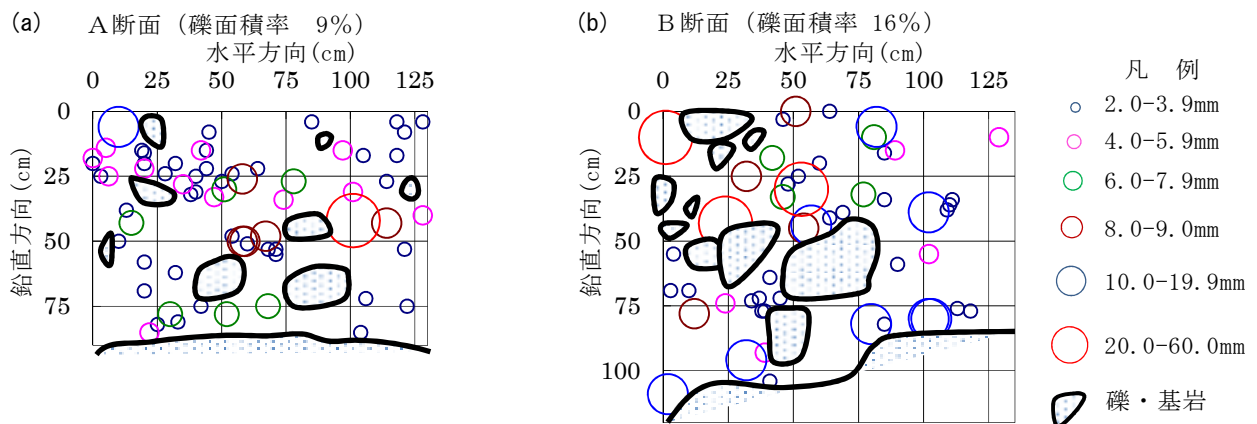


図-3 断面の根の直径と礫の分布。(a)礫が少ない断面、(b)礫が多い断面。

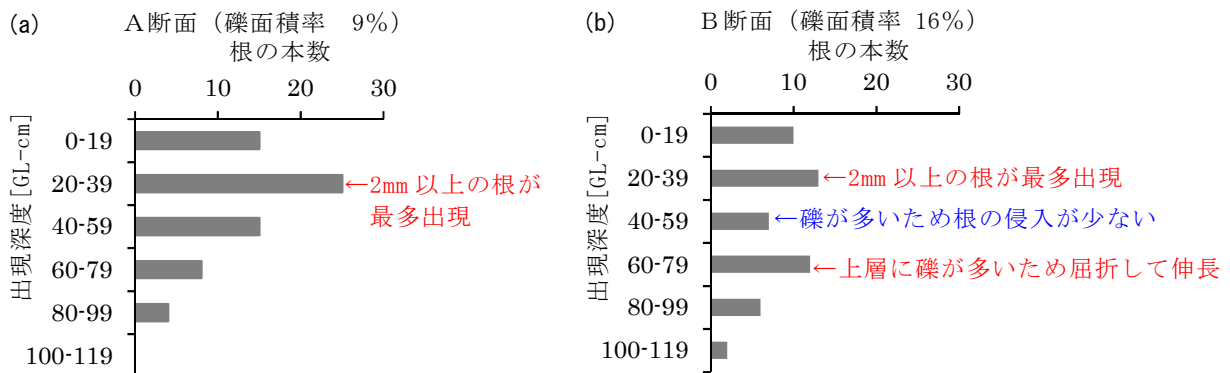
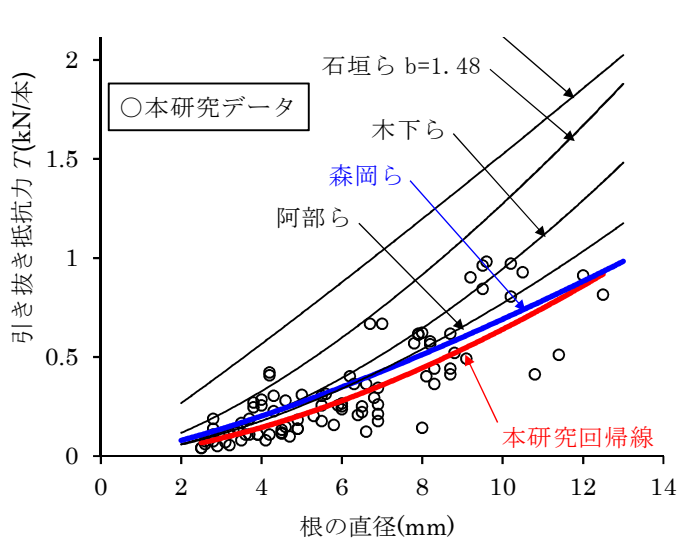


図-4 根の出現深度。(a)礫が少ない断面、(b)礫が多い断面。





$$T = a \times D^b$$

$T$  : 引き抜き抵抗 [kN]

$D$  : 根の直径 [mm]

$a, b$  : 回帰係数

樹種	係数a	係数b	D=10mmの時のT[kN]	著者名
スギ	0.0422	1.48	1.274	石垣ら
	0.1268	1.08	1.524	石垣ら
	0.0184	1.71	0.945	木下ら
	0.0194	1.60	0.772	阿部ら
	0.0316	1.34	0.691	森岡ら
	0.0153	1.62	0.64	本研究

図-5 引き抜き抵抗力のプロット

#### 参考文献

1) 松村ら：2011年9月台風12号による紀伊半島で発生した土砂災害，砂防学会誌，Vol.64，No.5，p.43-53，2012. 2) 塚本：樹木根系の崩壊抑止効果に関する研究，東京農工大学演習林報告，第23号，p.65-124，1987. 3) 阿部：樹木根系が持つ斜面崩壊防止機能評価方法に関する研究，森林総研研報，No.373，p.105-181，1997. 4) 北原：森林根系の崩壊防止機能，水利科学，No.311，p.11-37，2010. 5) 木下ら：スギ・ヒノ

キ林における水平根が発揮する抵抗力の検討，砂防学会誌，Vol.65，No.5，p.11-20，2013. 6) 苅住：樹木根系図説，2010年11月，誠文堂新光社 p.123. 7) 森岡ら：集材用ワイヤーロープの支柱としての立木の強さ(IV)，引き抜きに対する細根の抵抗力，日林誌，71(4)，p.155-159，1989. 8) 石垣ら：樹木根系が斜地の安定効果に果たす役割についてⅢ-土壌緊縛力について-，日本大学農獣医学部学術研究報告，46，p.150-156，1989.

## 降雨後の EC の変化に着目した深層崩壊危険斜面の抽出方法に関する研究

和歌山県

西岡恒志・筒井和男・福田和寿・坂口武弘

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

木下篤彦・田中健貴

国立研究開発法人土木研究所

森加代子・高原晃宙

### 1. はじめに

深層崩壊発生のおそれのある斜面を事前に抽出しておくことは重要であり、これまで深層崩壊危険箇所抽出手法の1つとして深層崩壊危険箇所付近の渓流水や湧水が流域内では相対的に電気伝導度 (EC) が高くなるという研究事例がある<sup>1)5)</sup>。一方、EC は降雨の影響を受けて低下することも考えられるため、いつ・どのタイミングで観測すれば降雨の影響などを受けて精度よく観測できるかを研究した事例は少ない。そこで本研究は深層崩壊危険箇所から湧出する湧水と、その湧水が流入する河川の EC の比に着目し、最適な EC の調査日を決定する手法について検討を行った。

### 2. 調査箇所の概要

#### 2.1 調査地の概要

和歌山県内で深層崩壊の発生頻度が高いとされる地質及び地形の範囲<sup>6)</sup>において、LP データなど地形図から地形判読で岩盤クリープ斜面の抽出を行い、現地調査により湧水が存在する箇所を調査箇所として選定した。調査箇所 (図-1) の右会津川流域は明治 22 年に深層崩壊に伴う河道閉塞及び決壊して甚大な被害が発生した箇所で、地質は牟婁層群の付加体と呼ばれる堆積岩地域となっている。本川左岸の深層崩壊跡地に隣接して岩盤クリープ斜面が 2 箇所あり、その一方の斜面基部から周辺の河川や渓流水より EC 値が相対的に高い湧水が湧出している (図-2)。

#### 2.2 調査手法

湧水や本川の EC 値・流量を次の方法で調査を行った。①季節変化や降雨による影響を調べるため、ロガー付水質計を設置して継続的に観測する。②水質計は湧水箇所や本川の湧水合流部に設置する。③湧水流量を湧水流出箇所にもロガー付水位計を設置して観測する。既往研究<sup>4)</sup>では降雨の少ない冬期の方が本川と湧水の EC に差が出やすいが、降雨後の影響を調査する必要があるため出水期に特に着目した。

### 3. 湧水と河川の EC 観測結果

#### 3.1 EC の継続観測結果

1 年以上継続して観測した湧水と河川の EC 値の変化を図-3 に示す。湧水の EC 値は本川の EC 値の約 2 倍と高く、降雨時に雨水の影響を受けて低下する以外は 1 年を通して概ね一定である。河川の EC 値も湧水と同じ傾向であるが、EC が上昇している期間 (4~5 月, 8 月など) も見られた。

#### 3.2 EC の降雨の影響による変化

湧水と河川の日平均 EC 値から EC 変化率 (1 日前の EC 値との比率) の比較を行った (図-3)。日雨量 100mm 程度の降雨後では湧水の EC 値が降雨前の約 80% まで低下するのと比較し、河川の EC 値は降雨前の約 5~60% まで低

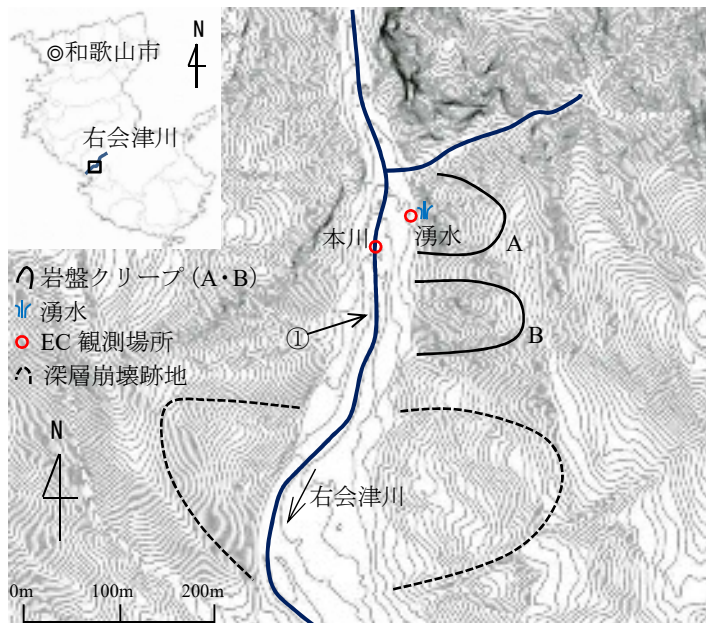


図-1 調査箇所図



図-2 左図：岩盤クリープ (図-1 中①から撮影) 右図：岩盤クリープ斜面基部から湧出する湧水

下した。そのほかの降雨でも湧水の EC 値の変化率は河川 EC 値の変化率より小さいことから、湧水は河川より降雨の影響を受けにくいと考えられる。

### 3.3 湧水と河川の EC 比の変化

湧水と河川の EC は降雨の影響で低下するため、その比  $r$  ( $=$ 湧水 EC 値 $\div$ 河川 EC 値) も降雨の影響を受けて変化する。 $r$  は無降雨時や降雨量が少ないときには一定の値で安定している (図-4)。降雨時の EC は湧水より河川の方がより影響を受けやすいことから  $r$  は上昇し、一定の期間経過すると降雨前の値まで戻っている。調査箇所の  $r$  は 1.5 ~ 2 程度であり、まとまった降雨で  $r$  が変化してもおよそ 2~5 日後にもとの値に戻るということがわかった。

### 3.4 湧水 EC と湧水量の関係

湧水 EC と湧水量の関係を図-5 に示す。湧水 EC と湧水量には負の相関があり、また、降雨時には湧水量が増える。2 回観測した湧水の六フツ化硫黄濃度から湧水の地下滞留年数は 7~9 年と推定され、湧水は地下深く長い年月を掛けて流下しているため、降雨時に湧水量が増えることや湧水 EC が低下する原因の一つとして表面流の流入が考えられる。

## 4. まとめ

観測結果より、湧水の EC は降雨後には周辺流域と比較して相対的に高くなるが、降雨の影響で通常時より低下することから精度良く観測するためには不適であることがわかった。また、危険斜面を抽出するための EC 計測のタイミングとして湧水と河川の比の変化を見ることは、降雨の影響を避けて精度よく観測できる可能性があることがわかった。今後は雨水の湧水や地下水への影響についてタンクモデルを用いて解析を行い、その関係を明らかにしていきたい。

## 参考文献

- 1) 地頭菌ら：深層崩壊発生場予測法の提案—鹿児島県出水市矢管岳を例にして—, 砂防学会誌, Vol.59, No.2, p.5-12, 2006
- 2) 地頭菌ら：深層崩壊発生予測に関する調査法の提案, 平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集, 2012
- 3) 田淵ら：深層崩壊発生予測に関する調査法の開発, 平成 25 年度砂防学会研究発表会概要集, 2013
- 4) 西岡ら：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, 平成 27 年度砂防研究報告会概要集, 2015
- 5) 西岡ら：深層崩壊危険斜面における水文・水質特性に関する研究, 第 8 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 2016 年 9 月
- 6) 独立行政法人土木研究所：深層崩壊推定頻度マップ

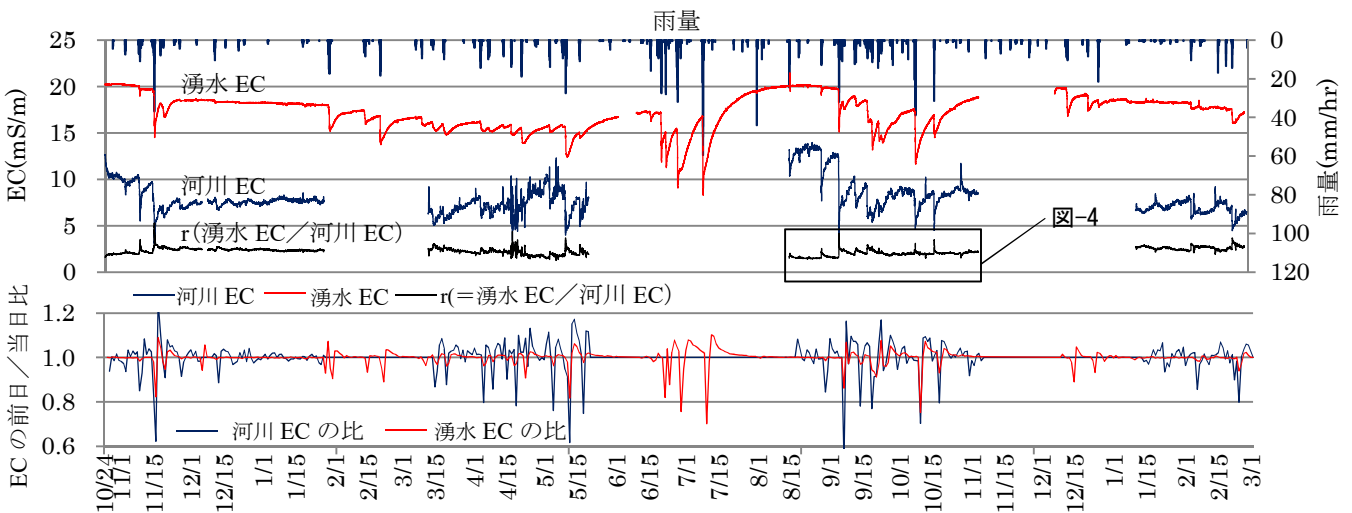


図-3 上図：EC と雨量,  $r$  (湧水 EC と河川 EC の日) の関係 下図：湧水と河川日平均 EC の前日 / 当日比の関係

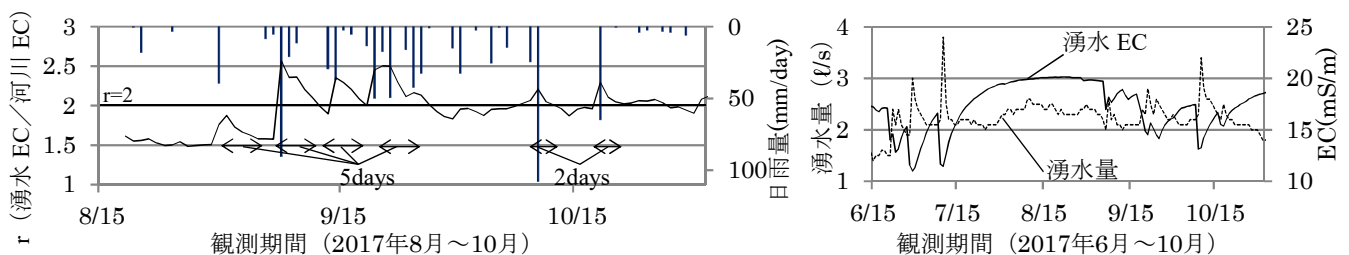


図-4 図-3 中の拡大図 (降雨と  $r$  が降雨前の値まで戻る日数)

図-5 湧水 EC と湧水量の関係



## 2.4 和歌山県 テーマ6

### 昭和 28 年有田川水害のクロノロジーと体験者証言から考察する今後の土砂災害対策

和歌山県

久田昭文・西岡恒志・福田和寿・坂口武弘・筒井和男

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

木下篤彦・田中健貴

和歌山大学

田内裕人・後誠介・江種伸之

#### 1. はじめに

深層崩壊や天然ダムは発生すると甚大な被害となるため、事前に避難しておくことが重要である。和歌山県旧花園村（現かつらぎ町）では、昭和 28 年（1953）の有田川水害で大規模土砂崩壊や天然ダムの発生および決壊が多発し、甚大な被害となった。そのなかでも大規模土砂災害や天然ダムの決壊による人的被害のない集落や、天然ダム決壊で村内では人的被害がないことなどから、当時の住民が何らかの避難行動をとっていたこと推測される。そこで、住民の生死を分けた行動パターンは何であったのか、災害発生時や天然ダム決壊までの間にどのような行動をとり、どのような対策をとっていたかなどについて当時災害を体験された方々にヒアリングを行い、今後発生する中山間地域における土砂災害対策について考察した。



図-1 金剛寺の天然ダム

#### 2. 昭和 28 年有田川水害の概要と調査手法

##### 2-1. 有田川水害の概要

7 月 17～20 日にかけて、累計 543mm の豪雨（高野山観測所）により花園村内で大規模土砂崩壊及び天然ダムが多発し、死者・行方不明者 111 名、重軽傷者 321 人、家屋全半壊流失 246 戸となった。北寺の崩壊では 96 名が亡くなり、形成された天然ダムが約 30 分後に決壊している。金剛寺の崩壊では発生した天然ダム（図-1）が上流約 5km に渡って湛水し、2 か月後の台風で決壊し甚大な被害をもたらした。



図-2 体験者へのヒアリング

##### 2-2. 調査手法

災害体験者にヒアリング（図-2）を実施するとともに、既往文献<sup>2,3)</sup>から降雨状況や崩壊発生時間などを整理し、当時の住民の避難行動や土砂災害対策についてクロノロジー（時系列記録）としてとりまとめた（表-1, 2）。

#### 3. 証言から見る災害発生時の避難行動

北寺地区では 17 日の午前 10 時頃に集落が接する北側斜面が一部崩壊し、住民が集落内の斜面から離れた住居に避難した。しかし午前 11 時頃に斜面全体が崩壊し、1 軒のお堂を残してすべて埋没した（図-3, 4）。南垣内地区では集落内で土石流が発生したことから、集落の住民全員約 100 名が食料などを持って尾根まで避難した。その後、消防団の助けを得て河道閉塞で水位が減少した有田川を渡り、村外へ避難した。両地区とも集落内で崩壊や土石流が発生したことから避難したが、避難した場所の土砂災害に対する安全性が被害の差に繋がったと考えられる。

表-1 昭和 28 年有田川水害の旧花園村のクロノロジー

年	月	日	mm/day	時刻	主な土砂災害発生状況	天然ダム対策	住民の避難行動
昭和28年 (1953)	7	17	387	—	北寺の崩壊（土量64万m <sup>3</sup> ） 天然ダム発生 約30分後に決壊 有中谷の崩壊（土量80万m <sup>3</sup> ） 有中谷天然ダム発生 金剛寺の崩壊（土量520万m <sup>3</sup> ） 天然ダム発生	県が金剛寺天然ダムの応急水路開削工事着工を決定	(表-2) 村民の約4割が下記場所に避難 ・村外の高等学校など ・村内小学校 ・その他村内避難所 ・その他集落等 ※避難終了時期は住民により異なる
		18	65	11:00			
		19	65	7:00			
		20	26	1:00			
		～31					
	9	11	—	—	金剛寺天然ダムが危険な状況	応急水路開削工事一部完成	決壊に備えて避難した 人的被害なし（村内） 人的被害なし
		25	441 (23～25日 の累計)	14:00	金剛寺天然ダム決壊	応急水路の補強工事を実施	
				15:00	有中谷天然ダム決壊	天然ダム決壊により応急水路も崩壊	

#### 4. 証言から見る天然ダム発生後の避難行動

金剛寺の天然ダムについては、専門家内で議論百出した<sup>4)</sup>が、住民は決壊するという意見が大方であった。高台に避難小屋を作成する住民や、自主的に村外へ避難した人も400人<sup>4)</sup>ほどいた。また、雨が降れば逃げるように言われていた、とのことである。天然ダム対策として応急水路開削工事<sup>5)</sup>(図-5)が行われていたが、2ヶ月後の台風で決壊した。決壊時の水位は7月の水害時より高く(図-6)、流されずにいた住居や復旧した住居・橋などが流失したが、下流の住民は決壊に備えて事前に避難していたため村内で人的被害は発生しなかった。また、北寺の崩壊で発生した天然ダムは約30分で決壊したが、下流の梁瀬地区では川の水位が減少するのを見た古老が「瀬戸(川が堰き止められた)が入ったから下に行かず上にあがれ」と高台への迅速な避難を呼びかけ、避難したところに濁流が通り過ぎていき命が助かった、とある<sup>6)</sup>。

#### 5. まとめ

証言から当時の住民が土砂災害から身を守った行動として挙げられるのは、①土砂災害の前兆現象を知っていた②周りに声かけして避難した③避難時期を逸せず迅速に避難した④危険な場所から安全な場所へ避難した⑤天然ダム決壊に備えて雨が降れば避難した、である。逆に避難場所が土砂災害に対応していないなど上記の行動が一つでも欠けていると土砂災害に遭う可能性が高くなると考えられるため、このことについて今後の土砂災害啓発活動に活かしていく必要がある。

#### 謝辞

本検討の実施にあたりご尽力頂いたかつらぎ町役場建設課の小迫課長補佐に感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1)7・18水害写真集(主として有田川上流流域)、和歌山県土木部防砂課、平成4年3月15日 2)和歌山水害報告書、日本教職員組合近畿地区協議会大学部 3)シリーズ日本の歴史災害 昭和二十八年有田川水害、古今書院 4)有田川水害(昭和28年)、砂防と治水、(第155号)、p.41-47、平成15.12.20 5)和歌山県災害史、和歌山県、p.147、昭和38年3月21日 6)花園村のあゆみ、花園村、平成17年9月25日

表-2 中の7月17~18日の住民の避難行動

月	日	時刻	南垣内地区	北寺地区	梁瀬地区
7	17	夜			・川が増水したため、川沿いの住民が高台のお寺などに避難
		時刻不明	・集落内で土石流発生 ・山の尾根に住民全員で避難		
	18	10:00		・集落の北側斜面の左側で崩壊発生 ・斜面から離れた住居に避難	
		11:00	・北寺地区が埋没しているのを尾根から確認	・斜面全体が崩壊し、集落が埋没 ・河道閉塞し、天然ダム形成 ・天然ダム決壊し、下流の梁瀬地区などに被害が発生した	・上流の河道閉塞の影響で川の水位が減少したため、高台へ避難 ・避難完了後に北寺地区の天然ダムが決壊した
人的被害状況			0名	96名	5名



図-5 応急水路開削状況(昭和28年8月17日)



図-6 天然ダム決壊時の水位(南垣内地区)

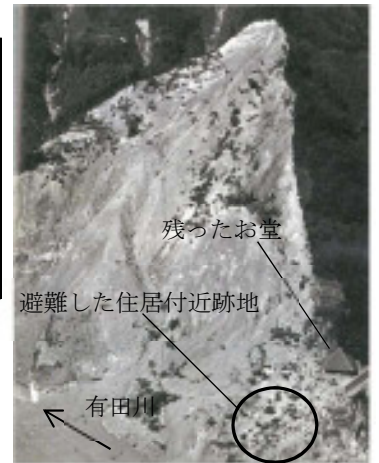


図-3 北寺地区の崩壊状況



図-4 各地区の避難ルートと避難場所



## 濁質成分の量と粒径に着目した流域内の崩壊監視手法に関する研究

和歌山県

筒井和男・坂口武弘・西岡恒志・福田和寿

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

木下篤彦・田中健貴

### 1. はじめに

近年、表層崩壊や土石流による被害が多発している。これらの土砂移動現象を下流域で早期に検知できれば、速やかな避難が可能となる。従来より上流域での土石流発生を検知するため、ワイヤーセンサーもしくは振動センサーと警報機を組み合わせた土石流センサーが用いられてきた。また、降雨量と地形データにより、表層崩壊の発生を予測する技術も開発されている。しかし、パラメータ設定方法などの課題も多い。さらに、河川の濁りに着目し、崩壊発生を検知しようとする研究も多い。これまで、土砂動態と濁りの変化との関係、崩壊発生検知のための閾値の設定、土砂移動の有無に関する研究などが行われてきた。濁りの発生が、すなわち表層崩壊、土石流の発生ではなく、生産域や流下域の土砂移動形態によって、浮遊物濃度や濁りの粒径分布は異なってくると考えられる。したがって、浮遊物濃度や粒径分布から、上流域の土砂移動現象が推定できれば、流域内の崩壊の監視が可能となる。

そこで、本研究では、豪雨時の濁度観測や崩壊土砂量の調査により、濁質成分の量と粒径に着目し、これらの時間変化から、流域内の崩壊監視に関する手法を検討した。



図-1 位置図

### 2. 調査地の概要

調査地は、紀伊半島南部に位置する那智川の支流である金山谷川流域である(図-1)。流域面積は1.37 km<sup>2</sup>(図-2)であり、標高は海拔28mから746mである。流路延長は3.3kmで平均勾配は12.0°である。地質は下部が熊野層群と呼ばれる第三紀の堆積岩類(砂岩泥岩互層)であり、上部は熊野酸性岩類(花崗斑岩)で構成される。2011年9月台風12号接近時には、調査地を含む一帯で多数の表層崩壊が発生し、土石流が下流の市街地に流れ込み、人的被害が生じた。崩壊に伴う生産土砂量は101,200 m<sup>3</sup>とされている。崩壊は熊野層群と熊野酸性岩類との境界付近で発生している。



図-2 金山谷川の流域図

白一点破線は流域界、黒破線は図-3の範囲を示す。

### 3. 方法と結果

2012年より観測を開始した。直接採水箇所、観測機器の配置および地形計測範囲を図-3に示す。

#### (1) 崩壊地内の土砂収支と崩壊検知

拡大崩壊に伴う発生土砂量を確認のため、地上設置型レーザースカナナー(Topcon社製GLS-1500)による地形計測を実施した。崩壊地全体を計測し、異なる時期の差分を求め、鉛直方向の地形変化量を計算した(図-4)。これにより、崩壊地内の土砂の収支を求めた。

崩壊発生時刻を検知するため、タイムラプスカメラ(Brinno社製TLC200)により撮影し、崩壊発生や表面浸食、湧水の発生時状況の確認した。

#### (2) 直接採水による浮遊物濃度、粒度分析

出水時に、3地点で直接採水を実施した。採水間隔は1時間。計12回行った。室内にて浮遊物濃度、濁質成分の粒度分析を行った。流量と浮遊物濃度の履歴を図-5に示す。

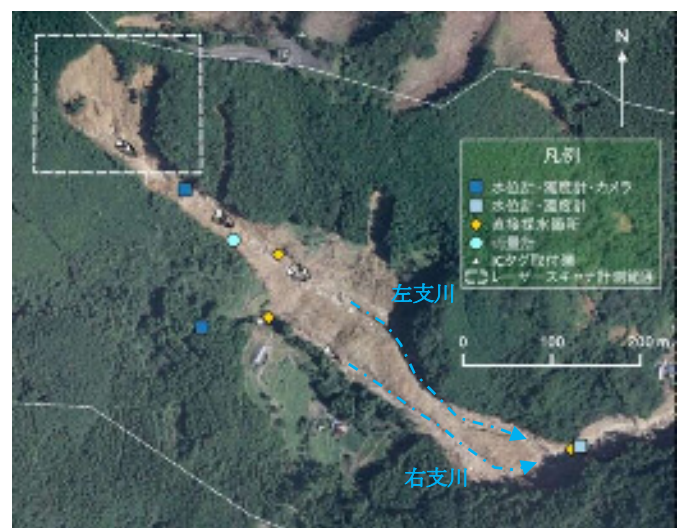


図-3 機器配置図



**(3)濁度・水位観測による流下浮遊物量**

2015年7月より、濁度計(Campbell Scientific社製 OBS-3+)および水位計(クリマテック社製 CWG-H10-C20)を用いた濁度および水位の連続観測を行った。浮遊物濃度と濁度計の出力値との関係式を回帰直線式により求め、浮遊物濃度の連続観測から一出水中の流下した浮遊砂量を算出した。

**4. 考察**

**(1)浮遊物濃度と流量の関係による崩壊発生の検知**

左支川において、8月9日に右回りのループを描いていたヒステリシスが、崩壊発生後に左回りのループに変化した。このことから、崩壊発生にともない、流量と浮遊物濃度の関係に着目し、ヒステリシスが左回りのループに変化すると、上流域での斜面崩壊の発生を検知することができると考えられる。ただ、合流点では、左回りのヒステリシスが認められるものの、不明瞭である。崩壊の検知には適正な濁度観測の配置が必要となる。

**(2)濁質成分粒径による土砂移動形態の推定**

2014年8月9日から10日に直接採水した試料の濁質成分の粒径のメジアン値時系列を図-8に示す。左溪流観測点および合流観測点のいずれでも、河川に土砂が供給された時刻付近で、メジアン値の急激な減少が確認できる。

2014年7月10日13時と2014年8月10日9時に採水した試料の濁質成分の粒度分布を図-9に示す。前者では崩壊斜面の湧水による表面浸食が、後者では拡大崩壊の発生が、ビデオ撮影により確認されている。粒度分布のモード値が前者は14.2 μm、後者は12.33 μmとなり、後者において小さい粒径成分が多く含まれていた。

濁質成分の粒径分析により、崩壊発生時に濁質成分の粒径が急激に減少すること。また、土砂の移動形態により、粒度分布に差があることが分かった。これにより河川水中の濁度の粒径を観測することで土砂移動形態を推定できると考えられる。

**(3)濁度観測による崩壊土砂量の推定**

2015年7月の台風11号時の出水時に崩壊により地形計測と崩壊地内の土砂の粒度分布とから、細粒分が26.4 m<sup>3</sup>が流下したと算出できる。一方、濁度観測により求めた浮遊物濃度から求めた濁質分量は37.6 m<sup>3</sup>であった。両者のオーダーは一致しており、下流での濁度観測により、流域内の粒度分布が分かっていたら、崩壊土砂量の推定が可能と考えられる。

**5. おわりに**

大規模な崩壊斜面を含む山地流域での河川中の濁度、流量、土砂移動に関して観測を行った。観測により拡大崩壊とそれに伴う濁り発生が確認された。これらは現地調査およびビデオ撮影の結果、表層崩壊によるもの、表面の浸食によるもの、河床堆積物の二次移動によるもの、のいずれかであることが分かった。この中でも表層崩壊の発生時には、濁質成分の中央値が急激に低下することが分かった。濁質成分の流量と崩壊土砂量との間には、相関関係があることが分かった。また、流量と浮遊物濃度の関係では、一連の降雨期間中、崩壊発生前後で右方向ループから左方向ループへと変化することが分かった。

以上より、流量と浮遊物濃度の関係が左方向ループに変化すること、濁質成分の粒径が低下することから流域内での崩壊発生の検知と、濁質分量から崩壊規模の推定ができる可能性を示した。しかし、比較的規模の大きい崩壊での観測事例は少ないことから、今後も観測・調査を継続し知見の蓄積を図りたい。

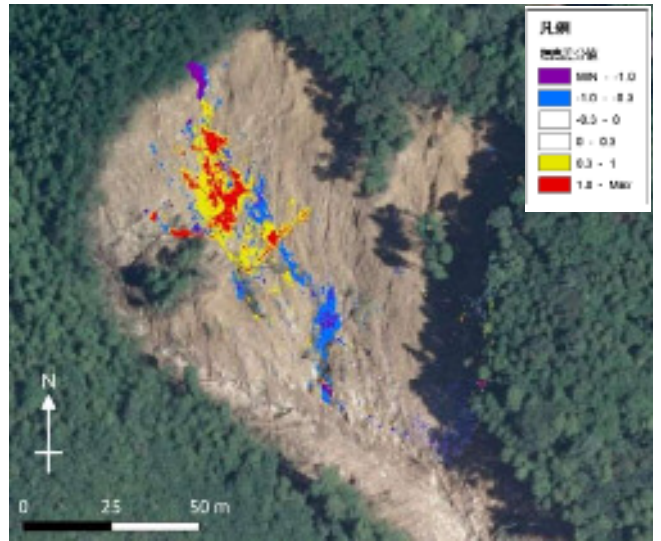


図-4 地形計測の差分図 2014/5/16 と 2014/8/29 の差分

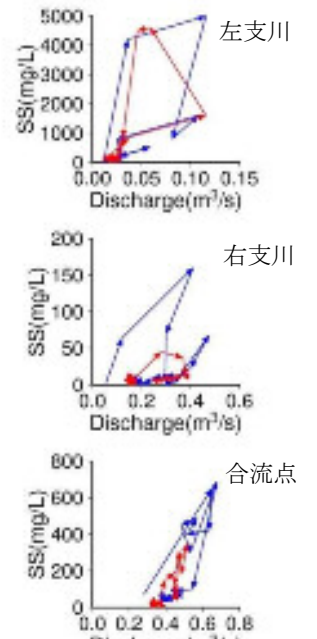


図-5 浮遊物濃度と流量 青 2014/8/9 赤 2014/8/10

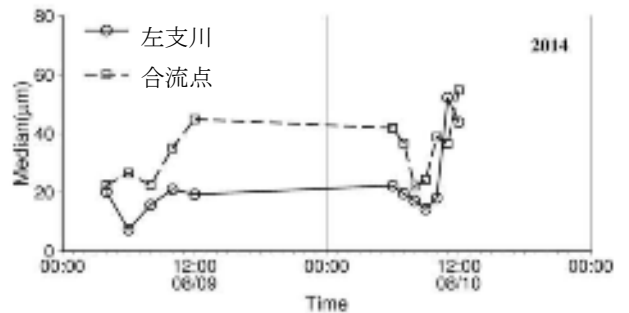


図-6 左支川と合流点の濁質成分の粒径中央値の時系列

参考文献

木下篤彦ら：平成23年台風12号による那智川流域における土石流災害実態,平成24年砂防学会概要集,p.96-97,2012.

## 土砂災害時の消防機関の行動パターンに着目した最適な避難誘導に関する研究

和歌山県

坂口英雄・筒井和男・福田和寿・小脇邦雄・坂口武弘・西岡恒志

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

木下篤彦・田中健貴

### 1. はじめに

近年、土砂災害により、多数の人的被害が各地で発生している。その原因は住民が早期に避難を開始しないことや行政の警戒避難情報が住民に伝わらず有効に活用されていない事例が多い。既往研究では、住民がなぜ避難しなかったかの理由に着目し、住民の心理状態とそれに伴う避難行動に関するものが多い（菊井ら<sup>1)</sup>）。一方、行政機関からの警戒避難情報を住民に直接伝え、避難へと導く消防署および消防団（以下、消防機関）の災害時の行動パターンについて検証した研究は少ない。そこで、本研究では、2011年9月の那智川流域での災害を例に挙げ、災害時の消防機関の行動パターンに焦点を絞り、アンケートおよびヒアリング調査結果から、最適な避難誘導のあり方について検証する。

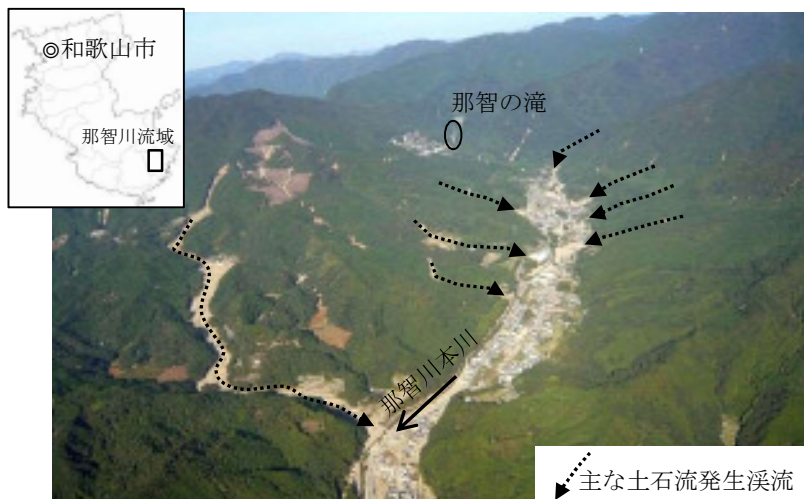


図-1 那智川流域の土石流発生状況

### 2. 那智川災害の特徴と調査の内容

和歌山県那智川流域では2011年8月30日～9月4日に台風12号により最大時間雨量123mm、0～4時の4時間に314mmの記録的な豪雨があり、那智川の上流域では同時多発的な土石流が発生し、また下流域では洪水氾濫により、人的な被害は死者28人、行方不明1名であった。

調査方法としては、那智勝浦町消防機関の全職員を対象に土砂災害や避難情報に関する知識、災害時の行動や土砂災害に対する意識、また、今後改善したい点などについて、アンケートおよびヒアリングにより行った。

### 3. 結果

アンケートの結果、大雨警報については91.0%、洪水警報については89.9%が、その内容を理解し正しく認識していることが分かった（図-2）。一方で、土砂災害警戒情報については、知っていた人が56.9%、名前を聞いていた程度の人24.7%、知らなかった人が14.6%となっており、土砂災害の警報に関する認知度が低かったことが分かった。また、災害時の意識に関しては、土砂災害の発生を想定していなかった人が93.3%にも及んでいる（図-3）。また、被災当日の消防機関の行動では、情報収

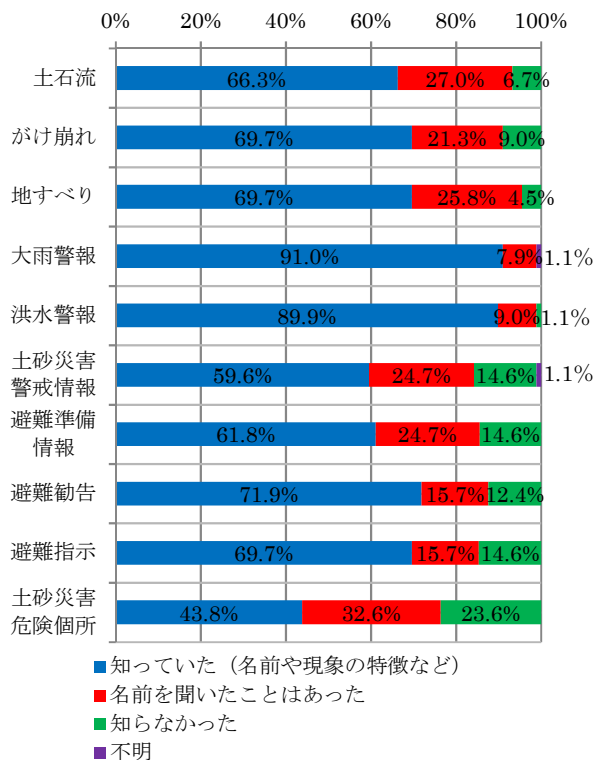


図-2 災害発生前の土砂災害や避難情報に関する知識

集が 58.4%となり、一方で住民への呼びかけや避難誘導はそれぞれ 36.0%、23.6%に止まっていた（図-4）。行政からの情報提供を認識していた住民は 4.5%と非常に低く（図-5）、避難の遅れにつながったと考えられる。しかし、消防機関による直接の呼びかけに応じ避難した割合も相当数に及び、直接的な避難の誘導が有効であることを示している（図-6）。

#### 4. 考察

アンケートの結果より、災害前の時点では消防機関の土砂災害の警報に関する認知度は低く、また、土砂災害の発生をあまり想定していなかったことが明らかとなった。これは当該地域が近年、土砂災害の被害が少なかったことによるほか、地域の他の流域で浸水被害が多発していたことも一因と考えられる。なお、災害時には行政による防災無線の放送や広報車による避難の呼びかけが行われていたが、災害発生が夜中であったことから殆どの家で戸締まりを行って就寝していたことや豪雨で呼びかけの音がかき消されたため、呼びかけがほとんど伝わっていなかったことが別途実施した住民ヒアリングにより明らかになっている。消防機関による「呼びかけ」に対しては避難行動を起こす住民が一定数いたことが明らかとなったため、適切な「呼びかけ」は住民の避難行動を誘発する有効なツールであると考えられる。

#### 5. まとめ

消防機関の土砂災害に関する認知度を高め、消防機関から住民に早めの避難を直接呼びかけることは住民の避難率を向上させるために有効であることがわかった。今後は、消防機関に対する土砂災害に関する知識を習得するための取組や、適切なタイミングで土砂災害に関する情報を生かした「呼びかけ」を行えるような地域住民と一体となった訓練を実施し、災害に備えていくことが重要であると考えられる。

#### 参考文献

1) 菊井ら, 土砂災害における住民等の意識と警戒避難対応について, 砂防学会誌, Vol.60, No.6, p48-51, 2008

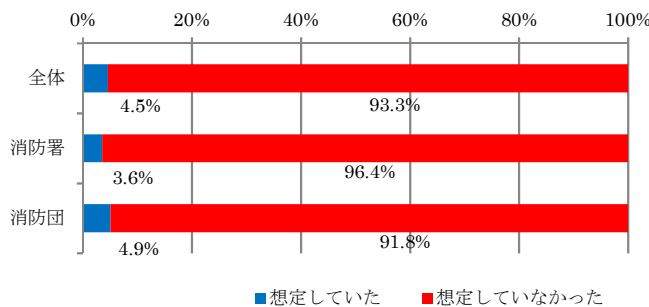


図-3 「土砂災害」の発生を想定していたか

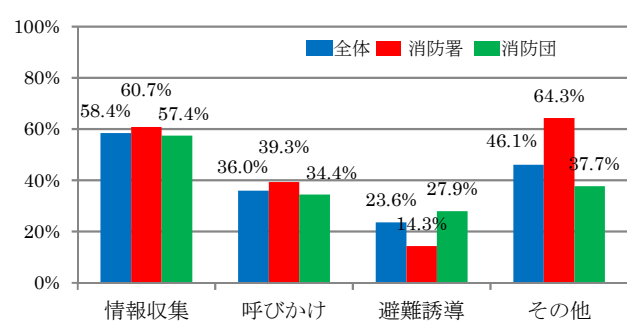


図-4 被災当日の行動（複数回答）

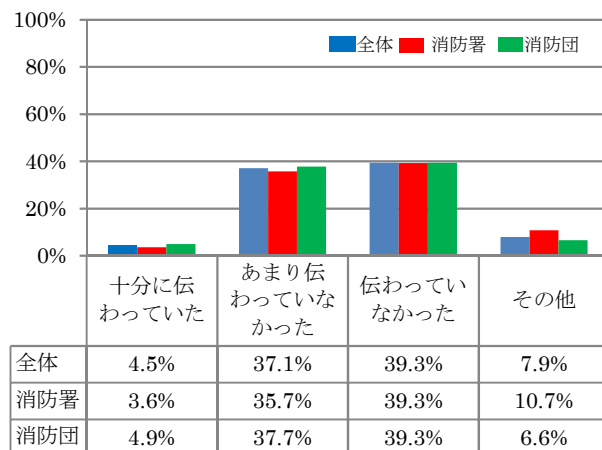


図-5 行政機関による情報提供の住民への伝達状況

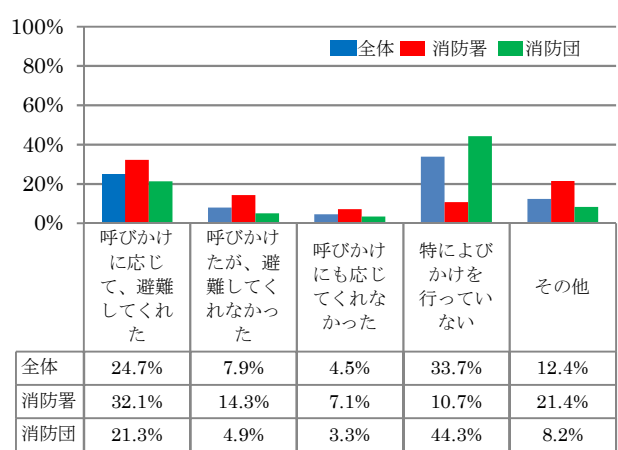


図-6 住民の避難誘導に対する反応



## 2.4 和歌山県 テーマ9

### 表層崩壊が多発した那智川流域における水文・水質特性

和歌山県

西岡恒志・坂口武弘・森川智

国土交通省大規模土砂災害対策技術センター

木下篤彦・田中健貴

#### 1. はじめに

深層崩壊発生跡地近辺からの湧水や渓流水の電気伝導度（EC）が高くなることを利用した深層崩壊危険箇所を抽出する手法が研究されている<sup>1)</sup>。ECは雨水等が地下を流下過程で岩盤と接触することで溶出したイオン濃度を取り込むことで高くなるため、表層崩壊危険箇所においても深層崩壊発生地と同様にECが高くなることが考えられる。本研究では平成23年台風12号により同時多発的に表層崩壊が発生した那智川流域において湧水や渓流水のECを計測した結果について報告する。

#### 2. 調査地の概要

那智川流域の概要を図-1に示す。那智川流域の地質の特徴として熊野層群（砂岩泥岩互層）の上に熊野酸性岩（花崗斑岩）が覆う2層構造となっており、地層境界付近で湧水が多く、地層境界から一定の高さで崩壊が多発している<sup>2)</sup>ことから、地層境界の存在が崩壊に関係していると考えられる。調査地としては、那智川流域で斜面崩壊及び土石流が発生した溪流の中で、溪流内で地層境界が明瞭で湧水が多数確認できる平野川流域で実施した。

#### 3. ECの調査手法

ECの調査地点として流域内に複数ある溪流に対し、溪流の合流点では下流部1箇所と分岐する溪流のそれぞれの上流部1箇所ずつの計3箇所を基本とした。また崩壊が溪流に近接する箇所では、崩壊の下流部と上流部の2箇所を基本とした。なお、ECは雨水の影響などで変化することが考えられるため、降雨日や降雨直後には実施しないこととした。

そのほか、ECはイオン濃度の総量であるため、イオン濃度の計測を行ってヘキサダイアグラムに取りまとめた。また、岩石の主成分であるSiO<sub>2</sub>についても併せて調査を行った。

#### 4. 調査結果

##### 4.1 ECの調査結果

調査結果を図-2に示す。左溪流では下流部のNO1から中流部のNO3までEC値は上昇していき、右岸崩壊跡地を境に上流部（NO5～NO9）に向かってEC値は低下していった。崩壊跡地には湧水と思われる流水が存在しており、そのEC値（NO4）は7.7mS/mと流域内で高い値を示した。左溪流のECは、崩壊地から流入してきたECの高い流水と合流することで下流部で高くなったと考えられる。左支溪流では、NO10地点から上流部に向かってEC値は上昇した。これは左支溪流の最上流部の地層境界付近から湧出していたEC値（NO12：7.7mS/m）の高い湧水の影響と考えられる（図-3）。右溪流ではNO14地点でEC値の上昇が見られたものの、上流部に向かってEC値は低下した。平野川では左溪流で主に崩壊が発生しているが、左と右溪流のそれぞれの溪流出口で計測したEC値は左溪流の方が常に高かった（3回計測したECの平均値 左溪流（NO1）5.9mS/m、右溪流（NO13）5.1mS/m）。これらの結果から、崩壊地や地層境界から湧出するEC値の高い流水が河川や渓流水に影響を与えていると考えられる。

##### 4.2 SiO<sub>2</sub>の調査結果

SiO<sub>2</sub>はNO4の崩壊地でEC値と同様に高くなったほか、左溪流や左支溪流、右溪流でもECの変化と同様の变化傾向（相関係数 $r=0.64$ ）が見られた。



図-1 那智川流域の概要



図-3 湧水の状態 (左図) と EC 観測状況 (右図)

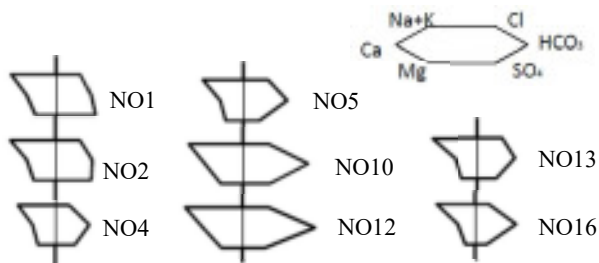


図-4 ヘキサダイアグラム

### 4.3 イオン濃度分析結果

イオン分析結果では、EC 値の高い湧水などが相対的にイオン濃度も高く、ヘキサダイアグラムも大きな形状を示した (図-4)。流域内全体の特徴として Na-HCO<sub>3</sub> が高く、渓流水、湧水、崩壊地からの流水ともに同じ傾向であった。

### 5. まとめ

今回の平野川の調査結果より、表層崩壊発生地においても深層崩壊と同様に EC 値が周辺より相対的に高くなることが確認された。しかしながら深層崩壊地の EC 値と比較すると今回観測された EC 値は低い値を示していた<sup>3)</sup>。これは地下水の流下深度や

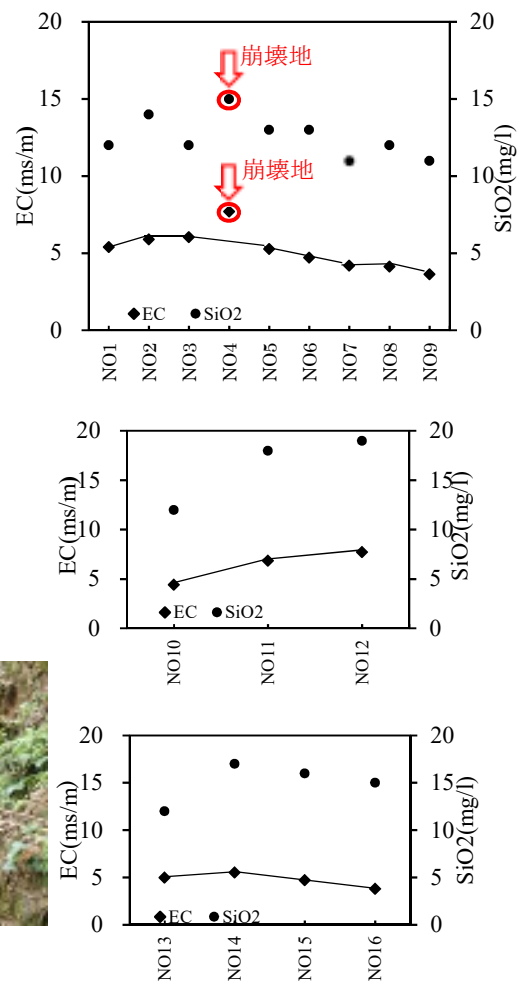


図-2 EC の調査結果

(上図：左溪流，中図：左支溪流，下図：右溪流)

地下滞留時間など深層崩壊と表層崩壊の崩壊メカニズムの差が影響していることが考えられるため、今後も EC の継続観測のほか地下水水位観測や湧水量調査などを実施し、那智川流域の水文特性について明らかにしていきたいと考える。

### 参考文献

- 1) 松村ら:2011年9月台風12号による紀伊半島で発生した土砂災害, 砂防学会, Vol.64, No.5, p.43-53, 2012.
- 2) 千東ら:平成23年台風12号の那智川流域の水文・水質特性と崩壊メカニズムに関する研究, 平成27年度砂防学会概要集, 2014
- 3) 地頭菌:渓流水の電気伝導度を用いた深層崩壊発生場の予測, 砂防学会誌, Vol.66, NO.6, p.56-59, 2014

## 紀伊半島大水害から5年間の那智勝浦町における地域防災力向上のための取組

那智勝浦町

汐崎由香・橋本典幸・楠本定

和歌山県

千東圭央・西岡恒志・坂口武弘・筒井和男・福田和寿

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

木下篤彦・田中健貴

### 1. はじめに

平成23年紀伊半島大水害では、那智川流域で同時多発的に発生した土石流や土石流が那智川本川に到達したことによる氾濫被害によって甚大な被害となった(図-1, 2)。那智川流域では土砂災害や氾濫被害の再度災害防止を目的として直轄砂防工事や県による砂防・河川工事が行われている。しかしながら発災から5年以上が経過し、避難勧告時の避難率の低下や防災訓練の参加率が低下するなど住民の意識が低下している課題が見られるほか、西山ら<sup>1)</sup>より那智川流域では過去から繰り返し土石流が発生していたことも報告されているため、住民の土砂災害に対する意識を高く保ち続ける必要がある。そこで那智勝浦町では、土砂災害から身を守るための地域防災力向上を目的として住民参加型の避難カードの作成や防災授業などを国や県の協力を得ながら実施している。本稿ではその取組内容について紹介する。

### 2. 住民参加型の災害・避難カードの作成

那智川流域では避難するときには川沿いの県道を通る方法しかないが、紀伊半島大水害のときには避難しようとしたときにはすでに河川氾濫がはじまって周囲が浸水しており、避難所に避難できず家屋の2階や屋根に逃げるなどした事例が多い。また地区内の高齢化率も高く、避難に支援が必要な住民も多いことから早めの避難が重要となってくる。そこで那智川沿いの土石流や河川氾濫被害が大きかった那智勝浦町市野々(いちのの)地区において、内閣府の「災害・避難カード」モデル事業を利用した「自然災害から命を守る！ワークショップ」を実施し、住民が適切な避難行動をとれるよう「避難カード」の作成を行った。ワークショップでは、参加した住民が紀伊半島大水害を振り返りながら、いつ、どのルートを通ってどこに避難すればよいのか、避難要支援者をどのように避難させるのか、など検討を行い地区全体の避難行動のとりまとめた(図-3, 4, 5)。作成した避難カードと避難行動マイマップを基に机上で模擬避難訓練を実施して有効性を確認し、地区全世帯への配布を行った(図-6)。

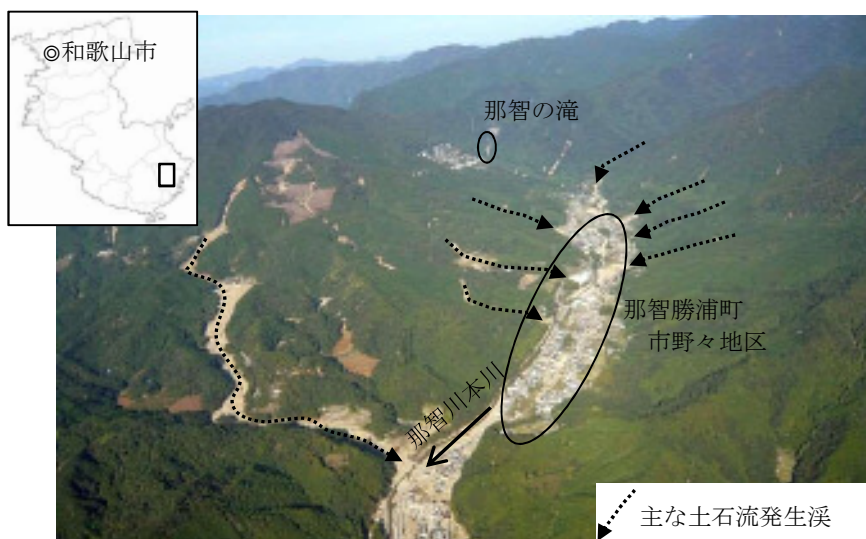


図-1 那智川流域の土石流発生状況



図-2 那智川の氾濫被害状況



図-3 避難要支援者の避難



### 3. 土砂災害に関する防災教育の実施

土砂災害に関する知識を子供のうちから身につけておくことが重要と考え、小学生高学年を対象とした土砂災害に関する防災授業を実施した。土砂災害の知識や情報（前兆現象や土砂災害警戒情報等）を実際に砂防堰堤や土石流の映像、土石流模型実験を目の当たりにしながら土砂災害に対する備えについて、自分で身を守ることの重要性、小学生の自分たちがこれから小学校に入ってくる子供たちや地域で暮らす人たちに伝えていく方法などを児童間で議論し、小学生にもできることを考えてもらうよう取り組んでいる（図-7）。



図-4 ワークショップ実施状況

### 4. 防災に興味を持ってもらう取組

自然災害や防災に関する様々な疑問を地域住民の方々に興味や理解を深めてもらうため、大学や国による「防災カフェ」を平成28年4月に開館した和歌山県土砂災害啓発センターで開催した。「防災カフェ」とは防災関連の専門家と一緒に飲み物を片手に気軽に語り合うもので、テーマとして災害や防災に興味をもってもらえるよう「防災教育」「防災計画」「避難支援システム」「救助ロボット」「災害事例」と様々な分野を取り上げている。また、県による地域講演会「考える、土砂災害」なども開催しており、過去に発生した土砂災害の紹介など、災害の教訓を風化させない取組も実施している。



図-5 住民意見を反映した避難行動表

### 5. まとめ

那智勝浦町では土砂災害だけでなく河川氾濫による被害も発生しており、また、今後発生が予想される東南海・南海地震に伴う津波被害も想定されている。様々な災害から身を守るためには、災害を知り、災害の種類に応じた適切な避難場所へ早めに避難することが重要である。地域防災力向上のために地域に密着したこのような取組を今後も継続して実施していきたい。



図-7 児童によるグループ討議

### 参考文献

- 1) 西山ら, 和歌山県那智川流域における土石流の発生頻度, 地形 第35巻第4号, 351-366頁(2014)

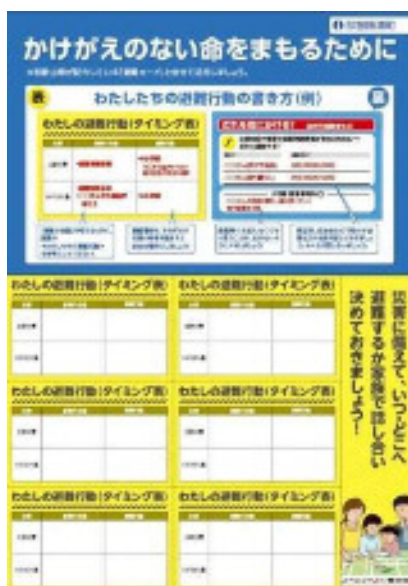


図-6 作成した避難カード（左）と避難行動マイマップ（右）

## 実効雨量を用いた基岩内地下水位の変動解析

京都大学農学研究科  
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

小杉賢一郎・千野佑輝・正岡直也・中谷加奈  
吉村元吾・菅原寛明・田中健貴

### 1. はじめに

紀伊山地では、H23年台風12号の豪雨で深層崩壊が多発し、甚大な被害が発生した。深層崩壊は頻度が少なく規模が大きいため、効率的・効果的なハード対策が難しく、ソフト対策が重要となる。既往の土砂災害警戒情報の発表には、実効雨量や土壌雨量指数が用いられているが、これらの雨量指標と崩壊の誘因となる地下水位との対応は十分には解明されていない。特に深層崩壊と密接に関わる基岩内の地下水位変動は、主として表層崩壊・土石流を対象として提案された実効雨量（半減期 1.5, 72 時間）や土壌雨量指数との対応が必ずしも良くないことが、これまでの研究で指摘されている。このため、一律の雨量指標を用いるだけでは、警戒・避難における見逃し・空振りを軽減することに限界があり、さらに警戒・避難を解除するタイミングを合理的に判断することも難しいと考えられる。

以上を背景として、本研究は、紀伊山地付加体特有の基岩内地下水位の変動と雨量との対応関係を明らかにし、紀伊山地の深層崩壊をターゲットとした、精度の高い警戒・避難の発表ならびに解除に資する、雨量データの解析・活用手法を提案することを目的としている。本年度の研究では、実効雨量の半減期を種々に設定した場合について、雨量指標のピークと地下水位のピークの対応関係について考察を行った。

### 2. 解析に用いた地下水位データ

図-1に示した栗平地区では、計4地点においてボーリング孔が掘削され、孔内水位が連続観測されている。以下の解析では、W2地点の地下水位データを用いた。なお、W2地点における掘削深度は72m、ストレーナー区間は10~72mである。

W2地点の観測地下水位（図-2）は、降雨に対して比較的鋭敏な反応を示し、無降雨期間には地下58m付近にまで低下する傾向にあった。ただし2014年7月以前については、無降雨日の地下水位がより深くまで低下しており、それに伴って降雨時の地下水位ピークの上昇が抑制されていることが考えられる。この様な違いが生じた原因については現在検討

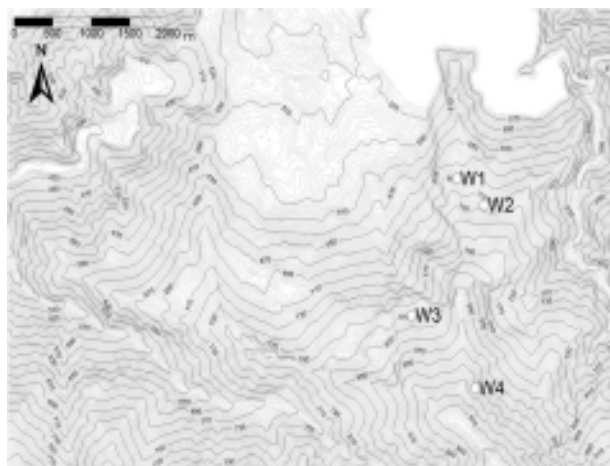


図-1 栗平地区の地形とボーリング孔の配置

中であるが、深層崩壊の崩土が形成した天然ダムによる湛水状況（図-1参照）が変化したことの影響が考えられる。以下では、地下水位の下限値が安定したと考えられる2014年7月31日~2017年5月31日を解析対象とした。解析期間中の総雨量は8276.5mmであり、2014年8月8日と2015年7月15日に発生した降雨イベントにおいて、特に大きな地下水位上昇が観測された（図-2）。

### 3. 地下水位ピークと雨量指標ピークの対応

図-2には、栗平地区の雨量データを用いて計算された、半減期120hの実効雨量の時系列を示した。観測地下水位と比較的良く似た波形を示しており、2014年8月8日と2015年7月15日に発生した降雨イベント時には、地下水位と同様に実効雨量も大きく上昇している。図-2中では、各降雨イベントについて地下水位と実効雨量のピークを計算した結果が、それぞれ青丸と赤丸で示されている。ただしここでは、48時間以上の無降雨期間によって降雨イベントが区切られるものとしている。また、総雨量10mm以上で、かつ0.5m以上の地下水位上昇をもたらした降雨イベントのみを解析対象としている。

これらの地下水位ピークと実効雨量ピークの相関を示したものが図-3左パネルである。両者が1対1で対応し、実効雨量ピークが大きくなるにつれて地

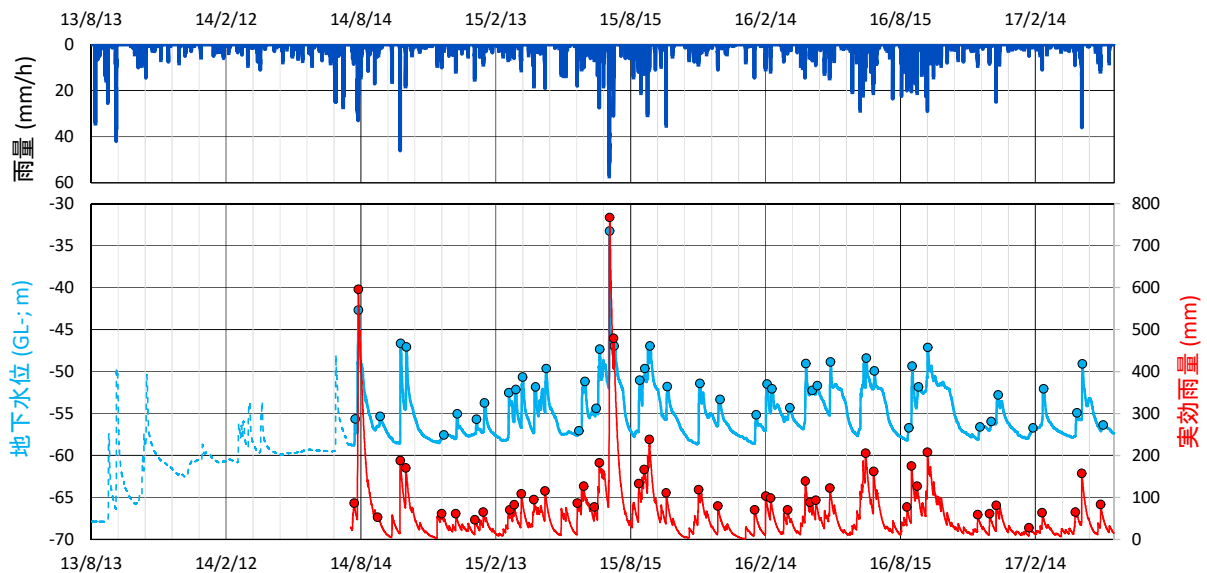


図-2 観測された雨量と地下水位ならびに半減期 120 h の実効雨量  
 (図中の青丸と赤丸は、それぞれ、各降雨イベントの地下水位と実効雨量のピークを示す)

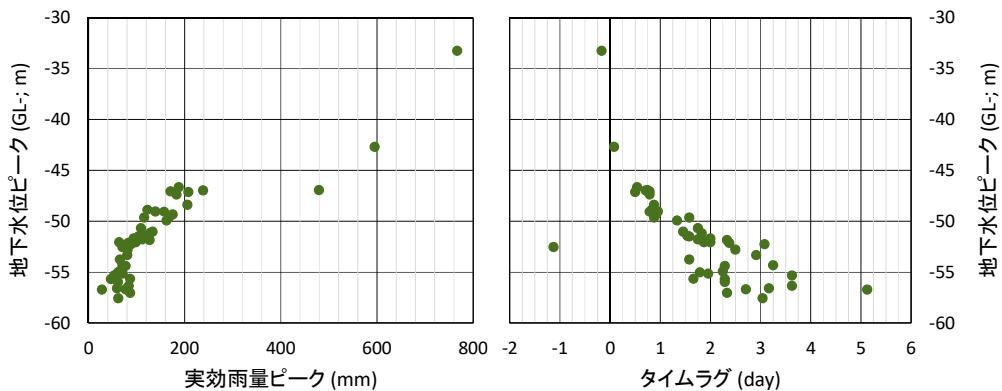


図-3 実効雨量ピーク (左) ならびに地下水位ピークと実効雨量ピークのタイムラグ (右) と地下水位ピークの相関

地下水位ピークも大きくなっていることがわかる。ただし、その関係は直線では表されず、実効雨量がおよそ 200~500 mm の範囲では、地下水位ピークがほぼ一定である。実効雨量がこの範囲より下では、ほぼ直線的な関係を示しながら地下水位ピークが上昇し、実効雨量がこの範囲を超えると再び地下水位が大きく上昇を示している。このように、雨量指標ピークの増加に伴って地下水位ピークが段階的に上昇する傾向は、他の多くのボーリング孔でも観察された。

図-4 は、図-2 および図-3 左パネルに示した地下水位ピークと実効雨量ピークのそれぞれについて、値の大きなものから順位付けを行い、各イベントに付された順位の相関をとったものである。この順位相関図では、データのプロットは原点を通る傾き 45° の直線に沿って分布している。地下水位ピーク順位と実効雨量ピーク順位の一貫性を評価するために Nash-Sutcliffe efficiency factor (NSEF 値) を計算

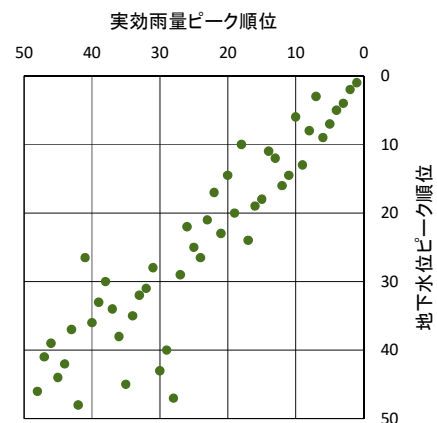


図-4 地下水位ピーク順位と実効雨量ピーク順位の間の一貫性の相関

たところ、0.827 の比較的大きな値が得られた。

図-5 には、地下水位ピーク順位と実効雨量ピーク順位の間の一貫性を評価するために Nash-Sutcliffe efficiency factor (NSEF 値) を計算



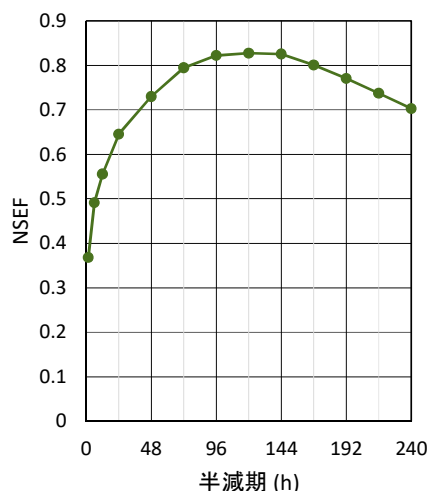


図-5 実効雨量の半減期の変化による NSEF 値の変化

した。半減期 1.5~72 h の範囲では、半減期の増加に伴って NSEF 値が大きく上昇し、96~144 h の範囲ではほぼ一定値 (0.82~0.83) となっている。さらに半減期が大きくなると、NSEF 値は減少に転じている。このことから、栗平の W2 地点 (図-1) における地下水位ピークを予測する雨量指標としては、半減期 96~144 h の実効雨量が適していると考えられる。

#### 4. ピークの発生時刻

図-3~5 に示した通り、各降雨イベントにおける半減期 120 h の実効雨量のピークは、そのイベント中に観測される地下水位ピークと良い対応関係を示していた。ただし、両者のピークが同時刻に発生しているわけではない。一般に、数十メートルよりも深い深度に存在する基岩地下水 (図-2 参照) では、降雨に遅れて水位上昇を示す傾向が推察され、このことが、降雨ピークに遅れて深層崩壊が発生する一因だと考えられる。

そこで、地下水位ピークと実効雨量ピークのタイムラグ (地下水位ピークが実効雨量ピークからどのくらい遅れて出現するか) を計算し、地下水位ピークとの相関をとったものが図-3 右パネルである。データのプロットに多少のばらつきはあるものの、比較的綺麗な相関が得られ、地下水位ピークが大きくなるにつれてタイムラグが小さくなる傾向を示している。地下水位ピークが -50 m より小さい場合は、タイムラグが 1~5 日の大きな値となっているが、地下水位ピークが -45 m より大きい「地下水位ピーク順位が 1 位および 2 位の降雨イベント」ではタイムラグがゼロに近く、実効雨量がピークとなる時刻に比較的近い時間帯において、地下水位ピークが出

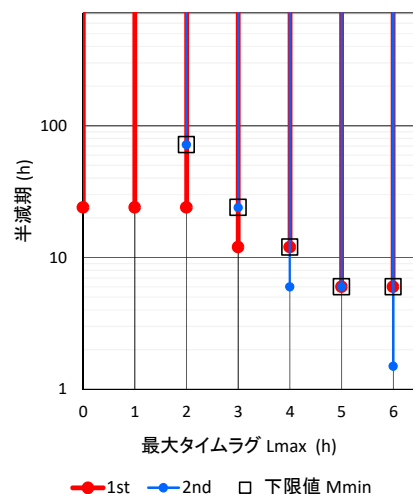


図-6 タイムラグが  $L_{max}$  以下になるときの半減期の範囲

現していることがわかる。このような地点では、降雨ピークに極端に遅れた深層崩壊の発生は比較的小さい可能性が推察される。

#### 5. 警戒・避難継続時間に関する一考察

適切な雨量指標を定め、そのピークから何時間以内に地下水位ピークが現れるかを知ることができれば、深層崩壊に対する警戒・避難を継続すべき時間を判断する上で有益だと考えられる。そこで、図-2~4 に示した「地下水位ピーク順位が 1 位および 2 位の降雨イベント」のそれぞれを対象として、地下水位ピークと実効雨量ピークのタイムラグが  $L_{max}$  (最大タイムラグ) 以下になるときの、実効雨量の半減期の範囲を算定してみた。結果をまとめた図-6 では、 $L_{max}$  を変数と見なし、各  $L_{max}$  の値に対する半減期の範囲を示している。なおここでは、半減期 0.1~720 h について検討を行っている。 $L_{max}$  がゼロの場合についてみると、順位 1 位の降雨イベントでは、半減期をおよそ 24 h 以上に設定する必要があることがわかる。一方、順位 2 位の降雨イベントでは、いずれの半減期を設定してもタイムラグをゼロ以下にすることは不可能である。 $L_{max}$  が 2 h の場合についてみると、順位 2 位の降雨イベントでも、およそ 72 h 以上の半減期を設定することにより、実効雨量ピークから 2 h 以内に地下水位ピークが現れるようにできることがわかる。さらに  $L_{max}$  が 4 h の場合についてみると、順位 1 位、2 位の降雨イベントでは、半減期の最小値をそれぞれ 12 h、6 h に設定する必要がある、降雨イベント間の半減期の大小が逆転している。以上のような検討を経て得られた半減期の下限値  $M_{min}$  を図-6 中に示した。 $M_{min}$  は、順位 1 位、2 位の降雨イベントの両方で、タイムラグが  $L_{max}$  以下となるの

に必要な半減期の最小値を示している。 $M_{min}$ は、 $L_{max}$ が大きくなるほど小さくなっていることがわかる。これらの $(M_{min}, L_{max})$ の組合せを用いることで、「半減期を $M_{min}$ に設定した場合の実効雨量のピークから、 $L_{max}$ 以内に地下水位ピークが現れる」と経験的に推察できるようになることが期待され、警戒・避難の継続時間を判断するための有益な情報を提供できる可能性がある。

今後は、図-6の様な解析を地点数および降雨イベント数を増やして実施し、さらに「いずれの $(L_{max}, M_{min})$ の組合せを用いることによって、警戒・避難の継続時間を最も合理的に設定できるか」について解析を進め、手法の精度や有用性を検討する予定である。

### 衛星/地上ネットワークを利用した安価な計測システムの構築

和歌山大学  
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

秋山演亮・山口耕司  
吉村元吾・菅原寛明・田中健貴

#### 1. はじめに

電子通信技術の発展と省電力化の推進により、既に市街地においては様々な通信環境を利用した IoT (Internet of Things) による ICT (情報通信技術) が発達し、M2M (Machine to Machine 機械間による情報伝達) により Big Data が収集されるシステムが急速に構築されつつある。収集されたデータは即座にインターネット上のクラウドサーバに集積され、データをモバイル端末等を用いた検索閲覧するシステムも併せて構築されており、データ利用が進められている。

しかし土砂災害や洪水等の発生現場となる山間部においては、街中のようにインターネットに接続された無線 LAN (Wi-Fi) 網や携帯電話網も使用することが出来ないことが多い。そのため、多くのセンサによりきめ細やかな情報収集を行い、防災 / 減災のための一助とすることが出来ていない。加えて、風雨にさらされる耐候性が求められる野外現場において、安価で利用可能な IoT 端末も普及していない。

そこで本研究ではインターネット回線と接続するために衛星や新たな地上ネットワークを利用実証を行う事、また耐候性を持つ安価で利用可能な IoT 端末を開発、現場にて実証することを目的とした。

#### 2. 衛星通信網の利用実証

通常の通信回線が整備されていない山間部等において、市街地と同様の広帯域の通信手段を利用する場合は高コストの整備費用を必要とする。これまでは通信のみならず堅牢で高価な地上観測装置を利用してきたため、設置出来る箇所・個数が限られていた。そのため、万が一の機器不良の場合に比較データが無く、大雨発生時には人手により危険な現場視察を行う必要があり、犠牲者が出る事もあった。そこで本研究では広帯域を諦め、減災活動のために必要最小限の情報量を厳選し送信する狭帯域通信を利用することとして、システム構築を行った。

また山間部での通信インフラのインシャルコスト・ランニングコストの低減を目指し、衛星の利用実証を行った。

従来のシステムでは、地球から遠く離れた静止軌

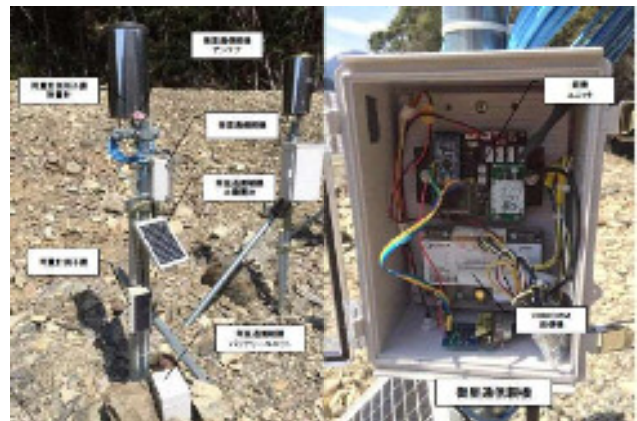


図 1 低軌道衛星を使った場合の機器構成

道 (地球からの距離約 36,000km) 上に位置する通信衛星に対して、大出力で広帯域の通信を実施していた。そのため、送信機には大電力が必要であり、大型の発電機を設置・運営する必要があった。このようなケースでは毎日の給油作業が必要不可欠であり、ランニングコストを高める一因ともなっていた。そこで本研究では低軌道 (地球からの距離数百 km) を周回する衛星を利用する事で通信距離を低減し、30cm 角サイズの太陽電池 + 自動車用の 12V バッテリーのみを使った連続運用に成功した。(図-1)

一方、近年では海外諸国でも IoT に関する関心が高い。そのため静止衛星ではあるが IoT への利用を念頭に置き、衛星側に巨大なアンテナを利用する事で地上側からは低出力で通信が可能なシステムの構築が進んでいる。また低軌道衛星を使った本研究での連続実証試験でも、衛星位置が変わることで通信



図 2 静止衛星を利用した場合の通信機器



のための補足等が出来ない事も一つの原因と考えられるトラブルで、データ転送に欠損が生じることがあった。そこで本研究でも大アンテナを有する静止衛星を利用し、低軌道衛星の場合と同様の電力構成で通信が可能か、確認試験を行い(図-2)、良好な通信環境が得られることを実証することが出来た。

### 3. IoT 端末の開発

衛星を使った低コスト・省電力のシステムでは、現時点では地上送信機は一台ずつ衛星通信のための免許申請が必要で有り、IoT が目指すような多量のセンサネットワーク構築には不向きである。衛星免許が不要となる衛星を利用した IoT システムの構築も進められているが、まだ実用段階には至っていない。そこで本研究では、安価な Wi-Fi 利用可能なワンチップ PC を利用し、衛星通信機の廻りにローカルなネットワークを構築、データを集約して衛星に送信する IoT 端末を開発した(図-3)。

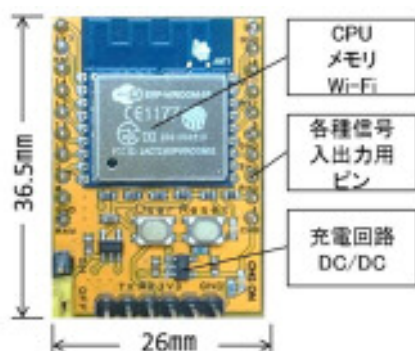


図 5 WiFi 通信機能を搭載した IoT 端末

本端末は従来のインターネットに接続された Wi-Fi 環境でも利用することが出来るため、都市部等でも利用可能である。またセンサーを除いて電源(5×10cm サイズの太陽電池パネルと単三電池サイズの充電電池により連続利用可能)で1万円以下で供給が可能で有り、低コスト化にも成功している。

一方、近年では省電力ではあるが長距離通信が可能である無線通信手段である LoRa を使ったチップも使われるようになってきた。LoRa は見通しが良ければ1~2kmの通信が可能とされており、本件九チームでは成層圏気球に搭載し、100kmを越える双方向通信にも成功している。このような長距離通信を中継機(構造的には他 IoT 端末と同じシステムで利用出来る)を置くことで、山間部からインターネット環境のある市街地まで安価な通信網を構築する事が出来る。そこで本研究では LoRa を搭載したチップを利用した IoT 端末(中継機能にも別に対応させることも可能)の開発を行った(図-4)また河川の水位計、あるいは崖崩れ等が予測される地点で傾



図 4 LoRa 通信機能を搭載した IoT 端末



図 3 水位計ならびに傾斜計設置例

斜計による計測実証を実施した(図-5)。いずれも単体で、見通しにもよるが通信距離は1km程度可能であることが確認出来た。またセンサーをいたコストも2万円以下で供給可能であり、低コスト化にも成功している。また併せて、ローカルなネットワーク上にも計測データを集約させるエッジサーバを置くことにも成功しており、万が一インターネット回線が切断されてもローカルにはセンサ情報を閲覧することが可能である。

### 5. おわりに

本研究で実証された衛星通信網、および IoT 端末を使う事で、従来の遠隔計測機と比べると1/10~1/100程度のコストで計測端末を構築、通信ネットワークを確立することが出来た。またエッジサーバも併せて利用する事で、極めて抗たん性の高い低コストなシステムを構築する事が可能である。今後、多くの現場で利用される事が期待される。

## あがらマップ：まち歩き型の情報収集に 対応した防災マップづくり一貫支援システム

和歌山大学

榎田宗丈・吉野 孝・杉本賢二・江種伸之

### 1. はじめに

まち歩き型の防災マップづくりでは、まち歩き時にはデジタルカメラなどで写真を取りながら地図やノートに情報をメモし、机上での防災マップづくりでまち歩き時の情報を整理して、完成した地図を発表する。防災マップづくりのイベントは時間に限りがあるため、情報を整理する時間が限られる。また、まち歩き時に多くの情報を収集しても、最終的に地図上に載せられる情報が時間的制約や紙地図の領域的制約により限られる。これまでに、WebGISで防災マップづくりを支援するシステムは数多く存在するが、まち歩きによる情報収集、防災マップづくりおよび発表までの、一貫した支援が可能なシステムは提案されていない。そのため、これらのシステムによるまち歩き型の防災マップづくりの効率的な支援は行われていない。

そこで、我々はまち歩き型の情報収集に対応した防災マップづくり一貫支援システム「あがらマップ」を開発している。本研究の目標は、本システムを通して防災マップづくりを行うことで、防災マップづくり参加者の防災意識を向上させることである。

本稿では、まち歩き型の防災マップづくり一貫支援システム「あがらマップ」について示し、実験の結果および考察を示す。

### 2. あがらマップ

#### (1) あがらマップの概要

防災マップづくり一貫支援システムあがらマップの「一貫支援」とは、まち歩きをしながら防災情報を収集し、まち歩き後に防災情報を整理して、避難経路などの情報を追加してまとめて、発表まで行うことを指す。

本システムは、自主防災組織を中心として主催する防災マップづくりのイベントでの利用を想定している。対象地区の公民館など地域の施設を利用するため、20人から30人程度の参加者での利用を想定している。また、まち歩きの範囲は、参加者が1時間で歩ける程度を想定している。この範囲は、防災

マップづくりのイベントの主催者側が、イベント前におおまかな範囲を打ち合わせていることが多い。

#### (2) システム構成

図-1に、あがらマップのシステム構成を示す。本システムは、WebGISの中でもブラウザ上で動作するHTML5およびJavaScriptを使ったWebアプリである。サーバ側は、PHPおよびPostgreSQL(PostGIS)による防災情報サーバとArcGIS Onlineサーバから構成されている。利用者が防災情報を登録すると、防災情報サーバに保存される。Webアプリはブラウザがあれば動作するため、スマートフォン、タブレットおよびPCのどの端末でも動作可能である。

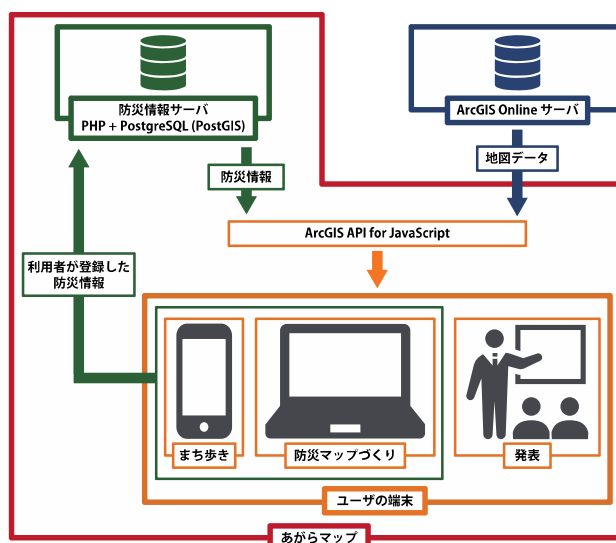


図-1 あがらマップのシステム構成

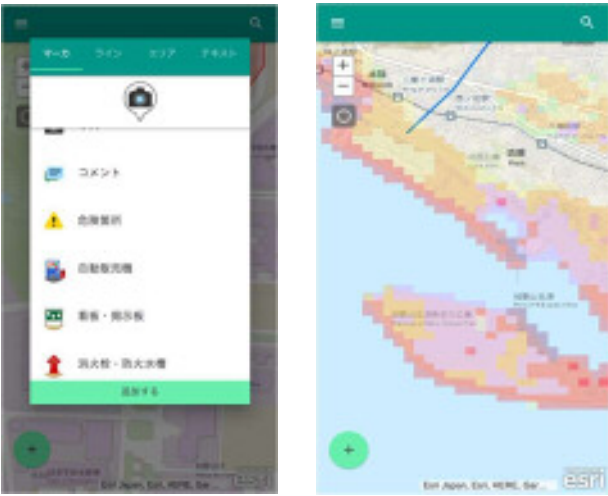
#### (3) あがらマップの機能

図-2に、あがらマップの画面を示す。あがらマップの機能について述べる。

- ・防災情報の登録機能  
登録できる防災情報としては「マーカ」「ライン」「エリア」「テキスト」の4種類がある。
- ・ロコミ機能  
ユーザ自身もしくは他のユーザが登録した防災情報に対して、写真やコメントなどの追加情報を登録できる。

### ・ハザードマップ重畳表示機能

ハザードマップを地図上に重畳表示する機能である。表示可能なハザードマップのレイヤは、南海トラフ巨大地震の津波想定区域や土砂災害警戒区域などがある。



(a) マーカー機能 (b)ハザードマップ重畳機能  
図-2 あがらマップの画面

## 3. 実験

### (1) 実験の目的

実験の目的は、あがらマップを使って防災マップづくりを行い、従来の紙地図を使った防災マップづくりと同様の効果が得られるか、従来の紙地図に対するあがらマップの有効性を確認することである。

### (2) 実験手順

実験は、実際の防災マップづくりの手順に沿って行なった。実験手順を以下に示す。

- ① アドバイザによる説明 (約10分)
- ② 班員での事前打ち合わせ (約10分)
- ③ まち歩きによる情報収集 (約1時間)
- ④ 机上での防災マップづくり (約1時間)
- ⑤ アドバイザおよびガイドによる講評 (約10分)

## 4. 実験結果

### (1) 作成された防災マップ

あがらマップを用いて作成された防災マップを図-3に示す。図-3のように広域表示の状態の場合、多くのマーカーが重なってしまうが、縮尺を変更できるため、マーカーが重なっている場所でも狭域表示にすれば防災情報を閲覧できる。

### (2) アンケート結果

実験終了後にアンケート調査を行なった。アンケート調査の対象者は、実験協力者の学生16名である。紙とシステムとの間の実験結果には大きな違いはなく、システムは紙を用いた場合と同等程度の効果が得られていることがわかった。

### (3) 危険性・安全性への関心の変化

「私は、防災マップづくりを通して、地域の危険性・安全性に関心を持った」という5段階の質問項目において、システム班は中央値5、最頻値5、紙班は中央値4、最頻値4と、両方とも高かった。

システム班の実験協力者は、「マップをつくることを意識したら、散歩しただけだったら気づかないようなところに、意識して気づくことができた。自分の地域でもそういう視点で見たい」と答えていた。紙班の実験協力者は、「災害をイメージしてまちを見るということをしたことがなかったため、こういう場所が危険であるという意識を持つことができた。身の回りでも探してみたい」と答えていた。

システム班および紙班において、実験協力者の防災に対する関心が高まっていることがわかった。



図-3 あがらマップで作成された防災マップ

## 5. おわりに

本稿では、防災マップづくり一貫支援システム「あがらマップ」の開発を行い、実験を行った。

実験の結果、あがらマップは、まち歩きによる情報収集、防災マップづくりおよび発表までの、一貫した支援が可能であり、効率的な作業支援に寄与することを確認した。また、アンケート調査の結果、あがらマップは、従来の紙地図を用いた防災マップづくりと同様に、地域の危険性・安全性に関心を持つことを促し、まちのことをより良く知るといった効果が期待できる。

今後は、あがらマップを用いて、地域の自主防災組織などが主体となって行う防災マップづくりへの適用を行い、継続的な評価を行う。



## 平成 23 年台風 12 号に伴う熊野那智大社裏山の斜面崩壊と土石流の現地踏査による実態調査

和歌山大学

田内裕人・後 誠介・江種伸之

### 1. はじめに

平成 23 年の台風 12 号の到来により和歌山県東牟婁地域的那智川流域では表層崩壊と土石流が多発した。東牟婁地域の土石流の被害箇所については地盤工学会他主催の「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会による調査が行われ、熊野川流域、木ノ川・佐野、那智川流域、色川という 4 地域に分けてその特徴が整理されている。本調査結果では、斜面崩壊と断層、変質帯、地質境界等の地質的脆弱部の関連性が指摘されており、筆者らは、この見解を深めること、委員会の課題として残された崩壊斜面と未崩壊斜面の違いについて検討することを目的に再調査を行うこととした。調査地点としては、熊野那智大社(以下、大社という)～妙法山周辺の溪流を選定した。現地調査の結果をルートマップとして整理した(図-1)。本調査により、斜面崩壊や溪流の現況、断層、層理面、節理面、地質境界等の地質情報のマッピングを行った結果、大社に被害を与えた土石流ならびに大社南側に位置する地すべりブロックについて、幾つかの新しい知見が得られたので報告する。なお、本稿は著者らにより Kansai Geo-Symposium 2017 にて発表した研究成果<sup>1)</sup>をまとめたものである。

### 2. 大社裏山の斜面崩壊・土石流の実態

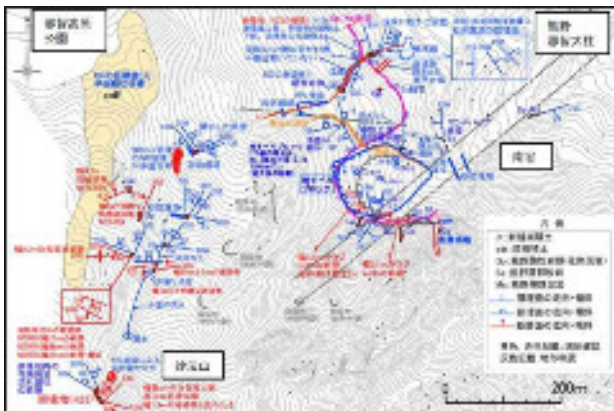


図-1 熊野那智大社裏山 から妙法山のルートマップ：国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所作成の LP 図に作図

平成 23 年の台風 12 号により大社裏の溪流においても土石流が発生し、第五殿に土石が流出したことが報告されている<sup>2)</sup>。本報告は、当該地が神域で立入りに制限があり十分な調査が行えない条件の下での報告であったため、本調査では、社殿直上の溪流について詳細調査を実施することとした。

#### (1)熊野那智大社裏山の現地踏査結果

大社裏山のルートマップと地質断面図を図-2(a)(b)に示す。大社裏山の土石流が発生した溪流は、流末はふとん籠工による対策が講じられ、その直上には兩岸に泥岩露頭が確認できる。泥岩は、概ね新鮮から弱風化した状態で分布しており、泥岩ダイアピルが貫入した箇所が見られる。層理面の走向は、概ね北-南であるが、傾斜は西落ち、東落ちの両者が見られる。その直上流に平成 23 年台風 12 号による崩壊と考えられる高さ 2m の滑落崖(崖 a)が確認された。滑落崖はやや締まった崩積土で構成されている。滑落崖の上流側は、溪床に花崗斑岩の巨礫が散在する。これらは苔が付着しており、近年の動きはないものと推察される。また、溪床の 2 箇所では花崗斑岩が露出する過去の斜面崩壊跡と考えられる崖を確認した。下流側は低い崖(崖 b)、上流側は 9m の高い崖(崖 c)が形成されている。高い崖の上流側は、緩傾斜地が上流側の砂防堰堤まで連続している。現在の主流路は、大社南側斜面の地すべり地の水路工に向かう、土堤で導かれる流路(b)である。大社に向かう流路はないが、緩傾斜地にガリ浸食跡が認められる。ガリ浸食跡は LP 図においても数本確認できる。豪雨時には、主流路のみでなく緩傾斜地を多量の雨水が流れ、流路(a)に至っていることが考えられる。

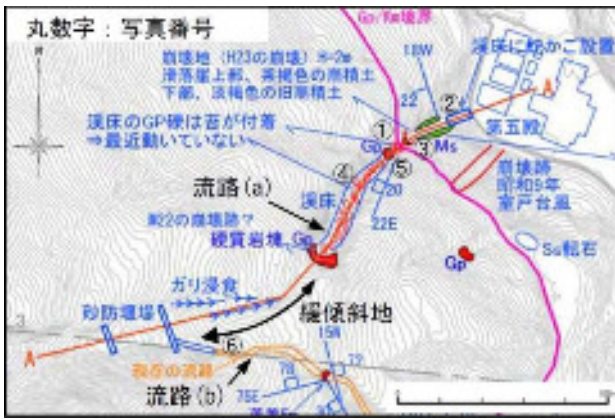


図-2 a) 大社裏山のルートマップ

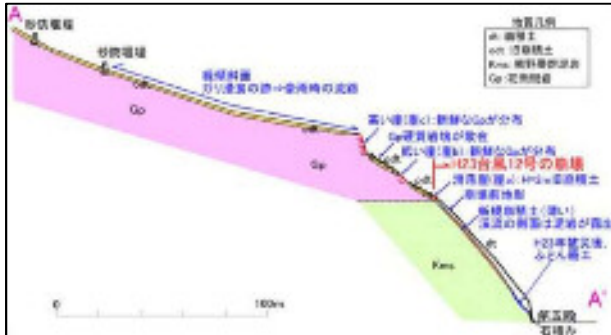


図-2 b) 大社裏山の地質断面図

## (2) 溪床の現況と大社の防災に向けた課題

溪床の堆積物の状況から、滑落崖(崖 a)より上流側は平成 23 年台風 12 号時に土砂の移動は小さく、滑落崖(崖 a)より下流側の土石が大社に流出したものと考える。また、溪床の地質分布状況から、滑落崖付近に花崗斑岩と熊野層群の境界があるものと考えられる。溪床の状況と大社の防災に向けた今後の課題は以下のように整理される(図-3)。

- ①不安定な旧崩積土(odt)が溪流に残存。  
 豪雨時の再移動の可能性がある、もしくは可能性が高い土砂である。特に、H23年豪雨の滑落崖(崖 a)の背面は、旧崩積土(odt)の末端が浸食された形状にあり、再活動しやすい。また、溪流には花崗斑岩の巨礫が散在している。
- ②割れ目の多い花崗斑岩(Gp)露頭の分布(崖 b, 崖 c)。  
 豪雨時に割れ目に沿う岩盤崩壊が発生する可能性がある。
- ③大社裏の溪流対策がふとん籠工のみである。  
 土石流が再発した場合に、大社への流出を止めることができない。土石流の勢い次第では、建物を直撃する恐れもある。  
 今後、平成 23 年台風第 12 号と同等の豪雨に見舞われた場合、平成 23 年と同等かそれ以上の被害を受ける可能性があるため、土石流対策を講じる必要があると考える。対策としては、土石流出対策としての谷止工の建設、発生源対策としての崖のロープネット工や巨礫の除去工が有効と考える。山頂付近

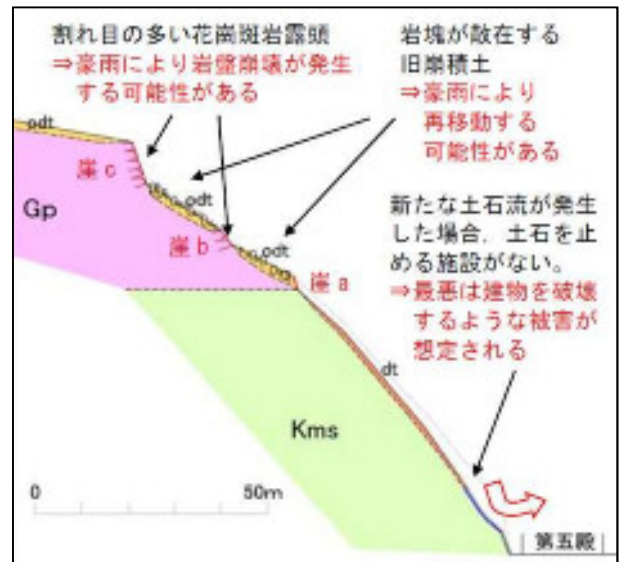


図-3 熊野那智大社の防災に向けた課題

からの溪流の雨水は常時、地すべり側溝に向かうが、豪雨時は大社裏の溪流に多量の雨水が流れている可能性が高い。現在の流路は簡易的な土堤で構築されたものであり、この改築も対策のひとつと考える。

## 3. 熊野那智大社南斜面の地すべり地

大社南側斜面の地すべり地は、那智山南谷地区地すべりとして和歌山県の東牟婁振興局林務課の管理で、昭和 43 年から平成 26 年まで継続的に対策工が行われている。現地では、地すべりブロック東端の水路工、5 基の集水井工、末端のグラウンドアンカー工が確認できる。

### (1) 地すべり地周辺の現地踏査結果

地すべりは花崗斑岩と熊野層群の境界付近の流れ盤状の泥岩が素因とされている。図-4 に示す地すべり頭部の Bor.BV-6 孔では地すべり土塊下位の基礎岩盤として、熊野層群の泥岩が確認されている。地すべりブロック内は、全体に湿潤で湧水箇所も確認できる。昭和 54 年～56 年には 5 基の集水井工が設置され、平成 16 年には排水ボーリング工も行われている。地すべりブロック南西端付近では、砂岩露頭が確認された。露頭には 2 状の断層が確認された。これらは地すべりの南西側縁辺部から地すべりブロック内に伸びる走向・傾斜を持つ。層理面の走向・傾斜は、断層を挟み変化が見られるが、南～南東への緩傾斜であり、南谷左岸側斜面に対しては、低角度の流れ盤状を呈する。地すべりブロックには、末端部の移動土塊を抑止する目的でグラウンドアンカー工が施工されているが、大半が引き抜け破断等の損傷が著しく、受圧構造物にも変形が見られる。また、No.2 集水井には、最下部の GL-9.7m(地表からの目視確認)に変形が見られた。集水井工はすべり面よりも上位に設置することが基本であることから、



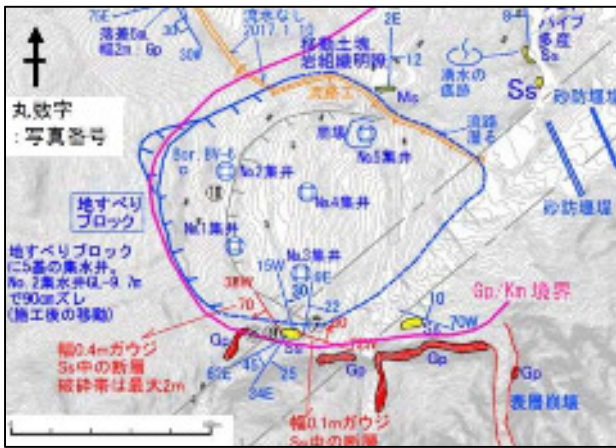


図-4 地すべり地周辺のルートマップ

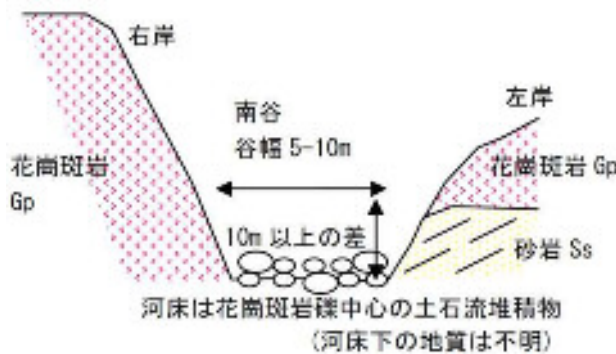


図-5 断層が想定される南谷の模式横断面

施工後に想定すべり面より上部が活動したものと考えられる。また、ブロックの北東側中腹部に、LP図にも現れている新しい斜面崩壊跡が確認された(図-4中のNo.5集井の山側)。

## (2)地すべり地の現況と課題

南谷地区の地すべりは、対策工施工後も活動が継続している。集水井工の変形やグラウンドアンカー工の損傷は、豪雨による多量の地下水の供給により地すべり土塊内の間隙水圧が想定以上に急上昇したことで発生したものと考えられる。近年の豪雨としては、平成23年の台風12号が挙げられ、この時には特に地すべり活動が活発化したものと推察される。当該地すべりは溪流の直近斜面に位置しており、万が一崩壊した場合には、溪流を埋設する天然ダムが形成され、さらに巨大な土石流を誘発する恐れがある。グラウンドアンカー工については、近年、1988年に改訂された「グラウンドアンカー設計・施工基準(JGS:D1-88)」以前に施工された旧タイプアンカーの腐食が問題視されている。これらは二重防食が施されていないため鋼材が地下水や空気に触れて錆びやすく、アンカー一体が破断する事象が顕在化している。当該地すべりのグラウンドアンカー工は旧タイプで施工されており、腐食に加え豪雨による間隙水圧の急上昇という想定外の外力が生じたことが損傷

の要因と考えられることから、再調査を行い適切な安定性評価と対策工の検討を行うことが望まれる。地すべり地の地質に目を向けると、地すべり発生の素因としては流れ盤状の堆積岩類の存在に加え、地すべり縁辺に伸びる断層の存在が関連している可能性がある。

## 4.おわりに

本研究では、熊野那智大社周辺の現地踏査を行い、斜面崩壊や溪流の実態、地質分布と地質構造等の地質情報を確認した。その結果、大社を被災させた土石流及び大社南側の地すべりブロックの実態に関する新しい知見を得ることができ、当該溪流と地すべりブロックの今後の防災に向けた課題が抽出された。また、南谷に規模の大きい断層が存在し、想定断層上の斜面に崩壊地や土石流溪流が存在していることが判明した。南谷の断層の想定根拠は、2条のリニアメント、その延長上にあたる妙法山の断層露頭、図-5に示す砂岩の層理面の走向・傾斜の乱れや谷を挟んで極端に変化する地質分布である。妙法山では想定断層の通過位置で崩壊が発生しており、この西延長は、色川地域の土石流発生溪流に連続している。色川地域で土石流の調査で確認した土石流の源頭には例外なく断層、変質帯が存在している等、当該地域の斜面崩壊機構に断層や変質帯が関与していることが分かり始めており、今後は、現地踏査結果とリニアメント等の地形判読を組み合わせた検討を進め、斜面崩壊の発生メカニズムの推定の精度向上に努めたい。

## 謝辞

現地調査では、熊野那智大社の井戸大輔様ほか職員の皆様にご同行いただきました。ここに記して感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 矢野晴彦ほか：平成23年台風12号に伴う熊野那智大社裏山の斜面崩壊・土石流の実態, Kansai Geo-Symposium 2017, pp.250-253, 2017.
- 2) 地盤工学会関西支部・日本応用地質学会関西支部・関西地質調査業協会・中部地質調査業協会：「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会報告書, pp.272-274, 2015.
- 3) 矢野晴彦・泉並良二・後誠介・江種伸之：平成23年台風12号による那智勝浦町色川地域における土石流災害, 第48回地盤工学会発表会, pp.2091-2092, 2013.



## 南紀熊野ジオパークにおける防災ジオツアーの展開

和歌山大学

本塚智貴

### 1. はじめに

和歌山大学の防災プロジェクトでは防災教育への参加のハードルを下げる試みとして“防災情報の観光利用”の可能性を探っており、地域特性と持続性を意識した防災教育の一手法として防災ジオツアーを提案している<sup>1)</sup>。これまで、和歌山大学防災研究教育センター（平成28年4月からは和歌山大学災害科学教育研究センター）と国土交通省近畿地方整備局の主催で、「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会（地盤工学会，日本応用地質学会，関西地質調査業協会，中部地質調査業協会合同研究委員会）の調査研究により得られた成果等を地元住民に還元することを目的としたワダイの防災ジオツアーによる実証研究を平成27年度から継続的に実施している。

本稿では、和歌山大学観光学部学生へのアンケート調査から、ワダイの防災ジオツアーの取り組みの展開可能性と今後の課題について整理する。

### 2. ワダイの防災ジオツアーの取組

和歌山大学災害科学教育研究センター（以下、センター）では、和歌山大学の略称である「和大」と「話題」の2つの意味をこめてセンターが主催する防災ジオツアーの実証研究モニターツアーを「ワダイの防災ジオツアー」と命名した。大学・研究機関が提案し、高度知識の地域還元を目的とした「教育

防災ジオツアー」と大学・研究機関から得られた知識を利用して、ジオパークガイドが主導する地域特性を活かした防災教育を目的とした「地域密着型防災ジオツアー」の2段階の防災ジオツアー(図-1)によって防災につながる知識の地域定着を提案している。

#### (1) 第一回ワダイの防災ジオツアー アルコラ太地

古式捕鯨発祥の地といわれている和歌山県太地町を舞台に、「捕鯨文化」と「防災」を日本でも珍しいペンキ塗り民家の立ち並ぶまちなみを通じて学ぶツアー。

日時：平成27年6月13日（土）13:00-15:45

開催地：太地町

参加人数：28人

ツアータイプ：大学・研究機関提案型

移動手段：徒歩

距離：約1.5km

主な見学地：東の浜，和田の岩門（ジオサイト），ペンキ塗り民家のまちなみ，波切神社，太地小学校，水産共同組合，恵比寿神社，幸助屋

#### (2) 第二回ワダイの防災ジオツアー 防災ジオツアー—自然の恩恵・脅威と備え，その土地の暮らしの軌跡を知る—

平成23年9月の台風12号によって大きな被害を受けた那智勝浦町において、自然の脅威だけでなくその恩恵や脅威への備えについても同時に学ぶことで、災害や地域の歴史を正しく理解し、今後の地域防災について考えるジオツアー。

日時：平成27年12月12日（土）10:00-15:30

開催地：那智勝浦町

参加人数：30人

ツアータイプ：大学・研究機関提案型

移動手段：バス，徒歩

距離：約24km

主な見学地：井関の紀伊半島大水害記念碑，金山谷の土砂災害現場，那智の滝（ジオサイト），尻剣谷製錬所跡（ジオサイト），尻剣谷第1・第2堰堤

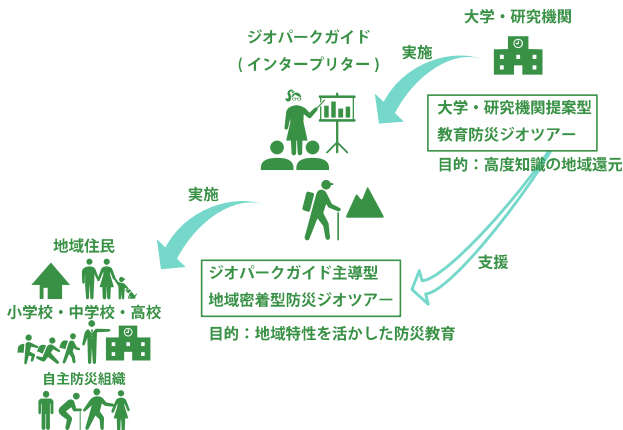


図-1 2段階の防災ジオツアーによる防災教育の展開

### (3) 第三回ワダイの防災ジオツアー 防災ジオツアー イシ・イジ 石・意志・遺史・維持-

「イシ (石・意志・遺史)」と「イジ (維持)」をテーマとし、地域における自然の恩恵と脅威やその備えについて正しく理解し、今後の地域防災について考えるジオツアー。

日時：平成 28 年 12 月 10 日 (日) 10:00-15:30

開催地：那智勝浦町

参加人数：22 人

ツアータイプ：大学・研究機関提案型

移動手段：バス、徒歩

距離：約 20km

主な見学地：井関の紀伊半島大水害記念碑、金山谷の土砂災害現場、金山谷二号堰堤と溪流保全工、鳴子谷棚田跡、鳴子谷堰堤、那智の滝 (ジオサイト)

### (4) 第四回ワダイの防災ジオツアー 色川の防災ジオツアー イシ・イジ 石・意志・遺史・維持-

第三回ワダイの防災ジオツアーと同様に「イシ (石・意志・遺史)」と「イジ (維持)」をテーマとして、平家の落ち武者伝説の残る那智勝浦町色川集落を舞台として、集落生魅力と自然災害の経験について学ぶジオツアー。

日時：平成 29 年 3 月 4 日 (土) 10:00-16:30

開催地：那智勝浦町

参加人数：23 人

ツアータイプ：ジオパークガイド主導型

移動手段：バス、徒歩

距離：約 35km

主な見学地：和歌山県土砂災害啓発センター、赤畠谷堰堤、口色川会館、色川の土石流犠牲者供養岩 (ジオサイト)

## 3. 和歌山大学観光学部学生による評価

ワダイの防災ジオツアーを評価するために、和歌山大学観光学部の学生 48 名 (男性 17 名、女性 31 名) に対して、前章までの内容について解説した上で、1)防災ジオツアーを成立させるために妥当だと思われるツアー料金、2)20 代、30 代の参加者を呼び込むためにはどのような工夫・仕掛けが必要か、3)防災ジオツアーについて広報する場合、「防災」を主軸とした広報をすべきか、それともその他の要素 (地域の歴史や自然環境など) を主軸とし、「防災」は主催者のねらいにとどめるべきか、4)防災ジオツアーに参加してみたいと思ったかの 4 点に関する記述式のアンケート調査を実施した。

### (1) 防災ジオツアーを成立させるための妥当な料金

表-1 は、和歌山大学観光学部学生の考える防災ジオツアーを成立させるために妥当と思われる金額を示している。全体平均は 5,644 円となっている。最高は 15,000 円で最低は 2,500 円となっており、実際の参加者の平均よりは高くなっている。この背景としては、観光を学んでいる学生の回答であり、ガイドの専門性や災害現場といった危険な場所への立ち入りを考えると安全性を確保するためにも安価にすべきではないといった意見があった。

一方で、「色々なツアーがあり無料ガイドも多い中で高額なツアーでは納得されない」といった意見や、「京都を散策するツアーが 6,000 円ぐらいだったので同じくらい、またはそれ以上になってしまうと楽しい観光ツアーよりもあえて高い料金を払い防災ツアーに参加したいと考える人は少ない」など他のツアーとの比較から価格を検討する意見もあった。男女別で見ると、男性の平均が 4,882 円、女性の平均が 6,062 円と女性の方が 1,000 円以上金額を高く設定していることも分かった。

表-1 防災ジオツアーを成立させるための妥当な料金

平均(全体)	5644
平均(男性)	4882
平均(女性)	6062

### (2) 20 代、30 代の参加者を呼び込むための工夫・仕掛け

ワダイの防災ジオツアーでは若い世代の参加が少ないといった課題が顕在化している。学生からは、SNS を使った広報において「若者の感想を前面にだす」、「おしゃれさや写真映えを意識した広報をする」、「アクティブ要素を取り入れる」といった参加者の興味を引くアイデアが集まった。また、「必要性を印象付ける (自分のことと思わせる)」といった自発的な意識を喚起するといった意見や、「学校の授業の一環にする」、「親子イベントとする」といった意見もあった。

### (3) 防災ジオツアーの広報に関して

表-2 は、防災ジオツアーについて広報する際に「防災」と「自然・歴史」のどちらに重点をおくべきかを示している。

「防災」を主軸とすべきとしては、「防災ジオツアー」という名目でツアーを開催しているのに、その他の歴史や自然環境を売りにしてもあまり集客を見込めないと思うからです。震災等で防災意識の重要性

表-2 防災ジオツアーの広報の際に重点をおくポイント

平均(防災)	5120
平均(どちらでも)	7875
平均(自然・文化)	5536

を改めて強く認識した今でこそ、やる意味のあるツアーが防災ジオツアーであると思います。」「自然の脅威や実際に被害を受けた！人の意見を防災の視点から聞き、自身も同じ状況になった時の対処法などを身につけておくべきだと考える。」「はっきりとした目的意識でコンセプトを広報する段階で隠してしまうと次第に軸がぶれてきてしまうのではないのでしょうか。また、参加者側も参加するにあたっての目的意識を明確にしたいと考えていると思います。」といった意見があった。

「地域の歴史・自然環境」を主軸とすべきとしては、「防災について知ってもらうためには、その地域のことを知ることで、なぜ防災が必要なのかのかわかり、防災に行動を移す際にも理解が伴っていた方が効果的だと考えるからである。」「地域の歴史が主軸でその流れの中で自然環境の変化とおこった災害について伝える広報をすべきではないかと考える。その地域でおこったことをリアルに伝えて防災を自然に意識してもらえないか。防災以外の点から興味を持ってもらい、最終的に防災という意図があることを感じてもらうことが大切であると考え、人の興味はそれぞれであるため、多くの人の興味にふれるほうが良いと思う。」「防災は主催者のねらいにとどめておくべきだと考える。防災をメインに経験し、対策したい人々ならば、ツアーなどに参加せずに自らアクションを起こしたり、地域の防災訓練に積極的に参加したりすると思われるため、観光・ツアーとなると防災より非日常体験がメインとなるため。」といった意見があった。防災ジオツアーの取り組みを非常に好意的に読み解き、発展可能性についての提案が含まれた意見が多く、批判的な意見は少なかった。

#### (4) 防災ジオツアーへの参加

表-3 は、防災ジオツアーに参加意向について示している。ワダイの防災ジオツアーの実績からは、20代の学生の反応として不参加が多くなることが予想されたが、アンケートからは参加が不参加を2倍ほど上回っていた。「参加したい」と回答した意見としては、「参加したいと思いました。普通のいわゆる“旅行”のような楽しいものとはまた違ったものを自分の身を持って体感できるのが“防災ジオツアー”だ

表-3 防災ジオツアーに参加したいかどうか

	男性	女性	合計
参加	12	21	33
不参加	5	10	15

と思うからです。」「自分の知識を増やすといった形で教育の一環としては参加してみたいです。リスクマネジメントなどと関連がありそうなので興味がわきました。しかし、一般としてツアーとして参加するにはイメージが堅すぎるなあと思いました。」「ツアーというと楽しいもの、娯楽というイメージが強かったですが、防災ジオツアーは参加しなければ学べない価値というのを感じ、学びにお金をかけることも重要だと思ったからです。」「これは面白そうという風に思ったからではなくて、ガイドというものに私が興味をもっているので経験のために参加したいと思いました。」といった意見があった。一方で「なんで私がわざわざ行かなければならないんだろうという感情が湧いてしまっ行って行く気にはならない。」「防災ツアーよりも他の楽しそうなツアーに参加してみたいと思うからです。」といった正直な感想も寄せられた。

## 4. おわりに

本稿では、和歌山大学観光学部学生へのアンケート調査からワダイの防災ジオツアーの取り組みの展開可能性と今後の課題について整理した。

若い世代の参加が少ないといった取組に対する課題に対して、観光を学ぶ学生視点から前向きな提案が集められたとともに、和歌山大学内での広報不足といった課題も顕在化した。

今後は、観光学部学生の意見を反映し、企画も含めた和歌山大学生への参画を意識して取り組みを進めていくことが必要である。

#### 参考文献

- 1) 本塚智貴, 江種伸之, 後誠介: 防災ジオツアーによる地域振興支援の取り組み, 和歌山大学防災研究教育センター紀要, Vol.1, pp.29-34, 2015.



### 3. 学会活動

#### 3.1 学会誌掲載

タイトル	執筆者（連盟含む）	雑誌名	巻号	論文種別	発行年月
ラフ集合による深層崩壊発生の重要要因と発生・非発生条件の抽出	海原荘一、木下篤彦、今森直紀、竹本大昭・只熊典子	砂防学会誌	Vol.70 No.1	論文	2017.5
土石流災害における土砂の到達範囲及び氾濫開始点の地形的特徴に関する近年の事例分析	蒲原潤一、内田太郎、田中健貴、松原智生、池田幸太郎、戸館光	砂防学会誌	Vol.70 No.1	論文	2017.5
タンクモデルにより求まるタンクからの流出量が流域からの表層崩壊・土石流に伴う土砂移動量に及ぼす影響	木下篤彦	河川技術論文集	Vol.23	論文	2017.6
斜面の変形地形や湧水の電気伝導度に着目した深層崩壊発生危険斜面の危険度評価に関する研究	森加代子	河川技術論文集	Vol.23	論文	2017.6
空中電磁探査による比抵抗の分布に着目した深層崩壊発生危険斜面の抽出技術の開発	田中健貴	河川技術論文集	Vol.23	論文	2017.6
濁度成分の量と粒径に着目した流域内の崩壊監視手法に関する研究	筒井和男	河川技術論文集	Vol.23	論文	2017.6
L P差分データとレーダー雨量データを用いた土石流の流出土砂量を規定する降雨指標に関する考察	工藤司、内田太郎、松本直樹、桜井巨	砂防学会誌	Vol.70 No.3	論文	2017.9
斜面土層内の水みちが土層内の間隙水圧へ与える影響に関する実験的研究	田中健貴、内田太郎、桜井巨、長井斎、笹山隆、戸館光	砂防学会誌	Vol.70 No.4	論文	2017.1
平成23年台風12号に伴う熊野那智大社裏山の斜面崩壊・土石流の実態	矢野晴彦、辻野裕之、谷垣勝久、石田優子、後誠介、田内裕人、本塚智貴、江種伸之	Kansai Geo-Symposium 2017 論文集		論文	2017.1
災害時における非常時通信のための偽色発生を抑制する非同期CSK方式の提案	塚田晃司、岡崎匡紀	情報処理学会論文誌	Vol.59 No.1	論文	2018.1
山地河川における土砂流出特性の支配要因に関する一考察	木村詩穂、内田太郎、田中健貴、井内拓馬、桜井巨	砂防学会誌	Vol.70 No.6	報告	2018.3
まち歩き型の情報収集に対応した防災マップづくりー貫支援システムの提案	榎田宗丈、福島拓、吉野孝、杉本賢二、江種伸之	情報処理学会論文誌	Vol.59 No.3	論文	2018.3

### 3.2 学会発表

	発表題目	発表者等	発表会名	発表年月
1	タンクからの流出量が浸透過程及び土砂移動に及ぼす影響	木下篤彦、野池耕平、篠原仙充、荒木義則、杉原成満	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
2	空中電磁探査による比抵抗値に着目した深層崩壊危険斜面の抽出技術の開発	田中健貴、吉村元吾、今森直紀、木下篤彦、森加代子、林幸一郎、小川内良人、横山修、河戸克志	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
3	コアストーンを含む斜面表層における土層厚探査について	江本聡志、小野山祐治、島田徹、吉村元吾、今森直紀、田中健貴、筒井和男、西岡恒志、福田和寿、木下篤彦、野池耕平	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
4	深層崩壊箇所背後に残存する不安定斜面の挙動解析事例	小松慎二、吉村元吾、今森直樹、吉村光司、松永正明、小杉賢一朗、村重直邦	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
5	濁質成分の量と粒径に着目した流域内の崩壊監視手法に関する研究	筒井和男、坂口武弘、西岡恒志、福田和寿、山田真悟、島田徹、渡辺隆吉、田中健貴、木下篤彦	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
6	砂防ソイルセメント流動タイプの砂防堰堤への活動事例について	山口聖勝、飯塚幸司、吉村元吾、今森直紀、嶋丈示、水山高久	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
7	那智川流域における観測機器を用いた土砂流出状況の把握	吉村元吾、今森直紀、田中健貴、木下篤彦、坂口武弘、西岡恒志、筒井和男、福田和寿、島田徹、渡辺隆吉	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
8	深層崩壊発生斜面における地下水の挙動の特徴	加藤智久、小杉賢一朗、吉村元吾、今森直紀、吉村光司、松永正明、東原純、宇都秀幸、	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
9	紀伊山地における重力変形斜面と水文・水質特性の関連性について	小川内良人、今森直紀、田中健貴、木下篤彦、林幸一郎、森加代子、高原晃宙、横山修	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
10	奈良県十津川流域における明治22年8月の土砂災害についての考察	永田雅一、今森直紀、田中健貴、井上公夫、中根和彦、今村隆正	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
11	花崗斑岩斜面における簡易貫入試験と電気探査を併用した土層厚調査手法について	小野山祐治、江本聡志、島田徹、今森直紀、田中健貴、木下篤彦、野池耕平、筒井和男、西岡恒志、福田和寿	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
12	和歌山県那智川流域における斜面崩壊面積と土石流規模の推定	笠井美青、柳井一希	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
13	高精度地形データを用いた深層崩壊斜面の地形特性について	染谷哲久、吉村光司、今森直紀、田中健貴、船越和也、岡野和行、井之本信	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
14	亀裂の水理特性に着目した深層崩壊メカニズムへのアプローチ(その2)-和歌山県熊野地区を事例に-	中野英樹、藤原康生、塩飽悠馬、小杉賢一朗、吉村元吾、今森直紀、吉村光司、松永正明	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
15	有田川上流域における昭和28年災害の土砂災害分布について	河南良男、吉村元吾、今森直紀、田中健貴、千東圭央、井上公夫、永田雅一、中根和彦、今村隆正	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
16	岩盤クリープ斜面を構成する岩石からのイオン溶出特性	森加代子、林幸一郎、木下篤彦、水野秀明、今森直紀、田中健貴、小川内良人	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5

	発表題目	発表者等	発表会名	発表年月
17	データマイニングを用いた2011年9月4日那智川流域における土砂災害発生に係わる重要因子の把握	坂口武弘、西岡恒志、筒井和男、福田和寿、木下篤彦、田中健貴、海原壯一、只熊典子、村岡諭	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
18	土砂災害時の消防機関の行動パターンに着目した最適な避難誘導に関する研究	森川智、筒井和男、福田和寿、小脇邦雄、坂口武弘、西岡恒志、田中健貴、木下篤彦	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
19	深層崩壊の発生予測に資する雨量指標の評価および改良に関する研究	千野佑輝、小杉賢一朗、吉村元吾、今森直紀、田中健貴	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
20	花崗斑岩巨礫の上に成林したスギ林の根系分布調査の試み	福田和寿、坂口武弘、西岡恒志、筒井和男、大野亮一、田中健貴、木下篤彦	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
21	電気探査による比抵抗分布および微分フィルタを用いた土層厚推定手法の検討	奥村稔、野池耕平、林幸一郎、木下篤彦、篠原仙充、田中健貴、今森直紀、河戸克志、山口浩司、荒木義則	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
22	降雨後のECの変化に着目した深層崩壊危険斜面の抽出方法に関する研究	西岡恒志、坂口武弘、筒井和男、福田和寿、木下篤彦、森加代子、高原晃宙、田中健貴	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
23	紀伊山地における各流域ごとの土砂の偏在および河道形状把握の試み	今森直紀、吉村元吾、田中健貴	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
24	大規模土砂移動発生時の地盤振動の特徴と土砂移動形態の関係	海原壯一、木下篤彦、山路広明、廣瀬昌弘、只熊典子、浅原裕	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
25	熊野川における平成23年台風12豪雨の土砂移動実態（続報）	本多泰章、吉村元吾、今森直紀、田中健貴、宮瀬将之、垣本毅	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
26	那智川流域における地下水位観測について-荒廃渓流内の地下水位と降雨、流出の応答-	笠原拓造、吉村元吾、今森直紀、田中健貴、筒井和男、西岡恒志、福田和寿、木下篤彦、島田徹、堀大一郎	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
27	降雨特性の違いが土砂流出特性に与える影響について	高原晃宙、木下篤彦、野池耕平、水野秀明	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
28	昭和28年有田川水害のクロノロジーと体験者証言から考察する今後の土砂災害対策	久保田昭文、西岡恒志、坂口武弘、筒井和男、福田和寿、田中健貴、木下篤彦、後誠介、田内裕人、江種伸之、小迫拓宏	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5
29	紀伊半島大水害から5年間の那智勝浦町における地域防災力向上のための取組	千東圭央、汐崎由香、橋本典幸、楠本定、西岡恒志、坂口武弘、筒井和男、福田和寿、田中健貴、木下篤彦	平成29年度砂防学会研究発表会	2017.5



### (1) 砂防学会研究発表会

奈良県奈良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 29 年 5 月 24 日（水）～26 日（金）

会 場：奈良春日野国際フォーラム（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、土木研究所、北海道大学、三重大学、京都大学

### (2) 日本地球惑星科学連合大会 2017 年大会

千葉県千葉市で開催された日本地球惑星科学連合大会 2017 年大会に参加し、研究発表を行った。

期 間：平成 29 年 5 月 21 日（日）～25 日（木）

会 場：幕張メッセ国際会議場（千葉市）

参加機関：近畿地方整備局

### (3) 第 57 回治山研究発表会

東京都渋谷区で開催された第 57 回治山研究発表会に参加し、研究発表を行った。

期 間：平成 29 年 9 月 20 日（水）～21 日（木）

会 場：国立オリンピック記念青少年総合センター（渋谷区）

参加機関：和歌山県、近畿地方整備局

## 4. 広報・啓発活動

---

### 4.1 イベント

#### (1) ワダイの防災カフェ

広川町会場、和歌山市会場、田辺市会場、那智勝浦町会場の4会場において、「防災教育」「自主防災組織」「避難支援システム」「防災情報」「豪雨・地震災害事例」等をテーマとし、防災分野の専門家と一般市民が飲み物を片手に気軽に語り合う、防災カフェを開催した。

テーマ：①防災教育「皆さんの地域ではどのような災害リスクがあるかな  
～これからの災害への備えについて考えよう～」

②、⑧：自主防災組織「防災によるコミュニティづくり」

③、⑤：豪雨による土砂災害「紀伊半島大水害の経験から備える」

④、⑩：防災情報(ラジオ)「発災後、被災地で如何に情報を共有するか  
～Old Media のラジオを見直す～」

⑥：地震災害「南海トラフ巨大地震」

⑦：防災支援システム「情報通信技術を用いた防災支援システム」

⑨：豪雨災害「新たな切り口で紀伊半島大水害を分析する」

開催日・会場：

<広川町会場> 稲むらの火の館

①平成29年7月22日(土)

<和歌山市会場> 和歌山県民文化会館

②平成29年8月1日(火)、③9月5日(火)、④10月3日(火)

<田辺市会場> 田辺市消防本部

⑤平成29年10月14日(土)、⑥11月11日(土)、⑦12月2日(土)

<那智勝浦町会場> 和歌山県土砂災害啓発センター

⑧平成29年11月11日(土)、⑨12月9日(土)、⑩平成30年2月3日(土)

主催：和歌山大学災害科学教育研究センター、国土交通省近畿地方整備局

後援：和歌山県、田辺市(田辺市会場)、稲むらの火の館(広川町会場)

参加機関：和歌山大学、国土交通省近畿地方整備局、和歌山県

参加者：約210名(全回合計)

## (2) 防災ジオツアー企画 WS

那智勝浦町において、和歌山県土砂災害啓発センター利用者向けの防災ジオツアーを実施する際の知識と企画運営技術の共有を目的としたワークショップを実施した。

日 時：平成 29 年 12 月 9 日（土）

会 場：和歌山県土砂災害啓発センター

主 催：和歌山大学災害科学教育研究センター

参加機関：和歌山大学

参加者：12 名

## (3) ワダイの防災ジオツアー

田辺市および新宮市において、防災対策や過去の土砂災害痕跡などを見学する防災ジオツアーを実施した。

テ ー マ：みだれた地形がおりなす地景

日 時：平成 30 年 3 月 17 日（土）

会 場：和歌山県田辺市、新宮市

主 催：和歌山大学災害科学教育研究センター、国土交通省近畿地方整備局、

参加機関：和歌山大学、国土交通省近畿地方整備局、和歌山県、田辺市、新宮市、

和歌山県教育委員会、南紀熊野ジオパーク推進協議会、南紀熊野ジオパーク  
ガイドの会

参加者：約 30 名



## 4.2 講演

### (1) 大規模土砂災害対策技術センター主催シンポジウム「改めて土砂災害を知り、備える」

那智川流域において土砂災害が発生してから6年経過したのを契機として、地域住民のみなさまに改めて土砂災害について知ってもらい、備えてもらうことを目的にシンポジウムを開催した。

日 時：平成29年9月9日（土）  
会 場：那智勝浦町体育文化会館（和歌山県那智勝浦町）  
主 催：近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター  
参加機関：近畿地方整備局、和歌山県、那智勝浦町  
参加者：約200名

### (2) 地域講演会「考える、土砂災害」

那智勝浦町において、「歴史から学び改めて土砂災害について考える」をテーマに、地域住民が土砂災害についての知識を深め、安全迅速な避難につなげることを目指す講演会を開催した。

日 時：平成29年10月7日（土）  
会 場：有田川町金屋文化保健センター（和歌山県有田川町）  
主 催：和歌山県  
参加機関：和歌山県、近畿地方整備局、有田川町  
参加者：約120名

日 時：平成30年2月3日（土）  
会 場：かつらぎ体育文化会館（和歌山県かつらぎ町）  
主 催：和歌山県  
参加機関：和歌山県、近畿地方整備局、かつらぎ町  
参加者：約200名

## 4.3 啓発活動

### (1) 防災教育への取組

土砂災害に関する防災教育への取組として、那智勝浦町において、那智勝浦町市野々小学校の小学校5年生、6年生を対象に、大型実験模型を用いた土砂災害の形態や砂防堰堤の効果などについての説明などを実施した。

日 時：平成30年1月12日（金）、19日（金）  
会 場：那智勝浦町立太田小学校、和歌山県土砂災害啓発センター（和歌山県那智勝浦町）

## 5. 研修活動

---

### 5.1 一般向け研修

#### (1) 土砂災害対策に関する研修会①

赤谷地区（奈良県五條市）において、JICA（独立行政法人 国際協力機構）が実施する研修における現地視察を実施した。

日 時：平成 29 年 8 月 15 日

場 所：赤谷地区（奈良県五條市）

参加者：カンボジア、チリ、メキシコ、ミャンマー、ネパール、サモア 6カ国、紀伊山系砂防事務所

#### (2) 土砂災害対策に関する研修会②

赤谷地区（奈良県五條市）において、新たな無人化施工技術の実証評価実験が紀伊山系砂防事務所のフィールド提供のもと実施された。

日 時：平成 29 年 12 月 8 日

場 所：赤谷地区現場（奈良県五條市）

実施機関：次世代無人化施工技術研究組合（UC-Tec）

参加者：近畿地方整備局企画部施工企画課、河川部河川工事課  
紀伊山系砂防事務所 他

### 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

研修実績：キャンプ砂防（参加人数 6名）

・・・平成 29 年 8 月 23 日～25 日

## 6. 平成29年度の主な活動

実施日	活動内容	場所	参加機関
平成29年			
5/10~12	合同現地調査	奈良県五條市	近畿地方整備局・土木研究所
5/24~25	砂防学会研究発表会	奈良春日野国際フォーラム	近畿地方整備局・和歌山県・国土技術政策総合研究所・土木研究所・北海道大学・三重大学・京都大学
5/26	砂防学会現地見学会	奈良県五條市	近畿地方整備局・和歌山県・国土技術政策総合研究所・土木研究所・北海道大学・三重大学・京都大学
6/15~16	2017年度河川技術に関するシンポジウム研究発表	東京大学農学部	近畿地方整備局・和歌山県・国土技術政策総合研究所
6/29~30	近畿地方整備局研究発表会	大阪市	近畿地方整備局
7/5	合同現地調査	那智勝浦町	近畿地方整備局・和歌山県
7/14	合同現地調査	那智勝浦町	近畿地方整備局・和歌山県・那智勝浦町
7/22	ワダイの防災カフェ	広川町	近畿地方整備局・和歌山県・和歌山大学
8/1	ワダイの防災カフェ	和歌山市	近畿地方整備局・和歌山県・和歌山大学
8/22~25	平成29年度日本地すべり学会第56回研究発表会	長野市	近畿地方整備局・和歌山県・国土技術政策総合研究所
8/22~25	キャンプ砂防in紀伊山系	奈良県、和歌山県	近畿地方整備局
9/9	『改めて土砂災害を知り、備える』シンポジウム開催	那智勝浦町体育文化会館	近畿地方整備局・和歌山県・那智勝浦町
10/2	「紀伊山地における大規模河道閉塞（天然ダム）対策の考え方（案）」をとりまとめ	大規模土砂災害対策技術センター	近畿地方整備局
10/10	那智川流域砂防堰堤見学会	那智勝浦町	近畿地方整備局・和歌山県
10/14	ワダイの防災カフェ	田辺市	近畿地方整備局・和歌山県・和歌山大学
11/11	ワダイの防災カフェ	那智勝浦町	近畿地方整備局・和歌山県・和歌山大学
11/14~15	「日韓土砂災害防止技術会議」に伴う現場視察	和歌山県・奈良県	近畿地方整備局・那智勝浦町
11/30	遠隔操縦式建設機械と災害対策用機械の見学会	和歌山県土砂災害啓発センター	近畿地方整備局・和歌山県
12/4	合同現地調査	奈良県五條市、十津川村	近畿地方整備局・国土技術政策総合研究所
12/9	防災ジオツアー企画WS	和歌山県土砂災害啓発センター	和歌山大学
平成30年			
1/12	土砂災害防災授業の実施	那智勝浦町太田小学校	近畿地方整備局
1/23	合同現地調査	奈良県五條市	土木研究所
2/7	防災科学技術研究所成果発表会	東京都	近畿地方整備局・和歌山県・国土技術政策総合研究所
3/17	ワダイの防災ジオツアー	和歌山県田辺市、新宮市	近畿地方整備局・和歌山県・和歌山大学



## 平成 29 年度 大規模土砂災害対策研究機構年報

---

発 行	平成 30 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 06-6942-1141 (代表)
機 構 H P	<a href="http://www.kkr.mlit.go.jp/kiisanchi/kikou/">http://www.kkr.mlit.go.jp/kiisanchi/kikou/</a>