sabo

Vol.126 2019 Summer

▶トピックス
線状降水帯と土砂災害

▶寄稿
河川砂防技術基準の改定について
－基本計画編第3章 砂防（土砂災害等対策）計画の改定－

▶技術ノート
鋼製砂防構造物の設計における課題

▶研究ノート
UAVを利用した調査手法の研究

一般財団法人 砂防・地すべり技術センター

ISSN-1345-6997

sabo

Vol.126 2019 Summer

1 巻頭言
いのちを守る砂防の大事さと魅力を多くの人に伝えよう
海堀 正博
（公社）砂防学会 会長

2 トピックス
線状降水帯と土砂災害
中谷 洋明
国土交通省 国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部

4 寄　稿
河川砂防技術基準の改定について
ー基本計画編第３章 砂防（土砂災害等対策）計画の改定ー
鈴木 啓介
国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部

9 技術ノート
鋼製砂防構造物の設計における課題
嶋　丈示
（一財）砂防・地すべり技術センター 砂防技術研究所

12 連載 エッセイ⑪
「平成が終わった」、「総入れ歯の折損事件」、「フリーな時間と老化現象」
小橋 澄治　京都大学名誉教授

14 研究ノート
UAV を利用した調査手法の研究
小林 拓也
（一財）砂防・地すべり技術センター 総合防災部

18 講演会報告
令和元年度　砂防・地すべり技術センター講演会報告
（一財）砂防・地すべり技術センター

23 **Dear Ms.Sabo ⑤**
神山 嬢子　（国研）土木研究所

24 自然紀行　蝶たちをめぐる⑤
ダイダラボッチが育む大地で ～増え続ける野生動物～
田下 昌志　長野県建設技監

26 海外事情
米国西海岸における土砂災害対策の実態等調査参加報告
近藤 玲次
（一財）砂防・地すべり技術センター 企画部

30 **第 11 回　日伊土砂災害防止技術会議出張報告**
相楽　涉
（一財）砂防・地すべり技術センター 斜面保全部

34 **天然ダム及び土砂災害防止技術交流講習会**
長井 義樹
（一財）砂防・地すべり技術センター 砂防部

36 **世界の土砂災害（第 24 回）**
（一財）砂防・地すべり技術センター 企画部

38 審査証明
建設技術審査証明の紹介
① リングネット落石吸収柵工法（高エネルギー吸収タイプ落石防護柵）
② スパイラル補強高耐力永久アンカー工法

40 CENTER NEWS

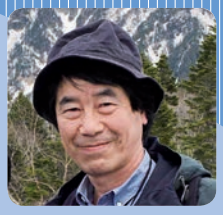
43 編集後記 —— 平河町から

撮影者：上森 弘樹
(一財)砂防･地すべり技術センター
企画部 技師

撮影日：平成31年4月
場　所：青い池(北海道美瑛町)
十勝岳の火山泥流を防ぐための砂防設備に水が滞留してできた池観光振興及び芸術文化の発信を目的に期間限定でライトアップされている

巻頭言

いのちを守る砂防の大事さと魅力を多くの人に伝えよう



（公社）砂防学会 会長・広島大学大学院 総合科学研究科 教授
海堀（かいぼり） 正博（まさひろ）

毎年自然の猛威によって世界中で多くの命が奪われている。わが国でも昨年は大変だった。4月には大分県の耶馬溪で突然のがけ崩れにより、6人の命が奪われる災害があった。6月には大阪北部地震（M6.1、深さ約13km、最大震度6弱）が発生し、被災家屋は多数に上った。7月には西日本一帯で豪雨による土砂災害や洪水氾濫による災害が発生し、270人以上の命が奪われ、平成に入って以降、ひとつの風水害による最大の災害となった。8月末から9月初旬にかけて徳島南部から関西を経て北陸に抜けた、台風21号の暴風雨による被害も相当なもので、14人の命が奪われた。さらに、9月初旬には北海道胆振東部地震（M6.7、深さ約37km、最大震度7）が発生し、厚真町や安平町、むかわ町などでは無数の土砂移動現象が発生し、40人超の命が奪われる大災害となった。いずれの場合も土砂災害の形で、命が奪われている割合が大きいことが特筆される。

自然災害を引き起こす事象はさまざまであるが、その中でも豪雨により発生する崩壊や土石流等の現象が、居住エリアに及んで人家を壊したり、人命を奪ったりする危険性のあるものについては、毎年のようにどこかで起きているものだから、砂防として基準を決めて対策が講じられてきた。それが土砂災害の危険箇所や警戒区域の考え方の基本となっている。およそ居住エリアになりそうにないところでは、がけ崩れや土石流等の発生する可能性が高くてもそれらは最後まで自然現象として捉え、土砂災害の危険箇所には数えない。だからこそ、地形的には極端に険しくない広島県などで、土砂災害の危険箇所数が日本で一番多いなどということになる。昨年7月の西日本豪雨による災害では、広島県内の死者は109人、災害関連死を含めると130人超にもなっており、今なお行方不明者が5人いらっしゃる。死者のうち87人は土砂災害としての犠牲者といわれており、あらためて土砂災害に弱い広島の構造がクローズアップされた。

広島県では、5年前の2014年8.20広島土砂災害や20年前の1999年6.29広島土砂災害、31年前の1988年7月21日発生の加計町周辺（現、安芸太田町）での土石流災害等を経験してきた。いずれも土砂移動の規模としては大きなものではなかったが、災害としては非常に大きなものが繰り返し起きていた。そしてこれらを受けて、危機感を抱いた住民らによる地域の自主防災が活発化してきていることについては、昨年の豪雨時に、活かされていた地域があったことでもはっきりとわかる。

たとえば、その一つが東広島市八本松町の事例である。昨年の7月6日の夜から7日未明にかけて発生した豪雨による土砂災害に備えて、6日10時前には八本松地域センター他の避難所を開設、10時過ぎには住民自治協議会災害対策本部を立ち上げ、早い段階から、小地区ごとに住民への注意喚起や監視体制を続けていた。さらに、避難所への避難行動もとられていたこともあり、翌7日未明にかけて、泥水だけでなく上流で発生した土石流等の土砂も近くまで流れてきていたが、負傷者も出さずに乗りきることができた。災害後も地域の住民らが総出で土砂や瓦礫の除去、土嚢積み、居住地周辺の片付け等をする傍らで、上流部の流路や斜面の状況把握にも努められていた。まさに、自分たちの地域を自分たちで力を合わせて見守り、命を失わないように尽力されていたのである。

他にも、東広島市黒瀬町の洋国団地の事例、広島市東区牛田早稲田地区の事例などにも同様のものが見られ、いずれも自主防災活動の好事例・模範例といえるものである。自主的な防災活動が行われていた地域が確実に増えてきていることを実感する。

しかし、昨年の西日本豪雨においては多くの犠牲者が出てしまい、もっと多くの地域や土砂災害の危険箇所等に住んでいる人々に、いのちを守る砂防のことを伝えていかねばならない。ただ、砂の流れを止めるのではなく、本来の砂防のコンセプト「災害につながる有害な土砂を無害に変えて下流に供給する」ために、自然の仕組みを最大限活かしながら、ハード対策をしていること、同時に、命を守るための避難行動等につなげてもらうソフト対策も大事にしていること。行政から住民への一方向の防災ではなく、住民から行政への方向性も併せ持った形、さらに人命を守るために、近所同士の横のつながり、世代を超えた縦のつながりが必要となることもいっしょに砂防の中で伝えたい。砂防を通じて人命が守られるだけでなく、地域の人々の交流が活発になり、地域の歴史や文化や自然環境や成り立ちがわかるようになれば、人々も地域をより魅力的に感じ、愛着を持つことにもつながるだろう。人の命とともに地域といういのちをも守れるような、そんな砂防を展開して行きたいものである。

トピックス

線状降水帯と土砂災害

中谷 洋明（なかや ひろあき）
国土交通省 国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部 土砂災害研究室長

渡良瀬川河川の砂防領域を監視するX-MPレーダ現物調査中の著者（八斗島の鉄塔にて）

近年、線状降水帯の発生に伴う土砂災害が注目されている（2014年8月広島豪雨土砂災害、2015年9月関東・東北豪雨、2017年7月九州北部豪雨、2018年西日本豪雨等、**図-1**）。学術英語“Band-shaped precipitation system”の直訳「帯状降水系」は以前から知られていた。表題の訳に改めてから良く知られるようになった（「線状」と「帯」が混用されており的確さには疑問が残る）。線状降水帯は多量の降水をもたらすことの多いメソ対流系の1つである（例：小低気圧、雲クラスター、スコールライン、線状降水帯・帯状降水系、雷雨）。

この内、小低気圧や雲クラスターは水平約100kmスケールのメソαの現象である。それ以外は約100kmスケールのメソβの現象である。メソαの現象は数値予報で表現が可能であり、最大6時間程度先まで予測が出来る。メソβは数値予報での表現は困難であり、気象レーダによる実況監視が主体となる。

全てのメソ対流系が強い降水を伴う訳ではないが、集中豪雨の相当数にメソ対流系が関与してきた。1995～2009年の15年間の気象の調査からは集中豪雨の発生は平均17.4/年とされる（津口・加藤、2014）。その内、線状降水帯を伴っていたものは約2/3あり、ここから線状降水帯の発生は平均11.2/年と推定される（前掲）。何らかの被害があり、国土交通省砂防部に災害として報告があった事例を分析してみる。暦年で2014～2018年の5年間で合計8,437のうち、降水によるものが7,703あった（全体の91.3%）。降水によるものが大半を占めている。その大半は経験上、集中豪雨を伴うメソ対流系によるものである。従って、土砂災害発生後に事後的に気象を観察してみるとメソ対流系を伴っており、次の命題1が相当高い確率で成立する。

土砂災害発生 ⇒ 災害発生前にメソ対流系発生（命題1）…○（成立する）

しかし、これが成立しないものとして、融雪や地震、それに原因不明のものは5年間で734あった。言い換えれば、監視対象を降水に限定してしまうと全国で約147/年の見逃しになるので要注意である。

命題1の逆は、命題2のようになる。

災害発生前にメソ対流系発生 ⇒ 土砂災害発生（命題2）…？（成立は不明）

これは必ずしも真ではない。すなわち、全てのメソ対流系が土砂災害をもたらすのではない。暦年で2014～2018年

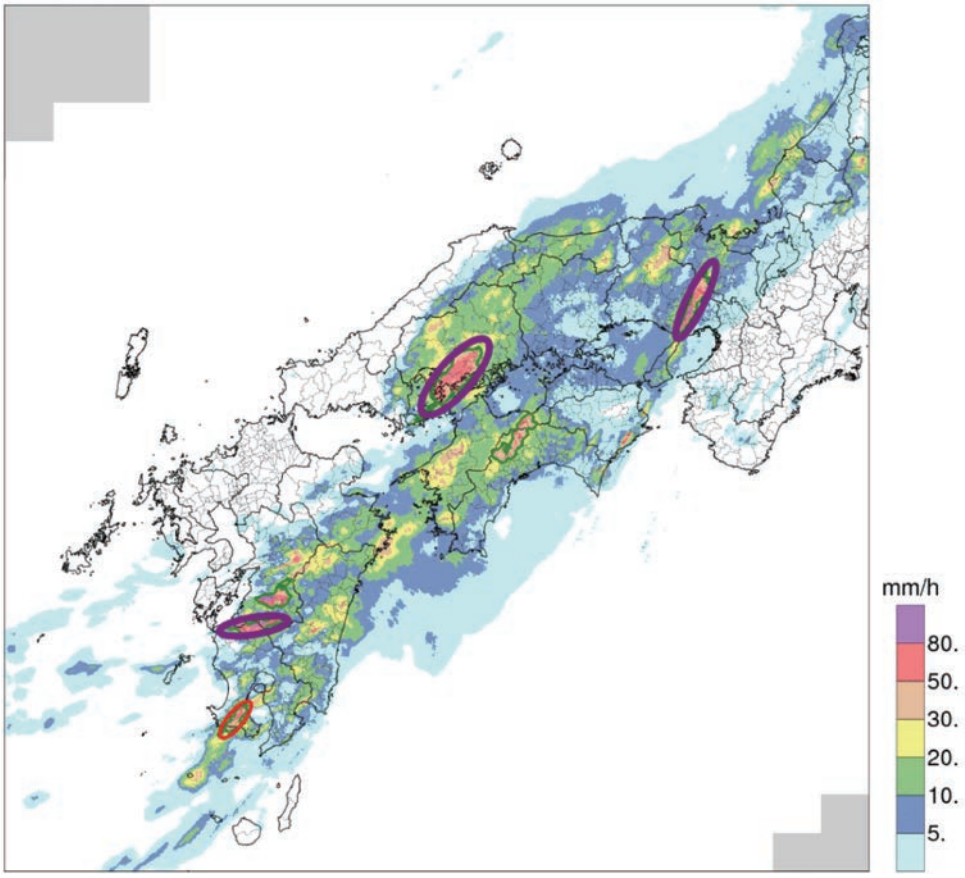


図-1　平成30年西日本豪雨時の線状降水帯発生状況（2018/07/07 04:45 ナウキャストによる判定図）

の５年間の内、降水による土砂災害が発生する5-11月の期間に着目すると、土壌雨量指数を用いた大雨警報（土砂）は全国で19,136回発表された。また、市町村を単位とした土砂災害警戒情報については同様に7,666回発表された。つまり、数字だけ見ると、降水による土砂災害の総発生数と大雨警報（土砂）の発表回数の比率は４割、土砂災害警戒情報の発表回数は同程度であった。しかし、「災害的中率」として、土砂災害警戒情報の発表対象となった市町村で、実際に土砂災害が発生したかどうか、あるいは基準を緩め、土砂移動が発生したかどうか、を調べると、災害については約5.8%、土砂移動については約12.7%でしかなかった（但し、災害的中率の計算にあたっては、時刻不詳でも同じ年月日であれば的中していたと基準を緩くしており、この分が全体の概ね半数を占めている。すなわち、この災害的中率では最大で約２倍高めに推定しているおそれがある）。災害捕捉率が概ね６～８割の範囲であることを考慮すると、現行方式は土砂災害が多数発生する際に災害的中率を「稼いで」いると考えられる。土砂災害が多数発生する集中豪雨型に対しては現行方式は充分適合している。

降水によるものでも、散発的な土砂災害に対して空振りしている。散発的なものは災害総数に占める比率が高くないが、突発的で避難等の対応が困難である。また、警戒情報の評価を下げる主因でもある。警戒情報の改善には集中豪雨型以外の監視能力強化を図ることが不可欠である。

線状降水帯の全国での発生頻度は約11.2/年と比較的少ない。これのみを監視して人命が守られるのであれば土砂災害防止を務めとする砂防担当者には朗報である。しかし、メソβスケールということで予測のリードタイムがほとんど確保されない。また、冒頭の事例のように線状降水帯が大災害をもたらした場合には、移動から停滞に移る時と場所の予測は困難であった。国土交通省が検証を開始した「土砂災害危険度評価システム」もあくまでも広域で実況を早期検知するためのツールである（2019年６月５日、国土交通省、**図-2**）。本システムは都道府県レベルでは災害の全体像を掴み、被害想定するために有用である。しかし、地域レベルでの避難のためには、線状降水帯の収束や停滞を待つことは出来ない。2018年の西日本豪雨災害時には線状降水帯の直下においては、「車での避難」どころか「車での被災」が実態であり、被害が大きくなった（西日本豪雨災害の記録、中國新聞、2018）。避難判断のためには、斜面・渓流での先行降雨の状態を、周囲の状況や「土壌雨量指数」等により把握することが現実的で有効である。先行降雨が一定量に達したならば、線状降水帯が頭上に来る前に避難し、避難所に逃げ込むのが助かる方法と言える。

参考文献

1）気象予報と防災-予報官への道　永澤義嗣　中公新書2520、2019、pp.142-143
2）二宮洸三（2001）：豪雨と降水システム、東京堂出版、pp.70-76
3）吉崎正憲、加藤輝之（2007）：豪雨・豪雪の気象学、朝倉書店、pp.187
4）津口裕茂（2016）：2016年９月。天気、63、9、pp.11-13
5）津口裕茂、加藤輝之（2014）：集中豪雨事例の客観的な抽出とその特性・特徴に関する統計解析。天気、61、pp.455-469
6）中國新聞社（2018）：緊急出版・報道写真集 西日本豪雨2018.7、pp.81

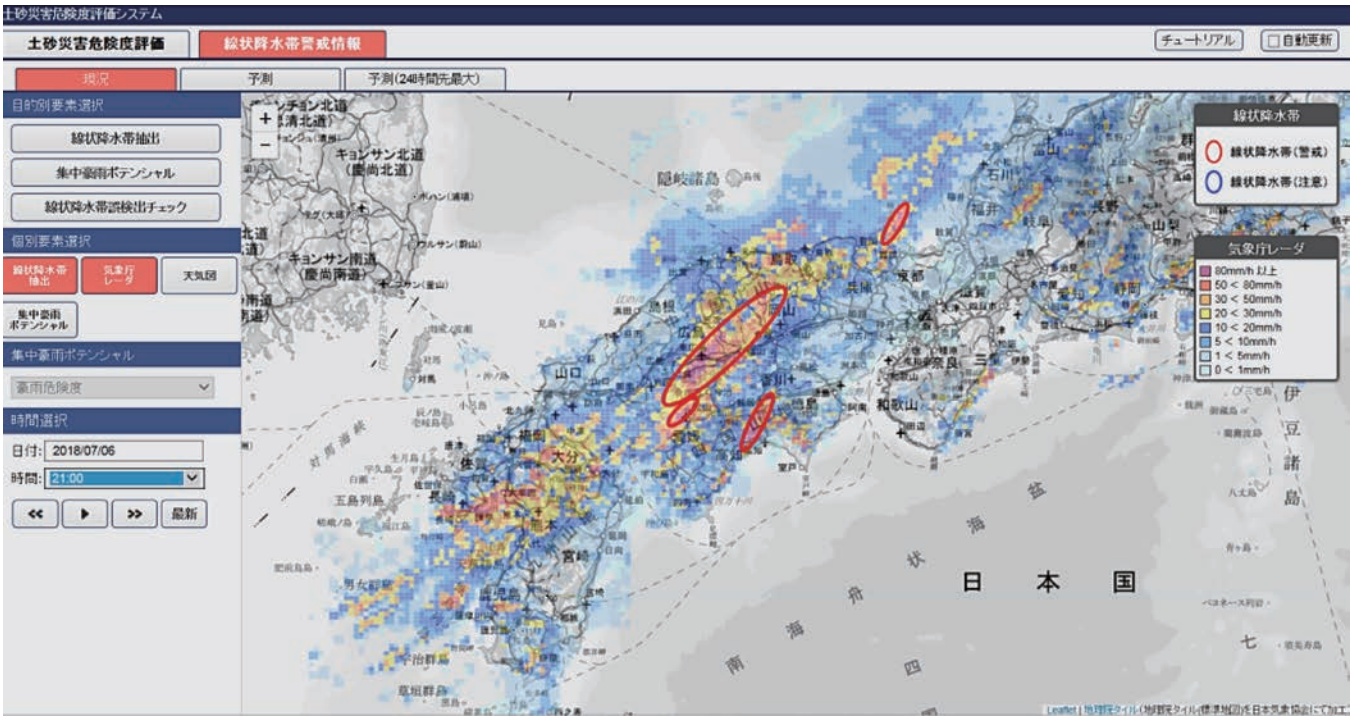


図-2　土砂災害危険度評価システム（2018年度版）

寄 稿

河川砂防技術基準の改定について

－基本計画編第3章 砂防（土砂災害等対策）計画の改定－

すずき けいすけ
鈴木 啓介
国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部 砂防計画課 課長補佐

1．はじめに

河川砂防技術基準は、国土の重要な構成要素である土地・水を流域の視点を含めて適正に管理するため、河川、砂防、地すべり、急傾斜地、雪崩及び海岸に関する調査、計画、設計及び維持管理を実施するために必要な技術的事項について定めるもので、これによって技術の体系化を図り、その水準の維持と向上に資することを目的としています。

河川等の調査、計画、設計及び維持管理を実施するに当たり、法令に技術的基準等が定められている場合は、それらに適合している必要があります。河川砂防技術基準はそれらの法令に加えて河川等に関わる技術的事項について標準を定めるもので、「調査」「計画」「設計」及び「維持管理」の4編からなります。各編においては、本基準の適用上の位置付けを明確化するため、各節の各項において＜必須＞＜標準＞となる事項を明記し、局長通達として関係機関に通知するとともに、各項に関連した＜考え方＞＜推奨＞＜例示＞の他、参考となる関連する通知、手引き、マニュアル等の＜関連通知等＞＜参考となる資料＞について本基準の理解を深めるための技術資料としてとりまとめています（表-1）。

本基準等の内容は、技術水準の向上などに応じて随時改定を行うものとしており、今日においては、必要な変更を迅速に行えるよう部分改定方式を採用し、本としての出版物の形態ではなく、国土交通省のウェブサイトに電子版で公開しています。

今般、国土交通省水管理・国土保全局は、河川砂防技術基準の計画編及び設計編を一部改定し、それぞれ平成31年3月29日及び令和元年7月5日に水管理・国土保全局長名で各地方整備局と都道府県等に通知しました。

砂防（土砂災害等対策）分野においては、計画編のうち基本計画編第3章について改定しています。砂防関係にかかる計画編の改定は平成16年以来となりますが、今回改定した部分以外の他節については、現時点において、平成16年3月30日に河川局長名で各地方整備局と都道府県等に通知した河川砂防技術基準 計画編を適用させるものとし、今後随時改定を行うこととしています。

2．砂防分野における主な改定点

今回の砂防（土砂災害等対策）分野にかかる改定において、特にトピックス的な内容として、以下の2点について記します。

2．1　砂防分野における対象現象の再整理

従来の河川砂防技術基準においては、水系を対象として土砂生産域から河川、海岸までの有害な土砂移動を制御し土砂災害を防止・軽減する計画を「水系砂防計画」として一元的に整理し、土砂移動で対象とする時間スケールの区分（短期、中期、長期）に応じて土砂移動現象を設定するよう努めるとして、土砂移動現象及び時間スケールについて概念的に示していました。

表-1　適用上の位置付け（5分類）

分　類	適用上の位置付け	末尾の字句例
考え方	● 目的や概念、考え方を記述した事項。	「・・・ある。」「・・・いる。」「・・・なる。」「・・・れる。」
必　須	● 法令による規定や技術的観点から実施すべきであることが明確であり遵守すべき事項。	「・・・なければならない。」「・・・ものとする。」
標　準	● 状況や条件によって一律に規制することはできないが、特段の事情がない限り記述に従い実施すべき事項。	「・・・を標準とする。」「・・・を基本とする。」「・・・による。」
推　奨	● 状況や条件によって実施することが良い事項。	「・・・望ましい。」「・・・推奨する。」「・・・務める。」「・・・必要に応じて・・・する。」
例　示	● 適用条件や実施効果について確定している段階ではないが、状況や条件によっては導入することが可能な新技術等の例示。 ● 状況や条件によって限定的に実施できる技術等の例示。 ● 具体的に例示することにより、技術的な理解を助ける事項。	「・・・などの手法（事例）がある。」「・・・などの場合がある。」「・・・などが考えられる。」「・・・の場合には・・・ことができる。」「・・・例示する。」「例えば・・・。」「・・・事例もある。・・・もよい。」

今回の改定においては、さらに、砂防基本計画で対象とする現象を再整理し、各流域の特性や保全対象の位置に応じた対象現象がより明確になるようにしました（**図-1**）。具体的には、近年の災害発生状況を踏まえながら、現象が生じる時間スケールで分類（**図-2**）した上で、保全対象の位置などの対策の目的に応じて区分するよう、下記の分類に再編しています。これにより、平成29年九州北部豪雨や平成30年西日本豪雨で再認識された土砂・洪水氾濫についても、短期土砂・流木流出対策計画の中で明示されています。また、土砂・洪水氾濫にともなって生じる流木による現象も明確に位置づけました。

A. 短期（一連の降雨継続期）土砂・流木流出による土砂災害を防止・軽減するための計画（短期土砂・流木流出対策計画）

B. 中期（土砂流出活発期）土砂流出による土砂災害を防止・軽減するための計画（中期土砂流出対策計画）

C. 長期（土砂流出継続期）土砂流出による土砂災害を防止・軽減するための計画（長期土砂流出対策計画）

A-1　土砂・洪水氾濫対策計画

A-2　土石流・流木対策計画

A-3　土砂・洪水氾濫時に流出する流木の対策計画

ここで、「短期」「中期」「長期」の時間スケールに関して以下に解説します。

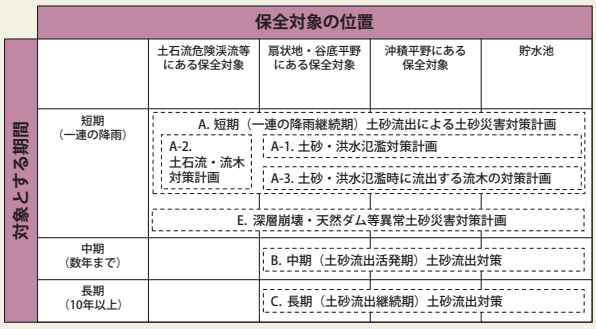


図-1　砂防基本計画と現象が生じる時間スケール、保全対象などの対策の目的の関係（火山砂防地域における土砂災害対策計画は除く）

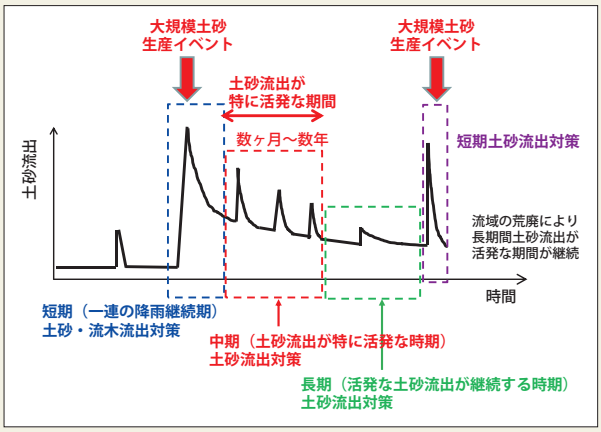


図-2　短期、中期、長期で対象とする土砂流出のイメージ

＜短期＞

豪雨によって斜面崩壊・土石流が同時多発することなどによって大規模な土砂生産が生じることがありますが、このような大規模な土砂生産時には、大量の土砂が流出して、一連の降雨によって下流域に甚大な被害を及ぼすことがあります。このような一連の降雨で生じる現象を「短期」の土砂流出現象として位置付けています。土砂移動現象毎の対策としては、山地域からの流出土砂に伴う河床上昇等により引き起こされる扇状地、谷底平野、沖積平野で生じる土砂・洪水氾濫に対する対策（A-1）、土石流危険渓流等において生じる土石流・流木の直撃等の直接的な災害に対する対策（A-2）、山地域から流出した流木により河積が阻害されることなどにより引き起こされる扇状地、谷底平野、沖積平野における土砂・洪水氾濫に対する対策（A-3）に分類しています。

＜中期＞

一方、大規模な土砂生産が生じると、一般に全ての生産土砂が当該一連の降雨時に一気に流出することはなく、生産土砂の多くが山地流域内に残存します。このため、当該一連の降雨以降において土砂流出が活発になり、下流河道において河床上昇が生じるなど災害のリスクが高まることが想定されます。このような大規模な土砂生産後の土砂流出が活発な期間（概ね数年間）を「中期」として位置付けています。中期の土砂流出に対しては、短期の土砂流出現象に対して十分な対策が実施された場合であったとしても、土砂を捕捉した砂防堰堤等は、短期の土砂流出現象（大規模土砂生産）直後に生じる土砂流出現象に対して堰堤の捕捉容量が既に埋まっているなど、十分な機能を発揮できない可能性が考えられます。また、大規模土砂生産直後から次期出水までの間に新たな施設を整備する十分な猶予がない場合も考えられます。そこで、中期土砂流出対策として、満砂した堰堤を除石して容量を確保するなどの緊急的な対策のほか、緊急的な対策をより効果的に実施するための準備（除石可能な堰堤、土砂流出に応じて型式・形状を変化させることが可能な堰堤の設置等）を予め行うなどの事前対策が考えられ、これらを組み合わせた計画を検討することが考えられます。

＜長期＞

大規模な土砂生産に伴って流域内に残存していた土砂は、その後の降雨によって流出するなど、時間の経過に伴い活発化した土砂流出は徐々に大規模土砂生産以前の状態に戻ると考えられます。一方で、生産土砂量が非常に多い場合など、活発な土砂流出は数年間で収まることなく恒常的に崩壊地等から表面侵食等によって土砂が供給され続ける場合もあります。このように恒常的に継続する活発な土砂流出を「長期」の土砂流出現象として位置付けています。土砂流出が長期

間継続することから、長期土砂流出対策は土砂生産の抑制を行うことが有効と考えられます。

上記区分の他、従来から位置付けられている火山砂防、深層崩壊・天然ダム等異常土砂災害対策（それぞれ平成16年の改定時より明確化、今回一部改定）を加え、これまで砂防事業として扱ってきた各種対策を体系的に再編しています（**表-2**）。今後、各流域における砂防計画について、これらの時間スケールや土砂移動現象に応じた計画として、適宜見直していくこととなります。

表-2　砂防（土砂災害等対策）計画の新旧目次構成

基本計画編　第3章　砂防（土砂災害等対策）計画　目次

※赤文字は新設

旧（平成16年3月改定）	新（平成31年3月改定）
第1節 総説	第1節 総説
第2節 砂防基本計画	第2節 砂防基本計画に関する基本的な事項
2.1 総説	2.1 総説
2.2 水系砂防に関する基本的な事項	2.2 短期（一連の降雨継続期）土砂・流木流出対策計画に関する基本的な事項
2.2.1 総説	2.2.1 総説
2.2.2 計画規模	2.2.2 土砂・洪水氾濫対策計画に関する基本的な事項
2.2.3 計画基準点等	2.2.3 土石流・流木対策計画に関する基本的な事項
2.2.4 計画土砂量等 2.2.5 土砂処理計画 2.2.6 土砂生産抑制計画 2.2.7 土砂流送制御計画	2.2.4 土砂・洪水氾濫時に流出する流木の対策計画に関する基本的な事項
2.3 土石流対策に関する基本的な事項	2.3 中期（土砂流出活発期）土砂流出対策計画に関する基本的な事項
2.3.1 総説	2.3.1 総説
2.3.2 計画規模	2.3.2 計画規模
2.3.3 計画基準点等	2.3.3 保全対象・計画基準点等
2.3.4 対策の基本	2.3.4 計画で扱う土砂量
	2.3.5 中期土砂流出対策における土砂処理計画
2.4 流木対策に関する基本的な事項	2.4 長期（土砂流出継続期）土砂流出対策計画に関する基本的な事項
2.4.1 総説	2.4.1 総説
2.4.2 計画規模	2.4.2 計画規模
2.4.3 計画基準点等	2.4.3 保全対象・計画基準点等
2.4.4 対策の基本	2.4.4 計画で扱う土砂量
	2.4.5 長期土砂流出対策における土砂処理計画
2.5 火山砂防に関する基本的な事項	2.5 火山砂防地域における土砂災害対策計画（火山砂防計画）に関する基本的な事項
2.5.1 総説	2.5.1 総説
2.5.2 対象とする現象等	2.5.2 計画規模
2.5.3 対策の基本	2.5.3 保全対象・計画基準点等
	2.5.4 計画で扱う土砂量
	2.5.5 土砂処理計画
2.6 天然ダム等異常土砂災害対策に関する基本的な事項	2.6 深層崩壊・天然ダム等異常土砂災害対策計画に関する基本的な事項
2.6.1 総説	2.6.1 総説
2.6.2 対象とする現象等	2.6.2 計画規模
2.6.3 対策の基本	2.6.3 保全対象・計画基準点等
	2.6.4 計画で扱う土砂量
	2.6.5 深層崩壊・天然ダム等異常土砂災害対策における土砂処理計画
第3節 地すべり防止計画	第3節 地すべり防止計画に関する基本的な事項
3.1 総説	3.1 総説
3.2 地すべり防止に関する基本的事項	3.2 計画規模
3.2.1 対象とする現象等	
3.2.2 対策の基本	
	3.3 保全対象
	3.4 計画安全率
	3.5 地すべり防止計画
	3.5.1 総説
	3.5.2 地すべり防止工事基本計画
第4節 急傾斜地崩壊対策計画	第4節 急傾斜地崩壊対策計画に関する基本的な事項
4.1 総説	4.1 総説
4.2 急傾斜地崩壊対策に関する基本的な事項	4.2 保全対象
4.2.1 対象とする現象等	
4.2.2 対策の基本	
	4.3 計画で扱う諸量
	4.4 急傾斜地崩壊対策計画
第5節 雪崩対策計画	第5節 雪崩対策計画に関する基本的な事項
5.1 総説	5.1 総説
5.2 雪崩対策に関する基本的な事項	5.2 保全対象
5.2.1 対象とする現象等	
5.2.2 対策の基本	
	5.3 計画で扱う諸量
	5.4 雪崩対策計画
第6節 総合土砂災害対策計画	第6節 自然環境への配慮等
6.1 総説	6.1 総説
6.2 総合土砂災害対策に関する基本的な事項	6.2 都市山麓グリーンベルト整備計画
	6.2.1 総説
	6.2.2 対策の基本
6.3 都市山麓グリーンベルト整備計画	
6.3.1 総説	
6.3.2 対策の基本	
第7節 自然環境等への配慮	

2．2　数値解析手法に基づく土砂・洪水氾濫対策計画の策定の標準化

これまでの研究・技術開発により、近年、土砂・洪水氾濫被害の推定手法及び対策施設の効果評価手法として数値解析手法が実用的に利用可能な段階になっていることから、河床変動計算等の数値解析手法に基づいて土砂処理計画を策定することを＜標準＞としました。また、土砂処理計画の策定にあたっては、対象地域における既往災害に対する再現計算を実施し、当該地域の災害を再現できることを確認した計算条件、解析手法（流出解析手法、河床変動計算手法など）を用いて検討することを＜推奨＞し、さらに、「河床変動計算を用いた土砂・洪水氾濫対策に関する砂防施設配置検討の手引き（案）、国土技術政策総合研究所資料、第1048号、2018」を＜参考となる資料＞として提示しています。

従来の水系砂防計画においては、計画基準点等における計画流出土砂量から計画許容流出土砂量を差し引いた土砂量を土砂処理の対象とすべき土砂量とし、各施設の効果量の総量が土砂処理の対象とすべき土砂量になるように土砂処理計画が整理されていました。砂防堰堤の効果量は、出水時に流出土砂が河床勾配に応じた勾配まで堆積すると仮定し一定の値として算出されることが一般的でした。

今回の改定により河床変動計算等を用いることが標準となり、砂防施設の土砂流送制御効果について堆砂域に流入する土砂の濃度やハイドログラフの影響を評価するとともに、施設の位置・規模・型式の違いに応じた施設効果を評価することにより、施設効果の大きい箇所から優先的に施設配置を検討するなど、効果的な施設配置を目指していくことになります。

3．砂防分野における改定のポイント

河川砂防技術基準については昭和33年の策定以降、各編において過去何度かの改定を行ってきています。直近の計画編の改定（平成16年）においては、従来一編構成であったものを「基本計画編」及び「施設配置計画編」の二編構成に再編したほか、砂防計画の構成を変更し、それまでの水系砂防計画に関する記述に加え、土石流対策、流木対策、火山砂防、天然ダム等異常土砂災害対策等に対応した計画の内容についても砂防基本計画の中に明確化してきています。

今回の砂防（土砂災害等対策）分野における改定においては、計画編の内「基本計画編」を対象としており、本基準の適用上の位置付けの明確化（5分類化）、近年の行政的課題や技術的課題を踏まえた記載事項の見直し、前回改定（平成16年）以降に蓄積されてきた技術的知見の反映を行っています。以下に改定のポイントを列記します。

① 目次構成の見直し

・実務者が，流域において突発的に発生する大きな土砂移動現象による被害と，そのイベントに引き続いて発生する中小もしくは恒常的な土砂移動現象によって発生する被害についてしっかり区分して対策を実施できるよう，土砂移動現象と時系列的位置付けを再整理

② 砂防基本計画に関する基本的な事項の見直し

▶「2.2 短期土砂・流木流出対策計画　2.2.2 土砂・洪水氾濫対策計画」

・同じ降雨確率でも保全対象のある地点によって被害の生じる降雨条件は異なることから、実務者により分かりやすくするため、計画規模の決定にあたって対象降雨は保全対象ごとに降雨条件（量、時間分布、空間分布）を設定することを＜標準＞に記載。

・近年、計画生産土砂量を数値計算などにより設定する手法の研究・技術開発が進められていることから、計画生産土砂量は、過去の実績に基づき経験的に設定する手法と、数値計算など解析的に設定する手法、若しくはそれら両者を組み合わせた手法を適切に選択し設定することを＜標準＞に記載。

・これまでの研究・技術開発により、数値計算による土砂・洪水氾濫被害の推定手法及び対策施設の効果評価手法が実用的に利用可能な段階になってきていることから、 土砂生産抑制計画、土砂流送制御計画は河床変動計算等により砂防設備による保全対象への影響・効果を評価して定めることを＜標準＞に記載。

▶「2.2 短期土砂・流木流出対策計画　2.2.3 土石流・流木対策計画」

・最新の砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）を反映し、土石流対策と流木対策の一部を統合し、記載内容を充実。

・近年、流路が不明瞭で常時流水がない小規模渓流における対策が増えており、小規模渓流での特性に応じた計画の考え方が必要となることから、小規模渓流対策における流域特性の考慮の重要性を＜標準＞に記載。

▶「2.2 短期土砂・流木流出対策計画　2.2.4 土砂・洪水氾濫時に流出する流木の対策計画」

・土砂・洪水氾濫時に流出する流木について、土石流とともに流出する流木と明瞭に区分し、「2.2.4 土砂・洪水氾濫時に流出する流木の対策計画」を新設

・計画規模は、土砂・洪水氾濫対策計画と整合するように定めることを＜標準＞に記載。

・計画で扱う流木量は、対象区域の現況調査資料、既往の災害資料、類似地域の資料等を用いて定めることを＜標準＞に記載。

▶「2.3 中期土砂流出対策計画」

・中期の土砂流出の実態及び定量的な知見が得られる

など、研究・技術開発が進められたことなどから、「2.3 中期土砂流出対策計画」を新設。

▶「2.4 長期土砂流出対策計画」

・長期間恒常的に生じる活発な土砂流出による河床上昇や保全対象に被害を及ぼす現象を対象とすることを＜考え方＞に記載。

・長期土砂流出対策計画については、別途定められる中期土砂流出対策計画、さらには総合土砂管理計画と整合するように定めることを＜考え方＞に記載。

・計画で扱う土砂量は大規模土砂生産後の数ヶ月から数年経過した後の恒常的に流出する平均的な年流出土砂量とすることを＜標準＞に記載。

▶「2.5 火山砂防地域における土砂災害対策計画（火山砂防計画）」

・火山砂防計画の構成や噴火対応火山砂防計画についての具体的な記載が従来なかったことから、実務者に分かりやすくなるよう、火山砂防計画の構成を記載するとともに、噴火対応火山砂防計画の具体的な設定方法について考え方を記載。

・火山砂防計画は、噴火対応火山砂防計画と通常対応火山砂防計画からなることを＜考え方＞に記載。

・噴火対応火山砂防計画で対象とする土砂移動現象は火山活動に起因して発生する降灰後の土石流及び火山泥流、必要に応じ溶岩流、火砕流等とすることを＜考え方＞に記載。

・計画規模は、過去の噴火活動や土砂移動現象の履歴、現在の火山活動状況、火山砂防地域の自然・社会的特性、事業効果等から判断して定めることを＜標準＞に記載。

・保全対象は蓋然性が高い火山活動に伴う土砂災害による被害想定範囲内にある保全人口・人家等とすることを＜標準＞に記載。

・土砂処理計画の効果評価は数値計算を用いることを＜標準＞に記載。

▶「2.6 深層崩壊・天然ダム等異常土砂災害対策計画」

・深層崩壊・天然ダム等異常土砂災害対策における事前のハード対策の計画規模の設定方法について具体的な記載が従来なかったことから、深層崩壊対策の研究による技術的知見の蓄積を踏まえて考え方を記載。

・計画規模は、過去の深層崩壊の規模、深層崩壊に起因して生じる土砂移動現象等を総合的に考慮すること、また、天然ダム形成時に緊急的に実施するハード対策については、対策の対象とする天然ダムを越流する流量規模を設定することを＜標準＞に記載。

・土砂処理計画の効果評価については、土石流計算、河床変動計算等による数値計算を用いることを＜標準＞に記載。

③ 地すべり防止計画、急傾斜地崩壊対策計画、雪崩対策計画に関する基本的な事項の見直し

・最新の基準類の内容を反映し、記載内容を充実。

▶「第3節 地すべり防止計画　3.4 計画安全率」

・地すべり防止工事の量を決定するため用いられる計画安全率の設定について記載が従来なかったことから、実務者により分かりやすくするため、計画安全率の具体的な設定方法について＜標準＞＜考え方＞に記載。

4. おわりに

平成29年九州北部豪雨災害や平成30年7月豪雨災害においては、土砂・洪水氾濫による多数の人的被害・家屋被害のほか、広範囲に堆積した大量の土砂は災害直後の救助活動や復旧作業を困難にさせたほか、インフラ・ライフラインの被害により地域住民や経済活動への影響が長期間に及ぶなど、土砂・洪水氾濫対策の重要性を再認識させられました。そのような中、今回の河川砂防技術基準の改定が行われ、河床変動計算等を取り入れたより効果的な施設配置を目指した検討が進められていくこととなりました。

現在、直轄砂防事業による土砂・洪水氾濫対策が行われている全国の各流域において、今回の河川砂防技術基準の改定を踏まえ、河床変動計算等を取り入れた施設配置計画が鋭意検討されています。これまでの事業評価等においては、主に水系砂防計画として短期の時間スケールを意識した土砂・洪水氾濫対策や土石流対策によって、各流域の対策事業を説明していることが一般的でした。一方、各流域において期待される土砂災害対策は必ずしも、短期の土砂・洪水氾濫対策や土石流対策に限られるものではありません。将来起こりえる短期イベント後の中期土砂流出に対する備え、深層崩壊等の異常土砂災害に対する備え等、時間スケールや土砂移動現象に応じた、砂防で扱う幅広い事象に照らし、各流域における計画を適宜見つめ直していく機会でもあります。

一方、今回の改定で明確化させた中期、長期の土砂流出対策にかかる計画論など、現場における実務にあたり必ずしも十分な知見が揃っているものでもなく、引き続き現場毎の工夫を重ねて知見を蓄積し、基準を発展させて行くことが重要と考えています。

今回の改定については、現場で実務にあたられるコンサルタント会社の皆様や現場事務所の職員、各研究機関等、多くの方々の努力の積み重ねによる技術の研鑽を糧に、有識者の意見も踏まえつつ基準類の高度化が図られているものです。最後に、関係する皆様方に深く感謝申し上げます。

技術ノート

鋼製砂防構造物の設計における課題

嶋（しま）　丈示（じょうじ）
（一財）砂防・地すべり技術センター
砂防技術研究所　次長

1. はじめに

鋼製透過型砂防堰堤が土石流対策の基本になるなど、砂防事業において鋼製構造物の認知度も上がってきています。しかし、未だに設計方法が重力式コンクリートより手間が掛かることから、積極的に鋼製堰堤を使って効果的な施設設計を行うまで時間が掛かるでしょう。今回は、施設の機能に直結しているにもかかわらず、設計方法に反映されていない課題を、ピックアップしてみたいと思います。これらは直ちに解決されるものではありませんが、設計時にこんなこともあるのかと思っていただければ幸いです。

2. 部材間隔と礫径

鋼製透過型砂防堰堤は、平常時や中小出水時に流下してくる土砂は通過させ、土石流発生時には確実に土砂および流木を捕捉するという機能により、土石流捕捉用の堰堤として採用されています。この機能を発揮させるためには、部材間隔と礫径の関係が重要です。砂防計画策定指針（土石流・流木対策編）によると、礫径調査により現地の礫を200個選んで、長径・中径・短径の三辺の平均値を直径とし、累計加積曲線の95%礫径を最大礫径と定義しています。**図-1**に示される2種類の累計加積曲線の最大礫径は同じなので、開口部の部材間隔は同じ間隔に設定されます。しかし、95%以下の礫個数は相当違うため、開口部の閉塞の仕方に差が生じる可能性があります。つまり、累計加積曲線の寝ている方が礫個数が多く開口部が閉塞しやすく、立っている方は礫個数が少ないため開口部が閉塞し難い、ということです。開口部を埋めるほどの礫がない場合、開口部を狭くするか、部材間隔を例えば80%礫径を基に設定する必要があります。しかし、今の指針では「最大礫径=95%礫径」なので、開口部を狭くするしかないのですが、どの程度狭くすれば良いのか決めがありません。すなわち、土石流を捕捉するための部材間隔は、礫径調査で選んだたった1個の礫径で決定され、現地がどのような礫径分布であるか全く考慮されません。

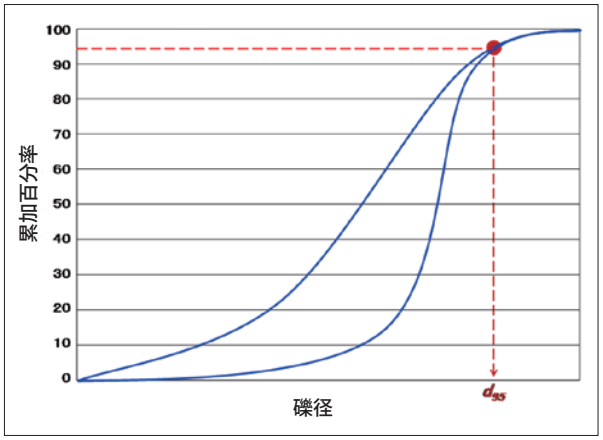


図-1　礫径調査の例

土石流の堆積区間のように、土石流のフロント部が崩れ、礫が各個運搬されるような流れでは最大礫径のみで部材間隔を決定すると、アーチアクションが発揮されず、場合によっては大半の礫を逃す可能性もあります。土石流の捕捉事例を観察すると、部材間隔に1～2個の礫が絡み合うことで閉塞しており、礫径調査で実測した礫の大半は部材の閉塞に寄与しています。つまり、部材間隔を設定する礫径は95%礫径ですが、それ以下の礫も開口部の閉塞に影響します。

そこで、最大礫径のみで部材間隔を決定するより、例えば、衝撃力の大きい土石流のフロント部の巨礫を減勢する部材間隔、下流に土砂を通過させず確実に土砂を捕捉する部材間隔など、目的に合致した効果的で効率的な土砂捕捉機能を発揮するように、目的に合わせて礫径を設定した方が合理的な設計といえます。このためには、礫径調査により求めた礫径分布状況を踏まえ、捕捉すべき礫、流しても良い礫を選別し、適切な部材間隔を設定することが望まれます。

最大礫径は礫衝突の計算にも用いられます。過去には、設計時の最大礫径を大きく上回る巨礫によって部材が過度に損傷する事例もありました。土石流を確実に捕捉するためには、部材間隔の設定に用いる礫径は小さい方が良いですが、礫の衝突に対する礫径は大きい方が安全性は高くなります。現行の設計では、95%礫径のみを用いていますが、このような状況を踏まえると、部材間隔を設定する礫径と部材の安全性を照査する礫径は分けた方が合理的でしょう。

3. 部材の性能

鋼製透過型砂防堰堤は、鋼製メーカーによって形状の異なる構造物が開発されてきました。形状が異なれば安

全性を担保できる礫径と流速が異なるはずです。現状の設計では一部材を取り出してへこみとたわみで検証していますが、構造物の持つ変形性能に対して、部材断面および形状を決定しているわけではありません。鋼製砂防構造物設計便覧によると、最上流面の部材にのみ礫が衝突するものと仮定して、へこみとたわみで礫衝突計算をしています。その最上流面の部材と、それを支えている部材は、骨組解析を用いて許容応力内に収まるよう部材断面を算定しています。しかし、礫は必ずしも最上流部材にだけ衝突するわけではなく、へこみやたわみも最上流面の部材だけでなく、部材を介して最上流面を支えている部材もへこむことがあります（**写真-1**）。このため、最上流面より下流側に配置された部材であっても、礫衝突により破損の可能性がある部材は、D/t＜40にするなど安全性に配慮する必要があるでしょう。

さらに、現行の鋼製透過型砂防堰堤のタイプごとに、これ以上変形すると部材が破断する変形量の限界値を設定し、タイプと鋼製高によって鋼管の外径及び部材断面（板厚）の下限値を決めることができれば、単純に鋼材重量によるコスト比較ではなし、土砂移動現象に対応した捕捉機能と安全性から適材適所の構造物を選定する指標にもなります。この判定は、捕捉実績を積むことで礫衝突の可能性のある部材を想定し、土石流の荷重を想定する解析や実験によるところが大きいと考えます。判定によっては既存の堰堤も補強を検討することになるかも知れません。

部材の変形性能は鋼製堰堤の材料特性を活かすなら、これまでのレベルⅠ荷重だけではなく、レベルⅡ荷重に対応できるよう変形性能と限界変形量も規定した方が良いでしょう。現状では、部材を構造部材と機能部材に区分していますが、礫衝突による損傷、土砂の捕捉形態を見ると、部材は形状保持部材、衝突緩和部材、礫捕捉部材、応力伝達部材など多岐にわたり、複数の機能を兼ねています。最上流部材は、礫衝突を考慮して現設計は板厚を大きくする工夫をしていますが、礫衝突緩和部材と礫捕捉部材を兼ねている部材ならば、下流の支え部材が過度に変形しないよう、場合によっては現状の規定値よりへこみやたわみを許容し、礫衝突エネルギーを吸収する設計も有効と考えます。これら部材の要求性能をうまく組み合わせ、地形及び流量ごとに土砂移動形態に対応した土砂捕捉機能と、構造物の安全性を確保した新たな透過型堰堤が開発されれば、これまで以上に効果的な施設配置が可能となるでしょう。

4. フランジ継手

レベルⅡ荷重によって構造物が破壊された例があります。破壊の箇所はフランジ継手ですが、フランジ継手から破断しているのは弱部だからではなく、設計時の想定とは異なる変形によりボルトが破断するからです。フランジ継手はリブありとリブなしがありますが、どちらもレベルⅠ対応の微小変形を念頭に置いているため、許容応力内であればフランジ継手が直ちに破断することはありません。

図-2は最上流の鋼管部材に礫が衝突した場合、これを支えている斜材には軸力（圧縮）が発生しています。通常、礫が衝突しても鋼管が若干へこむ程度ですが、レベルⅡ荷重のような巨礫の衝突によって最上流の鋼管が大きく変形すると、これを支えている斜材には曲げが作用します。この変形が大きくなると、フランジプレートが開くと同時にボルトも伸びます。これが設計時に想定していないような過度な変形になると、ボルトが引っ張られ破断する可能性があります。

このようにレベルⅡに対応するためには、フランジ継手も母材と同等の強度を持たせる方法もありますが、大

写真-1　最上流面より下流の部材のへこみ

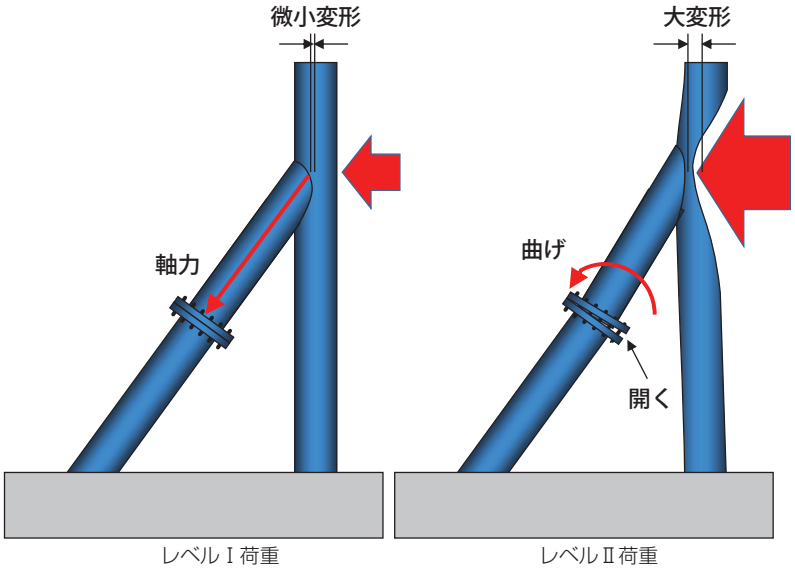


図-2　部材に発生する応力の変化

変形にも追従する、つまりボルトにしわ寄せがいかない構造にするなど工夫の余地はあるでしょう。このような設計を導入するためには、継手以外の鋼管が変形しても軸力が曲げに変化しないように、継手の位置を考慮する必要があります。運搬・架設のみの都合で決めるのではなく、変形を想定した位置にしたり、タイプごとに最低必要な強度を規定したり、巨礫の衝突に対して、緩衝効果のある構造や材料を用いて、大変形に対して継手に変形が集中しないリダンダンシーを有する構造にするなど、まだまだ工夫すべき余地は残っています。

5. 腐食しろと摩耗しろの役割

鋼材は錆びることを前提に各種のさび対策が施されています。鋼製堰堤の腐食しろは、当初1.5mmから腐食調査結果をもとに0.5mmに下げています。一般に鋼製構造物は塗装を施しているのが普通ですが、鋼製砂防構造物便覧によると腐食しろを設けているため、塗装は美観上と点検のために設けているとしています。土石流が堰堤に作用すると砂礫によって塗膜が剥がれるので、土石流を捕捉していなくてもどの程度の土砂流出があったかが、鋼管の塗装の傷み具合、すなわち痕跡の残り具合により、専門家でなくても容易に判定することができます。また、無塗装と塗装を比較すると、無塗装は堰堤が完成した時点から錆び始めるのに対して、塗装は20～30年は保っていることを確認しています。要するに、塗装をするだけで耐用年数が格段に伸びるため、近年の長寿命化に大いに貢献することになり、便覧のいうように美観と点検だけではなく、本来の目的である錆に対してかなり効果があると言えるでしょう（**写真-2、3**）。

常時流水とともに流下する砂礫が恒常的に鋼材に作用すると、鋼管部材の表面は摩耗します。また、土石流時に礫の衝突によって鋼材が局所的に削り取られることもあります。このような断面欠損は応力集中するので弱部となります。そこで、あらかじめ鋼管部材には摩耗しろを設けていますが、当たる箇所によって1.5mm～3.5mmと幅を持たせています。ただし、どこに礫が衝突するかは想定するしかありません。最上流面の部材や底版根元の柱は確実に礫衝突すると想定できますが、鋼管フレーム内に落下する礫がどこに衝突するか想定することは現状では難しいでしょう。これが予測できれば板厚を下げることも可能です。

鋼管断面には腐食しろと摩耗しろを設けているお陰で、想定外力より余力のある板厚になっています。このため、不確定な土石流荷重に対して安全性を保っていることも事実です。将来は、部材に要求される性能によってこれら腐食しろや摩耗しろで対応する部材、へこみやたわみによる変形で対応する部材、その組み合わせが明確になれば、土砂捕捉機能と安全性の両方のバランスを考えた合理的な部材配置及び設計方法が可能になるでしょう。

6. おわりに

鋼製透過型砂防堰堤について、設計上の課題をいくつか述べました。捕捉事例や損傷事例から得られる知見、実験や解析による性能の解明、これらを積み重ねて反映し、その結果をフィードバックさせることで、より効果的、合理的、経済的に有用な施設を設計することが出来るようになるでしょう。すぐに解決できることではないかもしれませんが、地域の安全に貢献する一助となればと願うものです。

写真-2　塗装（左）と無塗装（右）の錆び方の差

写真-3　無塗装鋼管の浮き錆び（拡大）

連載エッセイ 11

「平成が終わった」、「総入れ歯の折損事件」、「フリーな時間と老化現象」

小橋 澄治（こばし すみじ）
京都大学名誉教授

平成が終わり、令和の世になった。「令和」の時代がどうあるべきかは、寿命が尽きつつあるジジイには与り知らぬことで、後輩諸氏がお考えになるべき大課題である。しかし引退され上皇ご夫妻となられたお二人と年齢がほぼ同じ私にとって、ご夫妻とは全く親しくはないけど、いろいろ「想い」は残っている。華やかなご成婚行列で世の中沸き立っている頃、私はそれを素直に祝福できなかった。先の見込みも定かでなく、孤独で、実験とバイトに明け暮れる大学院生であったから。その後、初代の「象徴天皇」として生き方を模索し、努力され続けた、約 60 年間はほぼ私の人生後半と重なる。

上皇ご夫妻は京都がお好きなようで、再々お出でになり、京都御所に滞在される。数年前、散歩の道筋として、御所の今出川御門前で、信号待ちをしていたら、突然、数人の警察官が現れ、手際よく、交通規制をした。待つ間もなく、2 台のパトカーに先導され、一台の車が現れた。現上皇ご夫妻がにこやかに手を振って現れた。何ということか、それを道端でお迎えする人間は私一人しか居らず、とっさの事に仰天し、まじまじとご夫妻を凝視することで終わってしまった。ご夫妻にとっては道端で、一人の変なジジイが睨んでいたということになるが、私には滅多にない幸運な出来事であった。しかし何で素直に、にこやかに、手を振れなかったのか、若い頃の鬱積した思いが蘇ったのか、今でもよくわからない。

今年の桜の頃、御所内の枝垂れ桜の名所（近隣者しか知らない）にご滞在中のご夫妻がお忍びで現れたそうで、私の散歩時間がもう少し早ければ、お目に掛かれる筈であった。その内、京都のどこかで、又、ちらりとお目に掛かれる瞬間があろうと、楽しみにしている。

●

全くプライベートな話で恐縮だが、最近の私の大事件は「下段総入れ歯」が真っ二つに折損したことである。深夜、寝酒のウイスキーのアテのアラレをバリバリ齧っていたら、見事に折れた。その瞬間から私は、食物摂取の被差別人に転落し、多忙なる歯医者の予約が取れるまで、3 日ほど流動、半流動食となった。料理人たる私が自分の摂取可能な物を自分で作るのは合理的で、誰にも迷惑が掛からない反面、誰にも文句が云えず、ずっと不機嫌であった。

かかりつけの歯医者は 2 代目で先代から世話になっているが、云いたいことをずけずけ云うのは親子共変わらない医者共である。しかし今回、歯医者はことの緊急性をよく理解し、文句を云うのは止めて、プロ職人魂を発揮し、小一時間ほどで見事に修復してくれた。この総入れ歯の原型は、先代のオヤジさんの遠い昔（20 年前？）の作品であり、息子たる現職はその破損に、ある種の責任を感じたのかも知れない。ということで一件落着であるが、歯医者は総入れ歯の折損原因には釈然とは

していない。アラレを齧っただけで折損するのか、いろいろ問い詰められて、あの日の夕食でタコの煮つけを執念深く噛み続けたことを思い出したが、それでも納得はしてないようだった。私としては、長い間荷重をかけ続けた結果の「疲労破壊（国鉄時代に聞いた懐かし用語だ！）」だと思っている。

●

年を重ねるに従い、仕事らしきものは減り、フリーな時間が増えてくるのは当然で、その分、趣味の絵の生産量や、読書量が増加しそうだが、そうはならない。要するに居眠りしたり、「ぼんやり無意識」という時間が増えているのであり、それを「老化現象」という。絵を描いているとき、読書中に、無遠慮に容赦なくこの老化現象が割り込んでくる。最近は抵抗せず、ある時間は「老化現象」に身を任す事にしている。

最近のお気に入りの本は、「南　直哉；超越と実存－無常をめぐる仏教史－」で、仏教思想で私の最も知りたい部分、そのインド、中国、日本での発展過程が明快に解説されている。2 回読んで、日本の部分が判ったような気がしているが、救いがたい誤解の可能性もある。誤解に基づいているとしても、こういう深遠にして、非日常的世界に浸るのは楽しいひとときである。

それとは別にいつの間にか増えているのは歴史本である。日本物では「呉座雄一；応仁の乱」で室町時代、数十年に渡り、京都の町を焼き尽くした大乱で、私の家に近い上御霊神社（氏子でもある）近辺で戦端が開かれたそうで、登場人物や、事の経過は複雑怪奇、戦乱の意義も定かでなく、戦いに倦み果てて、終わったという、大迷惑の京都人にとっては許しがたき乱であった。読むのに草臥れる本だけど、何故かベストセラーになり、その後、中世戦乱物のブームになっている。

外国物では、「G.B. ソヴィニー；フランス史」が出た。個人が書いたフランス通史は初めてだそうで、極めて明快、フランス革命やナポレオンといったフランス史上の個々のイベントの繋がりがよく判る。但し、600 頁を越える大著で、寝転んで読むには腕力を要する。歴史本を読むと、退屈であったり、何となく腑に落ちなかったりするのは、歴史は小説でなく事実だからだろう。いつの時代にも、どうしようもない暗愚なる指導者が現れ、社会が混迷し、世間の喝采を浴びる英雄が現れても、長続きはしない。歴史は小説のごとき起承転結が定まらず、「終わり」もなく、延々続くのである。歴史物を読む上で、初歩的な問題は、地名や人物名が大量に現れ、老人の頭の中が大混乱に陥ることであり、特に外国物は、時代を越えて、同名異人が頻繁に登場する。「忘れゆくという老化現象」と戦う老人にとって、歴史物を読むのは、困難な戦いに敢えて挑んでいることである。ということで、書店で歴史物の新刊を発見すると、いそいそと買ってしまうのである。

フリーな時間を消費するのに、絵を描く時間が、読書する時間をかなり上回っているが、自分が描く絵について、語るべきことは殆どない。絵を描くことで、モヤモヤ的情念は発散されるからだろう。絵を描くようになってほぼ 25 年、マンネリ化は甚だしいが、描いている時は楽しく、何も考える必要はなく、時が過ぎて行くのである。という安穏な態度で絵を描いていることが問題であり、新しい視点、発想を探して苦しむべきであると決意する瞬間はあるけれど、すぐにその決意を忘却し、安穏な境地に安住してしまうのである。

（イラストも著者）

研究ノート

UAVを利用した調査手法の研究

小林 拓也（こばやし たくや）
（一財）砂防・地すべり技術センター
総合防災部 主任技師

1. はじめに

近年、無人航空機（以下「UAV（Unmanned Air Vehicle）」）が急速に普及しており、空撮、測量、物資運搬など様々な分野での活用が検討されています。当センターでは、UAVを利用した土砂移動実態の把握や砂防調査への適用について研究しています。ここでは、UAVを利用したレーザー計測の砂防調査への適用研究の一例についてご紹介します。

2. UAVによるレーザー計測

近年ではレーザー計測装置の小型化・軽量化も進んでおり、比較的大型のUAVであれば小型のレーザー計測装置を積載できるようになり、UAVによる航空レーザー計測が可能になりました。有人による航空レーザー測量では、飛行機やヘリコプターなどの航空機による高高度からの計測となるため、計測機器の精度に依存する空間分解能の制約により、小規模な地形の凹凸や土砂移動を精度よく把握することが難しい場合がありました。一方、UAVは低高度での飛行が容易であり、低高度からの計測ではレーザーの減衰が少なくなるため、有人機による計測に比べてより高精度かつ高密度な地形データ等の取得が可能という利点があります。

そこで当センターでは、中日本航空株式会社と共同し、UAVに小型レーザースキャナを搭載した航空レーザー計測システム「TOKI」を利用して、災害後などで人の立ち入りが危険な場所の地形データの取得や、微地形・微細な土砂移動現象把握への適用性を検証することを目的として研究を行いました。

3. UAVレーザ計測システム「TOKI」の概要

TOKIは、UAV（マルチコプター）と、小型レーザースキャナ、及び位置情報等の制御・記録を行う計測システムから構成されています（**図-1**）。

UAVには、マルチコプターの産業用ドローンを使用しています。1フライトあたりの航続可能時間は、安全を考慮してバッテリーの消費率40%の12分として運用しました。なお、一部の調査では、UAVに無人ヘリコプター（R-MAX）を利用した運用も実施しています。

レーザースキャナは、非常に軽量・小型で省電力な機種で、以下のような特徴があります。

- 最大500,000点/秒の測定レートを有しており、低高度からの計測により高密度の計測が可能
- 330°の広い照射角を有しており、機体側面から上部にかけても計測が可能（**図-2**）

計測システムは、前述のレーザースキャナに加えて、衛星航法システム（GNSS）により機体の位置情報を取得するためのアンテナ、3軸の角速度と加速度を検出し、機体の傾きを記録するための慣性計測装置（IMU）、およびそれら計器の制御装置（PC）を搭載しています。

TOKIの基礎性能については、水平精度は約3cm、標高精度は約1cm、点群（レーザーによる照射点）密度はおよそ300点で、国土交通省公共測量作業規程における有人の航空レーザー計測基準と比べても、高密度かつ高精度な計測ができることがわかります。

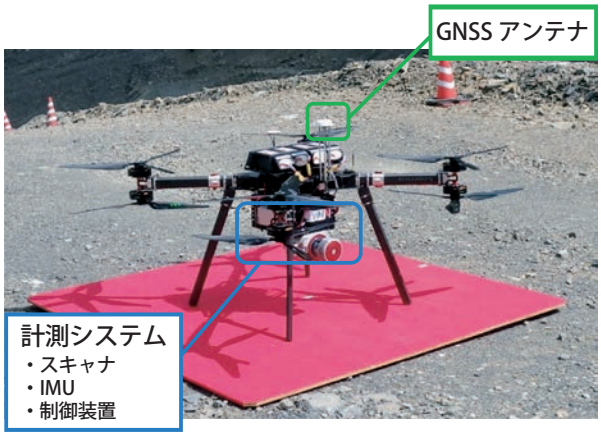


図-1　TOKIの構成

図-2　小型レーザースキャナ（左）とその照射角のイメージ（右）

表-1　TOKI の基本性能

項目	仕様・性能
全長	1.40×1.40×0.55（m）
機体重量	34kg
ペイロード	約10kg（計器未搭載時）
航行速度	5～30km/h
航続可能時間	12分（バッテリー消費率40%）
有効測定レート	500,000測点/秒
視野角	330°

表-2　TOKI の計測精度※

方法	条件（対地高度/速度）	水平精度（標準偏差）	標高精度（標準偏差）	点群密度（/1m²）
TOKI	80m 15km/h	0.031m	0.009m	300
固定翼	2,000m 260km/h	–	0.054m	1
回転翼	450m 100km/h	0.026m	0.018m	16

4. 構造物とリルガリ形状の把握

セルダムの堤体、及び下流法面を対象としてUAVによるレーザー計測を実施しました。当該地は、計測の数年前にセルダムが完成し、施工後に法面整形がなされていましたが、その後の豪雨により侵食が生じ、法面に小規模なガリが形成されていた箇所です。

点群データから作成した陰影図を図-3に示します。まず、セルダムの形状については、側面の鋼矢板の波目形状や天端コンクリートとの隙間、手すり等に至るまで高精細に計測できていることがわかります。また、セル同士の接合する部分など、奥まった部分についてもレーザーデータを取得できていました。以上のように、構造物の詳細な形状及び位置座標の把握が可能であったことから、出水による鋼矢板の衝突痕や変状、コンクリート構造物のクラック等も把握が可能と考えられ、砂防施設の点検等や維持管理にも活用できると考えられます。

また、ガリについては側面も含め、最深部まで点群データが取得できていました。3次元点群データより分析したガリの最小の幅は0.27m、深さ0.11mと小さいものから、最大では深さ1.90mと、非常に深いガリまで計測可能であることがわかりました。このことから、UAVによるレーザー計測を複数時期に行うことで、これまで有人によるレーザー計測では把握できなかった小規模な土砂移動やその移動量が把握できると考えられ、火山噴火などで火山性堆積物の流出が継続している場合の土砂生産域における経年変化の把握などへの活用が期待されます。

5. オーバーハング地形の把握

有人機によるレーザー計測では、上空から垂直にレーザーを照射するため、崖などでは側面にレーザーが照射される割合が少なくなり、地形の再現が難しくなる傾向にあります。そこで、機体側面から上部にかけても計測が可能というUAVレーザー計測の特徴を生かし、オーバーハング地形を有する急峻地点において、地形の再現性について検証を行いました。

計測の結果、オーバーハング箇所でも他の斜面と同等の密度の点群が取得できました（図-5）。UAVによるレー

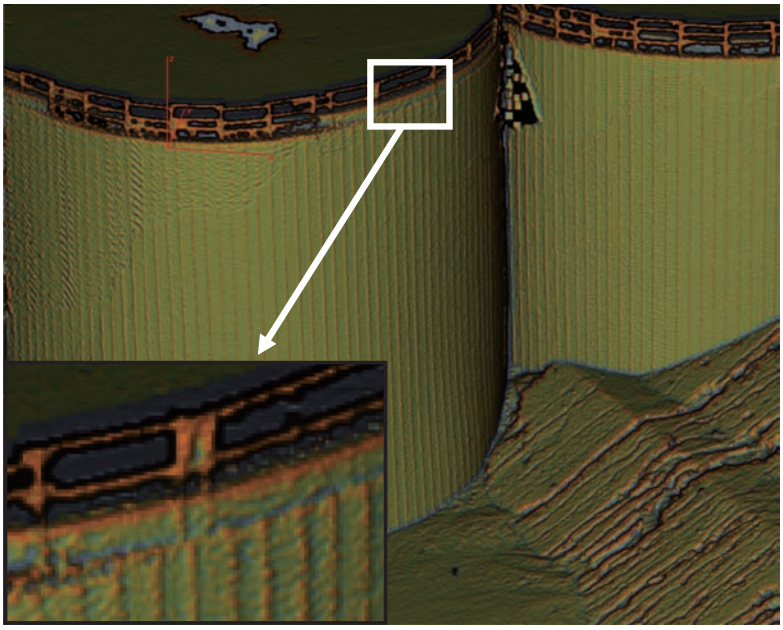


図-3　点群データによる陰影図

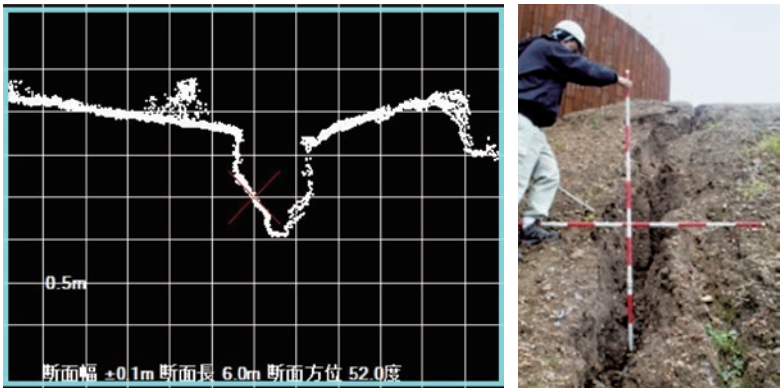
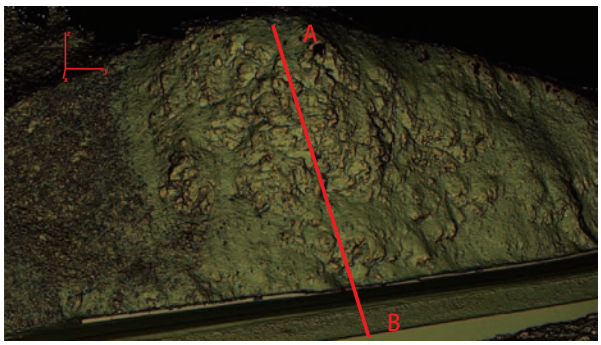


図-4　堰堤の下流法面の断面

※高橋 弘　超小型モバイルレーザ計測装置のUAV への適用、先端測量技術 107号、p.102-114、2015を基に整理



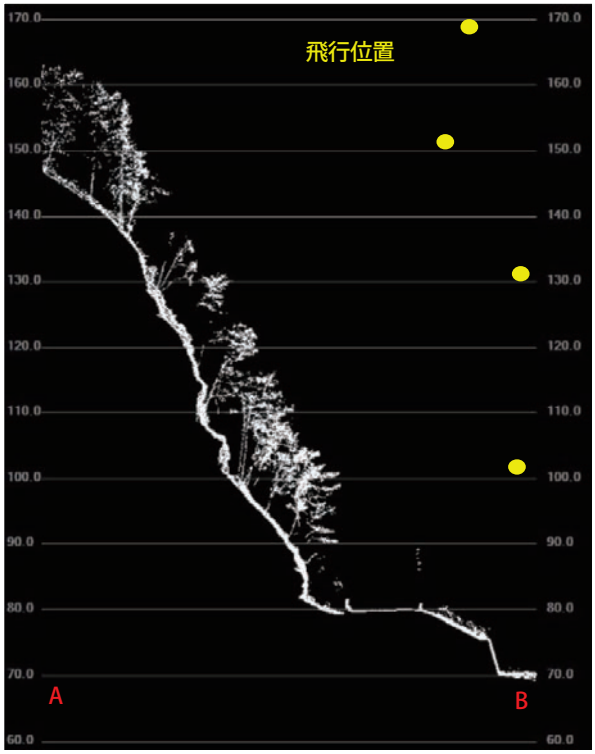


図-5　点群データによる斜面の陰影図（上）と断面図（下）

ザー計測は、有人機によるレーザー計測よりも地形の再現性が高く、崖や崩壊地の形状や植生下の転石といった災害の要因の発見にも有効と考えられます。

6. 礫径の把握

有人による航空レーザー測量では、計測精度にもよりますが一般に礫を判別する事は難しく、さらに形状を判別することが可能なのは巨礫のみです。一方、空中写真によるSfM（Structure from Motion）では小さな礫の形状も判別できますが、長さの指標を持たないため、精度良く計測することは困難です。そこで、UAVによるレーザー計測による礫径の計測・把握を試行しました。

遊砂地の流路に配置されている礫を対象として、1m未満の礫を任意に49個選定し、位置と直径を実測し、UAVレーザー計測で取得した点群データから礫の抽出を行い、抽出の可否の検証を行いました。

取得された点群データからは、周辺の礫と大きな差異（大きさや高さ）があるものについては判別が可能でしたが、周辺の礫に埋もれているものや丸みのあるものについては、縁が明瞭に表現されず、抽出しにくい傾向にありました（**図-6**）。選定した礫の礫径は、最大77cm、最小で5cmで、点群データによる判別は、礫径別にみると、礫径が50cm以上の礫は全数の判別が可能でしたが、礫径が25cm～50cmの礫では8割程度、25cm以下では7割弱の判別率でした。なお、判別ができなかった礫は9個で、いずれも礫径が38cm以下、周囲の礫と密着しているものでした。

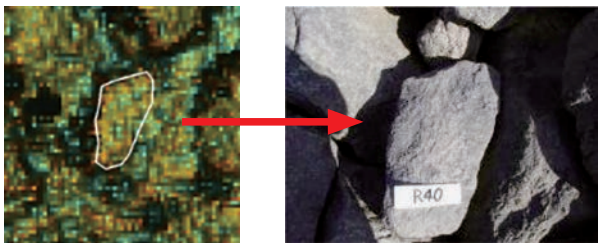


図-6　礫の判別状況

以上の結果から、50cm程度の礫については、UAVによるレーザー計測での形状把握が可能であることがわかりました。一方、礫径の小さいものについては点群データのみでの判別では精度がおちるため、画像を併用し、レーザーデータで判別が可能な礫を長さの基準として、画像から大凡の礫径を推定する方法が有効と考えられました。

7. 立木の把握

UAVレーザー計測による点群データを基にした樹高・胸高直径の把握を試行するとともに、同時に地上調査を実施して実測値との比較を行い、立木調査への適用性を検証しました。

まず、UAVレーザー計測により取得した点群データから、胸高直径の把握を行いました。樹木は、胸高直径として（地上高1.5m付近）の点群を抽出し、点群から樹木の本数と直径を測定しました。計測の結果、直径30cm程度の樹木については、詳細な断面形状まで把握することができましたが、5cmを下回る小径木については、樹木として抽出できる場合でも、点群密度の関係から正確な断面形状及び直径の把握は困難でした（**図-7、8**）。また、下層植生が密な場合や急傾斜地では、大径木でも樹木の形状把握は困難な場合がみられました（**図-9**）。

また、点群データによる計測値と地上調査による実測値との比較をすると、人工林など立木密度の比較的小さいではほぼ一致するのに対し、立木密度の比較的大きい広葉樹林などではばらつきがおおきくなる傾向がみられました。レーザー計測の特性から、立木密度が大きい場合や下層植生が多い場合は、幹にレーザーが照射されないため、抽出の精度が低下するものと考えられました。

以上の点から、UAVレーザー計測による立木調査は、人が立ち入れない箇所の調査に有効な手段ですが、点群データによる樹木の抽出可否は地形や下層植生の状態に大きく依存すること、立木の胸高直径や樹高を機械的・

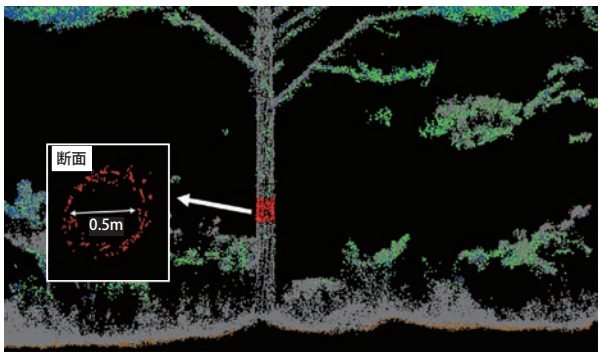


図-7　大径木の抽出

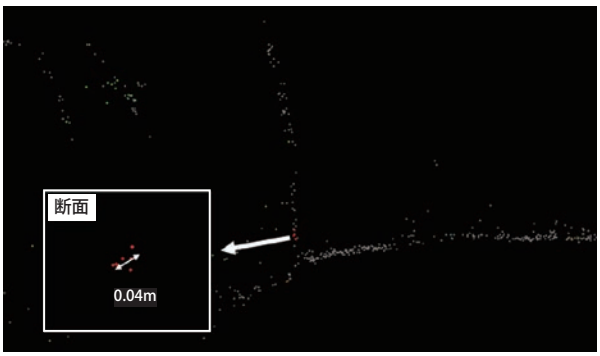


図-8　小径木の抽出

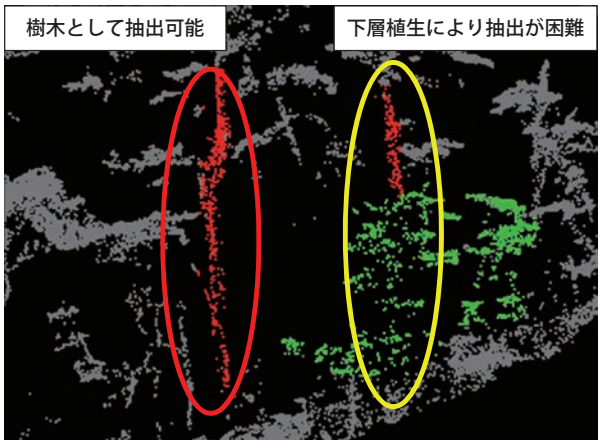


図-9　樹木の抽出が困難な場合の一例

図-10　対象地の空中写真

自動的に解析するのは困難であることなどから、適用条件を考慮した運用が必要と考えます。

8. 崩壊地の状況把握

崩壊地の点群データを基に、概況把握及び拡大崩壊兆候の把握（亀裂の有無）を試みました。対象とした崩壊地は、崩壊の発生から時間が経過していて植生が回復しており、空中写真判読（**図-10**）では植生により全体像が十分に掴めず、ひとつの崩壊と思われていましたが、UAVレーザー計測により大きく分けて3箇所の崩壊があることが確認されました（**図-11**）。植生下の地形の把握に有効であるというUAVレーザー計測の利点が活きた事例です。

また、点群データから作成した陰影図では、崩壊地A上部にはわずかに亀裂の様な形状が確認でき、拡大崩壊の兆候を捉えられた可能性があります。ただし、亀裂は対象地の最高標高地点にあり、飛行ルートと高度の関係から内部形状までは捉えられませんでした。本研究のような目的の調査では、対象地の直上を飛行するような注意が必要と考えられます。

この事例のように、樹冠で覆われてしまっている箇所での地形の把握や、人の立ち入りが困難な崩壊頭部の地形把握にUAVレーザー計測は有効と考えられます。

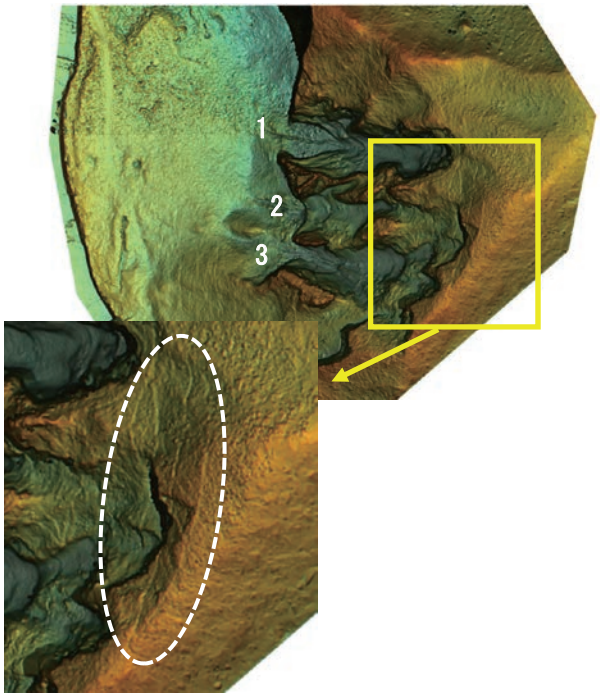


図-11　点群による陰影図と亀裂

9. おわりに

本稿では、UAVを利用したレーザー計測による調査事例をご紹介しました。しかし、UAVの機体の開発は日進月歩で、機体性能の向上はもちろん、固定翼・回転翼にかかわらず様々なプラットフォームの開発も進められています。当センターでは、そのような最新の技術を取り入れつつ、利用分野の拡大も含めて、UAVの砂防分野での活用の研究を進めて行きます。

令和元年度
砂防・地すべり技術センター
講演会報告

（一財）砂防・地すべり技術センター

令和 元年 6月18日砂防会館シェーンバッハサボーにおいて、当センター主催による講演会を開催しました。この講演会は、砂防を中心とした多岐にわたる防災関連の知見の周知を目的として、平成14年より定期的に行っているものです。改元後初めての講演会とあって400名を超える事前申込を頂き、急遽会場を拡張するというありがたい誤算もありましたが、当日は国土交通省砂防部より来賓のご挨拶を頂き、377名の参加者が熱心に聴講する中、盛会のうちに無事終了できましたことを、一同心よりお礼申し上げます。以下にその概要を掲載いたします。

基調講演

土砂災害を巡る災害情報の論点

田中　淳　たなか あつし
東京大学総合防災情報研究センター長

1. 災害情報と避難

災害情報は、警報が出てからの切迫感をどのように伝えるのか、またどのように行動に結び付けていくのか、が大きな課題である。

1982年の長崎豪雨がきっかけとなった「記録的短時間大雨情報」、1999年6月広島県豪雨などを受けた「土砂災害防止法」及び「土砂災害警戒情報」など、様々な災害を契機に情報の整理や制度の充実が図られてきた。

平成30年7月豪雨では、①早い段階での気象情報の発表、②避難勧告・避難指示の発令、③メディアでの危険性の報道などが行われていた。これらの情報や各々の経験・知識を基に、実際に避難した人々は一定数存在していた。しかし、平成26年広島土砂災害などの短時間に集中して降るような恐怖を感じる降雨と比べると、長時間にわたって続く降雨は、避難行動をとるには判断の難しい情報を元に、判断が迫られる形であった。

2. 三原市の調査事例

平成30年7月豪雨における広島県三原市での災害情報と避難状況の調査事例について紹介する。

三原市では8名が亡くなり、建物被害は浸水害：2,575棟、土砂災害：399棟（土砂崩れ等により損壊した棟数）の被害が発生した。

市内の住民へ災害時の対応行動についてアンケート調査を行った結果、河川氾濫が発生した本郷地域で避難率が高い結果となった。三原市では、7月6日19時40分に市全域で避難指示が出された。避難指示について、住民の57.2%が認識していたが、情報の受け止め方に個人差が見られ、避難指示は、多くの住民の情報収集の契機とはなっていたものの、避難行動や避難行動の直接の契機とはなっていない。

災害時の広報戦略と住民の対応行動の時系列変化を見ると、7月5日18時頃の全域への注意喚起に始まり、7月6日19時40分の特別警報及び全域への避難指示が出るまで複数回情報発信を行っており、徐々に対応行動の割

合が上昇している結果となった。

災害情報は急激に伝わるものではないため、避難勧告だけを伝えるのではなく、それ以前から段階を追って情報を出し、徐々に切迫感を高める必要がある。また、三原市ではFMの告知端末が設置されていたため、情報の入手が可能であったが、降雨が強いような災害状況では、雷や雨音などの影響で情報の入手方法が限られる場合も発生している。防災行政無線だけでなく、情報を周知するメディアについての工夫や役割分担が必要である。

災害の結果と対応行動の関係を見ると、被害に関わらず一定層は避難をしているが、床上や軒下まで浸水してからの切迫避難も多く見られており、今後の課題と言える。

3. 災害情報のレベル化

平成30年度から防災情報に関する警戒レベルの運用が開始された。住民が「自らの命は自らが守る」ために、避難行動が容易にとれるよう、防災情報を5段階の警戒レベルで提供するなどの取り組みである。

災害情報のレベル化自体はこれまでも行われているが、同じレベル3であっても河川の場合では避難準備、土砂では避難勧告など、災害情報間で統一が図られていないという問題がある。

実際の災害時に、家族の安否確認や浸水防止行動などの避難以外の行動をとっていたために、避難が遅れる人々がいた。住民の多くに見られる、危険だと感じている状況下での行動の一つとして、家族の安否確認がある。こういった行動を変えてもらうため、切迫感のある情報を出していく必要がある。

4. 土砂災害軽減に向けて

日本では土砂災害による被害が多く見られ、また箇所数も多い。しかし、土砂災害警戒情報に基づく避難勧告は半数程度であり、ガイドラインによる周知と精度向上や多段階の情報の検討が必要である。

また土砂災害警戒情報の指標となる長期降雨指標は切迫感が出にくく、短期降雨指標は避難行動を取るには時間の余裕がない可能性があるなどの問題がある。他にも都市部では土砂災害の意識が高くないなどの問題もある。これらの諸問題を解決するためには、情報発信の工夫や、土砂災害の発生情報をつかむこと、それによる今後の情報精度の向上などが必要である。

講演 1

最近の土砂災害をふまえた施設整備の課題と取り組み

蒲原潤一　かんばら じゅんいち
国土交通省 水管理・国土保全局砂防部 保全課 土砂災害対策室長

平成30年度は土砂災害が多い年であった。特に平成30年7月豪雨は、広島県をはじめ各地に大きな被害をもたらした。これに際し、国土交通省で応急対策や恒久対策計画に対応した立場から、平成30年度に発生した土砂災害の特徴を踏まえた、今後重点的に取り組むべき対策や最近の施策、また、対策事例等を紹介する。

1. 平成30年7月豪雨の特徴

平成30年7月豪雨では、複数の斜面・渓流から同時多発的に土砂が流出し被害を及ぼした。また、広島県呉市天応を流れる大屋大川など、複数の河川において、河床上昇・河道の閉塞による土砂・洪水氾濫が発生し、市街地に土砂が広く堆積したことで、ライフラインに甚大な被害が発生したほか、救助活動や復旧作業の妨げとなるとともに、地域の社会経済に影響を及ぼした。

国土交通省では、「実効性のある避難を確保するための土砂災害対策検討委員会」を設置し、平成30年7月豪雨の特徴について、以下の通りとりまとめた。

1）土砂災害警戒情報及び避難勧告の発令等が概ねされていたが必ずしも認知されず
2）死者の9割は土砂災害警戒区域内で発生
3）避難途中で被災したと思われる事例が多数と推定
4）地域における共助により避難が行われ難を逃れた事例有り
5）土砂・洪水氾濫により広範囲に土砂が堆積し復旧活動や社会経済に長期間影響
6）土石流により死者の発生した渓流の7割は流域面積5ha以下
7）戦後まもなく建設されたものをはじめとする古い石積砂防施設が被災

2. 今後の重点的な取り組み

重要インフラ等の機能維特の観点から、特に緊急に実施すべきソフト・ハード対策について3か年で集中的に実施する「防災・減災・国土強靭化のための3か年緊急対策」が閣議決定された。「重要インフラの緊急点検の結果及び対応方策（H30.11.27）」のほか、既往点検の結果を踏まえ、砂防分野においては以下について、特に緊急に実施すべきソフト・ハード対策として3年間で集中的に実施することとなっている。

1）中小河川における土砂・洪水氾濫等の危険性に関する緊急対策
2）インフラ・ライフラインの土砂災害に関する緊急対策
3）土砂災害警戒区域等における円滑な避難の確保に関する緊急対策
4）火山噴火緊急減災対策砂防計画の策定及び同計画に基づく緊急対策等
5）土砂災害対策のためのソフト対策に関する緊急対策
6）中小河川緊急治水対策プロジェクト（土砂・流木対策）

また、事業間連携が必要な砂防事業や、土砂・洪水氾濫対策のような優先度の高い大規模な事業に対する補助事業制度「個別補助事業」を新たに創設した。

3. 最近の土砂災害における施設整備の課題と必要とされる対応

平成30年7月豪雨で死者が発生した渓流は、約7割が流域面積0.05km²以下の小規模渓流であったほか、既往の砂防設備が土砂を捕捉するなどの効果を発揮している一方で土砂移動により被災する事例が発生した。

小規模渓流に対する施設配置計画に関しては、渓流規模に対して施設規模が大きくなり、切土が多大となる等の課題があったことから、「河川砂防技術基準」の改訂や事務連絡の発出により、施設の適用条件や計画・設計の考え方についてとりまとめ、現場状況に応じた最適な施設整備を図ってまいりたい。

実際の取り組み事例として、福島県では大規模な袖折れ堰堤が必要であった渓流に対し、小規模な堰堤と堆積工の併用により規模の縮減に成功している。また、LP図を用いた砂防堰堤の調節効果について実態調査も行っている。このように合理的な設計・施工に向けて、今後さらなる調査を行っていく必要がある。一方、土砂・洪水氾濫対策の対策計画について、事業主体や事業規模に応じた合理的な事業の進め方に対しての検討を進めていく必要もある。

土砂移動により被災した施設事例に関しては、原因の調査解明を進め、石積堰堤の補強対策、砂防堰堤の新設時における非越流部の安定及び水通しの設計、砂防堰堤設計にあたっての留意事項の整理等について必要な対策を実施していく。

砂防事業の執行については、地域との連携はもとより、砂防のものづくりを支える建設業及びコンサルタント業界等の皆様と一体となって生産性・安全性の向上及び適切な施設整備を進めていくほか、建設した施設についての長寿命化の取り組み等が一層重要となっている。関係者のご理解とご協力を引き続きお願い致したい。

講演 2

平成30年7月豪雨　復旧・復興の現場から

熊沢至朗　くまざわ よしろう
国土交通省 中国地方整備局 広島西部山系砂防事務所長

1. はじめに

広島県では過去に多数の土砂災害が繰り返し発生しており、昭和20年9月の枕崎台風、昭和42年7月の梅雨前線豪雨、平成11年6月の梅雨前線豪雨、平成26年8月豪雨、そして今回の平成30年7月豪雨において、甚大な被害をもたらしている。

2. 広島西部山系周辺地域の特徴

中国地方における土砂災害発生箇所と地質分布図を重ねてみると、土砂災害の多くが花崗岩地域で発生しており、花崗岩が風化したマサ土によって脆く崩れやすい土壌が広く形成されている事が分かる。土地の起伏は中部地方の急峻な山地と比べると小さく、V字谷はあまり発達していない。古今の土地利用を比較してみると、都市化の影響で地域全体の開発が進んでおり、山麓にまで人口集中地区が広がっている事が判る。建物が密集した場所では避難路確保が困難な事、土砂災害の危険性の高い場所に人が住むようになった事などから、災害リスクは高まっていると考えられる。

3. 平成30年7月豪雨の概要

平成30年7月豪雨では、梅雨前線及び台風第7号の影響により、温かく非常に湿った空気が供給され続けることで、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な豪雨をもたらした。この豪雨では、降雨の継続期間が3日と長く、雨量ピークも3回に及んだ。そのため、広島県では、総雨量が7月の平均降雨量を大きく上回り、さらに広範囲に渡って記録的な雨が降ったため、ため広範囲で被害が発生した。広島県内では土砂災害1,242件・死者87名にのぼった。

4. 平成30年7月豪雨への対応

(1) TEC-FORCEの派遣

国土交通省では、平成30年7月豪雨への緊急対応とし

て、TEC-FORCE等を派遣した。TEC-FORCEは、自治体の情報や衛星画像を基に現地調査を実施し、避難場所や二次災害といった課題に対して各自治体にアドバイスを行った。また道路や市街地に堆積した土砂がライフライン復旧の妨げとなったため、土砂撤去を支援する高度技術指導班が7月23日から8月27日にかけて現地の指導及び土砂撤去計画の作成を実施し、土砂撤去や道路啓開が行われた。

(2) 直轄砂防災害関連緊急事業

甚大な被害のあった広島県内の9地区20箇所に於いて、監視カメラの設置・ワイヤーネットの設置など、応急的な砂防工事を実施した。これらの工事は川幅や運搬経路を考慮し、それぞれの現場環境に合わせた形で行われた。また設置・撤去の容易さから、備蓄品のワイヤーネットや土のうなども活用された。これらの緊急事業により、平成30年12月26日までに全ての応急対策が完了した。

5. 今後の事業

広島西部山系砂防事務所は、本年度4月より砂防単独事務所として開所した。平成30年7月豪雨対応は現在第2段階にあり、国・県・市町の砂防・治山それぞれに於いて全545箇所（令和元年5月時点）の緊急工事が行われている。土砂・洪水氾濫対策に対しては、トレンチ調査や災害痕跡調査等で状況把握を進めており、今後国や大学との包括協定等を活用して実態解明と対策の検討を進める。平成26年8月豪雨対応の特定緊急砂防事業は平成31年3月31日までに32基の砂防堰堤が整備済みで、今年度中にすべての施設が完成する予定である。以上に併せて通常の砂防事業、避難訓練や防災教育などのソフト対策も引き続き実施し、職員39名体制でこれらの事業を推進してゆく。

講演 3

土砂・洪水氾濫対策の考え方

五十嵐勇気 いがらし ゆうき
一般財団法人 砂防・地すべり技術センター 企画部 課長代理

1. はじめに

平成30年7月に発生した西日本豪雨では、広島県呉市などで同時多発的に斜面崩壊や土石流が発生し、大量の土砂が生産された。これらの土砂は下流河道で河床上昇・河道埋塞を引き起こし、市街地に広く堆積したことで、ライフライン等への直接的な被害に加え、円滑な避難の阻害や復旧への障害となる等、甚大な影響を与えた。

このような現象は土石流等による直接的な被害と区別され、『砂防事業の費用便益分析マニュアル（案）』では「土砂・洪水氾濫」と定義される。

土砂・洪水氾濫対策は、「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策（平成30年12月14日閣議決定）」において、重要インフラ等の機能維持の観点から、「全国の中小河川における土砂・洪水氾濫等の危険性に関する緊急対策」として位置づけられており、全国の中小河川での対応が急務となっている。

本講演では、近年発生した土砂・洪水氾濫事例からその特徴を整理し、土砂・洪水氾濫対策の考え方として、各種基準や文献等から、施設配置の考え方を示すとともに、特に遊砂地工を計画する場合において必要な機能や形状について示した。

2. 土砂・洪水氾濫の特徴

近年発生した土砂・洪水氾濫事例は、平成7年7月姫川災害、平成23年9月紀伊半島大水害、平成29年7月九州北部豪雨災害、平成30年7月西日本豪雨災害などがある。

これらの発生事例より、以下に示す4点の特徴が明らかになった。

(1) 降雨
- いずれも記録的な豪雨が観測されている。

(2) 土砂生産
- 同時多発的に斜面崩壊や土石流が発生し、大量な土砂生産が生じている。

(3) 土砂の粒径
- 流出土砂には細粒分が多く含まれる。

(4) 洪水・氾濫被害
- 下流河道で河床上昇や河道埋塞を引き起こし、河床勾配（2°）1/30未満の場所でも被害が発生している。

3. 土砂・洪水氾濫対策の考え方

土砂・洪水氾濫対策としては、下流河道の許容流砂量まで土砂量、土砂濃度を下げ、河道から溢れさせず安全に流下させられるよう、保全対象上流で効率的に細粒分を多く含む土砂、流木を捕捉するための砂防施設を設

けることが必要である。

前述の機能を有する砂防施設は、砂防堰堤や遊砂地工、渓流保全工といった施設があり、谷出口から保全対象までの区間、または、下流緩勾配区間の氾濫発生地点の上流箇所に配置することが考えられる。本講演では、これら施設のうち、特に、遊砂地工について紹介する。

遊砂地工は、『河川砂防技術基準』において、「掘削などにより渓流の一部を拡大して土砂などを堆積させることで、流送土砂の制御を行う施設である」とされている。

遊砂地工の形状として、『河川砂防技術基準』や『砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）』『土石流・流木対策設計技術指針』では、平面形状は、流入部を30°程度で拡幅させることや、拡幅幅を上流流路幅の5倍程度以内とするといった留意点が示されている。また、縦断形状については、掘り込み型式を基本とし、必要に応じて床固工を配置することで縦断勾配を緩くすることが示されている。加えて、特定条件下で行った水理模型実験（松村ら2001、水山ら1986）では、拡幅幅は上流流路幅の3倍以上、拡幅部の延長は上流流路幅の6倍程度が目安となることや、縦断勾配は元河床勾配の1/2程度が最も効果的な結果となったという報告もある。

4. おわりに

遊砂地工の最適な構造を検討するためには、数値計算と水理模型実験を組み合わせた検討が望ましいものの、過去の事例や水理模型実験結果等を収集・蓄積し、一般化する取り組みも必要と考えられる。

現在STCでは効果的な遊砂地工の施設形状の検討を進めており、今後水理模型実験等により検証を実施する予定である。

令和２年度
砂防・地すべり技術センター研究開発助成（自由課題）
募　集　の　御　案　内

平成４年度より開始した当センター「砂防・地すべり技術センター研究開発助成事業」は、砂防、地すべり及びがけ崩れ対策に関する技術開発及び調査研究を対象とし、特に問題意識が鮮明で達成目標が具体的であり新たな施策の展開を目指すテーマで、優れた人材を集結し充分な遂行能力を有する研究者に対して、助成を行うものです。

上記を踏まえ、令和２年度の研究開発助成の対象となる調査研究を下記の要領で募集の予定です。詳細な応募方法及び様式等については、後日当センターHP（**http://www.stc.or.jp/**）に掲載します。

記

1. 助成対象者：大学、高等専門学校等の研究者
   複数の研究組織に属する研究者による共同研究
2. 助成金額：１件に付き　申請者が１名の場合　：100万円以内
   申請者が複数名の場合　：150万円以内
3. 助成対象の決定等：令和２年４月１日をめどに、応募者宛に書面で通知
4. 研究期間：採択決定から令和３年３月31日
5. 成果に関する報告及び発表：
   ・研究実施期間終了後一ヶ月以内に、成果の概要書（A4版20頁程度 日本語）を当センター宛に提出
   ・令和３年11月25日（木）開催予定の「研究成果報告会」で申請者本人が研究成果を発表
6. 研究成果の帰属：助成対象者
7. 募集受付期間：令和元年12月２日（月）～令和２年１月31日（金）16：00必着（〆切厳守）
8. 問い合わせ先：（一財）砂防・地すべり技術センター 企画部　仲野
   〒102-0093 東京都千代田区平河町2-7-5　砂防会館５階
   TEL 03-5276-3271
   URL:http://www.stc.or.jp/

足元からはじめる・・・

以前、報道等で、女性に対して職場でのパンプス・ヒールのある靴の着用を強制することを禁止するよう求める運動が話題になった。同じ職場・仕事内容なのに性別によって許される服装が違うことや、効率の悪い・あるいは健康に害があるにも関わらず、それよりもマナーを優先させることの問題が提起された。これを聞いた時は、そのようなことを強制されている職場があることに驚いた。

自らを顧みると、就職活動の際や就職してからも、スーツなどを着て仕事をする時はパンプスを履くことが当たり前で、そうするものだと思っていた（なお、私の職場でパンプス等の着用は強制されていない）。ヒールのある靴を履いて長時間立っていたり、歩いたりした時には、足が痛くて歩くことがつらいと感じた事はよくある。それでもパンプスを履くことに対して、違和感を覚えたり、疑問を感じたことはなかった。パンプスを履くことに関して意識したことと言えば、苦痛を和らげる方法として、長く履いていても足が痛くなりにくい靴を探す程度だ。

靴に関する問題提起は、他にも耳にしたことがある。日本の幼稚園や小学校などでは、昔からバレーシューズと呼ばれるタイプの上履きが多く履かれている。子供は成長とともに頻繁に靴を買い替える必要があるため、比較的値段が安いこのタイプの靴は有難い一面もある。しかし、靴ひもやマジックテープでサイズの微調整ができないことや、必ずしも足に合った動きやすい構造とは言えないため、成長期の子供の足の形成に影響がでるのではないかと危惧するものである。このことを聞いた時、妙に納得したのを覚えている。

私は、子供の頃から少し大きめの上履きや外履きを履いて、靴が脱げないように指を浮かせて歩いていた。また、幅が狭い靴で足の形に合わないものも多かった。子供の頃から悩まされてきた外反母趾は、そのせいではないか・・・、そう思ったからだ。高校では登山部に所属していたが、地元の数少ない登山用品店にある登山靴の中から、足のサイズだけで靴を選んでいた（予算面の制約もあったが）。足の形に合った靴ではなかった事だけが理由ではないかもしれないが、山中を長時間歩くなかで、足がボロボロ、膝に負担がかかり、1日の山行の終わりには、足を引きずるように歩いたこともあった。足の痛みに悩まされながらも、自分の足や靴に無頓着だったのだと思う。

しかし、最近は外反母趾による痛みに悩まされることがほとんどない。以前は足の指を自分の意志で動かすことができなかったが、少しずつ、できるようになった。必要に迫られて、また選択の自由度が増したことで、足が痛くなりにくいパンプスを探すようになり、次第に足の大きさや形に合った靴を選べるようになったからかもしれない。

前述したような問題提起に対して、賛成や反対の意見を述べるつもりはない。ただ、このような話題をきっかけに、昔からの慣習や既成概念によって当たり前のように思っていたことが、よく考えるとおかしいことや、時代に合わないといったことがあるのだと気付かされた。

様々な選択肢が増え、それにアクセスしやすい今の世の中である。多様な価値観で、これまでの慣習とは異なる選択の可能性が高まっていると感じている。昔からの慣習や多数派の選択に対して、それとは異なる選択をすることをためらう意識は自分の中に根深くあるように感じている。しかし、自分の足元や身近なところにもう少し関心をもって、少しでも違和感を覚えることがあれば、それに注意を払いたい。それをきっかけに、もっと楽に、楽しくできることはないかを考えていきたいと思う。

その手始めとして、（上履きの指定がされていない）小学校に通う娘の上履きを、真っ白なバレーシューズから、足の形に合った黄色いスニーカーに変えた。娘がそれを希望していたこともあり、動きやすくて気に入ってくれているようだ。そして、汚れが目立ちにくいという副次的な効果をもたらしてくれた。ほんの些細なことではあるが、そのような事の積み重ねによって、自分も周囲の人たちも、より快適で楽しく過ごせるようになると良い。まずは足元から始めたい。

（神山 嬢子（かみやま じょうこ）・
（国研）土木研究所 土砂管理研究グループ）

蝶たちをめぐる⑤

ダイダラボッチが育む大地で
～増え続ける野生動物～

田下 昌志（たした まさし）
長野県建設技監・
日本鱗翅学会理事

「蘇ってもここはもうシシ神の森じゃない。」欲望により狩り取られた首が、シシ神に返された瞬間に山々は蘇り、まぶしいばかりの緑が広がっていく。宮崎駿監督の代表作「もののけ姫」に現れる“シシ神様”は、万物に命を与え、また、万物から命を奪う山の神様とされる。昼は人の顔をもった鹿様の体をもち、夜は一変してダイダラボッチに。巨大で半透明な体から青い光を放ちながら深い森を育てる。怒ったような険しい顔には、決して笑みが浮かぶことはなく、森のような静寂に包まれているが、これが反って、命あるものへの畏びを浮き上がらせている。逆に、シシ神様が、命を奪う神とされたのは、火山の噴火など自然災害が、人どころか森も動物たちもすべての生き物の命を奪い尽くしていくことを連想したのではないかとの話もある。

ダイダラボッチは、昔から日本各地に伝わる巨人である。信州にもダイダラボッチ伝説は、あちこちにあり、「ダイダラボッチが富士山の土を担いで運んだ際に、こぼれ落ちたのが八ヶ岳となり、その足跡が諏訪湖になった。」と小学生の時に先生から聞き、ダイダラボッチはどれほど大きなおっさんだだったのだろうかと真剣に考えたりもした。小学校の東側には、高ボッチ高原という標高1,500m程度の草山があるが、こちらの山は、ダイダラボッチが腰掛けた際にできたとのことである。重要文化財の牛伏川フランス式階段工のある一連の山塊に位置しており、北アルプスの眺望が美しいことから最近特に人気の高い山である。

この高ボッチ高原もしかりであるが、信州では、いたるところで鹿が目立つようになってきた。群れなして歩き回る姿はいと可愛いが、静まりかえった夜中、大きな角を掲げ、どす黒い毛皮に覆われたとてつもなく大きな雄鹿に、シシ神様のごとくジイッと見つめ返されると、ヤバイ！勘弁してよと拝みたくなる。なるほど神様というものは、もともとこういうものなのだろうとしみじみ思う。

さて、シシ神様ならぬニホンジカ様であるが、増えすぎたためにその食害が問題となりつつある。林床の草を食べ尽くし、林自体はきれいに見えるものの、灌木などまったくなくなってしまった斜面では、抑えるものがなくなったため、石が勢いよく転がり落ちるようになっているのだ。当然シカは、貴重な植物も食べてしまうわけだが、植物のみならず虫たちにとっても複雑な心境だ。中部地方の高原にいる**コヒョウモンモドキ**（**図-2左**）というチョウは、かつては、信州の高原のいたるところで様々な花の蜜を吸う姿がみられたが、最近はほとんど見かけなくなった。いなくなったのはシカが幼虫の食べる草を食べてしまったためである。子供の頃は、草原でシートを敷いてお昼を食べていると、ノコノコとトゲトゲの幼虫（**図-2右**）までもが這ってきたものである。シカにしてみれば草ばかりでなく幼虫付きとあれば、タンパク質も併せて摂ることができ、より満足な食材なのだろうか。そういえば、昨年、イネ科の植物を食べるチョウの幼虫を鉢植えに放し飼いにしていた時に、うちの猫にまんまと食べられてしまった苦い経験がある。猫は、腹の中の毛玉を除去するために単子葉の草を食べるわけであるが、かじり取られた鉢の近くで満足げに腕をナメナメしている姿を見ると、ひどくがっかりはしたものの怒る気持ちにはなれなかった。

もともと植物には、動物に食べられないように棘をもったものもある。**ミヤマシロチョウ**（**図-3**）は、本州の亜高山帯にすむ高山チョウの仲間である。渓流を滑るように舞うこのチョウは、氷河時代の落とし子とされる。翅は、氷河を思い起こすような白色をしているし、雌のチョウは、まさに翅が白く透きとおり氷そのものである。

図-1　ニホンジカの群れ

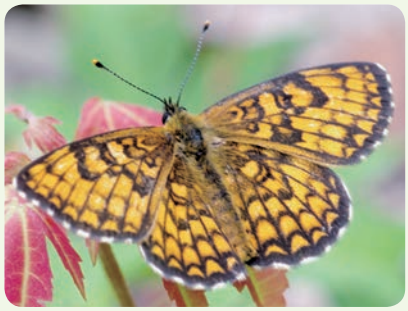


図-2　食害で減っているコヒョウモンモドキ（成虫）とその幼虫

図-3　ミヤマシロチョウは集団で吸水する

このチョウの幼虫は、ヒロハノヘビノボラズなどという棘だらけの植物を食べている。棘だらけでとても蛇でさえ登ることはできない灌木なのである。幼虫は糸でくくられた巣の中で群れて育つため、アメリカシロヒトリの幼虫の巣にそっくりだ。このチョウだけは、棘により守られているのではないかと思っていたら、餌に飢えたシシ神様は、許してはくれないようで、棘を上手にかいくぐりながらやはり食べてしまうようだ。

シカが増えることによって、喜んでいる虫がいるのも事実だ。本州からほとんど姿を消しそうな**ダイコクコガネ**（**図-4**）は、シカの到来を大歓迎している虫の一つである。この虫は、漢字で書くと“大黒黄金虫”となり、なんともお金が貯まりそうな目出たい虫なのである。ところが実は、この虫は、成虫も幼虫もウンチを食べている。北杜夫が愛したフンコロガシの仲間である。主に肉牛を放牧している牧場などで牛の糞を食べているわけであるが、最近、牛の病気予防のための薬の影響で育たなくなっているのではないかと言われている。ここにシカが登場し、牧場内に糞をばらまくようになったせいか一部の牧場では、勢力を取り戻しつつある。成虫は、糞の真下に直径1cmほどの穴を最初は垂直に、最後は横に曲げて堀り進み、終点の部屋に糞を取り込んだあと卵を産むのである。捕まえるのは大変で、地上の糞を除けたあと、穴に指を突っ込み、トンネルの位置を確かめながら掘り進む。さらに続けて指を突っ込む。爪の先にダイコク様の堅い甲羅が触れると、糞と戦ってきた今までの不快な思いが一気にふっとび、なんとも幸せな満足感に浸ることができるのである。

ミヤマシロチョウは氷河時代の落とし子だ（木版画製作／筆者）

糞虫には何種類もいて、牛の様な角をもった**シナノエンマコガネ**（**図-5**）なんて虫もいる。やはり漢字だと“信濃閻魔黄金虫”である。信州で最初に見つかった糞虫であるが、およそ大黒様だとか閻魔様だとか、名前を最初につけた方のユーモアに満ちたセンスに拍手を贈りたくなる。このように立派な角を持つようになったということは、彼らにとってウンチは、戦っても奪い取らねばならない黄金以上の貴重な資源というわけだ。実のところは、ウンチ以上に奪い取ろうとしているのは、ウンチに卵を産むために集まる雌なのではあるが。しかし、糞虫たちの中には角のないものもいて、こちらは緑色や金色、瑠璃色に輝いていと美しいのである（**図-6**）。

「ここはもうシシ神の森ではない。」昔ながらの自然に戻すのはなかなかむずかしいことを意味している。最近、環境が変わりつつあり、シカやイノシシが街中をやたらと闊歩し、虫たちの中にも、泣いているもの、ご満悦のもの等々千差万別。自然の様々な変容ぶりをながめているとシシ神様のご心労も改めて理解できるところである。

図-4　ダイコクコガネ（大黒黄金虫）

図-5　シナノエンマコガネ（信濃閻魔黄金虫）

図-6　ルリセンチコガネは、奈良でシカの糞を食べている

図-7　長野市内の我が家の庭にきたイノシシくん

海外事情

米国西海岸における土砂災害対策の実態等調査参加報告

近藤 玲次（こんどう れいじ）
（一財）砂防・地すべり技術センター　企画部　企画情報課　課長代理

図-1　アメリカ西海岸現地調査行程※

1. はじめに

安定した地盤が広がる北アメリカ大陸の中で、環太平洋造山帯に位置する西海岸部は日本と類似した地質特性を持ち、前世紀前半から日本の砂防に似た土砂災害対策を行っているアメリカでも希少な地域である[1)～9)]。国土交通省と砂防学会は、日本での土砂災害対策を進めるにあたって参考とするため、国土技術政策総合研究所　土砂災害研究部砂防研究室　内田太郎室長（当時）を調査団長として、アメリカ西海岸の土砂災害対策に関する実態調査を実施した。これに参加したので、ここに報告する。

2. 調査概要（図-1）

調 査 日：平成31年1月13日～1月20日
参加機関：国土交通省、国土技術政策総合研究所、土木研究所、砂防・地すべり技術センター、砂防フロンティア整備推進機構、砂防学会、ワシントンコア（現地コンサルタント）
訪 問 先：ロサンゼルス郡、カリフォルニア郡

3. 調査対象地の概要

前述の通り、日本同様の脆弱な地質に加え、地中海性気候に属することから、乾燥した夏の山林火災で流域が荒廃し、冬季の豪雨で土石流が発生という日本とは異なる土砂移動の特徴が見られる。近年においても、2017年末の州過去最大の焼失面積に達した山林火災（Thomas Fire）の後に土石流が発生し、死亡者23人、負傷者28人に及ぶ被害が発生している（図-2、3）。

一方で、ロサンゼルス郡は1万平方キロメートルの面積に人口約1,000万人を抱え、周辺の郡も合わせると2,000万人近くに達する米国でも有数の人口密集地区となっている。これらの背景から、対象地域では行政による土砂災害対策事業

日時	行動
1月13日（日）	移動　成田空港→ロサンゼルス
1月14日（月）	ロサンゼルス郡政府へのヒアリング その後、現地視察
1月15日（火）	移動　ロサンゼルス→サンタバーバラ 2018年11月Woolsey and Hill fires跡等の現地視察（ベンチュラ郡）
1月16日（水）	サンタバーバラ郡政府へのヒアリング その後、現地視察
1月17日（木）	移動　サンターバーバラ郡→サンフランシスコ
1月18日（金）	現地視察（Devil's Slide他）
1月19日（土）	移動　サンフランシスコ空港→成田空港
1月20日（日）	成田空港着

図-2　Thomas Fire後の土石流災害
（サンタバーバラ郡提供資料より）

図-3　2018年に発生した山林火災の跡
（調査団撮影）

図-4　ロサンゼルス郡政府公共事業局でのヒアリング

図-5　サンタバーバラ郡緊急オペレーションセンターでのヒアリング

※図-1　背景図の著作権は　Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

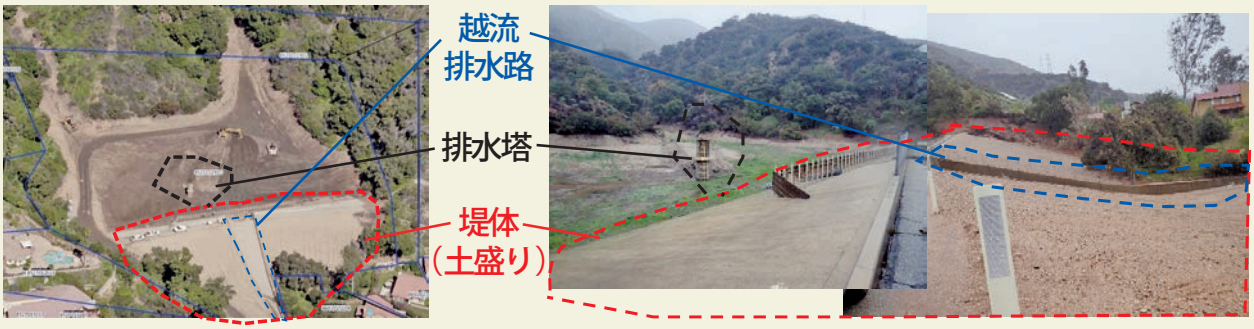


図-6　Debris Basinの例（ロサンゼルス郡が管理するMaddock Debris Basin、左：ロサンゼルス郡提供資料　右：調査団撮影）

が行われている。

4. 調査内容

4.1　調査手法

アメリカ合衆国は、それぞれが主権を持つ連邦政府と50の州（state）からなり、概ね州の下に郡（county）、その下に市（city）という行政区分を持つ構成となっている。土砂災害対策においても、連邦政府、州、郡、市などの様々な組織が関与する形となっている。連邦レベルでは、国防総省傘下にあり全米の主要河川やダムなどの洪水関連インフラの整備、維持管理を担当している米国陸軍工兵隊（USACE:United States Army Corps of Engineers）や、内務省傘下に設置された土壌や浸食分野の専門機関であるアメリカ地質調査所（USGS:United States Geological Survey）等の重要機関がある。南カリフォルニアにおける主要な土砂災害対策施設であるDebris basin（詳細は後述）の建設はUSACEや郡が行うが、USACEが建設した施設でも管理・保守は郡が引き継ぎ行うこととなっている。また、郡が新しい施設の建設・運用・保守（除石）を行う場合、生態系への影響面等の様々な要因を考慮して許可や調整を行うのもUSACEの役目となる。

今回の調査では、連邦政府機関等の監督の下、土砂災害対策の実務を行っている、日本の県に近い位置である郡を対象とした。カリフォルニア州南部に位置するロサンゼルス郡とサンタバーバラ郡の防災担当の職員にアポイントをとり、事前に既往文献やインターネット上に掲載されている計画等の収集・整理を行い、調査を実施した（**図-4、5**）。

以下に、事前調査・聞き取り調査で得られた情報を含めて各郡に関する土砂災害対策の内容を示す。

なお、有名なロサンゼルス市はロサンゼルス郡の中心都市である。

4.2　ロサンゼルス郡における対策

（1）ハード対策の基本

ロサンゼルス郡における土砂災害対策は、山林火災後数年間活発化する土砂流出を対象としている。既往検討より、山林火災後5年間は土砂流出が活発化し、以降時間の経過とともに流出が沈静化していくことが確認されている。一方で山林火災に伴わない土砂流出は重視されていないようである。

土砂対策のためのハード施設として、流域毎に谷出口に1～2基、Debris Basinと呼ばれる施設が配置される。小型のものを含め、ロサンゼルス郡では現在172基のDebris Basinが整備されている。

Debris Basinは土砂を滞留させて堆積させるため巨礫が堤体に直撃することを考慮しておらず、堤体は土盛りが基本で、場合によって表面をコンクリートや現地発生巨礫等で保護するようにしている（**図-6、7**）。施設容量は50年規模で発生する24時間雨量による流出土砂量を対象として設計されている。流出土砂量は、既往の災害や流出土砂量データに基づき、地質・植生・地形で区分したエリア（(Debris Potential Area（DPA）zone）ごとに、流域面積と比生産土砂量の関係性を示したDebris Production Rate Curves（DPR曲線）を設定し、この関係式から設定している（**図-8**）。

図-7　Debris Basin イメージ図

（ロサンゼルス郡HP（https://dpw.lacounty.gov/lacfcd/sediment/dcon/366.pdf）より）

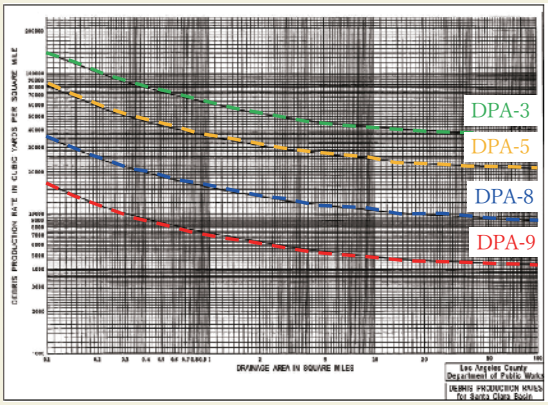


図-8　DPR曲線の例

（ロサンゼルス郡提供資料に加筆。横軸：流域面積、縦軸：単位面積あたり流出土砂量としてDPAごとに算出）

図-9　SPSの例
（ロサンゼルス郡が管理する Maddock Sediment Placement Sites、調査団撮影）

図-10　ロサンゼルス郡による除石の様子（ロサンゼルス郡提供資料より）

（2）除石

Debris Basinは除石管理を前提としており、排水塔、除石管理用道路、土捨て場（SPS: Sediment Placement Site）（**図-9**）等の付帯施設も整備するのが基本となっている。土石流発生後24～48時間後には重機の搬入が可能な程度に排水されるという（**図-10**）。除石の基準は通常は施設容量の25%堆積した時としているが、山林火災発生時は5%に引き上げられる。関係他機関から生態態系保護の観点から土砂の攪乱を最低限にしてほしいという要望があり、調整の上で25%という数字になったそうである。

近年では山林火災の頻発・大規模化を受けてSPSが不足傾向であり、SPSの確保が課題となっている。2013年には、SPS不足に対応する計画を策定しており、除石土砂の養浜や建材への活用等を検討している。

（3）緊急的なハード対策

ガードレールに用いられるコンクリート材を用い道路等を流路代わりにして土砂・洪水を下流に流すK-rail、鉄道のレール材と木板を使用する Rail and Timber Structure 等の緊急的なハード対策も行われている（**図-11**）。市販の資材を使用するため緊急時でも必要量の調達が可能であり、平常時からの計画や備蓄を行わずとも柔軟な対応が行えるということである。

4.3　サンタバーバラ郡における対策の概要

（1）ハード対策

谷出口にDebris Basinを配置し除石を前提とする等、基本的な考え方はロサンゼルス郡と同じであるが、予算の規模等の違いがあり、SPSを専用の施設として整備していない、新規施設を作りにくい等の違いがある。除石を重視しており、2017年のThomas Fireにおいては、1ヶ月程度で焼失エリアの合計11カ所のDebris Basinを全て除石した実績がある。

また、貴重な魚類が生息することから生態系保存の意識も高く、Debris Basinの透過型化や撤去の計画も進められていた（**図-12**）。

（2）警戒避難

サンタバーバラ群では、ソフト対策に力を入れている傾向が見られる。郡は、短時間降雨量予測に基づき、土砂災害の発生リスクが高く

図-11　緊急的なハード対策の事例（左：k-rail　右：Rail and Timber Structure、調査団撮影）

図-12　透過型化されたDebris Basinの例
（サンタバーバラ郡が管理するGobernador Debris Basin、調査団撮影）

なったと判断した場合に、以下の3段階で地域住民に避難勧告を発令するとしている。

①豪雨が到来する72時間前に住民告知（ready）
②48時間前に避難準備（Set）
③24時間前に避難開始（Go）

伝達手法として、直接訪問・スマートフォンアプリ・緊急速報メール等多様な手法がとられている。一方で避難率の低さも課題となっている。

（3）雨量基準

山林火災後の土石流の危険性は、火災後の経過年によっても変化する雨量強度基準により判断される。雨量強度基準の設定はアメリカ国立気象局とUSGSにより定められる。加えて、サンタバーバラ郡では、郡内および周辺に雨量計が100箇所設置され、Web上でリアルタイム観測結果が確認可能である。

（4）危険範囲の設定

山林火災が発生した場合、郡は期間限定で危険度の範囲を公表している。危険地域の評価は山林火災の強度に基づきUSGSにより実施される。USGSは流下氾濫範囲については不確実性が大きく示すのが困難として流域単位での危険度評価に止めている（**図-13**）。Thomas Fireの際には、サンタバーバラ郡は契約した民間会社が作成した流下氾濫範囲図を公表している（**図-14**）。

5. おわりに

今回の調査により、アメリカ西海岸における土砂災害対策の実態について貴重な知見を得ることができた。

社会・自然条件が異なるため、単純に我が国に適用できるものではないが、除石を前提として土捨て場を整備し常に容量を確保する運用や、転用可能な資材を用いた緊急的なハード対策は、参考にできる点があると思われる。また、除石土砂の活用方法や数値シミュレーションによる危険範囲の特定等、日本から技術援助できる余地もあると思われた。ロサンゼルス・サンタバーバラ郡の両政府の職員とも業務で多忙にも関わらず暖かく対応して頂き、有益な調査であったと思う。

一方で、日本とアメリカで技術交流する価値がある分野であり、実際過去にも交流が行われアメリカ西海岸の土砂災害対策について報告されているにも関わらず、その情報共有が充分になされていないことも感じられた。今後、確実に調査成果を伝達していくことが肝要と考えられる。

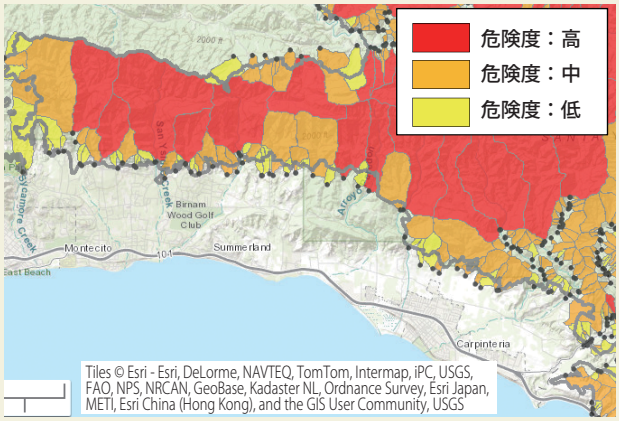


図-13　USGSによる危険範囲図
（USGS の HP（https://landslides.usgs.gov/hazards/postfire_debrisflow/）より、一部加筆）

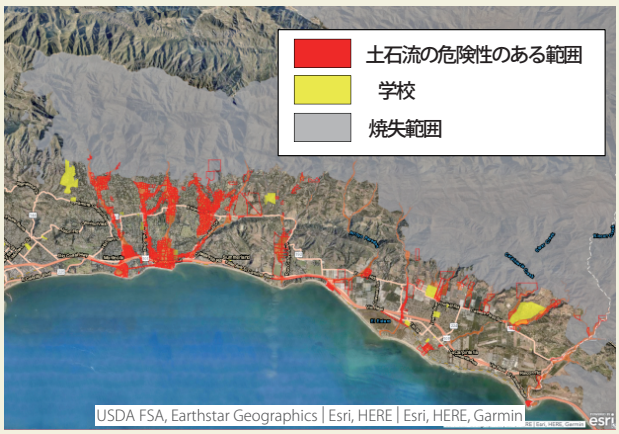


図-14　サンタバーバラ郡による危険範囲図
（2018 年 12 月公表版、サンタバーバラ郡の HP（https://sbcoem.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=2dfd558de56f45158b4f67ef678a24e3）より、一部加筆）

図-15　調査団一同
（ロサンゼルス郡　グリフィス天文台にて）

参考文献

1)大久保駿：アメリカの砂防、新砂防、vol.27、No.1、p.21-26、1974
2)清野雅雄：アメリカの土砂災害対策、新砂防 Vol.33、No.3、p.35-41、1981
3)小野寺弘道：アメリカ西海岸の土砂災害防止事業現地視察報告、新砂防 Vol.35、No.2、p.44-49、1982
4)水山高久：ロサンゼルスの砂防(1)、新砂防 Vol.35、No.2、p.36-38、1982
5)水山高久：ロサンゼルスの砂防(2)、新砂防 Vol.35、No.3、p.17-19、1982
6)村上隆博：米国の砂防事情1、新砂防 Vol.43、No.6、p.33-37、1991
7)山田孝：米国Los Angeles County Department of Public Worksによって作成された土石流災害防止・軽減のための家屋補強手法に関する小冊子について、新砂防 Vol.48、No.5、p.45-49、1995
8)小山内信智：L.A.Countyの砂防と防災体制、新砂防 Vol.52、No.2、p35-38、1999
9)野口尚彦:アメリカ西海岸における土砂災害と対策の現状、新砂防 Vol.57、No.1、p.51-61、2004

海外事情

第11回　日伊土砂災害防止技術会議出張報告

相楽（さがら） 涉（わたる）
（一財）砂防・地すべり技術センター　斜面保全部　技術課長

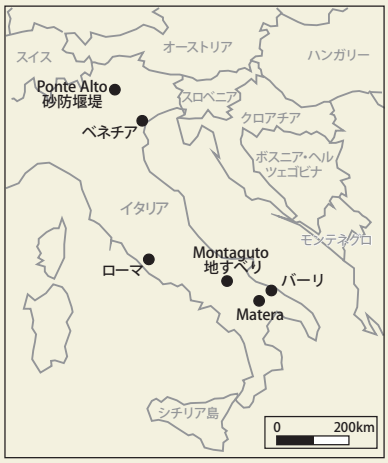


図-1　イタリア概略図

1. はじめに

平成30（2018）年11月10日から16日にかけて、「第11回　日伊土砂災害防止技術会議」がイタリア国にて開催されました。同会議は、平成10（1998）年11月にイタリア国ローマでの「第6回日伊科学技術協力合同委員会」にてその設置が合意され、平成11（1999）年に第1回会議が開催され、今次の会議で11回目となるとのことです。

本報告では、当該会議への出張行程、およびその概要等について報告します。

2. 出張概要　～出席者、行程等～

今次会議への日本からの参加者は、国土交通省、（国研）土木研究所の方々と私を含めた7名です（順不同・敬称略、役職名は出張時点）。

栗原淳一　国土交通省　水管理国土保全局　砂防部長
菊池　瞳　国土交通省　水管理国土保全局　砂防部　砂防計画課係長
内田太郎　国土交通省　国土技術政策総合研究所　土砂災害研究部　砂防研究室長
泉山寛明　国土交通省　国土技術政策総合研究所　土砂災害研究部　研究官
竹下　航　国立研究開発法人　土木研究所　土砂管理研究グループ　地すべりチーム　主任研究員
宮田秀介　京都大学防災研究所　助教（イタリア国ボルツァーノ大学留学中、現地にて合流）

出張期間は11月10～16日の6日間であり、以下の行程にて現地視察、室内会議等が開催されました（**図-1**）。

11月10日　成田空港発　ベネチア着
11月11日　現地視察（Ponte Alto砂防堰堤）
11月12日　ベネチア発 → ローマ（CNR（後述）表敬訪問）→ バーリ着
11月13日　現地視察（Montaguto地すべり対策）
11月14日　日伊土砂災害防止技術会議
11月15日　バーリ発
11月16日　羽田空港着

次節より、出張期間中の各日の行程について報告いたします。

3. 出張内容

11月10日、成田空港を午前10時10分に出発し、スイス国チューリッヒ経由でイタリア国ベネチアへ移動しました（**写真-1、2、3**）。ベネチア着時刻は午後18時50分（日本時間7月11日、午前1時50分）、CNR※職員のアレッサンドロ＝パスート氏、ギャンルカ＝マルカート氏のお二人と合流し、夕飯をご一緒しました（お二人は私たちの滞在中、全期間を通じて同行して下さいました）。

3.1　11月11日　～現地視察：Ponte Alto 砂防堰堤～

イタリア国における初日、11月11日はベネチアの北西約150kmにあるPonte Alto砂防堰堤の現地を視察しました（**写真-4**）。当該堰堤は、1537年に建設が開始されたものの、その後の災害の度に被災し、都合7回修復、再建されたとのことです。1880年代には、1611年に作られた基礎部の石堰堤の上にさらに積増して、高さ38mに達する大堰堤となり、現在では本堰堤と上

写真-1　ベネチアの風景1

写真-2　ベネチアの風景2

写真-3　サンマルコ広場

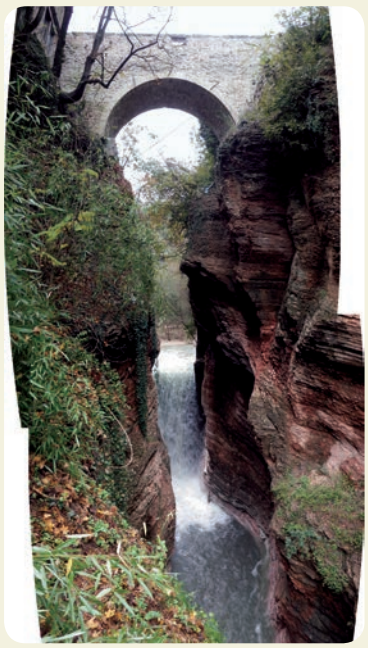


写真-4　ポンテアルト砂防堰堤

写真-5　トレント周辺の地図

下流の20基からなる砂防堰堤群により、下流のトレントの町は災害から守られているとのことです（**写真-5**）。

本堰堤の周辺は遊歩道や堰堤を裏側から見る場所が整備されており、現地のガイド氏による案内がありました（**写真-6**）。栗原部長より「時代的な関係性からみて、我国の白岩砂防堰堤はPonte Alto砂防堰堤をモデルにしている可能性がある」とのお話を伺い、非常に興味深い現地視察でした。

3.2　11月12日　～CNR※-IRPI :Consiglio Nazionale delle Ricerche（研究評議会 水・土砂災害対策研究所）表敬訪問～

11月12日は高速鉄道でベネチアから、イタリア南部バーリへ移動した（**写真-7、8**）。途中ローマで下車し、CNR（Consiglio Nazionale delle Ricerche）本部への表敬訪問となりました（**写真-9、10**）。アントネッロ＝プロベンザーレ地球環境局長から、日本、イタリアともに土砂災害の多い国であり、既往の日伊両国の密接な協力関係をより深めていきたいとの言葉を頂きました（**写真-11**）。

3.3　11月13日　～現地視察：Montaguto 地すべり対策事業～

11月13日は、バーリの西方約160kmに位置するMontaguto地すべり対策事業の現地を視察しました。当該地すべりは移動地塊が砂、

写真-6　ポンテアルト砂防堰堤のガイド

写真-7　ベネチア駅の列車案内

写真-8　高速鉄道車両

写真-9　ローマ市内の一風景

写真-10　CNR正面玄関にて

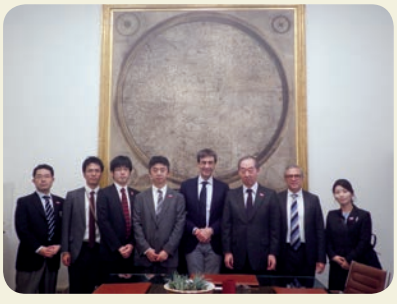


写真-11　CNR表敬訪問

写真-12　モンテアグト地すべり全景

シルト等から構成されており長さ約3kmにわたって流動化し、約500万m^{3}におよぶ地塊が地すべり末端に存在する国道、高速鉄道に影響を及ぼしたものです（**写真-12**）。地すべり対策として、末端の土留工、地塊内の地表排水路、砂防堰堤が実施され（**写真-13**）、国道、高速鉄道はその路線が迂回、変更されたとのことです。現在は経過観察として地表面変位、地下水圧、気象状況を含めて、トータルステーションによる観測が継続されているとの説明を受けました（**写真-14**）。日本であれば国道や鉄道といった重要な保全対象が地すべり末端に位置している場合、地すべり活動を終息させるまでのハード対策を確実に行ったであろうと考えますが、イタリア国ではある程度の地すべりの変位は許容し、保全対象を移転させることを対策の早い段階で選択肢の一つにするという印象を受けました。

現地視察後、Montaguto地すべりから宿泊地であるバーリへ移動する途中、世界遺産であるMatera（マテラ）という洞窟住居と岩窟教会公園へ案内して頂きました（**図-1**、**写真-15、16**）。現地ガイドの説明では、これら岩窟住居の起源は不明ながら、８～13世紀には東方のイスラム勢力から逃れた修道僧が、すでに多数の洞窟住居を構えていたとのことでした。マテラ周囲からは、旧石器時代の出土品も発見されており、かなり古くから人々が住んでいたとのことです。

同夜は、岩窟住居内のレストランで、同行頂いたイタリア側の技術者の方々とともに夕飯を頂きました（**写真-17**）。食事中にイタリアにおける地すべり観測機器の話題にな

写真-13　地すべり地内の砂防堰堤

写真-14　現地での地すべり観測等説明

写真-15　マテラ1

写真-16　マテラ2

り、特に孔内傾斜計の自動巻取り装置という機器には興味がわきました。機会があれば、当該機器の詳細について今後またお聞きしたいと思います。

3.4　11月14日　～第11回　土砂災害防止技術会議～

11月14日はバーリにて、今次出張中の主たるイベントであります「第11回　日伊土砂災害防止技術会議」が開催されました（**写真-18、19**）。日本側、及びイタリア側からの発表内容は以下の通りです。

【日本側発表】

① 日本における土砂災害リスク管理（栗原部長）
② 近年の深層崩壊研究のレビュー（内田室長）
③ 地震地すべりにおける水質と地盤状況との関係（相楽）
④ 崩壊に至る地すべりの切迫性評価（竹下主研）
⑤ 地震や降雨による土砂生産の長期的影響（泉山研究官）
⑥ TDRを用いた浮遊砂濃度計測手法（宮田助教）

【イタリア側発表】

① プーリア州における水文地質学的現象のリスク緩和に向けた取組（ラファエロ・サニカンドロ　プーリア州政府水災害リスク監理部長）
② 斜面崩壊モデルや降雨警戒システム等を活用した水文地質学現象のデータベース構築に向けた取組（ピエール・ニコラ・ロリーノ　CNRバーリ支所長）
③ イタリア南部における比較的速度の遅い地すべりの事例と対策（フランチェスカ・サンタロイアCNR研究員）
④ 地すべり観測と観測成果の公表における課題と取組、孔内傾斜計を用いた自動観測システム（パオロ・アラシアCNR研究員）
⑤ 2016年アマトリーチェ地震におけるCNRの取組（ミチェル・サンタジェロCNR研究員）

イタリア側の発表からは、モニタリング技術の開発と、その観測結果を活用したソフト対策が重要なテーマの一つになっているように思われました。モニタリング技術として、特に地すべりに関しては、孔内傾斜計による自動観測（前出の自動巻取り装置）のように、日本では事例のあまりない技術が紹介されました。

4. おわりに

11月14日の会議後、今後も日伊間にて共同研究及び情報共有を継続し、土砂災害に関する砂防・地すべり技術、行政課題についての議論を進めていくことについて合意がなされ、議事録に署名がなされました（**写真-20**）。次回会議は令和2（2020）年に日本にて開催される予定とのことです。

11月15日、アレッサンドロ＝パスート氏にお見送り頂きバーリの宿を出発（**写真-21**）、午後12時30分バーリ空港を出発し、ドイツミュンヘンを経由、11月16日午前10時55分、羽田空港に帰着致しました。

今次出張にてお世話になりました本省、国総研、土研の皆様、イタリア国の関係機関の皆様に心より御礼申し上げます。

写真-17　マテラでの夕食

写真-18　発表中の栗原部長

写真-19　パオロ・アラシア研究員

写真-20　次回会議開催への合意

写真-21　最終日～宿のロビーにて

海外事情

天然ダム及び土砂災害防止技術交流講習会

長井 義樹（ながい よしき）
(一財)砂防・地すべり技術センター　砂防部長

1. 天然ダム及び土砂災害防止技術交流講習会について

台湾南部の古都、台南市で5月27日と28日に天然ダム及び土砂災害防止技術交流講習会が開催されました。この講習会は、台湾国内で砂防事業を実施している経済部水利署、農業委員会林務局、農業委員会水土保持局の3機関と国立成功大学防災研究センターによって毎年共同開催されています。

今年の講習会には、日本から山口真司（国土技術政策総合研究所土砂災害研究部長）、小山内信智（政策研究大学院大学教授・(一財）砂防・地すべり技術センター砂防技術研究所長）、中谷加奈（京都大学大学院助教）の3氏及び私の計4名が講師として招待されました。講習会は訓練と研修会の2日間でしたが、現地視察等も含め1週間台湾に滞在しましたので、その活動内容を報告します。

2. 行程

今回の台湾滞在行程は、以下の通りです。

5月26日（日）羽田空港→台北松山空港→台南市
5月27日（月）成功大学防災研究センター視察、天然ダム及び土砂災害対応連合訓練
5月28日（火）天然ダム及び土砂災害防止技術研修会
5月29日（水）台南市→台北市、関係機関表敬訪問
5月30日（木）現地視察
5月31日（金）現地視察
6月　1日（土）台北松山空港→羽田空港

台南市へは、台北から台湾新幹線（HSR）に乗って移動しましたが、新幹線台南駅が台南市の郊外にあるため駅から30分ほど自動車に乗り、台南市街地へ着きました。

3. 講習会の内容

天然ダム及び土砂災害防止技術交流講習会は、1日目に天然ダム及び土砂災害対応連合訓練を実施し、翌日に天然ダム及び土砂災害防止技術研修会を行うというプログラムになっていました。連合訓練実施日の午前中は、成功大学防災研究センターを視察しました。成功大学キャンパスは、台南市中心部の広い敷地であるため、市民が憩いの場としても利用しているようでしたが、防災研究センターは台南市の西郊外の海の近くにあり、使用していない広大な敷地の中に“ポツン”とセンター棟と水工試験所が建っていました。水工試験所は、日本国内でも見たことがないほどの大規模な施設があり、維持管理にコストがかかるだろうと余計な心配をしてしまいました（**写真-1、2**）。

連合訓練の会場は、台南市政府消防局大ホールで、訓練形式は、ロールプレイング方式で行われました。プレイヤーとして、講習会主催者のそれぞれの出先機関である水利署第七河川局、水土保持局台南分局、林務局屏東林区管理処に加えて、天然ダム災害発生の想定地点がある高雄市の防災担当者も参加していました。

訓練シナリオは、台風の接近・通過、それに伴う降雨、天然ダムが形成、天然ダム監視や応急対策開始といった内容でした。シナリオの最後に天然ダム発生から2週間後にM5.8の地震が発生したという想定があったのには驚きました。訓練後の感想として高雄市の防災担当者から「天然ダム災害の知識がない」「情報が欲しい」「災害時の支援をお願いしたい」と日本の市町村と同じ悩みを抱えていることもわかりました。我々4名は、訓練アドバイザーとして講評等を1人ずつコメントする予定でしたが、熱心な訓練のおかげで時間がなくなり、1人が代表して講評を行いました（**写真-3**）。その後、消防局のオペレーションルームを視察して訓練を終えました。

翌日の研修会は、成功大学で行われました。連合訓練参加者は、研修

写真-1　水工試験所内の実験施設

写真-2　100mの大型実験水路

写真-3　連合訓練

写真-4　講演中の著者

会に参加していましたが、研修会のみの参加者として地元の台南市政府、中央地質調査所、防災関連企業等から聴講者が来ていました。

研修会の演題は以下の通りです。

・小山内信智「北海道胆振東部地震で発生した土砂災害の概要と天然ダム対応」
・山口真司「日本における最近の土砂災害と土砂災害防止法改正・緊急調査」
・長井義樹「豪雨時における複数天然ダムへのハード・ソフト対応」（**写真-4**）
・中谷加奈「数値シミュレーションによる天然ダム決壊ならびに土石流発生時のハザードマップ検討」

講演後に水利署第七河川局、水土保持局台南分局、林務局屏東林区管理処の3機関から「2009年MORAKOT台風災害と対策後10年の状況」についてそれぞれの取り組み等が報告されました。2009年MORAKOT台風では小林村が深層崩壊により村ごと流出、消失する大災害が発生したため、日本でも報道されていましたのでご存じの方も多いと思います。研修会の締めくくりの総合討論においては、国土交通省のTEC-FORCEについて質問が多くだされました。台湾でも同様の組織を設置したいとのことでした（**写真-5**）。

4. 台北市での活動

台南市から再び新幹線（HSR）で台北市に移動しました（**写真-6**）。まず、技術交流講習会の主催者で、連合訓練と研修会に参加していた林務局主任秘書（**写真-7**）と水利署副署長を訪ね、その後、国家発展委員会国土区域離島発展処長を訪問しました。

この処長は、昨年まで台南市政府水利局長として台南市に在住しており、昨年11月に成功大学防災研究センターと台南市政府が平成30年西日本豪雨災害の視察で広島市を訪れた視察団の一人として日本を訪れています。この視察団に砂防・地すべり技術センターが現地案内として随行した経緯があり、当時お世話になり親切に対応してもらったと感謝の言葉をいただきました（**写真-8**）。

5. 現地視察

新竹縣にある林務局新竹林区管理処管内の土場と鹿場の2地区を視察しました。土場という地区では、2004年の台風災害の斜面崩壊で15名が亡くなり、3名は未だに崩壊土砂に埋まったままということでした。日本であればなんとしてでも生き埋めになった人がいれば助け出そうとしますが、お国柄の違いというものを感じました。鹿場という地区では、2018年3月に降雨、地震等崩壊の誘因となるものが無いのに斜面が崩壊し、その後4月と5月に崩壊が拡大しました。日本でも昨年平成30年4月に大分県耶馬溪において同じように降雨等が無く崩壊が発生した事例があり、私が砂防学会耶馬溪調査団に参加していたので、当時の調査について説明を行いました。現地視察はこれで終わらず、鹿場ではこれから対策に着手するということで新竹林区管理処において対策検討会が行われました。崩壊周辺は、地すべりによる道路の変状も表れていたので、崩壊地周辺状況説明と調査項目、応急対策等を提案しました（**写真-9、10**）。

写真-5　研修会の総合討論

写真-6　台湾の新幹線

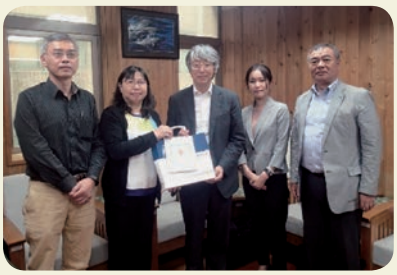


写真-7　林務局主任秘書（左から2人目）

写真-8　国家発展委員会国土区域離島発展処処長（右から1人目）

写真-9　鹿場の視察

写真-10　新竹林区管理処での対策検討会

6. おわりに

さて、講習会、表敬訪問等多くの場所で集合写真を撮りました。その際に必ず「ナンバーワン！」と言って親指を立てるポーズ（いいね！ポーズ）をしながら写真を撮りましたが、台湾の慣習？あるいは流行？なのでしょうか（**写真-11**）。

はじめての台湾滞在は、到着から出国まで随行していただいた成功大学防災研究センターの皆さんのおかげで快適に過ごすことができました。ありがとうございました。

写真-11　親指を立てながら「ナンバーワンと叫ぶ」

旅のつれづれ　Taiwan

サブマリン

ご存じの方も多いと思いますが、50°～60°とアルコール度が非常に高い高粱酒は、通常そのままショットグラスで飲みます。しかし宴会では、高粱酒入りショットグラスをグラスごとビールの注がれたグラスに沈めて、一気に飲むという「サブマリン」と呼ばれる飲み方が多かったようです。

客家料理からスイーツまで

客家料理と呼ばれる伝統的な料理は、煮物、揚げ物、スープ等大皿で供され、しかも10品以上出てくるのでとても食べきれないほどです。また、「小籠包」「魯肉飯」「牛肉ラーメン」や、「家鴨の首」「豚の内臓スープ」などの屋台飯、スイーツの定番である甘い豆腐のような「豆花」「マンゴーかき氷」などのB級グルメも、多忙な短期間だったにもかかわらず、満喫することができました。

海外事情　世界の土砂災害（第24回）2018/10/1~2019/3/31

（一財）砂防・地すべり技術センター　企画部 国際課

発生日	国名	種別	概要
2018年 10月11日	ウガンダ	洪水、 土砂崩れ	ウガンダ東部ブドゥダ（Bududa）県で、11日に豪雨により河川の堤防が決壊したうえ、土砂崩れも発生し、少なくとも34人が死亡した。同県では土砂崩れの前に、河川の堤防が決壊してあふれ出た泥水が市場に流れ込む被害も発生している。ブドゥダ県は、土砂崩れのリスクが高い地域で、2010年3月にはやはり土砂崩れで少なくとも100人が死亡、2012年には3つの村が押しつぶされた。
10月13日	インドネシア	土石流	10月10日からの豪雨によってインドネシア西部で洪水と土砂崩れ及び土石流が起き、少なくとも22人が死亡し、多数の行方不明者が出ている。当局者によると、北スマトラ（North Sumatra）州ではこの3日間で少なくとも17人の死亡が確認され、西スマトラ（West Sumatra）州では5人が死亡した。
10月31日	フィリピン	地すべり	30日、台風26号（Typhoon Yutu）が通過したフィリピン北部のルソン（Luzon）島各地で土砂崩れや川の氾濫が起こり、20人が死亡した。 このうち、ルソン島北部のナトニン（Natonin）のコルディレラ（Cordillera）山脈地域では、30日夜、建設中の公共事業・道路局の建物が土砂に埋まり、中にいた職員、避難していた住民など14名が亡くなった。この施設は避難所ではないが、コンクリート製の建物が周りにないため、付近の住民が自主的に避難していた。

発生日	国名	種別	概要
11月5日	イタリア	洪水	イタリアは10月末から、ベネチア（Venice）周辺など北部を中心に、相次いで暴風雨に見舞われ、1週間ですでに30人以上が死亡している。シチリア島では洪水により多数の道路が通行止めとなり、自治体の首長らが学校や公園、地下道などの閉鎖を命じていた。 ベネト州では、風速50メートル以上の風が吹いて1400万本余りの木が倒れ、地元の消防が公開した映像では、山から流れ込んだと見られる大量の木が、ダムの一面に広がる様子が捉えられている。
11月9日	ヨルダン	土石流	11月9日、中東のヨルダンの世界遺産ペトラ（Petra）遺跡で、土石流が発生し3,000人以上の観光客が避難した。同日はヨルダン各地で大雨による洪水や急激な増水が発生し、政府は10日、11人が死亡したと明らかにした。ヨルダン気象庁によると、9日はペトラ遺跡の周辺で年間平均降水量の5分の1が1日で降る大雨となり、1963年以来の大きな水害になったとのこと。専門家はヨルダンなどの乾燥地帯は、日照りにより地表が固くなっているため雨水がしみ込みにくく、大雨になると土砂を含んだ大量の水が一気に押し寄せる「フラッシュフラッド」と呼ばれる現象が起きた可能性が高いと指摘している。
11月10日	ブラジル	がけ崩れ	11月7日から寒冷前線通過に伴う強い雨が続いていたリオデジャネイロ（Rio de Janeiro）州のニテロイ（Niteroi）市ピラチニンガ（Piratininga）区で、10日土砂崩れが発生し15名の死者が出た。午前4時過ぎボア・エスペランサ（Boa Esperança）と呼ばれる丘の斜面の岩が外れて土砂崩れを起こし民家7軒を直撃した。生存者によると同地区の家は、昨年市防災局によって立ち入り禁止措置がとられ、強い雨が降ったら退避するよう言われていたが、市役所からは別の住居や補償の提供はなく、雨の中自宅に留まり事故に遭ったと語った。同地区は、危険区域に指定されていなかった。
12月22日	インドネシア	火山噴火、津波	スンダ海峡北方に位置する標高は300メートルを超える溶岩流から成る火山島アナク・クラカタウ山が、12月22日に大規模な山体崩落を起こし、土砂が火山南西部の水深270メートルに達する海底へ向かって崩れ落ちる海底地すべりが発生した。押しのけられた海水が島の南側へと波及する大規模な津波となり、ジャワ島およびスマトラ島のスンダ海峡沿岸部に甚大な被害を引き起こした。2018年12月29日時点で死者数は426人。 住民に対する津波警報は発令されず、住民は無警戒のまま被災した。事前警報が発令されなかった背景は津波発生のメカニズムに原因があり、これまでにインドネシアで発生した津波のほとんどが地震を原因とするものだったが、今回は山体崩落が主原因であり、地震波などの前兆を捉えることができなかったためとしている。
12月29日	フィリピン	洪水、崩壊	12月29日熱帯低気圧「ウスマン（Usman）」がフィリピン中部と東部を襲い、大規模な洪水と土砂崩れが発生した。マニラ南東の山岳地帯ビコル（Bicol）では100人を超す犠牲者が、全国で126人の死者が出ている。また、15万2,000人が避難し、75人が負傷した。民間防衛局によると、政府の警告システムでは今回の低気圧が台風のレベルにまで発達しなかったため、多くの人々が必要な備えを行わずに油断していたという。また、クリスマスシーズンで自宅からの避難を渋る住民が多かったと指摘した。
12月31日	インドネシア	崩壊	2018年12月31日17時半ごろ、西ジャワ（West Java）州スカブミ（Sukabumi）県チソロク（Cisolok）郡シマレスミ（Sirnaresmi）村チマパグ（Cimapag）集落で豪雨に伴う斜面崩壊が発生し、流下泥土で家屋が埋没あるいは流出。住宅約34棟が土砂に埋まり、31人死亡、2人行方不明、3人負傷。
2019年 1月25日	ブラジル	決壊	ブラジル南東部で1月25日に発生した鉱山ダムの決壊事故により、これまでに166人が死亡、155人が現在も行方不明となっている。周辺の10町村で河川汚染の被害が続いている。（2月14日現在）ブルマジーニョ（Brumadinho）近くの鉱滓（こうさい）ダムが決壊したことで鉱物を含む泥がパラオペバ（Paraopeba）川を120キロにわたって汚染。川沿いの町村に影響を及ぼしている。鉱山ダムを所有していたのは鉄鉱石採掘世界最大手のブラジル企業バーレ（Vale）で、決壊により数百万トンもの廃棄物が流出。同州内で発生したバーレが絡む事故は過去3年間で2回目。
2月26日	インドネシア	崩壊	インドネシアの北スラウェシ（North Sulawesi）州ボラアンモゴンドウ（Bolaang Mongondow）県で違法金鉱が崩壊した事故で、当局は4日、100人が依然内部に取り残されている可能性があり、全員が死亡した恐れがあると発表した。これまでの懸命な救助活動により、生存者19人が救出された一方、9人の死亡が確認されている。事故が発生した地域では、昨年12月にも違法金鉱で同様の事故があり、5人が死亡している。鉱物資源の豊かなインドネシアには無許可の鉱山が多数あり、最低限の安全対策さえ一切講じられていない場所も多い。
3月14日	モザンビーク	崩壊	アフリカ南部モザンビークのフィリペ・ニュシ大統領は18日、サイクロン「アイダイ」による死者が1,000人に上る可能性があると発表した。
3月20日	ブラジル	洪水・崩壊	サンパウロ州ではこの夏、水害による死者が激増したと、21日付現地紙が報じている。この夏の3カ月間のサンパウロ州での水害による死者は、サンパウロ市7人、それ以外の市31人の合わせて38人だった。17／18年の死者は、サンパウロ市4人、それ以外の市6人の計10人だったから、3.8倍に増えたことになる。死亡原因のトップは大水（洪水や濁流）で、14人。土砂崩れでは10人、落雷では7人、家屋崩壊では4人が犠牲となった。38人中の14人が、先週はじめにサンパウロ大都市圏を襲い、10日夜から11日朝までの12時間で記録的豪雨を記録した大雨によるもの。
3月31日	エジプト	洪水・崩壊	イラン全土で、洪水や鉄砲水による被害が拡大している。3月中旬以降、本格化した豪雨は過去10年間で最も深刻とされ、地元メディアによると、4月2日までに57人が死亡した。水害はイランの全31州のうち少なくとも26州に及び、被害を受けた道路は全国の3割以上に達したとする情報もある。被災地では電気や通信が広範囲で遮断されている。

技術審査証明05

リングネット落石吸収柵工法（高エネルギー吸収タイプ落石防護柵）

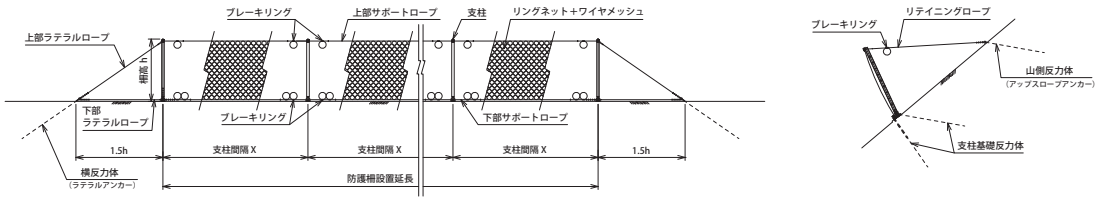
【審査証明取得日】平成31年1月28日
【取得会社】東亜グラウト工業株式会社

【技術詳細に関するURL】http://www.toa-g.co.jp/

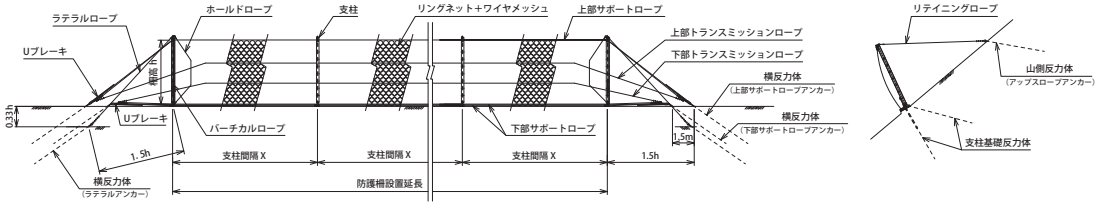
技術概要と今回の変更点

リングネット落石吸収柵工法は、高エネルギー吸収型落石防護柵に分類され、落石の運動エネルギーに剛な構造で対抗するのではなく、リングネットの大きな変形性および衝撃緩和装置によってエネルギーを吸収する可撓性の落石防護柵です。落石の運動エネルギー 250 ～ 3,000kJに適用できます。

今回の更新申請では、新たな防護柵タイプ（RXEタイプ、500kJ ～ 3,000kJ）を追加しました。既取得技術（RXタイプ）に比べ部材の軽量化および構造の簡素化を図ることで施工性が向上したとともに、落石捕捉後において部材の交換が必要になった場合には、より容易に部材の交換ができることから、維持管理性も向上しています。これより、既取得技術を含め計10タイプの防護柵を取り揃えることで顧客の要望にあった防護柵選定が可能となりました。



既取得技術（RX-200）



変更追加技術（RXE-2000）

標準構造図

施工・捕捉事例

施工事例　奈良県
（RXE-3000、3000kJ対応型）

捕捉事例　北海道
（RX-200、2000kJ対応型）

技術の特長

・実物大実験を実施し、防護柵タイプごとに最大吸収エネルギーを検証しています。

・エネルギー吸収部材である衝撃緩和装置は、既取得技術（RXタイプ）では鋼材を円形に加工したブレーキリングを使用します。一方、変更追加技術（RXEタイプ）では、平鋼や丸鋼を折り返したUブレーキを使用します。Uブレーキはブレーキリングよりも1個あたりのエネルギー吸収能が高いため、設置個数を減らすことができます。

・落石捕捉面はネットであり透過性があるため、斜面において目立たず、自然環境になじみやすいです。

ブレーキリング

Uブレーキ

衝撃緩和装置

技術審査証明24

【技術名称】スパイラル補強高耐力永久アンカー工法（Mighty MCアンカー工法：荷重分散型）

【審査証明取得日】平成31年4月10日

【取得会社】鹿島建設株式会社、ケミカルグラウト株式会社、ジャパンライフ株式会社、日鉄SGワイヤ株式会社、弘和産業株式会社

【技術詳細に関するURL】http://www.chemicalgrout.co.jp

技術概要と今回の変更点

Mighty MCアンカー工法は、地震による地すべり抑止や塔状構造物の転倒防止等を目的として開発された大容量アンカーであり、スパイラル補強筋を直上に有する耐荷体を複数個配置した荷重分散型永久アンカー工法であり、以下の特長があります。

①耐荷体直上部にスパイラル補強筋を配置することにより、補強筋内部のグラウトが健全な状態に保たれる。

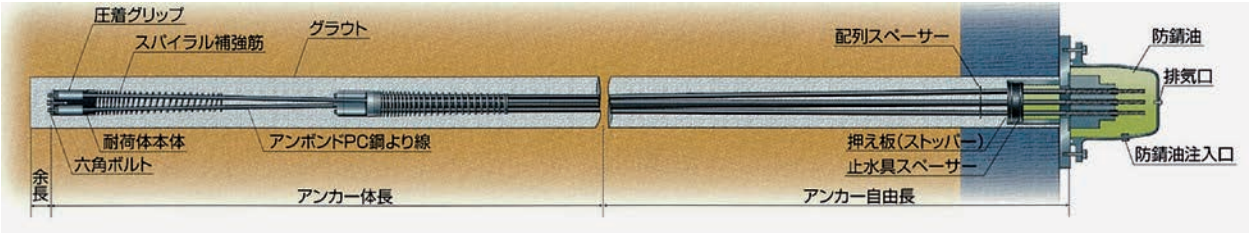
②荷重分散型のアンカーテンドンが形成される。

③確実な防食が長期にわたり確保されている。

④テンドンの組立加工に熟練工を要さず、現場でも施工可能である。

⑤広範囲の設計アンカー荷重（271kN ～ 2407kN）が得られる。

なお、今回の更新申請は、本アンカー工法が、荷重範囲が異なるものの、技術審査証明を先に取得済みのスパイラル補強圧縮型永久アンカー工法（Super MCアンカー工法：荷重分散型）と支持力機構およびテンドン構造等が同種であることより、開発目標等の整合性を図るために実施しました。



スパイラル補強高耐力永久アンカーのテンドン標準図

他工法との優位点等

①本アンカー工法は、耐荷体直上部に配置したスパイラル補強筋の拘束効果により、アンカー体設置部のグラウトにテンションクラックが発生しないので、このような耐荷体を複数個用いることにより、安定したアンカーの支持機構が確保される。

②テンドンの構造がシンプルのため、圧着グリップ加工を含め、耐荷体の組立は、施工現場で容易に行うことが可能であり、現地の地山条件等によってアンカー長やアンカー荷重が変更される場合にも即時対応できる。

③永久アンカーとしては、最大級の荷重（2407kN）を有するアンカーが施工可能なので、比較的大きな地震動に対応できる。

法面工事での施工事例

優良業務及び優秀技術者表彰

【優良業務及び優秀技術者表彰】

◆優良業務名「H29浅間山・草津白根山減災対策検討他業務」関東地方整備局長表彰
優秀技術者：杤木　敏仁

◆優良業務名「平成30年度高瀬川流域における土砂洪水氾濫対策検討業務」北陸地方整備局長表彰

行事一覧（1月～7月）

◆◆協賛（後援）

2月7日、8日	「第23回震災対策技術展・横浜」（後援）
6月6日、7日	「第6回震災対策技術展・大阪」（後援）
6月1日	「平成31年度土砂災害防止月間」（後援）
	「第20回砂防ボランティア全国のつどい」（後援）

評議員会及び理事会の開催

【平成30年度第2回理事会】 平成30年度第2回理事会が平成31年3月12日に開催され2019年度の事業計画及び収支予算等の審議が行われました。

【令和元年度第1回理事会】 令和元年度第1回理事会が令和元年5月30日に開催され、平成30年度事業報告、収支決算及び公益目的支出計画実施報告書等について審議が行われました。

【令和元年度定時評議員会】 令和元年度の定時評議員会が、令和元年6月25日に開催され平成30年度の収支決算及び理事、監事の改選等について審議が行われました。
この結果、第5期理事及び第3期監事として下記の方が選任されました。

【第５期理事】

◆石黒　　亙	（一社）秋田県県土整備コンサルタンツ協会 相談役
◆小杉賢一朗	京都大学大学院農学研究科教授
◆鈴木　雅一	東京大学名誉教授
◆西出　則武	東北大学特任教授
◆増田　美砂	筑波大学名誉教授
◆松本　浩司	NHK解説主幹
◆丸谷　知己	地方独立行政法人北海道立総合研究機構 理事
◆室田　哲男	みずほ銀行証券部 顧問
◆南　　哲行	常　勤
◆菊井　稔宏	常　勤

【第３期監事】

◆井良沢道也	岩手大学農学部教授
◆松原　文雄	あすなろ法律事務所弁護士

【令和元年度第2回理事会】 令和元年度第2回理事会が、令和元年7月3日に開催され、代表理事及び業務執行理事の選定について審議が行われ、南　哲行理事が前期に引き続き理事長に選定され、菊井稔宏理事が業務執行理事に選任されました。

人事異動

◆◆1月16日付

【配置換え】	田地野 真由美	企画部（総務部契約課）
	水野　　忍	総務部契約課（企画部）

◆◆2月22日付

【退　　職】	友部　秀器	企画部調査役

◆◆3月31日付

【退　　職】	安味　恵理	企画部
	田地野 真由美	企画部

	加藤　誠章	砂防部技術課課長代理
	厚井　高志	砂防部技術課主任技師
【出向修了】	関根　　亮	砂防部技術課技師
	細谷　健介	斜面保全部技術課技師

◆◆4月1日付

【採　　用】	藤平　　大	砂防技術研究所調査役
	井上　隆太	砂防部技術課主任技師（新規採用）
	國田　佳穂	企画部企画情報課技師（新規採用）
【委　　嘱】	小山内 信智	砂防技術研究所長に委嘱
【配置換え】	吉田　真也	企画部企画情報課課長代理（総合防災部技術課課長代理）
【昇　　任】	相楽　　渉	斜面保全部技術課長（斜面保全部技術課課長代理）
	五十嵐 勇気	企画部企画情報課課長代理（企画部企画情報課主任技師）
	小林　拓也	総合防災部技術課主任技師（総合防災部技術課技師）
【兼務・併任】	石引　庄一 （総務部長）	総務部総務課長を兼務
	菊井　稔宏 （総合防災部長）	砂防部次長の併任を解除
	杤木　敏仁 （総合防災部次長）	砂防部次長の併任

◆◆4月30日付

【出向期間修了】	高澤　忠司	斜面保全部技術課技師

◆◆5月1日付

【新規出向】	淺田　雄哉	斜面保全部技術課技師
	大塚　洋之	斜面保全部技術課技師

◆◆5月31日付

【出向期間修了】	池田　貴洋	砂防部技術課技師
	角田　皓史	砂防部技術課技師
	竹口　由紀	砂防部技術課技師

◆◆6月1日付

【新規出向】	片岡　宏介	砂防部技術課技師
	塚田　訓子	砂防部技術課技師

◆◆6月5日付

【採　　用】	西内　卓也	企画部上席参事

◆◆6月24日付

【退　　職】	菊井　稔宏	（総合防災部長）

◆◆6月25日付

【委　　嘱】	菊井　稔宏	総合防災部長に委嘱

◆◆6月26日付

【委　　嘱】	綱木　亮介	総括技師に委嘱

◆◆6月30日付

【退　　職】	山越　隆雄	砂防技術研究所調査役（兼）企画部国際課長 （国土技術政策総合研究所土砂災害研究部 砂防研究室長へ）

◆◆7月1日付

【兼　　務】	藤平　　大 （砂防技術研究所調査役）	企画部国際課長を兼務

◆◆7月7日付

【退　　職】	冨田　陽子	企画部長（兼）企画部企画情報課長 （国立研究開発法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ長へ）

◆◆7月8日付

【配置換え】	浦　　真	企画部長（砂防技術研究所技術部長） 砂防技術研究所技術部長及び企画部企画情報課長を兼務

2019年度（公社）砂防学会通常総会・研究発表会

5月21日から23日にかけて、盛岡市民文化ホール「マリオス」にて行われた（公社）砂防学会主催　砂防学会通常総会ならびに研究発表会において、当センターからは下記10題を発表しました。

	所属部	発表者	タイトル
1	総合防災部	池田 暁彦	梓川上流域（上高地）における解析雨量の適用性について
2		太田 紘樹	火山地域における土石流シミュレーションの計算条件設定時の留意点
3		小尾　亮	降灰後の土石流発生に関わる火山灰特性（軽石の堆積密度）について
4		金井 啓通	降灰頻度マップを用いた火山砂防における降灰範囲評価について
5		小林 拓也	本白根山の平成30年1月噴火による火山灰の降雨等による土砂移動観測
6		藤沢 康弘	火山噴火緊急減災対策砂防計画の現状と課題
7		前寺 雅紀	UAVを活用した火山灰堆積厚の計測手法の検討
8	砂防技術研究所	佐々木 司	中小礫捕捉のための鋼製透過型砂防堰堤の機能部材の配置間隔に関する研究
9		嶋　丈示	老朽化した不透過型砂防堰堤を透過型に改良する場合の一提案
10		鳴海 正寿	土砂が混在した場合のスクリーン型流木捕捉工の特性について

2019年度（公社）日本地すべり学会研究発表会

8月20日から23日、KKRホテル熊本にて行われた（公社）日本地すべり学会主催　地すべり学会研究発表会において、当センターからは下記7題を発表しました。

	所属部	発表者	タイトル
1	斜面保全部	相楽　渉	複雑な変動形態を呈する大規模地すべりの安定度評価について
2		鈴木 真悟	月山地区志津地すべりのすべり面形状について ～その2～
3		鶴見 侑生	鷲尾岳地すべりにおける地下水位観測データの照査
4		藤平　大	ウクライナ国ミコライウ市地先の地すべり調査
5		宮城 輝一	亀の瀬地すべりにおけるCIMへの適用事例
6		向井 啓司	予防的地すべり対策の優先度評価に関する考察
7		宮城 昭博	地すべり分野におけるCIM導入ガイドライン（案）の策定とその活用

「土砂災害の実態　平成30年版」の発行

当センターでは昭和59年（1984年）より、毎年全国で発生した土砂災害に関する資料を収集し、実態を分析して取りまとめ、「土砂災害の実態」として発行、砂防関係技術の発展および広報の一助としていただけるよう、国・都道府県の砂防部局や大学等の研究機関に頒布してまいりました。今年度も平成30年1月から12月までに発生した土砂災害をとりまとめた「平成30年版」を発行しました。本誌により、土砂災害についての認識を深め、また土砂災害対策を考えるうえでの参考としていただければ幸いです。

ご希望の方は、下記ホームページ「書籍頒布」ページから申込用紙をダウンロードし必要事項をご記入の上、FAXもしくはメール添付で注文下さい。

■ 問い合わせ・申込先

一般販売価格：1部　¥1,500（印刷等実費）

（一財）砂防・地すべり技術センター 企画部　砂防センターHP：http://www.stc.or.jp/

TEL：03-5276-3271　FAX：03-5276-3391　E-mail：webmaster@stc.or.jp

編集後記　平河町から

東京でもいつ明けるのかと思われた、長い長い今年の梅雨でした。連日のように報道される各地の警報や避難勧告に「無事にやり過ごせますように」と祈るのは、当該地域の方々ばかりでなく、防災に関わる私達の思いは皆同じです。

長い梅雨を取り戻すかのような蝉たちの大合唱に起こされ、散歩に出た早朝の町ではすでに、静かに一日の仕事を始める人々がいます。道路の清掃車、自販機の補充、新聞配達、始発のお客様を迎えるために駅前を掃き清める駅員さんの姿も、、、。ベーカリーからは芳しい香りが流れ、「世界は誰かの仕事で出来ている」という缶コーヒーの CM が、すとん、と胸に落ちる、そんな夏の朝の光景です。

私達が日々をつつがなく快適に暮らすためには、どれほど多くの人の手がかけられていることでしょうか。そして、とどまるところを知らない「便利さ」への希求、そのために日々速度を増して過ぎていく私達の時間、「便利」を担う人々はまたそれを享受する人々でもあり、ぐるぐるとしっぽを追って回るハツカネズミのように、私達の毎日は加速していきます。その便利さは「本当に大切なの？」と星の王子様なら尋ねるに違いありません。

「便利」に歯止めをかけることは出来ても、災害が起こり続ける限り「安全」にリミットはありません。平常時には意識されることの少ない「安全」、時に「便利」と一致を見ないことがありましたら、どうか迷わず「安全」を優先して下さいますよう。夜明け前からその義務を果たす人がいるように、私達の暮らしの足元には黙々とその日常を支える人々がいます。「安全も誰かの仕事で出来ている」。

浅間山の噴火、続く台風、守る方も守られる方もご無事に過ごされますように。

(J)

アクセス：地下鉄　永田町駅
（東京メトロ有楽町線・半蔵門線・南北線）
4番出口より徒歩1分

〒102-0093　東京都千代田平河町2-7-5　砂防会館５F

「sabo」についてのご意見、ご感想をお待ちしています。

「役に立った」「印象に残った」記事、あるいは「こんな記事が読みたい」など、
みなさまのご意見、ご感想を、FAXやメールなどで下記の事務局までお寄せ下さい。

『sabo』バックナンバーはホームページからダウンロードしてご覧ください。

「sabo」事務局宛
FAX:03-5276-3391／e-mail:sabo-kikanshi@stc.or.jp
http://www.stc.or.jp/

sabo

Vol.126 2019 Summer

令和元年9月6日発行　ISSN-1345-6997

編集／sabo編集委員会

発行／一般財団法人　砂防・地すべり技術センター

〒102-0093　東京都千代田区平河町2-7-5　砂防会館 5階

http://www.stc.or.jp/

ホームページからバックナンバーがご覧になれます。

総　務　部　TEL:03-5276-3271　FAX:03-5276-3391

企　画　部　TEL:03-5276-3271　FAX:03-5276-3391

砂　防　部　TEL:03-5276-3272　FAX:03-5276-3392

斜面保全部　TEL:03-5276-3273　FAX:03-5276-3393

総合防災部　TEL:03-5276-3273　FAX:03-5276-3393

砂防技術研究所　TEL:03-5276-3274