

sabo

Vol.135 2024 Winter

▶ 寄稿

渓流水・湧水を活用した土砂災害予測の研究

▶ 現場から

令和5年6月及び7月の大雨に起因する災害調査

▶ トピックス

流木対策等の推進について

▶ 報告

「技術戦略研究部」の取り組み



一般財団法人 砂防・地すべり技術センター

ISSN-1345-6997



撮影者：関根 峻
(一財)砂防・地すべり技術センター
砂防部 技師

撮影日：2023年11月
場 所：最上川水系立谷沢川流域
(山形県東田川郡庄内町)
月山林道から見る本沢2号砂防堰堤

1	巻頭言 就任挨拶 栗原 淳一 (一財)砂防・地すべり技術センター 理事長
2	寄稿 渓流水・湧水を活用した土砂災害予測の研究 地頭 蘭 隆 鹿児島大学農学部 教授
8	現場から 現地調査報告 -令和5年6月及び7月の大雨に起因する災害調査- 宮瀬 将之 (一財)砂防・地すべり技術センター 火山防災部 上席参事 宮城 昭博 (一財)砂防・地すべり技術センター 総合防災部 主任技師 学会調査団に参加して 福池 孝記 (一財)砂防・地すべり技術センター 火山防災部 主任技師
15	トピックス 流木対策等の推進について 渡辺 雅裕 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部 保全課 流木対策係長 山間部でDX推進! 三輪 憲太 国土交通省 中部地方整備局 越美山系砂防事務所 調査課技官 高橋 正信 国土交通省 中部地方整備局 越美山系砂防事務所 調査課長 富田 直樹 国土交通省 中部地方整備局 越美山系砂防事務所 事務所長 浅間山の火山噴火を想定した無人化施工機械操作講習会 吉田 賢司 国土交通省 関東地方整備局 利根川水系砂防事務所 建設監督官
29	報告 「技術戦略研究部」の取り組み 富田 陽子 (一財)砂防・地すべり技術センター 砂防技術総合研究所 技術戦略研究部長 物流2024年問題が砂防事業に与える影響について (一財)砂防・地すべり技術センター 砂防技術総合研究所 技術開発部
37	技術ノート 地すべり地におけるCIMモデルを活用した対策工効果評価 岸本 海笛 (一財)砂防・地すべり技術センター 斜面保全部 技師 遊砂地計画の検討における数値計算の活用について 天野 祐一郎 (一財)砂防・地すべり技術センター 砂防部 技師
43	人材育成 STCの人材育成プログラム・人材育成のための特別講義 柘木 敏仁 (一財)砂防・地すべり技術センター 理事 兼 火山防災部長
49	コラム Dear Ms.Sabo ⑭ 西村 志真子 兵庫県 土木部 砂防課 砂防班長
50	研究成果報告 令和4年度 研究開発助成報告会 開催報告
54	連載 エッセイ 1年目の勤務を終えて 高橋 和樹 (一財)砂防・地すべり技術センター 総合防災部 技師
56	海外事情 第8回 国際土石流災害防止会議(8th DFHM) 参加報告 池田 暁彦 (一財)砂防・地すべり技術センター 火山防災部 次長 世界の土砂災害(第33回)
61	審査証明 建設技術審査証明の紹介 ①スロープガードフェンスタイプKT(鉛直式崩壊土砂防護柵)工法 ②Fixr グラウンドアンカー工法(高耐食・高耐カグラウンドアンカー工法) ③ローピングウォールⅡ工法 ④BSBブロック砂防えん堤工法(INSEM材使用) ⑤無流水渓流対策工 JDフェンス(土石流フェンス)工法
66	CENTER NEWS

就任挨拶



(一財) 砂防・地すべり技術センター
理事長
くりはら じゅんいち
栗原 淳一

当財団の機関誌『sabo』を毎回ご覧いただいている皆さま、誠にありがとうございます。

昨年（2023年）10月24日に開催された理事会で理事長に選任いただき、既に数か月が過ぎようとしております。ご挨拶が遅れましたが、何卒よろしく申し上げます。

このたびの能登半島地震により被害を受けられた皆さまに心よりお見舞い申し上げます。原稿執筆の時点では、災害の全容が把握できておりませんが、甚大な被害が発生しており、被災地域の復旧・復興が迅速に進むよう砂防・地すべり技術センターとしても取り組んでまいります。

それでは、自己紹介をさせていただきます。私は昭和59年（1984年）に当時の建設省に採用され、最初に広島県砂防課に赴任しました。1年後に同県呉市にある土木建築事務所の工務課の担当に配属されました。呉市は急峻な斜面に囲まれ、斜面部の道路は軽自動車しか入れないほど狭く曲がりくねっていて、そういうところにびっしりと人家が張り付いていました。軍港だった呉市は戦艦大和などを造るため、全国から作業員等が集められ、狭い斜面都市にピーク時で40万人が住んだために、斜面に多くの住宅が立地してました。急傾斜事業の工事が最初に行われたのは同市の警固屋（けごや）という現場で、工事の開始時にNHKの朝のニュースで全国に中継されたと広島県の当時の片岡課長にお聞きしました。最初の急傾斜工事は他の幾つかの県でも同時に始まったと認識していますが、呉市が代表的だったのかと思います。そして、平成2年（1990年）には富山県にある立山砂防事務所の調査課長に赴任し、あの白岩堰堤がある立山カルデラの砂防調査を担当しました。呉市とは全く異なる急流河川の源頭部になりますが、昭和の初めに行われた白岩堰堤の工事写真を見て、最新鋭のクレーンを山中に持ち込んで高さが60mを超える白岩堰堤を造った先人の「技術力」と「組織力」には、ただただ敬服するものでした。この2つを紹介したのは、砂防という事業は時代の流れとともに、行

う場面がどんどん変わっていくのだと考えているからです。

話は遡りますが、明治の時代となり、近代日本政府が最初に行った砂防工事は淀川の上流でした。当時の大阪港は今と違って安治川河口から700～800m上流の河岸にありましたが、上流からの土砂の堆積がひどいために外国船の入港が困難になるという厳しいものでした。オランダから招へいされた技師達は荒廃に驚き、砂防の必要性を説いたことで砂防工事が始まったとされています。当時の日本経済の中心は大阪でしたが、大阪港へ入港した外国船は明治元年（1868年）に89隻だったのが、船舶の入港が難しくなって2年後には11隻に激減し、神戸港や四日市港に移っていったと上林好之先生の書籍に記されています。ちなみに当時の大阪港の堆積状況の写真をネットで必死に探し、数枚見つけました。残念ながら土砂の堆積が分かる写真ではありませんでしたが、明治初期の大阪港の河口の写真を見ながら、先人の苦労を想像しております。

それから150年が経過し、我が国は新たな社会変化が進んでいます。その主なものは、気候変動や人口減少などかと思えます。これらは日本がこれまで経験したことのない変化ですから、経験値ではなく想像力も重ね対処していくことが基本と思えます。災害の頻度が高まり流出土砂量が変わるだけではなく、社会構造そのものが変化していく可能性がありますから、人材、受発注、工法、施工などが広範囲に変わっていく可能性が強いと思えます。当財団は、2025年に創立50周年を迎えます。当財団の名称は「技術センター」ですから、国や自治体が進める土砂災害対策の“技術”を支えることが大きな使命です。先ほど述べたような変化の中でセンターの役割は大きくなるように考えております。職員数70名強の決して大きくはない組織ではありますが、職員全員が「砂防の技術」の仕事をしている組織です。21世紀後半がそろそろ見えてくる時代に入ります。社会や現場の状況と変化に注意して職員と歩んでいきたいと考えております。どうぞよろしくお願いいたします。

上林好之（1999）：日本の川を甦らせた技師デ・レイケ、草思社、p.42
呉市の人口推移：https://www.city.kure.lg.jp/uploaded/attachment/73599.pdf

渓流水・湧水を活用した 土砂災害予測の研究



じとうその たかし
地頭 隆
鹿児島大学農学部 教授

1. はじめに

山崩れは、山地斜面の風化土層や基盤岩が豪雨等で安定性を失い高速度で崩落する現象であり、斜面の表層部に生成された風化土層が雨水の浸透で崩れる表層崩壊や風化した岩盤が深い地下水等の影響で大規模に崩れる深層崩壊などがある。

近年、気候変動等の影響による記録的な大雨の増加に伴って、深層崩壊に代表される深い地下水が関与した大規模な崩壊（以下、「地下水型崩壊」という）が目立っている。地下水型崩壊は、崩壊土砂量が多いため大きな被害をもたらしたり、崩壊土砂が地下水を多量に含んで流動化して広範囲に土石流災害を引き起こしたりする。また、地下水は地中をゆっくり流動するために、雨が止んで長時間経過した無降雨時に崩壊が発生して警戒対応が困難な場合もある。

地下水が集中する地下構造をもつ箇所は、地下水の排水システムが地下侵食等で破壊されたり、排水能力を超える地下水が集中したりすると、地下水圧が上昇して地下水型崩壊発生の可能性が高まることが予想される。

ここでは、九州の火山性地質の地域で発生した地下水型崩壊を対象にして、危険箇所の抽出と警戒対応に関する研究を紹介する。

2. 地下水型崩壊発生の予測手法

図-1は、渓流水や湧水を活用して、地下水の集中という視点で地下水型崩壊発生の危険箇所を段階的に抽出し、さらに危険箇所の湧水を監視して警戒対応を行う提案である¹⁾。

「A 危険渓流の抽出」では、数 km² 未満の小流域を設定して、降雨が一週間以上なかった後に、溪床に基盤岩が露出しているなど、渓流水が伏流していない箇所でも基底流量を測定する（図-2）。この流量を流域面積で除した基底比流量が大きい流域は、地形的分水界より広い水文的分水界に規制された地下水が流域内に流入している可能性があり、地下水型崩壊の恐れのある

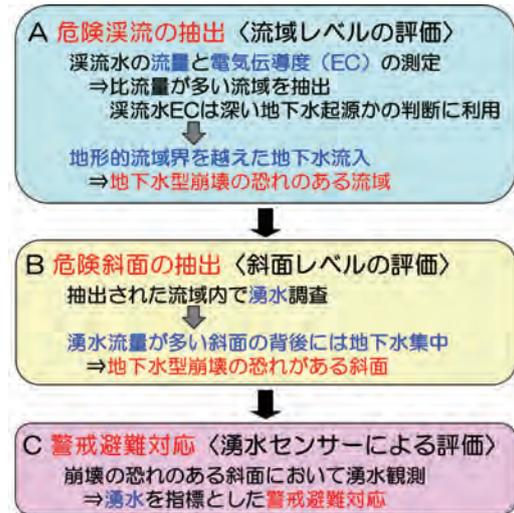


図-1 渓流水・湧水を活用した地下水型崩壊の危険箇所抽出と警戒対応



図-2 渓流の水文調査

る流域として抽出する。また、流量測定時にポータブル電気伝導度計で渓流水の電気伝導度（EC）を測定して渓流水が深い地下水起源かを判断する。ECは渓流水中の溶存イオンの総量であり、地下水が流動する過程で岩石から溶出するイオンを取り込むことから、多量の深い地下水が流出している流域は渓流水ECが高くなる。

なお、渓流水ECは人家、畜産施設などの排水の影響を受けて高い値を示すことがあるため、渓流水が人為的な影響を受けている可能性のある箇所ではシリカ（SiO₂）濃度を活用して影響の有無を判断する。シリカ濃度は地下水が岩石と接触して起こる化学反応によって溶出することから、多量の深い地下水が流出している渓流水はECと同様に高くなる傾向がある。シリカ濃度の測定はEC測定に比べて手順が煩雑であるが、シリカはほとんどが鉱物由来であるために人為的な影響を受けにくいという長所がある。

「B危険斜面の抽出」では、調査Aで抽出した流域において湧水の分布や流量等の調査を行う。湧水流量が多い斜面の背後には地下水が集中する地下構造が推定され、地下水型崩壊の恐れがある斜面と判断する。

以上の方法で深い地下水が集中する流域や斜面の分布図を作成し、地形・地質に基づく危険箇所と組み合わせることで崩壊発生の危険箇所抽出の精度を高める。

「C警戒避難対応」は、調査Bで見いだされた湧水を指標にして地下水型崩壊発生の危険性を判断するものである。そこで、湧水流量をリアルタイムで監視する装置（湧水センサー）を開発した²⁾。湧水センサーは、電極式流量計、変換・記録装置、電源装置、太陽電池、携帯電話伝送装置等から構成される（図-3）。電極式流量計は、塩ビパイプに取り付けた鉛直方向1cm間隔の電極によって測定される水位から流積を求め、流積にマンニング式による流速を乗じて湧水流量を算出する

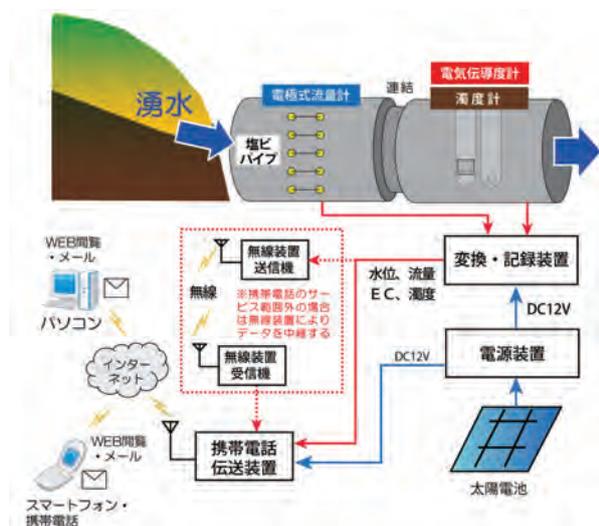


図-3 湧水センサーのシステム構成

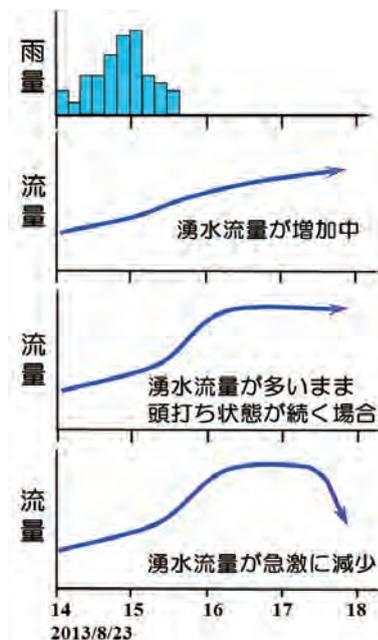


図-4 湧水を指標にした崩壊危険度の評価

装置である。塩ビパイプ径の大きさは設置点の湧水流量で決定する。測定値は携帯電話を使ってリアルタイムでサーバーに送信され、インターネットを介してパソコンやスマートフォンで閲覧できる。

湧水流量から次のような崩壊発生の警戒対応を考えている（図-4）。湧水が増加中の場合は、雨が止んだ後も基岩内の地下水位が上昇中であり、崩壊の危険性が増加中、また、湧水が多いまま頭打ち状態が続く場合は地下水排水システムの能力を超えた地下水が集中している可能性があり、基岩内の地下水位が上昇して崩壊の危険性が継続している。さらに、湧水が急激に減少した場合は山体の地下水排水システムが地下侵食等で破壊された可能性があり、基岩内の地下水位が急上昇して崩壊発生の恐れがある。以上の状況が降雨終了後もみられる時は警戒対応を継続しなければならないと考えている。

3. 地下水型崩壊の危険箇所抽出の事例

3.1 鹿児島県南大隅町の火砕流台地

2010年7月4日～8日、南大隅町船石川流域の火砕流台地縁で崩壊が繰り返し発生した（図-5）。崩壊発生時はほとんど雨が降っていなかったが、発生前の1カ月間に1000mmを超える降雨量があった。崩壊斜面の地質は、亀裂の多い溶結凝灰岩とその下位の非溶結凝灰岩から構成される。崩壊直後、それらの地層境界から多量の湧水がみられたことから、台地上から浸透した雨水は溶結凝灰岩層の亀裂を通して非溶結凝灰岩

層に達し、地層境界を流動して台地周縁から流出していると考えられた。崩壊は、多量の降雨に伴う地下水の集中と地下水圧の上昇、湧水付近の侵食による溶結凝灰岩層の不安定化等で発生した³⁾。

図-6は、火砕流台地周縁の42流域（面積0.001～1.20km²）の比流量と渓流水ECの分布である。台地の北東側と西側に位置する流域は、渓流水ECが通常の河川水より高い10mS/m以上を示して比流量が大きく、水文的分水界に規制された広い範囲の地下水が集中していると考えられる。したがって、これらの流域の台地縁の急斜面（図-6の黒破線付近）は地下水型崩壊発生危険斜面と判断される。2010年と1966年に発生した崩壊はこれらの斜面で発生している。

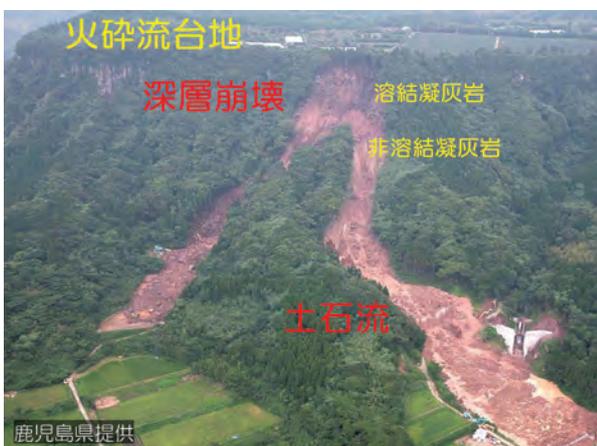


図-5 2010年に鹿児島県南大隅町の火砕流台地縁で発生した崩壊・土石流

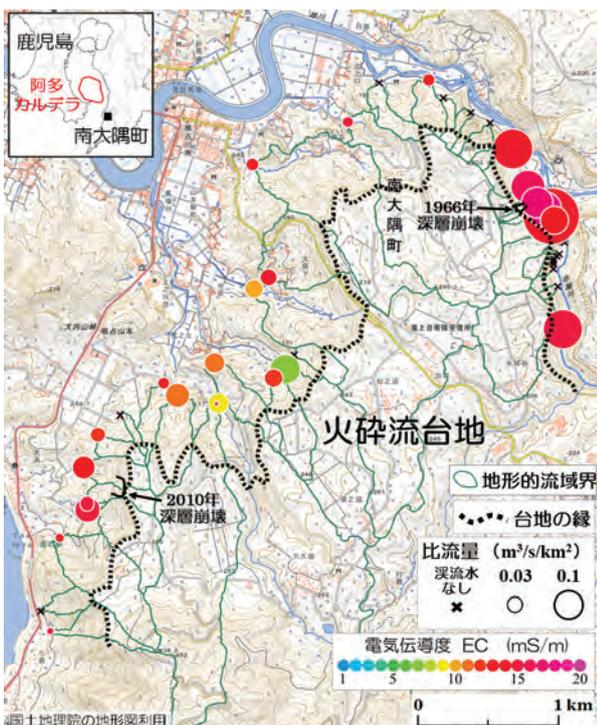


図-6 南大隅町の火砕流台地周縁における地下水型崩壊危険渓流の抽出

3.2 大分県耶馬溪町の火砕流台地

2018年4月、耶馬溪町で降雨がないときに大規模な崩壊が発生し、6名が亡くなった（図-7）。崩壊斜面の地質は、火砕流堆積物とその下位の火山岩類から構成される。火砕流堆積物の溶結部は亀裂が多くて急崖をなしており、その直下には崖錐が発達している。崩壊直後、崩壊地内に湧水がみられ、その付近の岩石は粘土化していた。崩壊は、湧水付近の地下水排水システムの破壊により地下水圧が徐々に上昇、あるいは、湧水付近で長年の侵食により小規模な崩壊が発生、連続して上部の崖錐堆積物とその下位の強風化層が崩壊し



図-7 2018年に大分県耶馬溪町の火砕流台地縁で発生した崩壊



図-8 耶馬溪町の火砕流台地周縁における地下水型崩壊危険渓流の抽出

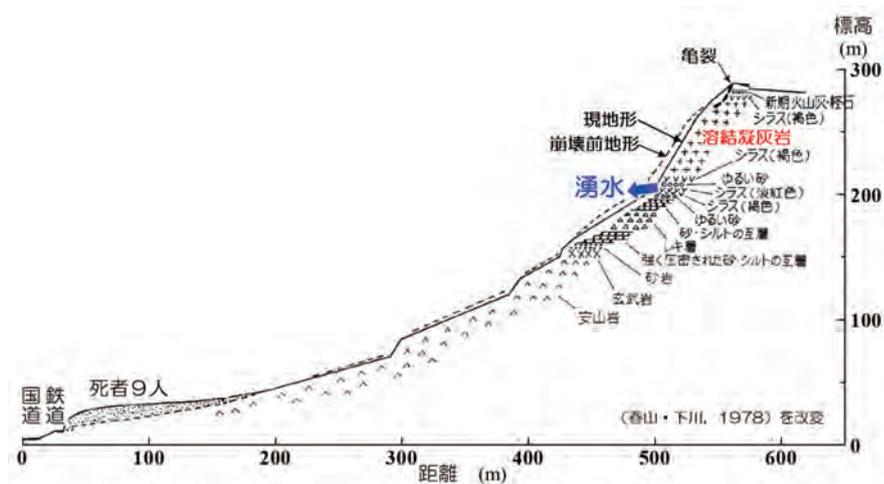


図-9 1977年に鹿児島市竜ヶ水の始良カルデラ壁で発生した崩壊

たと推定された⁴⁾。

図-8は、この火砕流台地周縁に設けた90流域（流域面積0.004～2.07km²）の渓流水の流量とECの分布図である。台地の東側には渓流水ECが高くて比流量が大きい流域が分布しており、台地に浸透した雨水は地下水として台地の東側へ流動していることがわかる。これらの流域のひとつで2018年に大規模な崩壊が発生した。この崩壊地内の標高220m付近から湧出する地下水の流量とECを測定すると、流量0.55L/sec、EC12mS/mであった。湧水付近における地形的流域面積は0.007km²であり、比流量は0.079m³/s/km²となる。この値は90流域の平均比流量0.005m³/s/km²の約16倍である。したがって、湧水付近における水文的流域面積は、地形的流域面積の約16倍と大きく、崩壊した斜面には広範囲の地下水が集中している地下構造が推定される。

3.3 鹿児島県の始良カルデラ

1977年6月、鹿児島市竜ヶ水において、始良カルデラ壁の急斜面が大規模に崩壊し、崩壊土砂が土石流となって下流を襲い、9人が亡くなった（図-9）。崩壊発生時は大雨ではなかったが、発生前の1カ月間に700mm近くの降雨があった。斜面からは湧水があり、その上部の溶結凝灰岩層が崩壊したものであった⁵⁾。

図-10は、始良カルデラ西壁の61流域（面積0.01～0.57km²）の比流量と渓流水ECの分布である。竜ヶ水付近と白浜の北側に位置する流域は、渓流水ECが高くて比流量が大きく、水文的分水界に規制された広い範囲の地下水が集中していると考えられる。竜ヶ水付近の流域において湧水調査を実施した（図-11）。No.32流域は、1977年に地下水型崩壊が発生した流域であり、標高214m付近の溶結凝灰岩の割目から多量の湧水がみられ、湧水の流量とECは0.8L/s、14mS/

mであった。No.32流域の下流端で測定した渓流水の流量とECは0.8L/s、13mS/mであり、流域の基底流量は崩壊地からの湧水に依存していることがわかる。No.32流域の1977年崩壊斜面の背後には地下水が集中する地下構造が推定され、湧水付近の侵食が進んで上部層が不安定になると再び崩壊が起こる可能性がある。No.30流域では、標高197m付近の溶結凝灰岩の割目からの湧水は少なく、標高78m付近の安山岩の割目から多量の湧水が見られた。No.32流域とNo.30流

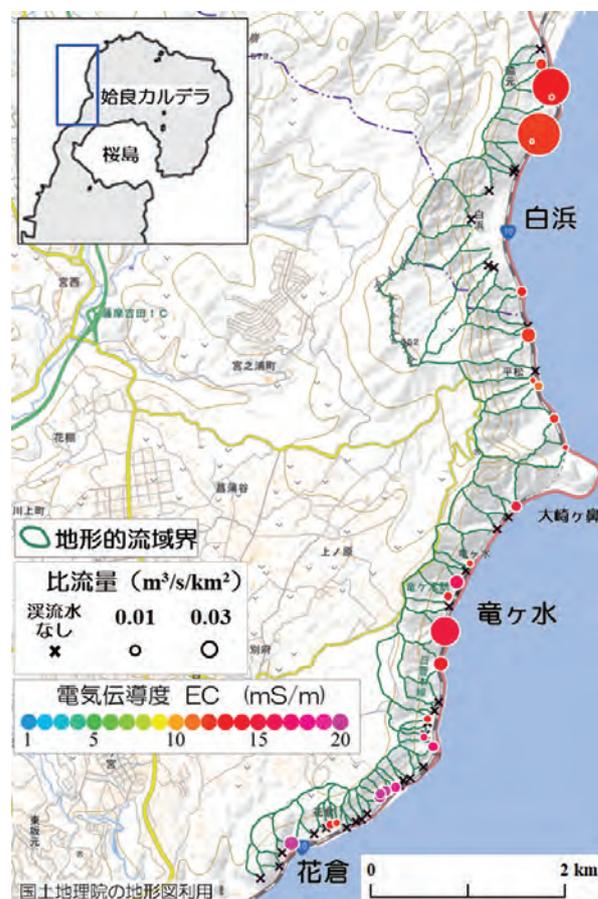


図-10 始良カルデラ西壁における地下水型崩壊危険渓流の抽出



図-11 竜ヶ水付近の流域における湧水調査

域は隣接しているが、多量の地下水が流出している地層は異なり、地下水を集水する地下構造も異なることが推定され、地下水が関与する崩壊タイプも異なると思われる。

3.4 地下水型崩壊の発生機構

図-12は、九州の火砕流台地周縁、カルデラ壁、火山岩山地で発生した代表的な地下水型崩壊を模式的に

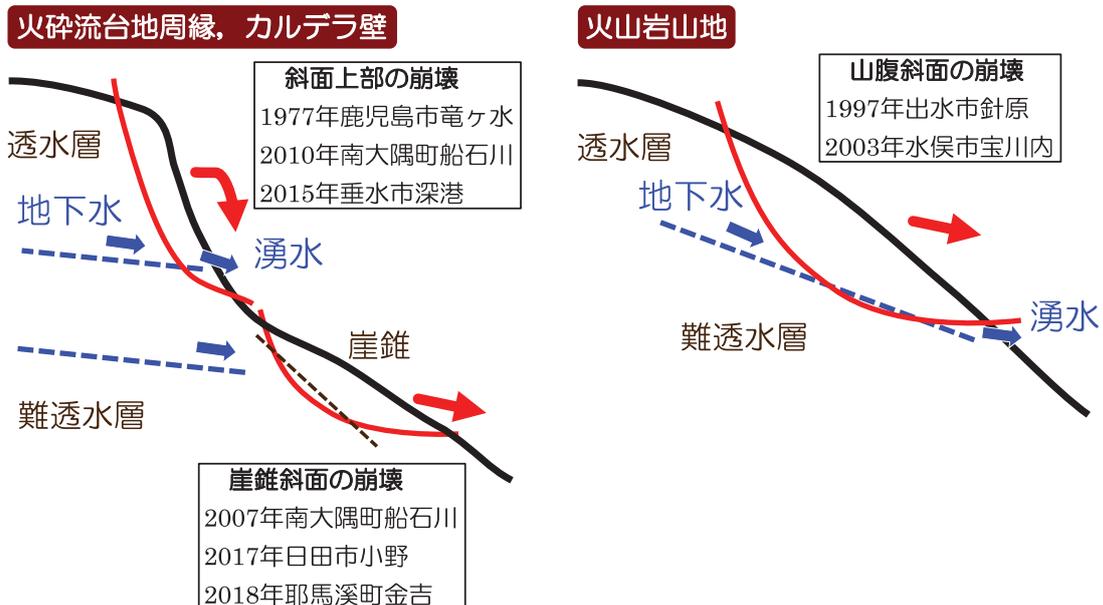


図-12 九州で発生した地下水型崩壊のタイプ

示したものである。火山性地質の地域は、火山活動に伴う堆積物が幾層も重なっており、透水性の不連続な地層構造が特徴的である。このような地域において、深い地下水が集中している箇所では、①地下水排水システムの破壊による地下水圧上昇に伴う風化層からの崩壊、②地下水排水能力を超えた地下水集中による地下水圧上昇に伴う風化層からの崩壊、③湧水箇所の地下水による侵食に伴う風化層の崩壊、④地下水集中により常時飽和している崖錐堆積物の崩壊などのタイプがみられた。タイプ①の排水システムの破壊は、長年の岩石劣化や地下侵食、地震等が考えられる。タイプ②③④は近年の記録的な大雨の増加により発生頻度が増している。タイプ①～④により生産された土砂は、発生場所や地下水量によっては土石流化して下流の広範囲に被害を及ぼす可能性がある。

図-1に示した調査によって地下水集中箇所が抽出されたら、そこで起こりうる崩壊の発生機構を明らかにし、有効な土砂災害対策を検討することが重要であると考える。

4. 地下水型崩壊の警戒避難対応の事例

南大隅町の火砕流台地周縁や始良カルデラ壁において抽出した地下水集中箇所に湧水センサーを設置した(図-13)。これらの地域は透水層と難透水層の互層からなる地下構造を呈し、地層境界を流動した地下水が崩壊発生に関与している。この地下構造に1段タンクモデルを適用して降雨と地下水流出の応答を解析した。タンクモデルの流出孔(湧水)と浸透孔(深部浸透)の係数は湧水センサーの観測データから同定した。



図-13 始良カルデラ壁に設置した湧水センサー

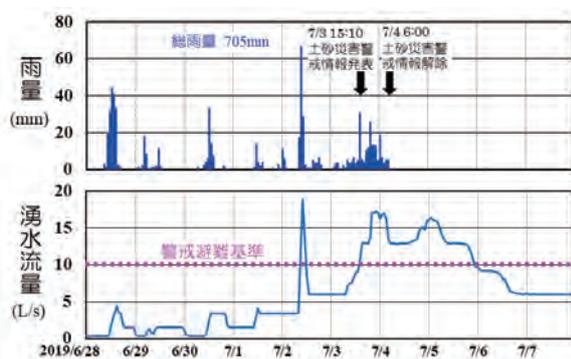


図-14 南大隅町火砕流台地縁の湧水センサーの観測データ

この地下水流出モデルを用いて既往の崩壊発生時の湧水流量を求め、崩壊の警戒避難基準を策定した。

図-14 は、2019年に記録的な大雨に見舞われた南大隅町火砕流台地の湧水センサーの観測データである。南大隅町では、土砂災害警戒情報が7月3日15時10分に発表され、雨が止んだ後の4日6時に解除された。一方、湧水流量も3日に地下水型崩壊の警戒避難基準を超過したが、雨が止んだ後も2日間は超過状態が続いた。地下水型崩壊による土砂災害の警戒には地下水状態を表す湧水流量のような情報も必要である。

これまで蓄積された湧水センサーの観測データによると、雨が止んでから2日程度は湧水流量が多い状態が続いており、地下水型崩壊の警戒対応を継続する時間の目安になると考えている。

5. おわりに

地下水型崩壊発生危険箇所の抽出と警戒避難対応に関して水文学的アプローチによる研究を紹介した。現在、土砂災害発生危険のある区域指定（土砂

災害警戒区域等）は、主に地形条件に基づいている。2012年および2017年の九州北部豪雨の際は、地下水型崩壊が危険箇所として指定されない30度未満の斜面で発生した。地下水集中の水文条件を加えることは土砂災害の危険区域指定の精度を高めることになり、これまでの手法では抽出されなかった危険斜面が抽出できる可能性がある。

一方、豪雨時に土砂災害発生危険の恐れが生じたときに発表される土砂災害警戒情報は、降雨ピークで発生することが多い表層崩壊や土石流を対象としており、地下水型崩壊のように時間差がある崩壊は含まれていない。湧水流量の変化をリアルタイムで把握することは、地下水型崩壊が発生しやすい地域における防災対策に有効である。

最近の土砂災害をみると、明らかに大規模な土砂移動現象が多発している。気候変動等の影響による集中豪雨、局地的大雨、大型台風等の増加に伴って、これまでに経験したことがない大規模な土砂災害の発生リスクが各地で高まっている。降水予測の精度がさらに高まれば、予測される降水量に合わせて土砂災害の警戒区域の範囲や警戒体制のレベルを設定する仕組みも必要になると考えられる。たとえば、「今後400mmを超えるような大雨が予想される」等が発表された場合は、警戒区域や警戒体制を拡大して大規模災害に備える、同時に住民にどのような対応を求めるか、などを具体的に検討する時代に入ったと思っている。そういった具体的な対策に寄与するために、本論で説明した大規模土砂災害を引き起こす地下水型崩壊の発生場と発生時期の予測研究を一層推進する必要があると考えている。

末筆であるが、本論で紹介した研究成果は、当時研究室に在籍していた学生諸氏と実施したものである。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 1) 地頭菌隆 (2014) : 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、66 (6)、p.56-59
- 2) 地頭菌隆・石塚忠範・能和幸範・柳町年輝 (2014) : 深層崩壊警戒対応の湧水センサーの開発、砂防学会誌、66 (5)、p.49-52
- 3) 下川悦郎・小山内信智・武澤永純・地頭菌隆・寺本行芳・権田豊 (2010) : 2010年(平成22年)7月鹿児島県南大隅町で発生した連続土石流災害、砂防学会誌、63 (3)、p.50-53
- 4) 久保田哲也・地頭菌隆・長井義樹・清水収・水野秀明・野村康裕・鈴木大和・山越隆雄・厚井高志・大石博之・平川泰之 (2018) : 2018年4月11日大分県中津市耶馬溪町で発生した斜面崩壊、砂防学会誌、71 (2)、p.34-41
- 5) 春山元寿・下川悦郎 (1978) : 鹿児島市吉野町電ヶ水地区の山地崩壊・土石流災害について、砂防学会誌、30 (4)、p.33-38

現地調査報告

—令和5年6月及び7月の大雨に起因する災害調査—

(一財) 砂防・地すべり技術センター

火山防災部 上席参事 みやせ まさゆき 宮瀬 将之

総合防災部 主任技師 みやぎ あきひろ 宮城 昭博

1. はじめに

令和5年6月16日から22日にかけて梅雨前線が奄美地方に停滞し、前線に向かって太平洋高気圧から周辺に暖かく湿った空気が流れ込んだ影響で、奄美地方では大気の状態が非常に不安定となった。特に、6月19日から20日にかけては、線状降水帯が発生するなど、記録的な大雨となった¹⁾。この豪雨(図-1)に伴い、鹿児島県大島郡瀬戸内町川内川で土砂災害が発生した。

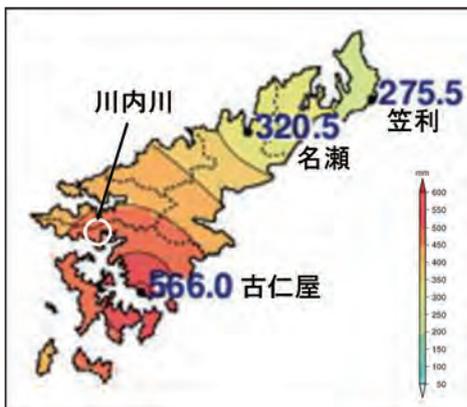


図-1 アメダス総降水量の分布図(6月16日～22日)

(災害時気象資料—令和5年6月16日から22日にかけての鹿児島県奄美地方の大雨について— から作成)

また、令和5年7月7日から10日にかけて華中から対馬海峡付近に停滞する梅雨前線に向かって太平洋高気圧

の縁を回る暖かく湿った空気が流れ込み、九州北部地方では広い範囲で大雨となった。特に10日未明から昼前にかけて線状降水帯が発生し、福岡県や大分県では大雨特別警報が発表されるなど記録的な大雨となった²⁾。この豪雨(図-2)に伴い、福岡県朝倉市寒水川で土砂災害が発生した。

これらの土砂災害に対して砂防・地すべり技術センターでは、国土交通省が令和4年度から新たに取り組んでいる土砂災害発生後のデータ収集の一環として、土砂災害発生時の被害状況や土砂移動実態を把握すべく、下記の2河川において現地調査を実施した。本稿では、その調査概要を報告する。

【調査箇所及び調査実施日】

- ・鹿児島県大島郡瀬戸内町(川内川：7月17日～20日)
- ・福岡県朝倉市(寒水川：7月26日～28日)

2. 鹿児島県大島郡瀬戸内町(川内川)

2.1 流域概要

川内川は奄美大島の南西部に位置し、鹿児島県大島郡瀬戸内町久慈地区を流下し、久慈湾に流れ込む河川である(図-3)。川内川の流域面積は約1.5km²、幹川流路延長は約2.5km、平均河床勾配は約9.2度(図-4)で、周辺の地質は主に中生代の堆積岩が分布している。

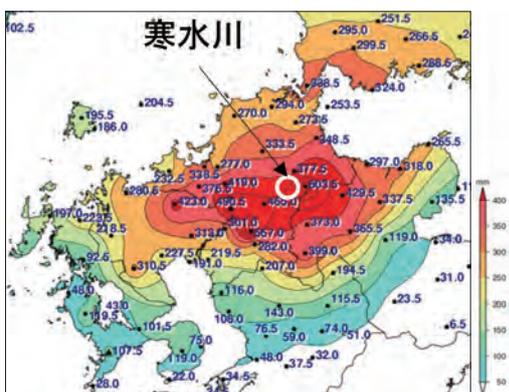


図-2 アメダス総降水量の分布図(7月7日～7月10日)

(災害時気象資料—令和5年7月7日から10日にかけての山口県・福岡県・大分県・佐賀県の大雨について— から作成)

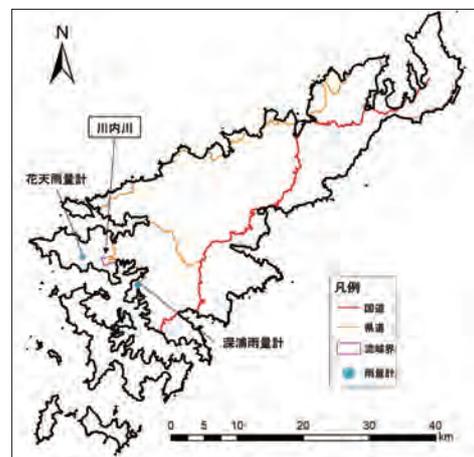


図-3 川内川位置図

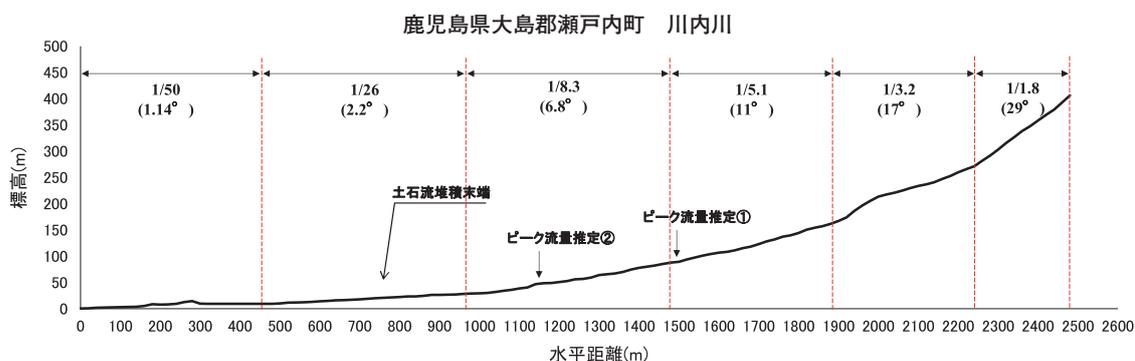


図-4 河口からの川内川の縦断面

※国土数値情報を基に作成

流域内に砂防堰堤等の施設は整備されておらず、土砂災害警戒区域及び特別警戒区域は、谷出口を基準地点として指定されている。

河口の付近に形成された扇状地平野に集落が形成されており、集落の上流は谷出口付近まで果樹作物等の農耕地として利用されている。

2.2 降雨状況

停滞する梅雨前線の影響により6月16日からの断続的な降雨に加えて、6月20日午後にとまとった降雨があったことから、瀬戸内町に対して6月20日18時2分に大雨警報（土砂災害）、同日18時55分に土砂災害警戒情報が発表された。

川内川の近傍では鹿児島県による雨量観測がなされており、西約3kmの花天雨量観測所では最大時間雨量63mm、連続雨量637mmが、南東約5kmの深浦雨量観測所では最大時間雨量70mm、連続雨量618mmがそれぞれ観測された（図-5）。

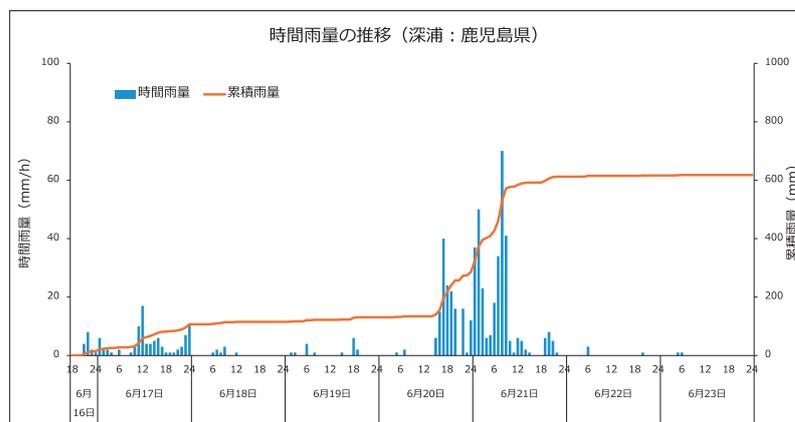
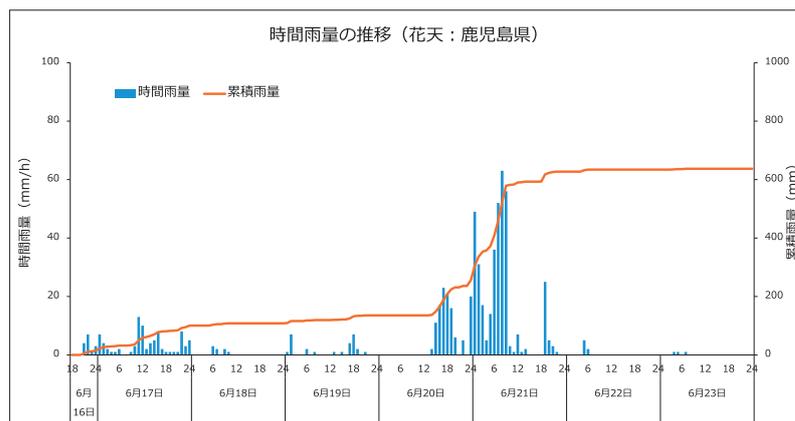


図-5 川内川周辺の降雨状況(上段：花天雨量観測所、下段：深浦雨量観測所)

2.3 調査結果

(1) 土砂移動の状況

川内川における土砂移動現象は、流水による渓床堆積物の侵食に伴う泥水の発生と、流域源頭部の崩壊に起因する巨礫と流木を伴う土石流の発生（21日午前9時頃）の2つのフェーズに分類できると考えられる。土砂移動の状況を時系列的に整理すると以下の様に考えられる。

まず、梅雨前線に伴う降雨によって河川の流量が増加し、渓床堆積物が侵食され細粒土砂が流下・氾濫堆積し



図-6 災害発生後の川内川と久慈地区の状況



図-7 土石流堆積末端付近の状況

た。谷出口より下流の河道において溢水・氾濫が発生した。

その後、降雨のピーク付近において流域源頭部で崩壊が発生し、崩壊土砂の流動化によって土石流が発生した。土石流は、数mの巨礫と流木を伴いながら流下した。流下した土石流は、谷出口より下流の階段状の農地に拡散・堆積した。土石流の堆積は、河床勾配が緩くなる概ね2°の地点、かつ谷幅が急拡する区間に認められた（図-7）。土石流の一部である細粒土砂及び流木が流下して集落内に氾濫・堆積するとともに河道を埋没させた。

これらについては、調査時にお会いした柑橘農家の方に災害時の状況として、「21日7時頃は濁っていない水が水路を溢れて流れていた。その後、12時前には土砂混じりの水が道路を流れていた。」や、復旧に向けた作業の中で「タンカン畑に堆積した土砂を除去したところ、厚さ60cm程度の土砂の下に10cm程度のヘドロが堆積していた。」とのコメントをいただいております、災害時の状況を

推定する重要な情報と考えられる。

(2) 被害実態

この土石流により、人的被害はなかったものの、瀬戸内町久慈地区の集落の住家63棟のうち床上浸水が1棟、床下浸水が24棟の被害であった。

現地調査の結果、土石流に伴う土砂・流木により果樹栽培用のビニールハウスをはじめとする農耕地等の被災を確認した（図-8）。また川内川の下流の護岸が流出し、農地が侵食されている箇所も確認できた（図-9）。

土石流の一部である細粒土砂及び流木は、地形に沿ってほぼ直進して集落へ流入したと考えられ（図-10）、泥水の流下経路沿いの住家での浸水被害が認められた。

(3) 流下痕跡から算定したピーク流量

ピーク流量は、流下痕跡が明瞭な土石流流下区間（図-11）及び堆積域の上端（図-12）において、流下断面積



図-8 土石流堆積末端部のビニールハウスの被害



図-9 護岸の流出による農地の侵食



図-10 集落付近の被害状況等

を算定し、マンニングの平均流速公式を用いて推定した(表-1)。その結果、流下区間では、774.7m³/s、土石流堆積上端では750.5m³/sのピーク流量となった。

3. 福岡県朝倉市(寒水川)

3.1 流域概要

寒水川は、福岡県朝倉市の東部に位置し、杷木寒水地区及び杷木古賀地区を南流する筑後川の右支川の流域(図-13)である。寒水川は、流域面積が約2.5km²、流路延長が約4.8km、平均河床勾配が約5.8°(図-14)で、周辺の地質は、主に中生代の花崗閃緑岩及び泥質片岩が分布している。

寒水川は、平成29年7月九州北部豪雨で土石流が発生し、下流の住宅街が被災したことから砂防設備の整備が進み、本川に不透過型砂防堰堤2基、支川である船底谷川に透過型堰堤1基と不透過型砂防堰堤1基が整備されている。本川の砂防堰堤2基の間は、三面張流路工(幅約2m)が整備されている。また、本川と支川共に土砂災害警戒区域や特別警戒区域が指定されている。

3.2 降雨状況

寒水川の流域内に設置された雨量計(福岡県設置)で、最大時間雨量96.0mm、連続雨量603.5mmが観測された(図-15)。

3.3 調査結果

(1) 土砂移動の状況

寒水川における土砂移動現象は、本川上流部の複数の崩壊地(崩壊の発生が今回の豪雨に起因しているかは不



図-11 ピーク流量推定箇所①(流下区間)



図-12 ピーク流量推定箇所②(堆積上端)

表-1 流下痕跡から算出したピーク流量

No	地点名	断面積 (m ²)	勾配 (l)	粗度係数 (n)	流速 (m/s)	ピーク流量 (m ³ /s)
1	流下区間	106.2	0.132	0.10	7.3	774.7
2	土石流堆積上端	108.8	0.093	0.10	6.9	750.5

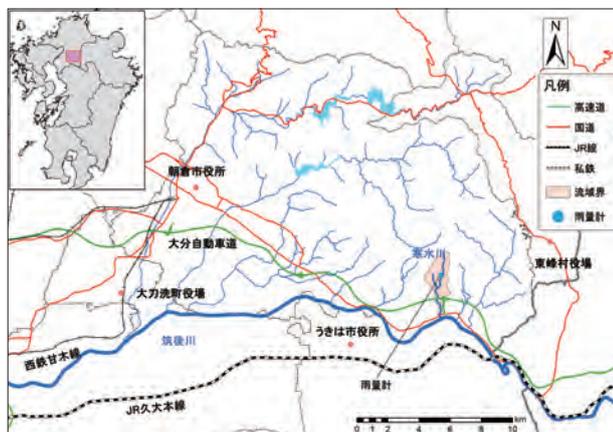
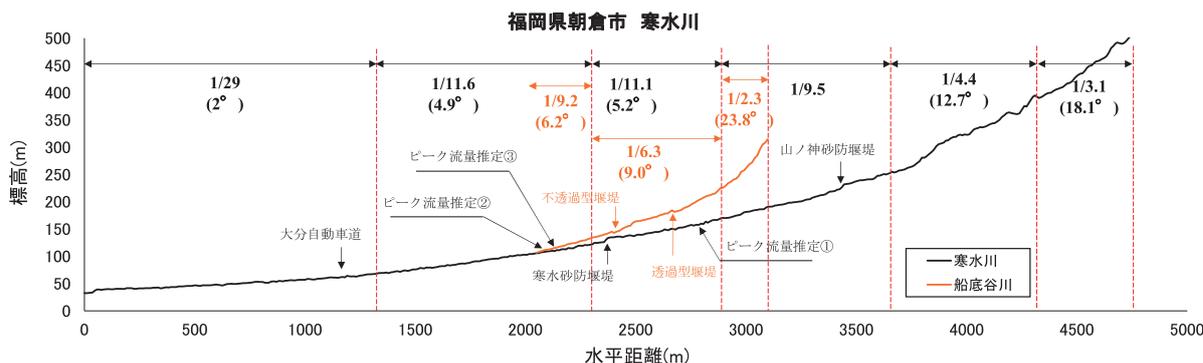


図-13 寒水川位置図



※航空レーザ計測(2009年)データを基に作成

図-14 筑後川合流点からの寒水川の縦断面

時間雨量の推移（寒水川流域内雨量計：福岡県）

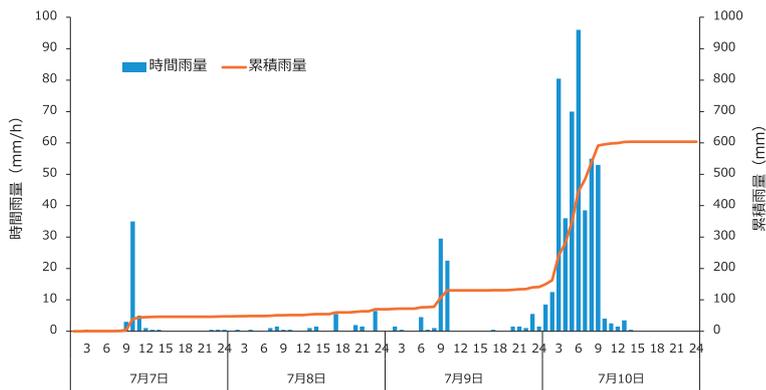


図-15 寒水川流域内の降雨状況

明。)や溪床の不安定土砂が土石流として流動化したと考えられる。この土石流は、溪床及び溪岸を侵食しながら流下したが、上流側の山ノ神砂防堰堤によりほとんどの土砂及び流木が停止・堆積した(図-16)ものの、一部の土砂及び流木は堤体を越流したと思われる。堰堤下流の三面張流路工区間では、激しく溢水した痕跡が認められなかったことから、土砂流の流量は、流路工の流下能力よりも多少大きい程度と考えられた。また、痕跡から流木の推積(図-17)や外湾への溢水を繰り返したと推察される。土砂流は、下流側の寒水砂防堰堤でほぼ全て堆積(図-18)したが、一部の土砂及び流木が堤体を越流した。寒水砂防堰堤の下流に整備されていた練石積の護岸からなる流路工は、そのほとんどが流失し、溪岸が侵食されて露岩している箇所(図-19)もみられた。



図-16 山ノ神砂防堰堤による土砂捕捉状況



図-17 流路内の流木推積の状況



図-18 寒水砂防堰堤による土砂捕捉状況



図-19 寒水砂防堰堤下流の露岩



図-20 船底谷川源頭部の地すべり地

このことから、寒水川では2基の砂防堰堤によって生産・流出した土砂や流木が捕捉されたものの、土砂濃度が減じたことにより、堰堤より下流で河床の侵食が生じたと考えられる。

一方、右支川の船底谷川では、源頭部に緩慢に活動していると思われる地すべり(図-20)があり、その末端部より流木を含む土砂が流出したと思われる。地すべり末端に整備された船底谷川第二砂防堰堤(透過型砂防堰堤)の底盤コンクリート下流の護床ブロックが洗堀・破損し(図-21)、土砂及び流木の一部は閉塞した透過部を越流したと考えられた。

下流の船底谷川砂防堰堤(不透過型砂防堰堤)により土砂と流木の多くは堆積したものの、下流で谷幅が急縮することと2基の砂防堰堤で土砂濃度が減じたことにより、堰堤下流の河道におい

て顕著な溪床・溪岸の侵食が生じた(図-22)と考えられる。

寒水川・船底谷川ともに上流の砂防堰堤により土砂及び流木の多くは捕捉されたが、その下流では侵食された溪床・溪岸からの土砂を含む土砂流が流路工の流下能力を超え、氾濫被害が発生(図-23)したと考えられる。

(2) 被害実態

寒水川の氾濫による土砂の氾濫・堆積は、大分自動車道よりも下流側において左岸側に集中していた。左岸側では、多くの家屋において床上・床下浸水が見られたものの、家屋損壊等の目立った被害などはなかった。しかし、一部の家屋では家屋内へ土砂が流入する被害が見られた。

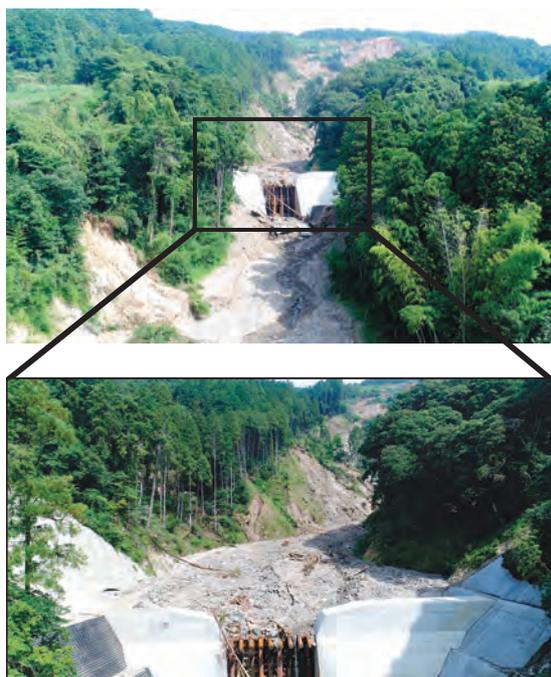


図-21 船底谷川第二砂防堰堤の土砂及び流木の捕捉状況



図-22 船底谷川砂防堰堤下流側の河床侵食状況



図-23 下流の流路工周辺の状況

表-2 流下痕跡から算出したピーク流量

No	地点名	断面積 (m ²)	勾配 (l)	粗度係数 (n)	流速 (m/s)	ピーク流量 (m ³ /s)
1	寒水川 (流路工)	7.2	0.035	0.04	4.7	34.1
2	船底谷川 (侵食)	24.4	0.083	0.10	3.9	96.2
3	船底谷川 (露岩)	24.6	0.083	0.10	4.3	106.5

(3) 流下痕跡から算定したピーク流量

寒水川及び船底谷川でピーク流量の推定結果を示す(表-2)。寒水川のピーク流量は、三面張流路工区間の流下痕跡から、流下断面積を算定しマンシングの平均流速公式を用いて推定した。流路工区間のピーク流量は、34.1m³/sとなった。

一方、船底谷川のピーク流量は、流下痕跡が明瞭であった寒水川との合流点付近の2地点において流下断面を計測し、同様に推定した。その結果、ピーク流量は、上流側が96.2m³/s、下流側が106.5m³/sとなった。

4. おわりに

今回の災害調査箇所においては、幸い死者・行方不明者は発生していなかった。福岡県朝倉市においては、平成29年7月九州北部豪雨で甚大な被害が発生した地域であり、土砂流出による災害が繰り返し発生したことに対してお見舞い申し上げるとともに、被災地の一日も早い復興を心より祈念いたします。また、今後、砂防設備の効果も含めた詳細な調査及び研究が進み、土砂災害の防災・減災がより一層進むことを期待します。

最後に、川内川調査時に現地をご案内いただきました鹿児島県瀬戸内事務所建設課、一部調査を共にした国土交通省国土技術総合研究所土砂災害研究部砂防研究室並びに川内川調査時にヒアリングさせていただいた柑橘農家の方に感謝を申し上げるとともに、調査にあたりデータ提供等にご協力いただいた鹿児島県及び福岡県の関係者の皆様にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 鹿児島地方気象台名瀬測候所：災害時気象資料－令和5年6月16日から22日にかけての鹿児島県奄美地方の大雨について－, https://www.data.jma.go.jp/kagoshima/update/houdou/jma-kagoshima-saigai_202306.pdf
- 2) 福岡管区気象台：災害時気象資料－令和5年7月7日から10日にかけての山口県・福岡県・大分県・佐賀県の大雨について－, https://www.jma-net.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/20230713_kyushu.pdf

学会調査団に参加して

(一財)砂防・地すべり技術センター

火山防災部 主任技師 ふくいけ たかふみ
福池 孝記

1. 調査概要

令和5年7月に豪雨によって福岡県・佐賀県では甚大な土砂災害が発生した。この災害を受け、公益社団法人砂防学会は、7月29日（土）に緊急調査を実施した。主な調査員・調査地は以下の通りである。

【調査員】

- 清水収（宮崎大学教授）（団長）
- 地頭菌隆（鹿児島大学教授）（班長）
- 執印康裕（九州大学教授）（班長）
- 水野秀明（九州大学准教授）（班長）

【調査地】

- 福岡県久留米市田主丸地区（千ノ尾川流域）
- 佐賀県唐津市浜玉町地区（今坂川流域）

上記の学会調査団に砂防・地すべり技術センターから筆者の他、木原技師（火山防災部）、天野技師（砂防部）が参加した。筆者は執印先生が班長の佐賀県唐津市浜玉町地区今坂川流域における緊急調査に参加した。

同地区には計13名で調査にあたった。現地ではさらに2班に別れて調査を実施した。筆者は「今坂川第三」における土石流の氾濫域、「嶽川第二」における崩壊・氾濫域の調査班を担当した。



写真-1 「今坂川第三」における調査の様子

2. 学会調査団に参加して

他の砂防学会員と共に調査を実施することにより、現地の状況把握等に関して多種多様な視点（見方）があり、普段の業務では得られない知見が多くあった。やや抽象的にはなるが、例を挙げると以下の通りである。

- ・「今坂川第三」の氾濫域では、地形状況や土砂移動痕跡等から土地利用の変遷や土砂移動形態に関する考察がなされた。
- ・「嶽川第二」における崩壊域では、崩壊面の風化度合いやパイピングの有無等から崩壊発生要因の推定がなされた。氾濫域では、道路の被災状況や河床部の侵食状況等から流下した土石流の構成材料（コアストーンを含んでいたのかどうか）等に関する推定がなされた。

現地の観察を通して得られる情報の重要性等を再認識するとともに、今回の経験を今後の業務にも活かしていきたいと思う。

3. おわりに

被災地の一日も早い復興を心より祈念いたします。また、調査を共にした砂防学会調査団の皆様へ感謝を申し上げます。

【参考資料】

- ・2023年7月福岡県・佐賀県における土砂災害に係る緊急調査（報告）、砂防学会HP（<https://jsece.or.jp/report/survey/>）



写真-2 「嶽川第二」における崩壊の状況

流木対策等の推進について

国土交通省 水管理・国土保全局
砂防部 保全課

わたなべ まさひろ
渡辺 雅裕
流木対策係長

1. はじめに

近年、気候変動の影響等により、自然災害が激甚化・頻発化し、地域の暮らしや経済の安全・安心に対する脅威が拡大している。50mm/h以上の短時間強雨の発生頻度が直近30～40年間で約1.5倍に拡大するなど、短時間強雨や大雨の発生が増加している。

土砂災害発生状況に関しても、直近10年（平成25年～令和4年）の年平均件数は、それ以前の発生件数と比較し、約1.2倍に増加している。

今後、地球温暖化の進行に伴って、気象災害の規模と頻度が増加することが懸念される中、気候変動リスクを踏まえた防災・減災、国土強靱化の取組が必要であり、災害外力の増大に伴い、防ぐことのできない災害も増加することを想定し、ハード・ソフトを組み合わせ、しなやかに対応することが重要である。

2. 令和5年の主な気象・災害状況

令和5年9月現在で豪雨等による大きな土砂災害等は複数発生しているため、発生に起因する気象状況と土砂災害状況の一部を紹介する。

まず、台風第2号が5月31日から6月2日にかけて沖縄地方にかなり接近した。

梅雨前線が1日から3日午前中にかけて本州付近に停滞し、前線に向かって台風周辺の非常に暖かく湿った空気が流れ込んだため、2日には前線の活動が活発になった。西日本から東日本の太平洋側を中心に大雨となり、高知県、和歌山県、奈良県、三重県、愛知県、静岡県で線状降水帯が発生した。1時間に80ミリ以上の猛烈な雨が降り、1時間降水量が観測史上1位の値を更新した地点があった。また、降り始めからの雨量は東海地方で500ミリを超えたほか、四国地方、近畿地方、関東地方でも400ミリを超え、平年の6月の月降水量の2倍を超えた地点があった。各地の土砂災害発生状況は図-1のとおりである。

次に6月28日から7月6日にかけては、活動の活発な梅雨前線や上空の寒気の影響で、全国的に大雨となり、1日から3日は山口県や熊本県、鹿児島県（奄美地方）で線状降水帯が発生した。6月28日から7月6日の総降水量は、九州では700ミリを超え、九州北部地方を中心に平年の7月の月降水量を超えた地点があった。



図-1 台風第2号による土砂災害発生状況

6月29日から大雨による土砂災害発生状況

国土交通省
令和5年8月21日9:00現在 速報版



図-2 6月29日から大雨による土砂災害発生状況

また、7月7日から7月10日にかけては、梅雨前線が西日本から東北地方付近に停滞し、活動が活発となった。九州北部地方や中国地方を中心に大雨となった。8日は島根県で、10日は福岡県、佐賀県、大分県で、線状降水帯が発生した。総降水量は、九州北部地方で600ミリを超え、九州北部地方や中国地方では、4日間で平年の7月の月降水量を超えた地点があった。

7月11日から7月13日にかけては、本州付近に梅雨前線が停滞したほか、北海道付近を低気圧が通過し、山陰や北陸地方、北海道地方を中心に大雨となったところがあった。特に福岡県久留米市田主丸町竹野や佐賀県唐

津市浜玉町平原では、土石流や流木による被害が大きかった。なお、各地の土砂災害発生状況は図-2のとおりである。

このように全国各地で大雨等による被害報告があり、令和5年全国の土砂災害発生状況（12月31日時点速報値）1,468件（土石流等125件、地すべり57件、がけ崩れ1,286件）人的被害死者8名、負傷者19名、家屋被害全壊31戸、半壊21戸、一部損壊212戸となっている。

なお、整備された砂防堰堤等により被害を防止・軽減した事例も多く報告されているためその一部を紹介する。



図-3 静岡県 三郷川第1砂防堰堤



図-4 大分県 茸木川 流木捕捉工

(図-3、図-4) 全国の施設効果事例は国土交通省のホームページで公開されているので参照されたい。
 (その他効果事例：https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/sabo01_tk_000026.html)

3. 土砂・洪水氾濫と流木被害の対策

災害の強度と頻度が増加する中、土砂・洪水氾濫発生時に、大量の土砂と合わせて大量の流木が発生・流下し、被害を拡大させた事例の一つが平成29年7月九州北部豪雨である。なお、被害が大きかったものの既設砂防堰堤により流木等を捕捉した事例が写真-1、写真-2である。

この豪雨で甚大な被害を受けた河川に対し、国土交通省は「九州北部緊急治水対策プロジェクト」を概ね5年間を目処に実施することとし、河川・砂防事業が連携しながら緊急・集中的に治水機能を強化する改良復旧等を行い、再度災害の防止・軽減を図ることとした。

また、赤谷川など福岡県が管理する河川の復旧について、河川法に基づく権限代行制度を全国で初めて適用し、緊急的な河道確保を実施した。加えて、砂防施設整備等の本格的な整備についても特定緊急砂防事業により国で実施し、事業を終え令和5年6月4日(日)に、「赤谷川権限代行工事及び直轄砂防事業完成式並びに記念碑除幕式」を国土交通省、福岡県、朝倉市で共同開催した。

上記の平成29年7月九州北部豪雨等の近年の豪雨災害を踏まえて実施した、全国の中小河川の緊急点検の結果を基に、「中小河川緊急治水対策プロジェクト」として、概ね3年間を目処に土砂・流木捕捉効果の高い透過型砂防堰堤等の整備等、全国の中小河川で実施することとした。

なお、3か年緊急対策において措置することとされた各項目については、おおむね施策目標の達成が見込まれたところであるが、上記の課題についての備えは未だ十



写真-1 福岡県朝倉市 妙見川 須川第1砂防堰堤



写真-2 福岡県朝倉市 妙見川 須川第1砂防堰堤

分ではないため、取組の更なる加速化・深化を図ることとし、令和3年度から7年度までの5か年に追加的に必要となる事業規模等を定め、重点的かつ集中的に対策を講じている。

4. 既設砂防堰堤の有効活用

令和4年8月は全国各地で大雨が継続的に続き、新潟県村上市小岩内地区の土石災害では、上流での斜面崩壊に伴い発生した土石流に対し、既設の不透過型砂防堰堤が効果を発揮し、土砂と流木を捕捉した。しかし、全量は捕捉しきれずに下流の人家まで土砂、特に流木が流出し、被害が発生した。幸いに避難が適切に実施されていたため、犠牲者はいなかったが、負傷者1名、家屋全壊6戸、半壊2戸といった甚大な被害が発生した。(写真-3)

平成28年に土石流・流木対策の基本となる「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び土石流・流木対策設計技術指針」が改訂され、土石流・流木対策では透過構造を有する施設を用いることが基本とされているが、それ以前の指針等に基づき設計された砂防堰堤等が整備された流域は、土砂・洪水氾濫においても土砂とともに流出する流木が、被害を拡大するような事象が発生するリスクを抱えていると考えられる。

「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」等で施設整備は加速している一方、全ての要整備箇所へ新規整備を進めることは短期的には困難であるため、既



写真-3 新潟県村上市小岩内地区の土石流・流木被害

存施設の有効活用の方策として、対象流域における施設整備状況を確認し、土石流・流木処理計画等を満たすような流木捕捉機能の追加や除石計画の検討・実施がこれから重要になると考えられる。(ただし、現地条件によっては、新規の砂防堰堤等の整備が有効な場合もあるため、十分に検討し、流域内の安全確保を行うことが必要である。)

このため、既設砂防堰堤の有効活用については、流木処理計画を満たすための既設不透過型砂防堰堤から透過構造を有する施設への改築、流木の確実な捕捉のための既設鋼製構造物の構造確認等、必要な措置を検討し、対策を実施するよう推進している。

具体の対策としては、不透過型砂防堰堤のみが設置されている流域や不透過型砂防堰堤の上流に鋼製透過型砂



【令和元年】施工



【令和5年】出水後
約60m³の流木を捕捉

図-5 大分県 大浦川 皿山川2号砂防ダム



【令和5年】施工



【令和5年】出水後
約350m³の流木を捕捉

図-6 福岡県 今道川 今道川今道砂防堰堤

防堰堤が設置されている流域において、不透過型砂防堰堤に対して前庭保護工への流木捕捉工の設置や透過型砂防堰堤への改築等を実施することが考えられる。

こうした中、既設砂防堰堤を活用し、不透過型砂防堰堤の水通し上流に張出して流木を捕捉する「張出しタイプ流木捕捉工」、不透過型砂防堰堤を鋼製透過型砂防堰堤に改築し、整備した流木捕捉工で、令和5年の出水時に発生した流木等を捕捉した事例を紹介する。(図-5、図-6) なお、令和2年3月に一般財団法人 砂防・地すべり技術センターより「張出しタイプ流木捕捉工 設計の手引き ～既設の不透過型砂防堰堤の水通し上流に張出して流木を捕捉する付属施設～」が発行されているので既設堰堤を活用した流木捕捉工を整備する場合は参考とされたい。

5. 既設砂防堰堤を有効活用した流木対策の推進・技術的支援等に関する主な変遷

平成28年に、土石流・流木対策の基本となる「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び土石流・流木対策設計技術指針」が改訂され、土石流・流木対策では透過構造を有する施設を用いることが基本とされた。

平成29年に、既設砂防堰堤の有効活用した流木対策に関する具体的手法として、既設の不透過型砂防堰堤の水通しに流木を捕捉するための付属施設を設置する場合の計画及び設計の考え方をとりまとめ、技術的支援を行った。

平成31年に、平成30年7月豪雨の状況も鑑み、既設砂防堰堤の堆砂敷に流木捕捉工を設置した事例等を周知し、導入の拡大に寄与した。

令和2年に、「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」への取組として、改良効果の高い箇所を抽出とともに、関係機関協議が不要な箇所や砂防指定地変更が不必要な箇所等の抽出・検討を行うように周知し、流木捕捉工等の整備を加速させた。また、一般財団法人砂防・地すべり技術センターより「張出しタイプ流木捕捉工設計の手引き」が発行され技術的支援が拡大された。

令和5年に、既設砂防堰堤の有効活用については、流木処理計画を満たすための既設不透過型砂防堰堤から透過構造を有する施設への改築、流木の確実な捕捉のための既設鋼製構造物の構造確認等、必要な措置を検討し対策を実施するよう、より具体的な進め方を周知した。また、「気候変動を踏まえた砂防技術検討会」中間とりまとめ（令和2年6月）において、「土砂・洪水氾濫の発生時には、表層崩壊や土石流により、山腹等から流木が大量に生産され、被害を増長している事例が多く見られ、流木による被害の増大も懸念される。」と指摘されてい

ることを踏まえ、土砂・洪水氾濫時に流出する流木対策について、技術的な検討を行い、「河川砂防技術基準 計画編 基本計画編 第3章 砂防（土砂災害等対策）計画 第2節 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」（平成31年3月29日付国土交通省国国情第41号）を補足する資料として、「土砂・洪水氾濫時に流出する流木の対策計画の基本的な考え方（試行版）」をとりまとめた。

6. おわりに

全国各地において、豪雨等による土砂・洪水氾濫の土砂災害が発生するなど、人命・財産の被害を防止・最小化するため、国土交通大臣から社会資本整備審議会会長に対し、「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について」が諮問され、令和2年7月に「あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な『流域治水』への転換～」が答申された。

砂防事業での流木対策等のみならず、流域治水を推進するにあたり、流木を伴う災害が多発していることに鑑み、砂防事業と治山事業の連携により一体的かつ集中的な流木災害防止対策を行う「総合的な流木災害防止対策」を平成18年度より実施しているところであったが、集中豪雨等により被害のあった地域において渓流内に不安定な土砂とともに倒木が堆積または倒伏している箇所等で、今後の山腹崩壊、土石流等に伴い流木災害の発生を引き起こすおそれがあり、早急に流木災害防止対策を実施する必要があると判断されるものや、上流部において山腹工、渓流に堆積又は倒伏している危険木等の除去、山脚固定のための渓間工、風倒被害地の整備等の対策を講じるとともに、下流部において流木を捕捉する透過型砂防堰堤を設置するなど、砂防事業と治山事業の連携による一体的かつ集中的な流木災害防止対策を実施することとし、流木対策等に関し取組を強化している。

なお、全国において林野庁と連携した流域流木対策を検討していく中で、令和4年度に石狩川上流直轄砂防事業（美瑛川^{ひえいがわ}：北海道美瑛町）では、令和3年度から設置された学識経験者を委員とする流木対策検討委員会での検討結果を踏まえ、全国に先駆けて流域流木対策計画を石狩川上流直轄砂防事業の事業計画に反映させ、治山事業と砂防事業が一体となって流域における流木対策を実施することとなった。

今後も「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」等で施設の整備や、流木等災害の防止のための流域内の各関係機関の連携、より一層既設砂防堰堤を有効活用することで、国民のいのちとくらしを守る砂防事業を推進していきたい。

山間部でDX推進！

～衛星コンステレーションを活用した

インターネット通信 公共事業初導入～

国土交通省 中部地方整備局
越美山系砂防事務所

みわ けんた
三輪 憲太
調査課長

たかはし しょうしん
高橋 正信
調査課長

とみだ なおき
富田 直樹
事務所長

1. はじめに

中部地方整備局越美山系砂防事務所の直轄事業は、岐阜県本巣市の山間部及び揖斐川町のほぼ全域で行っている(図-1)。事業区域には、標高約1,600mの能郷白山や1,300m級の冠山などの山地が連なる越美山地がある。ここでは、雨や雪が多く年間降水量は、3,000mmを超える年がある一方、地質は脆弱で土砂流出が多いことで知られている。このような地形、地質、気象のため幾度も土砂災害が発生している。

このような厳しい自然環境下で土砂災害を防止する砂防事業などの地域のインフラ整備・維持は、安心・安全の確保を担う地域の守り手である建設業が担っている。



図-1 事業区域位置図

2. インフラ分野のDX推進

建設業の現状は、担い手が不足し建設業者数、建設業就業者数がピーク時より20%以上減少しており、その原因は、労働人口の減少、賃金、労働時間、休暇等の労働環境にあると言われている。今後も担い手を確保するには、働き方改革の取り組みを進めていく必要がある。

国土交通省では、インフラ分野においてデータとデジタル技術を活用して社会資本や公共サービスを変革するとともに建設業や国土交通省の文化・風土や働き方を変革し、安全・安心で豊かな生活を実現すべくインフラ分野のDXを推進している。当事務所では2022年度に「越美山系砂防事務所インフラDX行動計画」を策定・推進している(図-2)。

DX推進のため、当事務所では「砂防ICT意見交換会」(図-3)を実施しており、本意見交換会では、建設ICTを推進していくにあたり、発注者と工事・業務受注者の3者が連携して課題を解決するための議論を行い、その議論を踏まえICT建機メーカー、通信企業等と打ち合わせを実施している(図-4)。

各位との議論で、働き方改革や建設ICTの推進による生産性向上が進まないのは、山間部では通信電波が届かない地帯(図-5)が多く、モバイルデータ通信ができないことが支障となっているとの意見が多く寄せられていた。また、岐阜県、本巣市、揖斐川町等の自治体からも山間部の通信環境の構築について意見が寄せられており、これらの意見を踏まえ、通信環境の構築に向け関係機関の皆様と議論を重ねてきた。



図-2 越美山系砂防事務所インフラDX行動計画



図-3 砂防ICT意見交換会



図-4 ICT建機メーカー、通信企業等との打ち合わせ



図-5 管内のモバイルデータ通信不能エリア

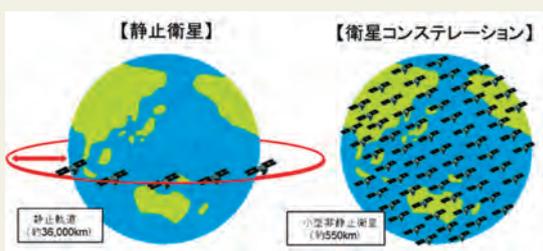


図-6 衛星コンステレーションの外観イメージ

3. 衛星コンステレーションについて

砂防事業は、工事箇所が点在し数年から10数年程度の期間で工事を行うため、広く通信インフラとして採用されている光ファイバー網の敷設や通信基地局等による通信インフラ構築は多大な費用と時間を要するため適さない。

近年、人工衛星に使用される機器の小型軽量化や衛星打ち上げ費用の低廉化により、小型の人工衛星の実用化が比較的容易になっていることを受け、中・低軌道に打ち上げた多数の小型非静止衛星を連携させて一体的に運用する「衛星コンステレーション」が構築されている(図-6)。

衛星コンステレーションは、通信の遅延時間が短い中・低軌道を周回する非静止衛星を用いるため、世界全域を対象として、緊急時・平時を問わず、陸上・海上・航空機上で、高速大容量通信など多様な通信サービスの提供が可能となる。衛星コンステレーションによるブロードバンドサービスは安価で通信速度が速く、受信機等の移動も可能である。

今回は、2022年10月から東日本で、同年12月から西日本で提供が開始された衛星ブロードバンドサービスを用いて、当事務所管内で通信環境構築の可能性について実証実験を実施した。

4. 実証実験の概要

実証実験は、モバイルデータ通信等の不安定な通信環境である堂洞第1砂防堰堤で「遠隔臨場実証実験」及びモバイルデータ通信等の通信ができない環境である百々之木谷第1砂防堰堤(図-7)で「UAVリアルタイム配信実証実験」を実施した。使用した機器は、アンテナと市販の

4G回線用のルーター等で、容易に運搬することが可能であった。

実証実験にあたっては、表-1に示す、関係機関の協力を得て実施した。実証実験の視察会場は揖斐川町の「道の駅：星のふる里ふじはし」とし、各実証実験現場から視察会場、国土交通省砂防部、中部地方整備局、岐阜県、本巣市、揖斐川町、その他事前に応募のあったWEB会議視聴者とWEB会議システムで接続して、実験状況の配信を行った(図-8、図-9)。なお、視察者は、約220名(来場者数約70名、WEB視聴者150名)であった。

5. 実証実験の目的と結果

(1) 遠隔臨場実証実験の目的と結果

堂洞第1砂防堰堤は、モバイルデータ通信エリアであるものの、樹木が生い茂り、谷が深い地形のため、音声や映像の途切れなどが発生し遠隔臨場がスムーズにできない現場である(図-10)。「遠隔臨場実証実験」では、既存のモバイルデータ通信と衛星コンステレーションによる通信状況を比較し、通信状況(映像の連続性や音声等の品質)や建設現場における適用性、課題等を確認した。

実験の結果、モバイルデータ通信(4G)では通信途絶



図-7 実証実験位置図

表-1 実証実験の開催概要

【開催概要】

日時：2023年3月13日(月) 10:30～11:30

場所(視察会場)：道の駅 星のふる里ふじはし

(岐阜県揖斐郡揖斐川町)

- 1) 遠隔臨場実証実験：堂洞第1砂防堰堤
- 2) UAVリアルタイム配信実証実験：百々之木第1砂防堰堤

協力：岐阜県、揖斐川町、本巣市

(一社)岐阜県建設業協会、(一社)日本建設機械施工協会

中部支部、(一社)岐阜県建設コンサルタント協会、

(一社)揖斐建設業協会、(一社)中部地域づくり協会、

(一社)岐阜県測量設計業協会、KDDI(株)、(株)パス

コ、砂防工事安全技術協議会他

現地視察者数：約70人

WEB視聴者：約150人



図-8 実証実験会場(道の駅：星のふる里ふじはし)



図-10 遠隔臨場実証実験(堂洞第1砂防堰堤)

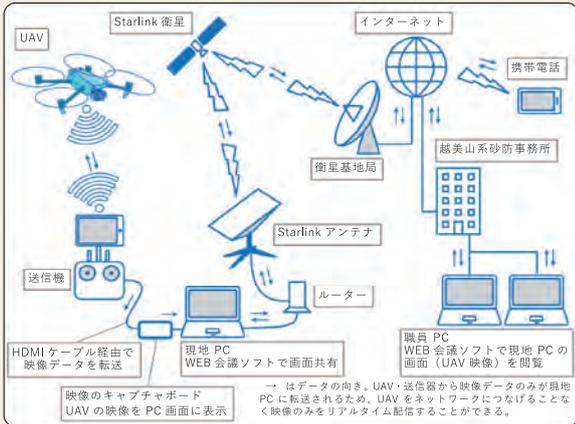


図-9 「UAVリアルタイム配信実証実験」WEB 配信イメージ

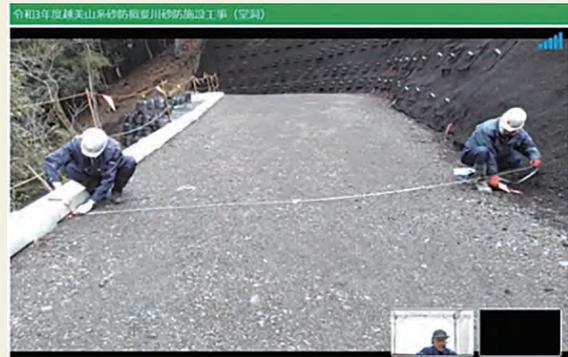


図-11 遠隔臨場システム画面

時間が多く、映像配信に途切れが発生した。一方、衛星コンステレーションは、衛星切り替え時に一瞬の通信遅延があったものの通信速度は約20Mbps 以上で鮮明な映像が配信できスムーズな遠隔臨場ができた(図-11)。

(2) UAVリアルタイム配信実証実験の目的と結果

百々之木谷第1砂防堰堤工事現場は、モバイルデータ通信や静止衛星による通信ができない現場である(図-12)。「UAV リアルタイム配信実証実験」では、UAV 撮影映像を衛星コンステレーションとWEB 会議システムでリアルタイム配信し、その際の通信状況(映像の連続性や音声等の品質)を確認した。また、遠隔地からの指示を受けリアルタイムで現地確認する場合を想定し、WEB 会議参加者の岐阜県庁から撮影場所の指示を受け UAV が指示を受けた場所の映像配信をした。

実験の結果、UAV 撮影映像を高画質でリアルタイム配信でき、遠隔地からの指示を受けて UAV 映像配信することができた(図-13)。

(3) 実証実験で得られた知見と今後の活用

今回の実証実験により、衛星コンステレーションを活用することで、山間部で通信環境を構築することが可能であることを確認した。

a) 工事現場での活用

遠隔臨場や UAV 撮影映像をリアルタイム配信できることを確認した。遠隔臨場などの実施に伴い、現場と事務所間の往来が減り、GX 推進にも繋がると考えられる。実験後、衛星コンステレーションによる通信サービスを導入し

た工事現場の受注者からは、「現場で通信連絡が可能となり、本社や発注者と連絡できるようになり業務が効率化された。」

「現場に通信環境が整備されたことにより、急激な気象状況の変化を速やかに把握することが可能となった。」等の意見が寄せられた。

b) 災害時の活用

山間部などの通信環境が悪いところで災害が発生した場合において、被災状況の迅速な把握が期待される。国土交通省では、大規模な自然災害時に被害状況の迅速な把握、被害の発生拡大の防止、被災地の早期復旧などに取り組み、被災自治体を支援する「TEC-FORCE」が設置されている。今回の実験で用いた衛星コンステレーションとウェアラブルカメラやUAV をリンクさせ、被災状況のリアルタイム配信や、被災状況調査結果を共有するアプリケーションTEC アプリ(図-14) SMART SABO(図-15)



図-12 UAVリアルタイム配信(百々之木谷第1砂防堰堤)

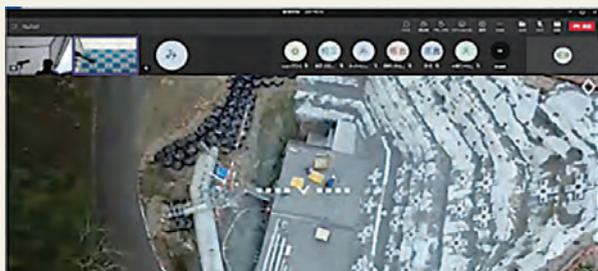


図-13 UAVリアルタイム配信画面

による即時の状況報告を行うことができれば迅速に被災自治体の支援が可能になると思われる。

さらに、アンテナ等の機器さえあれば通信することのできる衛星コンステレーションは、非常時の通信手段としても有効であると考えられる。自然災害により既存の通信インフラ設備が損傷し、主回線の通信が遮断した場合に、非常用の通信手段として避難所の通信環境整備や企業・自治体の通信環境維持に利用し、BCP対策として利用することができる。

c) 観光業での活用

建設分野での活用や災害対応の他に、これまで通信環境のなかった山間部の山小屋や離島などの観光地で通信サービスを提供することが可能となり、観光産業の発展、地域の活性化が期待できる。

d) 衛星コンステレーションによる通信の課題

現状としては、本実証実験前に数箇所の工事現場で実験をしたところ、アンテナの設置箇所の上空視野角が100°開けた場所でないとは安定した通信ができなかった。また、上空が開けていない場所では、アンテナを設置しても通信できるまでに10分程度時間を要することがあった。電波を受信できる箇所があれば、ルーターを使用することによってアンテナから離れた現場で活用可能となるものの、全ての現場で上空視野角を確保できるとは限らない。

今後、多くの工事現場で遠隔臨場を実施できるよう各現場で受信可能な設置場所を確認する予定である。

また、全ての現場で数秒の通信遅延があった。これは、アンテナが受信する衛星を切り替える時に生じると思われる。いずれの実証実験でも支障とはならなかったが、通信の遅延は有事の活用の際には支障をきたすことがあり得る。衛星はほぼ毎週数十基打ち上げられており、通信環境は改善されているため、今後、通信遅延が解消されることが期待される。

なお、将来は衛星とスマートフォン等との直接通信が可能となる動向が示されており、衛星から直接位置情報等を取得できるようになれば、遠隔地からUAVをコントロールして流域監視などができる等、業務の省力化・高度化やICT施工の推進が期待できる。

6. おわりに

今回の実証実験により、通信ができなかった山間部でも



図-14 TECアプリ(被災状況調査支援ツール)



図-15 SMART SABO(砂防調査・管理効率化ツール)

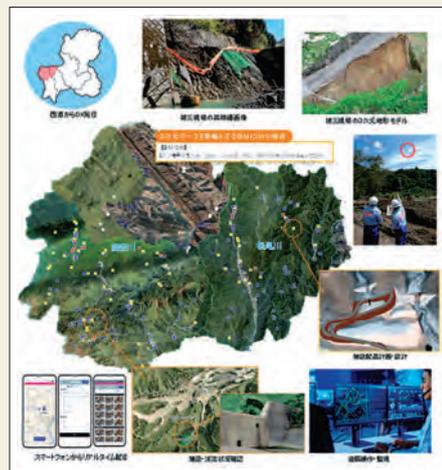


図-16 DX推進に向けた取り組み

上空が開けた箇所にアンテナを設置すれば、データ通信ができることを確認した。これを活用し、働き方改革を推進し、安全・安心で豊かな生活を実現すべくインフラ分野のDXを推進する。

今年度は、既存の3次元データに TLS や LiDAR スキャナで得たデータを取り入れ、3次元空間で用地境界立ち会いや関係機関と打ち合わせ等を行うことを目標としている。併せて、各分野の新技术・新工法等をいち早く取り入れながら3次元モデルをあらゆる段階で導入することで事業関係者間の情報共有を容易にし、建設生産・管理システムの効率化・高度化を目指す BIM/CIM を推進していく(図-16)。

謝辞：この度の実証実験が実施できたのは、ひとえにご協力いただいた皆様のおかげです。誌面を借りて感謝を申し上げるとともに、今後も意見交換等を重ねながら皆様と共にDXを推進してまいりますので、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

浅間山の火山噴火を想定した 無人化施工機械操作講習会

国土交通省 関東地方整備局
利根川水系砂防事務所

よしだ けんじ
吉田 賢司
建設監督官

1. はじめに

利根川水系砂防事務所は、群馬県における利根川上流域の支川である片品川・吾妻川・烏川・神流川について直轄砂防事業を行っています。また、管内には、全国111の活火山のうち日光白根山、赤城山、榛名山、草津白根山、そして浅間山の5つの活火山をかかえています。



図-1 利根川流域図

特に浅間山は、令和5年9月現在、全国にて噴火警戒レベル2以上が発令されている6つの内の1つとなっています。

本稿では、当事務所で行っている「浅間山の火山噴火を想定した無人化施工機械操作講習会」の取り組みを紹介します。

1.1 浅間山について

浅間山は、群馬・長野県の境に位置する活火山で、その山麓は、日本三大外国人避暑地として明治期より開発が進められた軽井沢などをかかえ、別荘やリゾート施設が分布しています。

また、有史以降数多くの噴火記録があり、天明の飢饉の原因の一つとされる天明3年（1783）の大噴火では、火砕流により嬬恋村（旧鎌原村）の一村約150戸が飲み込まれ、483名が死亡したほか、群馬県下では1、

400名を越す犠牲者を出しました。



図-2 浅間山夜分大焼之図(長野県小諸市美津洋夫氏所蔵)

近年の噴火のうち、昭和33年～34年の噴火では爆風によりガラスの破損が多数発生し、火山弾は3～4kmまで飛び山火が発生。昭和48年2月の噴火では融雪型火山泥流が発生。平成以降も複数回の噴火が発生し、令和元年8月の小噴火では噴火警戒レベル3（入山規制）となりました。



図-3 昭和48年2月の中規模噴火に伴う火砕流

1.2 浅間山直轄火山砂防事業について

このように、浅間山は、国内の火山の中でも極めて活動的であり、噴火した場合は、積雪期であれば火砕流による融雪型火山泥流や、噴火後の降雨による土石流により、群馬・長野両県の広範囲に影響が及ぶとともに、首都圏の経済活動にも甚大な影響が及ぶことが懸念されます。

このため、当事務所では、平成24年度から噴火に伴

う土砂災害に備え、平常時からの準備（基本対策）を行うとともに、火山活動の状況に応じた機動的な緊急対策を行い、火山噴火に伴う土砂災害（融雪型火山泥流等）の被害をできる限り軽減（減災）するため「浅間山直轄火山砂防事業（火山噴火緊急減災対策事業）」を実施しています。



図-4 融雪型火山泥流の被害想定範囲と対策計画図(火砕流27万m³・積雪深0.5m)

※今後の調査・検討により堰堤位置、基数等に変更になる場合があります。

浅間山直轄火山砂防事業は、昭和33年12月の観測史上最大の火砕流規模27万m³において平均積雪深0.5mで発生した際の泥流規模を想定して対策施設を整備しています。

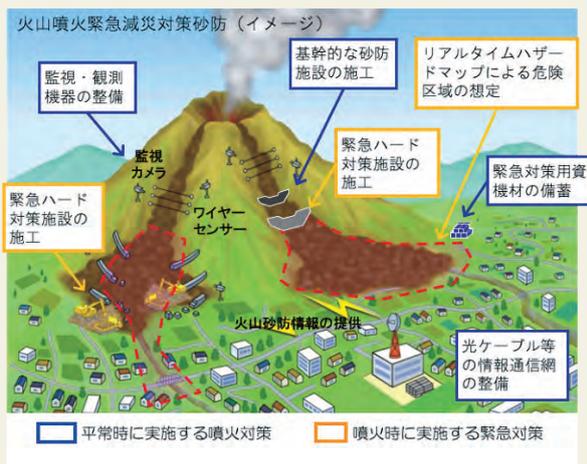


図-5 火山噴火緊急減災対策イメージ

ハード対策としては、噴火警戒レベル3が発令された際に、立ち入り禁止区域となる火口から4km圏の外側に、想定される融雪型火山泥流等を捕捉するため、火口に近い方へ基本対策施設として砂防堰堤を整備し、火口から遠い方では、緊急対策施設として砂防堰堤の非越流部の整備を行っています。

特に、緊急対策施設の越流部は、火山活動の状況に応

じて越流部へコンクリートブロック積みを実施することにより機動的に対策を実施します。このため、平常時に、越流部に積むコンクリートブロックを備蓄しています。



図-6 対策施設イメージ

また、ソフト対策としては、土石流や火山泥流などの発生をいち早く知るために、監視カメラ等の観測機器や光ケーブルの整備、火山噴火時に立ち入り禁止区域内での降灰量調査システム等の技術開発を行っています。



図-7 CCTV監視カメラの設置状況

2. 無人化施工の取り組み

浅間山が噴火した場合には、積雪期の火砕流による融雪型火山泥流や噴火後の降雨による土石流の発生が予想されるため、これらの土砂災害を軽減するために緊急対策工事を実施します。

緊急対策工事は、噴火が予想される場合に立ち入り禁止区域の外側で実施しますが、作業員の安全を確保するため、遠隔操作式建設機械（以下、「無人化施工機械」という。）を使用した無人化施工を想定しています。

このため、利根川水系砂防事務所では、平時から建設機械オペレーターの方に無人化施工機械の操作に慣れていただくことで、噴火時における緊急対策工事の安全かつ円滑な施工を確保するため、無人化施工機械操作講習会



図-8 令和5年度 無人化施工機械講習会の様子

(以下、「講習会」という。)を実施しています。

講習会は、平成19年度に北陸、関東、九州の各地方整備局が開発した無人化施工機械を集めて実施したことが始まりとなり、今年度で15回目の開催となります。

今年度の講習会は、以下の概要にて、令和5年9月20日に、長野県御代田町にて開催しました。

【施工会場】

- 「R5濁川第一砂防堰堤工事」施工現場
⇒当現場は、緊急対策施設整備の土工の一部を無人化施工にて実施

【操作会場】

- 当事務所の浅間山出張所に操作室を設置
⇒浅間山出張所の操作室と施工現場の直線距離は約3.6km

【施工内容】

- ICTバックホウによる土砂掘削
- キャリアダンプによる土砂運搬

【講習会の参加者】

- 災害時応急対策事業に関する協定会社 17社 28名
 - 長野県・群馬県庁職員、及び各県建設業協会 21名
- また、本講習会の来賓として、地元自治体首長である小泉小諸市長、小園御代田町長にもご出席いただき、無人化施工機械の操作体験を行っていただきました。両首長からは「噴火時の応急対策を無人化施工で行うことへの理解の深化」や「無人化施工講習会を継続的に実施することが重要である」旨のお言葉をいただきました。

3. 無人化施工の実施概要について

今回の無人化施工は、直線距離にして約3.6km離れている施工現場と操作室間を、はじめて国土交通省の監視カメラ用に敷設した光ファイバーを用いて、ネットワーク型操作方式により実施しました。

以下、構成毎の設置内容、工夫、実施結果と導入時間について記載します。

3.1 通信環境

3.1.1 設置内容

各砂防施設には、監視用としてCCTV監視カメラを設置しています。今回の操作室（出張所）と施工現場の通信は、そのCCTV用の光ファイバーの予備芯を用いて構築しました。

操作室内の通信は、4K画像を1枚と操作信号を伝送するため、伝送容量は最大100Mbpsと想定されたので、カテゴリ5eのLANケーブルを使用しました。

施工現場の通信は、通信速度と安定性の観点により5GHz帯により構築しました。



図-9 中継基地局の設置状況

3.1.2 工夫

施工現場の中継基地局は、単管パイプでアンテナを設置し、電力は、燃料給油が必要ないソーラーパネル発電により供給しました。

3.1.3 実施結果

映像伝送の遅延時間については、操作者より「操作体感としては若干の遅れを感じるが、操作の慣れにより解消できるレベルである。」との意見を得られました。

遅延時間の短縮は、昨年度と比較して、国土交通省の光ファイバー網を利用できたことで、通信キャリアの光ファイバー網を利用する場合に必要なルーターでのパケット処理が不要となったことが寄与していると考えられます。

また、施工現場の、中継基地と無人化施工機械の作業範囲は約300mでしたが、映像伝送装置のアンテナの指向性が強いので、安定した通信状況を確保するための機材選定に時間を費やしました。

3.2 遠隔操作機器

3.2.1 設置内容

遠隔操作機器は、昨年度はプレハブの操作室へコックピット型を設置しましたが、今回は、出張所2階会議室に操作室を設置しました。このため、搬入のしやすさを考え、モニター数を最小限にし、操作機⇒ゲーム用コントロースティック、操作席⇒ゲームチェアとし、操作機を操作席へ取り付けする方法としました。

映像は、重機操作用の映像の他に、重機の掘削⇒積み込み⇒運搬⇒荷下ろしの稼働状況が俯瞰的に確認できるよう、『高所作業車』へ俯瞰カメラ（今回の工事範囲は2台設置）を取り付けた映像を、俯瞰カメラ毎にそれぞれの重機操作席へ配信しました。また、映像は、遠近感が把握できるよう、全て4K映像としました。

○ ICTバックホウ（マシンコントロール）

俯瞰カメラ以外のモニターは、バケット操作に集中できるように、バケット可動範囲の映像を32インチモニター



図-10 ICTバックホウ操作席

1台に映すようにしました。

○ キャリアダンプ

俯瞰カメラ以外のモニターは、運転席から両目で視認できる120度が映像確認できるよう27インチモニター3台をセットしました。



図-11 キャリアダンプ操作席

3.2.2 工夫

○ ICTバックホウ

昨年度、48インチモニター3台で前方の映像を映していましたが、バケット可動範囲以外の映像が視界に入ると疲労感等につながるとの意見があったため、今回はモニター台数と画角を絞り込みました。

ピントは、掘削時の刃先に合うようにセットしました。

○ キャリアダンプ

人間の視認範囲は200度ですが、両目で見える範囲外の映像が視界に入ると疲労感等につながるため、映像の視界範囲を120度としました。

3.2.3 実施結果

○ ICTバックホウ

モニターを1台としたことは好評でしたが、バケット可動範囲の上下方向は大きな画面で映す方が作業しやすいとの意見が多数ありました。

○ キャリアダンプ

斜面等を色彩の変化で認識しますが、モニター映像では、天候により色彩が変化するので遠近感や斜面の認識がしづらいため、俯瞰カメラ映像が活躍しました。

3.3 無人化施工機械

3.3.1 設置内容

遠隔操縦装置は、後付け遠隔操縦装置のうち大林組が開発した「サロゲート」を設置しました。

3.3.2 工夫

○ ICTバックホウ

カメラは運転席後部に設置することで、搭乗操作と遠隔操作が両方可能となるようにしました。



図-12 サロゲート取り付け状況(バックホウ)

○ キャリアダンプ

横方向のカメラは、運転席に広角カメラを設置するのではなく、車両側面の障害物等の映像が確認できるよう、車体側面へ取り付けました。



図-13 カメラ設置状況(キャリアダンプ)

3.3.3 実施結果

遠隔操作時のサイクルタイムを「通常の登場操作」、「無人化施工操作の初日作業」、「無人化施工操作の最終日作業」で比較した結果を以下に記載します。

○ バックホウ

通常の搭乗操作 約3分(推定)

<今回の無人化施工操作>

初日 約3分20秒(6回積み込み)

最終日 約2分50秒

○ キャリアダンプ

通常の搭乗操作 約5分(推定)

<今回の無人化施工操作>

初日 約10分

最終日 約7分

※走行速度を65%程度にしています。

以上の結果より、バックホウ、キャリアダンプ操作ともに、習熟により作業効率の上昇が大きく、通常の搭乗操作と今回の無人化施工操作とで作業効率は同等となる結果でした。なお、キャリアダンプの施工は、速度を抑えましたが、映像からでは斜面等の状況が認識しづらいため、安全性の観点より走行速度の割合を上げることは難しいとの印象でした。

3.4 導入時間

現場へ搬入された重機への遠隔操作機器の設置、電送施設の設置、操作席の設置で概ね1週間を必要としました。特に、今回の設置では電送施設の機器選定に時間を費やしました。

3.5 新たな試み

今回の通信環境は、光ファイバーとWi-fiで行いましたが、環境構築に1週間程度を費やしました。一方で衛星回線を用いて迅速かつ広範囲に通信環境が整備できれば、災害時に非常に有効な手法となります。

このため、衛星回線の現状課題を把握するためスターリンク回線を用いて、施工現場映像を操作室へ伝送する試みを行いました。

結果としては、衛星毎の通信環境の切り替え時の通信途切れや、映像の時差が大きく、現段階では無人化施工の回線としては使用が難しい状況を確認しました。



図-14 スターリンク設置状況

4. おわりに

無人化施工機械講習会は、毎年実施することが、以下の3つの「しんか」が図れると考えています。

- 無人化施工機械の「設置方法」、「機械」、「操作」への基本的な技術や知識の深化
- 新技術の活用検証と進化
- 協定会社、関係自治体の連携深化

このため、来年度以降も3つの「しんか」を続けながら、噴火時における緊急対策工事の安全かつ円滑な施工を確保するため、無人化施工機械操作講習会を実施していきます。

最後に、本寄稿に際し、竹花組の川井様、大林組の冨永様、日立建機日本の小倉様には、お忙しいところ多くのご助言・ご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

「技術戦略研究部」の取り組み

とみた ようこ

富田 陽子

(一財)砂防・地すべり技術センター

砂防技術総合研究所 技術戦略研究部長

砂防技術総合研究所「技術戦略研究部」は、昨年7月に発足した新しい研究部です。一歩先、百歩先を見据え、今後の砂防事業の在り方を考えていく部署です。

部長である私は、砂防事業を世の中の様々な活動に、戦略的かつ有機的に結び付けていくことが大きな役割であると考えています。そのためには、技術の研究開発のみならず、世の中の制度、社会の慣習、人間関係、新たなコミュニティの創造など、ありとあらゆる事柄との連携を考えていく必要があります。そのような連携の中で、砂防事業が社会に占める役割を上げていくことができれば良いと考えています。

事業の目標を考えると、活動→アウトプット→プロジェクト目標→上位目標（ゴール）といった段階が考えられます。これは、開発援助プロジェクトの計画・実施・評価という一連のサイクルを「プロジェクト・デザイン・マトリックス（PDM）」と呼ばれるプロジェクト概要表を用いて管理運営する方法（PCM手法）¹⁾なのですが、これに砂防事業を当てはめて考えてみます。たとえば、砂防施設の設置（活動）によって土砂災害を直接的に防止する（豪雨時に市街地に流出する土砂量が砂防堰堤によって軽減・抑止される）ことはアウトプットであり、これにより、「降雨時にも安全に利用できる土地が増える」ことがプロジェクト目標、さらに上位には地域の総意である上位目標（ゴール）として、たとえば「観光客が増える」「定住人口が

増える」などが考えられます。このような上位目標の達成は、砂防事業だけでは得られません。このように、アウトプットのみならずゴールの達成とその維持・発展に貢献することができるような活動を展開できればいいのでは、と思っています。

古くより砂防は、山地流域全体を対象に、その地域の生業や住まいに関係する機関・住民とともに協力して事業を展開することで地域の日常的な営みを永続的に保全してきました。すなわち防災まちづくりです。例として挙げますと、戦前では「雲原村砂防事業」（現京都府福知山市）²⁾です。度重なる土砂災害とそれによる経済不況から立ち直るために、経済更正事業（当時）など様々な公共事業が砂防事業と同時に行われ、用水路や排水路の改修や家屋の改築が同時に実施されました。砂防工事を軸とする村づくりを行ったのです。それぞれの目的を持つ公共事業が複合的に機能してきた、まさに「防災まちづくり」でした。

近年では、兵庫県南部地震（平成7年）により多数の山腹崩壊が生じた六甲山系山麓の関係者の総意による山地流域の管理である「六甲山系グリーンベルト整備事業」（兵庫県神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市）³⁾があります。地震による山腹崩壊に対しては、建設省六甲砂防工事事務所（当時）が崩壊斜面への直接対策、崩落した土砂が降雨時に流出することを防ぐために既設砂防堰堤の除石、出水期までの短期間で施工可能な鋼製砕砂防堰堤の設置などを行いました。また、兵庫県及

び神戸地方気象台は、土砂災害に対する警戒避難基準雨量の引き下げを行いました。砂防としての地震災害への対応はひと通り行ったわけですが、兵庫県、山麓自治体、六甲砂防工事事務所は、さらに将来に備えたまちづくりと本質的に一体のものとして防災事業を実施していくべきという認識に至ったのです。神戸市は、平成7年阪神・淡路大震災からの復興計画⁴⁾に、六甲山麓の防災まちづくりの施策である「山麓緑地軸」を位置づけました。山麓緑地軸は、災害時には山崩れの緩衝緑地（グリーンベルト）として機能し、平常時には無秩序な市街地の形成を防ぐものです⁵⁾。これを実現するために、建設省砂防部と六甲砂防工事事務所は、地域の行政機関、学識者とも協議して、「都市山麓グリーンベルト構想および事業」を砂防事業として位置づけました。さらに、兵庫県と神戸市は、山麓の緑地としての保全が永続的になされるよう、その具体的措置として、都市山麓グリーンベルトのうち市街地に面する斜面を「防砂の施設」（都市計画法）及び「特別緑地保全地区」（都市緑地法）として、平成10年に最初の都市計画決定を行いました。これにより、砂防はまちづくりの中に面的に永続性をもって織り込まれたのです。

六甲砂防工事事務所は、地域の関係行政機関・学識者で構成する委員会、地域住民を対象とした講演会などを主催し、六甲山系の山地流域に求められている機能が、「土砂災害の防止」「良好な都市環境、風致景観、生態系及び種の多様性の保全・育成」「都市のスプロール化の防止」「健全なレクリエーションの場の提供」であることを整理しました。これは、砂防施設の配置とその維持管理、適切な土地利用、山地流域に関わるすべての行政・企業・住民がそれぞれの日常的な活動を通して実現していくという道筋を示したことになります。

兵庫県、神戸市は、地元自治体として、土砂災害危険箇所が連坦する山麓の流域・斜面において、砂防指定地、急傾斜地崩壊防止区域、地すべり防止区域、保安林のそれぞれの土地を、特別緑

地保全地区（都市緑地法）で繋いで形成した一連の土地を「都市山麓グリーンベルト」³⁾とし、このうち、市街地に面する斜面（約1,600ha）を都市計画決定の手続きを経て決定し、土地利用を土砂災害の防止と緑地の保全に誘導することにしました³⁾。この時、市街化区域から市街化調整区域への逆線引きも行われました。現在もグリーンベルトへの編入は行われています。グリーンベルトでは、地元の住民の方々にとっては、安全・安心で魅力的な生活環境の維持のために身近な緑地の清掃など、学校にとっては防災学習・環境学習のため教育委員会がテキストを作成するなど⁶⁾、また、企業にとってはCSR活動の一環として、行政施策も活用して緑地保全活動への参加、行政にとっては防災事業の推進、といったことが行われています。これらの活動がうまく循環するよう、たとえば、森林をフィールドとして提供し、整備方針を共有するためのツールや用具を提供するなどの活動支援⁷⁻¹⁰⁾を行政が行っています。

このように、それぞれの活動がうまく作用し合っ
て山麓のまち全体で土砂災害に強いまちづくりが
現在も進められています。六甲砂防工事事務所は、
地震からの復旧だけではなく、これら全体のマネ
ジメントも行ったのです。

これらは、砂防事業だけではなく他の事業がう
まく連携して実現した事例であり、今後このよう
な展開を目指していくべきだと考えます。

さて、今後の研究の方向性ですが、次のような
キーワードがヒントになる可能性があると考えて
います。森林・生態系の保全、国立公園や国定公
園など景勝地の保全、地域の伝統・歴史・文化の
継承、内需・外需を支える観光地の保全、人の交
流と物流を支える道路網・鉄道網の保全。それら
に関わる砂防、またその保全が永続的なものとな
るために、山地流域の監視・観測及びそれに応じ
た山地流域の保全活動の在り方など。このような
キーワードを取り巻く社会状況、利害関係者、住

民生活、経済活動などを注視しながら砂防が果たす役割を研究していきたいと思えます。

現在、技術戦略研究部は、制度面に精通した（一財）砂防フロンティアと協力して、国土交通省砂防部との連携会議である「砂防の技術・管理に関する研究会」を立ち上げ、議論を始めるとともに、他の分野との関係構築に向けた交流を始めたところでは。

*上記原稿の「六甲山系グリーンベルト」に関わる文章は、筆者が執筆した「砂防が担う山地流域の管理、砂防学会誌、Vol.74, No.5, p.1-2, 2022」を引用しています。

参考文献

1) PCM手法コース: FASID 一般財団法人国際開発機構

- https://fasid.or.jp/pcm/sannshou, 参照 2023-10-27
- 2) 国登録記念物第1号「雲原砂防施設群」とは/京都府ホームページ (pref.kyoto.jp) <https://www.pref.kyoto.jp/chutan/doboku-nisi/kumohara-sabo03.html>, 参照 2023-10-27
 - 3) 田畑茂清・牧田一男: グリーンベルト防災型斜面緑地の保全, 鹿島出版会, p.192, 2000
 - 4) 神戸市: 神戸市復興計画, 1995
 - 5) 田中 充: 神戸市における被災地復興に関する公園緑地行政の展開, ランドスケープ研究 60 (2), p.138-140, 1996
 - 6) たとえば, 宝塚市教育委員会: 1.17 忘れへん 防災教育副読本 (小学校編) (中学校編), 1997
 - 7) 神戸市建設局防災課: 六甲山森林整備戦略, <https://www.city.kobe.lg.jp/a19183/kurashi/machizukuri/flower/rokkou/senryaku/sakutei.html>, 参照 2023-10-27
 - 8) 兵庫県農政環境部農林水産局豊かな森づくり課: 多様な担い手による森づくり活動の推進, https://web.pref.hyogo.lg.jp/nk21/af15_000000003.html, 参照 2023-10-27
 - 9) 兵庫県県土整備部土木局砂防課: 参画と協働による森づくり, https://web.pref.hyogo.lg.jp/ks15/ks15_0000001.html, 参照 2023-10-27
 - 10) 国土交通省六甲砂防事務所: 市民・企業による森づくり, https://www.kkr.mlit.go.jp/rokkou/pr_media/plant/group/index.php, 参照 2023-10-27

【Geophysical Research Lettersに掲載された論文の紹介】

爆発的火山噴火(マグマ噴火・マグマ水蒸気噴火)による火砕流の二層浅水流モデルの開発¹

しみず ひろゆき
志水 宏行

(一財)砂防・地すべり技術センター

砂防技術総合研究所 技術開発部 砂防システム研究室 研究員

砂防技術総合研究所では、土石流・洪水流・火砕流といった様々な土砂移動現象に対する数値シミュレーション技術の高度化に向けた研究・開発を行っています。その活動の一つとして、爆発的火山噴火による火砕流（火砕サージも含む）とそれによる堆積物について予測できる数値モデルを開発しています。爆発的噴火では、火口から火山性噴出物（火山碎屑物粒子・火山ガス）が噴煙柱として放出され、噴煙柱は周囲大気よりも重いままであると崩壊し、火砕流として高温・高速で地表面上を流動します。今回出版された論文では、噴煙柱崩壊型火砕流のダイナミクスおよびその結果決定される到達範囲や堆積物厚さ分布を評価できる数値モデルを新たに開発・提案しています。

本モデルは、噴煙柱崩壊型火砕流を評価する上で重要な二つの特徴をもちます（図）。一つ目は、爆発的噴火では火山性噴出物のみを地表に放出するマグマ噴火だけでなく、火山性噴出物が地下水や湖水などの外来水と混合して放出するマグマ水蒸気噴火も頻繁に生じるため、その両噴火様式による火砕流を評価できるよう拡張されている点です（図 b）。外来水の混合率が大きいと、もともと 700°C 程度の高温であった火山性噴出物が 100°C 程度まで著しく減少し、それが火砕流の振る舞いを大きく変えます。もう一つの本モデルの特徴は、火砕流の成層構造（上部低濃度乱流サスペンション流と下部高濃度粒子流から構成）の効果を二層の浅水流方程式によって評価できる点です（図 c）。低濃度流と高濃度流それぞれの到達範囲決定メカニズムや堆積物形成メカニズムは異なるため、それらが火砕流全体の到達範囲や堆積物厚さ分布の決定に多様性をもたらします。将来的に、本数値モデルの適用により、火砕流に関する砂防事業の高度化が期待されます。

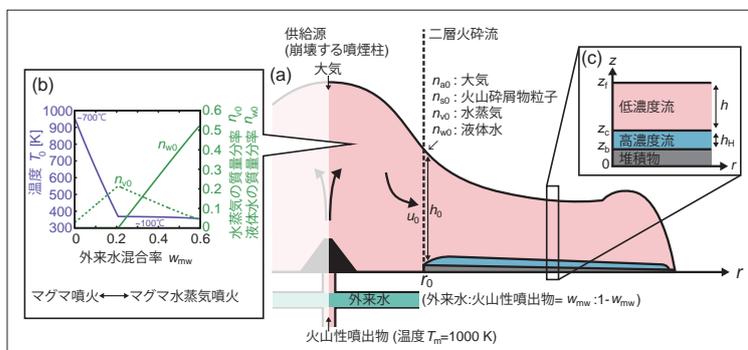


図 1: (a) 爆発的火山噴火による火砕流の二層浅水流モデルの概念図。(b) マグマ噴火・マグマ水蒸気噴火による供給条件を考慮。(c) 成層化した火砕流を上層低濃度乱流サスペンション流と下層高濃度粒子流の二層で表現。

¹ Shimizu, H.A., Koyaguchi, T., Suzuki, Y.J. (2023) Geophysical Research Letters <https://doi.org/10.1029/2023GL104616>

物流2024年問題が 砂防事業に与える影響について

(一財)砂防・地すべり技術センター
砂防技術総合研究所 技術開発部

はじめに

「働き方改革」で世の中が変わり始めて5年が経とうとしています。この中で、働き方改革関連法に伴い、2024年4月から、トラックドライバーの時間外労働時間の上限が「年間960時間」に設定されることで生じる諸問題は「物流2024年問題」として注目されています。働き方改革関連法は、2019年4月より、大企業から順次施行されてきましたが、自動車運転業や建設業（災害復旧・復興事業）などについては、働き方改革が目指す労働時間の上限規制と実態に乖離があるため、5年の猶予が設けられました。この猶予期間が、2024年3月末に終了します（図

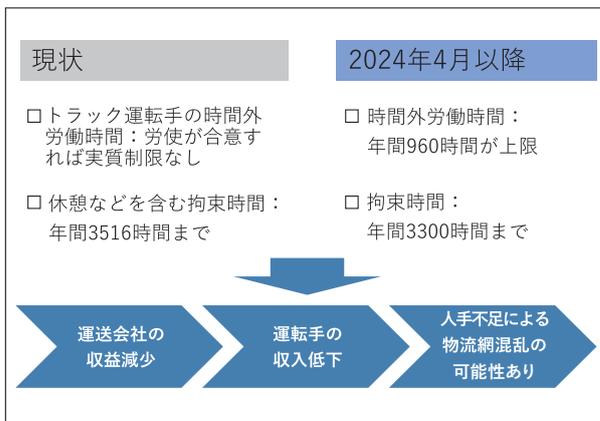
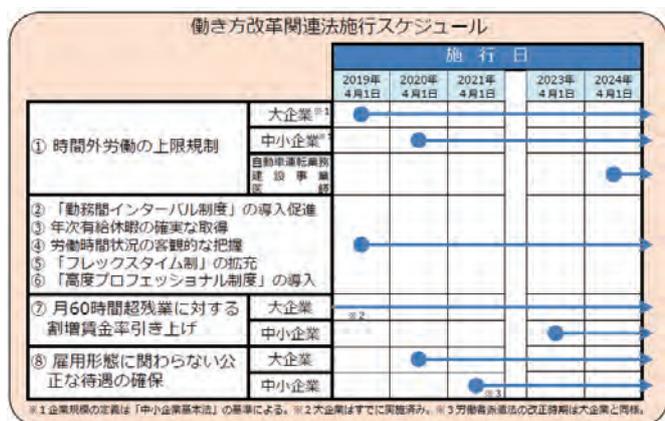
1左）。巷では宅配便や小売業など、私たちの生活に身近な問題として耳にするケースが多い「物流2024年問題」について、今回は砂防の視点から、今後の影響や展開を考えてみました。

1. 物流2024年問題とは

物流2024年問題について、簡単にまとめます。ドライバーの労働時間に上限が設定されることで発生する影響は大きく3つあります。

①物流・運送企業の収益減によるドライバーの減収及び離職の加速

物流・運送業は、売上がドライバーの労働時間に大きく依存する「労働集約型産業」です。



出典（左）：厚生労働省愛知労働局 HP

https://jsite.mhlw.go.jp/aichi-roudoukyoku/jirei_toukei/koyou_kintou/hatarakikata/newpage_01128.html より

図-1 働き方改革の概要

そのため時間外労働の規制が強化されると、ドライバーの労働量が減少し、企業の売上ダウンに直結します。売上ダウンにより従来と同水準の給与を保証できなくなれば、ドライバーの離職が進み、人材不足が進行するおそれがあります。これはOECD加盟各国では自動運転等の技術導入に向けた制度改正の流れを生んでいますが、本邦では取り組みがスーパーシティ等、都市問題解決に向けたモデル的な動きに留まっています（内閣府「スーパーシティ」構想、2023）。

②トラック輸送リソースの減少

ドライバーの総稼働時間が制限されることにより、例えば、1日10時間働いていたドライバーが8時間しか働かなくなれば、単純計算で輸送可能量は2割ほど減少することになります。これにより、トラックの手配が困難になる、手配できたとしても待ち日数が増えるといった懸念が生じます。本邦企業のジャスト・オンタイム（在庫最小化経営）と相まって輸送リソースの配分は綱渡りとなると見込まれます。

③荷主の物流コストの上昇

2024年問題によって物流・運送企業やドライバーは、売上・収入面で影響を受けると見込まれるため、運賃の増加で売上・収入の減少分を補う動きが活発化すると予測されます。結果として、建設事業者を含む荷主にとっては、物流コストが増加し、発注者に転嫁出来なければ負担となります。

また、2024年問題がなかった場合においても、ドライバーの高齢化に伴い、既に物流業界では慢性的な人材不足や長時間労働が常態化しています。2024年度は働き方改革関連の影響から、ドライバーの人材不足が進む可能性があります（図-1右）。

2. 砂防事業における輸送の特色

長距離輸送では2024年問題の影響は全国的に現れると考えられます（図-2）。砂防事業のほとんどが中山間地から山間地にかけて行われており、長距離輸送となる部材もありますが、

属性（地域・業種）	コメント内容	出典
四国地方 （徳島・一般運送）	2024年問題の影響も深刻だ。これまでは四国・九州の片道約700キロを1日で運んでいたが、それができなくなる。片道2日かかるとなれば、それだけ車両の回転率が下がる。1台当たりの売り上げが減るのでドライバーの手取りに影響する。それを見越して当社は片道250キロ以内、1日で往復できる関西圏の仕事を取年前から開拓してきた。	月刊ロジスティクス・ビジネス 2022年4月号 P.42
関東地方 （茨城・卸）	500キロメートル以上、特に茨城から大阪のトラック便を見つけないのが非常に大変	月刊ロジスティクス・ビジネス 2022年4月号 P.35
北陸・信越地方 （新潟・食品）	名古屋・大阪方面へのトラック確保が厳しくなっている。北海道・九州への商品発送は鉄道とトラックの併用だが、（名古屋や大阪では）もういかならない。鉄道輸送へのモーダルシフトを行っているが、やはり限界がある。	月刊ロジスティクス・ビジネス 2020年4月号 P.28
関東地方 （東京・食品）	長距離輸送が確保できない。中でも関東と静岡地区発、東北および西日本着の車両確保に苦戦している。	月刊ロジスティクス・ビジネス 2020年4月号 P.34
関東地方 （東京・食品）	関東から中国・四国・九州地方の幹線は中1日が一般化しつつある。	月刊ロジスティクス・ビジネス 2020年4月号 P.34
近畿地方 （京都・化学）	各方面ともにトラック不足が解消されていない。特に九州方面において以前の他単価での車両確保が難しくなっている	月刊ロジスティクス・ビジネス 2020年4月号 P.42
九州地方 （福岡・総合物流）	長時間運行を規制する法規制の影響によって、これまでワマンで九州・関東間の長距離配送していたところを、 関西付近でスイッチ 運行するようにした。	月刊ロジスティクス・ビジネス 2020年4月号 P.45
九州地方 （福岡・倉庫）	福岡発四国行、広島以東方面へのリードタイムを1日延長するなどの動きが協力運送会社から見られるようになった	月刊ロジスティクス・ビジネス 2020年4月号 P.45

（出典）ロイス・パブリケーションズ刊「月刊ロジスティクス・ビジネス」2022年4月号および2020年4月号。（注）傍線は経済産業省による。

出典：経済産業省 HP 我が国の物流を取り巻く現状と取組状況

https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/sustainable_logistics/pdf/001_02_00.pdf

より

図-2 2024年問題の物流への影響について

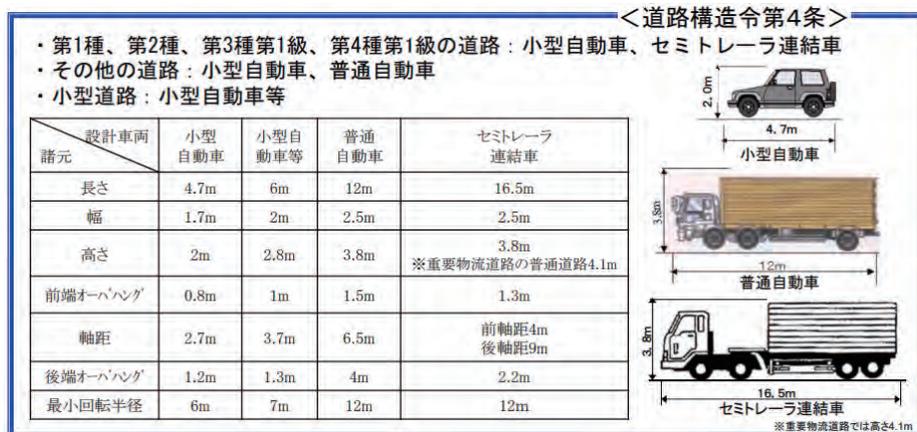


図-3 低床トラックと高床トラック

その他の多くは、ほぼ同一地域内での輸送です。そのため、同一地域内で働くドライバーと大都市間の長距離輸送に従事するドライバーとの問題が、同じ労働市場になるか、相互に緩く分かれるかが影響度合いに大きく関係しますが、平地で同等規模の建設工事を行う場合と比べると、工事現場までの輸送距離や輸送時間は長くなる特徴があります。また、山地では、平地と比べ道路勾配の緩急が大きいいため、搬入可能なトラックが高床タイプに限られるケースも少なくありません(図-3)。その高床トラックは荷台のほか車体全体が高く設計されているため、悪路や泥濘地の走行性に優れる一方、運転には都市間輸送とは異なる種類の習熟度が求めら

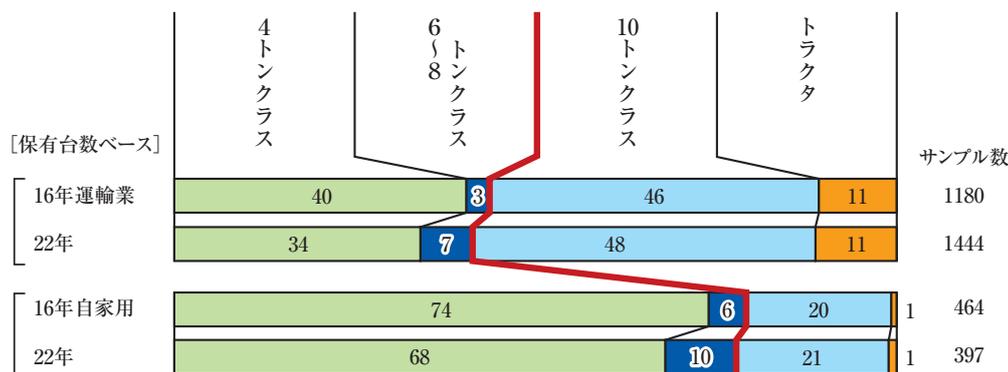
れ、これまで熟練ドライバーの方々に依存してきました。

砂防事業の場合、工事用道路は林道規定に準じて、普通自動車(高さ3.8m、幅12m)の通行を目安に設計されます(図-4)。ダンプトラックやラフタークレーンの通行も、この普通自動車サイズが一般的な基準となります。積載可能な重量でいうと、最大約10トン/台程度です。現行の積算では十分に反映されないおそれもありますが、狭隘な箇所、曲率の大きいカーブでこのサイズのトラックが工事現場まで入れない場合は、中継地点を設けて運送可能な積載量が4~8トンクラスの中型トラックで積み替え輸送となります。細かく見ると、物流・運送企業



出典：国土交通省 HP 道路構造令の各規定の解説
https://www.mlit.go.jp/road/sign/pdf/kouzourei_3-1.pdf より

図-4 設計車両の規程



出典：2022年度普通トラック市場動向調査（一社）日本自動車工業会
https://www.jama.or.jp/release/news_release/2023/1823/ に一部加筆

図-5 保有車のトンクラス構成

のうち中型トラックをメインで保有する企業は少なく、さらに2022年の運輸業・自家用の4トンクラスのトラック保有台数は2016年に比べて減少している（図-5）ことから、砂防工事において荷主である施工請負業者のトラック手配が難しくなっている可能性があります。

また、大半の資材は中型トラックに積むことができますが、砂防事業の場合、中型トラックでも進入できない現場も多く、その際はより小型のトラックへの積み替えやモノレール・索道等の代替手段を講じる必要が生じます。

3. 資材別にみるトラック台数

砂防施設に用いる資材（コンクリート・鋼製部材・コンクリートブロック）を例に資材ヤードまで搬入するのに、10トントラックが何台必要になるかを簡単に試算してみました。

砂防堰堤の鋼製部材は鋼管サイズや形状によって積載可能量が決まるケースが多く、重量ベースの単純計算より多くの台数が必要になります。一方、コンクリートブロックは単位重量が大きいので、10トントラックでも積載可能個数は2～4個と少なく、積載スペースに余分がある場合でも、多くの台数が必要になります。このため、大量のコンクリートブロックを使用

する現場では、中継地点まで大型トレーラーで運搬し、建設業者が小中型トラックで小運搬するなどの工夫が不可欠になります。

- (1) 砂防堰堤に使用する現場打ちコンクリート
 （例：堤高8m×堤長30m；約1,000㎡）
 → 10トンミキサー車約220台分
- (2) 砂防堰堤の開口部に設置する鋼製部材
 （例：開口部高6m×幅10m；約50トン）
 → 10トントラック約10台分
- (3) 渓流護岸に使用するコンクリートブロック
 （例：護岸高3m×延長30m；合計150個×3トン/個=約450トン）
 → 10トントラック約50台分

※トラック台数はのべ数

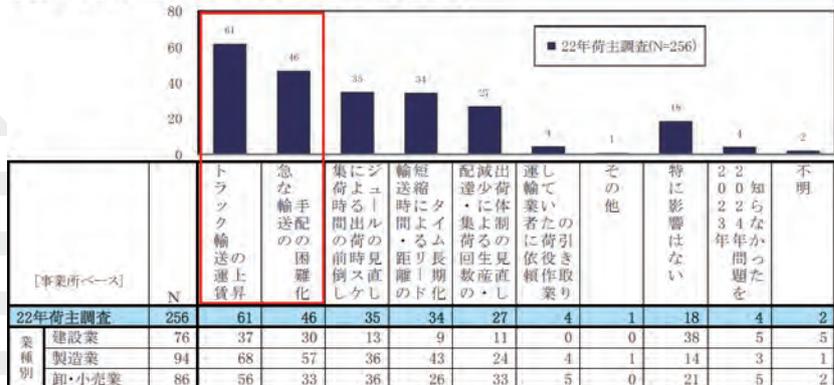
4. 今後の展開

2022年度普通トラック市場動向調査によると、多くの荷主が2024年問題（本調査では2023年問題※も含む）により輸送費の上昇や手配の困難化が懸念される、と回答しています。また、これら物流問題に対応を進めていると回答した割合が、建設業は他事業（製造業・卸小売業）と比べて低いという結果が出ています

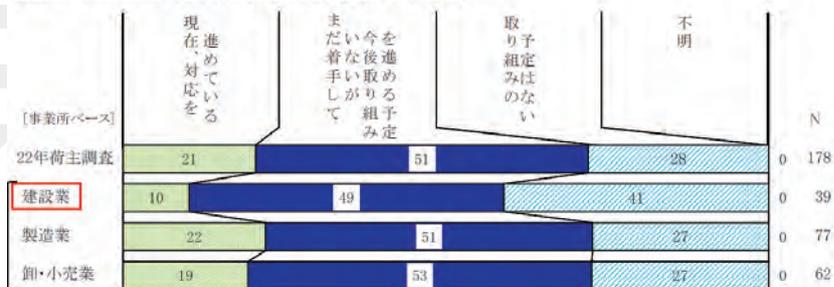
(図-6)。これは、他事業が工場・店舗といった決められた地点間の輸送がメインで、中長期的な輸送計画を立てやすい一方で、建設業の場合、同一地域内の輸送比率が高く、ドライバー市場の弾力性が低く、しかも数ヶ月から数年単位で完工する現場がほとんどのため、輸送回数も僅少かつ短期的となり、効率化が図りにくいこと等が要因として考えられます。また、二次製品の場合、製造過程における物流問題も絡んできますので、資材価格の上昇という形で施工者に影響を与える可能性もあります。砂防事業では本設用の資材のほか、仮設材（鋼矢板・敷鉄板・仮水路管など）や建設機械・器具といった様々な資材の運搬にトラックを使用しますので、物流問題は砂防工事のコスト高や工事進捗鈍化の引き金となるリスクをはらんでいるといえるでしょう。

地域の安全に資する砂防事業が確実に進むよう、物流・運送への影響を最小限に抑える努力が必要です。そのためには、砂防工事への影響の実態をこれから把握していく必要があります。また、長期的な視点で考えれば、設計積算（歩掛かり）面での発注者側の理解だけに頼るのではなく、技術開発による問題解決も求められます。これまで砂防事業では、施工現場内での遠隔無人化、調査面でのドロー

2023年・2024年問題の自社への影響(複数回答)【荷主調査】



2023年・2024年問題の輸送上の取り組み有無【荷主調査】



出典：2022年度普通トラック市場動向調査（一社）日本自動車工業会
https://www.jama.or.jp/release/news_release/2023/1823/ より

図-6 2024年問題の影響と対応

※2023年問題：中小企業においても、月60時間超の時間外労働には、50%以上の割増賃金（深夜残業は75%以上）の支払が必要

ン自律飛行試行といった、土木一般のICT土工等の取り組みとは別に画期的な取り組みを進めてきました。今後、工事用道路等における資機材運搬の（半）自動運転の取り組み、施工の機械化及び出来高管理の電子化、これらを前提とした設計論の合理化等、先駆的な取り組みがより一層求められ、物流問題を発端とした技術開発が、今後重要性を増すと予測されます。

地すべり地におけるCIMモデルを 活用した対策工効果評価

～福島県西会津町滝坂地すべりにおける事例～

きしもと みてき
岸本 海笛
(一財)砂防・地すべり技術センター
斜面保全部 技師

1. はじめに

近年、建設分野ではCIM (Construction Information Modeling) が積極的に採用されています。令和元年5月に、「CIM導入ガイドライン (案) 第9編地すべり編」¹⁾ が公表されて以降、地すべり分野においても機構解析や対策計画等でCIMの活用が進められてきました。当該ガイドラインにおいて地すべり分野におけるCIMは、調査・機構解析、対策計画・設計、施工、効果評価、維持管理といった各事業段階に応じてモデルの更新や統合を順応的に図っていくことが推奨されています。

今回ご紹介する滝坂地区 (図-1) では平成8年度の直轄事業化以降、集水井工や排水トンネル工を主体とした地下水排除工による対策が進められてきました²⁾。令和5年現在、北部ブロックにおいて大石西山排水トンネル工が施工中であり、今後それらを含めた対策工の効果を評価する段階となっています。

本地区は大規模な地すべりブロックであり、さらに起伏に富むすべり面形状を有しています。従って、従来の2次元断面での効果評価を基本としつつ、すべり面と地下水排除工の3次元的な位置関係も考慮した対策工効果評価が重要です。それに加えて、地すべり地全域の地下水分布状況を立体的に分析することにより、より現地の状況を適切に反映した説得力のある評価が可能になります。

本稿では、既往の滝坂地すべりの対策効果を適切に評価し、より効果的かつ効率的な今後の事業推進に活用できる資料を目指して作成しておりますCIMモデルの活用状況についてご報告します。

2. 滝坂地すべりの概要

今回CIMモデルを作成した滝坂地すべりは、一級河川阿賀川の中流域右岸、福島県耶麻郡西会津町に位置する日本有数の大規模地すべりです (図-2)。滝坂地すべりの地質は、基盤が花崗岩であり、その上位に砂岩、凝灰岩、泥岩が分布し、これらが地すべり土塊を構成しています。滝坂地すべりの最大すべり面深度

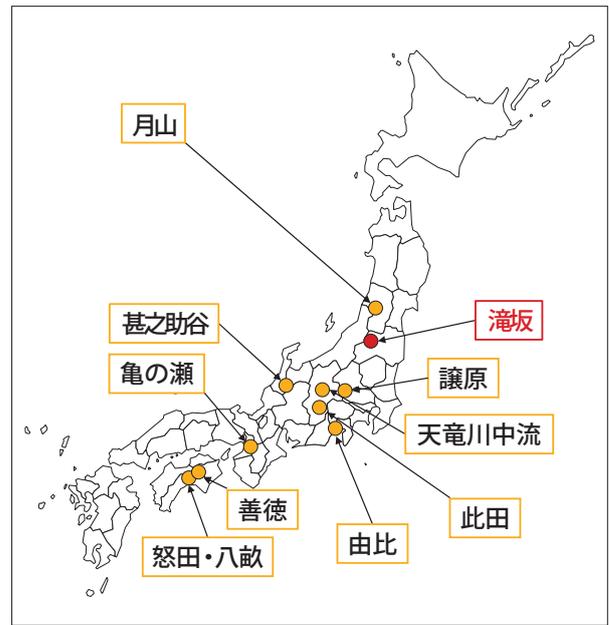


図-1 国土交通省所管の直轄地すべり (令和5年現在10地区、概成地区は除く)

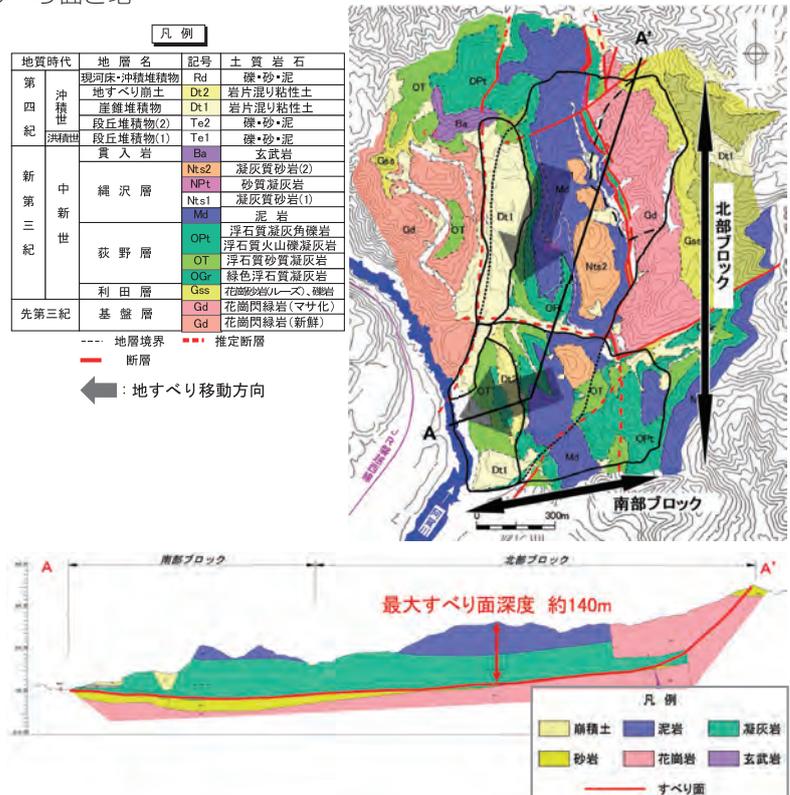


図-2 滝坂地すべりの地質図(上図)と縦断面図(下図)

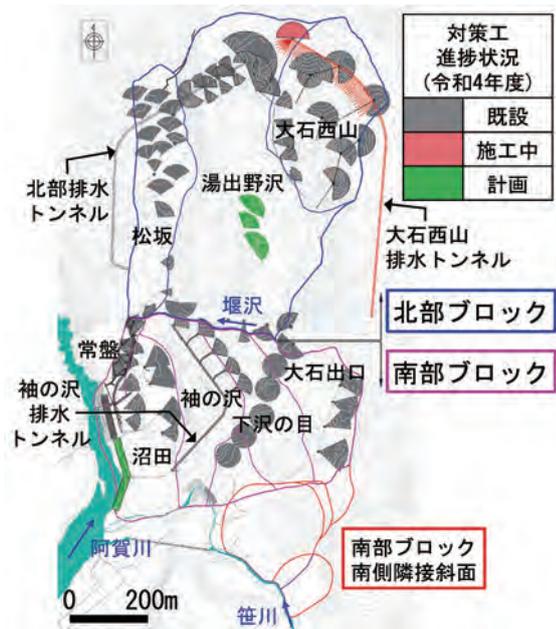


図-3 滝坂地すべりのブロック区分と対策工

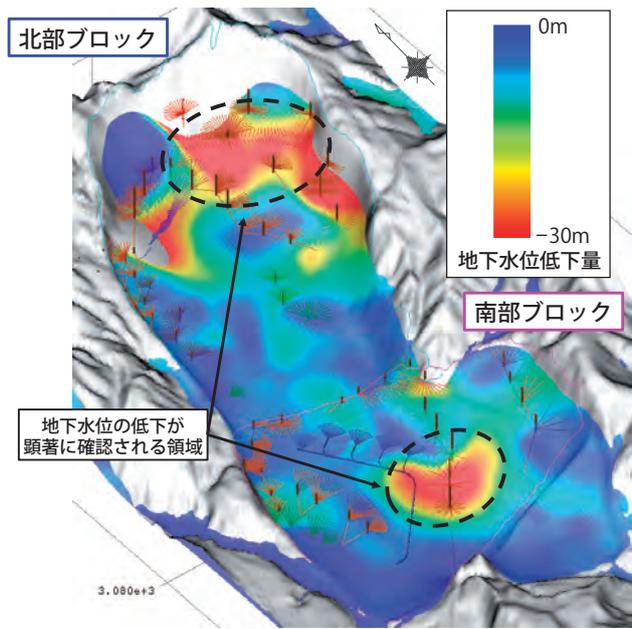


図-5 対策工施工前後の最高地下水位の差分

は約140 m、推定される移動土塊量は約4,800万 m^3 と直轄地すべりの中でも最大級の規模を有しています。それに加えて、本地区は地すべりの移動方向が北部と南部で異なる複雑な地すべり機構を呈しています。

本地区の対策工は、平成8年度の直轄事業化当初に南部ブロックの下沢の目連続集水井工、大石出口連続集水井工が実施されました(図-3)。南部ブロックにおける地下水排除工に続いて、北部ブロックにおける排水トンネル工及び集水井工の施工が実施されてきました。排水トンネル工施工開始後は、その施工範囲を中心に地下水位が低下するとともに、地すべり変動量についても減少してきております。

3. CIMモデルを活用した対策工効果評価

本地区では対策工の実施と併せてその対策効果を評価し、より効果的な対策計画とするため、南部ブロックと北部ブロックを含む全域でCIMモデルが構築されてきました³⁾(図-4)。特に対策施工前後の地下水位の変動状況を比較し、その対策工の効果进行分析するため、直轄事業着手前と令和4年度それぞれの最高地下水位について2時期の水位の差分を本モデルに入力しました(図-5)。北部ブロック頭部域の排水トンネル施工領域を中心として最大で50m以上の地下水位の低下が認められました。

また、GPS観測による対策工施工前後の地すべり変動量及び変動方向についても当該モデルに入力しました

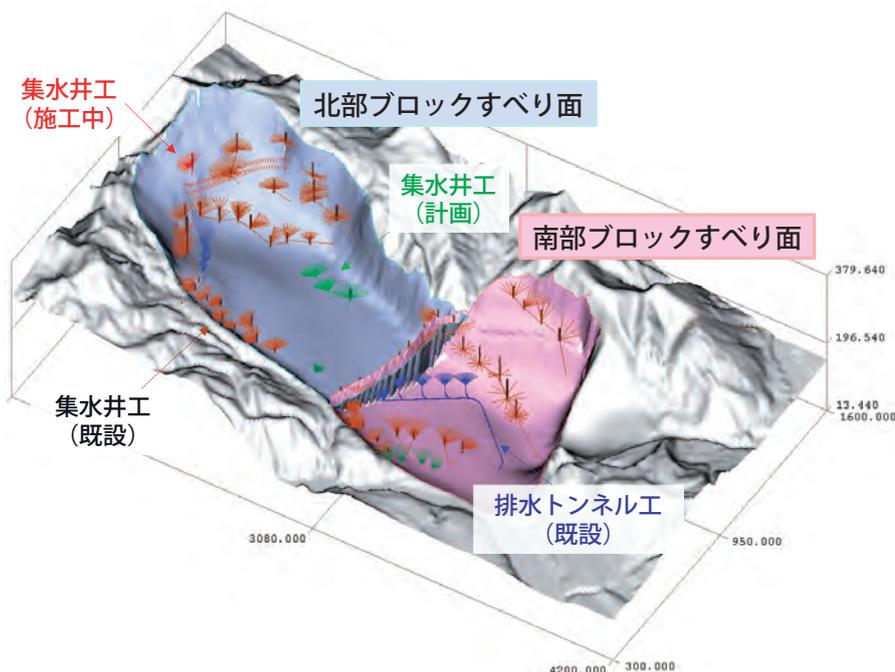


図-4 滝坂地すべりのCIMモデル(すべり面及び対策工)

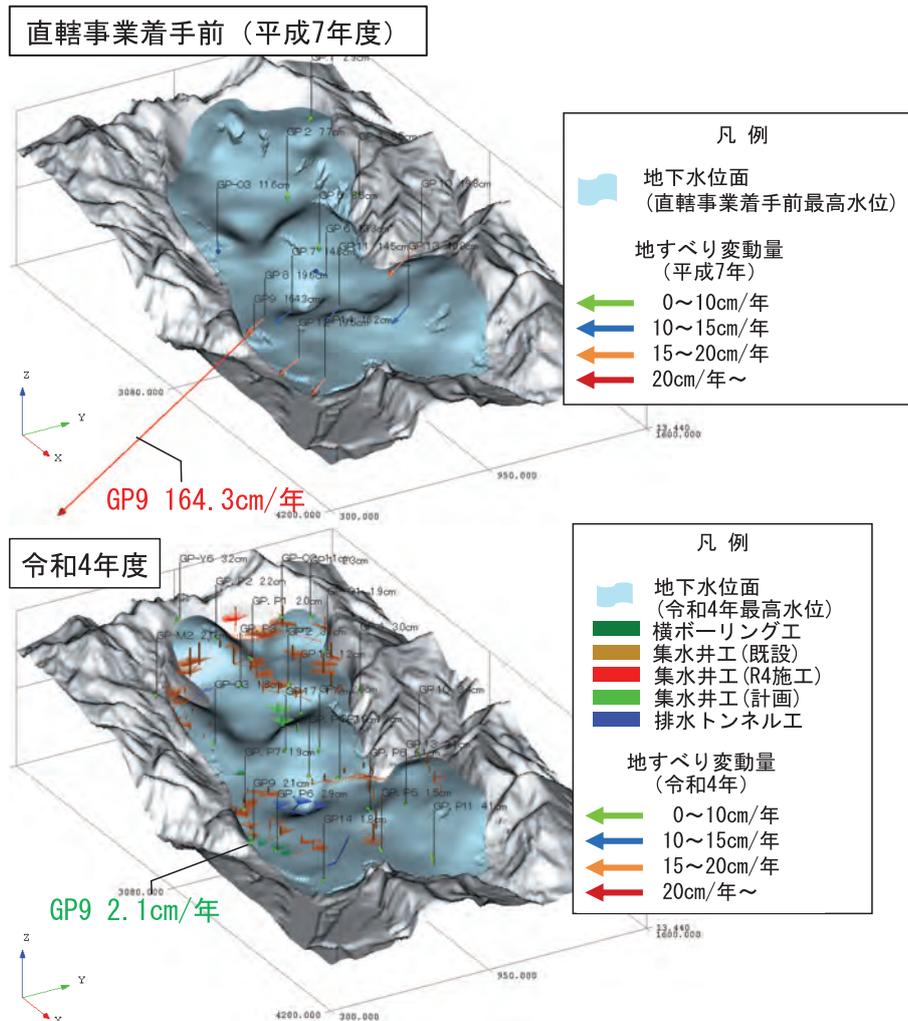


図-6 地下水排除工に伴うGPS移動量の変化

(図-6)。直轄事業着手前の平成7年は多くの機器で斜面下方に向かって、地すべり全体が変動していました。一方で、対策が進捗した令和4年にはその変動量が減少しており（例えばGP9：164.3cm/年→2.1cm/年）、対策工の効果によって地すべり活動が収束に向かっていることがより明確に表現できました。

4. おわりに

近年のパーソナルコンピュータと図化・解析ソフトの飛躍的な性能向上により、CIMモデルにて地すべり機構（地すべり地形、すべり面形状、地下水賦存状況）や対策工の配置等が立体的に表現可能となりました。CIMモデルは複雑かつ不均質な土質、地質、地下水状況を呈する地すべり地塊の内部を把握するための有効なツールであると考えられます。

滝坂地すべりでも、これまでの地すべり機構解析結果や地すべり対策の効果をより明確に表現する手法として、CIMモデルが活用されています。当該モデルの活用により、地すべり機構や対策工効果を3次的に把握することが可能となりました。本報告では、上記の地すべり機構に加え、更に対策前後の地すべり変動方向や変動量を

表現した事例についてご紹介させていただきました。

CIMモデルは、今後様々な場面での活用が期待されています。例えば滝坂地すべりでは、今回ご紹介したような対策工効果の評価等に加えて、地域住民や関係機関に地すべり対策事業を説明する際の資料として、視覚的に分かりやすい形式で事業内容や対策工の効果評価結果等を示すことが可能になると考えられます。

最後に、本稿を執筆するにあたって、国土交通省北陸地方整備局阿賀野川河川事務所の皆様には、滝坂地すべりに関する貴重な図面やデータ等を使用させていただきました。ここに記して御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省 (2019) : CIM導入ガイドライン (案)、第9編地すべり編、<https://www.mlit.go.jp/common/001289037.pdf> (参照日 2023年10月6日)
- 2) 木村善和・相楽渉・廣橋典明・山下裕之・丸山準・浅見和人・岡田武 (2015) : 滝坂地すべりの現状と今後の地すべり対策、第54回日本地すべり学会研究発表会講演集、pp.24-25
- 3) 相楽渉、猪俣陽平、安藤翔平、桐生朋、片野智博、室本吉衛、丸井英明 (2022) : CIMモデルを活用した滝坂地すべりにおける地下水排除工の効果評価、第61回日本地すべり学会研究発表会講演集、pp.37-38

遊砂地計画の検討における 数値計算の活用について

あまの ゆういちろう
天野 祐一朗

(一財)砂防・地すべり技術センター
砂防部 技師

1. はじめに

宮城県丸森町に位置する一級河川阿武隈川水系内川流域では、令和元年東日本台風により、土砂・洪水氾濫が発生し、甚大な被害が生じました。内川流域ではこの災害を契機に宮城南部復興事務所が設置され、国直轄による災害対応を実施しており、直轄特定緊急砂防事業において三基の遊砂地工（内川遊砂地、五福谷川遊砂地、新川遊砂地）が計画されています（図-1）。

一般的に遊砂地工は、計画規模の土砂流入時に確実に施設効果が発揮されるよう、平時の維持管理が不可欠です。内川流域に計画されている遊砂地工では、これまでの技術検討会を受けて、維持管理や河川環境を考慮し、低水路を設置する等の工夫がなされており、その上で維持管理計画を検討することとなりました。そこで、高確率規模時の出水（以降、「平常時の出水」という。）の後に計画規模相当の出水が発生しても遊砂地周辺や下流河川区間において土砂・洪水氾濫が発生しない遊砂地内の土砂堆砂状態を、数値計算を用いて検討し、除石管理基準を提案しました。

本稿ではその検討事例を紹介します。

2. 除石管理基準の検討手順

本検討では、以下の手順で各遊砂地の除石管理基準を設定しました。次節からこの手順に沿って検討した事例を紹介します。

- ①平常時の遊砂地への流入土砂量を設定する。
- ②平常時の出水における遊砂地周辺の土砂堆積状況を二次元河床変動計算で確認する。



図-1 遊砂地の計画位置図

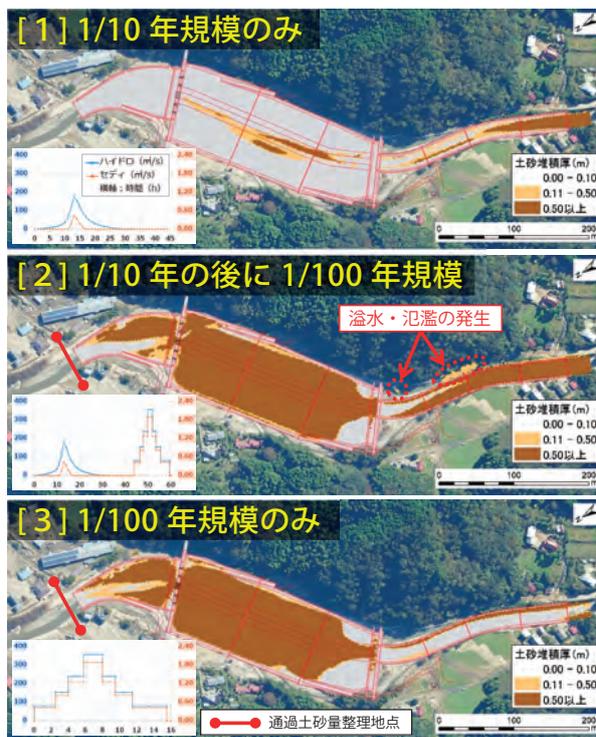


図-2 二次元河床変動計算結果(五福谷川遊砂地の例)

- ③②の状態ですべて計画確率規模（1/100年規模）の出水が発生した場合の影響を二次元河床変動計算及び一次元河床変動計算で確認する。
- ④計画規模の出水時に影響がない遊砂地の堆砂条件を除石管理基準として設定する。

3. 平常時の遊砂地への流入土砂量の設定

1/2、1/3、1/5、1/10、1/20、1/30年規模のハイドログラフを作成し、単断面の流砂量計算（ATM式）によって、各確率規模の出水時の流砂量を算出しました。なお、粒度分布は、五福谷川遊砂地施工地点における令和2年度の河床材料調査結果を用いました。

4. 平常時の出水における土砂堆積形状の確認

3. で算出したハイドログラフを用い、二次元河床変動計算で平常時の出水による遊砂地の土砂堆積形状を検討しました（図-2 [1]）。平常時の出水によって、各遊砂地の低水路で部分的に埋塞が確認されたことから、低水路機能の維持を図るため、ある程度の土砂堆積が低水

路内に確認された段階で除石を行う必要があると考えます。

5. 計画規模出水時の施設効果の検討

平常時の出水後の土砂が堆積している状態で、計画規模（1/100年規模）の出水が発生した場合の影響を検討しました。

五福谷川遊砂地の事例では、1/10年規模の出水後に1/100年規模の出水が発生すると遊砂地上流の渓流保全工区間で溢水が発生することが確認されました（図-2 [2]）。なお1/100年規模のみの検討では溢水が発生しないことが確認されています（図-2 [3]）。新川遊砂地においても、五福谷川遊砂地と同様の現象が確認されました。

また、遊砂地下流の河川区間への土砂流出の影響評価は、遊砂地下流への流出土砂量を時系列に整理し（例えば図-2に赤線で示した地点で流出土砂量を集計）、一次元河床変動計算で検討しました。その結果、内川遊砂地のみ1/2年規模の出水後の1/100年規模の出水により、下流の河川区間で水位が堤防高を超え、土砂・洪水氾濫が発生する可能性があることが確認されました。

6. 除石管理基準の設定

(1) 五福谷川遊砂地・新川遊砂地

五福谷川遊砂地及び新川遊砂地では、5. に示した通り、1/10年規模の出水後に計画規模の出水が発生した場合、渓流保全工区間から溢水する可能性があるため、1/10年規模の出水後に、速やかに除石を行う必要があると考えられます。

(2) 内川遊砂地

内川遊砂地では、下流域の河川区間において、表-1に示すとおり、1/2年規模以上の出水後に1/100年規模

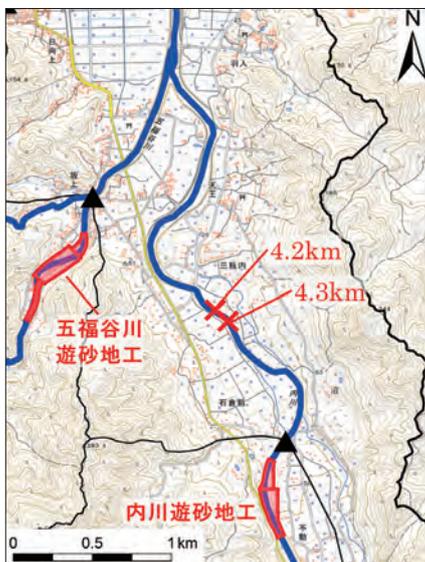


図-3 内川の4.2km、4.3km地点の位置図

距離標 (KP.km)	4.2km	4.3km	備考	
堤防高 (m)	5.513	5.349		
堤防天端高との水深の差 (m)	1/100のみ	-0.109	-0.007	
	1/2+1/100	-0.086	+0.009	
	1/3+1/100	-0.069	+0.039	
	1/5+1/100	-0.036	+0.099	
	1/10+1/100	-0.009	+0.146	図-4参照
	1/20+1/100	+0.044	+0.224	

※マイナス値：越流無し、プラス値：越流有り

4.2kmと4.3kmの2地点で越流

4.3km地点のみ越流

表-1 内川の4.2、4.3km地点の計算水深と堤防高の比較

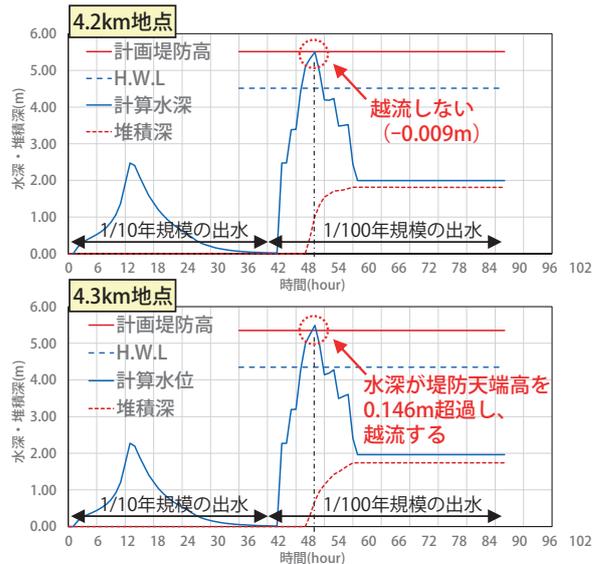


図-4 1/10年規模+1/100年確率規模における一次元河床変動計算の時系列整理結果

の出水が発生した場合、評価区間の4.3km地点において越流が確認されました（図-3）。このことは、内川遊砂地は毎年除石管理を行う必要があることを示唆していますが、除石に係る費用等を勘案すると、現実的な計画とは言えません。表-1及び図-4に示すとおり、1/10年規模未満の越流氾濫箇所は4.3km地点の1断面のみであり、堤内地盤高との比高や氾濫域が水田として利用されていることを踏まえると、被害は小規模なものに留まると考えられます。しかし、1/10年規模より大きな出水後の検討では、4.2kmと4.3km地点の2断面で越流が発生しており、被害が甚大になることが考えられます。このことから、今回の検討では1/10年規模の出水後に除石を行うことを提案しました。

(3) 除石管理基準の設定

3基の遊砂地において、発生形態は異なりますが、1/10年規模の出水後の堆砂状態で、土砂・洪水氾濫が発生する可能性があることが数値計算により明らかになりました。このことから、遊砂地内の堆積土砂量をモニタリングし、1/10年規模の出水後と同等量の土砂堆積量になると推定される段階で除石を実施することを提案



図-5 1/10年規模の出水後の堆砂状況

しました。提案した除石管理基準を表-2に、各遊砂地の1/10年規模の出水後の堆砂状況を図-5に示します。

なお今回提案した除石管理基準は、最新のモニタリング結果を踏まえた見直しを継続して実施しています。

表-2 遊砂地の除石管理基準

	新川遊砂地	五福谷川遊砂地	内川遊砂地
1次基準 (低水路の土砂堆積)	低水路の機能維持を図るため、低水路の機能が阻害されていることが確認された段階で除石を行う。 概ね低水路の1/3以上の区間に土砂が堆積している状態。		
2次基準 (遊砂地内の土砂堆積)	一定規模の土砂流入により 渓流保全工 や遊砂地内に 2,500m³ 程度の土砂堆積が確認される段階で緊急除石を行う。 概ね1/10年規模の出水後の状態に相当する。	一定規模の土砂流入により 渓流保全工 や遊砂地内に 6,000m³ 程度の土砂堆積が確認される段階で緊急除石を行う。 概ね1/10年規模の出水後の状態に相当する。	一定規模の土砂流入により遊砂地内に 15,000m³ 程度の土砂堆積が確認される段階で緊急除石を行う。 概ね1/10年規模の出水後の状態に相当する。

7. おわりに

本報告では、数値計算を用いて計画規模の出水以前の遊砂地内の土砂堆積状況が計画規模の出水時に与える影響を検討することで、除石管理基準を設定する手法を提案しました。しかし、数値計算による遊砂地の堆積状況は、粒度分布や流出波形等の条件により、大きく変化すると考えられます。前項でも記したとおり、本報告で提案した除石管理基準はあくまでひとつの案であり、今後のモニタリングを踏まえ、現地の状況に合わせて随時見直しを図ることが重要であると考えています。また、遊砂土工本体ではなく、上流の渓流保全工区間を除石する等、ライフサイクルコスト（運用面）も考慮した実現性のある除石管理計画を検討していく必要があると考えます。

最後に本稿を執筆するにあたり、国土交通省東北地方整備局宮城南部復興事務所には、事業に関する貴重なデータを使用させていただきましたので、ここに記して御礼を申し上げます。

参考文献

- 「河川砂防技術基準 維持管理編（砂防編）」（平成28年3月、国土交通省）
- 花田ら（2022）：河床変動計算を用いた遊砂土工の効果評価，令和4年度砂防学会研究発表会概要集，pp.287-288

STCの人材育成プログラム

はしのき としひろ
 梶木 敏仁

(一財) 砂防・地すべり技術センター
 理事 兼 火山防災部長

1. はじめに

人材育成プログラムは、2025年の中期ビジョン（骨子案）のアクションプラン（南，2021）として、STCのあらゆる業務・活動を「人材の育成」の機会として捉え、R4年度より実施している。具体的なカリキュラムの内容は、最優先課題として取り組むべく作成した到達目標及びカリキュラムに基づき、R3年度末からSTC若手職員（経験年数10年程度未満）との数回の協議を行い、決定した。また、各年度の講義終了後に人材育成プログラムの改善点等について意見を交換し、カリキュラムの内容を改善している。

人材育成プログラムは、「人材育成7・5・3活動」（南，2023）を踏まえて、特に経験年数5年未満の技術者を対象にしている。R4年度の人材育成プログラムはR4年5月25日から11月2日の約6ヶ月間実施した。基礎講義編は計16講義、特別講義編は計8講義を実施し、受講者は延べ約300名であった。R5年度の人材育成プログラムは、基礎講義編をR5年4月19日から6月30日（現地実習2は10月20日）の約2ヶ月半に22講義を実施した。特別講義編は7月19日から11月8日に5講義を実施した。R5年度の人材育成プログラムの受講者は延べ約400名であった。

以下にSTCにおける人材育成プログラムの目的、概要について述べる。

2. 人材育成プログラムの目的

人材育成プログラムは講義等を通じて、基礎知識を得て、その知識を業務に活かすことを目的としている。

しかし、聴講しただけでは、その知識を業務に活かすことは出来ない。講義後に自らテキスト等で再確認する、技術者同士で議論する、業務実施時に疑問点を質問する、現地で確認する等を繰り返し実施することで、初めてその知識を業務に活かすことが出来る。

このように、人材育成プログラムは聴講して終わりではなく、先に述べたように、あらゆる業務・活動を通じて、成長し、業務に活かすことを目的としていることを忘れないことが重要である。人材育成プログラム終了後の業務におけるOJTも重要な人材育成の一環である。

3. 人材育成プログラムの概要

人材育成プログラムは、業務を遂行する上で必要最

低限の知識等を得るための「基礎講義編」と、第一線で活躍する現役の学識者等による専門的な知識等を得るための「特別講義編」に分けて実施している。

3.1 基礎講義編の概要

基礎講義編は業務を遂行するために必要な専門知識、周辺知識の習得・定着が目標であることから、可能な限り具体的な事例等を示す講義内容としている。表1にはR5年度の基礎講義編の講義スケジュールを示す。

受講対象者は経験年数5年未満の職員を必須とし、その他の職員（出向者を含む）も受講可能としている。講師は各部におけるSTC管理職を基本とした。

講義は砂防事業関係の根拠や制度等による「基本シリーズ」、土石流対策計画や土砂・洪水対策計画等による「計画シリーズ」、鋼製砂防構造物や流出解析、プログラム演習等の「構造物・数値シミュレーションシリーズ」、座学と現地実習による「現地実習シリーズ」の計4シリーズに分けて、それぞれのシリーズをまとめて講義している。

また、R5年度からは、R4年度人材育成プログラムの改善点等の意見交換時に要望のあった流出解析、一次元河床変動計算・二次元氾濫計算・KANAKOの入出力、プログラム演習に関する講義を追加している。

講義時間は約90分間とし、その内訳としてPPT等を用いた講義を約60分間、講義内容の理解をより深めるために講師と受講者との討議時間を約30分間必ず設けている。また、出張等で講義を受講できなかった職員のために、講義内容を録画して、後日受講できるような工夫もしている。

3.2 特別講義編の概要

特別講義編は、①第一線で活躍する現役の学識者及び行政官、②砂防・地すべりの周辺分野の第一人者を講師に招き、実施している。テーマは講師に一任しているが、R4年度は土砂移動、構造物の設計、地すべり等を、R5年度は総合土砂管理、土砂災害への初動、火山等としている。

受講対象者はSTCの全職員を対象とし、必要に応じて外部機関も対象としている。

表2にはR5年度の特別講義編の講義スケジュールを示す。

4. 終わりに

基礎講義編終了後の受講者からの感想は以下の通りであった。

- ・1年目にとって、十分に理解が難しい内容も多かった。内容について予習することができることより理解できると思う。また、講義内容が業務でどのように活用されているかイメージが付かなかつたので、説明があると理解しやすいと思う。
- ・昨年度も受講したが、今年度は1年間業務を行ったので、昨年度よりも講義内容をより理解することが出来た。このように講義内容は、少し高度に感じたが、数年受講し続ければ理解が深まると思うので、講義内容のレベルはそのままが良いと思う。
- ・プログラムによる数値計算を演習形式で実施したのは良かった。一方で、モデルに関する内容等、難しすぎると感じる時があった。

・4～6月の実施は、業務が本格的に始まる前であったため良かった。また、講義時間を90分として、質疑応答の時間が昨年より確保されていたことは良かった。

・事前に講義を受けてから現地実習に行くことでより理解が深まった。

このように、受講者からは概ね好意的な感想があり、これらの意見を参考にして、R6年度以降も引き続き、人材育成プログラムを実施することで、STCのみならず砂防業界に寄与する人材を育成できればと考えている。

引用文献

南哲行 (2021) : 2025年のSTC中期ビジョン (骨子案), sabo, Vol.129, p12-16

南哲行 (2023) : 人材の育成partII-時間軸を持った達成目標「7・5・3活動」-, sabo, Vol.133, p1



写真1 人材育成プログラム実施状況 (A-1)



写真2 人材育成プログラム実施状況 (D-3)

表 1 R5 年度における基礎講義編の講義スケジュール

開催日	時間			No	講義名	講師*
	開始	終了	時間			
4月19日 (水)	10:00	10:30	0:30	A-1	STCの役割及びSTC職員としての心構え	南理事長
	11:00	12:00	1:00	A-2	入札・契約方式、業務計画書等が求めるもの	山口特任教授
4月27日 (木)	9:30	10:30	1:00	A-3	砂防関係事業の根拠、制度	中谷部長
	10:45	12:15	1:30	A-4	河川砂防技術基準	森田次長
	13:15	14:45	1:30	B-1	土石流対策計画及び施設設計	五十嵐課長代理
	15:00	16:30	1:30	B-2	土砂・洪水氾濫対策計画	垣本課長
5月24日 (水)	10:00	11:30	1:30	B-3	土砂災害警戒基準情報・雨量	西内課長
	13:15	14:45	1:30	B-4	火山砂防計画及び火山噴火緊急減災対策砂防計画	藤沢課長
	15:00	16:30	1:30	B-5	天然ダム等異常土砂対策計画	小山内所長
6月 7日 (水)	13:15	14:45	1:30	B-6	地すべり対策計画及び施設	相楽次長
	15:00	16:30	1:30	C-1	地すべりCIMの基礎と活用方法	宮城主任技師
6月14日 (水)	13:15	14:45	1:30	C-2	砂防事業・土石流対策事業・地すべり対策事業の費用便益分析	宮瀬上席参事
	15:00	16:30	1:30	C-3	流出解析	小林課長代理
6月28日 (水)	13:15	14:45	1:30	C-4	鋼製砂防構造物	中谷部長
	15:00	16:30	1:30	C-5	砂防ソイルセメント	中谷部長
6月29日 (水)	13:15	14:45	1:30	C-6	一次元河床変動計算・二次元氾濫計算・KANAKOの出力	近藤課長・伊倉主任技師
	15:00	16:30	1:30	C-7	プログラム演習 1	志水研究員
6月30日 (金)	13:15	14:45	1:30	C-8	プログラム演習 2	志水研究員
5月17日 (水)	13:15	14:45	1:30	D-1	現地調査 1	池田次長
10月17日 (火)	13:30	15:00	1:30	D-2	現地調査 2	垣本課長
5月26日 (金)	終日			D-3	現地実習 1 (安倍川)	池田次長
10月20日 (金)	終日			D-4	現地実習 2 (富士川)	垣本課長

※講義時の役職

表 2 R5 年度における特別講義編の講義スケジュール

開催日	時間			No	講義名	講師*
	開始	終了	時間			
7月19日 (水)	16:00	17:30	1:30	S-1	流砂観測と総合土砂管理、今後の展開	藤田研究顧問
9月28日 (木)	13:30	15:00	1:30	S-2	最小二乗法とニューラルネットワーク	香月研究顧問
10月16日 (月)	13:30	15:00	1:30	S-3	クリーブ性の地すべり変動の有限要素シミュレーション	若井明彦先生
10月30日 (月)	13:30	15:00	1:30	S-4	事例で学ぶ 「土砂災害への初動対応」	室田哲男先生
11月 8日 (水)	13:30	15:00	1:30	S-5	火山噴火のメカニズムと噴火予知	石原和弘先生

※講義時の役職

人材育成のための特別講義

(一財) 砂防・地すべり技術センター

STC社内の人材育成の一環として、砂防・地すべりに関係する各分野を代表する先生方に特別講義をいただきました(対象:全技術系職員、開催時期7月・9月~11月、全5回)。特別講義の概要をご紹介します。



藤田正治研究顧問の講義

流砂観測と総合土砂管理、今後の展開

藤田正治

(一財) 砂防・地すべり技術センター
研究顧問(京都大学 名誉教授)

平成9年に流砂系の総合的な土砂管理について建設大臣から河川審議会に諮問された。問題が顕在化している流砂系において対策を実施するとともに、総合的な土砂管理計画の策定に向けて、土砂の量及び質に関する流砂系一貫したモニタリングを実施してきた。

総合土砂管理や流砂観測の目的や意義、手法を考える場合には、水に関する観測と管理(水文観測・水管理)と土砂に関する観測と管理(流砂観測・土砂管理)を比較してみるとわかりやすい。

降雨流出過程では、降雨の原資(生産)が明確で、降雨、水位、流量がある程度正確に観測できている。精度検証により計画降雨に対する流出解析ができることから、パラメータをチューニングして予測精度を高め、河川整備計画の策定や警戒避難のために直接活用されている。

一方、豪雨時の土砂流出過程では、崩壊の発生や河床・河岸侵食など生産(原資)の把握が難しく、河床位のリアルタイム観測等流砂量観測の計測精度は低いことから、土砂動態解析、河床変動解析の精度検証が難しい。

さらに、洪水の影響の伝搬速度は速いが、土砂流出

の影響の伝搬速度は遅いことから、総合土砂管理に係る土砂流出については、過剰土砂流出の中長期的な影響の範囲・期間、土砂流出抑制による河川管理区域への中長期的影響などの視点が重要になる。

資源としての観点からは、水は水資源や利水として重要と見られる一方で、土砂は建設材料やソイルセメントなどの有効利用も見られるものの資源としての思考が欠如していると感じている。山地部は資源(土砂)を生み出す領域であり、土砂資源の一時貯留や供給などに砂防堰堤を活用するとともに、流砂過多の場合には砂防堰堤の嵩上げや除石、新設を実施するなどの砂防事業につなげていくことができる。さらに、土砂生産量、治水・利水のための土砂抑制量、環境保全のための土砂の必要量を求められれば、土砂資源管理ができ、土砂生産量の確率的特性がわかれば土砂資源計画につなげられるのではないかと考えている。

流砂観測は、まだ技術的に難しい部分もあるが、流量や地形、粒度分布など確実に精度良く計測できるものは綿密に観測すべきであり、今後の観測にエールを送りたい。

最小二乗法とニューラルネットワーク

香月智

(一財) 砂防・地すべり技術センター
研究顧問 (防衛大学校 名誉教授)

近年、ニューラルネットワーク（以下、「NN」という。）は、技術的な応用が広がり、あらゆる分野で活用されている。しかし、NNを応用する際、問題に遭遇することがある。NNは、言い換えると、「関数形無指定型の最小二乗法」である。すなわち、NNに関する問題に対応するためには、NNの背景にある最小二乗法の基礎理論を理解することが大切である。

最小二乗法は、既知の数値の関係性を表す数式による推定値と観測値の距離を「推定誤差」とし、誤差が一番小さくなる数式を「もっともらしい」とする方法である。

NNとは人間の脳の活動をモデル化したものである。ある問題に対して、どのような答えを出すことが正解であるかという「入力」と「出力」のコンビネーションデータを多数準備する。これを「教師データ」と呼ぶ。ある入力条件に対して、NNが出力する値（推定値）は、教師データ（観測値）に一致しないので、この差異を小さくすることを「学習する」という。ただし、

最小二乗法のように最小値を規定する厳密解がないので、徐々に近づける摂動法を用いる。

NNは、関数形無指定で最小二乗法の解を得ることができ、便利である。一方で、①教師データの学習ができず過去の再現さえうまくいかない、②過去の再現は可能だが予測ができない、といった問題が起こることがある。①は、同じxに二つのyが存在するような場合に起こる。この時、NNは二つの教師データに最小距離を取ろうとするので、中間線を形成する。つまり、学習結果は、教師データのどの点にも合致しない。②は、過学習と呼ばれ、完全に教師データを通過するが、教師データの無い値の推定ができない状態である。

NNは大変便利であるが、素性の悪い教師データが多いと混迷に陥る。NNの根底には、最小二乗法などの統計学がある。「学習さえできない」、「学習と推定の精度に大きな差異がある（過学習）」といった問題に直面した場合には、教師データの基本分析を試みてほしい。

クリープ性の地すべり変動の有限要素シミュレーション

若井明彦

群馬大学 教授

従来のクリープ解析では、流動則から計算される粘塑性ひずみ速度をスケールする簡易な定式化が多用されてきたが、それらの手法は複雑に応力条件が変化する場合に現象記述の柔軟性が不足している。また、既往研究では見かけの全体安全率と変位速度に相関が確認されてきたが、数値解析で得られる応力場ではせん断力が降伏基準を超えないよう補正されることから、設計で使用する安全率を直接考慮することが難しい。数値解析に弾粘塑性解析の枠組を実装するために、せん断ひずみ速度及び局所安全率を用いた新たなモデルを提案した。

有限要素法は解析対象を有限個の要素メッシュに分割し、各要素にパラメータを設定し解析を実施する手法である。地すべり解析では、力のつり合い式、ひずみの適合条件、構成則（応力ひずみ関係）等の支配方程式を要素毎に定義し、境界値問題として解くことで結果を求めることが可能である。

弾塑性構成モデルは、要素毎に弾性状態か塑性状態

か区分可能な、実現象に即したモデルである。弾塑性FEMの目的は①過去の再現と将来の予測、②既知現象の解釈と説明、③現行設計法の検証と改良等がある。ただし、ブラックボックス化した高度な数値解析を実施する際には、結果が合わない場合にその理由を自分で考えることが必須である。

全体安全率とすべり速度との間の関係則を直接操作可能な材料構成モデルを採用した、新たなクリープ性地すべりのFEM解析手法を提案した。この手法では、観測データの全体安全率及びひずみ速度から粘性パラメータをフィッティングすることが可能である。変動の発生以前から観測が実施されている地すべり地を対象にシミュレーションを実施した。解析では変動が顕著な時期に着目して粘性パラメータをフィッティングすることで実現象を概ね再現可能であった。本提案手法は、地下水排除工等の効果評価等への適用可能性を検討するために、今後の実務適用への継続的な応用研究が望まれる。

事例で学ぶ「土砂災害への初動対応」

室田哲男
政策研究大学院大学 教授

災害発生時の対応で最も重要なのは「この先に何が起きるか」を見通す「想像力」であるが、ほとんどの市町村の住民や担当者は災害対応の経験が無く、先を見通すことは難しい状況にある。本講義では他の地域で生じた災害を教訓とし「想像力」を養うため、平成時代に広島市で生じた3回の土砂災害について対応や課題について紹介する。

平成11年の豪雨災害では、土砂災害の危険の認識がないまま住民が居住していたことが被害拡大の要因となっていた。そのため、土砂災害防止法などの法整備によって警戒避難体制や危険性の周知を行い、さらには土砂災害警戒情報の運用などの対策を実施した。しかしながら、平成26年の集中豪雨災害では、避難勧告のタイミングの遅れや情報伝達の不十分さから、再び70名を超える死者を出す被害となった。この災害では平成11年の災害と同様に、土砂災害の危険性が高い地域であるにも関わらず危険性を認識している住民が少ないという課題が再度挙げられ、土砂災害防止法の改定や警戒区域の指定の完了・周知を行う対応が行われた。

このような災害経験を経た平成30年の災害では、避

難する時間的余裕が十分（被害通報が入る1.5時間前には避難勧告を発令）かつ土砂災害の危険性についても事前に住民への周知を行っていたものの、実際に避難所に避難した人の割合は少ないものであった。災害後のアンケート結果から、避難しなかった人は正常化バイアスや他人の行動の影響によって避難しなかったことが明らかとなった一方で、避難した人は家族・近所の人・消防団に勧められて避難した人が多い結果となった。このことから住民の避難行動につなげるためには、継続的なリスクコミュニケーションや避難訓練、消防団や自主防災組織を中心とした声かけ避難などが重要であると考えられる。

災害初動時の心構えとして我々が伝えることは、①疑わしいときは行動せよ、②最悪の事態を想定して行動せよ、③空振りには許されるが見逃しは許されない、の3つである。特に行政の立場として重要な心構えであるが、住民であっても同様のことが言える。避難情報が発令されて避難したものの、災害が発生しなかったため次回は避難しないのではなく、必ず避難することが土砂災害の被害に遭わないための重要な心構えである。

火山噴火のメカニズムと噴火予知

石原和弘
京都大学 名誉教授

1945年以降我が国では、37火山で噴火が発生し（平均すると年に5～6火山が噴火している）、その半数は九州の火山であった。その中でも、有珠山1977年噴火による最大5万人以上の避難や、伊豆大島1986年噴火や三宅島2000年噴火の全島避難など、避難や犠牲者が発生した噴火も多いことも特徴の1つである。さらに、気象庁による常時監視開始以降も、登山者や入山者の遭難も多く発生している。このような状況の中、「噴火予知」に対しては、前兆が捉えがたい小噴火の予知まで求められている。

「噴火予知」は、火山監視機関が人々に警戒すべき火山災害を周知し、危険区域外への待避を促す「社会的行為」であり、「噴火予測」は噴火予知の前提（根拠や裏付け）となる「科学的課題」であるため、噴火予知と噴火予測は分けて考える必要がある。そして噴火予知として、人的被害の防止・軽減のための重要な要件は、①火山監視と“噴火予知”情報の発表と周知、②ハザードマップの作成と関係者への周知、③避難

（安全確保）計画と避難訓練であり、いずれかの一つでも欠けると噴火予知の目的を達成できず、悲劇的事態や大きな混乱が起きる恐れがある。つまり、「噴火予知」情報は、噴火時期や規模の予知より、警戒すべき驚異や災害とその危険範囲を明示して、周知することがはるかに重要である。しかし、どれだけの人々が火山と噴火について基本的な知識を有しているかが悩ましい課題である。また、噴火予測としての火山観測から噴火予知につなげるためには、対象火山の特性に応じた諸観測や火山学知見によるデータ分析により火山活動の高まりを把握する必要がある。これらを実行するためには、多くの視点が必要で、現場で得られる多種多様な情報やフィールドワークで得られる幅広い経験が不可欠となる。さらには地元の関係者とのつながりも重要である。今後は、的確な噴火予知を実行するための火山観測拠点の充実や観測に従事する人材の育成が必要不可欠である。



❁ 20年以上働いて思うこと ❁

私は、中学生と高校生の2児の母であり、砂防職として兵庫県に就職して、かれこれ20年以上になる。

この執筆では、今まで就いた仕事、励まされた言葉、仕事を続ける上で考えていることなどをお伝えしたい。

初めの勤務地は、兵庫県北部にある事務所だった。就職氷河期時代で面接時に、車運転できます、どこでも行きますと言った結果こうなったと思う。

初めての職場で土木用語もよく分からない、知り合いもない状態で、道路、河川、砂防の現場を担当し、仕事は大変で、つらいこともあり右往左往していたが、上司は厳しいけど頼りになる方ばかり。若い職員も多く、休日には夏はバーベキュー、冬はスキーと、学生時代と同じように遊びに行き、忘れられない楽しい思い出の職場になった。

次の職場は、県庁砂防課。希望した課だったが、H16.10に台風23号災害が起こり、災関緊急砂防を10件申請、測量・設計・工事（事故線）までを約2年で終わらせる目標で、県庁でも怒濤のような日々だった。砂防課在職中に結婚し、2人の子供を出産。9年間大変お世話になった。

その後は、阪神間の事務所街路事業や外郭団体が橋梁長寿命化対策にも関わり、何でも挑戦してきたことが、今となっては貴重な経験になっていると思う。

40代で監督職。神戸の事務所での砂防課長を経て、現在の砂防課での勤務が経歴となる。

たくさんの方に公私とも助けられてきたが、言葉によって肩の力が抜けたことがある。

- ①「仕事は誰でも代わられるが、子供を産み育てる事はあなたしかできない仕事。気兼ねなく休んだら良い。」(同僚) → 育休は2人とも約1才半まで取得。その頃の子育てサークルでできたママ友とは今も子育ての悩みを相談でき、子供連れでご飯会、ピクニック、旅行に行ける友人になっている。
- ② 役職が上がれば、何事もその役に依じてできるようになる。(上司) → 中々自信が持てませんが。
- ③ 行政の仕事は、法令、規則、基準等に基づいているかを一番に考えること。事例はその次、事例が正しいかも考えること。(上司) → 肝に銘じている。
- ④ 各世代の女性たちがそれぞれにできることを成し遂げ、次の世代に何らかのバトンを渡すことで働く環境はどんどん良くなってきた。(ノーベル賞受賞者ゴールドウィン氏) → 私が働き始めた頃女性土木職は10人程だった

が、今は70人以上に。次の世代につなぐために私も頑張ろうと思う。

今までの経験上感じていることは、

- ① 何事も挑戦してみる。土木は経験工学と言われるなか、同じ仕事はないが、応用しながら進めていくようにしている。
- ② 辛いことがあっても、いつかは終わりが来ること。住民対応等でしんどい時期もあるが、何度か話をするうちに理解し合えることも。自分ができなくても、上司や誰かに相談する、代わってもらうのも方法。
- ③ 子育てについて、保育所や学校（学童保育）の時間の方が長いので、子供が段階的にできることは専門家にお任せ。子供が小さいうちは、自分の時間が少なく、イライラすることもあったが、仕事と同様「やることリスト」等で時間短縮の工夫をした。平日のランチやコーヒータイムが息抜きの場になることも。言うことを聞かない我が子も、自分や旦那の子供の頃の話の聞くと同じ状況だったようで少し納得できた。子供はすぐ大きくなり、可愛い時期は一瞬で過ぎていく。最近、写真で思い出しては「小さいときは本当に可愛かった」が口癖になっている。
- ④ 休日は仕事のことを忘れて気分転換するワークライフバランスが重要。仕事はやりくりして子供の行事には必ず出席し、子供が就学前は夏休みシーズンの混雑を避けた旅行に行き費用も抑えることができた。子育てが一段落(?)し、最近ハマっていることは、週末に美味しいお酒を飲み、たまに旅行やキャンプで非日常を味わい、体力作りにランニング(写真)を少々している。

最後に、今まで色々な方にお世話になり何とかここまで続けることができたことを大変感謝している。まだ、あと約20年(定年延長はつらい)は残っているので、今後とも皆様にはご指導ご鞭撻の程よろしくお願ひします。

(西村 志真子・兵庫県土木部 砂防課 砂防班長)



写真 ランイベントで15kmを走り優勝！賞品は新米30kg (^ ^)v

令和4年度 研究開発助成報告会 開催報告

(一財) 砂防・地すべり技術センター 企画部

令和5年6月23日(金)午後1時30分より、(一財)砂防・地すべり技術センター大会議室において「令和4年度研究開発助成報告会」を開催しました。本報告会は、例年、当センターの公益事業の一環である研究開発助成による研究の成果を発表し、関連事業及び今後の各方面での研究活動に役立てていただくことを目的として実施しているものですが、本年度も昨年度と同様に、昨今の情勢を踏まえ、参加者をセンター職員と研究関係者のみに限定して開催しました。今回の報告会では、砂防・地すべりに関する3つの助成テーマについて、それぞれの研究者に発表していただきました。研究概要についてここで紹介します。

発表
1



水浸検知センサーとサイフォン導水ホースを併用した 安価な水抜き対策手法の開発

大嶺 聖 おおみね きよし
長崎大学大学院

1. はじめに

近年、集中豪雨が多発しており、地下水位の上昇に伴う土砂災害の危険性が增大している。このため、降雨時の土中の水分状態の変化を迅速に把握し、降雨時には水を効果的に排水させて斜面の安定性を維持させる安価な方法が求められている。

よって本研究は、(1) 低コストのサイフォン導水ホースを用いた斜面内地下水の排水効果の検証、(2) 小型電源としての土壤微生物電池の性能の把握、(3) リアルタイムに現地斜面の危険度を把握するための水浸検知センサーの適用性を明らかにする、等を目的として実施した。

2. サイフォン導水ホースの現場での適用性

本研究では、図-1に示すようなサイフォン原理と導水ホース内のアクリル紐による毛細管現象を用いた装置により、地下水の排水を行った。実験は長崎県と大分県で実施し、装置による排水効果と既存水抜きパイプに設置した場合の排水効率の向上効果を検証した。

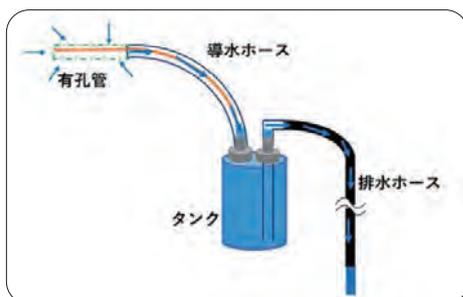


図-1 湧水の見られるのり面に導水装置を設置した排水実験概要図

現地実験の結果、サイフォン導水ホースは降水量の増加とともに排水量が増加することが確認され、その排水量は長崎の実験地において最大6L/min程度であった。さらに排水量の少ない既存の水抜きパイプ(最大1L/min程度)にサイフォン導水ホースを設置したところ、排水量の増加が確認された。このことからサイフォン導水ホースは、地下水の排水効果だけでなく、既存の水抜きパイプの排水効率向上にも効果が確認された。

3. 土壤微生物電池の小型センサーの電源としての性能

次項に説明する水浸センサーの電源として利用可能な技術の開発を目的として、図-2に示す土壤微生物電池の性能の検証を行った。電池は50mm×100mm×10mmの大きさで作成し、下側から泥炭→鉄線→負極(竹炭)→泥炭→正極(竹炭)→粒状炭→ステンレスの構造を有している。

作成した土壤微生物電池4つを直列または並列につなぎ、計測した電圧・電流・電力の値と理想値との比

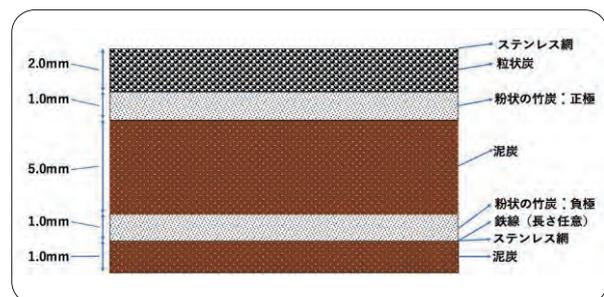


図-2 土壤微生物電池の概要

較を行った。測定の結果、直列につないだ場合には、抵抗が最大の時に理想値の4Vに近い値を示し、抵抗が小さくなるにつれ電流が増加し最大で20mA程度となった。また並列につないだ場合、最大電圧は1V、最大電流は50～100mAとなり、どちらもセンサーの電源として実用に耐えうる範囲であることが確認された。さらに土壤微生物電池とマンガン電池の電力変化を比較したところ、マンガン電池の電力は1週間程度で急激に低下するのに対し、微生物電池では電力は漸減するため長期間にわたり電力が維持された。また土壤微生物電池は、面積を大きくするほど多くの電力が流れ、100mm×100mmの土壤微生物電池3つでマンガン電池と同等の電力量を生み出すことが可能である。

4. 現地使用を想定した発展性の検討

簡易センサーはマイコン (Arduino Pro mini, 3.3V)、電子制御素子 (MOSFET)、省電力広域無線 (Sigfox) などから構成され、電圧値から土中の大まかな水分状態や飽和状態になることで水浸したかどうかを把握することができる。図-3に構築した水浸検知センサーの概要を示すが、センサー電極を長さ80cmの塩ビパイ

プに15cm間隔で取り付けただもので、長崎市の土砂災害警戒区域に指定されている急傾斜地において、6本の塩ビパイプを1.5m間隔で挿入し計測を行った。その結果、深さ45cmまでのセンサー電極で降雨による体積含水率の上昇が生じ、その後の降雨終了に伴う体積含水率の減少がリアルタイムで確認された。また計測期間中、最も水浸検知センサーが反応した際の状態に着目すると、⑥の塩ビパイプにおいて降雨ピークからその後6時間の間全てのセンサーが水浸状態となり、その前後においては全て反応していなかった。このことから水浸検知センサーは、水の有無に対して敏感に反応しているのではないかと考えられる。

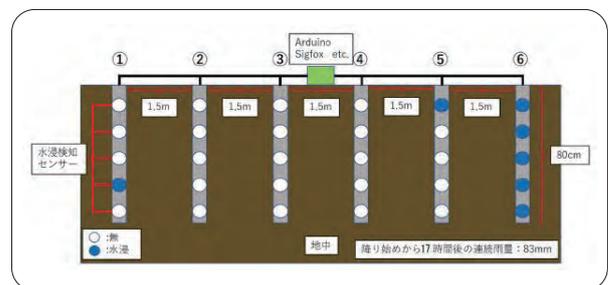


図-3 水浸検知センサーの設置と反応状況



宇宙線ミュオンを活用した斜面地盤における不安定土塊の検出手法に関する数値シミュレーション

後藤 聡 とう さとし
山梨大学大学院

1. はじめに

近年、宇宙線ミュオンが火山やピラミッドの内部構造の調査に利用されている。

宇宙線ミュオン (図-1) とは、宇宙から地球に降り注ぐ素粒子の一種であり、電子と比べて非常に重いことから高い透過力を持つ。宇宙線ミュオンを用いた大規模建造物の透視方法としてミュオンラジオグラフィが用いられており、これはX線撮影と同様の原理により透過してきた物体の密度を推定することで、非破壊的に物体の内部を把握することのできる技術である。斜面の内部構造にミュオンラジオグラフィを用いることで、斜面地盤の密度や含水比の分布変化をミュオンの透過力の差による密度長の違いとして把握すること

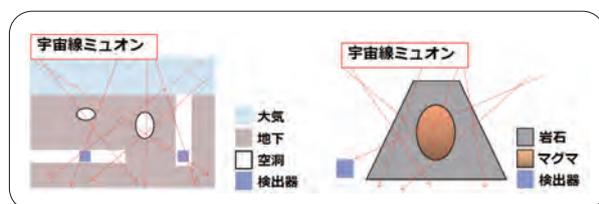


図-1 宇宙線ミュオンのイメージ図

ができると推測する。これにより、斜面崩壊の発生場となり得る不安定な土塊を特定し、未然に災害を防ぐことに繋がると考えられる。

2. 研究概要

本研究は斜面を構成する各種地盤材料における宇宙線ミュオンの透過力の違いを把握し、地盤材料の違いを判別するための有効性の確認を目的とした透過シミュレーションを実施した。

シミュレーションは、ミュオンの特性が考慮されたモンテカルロ計算コードのPHITSを用いて、地盤内の相対的な密度分布、密度変化、水分量変化を計算で確認した。物理特性は間隙比、飽和度、湿潤密度の比較を行い、地盤材料は岩石、火山灰度、砂、スコリアの比較を行った。

各種地盤材料を透過する過程で、宇宙線ミュオンがどのように減衰するかを把握するために図-2に示すモデルを用い、ミュオンの検出は検出面を半径5mの円とし、Z軸0.001m地点、0.25m～10mまでの0.25mごとの地点、計41面で検出した。計算時間は約3時間で

あり、統計誤差は約2.2～2.7%であった。

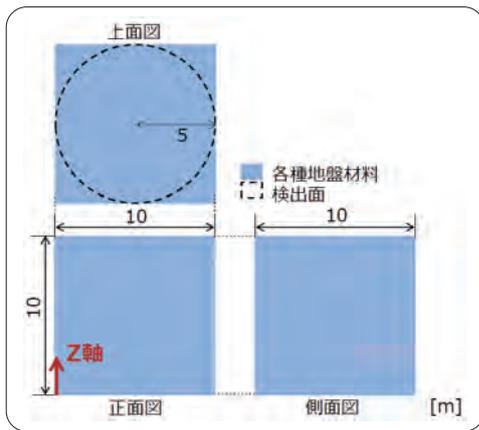


図-2 ミュオン検出モデル

3. 解析結果

シミュレーション結果を以下に記す。

- ・ 間隙比が大きいほどミュオンフラックスは大きく、土粒子の密度が小さいほどミュオンフラックスは大きい傾向が見られた。
- ・ 飽和度が大きいほどミュオンフラックスは小さい

が、これは湿潤密度が大きくなるためであると推測する。

- ・ 密度が一定で飽和度のみを変化させた場合、ミュオンフラックスの値はほぼ同じになったことから、飽和度より密度による影響が大きいと考えられる。また、飽和度が小さいほどミュオンフラックスは大きい値を取ったが、これは密度が小さい空気が多く含まれているためであると考えられる。
- ・ 風化の進行にともない、ミュオンフラックスは大きくなる傾向が見られた。
- ・ 火山灰土→スコリア→砂→岩石の順でミュオンフラックスが小さくなることを確認した。

4. まとめ

本研究により、地盤材料における宇宙線ミュオンの透過力の違いを把握することができ、地盤材料の判別に宇宙線ミュオンが有効であることが確認された。

今後は、DEMなどの地形データを用いた実際の斜面におけるシミュレーションを行うことで、シミュレーションの精度を向上させていく予定である。

発表
3



風化を誘因とする土砂災害発生機構の解明に向けた粒子型の破壊解析技術の開発

福元 豊 ふくもと ゆたか
長岡技術科学大学

1. はじめに

2018年9月に北海道胆振東部地震で発生した広範囲にわたる大規模な土砂崩れは、斜面内部での風化が誘因の1つとなったことが指摘されている。そのため、風化の発生機構とともに、土砂災害との関係性を詳細に理解することは重要な課題であると考えられる。

本研究では、粒子型の連続体解析理論の一種であるペリダイナミクス法（以下「PD」という。）に着目し、物理的風化の進行による細粒化、亀裂発生、強度低下を定量的に評価するための方法を開発した。

2. 細粒化についての検証

本研究では、PDと個別要素法（以下「DEM」という。）を連成した数値計算モデル（以下「PD-DEM」という。）を検討した。

PD-DEMを用いて、3次元条件において、締固め粘土を想定した材料の圧縮破壊シミュレーションを実施したところ、図-1に示すように破碎性を持つ物体自体の亀裂と破壊、異なる物体同士の接触による相互作用、破壊後の断片の生成、断片同士の接触による相互

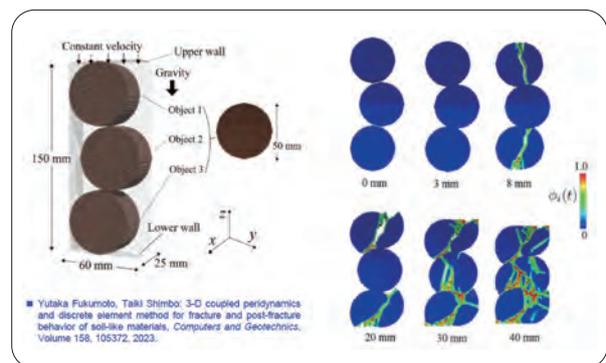


図-1 圧縮破壊シミュレーション結果

作用、さらに破壊が進んで破碎性を持つ物体が細粒化していく様子を確認することができた。

3. 亀裂発生についての検証

3次元PDの妥当性を検証するため、3Dプリンタを用いて作成した初期亀裂を有する砂質土供試体の一軸圧縮試験、および初期亀裂角度の違いによる破壊状況を確認するため、様々な初期亀裂を入れた粘土供試体に対して圧裂引張試験を行い、それぞれの実験結果と再

現解析の結果を比較した。一軸圧縮試験の比較検証では、再現解析による応力-ひずみ曲線の再現性が高いことを確認した。圧裂引張試験においても、再現解析を実施した結果、図-2に示すように実験結果に近い引張応力-軸ひずみ曲線を得られ、実験結果と同様の初期亀裂の両面と載荷面を結ぶ亀裂形状を再現することができた。本研究では、実験的検討にあたり、供試体破壊形状と破壊プロセスを可視化するために、供試体

破壊形状の3次元キャプチャーシステムを開発した。これは、供試体周囲にカメラ20台を同一平面上に円形に配置して動画撮影を行い、得られた動画から3次元形状を再現できるシステムであり、これにより亀裂生成及び進展の破壊プロセスを3次元的に表現できた。ただし、モデル化の精度が十分ではないことと、すべての画像を安定して取得することができていないといった点が、今後の課題である。

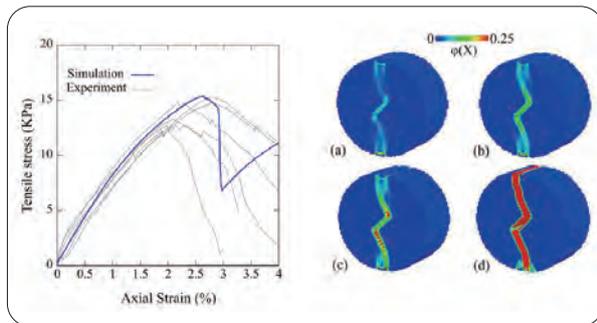


図-2 再現解析-実験結果の比較および再現計算による亀裂進展の様子

4. まとめ

本研究では、風化のモデリングにとって重要となる、亀裂や細粒化を再現できるPDに基づく粒子型の数値解析手法の開発を進めた。数値解析手法の高度化には、実験との比較が必須であるが、亀裂進展や引張強度の評価に関する実験手法自体の開発でも成果が得られた。より現実に即して風化をモデリングするためには、水分移動や化学反応を考慮することが今後の課題となる。また、今後は自然斜面や土構造物など実物大スケールにも応用範囲を広げる方針である。

令和6年度 砂防・地すべり技術センター研究開発助成 募集のご案内

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」では、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、特に問題意識が明確で達成目標が具体的に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十分な遂行能力を有する研究者に対して、助成を行います。

上記を踏まえ、令和6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します。当センターのホームページに掲載の募集要領にて、詳細をご確認のうえ、お申し込み下さい。

記

1. 助成対象者：大学、高等専門学校等の研究者
複数の研究者による共同研究も可能
2. 助成金額：1件につき 申請者が1名の場合：120万円以内
申請者が複数名の場合：180万円以内
※器具備品等の購入に関して条件あり
3. 募集受付期間：令和5年12月1日（金）～令和6年2月16日（金）17：00必着（メ切厳守）
4. 提出先（問い合わせも同じ）：
もりた こうじ さかい のぶあき
 （一財）砂防・地すべり技術センター 企画部 森田 耕司・酒井 敦章
 〒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 FAX：03-5276-3391

詳細は砂防・地すべり技術センターのホームページをご覧ください。

URL: https://www.stc.or.jp/?page_id=74

連載エッセイ
essay

第9回

1年目の勤務を 終えて



たかはし かずき
高橋 和樹

(一財)
砂防・地すべり技術センター
総合防災部 技師

本稿を執筆時点で、私が砂防・地すべり技術センターに入社してから1年と半年が過ぎようとしている。慌ただしかった1年目を終え、少し落ち着いてきた現在（2年目）との違いや社会人となって私が感じたことを記したいと思う。

まだ私が小学生低学年の頃、働く大人は全員が礼儀正しく一生懸命家族や社会のために働いていると素直に信じていた。それが中学、高校、大学と進学していく内に、そうではないことに気がつきはじめる。何か大きなきっかけがあった訳ではなく、それは日常のワンシーンや両親との会話、友達との遊びの中で時々顔を見せる。ぶつかっても謝らない大人、「もう高校生なんだから」という母親、海外留学するという同級生、お年寄りに席を譲る小学生。成長する、もしくは大人になるというのは、何をもってしていえるのだろうか。昨日できなかったことが今日できるようになる、というのは間違いなく成長といえるだろう。過去の経験から初めての事柄に対しても相応に対応できる、というのも成長だといえる。では、「大人になる」とは一体どんなことを指すのだろうか。

新世紀エヴァンゲリオンというアニメをご存じだろうか。そのアニメでは、幼稚な態度を繰り返す主人公碇シンジに対して父親のゲンドウが「大人になれシンジ」と諭すシーンがある。主人公がどのようにして大人となるかは是非映画などで確認してもらいたい。ここで大事なことはいくつかあるが、一つに子供は大人になることを少なからず周囲から期待されているということである。ここでの期待は環境によって様々ではあるが、一般（論）的には社会人として何か職を得て働くことを意味することが多

いだろう。では、就職して職業を得れば大人といえるのか。主人公碓シンジは物語を通じて子供から大人へと成長するが、彼は物語中で何か職業を得ることはない。小学生の頃に大人になったら何になりたいかという作文やアンケートが課されることがある。この時に夢見た職になれる者は少ないが、クラスほとんどの人が何かしらの職を得て大人へと社会人へとになっていく。果たして彼や彼女ら、そして私は大人になったという自覚はあるのだろうか。

私が砂防センターに就職する前にある方に、社会人と学生で違うことは何かと聞かれた。その時の私は責任であると答えた。なぜなら両親の庇護下にある学生とは異なり、自らの一挙手一投足が社会の目にさらされ、その評価を元に給料が支払われると考えたためだ。しかし、今ではこの考えはあまり正しくないと感じている。というのも給料という報酬に対して働くということは当然のことであり、そこに大人か子供かはあまり関係が無い（あるとしたらアルバイトしている高校生は全員が大人になってしまう）。責任というのは仕事に付随するものであり、その対価は報酬（給料）という形で表現されている。よって責任が生じたからといって、大人になったとは必ずしもいえないのではないだろうか（大人になれば責任が増えるとはいえるかもしれないが）。

私がこの一年半で最も重要だと感じたことは、他者や物事への気遣いであると思う。メールの際にどんな文章を書けば、失礼がなく相手に正しく伝わるか。先輩に相談したいが、今は忙しくないだろうか。次の会議ではどんな資料をどの程度用意すればいいのかなど。仕事を進める上では相手の状況や立場に立って、どうすれば理解してもらえるか、どんなことをやって欲しいのかなどを考える必要がある。もちろん仕事をするための知識や経験、技術も大事ではあるが、それらは今すぐに身につけることは難



現地調査の様子

しい。特に技術力は、日々の情報収集や勉強を現場や業務で繰り返し実践することでようやく身につけることができるのではないかと思う。しかし、日常でのちょっ

とした気遣いは今からでも始められる。朝の挨拶や資料を取りやすいようにまとめたり、現場で率先して動いたりなど様々考えられるが、1年半を振り返り私がこれらを意識して取り組めたかということ、反省すべき所もあると感じている。

先に大事なことは気遣いだと述べたがこれは年齢（立場）によって変化すると思う。入社1-2年目の現状では、圧倒的に経験や知識が足りないことを痛感させられた。そんな足りない中で今できることといえば限られてくるが、これから3年4年目となると話は変わる。ここからは、これまでの知識や経験から積極的に自らが考えて仕事に取り組むことを求められる。そのために学ぶことや身につけるべきことは多くあるが、他者や物事への配慮や感謝を忘れずに、邁進していきたいと思う。それが大人になることだと信じて。

第8回 国際土石流災害防止会議 (8th DFHM) 参加報告

いけだ あきひこ
池田 暁彦

(一財)砂防・地すべり技術センター 火山防災部 次長

1. はじめに

2023年6月26日～29日の4日間、第8回 国際土石流災害防止会議（英語名称：8th International Conference on Debris Flow Hazard Mitigation）がイタリア トリノ市 トリノ工科大学（Politecnico di Torino）で開催された。

本会議は1997年にアメリカ：サンフランシスコで初めて開催され、以降、台湾：台北（2000年）、スイス：ダボス（2003年）、中国：成都（2007年）、イタリア：パドバ（2011年）、日本：つくば（2015年）、アメリカ：ゴールデン（2019年）に4年毎に7回開催され、今回が第8回となる。発表論文数は175題であり、23カ国から約220人の土石流研究者が参加した。国別にみると開催国であるイタリア、スイス、フランス、アメリカ、日本、中国、台湾などの土石流研究の先進国が多くを占めた。

著者は第5回パドバ、第6回つくば、第7回ゴールデンに次いで、今回4回目の発表・参加の機会をいただいたので会議の概要について報告する。

2. 国際土石流災害防止会議の概要

国際土石流災害防止会議は国際実行委員会と大会実行委員会が中心となって開催している。国際実行委員会では立命館大学の里深好文教授が委員となっている。大会実行委員会はトリノ工科大学が中心となっていた。今回の会議が開催されたトリノ工科大学は1859年に創立されたイタリア最古の公立工科大学である。建築、都市計画、工業デザインのコースからなる11の学部といくつかの研究機関があり、常にヨーロッパにおける最高の大学としてランク

されている名門校である（写真-1）。

本会議は大会実行委員長であるトリノ工科大学の Marina Pirulli教授の開会挨拶に始まる開会セレモニーの後、研究テーマのセッション毎にKeynote Lectureと研究発表が行われた（写真-2）。口頭による研究発表以外はポスターセッションでの発表となった。ポスターセッションにコアタイムはなく、約3時間にわたって軽食をとりながらの自由発表・議論という形であった（写真-3）。初日の夕刻にはトリノ王宮内にあるカフェでWelcome Drinkが、最終日前日にはトリノ市内でSocial Dinnerが行われた（写真-4）。

研究テーマは、「発生過程・流動機構」(Processes and Mechanics)、「実験・理論（モデル化）」(Experiments and Modelling)、「観測・検知・警戒避難」(Monitoring, Detection and Warning)、「土石流発生に及ぼす影響」(Role of Disturbance)、「事例研究・影響評価」(Case Studies and Hazard Assessment)、「土石流対策・構造設計」(Engineering and Mitigations)、「対策のニーズ（目的）」(Needs of End Users) の7つに分かれており、近年の土石流災害実態を反映したものであった。特に、「観測・検知・警戒避難」（筆者の発表セッション）、「発生過程・流動機構」、「事例研究・影響評価」が全発表の半分を占めていた。これらの発表では、各国で発生する土石流の実態（発生・流動過程、災害実態など）の紹介と、土石流の特性と被害の形態に応じた対策に関する研究が多かった。これは、近年の気候変動などに起因して土石流による災害が頻発・甚大化していることを反映したものだと考えられる。



写真-1 トリノ工科大学



写真-2 研究発表(口頭発表)会場



写真-3 ポスターセッション会場



写真-4 トリノ王宮内のカフェでのWelcome Drink

研究発表のトレンドとしては、土石流のメカニズムの解明、影響範囲の評価、対策工の効果評価（構造検討、捕捉効果）を目的とした実験や数値シミュレーションが多かった。土石流の基礎的な流れやメカニズムに関する研究については、各国・研究者によって細部各論となっている傾向がみられ、個人的にはかなりマニアックな世界に入り込んでいると感じた。一方、これまでの会議と違い、今回は土石流対策に関する研究が増えており、特に、一般的な透過構造の対策工に加えて、土石流堆積工や導流工に関する実験や数値シミュレーションが多かった。これらの研究から多くの知見を得られたものの、各研究（各国）における地形や土地利用の特性が日本とは異なるため（土石流発生源と保全対象の距離が極めて短い、保全人口が多いなど）、日本で適用するには課題が多いと感じられた。また、水理模型実験による対策工の効果検証に関する研究では土砂量のみを観測している場合が多く、堆積工における流入・流出流量／土砂量や、堆積過程（堆積の時系列的な変化）、粒径、下流の河床変動状況などを計測していないのはとても残念だった。

筆者は「上々堀沢における土石流ピーク流量に関する研究」と題して、上々堀沢で2019年に観測された土石流（国土交通省北陸地方整備局松本砂防事務所による観測・データ提供）の特性分析とともに、筆者が長年研究している土石流ピーク流量と土石流総流量の関係について発表した。自身の発表も含め、本会議の多くの研究発表につい

て、様々な土石流研究者と活発に議論できたのは極めて有用であった。なお、今回は残念ながら現地視察（Aosta Valley）に参加できなかったため、後日、防衛大学校の堀口俊行准教授からご提供いただいた現地写真をご紹介します（写真-5）。

3. おわりに

本会議では世界の土石流研究者によって土石流災害を防止するために、多分野にわたる活発な議論が行われている。日本でも（公社）砂防学会の研究発表会や各種シンポジウム、国土交通省・都道府県からの発注業務などを通じて、土石流に関する調査・研究・計画、土石流対策（砂防構造物）の設計に関する実務研究など多く行われており、世界に誇れる高い技術力を有していると考えられる。しかし、今回参加して痛感したのは、筆者がはじめて本会議に参加した20年前と比べて、これまで世界的に土石流研究を牽引してきた日本の土石流研究者が減少していることである。世代交代は進んでいるとは思われるが、絶対数が少ないと感じられた。

次回（第9回）会議は、投票の結果、2027年に韓国大田市で開催されることが決まっている。これまで以上に、土石流研究や土石流対策に関する日本の高い技術力を世界各国に紹介し、様々な議論ができるよう、みなさまの積極的な参加を期待したい。



(Grand Valey Basin)



(Comboe Basin)

写真-5 Aosta Valleyの土石流対策工(防衛大学校 堀口准教授提供)

（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
2023年 4月2日	コンゴ民主共和国	地すべり	4月2日にコンゴ民主共和国（DRC）東部で発生した地すべりにより、少なくとも20人の死亡が確認された。 災害は北キブ（North Kivu）州のマシシ（Masisi）地方のブルワ（Bulwa）村で発生。地元当局によると、災害発生時、川で洗濯と血洗いをしていた母親と子どもたち約25人が被災したとのこと。救助活動により、女性8人と子ども13人が瓦礫から発見されたが、20人が死亡し、生存者1人が病院に運ばれた。北キブ州知事のスポークスマンは、まだ泥に閉じ込められた人がいる可能性があるとして、3日以降も捜索救助活動を実施すると報じた。
5月2日	ルワンダ	地すべり	ルワンダ政府は、5月2日から3日にかけて発生した洪水と地すべりにより、少なくとも135人が死亡し、1人が行方不明になったと報じた。 また、緊急事態管理担当省は6日に、約110人が負傷し、13人が医療施設に入院、被災した複数の州では5,963戸の家屋が倒壊、20,000人以上が83の施設に避難したと報じた。 新華社通信によると、同省は20本の国道、発電所12か所、浄水場8か所が破壊されたと述べた。 災害はルワンダの西部、北部、南部の州を襲った大雨によって引き起こされた。死者の大半はキブ（Kivu）湖に面した西部に集中した。
5月4日	コンゴ民主共和国	土石流	5月4日、中央アフリカのコンゴ民主共和国（DRC）東部で、大規模な土石流が発生し、少なくとも394人が死亡した。 南キブ（South Kivu）州カレヘ（Kalehe）で4日、豪雨により川が氾濫し、二つの集落で土石流が発生。民家や市場、学校2校、保健センターなどがあった地区が土砂に飲み込まれた。 政府は被災した地元当局を支援するための政府調査団の派遣と8日を服喪の日とすることを表明した。 緊急医療援助団体「国境なき医師団（MSF）」も、緊急支援チームを現場に派遣したと発表した。
5月27日	パキスタン	雪崩	パキスタンの警察当局は27日、北部ギルギット・バルティスタン（Gilgit-Baltistan）州の山岳地帯、海拔4,270mの地点で発生した雪崩が、ヤギの群れを追っていた遊牧民を襲い、4歳の男児、4人の女性を含む11人が死亡、25人が負傷したと発表した。 雪崩は同州とアザド・カシミール（Azad Jammu and Kashmir）州を結ぶ峠で27日早朝に発生した。 地元の救助隊は雪崩が発生したエリアに行けず、陸軍に支援要請を行った。 軍はヘリコプターを現場に派遣し、地元の救助活動を支援したと報じた。 州警察の報道官によると、負傷者は現地から5kmほど離れた病院に搬送された。 ギルギット・バルティスタン州はパキスタンで最も険しい地域の一つであり、地球温暖化の影響を受けて気温が上昇し、雪崩のリスクが高まっていた。
6月4日	中国	地すべり	6月4日、中国南西部の四川（Sichuan）省の鉞山で地すべりが発生し、19人が死亡したと中国中央テレビ（CCTV）が報じた。 地すべりは午前6時頃、省南部の楽山（Leshan）市近くの山岳地帯で発生した。 CCTVによると、地すべりは地元の鉞山会社の生産現場や生活施設、車両の上に崩壊した。 180人以上の救助隊員が現場に派遣され、捜索救助活動を行った。救助隊員は、「最近数日間、現地では小雨が降っていたが、雨量はそれほど多くなかった。事故現場は鉞山の渓谷に位置しており、当時も26人の作業員が鉞山の採掘を行っていた。犠牲になった19人は全て鉞山の作業員だ。」と述べた。
6月5日	ハイチ	土砂災害	6月5日、カリブ海（Caribbean Sea）の島国ハイチの当局は、週末の豪雨により洪水や土砂災害が発生し、少なくとも42人が死亡、11人が行方不明になったと報じた。 全10県のうち7県が豪雨に見舞われた。国連（UN）によると、37,000人が影響を受け、13,400人が避難した。 特に首都ポルトープランス（Port-au-Prince）の南西40kmの地点にあるレオガン（Leogane）市では、3本の河川が氾濫し、深刻な被害を受けた。ハイチ当局によると、同市では少なくとも20人が亡くなった。 市長は、「住民は絶望している。農地は浸水し、家畜は流され、すべてを失った」と述べた。数千世帯が被災しており、食料や水、医薬品などの緊急援助が必要だと訴えた。 ハイチでは治安悪化や政情不安、景気低迷を背景に人道危機が続いている。今回多数の犠牲者が出たことで、ハリケーンの季節を控え、自然災害への脆弱性も浮き彫りになった。

発生日	国名	種別	概要
7月9日	インド	土砂災害	7月9日、インドのPTI通信 (Press Trust of India) は、モンスーンによる豪雨で洪水や土砂災害が発生し、北部6州で24時間以内に少なくとも15人が死亡したと伝えた。ニューデリー (New Delhi) の降水量は、7月の1日当たりとしてはここ40年で最大となる153mmとなり、一部道路では浸水深が膝の高さにまで達した。当局は10日、ニューデリー市内の学校に休校を指示した。災害管理当局によると山岳地帯の被害が最も深刻で、ヒマチャルプラデシュ (Himachal Pradesh) 州では土砂災害により6人が死亡、道路700か所が通行止めとなった。
7月18日	コロンビア	地すべり	7月18日、コロンビア中部クンディナマルカ (Cundinamarca) 県クエタメ (Quetame) の町で地すべりが発生し、26人が遺体で見えられたと当局が報じた。更に21日に再度地すべりが発生する可能性があるため、ネグロ (Negro) 川とコンタドール (Contador) 川に挟まれた地区の100世帯以上が避難を余儀なくされた。クエタメ市によると、20軒の家が泥に埋まり、橋も破壊され、ボゴタ (Bogota) と農業地帯であるメタ (Meta) 県のビリャビセンシオ (Villavicencio) を結ぶ高速道路が通行止めになったとのこと。
7月20日	インド	土石流	7月20日、インド・マハラシュトラ (Maharashtra) 州で豪雨に伴い大規模な土石流が発生し、27人が死亡、少なくとも50人が行方不明となった。22日の当局の報道によると、土石流は20日、同州の州都ムンバイ (Mumbai) から約100km離れたライガド (Raigad) 県で発生。インド国家災害対応部隊 (NDRF) は、土砂やがれきを取り除いて遺体の捜索を行い、22日の段階で27人の遺体を確認され、50～60人が依然行方不明と報告。また、現場は道路から約5km離れているため、重機を投入できず、作業はほとんど人力で行われており、救助活動は難航したと報じた。
7月22日	アフガニスタン	土石流	イスラム原理主義勢力タリバン (Taliban) 暫定政権は、7月22日以降、アフガニスタン中部と東部、特にマイダンワルダク (Maidan Wardak) 州、ホースト (Khost) 州、カブール (Kabul) 地域に降り続いた大雨により土石流が発生し、死傷者を含む被害が発生したと報じた。特に、マイダンワルダク州のジャレス (Jalrez)、サイダバード (Saidabad)、チャキワルダク (Chaki Wardak)、マイダンシャー (Maidan Shahr) 地区では、24日までに31人の死者、41人の行方不明者、74人の負傷者が確認され、同じ州全体で約600軒の家屋が損傷または破壊されたと報じた。
8月1日	中国	土石流	8月1日の中国中央テレビ (CCTV) の報道によると、首都北京と隣接する河北 (Hebei) 省が豪雨に見舞われ、各地で洪水や土砂崩れが発生し、少なくとも20人が死亡し、19人が行方不明になった。フィリピンに大雨をもたらした台風5号 (アジア名: トクスリ (Doksuri)) は7月28日に中国・福建 (Fujian) 省に上陸して北上し、後に熱帯低気圧に変わった。北京と河北省は29日以降、豪雨に見舞われ、40時間で北京の7月の平均降水量とほぼ同量の雨が降った。河北省では1日正午までの総雨量が多い所で1000mmに達した。北京では豪雨の影響で救助隊員2人を含む11人が死亡し、13人が行方不明に、河北省では死者は9人、行方不明者は6人となった。習近平国家主席は1日、行方不明者の捜索などに全力を尽くすよう指示を出した。
8月3日	ジョージア	土石流	8月3日、ジョージア西部のショビ (Shovi) 市で土石流が発生し、高地のリゾート「サンセットショビ」周辺を飲み込み、コテージや家を埋めた。200人以上の救助隊員とボランティアが死者と行方不明者の捜索を行った。8月7日、3日の大規模な土石流で子どもを含む少なくとも18人が死亡し、さらに18人が行方不明となったことを受け、ジョージアは喪の日を宣言し、政府の建物は半旗を掲げた。救助隊は、生存者を見つける可能性は極めて低いと報じた。内務省 (MIA) は、山岳作業、建設作業、その他の作業中の安全規則の違反と過失による死亡の点から、法に基づく調査を開始したと報告した。
8月11日	中国	土石流	中国陝西省 (Shaanxi) 西安市 (Xi'an) の応急管理部門は13日、同市長安区灊 (らん) 鎮街道喂子坪村で11日に起きた局地的大雨による土石流で、21人が死亡、6人が行方不明となったと発表した。同市は対策本部を設置し、消防や警察など14チーム、計980人余りと生存者探査装置や衛星電話、掘削機などの設備約1,100台、災害捜索犬を投入し、行方不明者の捜索救助と被災者の避難を行った。この土石流で、家屋や道路などが損壊したほか、広い範囲で停電も起きた。市は通信や電力などの回復を急ぐとともに、河川の堤防補強などを通じて二次災害の発生防止に努めた。

発生日	国名	種別	概要
8月13日	インド	地すべり	<p>インド北部で豪雨による洪水や地すべりが相次いで発生し、少なくとも49人が死亡した。そのうち9人は、ヒンズー教寺院が土砂災害により倒壊したためであり、犠牲者はさらに増える恐れがあると、地元メディアが14日伝えた。北部のヒマチャルプラデシュ (Himachal Pradesh) 州と隣接するウッタラカンド (Uttarakhand) 州では、数日間続いた豪雨で車が流され、建物や橋が崩壊した。</p> <p>ヒマチャルプラデシュ州当局によると、同州では過去24時間に41人が死亡、うち少なくとも9人は州都シムラ (Shimla) でのヒンズー教寺院倒壊で犠牲になった。この他、少なくとも13人が行方不明になった。</p> <p>ウッタラカンド州当局によると、同州では11日以降、少なくとも8人が死亡したとのこと。</p> <p>インドのヒマラヤ北部では、6月から9月のモンスーンシーズンに、豪雨による洪水、地すべり、土石流が多発する。しかし、科学者は、地球温暖化が氷河の融解を進行し、発生頻度が増加していると指摘している。</p>
8月13日	ミャンマー	土砂崩れ	<p>ミャンマー北部のヒスイ鉱山で、積み上げられていた土砂が、豪雨により地すべりを起こし、救助隊が14日に明らかにしたところでは、少なくとも40人が行方不明となった。また、ミャンマー各地では豪雨が続き、洪水も発生した。</p> <p>地すべりは13日、北部カチン (Kachin) 州パカン (Hpakant) 郊外で発生。今回の現場近くにあるヒスイ鉱山では2020年にも、豪雨による地すべりで100人以上が犠牲となった。</p> <p>ヒスイ採掘は収益性が高いが、ほとんど規制されていないため、出稼ぎ労働者が危険な環境で採掘に従事しており、死亡事故が後を絶たない。</p> <p>現場で救助隊員は、「40人前後が行方不明となった。行方不明者の詳細はわかっていない」と説明した。現場では採掘によって出た土が、約150~180mの高さに積み上げられており、豪雨により崩れたとのこと。</p> <p>現場では二次災害の危険もある中、救助活動が行われた。</p> <p>通常、雨期には採掘が行われておらず、今回事故に巻き込まれたのは、ヒスイを探す周辺住民とのこと。</p>
8月21日	中国	土石流	<p>四川 (Sichuan) 省人民政府は30日、同省金陽 (Jinyang) 県で記者会見を開き、「8月21日の土石流災害」についての最新状況を発表した。発表によると、21日未明の集中豪雨により、土石流が金陽県の高速度道路の工事現場を襲った。201人の工事関係者のうち、30日までに149人が救助されたが、4人の死亡と48人の行方不明者が確認された。</p> <p>当局は調査の結果、高速度道路プロジェクト関連部門と建設会社の関係者5人に「災害事故の無報告および虚偽報告」の疑いがあるとし、警察は28日、5人に対して取り調べのための刑事拘留措置を執行した。</p>
9月13日	ベトナム	土石流 地すべり	<p>12日遅くから13日早朝の豪雨により、ベトナム北部のラオカイ (Lao Cai) 省で、土石流や地すべりが発生し、少なくとも9人の死者と4人の行方不明者が出たと、ASEAN災害情報ネットワーク (ADINet) が報じた。</p> <p>地元メディアは、ラオカイ、ハザン (Ha Giang)、イエンバイ (Yen Bai) の各州で21の家屋、61の養魚場、180haの農場が被害を受けたと伝えた。</p> <p>地元当局は、引き続きベトナム北東部と北西部で、局地的な豪雨が予測される中、約300人を動員して捜索救助活動を実施した。</p>
9月25日	グアテマラ	土石流	<p>9月24日から25日にかけての豪雨により、グアテマラのグアテマラシティ (Guatemala City) 近郊でエルナランホ (El Naranjo) 川の堤防が決壊し土石流が発生、グアテマラシティのゾーン7にあるディオスエスフィエル (Dios Es Fiel) 集落を襲った。</p> <p>土石流は6軒の家を破壊し、緊急報告によると、少なくとも19人が行方不明になった。また数家族が避難施設に移動した。</p> <p>国家防災調整局 (CONRED: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres) の職員と消防士のチームは、救助犬とともに25日に捜索救助活動を開始し、6人の遺体を発見した。</p> <p>同国では22日にも、チマルテナンゴ (Chimaltenango) 県サンペドロイエポカパ (San Pedro Yepocapa) にあるサンクリストバル (San Cristobal) 地区で大雨により建設現場の一部が崩壊し、パイプラインを敷設していた6人の労働者が死亡した。</p> <p>CONREDは9月25日、今回の雨季では800件以上の雨関連事故で、少なくとも32人が命を落としたと発表した。</p>

スロープガードフェンスタイプKT (鉛直式崩壊土砂防護柵) 工法

【審査証明取得日】 令和5年6月28日

【取得会社】 株式会社プロテックエンジニアリング

【技術詳細に関するURL】 <https://www.proteng.co.jp/>

技術の概要

スロープガードフェンスタイプKTは、土砂災害防止法における急傾斜地対策として、豪雨等で発生する急傾斜地の斜面崩壊から、民家等の保全対象を待ち受けて防護する杭式の防護柵です。

主要部材は、支柱・上弦材・ワイヤロープ・ワイヤネット・ひし形金網であり、部材の弾性変形により柔軟に土砂を捕捉します。部材は、堆積物を除去することで、繰り返し使用することができます。

支柱は、鋼管内部に小口径鋼管と鉄筋を束ねて配置した構成部材 (LST部材) を用い、部材の軽量化と局部座屈後の靱性に優れた特徴を有しています。

また、技術の特徴として、主に下記の3項目の特徴を有する工法になります。

(1) 崩壊土砂による荷重に対する耐荷機能

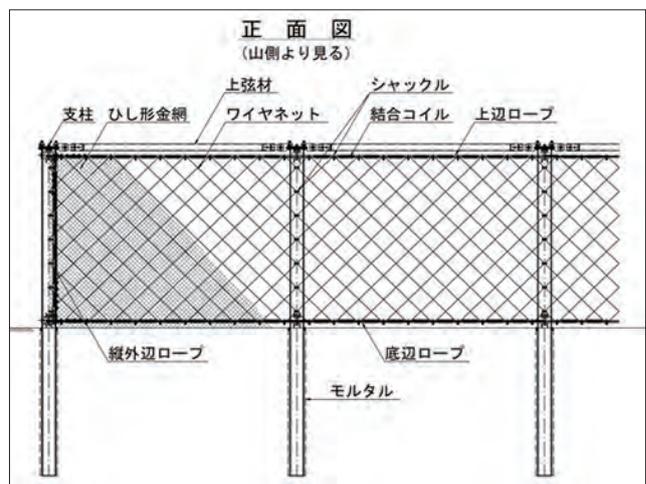
本工法に作用する崩壊土砂の衝撃力は、「国土交通省告示第332号」に示される移動の力の式を準用して算出することができます。構造部材は、崩壊土砂捕捉時の荷重に対して安全性を有しており弾性範囲内の設計が可能です。

(2) 崩壊土砂の捕捉機能

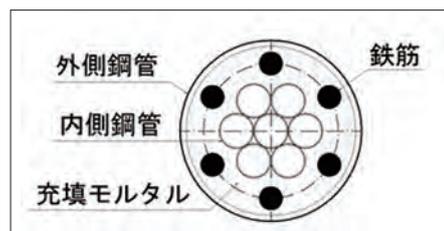
本工法は、崩壊土砂に対して、捕捉性能を有しています。

(3) 阻止面の取り外しおよび再設置による修復機能

本工法は、阻止面のワイヤネットを1スパン毎に取り外し、再設置が可能です。



構造および名称



支柱断面例



実験状況 (実規模衝撃載荷実験)



実験状況 (LST部材曲げ実験)



実験状況 (土砂捕捉量確認試験)



実験状況 (ネット付け替え確認試験)



場所：山形県



場所：長野県

他工法との優位点等

- ・資機材の運搬が容易であり、狭隘地での設置が可能である杭式防護柵です。
- ・繰り返しの土砂を捕捉できる対策工です。
- ・部材の軽量化と局部座屈後の靱性に優れた支柱を採用しています。

Fixrグラウンドアンカー工法 (高耐食・高耐力グラウンドアンカー工法)

【更新承認日】 令和5年4月27日

【取得会社】 国土防災技術株式会社、合同会社北谷中村、旭建設株式会社、サンスイ・ナビコ株式会社

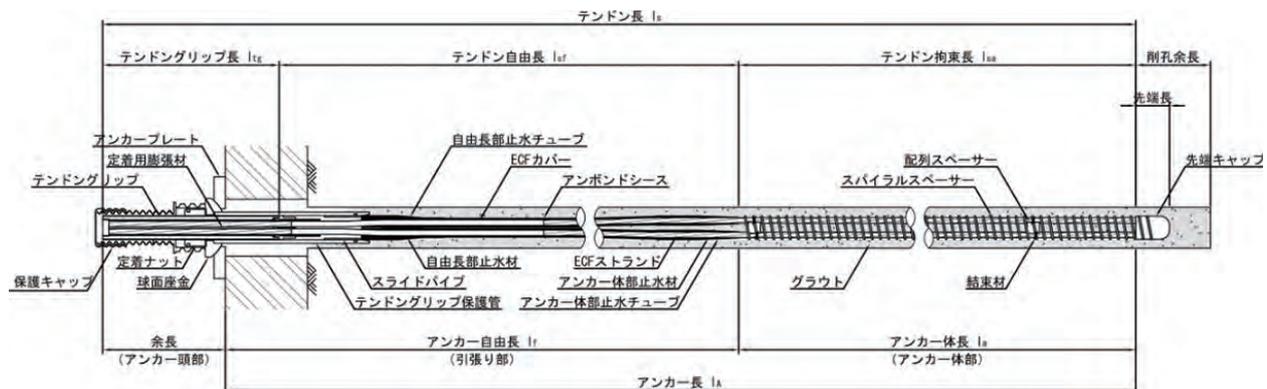
【技術詳細に関するURL】 <https://www.sansui-n.com/>

技術の概要

Fixrグラウンドアンカー工法は、アンカー体を横補強鉄筋(スパイラルスペーサー)で補強するとともに、構造部材を全て耐食性材料により構成した高耐食・高耐力グラウンドアンカーである。

Fixrグラウンドアンカー工法の型式は、ナット定着方式の周面摩擦引張り型アンカーであり、次のような特徴を有した工法である。

- (1) 構造部材を全て耐食性材料のみで構成し、長寿命化とメンテナンスコストの最小化を図ることができる。
- (2) アンカー体部をスパイラルスペーサーで補強し、グラウトの割裂発達を抑制して耐力を向上させることができる。
- (3) スパイラルスペーサーにより、施工時にテンドンのエポキシ樹脂被覆の損傷を防ぐとともに、グラウトのかかりを確保することができる。



Fixrグラウンドアンカー標準構造図

性能・機能により採用された施工事例



三重県：ダムのかん水水面水没施工
高耐食・高耐力・点検性能



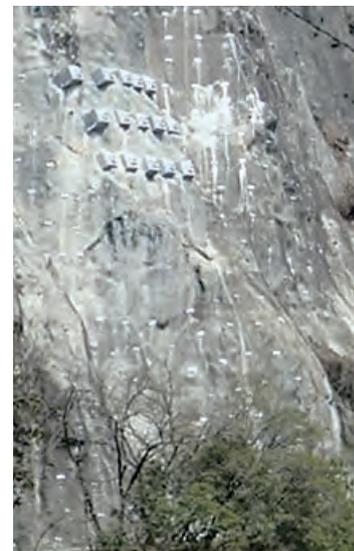
福島県：荷重管理対策
高耐食性能・荷重調整機能



新潟県：軟弱地盤・荷重管理対策
高耐力性能・荷重調整機能



岩手県：維持管理対策
高耐食・点検性能



長野県：維持管理対策
高耐食・点検性能

設計施工指針の改訂ポイント

- 参考文献の改訂を踏まえて、語句や記号について変更しました。
- 本アンカーの「防食構造」について、構成部材やこれまでの施工実績から「通常仕様」と「高腐食環境仕様」に分類しました。「通常仕様」はJGS基準の防食構造Ⅱに相当、「高腐食環境仕様」については防食構造Ⅲに相当する防食構造を有しています。ただし、高腐食環境のうち、河川などの水際環境を除いた塩分環境では環境要因の強さに応じて耐久性を保持できる期間が大きく異なることから、飛来塩分量や周辺地物の腐食状況など、腐食に関する十分な調査を踏まえて適用性を検討する必要があります。またさらに、酸性地盤環境では使用するグラウトを含めたアンカー体の劣化についても検討が必要となります。

ロービングウォールⅡ工法

【更新承認日】 令和5年9月22日

【取得会社】 ライト工業株式会社

【技術詳細に関するURL】 <https://www.raito.co.jp/>

技術の概要

ロービングウォールⅡ工法は、砂と安定化材の混合物に、長繊維をエアの圧力により強制的に吹付ノズル先端にて混入させ、斜面・法面を吹付造成した補強土構造物と、その補強土表面を植生基材吹付工などで緑化する2種類からなる工法の一体施工方法の総称である。

本技術は、急傾斜地、砂防関連斜面・法面、山腹崩壊跡地、河川・ダム・海岸関連等の斜面・法面保護対策や植生回復・緑化対策に適用する。積雪寒冷地を含む全国（北海道～沖縄）の斜面・法面にて適用している。

技術の特長

- ① 長繊維混入補強土と表面緑化工の一体型緑化工であるため、補強効果を有し、かつ全面緑化が可能である。
- ② 地山の改変を最小限にしながら早期に斜面・法面の表層崩壊防止と周辺自然環境との調和を図れる。
- ③ 長繊維混入補強土は造成厚さが20cm以上と厚いため草本類から木本類まで多様な植物の根系伸長域として機能する。
- ④ 長繊維はエアの圧力により160mの長距離搬送が可能であり、急傾斜地や長大斜面・法面においても施工可能である。



施工前

ロービングウォールⅡ工法
(法面保護タイプ)

現場吹付砕工
(既存工法)

河川護岸の例

施工事例



吹付前

施工5年後

緑地法面防災工事(法面保護タイプ)の例



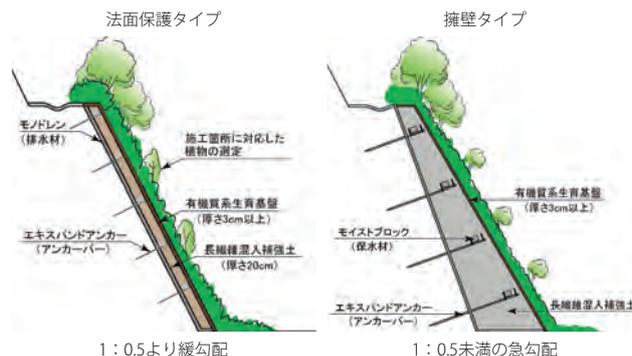
施工中(長繊維混入補強土吹付工)

施工21年後

擁壁タイプの例

既存工法（現場吹付砕工）に対する優位点

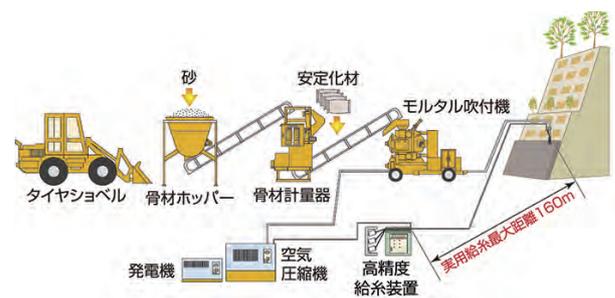
- ・斜面安定上、十分な強度を有する長繊維混入補強土に変えることで、鉄筋組み立て作業が不要となり、作業の省力化・経済性の向上が図れる。
- ・長繊維混入補強土に変えることで、全面緑化が可能となり、周辺景観との調和と植生回復・緑化対策が図れる。
- ・構造物の形状を格子砕状から面状に変えることで、平滑吹付け仕上げが容易となり、コテ作業の省力化が図れる。



1 : 0.5より緩勾配

1 : 0.5未満の急勾配

ロービングウォールⅡ工法 概要図



吹付フロー図

BSBブロック砂防えん堤工法 (INSEM材使用)

【更新承認日】 令和5年10月11日

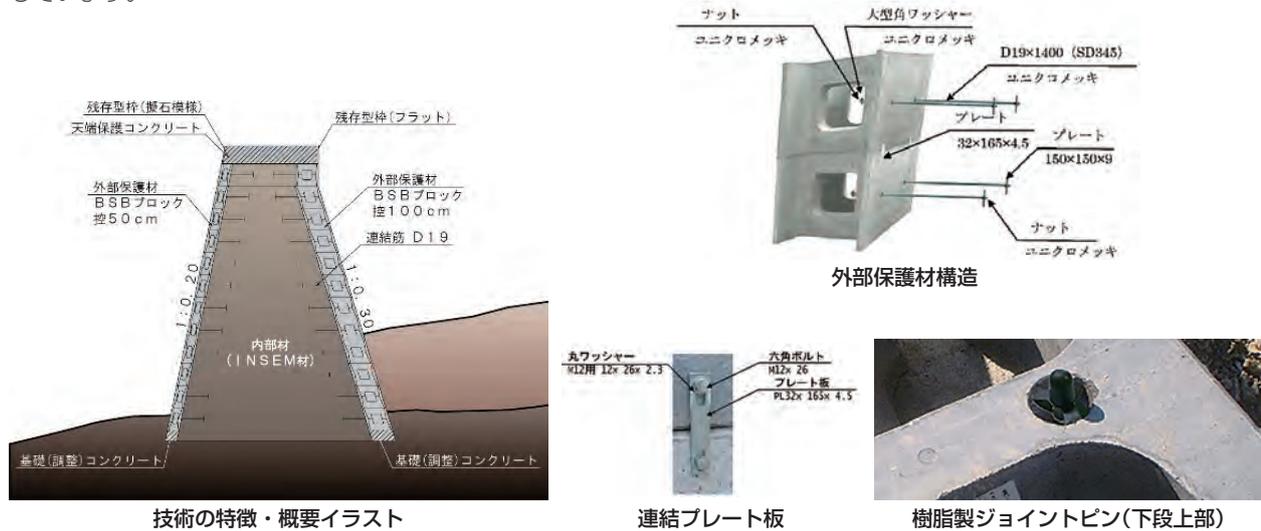
【取得会社】 丸高コンクリート工業株式会社

【技術詳細に関するURL】 <https://www.marucon.co.jp/>

技術の概要

BSBブロック砂防えん堤工法は、土石流対策砂防堰堤を構築するINSEM材を使用した工法で上下流の外部保護材としてコンクリートブロックを使用する工法です。

この工法は、砂防堰堤として必要な耐衝撃性を有し、凍結融解と磨耗に対して内部のINSEM材を保護する機能も有しています。



技術の特徴・概要イラスト

連結プレート板

樹脂製ジョイントピン(下段上部)

これまでに施工してきた現場での課題や問題点

ブロック背面に取り付ける連結鉄筋を水抜き管周囲の現場打ちコンクリートに取り付ける場合、前面は残存型枠パネルを使用し、背面は木製型枠を使用する施工方法を現状採用しています。

よって、木製型枠を使用する場合、型枠専門工の不足や型枠背面の仮設部材が煩雑となり作業性の向上及び工期短縮が図れないため、今後、前面背面が連結された残存型枠パネルの開発が課題です。



前面残存型枠パネル状況



背面木製型枠状況(左：連結筋有 右：連結筋無)



背面木製型枠脱型

現場での工夫点、他工法との優位点等

水抜き管部や袖天端傾斜部の残存型枠パネルはすべて工場製品で現場での切断作業がないため建設廃材はなく工期短縮が図れます。

この工法は、外部保護材であるBSBブロックの

厚さが下流側50cmと上流側100cmでありINSEM材に影響を与えるとされる凍結融解から保護していますので、耐凍結融解性はコンクリート堰堤と同等です。

また、ブロックを使用しているため、型枠作業に足場工も必要なく安全で、かつINSEM材の連続打設が可能のためコンクリート堰堤と比較して工期短縮が実現できます。



残存型枠パネル設置



袖天端保護コンクリート打設



打設完了

無流水溪流対策工 JDフェンス (土石流フェンス) 工法

【更新承認日】 令和5年10月12日

【取得会社】 JFE建材株式会社

【技術詳細に関するURL】 <https://www.jfe-kenzai.co.jp/>

技術の特徴・概要

JDフェンスは無流水溪流に設置する土石流および流木の捕捉を目的とした鋼製透過型土石流・流木捕捉工です。横材(鋼管)を密に配置し、柱材(H形鋼)に礫が直撃しない構造としており、従来の鋼製透過型砂防堰堤と比べて、施工性・経済性に優れ、無流水溪流に適した工法です。今回の更新では、最新の技術指針等の改訂に伴い、設計・施工マニュアルの内容を更新しました。

<適用範囲>

無流水溪流に適用する場合の条件は、以下に示すとおりです。

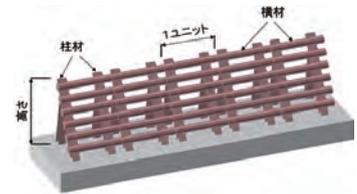
- ・ 流路が不明瞭で常時流水がない場合
- ・ 流出土砂量がおおよそ1000m³、もしくはそれ以下の場合
- ・ 最大粒径D₉₅が20cm以上で、土砂とともに流出する流木を捕捉させる場合

①前庭保護工について

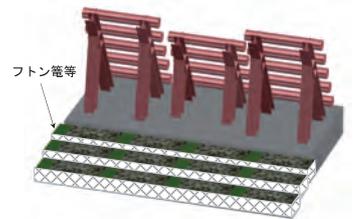
後続流による洗掘のおそれが少ないため、フトン籠等による簡易な構造が採用できます。

②袖部の処理について

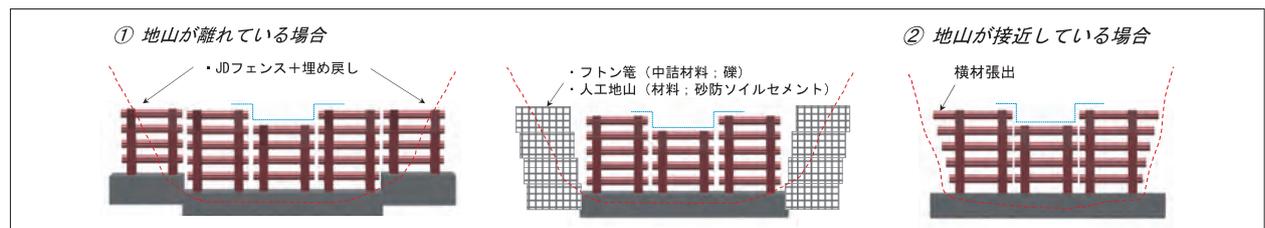
横材は側方の地山まで接続できる構造となっており、袖部処理として大規模な掘削を必要としません。



JDフェンスの構成(5ユニットの例)



前庭保護工



袖部の処理

<土石流・流木捕捉性能>

水理模型実験により、不透過型砂防堰堤と同等以上の土石流・流木捕捉性能を有していることを確認しています。



不透過型砂防堰堤
(水通しから泥水とともに下流に流出)



JDフェンス
巨石・流木を確実に捕捉

設置事例



設置事例(国土交通省; 岐阜県)
H=2.0m



設置事例(国土交通省; 宮城県)
H=2.0m



設置事例(国土交通省; 広島県)H=5.0m

これまでに施工してきた現場での課題や問題点

これまでの施工事例では、従来の鋼製透過型砂防堰堤と比べて、合理的な部材・形状となっているので、必要とする基礎も小さくすみ、効率的な施工ができています。

今後は、適用範囲を拡大すべく、より狭隘な場所にも設置でき、施工期間をさらに短縮できるように、技術の改良・工夫を続けていく予定です。

現場での工夫点、他工法との優位点等

柱材は2つの部材のみで構成されており、その接合部はピン接合としているので、従来の鋼製透過型砂防堰堤の摩擦接合に比べて、組立時の部材位置調整が容易で、ボルト締結の施工管理も軽減され、大幅に施工性が向上しています。

維持管理面からみても、礫の衝撃は横材の凹みにより吸収し、柱材には礫が直撃しない構造としているので、部材取替えも横材のみですむなどの優位点があります。なお、損傷した横材は、ピン接合ボルトを取り外すだけで容易に柱材から取り外すことができます。

行事一覧（令和5年（2023）8月～令和6年（2024）1月）

◆◆協賛（後援）

- 8月 第47回水の週間行事（協賛）
 8月26日～28日 「関東大震災100年シンポジウム・関東大震災特別企画展」（後援）
 10月5日～6日 「斜面防災対策技術フォーラム'23」（後援）
 10月11日 「鋼製砂防構造物」及び「柔構造物」合同講習会（後援）
 10月19日 「2023火山砂防フォーラム」（協賛）
 12月1日～7日 令和5年度「雪崩防災週間」（協賛）

役員会等

【令和5年度第4回理事会】 令和5年度第4回理事会（対面方式とZOOMによるWEB会議方式を併用）が10月24日に開催され、審議の結果、理事長に栗原淳一専務理事が選定され、また、南顧問の委嘱が承認されました（委嘱期間：令和7年3月31日まで）。

人事異動

◆◆11月1日付

【委 嘱】 南 哲行 相談役兼顧問

◆◆11月16日付

【採 用】 三上 幸三 審議役

◆◆12月31日付

【退 職】 道畑 亮一 企画部専門調査員

「令和6年度砂防・地すべり技術センター講演会」ご案内

「令和6年度砂防・地すべり技術センター講演会」を下記のように開催いたします。
 参加をご希望の方は、STC ホームページの参加申込フォーム（4月上旬開設予定）からお申し込み下さい。

日 時：令和6年6月5日（水）13：30～16：30
 場 所：砂防会館「別館シェーンバッハ・サポー 利根」
 東京都千代田区平河町2-7-4 電話 03-3261-8386
 ※ Web での同時配信も予定しております。

参加費：無料

テーマ：「流木災害とその対策に関する最新の動向」（仮題）

※詳細は随時、当センター HP に掲載してまいります。

※本講演会は CPD プログラムに認定申請予定です。

さて何を食べよう？
**出張
食べある考**

大地の恵みを存分に

【風車の見える主婦レストラン「いろどり」】

山形県東田川郡庄内町狩川外北割97-1
道の駅しょうない 風車市場
TEL 0234-56-3039

今回紹介させていただくお店は、風車の見える主婦レストラン「いろどり」である。

このお店は山形県庄内町にあり、その名の通り雄大な庄内平野の中で大きな風車が目を引く、風光明媚な場所にある。庄内平野は日本有数の穀倉地帯であり、米を中心に農業の盛んな地域である。ここレストラン「いろどり」ではそんな庄内平野でとれた地元の素材を活用した食事を楽しむことができる。特に使用されている野菜や山菜は季節によって異なり、四季折々の味覚を堪能することができる。筆者のおすすめは「季節の野菜天ざるそば」。注文を受けてから1人前ずつ揚げる、揚げたての天ぷらは絶品である。その他にも、地元のブランド豚である庄内豚を使用した、



◀写真-1 店舗外観



▶写真-2
季節の野菜天ざるそば

「庄内豚生姜焼き定食」など魅力的なメニューが盛りだくさんである。さらに庄内の美味しいお米を存分に味わってほしいとの考えから、定食類のご飯が食べ放題となっており、ボリュームも満点である。

また、レストラン「いろどり」に隣接している農産物直売所では新鮮な農産物や総菜、加工品などが取り揃えられている。地元の名産品やここでしか買えないような珍しいものもあり、お土産にもピッタリな品揃えである。

皆さんも庄内町を訪れた際にはぜひこの場所に立ち寄っていただきたい。この町の魅力を存分に感じられること間違いなしだ。(S)



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

<https://www.stc.or.jp/>

sabo

Vol.135 2024 Winter

令和6年2月1日発行 ISSN-1345-6997

編集・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

<https://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・企画部 | TEL:03-5276-3271 FAX:03-5276-3391

砂防部 | TEL:03-5276-3272 FAX:03-5276-3392

総合防災部 | TEL:03-5276-3277 FAX:03-5276-3392

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

火山防災部 | TEL:03-5276-3275 FAX:03-5276-3393

砂防技術総合研究所 | TEL:03-5276-3274 FAX:03-5276-3391