

## 第1章 研究開発の成果の最大化

土木研究所は、第5期中長期目標において、国土交通大臣および農林水産大臣から、将来も見据えつつ社会的要請の高い課題に重点的・集中的に対応する研究開発に取り組むことが指示されている。

また研究開発にあたっては、研究開発課題と研究開発以外の手段（技術の指導や成果の普及等）を必要に応じてまとめた研究開発プログラムを構成して、これを効果的かつ効率的に進めることが求められている。

そこで土木研究所では、表-1に示す15の研究開発プログラムを構成した。また、これらの研究開発プログラムを効果的かつ効率的に推進することにより、研究開発成果の最大化を図ることとした。

表-1 第5期中長期計画の15の研究開発プログラム

3つの目標	研究開発プログラム
1. 自然災害からのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献	(1) 水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発
	(2) 顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発
	(3) 極端化する雪氷災害に対応する 防災・減災技術の開発
	(4) 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発
2. スマートで持続可能な社会資本の管理への貢献	(5) 気候変動下における継続的な流域及び河道の監視・管理技術の開発
	(6) 社会インフラの長寿命・信頼性向上を目指した更新・新設に関する研究開発
	(7) 構造物の予防保全型メンテナンスに資する技術の開発
	(8) 積雪寒冷環境下のインフラの効率的な維持管理技術の開発
	(9) 施工・管理分野の生産性向上に関する研究開発
3. 活力ある魅力的な地域・生活への貢献	(10) 気候変動下における持続可能な水資源・水環境管理技術の開発
	(11) 地域社会を支える冬期道路交通サービスの提供に関する研究開発
	(12) 社会構造の変化に対応した資源・資材活用・環境負荷低減技術の開発
	(13) 快適で質の高い生活を実現する公共空間のリデザインに関する研究開発
	(14) 農業の成長産業化や強靱化に資する積雪寒冷地の農業生産基盤の整備・保全管理技術の開発
	(15) 水産資源の生産力向上に資する寒冷海域の水産基盤の整備・保全に関する研究開発

## 第1節 研究開発

土木研究所の評価は、中長期目標策定時に設定された評価軸（※1）を基本とし、評価・評定の基準として取り扱う指標（評価指標）と、正確な事実を把握するために必要な指標（モニタリング指標）により行われる（※2）。中長期目標に示されている本節の評価軸・評価指標、および評価指標に対する目標値およびモニタリング指標は以下のとおりである。

（※1）「独立行政法人の目標の策定に関する指針」（総務省 平成26年9月策定）

（※2）「独立行政法人の評価に関する指針」（総務省 平成26年9月策定）

### 1 自然災害からいのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献

#### （1） 評価指標

表 - 1.1.1.1 「自然災害からいのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献」の評価指標および目標値

主な評価軸	評価指標	目標値	令和4年度
成果・取組が国の方針や社会のニーズに適合しているか	土木研究所に設置された評価委員会により、妥当性の観点、社会的観点、生産性の観点、研究開発成果の最大化の観点（他機関との連携、成果の普及・行政への技術的支援、国際貢献）について、総合的な評価を行う。	B以上	A
成果・取組が社会的価値の創出に貢献するものであるか			A
成果・取組が生産性向上・変革に貢献するものであるか			B
研究成果の最大化のための具体的な取組みがなされているか			A
	<他機関との連携> ○共同研究件数	28件以上	7件
	<成果普及・行政への技術的支援> ○講演会・説明会等の聴講者数（WEB参加者含む）	4,300人以上	5,079人
	○技術基準類への成果反映数	5件以上	1件
	<国際貢献> ○国際的委員会等への参加者数	3人以上	3人

(2) モニタリング指標

表 - 1.1.1.2 「自然災害からいのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献」のモニタリング指標

主な評価軸	モニタリング指標	令和4年度
研究成果の最大化のための具体的な取組みがなされているか	招へい研究員の全数	1人
	交流研究員受入数	24人
	競争的資金等の獲得件数	19件
	現場調査実績	200件
	技術資料の策定・改定数	2件
	論文・雑誌等の発表数	308件
	施設見学者数等	1,753人
	技術支援実績	376件
	災害支援実績	18件
	委員会・研修講師派遣数	505件
	国際会議での講演数	14件
	国際協力機構や政策研究大学院大学と連携した修士・博士の修了者数	13人
	国際協力機構等と連携した研修受講者数	55人

(3) 外部評価委員会で評価された主要な成果・取組

表 - 1.1.1.3 「自然災害からいのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献」の主要な成果・取組

評価軸	令和4年度の主要な成果・取組
<p>成果・取組が国の方針や社会のニーズに適合しているか</p>	<p>研究開発プログラム(1) 水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・沿岸部で、水深が極めて浅く、波が砕波後に流れが変化する条件では、消波工天端に切り欠きを設けることで、護岸嵩上げが困難な場合の越波低減対策に有効となる可能性を見だし、美国漁港茶津地区護岸（西）改良断面（観光地のため、地元から嵩上げ高制限の要望あり）の設計に採用予定。</li> <li>・流域から流出する水・土砂・流木の一体的解析が可能となり、中下流域を含む様々な現場で土砂・流木の挙動を考慮した洪水氾濫等を予測できる見通し。</li> </ul> <p>研究開発プログラム(2) 顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・開発している広域降灰に対応した土石流氾濫範囲の推定技術は、活火山対策特別措置法（内閣府）に基づく指針に示されている、警戒避難体制の整備、噴火時や噴火に備えた施設等の整備という方針に適合し、国土交通省の進めている火山噴火時緊急減災対策に貢献。</li> </ul> <p>研究開発プログラム(3) 極端化する雪氷災害に対応する防災・減災技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震に国としての対策が求められる中、海水を伴う津波の被害想定に、土研成果の推定法が採用されたことで、巨大な自然災害リスクへの対応という国の方針に貢献。</li> <li>・防雪林の機能向上を図るための課題を整理し、道路管理者のニーズに、より一層適合するよう、今後の取り組み方針を明確化。</li> </ul> <p>研究開発プログラム(4) 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発災後早期の道路機能回復を目指す国の施策に対して、構造的な耐震対策以外の手法として点検方法等に着目し、新たな技術施策の提案につながる成果を提示。</li> <li>・トルコ南東部で発生した地震によるインフラの被災に対して、国からの要請により国際緊急援助隊・専門家チームの一員として地質チーム職員を派遣するとともに、組織的にも派遣者の後方支援を実施。</li> </ul>
<p>成果・取組が社会的価値の創出に貢献するものであるか</p>	<p>研究開発プログラム(1) 水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・約 200 の中小河川のモデル構築・検証を通じて、データの基本確認、河道設定、パラメータの設定方法等の流域条件に応じたモデル構築方法を開発し、河川管理者を対象とした「中小河川洪水予測モデル構築マニュアル」を作成した。この成果は住民や行政への避難情報の提供のみならず、流域治水の計画立案に活用可能。</li> <li>・堤防強化技術として自立型（鋼矢板二重壁）の変形メカニズムと照査項目を整理し、「粘り強い河川堤防の技術開発に当たっての参考資料【自立型】」を公開し、粘り強い河川堤防の技術開発の促進に寄与。</li> </ul> <p>研究開発プログラム(2) 顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・崩壊性地すべりは、既往事例の分析の結果、共通した特徴として流れ盤構造をなしていること、3つの地質類型に区分できることを明らかにした。この成果は危険箇所抽出手法の検討は類型毎に行う必要があることを示唆し、抽出手法検討の手がかりとなる地形や水理地質構造等の特徴を明確化。</li> <li>・UAV 及び SfM 技術を用いて、雪崩発生前後の地形データが取得でき、2時期データの比較により発生区での積雪表面の変化を明らかにした。発生範囲の特徴分析を可能とさせるデータを取得。</li> </ul>

評価軸	令和4年度の主要な成果・取組
	<p>研究開発プログラム(3) 極端化する雪氷災害に対応する防災・減災技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 暴風雪・大雪時の道路管理を支援する災害デジタルアーカイブのインターフェースの作成に取組み、将来的に暴風雪・大雪時の適切な道路管理の判断支援を可能とすることで、安全・安心な社会の実現への貢献が期待。</li> <li>・ 防雪林で利用が見込める樹種のリストアップにより、将来的な、環境負荷の少ないインフラ整備推進への貢献が期待。</li> </ul> <p>研究開発プログラム(4) 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 損傷制御構造の導入により設計の想定を超える地震動に対しても橋の機能低下抑制を実現できることを明らかにするとともに、損傷制御構造の信頼性を評価する手法を提示。</li> <li>・ 過年度に提案した地下構造物の耐震性照査に用いる解析手法および地震力の設定方法が「河川構造物の耐震性能照査指針・解説」に反映される見込みであり、揚排水機場の耐震性照査の合理化に貢献。</li> </ul>
<p>成果・取組が生産性向上・変革に貢献するものであるか</p>	<p>研究開発プログラム(1) 水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 降雨・流入量予測に基づくダム等の最適操作方法の開発を進めるため、短期アンサンブル(39時間先)、長期アンサンブル(3か月先)を組合せ増電と洪水調節にどのように貢献できるか検討し、短期予測による洪水調節また長期予測(3ヶ月先)情報による増電への有効性を提示。</li> </ul> <p>研究開発プログラム(2) 顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ UAVを用いた落石斜面点検技術において検討しているUAVの航行・撮影方法は、従来の地質踏査や道路パトロールに比べて、数多い要点検箇所を効率よく点検することができ、省力化に貢献。</li> <li>・ 開発している広域降灰に対応した土石流氾濫範囲の推定技術やR4年度に開発した降水短時間予報データを入力した土石流数値計算は、国土交通省等の防災対応の迅速化、省力化に貢献。</li> </ul> <p>研究開発プログラム(3) 極端化する雪氷災害に対応する 防災・減災技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 斜面積雪の融雪量の計算手法の比較検討により、道路気象テレメータで観測されている気温等を用いた簡易手法でも十分活用できることを確認。将来的に雪崩災害に対する道路管理の低コストな判断支援への貢献が期待。</li> </ul> <p>研究開発プログラム(4) 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 橋の震後点検の効率化のための診断に有効な検知指標の例を提案するとともに、それを検知するための点検支援技術の評価方法を提案。</li> <li>・ 堤防の許容沈下量を満たすように堤体直下の改良厚を設定することで、低コストで安全な耐震対策技術として構築が可能となり、現場が求める成果の創出に向け大きく前進。</li> </ul>
<p>研究成果の最大化のための具体的な取組みがなされているか</p>	<p>研究開発プログラム(1) 水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 第4回アジア太平洋水サミット・ICFM9・国連水会議2023の一連の流れの中で、知の統合の実現、ファシリテータの育成、End-to-EndのアプローチといったICHARMの取組を具体事例とともに世界に発信し、国内外から参加した多数の洪水専門家とのネットワーキングにより、ICHARMの活動3本柱である「国際情報ネットワーク」の強化に貢献。</li> <li>・ WEB-RRIモデルの機能拡張について、官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)「観測水位を活用した傾向分析による中小河川の水位情報提供システムの開発」と合わせて実施。</li> </ul>

評価軸	令和4年度の主要な成果・取組
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 海氷域における波浪モデルの評価から最適なモデルを解明し、その結果に基づき過去40年間における経年変動や長期トレンドを明らかにし、権威ある国際雑誌（IF4以上）に掲載、さらにプレス発表により新聞掲載することで、成果の最大化を図った。</li> </ul> <p>研究開発プログラム(2) 顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ R3年度に開発した降雨流出解析と連動した土石流流出・氾濫解析法(DFSS)の解説書とソースコードをgithub上で公開。国土交通省とソースコードの実装に向けた打ち合わせも進んでおり、土石流氾濫範囲の迅速な推定や住民の警戒・避難に貢献。</li> <li>・ 「地すべり災害対応のBIM/CIMモデル」が国土技術開発賞に入賞し、これを機にさらに普及を促進。</li> </ul> <p>研究開発プログラム(3) 極端化する雪氷災害に対応する 防災・減災技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 道路管理者の要請に応え、道路で雪崩が発生した際に技術的助言を行い、通行止め解除の判断、迅速な現地対応の実施に貢献。</li> <li>・ 防雪柵、防雪林の新しい対策手法や維持管理手法を、技術資料(案)としてインターネット上へ公開。技術の普及が期待され、効果的な防雪対策に貢献。</li> </ul> <p>研究開発プログラム(4) 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過年度に提案した地下構造物の耐震性照査に用いる解析手法および地震力の設定方法が「河川構造物の耐震性能照査指針・解説」に反映される見込みであり、揚排水機場の耐震性照査の合理化に貢献。</li> </ul>

(4) 内部評価および外部評価委員会での評価結果

表 - 1.1.1.4 「自然災害からいのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献」の  
内部評価および外部評価委員会での評価結果

評価軸	研究開発プログラム	内部評価	外部評価委員会分科会	外部評価委員会
成果・取組が国の方針や社会のニーズに適合しているか	(1)	A	A	A
	(2)	B	A	
	(3)	B	B	
	(4)	A	A	
成果・取組が社会的価値の創出に貢献するものであるか	(1)	A	A	A
	(2)	A	A	
	(3)	B	B	
	(4)	B	B	
成果・取組が生産性向上・変革に貢献するものであるか	(1)	A	A	B
	(2)	B	B	
	(3)	B	B	
	(4)	A	A	
研究成果の最大化のための具体的な取組みがなされているか	(1)	S	S	A
	(2)	A	A	
	(3)	A	A	
	(4)	B	B	



## 研究開発プログラムの実施

### 1. 水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発

#### ■ 目的

地球温暖化の顕在化により、各地でこれまで経験したことのないような豪雨による水災害が増加しており、IPCC では、将来に向けて水災害のさらなる激甚化を示唆している。このため、国土交通省では、2℃上昇シナリオから治水計画における計画降雨を推定するとともに、河川整備だけでなくあらゆる関係者が協働して流域全体で行う「流域治水」を打ち出しているところである。この流域治水の推進のためには、洪水等外力規模を見極め、流域の各主体が協働して、氾濫をできるだけ防ぐ、被害対象を減少させる、被害の軽減や早期復旧・復興を総合的かつ多層的に取り組むことが必要であるとともに、流域の関係者全員による水防災への参画・協働を促す技術・情報・仕組みの構築が課題である。この課題を解決するため、本研究開発プログラムにおいて技術開発を行う。

#### ■ 貢献

将来の水災害外力の適切な想定、氾濫をできるだけ防ぐ対策、被害対象を減少させる対策、被害が発生した場合でも致命的とならず速やかに復旧・復興する対策に資する技術開発を行う。これにより、気象現象が極端化し、経験のない水災害の発生が予見される将来において、持続的な社会・経済活動の実現に貢献する。

#### ■ 達成目標および令和4年度に得られた成果・取組の概要

##### ① 将来の洪水等水災害外力の想定技術の開発・高度化

地理・地域特性を踏まえた将来の降雨性状の推定方法を開発するため、高解像度の力学的ダウンスケーリング方法およびバイアス補正方法による将来降雨推計結果の感度分析を行った(図-1)。また、流域の特性や諸政策を考慮できる水循環モデルを構築するため、官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)「観測水位を活用した傾向分析による中小河川の水位情報提供システムの開発」と連携し、約200の中小河川(図-2)のモデル構築・検証を通じて、データの基本確認、河道設定、パラメータ設定方法等の流域条件に応じたモデル構築方法を提案した。

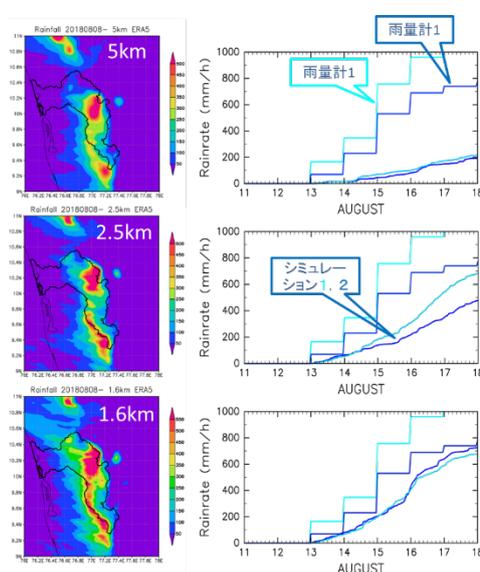


図-1 高解像度の力学的ダウンスケーリング方法の感度分析(インド・ケレラ州の例) 解像度1.6kmで十分な精度が得られた。

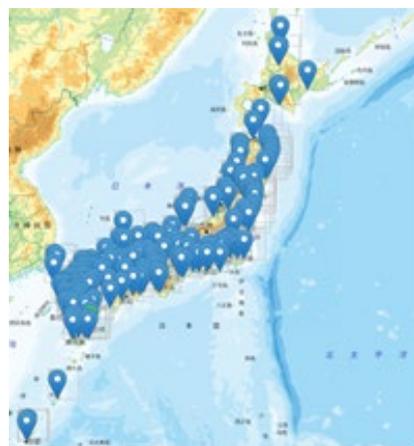


図-2 約200河川のモデル構築箇所

北海道沿岸の将来的な高波・高潮変化の予測とリスク評価を行うため、オホーツク海における波浪の長期トレンドを解析し、冬季の波パワーが12～15%/10年で増加していることを世界で初めて証明し、冬季の波パワー増加の主な原因が海氷の減少にあることを提示した(図-3)。

② 流域治水による取り組みを的確に評価・実現する手法の構築

数日先までの降雨・洪水予測技術を開発するため、WRF-LETKFモデル同化手法の高度化と、大気、陸域水循環予測モデルの初期値改善による降雨予測精度の向上を行い、線状降水帯周辺の降水量の再現を改善することが可能となった(図-4)。

また、降雨・流入量予測に基づくダム等の最適操作方法の開発を進めるため、短期アンサンブル(39時間先)、長期アンサンブル(3か月先)による流入量予測の精度の検討を行った(図-5)。

③ 適切な洪水氾濫リスク評価手法の開発

降雨-土砂・流木流出モデルおよび平面二次元モデルを開発し、様々な時空間スケールにおける土砂水理解析を可能にした。さらに、これらの土砂水理モデルについて、中下流域を含む様々な河川管理の現場に適用し、解析結果を河床変動予測に用いるための手法の検討を始めている。

④ 水災害に対する社会の強靱化を図る技術開発

河川堤防の越水に対する強化工法の一つである、鋼矢板二重壁の小型模型実験を行い、越水による洗掘と堤体の変形に関する検討を行った(図-6)。加えて、「粘り強い河川堤防の技術開発に当たっての参考資料【自立型】」をとりまとめ、令和4年12月に公開した。また、法面被覆工下からの土砂吸出し抑制技術の開発に向けて、吸出し防止シート下の侵食過程を側面から観察できる堤防を模擬した実験水路を製作した。河川堤防の浸透性能安全性を確率により評価することを念頭に、法すべりの進行性を考慮し崩壊範囲を求める方法等を用いてフラジリティカーブに係る検討を行った。

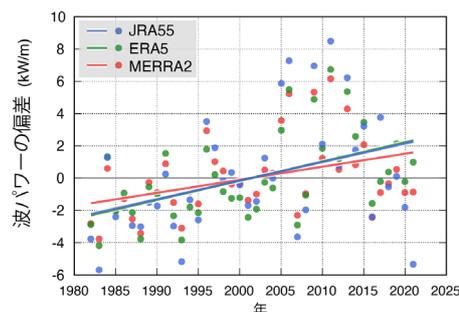


図-3 オホーツク海における過去40年の海氷減少による波浪増大：波浪シミュレーション3ケース(JRA55とERA5は同一線)

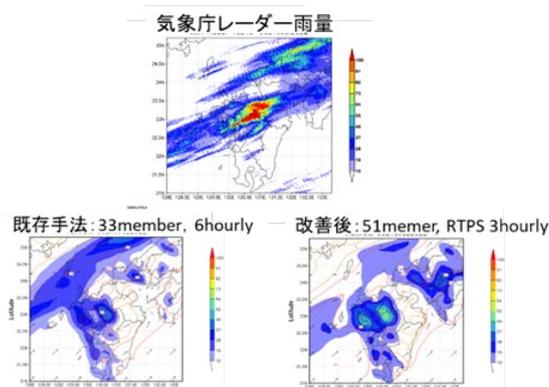


図-4 線状降水帯を対象としたWRF-LETKFの改良により降水量の再現を改善した。

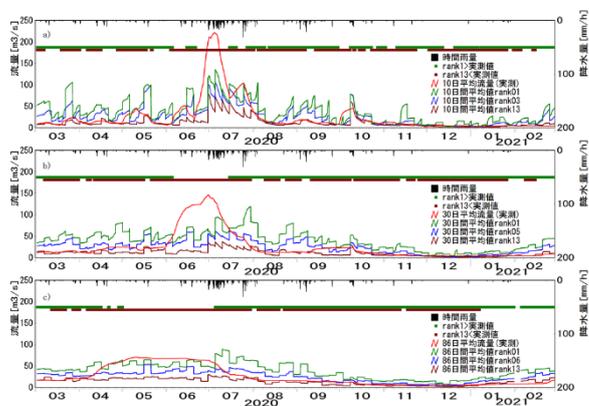


図-5 長期流入量予測検証：予測開始日から10日、30日、86日後の平均流入量の比較

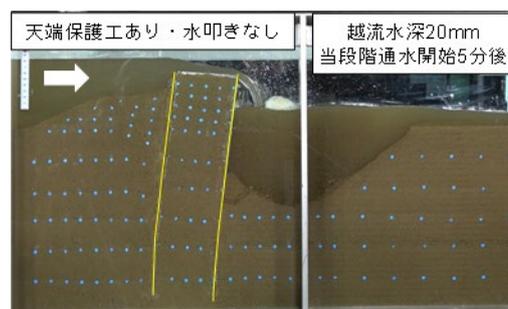


図-6 河川堤防の鋼矢板二重壁の小型模型実験状況

## 2. 顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発

### ■ 目的

激甚化・頻発化する豪雨、降雪、また切迫する火山噴火や大規模地震等の自然現象に伴い、これまで対策が進んでいない崩壊性地すべりや雪崩、これまで点検が困難であった自然斜面からの落石、大規模降灰後の土石流などの顕在化した土砂移動現象による土砂災害の深刻化が懸念されている。研究開発プログラムでは、これらの土砂移動現象について、その危険箇所を抽出し、影響範囲を評価する技術開発を行う。

### ■ 貢献

開発技術は、これまでハザードエリアの設定や事前対策、緊急対策が技術的に困難であった箇所の土砂災害対策の実施に貢献する。特に、UAV、AI、BIM/CIM、ICT等のデジタル技術等を活用した空間情報の、数値解析等を可能とする技術開発を行うにより、緊急対策や事前対策の迅速・的確な実施に貢献する。

### ■ 達成目標および令和4年度に得られた成果・取組の概要

#### ① 顕在化した土砂災害の危険箇所抽出手法の開発

過年度に土木研究所が開発した土石流の流出・氾濫計算プログラム（DFSS）について、日本全国の火山地域で使用でき、自動かつ高速で計算が可能なプログラムに発展させるため、現在のプログラムにおける課題の抽出と改良すべき項目および内容等を把握した。また、DEMから計算に必要な地形モデルの作成を自動化する検討を行った。

崩壊性地すべりについて、過去50年の降雨災害、過去100年の地震災害を対象に文献調査を行い、約180事例を収集した。事例に共通して見られる地質・地質構造や地形的特徴を抽出した結果、降下火砕堆積物、溶岩・火砕岩と大規模火砕流、海成堆積岩からなる流れ盤構造を呈する斜面で発生するタイプがあり、3つのタイプに類型化できた。また、図-1に例示するように、各類型の特徴をまとめた。

繰り返し雪崩が発生する柵口地区において観測を行い、令和4～5年冬季には堆積区間へ流下する規模の雪崩が5回確認され、UAV撮影画像をもとに3次元地形モデルを作成した。降雪前の地形データと積雪期の雪崩発生前後の比較分析により、雪崩発生区における雪崩発生による地形の変化を把握した（図-2）。

落石が発生するおそれのある斜面に対し、UAVを用いて、遷急線上位となる高比高部や従来は点検対象外であった箇所等をもれなく広範囲にカバーした点検・撮

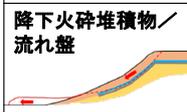
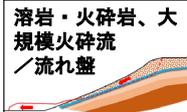
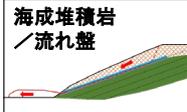
類型	流れ盤構造	地形の特徴	すべり面の特徴	地下水・水理地質の特徴
 降下火砕堆積物／流れ盤	マントル・ディング	上部平坦面、凹型斜面・埋没谷等	軽石等、層境界	高透水層、下位難透水層、間隙水圧、パイピング等、湧水等
 溶岩・火砕岩、大規模火砕流／流れ盤	風化物等	凹型斜面・埋没谷等	粘土化、層境界	高透水層、下位難透水層、パイピング等、湧水等
 海成堆積岩／流れ盤	基盤、風化物等	下部急斜面、上部平坦面	粘土化、層境界、層理面	高透水層、下位難透水層、間隙水圧

図-1 降雨を誘因とする崩壊性地すべりの3類型とその特徴

影を行うために、斜面形状や点検時に着目すべき事象などの現地状況を踏まえて UAV 航行経路や撮影位置等を設定する UAV 点検撮影の計画手順をとりまとめたほか (図-3)、点検者の所有する UAV の機能や現地および解析の作業性、要求判読精度、写真からの地形モデル作成の可否などに応じて、撮影方法 (Waypoint 撮影・Interval 撮影・手動撮影) と解析方法 (オルソ画像化や標定点設置の有無等) を組み合わせた方法を試案した。

### ② 緊急対応を迅速化するハザードエリア設定技術の開発

準リアルタイムでの土石流の流出・氾濫計算を可能とするため、気象庁の降雨予測データ形式 (GRIB2) の降雨データを DFSS に入力するためのインターフェースを新たに開発した。降雨データとして DSJRA55 プロダクトを入力し、降雨流出から土石流の氾濫まで一連の解析を可能とする計算プログラムを開発し、平成5年雲仙普賢岳における土石流を対象に再現計算を行った (図-4)。

崩壊性地すべりの移動土塊の到達範囲を推定するシミュレーション手法の検討として、流動性の異なる地すべり事例のシミュレーションを試行した。移動土塊の到達距離に影響を与えるパラメータの値が、地すべりの発生誘因や移動経路における水の関与の程度によって異なる傾向が見られた。

### ③ 高エネルギーの落石等に対応した事前対策工の評価技術の構築

落石対策工の種類や落石規模等に応じた設計の実態を把握するため、国土交通省北海道開発局の業務成果図書等を収集し、数値解析の活用状況や課題等を整理した。また、柵高さ 4m の実規模落石防護柵 (設計可能吸収エネルギー 92kJ) の重錘衝突実験を実施するとともに、3次元弾塑性衝撃応答解析による実挙動の再現手法を検討し、再現性の高い数値解析モデルを構築した (図-5)。

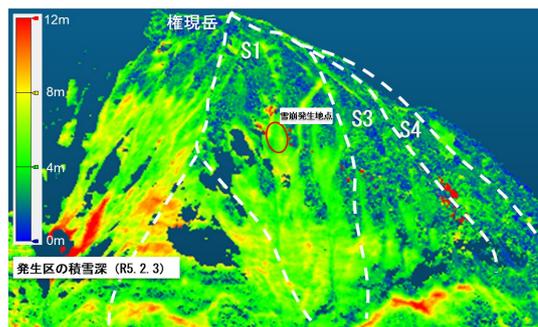


図-2 雪崩発生後の積雪深計測の計測結果 (柵口地区)

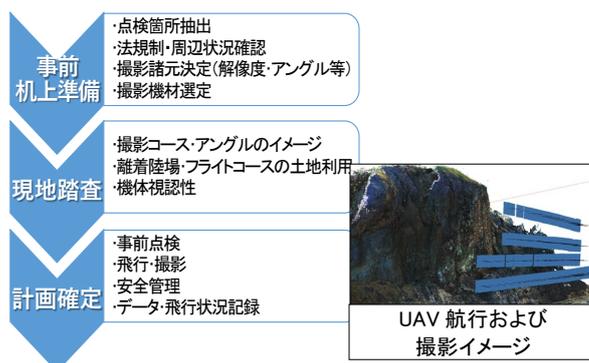


図-3 自然斜面の UAV 点検撮影の計画手順 (案)

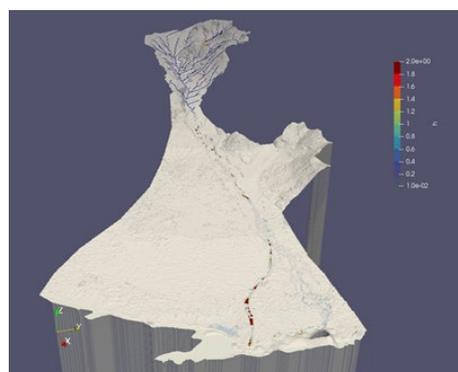


図-4 平成5年雲仙普賢岳の土石流再現計算結果

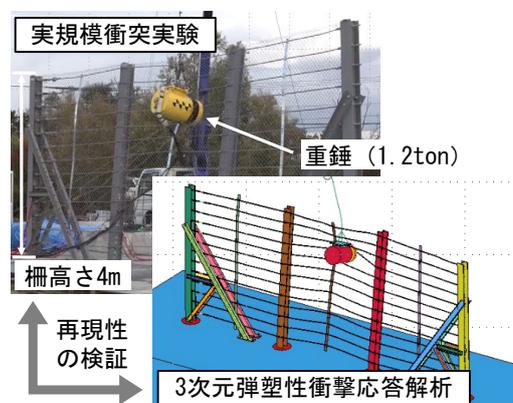


図-5 再現性の高い数値解析モデルの構築 (落石防護柵)

### 3. 極端化する雪氷災害に対応する防災・減災技術の開発

#### ■ 目的

近年、暴風雪や積雪期の大雨など、冬期気象の極端化により、車両の立ち往生や長期に亘る通行止め、多重衝突事故が発生し、国民生活や社会経済活動に甚大な被害をもたらしている。さらに千島海溝沿いの巨大地震が懸念される中、氷海域を含む積雪寒冷地で発生する津波は、雪氷を伴う津波作用や低温環境により、通常の津波よりもさらに被害を拡大し、甚大な損害を与える可能性がある。

そこで本研究開発プログラムでは、極端化する雪氷災害の被害軽減に資する技術の開発を行うものである。

#### ■ 貢献

極端な冬期気象イベント（暴風雪、積雪期の大雨等）時における、雪氷災害発生危険度を予測する技術の開発などにより、冬期道路管理上の判断を支援する。また数値計算による防雪柵の性能評価手法の標準化による、効果的な防雪柵の整備推進、および防雪林の複合的施設配置など、新たな防雪林の構造の提示により、防雪機能の確保・向上に貢献する。さらに海氷を伴う津波が沿岸構造物に及ぼす外力や、海氷の広域的な挙動の解明により、沿岸構造物の設計や配置計画、国や自治体の防災・減災対策等に貢献する。

#### ■ 達成目標および令和4年度に得られた成果・取組の概要

##### ① 極端気象時の冬期道路管理判断支援技術の開発

沿道環境および風向と視程障害の関係を考慮した道路上の視程予測手法を検討のうえ、主に道路管理者を対象に暴風雪時における道路通行止め等の判断を支援する道路に沿った吹雪視程予測システムの開発を目指している（図-1）。令和4年度は道路管理者にヒアリングを行い、本研究でのモデル路線を抽出するとともに、該当路線における道路管理者へのヒアリングを実施し、暴風雪時における道路管理者の判断を支援する情報の詳細（道路通行止めおよび解除の判断基準、リードタイム等）を確認した。

厳冬期の大雨等による雪崩災害に対する道路管理者の判断支援手法の開発を目指し、雨水や融雪水の積雪内移動過程と地盤浸透過程の解明に資する現地調査や解析を実施した。その結果、過去の雪崩発生箇所における現地調査により谷沿いの堆



図-1 暴風雪時の判断支援システム  
(道路に沿った視程情報のイメージ)

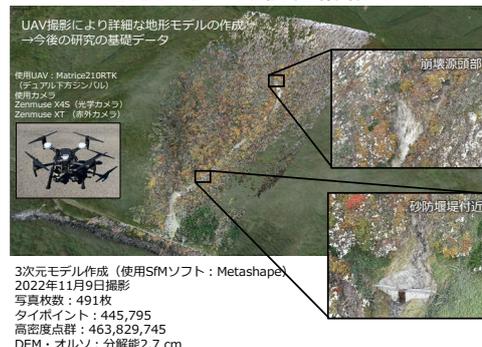


図-2 既往雪崩被災地の地形モデル

積物の物理力学特性および詳細な地形を把握し、地形モデルを作成した(図-2)。また、気象観測値から融雪量を計算する手法を比較検証し、気温等を用いた簡易手法による融雪量計算の妥当性を確認した。

暴風雪や大雪災害における被害軽減に資する過去の暴風雪・大雪災害のデジタルアーカイブ作成のため、文献調査・ヒアリングを実施した。これらに基づき、高齢化や人員減少の中、冬期道路管理の経験に基づく暗黙知を引き継ぐことを念頭においた、過去の暴風雪・大雪災害のデジタルアーカイブのフォーマットに関する設計案を考案した(図-3)。

### ② 暴風雪を考慮した吹雪対策施設の性能評価と防雪機能確保技術の開発

防雪柵に関して、吹きだまり等を再現可能な数値シミュレーションに関する調査、ベンチマークデータ取得のための屋外計測と風洞実験を実施(図-4、5)し、吹きだまり等を再現可能な三次元数値シミュレーションの基本構造や工学的理論を解明した。

防雪林の性能を評価するために、常緑針葉樹および落葉広葉樹で構成された林帯で、林況調査と気象観測を実施した(図-6)。また、新たな樹種構成を検討するため、樹種の資料調査を実施し、防雪林としての利用が見込める樹種をリストアップした。加えて、防雪林の機能確保・向上を図るため、防雪林の現状の課題と今後の取り組み方針を整理した。

### ③ 積雪寒冷地沿岸部における津波防災・減災技術の構築

津波漂流物となる海氷のほか、他材料(木材)にも着目して、自由落下方式による衝突実験を実施し、海氷衝突力の予測式の一般漂流物への適用可能性を調べた。その結果を用いて、海氷等漂流物を考慮した津波力や津波被害関数の概略的な推定方法を提案した(図-7)。密集した建築物への海氷を伴う津波遡上実験に加え、支柱とロープからなる漂流物対策施設の流氷に対する有効性を調べる水理模型実験に着手した。人工知能等によるアイスジャム発生予測の基礎的手法について検討した。

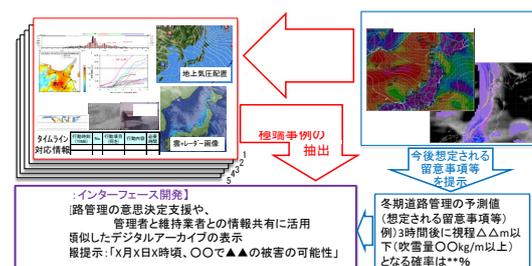


図-3 過去の暴風雪・大雪災害のデジタルアーカイブとその活用に関する考え方の概要



図-4 石狩吹雪実験場での計測状況

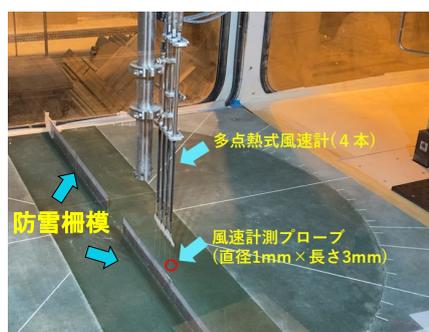


図-5 風洞実験装置での計測状況



図-6 林帯での気象観測状況(常緑針葉樹)

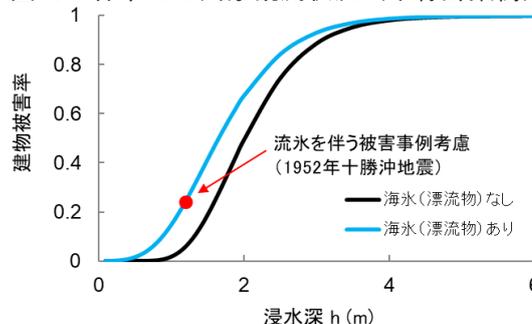


図-7 海氷等を考慮した被害率の試算例

## 4. 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発

### ■ 目的

地震による被害は激甚化かつ多様化しつつあり、これまでに経験したことのない形態の被災も懸念されている。本研究開発プログラムでは、橋や土工構造物等の道路を構成している構造物や河川堤防等のインフラ施設に対して、その機能に及ぼす地震の影響を最小化することに加え、仮に被害を受けても早期の機能回復を可能とする対策技術の開発等を目的とする。

### ■ 貢献

研究成果を耐震技術基準類へ提案することや国内外で発生する地震後の復旧における技術的助言に反映させ、大規模地震に対するインフラ施設の機能確保の信頼性を一層高めていくことにより、国民が安心安全に暮らせる社会の提供に貢献する。

### ■ 達成目標および令和4年度に得られた成果・取組の概要

#### ① 橋梁の機能確保のための耐震技術の開発

橋を構成する各部材のばらつきが地震応答に与える影響の制御方法を一般化するための解析検討を行い、非線形化部材を直列配置とした構造の場合、並列配置の場合と比較して部材の非線形化特性のばらつきが橋の地震応答に及ぼす影響がより大きくなることを明らかにした(図-1)。また、損傷制御の信頼性を高めるため、RC橋脚の配筋検討と支承部強度のばらつきを低減する構造を検討し、RC橋脚降伏耐力<支承部強度<RC橋脚最大耐力という耐力等の関係を確保する配筋方法を提案するとともにばらつきを低減する支承部構造の評価を行った(図-2)。

さらに、既設杭基礎を増し杭補強した場合の杭と地盤の相互作用を考慮した水平地盤反力の定量的評価を目的とし、基礎的な数値解析を行った。その結果、同径の組杭と異径の組杭とでは、前列杭と後列杭に生じるせん断力の分担割合が異なることを確認した(図-3)。

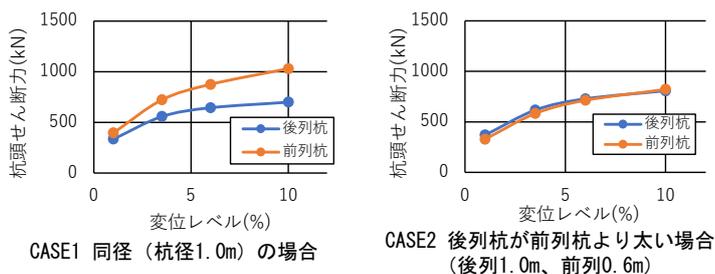


図-3 組杭の杭頭に生じるせん断力

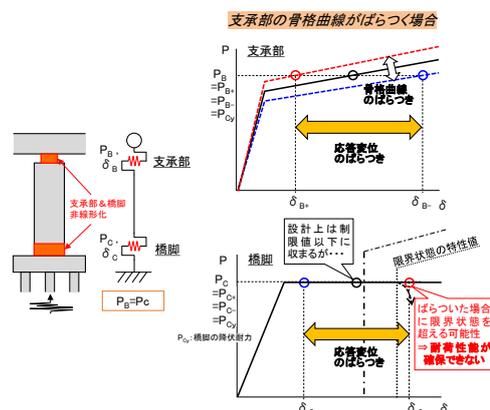


図-1 非線形化部材を直列配置した場合の応答のばらつき

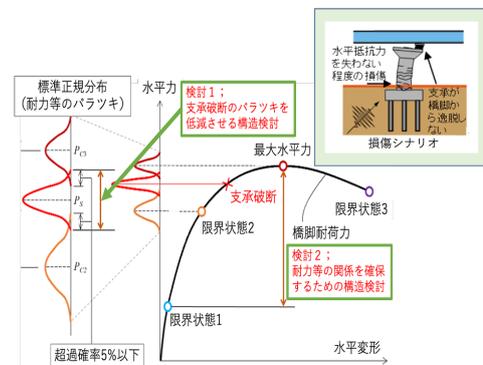


図-2 損傷シナリオを実現するための部材耐力のばらつきを考慮したRC橋脚の限界状態と支承強度の耐力階層

### ② 土工構造物の機能確保のための耐震技術の開発

谷埋め高盛土を対象に盛土厚さを変化させた遠心模型実験を行い、厚さが最も薄い天端幅 150mm の実験で、盛土内水位がのり尻・のり面に接近し、加振時に大きなすべりを伴う変状が発生することを確認した(図-4)。泥炭性軟弱地盤上の盛土の地震応答特性の検討では、釧路湿原近傍に設置した鉛直アレー観測データで得られた 15 の地震動(最大加速度  $\alpha=50\text{cm/s}^2$ )を対象に泥炭層(厚さ 2m)の加速度応答を評価した。その結果、NS、EW 成分では長周期化する傾向にあることがわかった(図-5)。また、不整地地盤の調査点の迅速測量手法を検討評価し、高密度 SfM-MVS による対空指標の自動認識が有効であることがわかった。

河川堤防の液状化被害に対する新たな低コスト対策技術として、堤体直下の固化改良の効果について遠心力载荷実験により検討した。その結果、改良層厚比と対策効果(天端沈下量の低減比)は概ね比例する傾向を得た(図-6)。また、非液状化層まで着底させる全層改良工法と比べて、浅層部のみを改良する浮き型工法では、堤体の振動が軽減する効果(免振効果)が確認された。さらに、河川堤防縦断方向の効率的な弱点箇所抽出のための新たな視点として、地震動の地盤増幅特性(揺れやすさ)に着目し、常時微動探査の活用について検討を行った。

### ③ 構造物の機能確保のための精度の高い液状化予測技術の開発

地盤の液状化特性を精度よく把握するための原位置試験法について、試験装置の起振力増強および計測精度向上を図るためのアイデアを予備実験により検証し、試験法としての適用範囲拡大の見通しを得た(図-7)。また、液状化の判定基準の見直しに関する検討準備として、原位置試料の液状化試験データベースを作成した。さらに、砂質土の推定式では評価できない火山灰質土の液状化強度比  $R_L$  をせん断波速度  $V_s$  から評価する手法は、礫分(軽石)が主体の火山灰質土であっても提案する相関式と良い関係を示すことを確認した(図-8)。

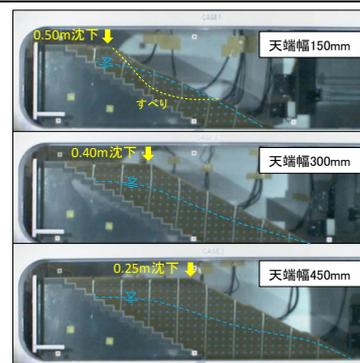


図-4 盛土厚さを変化させた遠心模型実験

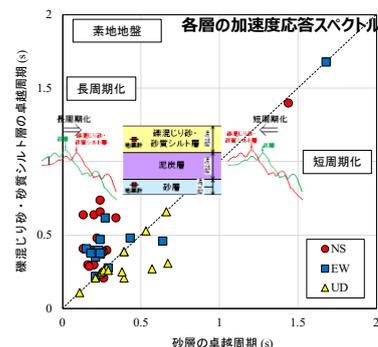


図-5 泥炭層上下層の卓越周期

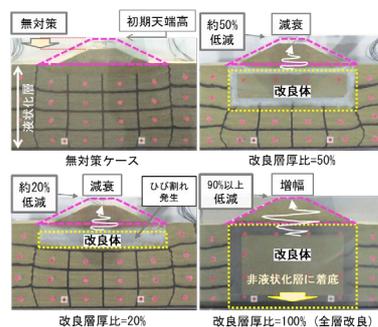


図-6 低コスト液状化対策技術の遠心模型実験結果

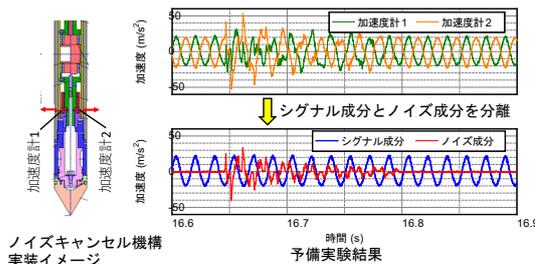


図-7 原位置液状化試験法の試験機器改良のための予備実験結果

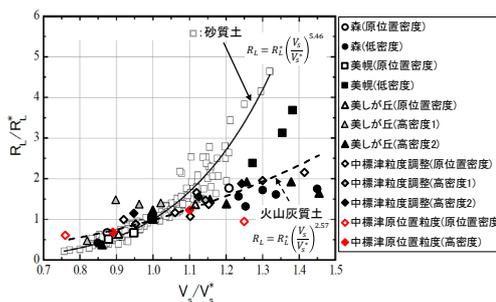


図-8 火山灰質土の  $V_s$ - $R_L$  関係

将来を見据えた基礎的・挑戦的な調査・研究の実施

1. 水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発

水災害・危機管理意識の向上に資する

リスク・コミュニケーションシステムの開発

研究の必要性

水災害時の避難遅れと地域住民の危険への遭遇を減らすため、水災害という非日常的な危機を行政・地域住民が共有し、適切な避難行動等に結び付けるリスク・コミュニケーションシステムの開発が必要となる。

令和4年度に得られた成果・取組の概要

ICHARMは、VR技術を用いた仮想洪水体験システムを開発し、つくば市において、市内の中高大学生を対象に本システムを用いた「水防災競技会」を開催した。対象学生は事前に各校毎に想定される水災害や適切な避難行動について学習した上で競技会にて一堂に会し、共通の仮想空間内で水災害の推移を体験しながら、各々で情報収集や避難経路等を選択し得点や避難所への到達時間を競い合った。ゲーム感覚を取り入れることで対象学生は積極的に参加する姿勢を見せ、事前学習との組み合わせで適切な避難行動を学習することが把握でき、本システムの防災教育ツールとしての可能性を確認できた。

水災害研究グループ



水防災競技会の状況



仮想洪水体験システムで推定したつくば市内における水災害状況と避難行動

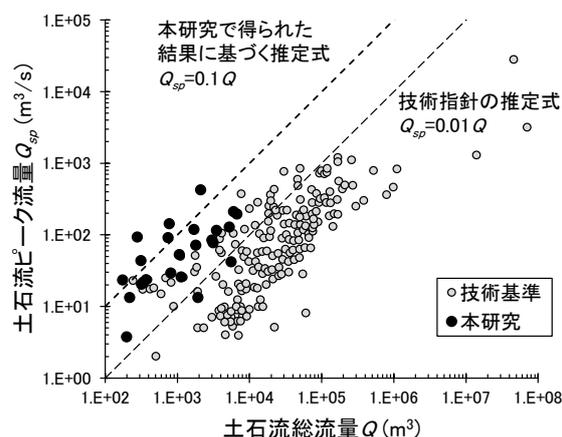
2. 顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発

小規模な土石流危険渓流における流出土砂量等設定手法に関する研究

火山・土石流チーム

研究の必要性

平成30年7月豪雨をはじめ、近年流域面積が概ね0.05km<sup>2</sup>以下の小規模な溪流（小規模溪流という）で発生した土石流により多くの人命被害が生じている。一方、現在の砂防堰堤の計画・設計に関する技術基準は小規模溪流での土砂流出実態を十分に反映できていない。そこで本研究では、小規模溪流における実態を踏まえた土石流ピーク流量等の設定手法の提案を目的とした。



流出土砂量と土石流ピーク流量の関係  
国土技術政策総合研究所（平成30年）に加筆

令和4年度に得られた成果・取組の概要

土石流が発生した広島県内の小規模溪流を対象とし、航空レーザー測量データを用いて総流出土砂量と土石流ピーク流量の関係を調査した。その結果、土石流ピーク流量は現在の技術基準に基づき推定した値よりも1桁程度大きいことが明らかとなった。

また、小規模溪流における流木流出率も調査したところ、既往の調査結果よりも高い流出率であり、発生した流木は流出土砂とともにほぼ全量が流出することが明らかとなった。

### 3. 極端化する雪氷災害に対応する 防災・減災技術の開発

#### レーザーを用いた落水雪事故防止技術の開発に関する研究

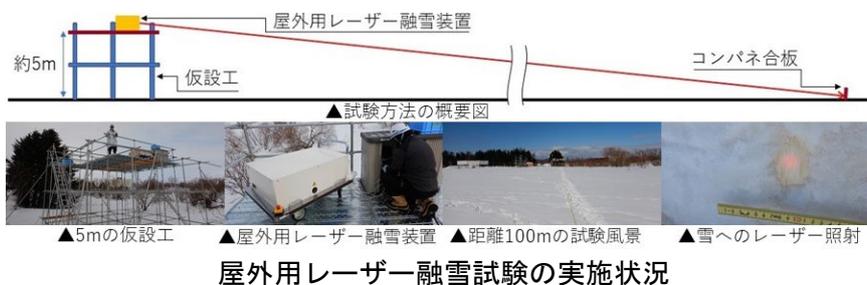
雪氷チーム

##### 研究の必要性

道路インフラに付着した氷雪が成長し落下すると、道路交通車両等への被害が懸念される。道路管理者は定期的に着氷雪除去作業を実施しているが、高所作業を伴う着氷雪除去は、道路管理において負担となっており対応が求められている。本研究は、高所作業が不要で遠隔から着氷雪を除去する技術として、長距離伝搬が可能なレーザーを用いた融雪法の開発を目的とする。

##### 令和4年度に得られた成果・取組の概要

屋外用レーザー融雪装置を製作し、高さ5mの仮設工上部から最大100mの距離まで波長10.6 $\mu$ mのCO<sub>2</sub>レーザーを雪に照射したところ、距離が離れるにつれ融雪速度が減少したが、100m先でも雪を融かすことが可能であることを明らかにした。



### 4. 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発

#### 地震時の盛土取付け部の段差評価に関する研究

土質・振動チーム

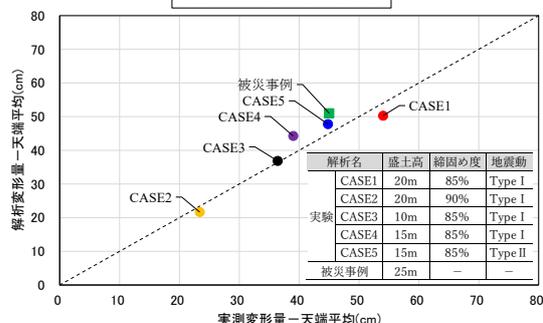
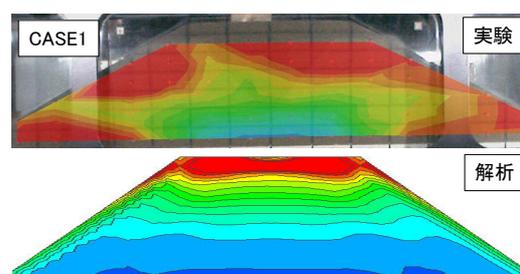
##### 研究の必要性

構造物と背面盛土との取付け部では、大地震時に大きな段差が発生し通行障害の原因となり、復旧・交通開放まで長期間を要する。このような段差に伴う通行障害の低減のため、段差発生に及ぼす要因の解明、段差評価手法、対策手法を検討するものである。

##### 令和4年度に得られた成果・取組の概要

盛土高の高い構造物背面盛土の地震時の沈下・変形について、盛土材料の動的変形特性を定式化するとともに、2次元地震応答解析およびひずみ軟化理論に基づく変形解析手法を構築した。

これに基づき令和元年度に実施した遠心模型実験および平成23年東北地方太平洋沖地震で段差が生じた橋梁取り付け盛土を対象とした解析を行い、変形状況・変形量を概ね再現できた。



実測と解析の盛土内ひずみ分布・変形量の比較