

# 令和4年度土木研究所の 取組みにおけるトピックス

## (1) 水関連の主要な国際会議において ICHARM の活動理念や成果を発信

水災害・リスクマネジメント国際センター (ICARM) は、令和4年度において以下3つの主要な国際会議やその分科会等を主催しました (写真-1、2)。その中で、ICARM が推進してきた「知の統合の実現 (図-1)」、「ファシリテータの育成」、「End-to-End のアプローチ」の概念を、ICARM の具体的な研究成果・取組み成果とともに世界に発信しました。またそれらの概念は、約1万人が参加 (オンライン含む) し、46年ぶりに水に特化して開催された『国連水会議2023』のテーマ別討議3・共同議長提案にも盛り込まれ、会議最終日の全体討議において報告されました。本取組みにより、気候変動により激甚化している国内外の水災害の被害軽減に資することが期待されます。

### 第4回アジア太平洋水サミット (令和4年4月23日~24日、熊本市)

- ICHARM は、分科会「水と災害/気候変動」、特別セッション「ショーケース」、統合セッション「科学技術」の企画・運営・取りまとめを担当。
- 特別セッションでは、ICARM が取り組んできた、インドネシアでのファシリテータ育成のための e-ラーニング活動やフィリピンでの「知の統合オンラインシステム」などが紹介された。

### 第9回洪水管理国際会議 (ICFM9) (令和5年2月19日~22日、つくば市)

- ICHARM は12年ぶりに ICFM を主催。日本を含む41か国から394名の洪水専門家が参加し、盛況のうちに終了。
- 全ての分科会 (計24セッション) で ICHARM スタッフが Co-Chair を務めるとともに、End-to-End のアプローチとして、ICARM の研究課題である土砂・流木のハザードマップ作成手法、中小河川でのリアルタイム水位予測やおよび仮想洪水体験システムなど、幅広く研究発表を行った。

### 国連水会議2023 (令和5年3月21日~24日、国連本部 (ニューヨーク))

- ICHARM は、21日の「第6回国連水と災害の特別会合」の科学技術パネルにおいて、小池センター長がモデレーターとなり、知の統合の実現、ファシリテータの育成、End-to-End のアプローチなどに関する世界各地の取組を紹介。
- テーマ別討議3「気候、強靱性、環境に関する水」における共同議長提案に、ICARM が提唱・主導する上記の概念が盛り込まれた。
- 本会議の重要な成果である「水行動アジェンダ」において、ICARM が提唱している「Water Cycle Integrator」がコミットメントとして盛り込まれた。

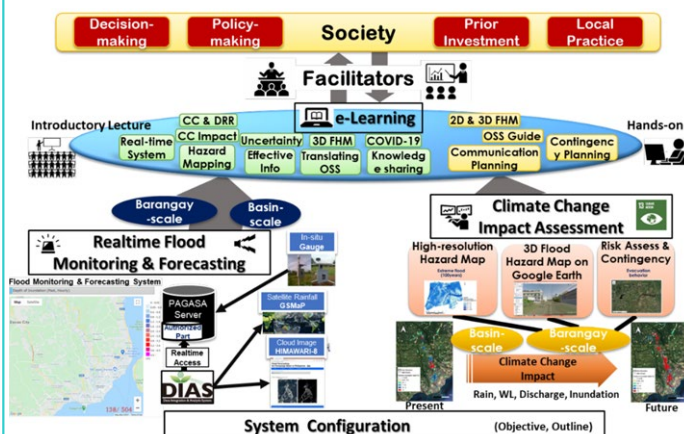


図-1 フィリピン・ダバオ市における「知の統合オンラインシステム」の概念図



写真-1 第9回洪水管理国際会議参加者による集合写真



写真-2 第6回国連水と災害の特別会合科学技術パネル登壇者による集合写真

(2) 「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】」公開

元年台風第19号では、全国で142箇所の堤防が決壊しました。このうち、越水が決壊の主な要因と推定されるものが122箇所ありました。これを受けて、国土交通省では、越水に対して粘り強い河川堤防の技術開発を進めています。越水に対して粘り強い河川堤防とは、越水しても決壊しない堤防ではなく、越水した場合でも、決壊しにくく、堤防が決壊するまでの時間を少しでも長くするなどの減災効果の発揮を目的とした河川堤防を指します。

粘り強い河川堤防の構造として、表面被覆型（断面拡幅型を含む）、自立型（自立式特殊堤を含む）、その他構造が考えられています。そのうち、自立型とは、自立するコア部分のみで計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して堤防に求められる機能および越水に対する性能を発揮する構造のことで、主な構造として図-1(a)のような鋼矢板二重壁や、図-1(b)、(c)、(d)のようなコンクリート擁壁の構造が考えられています。土質・振動チームは、国土交通省国土技術政策総合研究所河川部河川研究室と共に、今後の粘り強い河川堤防（自立型）の技術開発に当たっての参考となるよう、「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】」（以下、本資料）（図-2）にまとめ、公開しました。本資料は、自立型の現状の技術水準を踏まえた構造検討の考え方の一案として示したもので、越水に対する性能を有する構造とするための検討項目を整理し、図-1の代表的な自立型の構造の検討方法を示しました。本資料を参考にすることで、粘り強い河川堤防の技術開発が促進されることが期待されます。

また、土木研究所では、令和4年度から始まった第5期中長期計画における「河川堤防の越水と堤防決壊に対する評価・堤防強化技術に関する研究」の中で、自立型の堤防強化技術に関する検討を行っています。本資料は、現段階での検討結果に基づくものであり、研究課題で得られた成果を受けて、本資料の更新を行う予定です。

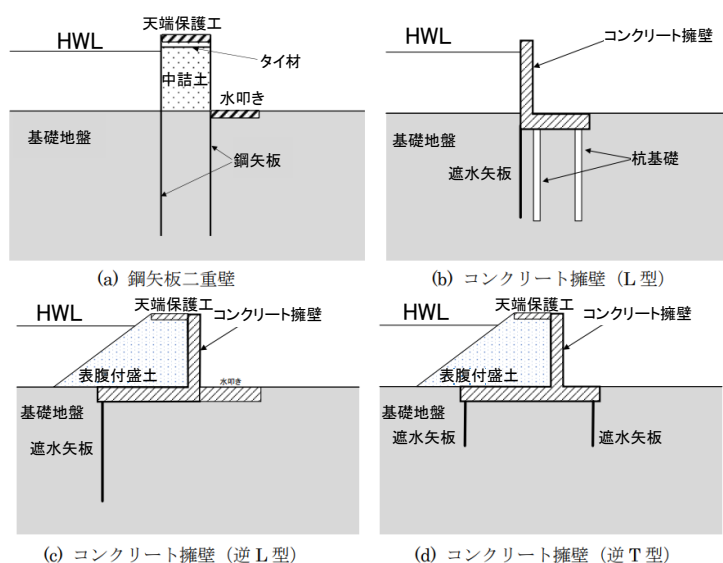


図-1 粘り強い河川堤防における代表的な自立型の構造

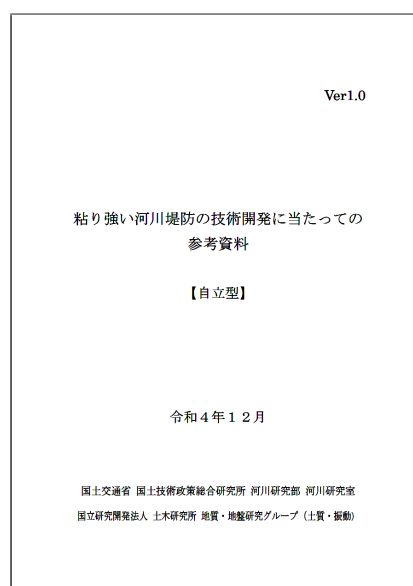


図-2 粘り強い河川堤防の技術開発に当たっての参考資料【自立型】

### (3) オホーツク海の家氷減少による波浪の長期増加トレンドの解明

近年、地球温暖化による海氷減少に伴い、沿岸域に来襲する波浪の増大や、それに付随する高波被害の増加、海岸侵食の促進、沿岸構造物の安定性低下などの災害の多発が懸念されています。我が国の北部に位置するオホーツク海も、それが危惧される海域の一つですが、この海域の波浪に着目した研究は非常に少なく、その長期的な変化については未解明のままでした。

寒冷沿岸域チームでは、昭和55年代から現在までの40年間の波浪シミュレーションを行い、オホーツク海における波パワーの長期トレンドを解析しました。この研究では、3種類の再解析データ(JRA55、ERA5、MERRA2)と1種類の衛星データを用いて、波浪シミュレーションを実施しました。

その結果、オホーツク海における冬季の波パワーは10年あたり約12~15%で増加していることがわかりました(図-1、図-2、図-3)。また、波パワー増加には、海氷の減少と海上風の増加が影響していること、さらに、その海上風の増加も、海氷の減少により生じていることを解明しました。この結果は、海氷減少が、冬季における波パワー増加トレンドの主要因であることを提示しています。

今後も温暖化に伴う海氷減少が予想される中、オホーツク海における長期的な波浪の将来予測は喫緊の課題であり、本成果は気候変動適応策への貢献が期待されます。

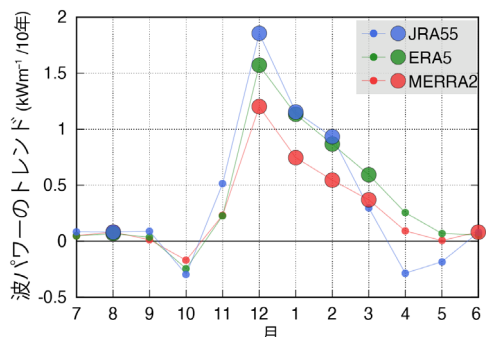


図-1 オホーツク海における月毎の波パワーの長期トレンド※1

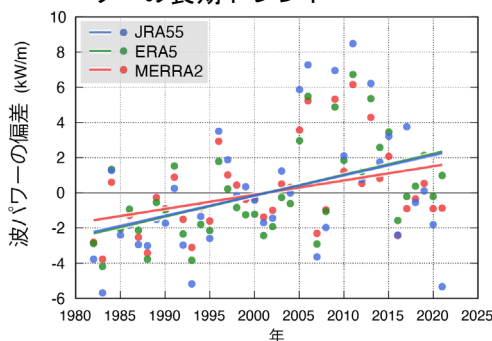


図-2 冬季(12-2月)・オホーツク海における波パワー偏差(冬季平均値-気候値)の時間変化とその回帰直線

波パワーのトレンド(12-2月)

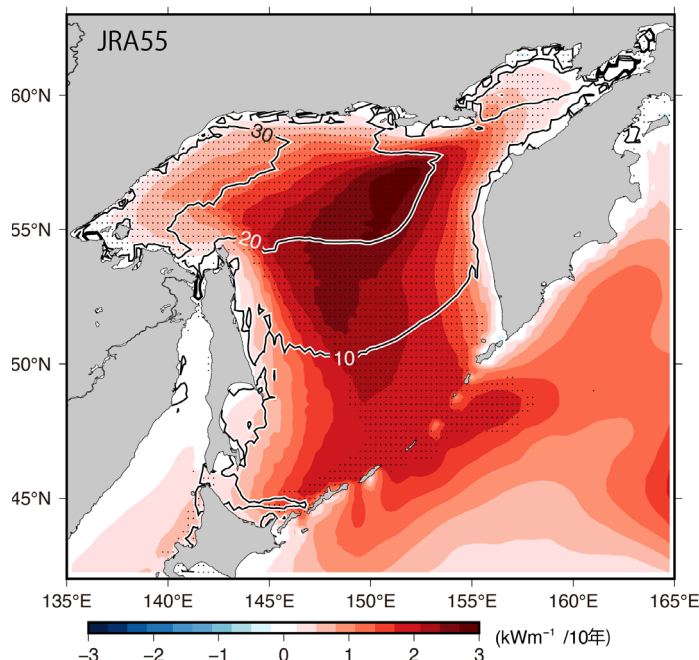


図-3 JRA55による波浪シミュレーションから得られた冬季における波パワーの長期トレンドの空間分布※2。

※1 大きい円は統計的に有意(90%)なトレンドを意味します。

※2 等値線はトレンドの割合(%/10年)を示します。

#### (4) 土石流の数値計算プログラムの公開

土石流の流量や氾濫域の推定にあたり、降灰範囲の平面分布やその流域に供給される降雨を正確に与えることが重要です。近年になり、航空レーザ測量や無人航空機による微細な凹凸まで表現された地形データやレーダ雨量による時空間解像度の高い降雨データが利用できるようになりましたが、データの解像度と計算に要する時間はトレードオフの制約があるため緊急時の活用等の目的に対し実用的な計算時間を実現することが必要です。

そこで土木研究所では、緊急時にも活用できる実用的なプログラムを目指し新たに土石流計算プログラム DFSS (Debris Flow Simulator for Sabo) を開発し、令和4年に土木研究所資料第4419号(図-1、2)で公表しました。DFSSは詳細な地形や分布型雨量、分布型降灰厚を入力して山地流域から下流低地の氾濫範囲まで一連で計算できることが特徴です。桜島の噴火で適用性を確認し、国土交通省での実装に向けた検討も進んでいます。

今までにない新しい取組みであるDFSSは、GPL v.3相当のライセンスを付したオープンソースプログラムとして土木研究所のホームページおよびGitHubと呼ばれるソフトウェア開発の世界的なプラットフォームで公開しました。

第四次産業革命といわれる時代にあって、情報技術を取り巻く環境は劇的に変化しています。その中で、土木研究所だけではなく幅広い開発者によりプログラムの開発を継続することで、土砂災害の被害から安全な社会の実現を目指すことが目的です。

他分野ではオープンソース化の事例は多いものの、土石流分野ではアメリカで開発されたプログラムなど少数の事例があるのみです。土石流の理論は昭和45年代後半に日本の研究者が実用的なモデルを提案したことをきっかけに、欧米や東南アジアなど山地における土砂災害が頻発する地域で研究が進んでいます。これを用いて土石流の数値計算プログラムが研究・開発されてきました。DFSSのオープンソース化の取組みによって、フィードバックを得た研究開発の進展、関係するオープンソースプログラムの出現と連携、日本の土石流理論の普及や研究、実務、教育の面での活用などが期待されます。

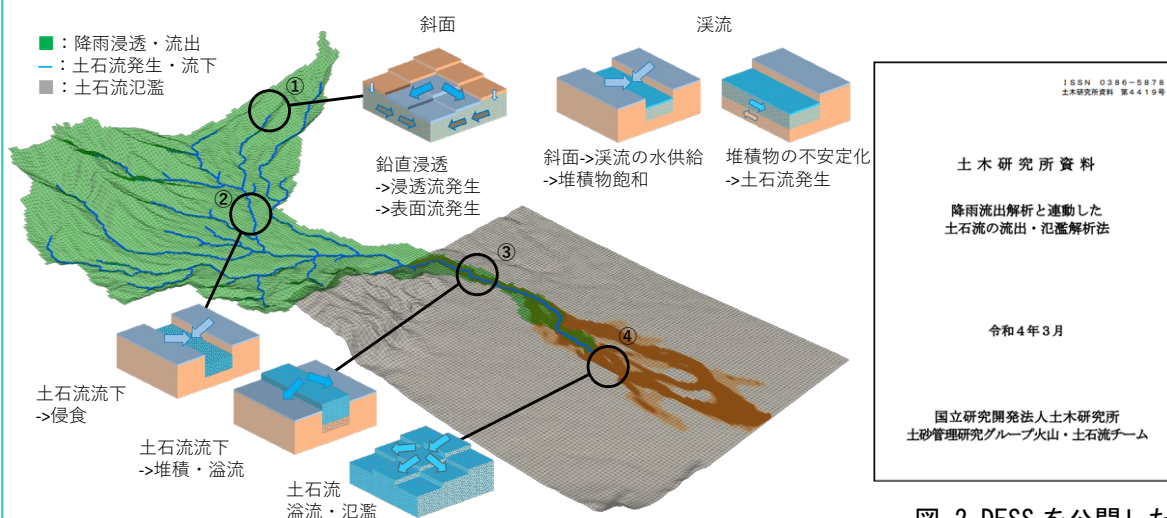


図-1 DFSSが有する物理モデルの概念図

図-2 DFSSを公開した土木研究所資料

### (5) 崩壊性地すべりの危険箇所抽出手法の開発に向けた類型化の取組み

令和元年東日本台風に伴う豪雨や平成30年北海道胆振東部地震など、近年、降雨や地震に伴って緩斜面が突発的に崩壊し、土砂が長距離移動して人的被害をとまなう場合がみられます。このような土砂移動現象は、土砂災害警戒区域の指定基準には該当しない緩斜面で発生しており、今後、発生危険性が高い箇所を抽出し、ハザードを特定する手法を確立することが重要な課題となっています。

そこで、危険箇所抽出手法の開発に向けて、既往の発生事例の分析から共通した特徴などを調査し、類型化を行いました。概ね30度未満の緩斜面で突発的に発生し、土塊の大半が発生域から抜け出したものを「崩壊性地すべり」として、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(36災害イベント)からなるインベントリを作成しました。収集事例に共通してみられる地質・地形等を分析した結果、誘因が降雨・地震であった事例の両者ともに、降下火砕堆積物、溶岩・火砕岩と大規模火砕流、海成堆積岩がそれぞれ基盤や堆積物が斜面に平行に堆積する流れ盤状の地質構造を呈する斜面で発生する事例が多いことが明らかになりました。また、3つのタイプに類型化できることも分かりました(図-1)。地形や地下水等の特徴は類型により異なりますが、いずれの類型にも流れ盤状の弱層や風化物等の境界層が存在することや、降雨事例では降雨時に地盤の透水性が変化する境界部付近の地下水が崩壊性地すべりの発生プロセスに関与する可能性があることが分かりました(図-1)。

この成果は、崩壊性地すべりの危険箇所抽出を類型ごとに行う必要があることを示唆するものです。また、類型ごとに危険箇所抽出の手がかりとなる地質構造や地形等の特徴を明らかにできたため、今後、この特徴を踏まえた抽出手法の検討を進めます。

類型・事例	地質構造	地形	すべり面	地下水・水理地質
降下火砕堆積物 /流れ盤 	流れ盤状に斜面に沿って堆積	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 	流れ盤状の風化物等	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 	流れ盤状の風化物等、流れ盤(基盤)	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

## (6) 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震で発生する海水を伴う津波の被害想定に貢献

北海道の北東部の沿岸や海域は、冬期に結氷板や流氷などの海氷で覆われます。そのような氷海域で津波が発生した場合、大量の海氷も陸上に押し寄せるため、津波のみが来襲した場合と比較して災害リスクが増加することが予想されます。

日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会（内閣府）は、令和4年3月、震度分布・津波高等に関する報告書を公表しており、これらの地震および津波への対策は我が国の喫緊の課題となっています。この地震では、海氷が存在する北海道東部においても20m超の津波高が推計値として示されています。また、過去に、津波により海氷が陸上に遡上し（写真-1）、海氷による被害事例も報告されています。こうした海氷等寒冷地特有の課題を考慮した津波防災・減災対策の早期確立が望まれます。

令和4年度、寒冷沿岸域チームでは、北海道防災会議地震火山対策部会地震専門委員会のWGに参画し、海氷等の津波漂流物の影響を考慮した津波被害関数の概略的な推定方法（図-1）を提案しました。そして、提案した被害関数は、日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震による被害想定のうち、海水を伴う津波の被害想定（流氷・沿岸結氷が存在する太平洋に面する家屋被害率）に活用されました。

提案した被害関数は、津波外力（海氷等漂流物の衝突力（写真-2）と海水の抗力）を浸水深の関数で表し、海氷等を伴わない浸水深に換算することにより、海氷等漂流物がない通常の被害関数を、漂流物を考慮した関数へ換算する方法で算出しています。なお、本来とても複雑な現象で多くの不確定要因がありますが、一つの係数に集約し、唯一現存する流氷を伴う津波被害記録（昭和27年十勝沖地震）からそれを推定した事が特徴です。

このほか、寒冷沿岸域チームでは、大量の海氷を伴う津波の動きや破壊力の予測およびハザードマップ作成技術の開発、並びに避難施設や危険物施設等の特に重要と思われる構造物の設計・安全性評価手法の開発等を進めています。



写真-1 津波による海氷の遡上例

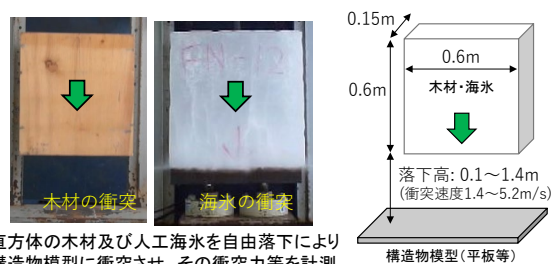


写真-2 自由落下による海水・木材の衝突実験

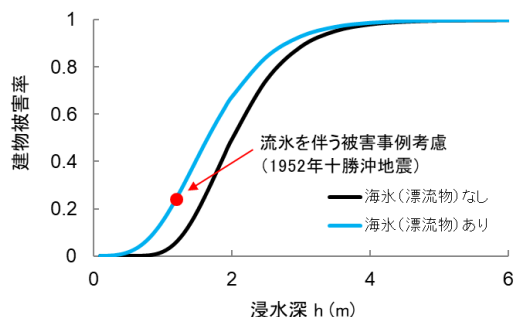


図-1 海氷等漂流物を考慮した被害関数の例

## (7) 道路の雪崩災害における技術指導

令和5年2月28日に国道453号支笏湖畔、同3月8日に国道40号音威子府村、同3月13日に国道38号南富良野町において雪崩災害が発生しました。これらの雪崩に対して、寒地土木研究所では、発生直後に国土交通省北海道開発局札幌開発建設部と旭川開発建設部から、道路防災有識者※派遣要請を受けました。雪氷チームの専門職員が直ちに現地調査を行い、推定される発生要因、道路除雪・斜面監視・雪堤構築等の今後の対応について助言を行いました。また、現地調査後に開催された各箇所での検討会では、今後の天候を勘案し、斜面積雪の安定性や留意すべき気象や積雪の状況等に関して助言を行い、道路管理者の迅速な現地対応（調査、監視、除雪、応急復旧等）と的確な通行止め解除に貢献しました（写真-1～写真-4）。

上記の令和4年度冬期の国道での雪崩災害は、3件とも前日からの気温上昇に伴う湿雪雪崩でした。寒地土木研究所では、これまで冬期の気温上昇に伴う降水の形態（雪または雨）や積雪の性質（乾雪または湿雪の割合）を考慮した、湿雪雪崩の危険度評価に取り組んでおり、この成果を活用して助言を行いました。このように、道路で雪崩が発生した際に、研究を通じて得られた知見を基に、道路管理者に対する技術的助言を行い、的確な通行止め解除の判断という道路管理者のニーズに対応することができました。また、令和4年度からは、冬期の気象が極端化する中で、多量降雨等による急激な融雪に伴う雪崩に対する通行安全性確保を支援する手法の開発に取り組んでいます。



写真-1 国道453号支笏湖畔における技術指導の状況



写真-2 検討会における助言の状況（千歳道路事務所）



写真-3 国道40号音威子府村における技術指導の状況

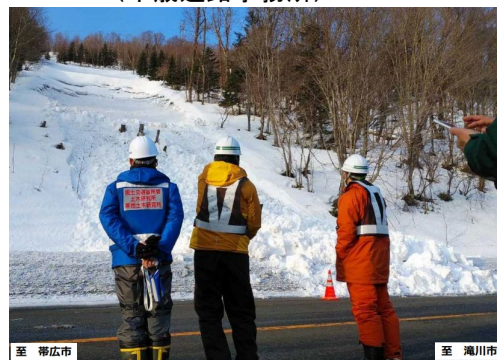


写真-4 国道38号南富良野町における技術指導の状況

※道路防災有識者：国土交通省北海道開発局の道路に関する防災上の諸問題について、技術的および専門的な見地から助言並びに指導を行う学識経験者。北海道開発局長より委嘱されています。

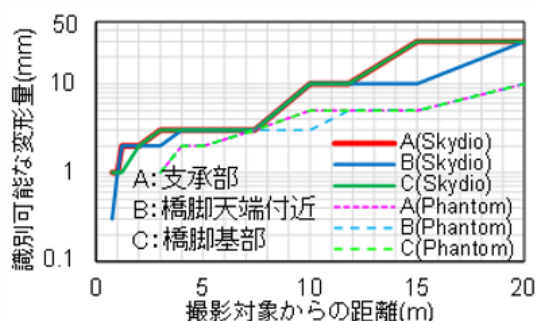
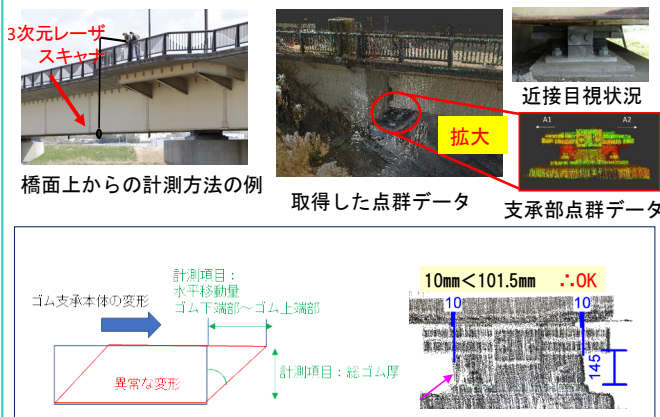


## (8) 震後復旧のDX実現に向けた研究開発

地震発生後に速やかに緊急輸送等の交通開放を行うため、特に大規模地震時には、震度が大きい地域にある大量の道路橋の全てを対象に、道路橋の被害を迅速かつ的確に把握し、橋の構造安全性および走行性について診断し、損傷の程度に応じた措置の必要性を速やかに判断する必要があります。例えば平成28年の熊本地震では熊本県内、大分県内の震度6弱以上を観測した地域に約15,700橋の道路橋が存在していました。いつ発生するかわからない地震に対して、事前に所要の人員や機材等を確保することが困難な場合も多く、地震後の限られた時間の中でそれらの調査を迅速に行うための方策を考慮しておく必要があります。このような背景から、新たな点検支援技術を活用することにより、点検をさらに迅速化し、震後復旧のDX実現に向けた研究を実施しました。

震後の点検には様々なフェーズが存在し、それぞれのフェーズで点検支援技術の使い方が存在します。例えば、緊急調査では、落橋により道路網が寸断されている場所や、落橋に至っていないくとも段差や線形不良により通行に支障が生じている可能性がある道路橋を把握するフェーズ、支承部の損傷等の二次被害に繋がる変状が生じていることを把握するフェーズが存在します。また、その後の応急調査では、変状の原因となっている損傷を把握し、残存性能を診断するフェーズ、監視を行いながら交通解放を行うフェーズ等が存在します。このように、震後点検の中でも様々なフェーズが存在しており、それら全てのフェーズに迅速化や効率化の余地があり、また、それぞれのフェーズに各種点検支援技術の向き不向きが存在します。点検支援技術の活用には、各フェーズに応じたニーズに沿った点検支援技術の使い方や組合せ方を提示する必要があります。

そのため本研究開発では、まずは応急調査のフェーズを主対象に、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(図-1)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の提案(図-2)を行いました。併せて、道路管理者側のニーズに沿った点検支援技術の開発や使い方の検討には、点検技術の機器の開発メーカーとの連携が不可欠であるため、令和5年度より道路橋の震後点検に関する共同研究を開始しました。また、令和5年3月の第8回道路技術懇談会で、新技術導入促進計画に計測・モニタリング技術(震後等)が指定されました。このように、本研究開発への期待が高まっています。



### (9) 河川堤防の低コスト耐震対策技術の開発

河川堤防の耐震対策技術の一つに、堤体直下の液状化層に地盤改良を施す工法があります。現行の対策工法では、液状化が想定される地層の下端まで改良（全層改良）していますが、分厚い液状化層が広がる地域においての全層改良は多大な工事費を伴います。これがネックとなり、耐震対策事業を円滑に進めることが難しいケースがあることから、現場の河川管理者からはコスト縮減の方策が求められています。

そこで、本研究では、堤体直下に堆積する液状化層のうち、浅層部のみの地盤改良（セメント混合による固結）を施し、深層部は未改良のまま残すという新たな工法に着目しました。その対策効果についてはこれまで十分に検証されていないため、50G 場における遠心力载荷実験を行いました。

遠心力を作用させた状態で地震動を作用させた結果、無対策時の液状化層厚に対する「改良層厚比」と堤防天端沈下量の「低減比」の関係は概ね比例し、改良層厚を増すほど低減効果も大きくなることが明らかとなりました（図-1）。この結果は、許容沈下量を満たす範囲で改良層厚を薄く設定することが可能となることを示唆しています。ここで、許容沈下量とは、堤防天端高と照査外水位（14 日間に発生する確率が 1/10 の水位あるいは計画津波高から決まる水位）の差のことです。現場の条件に応じた改良層厚を設定することで、現行の全層改良工法と比べて、低コスト耐震対策技術の創出に繋がります。

また、全層を改良した実験ケースでは、地震波が改良層を増幅しながら伝わるため、堤体模型の揺れが大きくなり堤体の法面にクラックが生じました（図-1）。一方、未改良部を残して対策を施した実験ケースでは、地震波が液状化層を伝わる際に減衰するため、堤体のクラックを抑制できました。

地震後の堤体のクラックは、治水機能の低下につながる可能性があるため、クラックの抑制は震災直後の堤防の迅速な機能確保にも貢献できると考えられます。このように、本成果により、現場が求める低コストで安全な耐震対策技術の創出に向け、大きく前進することができました。

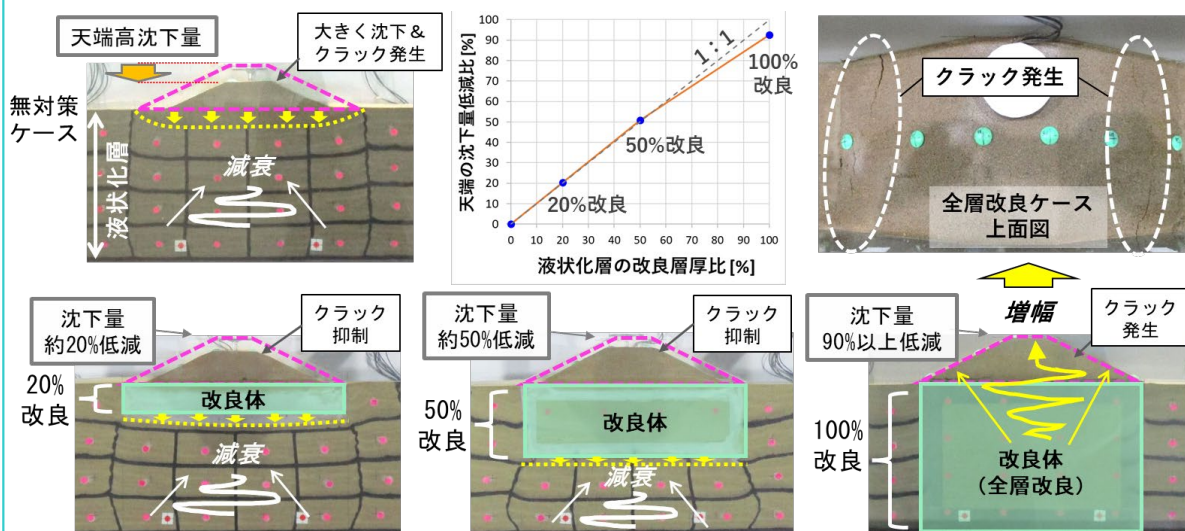


図-1 遠心力载荷実験後の模型地盤の様子と対策効果の整理

## (10) 橋脚・桁沈下メカニズムと点検改善のポイント抽出

たった1本の橋脚が沈下することで橋の通行機能が失われます(図-1)。近年の橋脚・桁沈下被災事例を整理すると、砂利河川の滞筋(常時水中)にある橋脚沈下で、基礎構造形式はケーソン基礎もしくは直接基礎です(図-2)。砂利河川はN値の大きい支持地盤を得るには杭基礎形式になる場合が多く、結果的に橋脚・桁沈下が起きにくいと考察されます。

砂利河川の滞筋(常時水中)橋脚の根入れ状況確認が点検のポイントです。道路法に基づく最低限点検は「近接目視による確認」です。常時水中の基礎根入れ状況は近接目視では確認できず、最低限より1段高い測量・水中カメラ等での点検が必要です。

河川法に基づく維持管理技術ガイドラインでは、測量・水中カメラ等による根入れ状況確認を行うよう注意喚起しています。砂利河川滞筋橋脚は、最低限から1段あげた許可工作物に係る施設維持管理技術ガイドラインの手法で実施することで、予防保全につながると期待されます。

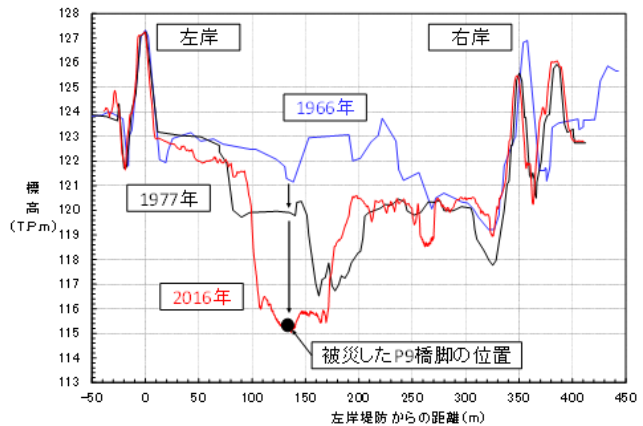


図-1 橋脚・桁沈下被災事例(球磨大橋 昭和32年竣工・ケーソン基礎 令和5年発生)

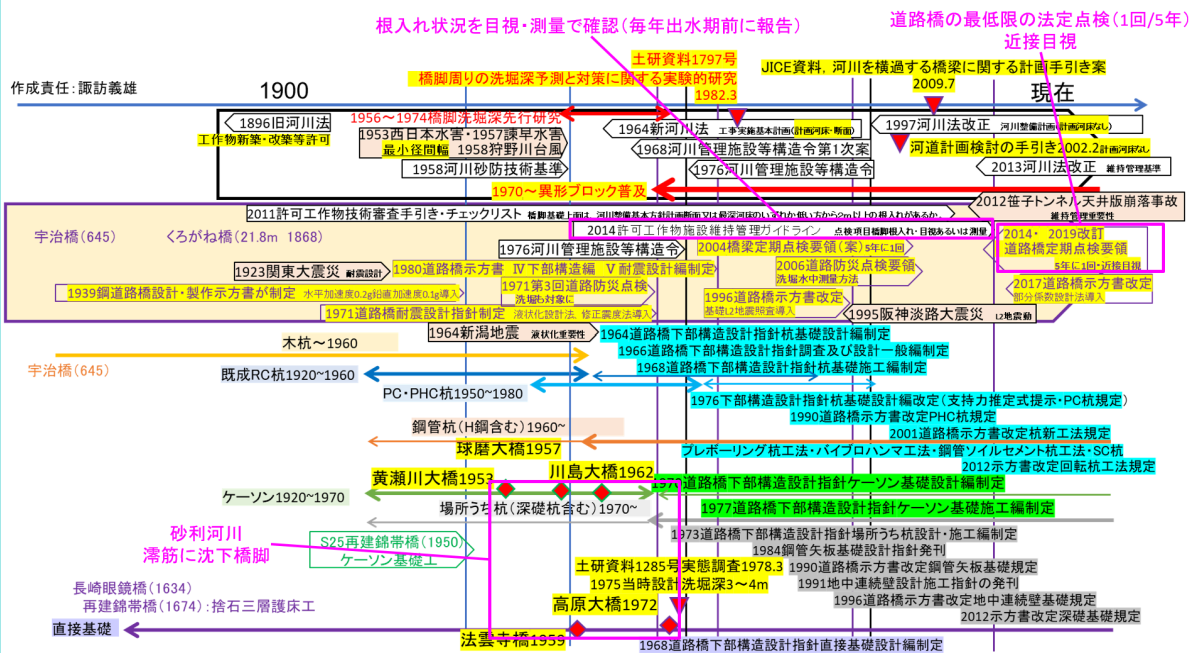


図-2 橋脚・桁沈下被災の特徴と点検強化対象の絞り込み

(11) 洪水応答を踏まえた河川構造物の改善（明治用水頭首工漏水事故対応への貢献）

明治用水頭首工漏水事故発生を受けて、国土交通省代表委員として土木研究所から参画しました。土木研究所内では地質地盤研究グループと、国土技術政策総合研究所河川研究部、中部地方整備局、国土交通省水管理・国土保全局と連携し、省を挙げた体制で対応しました（表-1、写真-1、2）。

明治用水頭首工復旧対策検討委員会において、土木研究所は、漏水発生のメカニズムが、浸透経路長短縮によるパイピングである旨を指摘しました（図-1）。また、再発防止のポイントが、岩着遮水矢板壁構築である旨助言しました。これらは緊急対応、本復旧に生かされました。

漏水発生後の対応、パイピング対策の教訓をとりまとめに反映させる際にも貢献しました。委員会の中間とりまとめは、令和5年3月に公表されました。これらの取組みにより、他施設でのパイピング発生時の対応教訓の共有に貢献できました。

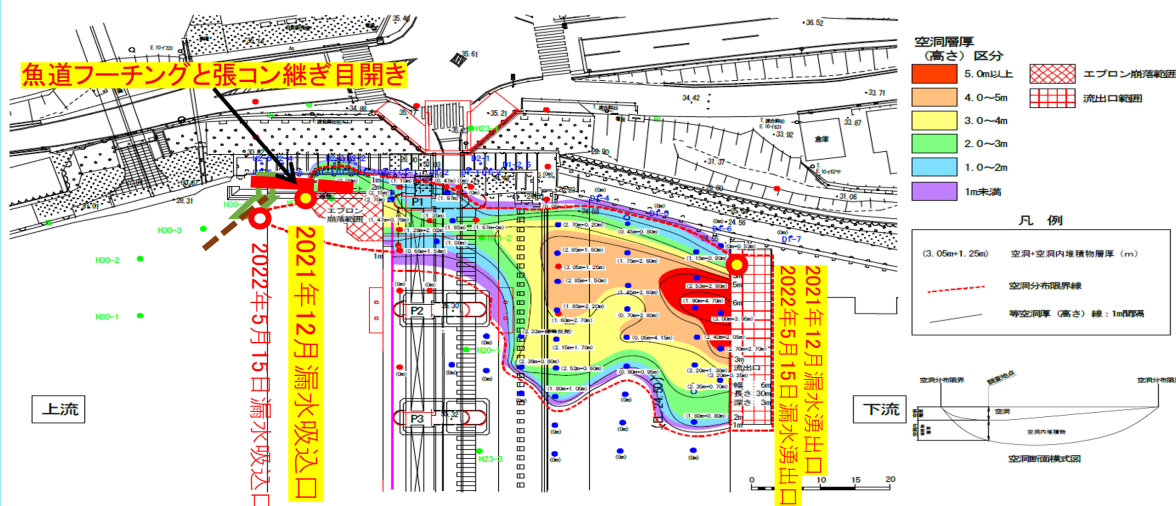


図-1 劣化発生と浸透経路長短縮

表-1 明治用水頭首工復旧対策検討委員会名簿

明治用水頭首工復旧対策検討委員会 委員	
石黒 覚	三重大学 名誉教授
諏訪 義雄	土研 河道保全研究G長
高木 強治	東京大学大学院 教授
田中 勉	神戸大学 教授
中嶋 勇	農研機構 施設工学研究領域長
平山 修久	名古屋大学減災連携研究センター 准教授



写真-1 明治頭首工漏水事故 堰上流水位低下  
(中部地方整備局提供)



写真-2 現地調査状況

(12) 現場のもやもや解消策～「アスファルト舗装の詳細調査・修繕設計便覧」の発刊に貢献～

国土交通省において、平成28年に「舗装点検要領」が策定され、舗装の長寿命化やライフサイクルコストの低減など効率的な修繕の実施に向けて、点検、診断、措置および記録からなるメンテナンスサイクルに関する基本的事項が示されました。その中で、点検の結果、路面の状態が早期に劣化していることが確認された区間等については詳細調査により路盤以下の健全性の確認などを行い、これに基づき適切な修繕等を実施することが示されています。ただし、同要領はその性格上、主として点検・診断・記録に関するルールを定めたものであることから、詳細調査や適切な修繕等の措置方法に関しては、実務の場で実践的に対応できる内容までは示しておりません。このため、これらを現場で実際に取り組むために参考となる実務的な技術図書類、つまり「では、どうやって取り組んだらよいのか」についてノウハウをまとめたものの出現が求められていました。

こうした中で、現場が待ちに待った待望の1冊である「アスファルト舗装の詳細調査・修繕設計便覧」が、令和5年3月に(公社)日本道路協会から発刊されました(写真-1)。本便覧には、土木研究所の研究成果やこれまでに蓄積した知見が多分に含まれています。また、作成を担当した舗装委員会舗装設計小委員会および舗装性能評価小委員会の委員長、委員、幹事として、土木研究所の職員が、産学官の研究者や技術者とともに本便覧の執筆作業およびとりまとめ等を行っています。

図-1に、本便覧に関連する国土交通省の技術基準類と道路協会が発刊している指針・便覧等の技術図書の体系を示します。本便覧は、「舗装点検要領」に示されたメンテナンスサイクルの構築の一環として、すでに一定の損傷が発生した舗装の詳細調査と修繕の実施を目的として、詳細調査ならびに修繕設計の手順や選択肢を示した図書であり、詳細調査による構造的健全性の把握や調査結果に基づく修繕設計の要点を提示しています。

また、本便覧の主たる利用者として、道路管理者や調査・診断の実務を担う民間技術者を想定していますが、図表を多用しているほか、具体的な対応例を記している付録を充実させること等により、舗装の入門者等、専門的知識のない読者でも、本便覧の趣旨を理解できるように構成しています。なお、本便覧は、国土交通省の令和5年度土木設計業務等共通仕様書の主要技術基準および参考図書に追記されました。本便覧に基づき、詳細調査による既設の舗装状態を評価、および適切な修繕を実施することで、舗装の長寿命化やライフサイクルコストの低減に資することが期待されます。

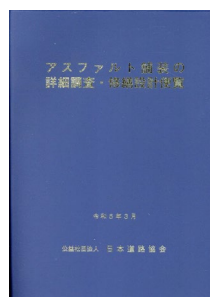


写真-1 アスファルト舗装の詳細調査・修繕設計便覧

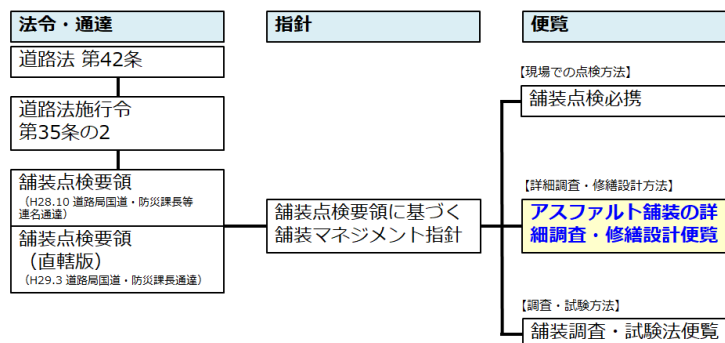


図-1 国土交通省の技術基準類の体系と本便覧の位置付け

### (13) 寒冷地切土法面の新しい凍上対策「ワンパック断熱ふとんかご工法」、颯爽と登場

寒地地盤チームが提案した寒冷地切土法面の新しい凍上対策である「ワンパック断熱ふとんかご工法」が令和4年9月に特許を取得しました（発明の名称：蛇籠及び法面の保護方法、特許第7142304号）。さらに、本工法に関する論文・発表が、令和4年12月に開催された第15回地盤改良シンポジウム（主催：（公社）日本材料学会）において、切土法面の凍上被害低減に資することが評価され、優秀発表者賞を受賞しました。また、令和4年度の寒地土木研究所の重点普及技術として、新技術ショーケースや講演会等を通じた普及啓発活動を行いました。従来の切土法面凍上対策である特殊ふとんかご工法と比較して、ワンパック断熱ふとんかご工法は、断熱効果が高いことに加えて、施工性に優れていることから、今後、現場への普及を進めていくことで、積雪寒冷条件下の切土法面の凍上被害の低減および現場作業の省力化や施工時の安全性向上が大きく期待されます。

ワンパック断熱ふとんかご工法は、①切土法面の凍上を防止、②対策後の維持管理の低減、③施工性と安全性を向上させた新たな凍上対策技術です。特長は、その名に違わず断熱材、排水ドレン材をふとんかごにワンパックで包み、さらに、かごを補強するとともに小型化を図り、クレーン等で吊り上げ、直接法面に設置することを可能としたことです（図-1、写真-1、2）。性能を確保しつつ、単純構造を実現するとともに小型化したことで、かごはあらかじめ平地で完成させることができ（切土工と並行して作製可能）、従来の特殊ふとんかご工法に対し、安全性と施工性の向上が格段に図られています。

凍上・凍結融解による影響を強く受ける地山条件や、斜面・高所での人力作業量を低減したい場合などに本工法の特長が活かされます。



写真-1 ワンパック断熱ふとんかごの施工状況

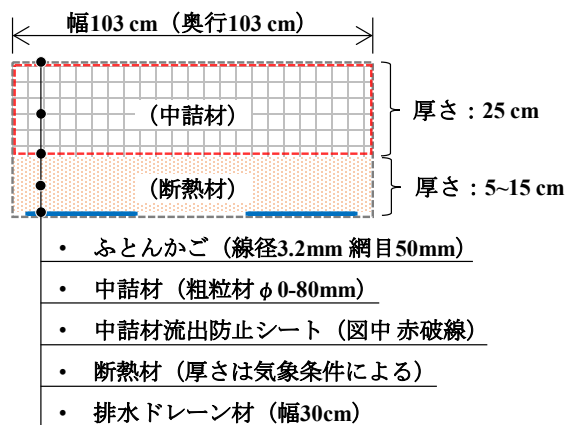


図-1 ワンパック断熱ふとんかごの標準断面図



写真-2 ワンパック断熱ふとんかごの設置状況

### (14) 備えろ！有機酸 ～下水道腐食対策の新たな挑戦～

下水道は我々が快適な日常生活を送るうえで欠かせないインフラとなっています。市民の多様なライフスタイルの進展に伴い、下水道にはいろいろなものが流入してきます。下水処理場では、流入してくる下水を様々な水槽を用いて処理していますが、これまでは下水中の硫黄化合物から生物・化学的反応に伴って生成する硫酸による腐食が大きな問題となっていたため、それに対応した防食被覆材が塗布されてきました。

しかし、近年では耐硫酸性の防食被覆材であっても、劣化する事例が報告されるようになってきました。その原因として、下水中の有機酸が疑われています。一口に下水中の有機酸といっても、多様な種類があります。その中で、我々の生活にかかわりの深い物質の例としては、分子サイズの比較的小さい酢酸（例：お酢）や乳酸（例：ヨーグルト）、分子サイズの比較的大きいオレイン酸（例：オリーブオイルなどの油脂類）などがあります。また、これらは生物の働きによって分解され、形態が変化していきます。

そこで、土木研究所では、防食被覆材を有機酸（試験薬液）の中に長期間漬け、有機酸の種類により膨潤・崩壊状況が異なることを確認しました。実験に使用したのは耐硫酸性の材料と、硫酸に加えて有機酸にも耐性を持つよう開発された材料（試験片）の2種類です。図-1の恒温水槽内に試験薬液（乳酸(5%)とオレイン酸(約75%)の2種類）に充たされたフラスコを設置し、その中に試験片を入れ、一定温度（23℃、55℃の2条件）下で、最大140日まで浸漬させました。耐有機酸を有する材料は、各条件ともに若干の変色はあるものの、140日間の浸漬では目立った表面の荒れや軟化といった変化は確認されませんでした。耐硫酸性のみの材料は、乳酸55℃とオレイン酸23℃、55℃条件において顕著な外観変化が確認されました。特にオレイン酸55℃条件では、実験開始前と比較して、7日間の浸漬で長さが各辺約1.3倍に膨潤し、その後10日程度で自重による崩壊が発生しました（図-2）。質量の変化は、オレイン酸に7日間浸漬した試料は約2倍に増加、乳酸に浸漬した試料は140日間の浸漬で約14%増加し、いずれも影響が確認されました（図-3）。

オレイン酸をはじめとする油脂類は、これまで管路を閉塞させるという物理的な問題に対する影響が指摘されてきましたが、今回化学的な問題についても課題が明らかになりました。本研究を進め、下水道施設の防食被覆材に関する基準の検討を進めてまいりたいと考えています。



図-1 浸漬状況

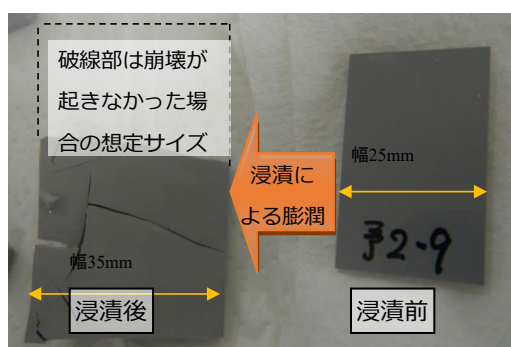


図-2 浸漬前後の比較（55℃4週間浸漬）

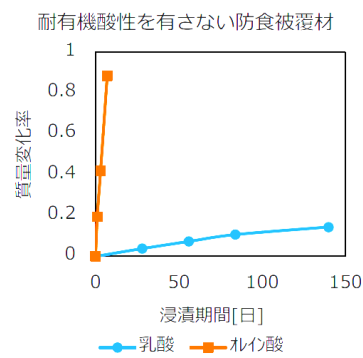


図-3 質量変化率の経時変化

### (15) 河川と橋梁の知見を融合した助言、被災橋梁の早急復旧に貢献

令和4年9月に発生した大雨では、熊本県の球磨川を渡河する球磨大橋において橋脚の沈下が発生し、全面通行止めを余儀なくされる被災が生じました(写真-1)。

土木研究所(以下、「土研」)は、道路管理者である熊本県からの技術支援要請に応じて橋梁を専門とする職員を現地に急派しました。また、派遣から1週間後にも河川と橋梁を専門とする職員が合同で現地調査を行い、橋脚周りの河床高や橋の三次元形状も簡易的に計測しました(写真-2)。橋の構造や現地調査で得られた情報を基に、橋の状態に関する所見に加え、これまでの洗掘被害に関する知見などを生かし、橋の安全性と応急復旧方法等について技術的助言を行いました(写真-3)。これらの助言も参考に、球磨大橋では応急組立橋を活用した迂回路の設置による応急復旧が行われ、発災から約6か月後に通行止めが解除となりました(写真-4)。なお、橋の本復旧については、高度な知見と技術力が必要なことから、国の権限代行による災害復旧事業として実施されており、土研でも引き続き復旧方法について技術的助言を行っています。

土研では、令和4年度から始まった第5期中長期計画で橋梁洗掘の予防保全に関する研究課題を開始しました。被災橋梁から得られた知見が橋梁洗掘の予防保全につながるように取り組んでいきます。



写真-1 橋脚の沈下



写真-2 現地計測の様子



写真-3 現地での技術的助言



写真-4 仮橋の完成式 (熊本県提供)



## (16)コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル2022年版の発行と国際貢献

これまで社会インフラとして多数のコンクリート構造物が建設されていますが、建設から長期間を経た構造物の割合が増加しつつあることから、これを適切に点検・診断し、必要に応じて補修等の処置を行う長寿命化技術の重要性が増しています。しかし、補修が必要になる構造物は設計や施工の品質、周辺環境などが様々であることから、補修を実施する技術者には高度な知識が求められます。

そこで、先端材料資源研究グループおよび耐寒材料チームは、平成28年にそれまでの複数の研究で得られた知見や技術指導等を通じて蓄積した知見を統合して、「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)」を発行し、適用される機会が多い表面被覆・含浸工法や断面修復工法、ひび割れ修復工法について、補修設計や施工の留意点を示しました。また、今回、前中長期計画(平成28～令和3年度)期間中に得られた知見を入れて改訂した「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル2022年版」を作成、公表しました。

補修の効果を得るためには、補修範囲や使用する材料などを適切に選定した上で、施工を適切に行うことが特に重要です。2022年版では、例えば、シラン系表面含浸工法を使用する場合に現場で簡易に含浸状況を測定できる方法(図-1)、吹付け工法で補修する場合の施工上の留意点などを追記しました。このマニュアルの知見は、国土交通大学や各地方整備局等で行われる研修でも活用する予定です。補修方法に関する知見が普及することで、コンクリート構造物の長寿命化に貢献することが期待されます。

また、国際的な技術基準について検討するfib(国際コンクリート連合)の活動にも委員として参加し、コンクリート構造物の保全・補修技術のガイドラインとケーススタディを紹介したfib技術資料(bulletin)102(図-2)に日本での研究事例を反映するなど、国際貢献にも取り組んでいます。

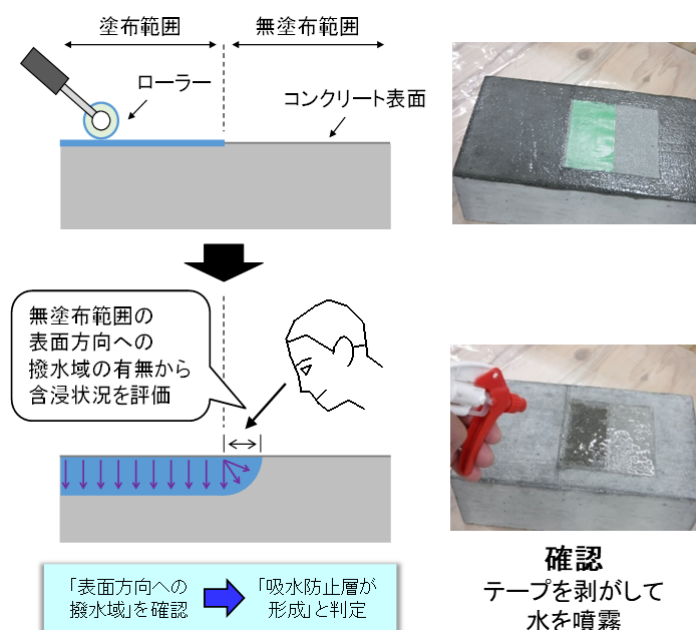


図-1 シラン系含浸材の含浸深さ確認方法

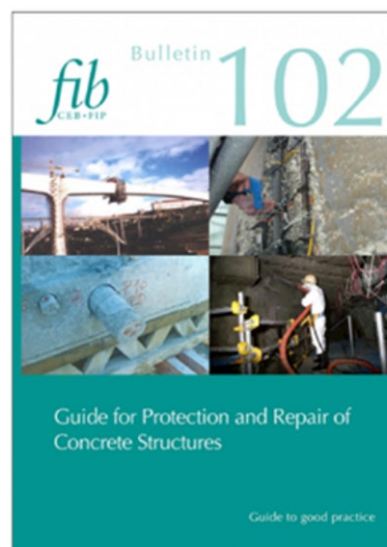


図-2 fib 技術資料 102

## (17) 道路橋の繊維補強コンクリート床版技術の現場実装に向けた取組み

近年報告が増えてきている鉄筋コンクリート床版上面の土砂化(写真-1)は、劣化の進行が速い傾向があり、短期間のうちに再補修とそれに伴う交通規制を頻繁に繰返している事例も見られています。このため、土砂化した床版を撤去・更新する際に用いる技術として、高耐久で軽量の床版技術が求められています。

コンクリート内部に鋼繊維または有機繊維を混入した繊維補強コンクリートは従来材料よりも高強度で各種劣化に対する抵抗性が高いことが期待できるため、これを用いた床版への期待が高まっていました。しかし、実績の少ない新材料を用いることから、その品質を評価する方法や、製作した床版の技術基準への適合性を評価する方法が確立されておらず現場実装への課題となっていました。

そこで、土木研究所では、繊維補強コンクリート床版等の開発者5社との「短繊維補強コンクリートを用いた橋梁床版の耐久性向上技術に関する共同研究(令和2~4年度)」を実施し、技術の現状を整理するとともに、床版の技術基準への適合性を評価する方法等について検討しました(写真-2)。また、これらの成果を踏まえ、国土交通省道路局および近畿地方整備局が策定した「道路橋の繊維補強コンクリート床版の性能確認マニュアル(案)」(令和5年4月、図-1)の原案作成において中心的な役割を果たしました。

「道路橋の繊維補強コンクリート床版の性能確認マニュアル(案)」を参考に、高耐久で軽量の繊維補強コンクリート床版が提案され、現場実装されることで維持管理コストの縮減が期待されます。



写真-1 土砂化による床版の劣化事例

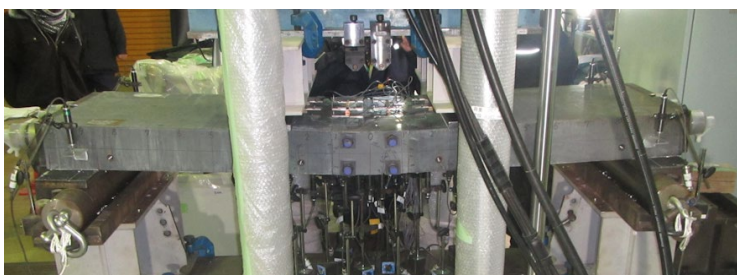


写真-2 接合部を含む繊維補強コンクリート床版の曲げ試験

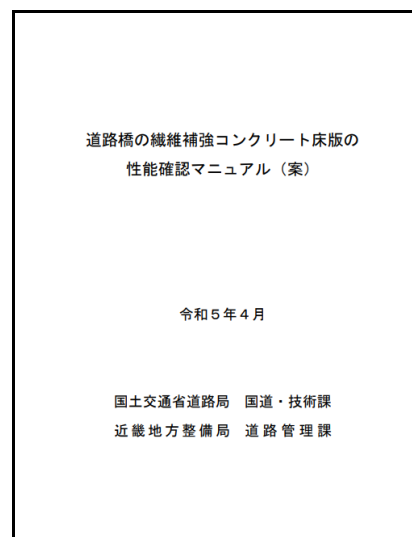


図-1 道路橋の繊維補強コンクリート床版の性能確認マニュアル(案)

## (18) 断熱材を活用したコンクリート舗裝修繕工法の普及

コンクリート舗装はアスファルト舗装よりもわだち掘れやひび割れに対する耐久性が高く、長寿命化によるライフサイクルコストの縮減が期待されています。一方で、図-1に示すようにコンクリート舗装は一枚板のような版構造であり、凍上により発生する凹凸に追従することができず上図のような状態となると、交通荷重がかかることにより早期にひび割れが入ってしまいます。このような理由から、積雪寒冷地でコンクリート舗装を用いる場合にはアスファルト舗装よりも凍上対策を手厚く行う必要があります。

このため、老朽化したアスファルト舗装を耐久性の高いコンクリート舗装へ打ち換えようとした場合、追加の凍上対策が必要になることがあります。このような場合、これまでの工法では凍結の入る深さまで道路を掘り下げ、凍上する土を凍上しない材料に置き換えなければならないと施工費・工期が増大します。この課題を解決するため凍結の侵入を抑える断熱材を用いた技術（断熱工法）の適用について研究を行いました。熱伝導解析（図-2）などの結果に基づいて断熱材の設置深さを決定し、試験施工（写真-1）により断熱効果を検証しました。その結果、断熱材を活用することで従来の工法よりも対策を行う深さを小さくすることができ、かつ十分な凍上抑制効果を得られることが明らかとなりました。

設計から施工までの一連の手法をとりまとめ「断熱材を活用したコンクリート舗裝修繕工法の設計・施工マニュアル(案)」(図-3)を作成し、実際の舗裝修繕工事で活用できるようにしました。本成果は国土交通省北海道開発局道路設計要領にも反映されています。本技術によりこれまでの工法と比較して凍上対策に伴う施工費や工期が圧縮され、アスファルト舗装に対しライフサイクルコストが有利となりコンクリート舗装の普及促進への貢献が期待されます。

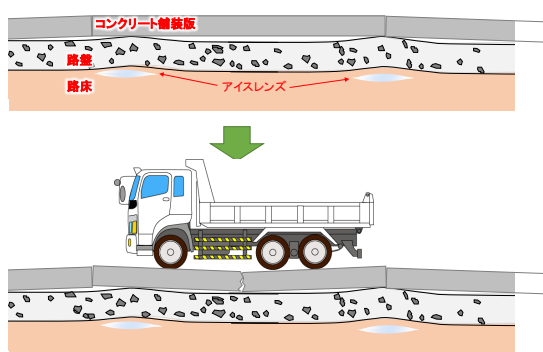


図-1 凍上によるコンクリート舗装の破損例



写真-1 断熱材の施工状況

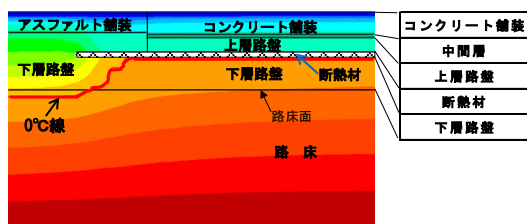


図-2 熱伝導解析結果の一例  
(断熱材により凍結の侵入が抑えられている)

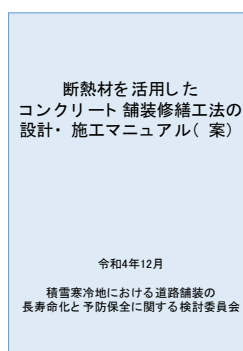


図-3 断熱材を活用したコンクリート舗裝修繕工法の設計・施工マニュアル(案)

### (19) 写真測量技術を活用した舗装ひび割れ部の欠損状況計測技術の開発

積雪寒冷地では、融雪期において舗装路面に発生したひび割れから浸入した水が凍結融解を繰り返し、アスファルト混合物の欠損（ひび割れの角欠け）やアスファルト混合物層間のはく離、ポットホール発生を引き起こします。ポットホールの発生を抑制するためには、ひび割れ部をアスファルト乳剤で封かんして水の浸入を減らすことが有効と考えられますが、その効果を定量的に計測評価する手法は確立していません。そのため寒地道路保全チームでは、ポットホール発生抑制対策の効果的な実施を支援することを目的に、写真測量技術を用いて舗装に発生したひび割れ部の欠損量を計測し、評価する手法について検討しました。

本検討は、ポットホール対策としてひび割れ部をアスファルト乳剤で封かんする処置を施した北海道内の一般国道を対象に実施しました。舗装に発生したひび割れ部の写真を複数撮影し、市販の SfM 処理ソフトウェアによって舗装の 3D モデルを構築しました（図-1、図-2）。そして、構築した 3D モデルからひび割れ欠損部の上部の幅等を計測しました（図-3）。計測結果より、アスファルト乳剤を散布した箇所は散布していない箇所よりも欠損量が小さいことや、経年変化による欠損量の変化を把握できることが明らかになりました。これらの一連の計測手法について、「写真測量技術を活用した舗装ひび割れ部の欠損状況計測マニュアル（案）」として技術資料を作成し（図-4）、欠損量を計測することによって適切な補修時期を判断しやすくするなど、ポットホール抑制対策の効果的な実施に貢献することが期待されます。

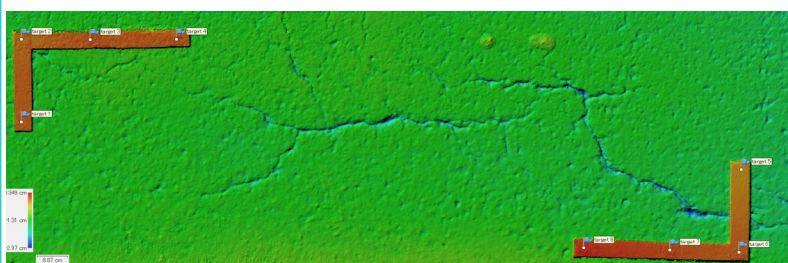


図-1 写真測量技術により構築した数値標高モデル（DEM）

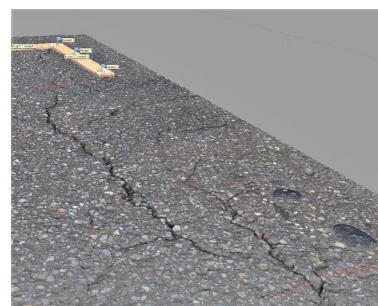


図-2 構築した高密度点群

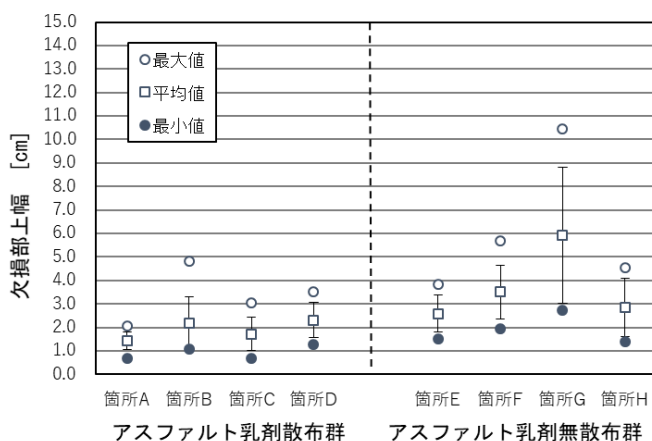


図-3 ひび割れ欠損部上幅

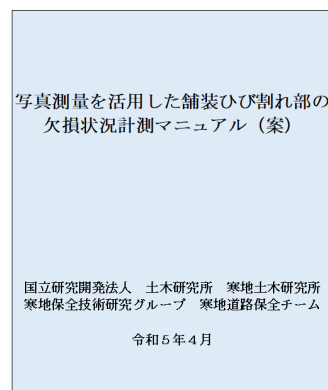


図-4 計測マニュアル（案）

## (20) 自律施工技術基盤 OPERA の整備

建設業において喫緊の課題になりつつある労働者不足に対応するため、建設機械の自律施工技術を活用した建設現場の省人化、生産性向上が期待されています。しかしながら、現状の自律施工技術は、極めて限定的な施工現場しか適応できておらず、今後さらなる研究開発を行う必要があります。一方、建設業特有の一品生産やクローズドな研究開発体制などにより、継続的かつ再利用性の高い自律施工技術の開発は困難であり、コストメリットの観点で他産業と比べると不利な状況になっています。そこで、先端技術チームでは、建設機械の自律施工技術の開発促進と普及を目的として、メーカーや特定のソフトウェア、システムに大きく依存しないオープンな開発環境（図-1、自律施工技術基盤 OPERA）を令和4年3月より公開しました。効率的な技術開発の実現を目指し、継続して機能の拡充等を行なっています。

OPERA は、共通制御信号、ミドルウェア、シミュレータ、建設機械および実験フィールドを含む実証試験環境により構成されます。共通制御信号は、異なるメーカーの機械や機種でも同様に制御が可能となるよう制御信号を統一したもので、令和4年度ではデータ辞書を作成し OPERA に実装しています。また、共通制御信号は OPERA のみでなく建設業界全体のルールにすることで更なる研究開発・普及の加速が期待されます。そこで、令和5年3月より複数の建機メーカーと共通制御信号に関する協議を開始しています。ミドルウェアは、ソフトウェアの機能単位であるプロセス間の通信をサポートする ROS (Robot Operating System) を採用しました。シミュレータおよび実証試験環境として、土木研究所が保有する建設機械および実験フィールドを仮想環境および実環境にて提供します。現状では、油圧ショベル1台とクローラダンプ1台の利用が可能です。

令和4年9月より OPERA を活用した自律運転技術の共同研究を開始し、国内14者の民間企業・研究機関と共に最適なユースケース検討およびシステム開発を進めています。建設機械施工の自律運転や遠隔操作技術に関する研究をどなたでもすぐに開始できるように OPERA の整備を継続して行い、技術開発の促進や普及に貢献していきます。



図-1 自律施工技術基盤 OPERA の構成

## (21) プレキャストコンクリートの品質確保に向けた取組み

国土交通省では i-Construction の3本柱の一つであるコンクリート工の「規格の標準化」の項目の一つとして、プレキャストコンクリートの活用を推進しています。工場で製造されるプレキャストコンクリートは、天候の影響を受けにくい安定した作業環境で製造できることなどから、生産性の向上や構造物の長寿命化に資するものとして期待されています。

プレキャストコンクリートの製造では、製造サイクルを速めるために、通常よりも高温な環境で養生する「蒸気養生」を実施しています。しかし、蒸気養生中にコンクリートが過度に高温になると、硬化後に長期間かけてコンクリートを膨張させる遅延エトリングایت生成という劣化が生じ、品質が低下するおそれがあります。また、近年では、大型のプレキャストコンクリートを用いて構造物を構築する事例も増えていますが、コンクリートが厚く大型になるとコンクリートが硬化するときの発熱によってさらに温度が上昇することが懸念されます。このような大型のプレキャストコンクリートの温度管理は、製造者が個々に実施している状況であり、管理方法の適切さを受発注者間で確認する方法は明確になっておりませんでした。

そこで、土木研究所では、道路プレキャストコンクリート製品技術協会との「道路土工構造物ボックスカルバート用プレキャストコンクリート製品の継手構造及び耐久性評価に関する共同研究（平成29年度～令和3年度）」を実施し、蒸気養生時の温度管理に関する実験（写真-1）や解析等から特に注意が必要な製造条件（表-1）を整理しました。コンクリートの打込み温度や蒸気養生の最高温度の設定によっては、コンクリート温度が過度に上昇するおそれがあるため、製造前に温度の確認が必要であることを提示しています。

共同研究の成果は、共同研究報告書としてとりまとめ、共同研究者を通じて製造者に周知しました。本研究で整理した情報を参考に、適切にコンクリート温度を管理して製造を行うことで、今後も活用の推進が期待されるプレキャストコンクリートの品質確保につながるものと考えています。



写真-1 プレキャスト工場で作成した温度測定用の試験体

表-1 事前にコンクリート温度の確認が必要な製造条件

	部材厚 310mm 超 ～500mm 以下 (下記の両方に該当)	部材厚 500mm 超 ～700mm 以下 (下記の両方に該当)	部材厚 700mm 超 ～1000mm 以下 (打込み温度のみ)
打込み温度	30℃以上	25℃以上	25℃以上
蒸気養生の最高温度※1	50℃以上	50℃以上	※2

※1：最高温度の保持時間は4時間以上を想定

※2：部材厚が700mmを超えるような場合には水和熱の影響が支配的になるため、打込み温度25℃以上では蒸気養生の最高温度の設定に関わらずコンクリート温度が過度に上昇するおそれ

## (22) 水の再利用技術の国際標準化を推進

気候変動や人口増加の影響により、水問題の深刻化が世界規模で懸念されています。例えば、OECDの予測では、2050年には世界人口の40%以上、39億人が深刻な水ストレスを受ける河川流域に居住すると見込まれています。我が国では、全人口は減少傾向ですが、都市域の人口割合は高く、集中する水需要への安定的対応が求められています。国内の水資源の地理的、季節的分布状況には偏りがあり、これまでも課題となってきた渇水について、気候変動影響により発生頻度や規模が一層深刻化する懸念があります。

このような国内外の状況の中で、日本は処理性能や省エネ特性、経済性等に優れた水処理技術を有しており、膜処理やUV消毒、オゾン処理、イオン交換等の先進的技術を国内外に展開しています。今後、世界市場におけるプレゼンスをさらに高め、より積極的に国際貢献と水ビジネスの強化を図ることが求められています。

このため、ISO/TC282 (Water reuse : 水の再利用、図-1) を、日本と中国が共同幹事国、イスラエルより議長を出して平成25年6月に設立（現在は中国が単独幹事）、国土交通省水管理・国土保全局下水道部流域管理官が国内審議団体となり、国内の関係機関および各国と協力して、再生水利用の国際規格の開発を進めています。特に、TC282分科会SC3（再生水システムのリスクと性能評価）では日本が幹事国・議長（船水尚行室蘭工業大学理事・副学長、令和25年3月時点）を務め、日本の優れた水処理技術を世界標準とする国際規格化を推進しています。

このSC3のWG2（性能評価）座長を土木研究所水質チーム上席が務め、土木研究所におけるオゾン処理やUV消毒等による再生水の水質リスク低減効果の定量的解明等の研究成果も活用して、国際標準化の推進に貢献しています。特に、再生水処理技術の性能評価規格ISO 20468シリーズの開発により、環境効率性（低炭素）や経済性も含めた再生水処理技術の適切な性能評価方法をガイドライン化し、日本を含めた先進的な水処理技術の特徴・利点が十分に評価されて持続可能な再生水利用につながるよう、国際貢献を進めています。令和4年度末時点で、ISO20468シリーズの国際標準規格を8件発行済み（Part 1～8）、続く2件（Part9、10）も開発中で、さらに幅広く貢献していきます。

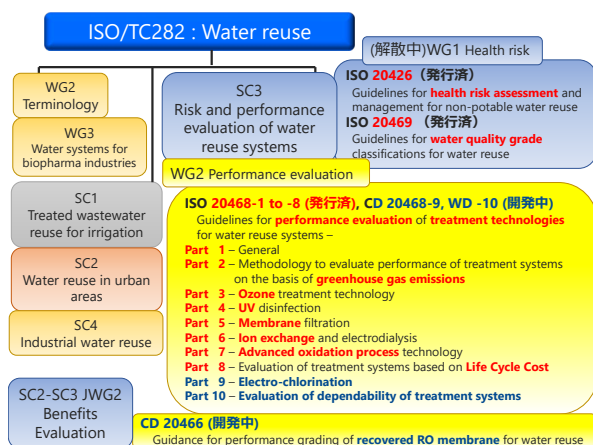


図-1 TC282の構成の概要(令和5年3月時点)

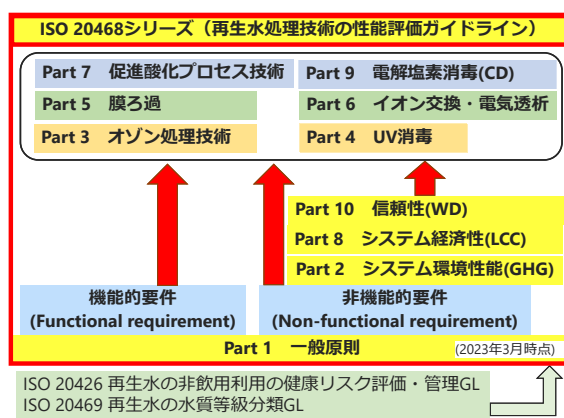


図-2 ISO 20468の規格構成(令和5年3月時点)

### (23) 河川 CIM に貢献する 3次元の多自然川づくり支援ツールの成果普及

土木研究所自然共生研究センターでは、治水と環境に関する検討を並行して進めることができる「3次元の多自然川づくり支援ツール」の開発を進めています。本支援ツールを構成するツールとして、これまで河川環境を簡易に評価できる「EvaTRiP」、柔軟に地形編集をすることで河川環境を検討しやすくする「RiTER Xsec」、EvaTRiPの機能を拡張した「EvaTRiP Pro」を開発してホームページなどで公開してきました。加えて、ゲームエンジンで作成する仮想現実 (VR) やバーチャルツアーなどを使った河川景観の評価に関する実験を実施し、その実用性を確認しました。令和3年度以降は、本支援ツールの現場実装に向けて、国土交通省など河川管理者への情報共有、各ツールの解説動画公開、講習会の開催、土研新技術ショーケースや建設技術展への展示など、様々な成果普及にも取り組んでいます。

令和4年度末には、公益財団法人リバーフロント研究所から「多自然川づくりの高度化を目指した河道の3次元設計ツール導入手引き(素案)」が発出(図-1)し、本支援ツールの成果が活用されています。この手引きに関して、土木研究所では技術的監修や手引き自体の作成支援などの役割を果たしました。また、令和3年度以降、直轄5河川(沙流川、最上川、阿武隈川、雲出川、川内川)で「3次元の多自然川づくり」が試行されています。土木研究所はこれら全河川において、本支援ツールを用いた河川環境評価などに関する技術支援を行っています。試行河川の1つである雲出川(三重県)では、平均年最大流量および整備計画流量を対象に、EvaTRiP Proによる瀬淵やアユの産卵場の面積や樹林化の程度の把握などが実施できました。その他、かわまちづくりの現場などにおいてバーチャルツアー作成講習会の開催や、オンラインセミナーやオンデマンド配信を通じて、操作方法などの解説を河川管理者、建設コンサルタント、大学の研究者を対象に行っています。これまでにオンラインセミナーを3回開催したほか、解説動画を公開しています(YouTubeにおいて関連動画8本(合計視聴回数約7,400回(令和5年3月末現在)))。本支援ツールは、国土交通省が推進する河川CIMへのより一層の貢献(図-2)も見据えて、今後も機能を拡充するとともに講習会や解説動画を充実させることで幅広く普及させたいと考えています。

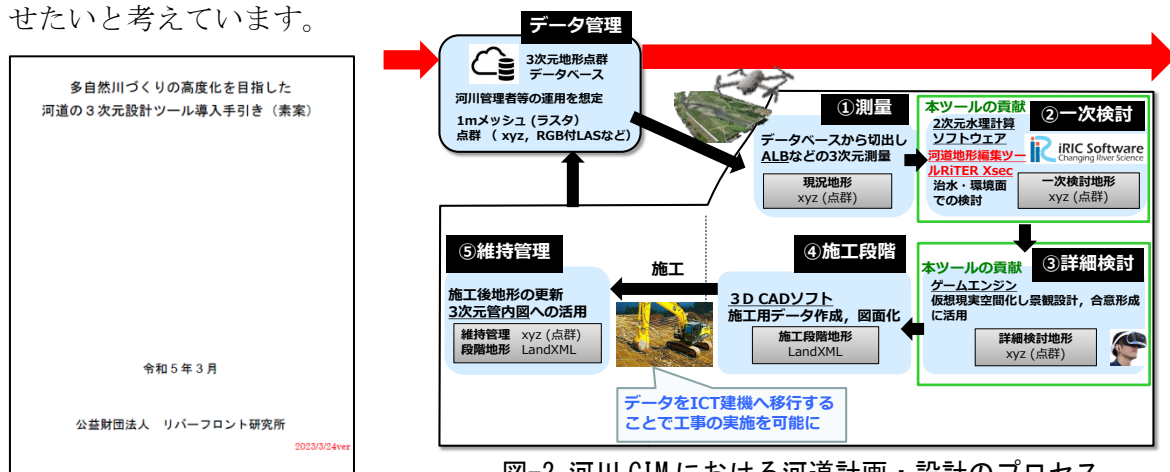


図-2 河川 CIM における河道計画・設計のプロセス (緑枠が本支援ツールの貢献部分)

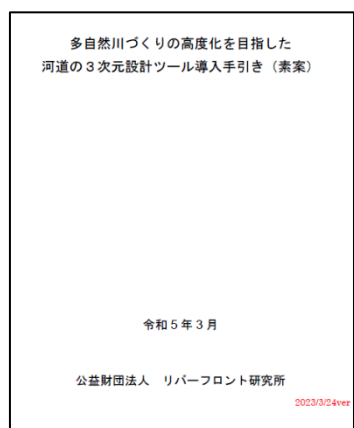


図-1 手引き (表紙)



## (24) 凍結防止剤散布支援システムの開発と実用化

凍結防止剤散布等の除雪作業従事者の担い手不足解消等が喫緊の重要な課題となっています。これらの課題を解決するため、凍結防止剤散布（図-1）において、経験の浅いオペレータでも作業可能で、かつ将来的なオペレータの一人乗車において、安全で確実な散布作業を可能とする凍結防止剤散布支援システムを開発しました。

本システムは図-2に示すように3つのツールで構成します。まずSTEP1、対象路線の凍結防止剤散布パターン（散布箇所・散布量・散布向き等）をシステム管理者が帳票形式や地図にマッピングして作成します。次にSTEP2、GNSSでの計測により凍結防止剤散布車の道路上の位置を特定して、要散布箇所手前で散布条件を図中に示すように運転手手前のモニターに表示し、併せて警告音によって散布することをオペレータに知らせます。さらにSTEP3、凍結防止剤を事前に設定した散布パターンに従って自動で散布方法（散布箇所・散布量・散布向き等）を可変して散布します。

凍結防止剤散布作業は前方を視認しながら安全に作業を実施しなければなりません。支援情報の提供により道路前方の注視率が低下することが既往研究での課題でした。そこで音声散布機能を開発し、前方を視認しながら安全に散布作業ができるようにしました。図-3に示す自動散布ソフトは、ソフトの画面を作業前に1回タッチするだけで自動散布を実行可能です。

国土交通省北海道開発局において、令和3年度に8つの開発建設部で各1台、令和4年度には函館と稚内を加え全ての開発建設部で各1台（計10台）試行導入されました。実地において機能性の検証を行った結果、本システムにより、事前に決められた箇所・散布方法で散布されることを確認しました。音声散布機能については、実用レベルでワンマン化に必要な機能として特に評価されました。本システムの散布精度は、事前に設定した散布位置と概ね（82%）一致し、実用的なレベルでシステムが稼働できています。



図-1 凍結防止剤散布支援システムの散布状況

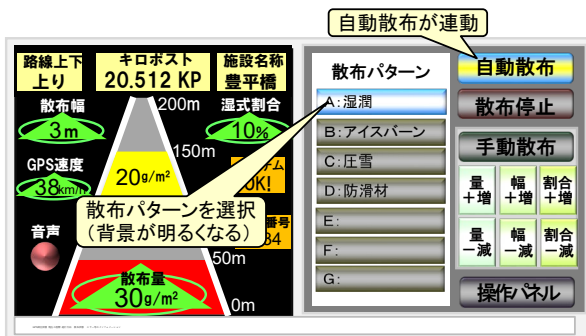


図-3 自動散布ソフト

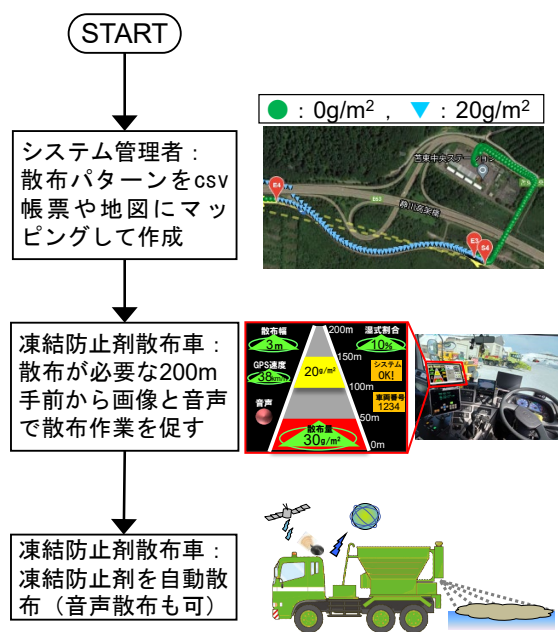


図-2 凍結防止剤散布支援システムの散布フロー

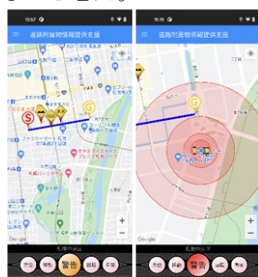
## (25) 除雪車オペレータ用道路付属物位置情報提供アプリの開発

現在の国道の除雪車はオペレータと助手の2人乗りを基本としていますが、将来的に労働者人口が減少することにより、除雪車をオペレータ1人で運転する、いわゆるワンマン運用が求められています。冬期の道路機能確保は特に都市間移動距離の長い地方部でも重要となりますが、労働者人口の減少が顕著になると想定されており、ワンマン運用への対応は喫緊の課題です。また、除雪グレーダに関しては、現在は転倒時保護構造（ROPS）を有する一人乗り運転室のみの製造となっており、新規購入する除雪グレーダは既に1名しか乗車することができない状況です。

除雪施工は夜間、早朝の作業が多いうえ、天候によって待機時間が変動するため、オペレータは過酷な労働環境にあります。ワンマン運用では主に助手が行っていた周辺安全確認などをオペレータが1で行うこととなり、更なるオペレータの負担増加が懸念されます。また、オペレータには卓越した運転操作技術と路線を知り尽くした熟練度が要求されますが、運転操作技術の高い熟練オペレータは順次引退し、将来的には習熟度の低い若手オペレータによるワンマン運用増加が予想されます。そこで、除雪基地等の遠隔地からオペレータをサポートしたり、除雪車から位置情報、オペレータの心拍等の生体信号、動画等の情報をリアルタイムに取得したりと、除雪基地でモニタリングすることができるような「除雪車オペレータ支援システム」に取り組んでいます。しかし、近い将来のワンマン運用の本格導入に対応するため、まずは広く迅速に普及できる低コストなシステムの導入が喫緊の課題です。

ワンマン運用の課題の一つに、除雪グレーダ等による除雪施工で、作業上注意が必要となる橋梁ジョイントやマンホールなどの道路付属物に衝突しないよう、除雪ブレードの回避操作を行うことがあげられます。ワンマン運用では、除雪施工を行いながら、主に助手が行っていた周辺安全確認もすべてオペレータが行わなければならないため、道路付属物回避を失念してしまうことや、逆に道路付属物を注意するあまり周辺安全確認がおろそかになることが懸念されます。そこで、低コストで導入が容易なオペレータ支援技術として、マンホールや橋梁ジョイント等の道路付属物の位置を音声ガイダンス等で伝えるスマートフォン用のアプリを開発しました（図-1、2）。本アプリはワンマン運用のオペレータの負担軽減、および除雪施工全般の安全性向上にも効果が期待されます。

※ ここで、道路付属物とは、法令で定める道路付属物の他、マンホールや橋梁ジョイント等の除雪作業に支障となるものを想定。



登録作業中 運用中

図-1 アプリ画面の一例



図-2 公道での試験除雪施工

## (26) 積雪寒冷地のラウンドアバウト整備に対する技術支援

北海道道 1180 号きたひろしま総合運動公園線は、北広島市共栄と北海道ボールパーク F ビレッジを結ぶ新たなアクセス道路 (L=2.4km) として、令和 5 年 3 月に新規供用されました。本道路と北広島市の市道との交差点 (北広島市西の里) に、道道として初めてラウンドアバウト (円形の平面交差で環道において車両が時計回りに通行する構造のもの) が採用されました。土木研究所は、「積雪寒冷地におけるラウンドアバウトの設計技術と普及促進に関する研究」を実施しています。令和 2~4 年度に亘り、当所寒地交通チームおよび地域景観チームの主任研究員が北海道庁から専門員 (交通工学、景観工学) の任命を受け、ラウンドアバウトの設計・運用に関する技術指導を行い、本整備に貢献しました。具体的な技術指導は以下の通りです。

- 1) 令和 2 年 11 月、上記道路の計画・設計に従事する北海道空知総合振興局札幌建設管理部の担当者を引率し、当時すでにラウンドアバウトが運用されていた国道 228 号上ノ国町大留交差点の現地視察会を行いました。そのとき、同交差点の設計および広報などを担当した道路管理者並びに自治体の職員も含めて、災害に強いなどのラウンドアバウトの利点の整理や、主たる設計要素 (外径、幾何構造) および交通ルールの周知などの広報活動に関する情報交換を行いました。
- 2) 令和 3~4 年に亘り、ラウンドアバウトの具体的な設計要素 (外径、幅員、エプロン構造、中央島構造、路面標示など) や管理 (除雪、植栽管理) に関する打合せを行いました。その中で、ドライバーの視距の適切な制御を実現する中央島構造の採択、植栽維持管理の低減化に資する材料の適用、除雪作業を考慮したエプロン構造の採択などを取り入れ、積雪寒冷地に配慮したラウンドアバウトの実現に貢献しました。
- 3) 令和 4 年 3~12 月まで本交差点工事が行われ、令和 4 年 12 月に交差点 2 枝の部分的供用、令和 5 年 3 月に交差点 3 枝の全供用に至りました。このとき、ラウンドアバウト運用開始に向けて、ラウンドアバウトの交通ルールの周知などの広報活動についても、具体的な説明内容および利用ツールについて技術指導しました。

土木研究所では、これまでも長野県や山形県の自治体による社会実験協議会に参加するなど、新たな交差構造であるラウンドアバウトの社会実験や実運用に貢献しました。引き続き、国内各地におけるラウンドアバウト普及のため、活動を継続していきます。



図-1 ラウンドアバウト外観

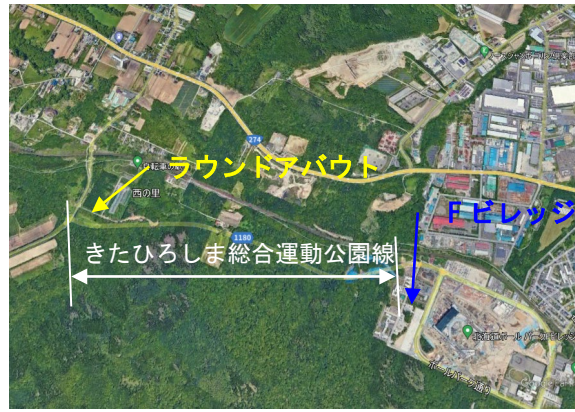


図-2 現地平面図

## （27）建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアルの改訂

トンネル、切土工事などで発生する岩石・土壌（以下「発生土」という）には、天然の状態で重金属等の有害物質が含まれることがあります。平成15年に施行された土壌汚染対策法は人為由来の汚染を対象にしていますが、同法の対象外である自然由来重金属等を含む発生土についても環境安全性評価が求められる場面が増加し、その結果、土壌汚染対策法の評価方法を準用した場合に基準値を超過する発生土が少なからず存在することがわかりました。

土木研究所では、平成14年より自然由来重金属等を含む岩石の調査・研究を開始し、平成19年には民間5社とともに共同研究報告書を公表しました。平成22年には国土交通省主催の委員会により、土木研究所の研究結果を反映した「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（暫定版）」が公表されました。マニュアル（暫定版）の公表以降も、土木研究所では重金属等を含む発生土に関する調査・評価・対策の研究を継続し、科学的知見を蓄積（図-1）するとともに、年間20現場、30回程度の技術相談を通じて、最新の研究成果に基づく現場状況に合わせた発生土の評価や対策に関する提案を行い、対応の合理化に貢献してきました。平成29年の土壌汚染対策法の改正では、自然由来重金属等を含む汚染土壌の取扱いに関する緩和措置として、本マニュアルの内容が参考にされています。一方、マニュアル（暫定版）公表後の土木研究所の研究結果や技術相談事例を踏まえて、よりわかりやすいマニュアルにする必要性が高まりました。そこでマニュアル改訂委員会が国土交通省により組織され、令和5年3月に国土交通省ホームページにて「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（2023年版）」が公表されました（写真-1）。

マニュアル（2023年版）では、土木研究所における豊富な現場経験を整理し、対応の考え方や検討の流れが明確化されました。また、国土交通省各局をはじめ、民間団体を含む各方面に意見照会を行い、実際の利用者の意見を広く取り入れることで、現場で適用しやすいものになりました。マニュアルの改訂によって、自然由来重金属等を含む発生土の有効利用が促進されるものと考えています。



図-1 実態に即した溶出現象評価のための実験の継続的な実施例（土研式雨水曝露試験）

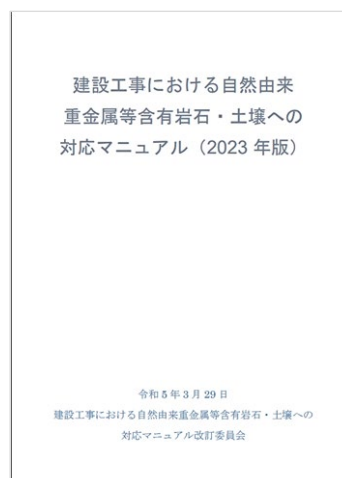


写真-1 マニュアル 2023年版

## (28) 環境負荷低減形防食塗装系の構築に向けた共同研究の開始

橋などの主要な部材に用いられている鋼材をサビから守るために、防食塗装が広く適用されています。これまでの防食塗装において、長年にわたって使われてきた「溶剤形塗料」には、光化学オキシダントや浮遊粒子状物質（Suspended Particulate Matter, SPM）といった大気汚染物質の原因物質の一つである「揮発性有機化合物（Volatile Organic Compounds, VOC）」が多く含まれています。国内における VOC 排出総量のうち塗料・塗装由来のものは4割程度を占めており、これらはわが国における最大の発生源となっています。大気汚染を改善し持続可能な社会を実現させるためには VOC の排出抑制が欠かせません。一方最近では、橋などの現場塗装時における労働災害が相次いで発生していることを受けて、従来よりも厳しい水準での安全性の確保が求められています。VOC は揮発して蒸気となりやすく、これにより引火・爆発や吸引による中毒の危険性が高まることから、これらの労働災害のリスクを低減する観点からも VOC 削減は不可欠であり、そのための技術開発に対する期待が高まっています。

塗装における VOC 排出量を大幅に削減するためには、溶剤形塗料の使用を減らし、その代わりに水を溶剤として用いる水性塗料や、有機溶剤の含有量・使用量が少ない無機系塗料などの環境負荷低減形塗料へ転換していくことが有効です。しかし、これまで実績のない新しい塗料を社会実装していくためには、これらの特性を正しく把握し、技術的な課題の改善を図り、橋梁用塗料に求められる性能水準を満足することを綿密に検証する必要があります。

土木研究所ではこれら環境負荷低減形塗料に関する研究を効率的・効果的に行うために、国内の橋梁用塗料主要メーカー全社を含む述べ14社（水性塗料6社、無機系塗料8社）の民間企業と共同研究を開始しました。この共同研究では、塗料製造業の業界団体である（一社）日本塗料工業会や、塗料検査に係る第三者機関である（一財）日本塗料検査協会と、現状の課題認識や新しい試験評価技術等について意見交換を行うなど、他機関とも連携し、環境負荷低減形塗料の品質評価技術の開発や各種性能の評価（写真-1）、現場塗装品質を確保するための技術開発（写真-2）などに取り組んでいます。



写真-1 暴露試験や促進試験等による防食性・耐候性・長期耐久性の確認



写真-2 橋梁を模擬した実大試験体を用いた現場施工性の検証

## (29) 一般市民への無電柱化技術の成果普及

電柱の倒壊による災害時の被害や電線・電柱の存在による景観悪化などの課題解決のために、「無電柱化」の推進は重要です。地域景観チーム・寒地機械技術チームではこれまで、特に景観向上効果の高い自然田園域を対象に、景観評価に基づく多様な手法の提案や、トレンチャー掘削機械を活用した地中化の施工効率化(図-1)など、低コスト技術の研究開発や普及に取り組んできました。一方、日本の道路には未だ多くの電線・電柱があり、人々にとって日常の風景として当たり前になっていることから、今後更に無電柱化を進めるためには、国民の理解の促進や意識の醸成が必要不可欠です。

そこで、次代のまちづくりを担う子供達を主なターゲットに、これまでの研究成果を基に、おもちゃや工作などを使った「電柱の無い街ミニチュア」を作成し、楽しみながら無電柱化を学んでもらう取り組みを行いました。

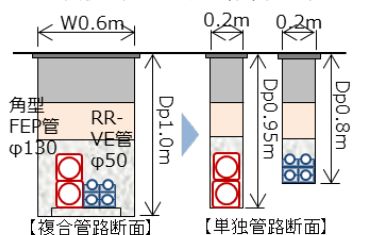
まず、無電柱化法で定められた毎年11月10日の「無電柱化の日」に合わせ、北海道開発局と連携し体験イベントを行いました(図-2)。参加者には、ミニチュア上で電柱の配置を変えたり、ライブカメラで電柱のありなしの見え方の違いを覗いてもったり、電柱の無い街を体験してもらいました。ミニチュアの活用により、子供達だけでなく親や幅広い年代の方々に興味を持ってもらえ、無電柱化の意義を広く発信することができました。

また、札幌市立伏見小学校5年生120名を対象に、NPO法人電線のない街づくり支援ネットワークと連携し出前授業を行いました(図-3)。授業は、クイズを中心とした座学と、この知識を基にミニチュアで電柱を建ててみる体験を組み合わせました。これにより、電柱の倒壊による災害時の被害や景観の悪化などの課題を「楽しんで・見て・体験」でき、電線・電柱方式が当たり前ではないことの「気づき」を得てもらうことができました。授業前後の意識調査では「電柱が無いほうが良い」が24%→89%に大きく変化しました。

今後も、研究成果を学べる場づくりを継続し、無電柱化の推進に貢献していきます。

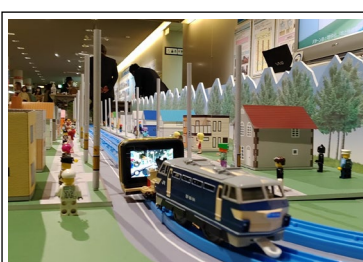


▲細い掘削断面内への管路敷設の試験を行い、十分な作業性を確認



▲試験により単独管路断面を実証  
電力事業者による単独地中化にも対応

図-1 トレンチャーによる細溝掘削断面の管路敷設試験



▲鉄道模型に載せたライブカメラで電柱ありなしの景観を体験

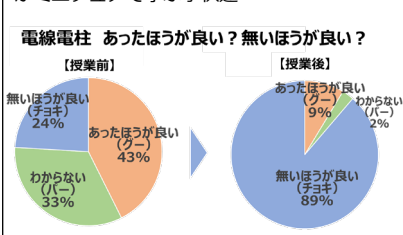


▲「電柱えんぶつ」はマグネット式で自由に建てることできる

図-2 体験型ミニチュアで「無電柱化」を発信



▲電柱の配置で災害や景観にどう影響があるかミニチュアで学ぶ子供達



▲意識調査では「電柱が無いほうが良い」が24%→89%に変化

図-3 出前授業：札幌市立伏見小学校5年生対象

### (30) JICA 研修を通じた「道の駅」モデルの海外展開への貢献

国土交通省「道の駅」第3ステージでは、地方創生・観光を加速する拠点としての機能強化が掲げられ、「道の駅」の海外展開の拡大も期待されています。

海外でも、道路インフラを生かした地域開発モデルとして、「道の駅」は高く評価され、東南アジアや中南米諸国を中心に「道の駅」をモデルとした沿道施設の導入が進んでいます。一方、計画・設計や運営・管理の技術については十分に認識されておらず、地域振興効果を発現していない事例もみられます。地域景観チームでは、「道の駅」の施策の推進に資する研究開発および現場支援を行っており、そこで得た知見を基に、JICA 北海道センターと連携し、外国の中央政府・自治体の職員等を対象とした『「道の駅」による道路沿線地域開発研修』の企画および主任講師を務めています。「道の駅」モデルを導入する国や地域の実情にあわせた技術支援を通じ、「道の駅」の海外展開に貢献しています。

#### (1) 中米・カリブ7カ国を対象とした「道の駅」による道路沿線地域開発研修

中米・カリブ7カ国向けの研修は、平成29年から取り組んでおり、令和4年度は、研修員として、7カ国から中央政府職員や自治体の首長や職員など計13名が来日し、8月30日～9月29日の期間実施されました。「道の駅」をメインテーマにシーニックバイウェイや6次産業化に関する講義や、「道の駅」視察(写真-1)、意見交換が行われ、持続可能性を高める整備プロセスや運営手法など仕組みづくりの重要性を示すとともに、各研修員の帰国後のアクションプラン作成を支援しました(写真-2)。

また、令和5年2月13日～21日には、中米グアテマラにおいて開催された、過年度研修員向けの現地補完研修において主任講師を務め、5カ国13名の帰国研修員のアクションプランの進捗と課題を共有し改訂を支援しました。今後、国や地方公共団体などの関係機関が連携しながら「道の駅」モデルの調査や整備が進められる予定です。

#### (2) 南米パラグアイでの現地指導 — 同国対象の新規研修立ち上げに向けて —

南米のパラグアイにおいても、「道の駅」モデル導入の機運が高まっており、令和5年2月23日～28日に、同国中央省庁の要請により、JICA調査団としてパラグアイに派遣されました。現地開催の「道の駅セミナー」において基調講演の講師を務めたほか、現地沿道施設での技術指導を行っています(写真-3)。令和5年度からは、パラグアイを対象とした国別研修が実施される予定です。



写真-1 来日研修における「道の駅」現地での技術指導



写真-2 帰国後に取組むアクションプランの作成支援



写真-3 「道の駅」モデル導入予定地における技術指導(パラグアイ)

### (31) 土壌の生産性を損なわない農地整備手法の普及

北海道では、広大な大地を活かし、大規模で生産性の高い農業を展開しています。北海道の食料自給率（カロリーベース）は200%を超えており、我が国最大の食料供給地域となっています。北海道が引き続き我が国の食料供給を担うためには、農地の大区画化などの農業生産基盤の整備によって生産性の向上、労働力不足の克服を図る必要があります。

大区画化の施工に当たっては、作物生育に影響する表土の物理性（土壌水分、透水性等）を良好に保つことが必要です。しかしながら、施工現場では、施工機械による走行、練り返しにより表土の物理性が悪化する恐れがあります。特に、積雪寒冷地で施工期間が限定されている北海道では、施工業者が降雨後の早期に施工を開始して表土の物理性を悪化させ、農作物の栽培に影響を与える場合があります。

資源保全チームでは、この現状を踏まえて、表土の物理性が悪化しやすい軽埴土（粘土含量が比較的多い）の場合を対象に、施工による表土の物理性の悪化が抑えられる土壌水分値を明らかにし、それと地耐力との相関を基に、地耐力値を施工開始の判断基準として整理しました。また、降雨後の土壌水分の日変化から降雨後の施工開始までの目安などについても取り纏めました。

これらの整理内容を主体とした「農地土壌の作物生産性を考慮した区画整備マニュアル」（図-1）を作成し、行政機関への説明（写真-1）やホームページ等を通じて、周知、普及を図っています。

また、このマニュアルは国営事業による農地の大区画化等を進めている国土交通省北海道開発局の農地再編整備事業に関わるマニュアルにも反映され、北海道内各地で進む圃場整備事業推進に貢献しています。



図-1 区画整備マニュアル  
(軽埴土)



写真-1 行政機関への農地整備手法の普及活動



### (32) 地震で被災した農業用パイプラインの復旧対策の検証

農業用パイプライン（以下、パイプライン）は農地に必要な用水を供給する施設です。地震災害で基幹的なパイプラインが被災すれば、その受益地域の農業は致命的な打撃を受けます。地震によるパイプラインの破損には、地震動の揺れの作用に加えて、地震動に伴い発生する動水圧（以下、地震時動水圧）が関与していると考えられます。しかし、地震時動水圧によるパイプラインの破壊機構は明らかではありません。そのため、現状のパイプラインにおいて地震時動水圧の対策はほとんど施されていません。

水利基盤チームでは、東日本大震災を契機として、供用中の農業用管水路において地震時動水圧の観測を継続的に実施しています（写真-1）。この観測は、地震発生時に備え、地震動の加速度と管水路内の水圧データを継続して取得しているものです。これまでの観測データの解析から、震度6強の地震動ではパイプラインの設計水圧をこえる地震時動水圧が発生することが分かりました。このような研究成果を踏まえ、平成30年北海道胆振東部地震で被災したパイプラインの調査が実施されました。その結果、曲管部近傍における管体継手部の離脱や空気弁の破損などの被害は、地震時動水圧が要因であると考えられました。こうした研究成果と調査結果を反映して、農林水産省の「土地改良事業計画設計基準（設計 パイプライン）技術書」（令和3年3月）には、地震時動水圧に関する内容が記載されました。これを機に地震時動水圧に関する研究への期待はさらに高まっています。

以上のような経過を背景に、北海道胆振東部地震による被災から改修したパイプラインでは、地震対策として管体離脱防止対策工が施工されました。水利基盤チームは、農林水産省からの要請も受けて、管体離脱防止対策工法の有効性を検証しています。パイプラインの改修に合わせて、管内の地震時動水圧、管体および地盤の層別沈下、地下水位の観測システムを設置しました（写真-2）。国土交通省北海道開発局が設置したひずみおよび変位量の観測と合わせて、改修後の管体の沈下過程、通水時などにおける管体の挙動、地震に対する管体離脱防止対策工の応答などを施設管理者とともに監視しています。現在までのところ、観測データは想定される変化の範囲内を推移しています。これらのデータは、今後、地震時動水圧などに対応するパイプラインの地震対策技術の開発に資することが期待されます。



写真-1 農業用パイプラインにおける地震時動水圧の観測システム



写真-2 管水路への沈下計の設置状況

### (33) ROV や高解像度魚探ブイを使用した沖合域人工魚礁周辺の環境把握

日本の漁業生産量は、昭和59年をピークに令和2年には約3分の1に減少しており、水産資源の回復が急務となっています。そこで、水産資源の回復や生産力向上を促進するため、排他的経済水域内の沖合域において大規模な漁場整備事業が国主導によって進められており、北海道周辺においてもこうした漁場を整備することが期待されています。

水産土木チームでは、沖合域における人工魚礁の整備効果を定量的に捉えるため、遠隔操作型無人潜水機（Remotely operated vehicle : ROV）を用いた採泥や、高解像度計量魚群探知機搭載ブイ（高解像度魚探ブイ）を用いた魚類増集状況の調査を実施しています。

海底の底質を把握するために行う採泥ですが、水深が深い場所では直接潜って試料を採取することができないため、船上から採泥器を垂らして行う手法が用いられます。しかし、この方法では採泥器が海底に着底するまでに潮流に流されるため、採泥したい地点から採泥できているかどうかは判りません。そこで、水中映像を見ながら操作できるROVに採泥器を取り付け、人工魚礁との位置関係を確認しつつ狙った箇所から採泥することにより、人工魚礁が周辺環境に及ぼしている効果を詳細に把握することができるようになりました。また、従来の魚群探知機では魚の存在を大まかな魚影として捉えるのみでしたが、高解像度魚探ブイは魚の個体毎に魚体長および尾数を判別できることから、漁獲調査等を並行して行い調査結果を比較することで、一定程度の魚種の判別まで行うことが可能となりました。

こうした手法により人工魚礁が周辺環境や魚に及ぼす効果を詳細に解析し、効果的な漁場整備手法を構築することによって、沖合域における漁業生産力の向上が期待されます。

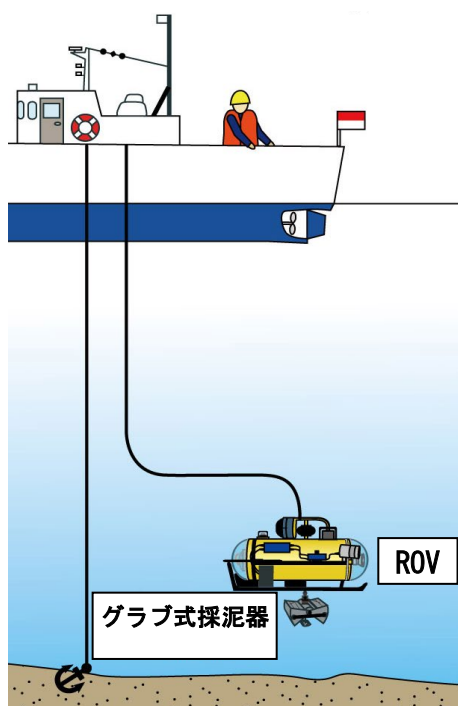


図-1 ROVによる海底からの採泥イメージ

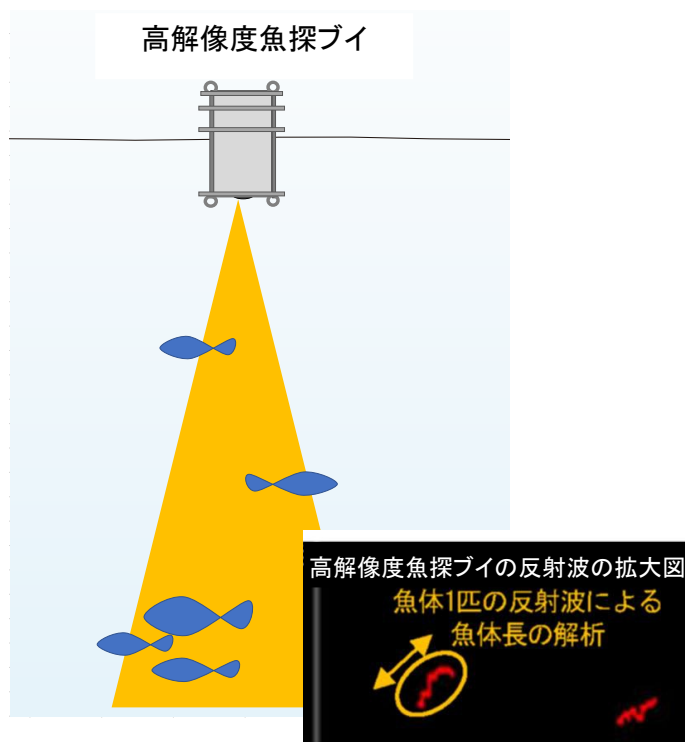


図-2 高解像度魚探ブイによる魚体の把握

### (34) 複数種の海藻が繁茂する藻場における繁茂状況の評価精度の向上

藻場は、魚介類にとって産卵や稚仔魚<sup>ちしぎよ</sup>の育成の場として重要な役割を果たしていますが、近年は気候変動等により藻場が消失する「磯焼け」と呼ばれる現象が多発しており、全国的に面積が減少しています。特に北海道の日本海側ではその傾向が顕著になっており、藻場の回復・増大の対策が喫緊の課題となっています。他方、近年、地球温暖化対策として、海草や海藻が生長する際に吸収するCO<sub>2</sub>に着目したブルーカーボンへの関心が高まっており、こうした観点からも藻場造成に関する調査研究が進められています。

実効性の高い藻場の回復・増大対策を行うためには、海藻の生育状況を正しく把握するモニタリングが不可欠ですが、水中の調査は労力・費用・時間を要するため、藻場の繁茂状況を適切かつ詳細に把握している地域は多くありません。水産土木チームでは、ドローン等の技術を用いて簡便に高精度で藻場の繁茂状況を把握するモニタリング手法の開発を行っています。

既往の研究において、主要種が単一の種である藻場を対象に、現地調査により測定した数箇所の海藻被度（海藻が海底を覆う面積の割合）と、その地点におけるドローンの画像データを結びつけることにより、海藻被度と画像データの間関係を整理し、その関係を用いて調査地域全体の海藻被度分布画像を作成しました。一方、藻場には、複数の種類の海藻が低被度で混生している群落があり（図-1）、このような藻場においては、海藻の種類ごとのデータ数が少ないことから、海藻被度と画像データの間関係について有意性をもって整理することができないため、精度を確保したモニタリングの実施が困難となっています。

そこで、日本海側の寿都漁港<sup>すっつ</sup>を対象に空間解像度を細かくしたドローン空撮を行い、現地調査結果と結びつける画像データの数を確保することにより、藻場の有無を70～80%の精度で評価できることを確認しました（図-2）。今後、研究を進めて海藻被度を分類する精度を高め、より適切な藻場分布と現存量の評価を実現することにより、藻場回復やブルーカーボンの取組の推進へ貢献することが期待されます。

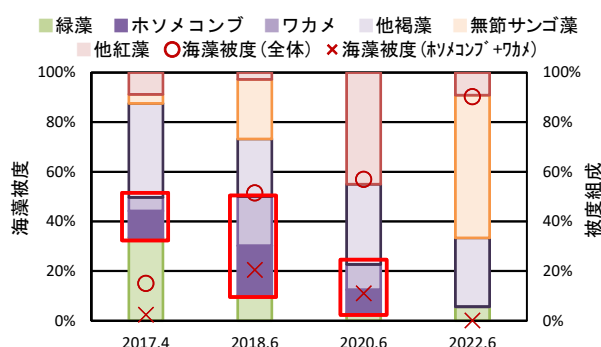


図-1 海藻被度と被度組成の経年変化  
(混生群落の事例)

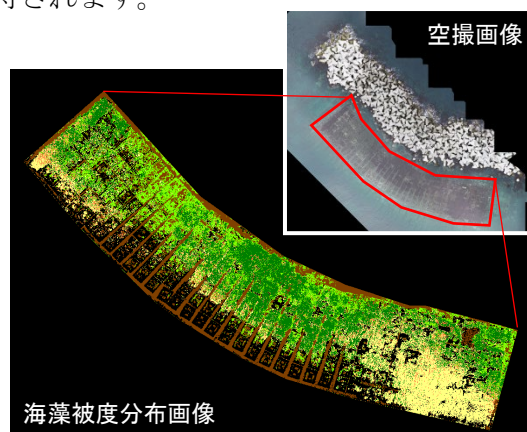


図-2 空撮画像と海藻被度分布画像  
(寿都漁港：空間解像度 0.1m)

(黒:0%, 茶:1~4%, 橙:5~24%, 黄:25~49%, 黄緑:50~74%, 緑:75~100%)

(35) デジタル技術を活用した研究成果を普及 ～生産性向上を目指しDXを推進～

寒地技術推進室では、第66回北海道開発技術研究発表会と同時開催されたインフラDX・i-Construction 展示・体験会（令和4年2月14～16日）に、デジタル技術を活用した研究成果を出展し、その普及を行いました。

寒地土木研究所からは以下の4技術を展示し、実際の機器を用いたシミュレーション操作などにより、来場者に開発技術のデモ体験をしていただきました。来場者からは「技術の進化が大変興味深かった」などの声をいただきました。

◆3D 浸水ハザードマップ作成技術（図-1）

河川氾濫などにおける想定浸水状況を Google Earth やその Street View に表示する技術です。想定浸水状況を直感的に把握でき地域住民の方などの円滑な避難行動への活用が期待されます。

◆写真計測技術を活用した斜面点検手法（図-2）

無人航空機 UAV を活用し、斜面点検時の撮影写真を画像処理することで、斜面変化をより客観的・定量的に把握できる技術です。現地調査を省力化・効率化し、点検精度の向上が期待されます。

◆吹雪時の視程推定技術と情報提供（図-3）

気象庁から配信される風速などの情報と寒地土木研究所が開発した気象条件から、視程を推定・予測する技術です。PC・スマホ版で公開しており、吹雪時の安全な交通行動の判断に貢献します。

◆ROV（水中カメラロボット）の活用（図-4）

ROV は構造物水中部の状況を光学カメラにより確認できる機器です。潜水士によらず水深が深い箇所の調査を船上から行うことができ、作業の安全性の向上が期待されます。

寒地土木研究所では、今後も引き続き、土木業界全体の生産性や一般ユーザーの利便性向上を目指し、デジタル技術を活用した技術開発を進め、DXを推進して参ります。



図-1 3D 浸水ハザードマップ作成技術

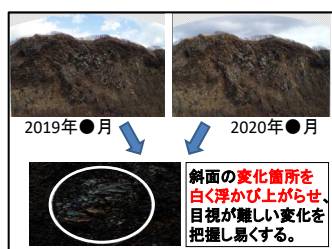


図-2 写真計測技術を活用した斜面点検手法

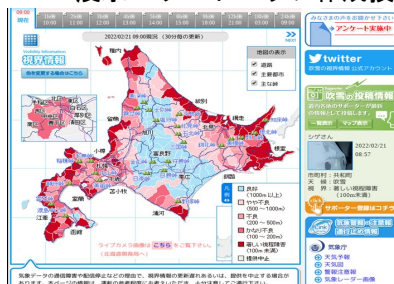


図-3 吹雪時の視程推定技術と情報提供

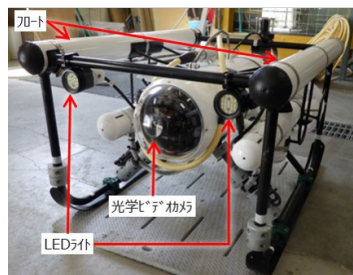


図-4 ROV（水中カメラロボット）の活用

### (36) 次期戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) の課題成立に貢献

「第6期科学・技術イノベーション基本計画（令和3年3月26日）」を受けて、内閣府・戦略的イノベーション創造プログラム（以下「SIP」という）では、我が国が目指す将来像（Society5.0）の実現に向けて、令和5年4月からスタートするSIP第3期で取り組むべき14のミッション（課題）が設定されました。SIPは、各課題を強力にリードするプログラムディレクター（PD）を中心に産学官連携を図り、基礎研究から実用化・事業化、すなわち出口までを見据えて一気通貫で研究開発を推進するものです。

令和4年度は、SIP第3期の開始に向けて、各課題のフェージビリティスタディ（以下「FS」という）が実施されることとなり、土研は課題候補の1つである「スマートインフラマネジメントシステムの構築」の研究推進法人を担いました。研究推進法人はプロジェクトマネジメント機能や研究開発機能など、国立研究開発法人の専門性を活かした役割が期待されます。SIP第3期課題候補「スマートインフラマネジメントシステムの構築」に係る分野は、極めて広範囲に及ぶとともに、実施にあたっては社会実装に向け技術開発に限らず、事業や制度、社会的受容性、人材育成等の幅広い視点からの取組が求められます。さらに、自ら研究開発を行うことに留まらず、他機関を含めたプロジェクトマネジメントを行うことは、土研として初の業務であり新たなチャレンジでした。

また、土研はSIP第3期に研究開発サイドとしても参画する可能性があるため、利益相反の観点から研究推進法人の業務を担う部門は既存組織と明確に区分する必要があります。そこで、理事長直属の組織として令和4年8月に「戦略的イノベーション研究推進準備事務局」を新たに立ち上げ、課題候補に関するFSと社会実装に向けた戦略および研究開発計画案（以下「戦略および計画」という）の策定に向けた検討を、プログラムディレクター（PD）候補である久田真東北大学教授の指揮の下、有識者や内閣府、関係省庁等、数多くの関係者と議論や困難な調整を重ねながら丁寧かつ迅速に実施しました。FSでは、200件を超えるRFI（Request For Information）と関係省庁から提案されたテーマ、土研による追加調査（将来からのバックキャストによる課題抽出、50名以上の有識者からのヒアリングなど）を実施し、これらの検討過程を経て5つのサブ課題が設定されました。

その結果、令和5年1月26日のガバニングボードにて「スマートインフラマネジメントシステムの構築」がSIP第3期の課題として決定され、パブリックコメントが実施されました。その後、ガバニングボードによる審議等を経て、令和5年3月16日に戦略および計画が決定されるなど、土研の活動がSIP第3期の課題成立にあたり大きな貢献をしたものと考えています。

令和5年度から開始されたSIP第3期の研究推進法人を土研は引き続き担うこととなりました。我が国のイノベーション創出に向け、土研の持つ総合力を発揮して、引き続き業務に取り組んでいきます。

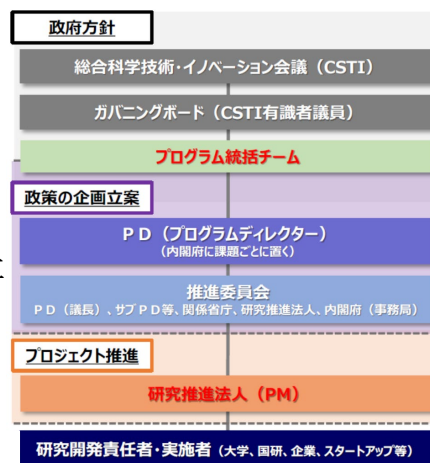


図-1 SIPの推進体制  
(内閣府ホームページより)

