

令和5年度土木研究所の 取組みにおけるトピックス

(1) 「オホーツク海における海氷の減少による波パワーの増大」に関する国際論文が国内外で大きな脚光を浴びました

■研究概要

北海道北部に隣接するオホーツク海では、地球温暖化による海氷の減少に伴い、波浪増大が懸念されている。しかし、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であった。寒冷沿岸域チームでは、過去40年間における波浪シミュレーションから、オホーツク海の波パワーの長期トレンドとその要因を調べ、同海域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った(図-1)。また、波パワー増加の主な原因が、海氷減少にあることを世界で初めて証明した。なお、この研究成果は、英国のシュプリングァー・ネイチャー社発行の国際科学誌『Scientific Reports』に掲載された。

■研究の注目ポイント

本研究では、海氷域の長期的な波浪変化に対する海氷と海上風の影響を定量的に示しており、このような例は世界的に見ても少ない。この成果は、海氷域での長期的な波浪変化メカニズムの更なる理解につながり、同海域における波浪予測の高度化、ひいては気候変動への適応策に貢献することが期待される。

■令和5年度の成果

Scientific Reports 誌は、自然科学分野のあらゆる領域を対象としたオープンアクセスジャーナルで、毎年ダウンロード数が多かった論文の上位100位までを各分野で公表している。本研究論文は、2023年のEngineering分野(掲載論文数4,000編以上)および、Earth, Environmental and Ecology分野(同3,000編以上)で上位100以内に選定された(図-2)。

また、この成果は、複数の新聞記事(朝日新聞、北海道建設新聞、中部経済新聞、静岡新聞、京都新聞及び福井新聞並びに化学同人発行の月刊「化学」、2023年7月号「化学掲示板」)に掲載され、国内でも大きな反響を呼んだ。

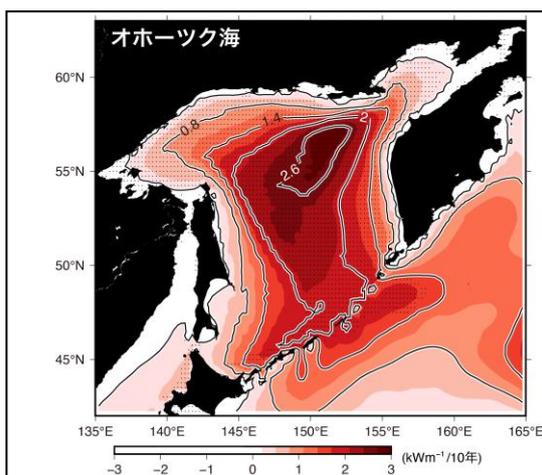


図-1 冬季における波パワーのトレンド。



図-2 Scientific Reports によるTOP100のロゴ。

(2) ICHARM の研修事業

■取組概要

ICHARM では政策研究大学院大学 (GRIPS)、国際協力機構 (JICA) と連携して、主に開発途上国の行政官を対象とした水防災にかかる人材育成のための研修事業 (修士・博士課程教育) を推進している。具体的には、2007 年から修士コース、2010 年から博士コースをそれぞれ開設し、世界各国での水防災分野の政策立案・実行においてリーダーシップを発揮できる専門人材の育成を行っている。

さらに帰国後の研修修了生がどのように研修成果を活用しているのかを確認するとともに、母国で直面している課題や解決策を共有・議論するためのフォローアップセミナーを毎年開催している。

■取組の注目ポイント

これまでに 37 カ国から計 199 名 (2023 年 9 月末時点) の修士号・博士号取得者を輩出しており、世界各国の水防災政策推進を担う中核的なリーダー育成に大きく寄与している。また国連水会議 2023 をはじめとする世界的なイベントや国際学会の場で活躍する研修修了生も出始めており、世界的に注目を集めている。

■令和5年度の成果

これまでの国際的人材育成の功績が認められ、令和5年6月に ICHARM は、GRIPS、JICA とともに、JAPAN コンストラクション国際賞 (先駆的事業活動部門、国土交通大臣表彰) を受賞した。また博士課程の受入れ学生数は過去最大の 10 名となっている。



写真-1 森グループ長 (右から 2 番目)、
齊藤鉄夫国土交通大臣 (中央) と他受賞者



図-1 JAPAN コンストラクション国際賞表彰状



写真-2 2023 年卒業生



写真-3 アフリカの 2023 洪水に関する国際会議
話題提供者全員が ICHARM 出身者

(3) 河川砂防技術基準（調査編）R5 改定への反映による社会実装

■研究概要

国土交通省の定める河川砂防技術基準では、河川、砂防、地すべり、急傾斜地、雪崩及び海岸に関する調査、計画、設計及び維持管理を実施するために必要な技術的事項を定めており、日本全国の河川・砂防事業等の調査・計画・設計・維持管理で活用されている。河川砂防技術基準は定期的に改訂され、土砂管理研究グループでは調査・試験・研究の成果公表を通じて新たな技術的知見を提供している。

■令和5年度の成果

令和5年度の河川砂防技術基準(調査編)の改定では、土石流・流木対策、地すべり対策、雪崩対策で4つの研究成果が反映され、社会実装が期待される。

土石流・流木対策では、第3節「流木の発生・堆積・流出等に関する調査」で無人航空機(UAV)による流木調査手法が、第6節「緊急ソフト対策に関する平常時の調査」で合成開口レーダによる火山噴火時の降灰範囲推定手法が新たに盛り込まれた。地すべり対策では、「第3節 緊急時の調査」に地すべり災害対応のBIM/CIMモデルの活用が新たに盛り込まれ、災害時の緊急対応に用いる技術として普及が期待される。また雪崩対策では、無人航空機(UAV)による雪崩調査時の留意点をまとめた土木研究所資料が参考資料として盛り込まれるなど、各分野における研究成果に基づく知見が反映された。

■研究の注目ポイント

流木流出災害発生後、安全を確保しつつより正確・迅速な流木量の把握を可能とするため、無人航空機(UAV)と写真から三次元形状を復元する技術(SfM)による流木調査手法を開発した。また、人工衛星に搭載された合成開口レーダ(SAR)の2時期画像間の相関係数(コヒーレンス値)と火山噴火による降灰範囲の関係を調査し、火山噴火時に現地調査が不可能な場合でも降灰範囲を安全に把握する手法を開発した。

地すべり対策では、短時間で作成可能なカラー点群データ等によるBIM/CIMモデルを開発し、バーチャル被災現場として活用することで災害対応時の情報共有や対応策検討の迅速化に貢献する。雪崩では、山間地での現地調査に対して、UAVを使った雪面斜面の撮影および計測手法について検討をおこなった。

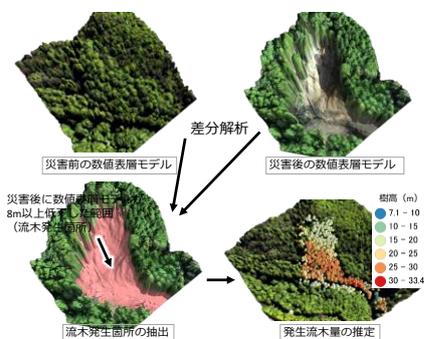


図-1 UAV調査での発生流木量の算出
(小柳ほか、2022より引用)

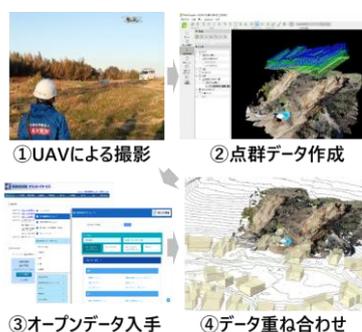


図-2 地すべり災害対応の
BIM/CIMモデル作成方法



図-3 UAV調査で取得した雪崩
斜面の三次元点群データの
イメージ

(4) 吹雪予測情報提供と SNS やメディアを通じた普及・啓発

■取組概要

極端な暴風雪や降積雪に伴う車両の立ち往生や長期に亘る通行止め等により、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。雪氷チームでは視程と気象条件(降雪量、風速、気温等)の関連性を解明し、独自に開発した吹雪時の視程推定手法を用いて、平成24年度から北の道ナビ「吹雪の視界情報(北海道版)」サイトにより吹雪時の視程予測情報を継続的に試験提供し、令和元年度からは北海道の広域で視界不良が予測された際に SNS を利用して情報提供することで、道路利用者の災害リスクの低減を図っている。

■取組の注目ポイント

継続的に Web サイトや SNS で吹雪視程予測情報の発信に取り組み、メディアでも紹介されることで本サイトの認知度が高まり、令和5年度冬期の日平均アクセス数は約1万1千件と広く利用される状況となった。過年度に実施した Web 方式アンケートにおける”視界不良が予測された場合の行動”では、73%が「行動や予定を変更する、または変更するが多い」と回答し、本サイトが吹雪回避の判断に寄与していることが分かった。

■令和5年度の成果

北海道雪害対策連絡部会議での吹雪災害に関する注意喚起、吹雪災害に関する取材対応、EE 東北や技術者交流フォーラム事業 in 留萌における講演などの普及啓発活動により、吹雪災害への理解を高めることで、吹雪災害の被害軽減に向けて貢献した。

日本海側北部を中心に数年に一度の猛吹雪となった1月24日には、一日のアクセス数が提供開始以降最大となる約3.7万件となるなど、暴風雪発生が予測される時にタイミング良く SNS で発信することで、吹雪視界予測情報の利用を促進し、道路利用者の暴風雪時の安全性、安心感の向上に貢献した。



写真-1 メディアや各種会議にて視程予測情報を提供

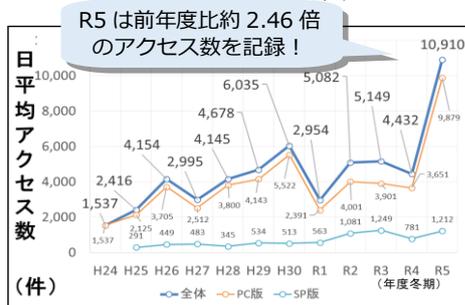


図-1 Webサイト「吹雪の視界情報」年度別日平均アクセス数の推移(H24~R5)

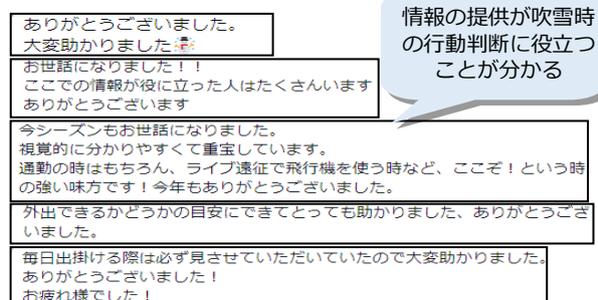


図-2 X(旧 Twitter)の3/27投稿(R5年度最終)に対する主な返信

(5) 谷埋め高盛土の地震時変形量評価手法・変状対策手法の提案

■研究概要

平成16年新潟県中越地震、平成19年能登半島地震、平成23年東日本大震災、令和6年能登半島地震などの近年の大地震において、谷部を横断する道路盛土が崩壊し、地震後の道路交通機能の確保に支障となる事例が報告されている(写真-1)。本研究では、このような道路盛土の被害を軽減し、地震後も一定の道路機能を確保するため、新設時の適切な設計法の提案とともに、既設に対する合理的な耐震補強工法の開発に取り組んでいる。

■研究の注目ポイント

発災後早期の道路機能回復を目指すという施策方針を踏まえ、地震後に道路機能への影響が生じやすい谷埋め高盛土を対象として研究に取り組んでおり、盛土ののり尻を補強する対策の一つである「ふとんかご」によるのり尻補強対策により崩壊を抑制でき、地震後の道路機能の早期確保に貢献できることを確認した。

■令和5年度の成果

細粒分を多く含む盛土材料で構築された盛土の遠心模型実験結果を、数値解析で概ね再現できることを確認した。また、「ふとんかご」を施工した遠心模型実験と数値解析を行った結果、のり尻にふとんかごを設置することで、地震時の変状を抑制できることを確認するとともに、これらを数値解析でも概ね表現できることを確認した(図-1)。



(a) 平成16年新潟県中越地震 (b) 平成19年能登半島地震 (c) 令和6年能登半島地震

写真-1 これまでの地震において被災した谷埋め高盛土

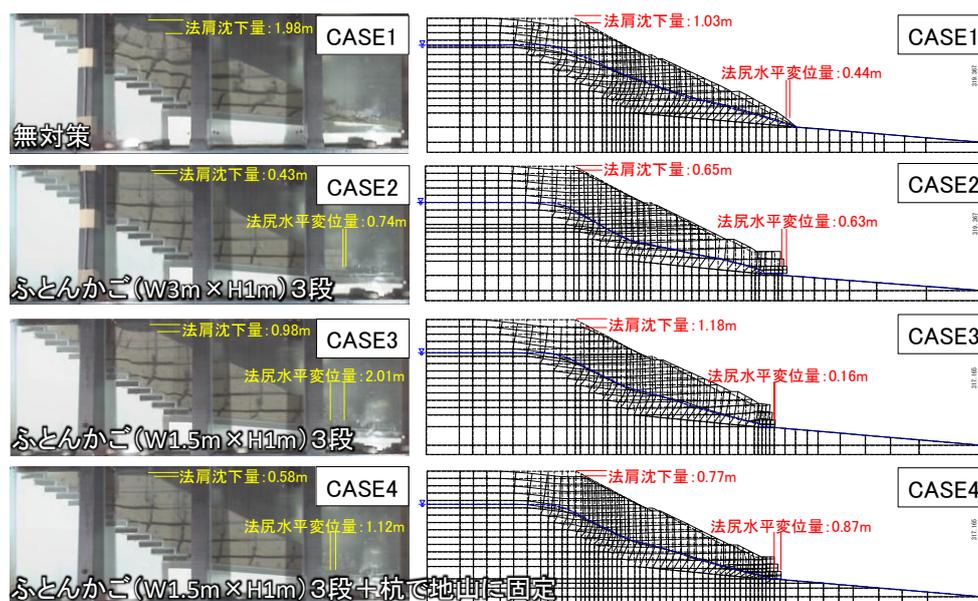


図-1 「ふとんかご」によるのり尻補強対策を行った実験と数値計算結果

(6) 原位置液状化試験法「振動式コーン試験法」の開発

■研究概要

液状化の発生有無を判定する際に用いられる従来の地盤調査法には、精度確保の面で課題が残されているため、本研究では、地盤の液状化特性を原位置で把握するための新たな手法として、振動式コーン試験法の開発に取り組んでいる。

■研究の注目ポイント

振動式コーン試験法では、地盤に原位置で振動を加えることにより、試料の乱れの影響のない高精度な試験データを得ることができる。本研究では、試験機器を改良することで、試験法のさらなる高精度化に成功した。また、本試験法は河川堤防の耐震性評価にも適用され、液状化対策工の設計合理化に貢献できる見通しを得ている。

■令和5年度の成果

本試験法に用いる振動式コーンプローブについて、起振力の増強、地盤反力の推定精度向上、プローブ軸方向の水平加速度分布の把握、加速度計測値のノイズ低減など、様々な改良アイデアを盛り込んだプローブ4号機的设计・製作を過年度に行った。令和5年度はプローブ4号機を用いた現場実験を行い、起振力や水平反力の推定等の問題が改善されていることを検証した。

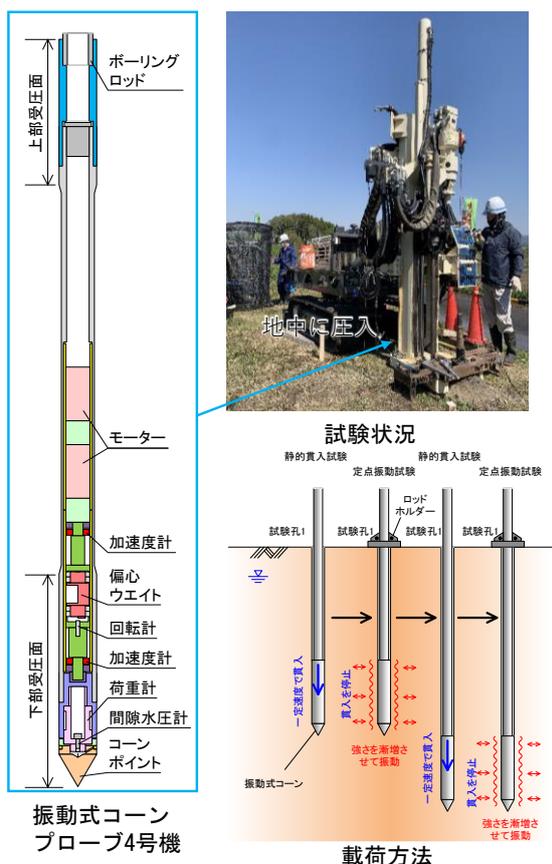


図-1 振動式コーン試験法の概要

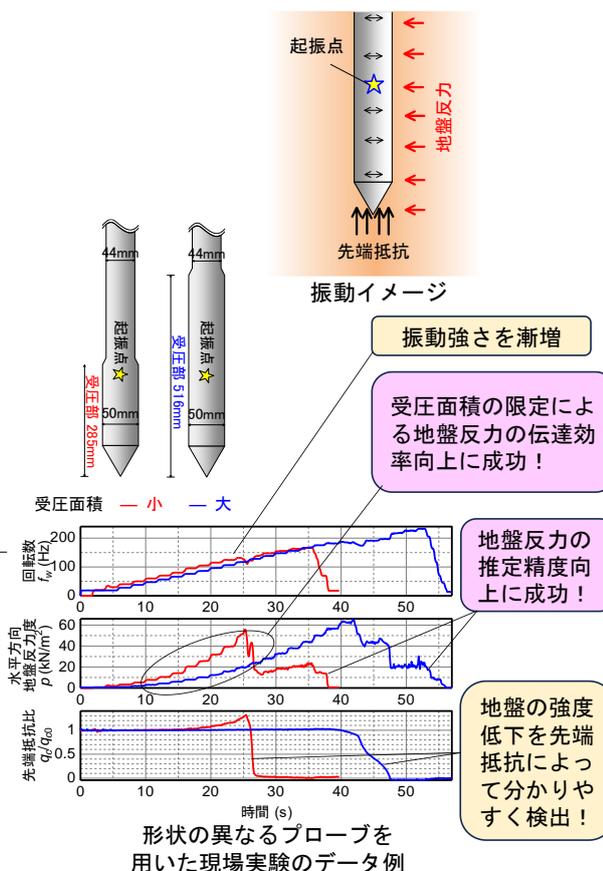


図-2 現場実験による検証データの例

(7) 環境に極限まで配慮した新たな流水型ダムの水理設計 (受託研究)

■研究概要

令和2年7月豪雨による一級河川球磨川の甚大な被害を契機として、球磨川の最大支川である川辺川に、新たに流水型ダムの計画・調査検討が現在進められている。

流水型ダムとは、ダムの底部に放流設備を設けることで、平常時は水を貯めずに、洪水時のみ貯留することで、洪水調節を行う治水単目的のダムである。つまり、平常時は河川の水の流れが維持されるため、環境への影響を小さくできるダム形式と考えられている。

土木研究所では、令和4年度より、治水と環境の両立に向けた新たな流水型ダムの具現化に向けて、水理模型実験による受託研究を実施している。

■技術面における注目ポイント

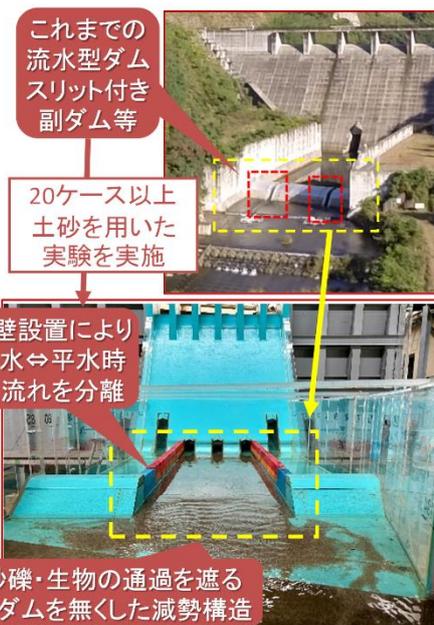
流水型ダムの減勢工には、高落差からの放流エネルギーを減勢する機能と、土砂通過および生物の移動経路となる機能が求められる。減勢には副ダムが一般に用いられるが、土砂と生物の観点では障害物となり要求機能が相反する。

そこで繰り返し実験を行う中で、減勢工に隔壁を設け、洪水時と平水時の流れを対象流量別に分離することで、環境に極限まで配慮した中央部の副ダムを無くした構造を導き出した。

■技術的支援および社会的観点における主な成果

大学等外部関係者との密な連携による十分な技術的検討体制の構築に加え、環境アセスメントに関する委員会、国会議員、地元首長、マスコミ等の水理模型実験視察の受け入れや動画撮影による情報発信を行い、技術検討と理解促進を短期間で同時に進めた。

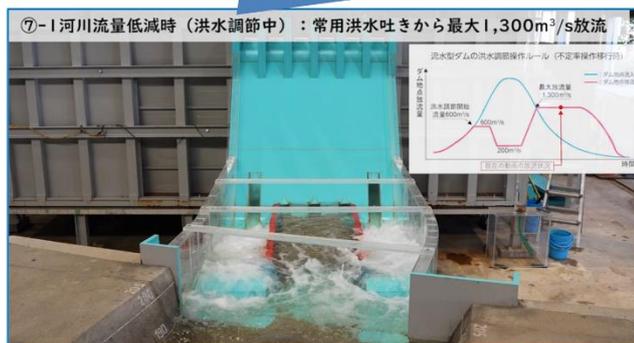
さらに、受託研究成果は現場事務所の環境影響評価準備レポートへ反映され、事業の理解を補助・推進する役割を果たすとともに、従来の環境影響評価に無い、設計段階から具体的な環境影響評価と影響低減を取り込む水理設計を行ったことで、今後のダム事業の進め方における新たなフェーズを提示した。



地元の首長や関係議員、委員会、学識者らへの実験説明



事務所HPへの実験動画の掲載を通じた一般の方々への水理検討の取組紹介



(8) ネイチャーポジティブな川づくりに向けた「環境評価」と「目標設定」

■研究の背景

生物多様性は社会や経済の基盤となり、世界の GDP の 50%以上を生み出しているとの推定結果が示されている。現状、多くの種が絶滅の危機に瀕しているなど、生物多様性が危機的な状態であることから、2022年に開催された生物多様性条約第15回締約国会議（COP 15）にて、自然共生社会の実現を目指し、生物多様性を回復軌道に乗せる「ネイチャーポジティブ」が目標として設定された（図-1）。

河川においても「ネイチャーポジティブ」が求められているが、回復軌道に乗っているか否かを判断する評価指標が整理されておらず、現状が良好なのか否かを判断することも困難であり、目標の設定も難しい状況である。

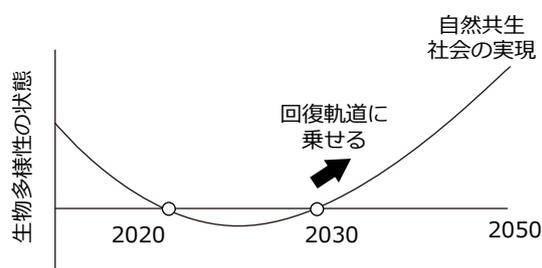


図-1 ネイチャーポジティブのイメージ図

■研究の注目ポイントと令和5年度の成果

「ネイチャーポジティブ」を実現するためには、定量的な評価指標と、評価結果に基づいた目標の設定が必要である。土木研究所では、河川環境の評価手法と環境目標の設定手法について検討しており、令和5年度には109ある一級水系を対象に、過去から現在までに記録された全魚種を「河川が本来有している魚の種数」として集約し（図-2）、この値に対する「最新の調査で確認された魚の種数」の割合により河川環境を評価できることを提案した（図-3）。この評価を行うことで、水系ごとに目指すべき環境目標を具体的に設定することも可能となることを示した。

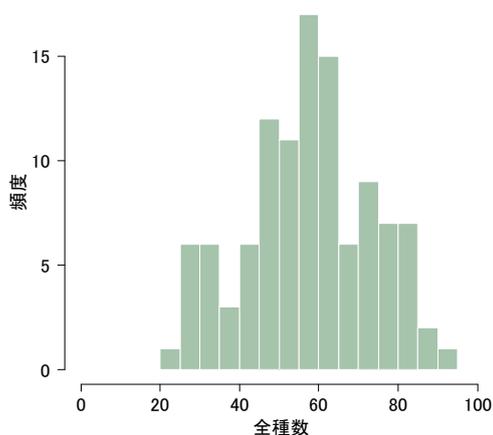


図-2 109ある一級水系の直轄区間を対象に求めた「河川が本来有している魚の種数」のヒストグラム

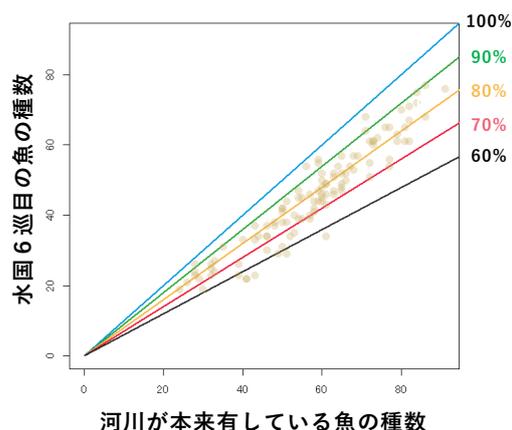
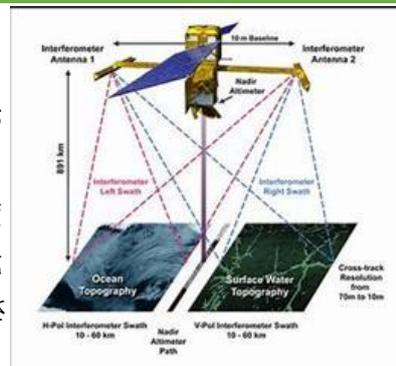


図-3 「河川が本来有している魚の種数」と、「最新の調査（河川水辺の国勢調査6巡目）で見つかった魚の種数」との関係

(9) 洪水流の時空間分布把握における人工衛星データ活用の試み

■研究概要

流域治水施策の立案・検証のために、降雨流出・河道2次元非定常解析一体型モデルを構築し、実測データに基づいて検証し洪水流量の伝播特性を精度良く把握する研究を実施している。検証にあたっては実測水位データを高密度で把握することが重要であり、近年設置数が増えている危機管理型水位計に加え、2024年3月より一般公開が開始されたNASAの人工衛星SWOTの活用も検討している。



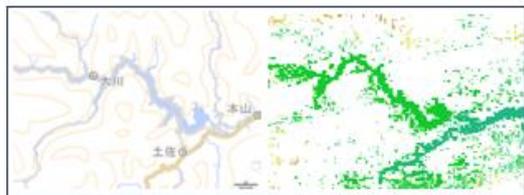
SWOTの計測原理
(SARのアンテナを2機搭載し絶対高度を計測)

■研究の注目ポイント

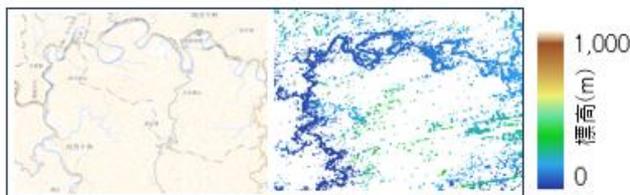
SWOTは河川を含むすべての水面の水位を面的に計測している。現時点では計測間隔が約10日であり出水時の水位観測には使えないものの、これまで水位計地点(せいぜい数kmおき)でしかわからなかった水位が上流から下流まで100mメッシュでわかることから、非定常モデルの高精度化に活用できる。今後計測頻度が増えリアルタイムで公開されれば、堤防越水把握や浸水範囲・深さ把握(地形データ併用)等への活用も考えられる。

■令和5年度の成果

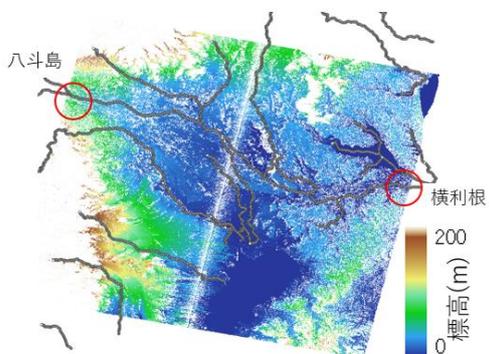
SWOTのデータを地上水位計と比較し、大規模河川での精度が±10cm程度であること、川幅が狭くなると水面以外を誤計測した点が増加すること等を確認した。今後出水時のデータが公開され次第、計算モデル検証・改良に活用するほか、他チームとも連携してデータの活用方法について模索していく。またデータの有用性を外部にも発信していく。



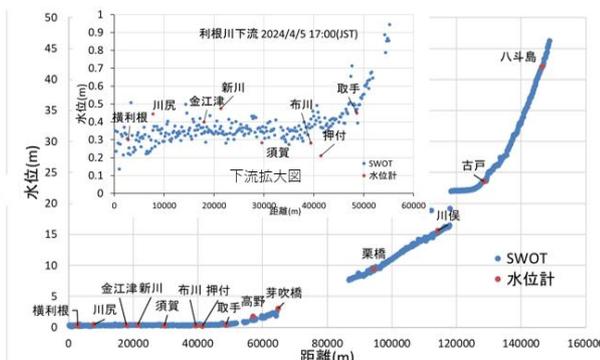
地図 SWOT水位
ダム湖(早明浦ダム)



地図 SWOT水位
山地河川(四万十川)



大規模河川(利根川)のSWOT水位を地上水位計と比較



(10) 酢酸にもご注意ください！ ～下水道防食対策の必要な箇所はここ～

■ 研究の背景

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である。下水中の硫黄化合物から生成される硫酸により腐食が発生するという問題が大きな課題となっていた。そのため防食被覆材の耐硫酸性向上等の対策が進んできたが、近年では耐硫酸性の材料を用いても劣化した事例が報告されている。その原因の一つとして、下水中の有機酸が疑われている。下水中の有機酸といっても多種多様で、特に分子サイズの比較的小さい酢酸等は、微生物の働きによって常に生成/分解されている。

■ 研究の内容

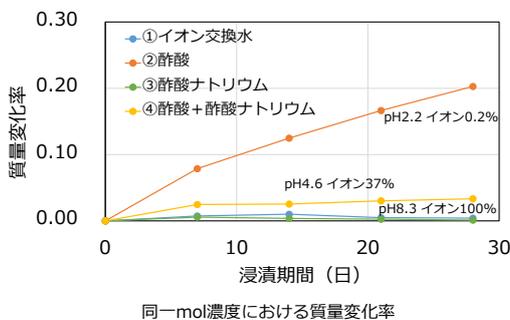
上記の背景のもと、本研究では、下水道施設の有機酸腐食等に対する防食工法の設計手法の確立に向けた検討を行っている。

R4年度のヒアリングによると、pHが4程度の少し低いタンクで防食被覆が剥離していた。「pHにより有機酸の形態が変わることが影響したのではないか？」という仮説を立て、実験室にて酢酸を用いた浸漬試験を行った。この結果、イオンの形態で存在する割合が大きいくほど、質量変化率が小さくなることを確認した。

■ 研究結果と注目ポイント

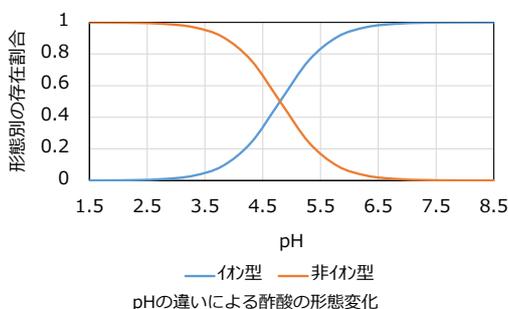
酢酸等の分子量の小さい有機酸による防食被覆材の劣化は、酸解離定数※に影響されていると思われた。この考察を実際の処理場に当てはめると、pH測定結果からイオンの形態が少ない設備となる「重力濃縮槽周辺設備」と「生ごみ等の受入施設」において、劣化に注意が必要となることが分かった。

※酸乖離定数：酸の強さを示す1つの尺度。酸をHAで表わし、電離平衡を $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$ で示すとき、酸解離定数Kaは、 $Ka = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$ (ただし [] はそれぞれのイオンおよび分子のモル濃度) (ブリタニカ国際大百科事典 小項目事典より)



下水処理場における分子量の小さい有機酸のイオンの形態割合

	pH	酢酸	乳酸
		pKa=4.76	pKa=3.66
生ゴミ可溶化槽	4.6	40%	89%
重力濃縮槽	4.7~5.9	47~93%	92~99%
消化槽	7.6~7.8	99.9%	100%



実際の剥離事例 (生ゴミとの混合槽)

(11) 3次元設計への転換に向けて～立体骨組モデルによる橋梁の損傷制御への挑戦～

■研究概要

道路橋において車両等の荷重を直接支持する上部構造は供用性や地震後の復旧性の観点より、損傷が生じないように設計することが標準とされている。しかし、近年の大規模地震における橋梁被害の中で、当初の想定とは異なり上部構造に損傷(図-1)が生じ、地震後の供用性に支障が生じる他、対策に多大な費用がかかる事例も見られる。

このような上部構造の損傷は設計上の想定と実挙動の乖離が影響を及ぼしている可能性がある。現行の橋の設計では、簡略化した2次元の構造解析(例えば、図-2)を行い、設計をすることが一般的であるが、実際の橋の挙動は3次元であり、実態の挙動を十分に評価できていないため、このような損傷が生じていると考えられる。一方、近年では数値解析ツールの進歩により、解析の計算時間や手間の課題が解消されつつあり、これまで一般的に用いられてきた簡易な構造解析にとどまらず、橋の3次元的な挙動を評価した解析を行うことで、地震等による被害を小さくできる可能性がある。

■研究の注目ポイントと令和5年度の成果

そこで、土木研究所では地震等による水平荷重に対する上部構造の立体挙動を表現することを目的に、設計実務を想定した複数の比較的簡易な立体骨組モデル(図-3)を考案し、応答評価の妥当性について検討を行った。実験結果や詳細な解析との比較検証から、立体挙動により生じる対傾構や横構等の上部構造を構成する部材の応答を約20%の誤差の範囲で推定できる(図-4)ことが確認された。

今後も地震による被害が予想される中、本成果も踏まえて3次元設計への転換を図ることで合理的に橋梁の損傷を制御し、長寿命となる橋梁設計に繋がることを期待できる。



図-1 地震による鋼橋(対傾構)の損傷事例

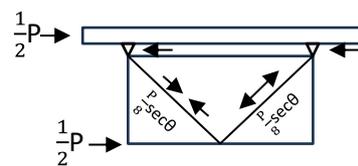


図-2 現行設計のイメージ(対傾構)

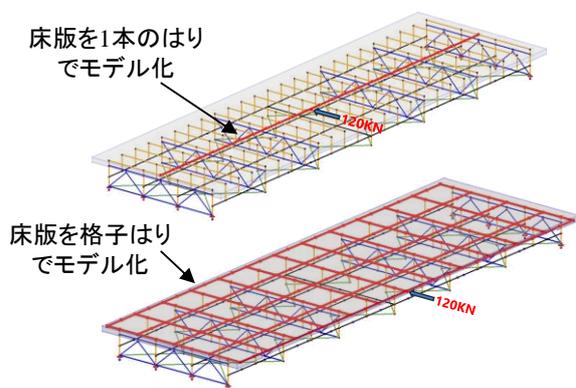


図-3 提案する立体骨組モデル

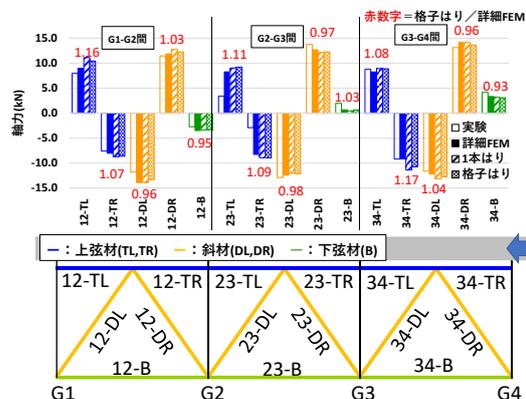


図-4 対傾構の軸力比較

(12) 高耐久性鋼材（ステンレス鋼）の実橋梁での適用と追跡調査

■研究の背景と概要

道路橋の老朽化が進む中で、維持管理・更新コストを可能な限り抑制し、持続的にインフラ機能を確保していくためには、予防保全型メンテナンスを推進することで、橋の長寿命化を図ることが重要である。鋼橋における代表的な損傷である腐食（写真-1）に対しては、塩分などの劣化因子の侵入を防ぐために、塗装により部材を被覆する方法が多く用いられている。しかし、塗装は紫外線などにより経年劣化するため、塗り替えにより定期的に更新する必要があり、塗り替えに係る維持管理費用が大きな課題となっている。

そこで、土木研究所では、腐食が顕著で部材単体で交換可能な対傾構や横構を対象に、無塗装でも高い防食性を有する高耐久鋼材（ステンレス鋼）を活用した鋼橋の腐食した部材の更新技術の開発を進めている。ステンレス鋼は腐食耐久性に優れるため、通常、鋼橋に用いられる普通鋼のように塗装の塗り替えが不要で、維持管理費用が削減できる可能性がある。一方、金属材料は、電位差のある異なる金属同士が接触すると、異種金属接触腐食（写真-2）が生じる。部材更新するステンレス鋼と既設部材の普通鋼の接触においても異種金属接触腐食が生じるため、接触面に絶縁処理を施す必要がある。

■研究の注目ポイントと令和5年度の成果

この絶縁処理の耐久性を確認するために、これまでに、室内での腐食促進試験や、屋外での暴露試験を実施している。絶縁処理の耐久性確認の最終段階として、道路管理者と連携し、試験的に実橋梁に対してステンレス鋼による部材の更新を行った（写真-3）。これまでに、道路橋、側道橋、歩道橋の3橋で試験適用を行い、一部は設置から1年以上が経過しているが、近接目視などの追跡調査により、有害な腐食は発生していないことを確認した。今後、更に実橋梁での適用事例を増やし、追跡調査を行うことで、維持管理費用が削減できる可能性があるステンレス鋼による部材更新技術の本格導入が期待できる。



写真-1 鋼橋の腐食の例



写真-2 異種金属接触腐食の例

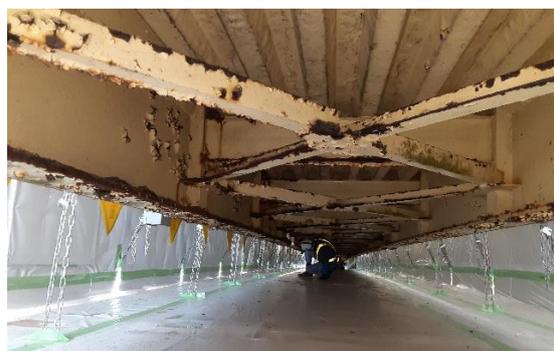
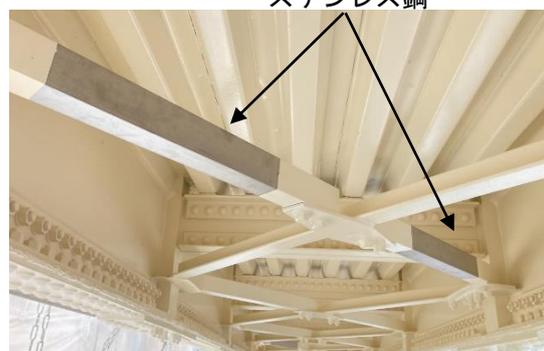


写真-3 側道橋の部材更新状況（左：施工前、右：施工後）



(13) 積雪寒冷地における舗装損傷に関する道路管理者への技術支援活動

■取組概要

積雪寒冷地域においては、融雪水や凍結融解作用などにより、融雪期にポットホールなどの舗装損傷が多く発生している。今後、気候変動などの影響により、積雪寒冷地域の舗装損傷がさらに顕在化していく可能性があるため、積雪寒冷地域において気象条件等が舗装損傷に与える影響を解明することを目的として、国土交通省にて「積雪寒冷地域における道路舗装の損傷に関する有識者会議」が設立された。

これまで、舗装損傷要因となる異常な天然現象（災害）は「低温」を主に想定していたが、地球温暖化により顕在化してきた「冬期の降雨・融雪」についても同様に異常な天然現象（災害）として捉える必要があるとの認識が取りまとめられた。

■取組の注目ポイント

つくば中央研究所と寒地土木研究所は水分の浸入や凍結融解作用が舗装体の損傷を促進し、ポットホールの発生原因となりうる等の専門的知見を有していることから当会議に事務局として参画し、調査データの分析を行うなど技術支援を実施して道路行政施策の検討に貢献した。

■令和5年度の成果

積雪寒冷地域では非積雪寒冷地域に比較して舗装損傷が発生する割合が高いことや(図-1)、地球温暖化の影響により、積雪寒冷地域の冬期間の気温は経年的に上昇傾向である一方で、冬期間の降雨日数や融雪水量は経年的に増加傾向にあり(図-2)、舗装損傷の新たな要因となっている可能性を提示した。また、路盤が凍結状態の時に降雨や融雪が発生すると、舗装内部へ浸透した水が路盤上部に滞留して支持力が低下し、車両の繰り返し荷重を受けることでひび割れが発生しやすくなり、そのような現象が繰り返し起こることで、通常では起こらない舗装損傷が発生しやすくなるメカニズム(図-3)を提示した。

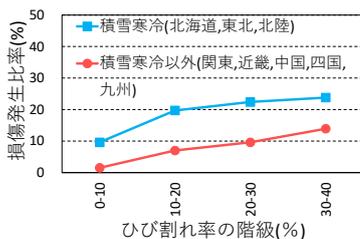


図-1 地域別の舗装損傷発生比率

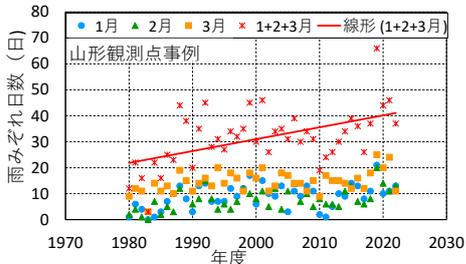


図-2 冬期間の雨みぞれ日数の経年変化例

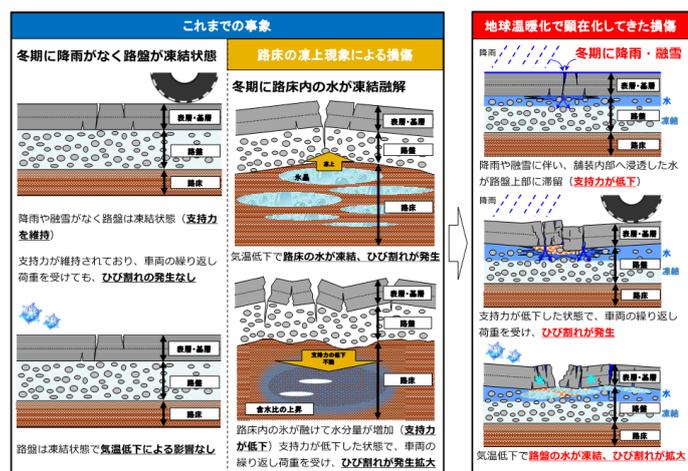


図-3 冬期間の舗装損傷において顕在化してきた事象

(14) 共同研究「コンクリートのひび割れ注入・充填後品質評価および耐久性等に関する研究」の実施

■研究概要

コンクリートのひび割れ注入・充填工法による補修後の耐用年数は明確ではなく、再劣化が早期に生じている事例がある。この要因の一つは、環境条件や施工状況と多種多様な補修材の性能との関連性が整理されていないことにある。そこで本研究では、補修後の再劣化を防止する観点から、厳しい環境条件や施工状況の違いにおける各種補修材の品質や耐久性の低下等を把握するため、これらを模擬した室内実験と暴露実験において注入材と充填材の材料特性や接着耐久性等を検証することを目的に、公募による6社の補修材メーカーと連携して、ひび割れ補修後の適切な品質管理方法や耐久性評価等について検討・提案する共同研究を実施した。

■研究の注目ポイント

補修材メーカー6社（有機系4社、無機系2社）と合同で室内実験や暴露実験（4社が10年後まで継続）を実施することで、配合率や混合物名等が非公表である各社補修材の特性を同一条件で公平に比較し、施工性や品質変化等の材料特性および耐久性等について総合的な検討・分析を行った。室内実験の結果を基に、それぞれの材料特性等から施工条件に適した工法・材料選定方法を提案し、土研資料「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル2022年版」に掲載している。暴露実験では、環境の異なる北海道（増毛、小利別の2箇所）、静岡、沖縄の計4箇所の暴露実験場において、平成24年度から10年間暴露した各注入材・充填材で補修したひび割れ補修試験体を毎年共同で測定（図-1）し、各種補修材のひび割れ補修後の効果の持続性や補修材の耐久性評価を実施した。

■令和5年度の成果

暴露開始から充填材の状態を毎年撮影して劣化過程を記録した結果を整理し、充填材補修後10年間の耐久性等を確認した（図-2）。また、暴露10年の試験体を回収して内部に浸透した塩化物イオン量や鉄筋の腐食状態を確認し、補修効果の持続性等の確認も行った。これらの結果から、厳しい環境では、有機系の充填材は5年程度でひび割れ等の亀裂が発生し、その後劣化が進行して補修効果が大きく低下することを確認した。これらの成果は上記補修マニュアルの次回改訂時に掲載する予定である。



図-1 共同研究者とのひび割れ補修試験体の暴露測定状況（増毛暴露場）



図-2 有機系充填材の劣化進行の一例（増毛暴露場）
（紫外線劣化等で亀裂が発生→徐々に剥離が拡大）

(15) 施工工程データを用いた生産性向上技術に関する研究

■研究概要

近年のICTの目覚ましい発達により、施工現場において施工中の建設機械から様々な同期されたテレマティクスデータ（移動体通信により得られる情報）がリアルタイムで取得可能となっている。特に建設機械で最も多く使用されている油圧ショベルにおいても、これまで取得することが困難であった掘削時の様々なデータ（例えば下図右上）が、容易に取得・記録できるようになってきている。土木研究所では、この油圧ショベルにおけるデータ収集システムについて実現場での活用を目指して研究を行っている。

■研究の注目ポイント

油圧ショベルにおけるデータ収集システムは最近開発されたものであるが、その検証を行うことで、下図右下に挙げるような事項の類推が施工中にリアルタイムで可能になると考えられる。さらにそれらを施工現場で活用することで様々な効果（例えば下図左下）が期待できる。

■令和5年度の成果

油圧ショベルデータ収集システムを開発している民間企業2グループと共同研究を開始し、土木研究所屋内実験施設（下図左上）や、民間企業の試験フィールドにて、様々な土質を用いた掘削実験を行い、掘削中のデータを収集した。その結果、熟練技能者操作方法の特徴把握や、データの特徴を解析することで剛性などの地盤性状をある程度類推可能なことを明らかにした。今後さらに検証を進め実現場での活用を目指す。

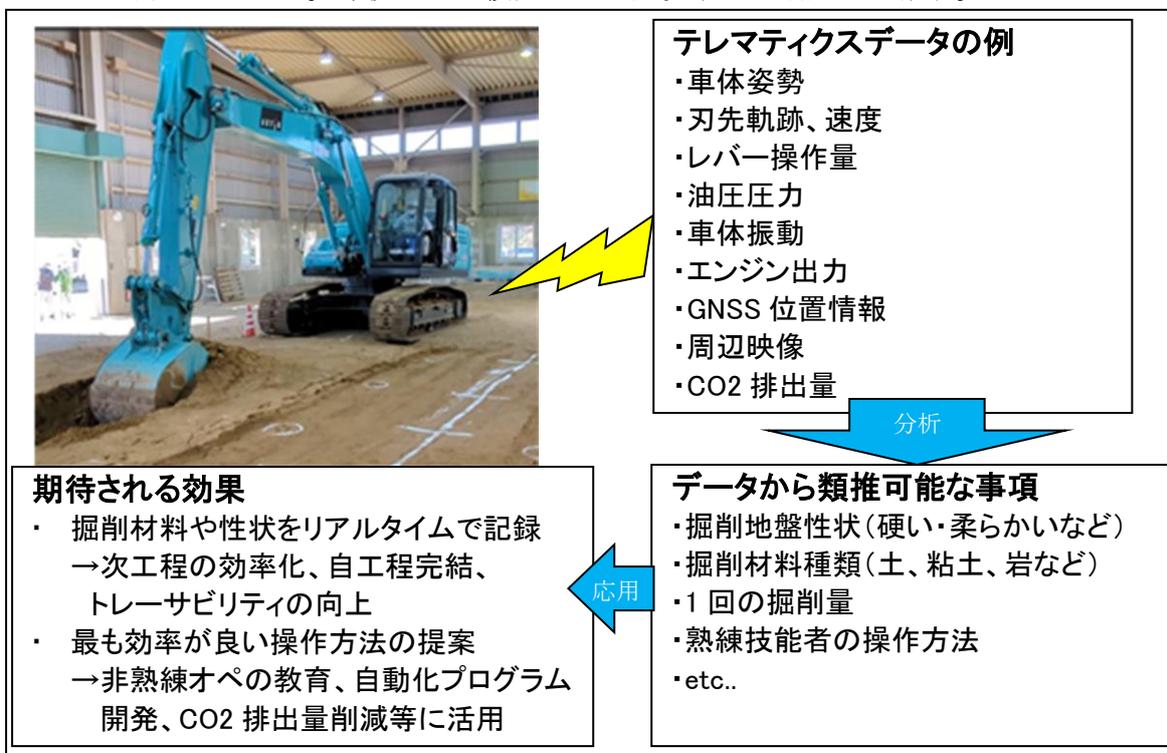


図-1 油圧ショベルのデータ収集システムの活用と期待される効果

(16) 河川管理用機械設備の先進的維持管理に向けた取り組み

■研究概要

排水機場ポンプ設備、水門等の河川管理用機械設備は重要な社会インフラで、これらの維持管理には多大な労力と人員を要する。しかし少子高齢化、働き方改革による就労時間減少、団塊世代熟練労働者の大量退職から、担い手不足が問題となっており、省力化、省人化、効率化、確実な技術の伝承が課題となっている。そこで維持管理等の容易な設備構造の検討と、維持管理作業の効率化等に取り組み、担い手不足となる将来においても現在と同等以上の維持管理水準を満たすことを目指している。

■研究の注目ポイント

維持管理等の容易な設備構造については、現在排水機場ポンプ設備の駆動装置はディーゼル等の内燃機関が多く採用されているが、維持管理の容易な電動機の積極活用について検討を進めている。電動機でのポンプ駆動自体には技術的問題はないが電力料金（基本料金）が大きな負担となるため、これを軽減させるための技術の検討を進めている。

維持管理作業の効率化については、生産工学の手法による実態調査のため、排水機場3機場の年点検の動画撮影（主に点検作業員各員（10数名程度）に装着したカメラによるもの）を行い、その動画解析を進めている。

■令和5年度の成果

電動機の積極活用については、電動機に転換した場合の維持管理面の生産性向上について総合的な評価を実施し、故障件数の抑制と点検工数の大幅な低減が可能であり、設備の信頼性向上、維持管理人員の省人化、省力化に寄与できることを示すことができた。

設備維持管理作業の動画解析については、設備点検業者や管理者との協力関係を構築して、計測や分解清掃などの各作業、手待ち、移動などに要した時間を分析し、「作業の見える化」「遠隔確認など効率化できる作業と難しい作業の仕分け」を行った。その結果、点検作業の改善点が抽出されるなど貴重な知見を得ることができた（図-1）。

以上について、引き続き研究を推進し、技術開発の促進や普及に貢献していく。

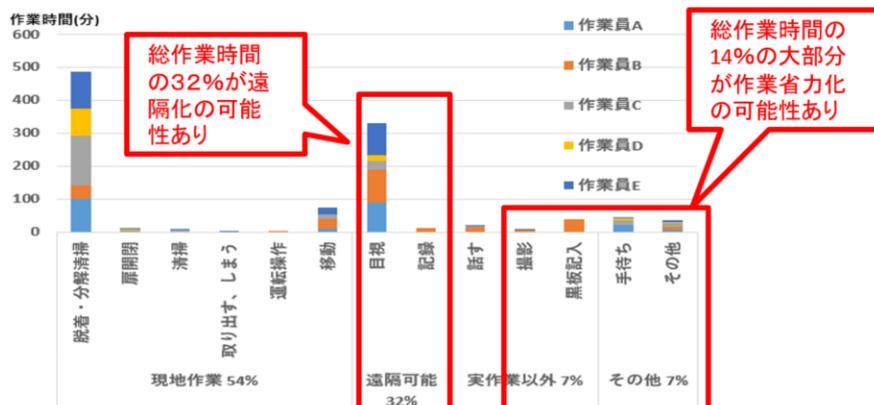


図-1 点検作業分析結果 (R排水機場 冷却系統機器点検時)

(17) 大腸菌測定の新公定法の提案と法令改正の支援

■ 研究概要

事業場排水および下水道放流水の水質基準においては、衛生学的安全性の指標として大腸菌群数が用いられている。一方で、水道水質基準では大腸菌数が用いられており、ふん便性の汚染を示す指標としてはより正確であることから、公共用水域の水質環境基準においても同様に大腸菌数へ変更が行われた。このため、放流水基準等においても大腸菌数への変更について検討を行う必要があり、土木研究所では国の基準化のニーズに適時に貢献するため、下水試料に適した大腸菌測定のための公定法を提案した。

■ 研究の注目ポイント

有機物や農薬類等の測定法では、精度確認のための判定項目として真度(回収率)・繰返精度・室間精度、目標(許容)値が定められているが、大腸菌の測定法では判定項目等が定められていない状況であった。このため、大腸菌測定の新公定法の提案にあたり、繰返精度や回収率などの判定項目(表-1)を定め、培地・測定法・希釈水の種類が許容値に及ぼす影響などを評価し、新公定法として測定精度が確保できる分析条件・手法を明確化した。

表-1 精度確認のための判定項目と目標値

判定項目と目標(許容)値		評価方法
回収率	70~120%	無菌処理水に大腸菌株を添加し、その定量値から回収率を算出
繰返精度	30%以内	3種類の希釈水を用い、濃度調整を行った試料の定量値から算出
室間精度	35%以内	3つの分析機関の変動係数から算出

■ 令和5年度の成果

測定法(写真-1)の提案に加え、省令等の改正に必要となる技術的事項(測定の着手時間、希釈試料や特定酵素基質培地の調整方法等)に関し、詳細な技術支援を行った。

これらの新公定法の提案、技術的事項の支援により、国土交通省の下水道法施行令・下水の水質の検定方法に関する省令の改正、環境省の水質汚濁防止法施行令・排水基準を定める省令の改正、測定法の JIS 規格化等の改正等に貢献(図-1)した。

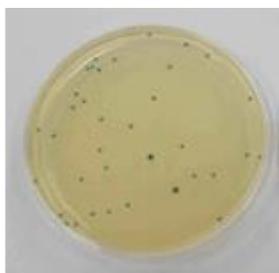


写真-1 基質に反応して青色に発色した大腸菌のコロニー(平板培養法により計数)

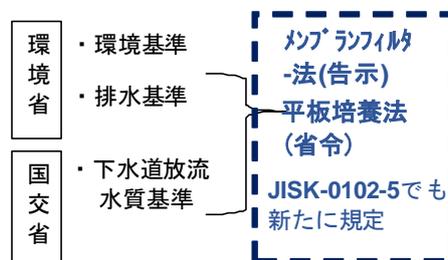


図-1 改正に貢献した省令等

(18) 環境 DNA の標準化による国調査の社会実装支援と他機関との連携環境構築

■研究概要

河川や湖沼の水、大気といった環境中に浮遊する生物由来の DNA を環境 DNA と呼び、これら进行分析することで DNA の持ち主となる生物の環境中における在不在などの情報を得ることができる。

土木研究所では、環境 DNA 技術を用いることで、図-1 のように河川において直接魚を捕まえることなく、河川から採取した水の環境 DNA を分析し河川に生息する魚種を確認する技術の標準化を進めている。

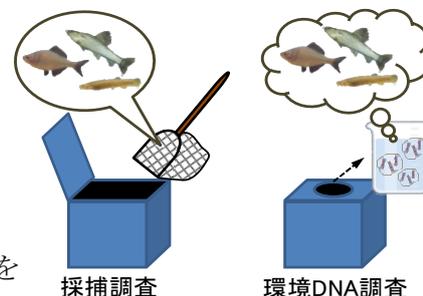


図-1 採捕調査と環境 DNA 調査

■研究の注目ポイント

河川水辺の国勢調査は、国土交通省が全国 109 水系で平成 2 年から実施している世界的にも希少かつ貴重な河川環境に関する定期的、継続的、統一的な基幹調査であり、現在、直接採捕が行われている魚類調査は、調査技能者の不足、調査技能の違いによる調査精度のばらつき等の課題があることから、環境 DNA の導入による調査の高度化及び効率化への期待が高まっている。

土木研究所では、国土交通省と連携し、河川管理の現場で環境 DNA 技術を活用するために必要となる標準化された調査実施手順を確立するなど、環境 DNA 技術を河川分野で社会実装するために必要な技術的な貢献を行っている。

また、他省庁等との環境 DNA 情報の相互利用が可能となれば、流域レベルの生態系管理につながる情報が構築可能となることから、将来的な環境 DNA 調査の相互利用に向けて、図-2 のとおり国立研究機関等と連携して調査技術の標準化に取り組んでいる。

■令和5年度の成果

河川における特異的な環境である汽水域およびダム湖を対象として、環境 DNA 調査を実施するにあたっての効果的な採水地点や採水時期・回数等を明らかにした。

また、国立研究機関の意見交換の場を設け、技術的な課題の抽出・精査を通じた実効性のある調査技術の標準化にも着手している。

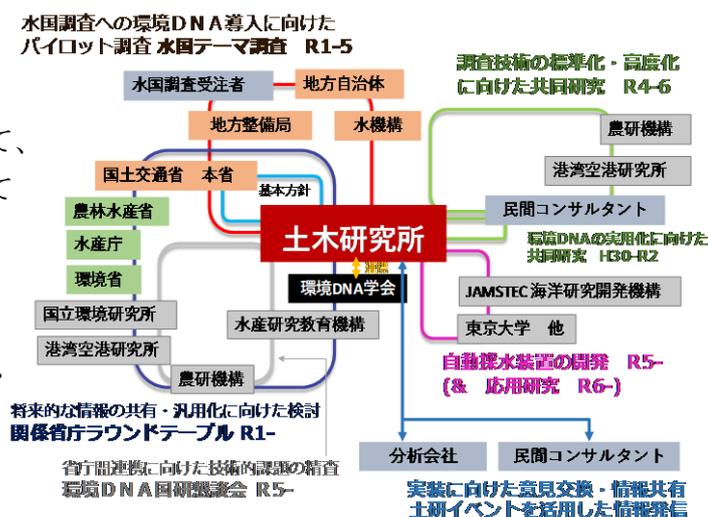


図-2 環境 DNA 技術の標準化に向けた連携体制

(19) 路面のすべり摩擦係数推定結果を Web で配信

■研究概要

冬期の路面すべりやすさはスリップによる交通事故や車両の立ち往生、歩行者の転倒などの発生リスクに大きく影響するため、路面のすべりやすさを把握することは重要である。本研究ではスマートフォン内蔵カメラやドライブレコーダー、道路 CCTV カメラのような一般的なカメラで撮影された路面画像から AI を用いて路面すべり摩擦係数（路面のすべりやすさを表す指標）を推定し、Web 上で配信する手法を開発した。

■研究の注目ポイント

本研究で開発した手法では一般的なカメラから得られた画像を用いて路面すべり摩擦係数を推定することが可能である。このため、本手法を用いると路面すべり摩擦係数を計測するための装置を新たに用意することなく路面すべり摩擦係数を把握することが可能となる。また、路面すべり摩擦係数の推定を行う AI は一般的な PC やスマートフォン上で動作可能であり、安価かつ容易に路面すべり摩擦係数を把握することができる。

■令和 5 年度の成果

北海道内の国道に設置されている道路 CCTV カメラの画像から路面が映っている部分を切り出し、低解像度な画像を用いて AI により路面すべり摩擦係数を推定する手法を開発した。また、推定結果をインターネット上でリアルタイムに配信するシステムを開発し、北海道開発局や凍結防止剤の散布などを行う業者を対象として配信試験を行った。



道路 CCTV カメラと AI を用いた路面すべり摩擦係数推定・配信システム
(ID・パスワードにて閲覧管理)

(20) 円滑な冬期道路交通の確保に必要な除雪機械に係る技術開発

■研究概要

寒地機械技術チームでは、円滑な冬期道路交通の確保に必要な除雪機械に係る2つの技術開発に取り組んでいる。現在、除雪機械は基本的にオペレータと助手の2人乗車の体制で運用されている。しかし、除雪グレーダに関しては、1人乗車のための製造となっており、また担い手不足対策として他の除雪機械もワンマン化が求められている。そのため、オペレータの負担軽減を目的に遠隔でサポートできるオペレータ支援システムを開発する。また、常に安定した稼働が求められる除雪機械は、定期整備が行われているが、装置や部品の劣化度合いを把握しきれず、除雪シーズン中の故障などが散見される。そのため、効率的、効果的な点検、診断、措置が可能な状態監視保全整備技術を開発する。

■研究の注目ポイント

除雪機械から作業情報（映像、オペレータ生体反応等）をリアルタイムに収集する他、作業状況などの収集した情報を分析する手法及びオペレータと除雪基地間の通信技術を検討し、除雪機械オペレータを遠隔からサポートするシステムを構築する。また、車体等に取り付けたセンサー等の情報から、故障箇所、故障の予兆を検知するために有効なデータと診断手法について検討することで除雪機械の状態監視システムを構築する。

■令和5年度の成果

令和4年度に策定したシステム基本設計方針に基づき、オペレータへの支援を除雪機械と除雪基地間の通信により行うことをコアシステムに、除雪車側の情報を除雪基地でリアルタイムに把握し、助言などを遠隔から行うことによりオペレータの判断や操作を支援するシステムの設計を行った（図-1）。また、除雪機械の故障、整備記録の調査から、特に走行時にオペレータは音（振動）の発生により故障を発見していることがわかったため、除雪機械の走行時の振動の周波数分析を実施し、異常により音（振動）が大きくなった部位を特定するなど、故障部位の検出や早期発見の可能性を確認した（図-2）。

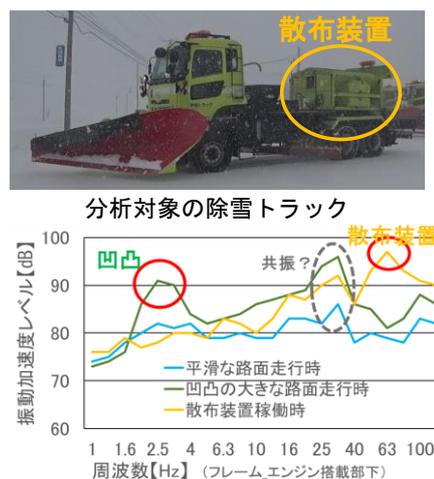
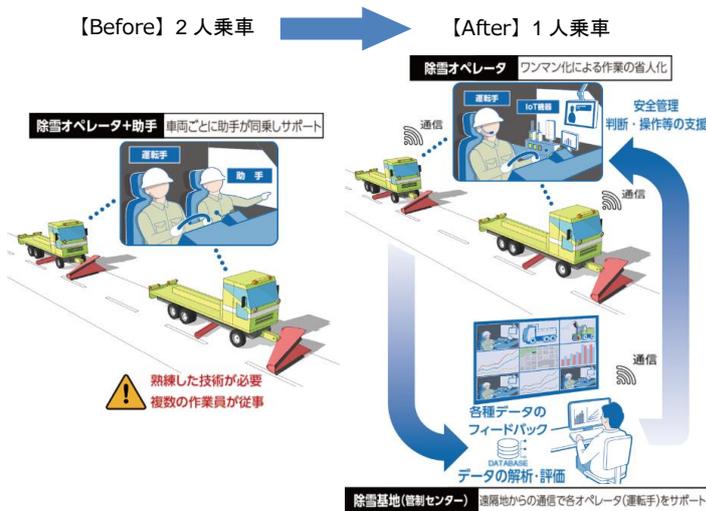


図-1 除雪機械オペレータ作業・安全運転支援システム設計

図-2 除雪トラックの周波数分析

(21) 舗装分野のカーボンニュートラル実現に先駆けたアスファルト代替舗装材料

■研究概要

カーボンニュートラル実現に向けた取組みが活発化する中、石油精製量の減少にとともに、アスファルト生産量が大きく影響を受けることから、植物由来やリサイクル材等の原料を用いた舗装用代替材料の開発が求められている。

令和4～5年度で共同研究を立ち上げたところ、舗装業界のみならず異分野からも注目され、数種類のタイプの異なる代替舗装材料を候補として試作した。さらに、屋外暴露試験、試験施工等を通じ、実用化に向けた検討を開始した。また、これらの新しい材料や技術がアスファルトと代替することが真にカーボンニュートラルに資するかどうかを評価するため、ライフサイクルを通じたCO₂排出量(LCCO₂)の算定に基づいた評価手法の素案を作成した。

これらの成果から、令和6年度からは社会実装への昇華を目指し、材料自体の性状を評価する手法の提案や、実大レベルでの試験施工を拡充した耐久性評価、LCCO₂の評価手法の開発といった研究に発展させていく。

■研究の注目ポイントと令和5年度の成果

舗装会社に加え、大学や化学メーカー等が連携し、アスファルトやその添加剤の代替材料が次々と提案されている。これら民間各社独自の検討を開始している段階で、土木研究所は各社の技術研究所等と連携して、試験施工と耐久性の評価にいち早く取り組み、令和4～5年度で長期的な供用を含めた実装に向けた研究開発の重要性を示した。

土木研究所が主体となって実施した取組みがきっかけとなり、国土交通省が舗装分野における新技術導入促進を目的に設置した道路技術懇談会(令和6年3月)において、アスファルト代替材料技術が令和6年度から新たに取り組む技術テーマに挙げられ、今後の舗装材料改革の促進に大きく貢献した。

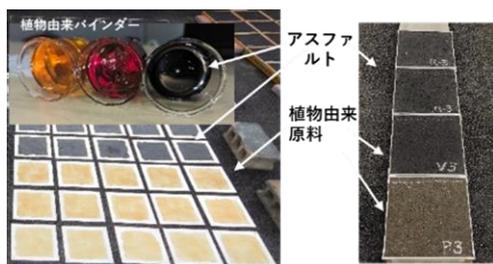


図-1 植物由来の舗装用代替材料の屋外暴露例



図-2 舗装走行実験場での耐久性評価

(22) 土木研究所の多くの研究成果が反映された「舗装再生便覧(令和6年版)」が発刊

■舗装再生便覧の概要

わが国における舗装発生材の再生利用技術は、1970年代中頃から活発に開発が行われており、現在ではアスファルトコンクリート塊やコンクリート塊の再生率はほぼ100%に達し、製造・出荷された加熱アスファルト混合物に占める再生アスファルト混合物の比率は約75%に達している。舗装のリサイクルはCO₂排出量の削減にも貢献する技術であり、わが国が掲げる2050年のカーボンニュートラル社会の実現のためにも将来にわたって高いリサイクル率を維持していく必要がある。一方、リサイクルされた舗装材料は複数回繰り返し利用される時代を迎えており、アスファルト再生骨材中の旧アスファルトには劣化が蓄積され、その再生利用が困難になりつつある等の技術的課題があり、新たな知見が必要とされていた。こうした中、令和6年3月に「舗装再生便覧」の改訂版が(公社)日本道路協会より発刊された(写真-1)。本便覧は、舗装発生材等の再生利用における構造設計や配合設計時の留意点を示すとともに、再生工法により製造される舗装用材料の性状、製造方法、施工方法の具体例が示されており、実務者の日常業務の利便を図る参考書である(図-1、図-2)。なお、本便覧は国土交通省の令和6年度土木設計業務等共通仕様書の主要技術基準及び参考図書に速やかに反映された。舗装の再生利用において本便覧は、さらなる再生骨材の用途拡大や舗装の永続的リサイクルに貢献することが期待される。

■注目ポイント

本便覧の改訂では、最新の舗装の再生技術に関する研究成果が反映されており、それには土木研究所の研究成果である新しい再生骨材評価法や再生用添加剤の選定方法等、これまで蓄積してきた舗装の再生技術に関する知見が多分に含まれている。また、本便覧の作成にあたり、土木研究所職員は、産学官の研究者や技術者とともに本便覧の執筆作業及びとりまとめを行った。

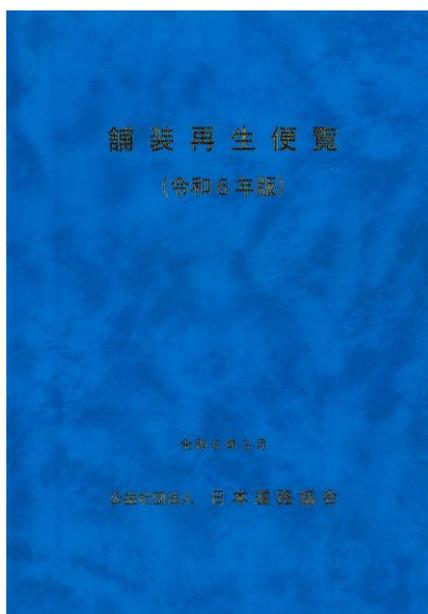


写真-1 舗装再生便覧(令和6年版)

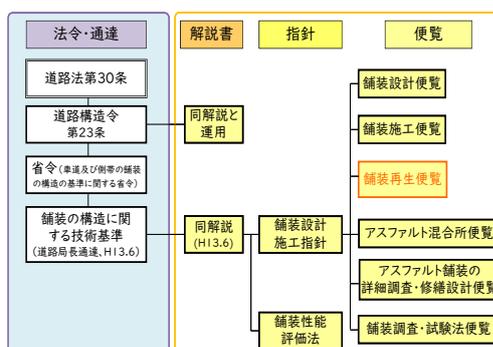


図-1 国交省の技術基準類と技術図書の位置付け

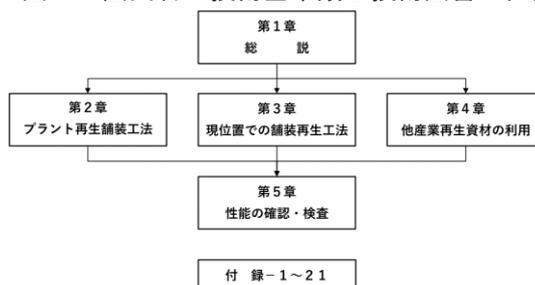


図-2 本便覧の構成

(23) 「道の駅」防災機能向上の技術資料発行および「道の駅」モデルの海外展開の支援

■取組概要

地域景観チームでは、地域振興の拠点となるインフラ施設である「道の駅」について、施設の魅力や防災機能の向上に関する研究や成果の実装に向けた取組を行っている。

「道の駅」は緊急避難場所や復旧・復興支援の拠点となるなど、防災機能強化が求められている。災害を経験した「道の駅」へのヒアリング・現地調査を行い、受入等の支援状況、機能した設備、避難者のニーズなどを把握した。調査結果から、必要とされる防災機能、想定される災害リスクを整理・体系化し、令和6年3月に技術資料(図-1)を発行した。

また、「道の駅」モデルの海外展開に向け、外国の行政職員等を対象にした JICA 研修の企画・講師を担当し、専門人材の育成に貢献している。

■取組の注目ポイント

- ・平時からの取組が防災力強化に繋がる「フェーズフリー」の考え方(図-2)を示し、「道の駅」の魅力的な空間・機能と災害時の役割の両立(写真-1, 2)のための要点を挙げた。
- ・中南米の研修生が、自国で研修の成果を実践し、運営プロジェクトの発足(写真-3)や「道の駅」モデルの施設の開設(写真-4)に貢献している。

■令和5年度の成果

- ・「道の駅」の防災機能を高める施設や設備の事例を示した技術資料『「道の駅」の防災機能向上のポイント』を発行した(2024.3)。
- ・JICA 研修の参加者が主体となり、海外において「道の駅」モデルが展開された。
ペルー: 「道の駅」モデルの運営プロジェクトが発足(2024.1)。
パラグアイ: 幹線道路の既存施設を活用した「道の駅」モデルの直売所が開設(2023.11)。



図-1 「道の駅」の防災機能向上のポイント



写真-1 災害時の避難場所
平時の休憩スペースが活用された



写真-3 ペルーのプロジェクト会合
生産者、学者、デザイナー等が参画

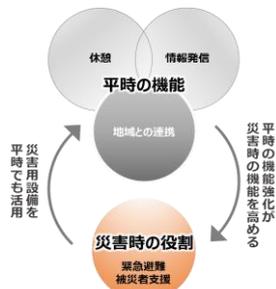


図-2 「道の駅」におけるフェーズフリー概念図



写真-2 道路情報の掲示板
情報発信の役割は災害時にも機能する



写真-4 パラグアイの直売所
地元産品の販路拡大を目指し開設

(24) 圃場内明渠を利用した省力的な灌漑技術の実証

■研究概要

北海道では、農家の高齢化や農家数の減少に伴い、農家一戸あたりの経営耕地面積が急速に拡大している。経営規模が拡大すれば営農者1人あたりの作業負担が大きくなる。そのため、農業経営の大規模化に対応した省力的な営農技術の導入が望まれる。本研究では、稲作経営における水管理作業を低減する方法として、米国や豪州などの大規模稲作経営において実績のある「圃場内明渠を利用した灌漑」に着目し、実際に営農を行う圃場における実証試験を通じて、省力的な灌漑技術を構築する。

■研究の注目ポイント

圃場内明渠とは、水田の縁辺に沿って掘削した明渠（土水路）（図-1）へ給水を行い、そこから横越流させて圃場全体を灌漑する方法である（図-2）。例えば、図-3のように、数ha～数十haの圃場において圃場内明渠を用いれば、取水の操作や調整を行う給水口を少なくでき、水管理作業の労力削減が期待できる。しかし、国内の水田圃場における同技術の検証事例はきわめて少ない。

■令和5年度の成果

試験圃場では、圃場内明渠を経由して給水した結果、明渠からあふれ出た水により田面全体が湛水状態となった（図-4）。その後の水管理や水稻の生育にも支障はなく、圃場内明渠の有効性を実証した。また、得られたデータに既往研究の「水足進行モデル」を適用して定式化し（図-5）、今後の解析や圃場内明渠の設計に必要な基礎資料とした。



図-1 圃場内明渠の掘削 図-2 圃場内明渠からの横越流

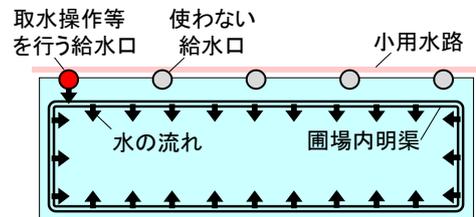


図-3 圃場内明渠の利用による給水口数の削減

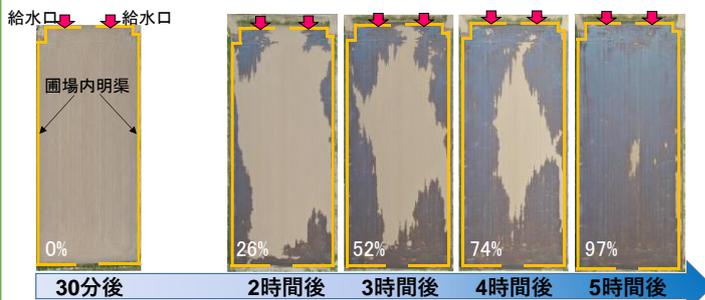


図-4 圃場内明渠を用いた灌漑時の水足進行

明渠からあふれ出た水が圃場中心にむけて、ほぼ一様に水足が進行する。

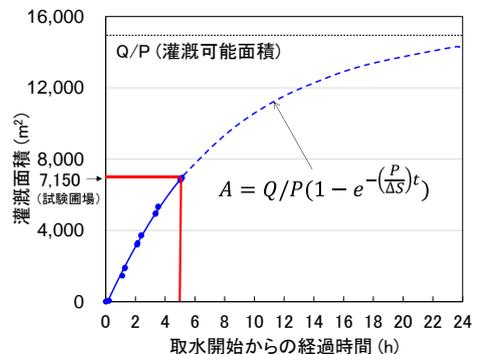


図-5 取水開始からの経過時間と灌漑面積との比較

(25) 泥炭地の大区画圃場における「沈下危険度マップ」の提案

■ 研究概要

我が国最大の食料供給地域である北海道では、農業生産性の向上に向けて農地の大区画化が進められている。北海道の主要な農業生産地域の中には、泥炭が広く分布している地域がある。泥炭地の農地では、不同沈下によって営農面や施設の管理面で支障が生じ、このことが区画を拡大するうえでの制約となっている。

本研究では「沈下危険度マップ」を作成し、沈下しやすい箇所を見える化することを目的としている。沈下しやすい箇所を知ることができれば、農地の大区画化工事における設計・施工および営農方法などによる不同沈下対策が実施しやすくなり、大区画化が円滑に進むことが期待できる。

■ 研究の注目ポイント

これまで、沈下のしやすさのエリア分けには泥炭の分類や層厚の分布図(図-1)が使用されてきた。しかし、これらの分布図ではどの圃場が沈下しやすいか、さらには圃場の中のどの箇所が沈下しやすいかを予測することができなかった。本研究では、圃場ごとの栽培履歴や圃場の土を切土・盛土した履歴などの既存のデータを組み合わせ、調査のコストや労力を抑えつつ、これまでよりも詳細に沈下しやすい箇所を予測できる手法の確立を目指している。

■ 令和5年度の成果

北海道中央部の泥炭地を事例に、圃場の土を切土・盛土した厚さと、圃場ごとの水稻を栽培した年数の2つを指標とした沈下危険度を提案し、マップ化した(図-2)。沈下危険度と実測した沈下量(6圃場、42地点)との間には、危険度が高いほど沈下量が大きい相関関係があり、沈下危険度マップによって沈下しやすい箇所を予測できる可能性があることが分かった。

[土壌・泥炭の分布図]

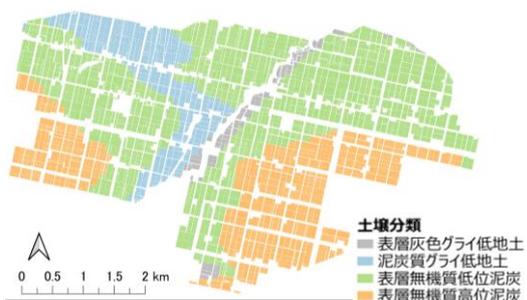


図-1 土壌・泥炭分類の分布図

土壌・泥炭の分布に沿って沈下のしやすさがエリア分けされる。ただし、1つのエリアの中でどの箇所が沈下しやすいかを予測することはできない。

$$[\text{沈下危険度}] = [\text{切土厚・盛土厚(標準化)}] + [\text{水稻作年数(標準化)}]$$

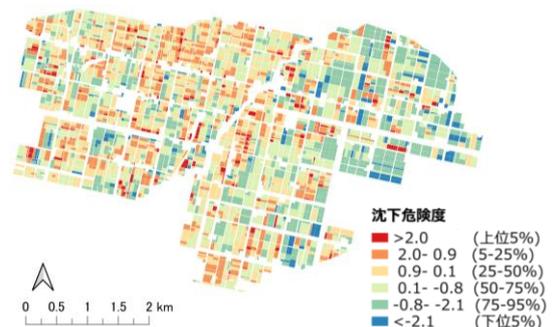


図-2 本研究で提案する沈下危険度マップ

従来(図-1)よりも詳細に沈下しやすい箇所を特定できるようになる。

(26) 地震時における農業用管水路曲管部の挙動観測

■ 研究概要

地震に伴い管水路中に発生する水圧変化を地震時動水圧と呼ぶ。地震時動水圧は管水路が地震災害において被災する要因のひとつと考えられている。しかし、管水路中の地震時動水圧の実態は未解明であり、現状の管水路において地震時動水圧の対策は施されていない。そのため、本研究では、地震時動水圧によって管水路が破壊する過程を解明するとともに、地震時における管水路の被害発生を低減する対策技術を開発する。

■ 研究の注目ポイント

管水路の曲管部は、地震時に被害を受けやすいウィークポイントである(図-1)。曲管部には、地震時動水圧の水圧上昇に伴いその背面方向にスラスト力が発生する(図-2)。大規模地震時には、スラスト力が土圧を上回り、曲管部の管体はしだいに抜け出して、ついには離脱に至ると考えられる。しかし、こうした地震時における管水路の挙動を観測した事例はほとんど見当たらない。そこで、水利基盤チームでは、改修時の管水路の曲管部近傍の区間を対象に、管体に変位計や水圧計などの計測機器を設置して、地震発生時の各種データを捉えるため継続的に観測を実施している。

■ 令和5年度の成果

2023年6月11日18時55分、観測地に震度5弱の地震(震央:北海道浦河沖、地震規模:M6.2)が発生した。このとき、管水路内に地震時動水圧の発生を確認する(図-3)とともに、地震発生前後に変位計の値が増加(伸長)した(図-4)ことから、曲管部がその背面方向に僅かであるが変位した状況を捉えた。このような観測データを蓄積していくことで、地震時における管水路の挙動を定量的かつ実証的に明らかにできる。さらに、その成果に基づいて、今後大規模地震対策の検討・評価を進めていく。



図-1 地震時における管水路曲管部の被害状況
(平成30年北海道胆振東部地震)

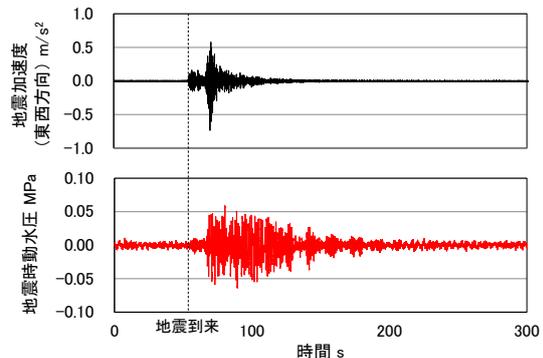


図-3 地震加速度と地震時動水圧の観測データ

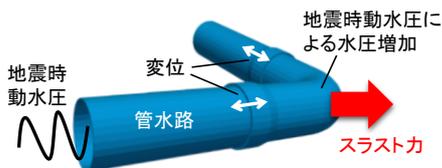


図-2 曲管部におけるスラスト力の発生と管体変位の模式

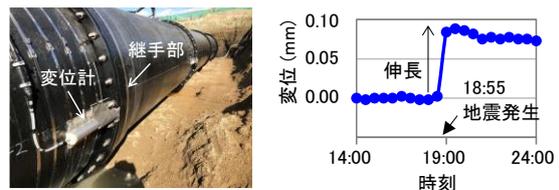


図-4 変位計の設置状況および変位計の観測データ

(27) マナモコ種苗の効果的な中間育成礁（ナマコのゆりかご）の開発

■研究概要

近年、北海道の重要な水産輸出物であるマナモコの資源量は減少傾向にある。資源量の回復に向けてマナモコ種苗の放流が実施されているが、放流後の生残率や成長に課題があり、期待された放流効果が得られていないのが現状である。水産土木チームでは、北海道内の2漁港における現地実証試験を通じて、これまでの調査で新たに明らかになったマナモコ種苗の食害生物への対策も考慮に入れた、放流種苗の生残・成長にとって最適な環境を提供する中間育成礁「ナマコのゆりかご」を開発・製品化した（図-1）。

■研究の注目ポイント

ナマコのゆりかごの主な特徴は以下の3点である。

- ① 防護ネットの設置により食害生物（オオヨツハモガニやヤドカリ類など）の礁内への侵入を防止することで、放流種苗の生残率を大きく向上
- ② 礁内部に設置した種苗の着生場所（ホタテの貝殻）にマナモコの餌となる微生物などが付着・増殖することで、無給餌での放流種苗の高成長を実現
- ③ 放流種苗の生息空間を底面から嵩上げすることで、礁の堆積物への埋没に伴う生息環境の悪化による種苗の斃死リスクを低減

ナマコのゆりかごに放流した種苗は、放流後半年～1年で体長が約2.5倍となり、対策を行わなかった場合よりも高い成長（1.7倍、重量ベース）と生残率（97～100%）を示した（図-2、3）。

■令和5年度の成果

本技術に関して、令和5年6月に特許取得が承認され、北海道内の地方自治体関係者と現場実装に向けた協議を開始した。今後、本技術の普及により、種苗放流効果の向上によるマナモコ資源の回復や、漁港水域を活用した水産生物の増養殖の促進に大きく貢献することが期待される。



図-1 ナマコのゆりかごの外観（左）と内部構造（右）

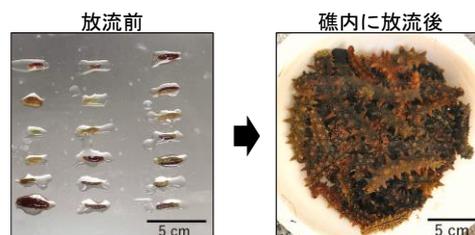


図-2 ナマコのゆりかご内での種苗の成長

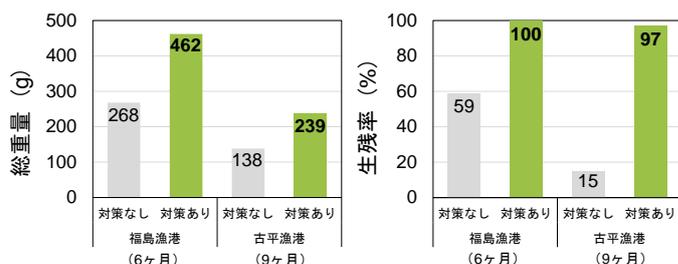


図-3 ナマコのゆりかごと対策を行わない試験礁における種苗の総重量（左）と生残率（右）の比較

(28) 寒冷海域漁港における構造物上での底生生物の生息環境創出

■研究概要

豊かな生態系の創造による海域全体の生産力の底上げを目指し、水産生物の生活史に対応した良好な生息空間を創出する水産環境整備が推進されている。静穏な水域を有する漁港は、漁船からの安全な漁獲物の水揚げなどの本来的機能に加え、様々な生活史段階や生活様式を有する魚類の重要な生息場としての機能を有している。本研究では、漁港内の構造物上に底生生物の安定した生息環境を創出し、餌場機能を強化する技術を開発する。

■研究の注目ポイント

漁港水域は港外に比べ底生生物が多く、水産生物の餌場機能に優れていることが、寒冷海域漁港での過去の調査により明らかとなっている。魚類の餌料となる底生生物が生息可能な環境を根固ブロックなどの構造物上へ拡大させることにより、漁港の餌場機能強化につながると考えられる。本研究では、漁港構造物上に底生生物が生息可能であるかを確認するために、漁港内で様々な条件の試験体を用いた現地実験等を実施する。

■令和5年度の成果

簡易な海底基質試験体を用いた現地実験に関して（例：図-1、2）、これまでの結果を整理し、試験体内には底生生物が生息可能であり（図-3）、試験体の底生動物の個体数や湿重量は、実験期間中の港外の砂質海底に比べ多く、港内の砂泥堆積海底と同程度であることを確認した（図-4）。また、個体数で占める割合の大きい環形動物の優占種は、魚類の餌料になると考えられた。これらのことから、構造物上への基質設置などによる海底環境の改善が、餌料となる底生生物の生息環境創出につながることが示唆された。

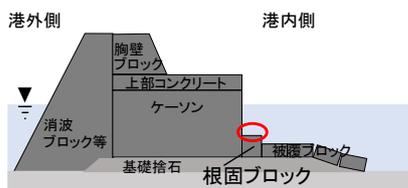


図-1 防波堤の根固ブロック上の試験体設置位置



図-2 実験に用いた海底基質試験体
（網袋に砂利を詰めた試験体を根固
ブロック上の大型バット内に設置）



図-3 試験体内の優占種例

（フサゴカイ科などの多毛類やアサリなどの二枚貝類が生息）

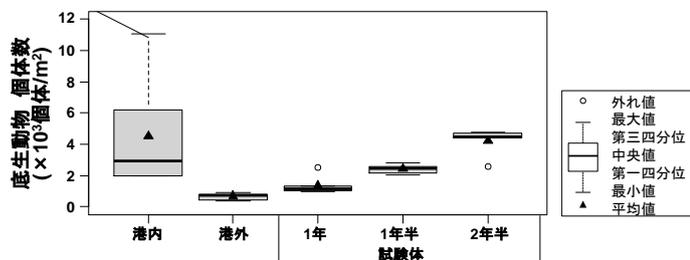


図-4 試験体と港内外の海底の底生動物数の比較
（設置後1年、1年半、2年半の試験体と設置期間中の港内外海底）

(29) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第3期の研究開発を支援

■SIP第3期の概要と土木研究所の関わり

令和5年度より、戦略的イノベーション創造プログラム(以下、SIP)第3期(令和5~9年度)が始動しました。SIPは、内閣府総合科学技術・イノベーション会議(以下、CSTI)が司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野を超えたマネジメントにより、科学技術イノベーション実現のために創設した国家プロジェクトです。SIP第3期では、Society5.0の実現に向けてバックキャストにより、社会的課題の解決や日本経済・産業競争力にとって重要な14課題が設定されました。土木研究所はその中の「スマートインフラマネジメントシステムの構築」(以下、本課題)の運営支援を担当する研究推進法人に指定されました。

本課題では、膨大なインフラ構造物・建築物の老朽化が進む中で、デジタル技術により、設計から施工、点検、補修まで一体的な管理を行い、持続可能で魅力的・強靱な国土・都市・地域づくりを推進するシステムを構築し、効率的なインフラマネジメントを実現するための技術開発・研究開発に取り組みます。特にSociety5.0の中核となる“デジタルツインの構築”を開発のコアとして考え、技術開発にあたっては「未来の建設技術」、「未来のインフラ」、「未来のまち」をアウトプットとして常にイメージしています。

■令和5年度の成果

第3期の初年度にあたる令和5年度は、公募により各サブ課題の研究開発責任者を選定し、研究開発の始動を支援しました。CSTI有識者議員からは、研究開発のマネジメント支援を通じて、SIP第3期の1年目としてミッション、目標が明確に整理されて計画通りに進捗しているとの評価を受け、令和6年度予算は、令和5年度と同額の配分に加え、追加予算の付与を受けました。

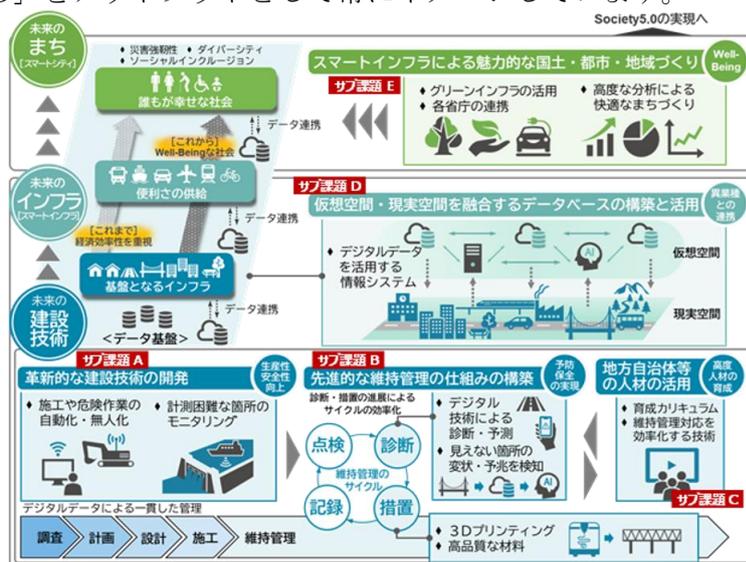


図-1 本課題における各サブ課題の位置づけ

表-1 各サブ課題と研究開発責任者

サブ課題名	研究開発責任者
サブ課題A: 革新的な建設生産プロセスの構築 (建設現場の機械の自律化・自動化により、建設現場の生産性・安全性を飛躍的に向上する。)	・東京大学 永谷圭司 特任教授
サブ課題B: 先進的なインフラメンテナンスサイクルの構築 (デジタルデータを活用してインフラの状態を精緻に把握し、予防保全型維持管理を実現する。)	・東京大学 石田哲也 教授
サブ課題C: 地方自治体等のヒューマンリソースの戦略的活用 (全国レベルの共通基盤で人材のリカレントとリスキリングを促し、労働力不足の解消と労働力の質的向上を実現する。)	・金沢工業大学 宮里心一 教授 ・東海国立大学機構 岐阜大学 沢田和秀 教授
サブ課題D: サイバー・フィジカル空間を融合するインフラデータベースの共通基盤の構築と活用 (デジタルツイン群のためのインフラデータベースの共通基盤を構築し、インフラ分野外も含め、国が抱える社会課題の解決、新たな社会Society5.0が目指す「未来のまち」の創造等の社会全体の最適化が可能となることを目指す。)	・東京大学 本田利昭 教授 ・(株)アール・リョウソウ/DP-ス 前田祐弥氏 ・日本電気(株) 久村孝寛氏
サブ課題E: スマートインフラによる魅力的な国土・都市・地域づくり (国土・都市・地域レベルでのマネジメントにより、インフラの新たな価値を創出する。)	e-1: 魅力的な国土・都市・地域づくりを評価するグリーンインフラ省庁連携基盤 e-2: EBPMIによる地域インフラ群マネジメント構築に関する技術 ・筑波大学 村上研信 教授 ・東北大学 橋葉貞治 特任教授 ・大阪大学 貝戸清之 准教授

(30) 中小企業のイノベーション創出支援に向けた取組み(SBIR フェーズ3 基金事業)

■土木研究所と中小企業のイノベーションとの関わり

土木研究所は「土木技術の向上を通じて良質な社会資本の効率的な整備の推進に貢献する」という使命を果たすため、国土交通省等の現場をあずかる組織と密に連携し本質的な社会ニーズと研究課題を自らの眼力で見定めて研究開発を進めてきた。その一方、自然災害の激甚化・頻発化、膨大なインフラの老朽化、急速な生産年齢人口の減少に加え、個人々の価値観や生活様式の変化、オンライン社会の進行への対応等の社会の多様化も複雑に絡み合い、いまは、自前の技術開発だけで解決できる範囲には限界があり、官民間わず、常に挑戦し続けている組織や企業が力を併せて社会の課題を解決していく時代になっている。土木研究所はこれまでも国土技術政策総合研究所をはじめ諸機関との連携・協働にも努めてきたが、それを更に推し進め、スタートアップとの連携によるイノベーションにまで展開しようとしている。

■国土交通省中小企業イノベーション創出推進事業（以下「SBIR フェーズ3 基金事業」）

SBIR (Small/Startup Business Innovation Research) フェーズ3 基金事業は、国土交通省が造成した中小企業イノベーション創出推進基金を活用して、革新的な研究開発を行うスタートアップが大規模技術実証を実施し、その成果を国主導の下で円滑に社会実装し、我が国のイノベーション創出促進を目的とする事業であり、「災害に屈しない国土づくり、広域的・戦略的なインフラマネジメントに向けた技術の開発・実証」の分野では5つのテーマについて34件の補助プロジェクトが採択されている。土木研究所は基金運営事業を支援する運営支援法人として、スタートアップの有する先端技術の社会実装の促進と支援に取り組むこととしている。

表-1 SBIR フェーズ3 基金事業の公募テーマ

公募テーマ	公募テーマ内容
テーマ①「建設施工・災害情報収集における高度化（省力化・自動化・脱炭素化）の技術開発・実証」	①-1 建設機械施工の高度化（省力化、自動化・遠隔化、脱炭素化）に関する技術の開発
	①-2 建設現場における施工管理の省力化・高度化技術の開発
	①-3 災害調査やインフラの巡視・点検等の効率化のためのドローン開発・実証
	①-4 多様なセンサから効率的にデータ収集するセンサネットワーク技術の開発・実証
	①-5 再生可能エネルギーを活用した災害時でも街路灯や地域住民へ給電する臨時電源スポット技術の開発・実証
テーマ②「デジタルツインを活用した公共構造物（道路・河川）の維持管理手法の技術開発・実証」	
テーマ③「都市デジタルツインの技術開発・実証」	③-1 3D都市モデル自動作成・自動更新技術の開発・実証
	③-2 高精度デジタルツイン自動生成AIの開発・実証
	③-3 都市デジタルツインに最適化されたWebGISの開発・実証
テーマ④「次世代機器等を活用した河川管理の監視・観測の高度化に資する技術開発」	④-1 次世代観測機器を用いた洪水の監視体制の充実及び強化に関する技術開発
	④-2 SAR衛星を用いた観測・監視体制に関する技術開発
テーマ⑤「次世代機器等を活用した道路管理の監視・観測の高度化に資する技術開発」	⑤-1 センサーやカメラ等を用いた道路構造物の監視技術
	⑤-2 SAR衛星を活用した定期的なインフラ監視技術
	⑤-3 交通状況等をリアルタイムに自動把握する技術の実証

(31) 講演会やフォーラムなどのオンデマンド Web 配信により開発技術の普及を促進

■概要

寒地技術推進室では、土木研究所が開発した技術を普及させ社会実装を促進すべく、それら技術を紹介する講演会やフォーラムなどのイベント（※1）を開催している。

令和元年度に発生した新型コロナウイルスの感染拡大により、令和2年度から現地会場での参加可能人数を減らしながらも、講演会などへの参加機会を確保するため、その講演を撮影した動画のオンデマンド Web 配信（※2）を始めた。

■令和5年度の成果

Web 配信を開始する前の令和元年度と比べ、講演会などへの参加者が3倍以上に増えた（図-1）。また、Web 配信において、現地会場の開催地以外からの参加者が7割を超え（図-2）、北海道外からの参加者が約5倍に増えた（図-3）。

なお、アンケート調査において参加者から「Web 配信は、現地会場への参加ができなくても好きな時間に聴講できるのでとても有益」などのご意見をいただいた。

■今後に向けて

寒地技術推進室では、引き続き講演会やフォーラムなどを Web 配信など活用しながら開催し、幅広い対象にわかりやすい情報提供を行うことで開発した技術を普及させ、全国にそれら技術の社会実装の促進を図る。

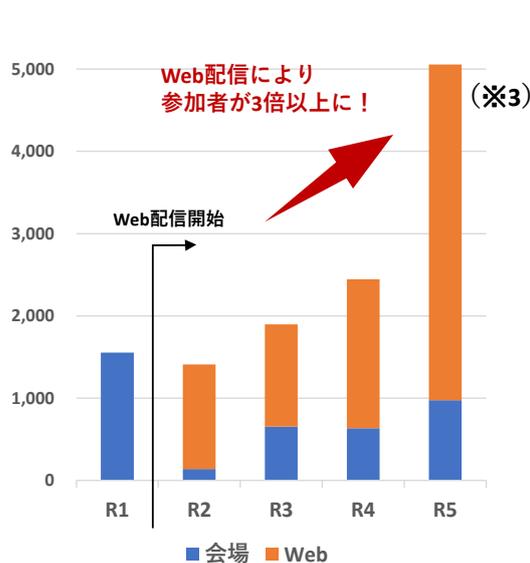


図-1 イベント参加者数の推移 (単位: 人)

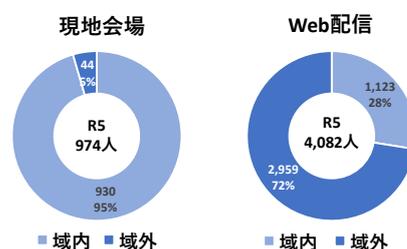


図-2 参加者所在地 (現地会場域内・外) の比較

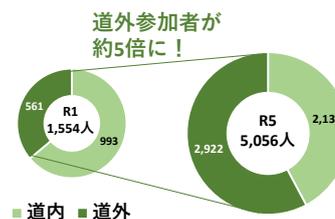


図-3 参加者所在地 (道内・外) の変化

※1) 寒地土木研究所講演会 (札幌)、土研新技術ショーケース (札幌、仙台、新潟)、

技術者交流フォーラム事業 (道内)、新技術説明会 (東北、北陸)

※2) 現地会場で開催された講演会やフォーラムなどの講演動画を、後日 Web 配信

※3) 技術者交流フォーラム事業の Web 配信は、令和5年度から実施