

創立80周年 研究のあゆみ

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所



創立 80 周年 研究のあゆみ

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所

● 目次 ●

はじめに

創立 80 周年を迎えて/寒地土木研究所長	1
組織の概要・変遷	2

過去 20 か年の研究のあゆみ

● 技術開発調整監	6
寒地機械技術チーム	7
● 寒地基礎技術研究グループ	11
寒地構造チーム	12
寒地地盤チーム	17
防災地質チーム	21
● 寒地保全技術研究グループ	25
耐寒材料チーム	26
寒地道路保全チーム	30
● 寒地水圏研究グループ	34
寒地河川チーム	35
水環境保全チーム	39
寒冷沿岸域チーム	45
水産土木チーム	52
● 寒地道路研究グループ	56
寒地交通チーム	57
雪氷チーム	61
● 寒地農業基盤研究グループ	65
資源保全チーム	67
水利基盤チーム	75
● 研究ユニット	80
地域景観ユニット	81

創立80周年を迎えて

寒地土木研究所は、昭和12年8月、豊平川右岸の堤防が完成して廃川敷地となった現在地に、内務省北海道庁土木部試験室として設立されました。以来、一貫して北海道における河川・道路・港湾・農業・水産行政の推進に関わる研究開発を通して、積雪寒冷地における土木技術の向上や北海道総合開発の推進に貢献して参りました。

平成18年4月には独立行政法人土木研究所と統合し、全国の土木技術の発展に貢献する研究機関として研究及び成果普及の範囲を広げて参りました。また平成20年4月には、北海道開発局が実施していた技術開発関連業務の一部も担うこととなりました。

平成29年8月、当研究所は創立80周年を迎えました。これを機に、設立時からの特徴である現場に密着した土木技術の研究機関として、更なる研究開発の推進と研究開発成果の広範な普及・指導に努めて参ります。

現在、人口減少・高齢化、自然災害の激甚化並びに社会インフラの老朽化など緊急的かつ難しい課題が山積しています。今後も、北の暮らしを支え人々が安心して豊かな生活を送るため、寒地土木研究所は、社会的要請を的確に捉え、短期・長期の視点から研究開発に取り組むとともに、寒地土木技術の発信基地としてその役割を発揮していく所存ですので、関係各位の一層のご理解・ご支援をお願い申し上げます。

平成29年8月25日



国立研究開発法人 土木研究所
寒地土木研究所長
鎌田 照章

寒地土木研究所

北海道は国内でも特に厳しい冬期の気象条件下にあり、また世界の積雪寒冷地における典型的な土質の一つである泥炭が国内で最も広く分布している。寒地土木研究所は、このような北海道に拠点を置く我が国唯一の寒地土木技術の試験研究機関として、寒地土木技術に関する先駆的な研究や技術開発を行うとともに、広く国内外の積雪寒冷地に研究成果を普及させることにより、土木技術の向上と良質な社会資本の効率的な整備及び北海道開発の推進に寄与している。

寒地土木研究所は、昭和12年8月に内務省北海道庁土木部試験室として発足し、昭和26年7月には北海道開発局の発足によりその附属機関となり、北海道開発局土木試験所と名称を改め、戦後の北海道開発行政を支える河川・道路・港湾・農業・水産に関わる寒冷地土木技術の研究開発を一貫して行ってきた。昭和63年4月には、我が国の寒地土木技術の拠点として、さらに創造的研究活動に積極的に取り組む体制を整え、北海道開発局開発土木研究所と名称を変更し、部、室の所掌事務や研究課題に至るまでの再編が行われている。

以下には、平成9年に発行した「開発土木研究所60年史」で取りまとめた以降の、概ね25年間の各計画期間における研究のあゆみについて整理した。さらにその期間の研究内容について研究チーム毎に紹介している。

(1) 開発土木研究所 第二次研究五箇年計画（平成6～10年度）

平成9年度からは、北海道開発局の定める開発土木研究所 第二次研究五箇年計画の4年目にあたり、総務部・水工部・構造部・道路部・農業開発部の5部体制のもと、3課・13研究室で研究開発に取り組んだ。

第二次研究五箇年計画では、第5期北海道総合開発計画（昭和63～平成9年度）、科学技術政策などを踏まえ、二一世紀を見据えた開発事業の展開と人間・社会及び環境との調和に配慮した基礎的・先導的な土木技術に関する研究開発に取り組むことが基本方針として示された。

当計画では、「Ⅰ災害に強く安心して暮らせる地域づくりに関する研究」、「Ⅱ北海道の発展を支える基盤整備と維持管理活用システムに関する研究」、「Ⅲ自然と調和した快適でゆとりある生活環境の創造に関する研究」、「Ⅳ北国の未来を想像する基礎的・先導的技術に関する研究」、「Ⅴ地球環境問題に対応する寒地土木技術に関する研究」の5つの研究大課題に対し42の研究課題が設定され、これに基づき研究開発を実施した。

(2) 開発土木研究所 第三次研究五箇年計画（平成11～12年度）

第三次研究五箇年計画では、第6期北海道総合開発計画（平成10～19年度）の理念・目標の実現、我が国の科学技術の振興に資するため、寒冷地土木技術の研究開発の中核としての役割を更に高めていくことが基本方針とされ、一層の技術の高度化と広範な分野の技術を融合した研究活動を実施するとともに、国際的な研究交流、産学官の研究交流を強化し産業の育成や研究の質的向上を図ること、積極的に国際研究交流を推進する中で、国内外に向けた寒地技術に関する情報発信基地としての指導的役割を果たしていくことが示された。

当計画では、「Ⅰ北国の発展に貢献する新技術に関する研究」、「Ⅱ社会基盤を充実し持続するための建設・維持管理に関する研究」、「Ⅲ豊かな自然と調和した環境創出に関する研究」、「Ⅳ人々の安全を守るための防災に関する研究」、「Ⅴ進展する情報化社会に適合した技術開発に関する研究」の5つの研究目標が設定され、これに対応す

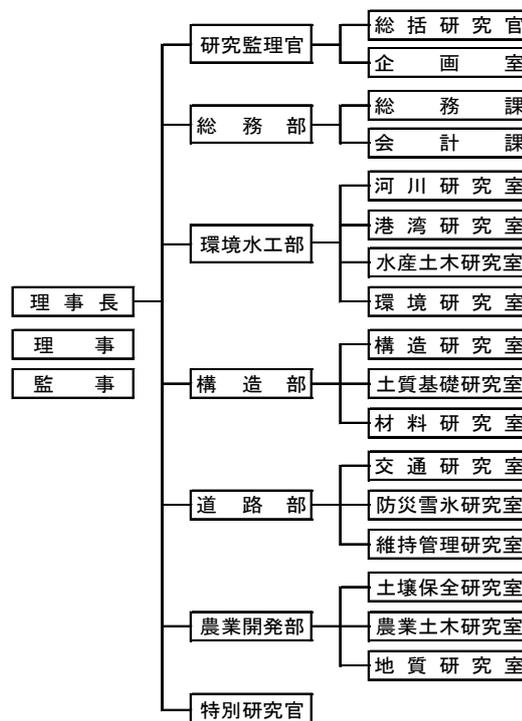
る40の研究課題が設定され、これに基づき研究開発を実施した。

(3) (独) 北海道開発土木研究所 第1期中期計画 (平成13～17年度)

「国の行政組織等の減量、効率化等に関する基本的計画(平成11年4月27日閣議決定)」に基づき、開発土木研究所は国土交通省北海道開発局の附属研究機関から独立行政法人北海道開発土木研究所へと移行した。研究体制は、研究監理官・総務部・環境水工部・構造部・道路部・農業開発部と平成15年4月に新設された特別研究官の2官5部体制のもと、1官1室2課13研究室で研究開発に取り組んだ。

独立行政法人北海道開発土木研究所法第三条には、「北海道開発局の所掌事務に関連する土木技術に関する調査、試験、研究及び開発等を行うことにより、北海道の開発の推進に資する土木技術の向上を図ることを目的とする」と組織の目的が規定された。

国土交通省から指示された第1期中期目標では、第6期北海道総合開発計画の理念・目標の実現に向け、北海道が抱える、積雪寒冷な気候や広く分布する特殊土壌などにより生ずる様々な技術的課題の解決に必要な寒地土木技術の基礎的・先導的な研究開発を推進するため、長期的に取り組む経常的な研究として、開発土木研究所第三次研究五箇年計画の5つの目標が示され、これに基づき58の研究課題を第1期中期計画として設定し、研究開発を実施した。



(4) (独) 土木研究所との統合 第2期中期計画 (平成18～22年度)

「平成17年度末までに中期目標期間が終了する独立行政法人の見直しについて」(平成16年12月24日、行政改革推進本部決定)において、『土木研究所と北海道開発土木研究所は土木技術という共通の基礎の上に成り立っているものであり、研究者の知見の相互交流や研究成果の共有によって、研究活動の効率化、研究成果の質的向上を図る観点から、土木研究所と北海道開発土木研究所を統合するものとする。』と位置付けられたため、この決定に基づき平成18年度に北海道開発土木研究所と土木研究所の統合が実施された。

統合に伴い(独)北海道開発土木研究所は(独)土木研究所寒地土木研究所となり、研究体制は、研究調整監・管理部・寒地基礎技術研究グループ・寒地水圏研究グループ・寒地道路研究グループ・寒地農業基盤研究グループ・特別研究監の2監5グループ体制のもと、1監1室2課13チームで研究開発に取り組んだ。また、平成18年度から社会・行政ニーズに対応した研究課題に対し、柔軟かつ横断的に研究を行うため特定テーマに関する研究開発をグループ及びチームの枠を超えて取り組む体制として研究ユニットを導入した。

統合組織として最初となる第2期中期目標では、重点的研究開発の目標として、「ア)安全・安心な社会の実現」、「イ)生き生きとした暮らしの出来る社会の実現」、「ウ)国際競争力を支える活力ある社会の実現」、「エ)環境と調和した社会の実現」に加え、

北海道総合開発計画及び食料・農業・農村基本計画等を踏まえ、北海道開発の観点から、「オ）積雪寒冷に適応した社会資本整備」、「カ）北海道の農水産業の基盤整備」についても重点的研究開発の目標として位置付けられた。これに基づく第2期中期計画では、「北海道総合開発計画」及び「食料・農業・農村基本計画」等に関連する重点プロジェクト研究として7つの研究開発テーマを設定し研究開発を実施した。

平成20年には「国の行政機関の定員の純減について」（平成18年6月30日閣議決定）を受けて、北海道開発局で実施していた技術開発関連業務が寒地土木研究所に移管された。これに対応し全道各地で行っていた技術開発関連業務を地域の実情に合わせて引き続き実施するため、技術開発調整監、寒地技術推進室（道央・道南・道北・道東支所）、寒地機械技術チームを新設した。この移管によって7つの研究開発テーマに北海道開発局が実施してきた技術開発内容が追加されるとともに、北海道開発に係る土木技術について、基礎的研究に加え技術開発、指導・普及を一体的に実施する体制が整備された。

（5）（独）土木研究所 第3期中期計画（平成23～27年度）

第3期中期目標では、重点的研究開発の目標として、「ア）安全・安心な社会の実現」、「イ）グリーンイノベーションによる持続可能な社会の実現」、「ウ）社会資本の戦略的な維持管理・長寿命化」、「エ）土木技術による国際貢献」が示され、この実施に際しては、北海道総合開発計画及び食料・農業・農村基本計画等を踏まえ、総合的な北海道開発を推進するため、積雪寒冷に適応した社会資本や食料基盤の整備に必要な研究開発についても、重点的かつ集中的に実施することとされた。これに基づく第3期中期計画では、積雪寒冷に適応した社会資本や食料基盤の整備に関連するプロジェクト研究として、8つのプロジェクト研究を設定し研究開発を実施している。

平成24年4月には、土木施設の維持管理・補修等の保全技術などの研究体制の充実強化を図るため、寒地基礎技術研究グループ・寒地道路研究グループを再編し、新たに寒地保全技術研究グループを新設した。平成26年4月には土砂災害の防除に関する調査、試験、研究並びに土木技術の開発及び指導を行う地質研究監を新設した。一方、平成24年3月には道央支所を、翌25年3月には道南支所を寒地技術推進室に集約した。

なお、平成27年4月から「独立行政法人通則法の一部を改正する法律」（平成26年法律第66号）により、法人名称が国立研究開発法人となった。

（6）国立研究開発法人 土木研究所 第4期中長期計画（平成28～33年度）

第4期中長期目標では、土木研究所のミッションとして、「研究開発成果の最大化」、すなわち、国民の生活、経済、文化の健全な発展その他の公益に資する研究開発成果の創出を国全体として「最大化」という国立研究開発法人の第一目的を踏まえ、研究成果の社会への還元等を通じて、良質な社会資本の効率的な整備及び北海道の開発の推進に貢献し、国土交通政策及び北海道開発行政に係る農水産業振興に関するその任務を的確に遂行することとされている。

研究開発の実施に当たっては、関連行政施策の立案や技術基準の策定等に反映することができる技術的知見を得るための研究開発を実施し、研究開発成果の最大化を図るものとされている。

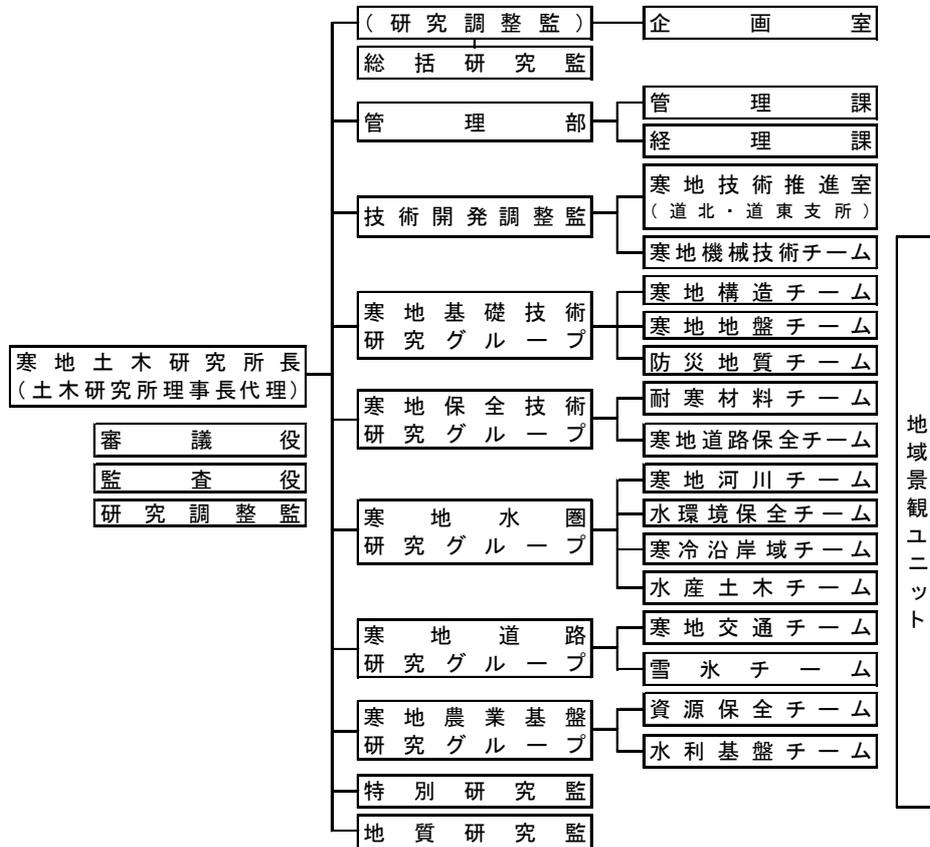
具体的には、土木研究所の強み等も踏まえ、本中長期目標の期間においては、

- ①安全・安心な社会の実現
- ②社会資本の戦略的な維持管理・更新
- ③持続可能で活力ある社会の実現

に貢献するための研究開発等に重点的・集中的に取り組むものとされている。

また、計画では、国土面積の約6割を占める積雪寒冷地の良質な社会資本の効率的な整備等に対応可能な土木技術に関する研究開発を推進することも盛り込まれており、寒地土木研究所としても一層の成果を上げるよう努めている。

寒地土木研究所の組織図



技術開発調整監

技術開発調整監及びそのスタッフは、北海道開発に係る土木技術について、基礎的研究に加えて技術開発、指導・普及を一体的に実施する体制を整え、北海道開発の推進に必要な技術的課題の解決をより一層効果的・効率的に実施することを目的として、国土交通省北海道開発局から土木研究所へ技術開発に関連する業務と人員が移管されたことに伴い、平成 20 年度に発足した組織である。

当初、技術開発調整監のもとに、寒地技術推進室、道央、道南、道北、道東の 4 支所及び寒地機械技術チームが設置されたが、その後、業務運営の効率化等の観点から、道央支所については平成 24 年度より、道南支所については平成 25 年度より寒地技術推進室に集約化した。

寒地技術推進室は、土研新技術ショーケース等北海道内外における研究成果の普及や知的財産のマネジメント、支所は道央、道南地域を除く北海道内各地域での技術普及活動や研究チームと連携した地域での研究活動を行っており、技術者フォーラムを開催するなど地域における技術的課題の解決に向けた産学官の交流・連携を図っている。

平成 22 年度からは、北海道内の自治体と締結した技術支援に関する協定や「土木技術のホームドクター宣言」に基づき、平時及び災害時の技術相談や技術指導、各種技術講習会の開催及び講師派遣、自治体が主催する技術検討委員会への参画等、技術支援活動を強化している。

寒地機械技術チームは、大正 8 年に設置された旧北海道庁石狩川治水事務所江別機械工場がその源で、ここから北海道開発のための建設機械の技術開発が開始された。その役割は、昭和 26 年に北海道開発局建設機械工作所、平成 13 年に北海道開発局事業振興部防災・技術センターを経て現在に至っており、伝統的な研究課題である除雪機械や災害対策用機械の機能向上に関する研究をはじめ、積雪寒冷地域における各事業分野の機械技術や情報通信技術を活用した研究開発に取り組んでいる。また、土木施設や機械設備のストックマネジメントに資する点検技術や調査方法の効率化、高度化の研究開発を進めている。



写真－1 技術者交流フォーラム



写真－2 ロータリ除雪車を通年活用するためのアタッチメント式路面清掃装置（北海道開発局で導入）

寒地機械技術チーム

はじめに

平成20年4月に新設された寒地機械技術チームは、積雪寒冷地における建設施工、施設管理、除雪支援、災害対策等について、多様化する社会ニーズに対応するため、機械技術や情報通信技術（ICT）を駆使した技術支援や研究開発に取り組んでいる。

また、土木施設や機械設備のストックマネジメント推進のため、点検技術や調査手法の効率化、高度化を図り、ライフサイクルコスト（LCC）を低減し、施設の品質を確保する研究を行っている。

研究概要

1 第2期中期計画（平成20年度（チーム発足）～平成22年度）における主な研究を以下に示す。

（1）雪氷処理の迅速化に関する技術開発

積雪寒冷地における円滑な冬期道路交通の確保において除雪機械は重要な役割を果たしているが、豪雪時には機械が不足し、除雪作業が遅延する事例も発生している。また、冬期路面管理に必要な凍結防止剤や防滑材の散布は、適正な散布箇所・散布量の管理に努める必要がある。

本研究では、効率的・効果的な除雪作業の実施に資するため、除雪機械のマネジメントや弾力的な運用が可能な各種支援技術の検討を行った。

研究の成果として、豪雪時における隣接工区への応援判断に関する情報（除雪進捗情報、到着予想時刻等）を提供するシステム（図-1）及び凍結防止剤散布車の散布設定情報と位置情報を自動で収集して地図上での詳細な散布情報が確認可能なシステム（図-2）を開発し、インターネットを介して国道の道路管理者及び除雪工事受注者に提供した。

（2）結氷する港湾に対応する水中構造物点検技術に関する技術開発

寒冷地の港湾及び漁港施設における水中構造物の健全度診断は、海水の濁りや低い水温等の悪条件の中、潜水士による目視観察に頼っている現状であり、潜水士を必要とせず監督員が目視確認可能なシステムが求められている。

本研究では、濁水中での撮影を可能とする超音波式の「音響カメラ」を用いた港湾構造物水中部劣化診断システムを開発した。本システムでは船から専用の架装装置にて撮影を行うことで潜水士を必要とせず、さらに、水中から出ている岸壁も撮影し、水中部と陸上部を一体化したモザイク図の作成を



図-1 除雪作業状況の確認システム



図-2 散布情報収集・管理システム

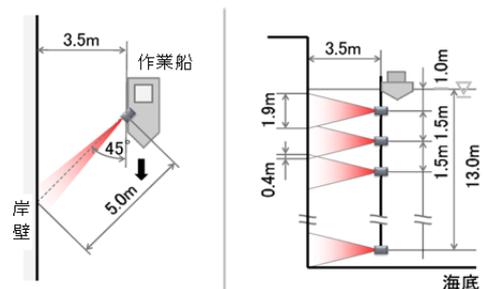


図-3 音響カメラによる撮影方法



写真-1 水中部モザイク図と陸上部の一体画像

行った（図-3、写真-1）。

研究の成果として、潜水士と同程度の約 3 cmの分解能を確保したモザイク図ができ、架装装置を使用することにより水深 10m での位置精度を 10~20 cmにできた。さらに計測データを蓄積し経年劣化の進行も確認できるものとした。

2 第3期中期計画(平成23年度~平成27年度)における主な研究を以下に示す。

(1) ICTを活用した効率的・効果的な除雪マネジメント技術に関する研究

積雪寒冷地において、降雪や積雪が道路交通に与える影響は大きく、円滑な道路交通の確保のためには道路除雪の実施は必要不可欠である。除雪作業を効率的に実施するためには、過去の除雪作業の分析に基づく除雪作業計画、降雪状況に応じた最適な除雪出動タイミングと除雪作業中における臨機な除雪機械の運用が必要である。

本研究では、除雪機械の効率的・効果的な運用を支援するための除雪機械マネジメント技術の検討を行った。研究の成果として、除雪機械稼働情報の可視化機能、降雪量に応じた出動タイミングの判断を支援する除雪出動判断支援機能、大雪時等に隣接工区を支援した場合の除雪作業所要時間を予測する除雪機械運用支援機能（図-4）を作成した。

(2) 積雪期における安心・安全な歩道の路面管理技術に関する研究

積雪寒冷地の冬期歩道路面では、積雪や路面の凍結により歩行者の転倒事故が発生しており、特に交通バリアフリーの観点からも高齢者・移動制約者等に対して歩道空間を改善する路面管理手法が求められている。

本研究では、歩道部の冬期路面処理機械として、海外での雪氷路面破碎処理技術を活用し、国内の歩道での施工に対応した雪氷路面処理装置を試作した。さらに、試験施工（写真-2）において現場での適応性や雪氷路面に対する処理能力を確認するとともに、課題点の改良を行った。装置の概要は、小形除雪車にアタッチメントとして装着し、雪氷路面を連続的に破碎処理する機能を有するものである。

(3) 雪堆積場の雪冷熱利用技術に関する研究

再生可能エネルギーである雪冷熱の利用は、集雪にかかるコストが課題であり、また屋外で雪を保存し雪冷熱源として利用する方法は、技術的に体系化されていない。一方、都市部などでは、道路を除雪して路肩に溜めた雪の運搬先となる雪堆

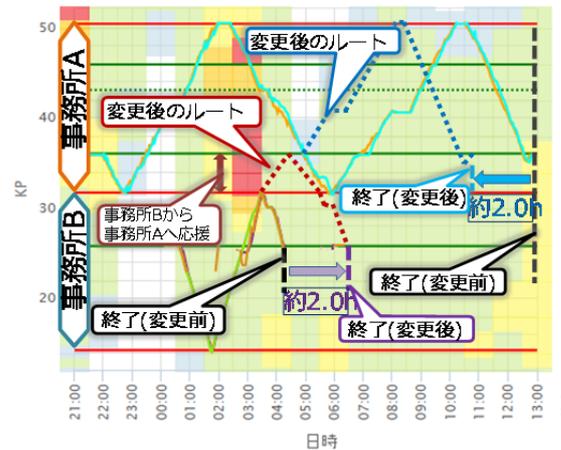


図-4 除雪機械運用支援機能



写真-2 雪氷路面処理装置試験状況



写真-3 バーク材で被覆した実験用の雪山

積場の確保が年々困難となり、運搬距離が遠距離化しているため、運搬排雪コストが増大している。

本研究では、除排雪の雪を雪冷熱源として効率的に利用するための技術について検討を行った。実証実験（写真－3）及び検証の結果、雪冷熱源を利用するための計画、設計及び管理技術（堆積方法、融雪管理、冷熱の循環、断熱材等）とともに、雪冷熱空調モデルの検討例を記したガイドライン（案）を作成した。

（４）寒冷海域における沿岸施設の水中調査技術に関する研究

寒冷海域においては、近年の気候変動により海水が減少することで、海氷の運動が活発化し、水中構造物の劣化を促進させることが懸念されている。劣化損傷が進行した水中構造物では、中詰め材の吸い出しやこれに起因する陥没事故などが発生する危険性がある。

本研究では、超音波のパラメトリック送信技術（図－5）を利用した水中構造物内部の状況探査及び可視化技術を開発した。本技術は、パラメトリック送受波器と他の計測機器の取り付け金具、昇降装置及びデータ解析ソフトウェアからなり、水中構造物である鋼矢板背後の空洞の計測を行うことができる（図－6）。また、現地調査で使用するためのハンドブックを作成した。

3 第4期中長期計画（平成28年度～平成33年度）における主な研究を以下に示す。

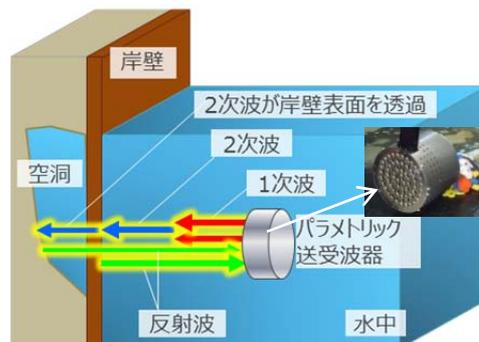
（１）暴風雪による視程障害時の除雪車運行支援技術に関する研究

近年、積雪寒冷地では気候変動の影響などから、異常な暴風雪による車両の立ち往生や長時間にわたる通行止め・集落の孤立など、障害の発生が増えてきている。そのため、暴風雪による視程障害時でも安全に除雪作業を行い、道路交通の早期解放や緊急車両の先導を可能とする除雪車の開発が求められている。

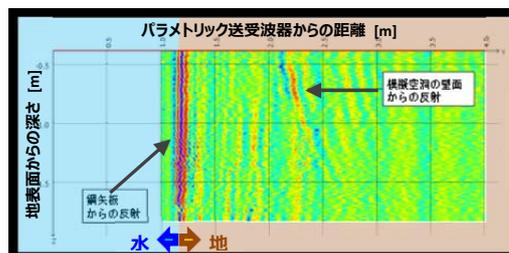
本研究では、そのような状況下において安全に除雪作業が行える支援技術として、自車位置を推定し車線内を走行するための車線逸脱防止技術と、除雪車周囲の人・車両・道路工作物などを探知し、衝突事故を防ぐための周囲探知技術の開発に取り組む（図－7、写真－4）。

（２）適切かつ効率的な除雪機械の維持管理技術に関する研究

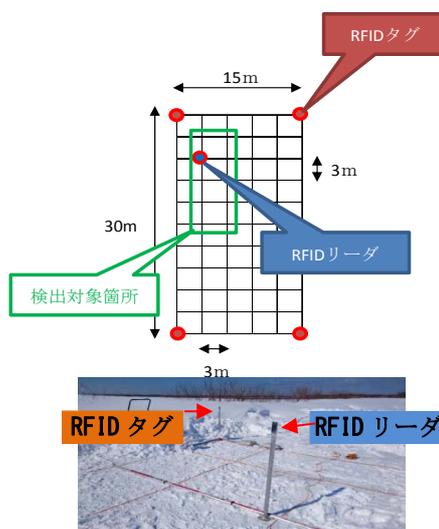
積雪寒冷地における冬期の円滑な道路交通の確保



図－5 パラメトリック送信技術による水中構造物内部探査



図－6 鋼矢板護岸内部の模擬空洞計測結果



図－7 位置測位実験状況（タグ、リーダーを単管に取付）



写真－4 周囲探知実験状況

は、地域住民の生活にとって必要不可欠であり、確実な道路除雪体制が求められている。しかし、近年の予算縮減により、除雪機械の更新が先送りされ老朽化した機械が増えており、除雪作業に支障をきたす故障も発生している（図－8）。これら故障に伴う除雪作業停止日数は年々増加しており、道路除雪体制への影響が懸念される。

本研究では、冬期の円滑な道路交通の確保に必要な道路除雪体制を維持するため、除雪機械劣化度の定量的評価による、除雪機械の効果的かつ効率的な維持管理手法を検討する。

（３）コラム形水中ポンプの維持管理に関する研究

救急排水機場は、内水を排水し洪水被害を軽減することを目的に設置された重要な河川管理施設である。しかし、救急排水機場で使用されるコラム形水中ポンプは、コラムパイプ内に設置し排水作業を行うことから、稼働中に異常や変調を確認することが極めて困難である。限られた予算のなかで設備の信頼性を維持するためには、状態を的確に把握したうえで、必要な整備を行う必要がある。

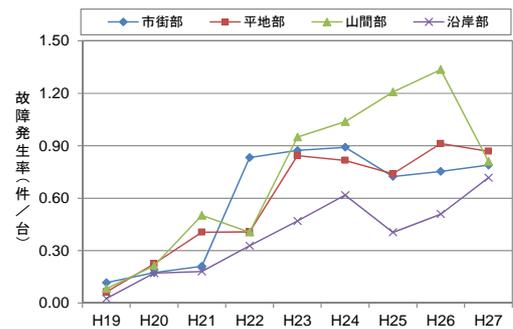
本研究では、コラム形水中ポンプの状態監視技術を提案するため、回転機械の状態監視に利用されている各種計測、診断技術のコラム形水中ポンプへの適用性について検討する（図－9）。

（４）電線電柱類の景観対策手法の選定と無電柱化施工技術に関する研究

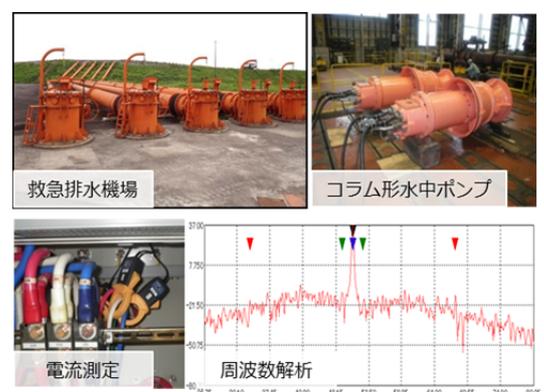
道路からの景観は地域の印象に影響するが、沿道には多くの電線電柱類が設置され、これらが沿道景観へ与える影響は大きい。また、近年は防災や景観、観光等の面からも無電柱化に対する社会的ニーズが高まっている。しかし、他の先進諸国と比較すると日本の無電柱化率は極めて低い現状である。この原因の一つとして、電線地中化等の対策費用が極めて高いことが挙げられ、より安価な施工技術が求められている。

本研究では、郊外部での施工における低コスト・高効率の電線類地中化技術を提案するため、諸外国で使用されている電線類埋設用トレンチャーを活用した効率的な電線類地中化技術を検討する（写真－5）。

寒地機械技術チームは、今後とも積雪寒冷地域における機械技術や建設施工、施設の維持管理に係る研究開発に取り組み、道路、河川、港湾、農業等の各土木事業における技術開発に寄与し、社会的貢献を果たしていく。



図－8 沿道環境毎の年度別故障発生状況



図－9 コラム形水中ポンプ診断状況（電流情報診断）



写真－5 電線類埋設用トレンチャーの掘削試験状況

寒地基礎技術研究グループ

積雪寒冷地につくられる構造物は、過酷な環境条件の影響を受けるため、建設や管理に際しては低温や凍結融解などに強い構造や工法を考えなければならない。社会インフラの老朽化が進む中、積雪寒冷地特有の環境条件も考慮した社会インフラの効率的かつ効果的な整備・更新・維持管理が求められている。また、多発する斜面災害や地震災害への対応など、安心・安全な暮らしを守る社会インフラ整備への要請が高まっている。

寒地基礎技術研究グループでは、これらの課題に対処するため、寒地構造チーム、寒地地盤チーム及び防災地質チームにおいて、積雪寒冷地における構造物の老朽化を防ぎ、その機能を健全な状態に保持するための技術開発や斜面災害等の減災などのための技術開発に関する研究を行っている。

寒地基礎技術研究グループの前身は、(独)北海道開発土木研究所構造部に当たる。当時は、構造研究室、土質基礎研究室及び材料研究室の3研究室体制であったが、平成18年4月に(独)土木研究所と統合し、(独)土木研究所寒地土木研究所寒地基礎技術研究グループとなり、各研究室は、寒地構造チーム、寒地地盤チーム及び耐寒材料チームに名称変更となった。同時に、農業開発部地質研究室が、防災地質チームとして当グループに編成替えとなった。さらに、平成24年4月には、耐寒材料チームが寒地保全技術研究グループに編成替えとなり、寒地構造チーム、寒地地盤チーム及び防災地質チームの3チーム体制となっている。



写真-1 凍害等によるRC床版の劣化・損傷



写真-2 泥炭性軟弱地盤上の道路の不同沈下



写真-3 融雪による地すべり

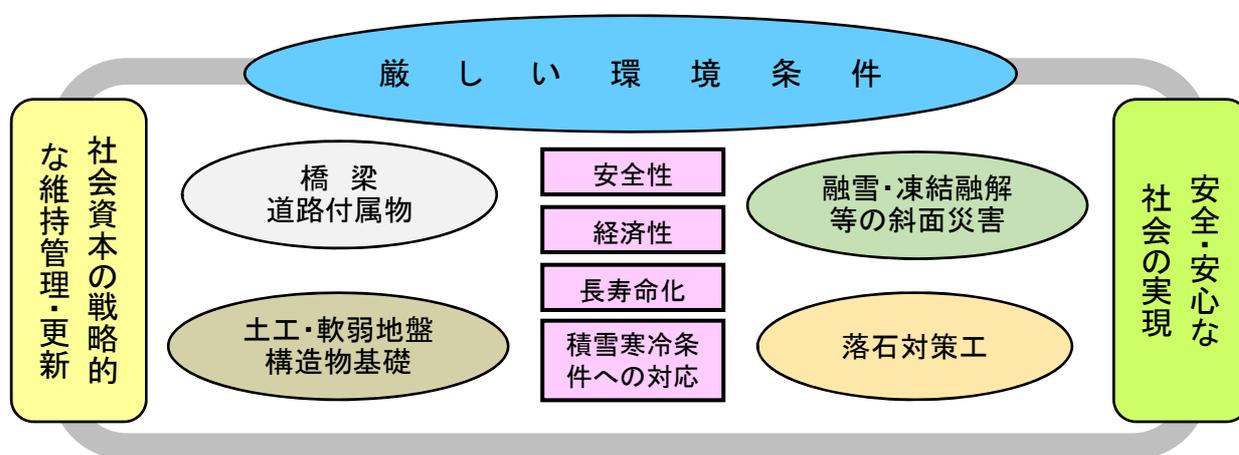


図-1 寒地基礎技術研究グループの研究内容

寒地構造チーム

はじめに

寒地構造チームは、北海道開発局開発土木研究所の構造研究室であったが、平成13年4月の独立行政法人化を経て、平成18年4月に現在の名称となり今日に至っている。

寒地構造チームは、落石や寒さ、地震など、厳しい自然環境から構造物を守るため、橋や落石覆道などの合理的な設計法や耐久性向上、ライフサイクルコスト低減などについて研究を行っている。

研究概要

(1) 落石防護施設の耐衝撃性能に関する研究

平成元年の一般国道305号(越前町玉川)での岩盤崩落事故や平成3年の一般国道158号の猿なぎ洞門での事故等を契機として、現在に至るまで、ロックシェッドや落石防護擁壁等の落石防護施設の耐衝撃問題に関する研究を進めている。

研究の初期段階において、衝撃的な現象を忠実に計測するためセンサーの一つとして、衝撃実験用のロードセルを開発した。これにより、構造物に作用する衝撃外力の適切な評価が可能となり、ロックシェッド等に設置される緩衝材の緩衝性能やロックシェッドを構成する部材の耐衝撃応答性状などに関する各種実証実験(写真-1、2)を実施することができるようになった。

ロックシェッドに関しては、死荷重の増大等の問題点が指摘されていた従来の敷砂緩衝材に代わり、衝撃荷重の分散・緩衝性能に優れ、より大きな落石荷重に対応できる緩衝材として、敷砂、RC版及びEPS材という異種材料から構成される三層緩衝構造を開発した(図-1)。また、頂版部に高耐荷性と優れた靱性を有する鋼・コンクリート合成構造を採用したサンドイッチロックシェッドを開発した(写真-3)。さらに、落石防護施設は許容応力度法で設計されてきたが、他の構造物と同様に性能照査型設計への移行に向けた研究を実施してきた。

落石防護擁壁に関しては、支持層が深く、



写真-1 緩衝構造に関する屋外大型実験状況



写真-2 1/2縮尺ロックシェッド模型を用いた衝撃実験状況

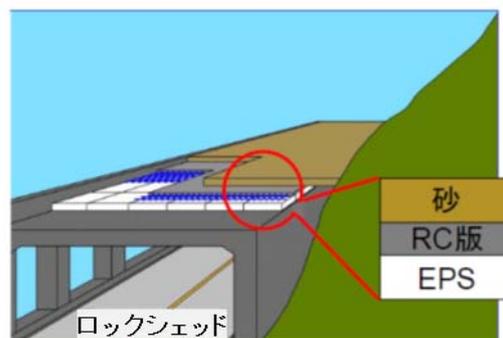


図-1 三層緩衝構造の概念図



写真-3 サンドイッチロックシェッド

擁壁設置位置と斜面法尻が近接している箇所において、法尻掘削及び仮設工を最小限にする工法として、杭付落石防護擁壁を開発した（写真－4）。

高エネルギー吸収型といわれる各種の落石防護施設（落石防護柵・網等）が開発されている。統一的な性能照査指標がないままに、現場適用事例が増えていることから、これらの施設に求められる機能等を整理するとともに、実験的性能照査手法を提案した。

現在は、慣用法で設計が行われている従来型落石防護柵及び従来型（重力式）落石防護擁壁の性能評価と耐衝撃設計法の確立に向けた研究を実施している（写真－5、6）。また、既設落石防護施設の劣化損傷の実態を踏まえた、メンテナンス技術の開発に向けた研究を実施している。

（2）地震防災・橋梁の耐震性能に関する研究

平成5年の釧路沖地震や北海道南西沖地震等の教訓より、地震観測の合理化に向けた検討を開始し、防災系ネットワークシステムである地震情報伝達システム（WISE）を開発するとともに、地震データを活用した被害予測手法等に関する研究を実施してきた。本システムは道内各地に設置された強震計のオンライン一元管理と、地震発生時には地震動レベルの指標や地震被害危険度を情報配信する機能（図－2）を有し、北海道開発局で運用されている。

上記道内地震及び平成8年の兵庫県南部地震による道路橋被害の経験等を踏まえた技術基準類の見直しに対し、橋梁構造物の耐震性向上に係る研究を進めている。

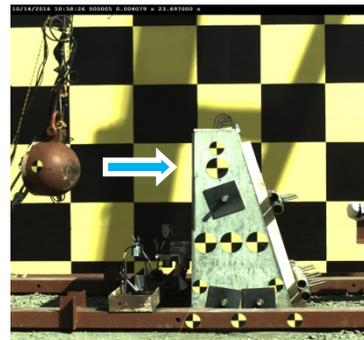
平成元年頃より、従来の鋼製支承に代わり積層ゴム支承を用いた免震設計の適用が開始されたが、寒冷地においては低温下におけるゴム系支承の特性変化が懸念された。このことから、低温時の各特性値の性能検証を行ってきており、現在は低温下におけるゴム系支承を用いた場合の最適設計（解析）手法に関する研究を行っている。一方、温度変化に伴う復元力特性の変化がない免震支承として、幾何学特性及び摺動摩擦力を利用した鋼製リンク支承を開発した（図



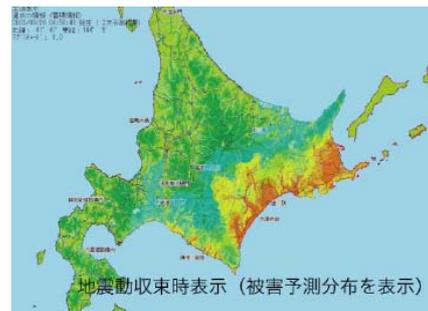
写真－4 杭付落石防護擁壁



写真－5 既設落石防護柵の実験状況



写真－6 落石防護擁壁の実験状況



図－2 WISEによる被害予測分布表示例



図－3 鋼製リンク支承

－3)。

工費縮減や施工省力化、工期短縮を図るための工法として、高さ 30m 程度以下の低・中橋脚に適用可能な、コンクリートとの付着に優れた外面リブ付鋼管を軸方向鉄筋とともに橋脚断面内に配置する鋼管コンクリート合成構造橋脚を開発するとともに、本橋脚構造と鋼鈹桁との剛結構造を提案した(図-4、5)。

既設 RC 橋脚の耐震補強法(主として段落部を有する壁式橋脚)として、アラミド繊維シートの巻き立て工法の開発を行った。また、雪寒地における施工条件に対応した、より合理的な靱性補強手法として、アラミド繊維をより線状に加工したアラミド繊維ロープを樹脂含浸せずに橋脚躯体に巻き付ける工法を開発した(写真-7、8)。

現在は、既往地震における教訓等を踏まえた超過外力の作用を想定し、構造特性に応じた損傷・復旧シナリオの構築、機能回復のための応急復旧技術等に関する研究を行っている。また、既設部材への影響軽減等に配慮した耐震補強技術やゴム支承の耐久性に係る品質確保のための性能評価技術について研究を行っている。

(3) 橋梁床版構造及び補修補強に関する研究

物流の効率化・車両大型化に対応するため、平成 5 年に道路構造令と車両制限令が改正され、道路橋の設計活荷重が改訂された。これらに対応すべく、既設橋梁床版の耐荷力評価手法として現地載荷試験を活用する方法や各種補強工法に関する研究を実施してきた。

また、現場施工省力化や品質向上、工期短縮、建設コスト縮減等の要請に対し、鋼材加工技術の高度化及びコンクリートの高性能化に着目し、ハーフプレハブ化した鋼管コンクリート合成サンドイッチ床版を開発した(図-6)。

供用中の橋梁構造物の劣化、老朽化の進展により、今後の維持管理費の急増は明白であり、これまで以上に効率的な維持管理が必要となる。このことから、橋梁維持補修事業計画の立案に資することを目的として、橋梁定期点検結果を基にした健全度評

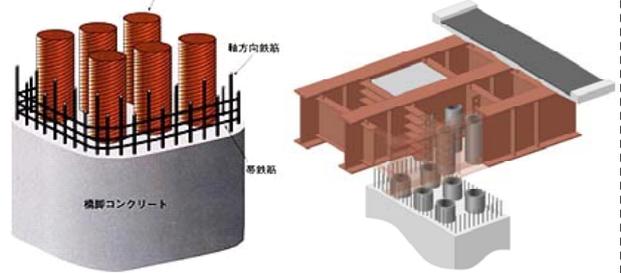


図-4 鋼管橋脚

図-5 剛結構造



写真-7 アラミド繊維シート補強



写真-8 アラミド繊維ロープ補強

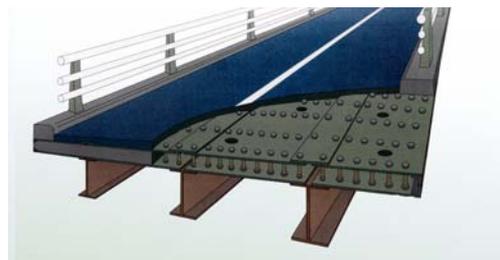


図-6 サンドイッチ床版

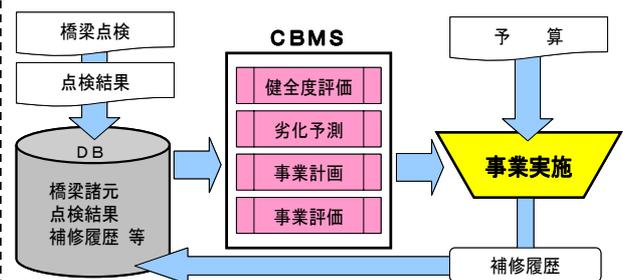


図-7 CBMS のイメージ



写真-9 RC床版の劣化損傷状況

価・劣化予測手法、補修補強工法に応じた機能回復度を考慮した補修補強シナリオを提案するとともに、これらの機能を備えた橋梁維持管理システム（CBMS）を構築した（図-7）。

雪寒地においては、道路橋の既設 RC 床版の劣化損傷が顕在化しており（写真-9）、補修補強技術の確立が急務になっている。このことから、輪荷重走行試験機（平成 16 年導入、写真-10）を用いた各種実験を実施し、雪寒地特有の凍害等による劣化損傷を受けた既設 RC 床版の疲労寿命予測式の提案や各種補修補強工法等の開発を行ってきた（写真-11）。

雪寒環境下における既設橋梁の調査結果より、鋼製伸縮装置の劣化・損傷原因を推定するとともに、それらに対して長期耐久性を確保するための改良（耐衝撃性、止水性、防食機能の向上）を施した寒冷地仕様鋼製伸縮装置を開発した（図-8）。

また、床版上面から浸透する水が床版の劣化を著しく加速させることが明らかとなり、床版防水システム（舗装・床版防水・床版の三位一体構造と排水設備）の重要性が再認識された。このことから、凍害用ランダム走行試験機（平成 23 年導入、写真-12）等を用いた試験等を実施し、雪寒地の床版防水として必要とされる機能や性能評価技術の提案を行った。

現在は、RC 床版に関して、凍害・複合劣化に着目し、その劣化メカニズムの解明、劣化特性に応じた性能評価技術、補修補強技術の開発に向けた研究を行っている（写真-13）。また、積雪寒冷環境に対応した橋梁用伸縮装置の機能維持のための技術開発を行っている。

（４）その他道路構造物に関する研究

①複合構造横断函渠の開発

高規格幹線道路で、交差道路の横断函渠が道路縦断計画のコントロールポイントになる高盛土区間等において、特にコスト縮減効果が期待できる工法として、頂版部に鋼・コンクリート合成構造を用いた土被りの無い複合構造横断函渠を開発した（写真-14）。本工法により従来構造に比較して盛土高を 1m 程度低く抑えることが可能となり、



写真-10 輪荷重走行試験機



写真-11 炭素繊維を用いた床版下面補強例

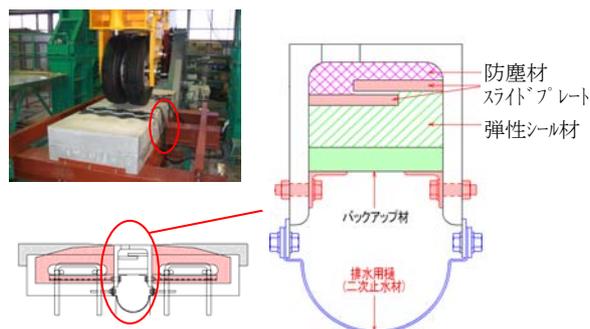


図-8 雪寒地仕様鋼製伸縮装置



写真-12 凍害用ランダム走行試験機



写真-13 RC 床版の劣化損傷状況

盛土量や用地面積の減少によるコスト縮減効果や盛土高さの減少による景観性向上等が期待できる。

②新型越波防止柵の開発

海岸沿いの道路区間では、強風や季節風による越波が道路に達し、波浪や飛石による通行止めが発生する事例があり、道路沿いに設置する対策施設として、従来、波形状鉄板（有孔鋼板）からなる越波防止柵が設置されてきた。しかしながら、周囲の視界を遮ることによる問題点等も指摘されていたことから、折板形状にした透明なポリカーボネートを採用した新型越波防止柵を開発した（写真-15）。本工法は採光性に優れており景観にも配慮でき、かつコスト縮減も可能である。

③トンネル維持管理に関する研究

トンネル覆工の適切な維持管理に資するため、点検結果の数量化及び劣化度評価、劣化予測手法、断熱材施工区間の合理的な設定手法等を提案した。現在は漏水防止工設置（不可視）箇所劣化度推定技術の確立に向けた研究を実施している。



写真-14 複合構造横断函渠

写真-15 新型越波防止柵

寒地地盤チーム

はじめに

寒地地盤チームは、北海道開発局開発土木研究所の土質基礎研究室であったが、平成13年4月の独立行政法人化を経て、平成18年4月に現在の名称となり今日に至っている。

寒地地盤チームでは、安全・安心な暮らしを守る社会基盤を効率的に整備するため、寒冷地に広く分布する泥炭性軟弱地盤やその他の特殊な地盤に建設される土木施設の安全性、経済性、耐久性を高める技術、冬期に施工する土工の品質を向上させる技術について研究を実施している。

以下に、当研究チームの大きな3つの研究分野である「泥炭性軟弱地盤」、「土工」、「構造物基礎」について、研究の動向を示す。

研究概要

(1) 泥炭性軟弱地盤に関する研究

寒地土木研究所の重要な研究課題のひとつに、泥炭地盤に関する研究が挙げられる。北海道や東北地方に広く分布する泥炭地盤（図-1）は、高有機質で特異な工学的性質を有する極めて軟弱な特殊土地盤である。泥炭地盤上に盛土などを築造すると、供用後の長く続く沈下、すべり破壊、周辺地盤の共下がりや隆起、側方流動などの問題が生じる。

ここでは、泥炭地盤に関する最近の研究成果のうち、主なものについて紹介する。

①泥炭地盤上の盛土の耐震性評価と耐震補強技術に関する研究

地震時に泥炭地盤上の盛土が比較的被害を受けやすいこと（写真-1）は、古くから知られていたが、その被災メカニズム、耐震性の評価手法や合理的な耐震補強技術については、明らかにされていなかった。

そこで、被害事例の調査、遠心模型実験、数値シミュレーションなどを実施して、これらの課題の解決を図った。その結果、泥炭地盤上の盛土で特徴的に見られた被災変状モードを再現することができ、沈下によって泥炭にめり込んだ盛土の底部の液状化が、被災の主たる要因であることが明らかになった。また、ふとん籠による補強が有効なことがわかった。現在、泥炭地盤上の盛土に対する合理的な耐震性診断および対策手法の確立に向けて研究を継続している。

②グラベル基礎補強併用低改良率地盤改良の開発

泥炭地盤の地盤改良技術に関する研究の一環として、新しい地盤改良技術である「グラベル基礎補強併用低改良率地盤改良」を開発した。

本工法は、一般的に用いられる改良率（ $a_p=50\%$ ）より低い改良率（ $a_p=10\%$ 程度）の改良体を盛土直下

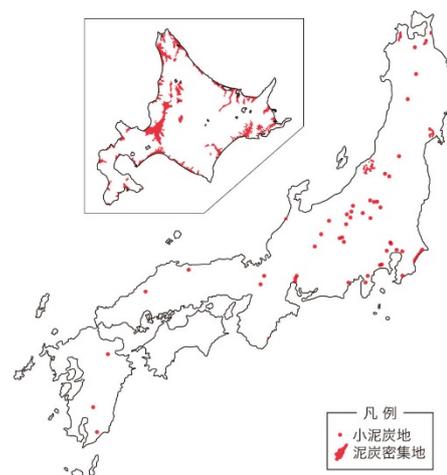


図-1 泥炭地盤の分布



写真-1 泥炭地盤における河川堤防の地震被害事例

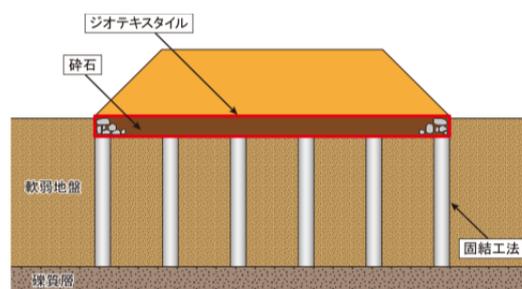


図-2 グラベル基礎補強併用低改良率地盤改良のイメージ

全面に配置し、その上に碎石層をジオテキスタイルで覆い囲んだ「グラベル基礎補強」を併用した軟弱地盤対策工法である。従来工法と比較して、大幅なコスト縮減および工期短縮が可能となった（図-2）。

③「泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル」の改訂

泥炭地盤に関する一連の研究成果を広く普及させるため、泥炭地盤上に道路などを建設・維持管理する際に必要な調査・設計・施工の標準的な考え方をとりまとめた技術指針として、「泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル」を発刊している。本マニュアルは、昭和56年に刊行された「泥炭性軟弱地盤対策工指針（案）」の改訂版であり、平成14年に発刊された後、平成23年と平成29年に改訂を行っている。なお、平成29年版は、寒地地盤チームのホームページからダウンロードが可能であり、発刊から3ヶ月経った平成29年6月末で2100件を超えるダウンロードがあった。

現在、泥炭性軟弱地盤という特殊な地盤環境であっても、より安全で安心な社会基盤が効率的・効果的に整備できるよう研究活動を継続しているところである。

（2）積雪寒冷地における土工に関する研究

積雪寒冷下での凍上によるのり面への影響、盛土施工、のり面緑化、発生土の有効利用など積雪寒冷地における土工の問題点に関する研究を行っている。

①凍上や凍結融解の影響を受ける切土のり面に関する研究

近年、凍上に起因するのり面の崩壊及び構造物の機能低下が問題視されており、メカニズムの解明及びその対策の開発と維持管理コストの削減の必要が生じている。そこで、小段排水や地山補強土工法など、凍上に起因する地盤の変状を予測した効率的・効果的な対策技術および既設のり面の凍上を考慮した点検手法や崩壊危険度評価手法の提案を目的に現場計測や試験施工（写真-2）を中心に研究を実施している。凍上に関する調査方法、凍上判定手法、凍上対策方法などの研究成果については、平成28年9月（社）地盤工学会北海道支部「斜面の凍上対策の調査・設計マニュアル（案）」に反映された。



写真-2 試験施工箇所の調査

②冬期土工の品質確保に関する研究

北海道などの積雪寒冷地における土工、特に盛土の冬期施工（写真-3）は、外気温の低下、土の凍結・凍上、雪の混入、日照時間の減少など厳しい施工環境で行われるため、品質の確保に影響を及ぼすことがある。そこで、冬期土工の技術向上を目的として、地盤の凍上および盛土施工の効率化と品質向上に関する研究を行い、凍土や雪の混入などが融解期に盛土に与える影響を明らかにするとともに、冬期土工による変状を抑制するための方法を提案した。これらの技術と、（社）北海道建設業協会、北海道開発局で有する技術を集約し、現場技術者が冬期に盛土を行う際に必要な考え方をとりまとめた「積雪寒冷地における冬期土工の手引き」を平成27年2月に発行した。



写真-3 冬期土工の様子

③発生土の有効利用に関する研究

北海道には、火山灰質土、高含水粘性土、蛇紋岩質土など自然含水比状態で盛土に使用することが困難な材料が多く分布している。これらの材料を有効利用するための研究を進め、不良土判定方法の見直し、新たな不良土改良の事例の追加、固化材による改良

に関する簡易な品質管理方法などを提案した。これらの成果をとりまとめ、平成 25 年 4 月「北海道における不良土対策マニュアル」を発行した。

④アスファルト廃材の再利用に関する研究

道路の舗装補修工事等にもない発生するアスファルト廃材は、特定建設資材廃棄物に指定され、再資源化が義務づけられている。これまでも、資源の有効利用がなされてきているが、今後も高い水準で再資源化し利用していく必要がある。そこで、アスファルト廃材の適用範囲を拡充することを目的として、アスファルト廃材の地盤材料としての性質を調べるとともに、実物大の試験盛土（写真-4）により有効性を調査した。これまでの結果、アスファルト廃材が不良土を改良することが可能な材料となり得ること、盛土材料としての利用が可能であることがわかった。



写真-4 アスファルト廃材の実物大の試験盛土

（3）特殊土地盤における構造物基礎に関する研究

構造物基礎については、北海道の特殊土地盤である泥炭性軟弱地盤及び火山灰の支持力機構を対象とした研究開発を実施している。

①複合地盤杭基礎の設計施工法及び既設杭基礎の耐震補強技術に関する研究

泥炭性軟弱地盤は脆弱であり、そこに施工する橋梁下部工・基礎工は大規模化が余儀なくされ、極端な場合には構造物基礎の設計法が成立しないケースもある。また、基礎の地震時変形も比較的大きく耐震性の確保が大きな課題である。そのため、泥炭性軟弱地盤において構造物基礎の建設コスト縮減及び耐震性能を考慮した新技術の活用が求められていた。

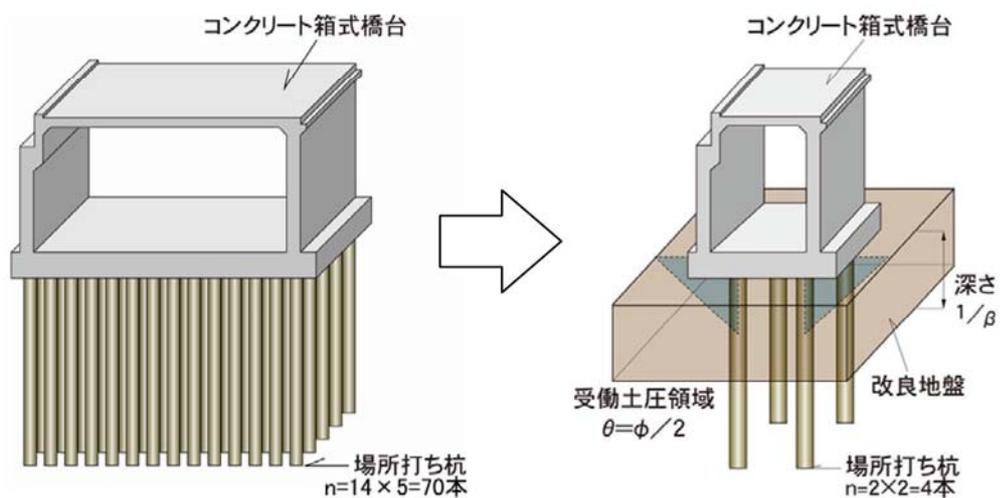


図-3 従来工法と複合地盤杭基礎の比較

このような状況に対処するため、泥炭性軟弱地盤に施工する杭の頭部周辺に主に固結工法による地盤改良を併設し、基礎の縮小化と同時に耐震性の向上を図る複合地盤杭基礎を研究開発した。泥炭性軟弱地盤において従来工法で杭基礎を設計した場合に、杭許容水平変位量を確保させるため非常に多くの杭本数となるが、複合地盤杭基礎を用いることで杭本数を大幅に減じることができ建設コスト縮減が可能となる（図-3）。複合地盤杭基礎は北海道限定工法として「北海道における複合地盤杭基礎の設計施工法に関するガイドライン（平成 22 年 4 月）」を発刊しており、現時点では約 20 現場で採用されて

いる。

また、泥炭性軟弱地盤などの脆弱地盤中の杭基礎は、地震時応答が卓越する懸念があることから、複合地盤杭基礎の考え方を応用し、耐震性が過小と判断された既設杭基礎周辺に改良体を併設することで大規模地震時の基礎変形を抑制する耐震補強技術であるコンポジットパイル工法を開発した。本工法は特許取得（平成 24 年）及び新技術情報提供システム NETIS 登録（平成 25 年）しており、実用化、普及に努めているところである。

②火山灰質地盤における杭基礎の支持力評価

北海道の火山灰質地盤における杭基礎の支持力は、火山灰質土が砂に近い密度及びせん断抵抗を有することから、一般に砂質地盤に準拠して設計されていた。しかし、火山灰質土は物性によっては破碎性の性質を呈するなど、その種類により砂質土と細部の力学特性が異なることが明らかとなってきた。

そこで、火山灰質地盤における杭基礎の鉛直支持機構の検証を目的に、北海道内の火山灰質地盤に施工された道路橋基礎杭において鉛直載荷試験を実施し検討を行った。その結果、杭種別（場所打ち杭、打込み鋼管杭）及び火山灰質土の種類別（降下火砕堆積物、火砕流堆積物）に周面摩擦力度を提案し、「北海道開発局道路設計要領」に反映された。

（４）成果の普及活動

①マニュアル類の発刊・WEB 公開等

寒地地盤チームでは、これまでに得られた研究成果を整理し、土木構造物を建設・維持管理する際に必要な調査・設計・施工の標準的な考え方をとりまとめ、マニュアルを発刊・WEB 公開を実施している。

また、(公社)日本道路協会道路土工委員会など、関係機関が設置するマニュアル等の策定・改訂委員会に参画し、新たな研究成果が広く社会に活用されるよう活動している。

②論文発表・社会への情報発信

研究成果を学協会の論文集・雑誌や寒地土木研究所月報等の論文・報文として発信している。また、北海道開発局と共同で開催する講習会等をはじめ、関係機関からの依頼に基づく研修会等や、土木研究所が主催する新技術ショーケース等の成果普及活動に積極的に対応し、北海道はもとより、北海道外へも広く成果の普及を図っている。

③行政への技術的支援

北海道開発局、地方整備局ならびに地方自治体等からの依頼事項に対して指導助言・現地調査を行い、成果の活用に加えて、新たな研究ニーズの把握や研究フィールドの掘り起こしを図っている。その一環として、北海道開発局の技術者を対象とした「土と基礎に関する勉強会」を定期的で開催し、参加者の技術力向上に資するとともに、現場ニーズの把握、研究成果の普及の機会としている。

④海外との研究交流

平成 26 年 10 月にインドネシア公共事業省道路工学研究所と締結した研究協力協定に基づき、「泥炭地盤における道路建設技術」について成果の普及に努めている。

（５）今後の研究方針

厳しい財政事情、大規模自然災害発生による安全安心な暮らしの強い要請、社会資本ストックの老朽化、地球環境問題への関心の高まり等を踏まえ、「安全安心」、「戦略的な維持管理・更新」、「持続可能な社会」をキーワードに研究を進めていく。また、その実施にあたっては、「研究開発成果の最大化」を目指して活動する方針である。

防災地質チーム

はじめに

防災地質チームは、北海道開発局開発土木研究所の地質研究室であったが、平成13年4月の独立行政法人化を経て、平成18年4月に現在の名称となり今日に至っている。防災地質チームは、斜面災害等を回避・軽減するための研究、自然由来の重金属類の評価・対策に関する研究、トンネル地質評価に関する研究、積雪寒冷下での土木事業における地質課題の解決のための研究、地質資源の有効利用のための研究に取り組んでいる。これまでの研究成果と今後の研究内容について以下に述べる。

研究概要

(1) 道路斜面災害に関する研究

北海道では平成8年の豊浜トンネル崩落事故(平成8年、死者20名、写真-1)以降も、第2白糸トンネル崩落事故、北陽土砂崩落、えりも斜面崩壊等、国道斜面において岩盤斜面災害が続いているほか、平成24年の中山峠や霧立峠(写真-2)における融雪を原因とした斜面災害も発生している。道路斜面の適切な評価・対策が緊急の課題となっている。

そこで、防災地質チームは斜面災害等を回避・軽減するための研究をチームの最重要研究課題に位置づけ、これまでに国道沿いの危険斜面の抽出フローを作成して国土交通省北海道開発局の道路防災点検に貢献した。また、極限平衡解析による岩盤斜面の斜面安定度評価手法を開発したほか、デジタルカメラを利用した簡便な道路斜面点検方法を開発した。現在は、岩盤崩壊対策手法に関する研究、急激な融雪等へ対応する道路のり面・斜面の合理的な管理手法に関する研究のほか、無人航空機や人工衛星等を利用した斜面調査方法の研究に取り組んでいる。



写真-1 豊浜トンネル崩落事故



写真-2 霧立峠融雪地すべり

① 極限平衡法による岩盤斜面の斜面安定度評価手法の開発

遠心載荷模型実験の結果をもとに背面亀裂の深さ、オーバーハングの奥行き、岩体の引張り強さ等を指標とした、極限平衡解析による岩盤斜面の安定度評価法を構築した(図-1)。「岩盤斜面安定解析ソフト&マニュアル」として公開している。

② デジタルカメラを利用した簡便な道路斜面点検方法

本手法は背景差分法や変動量計測法によりそれぞれ斜面変状箇所を抽出し、変動量を評価する方法である(図-2)。民生用デジタルカメラを用いた写真計測技術を導入することにより、道路斜面を対象とした点検における精度を向上させた。「写真計測技術を活用した斜面点検マニュアル(案)」として公表している。

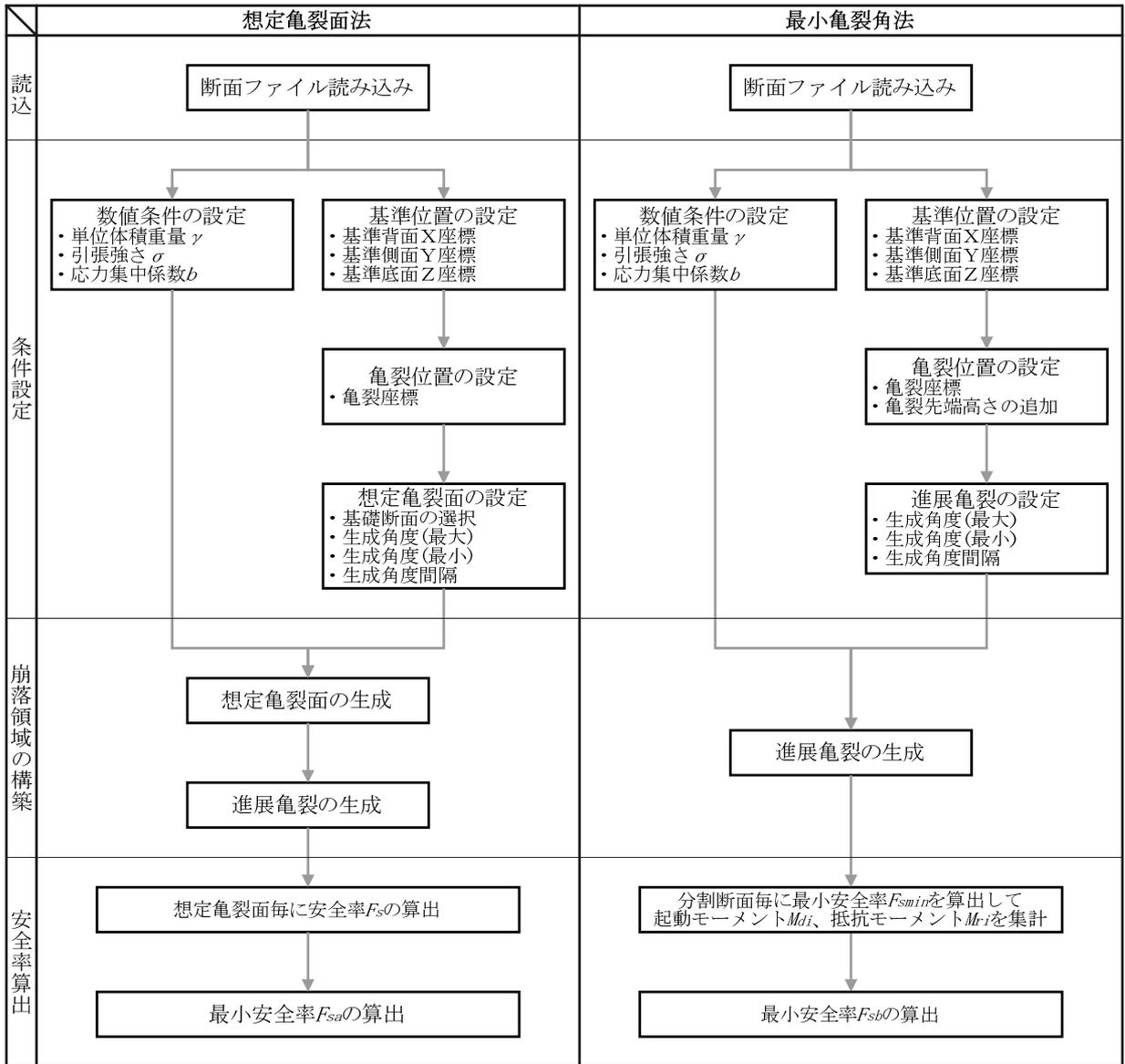


図-1 岩盤斜面安定解析フロー

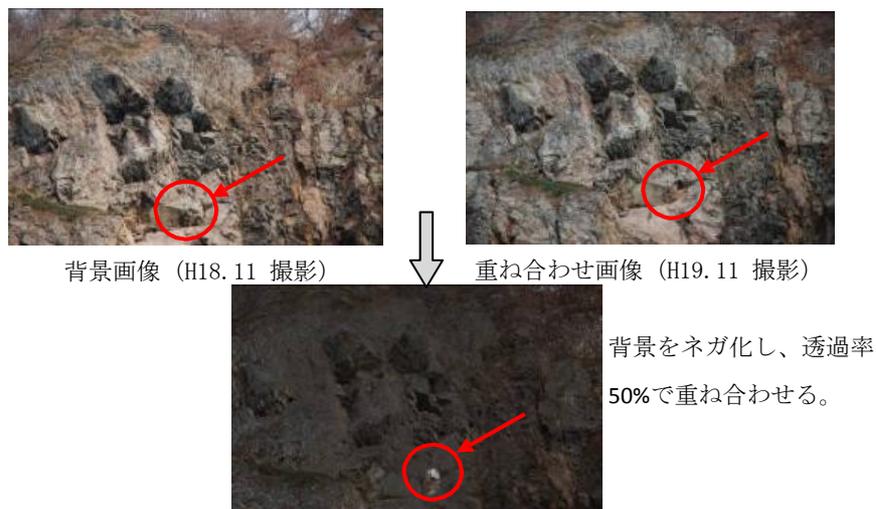
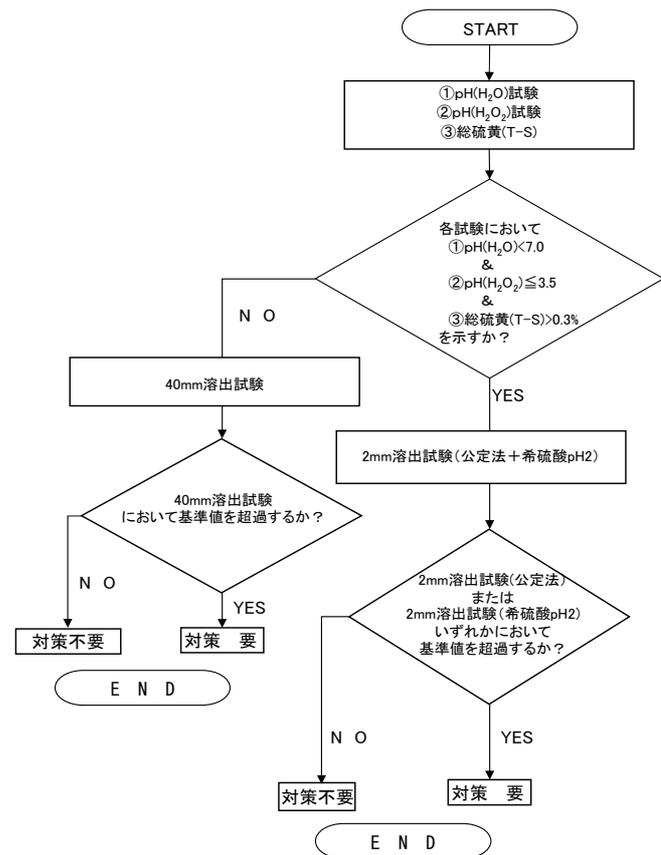


図-2 背景差分法による変状箇所の抽出

(2) 自然由来の有害物質の評価に関する研究

近年、土木現場においてヒ素や鉛等の自然由来重金属類が環境基準値を超える場合が増加し、その合理的な評価・対策のあり方が課題となっている。防災地質チームでは、これら自然由来重金属類の長期的な危険性を評価する技術や経済的な対策技術に関する研究を進めてきた。これまでに自然由来重金属類の長期リスクを考慮した重金属溶出量評価フロー（図－3）を考案するとともに、国土交通省の「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）」（平成22年3月）の作成に寄与した。

現在、自然由来重金属類含有岩石の自然由来重金属等を含む建設発生土に関する標準的な対応方法の構築、発生土のタイプ・利用形態に応じたリスク評価方法の提案、低コストな重金属汚染対策手法の提案に向け研究を実施している。また、植物を利用した重金属浸出水浄化処理技術に関する研究についても実施している。



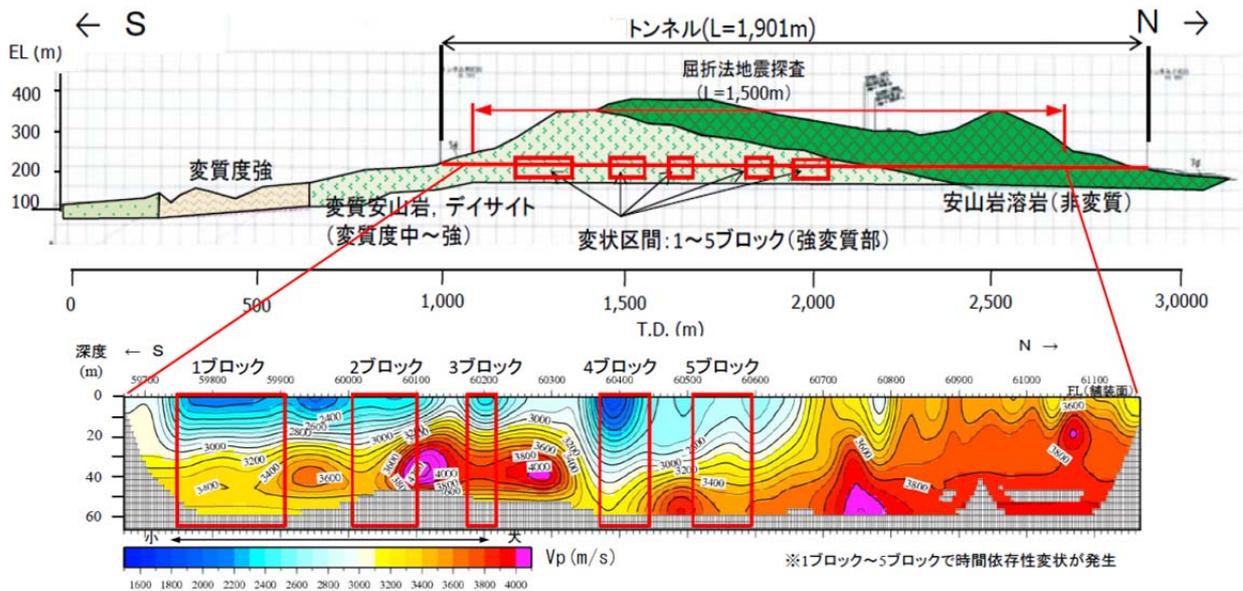
図－3 長期リスクを考慮した重金属溶出量評価フロー（素案）

(3) トンネル地質評価に関する研究

トンネルの長大化に伴い、トンネル地質深部の評価精度の向上が建設コストを縮減する上での課題となっている。また、完成したトンネルにおいて路盤の変形やコンクリート落下等の変状が顕在化する事例も増え、社会的課題となっている。防災地質チームでは、トンネルの調査～施工を通じた合理的な地質調査法を確立するための研究を進め、特にヘリコプターによる電磁探査法や磁気探査法等の広域物理探査手法について研究を進め、各手法の適用性を明らかにした。さらに、北海道開発局のトンネルデータベースの構築に寄与した。また、時間依存性を有するトンネル変状の評価法に関する研究を実施し、変状機構の解明や調査方法の開発を行った。現在は、先進ボーリングによるトンネル地山の合理的評価手法に関する研究について実施している。

① 変状を伴う老朽化トンネルの地質評価・診断技術の開発

本手法は、老朽化トンネルにおける、路面隆起や覆工コンクリートのひび割れ等の完成後に一定の時間の経過後に生じる変状（時間依存性変状）を伴う岩盤を対象とした健全性評価技術および診断技術で、同一区間における継続的な探査により弾性波速度の変化から時間依存性変状を捉えるものである（図－4）。供用中のトンネルにおいても通行止めを伴わずに継続的に調査、診断することが可能である。



図－４ 弾性波を用いたトンネル地山劣化診断結果

(4) 積雪寒冷下での土木事業における地質課題の解決のための研究

積雪寒冷地で道路建設を行う場合、岩盤路床が凍上や凍結融解により劣化しないかどうかを経済的に評価することが重要となるが、従来は精度の良い判定法が確立していなかった。防災地質チームでは岩盤路床の合理的評価手法に関する研究に取り組み、評価フローとして取りまとめた（平成 22 年度に北海道開発局道路設計要領に採用）。また、トンネル漏水の水理地質点検手法に関する研究により、維持管理段階の山岳トンネルにおける漏水凍結に伴う問題等についても研究を進めている

(5) 地質資源の有効利用のための研究

これまで、農業用地下水開発の研究を進め、北海道各地の地下水賦存状況について明らかにした。また、農業用ダム堆砂土の有効利用の研究を行い、一般に厄介物とされている堆砂土を、農地の客土材としての適用性を明らかにした。

(6) 今後の研究方針

防災地質チームは、これまで進めてきた斜面災害、自然由来重金属類、トンネル等の研究課題を一層推進するとともに、地質景観や地下水環境に関する課題等、地質に関する新たな社会的ニーズについても研究を展開していく予定である。研究を進めるにあたっては、「安全・安心」、「環境」および「コスト縮減」をキーワードに、チームとして対応すべき課題について緊急性や重要性を考慮しつつ研究を行う。得られた研究成果は学協会等で積極的に発表するとともに、講習会の開催やマニュアル作成等を行い社会への普及を進めていく。また、研究で得られた知見をもとに災害時の緊急対応、技術相談への対応、各種委員会・検討会へ積極的に参画し、社会への還元に努める。このほか、国内外の研究機関との連携・交流を深め、新しい技術や知見の導入・展開に努めていく予定である。

寒地保全技術研究グループ

積雪寒冷地における土木施設の維持管理及び補修などの保全技術分野における研究体制の強化を図るため、寒地保全技術研究グループを平成 24 年度に新たに設置した。寒地基礎技術研究グループに所属していた耐寒材料チームと寒地道路研究グループに所属していた寒地道路保全チームを当研究グループに再編し、寒地における土木材料、舗装、道路の維持管理に関する研究・技術開発に取り組んでいる。

高度経済成長期に建設された膨大な土木施設の老朽化が進み、維持・修繕や更新に要する費用が増大していくことが予想される。限られた予算の中で土木施設の機能をより長く適切に維持していくためには、長寿命化、予防保全や効果的な修繕などに長期的視点から計画的に取り組むことによってライフサイクルコストの低減を図ることが必要である。

積雪寒冷地の土木施設は、低温、凍結・融解、積雪・融雪などの気象条件、タイヤチェーンなどの交通条件、除雪、凍結防止剤散布などの維持作業の影響を受けている。このため、凍害単独や塩害等との複合劣化によるコンクリート構造物のスケーリングやひびわれ、舗装の凍上、低温ひびわれ、摩耗、ポットホール及び骨材飛散などによる機能低下が生じている。

当研究グループでは、このような厳しい環境条件下においてコンクリート構造物や舗装等の耐久性を向上させるための材料、設計、施工、品質管理などの建設技術及び積雪寒冷地特有な条件に対応した診断、補修、補強などの保全技術に関する研究・開発を行っている。

また、社会インフラのグリーン化を目指して、寒地における低炭素型舗装技術や土木材料のリサイクル技術の開発に取り組んでいる。



写真-1
スケーリング



写真-2
ひびわれ



写真-3
低温ひびわれ



写真-4
ポットホール

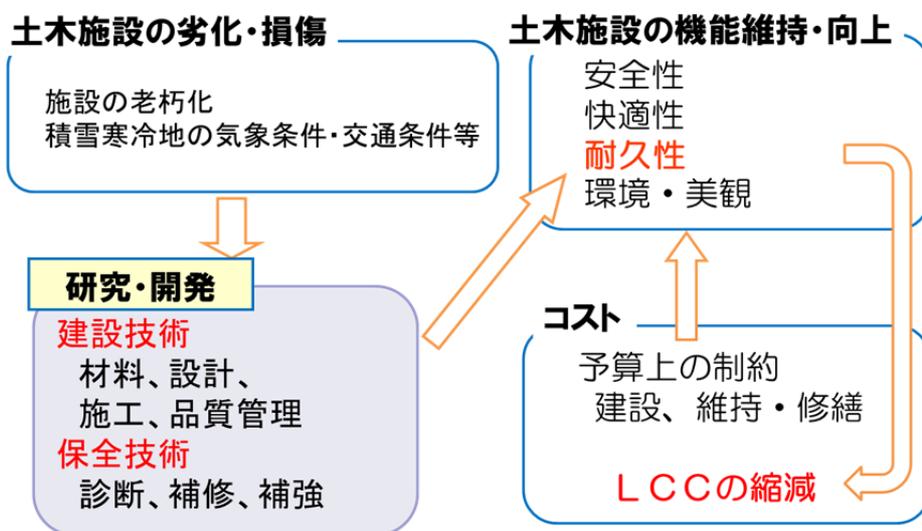


図-1 寒地保全技術研究グループの研究方針

耐寒材料チーム

はじめに

耐寒材料チームは、北海道開発局開発土木研究所の材料研究室を前身とし、平成13年4月の独立行政法人化を経て、平成18年4月に現在の名称となり今日に至っている。

当チームでは、凍害や塩害との複合劣化に関する診断技術や対策などを中心に積雪寒冷地の厳しい環境に適応するコンクリート等の土木材料に関する幅広い研究開発を行っている。

本稿では、第3期中期計画（平成23年～平成27年）の研究成果を中心に、近年の主な研究内容について紹介する。

研究概要

（1）第3期中期計画（平成23年～平成27年）の研究成果

第3期中期計画では、コンクリート構造物の耐久性を向上させるための品質管理・検査および診断・補修・補強などの技術開発に関する研究を中心に実施した。主な研究成果は以下の通りである。

①プロジェクト研究「コンクリート構造物の長寿命化に向けた補修対策技術の確立」

プロジェクト研究「社会資本ストックをより永く使うための維持・管理技術の開発と体系化に関する研究」に関する個別課題の「コンクリート構造物の長寿命化に向けた補修対策技術の確立」の研究を、iMaRRC（基礎材料チーム、新材料チーム）との分担で実施した。本研究は、補修対策工法（システム）の要求性能など各種補修の基本的考え方の提案や補修対策工法の材料・施工管理標準等の提案を行うことを目的としており、各種コンクリート補修工法（断面修復工法、表面保護工法、ひび割れ修復工法）のうち、耐寒材料チームでは、ひび割れ修復工法（ひび割れ注入材や充てん材）を主に担当した。

補修方針選定の考え方に基づく補修の設計方法を現場に適用可能とするため、想定される劣化機構および劣化程度と、それに応じて選択可能な補修方針の関連付けを行った。さらに各種補修工法・材料を対象に様々な環境下での実験的検証や暴露実験を実施することで補修後の耐久性や施工性を確認した。適切な補修を行うための標準的な考え方（補修方針の設定、補修メカニズムと要求品質、各種補修工法の選定方法など）や補修材の品質確認方法および施工上の留意点をとりまとめ、補修に関わる基本理念から、各補修工法の選定方法、選定した補修工法の設計・施工方法に至るまで、共通の考えに基づいて「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル（案）」として取りまとめ公表した。

また、本プロジェクト研究の期間中に ISO 16311（コンクリート構造物の維持管理と補修）の原案作成、意見照会および制定がなされ、原案の内容を調査し、研究結果に基づく修正案を国内審議団体を通じて提案し、その修正案が採択された。



写真-1 樹脂系注入材を用いたひび割れ注入工法

②プロジェクト研究「凍害・塩害の複合劣化を受けた壁高欄の衝撃耐荷力向上対策に関する研究」

プロジェクト研究「寒冷な自然環境下における構造物の機能維持のための技術開発」に関する個別課題の「凍害・塩害の複合劣化を受けた壁高欄の衝撃耐荷力向上対策に関する研究」は、凍害・塩害の複合劣化を受けた壁高欄を対象として、その機能を適切に

維持することをめざし、衝撃耐荷力に対する評価技術の提案および点検・診断技術と補修・補強対策の提案を目的として実施した。

積雪寒冷地域における壁高欄を有する 451 橋梁の劣化状況調査の結果を反映した衝撃載荷実験を、複合劣化した壁高欄を模擬した供試体を用いて実施し、劣化により衝撃力作用時の応答変位が増加し、破壊が集中することを確認した。また、変位への影響要因である鉄筋への付着に着目し、両引き付着試験から鉄筋腐食とコンクリートの劣化が付着に与える影響を評価し、凍害劣化したコンクリート、複合劣化した RC 構造の応力-ひずみ関係をモデル化した。

さらには北海道で 40 年間供用された壁高欄を対象とした詳細な劣化調査および載荷実験により、劣化程度と各性能への影響程度との関係を整理し、補修の判断指標として、各性能への影響度と材料の劣化度の関係を示したリスクマトリクスを用いた手法を提案した。



写真-2 衝撃載荷試験の様子

③プロジェクト研究「性能規定に対応したコンクリート構造物の施工品質管理・検査に関する研究」、「凍害の各種劣化形態が複合したコンクリート構造物の性能評価法の開発」

プロジェクト研究「社会資本の機能を増進し、耐久性を向上させる技術の開発」に関する個別課題の「性能規定に対応したコンクリート構造物の施工品質管理・検査に関する研究」を、つくばの基礎材料チームとの分担で実施した。本研究は、性能規定に対応した各種性能を長期に亘り保持するため、受け取り時の検査方法と適切な施工標準を確立するものであり、長寿命化およびライフサイクルコストの縮減に寄与するものである。

受け取り時の検査方法については、表面吸水試験や各種非破壊試験法（透気試験、超音波等）がコンクリートの品質評価に有効であることを確認するとともに、実際の構造物に適用するための課題や留意事項を整理した。また、施工標準については、コンクリート構造物が養生終了後すぐに厳しい凍・塩害環境下に曝される条件下では、材齢初期の凍害を防ぐ養生方法として、湿潤養生を十分に行った後、さらにコンクリートの含水率を低下させてから開放することを提案（養生方法選定フロー（案））した。



写真-3 非破壊試験(透気試験)による品質評価

「凍害の各種劣化形態が複合したコンクリート構造物の性能評価法の開発」では、凍害によるスケーリングとひび割れおよび塩化物イオンの供給を同時に受けやすい寒冷地のコンクリート構造物に対し、凍害の影響が考慮された適切な性能評価法の提案を目的として研究を実施した。

凍害の各劣化形態を複合的に受けたコンクリートの性能評価法の提案に向け、寒冷地の構造物を対象にした凍害程度（スケーリング、ひび割れ）調査や、実環境を想定した5年間に亘る種々の凍結融解試験に基づき、スケーリング・ひび割れが複合した凍害の進行予測式および凍害が塩化物イオンの浸透に及ぼす影響に関する評価式を開発した。

実構造物でも凍害の進行予測および塩化物イオンの浸透性の評価を行い、凍害の形態は凍結防止剤の使用の有無などの環境条件によって異なることや、差分法が塩化物イオ

ンの浸透性の評価方法として有効であることを明らかにし、凍害を考慮した塩害に対するコンクリートの耐久性照査の基本的な考え方を提案した。また、本研究の成果の一部は、「表面走査法によるコンクリートの凍害点検・診断マニュアル（案）」として計算プログラム(excel)とともに公表されるとともに、過年度の研究成果として公表され、北海道開発局道路設計要領でも引用されている「凍害が疑われる構造物の調査・対策手引書（案）」にも反映された。



写真－４ 超音波（表面走査法）を用いた凍害診断

（２）第４期中長期計画（平成 28 年～平成 33 年）の研究概要

第４期中長期計画では、「社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献」分野における研究開発プロジェクト「凍害・複合劣化等を受けるインフラの維持管理・更新に関する研究」に関連し、積雪寒冷環境下のコンクリート構造物に顕在化している凍害・複合劣化等による劣化損傷に対し、1)各複合劣化の点検・診断・評価技術の確立、2)複合劣化を受けたコンクリート構造物等に関する補修補強技術の確立、3)コンクリート構造物の複合劣化に関する高耐久化技術の確立等を目的として、既往研究の成果を反映し、さらに発展・高度化させながら研究を推進している。

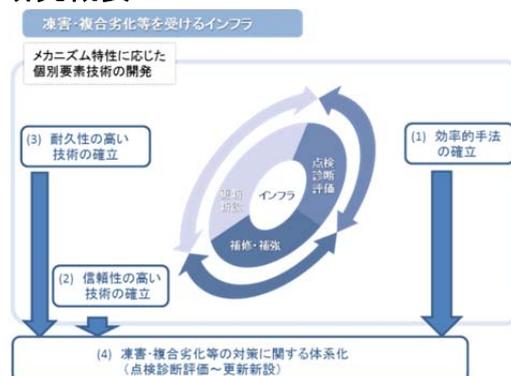
主な研究テーマは以下の通りである。

- ・橋梁床版の劣化損傷に応じた性能評価技術および補修補強技術の開発
- ・各種河川構造物の劣化の最適な点検・診断技術、評価手法の構築
- ・各凍害複合劣化予測式の開発
- ・寒冷環境下における耐寒促進剤の補修への適用技術の開発
- ・寒冷環境下における表面含浸材の施工法の提案
- ・凍塩害複合環境下におけるコンクリートの要求性能・標準仕様の提案

また、「持続可能で活力ある社会の実現への貢献」分野における研究開発プロジェクト「低環境負荷に資するリサイクル材料等の利活用技術の構築」に関連し、リサイクル材料を活用したコンクリート用骨材の利用技術の提案を目的として「リサイクル材料のコンクリート用骨材への利用技術の開発」を実施している。

（３）施設

耐寒材料チームでは、コンクリート構造物の凍害に対する耐久性を評価する上で不可欠な各種の凍結融解試験装置を保有している。当研究所では、コンクリート供試体に対する凍結融解試験は、古くは冷蔵庫を用いて試験を行っていたが、昭和29年にASTM試験方法に適合する全自動式コンクリート凍結融解試験機を用いた試験へと移行した。また、平成28年度から開始した研究開発プロジェクト「凍害・複合劣化等を受けるインフラの維持管理・更新に関する研究」の遂行に必要な各種の劣化促進試験に対応するため、凍結融解に加えて、塩害、中性化、ASRを複合的に再現可能とし、さらに対応温度域を+40℃～-40℃に拡大したコンクリート複合劣化促進試験装置（写真－5）を新たに導入した。



図－１ 第IV期中長期計画の研究イメージ

現在では、凍害関連の設備として、JIS A1148（米国規格ASTM C 666同等+5～-18℃）に対応し、10×10×40cmサイズの試験体を用い、凍結融解によるコンクリート材料の内部劣化を評価する試験装置2連、小型試験体に対して気中の凍結・融解または気中凍結・散水融解の試験を行うコンクリート凍害試験装置（+30～-30℃）1台、モルタル等の小型試験体の気中凍結融解を行うプログラム低温恒温装置（+30～-30℃）1台、15×15×7.5cmサイズの試験体で真水・塩水を用いて一面凍結融解によりスケーリングを評価できるRILEM（欧州規格）CDF & CIF試験装置（+20～-20℃）1台、同様に塩水を表面に湛水させ凍結融解によりスケーリングを評価するASTM C 672（塩水湛水+23～-18℃）試験等が可能な低温環境の部屋（+40～-40℃）を2室（5×4m、5×3m）、更に2×2m程度の鉄筋コンクリート版や梁を気中凍結・水中融解できる大型凍結融解試験装置（+30～-30℃）2連など、多様な各種凍結融解試験装置（室）を有しており、フル稼働で試験を行っている。



写真－5 コンクリート複合劣化促進試験装置

また、凍害関連の施設としては、積雪寒冷環境下に長期暴露されたコンクリートの耐久性を評価するため、各種コンクリートの自然環境下での凍害抵抗性の比較や室内における急速劣化促進試験と実構造物の凍害等の関連づけを目的として、昭和46年に国道36号沿い苦小牧市美沢の美々凍害実験場を設置した。立地している箇所の環境条件から、美々では凍害単独劣化に主眼を置いたコンクリート暴露試験を行ってきた。例えば、初代十勝大橋（横道英雄博士設計 昭和16年～平成8年）のコンクリート橋桁を保存し、平成9年から西暦2146年まで物理化学試験や圧縮強度を定期的実施して長期耐久性の研究（写真－6）を行っている。建設当時、良好な施工管理を行っており、70年経過した平成23年の圧縮強度試験等では、強度が緩やかに上がっており、粒径の粗い当時のセメントが雨水等の影響で時間をかけ反応が進んでいる可能性が高いことから、反応生成物の分析を行っていく必要があること、中性化は表面に限られているなど耐久性が高いコンクリートであることがわかってきている。さらに、それより先の昭和41年には留萌市沖見町の国道231号沿い海岸に留萌暴露実験場を設置した。当初、塩害や中性化等に主眼を置いた試験を行っていたが、その後、国道の拡幅に伴って平成8年に231号増毛町元阿分へ移設した。現在は、凍害と塩害の複合劣化に着目した暴露試験等のために使用されている。



写真－6 美々暴露試験場（旧十勝大橋の桁）

以上のように耐寒材料チームは、古くから凍害等の積雪寒冷地における課題解決のため、ノウハウや専門的知識を蓄積して、現場に密着した研究を進めてきた。今後もこれらの知見やノウハウを活用して、全国の積雪寒冷地において広く活用される研究や技術開発を行っていく計画である。

寒地道路保全チーム

はじめに

寒地道路保全チームは、北海道開発局開発土木研究所の維持管理研究室であったが、平成13年4月の独立行政法人化を経て、平成18年4月に現在の名称となっている。

地域の生活を支える重要な社会基盤である道路では、冬期の路面凍結や積雪寒冷地特有の舗装損傷が発生しており、当チームではこれらの対策に関する研究に取り組んできた。その中から代表的な研究課題である（1）積雪寒冷地の道路設計に関する研究、（2）積雪寒冷地の道路の維持管理技術に関する研究、（3）冬期道路のすべり対策に関する研究、（4）環境に配慮した舗装技術に関する研究について紹介する。

研究概要

（1）積雪寒冷地の道路設計に関する研究

積雪寒冷地の舗装は、厳冬期に路床などで氷晶が成長することで路面が隆起して舗装を破壊する凍上やアスファルト層が低温時に収縮することにより発生する低温クラック、春先に凍結していた路床などが融解することによる支持力の低下、積雪期のタイヤチェーンの使用や除雪作業による舗装の摩耗など、様々な形態の損傷が発生する。こうした積雪寒冷地特有の道路舗装の課題を解決するため、それぞれの劣化・損傷のメカニズムの解明と対策の研究を行った。

これまで、凍上対策として、苫小牧市美々の試験道路での試験などを行い、凍上抑制層の材料や厚さなどの設計法や路床材料の判定法などの対策を開発してきた。近年は、さらに発展させ理論最大凍結深に基づく凍上抑制層の基準など積雪寒冷地の条件を考慮し設計期間を20年とした舗装設計基準を策定し、長寿命化によるライフサイクルコストの低減を図った(図-1)。また、歩道部の凍上に対しても実道での実態調査を踏まえて、歩道の凍上抑制層の増厚工法などの対策を提案した。

低温クラック対策としては、全道の国道・道道での発生実態調査などにより、材料やアスファルト層厚などの設計法などを開発してきた。

舗装の摩耗対策として、耐摩耗用の混合物である細粒度ギャップアスコン13Fが寒冷地で使用され

るようになったが、スパイクタイヤの使用規制に加えて、近年では重車両が増加してきたことから流動わだちの対策が重視されるようになった。耐流動性の高い密粒度混合物や改質アスファルト混合物の材料特性や使用した場合のLCC分析などを行い、適用基準を策定した。

さらに全国の空港舗装で問題となっていたブリスタリング対策として、実態調査や独自に開発したブリスタリング試験などの室内試験、新千歳空港など実際の空港における試験施工を行い、混合物の品質や舗装厚などの設計法を開発した。この成果は、空港舗装の維持管理要領に記載され全国の空港で活用されている。

近年では、融雪期におけるポットホール等の舗装損傷が顕在化している現状を踏まえ、融雪水や凍結融解作用が舗装体に及ぼす影響を検証し、融雪水などによる舗装の破損リスクが高い箇所の把握や、融雪期に多く発生するポットホールの発生メカニズムを明らかにするとともに、補修対策や予防対策を提案した。また、これらの成果を反映させた

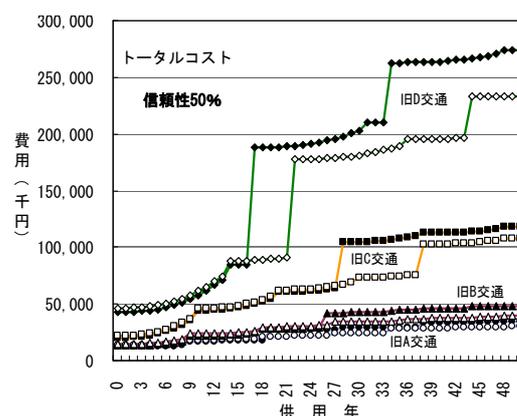


図-1 舗装の長寿命化によるLCC低減

(黒塗り：設計期間10年
白抜き：設計期間20年)

「北海道における道路舗装の耐久性向上と補修に関する技術ハンドブック」をHP上で公開した(図-2)。

さらに、近年、高耐久・長寿命でライフサイクルコスト低減が期待できるコンクリート舗装への感心の高まりを受け、北海道内の既設コンクリート舗装における供用性状調査を行い積雪寒冷地特有の劣化損傷状況の把握と要因分析を行うとともに、凍上等の影響を考慮したモデルによるFEM解析を行い、凍上等が舗装に及ぼす影響を把握した。これらの検討結果をコンクリート舗装設計における改善策として提案した。

こうした研究の蓄積を踏まえ、現在は研究開発プログラム「凍害・複合劣化等を受けるインフラの維持管理・更新に関する研究」の下、積雪寒冷環境下における理論的設計手法の構築と長寿命な舗装構成の提案に向けた研究を行っている。その他、高規格道路等に用いる耐久性の高い舗装材料に関する研究など積雪寒冷地に適した耐久性の高い舗装の設計技術や材料開発の研究を行っている。

(2) 積雪寒冷地の道路の維持管理技術に関する研究

近年、社会資本の整備に関する予算の効率的な執行が強く求められている。道路舗装においても建設から更新までのLCCを最小化するため、計画的な点検・評価・補修を行うための舗装のマネジメント技術や予防保全手法などの道路を長く使うための効果的な補修技術に関する研究を行っている。

これまで、低温クラックの補修法として、ガラス繊維系シートなど各種クラックシートを用いた補修方法、補修効果の検証を行い、わだち割れなどのクラックの補修のためのシール材注入工法の適用法を提案した。

舗装のマネジメント技術としては、北海道全域の実道における路面性状に関する機能低下の進行状況を長期的に調査し、得られたデータの分析により、路面性状の将来予測式の開発や、各種の補修工法を考慮したLCC分析に基づく補修の優先順位や修繕計画の立案を支援するためのシステムの開発を行った(図-3)。

また、従来の指標では評価が難しい排水性舗装に対応した点検評価手法を提案した。

その他、冬期は橋梁の上弦材からの落雪による事故の対策として、橋梁の上弦材に取り付けて落雪事故を防止する格子フェンスを開発した。

こうした研究の蓄積を踏まえ、現在は、研究開発プログラム「メンテナンスサイクルの効率化・信頼性向上に関する研究」の下、赤外線カメラを用いて舗装内部の空洞や水分を検知する技術(写真-1)など舗装の点検調査技術の開発に取り組んでいるほか、ライフサイクルコスト低減効果が期待されるコンクリート舗装の既往の維持修繕工法の改善及び補修材

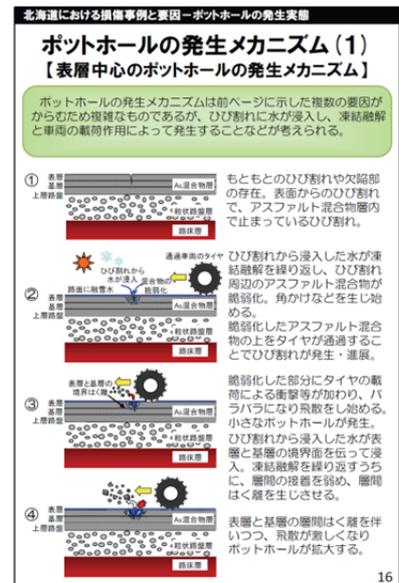


図-2 ハンドブックの内容例

区間	至	至	延長	面積	H18 MCI	H19優先順位	H19 MCI	H20優先順位	H20 MCI	H21優先順位	H21 MCI	備
10	54	300	100	880.0	4.7	78		57		57		
10	54	400	100	880.0	4.9	86		78		82		
10	54	500	100	880.0	2.5	18-シロ	309					
10	54	600	100	880.0	1.7	17-シロ	309					
10	54	700	100	880.0	3.6	18-シロ	318					
10	54	800	100	880.0	2.2	18-シロ	24					
10	54	900	100	880.0	2.7	18-シロ	318					
10	55	0	100	880.0	4.4	28-シロ	326					
10	55	100	100	880.0	4.5	67		30		26		
10	55	200	100	880.0	1.5	18-シロ	37			19		
10	55	300	100	880.0	2.2	11-シロ	33			48		
10	55	400	100	880.0	4.0	39		340				
10	55	500	100	880.0	2.0	12-シロ	20			14		
10	55	600	100	880.0	2.0	12-シロ	15			8		
10	55	700	100	880.0	2.2	14-シロ	17			11		
10	55	800	100	1120.0	2.7	36		22		22		
10	55	900	100	1120.0	7.1	683		655		688		

図-3 舗装マネジメント出力例



(赤外線画像)

赤外線熱画像内：(低温) 濃い青→紫→橙→白 (高温)

写真-1 赤外線カメラを用いた路面調査時画像

の評価方法の提案と材料開発を行っている。また、研究開発プログラム「凍害・複合劣化等を受けるインフラの維持管理・更新に関する研究」では、融雪水が舗装損傷に及ぼす影響の点検評価技術の開発や、積雪寒冷環境下で耐久性のあるシール材等の舗装補修技術の開発を行っている。その他、橋梁床版の損傷対策として、舗装端部等から床版面への水分の浸入を効果的に抑制する目地材の開発等も行っている。

（３）冬期道路のすべり対策に関する研究

積雪寒冷地における冬期の道路は、積雪や路面の凍結により走行環境が著しく悪化する。冬期の適切な道路サービス水準を維持するため除雪や凍結防止剤の散布など冬期特有の道路維持管理が行われているが、道路維持管理のコスト増が行政の大きな課題となっている。

これまで冬期道路のすべり対策として、路面を凍結しにくくしたり、氷を割れやすくする凍結抑制舗装やグルーピングなどに関する研究を行ってきた。道路の横断方向に溝を設置する横グルーピング工法や、路肩や中央分離帯からの融雪水が路面に流れ込んで再凍結するのを防止するため路肩に縦断方向に設置する路肩グルーピング工法について、その耐久性や効果、維持管理性などを評価し、設計法を提案した。

また、排水性舗装に似た表面機能とSMA（砕石マスタックアスファルト）の耐久性を兼ね備えた新しい表層用混合物「機能性SMA」を民間との共同で開発し（図-4）、さらに試験走行路や実道での試験施工などによる検討を重ね、冬期路面におけるすべり抵抗の確保（図-5）のほか、雨天走行時のグレア（まぶしさ）や水けむりの低減などの機能も有し、高規格幹線道路の舗装材料として期待した効果が得られることを明らかにしたとともに、機能性SMAのさらなる普及を図るため、配合設計の留意事項や必要な試験項目、きめ深さの規格値などの検討を行い、その成果を反映させた「北海道型SMAの施工の手引き（案）」をHP上で公開した。



図-4 機能性SMAの構造

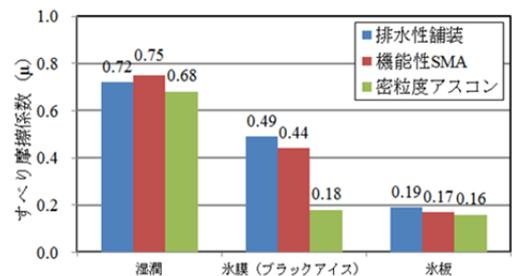


図-5 路面状況別すべり抵抗値

トンネル内で主に施工されているコンクリート舗装が供用を経て生じてくるひび割れ等の構造的破壊やすべり抵抗の低下等の課題に対し、補修時・新設時の対策を検討した。高規格幹線道路のトンネル内舗装のすべり対策として「若材齢時ショットブラスト方式を用いた骨材露出工法」の新設時での適用を検討し、その成果を設計施工マニュアル（案）としてとりまとめ提案した。さらに、路面摩擦低下の原因とそのメカニズムを明らかにするとともに、コストを考慮した効果的な表面研削技術として、ダイヤモンドグラインディング工法を提案し（写真-2）、すべり抵抗改効果とその持続性、及び冬期路面对策としての有効性を確認した。



写真-2 ダイヤモンドグラインディングの研削ブレード

こうした研究の蓄積を踏まえ、研究開発プログラム「凍害・複合劣化等を受けるインフラの維持管理・更新に関する研究」の下では、機能性SMAの長期的な耐久性の検証とライフサイクルコスト分析を行いつつ、機能や品質の向上に取り組んでいる。

その他、コンクリート舗装で検討した表面研削技術をアスファルト舗装にも適用し、冬期道路の安全性向上とコスト縮減に寄与する効果的な補修技術としての開発を進めている。

(4) 環境に配慮した舗装技術に関する研究

社会資本整備においても低炭素型社会の実現やリサイクルの推進など環境配慮への取り組みが進められている。舗装分野でも、他産業リサイクル材料の活用、舗装材料のリサイクル技術や低炭素技術など環境に配慮した舗装技術の開発が求められている。

これまで、他産業資材の舗装への活用として、溶融スラグやホタテの貝殻、ガラスカレット等の処分に苦慮していた材料について、舗装材料としての性状や強度について室内試験や実道での試験施工による確認を行い(写真-3)、舗装材料として活用するための技術資料として「積雪寒冷地における他産業再生資材の舗装材料としての適用方法に関する手引き(案)」をとりまとめた。

材料に添加剤を加えることで混合温度を低下させ、二酸化炭素発生量を低減させる中温化舗装技術の寒冷地への適用について検討を行い、その成果を「北海道における中温化舗装技術の適用に関する指針(案)」(写真-4)に反映させHP上で公開した。

現在は研究開発プログラム「持続可能な建設リサイクルのための社会インフラ建設技術の開発」の下において、針入度の高い積雪寒冷地用アスファルトの繰り返し再生利用による品質低下の影響を踏まえた品質規格値・品質管理方法の検討や、アスファルト再生骨材の凍上抑制層等への利用拡大に向けた適用性の研究を行っている。

これまでの研究で得られた成果は北海道開発局の道路設計要領など国の技術基準に反映されている他、日本道路協会発行の「舗装再生便覧」、土木学会発行の舗装工学ライブラリー「積雪寒冷地の舗装」、「積雪寒冷地の舗装に関する諸問題と対策」といった一般技術者向け図書に反映されるなど、広く公表されている。

また、「機能性SMA」が北海道開発局管理の高規格幹線道路用表層混合物として採用されるなど、開発技術の普及は着実に進んでいる。

社会資本の老朽化が進展する中、積雪寒冷環境下における厳しい気象条件や利用状況に置かれている舗装ストックの機能向上やライフサイクルコスト(LCC)低減に向けた効率的・効果的な維持管理・更新技術の開発、及び持続可能な社会の実現に貢献するリサイクル技術の開発に今後も取り組んでいきたい。



写真-3 ガラスカレットを用いた試験施工状況

北海道における 中温化舗装技術の適用 に関する指針(案)

積雪寒冷地における
舗装技術検討委員会

写真-4 指針(案)表紙

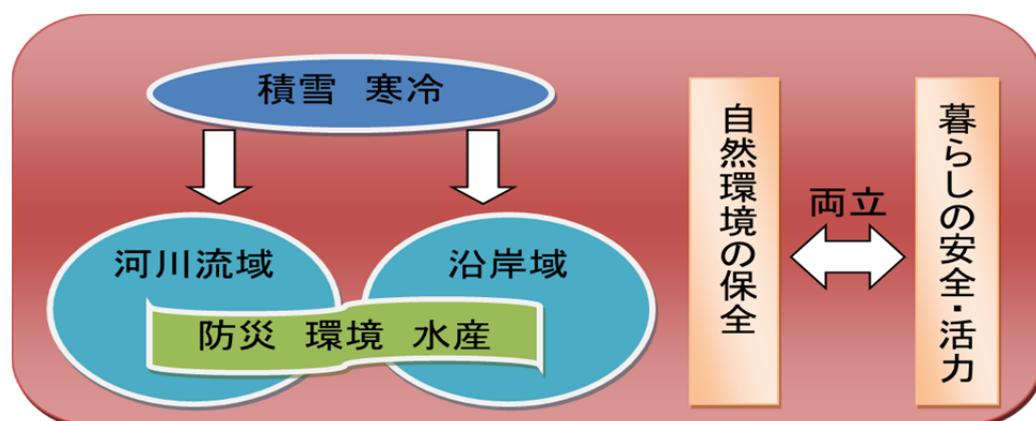
寒地水圏研究グループ

寒地水圏研究グループの前身は、(独)北海道開発土木研究所環境水工部であり、河川、環境、港湾、水産土木の4研究室で構成されていたが、平成18年の土木研究所との統合を機に、グループ名を寒地水圏研究グループに、チーム名を寒地河川チーム、水環境保全チーム、寒冷沿岸域チーム、水産土木チームと変更した。

当研究グループは、河川流域や沿岸域における暮らしの安全・安心や活力ある人間活動の場の確保と豊かな自然環境の保全とを両立させるため、防災・減災技術、環境調和技術、生物生産資源の保全・育成技術などの開発に取り組んでいる。積雪寒冷な北海道を主たる研究フィールドとする強みを生かし、河川流域と沿岸域との相互作用に着目して、河川・湖沼・沿岸域の結氷や融雪に伴う諸現象の解明、構造物の保全・管理技術の開発、河川や沿岸海域の生物環境・資源保全に関する研究など、研究テーマは非常に広範囲に及んでいる。

これらの研究においては、グループが陸域から海域までの水圏をカバーする4研究チームで構成されている特徴を生かし、単に各分野の研究にとどまらず、水・土砂・栄養塩等の物質輸送現象の連続性や、それらに起因する環境応答の相互性など、研究フィールドをクロスさせた研究連携にも取り組んでいる。

第4期中長期目標期間における研究としては、気候変動に伴い近年頻発、激甚化する水災害に対する防災・減災技術の研究に重点的に取り組む。とりわけ、堤防決壊や河岸侵食、河道の蛇行などに起因する災害が全国で多発している。また、海象変化に伴う高波・高潮などの外力の増大も懸念されている。加えて、大規模地震による津波災害の発生も危惧されているところである。こうした、顕在化する行政的課題解決に向けた研究に積極的に取り組んでいく予定である。もう一つの柱として、日本における水産資源の安定的確保と担い手となる漁村地域の振興を図る観点から、水産資源の保護及び増養殖技術についても積極的に取り組んでいく。とくに、沿岸施設や漁港施設を活用した、水産生物の保護育成機能の研究や栽培漁業支援技術の開発に向けた研究を重点的に進める予定である。



寒地水圏研究グループの研究イメージ

寒地河川チーム

はじめに

寒地河川チームは、北海道開発局開発土木研究所の河川研究室であったが、平成13年4月の独立行政法人化、平成18年4月の土木研究所との統合を経て、平成27年4月に現在の名称となり今日に至っている。

寒地河川チームでは、水災害や土砂災害、河川結氷に伴う被害などから生命と財産を守り、安全で自然豊かな生活環境を創造するため、防災減災対策や維持管理技術を高めるための調査・研究を行っている。現在は、社会的要請の高い課題への重点的・集中的な対応として、以下に挙げる研究を実施しており、その概要を簡潔に紹介する。

研究概要

(1) 破堤被害を最小化するための破堤氾濫流量の軽減技術に関する研究

近年頻発している集中豪雨等にもなう河川堤防からの越水や堤防決壊による大規模な水害被害が発生している。このような破堤被害を軽減することを目的に、北海道開発局と共同で平成20年度より国内最大規模の実物大河川実験水路である「十勝川千代田実験水路」を用いて越水破堤実験を実施している。これらの実験や検討結果から、破堤現象等の基礎的なメカニズムを解明するとともに破堤拡幅の数値計算モデルを開発した。現在は、越水破堤及び破堤拡幅に対して既存の水防工法や対策技術が適用可能な範囲の検証を行い、破堤開口部からの氾濫流量を効率的、効果的に抑制する技術開発を実施しており、洪水氾濫被害の最小化を図る。



写真-1 空知川の破堤状況 (2016年)



写真-2 千代田実験水路での実験

(2) 高流速下の水流・水面波・掃流砂による構造物の安定性評価と維持管理技術の開発

急流河川では、洪水時に三角波と呼ばれる水面波が発生し河川構造物が被災する事例が増加している。そのため、水面波と河床波の発生予測モデルを開発して現象の再現及び危険区間の抽出に関する技術開発を進めている。この技術により、河岸近くで水面波が発生した場合の護岸ブロックの安定性や堤防等への影響を定量的に評価し、高流速に対する河川構造物の安定対策、侵食対策技術の開発を目指している。



写真-3 豊平川三角波の発生(1981年)

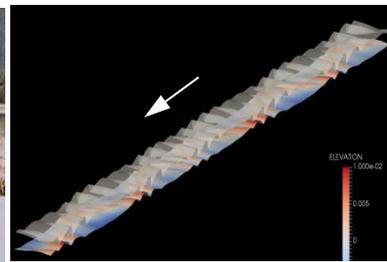


写真-4 開発中のモデルによる河床波・水面波の計算

(3) 急流河川の大規模河岸侵食対策技術他に関する研究

大規模な流路変動によって河岸侵食が進行し、高水敷さらに堤防に至る侵食被害が発生しており、急流河川における堤防侵食の防護、堤防決壊への対策が急務となっている。そのため、流路変動特性と河岸侵食の関係性を検証し、流量規模及び洪水継続時間、河道内の樹木影響を考慮した流路変動予測手法の開発を目指す。また、流路の堤防への接近を抑制するため、側方侵食幅の推定、河道内樹木管理手法、効果的な低水護岸整備等河岸侵食防護技術の提案を行う。また、中小河川での大規模流路変動現象や構造物に作用する流体力の解析手法の開発を目指している。



写真-5 大規模な河岸侵食による堤防決壊（音更川、札内川、2016年）

(4) 結氷河川における津波被害やアイスジャムによる災害等の防止・軽減技術に関する研究

地震による津波の河川遡上が冬期の結氷河川で生じる場合に、氷板が津波によって破壊され上流に運ばれて河道閉塞による氾濫や氷板の衝突による河川管理施設の被災が懸念されている。そのため、実河川のデータ収集や水理模型実験を行って現象分析し、氷板による外力評価手法の検討や、氷を伴った津波を表現する数値シミュレーションモデルを開発し、寒冷地域河川の特徴を十分に考慮した津波災害の防止、軽減対策を提案している。



写真-6 氷板漂流物による樋門ゲート閉塞（十勝川、2011年）

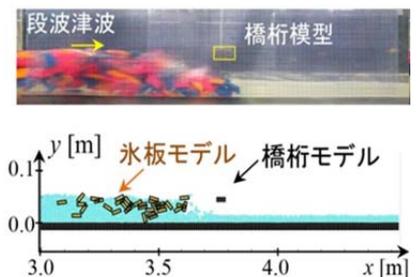


写真-7 氷板の河川遡上水理実験と数値モデル

また、アイスジャムによる急激な水位上昇による浸水被害や取水障害等に関する対策技術の開発を実施している。結氷河川の河氷の形成と流下機構の現象を解明し、アイスジャムの発生場所や結氷・解氷の時期、水位予測等の技術を提案している。



写真-8 橋脚周辺のアイスジャム



写真-9 アイスジャム水理模型実験

(5) 土砂動態にตอบสนองする河道形成と樹林化抑制評価技術に関する研究

河道内の樹林の過繁茂により、流下能力の低下や河川環境の悪化が問題となっている。そのため、河道の攪乱メカニズムを解明して可能な限り河川が本来持っているダイナミズムの保全、回復を図り、持続可能かつ効率的な樹林化抑制技術の提案を目的としている。札内川において、北海道開発局実施の札内川ダムフラッシュ放流と河道掘削による礫河原再生事業に寒地河川チームが共同で参画しており、効果的な河道掘削箇所をシミュレーション等で選定し現地に適用、その効果を検証している。引き続き、研究成果を事業計画及び実施管理に反映させるとともに汎用性の高い樹林化抑制技術の確立を目指している。



写真-10 札内川ダムフラッシュ放流と河道掘削（札内川礫河原再生事業、北海道開発局帯広開発建設部）

(6) 軟岩河床の侵食メカニズムの解明と予測技術・対策技術に関する研究

近年、砂礫等の堆積層が流出し、低固結の軟岩層が露出する河川が増加している。軟岩（土丹）は流水や流砂の侵食に対し弱く河床低下を引き起こし、河川構造物の機能低下や橋梁の安定性低下等の影響が懸念されている。そこで、軟岩の侵食メカニズムの解明と定量的な侵食深予測手法及び対策技術の開発を目的とし、研究が進められている。現在、軟岩河床の側方侵食モデルについて実験や数値シミュレーション等を基に検討が行われており、開発した予測手法や軟岩侵食防止ネット等の対策技術の現地及び室内での試験等から、侵食対策技術の開発及び対策効果の検証を実施している。



写真-11 北海道内の軟岩（土丹）露出箇所



写真-12 軟岩（土丹）の侵食状況（久著呂川）

(7) 土石流氾濫解析モデル、寒冷地特性を考慮した火山泥流監視システムの開発に関する研究

土砂災害の被害軽減に向け、水と土砂の複雑な現象を柔軟に解析可能なシミュレーション技術である粒子法に着目し、土石流の流下現象を高い精度で推定する計算モデルの開発を行っている。また、水理模型実験及び粒子法を用いた数値解析的手法により土石流のメカニズム解明を実施している。



写真-13 恵庭岳における土石流の流下痕跡 (左)・流出した橋桁 (右)

また、積雪寒冷地の火山地域では、融雪型火山泥流発生による大規模な災害が懸念されているため、融雪型火山泥流の発生や流下に対して、確実に検知するシステムを開発する研究を進めている。経済性・精度・早期配備性を総合的に判断した泥流検知センサの試作と、屋外における基本的な性能試験を実施し、現地（十勝岳）における検知性能・通信性能試験等を実施して使用方法を提案する。また、発生した泥流の規模を振動や熱画像等から予測する手法の検討を予定している。



写真-14 1988年積雪期の十勝岳噴火 (旭川地方気象台 撮影)



写真-15 検知センサ、データ送信部 (試作)

寒地河川チームでは、上記の研究の他に、主要研究として、「構造物固有の凍害・複合劣化のメンテナンス技術に関する研究」を実施している。この研究では、過酷な気象条件下に起因する低温、積雪、結氷、凍結融解、融雪水、塩分などが原因の凍害・複合劣化対策の検討を、河川構造物を対象に実施している。点検・診断技術の効率化、補修補強技術の高信頼化を実現する技術開発を目指している。

また、「堤防、河岸などの監視技術に関する研究」、「洪水時に背水の影響を受ける区間での水位予測に関する研究」、「河川氾濫の3Dハザードマップ作成技術に関する研究」を重点、基盤研究として実施している。

引き続き、気候変動化等により激甚化する水災害、土砂災害に関する防災減災対策、河川構造物の安全性確保対策、適切な河川の維持管理のための技術開発を推進していく。特に、平成28年に発生した北海道水害に対する課題解決に即した研究を行っていくとともに、研究成果は北海道のみならず、広く国内外での活用を図ることとする。

水環境保全チーム

はじめに

北海道は過酷な気象条件を持つ積雪寒冷地であるとともに豊かな自然環境を有している。このような地域において持続可能な地域社会の形成や人々の暮らしの安全・安心の確保のための社会基盤整備を環境との調和に配慮して実施する技術の確立が求められており、水環境保全チームでは、社会基盤整備を進める上で解決しなければならない土木技術課題のうち、河川や湖沼における水環境や生物の生息・生育環境、総合土砂管理、水資源管理などに関わる研究開発に取り組んでいる。

研究概要

(1) 融雪期における水資源管理の高精度化に関する研究

積雪寒冷地においては、融雪水をダムに貯留して夏にかけての水需要をまかなっていること、融雪水は災害の原因となることから、山間部の積雪分布をできるだけ正確に推定することが重要である。しかし、森林限界以上の高標高帯は、冬期の立ち入りが困難であることから、積雪分布に関する調査研究が十分に行われていない。

このため、上空から三次元空間データを高密度にかつ高解像度で取得できる航空レーザ測量を用いて山間部の積雪分布を計測し、その特徴の解明を進めている。これまでに、森林限界以上の高標高帯における積雪深は、地表面の凹凸を表すパラメータである地上開度との間に線形の関係があること、荒天時の強風により積雪が移動するため斜面方位により積雪深が偏る傾向があることを解明した。

今後は、降雪直後の積雪分布が、風による影響を受けて二次堆雪に至るまでのプロセスの解明を進める予定である。このプロセスを融雪・流出モデルに組み込むことにより、融雪期におけるダム流入量の予測精度を向上させ、融雪期における水資源管理の高精度化を図る予定である。

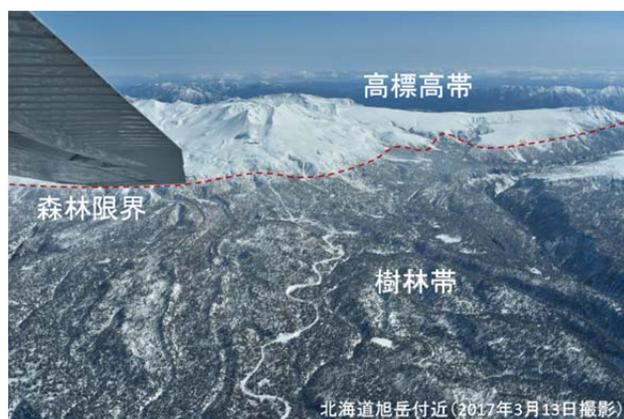


写真-1 山間部の積雪分布

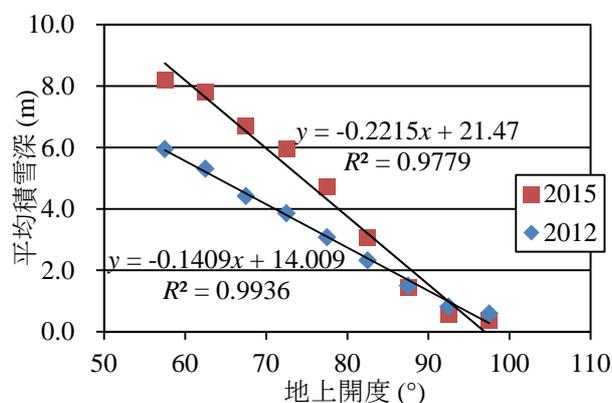


図-1 高標高帯における積雪深と地上開度の関係

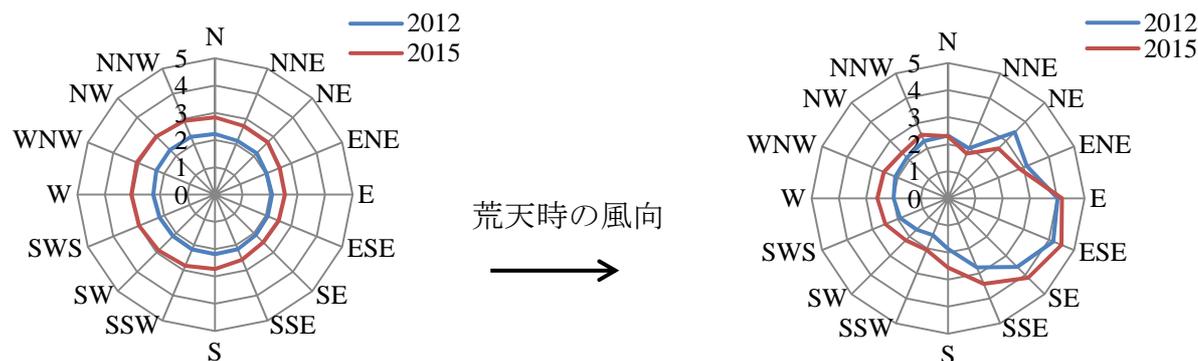


図-2 斜面方位別の積雪深

(2) 魚類生息・産卵環境及び河道維持管理を考慮した低水路の河道掘削技術に関する研究

近年、気候変動により水害リスクが高まり、着実な河川整備の推進、機能を確実に発揮させる適切な維持管理・更新が必要となっている（H27.2 水災害分野における気候変動適応策のあり方について 中間とりまとめ、社会資本整備審議会 河川分科会 気候変動に適応した治水対策検討小委員会）。そのためには、魚類の生息・産卵環境に重要な低水路の掘削工事が今後必要となるが、河川環境の評価技術が確立していないことから、河川環境の管理目標を具体的に設置しづらい状況にあり、河川環境の評価技術の調査・検討を充実することの必要性が指摘されている。

さらに近年、河川中・上流域では、低水路幅縮小や流砂量減少により、河床低下とそれに伴う河道断面の広範囲における河床材料の粗粒化や露岩河床化が顕在化し、魚類生息・産卵環境に悪化を与えるだけではなく、河川管理施設の不安定化も引き起こし、維持管理のコストを増大させている。そのため、河道と施設を一体な河道システムとして捉え、一連区間の河道の変化に対応することで個別の施設の管理を最適化する技術の検討の重要性が指摘されているが（H25.4 安全を持続的に確保するための今後の河川管理のあり方について[答申]、社会資本整備審議会）、これを実現するためには、河道変化が維持管理困難なものとならないようにすることが重要と考えられる。

本研究は、魚類の生息・産卵環境を考慮し、河道維持管理上有利な「低水路河道掘削技術」について研究を行っている。研究手法としては、河床地形や底質と魚類の生息・産卵場の物理環境特性を既往調査、現地調査から把握して、リーチスケール（瀬、淵のセット）を考慮した魚類生息・産卵環境評価技術を開発する。次に、数値計算、水理模型実験、現地調査により、低水路掘削後の河床変動応答特性を把握する（写真-2）。これらの魚類生息・産卵環境評価技術と河道掘削後の河床変動応答特性を総合的に検討し、河道維持管理、環境に配慮した低水路掘削技術の開発を行う。本研究により、治水と環境の両立した河川整備の実現への貢献が期待できる。

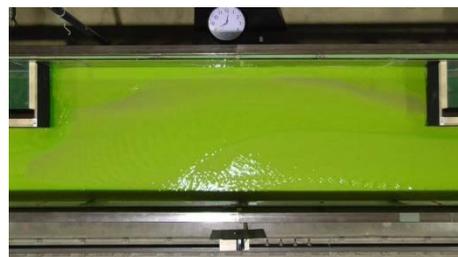


写真-2 河道掘削後に砂州が形成される様子（模型実験）

(3) 持続的で維持管理が容易な緑化システムの実践的研究

寒地土木研究所と北海道科学大学（旧：北海道工業大学）が共同で開発した生態学的混播・混植法は、1991年から北海道内外において20万本以上の植樹実績がある。生態学的混播・混植法は、地域の在来種のタネや苗を植樹し、競争状態を作り出し、植樹場所の環境に適応した種が生き残ることを前提としていた。そのため、適正な維持管理が実施されておらず、モニタリングデータも乏しい状況であった。水環境保全チームでは、平成26年度から、生態学

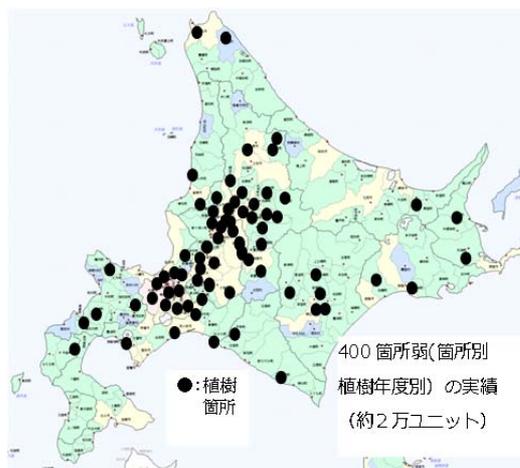


図-3 北海道内の生態学的混播・混植法を用いた樹林の位置図

的混播・混植法を用いて形成された樹林を対象にモニタリングデータの収集整理を行い、植樹後 13～16 年程度の経過で樹林内の樹木同士の競争状態にあることや、樹林内土壌が一般的な森林土壌と同程度となったこと、樹林利用を踏まえた維持管理手法の開発および実践、そして維持管理による樹林景観の改善効果について検討を行った。

（４）在来種による堤防植生の施工・維持管理に関する研究

北海道内の河川堤防の法面植生は、寒冷気候に強い品種として従来はトールフェスクが使用されていたが、平成 17 年に制定された外来生物法において要注意外来生物に指定されたため、以降、ハードフェスクなどが導入されている。但し、ハードフェスクも外来種であり、地域固有の生態系を保全する観点から考えると、堤防法面植生を在来種に置き換えることが望ましい。平成 27 年に策定された「自然公園における法面緑化指針」では、自然公園内の法面は地域に自然分布する種及び在来の自然侵入種とされ、外来植物が過度に繁茂することなく、最終緑化目標に向けた遷移が見込める植物群落を初期緑化目標として設定することと示されている。将来は、自然公園に限らず、多くの法面緑化工事箇所、外来種の排除が進むものと考えられる。水環境保全チームでは平成 22 年度から在来種による堤防緑化の研究に取り組み、寒冷地における堤防法面植生の適用種、施工方法について、現地試験を行いながら明らかにしてきた。今後は、洪水時の雨水・流水に対する耐侵食性についての検証や、種子の安定供給、施工コストの低減策などの課題解決に取り組んでいく予定である。



写真-3 在来種による試験施工箇所調査 写真-4 在来種による試験施工箇所調査

（５）再繁茂プロセスを考慮した河畔林管理技術に関する研究

河川管理の一環として河畔林の伐採を行うが、再繁茂する事例が数多く確認されている。河畔林伐採後の再繁茂により流下能力および平面流速などが変化することから、持続的な治水安全度評価手法が求められている。一方、河畔林は生物の生息場であるとともに、河川景観を構成する重要な要素であるため、伐採後河畔林の再繁茂による生物の生息場の変化や河川景観の変動を予測・評価する手法が必要である。水環境保全チームでは平成 27 年度から河畔林の伐採による影響について取り組んでおり、河畔林伐採を行った河川を対象に再繁茂した樹木の樹高や胸高直径の調査、樹木間伐による平面流速の検討、河畔林の伐採前後および再繁茂による景観評価の予測手法検討などを行っている。

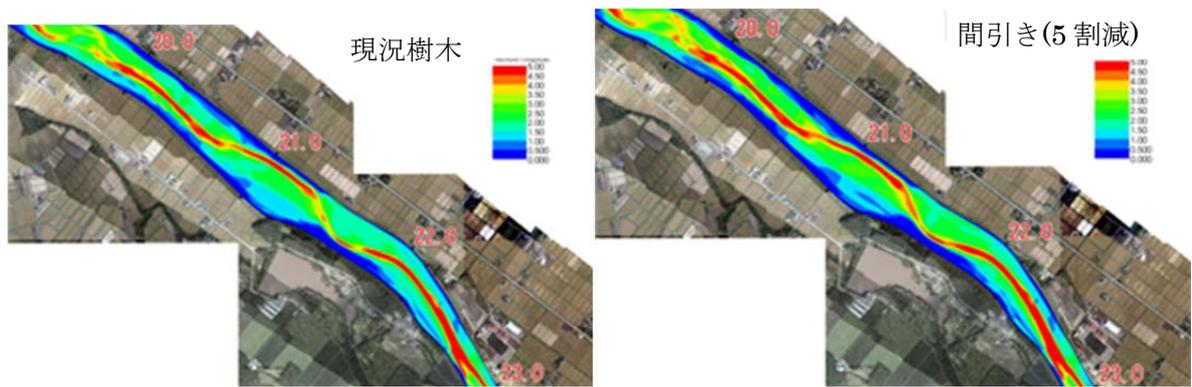


図-4 現況と5割間引き伐採の流速コンター比較

(6) 粒径別土砂生産量の空間分布評価手法に関する研究

ダム堆砂や海岸侵食といった、山地・河川・海岸・沿岸を通じた土砂・物質の移動にかかわる様々な社会的課題に対して、「流砂系の総合的な土砂管理」をすすめることが求められている（写真-5）。その中で、管理が必要な土砂の粒径階ごとに、生産源が流域内のどこに分布し、いつ、どれくらい供給・流出するかを把握することは、流砂系の総合的な土砂管理計画を策定する上で基本的かつ最も重要な課題の一つである。本研究の目的は、山地から河川を通じて流出する土砂について、粒径を考慮した生産源の時空間分布評価手法を開発することである。具体的には、トレーサを用いた生産源推定手法の構築、濁度計を用いた浮遊土砂の連続観測、GIS・分布型流出モデルを用いた土砂生産源の空間分布評価手法の構築等に取り組んでいる（図-5）。



写真-5 砂浜が消失した海岸

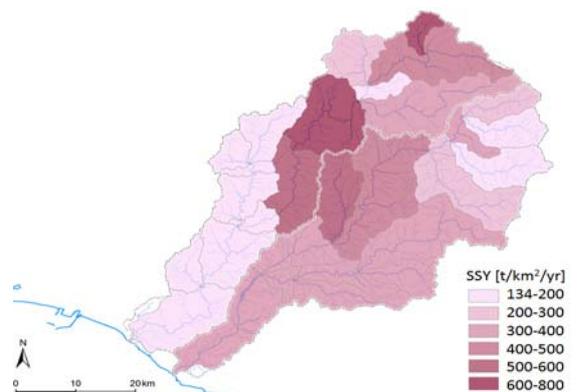


図-5 浮遊土砂生産量の推定事例（鶴川・沙流川）

(7) 底層環境に着目した停滞性水域における水環境管理技術に関する研究

停滞性水域の水質課題は、富栄養化や斃死、青潮など貧酸素化に起因する現象が多い。ダムや自然湖沼においても未解決の課題であり、上水や漁業に度々被害をもたらしている。貧酸素条件を鑑みたとき、最も条件が厳しく、対策が困難なのが、塩淡二層の汽水構造を有し、結氷する汽水湖であ

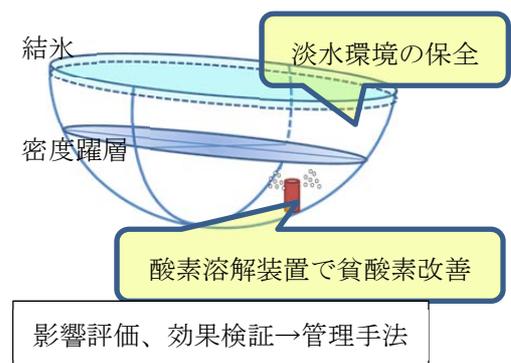


図-6 貧酸素水塊改善模式図

る。一方で、汽水湖は漁獲対象生物が豊富であり、生業の場として極めて重要である。本研究では底層貧酸素水塊の改善手法および管理手法を確立することを目的としている。酸素溶解装置を用いて、貧酸素水塊に酸素供給した場合の水質変化、生物影響について長期間モニタリングを行う。同時に装置の効果的運用手法やコスト調査、越冬対策等の社会実装に対応するための基礎データを取得する。

当チームの水質の研究は、汚濁の拡散や富栄養化の基礎的な研究を経て、前中期計画（平成 23～27 年度）の汽水域の研究から、今中長期計画（平成 28～33 年度）で、解決困難な課題の対策手法の社会実装に資する研究へと至っている。研究成果は、国内停滞性水域の水質改善に反映させる予定である。

（８）生物生息環境と汽水環境の保全に関する研究

近年の降雨増加に伴い、河川の汽水域は減少傾向を示している。汽水環境の減少は汽水性生物生息数の減少として顕在化している。本研究は河川汽水域の保全を目的としている。特に河道横断形状による塩水遡上の影響を評価し、汽水環境の増加を目指す。低水路を複断面化することで、塩水遡上を促進すると同時に、汽水環境面積を増大させることが推察される。そこで、複断面造成箇所の流況、水質、底質等について調査・モニタリングを行い、河道形状と汽水環境の評価を行う。加えてヤマトシジミを中心とした汽水性生物の生息数との関係を明らかにする。これにより汽水環境および生物生息環境の評価手法を提案する。この手法により汽水環境の保全・復元に配慮した河道計画に資する成果が得られ、維持管理を効果的かつ効率的に行うための管理手法の構築が期待できる。

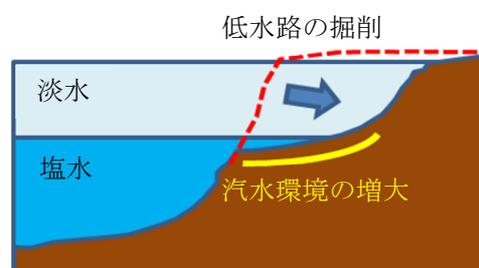


図-7 低水路形状と汽水環境模式図

（９）自然再生産を目指した水産有用種の行動に着目した河川・沿岸構造物の評価・改善手法に関する研究

①十勝川水系シロザケ遡上行動に関する研究

生態系保全や水産資源維持の観点から、シロザケ自然産卵魚による資源管理の必要性が求められている。産卵河川の環境保全のためには、産卵河川を明らかにすることが重要である。しかしながら、大面積の流域において自然産卵が行われている河川を明らかにすることは容易ではなく、そのため産卵河川がどこかといった基礎的な資料は少ない。

本研究では、北海道東部十勝川千代田堰堤において、平成 28 年 10 月と 11 月に各 17 匹、合計 34 匹のシロザケを捕獲し、超音波発信機を装着してサケ遡上行動を調べた。千代田堰堤の上流と十勝川河口にそれぞれ発信機をつけた 8 匹ないし 9 匹のシロザケを放流し、十勝川本流と主な支川に設置した受信機にてシロザケの行動を記録した。

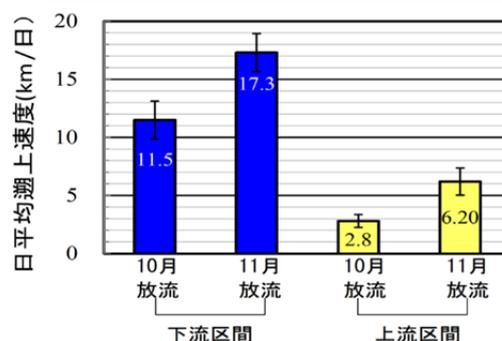


図-8 下流区間と上流区間の日平均遡上速度

その結果、放流魚の約 94%が河口から千代田堰堤にまで到達し、平均遡上速度は 11.5 km/日（10 月）と 17.3 km/日（11 月）だった。一方で千代田堰堤より上流では、平均遡上速度は 2.8 km/日（10 月）と 6.2 km/日（11 月）だった（図-8）。この平均遡上速度の時期による違いは、使用したシロザケの成熟度の違いが関係していると考えられた。

自然産卵が指摘されてきたメン川における遡上行動データをみると、自然産卵を十分に示唆するものだった。また、ふ化放流事業がなされて

いない帯広川、途別川でも遡上確認があった。今後は、千代田堰堤における魚道のシロザケ遡上数の調査を行い、千代田堰堤での魚道の機能評価を行うことで、河川環境保全へのさらなるデータ蓄積を進める予定である。



図-9 受信機設置箇所図

②美利河ダムサクラマス幼魚降河行動に関する研究

サクラマス資源を維持増殖するには、遡上および降河環境の保全が重要である。貯水ダム周辺では上下流方向の流水の連続性が確保されない場合があり、この場合親魚の遡上阻害だけでなく、幼魚のダム湛水域への迷入などを引き起こす可能性がある。湛水域への降河行動を明らかにすることはダム管理上の基礎資料として重要である。そこで、北海道南部美利河ダムにおいてサクラマス幼魚の降河行動を調査した。

ダム湛水域へ流入するチュウシベツ川に設置された分水施設の本堤上流から平成 28 年 8 月に発信機を装着したサクラマスの幼魚 20 個体を放流した。最後に受信機に記録された場所における個体数はそれぞれ、魚道が 8 個体、分水施設周辺が 1 個体であった。11 個体は行き先が不明であった（図-10）。

不明個体は、ダム湛水域に設置した受信機での記録がなかったことから、チュウシベツ川湛水域流入部より上流側にある落差工付近の受信不能区間に分布したと推測される。

今後は、幼魚の移動行動の季節的变化をとらえるために、異なる放流時期の調査や、湛水域での行動に対する詳細調査を進める予定である。

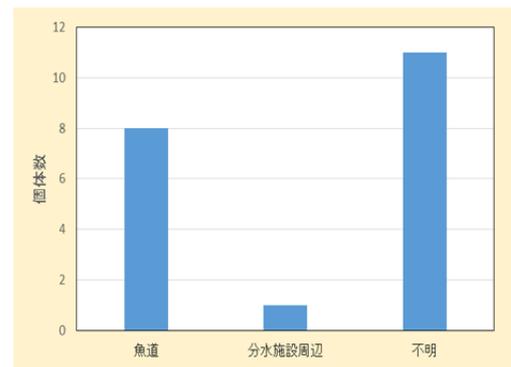


図-10 チュウシベツ本堤上流で放流したサクラマス幼魚の最終確認位置と個体数

寒冷沿岸域チーム

はじめに

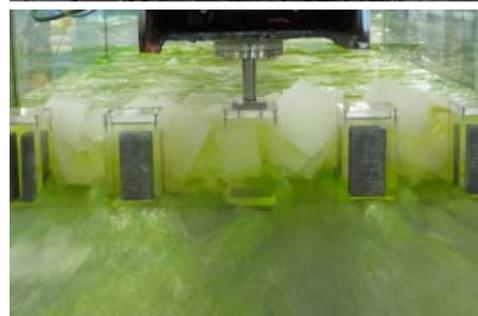
寒冷沿岸域チームは、北海道開発局開発土木研究所の港湾研究室であったが、平成 13 年 4 月の独立行政法人化を経て、平成 18 年 4 月に現在の名称となり今日に至っている。積雪寒冷地である北海道の沿岸は、冬季の流水来襲や港内凍結など、他の地域とは異なった特性を持っている。また、近年、高潮・高波による沿岸施設被害や、大地震とそれに伴う津波による被害が発生しており、今後もこのような自然災害が懸念される。さらに、河口周辺の沿岸域においては河川流域全体の土砂動態に起因する安全・利用上の課題への対応も求められている。当チームでは、寒冷な気候、流水、津波、高波、高潮といった脅威に対して沿岸域の安全性を高め、また、海域の自然環境にも配慮しながら寒冷地の港や海岸を持続的、効率的、効果的、経済的に整備、利用するための研究を行っている。以下に、最近の主要な研究について紹介する。

研究概要

(1) 寒冷沿岸域における津波減災技術に関する研究

北極海やオホーツク海など結氷板や流水等の海水で覆われる氷海域において発生した津波は、通常の津波よりも被害を拡大する可能性がある。現実には、過去に海氷を伴う津波により家屋や橋脚等が被災した事例がある。2011 年の東北地方太平洋沖地震で発生した津波でも、国後島で海氷が遡上し、軽微な被害を及ぼした他、我が国でも、海氷の遡上や、河川氷の水門への衝突やアイスジャム（閉塞）発生による水位上昇等、津波による何らかの氷の挙動が確認された（写真－1）。

前中期計画の研究では、氷海域での津波発生や被害事例等を整理しそのリスクを検討することを皮切りに、中規模実験と数値計算による海氷の衝突力や破壊機構、水理模型実験に基づく海氷を伴う津波遡上特性の解明等といった基礎的な研究を行ってきた。更に、海氷の離散体特有の挙動が考慮できる津波と氷の陸上遡上シミュレーション法を開発し、ハザードマップ作成、構造物の安全性や配置計画、避難行動計画等を検討する上で有用なツールのひとつを構築した。今中長期計画の研究では、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より具体的な設計法や対策法の構築に主眼を置き、津波と海氷あるいは漂流物からなる混相流体のより複雑な相互作用モードに対応できる手法を確立し、総じて、大量の海氷や漂流物を伴う津波による被害リスクの予測や防災・減災技術の早期確立に向けた研究を行っている。



写真－1 津波による海氷の遡上例（上）とアイスジャム形成の模型実験（下）

(2) 海面上昇に伴って激化する外力に対応した沿岸域のリスク評価と対策に関する研究

将来的な地球温暖化に伴い、沿岸域では、海面水位の上昇や極端な高波、高潮による護岸や防波堤などの沿岸施設の被災リスクの増加が懸念されている（写真－2）。海面水位が上昇した場合、多くの砂浜が消失するため、波が護岸を越えて道路や家屋にまで及ぶ可能性が高まる。また、防波堤などの水中に設置された構造物は、浮力が増加し、さらに、波力の作用位置が現状よりも高くなるため、滑動や転倒する危険性が高まる。本

研究では、北海道沿岸部の将来的な海面水位の上昇や極端な高波・高潮の発生に対する被災リスクの評価および低減策の提案を目的として、海象観測データの解析や過去の被災事例の分析、高波・高潮予測モデルの構築を進めている。

既往の海象観測データによると、近年、北海道沿岸部の海面水位は日本海側の一部の海域を除いて上昇傾向を示している。また、波高に関しては、最大有義波高など、比較的高い波高を抽出して経年変化を評価すると、波高は増加傾向を示している。国道通行規制情報（図-1）によると、地形が複雑な岩礁地帯に建設された日本海側と太平洋西部の海岸道路において、高波による通行止めが比較的多く発生している。今後、北海道沿岸部の海象や沿岸施設の状態をより詳細に把握し、さらに、高波・高潮予測モデルを用いることにより、最悪の事態を想定した沿岸施設の被災リスクの評価と低減策の提案を目指している。

（3）構造物固有の凍害・複合劣化のメンテナンス技術に関する研究

積雪寒冷地の構造物は、厳しい環境作用等によりその健全性が著しく低下している事例が多く（写真-3）、その要因の一つとして挙げられる凍害との複合劣化（作用）への対策は未整備であり、構造物の安全性確保、性能保持や長寿命化に向けて、その対策を講じることが喫緊の課題である。積雪寒冷地の沿岸構造物においては、低温環境や海水作用などの寒冷海域特有の特性を考慮した構造物の劣化対策・防食工法やメンテナンスサイクルの確立が求められている。前中期計画ではこれまで、主に鋼構造物を対象とし、海水や低温環境による劣化損傷機構の解明と対策工法構築のための研究を行ってきた。特に金属材料と海水のすべり摩擦による損耗に着目し、凝着摩耗、アブレシブ摩耗（エロージョン）といった摩耗現象の他、腐食（コロージョン）も同時に発生する場合の損耗特性等を明らかにするとともに、通常海域で使用される防食工法の氷海域での適用性とその代替案について検討してきた。今中長期計画の研究では、コンクリート構造物にも対象を広げ、海水、海氷、凍結、砂などによる気象・化学・物理的作用による幅広い複合劣化機構の解明並びに、合理的な補修・対策工法の開発とその実証試験等を予定している。本研究は総じて、寒冷海域特有の劣化損傷特性を考慮した沿岸構造物の合理的なマネジメントシステム構築に寄与し、さらには、北極海や亜極地等における鉱物・石油天然ガス等の海底資源採掘等のための各種氷海施設の設計・維持管理といった幅広い分野への応用・普及を目指した国際的・学際的な研究を行っている。

（4）河口・沿岸域における土砂動態のモニタリング技術と予測システムの開発

我が国では、ダム堆砂や河川での砂利採取、海岸構造物による沿岸漂砂の遮断などの影響により、年間約 160ha もの砂浜が消失し、さらに、気候変動に伴う海面上昇によつ



写真-2 海岸護岸の被災状況
(平成 27 年 8 月新ひだか町)



図-1 昭和 47 年以降に通行止めが行われた沿岸地域
(北海道開発局道路維持課提供)



写真-3 オホーツク海に面した構造物の損傷例

て、将来的にさらに多くの砂浜が消失すると予測されている。砂浜は、背後に控える生活・産業活動の場を波浪から守る役割を担うのみならず、豊かな生態環境と海岸景観を創造する場として機能している。周囲を海で囲まれた我が国においては、砂浜が有する役割・機能の重要性は高く評価されており、砂浜の維持・回復が強く求められている。砂浜の維持・回復策を検討する際には、河川、河口を經由して海域へ供給される土砂の量と質（粒径分布）を明らかにする必要があるが、このような評価を可能とするモニタリング技術は確立されていない。加えて現状では、数年に1回程度（多くとも年1回程度）行われる公共測量や底質サンプリングなどの結果から、海域への土砂の供給量と移動過程の評価・予測が行われているため、その精度の低さが問題となっている。本研究は、河川から海域へ供給される土砂の量と質（粒径分布）の時空間変動と海域における土砂の移動過程を定量的に評価可能なモニタリング技術と予測システムを開発することを目的とする。平成30年以降3か年に渡り、北海道沙流川（図-2）の融雪出水期、夏季出水期を対象として、ナローマルチビームソナー測深システムや粒径粒度分布計測装置などを用いることにより、河川流出土砂量と波浪による土砂の移動量を粒径ごとに把握する。また、得られたデータをもとに、河口域の土砂動態を予測可能な数値モデルの構築を目指している。

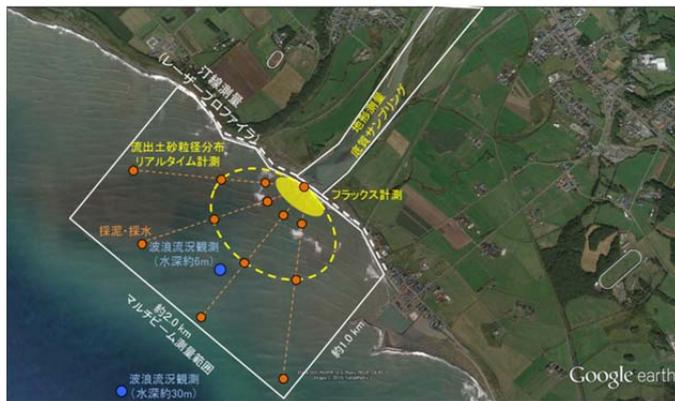


図-2 北海道沙流川河口の様子

(5) 河口導流堤の損耗・劣化メカニズム解明に関する研究

導流堤は河川流の方向や速度を一定に保ち、河口閉塞を防ぐために設置された構造物である。導流堤の多くが鋼製矢板やコンクリートブロックで造られている。鋼製矢板で建設された導流堤の中には、腐食対策が行われていたにもかかわらず、耐用年数よりも前に損耗・劣化が進行したものが多くあり、中には倒壊に至った事例も報告されている。また、コンクリートブロックで建設された導流堤では、地盤付近の構造体が削られて、鉄筋が露出した事例が報告されている。損耗・劣化が進んだ導流堤がある河口域では、河川から流出した砂礫が堆積し、それらが波浪や河川流によって繰り返し導流堤に衝突することにより、部材の損耗・劣化が当初の想定よりも進行していると考えられており、今後、対策工を検討するうえでも、砂礫の衝突による導流堤の損耗・劣化メカニズムを明らかにする必要がある。本研究は、現地観測と室内実験を行い、砂礫の衝突による河口導流堤の損耗・劣化メカニズムを明らかにすることを目的とする。

現在、道南地方における矢板式・コンクリートブロック式導流堤の実態調査を実施し、導流堤の損耗・劣化量、導流堤付近の流速と土砂の粒径分布に関するデータベースを構築している。また、水中マイクロフォンや面的圧力センサーを用いることにより、砂礫が導流堤に衝突する回数・強さを計測している（図-3）。今後、更なる現地調査と水理実験を行うことにより、導流堤の損耗・劣化メカニズムの解明を目指している。



図-3 水中マイクロフォンと面的圧力センサーを用いた砂礫の衝突音と衝突力計測システムのイメージ

(6) 海岸護岸の防波フェンスへの作用波力に関する研究

外海に面した護岸背後にある道路や建物などは、これまでも高波時に通行障害や破損被害がしばしば発生している。道路交通に対しては消波ブロックの設置や防波フェンスの設置により安全性を確保することが一般的に行われている。しかしながら、汀線付近に設置した消波護岸の越波量および防波フェンスへの作用波力が過小評価されることがあり、施設の破損被害が発生している。これは、堤脚水深、周期、海底勾配など一定の条件下においては防波フェンスの設計法が提案されているが、その他の条件に対しては設計法が確立されていないことによる。また、現場によっては消波ブロックの設置が困難であり、経年的に消波工が沈下・飛散などして十分な機能が得られていない状況もあり、その場合の防波フェンスに作用する波力が明らかでない。本研究では、海岸護岸において、堤脚水深、波高、周期、海底勾配、消波工の有無などの多様な条件下における防波フェンスの設計法の提案を目指す。なお、本成果は、越波による通行障害が発生している海岸護岸背後道路の越波対策に適用されている。主な研究成果は、下記のとおりである。

消波護岸において、静水面からの護岸天端高と設計波高との比である Z^* (Z/H_{max}) をパラメータとした条件下において、 B_0 (消波ブロック天端幅) と h_c (フェンス天端高) の違いによる波圧の変化傾向を確認した (図-4)。消波護岸天端高の違いによる波力特性について明らかにした。消波工が変状している事例を収集、被災パターンを確認し、模型実験により、消波工の変状メカニズムを解明し、消波ブロックの変状を生じさせないための対策工を提案する。また、直立護岸の模型実験により、作用する波圧が計算値を上回る条件を確認し、水深、波高、周期を変化させた系統的な検討を行い、波力算定法の提案を目指している。

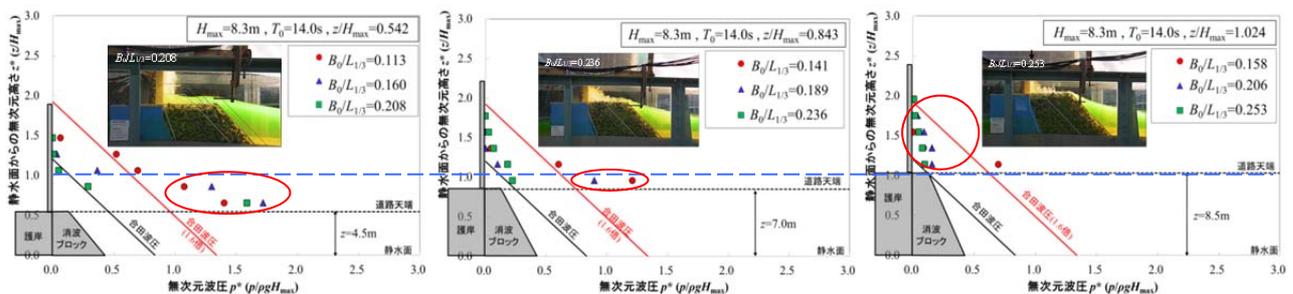


図-4 海岸消波護岸の構造条件の違いによる防波フェンスへの作用波力

(7) 沿岸域における高波避難に関する高度警戒システムの開発

北海道沿岸の主要な沿岸道路は、背後圏の物流や地域住民の生活を支える唯一の生命線となっている場合が多い。高波被災 (写真-4) への対策として道路の再配置などが考えられるが、沿岸道路の延長スケールを考えると、このような恒久対策には膨大な時間とコストを要する。このため、パトロールによる現況確認と交通規制などのソフト対策によるのが実態である。また、利用者の多い港湾・海岸の親水性施設においても利用規制の明確な基準がなく、一般的な気象・海象予報や施設巡回に基づき、その都度対応しているのが実態である。特に、視認性の低い親水性施設においては利用者が高波に気づきにくいという危険性もはらんでいる。このような背景から、本研究では、高波時に利用者へ危険を知らせる警戒システムの開発を進めている。



写真-4 沿岸道路の越波状況

(8) 前中期計画に終了した主な研究

①積雪寒冷地の河口域海岸の形成機構解明と保全に関する研究(H23～H27)

本研究では北海道の鵡川(図-5)を対象として、河口地形の変動傾向と変動要因を明らかにし、河口地形の安定的な保全策の提案を目的としたものである。主な研究成果は、下記のとおりである。

1970年代から90年代の急速な汀線後退は河道掘削に伴う海域への土砂供給量の減少と漁港建設に伴う沿岸漂砂の遮断、さらに、大きな出水が比較的少なかったことが影響したと考えられる。1998年以降では、河道掘削の禁止と大規模な出水、さらに、漁港の堆積土砂を用いた継続的な養浜の影響により汀線の大きな後退は生じていない。しかしながら、漁港で遮断している沿岸漂砂量と比べて養浜量はかなり少なく、さらに2006年以降、大規模な出水は生じていないため、河口東側の比較的浅い領域が侵食されるようになった。鵡川では1998年以降、河道地形が回復傾向を示しているため、今後、この状況が続き、河川の流下能力の維持・向上等を目的とした河道掘削を行う際には、掘削土砂を河口の侵食域へ輸送することが地形の安定化に必要であることを示唆した。



図-5 北海道鵡川の位置図

②海水作用や低温環境に起因する構造物劣化・損傷機構の解明と対策に関する研究(H23～H27)

本研究は、海水の作用や低温環境にさらされる沿岸構造物のうち、特に鋼構造物の劣化機構を解明し、劣化現象を踏まえた合理的劣化対策を提案することにより、積雪寒冷地の沿岸構造物の長寿命化を図ることを目的としたものである。主な研究成果は、下記のとおりである。

現地調査により、海氷に砂等の固形分が含まれていること、その混入プロセスを明らかにするとともに、すべり摩擦摩耗試験によりこれが大きな損耗現象をもたらす一要因であることを実証した。固形分が含まれなくても、海氷による繰り返しの腐食生成物の除去により、腐食が促進される可能性があることを示すなど、海氷作用を受ける現象のうち、大きな損耗要因となり得るメカニズムを明らかにした。さらに、現地暴露試験、水質調査ならびに理論的検討より、海氷作用あるいは海氷作用以外の低温(水温)環境により、通常海域に比べ氷海域における材料劣化が進行する可能性があることを示した。また防食対策として多く使用される幾つかの防食工法の氷海域における暴露試験より、その耐氷性に問題があることを明らかにした。その代替案として、安価な犠牲鋼板による補修/対策法(写真-5)、海氷の作用力を軽減するため配置と形状に工夫した新たな陽極を提案し、現地暴露試験等により、その有望性を確認した。以上より、海氷作用による種々の材料の損耗プロセスと損耗率の概略的な推定が可能となり、氷海域において、新たに提案した工



写真-5 犠牲鋼板暴露試験体の状況(3年目、2016年流水離岸後)

法を含め、適切な構造形式・防食法の導入・設計、適切な補修・更新時期等の維持管理計画に資する研究成果を得た。

③津波による流水群の陸上来襲に備えた沿岸防災に関する研究(H23～H27)

本研究は、海氷を伴う津波による被害リスクの予測や防災・減災技術の確立に向けた知見を得る事を目的としたものである。主な研究成果は、下記のとおりである。

津波による海氷の漂流・陸上遡上シミュレーション手法として広域を対象とする連続体モデルと局所領域を対象とする離散体モデルを開発した。このうち離散体モデルについて、氷などの離散体特有のアーチアクション(arch action)やジャム(jam)、パイルアップ(pile-up)などが考慮できる準3次元個別要素法(DEM)を開発した。この手法を用いて、北海道東部の漁港を例に、仮想津波による海氷の遡上計算および被害想定等のデモンストレーションを行った結果、ハザードマップ作成のほか、構造物の安全性や配置計画、避難行動計画等を検討する上でも、本手法が有用であることを確認した(図-6、7)。また、海氷の衝突破壊および衝突荷重推定のため、3次元のDEMおよび動的弾塑性有限要素法(FEM)の数値モデルを開発し、中規模衝突実験によりそれらの妥当性を示した。破壊性状や衝突波形を対象とする場合には、DEMを用い、最大衝突力や継続時間の概算推定であれば、計算コストの安いFEMを用いる事により合理的な検討手法を提案した。さらに、海氷と衝突過程にある構造物の動的応答解析も可能とした実用的で総合的なシミュレーション手法を開発し、その構造設計、性能評価や安全性の視覚的な理解と確認ができる設計支援ツールを整備した。最後に市街地の津波氾濫を想定した水理模型実験により、海氷と海水の混相流体が及ぼすリスクなどを明らかにし、津波防災上の留意事項等を提案した。以上より、事例検討、理論、数値計算、物理実験など多角的な研究手法により、海氷を含む津波のリスク想定とその備えに必要な知識とツールを得た。

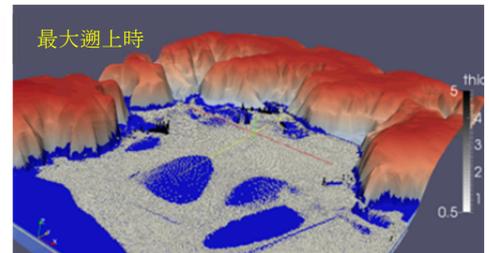


図-6 津波による海氷遡上のシミュレーション例

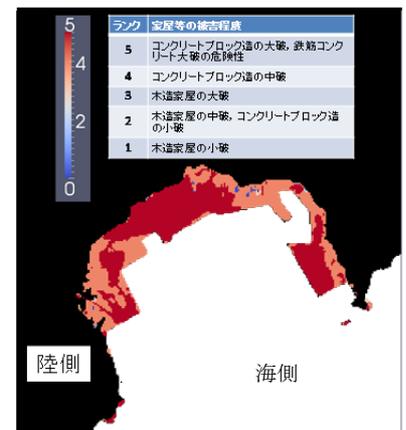


図-7 図-6の結果に対応する被害予測の例

④流水勢力変動に伴う沿岸防災の対策手法に関する研究(H26～H28)

本研究は、ブロック等で被覆されていない自然海岸となっている道路盛土を対象に、氷海域において今後流水減少に伴う被災リスクの増大に備えた沿岸施設の防災機能向上を図る対策手法を提案するとともに、沿岸施設の今後の維持管理施策に貢献することを目的としたものである。主な研究成果は、下記のとおりである。

自然海岸において、波の遡上により後浜盛土に被災のあった状況を水理模型実験により再現し、自然後浜盛土を欠損させる水脈厚と遡上流速の初期条件および後浜盛土の崩壊パターンを把握し、高波による地盤性状変化に応じた破壊メカニズムを解明した。また、後浜斜面の崩壊量は、相対密度と飽和度によって異なることを明らかにした。これらの結果を基に、波遡上対策案(消波堤、



写真-6 被災相当波浪作用後の状況

法面被覆)を抽出し、数値解析を行い波の遡上高および越波流量について検証した結果、高い再現性を確認した。更に、特に流氷の卓越するオホーツク海域で把握した近年にみられる流氷状況について再現した水理模型実験により、波遡上対策案(防氷柵・消波堤)の平面配置を含む効果および耐波性能の検証・評価を行った(写真-6)。以上から、有効な沿岸施設整備手法として消波堤及び法面被覆案を提案した。

⑤港湾・漁港における津波漂流物対策に関する研究(H25~H27)

本研究は、東日本大震災における対策施設の効果について検証するとともに、数値計算、水理模型実験等によりこれら設計上の課題を解決することを目的としたものである。主な研究成果は、下記のとおりである。

東日本大震災津波において生じた大型漂流物の実態について取りまとめるとともに、既存の対策施設の設計条件を整理することによって設計上の課題を抽出した。その上で、基礎的な水理実験を実施して杭高さおよび杭間隔が漂流物の捕捉特性に与える影響を明らかにし、対象漂流物に応じた適切な施設形状の考え方を提案するとともに(図-8)、対策施設の支柱設計の基礎となる漂流物の衝突運動について、ラグランジュ型数値解析モデルによる模型実験の再現計算を実施して、衝突運動を精度良く推定する手法を提案した。更に、えりも港をモデルケースとして、簡易なモデルを用いた漂流計算により、津波漂流物対策施設の効果を検証した。

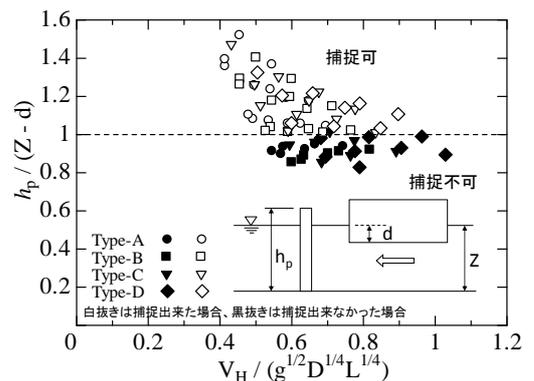


図-8 無次元杭高さが捕捉特性に与える影響

本研究は、沖合海域の構造物に蝟集する生物やその生息環境の特性を明らかにすることにより、人工構造物によって水産資源を維持・増産するための総合的な評価技術、および整備技術の確立を目指している（図-4）。

具体的には、利尻島南西沖 10 km（水深-90m）の地点に材質の異なる基質を取付けた試験礁（図-5）を設置し、これに付着する生物と周辺環境のデータを取得・分析し、人工構造物と餌料生物との関係を解明する。これより、構造物を設置した場合の餌料培養効果の予測および評価技術の構築を行うとともに、増殖機能強化に資する整備技術について提案する。



図-4 餌料培養礁のイメージ



図-5 付着生物試験礁

（3）漁港港湾の静穏域を活用した栽培漁業支援技術に関する研究

北海道日本海側における漁獲量は北海道全体の5%程度と低く、日本海側の漁業振興は北海道水産業の喫緊の課題である。そうした中、ナマコは中国において需要が高まり、2004年以降、日本からの輸出が増加している。しかし、道内のナマコの資源量は頭打ち状態にあり、栽培漁業を強化するための効果的な種苗放流技術の開発が求められている。

本研究は、ナマコを栽培漁業の対象種として、効率的な種苗放流手法を確立し、漁港・港湾の静穏域を活用した栽培漁業支援型漁港整備（図-6）に資する技術開発を行うことにより、水産生産の安定と漁業地域の振興を目指している。

具体的には、港内に設置した空隙の異なる複数の基質からなる試験礁（図-7）へ稚ナマコを放流し、その行動を追跡する。これにより、適正なナマコの生息環境や効果的な種苗放流手法を明らかにすることで、種苗放流に適した増殖機能を付加した漁港・港湾施設の整備技術を開発する。

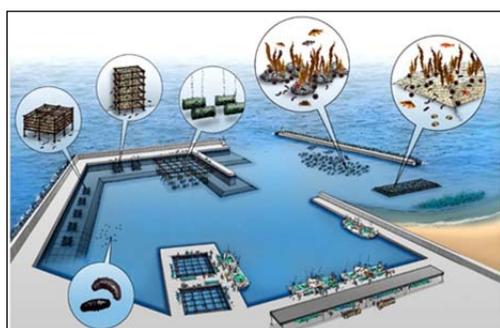


図-6 栽培漁業支援型漁港



図-7 試験礁の設置状況（水深-4m）

（4）前中期計画に終了した主な研究（H23～H27）

①積雪寒冷沿岸域の水産生物の生息環境保全に関する研究

北海道沿岸域の良好な自然環境の保全・再生が推進されており、陸域と一体となった沿岸域の環境保全が求められている。特に栄養塩が豊富な河口周辺の沿岸海域では、二枚貝などの成育が良い反面、出水後の浮泥の堆積等により大量斃死といった問題が生じ

ることがある。

本研究は、陸域からの浮遊土砂や栄養塩の流出が沿岸域の水産物の生息環境に与える影響を調査し、水産物の生育環境を考慮した沿岸海域の適正管理に資する技術開発を目的として実施したものである。

具体的には、鶴川沿岸における夏季出水（図-8）や融雪出水による基礎生産構造の変化を明らかにするとともに、移流拡散モデル、生態系モデルや多変量解析等を用いて、水産物と水域環境の関係性を評価した。さらに、沿岸域の光環境を精度良く予測するための消散係数の予測式（式-1）を提案した。また、これを他の海域へ応用した結果、光環境を比較的良好に再現できること（図-9）を実証し、沿岸海域の適正管理に資する技術の提案を行った。



図-8 夏季出水時の状況

式-1 消散係数の予測

$$k = C_1 + C_2 \cdot SS_a + C_3 \cdot Chl-a + C_4 \cdot Chl-d^3$$

$C_1 = 0.0461$
 $C_2 = 0.0441$
 $C_3 = 0.0054$
 $C_4 = 0.1127$

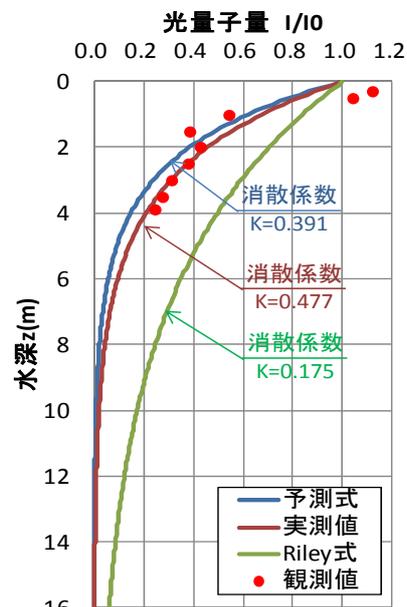


図-9 光量子量の鉛直分布と消散係数(他海域釧路港)

②北方海域の物理環境改変による生物生産性の向上に関する研究

北海道の主要な水産有用種であるスケトウダラの漁獲量は著しく減少しており、平成9年にTAC対象種に指定されている。北海道日本海北部沖はその優良な漁場として知られており、これを対象とした直轄漁場整備事業の候補地として有望視されている。

本研究は、北方海域（武蔵堆周辺）において、スケトウダラを対象に大規模漁場整備を行うにあたっての整備効果を適切に評価するための技術手法を開発することを目的として実施したものである。

具体的には、四季を通じた現地観測を行い、基礎生産構造や生物生息環境等を解明するとともに、底層からの栄養塩供給効果を試算し、漁場開発効果の潜在性を確認した（図-10）。さらに、マウンド礁による栄養塩の供給効果を把握するため、マウンド礁のよ

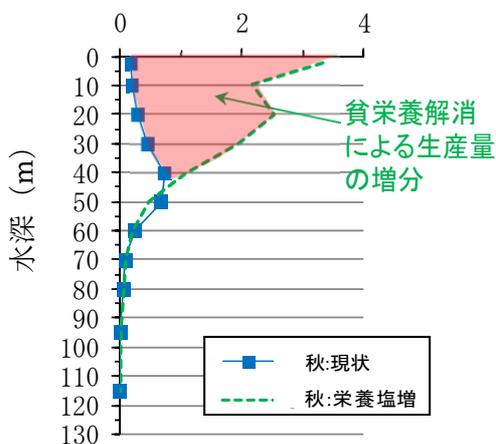


図-10 基礎生産の潜在性検討(栄養塩供給の効果)

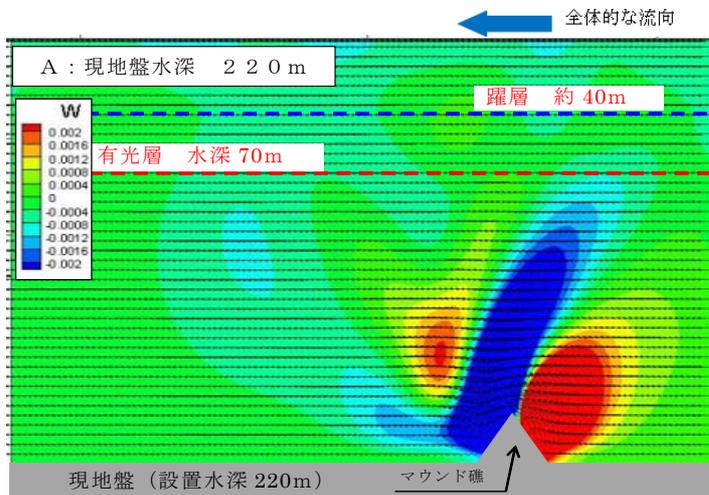


図-11 湧昇マウンド礁による擾乱効果

うな急激な水深変化による局所的な流れ場を精度良く評価できる数値モデルを構築することにより、整備効果の評価手法を提案した（図－1 1）。

③自然環境調和機能を有する寒冷地沿岸施設の維持・管理手法に関する研究

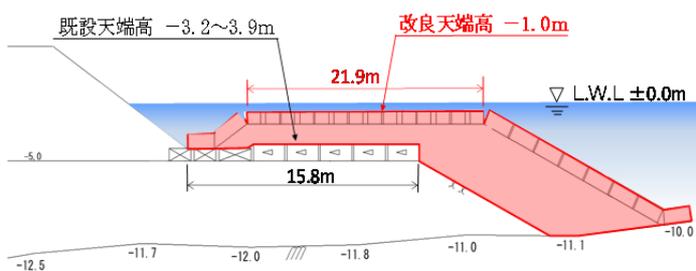
北海道内では、20年以上前から防波堤や護岸等に藻場創出機能を付加した自然環境調和型沿岸構造物が整備されてきた。しかし、近年の海水温の上昇等の環境変化によって、当初期待された機能が低下する事態が増加している。特に、北海道日本海側での藻場の消失（磯焼け）が深刻で、同地域の自然環境調和型沿岸構造物における藻場創出機能の低下が懸念され、早急な対策が求められている。

本研究は、磯焼け対策への有効性の観点から藻場創出機能に着目し、同機能の適切な保全に向けた維持管理技術を開発することを目的として実施したものである。

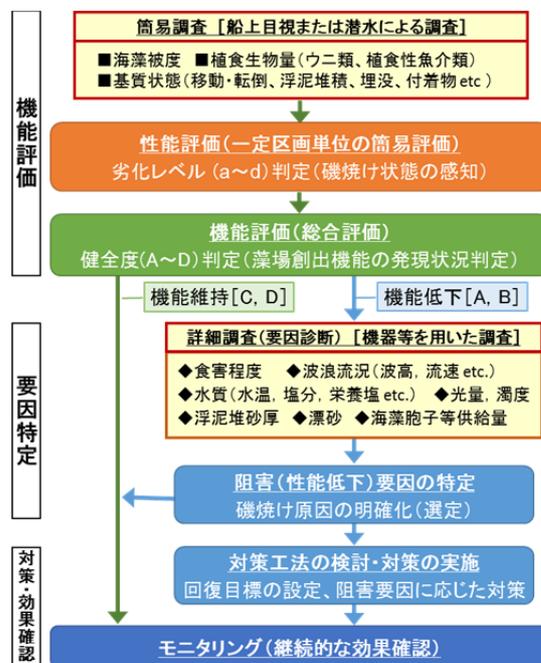
具体的には、既存背後小段天端を嵩上げすることによって流動環境を磯焼けの持続要因の1つであるウニの摂餌活動の抑制に適した環境に改変する手法を提案し、現地実証試験によってその効果を確認した（図－1 2、1 3）。また、自然環境調和機能を有する寒冷地沿岸施設の維持管理手法の導入を目的に、藻場創出機能に関する評価体系を構築し、機能を適切に維持管理していくための診断手法の提案を行った（図－1 4）。



図－1 2 嵩上げ改良箇所と海藻繁茂状況



図－1 3 背後小段付防波堤（嵩上げ改良断面）



図－1 4 機能診断の全体スキーム

寒地道路研究グループ

研究内容

積雪寒冷地の冬期道路においては、積雪や雪氷路面による交通障害、交通事故、吹雪時の視程障害や吹きだまりによる通行止め、雪崩などの雪氷災害が頻繁に発生しており、これらを克服するための研究開発の必要性は依然として高い。これまで、スパイクタイヤ規制後の冬期路面管理、郊外部の対面2車線道路での正面衝突事故対策、吹雪時の視程障害や吹きだまり対策、冬期道路情報の提供等に関する研究を行ってきた。

また、近年は人口減少と高齢化、大規模災害、財源不足等が大きな課題となっており、積雪寒冷地では交通ネットワークの強化による地域間連携や機能分担のため、安全で信頼性の高い冬期道路交通サービスの確保と多発化・複雑化する雪氷災害への対策は必須である。

そこで寒地道路研究グループでは、平成28年度に始まった6カ年の土木研究所第4期中長期計画において重点的に取り組む研究として、以下の2つのプログラム研究を他研究グループと共同で実施している。

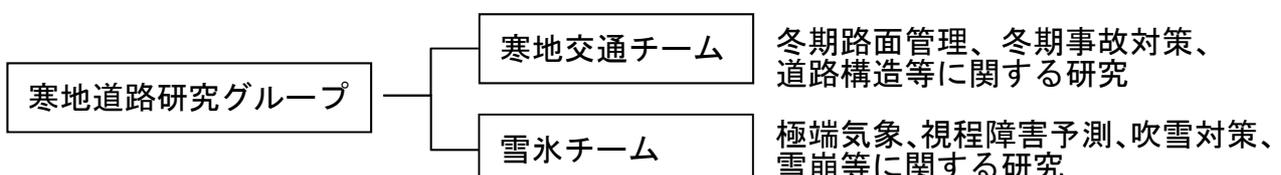
「安全で信頼性の高い冬期道路交通サービスの確保に関する研究」では、費用対効果評価に基づく合理的な冬期路面管理水準設定技術の開発、冬期路面管理のICT活用による省力化技術の開発、リスクマネジメントによる効果的・効率的な冬期交通事故対策技術の開発に取り組んでいる。

また、「極端気象がもたらす雪氷災害の被害軽減のための技術開発」では、大雪や暴風雪など極端気象がもたらす雪氷災害の実態解明とリスク評価技術の開発、広域に適用できる道路の視程障害予測技術の開発、吹雪対策施設及び除雪車の性能向上技術の開発に取り組んでいる。

沿革

寒地道路研究グループは、当研究所の平成13年4月の独立行政法人化以前、北海道開発局開発土木研究所道路部と称し、交通研究室、防災雪氷研究室及び維持管理研究室の3研究室で構成されていた。独法化後、(独)北海道開発土木研究所道路部と称し、同じく交通研究室、防災雪氷研究室及び維持管理研究室で構成されていた。平成18年4月に(独)土木研究所と統合された後は、(独)土木研究所寒地土木研究所寒地道路研究グループと称し、それまでの3研究室が寒地交通チーム、雪氷チーム及び寒地道路保全チームと名称変更し引き続き所属した。平成24年4月に寒地土木研究所の組織再編により寒地保全技術研究グループが新たに設置された際、寒地道路保全チームが寒地保全技術研究グループの所属となったため、現在寒地道路研究グループは寒地交通チームと雪氷チームで構成されている。

寒地道路グループのチーム構成と研究課題



寒地交通チーム

はじめに

寒地交通チームは、北海道開発局開発土木研究所の交通研究室であったが、平成13年4月の独立行政法人化、平成18年4月の独法土木研究所との統合、平成27年4月の国立研究開発法人化を経て現在の名称となり今日に至っている。

積雪寒冷地特有の気象条件や地方部の道路構造に起因する道路交通の課題として、冬期の道路交通機能の低下、片側1車線道路で多発する正面衝突事故などが挙げられるが、寒地交通チームでは、これらの課題解決に資するため、従来から主な研究フィールドである北海道での冬期道路管理、交通安全対策、適切な道路構造などの研究開発に取り組んできた。それらの研究成果や技術の蓄積の下、現在は、冬期路面管理水準の判断支援技術や凍結路面对策の省力化技術などの冬期道路管理に関する研究、冬期交通事故リスクマネジメント手法の開発などの交通事故対策に関する研究などを行っている。

以下、当チームの研究内容の変遷(独法化以後)について簡単に紹介する。

研究概要

1. (独)北海道開発土木研究所 第1期中期計画(H13~H17)

北海道の開発の推進に資する土木技術の向上を目指して、第1期中期計画に掲げられた『北国の発展に貢献する新技術に関する研究』、『社会基盤を充実し持続するための建設・維持管理に関する研究』、『人々の安全を守るための防災に関する研究』などの研究目標を達成するために、寒地交通チーム(当時の交通研究室)は、以下のテーマの研究に取り組んだ。

(1)北国の発展に貢献する新技術に関する研究

冬期気象による積雪、路面凍結などの発生が、北海道の開発・発展の大きな阻害要因の一つであることから、その対策として寒地土木技術の研究開発の推進が求められた。そのため、安全・快適な冬期道路交通確保に関する研究として、効果的・効率的な冬期道路管理を目指し、除雪・凍結防止剤散布、路面の粗面化等の冬期路面管理に関する研究を行った。

(2)社会基盤を充実し持続するための建設・維持管理に関する研究

社会基盤整備における投資の効率化が求められ、品質の高い社会資本整備を低コストで実現することが課題であった。ライフサイクルコストの低減など長期的な視点に立った社会基盤施設の整備・維持管理手法を開発する必要があったため、具体的には、以下の研究を実施した。

①積雪寒冷地における高水準な道路構造に関する研究

費用便益を踏まえながら、長期的視点に立ち北海道の地域特性に応じた高規格幹線道路などの望ましい道路構造に関する研究を行った。

②北海道における効果的・効率的な道路整備の評価に関する研究

広域分散型社会である北海道において効果的かつ効率的な道路整備を推進するため、積雪寒冷な気候条件、長大な都市間距離、活火山等の自然災害要因など北海道の地域特性を踏まえた道路事業の評価に資する研究を行った。

(3)人々の安全を守るための防災に関する研究

北海道では、都道府県別の交通事故死者数が長年ワースト1位を占め、事故対策の研

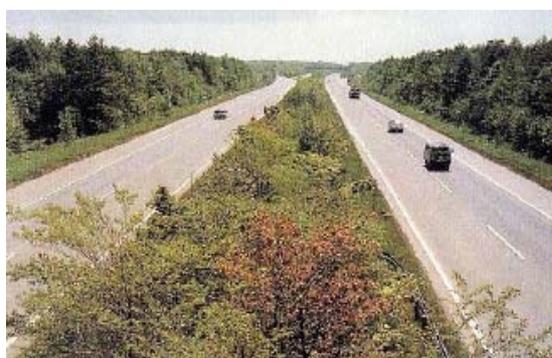


写真-1 地域特性に応じた道路構造の例

究開発が大きな課題であった。このため、事故の発生原因を解明するとともに、冬期の事故防止技術など総合的な交通事故対策技術を開発する必要があり、以下の研究を実施した。

①近未来社会における人間社会に優しい道路技術に関する研究

道路におけるユニバーサル・デザイン、IT 技術を利用した交通事故分析システム、環境影響最小化手法など人間社会に優しい道路技術に関する研究を行った。

②重大事故特性と道路構造に関する研究

車両相互事故や車両単独事故による死亡事故の多い北海道における事故対策として、道路構造や道路付帯施設による交通安全対策に関する研究を行った。

2. (独)土木研究所寒地土木研究所 第2期中期計画(H18~H22)

本計画では、社会的要請に的確に応えるため、「安全・安心な社会の実現」、「積雪寒冷に適応した社会資本整備」などの目標に対する研究を重点的かつ集中的に実施することとされた。スパイクタイヤの使用規制以降、「つるつる路面」と呼ばれる非常に滑りやすい路面が多発し、渋滞、事故が増加していた。積雪寒冷地では、社会経済活動における自動車交通への依存度が高い地方部が多く、路面凍結への対策などが重要な課題となっていた。このため寒地交通チームは、プロジェクト研究 7.『冬期道路の安全性・効率性向上に関する研究』を実施し、主に以下の研究に取り組んだ。

(1)冬期道路管理に関する研究

路面凍結の発生を熱収支法等により予測する路面凍結予測手法、および冬期路面状態の定量的な評価手法を開発した。さらに、路面凍結予測情報、すべり抵抗モニタリング結果を発信する情報提供システムを開発した。

(2)寒地交通事故対策に関する研究

交通事故の要因分析から交通安全対策立案までを体系的に行う新交通事故分析システムを開発した。また、ランブルストリップスの整備ガイドライン(案)、除雪車安全施工ガイドなどの作成等を行った。

(3)凍結防止剤散布量の低減に関する研究

薬剤散布試験および沿道の環境影響調査を行い、薬剤選定や散布手法選定の基礎資料を整備した。また、ブラシ式除雪試験装置などを用いた滑り摩擦係数の改善効果について取りまとめた。

これらの研究で開発された技術により、冬期道路の管理コスト削減に貢献するとともに、地域特性に合致した事故対策の開発により交通事故死者数の削減に寄与することができた。



写真-2 “つるつる路面”



写真-3 ランブルストリップス

3. (独)土木研究所寒地土木研究所 第3期中期計画(H23~H27)

社会資本整備を取り巻く社会情勢が変化する中で、豊かで質の高い国民生活を支え、地域の活力を引き出すためには、道路交通が担う機能を効果的・効率的に維持・向上させる戦略的な維持管理技術の導入が重要となっていた。特に積雪寒冷地域では、冬期道路の機能維持・向上に向けて、社会資本の戦略的な維持管理技術が求められていた。

このような課題を解決するため、プロジェクト研究 16.『寒冷地域における冬期道路のパフォーマンス向上技術に関する研究』を実施した。このうち、寒地交通チームでは、冬期路面管理水準の評価と判断支援対策技術の開発、冬期交通事故対策技術の開発などに取り組んだ。

(1) 冬期路面管理水準の判断支援技術に関する研究

冬期道路交通の安全性と円滑性向上のためには、路面に関する客観的・定量的なデータの収集・分析が必要である。そのため、路面のすべり抵抗値を連続的に測定できる試験車を用いた冬期路面状態の診断技術や、凍結防止剤散布による効果を評価する技術など、道路管理者の判断支援に資する技術開発に取り組んだ。

(2) 郊外部における車線逸脱防止対策技術に関する研究

北海道などの郊外部では、中央分離帯のない 2 車線道路が一般的であり、正面衝突事故が多発していた。寒地交通チームが開発したランブルストリップスは、正面衝突事故死者数の削減に大きな効果を挙げていたが、凍結路面や急勾配区間では十分な事故抑止効果が得られていなかった。そのため、正面衝突事故のさらなる対策として緩衝型ワイヤロープ式防護柵を開発した。



写真-4 ワイヤロープ式防護柵

(3) 積雪寒冷地における新たな交差構造に関する研究

全国の交通事故の約 6 割が交差点で発生し、北海道でも無信号交差点における出会い頭事故を含め交差点事故が死者数の約 1/3 を占めるなど、安全対策が求められていた。諸外国で事故抑制に効果を挙げているラウンドアバウトが我が国でも導入が開始されたが、我が国のような多雪地での導入事例は少ないため、積雪寒冷地でのラウンドアバウトの性能検証と管理上の課題について研究を実施し、整備ガイドラインを作成した。



写真-5 ラウンドアバウト

4. (国研) 土木研究所寒地土木研究所 第 4 期中長期計画 (H28~H33)

人口減少、高齢化、大規模災害、財源不足、等が全国的に大きな課題となっている。そのため国土交通省では、今後の望ましい国土構造としてコンパクト+ネットワーク化を打ち出した。我が国の他地域と比較してスケールの異なる広域分散型構造を持つ積雪寒冷地では、交通ネットワーク強化による地域間連携や機能分担が必要であり、安全で信頼性の高い冬期道路交通サービスの確保は必須である。そのため、プログラム研究『安全で信頼性の高い冬期道路交通サービスの確保に関する研究』を進めており、寒地交通チームでは、費用対効果評価に基づく冬期道路管理水準の設定技術の開発、冬期道路管理作業の省力化技術の開発、事故リスクマネジメントによる冬期交通事故対策技術の開発に取り組んでいる。

(1) 費用対効果評価に基づく合理的な冬期路面管理水準設定技術の開発

冬期道路の管理水準を適切に設定するには、冬期走行環境および冬期道路管理事業の効果を定量的に評価する技術が必須となる。本研究では、客観的指標(走行速度・時間信頼性)と主観的指標(ユーザー満足度)を用いた、冬期道路管理の費用対効果を定量評価する手法を構築する。そのために、道路管理作業を考慮した冬期走行環境(路面すべり抵抗値、道路有効幅員および路面平坦性)の推定手法と、冬期走行環境下における走行速度・

時間信頼性・ユーザー満足度の評価手法の構築に取り組んでいる。また、地域特性に応じた道路幅員の再配分による除排雪作業の効率化にも取り組んでいる。

(2) 冬期路面管理の ICT 活用による省力化技術の開発

人材難とコスト縮減により、今後は冬期道路管理作業の経験がない、または経験の浅いオペレータによる作業や、運転手がオペレータを兼ねる作業形態(ワンマンオペレーション)が想定され、作業の確実性と安全性の低下が懸念される。そこで本研究では、オペレータの熟練度に左右されず、かつワンマンオペレーションでも安全で確実な凍結防止剤散布作業を可能とするための、ICT を活用した作業支援技術の構築に取り組んでいる。

(3) リスクマネジメントによる効果的・効率的な冬期交通事故対策技術の開発

近年、交通事故死者数の減少幅が縮小しており、より効果的な対策には詳細な事故要因分析に基づく対策が求められている。また、積雪寒冷地では冬期間に物損事故件数が多発しその損失も甚大であるが、実態把握と対策は不十分である。本研究では、物損事故データと民間企業や道路管理者が保有する交通ビッグデータを活用し、冬期交通事故等の要因分析を行い、冬期気象条件等を考慮した冬期交通事故リスクの評価方法の構築と、事故要因分析方法、事故リスク評価方法、事故リスク対応メニューを体系化した冬期交通事故分析リスクマネジメント手法の構築に取り組んでいる。



写真-6 冬期走行環境計測車



写真-7 凍結防止剤の散布

おわりに

以上のとおり、寒地交通チーム(旧 交通研究室)は、従来から「北海道の開発に資する土木技術の向上」の目標の下、冬期道路の交通確保や交通事故防止などの観点から様々な研究に取り組み所要の成果を挙げてきた。現在は、これまでの研究成果や技術の蓄積を生かしながら、現下の厳しい社会情勢への対応を支援するため、我が国の積雪寒冷地全般に適用可能な冬期道路管理技術や、より効果的な交通事故対策技術などの開発を進めている。今後も社会の変化や行政ニーズを踏まえながら研究を推進し、研究成果の社会への還元を通じ、良質な社会資本の効率的な整備および北海道開発の推進に貢献できるよう努めていく所存である。

雪氷チーム

はじめに

雪氷チームは、北海道開発局開発土木研究所の防災雪氷研究室であったが、平成 13 年 4 月の独立行政法人化を経て、平成 18 年 4 月に現在の名称となり今日に至っている。雪氷チームでは、吹雪や雪崩など道路雪氷災害の軽減のため、様々な研究に取り組んできている。ここでは、現在行っている研究をこれまでの経緯・背景とともに紹介し、今後の研究の方向性について記したい。

研究概要

(1) 吹雪対策に関する研究

吹雪対策に関する研究は、当チームの前身である北海道開発局土木試験所応用理化学研究室時代より、北海道開発局開発土木研究所防災雪氷研究室などを経て現在まで 50 年以上の蓄積がある。この間、行政や道路利用者のニーズ及び冬期の気象環境は、次第に変化しつつある。昭和 30~40 年は、昭和 31 年の雪寒法の制定を機に冬期除雪が全道に拡大した時期で、冬期に車両が通行できることへのニーズが最も高かった。そのため、当時の吹雪対策は吹きだまり対策が主であった。その後、高速道路が延伸されるにつれて、冬期にも高速で走行できることに対する要望が高くなった。そのような中、平成 4 年 3 月に道央自動車道千歳において猛吹雪の中で 186 台の多重衝突事故が発生し、吹雪による視程障害対策がクローズアップされた。その一方で、平成 25 年 3 月の北海道での暴風雪など、急速に発達した低気圧によってもたらされる暴風雪により車両の立ち往生がしばしば発生するなど、吹雪災害は複雑化している。

① 吹雪視程障害予測技術の開発

平成 20 年 2 月及び 4 月に、南空知、釧路・根室地方が暴風雪に襲われ、多くの車両が立ち往生し社会生活に影響を与えた。このような異常な暴風雪に対しては、ハード対策だけでは対応が難しいため、吹雪視程障害状況を予測し情報提供するなどのソフト的な対策も併せて実施することが必要である。吹雪時の視程は気象条件と関係が深い。過去には、理論モデルと野外での飛雪流量調査(図-1)を元に、一般的な気象データ(降雪、風速、気温)から吹雪時の視程を推定する手法が開発され、平成 14 年度に(社)日本雪氷学会より平田賞が授与されている。

この手法では、入力する気象データとして予測値を用いることで、視程の予測も可能となる。そこで、吹雪時の交通行動の判断を支援するために、これまでの研究成果と気象庁から配信される降水強度、風速、気温の予測値を用いて、『北の道ナビ 吹雪の視界情報<北海道版>』(図-2、URL: <http://northern-road.jp/navi/touge/fubuki.htm>)にて北海道内 221 エリアの吹雪視界の現況と、24 時間先までの予測情報を 5 段階で配信している(気象予報業務許可 183 号)。この情報は、パソコン、スマートフォン、携帯電話で閲覧可能である。平成 26 年度冬期の最大日アクセス数は 33,547 件で、多くの方々



図-1 飛雪流量調査の様子

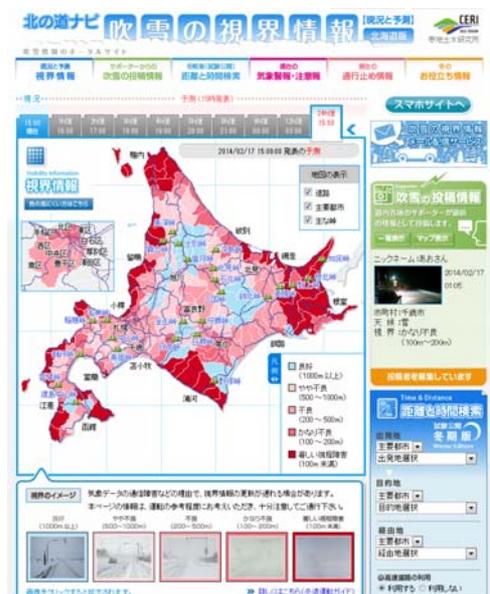


図-2 北の道ナビ 吹雪の視界情報<北海道版>

に活用頂いている。また、吹雪の発生が予想されるときに、注意喚起を行うメールを配信するサービスも行っている(URL: <http://time-n-rd.jp/fubuki/>)。これは、事前に登録された条件に応じて、視程不良の予測を自動でメール通知するものである。

現在は、視程障害予測の精度向上を図るため、野外観測データを解析して、雪面の状態を考慮した吹雪の発生条件について研究を行っている。さらに、降雪形態による視程低下メカニズムを加味した広域に適用できる道路の吹雪視程障害予測技術の開発に向けて研究に取り組んでいる。

吹雪情報を提供する媒体として活用している北海道の道路情報のポータルサイト『北の道ナビ』は、多様化する道路情報に関するニーズに応えるため、雪氷チームの前身である防災雪氷研究室時代（平成11年）に開設したものであり、平成12年度からは民間約10社と『移動中の高度情報通信社会流通情報の利用技術に関する研究』の共同研究を実施して充実が図られた。このようなドライブ観光などの情報提供に関する研究は、平成18年の北海道開発土木研究所と土木研究所との統合時に防災雪氷研究室から切り出す形で新設された地域景観ユニットが担うこととなり、雪氷チームは冬期の道路情報提供の部分を分担している。

② 吹雪危険度評価に関する研究

効率的に吹雪対策施設の整備を行うためには、路線の中で防災上のネックとなっている箇所、つまり吹雪危険度の高い箇所の特定が必要である。そこで、路線を通した吹雪視程障害の危険度を連続的に評価する技術を開発している。この研究では、視程障害移動観測車(図-3)を用いて吹雪時に移動気象観測を行い、同一区間で風向の違いにより視程の低下箇所が異なる実態の把握や吹雪の危険要因となる沿道環境条件やその影響度の定量的な解明などを行った。

視程障害移動観測車は、走行速度、GPS位置に加え、走行しながら気温、風向風速、視程、ハンドルの操舵角、ブレーキやアクセルの踏量が計測可能な試験車両で、平成7年に開発したものである。現在では、北海道内外の多くの調査コンサルタント会社でも同様な車両を所有して、吹雪調査に用いられている。

③ 極端な暴風雪等の評価技術に関する研究

近年、気象変化が激しくなり、雪氷災害が激甚化している。雪対策の長期的計画や防雪対策施設の設計に資するため、平成10年頃に、北海道を対象にして吹きだまり分布図や視程障害頻度分布図の作成を行った。これらの分布図は、吹雪対策の計画や対策施設の設計に用いられているほか、ドライバーへの啓発資料(図-4)にも活用されている。将来の雪氷環境の予測は、長期的な防雪対策計画を検討する際に参考になるものである。平成23年度から25年度にかけて、近年の雪氷環境の変化を解析し、それらを反映した吹雪量などの雪氷気候値の分布図を作成した。また、気候モデルの将来予測値を用いた雪氷気候推定技術を提案し、将来の雪氷気候値の分布図を作成した。現在は、極端な暴風雪時の危険要因



図-3 視程障害移動観測車



図-4 冬道ドライブの心構え
(北海道開発局)

https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/dou_iji/ud49g7000000vyh.html#s0。視程障害頻度分布図が用いられている。

の影響度の解明を行い、一回の暴風雪や大雪の厳しさを適切に評価する指標の提案とハザードマップの開発に向けて取り組んでいる。

④ 防雪柵に関する研究

防雪柵には、大きく分けて吹きだめ柵、吹き止め柵、吹き払い柵の3種類がある。

吹き払い柵は路側に設置され、用地確保の必要が無いため多く採用されている。

しかし、吹き払い柵は風が柵に対して斜めに入射した場合や、積雪により下部間隙が狭められた場合に防雪効果が低下することが指摘されていた。そこで、雪氷チームでは上記の課題を解決するため、凹凸の形状かつ1枚板の防雪板で構成する斜風時にも効果を持続できる新しい「路側設置型防雪柵(特許第5610251号)」(図-5)を開発し、民間への技術移転をすすめている。

さらに、防雪柵の整備区間であっても柵端部や開口部のように視程急変する箇所対策が課題として残っており、これを解消するため視程急変メカニズムの解明と条件に応じた対策技術の選定方法の提案に向けた研究に取り組んでいる。

過去に防雪柵の研究としては、高盛土道路に対応する防雪柵の開発を行ったほか(図-6)、野外観測によって、吹きだめ柵や吹き止め柵の防雪機能の解明と設計方法を検討してきた。これらの成果については、『道路吹雪対策マニュアル(平成23年改訂版)』に整理され、後述する防雪林や視線誘導施設とともに実際の吹雪対策に活用されている。なお、吹雪対策技術のマニュアル化に対して、平成16年度に(社)日本雪氷学会より技術賞が授与されている。

⑤ 防雪林に関する研究

防雪林は、昭和53年に国道12号岩見沢市岡山で整備が行われたのを始めに、国道や高速道路など、現在も多くの箇所で整備が進められている(図-7)。しかし造成地の気象や環境条件が厳しいことから、防雪林の生育が良好でない箇所が存在する問題が生じている。また、生長した防雪林では、防雪林が混み合って下枝の枯れ上がりが生じ、防雪機能を損ねる懸念が生じている。これらの課題に対処するため、これまで生育不良要因の特定と適切な防雪林の造成基盤の規格の明示を行った。現在、下枝の枯れ上がりに伴う防雪機能の変化について調査するとともに、適切な間伐時期、立木密度などの管理方法を明らかにするための研究を行っている。

(2) 雪崩対策に関する研究

① 雪崩災害の危険度評価に関する研究

近年、我が国において、冬期の気温上昇が報告されており、冬期の降水量も増加している。冬期の降雨は、積雪に降雨が浸透することによる湿雪雪崩、あるいは大量の水を含んだ雪が長距離流下するスラッシュ雪崩などによる災害の多発につながる恐れがあ



図-5 斜風対応可能な新型吹き払い柵



図-6 高盛土対応型の高機能防雪柵



図-7 防雪対策として高い効果が期待される防雪林

る。これらの湿雪雪崩の発生条件については不明な点が多いことから、新潟県妙高市にある土木研究所雪崩地すべり研究センターと共同で、斜面積雪内の水の浸透状況を考慮した積雪モデルを用いることにより冬期の温暖化に伴う降雨等による湿雪雪崩発生危険度の評価手法の提案を行った。

短時間多量降雪時には、これまで雪崩が発生しにくいと考えられていた地域や樹林帯でも発生する等の特徴が指摘されており、簡便な雪崩発生危険度指標を用いた評価手法に関する検討を行うこととしている。また、平成22年には、道路付近の雪崩現象把握のための着眼点を記載した『雪崩現象の基礎に関する技術資料（案）』をとりまとめて、実際の冬期道路管理の参考資料として活用されている。

②雪崩対策施設の設計に関する研究

北海道では平成10年頃から、多量降雪時に斜面の新積雪が雪崩予防柵の支持面の梁材の間をすり抜ける雪崩が発生し、問題となっていた。その対策としてエキスパンドメタルなどのネット類を施工する方法について現地試験を行い、適切な仕様と設置方法を検討した（図-8）。その成果は、平成22年に『北海道の地域特性を考慮した雪崩対策の技術資料（案）』としてまとめられ、ホームページ上で公開されている。



図-8 雪崩対策施設の現地試験の様子

また、雪崩予防柵（吊り柵）に関して、現在はスイス示方書に基づく設計が行われている。

北海道と本州では雪崩予防柵の設計方法に相違点がある。例えば、柵の設計に用いるグライド係数は、本州では柵の倒壊を機に、平成5年にスイス示方書の約1.5倍に割増しされた。一方、北海道では、雪氷チームの前身である防災雪氷研究室が現地計測（昭和63年～平成6年）により安全性を検証し、現在でもスイス示方書の値を用いている。近年の冬期温暖化により雪質や柵にかかる雪圧について再調査を行った結果、現時点では設計値を見直す必要は無いと判断された。

さらに、積雪期に雪崩予防柵上部に発生する巻きだれについては安定度評価手法がないことから、巻きだれ形成条件の解明や、安定度評価手法を提案すべく取り組んでいる。

（3）着氷雪対策に関する研究

冬期間において道路案内標識に着雪や冠雪が発生し成長する事例が見られる。落雪により通行車両等に被害を及ぼす危険性があるほか、事前の落雪処理にも高所作業車が必要となるなど、作業手間やコストがかかっている。道路案内標識の背面全面にカバーを付けるなどの既往の着氷対策があるが規模が大きくなり高価である。そこで、道路施設からの落氷雪について、道路施設の形状や勾配等の基本構造と着氷雪時の気象条件等との関係の調査を行い、さらに落氷雪による衝撃力の調査を行うことにより、構造物の着氷雪量と落氷雪による被害発生の危険度評価手法の検討を行った。現在は、レーザー表面加工による撥水特性を利用した着氷雪防止の基礎技術開発や、遠隔レーザー融氷雪による着氷雪処理の基礎技術開発に取り組んでいる。

（4）今後の研究の方向性

冒頭でも述べたが、近年、冬期の気象状況が大きく変わってきている。雪氷災害の発生地域や発生形態、災害規模は変化しており、多発化・複雑化がみられる。平成18年豪雪では152名、平成22年度冬期以降5冬期続けて80名以上の方が雪害で亡くなっている。その一方で、道路事業の予算は年々厳しくなっている。雪氷チームでは、このような背景のもと、持続可能な冬期道路サービスの提供を支援するために、研究を進めていく考えである。

寒地農業基盤研究グループ

研究の背景

北海道農業は、厳しい農業環境の下、新しい営農技術の導入や積極的な農地開発、農業水利施設などの整備により大きく発展し、現在では、我が国の食料供給基地として重要な位置を占め、地域条件に適合した農業を展開している。

北海道農業がこれからも持続的に発展していくためには、より一層の品質確保や低コスト生産とともに、地域の特色ある戦略作物の導入などの取り組みが必要である。そのためには、生産性の高い農地の保全、効率的な作業体系の確立のための生産基盤整備が重要である。農業の後継者不足、気候温暖化、自然環境の保全にも対応しながら、生産基盤整備に係わる課題に対しての研究・技術開発が求められている。



写真－1 大規模な水田地帯

研究の概要と方向性

これまで、土壌改善や農地保全、水利施設の凍害対策などの研究・技術開発を行い、厳しい農業環境下の農業生産を支える生産基盤の整備に大きな役割を果たしてきたところである。

近年は、農地や用排水施設の機能を維持・向上させる事業、圃場の大区画化や基盤整備による生産性向上と併せて自然環境保全を図る事業が重点的に行われるようになってきている。

このため、事業主体と連携して、泥炭地などの機能回復を図るための農地整備技術、用水路における凍害劣化の診断技術や補修工法、畑地における土壌水分の予測技術、家畜糞尿などのバイオマス資源の有効利用、環境保全に関する研究、地域資源を活用した土壌改善技術などの研究・技術開発を行った。

第3期中期計画期間におけるプロジェクト研究において、農業用水の有効活用の分野では、将来の温暖化により農業用水資源として重要な積雪水量が減少傾向となることを予測するとともにその対策を提案した。また、大区画水田における地下灌漑時の水の動きと移植栽培・直播栽培の用水量の解明や、地下灌漑での出穂期地下水位の上昇・下降の繰り返しによる白米の低タンパク化の研究を進めた。これらの成果は、今後の農業用水の計画・管理に寄与する成果である。農業水利施設のストックマネジメントの分野では、コンクリート製農業用水路の凍害劣化の診断技術の提案や凍害を受けた用水路に適用できる更生工法の開発、明渠排水路の機能診断手法の開発を行った。これらの成果は、灌漑排水施設の維持管理に貢献するものである。さらに、農村地域の環境保全に関連する分野では、大規模畑作地帯における流出土砂量の評価や抑制技術の提案を行った。また、バイオマス資源の有効利用では、乳牛糞尿主体の廃棄物系改質バイオマスについて圃場に施用される有機物量を簡易に推定する手法を開発するとともに、嫌気性発酵消化液が高い土壌生産性改善能力を有していることを確認した。

今後も、事業実施主体等と連携を取りながら生産基盤整備の課題に対応し、農地の生産性向上のための土壌物理性の改善や地下灌漑を伴う用排水管理技術、安定的な生産を確保するための用排水施設の維持管理技術、地域資源を有効活用し環境を保全するための技術、土壌流亡等から農地を保全するための技術、大規模酪農地帯の水質対策工の計画技術及び水利施設の減災技術などの技術開発や研究を進める方針である。



写真－2 大規模畑地帯における灌漑

グループの構成と変遷

主要な農業農村整備事業が、土地や水の資源を開発する整備から、資源の持つ機能を維持・向上させるための整備の展開へと移行し、技術開発や研究の主体もそれに対応することから、平成18年の統合を機に、「農業開発部」は「寒地農業基盤研究グループ」へと名称を変更した。

また、土地資源の高度利用化や地域資源の有効活用などに取り組むために、「土壤保全研究室」は「資源保全チーム」へと、そして、施設のストックマネジメントや水利システムの減災技術、水資源の管理技術などの開発のために、「農業土木研究室」は「水利基盤チーム」へと、それぞれ名称を変更した。「地質研究室」は「防災地質チーム」として研究所の共通的な課題を扱う「寒地基礎技術研究グループ」に編入された。



資源保全チーム

はじめに

資源保全チームは、北海道開発局開発土木研究所の土壤保全研究室であったが、平成13年4月の独立行政法人化を経て、平成18年4月に現在の名称となり今日に至っている。

創設から昭和50年代までの主要な取組には、土壤侵食のメカニズムの解明や対策工の提案、農用地の造成における肥沃な表土の持ち去りを抑制する工法の開発等がある。

昭和60年代以降は、土壤の水はけや水持ちに関与する土壤水分孔隙量のデータ集積、各孔隙量の全道分布図の作成、農地に客土材として投入された場合に強酸性化し、作物に甚大な被害を与える酸性硫酸塩土壤の分布図の作成、暗渠排水機能の長期維持に関する研究、酸性硫酸塩土壤の露出した切土法面の緑化工法に関する研究、農業用ダム堆砂土の客土利用に関する研究、泥炭農地の保全に関する研究、大規模傾斜草地からの環境負荷物質流出抑制技術に関する研究、積雪寒冷地での大規模集中型バイオガスプラントシステムに関する研究、肥培灌漑による生産環境改善効果の解明等を行ってきた。

平成23年度からの第3期中期計画期間では、廃棄物系改質バイオマスの農地等への施用による土壤の生産性改善技術に関する研究、地下灌漑を伴う泥炭水田輪作圃場における土壤養分制御技術に関する研究、積雪寒冷地における疎水材型暗渠工の機能と耐久性に関する研究、泥炭農地の長期沈下の機構解明と抑制技術に関する研究、腐植性土壤流域からの水産業有用物質の供給機構に関する研究、大規模酪農地帯の牧草地における有機性肥料由来炭素の土壤貯留機構に関する研究、石礫処理工法による土壤改良の評価に関する研究を行った。

第4期中長期計画期間（H28～H33）では、第3期中期計画期間の研究の流れを受けて、好気性発酵での効率的な糞尿調整技術、大規模汎用化水田圃場全体を速やかに均一な土壤水分状態に保つ地下水位制御技術、地下水位制御による泥炭農地の沈下抑制技術の開発を進めている。また、施工上も営農上も問題となる酸性硫酸塩土壤について、各地にその分布が認められるが、施工現場での速やかな判定が難しいため、簡易判定法の開発を進めている。さらに、近年、大区画圃場の整備が各地で行われるようになってきているが、北海道の積雪寒冷な気候で泥炭、重粘土といった土壤では整備にあたって繰り返し等の課題も多いため、新たにそれらに対応できる土工技術の開発も行っている。

研究概要

(1) 暗渠排水機能の長期維持に関する研究

昭和50年代以前に施工された暗渠は、暗渠管を敷設するために深さ90cm程度の溝を掘り、暗渠管の敷設後、溝掘り時の掘削土をそのまま埋め戻すものが殆どであった。これらの従来型暗渠は比較的早期から機能不良となるものが多かった。そこで、機能不良要因を調査した結果、掘削土埋め戻し部上部が営農機械による圧縮を受けるとともに、同下部は還元状態の発達による土壌団粒の破壊が生じ、埋め戻し上部、下部ともに水みちが消滅し、排水不良を起こしていることを明らかにした。その対策として、掘削土の代わりに透水性に富み、圧縮や湛水条件化で破壊され難い疎水材を掘削溝に投入する疎水材型暗渠の施工を提案し、ホタテ貝殻を疎水材に用いる暗渠(写真-1)を開発した。本成果は北海道農業試験会議の指導参考事項と評価され、全道の農業改良普及センターに情報提供された。



写真-1 ホタテ貝殻暗渠

(2) 酸性硫酸塩土壌の露出した切土法面における緑化工法

海成堆積岩や変朽安山岩を切土処理した場合、酸性硫酸塩土壌が露出する場合がある。一般に、酸性硫酸塩土壌は露出当初のpHは中性の場合が多いが、空気に触れると硫黄酸化細菌が繁殖して、酸性硫酸塩土壌に含まれる硫化鉄(FeS)



図-1 中和工法断面模式図

や黄鉄鉱(FeS₂)が酸化され、硫酸に変化し、強酸性となるため、酸性硫酸塩土壌に慣行的な緑化工法を行うと植生の枯死を招くこととなる。その対策として、中和工法(図-1)を開発した。同工法では、供試土中の硫化鉄や黄鉄鉱を過酸化水素水で完全に酸化させ、全て硫酸にした供試土を作成し、この供試土で石灰中和量を求めるため、酸性硫酸塩土壌層も十分な石灰により中和されるため、植生は厚層基材種子吹付層だけでなく、より深層の酸性硫酸塩土壌層にも根を伸ばして水分吸収を行い、正常に生育する。本成果は北海道農業試験会議の指導参考事項と評価され、全道の農業改良普及センターに情報提供された。現在は、施工現場で速やかに酸性硫酸塩土壌を判定できるよう簡易判定法の開発を進めている。

（３）農業用ダム堆砂土の客土利用に関する研究

農業用ダムに堆砂土が堆積するとダム容量の減少を招き、貯水効率が低下する。一方、水田農家では肥沃な土の客土ニーズがある。そこで、北海道各地の農業用ダムの堆砂土と地山土を採取し、両者の土壌理化学性を比較し、客土としての適性を評価した。堆砂土は、客土材として用いられることの多い地山土に比べ、肥沃で、農耕地土壌としての適性がより高く、地山土よりは堆砂土の方が客土材として優れていると評価できた。中～細粒質の堆砂土は肥沃度が高く、客土材としての適性が優れていた。粗粒質の堆砂土はこれらよりやや肥沃度が低かった。堆砂土は、土性が細粒質ないし粗粒質の極端なものが多く、作土の土性を勘案して、客土量等を決定することが重要と判断された。また、堆砂土では窒素が不足する場合や微量元素の含有量が適正でない場合もあるので、被客土農耕地作土の化学性分析を基に客土量や肥料投入量の決定を行う必要がある。本成果は北海道農業試験会議成績会議において指導参考事項と評価され、全道の農業改良普及センターに情報提供された。

（４）泥炭農地の保全に関する研究

北海道では泥炭土が広く分布する。泥炭土の一部は農地化され、大規模な排水や客土等が実施されたが、排水に伴い地盤沈下が生じ、営農に支障をきたす地域もある。泥炭農地での地盤沈下は排水に伴う脱水収縮や圧縮だけでなく、泥炭自体の分解によるものである。このため、泥炭農地での地盤沈下を抑制するには、乾燥収縮、圧縮への対策だけでなく、泥炭自体の分解も抑制することが必要となる。そこで、これらを抑制するため、圃場に附帯する明渠を堰上げし、圃場の地下水位を上昇させる試験区を設け、地下水位、地盤標高、有機物の分解及び温室効果ガスの発生量を調査した。調査の結果、附帯明渠の堰上げを行った試験区は、堰上げを行っていない試験区に比べて、地盤沈下や有機物の分解が遅れることを明らかにした。また、堰上げ区の牧草収量と非堰上げ区の牧草収量は同程度であることを明らかにした。温室効果ガスの発生も堰上げ区で、非堰上げ区より抑制された。

（５）大規模傾斜草地からの環境負荷物質流出抑制技術に関する研究

土壌が堅密化した傾斜草地では、降雨時に表面流出が発生し水質負荷が生じる恐れがある。そのため、酪農地帯における河川等に対する水質負荷を抑制するためには、草地表面から排水路へ流出する負荷物質を低減させる必要がある。糞尿スラリー散布に伴う圃場面からの肥料成分流出を抑制する対策として、散布した糞尿スラリーを速やかに土壌に浸入させることが考えられるため、浸入能が小さい傾斜草地において、糞尿スラリーを表面散布する試験区と切り込みを入れた後に糞尿スラリーを表面散布する試験区を設け、人工的に散水する現地試験を実施した。その結果、草地表面に切り込みを入れることで、降雨を速やかに土中に浸入させ、排水路への水質負荷物質の直接

流入を抑制できることを明らかにした。

（６）積雪寒冷地での大規模集中型バイオガスプラントシステムに関する研究

大規模集中型バイオガスプラントは、ドイツやデンマーク等で普及しているが、北海道はこれらの国より冬期の気温が低い
ため、特別研究「積雪寒冷地における環境・資源循環プロジェクト研究」を立ち上げ、北海道のような積雪寒冷地においても、大規模集中型バイオガスプラントの運用が可能かどうか検証し、技術的にも経済的にも可能であることを実証した。資



写真－２ 別海町の大規模集中型バイオガスプラント

源保全チームは、水利基盤チーム、北海道農業研究センター、北海道立根釧農業試験場、北海道立北見農業試験場の協力を受け、別海町に建設された大規模集中型バイオガスプラント（写真－２）のエネルギー収支からみた自立的運転条件及び乳牛糞尿を主原料とするバイオガスプラント消化液の特性と草地・畑地への施用法を提示し、北海道農業試験会議成績会議において普及推進事項と評価された。また、大規模集中型バイオガスプラントにおけるメタンガスの効率的な産出方法を確立し、同会議において、指導参考事項として評価を受けた。さらに、経営評価として、経済性のシミュレーションによって、成牛換算 1,000 頭規模の共同型バイオガスプラントでは、受け入れ糞尿を全てスラリーとし、固形糞尿の受け入れを停止することにより、収支均衡が図られることを明らかにし、同会議において、行政参考事項の評価を受けた。これらの成果は同会議により全道の農業改良普及センターに情報発信された。

また、乳牛糞尿を主原料とし、これ以外の地域バイオマス（廃乳製品、乳業工場汚泥、合併浄化槽汚泥、水産加工残滓等）を副原料として効率的に共発酵する技術を開発し、バイオガスとともに生成するメタン発酵消化液の性状と液肥としての肥効、圃場施用法を明らかにした。

（７）肥培灌漑による生産環境改善効果の解明

道東、道北を中心にした大規模酪農地帯では、灌漑水と乳牛糞尿を混合し、曝気処理を行って腐熟させた曝気スラリーを草地等に散布する肥培灌漑事業（写真－３）が実施されてきたが、事業終了後長期経過後に現れるであろう、土壌の生産性改善効果が、事業の性質上、モニタリングされていなかった。そこで、長期供用後の土壌生産性改善効果を曝気スラリー散布年数の異なる圃場で調査した。その結果、曝気スラリー散布後 5～6 年で散布効果が現れ、土壌の保肥力、保水性、排水性が増大することを明らかにした。また、20 年以上の長期間にわたり、高水準の牧草収量を維持することを明らかにした。



写真－３ 地下埋設型の曝気槽

（８）廃棄物系改質バイオマスの農地等への施用による土壌の生産性改善技術に関する研究

道東、道北を中心にした大規模酪農地帯では、冷涼な気候に適した草地型酪農が営まれている。乳牛が排泄した糞尿は、適切に処理した後、有機質肥料（廃棄物系改質バイオマス）として牧草地に散布されている。これは農家の土づくりとしては定着しているものの、これの長期間施用による土壌構造の改善効果を評価した事例は少なかった。そこで、乳牛糞尿を主体とする廃棄物系改質バイオマスについて、それぞれの有機物組成や圃場の土壌理化学性等を分析し、乾物率、電気伝導度、水素イオン濃度から圃場に施用される有機物量を簡易に推定する手法を開発した。また、とりわけ、嫌気発酵消化液が高い土壌生産性改善能力を有していることを確認した。消化液は、難分解性有機物の含有量が高く、微生物、糸状菌菌糸等も多くなり、土壌団粒化が促進されるためであった。

乳牛糞尿主体の廃棄物系改質バイオマスが、この様に土壌団粒化を促進し土壌生産性を改善する能力に優れていることを受けて、現在は好気性発酵での効率的な糞尿調整技術の開発を進めている。

（９）地下灌漑を伴う泥炭水田輪作圃場における土壌養分制御技術に関する研究

地下灌漑で地下水位を制御できる機能を用いて、土壌中の水分や作物栄養成分を制御することは、作物の品質向上、収量の高位安定へ効果があると考えられるが、この様な地下水位制御における土壌水分や土壌養分の変動につ

いては究明されていなかった。そこで、泥炭土壌の大区画水田輪作圃場において、水稻の出穂期に地下灌漑で地下水位の上昇、下降を繰り返して、土壌水分や土壌養分の動態を解析した。その結果、地下水位の上昇、下降の繰り返しにより、土壌中の無機態窒素量は低減する傾向になり、白米のタンパク率の低下にも効果があったと示唆された。

この様に地下灌漑が水稻の品質向上等に効果があることを受けて、また、転作作物の品質向上等をも目指して、現在は、大規模汎用化水田圃場において、地下水位や土壌水分に給排水ムラが生じず圃場全体を速やかに均一な状態に保つ地下水位制御技術の開発を進めている。

（１０）積雪寒冷地における疎水材型暗渠工の機能と耐久性に関する研究

暗渠工は、暗渠管の周囲を、過去の現地発生土で埋め戻す方式から、疎水材で埋め戻す方式に切り替わったが、普及してからの年数が短いため、各種疎水材の長期供用後の特性や耐久性、機能保全に関する調査報告が少なかった。そこで、疎水材型暗渠の機能発現の実態の解明と、疎水材の耐久性の究明を行った。火山礫を疎水材に用いた暗渠を、施工から7～11年経過後に調査した結果、圃場は整備目標の地下水位が保たれ、暗渠の疎水材の透水係数も設計値を満たしていることを確認した。それ以外の疎水材についても、降水後の排水性は良好であることを検証し、また、凍結融解、乾燥湿潤、酸性水浸漬といった積雪寒冷地や泥炭土壌で想定される過酷な条件下でも劣化はほとんど生じないことを確認し、以上から各種疎水材が十分な耐久性を有することを明らかにした。

（１１）泥炭農地の長期沈下の機構解明と抑制技術に関する研究

泥炭地の農地では排水が不可欠であるが、排水することにより地下水位が低下し、それに伴い地盤が沈下し、過湿被害を受けやすくなる。そこで、地盤沈下を抑制する手法を見出すために、泥炭地の農地における長期の地盤沈下の機構の解明を行った。その結果、泥炭はpF2.2より乾燥したときに沈下が発生し、再び湿潤になっても元の高さには回復しないこと、地下水位が80cm程度あればその様な乾燥状態に陥りにくいこと、地下水位が50cmより浅いときには圧密沈下が発生しにくいことを確認した。これらのことから、泥炭農地の地盤沈下を抑制する手法として、地下水位を50cm程度に維持することを推奨した。

この様に地下水位の維持が泥炭農地の地盤沈下抑制に有効であることを受けて、現在は、地下水位制御による沈下抑制に関する技術の開発を進めている。

（１２）腐植性土壌流域からの水産業有用物質の供給機構に関する研究

北海道沿岸では、日本海側を中心に磯焼けの発生がみられる。磯焼けの対策の一つとして、昆布や植物プランクトンの生長に貢献するフルボ酸鉄の供

給がある。フルボ酸鉄は腐植物質と鉄の錯体であるが、腐食物質を供給する腐植性土壌は、森林のほか、湿地や農地でも形成されることから、農地等からも河川を通して河口や沿岸域にフルボ酸鉄が供給されると推測された。そこで、陸域での土地利用や土壌の分布の違いによる、フルボ酸鉄等の流出への影響を、河川水質を分析することにより明らかにした。その結果、流域内に農地を多く含む河川、泥炭土壌が分布する河川の河口（磯焼けが見られない）では、そうでない河川の河口（磯焼けが見られる）に比べ、含まれるフルボ酸鉄量は大きく、その差はとりわけ平水時において大きかった。前者の河川では、流量の少ない平水時においても、含まれるフルボ酸鉄量は安定していた。

（13）大規模酪農地帯の牧草地における有機性肥料由来炭素の土壌貯留機構に関する研究

北海道の酪農地帯では、乳牛の糞尿をスラリーに処理してから牧草地に散布するようになってきている。その一つの方法としてバイオガスプラントによるメタン発酵処理がある。処理した後のスラリーは、メタン発酵消化液と呼ばれる。この消化液を牧草地に散布することにより、土壌に貯留される炭素量が増大し、土壌の団粒形成が進むと考えられるが、草地土壌で検証した事例は少ない。そこで、この検証を行った。その結果、化学肥料では土壌表層への炭素の集積は確認されなかったのに対して、消化液では散布を始めて5年程度経過した後から集積が確認されるようになった。消化液由来の炭素の貯留率は、投入量に対して23%であった。1mmを超えるマクロ団粒が増加して、その団粒内では易分解性有機物量、難分解性有機物量ともに増加した。また、牧草根重も増加していることから、消化液は、マクロ団粒の形成促進だけでなく、マクロ団粒の長期的維持にも効果があると推察された。

（14）石礫処理工法による土壌改良の評価に関する研究

農地では、作土層に石礫が多いときには、農作業機械の損傷、農作業効率の低下、作物の品質低下が生じる。その石礫を処理する工法として、近年は、従来から用いられている石礫除去のほかに、石礫破碎も行われるようになってきている。しかし、それぞれの処理に伴う土壌物理性の変化は明らかになっていなかった。そこで、その土壌物理性の変化を評価し、その変化に伴う施工適用条件を検討した。その結果、両工法とも、粒径3cmを超える石礫は、施工前は10%以上あったものが、施工後は1~2%にとどまっていた。施工および施工後の耕作を通して、土壌硬度



写真-4 ストーンクラッシャ

や固相率からは土壤が締め固められたような兆候は見受けられず、飽和透水係数もほぼ良好に推移しており、微細に破碎された礫による排水不良といった土壤物理性への経年的な悪影響は認められなかった。なお、石礫破碎においては、破碎可能な圧縮強度の 30MPa 以下であっても破碎されていない石礫が施工直後に確認されており、より確実な破碎のためには、圃場ごとに石礫の圧縮強度を確認し、破碎に用いるストーンクラッシャ（写真－4）の前進速度を求めることが重要であることが明らかになった。

水利基盤チーム

はじめに

水利基盤チームの前身は、北海道開発局開発土木研究所の農業土木研究室である。平成13年4月の独立行政法人化を経て、平成18年4月に現在の名称となり今日に至っている。

昭和34年6月に特殊土壌開発研究室として創設されてから昭和50年代までの主要な取り組みには、農業用フィルダムの築堤材料に関する調査・試験、コンクリート製用水路や農道の凍上対策に関する研究などがある。例えば、用水路側壁背面土の置換工法や農道の構造設計方法の研究成果は、北海道開発局の「積雪寒冷地における用水路の設計技術基準(案)」(昭和54年)などに反映され、建設技術の向上に大きく寄与した。昭和60年代以降には、フィルダムへの軟質岩の利用、農業用ダムの管理、コンクリート製開水路の維持管理、管水路の建設・維持管理、農業用水の需要特性と送配水管理、酪農地帯における家畜ふん尿の循環利用と水質保全などに研究を展開してきた。

さらに、最近の10年間では、鉄筋コンクリート製の農業水利施設の凍害劣化の診断・補修技術、鋼矢板排水路の劣化メカニズム、泥炭性軟弱地盤等におけるパイプラインの機能診断、気候変動が将来の農業用水資源に与える影響、地下灌漑が可能な大区画圃場における水管理や用水量、大規模畑作地帯における土砂流出対策、酪農地帯における水質保全、農業水利施設を活用した小水力発電などに関する研究を進めている。

研究概要

(1) 農業用ダムの管理に関する研究

農業用ダムの建設数の減少に伴い、研究ニーズも建設に関わるものから管理に関する内容に移ってきた。

農業用のダムや調整池では、アスファルトやゴムシートを遮水壁として利用しているものがある。厳しい気象環境下でもそれらの材料が所要の耐久性を有していることの検証が求められる。水利基盤チームでは、北海道開発局農業水産部と連携して、供用開始後約10年を経過したAダムのアスファルト表面遮水壁から採取した試料を試験し、材料性状の変化が小さく、遮水壁として十分な耐久性を期待できることを示した。また、ゴムシートについても、貯水池水面の氷盤との接触による損傷が生じないこと、継ぎ目の接着力が冬期で維持されることなどを明らかにした。

農業用ダムを長期にわたり効率的に管理するためには、貯水池内の堆積土の有効利用が必要である。そのため、資源保全チーム及び防災地質チームとともに道央・道南の貯水池において土砂の堆積量や物理的・化学的性質を調査し、それらが農地の客土として利用可能であることを提案した。この成果「北海道の農業用ダムにおける堆砂土の特徴」は、北海道農業試験会議において指導参考事項に認定され、農業関係者に発信された。

農業用ダムの管理に関するその他の研究としては、成分分離AR法を適用した融雪期のフィルダム漏水量管理技術の開発などがある。

現在は農業用ダムを扱う研究は実施していないが、北海道開発局からの依頼に対応して技術的な指導・助言を行っている。

(2) コンクリート製開水路の凍害劣化の診断技術や補修技術に関する研究

農業水利施設の適切な保全・更新は、農業生産を支える不可欠な条件である。これに対して、現在、北海道内の農業水利施設は徐々に老朽化が進んでいる。たとえば、北海道内で受益面積100ha以上の農業水利施設の資産価値をあわせると、平成26年3月時点で約3.1兆円にのぼる。このうち、すでに標準耐用年数を超過した施設と今後10年で標準耐用年数を超過する施設をあわせると0.89兆円(全体の29%)に相当する。こ

のような背景から、水利基盤チームでは、水利施設の維持管理分野の研究を行ってきた。

コンクリート製開水路の補修工法の研究は、平成 11 年度に着手し現在も継続している。初期には、室内実験で、ポリウレタンや発泡廃ガラス等を表面被覆材として用いた場合の凍結融解抵抗性の検証を進めた。また、平成 18 年度には、上川地域北部のフリーム水路において、民間企業との共同研究によって樹脂系・セメント系・パネル系の 3 種の補修工法の試験施工を行い、成果の一部は工法として北海道内外に普及している。また、平成 17 年度からは各種の表面補修材の耐久性手法の開発に着手し、平成 23 年度には凍結融解に対する耐久性評価の試験方法を提案し、さらにこの方法を用いて各種の表面被覆工法の耐久性を評価した。

積雪寒冷地におけるコンクリート製開水路（写真－1）の維持管理では、凍害劣化の状況を適切に診断することが重要である。開水路はコンクリートの部材厚が薄いことから、凍害劣化の深さの違いが、劣化部の対策が補修で十分なのか、あるいは改築が必要なのかの判断を左右する。それゆえ、凍害劣化深さを精度良く診断する技術が必要とされている。このような背景から、平成 18 年度から現場における凍害劣化状況の調査に着手し、さらに平成 23 年度からは超音波法（表面走査法）、機械インピーダンス法、衝撃弾性波法などを活用した、側壁内部の凍害劣化診断技術の研究を実施した。

コンクリート製開水路の補修工法・更生工法に関する研究にも、近年、精力的に取り組んでいる。たとえば、平成 25～27 年度には、農林水産省の官民連携新技術研究開発事業を活用し、民間企業や大学と共同で、寒冷地におけるコンクリート開水路の将来的なモニタリングが可能な更生工法を開発した。

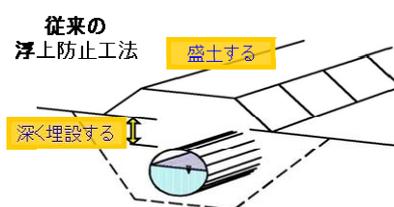
平成 28 年度から始まった第 4 期中長期計画期間においては、凍害劣化を受けて補修されたコンクリート開水路のモニタリング技術の研究等を進めている。

（3）管水路の建設・維持管理に関する研究

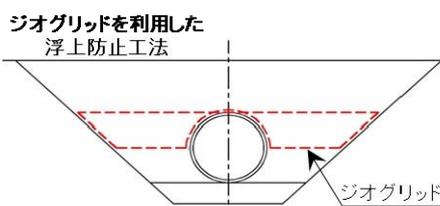
北海道内における管水路の建設は、畑地灌漑施設の整備として昭和 40 年代に始まり、その後畑地灌漑施設の建設進捗や水田灌漑施設の管水路化などによって進んできた。管水路の建設技術の課題のうち北海道特有のものとしては、火山灰土や泥炭の埋め戻し材としての利用方法や泥炭性軟弱地盤における管体の沈下・浮上対策があった。火山灰土の利用については、平成 8 年度から 5 年をかけて、砂質火山灰土の液状化抵抗性の向上のための碎石混合法や固化材改良法を開発した。平成 10 年度には火山灰土及び泥炭を埋め戻し材として用いる場合の反力定数を提案した。泥炭性軟弱地



写真－1 コンクリート開水路が曝される環境（夏期・冬期）



管上に盛土したり、管を深く埋設するなどの対策により管体の浮上に対応してきたが、コスト面や農地の効率的利用において支障があり、改善を求められてきた。



ジオグリッドを管体の上に敷設することで管体の浮力を抑えることができる。土工量が減り、建設コストの縮減、農地の効率的利用が期待できる。

ジオグリッドの現地敷設状況



図－1 泥炭地におけるジオグリッドを用いた管の施工

盤における管水路の建設技術については、平成4年度ころから空知地域の水田地帯において、ジオグリッドを用いた管体の施工の現地実証を行った（図-1）。

また、管水路の維持管理に関する研究では、平成19～21年度に、軟弱地盤において矢板施工で建設した管水路の長期的な沈下観測とその解析手法の提案などを行った。さらに、平成23年度からは火山灰土を用いて施工した管水路、平成26年度からは泥炭性軟弱地盤に建設された管水路に適用できる機能診断技術に関する研究に取り組んだ。

（4）畑地における水分消費量の定量的評価と予測に関する研究

畑地において土壌水分を適切に管理するためには、蒸発散量や下方からの補給水量を把握することが必要である。また、畑地灌漑用水の効率的利用のためには、土壌水分の数日先までの予測情報が有用である。そのため、平成8年度から、十勝地域の畑地において蒸発散量や土壌水分の観測を開始した。その結果、バレイショ、キャベツ、大豆など多様な作物の水分消費量を把握した。また、この観測で蓄積した微気象データと天気予報情報を結びつけて、1週間先までの土壌水分の予報を農家に発信するシステムを開発し、農家にFAX送信を行って情報の有効性を実証した。

（5）農業用水の管理に関する研究

水田灌漑施設の整備では、開水路が管水路化される事例が多い。管水路から水田に取水する場合、管水路の流量は農家の給水栓操作の影響を受けて大きく変動する。幹線用水路が開水路形式のまま、支線以下の用水路が管水路化されるような複合水路系のシステムでは、管水路での流量変動が幹線用水路の安定した送水管理を阻害する要因になりやすい。そのため、平成6年度から管水路での流量変動を定量的に把握し、平成9年度以降に複合水路系での送配水シミュレーション技術を提案した。さらに、平成21年度には水需要の日内変動への対応性に着目して、送配水機能の診断手法を提案した。

また、近年は農家1戸当たりの水田経営面積が増大し、作業効率の改善を目指して、地下水位制御や地下灌漑が可能な大区画水田の整備が進められている。このような整備を契機として水稻の直播栽培面積が増えてきている地域もある。整備後も用水が安定供給できることを検証するために、平成23年度から直播栽培の水需要特性の研究を進めた。平成23～27年度には妹背牛町をフィールドとして調査を進め、直播栽培と移植栽培では水需要の大きな時期が異なること、灌漑期間中の用水量に大きな差がないことなどを明らかにした。平成28年度からは、美唄市に調査フィールドを移すとともに、広域の水環境の保全に配慮した灌漑排水技術の研究に取り組んでいる。

畑地灌漑施設については、平成8年度からはオウトウなどの樹園地帯において、また平成15年度からは干ばつを受けやすい土壌条件にあるタマネギ産地において、それぞれ水利用実態を明らかにした。両者とも、干天が継続すると用水計画に近い用水量が利用されるため、安定した用水供給のためにはファームポンドの水位監視が有効であることを提案した。前者の樹園地帯における研究では、電



写真-2 圃場の大区画化（上：整備前、下：整備後。線で囲んだところは同一区域。）

話によってファームポンド水位を把握できるような音声合成を利用した監視システムを開発した。

将来の気候変動は、農業用水資源の管理にも影響を与える。そのため、将来の温暖化が積雪水量や農業用ダムの管理に与える影響のシミュレーションを平成 20 年度に開始した。その後、この分野の研究を進めて、平成 27 年度には、複数の気候モデルを用いたシミュレーションにより、将来の農業用ダムの水資源量の評価や、近傍の複数のダムの連携による渇水の緩和策の提案などを行った。

(6) 軽しょう火山灰地帯における畑地からの土砂流出抑制技術に関する研究

北海道の大規模畑作地帯では、侵食を受けやすい軽しょうな火山灰が分布する地域がある。それらの地域では、畑地における排水機能維持のため、排水路への土砂流入抑制策が求められていた。このような背景から、網走地域において平成 9 年度から国営農地防災事業が実施された。水利基盤チームでは、この事業で必要となる土砂流入抑制工法の研究や現地観測による評価を行った（写真－3）。



写真－3 畑地の土砂流出状況と沈砂池での堆積土砂量調査

第 3 期中期研究計画期間には、音響式掃流砂計を用いた掃流砂の観測技術の検証を行って、農地流域からの流出土砂の大部分が浮遊砂であることを明らかにした。また、網走地域で取得した土砂流出量を用いて、WEPP による土砂流出量の予測を行うとともに、土砂流出抑制技術の提案などを行った。

第 4 期中長期研究計画期間では、後志地域や上川地域にも調査フィールドを設けて、予測精度の向上や圃場の排水性向上が土砂流出の抑制に与える影響に関する研究を進めている。

(7) 肥培灌漑における工学的技術に関する研究

乳牛ふん尿を草地に還元利用するための肥培灌漑の分野では、貯留・搬送に関わる工学的事項の研究に取り組んできた。貯留施設に関しては、コスト低減を図るため、ゴムシートを利用したスラリー貯留施設であるラグーンの基盤を固化処理により建設する技術を開発した。また、乳牛ふん尿スラリーの管路搬送時の損失水頭の早見図を提案した。スラリーの損失水頭は、濃度や液温の影響を受けるため、計算による推定は煩雑であるが、早見図を用いると簡便に推定できる。

(8) 乳牛ふん尿を利用したバイオガスシステムに関する研究

資源保全チーム及び水利基盤チームでは、行政機関や北海道内の研究機関の協力のもと、平成 12 年度～16 年度に特別研究「積雪寒冷地における環境・資源循環プロジェクト」を実施した。これは、酪農専業地帯及び畑作・酪農地帯で発生する乳牛ふん尿を嫌気性発酵させ、草地や畑地への循環利用を実現するための実証研究である。水利基盤チームでは、湧別資源循環試験施設の管理とエネルギー収支や機械システムに関する研究を担当した。

バイオガスプラントのエネルギー収支については、嫌気性発酵で産出されるバイオガスから得られる熱・電力を用いれば、北海道東部のような寒冷地域でも、プラントのエネルギー自給が可能であることを明らかにした。さらに、エネルギー収支の分析をもとに、バイオガスプラントの各種運転条件に対するエネルギー収支のシミュレーションプログラムを開発した。また、機械システムに関する研究では、湧別資源循環試験施設で生じた各種のトラブルに対して、想定される因果関係をトラブルカルテとして整理した。

「積雪寒冷地における環境・資源循環プロジェクト」を通じて得られた「共同利用型

バイオガスプラントのエネルギー収支からみた自立的運転条件」などの成果は、北海道農業試験会議において普及推進事項等に位置づけられ生産現場に普及された。また、得られた成果を反映させて、システム検討を行う技術者の参考になるよう、「積雪寒冷地における乳牛ふん尿を対象とした共同利用型バイオガスシステム導入の参考資料」（平成 18 年、北海道開発土木研究所）としてとりまとめた。

（９）酪農地帯における水質保全に関する研究

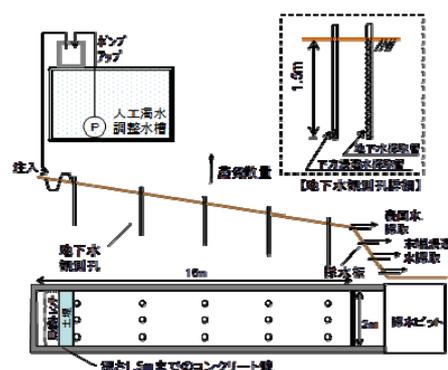
北海道の大規模酪農地帯では、近年の農家 1 戸当たり飼養頭数の増大にともない、家畜ふん尿の適切な処理・利用の実現が、地域の水質保全上の課題となっている。北海道開発局では、平成 11 年度から、道東の大規模酪農地帯において、国営環境保全型かんがい排水事業を推進している。この事業では、肥培かんがい施設のほかに、排水路の水質保全のための排水調整池や遊水池といった水質浄化池、土砂かん止林などの整備が行われている。水利基盤チームでは、これらの対策施設の効果評価と設計手法の提案を行うため、平成 10 年度に林帯の有する水質浄化機能等の現地調査を開始した（図－2、3）。その後、事業による施設整備の進捗に伴う流域の水質変化の把握などに研究を展開した。

平成 18 年度からの 5 カ年は、この分野の研究を流域負荷抑制ユニットの研究課題の一部として実施した。一連の研究では、林帯や水質浄化池の平水時・降雨流出時の負荷流出抑制効果などが定量的に評価できた。また、重点的な調査対象とした 7.2km² 小流域で、各種施設の整備前から整備後にかけての長期間の水質調査を継続し、夏期降雨時の負荷流出削減効果が、全窒素で 38%、全リンで 45%、SS で 36%と推定されることを明らかにした。

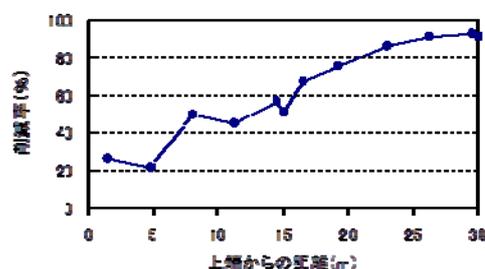
平成 23～27 年度には、水質浄化池の機能の長期的評価や林帯の維持管理方法に関する研究を行った。その結果、水質浄化池は立地条件により浄化機能が異なることを明らかにした。また林帯の造成に適用性のある樹種や成長までの養生の方法などを提案した。

（10）その他の研究展開

平成 20 年度以降に開始した研究として、そのほかに次のようなものがある。平成 20～25 年度には、排水路落差工や頭首工の魚道における魚類の移動状況を、遺伝情報等も活用して検証した。また、平成 20～25 年度に北海道内の農業水利施設における小水力発電の発電原価試算を行い、管水路や農業用ダムで発電の実現可能性があることを明らかにした。農業用ダムに関する試算事例は、その後、小水力発電の事業計画の検討の参考に供された。また、平成 20～26 年度には、北海道の大規模畑作の生産基盤として不可欠な明渠排水路について、代表的な型式である連節ブロック型排水路等の機能診断手法を提案した。この診断手法は、北海道内の排水路の機能診断で試行的に活用された。



図－2 土砂かん止林を模擬した水質浄化機能実験用ライシメータ



図－3 ライシメータ上端からの距離と T-N 負荷削減率（結果の 1 事例）

研究ユニット

社会・行政ニーズに対応した研究への重点的かつ横断的対応を図るため、平成18年度から寒地土木研究所に研究ユニットを設置し、研究グループ・研究チームの枠にとらわれず、特定のテーマに関する研究開発を効果的・効率的に行っている。

これまでに、水素地域利用ユニット、流域負荷抑制ユニット、地域景観ユニット、防災気象ユニットが設置されたが、平成19年度に水素地域利用ユニットが、平成22年度に流域負荷抑制ユニットが、平成27年度に防災気象ユニットが、当初の研究目的を達成したため、廃止されている。

地域景観ユニット

はじめに（ユニット設置の背景と研究体制）

景観に関しては、国土交通省所管公共事業における景観検討の基本方針（景観アセスの実施）や景観整備の事後評価を行うことが示されるなど、社会的に取り組みへのニーズが高まっている。また、国土形成計画（全国計画）、第8期北海道総合開発計画、観光立国推進基本法において、地域の資源・特性を活かした観光への期待や、効果的な社会資本の利活用等による観光振興、地域振興への貢献が必要とされている。そこで、社会資本整備や管理における良好な景観形成による公共空間の質の向上や、社会資本の利活用による利用価値の向上に資する研究を促進する必要がある。

土木研究所寒地土木研究所では、地域景観ユニットが平成18年度に雪氷チーム内ユニットとして始動し、平成21年度に雪氷チームから専任研究員3名体制で独立し、現在は、特別研究監をユニットリーダーとして、専任研究員を主体に、水環境保全チーム、寒地地盤チームの研究員が研究テーマに合わせて兼務するなど、機動的、横断的な体制で研究を進めている。

研究概要

（1）平成18～22年度 第2期中期計画

観光振興の面からも道路景観の向上が重要であることを踏まえ、「北海道における美しく快適な沿道景観の創出に関する研究」などに取り組んだ。この研究では、道路景観の評価手法や道路機能を確保しつつ魅力ある北海道の景観を引き出す景観向上策などを検討し、「北海道の道路デザインブック（案）」及び「北海道における道路景観チェックリスト（案）」を取りまとめ、行政の現場で活用されている。また、「北海道における道路関連情報の高度活用に関する研究」においては、経路検索と連動した沿道情報の提供や道の駅等における情報提供のあり方などについて研究した。平成20年度からは、北海道開発局から技術開発関連業務の移管を受け、「道路緑化に関する研究」にも取り組み、景観や環境、維持管理コストの縮減にも寄与する道路緑化の課題を整理し、技術資料にまとめた。

（2）平成23～27年度 第3期中期計画

計画前半においては、「景観機能を含めた多面的評価による道路空間要素の最適配置技術に関する研究」や「空間認識を利用した歩行空間の設計技術に関する研究」など、観光振興や地域振興に貢献する道路空間や歩行空間の創出に資する技術開発に取り組んだ。また、計画後半においては、「電線電



図-1 北海道の道路デザインブック（案）

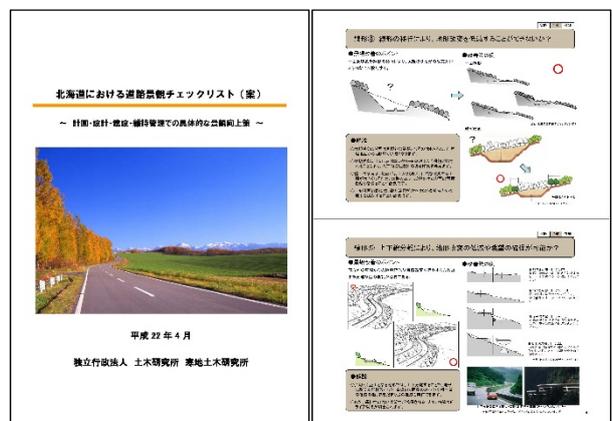


図-2 北海道における道路景観チェックリスト（案）

柱類の景観対策手法の選定と無電柱化施工技術に関する研究」、「道の駅の防災機能向上に関する研究」、「機能向上に資する道路施設の色彩設計に関する研究」、「北海道における街路樹の景観機能を考慮したせん定技術に関する研究」などに取り組み、発刊からすでに20年以上が経過し、現状に即しない記載事項が見受けられるようになった「北海道の道路緑化指針（案）（昭和62年発行）」の改訂版も取りまとめた。

（3）平成28～33年度 第4期中長期計画

現在は、研究開発プログラム「魅力ある地域づくりのためのインフラの景観向上と活用に関する研究」において、引き続き電線電柱類の景観対策、土木施設の色彩設計や街路樹のマネジメント技術の研究を進めると共に、「公共事業における景観検討の効率化に資する景観予測・評価技術に関する研究」、「国際的観光地形成のための屋外公共空間の評価支援・設計及び管理技術に関する研究」、「多様な活用に対応した沿道休憩施設の設計技術に関する研究」に取り組んでいる。

おわりに（成果の普及と社会貢献）

地域景観ユニットでは、発足以来、景観や観光振興に軸足を置きつつ研究に取り組み、所要の研究成果を挙げてきた。これらの研究成果の蓄積を生かし、多数の自治体等からの地域づくりに関する講習会の講師派遣や技術相談の要請に対応している。また、国際貢献として、JICA研修において、平成25年度からの「中央アジア・コーカサス地域幹線道路沿線地域開発」の研修講師、平成29年度からの「中米7カ国向け幹線道路沿線地域開発」の研修リーダーを勤めている。

このように、国内外において、成果の社会還元に積極的に取り組んでいる。今後もインフラの景観向上や観光利活用など新たな価値を生み出す研究に取り組み、豊かな生活環境の創出と地域の魅力向上・活性化に貢献していきたい。



図-3 北海道の道路緑化に関する技術資料（案）

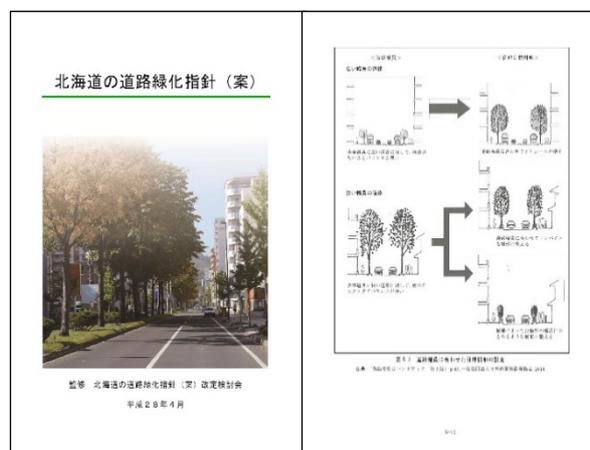


図-4 北海道の道路緑化指針（案）