

プロ-9 河川の土砂動態特性の把握と河川環境への影響及び保全技術に関する研究

■ 目的

河川・海岸では、近年、土砂移動の長期的変動に起因する海岸侵食、河床のアーマ化、みお筋の固定化等が進行し、自然環境の劣化や生態系の崩壊が急速に進行している状況が見られる。また、排水路や下流の中小河川、ダムでは、土砂堆積の進行が施設管理上大きな課題となる事例が生じており、これらの課題を解決するためには、流域的な視点から土砂移動のバランスを是正する必要がある(図-9.1~9.3)。

本プロジェクト研究は、この土砂移動バランスの是正に資するため、河川における土砂移動と土砂環境の関係および土砂環境と生物環境の関係を把握するとともに、良好な土砂環境の制御技術を提案することを目的としている。

■ 目標

- ①石礫河川における粒径集団の役割など土砂動態特性の解明
- ②ダム・農地等からの土砂供給・土砂流出による河川環境・河川形状に及ぼす効果及び影響の解明並びにその評価技術の提案
- ③ダム等河川横断工作物や農業用施設等における河川環境に配慮した土砂供給・制御技術の開発

■ 貢献

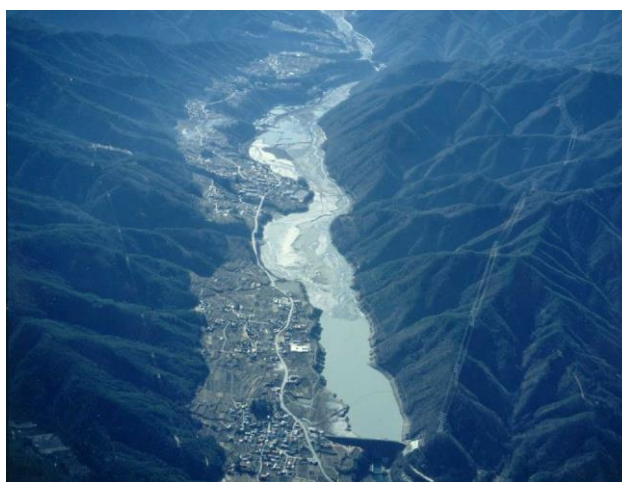
「河川砂防技術基準(案)」等の技術基準に反映することにより普及を図る。また、農地からの流出土砂量の推測マニュアルの作成と制御技術の提案を行い、土砂堆積による排水路・小河川の機能不全の防止に貢献する。



図-9.1 土砂移動の長期変動に起因する流域での課題



図-9.2 流域からの土砂の流出の影響を受けた河床



国土交通省中部地方整備局ホームページから引用

図-9.3 ダム湖における堆砂状況

■ 25 年度に得られた成果(取組み) の概要

①石礫河川の土砂動態特性の解明

河床材料の大粒径の影響および粒径集団の役割を考慮した計算モデルについて検討を行い、流砂量式での代表粒径の設定において移動しない大粒径を対象から除外する改良を行った平面 2 次元河床変動モデルを構築した (図-9.4)。

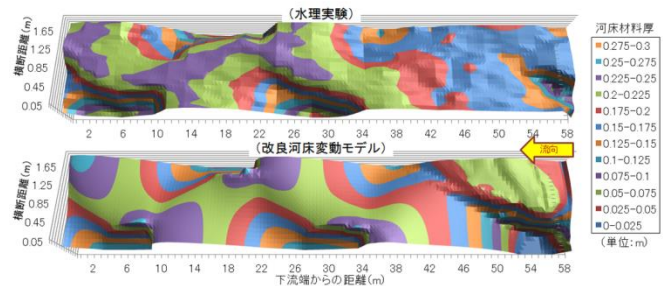


図-9.4 通水後の河床材料厚比較

②土砂供給・土砂流出による河川環境・河川形状への影響評価技術の提案

改修時の川幅設定が洪水時の河床形態や、平水時の河道の景観 (瀬や淵) などに与える影響について約 100 河川を対象に検討を行った。結果、河道特性量と河道の景観との間に一定の関係がみられることがわかった。しかし、バラツキが生じた箇所もあり、土砂供給量や地質にも影響することを示した (図-9.5)。

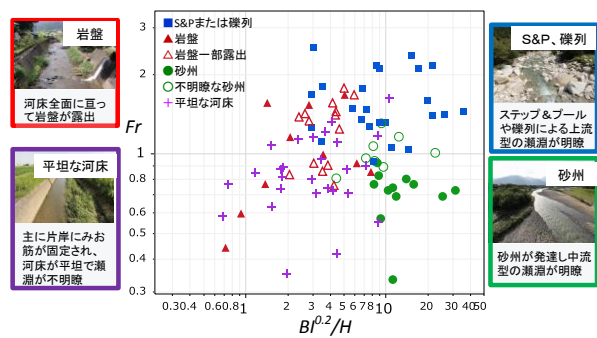


図-9.5 河道特性量と河道の景観との関係

③ダム等河川横断工作物からの土砂供給技術の開発

流水型ダムの上流に堆積した土砂が侵食される過程で発生が懸念される濁水の発生機構等を明確にするため、類似の状況が形成される工事中の再開発ダムの水位低下時に現地調査を行った。また、小型化した回転式ゲートやローラーゲートについて、想定される土砂や流木による機能障害の状況を確認し、対策の方向性を検討した (図-9.6)。



図-9.6 水位低下に伴う濁水発生状況

④ 積雪寒冷地の大規模農地での土砂制御技術の提案

土砂流出モデルの検討のうち、農業農村整備事業で利用されている USLE のパラメータについて、土壌係数は全道分布図を、地形係数は GIS を利用した算出方法を示した。また、分布型物理モデルの WEPP について、積雪寒冷地の大規模農地流域で適用可能であることを確認した (図-9.7)。

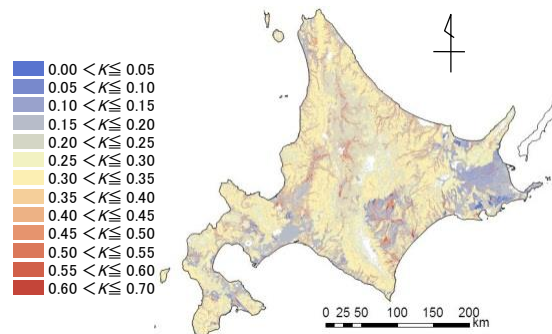


図-9.7 北海道における土壌係数(K)の分布
※土壌係数：土壌の侵食性を示す係数

プロ-10 流域スケールで見た物質の動態把握と水質管理技術

■ 目的

総合科学技術会議は、「科学技術に関する基本政策について」に対する答申（平成22年12月24日）において、人の健康保護や生態系の保全に向けて、大気、水、土壌における環境汚染物質の有害性やリスクの評価、その管理及び対策に関する研究の推進を位置づけている。

また、閉鎖性水域の水質改善傾向の鈍化、水質リスクの増大の懸念等、未だに解決されていない水質問題への対応は、河川環境を中心とした生物多様性保全と自然共生社会実現のためには必要不可欠であり、そのためには流域スケールでの物質動態を踏まえ、河川管理者や下水道管理者が科学的根拠に基づき、適切な対応を行うことが重要である（図-10.1）。

本研究は、流域スケールの視点での問題解決手法の提案を目指し、水環境中の水質リスク改善、生物多様性の確保の観点から、各管理者が行う対策技術の開発を目的としている（図-10.2）。

■ 目標

- ① 各土地利用における物質動態を統合した流域スケールでの水・物質循環モデルの構築
- ② 流域からの汚濁負荷が閉鎖性水域の水質におよぼす影響の解明と対策手法の提案
- ③ 流域スケールで見た水質リスクの把握と対策技術の提案（図-10.3）

■ 貢献

本研究の成果は、流総計画指針の改訂や閉鎖性水域の水質・底質への生活排水対策事業の効果の評価のための基礎資料となるとともに、「今後の河川水質管理の指標について（案）」、「下水道に係わる水系水質リスクへの対応方策（案）」等のマニュアルの改訂に反映される。

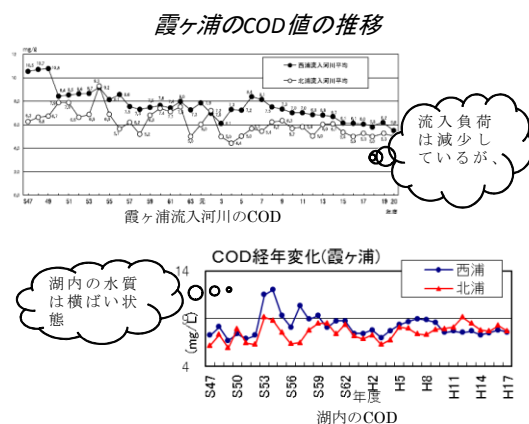


図-10.1 COD 経年変化の例

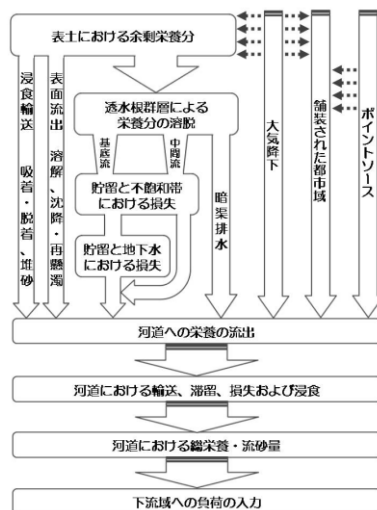


図-10.2 土砂動態を考慮した流域スケールでの栄養塩流出モデルの構成案



■ 25年度に得られた成果(取組み)の概要

① 流域スケールで見た物質動態特性の把握に関する研究

印旛沼流域を対象に河川水の窒素・酸素安定同位体に着目することにより、出水時における栄養塩類の流出機構の解明を試みた。その結果、降雨開始に伴い $\delta^{15}\text{N}$ は低下、 $\delta^{18}\text{O}$ は上昇したことを確認した(図-10.4)。これは降雨に含まれる硝酸性窒素や降雨に伴い畑地から流出する化学肥料成分が寄与したものと思われる。また、降雨終了8時間後には(図中の⑧)、ほぼ初期の状態に戻った。

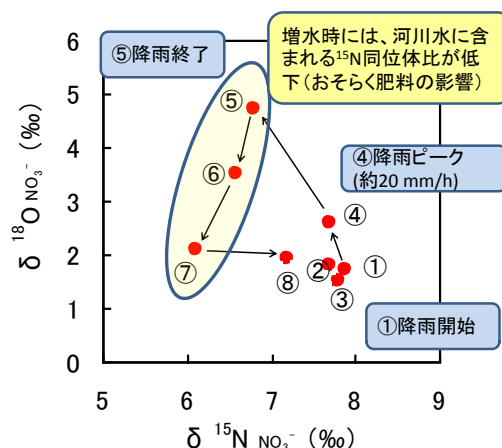


図-10.4 $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{18}\text{O}$ アイソグラム上の河川水

② 流域からの汚濁負荷が閉鎖性水域の水質におよぼす影響の解明と対策手法の提案

霞ヶ浦(西浦)を対象として、台風による出水前後の底泥調査結果より、雨天時の流入物質の栄養塩の溶出特性を調査した。この結果、降雨後の流入汚濁物の影響がより大きいと考えられる土浦沖の底泥は、同じ降雨後の湖心底泥と比較して栄養塩類・有機物の含有量は低いが、溶出速度は高いことがわかった(図-10.5)。また、アコの発生状況と気温、日射量、降雨量、風向・風速等との関連性を調査した。

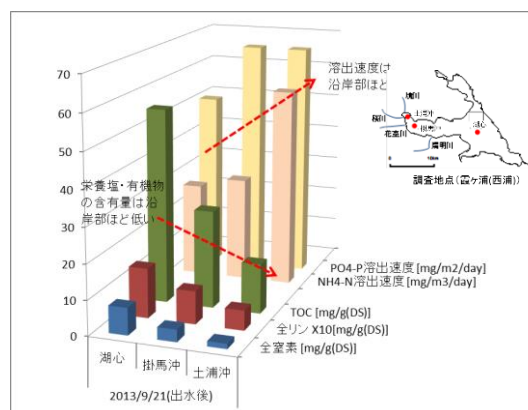


図-10.5 霞ヶ浦(西浦)における栄養塩等の底泥中含有量と溶出速度(嫌気条件)

③ 水環境中における病原微生物の対策技術の構築に関する研究

病原微生物リスク対策技術の構築の一環として、塩素、紫外線消毒による抗生物質耐性大腸菌の不活化効果を評価した。塩素消毒では、Ct値を高めることで多剤耐性大腸菌の割合が上昇し、0剤耐性大腸菌の割合が減少する傾向が見られた(図-10.6)。紫外線消毒では、不活化率の高まりとともに多剤耐性大腸菌の割合が減少し、0剤耐性大腸菌の割合が上昇した。消毒法の違いによって抗生物質耐性大腸菌の消毒感受性が異なる可能性が示唆された。

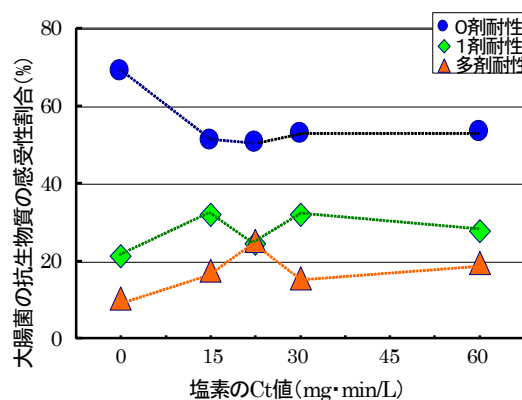


図-10.6 塩素消毒と大腸菌の抗生物質の感受性割合

プロ-11 地域環境に対応した生態系の保全技術に関する研究

■ 目的

様々な人間活動が、河川環境を介して動植物の生態系に影響を及ぼしているが、人間活動との関係をとおして生態系を評価し、良好な河川生態系保全を行うことが社会的に求められている。

このため、流域の生態系保全を、氾濫原も含めたネットワークの中で生産性と人とのつながりの2方向の視点から解明し、その評価手法を提案することで、国土交通省の技術基本計画に掲げられている「健全な水循環と生態系を保全する自然共生型社会」の実現に資することを目的とする(図-11.1)。

■ 目標

- ①流域からの濁質流出が河口域環境へ与える影響の把握と管理技術の確立
- ②河口海域における地形変化特性の評価技術の提案
- ③積雪寒冷沿岸域における生物の生息環境の適正な管理技術の提案
- ④氾濫原における生物多様性保全を、生物の生理・行動学的視点から捉えた、流域全体としての氾濫原管理技術の提案

■ 貢献

- ・流域スケールでみた物質移動形態を把握、解明することで、山地から沿岸域までを一連の系とした浮遊土砂管理技術の提案を行い、「河川管理施設的设计指針」等に反映(図-11.2 11.3)
- ・長期的視点からみた、干潟等の沿岸域の安定的な保全管理に貢献
- ・生態系保全技術を「河川構造物設計指針」等に反映することで河川生態系の保全に貢献
- ・河川流出による水産資源への影響を把握し、沿岸環境の保全・管理技術をマニュアル化することで、より安定した水産資源の供給に貢献

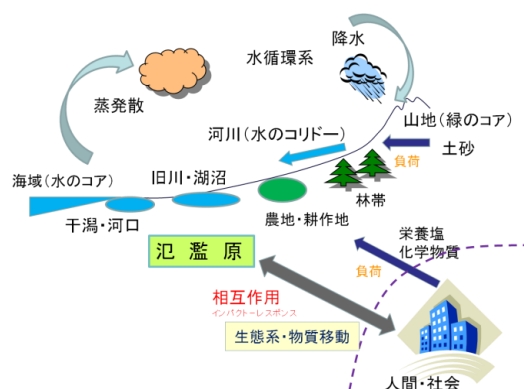


図-11.1 地域環境と人間・社会との関係

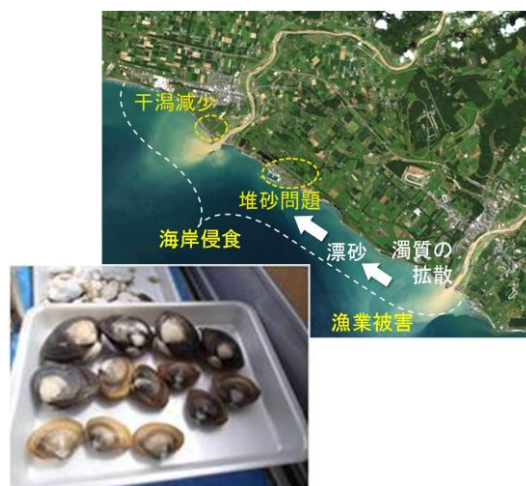


図-11.2 流域スケールでみた物質移動の様々な問題(右上の衛星写真はALOS「2006年8月26日撮影」: JAXA提供、左下の写真はわか貝)

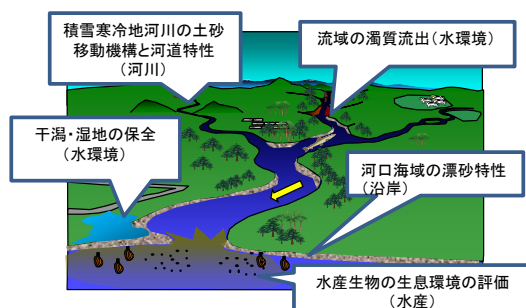


図-11.3 山地から沿岸域までの物質移動形態と生態系への影響の把握・解明

■ 25年度に得られた成果(取組み)の概要

① 海岸砂の生産源と粒径の時空間変化

鵜川海岸において粒径モニタリングと放射性同位体トレーサによる土砂生産源推定を行った。海岸砂の粒径は、港ではさまれた区間において、河口からの距離と波浪・河川流量の季節変化による細粒分の挙動で説明できることがわかった。細粒分の主要な生産源は主に中・上流域の付加体コンプレックス(マングレチ質・堆積岩)や深成岩の地域であり、長期的な海岸保全には、上流域からの土砂供給と沿岸域の土砂連続性の重要性が示された(図-11.4)。

② 沿岸海底地形変化要因の分析

河川から海域へ流出する土砂の量を明らかにするため、河口前面海域の地形測量を高頻度で実施した。流出したSS成分土砂量と地形変化量との関係を直線で近似するとその傾きは約0.3となり、SS成分土砂量の約30%に相当する量の土砂が河口地形を形成する土砂として供給されていると推定された(図-11.5)。

③ 出水時の濁水が光環境に及ぼす影響の評価

鵜川沿岸域の平水時・夏季出水時・融雪出水時に得られた現地観測結果の解析を行った。平水時と比較して出水時の濁水拡散は消散係数を増加させる(観測値最大3.5)。これは一般に用いられるRileyの式では表現出来ないが、浮遊物質の土粒子成分(SSa)で回帰可能であることがわかった。これにより水域環境を評価する際の低次生態系モデルの精度向上が可能となった(図-11.6)。

⑤ 石狩川旧川群における生息魚種の変遷

氾濫原に位置する石狩川旧川群での約30年間の生息魚種の変遷を把握するため、25旧川で魚類採捕調査を行い、既往調査(昭和52年)と比較した。旧川群の生息魚種は、旧川間の差が減少し、ほぼ同じ種構成に近づきつつあり、移入種の増加がその大きな要因になっていることを明らかにした(図-11.7)。

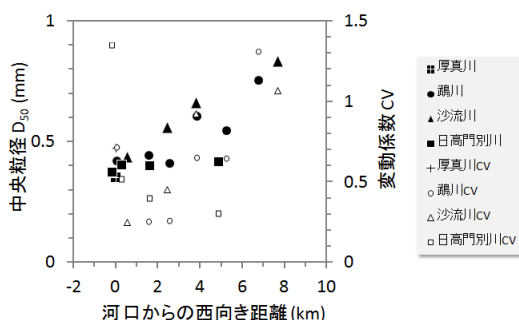


図-11.4 河口からの距離と海岸砂の粒径

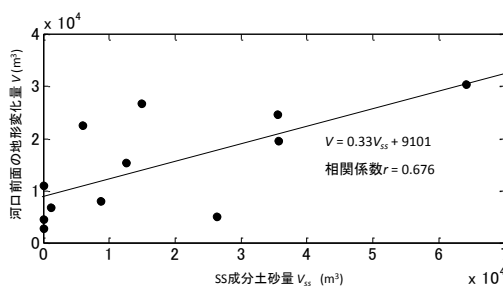


図-11.5 SS成分土砂量と河口前面海域の地形変化量との関係

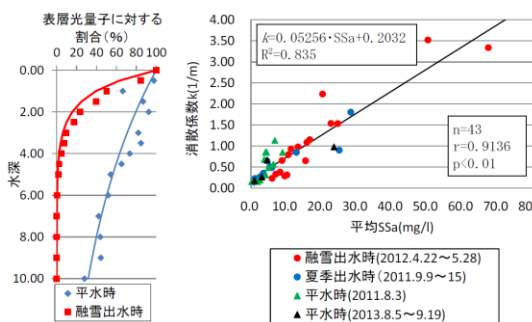


図-11.6 光量子の鉛直分布と消散係数に対するSSaの関係

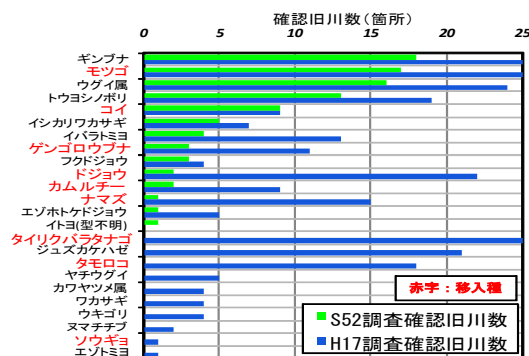


図-11.7 年代別魚種確認旧川数

プロ-12 環境変化に適合する食料生産基盤への機能強化と持続性のあるシステムの構築

■ 目的

積雪寒冷地である北海道は、長年にわたる農業や水産の生産基盤整備によって、今日の国内食料自給の多くを担っている。

しかし、近年、地球規模の気候変動が予想され、食料生産現場では温暖化の影響や海象変化の兆候が現れてきている。

また、食料生産システムは自然環境に加え、生産構造の変化などの社会・経済的な環境変化にも大きな影響を受ける。

このため、これら環境変化に適合する食料生産基盤の整備やそのシステムの改善などの研究及び技術開発などを行うことにより、持続的な食料生産システムの確立を目指すこととしている。

■ 目標

①気候変動が融雪水など水源水量や水田用水など利用量に及ぼす影響を解明し、需要と供給の変化に対応して安定的に利用できる農業用水管理技術を開発する(図-12.1)。

②地下灌漑施設を伴う大区画圃場水田地域において、土壌の水分・養分を適切に制御する圃場灌漑技術及び限られた水資源を地域全体で効果的に利用する配水管理技術を開発する(図-12.2)。

③大規模畑作地域において農地の排水性を確保するため、農業用排水路の機能を適切に保全管理していく機能診断技術を開発。

④北方海域における基礎生産構造を解明し、漁場の肥沃化や幼稚仔魚の保護育成等の生物生産性向上のための技術を開発(図-12.3)。

■ 貢献

開発された技術や知見はマニュアルなどに整備され、国や地方公共団体等の施策に反映されることにより食料の安定供給に大きく寄与するとともに、地域全体の農業と水産業の持続的発展に貢献する。

(農業用ダムでの積雪量監視技術など用水の安定供給が可能となる管理技術の開発)

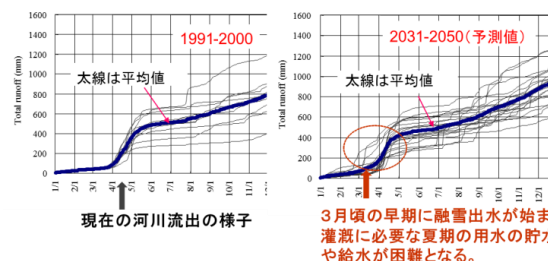


図-12.1 現在・将来の積算流出量のパターン

(大区画圃場における地下灌漑を活用した土壌の水分・養分制御技術の開発)

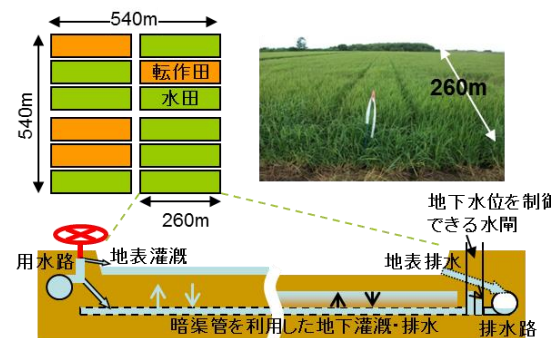


図-12.2 地下灌漑施設が附帯している大区画圃場

(基礎生産構造を解明し、海域の肥沃化や幼稚仔魚保護育成等の生物生産性向上のための技術開発)

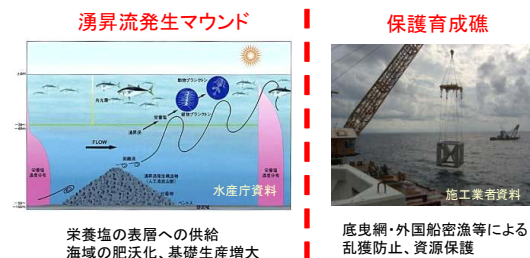


図-12.3 物理環境改変のための土木構造物

■ 25年度に得られた成果(取組み)の概要

① 農業用ダム流域の積雪水量推定技術の開発

農業用ダム流域における融雪期の積雪水量を近傍の複数のアメダスデータで推定する手法を開発した。推定式中の係数の合理的な決定方法を明らかにして、マニュアル案を作成した。また、積雪期に西からの風が卓越し、比較的積雪水量の多い地域で推定精度が高いことを確認した(図-12.4)。

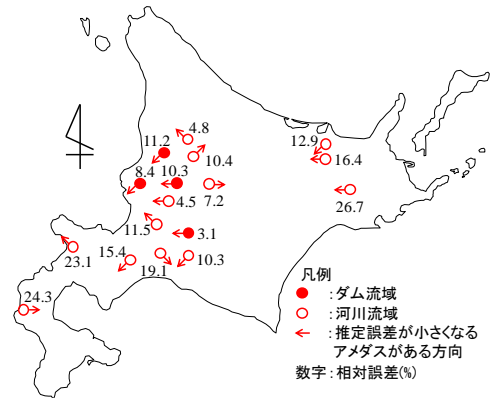


図-12.4 アメダスを用いた積雪水量推定手法の適用性

② 泥炭水田輪作圃場の土壌中養分動態や水管理制御に関わる現場技術の開発

43区画で合計75haの水田をモデルとし、圃場の水需要特性を反映させた配水シミュレーションを行った。同日に取水可能な水田面積割合等を示して、配水管理技術のマニュアル案を作成した(図-12.5)。

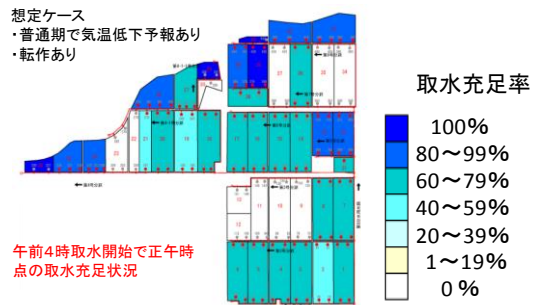


図-12.5 配水シミュレーションの事例

また、地下水位の上昇・下降パターンと土壌中の無機態窒素の動態の関係を解明し、評価する室内試験法を確立した。この室内試験により、地下灌漑水を2日間排水し、1日間給水する地下水位制御パターンが稲の根群域の無機態窒素を洗脱するのに効果的なことを明らかにした(図-12.6)。

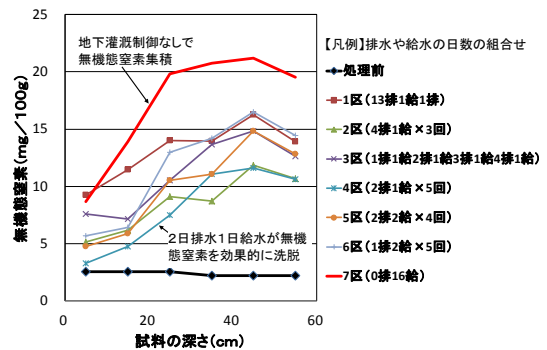


図-12.6 無機態窒素洗脱に効果的な地下灌漑パターンの特定

③ 農業用排水路の機能評価手法の試案作成

主な構成部材の健全度評価によって排水路の施設全体の健全度を判定する機能診断手法の試案を、20地点の連節ブロック型排水路に適用した。その結果をもとに連節ブロック型排水路の健全度指標の改良を行った。

④ 北方海域における漁場整備による生物生産性向上効果の試行的算出

日本海北部沖合において生物生産性の向上に関する現地観測を行い、整備効果を算出するための数値モデルの検討を行った。ブルーム期の鉛直混合による基礎生産に及ぼす効果、ブルーム末期における融雪出水の効果及び栄養塩が枯渇する時期の栄養塩供給効果について試算を行い、基礎生産量のポテンシャルを示した(図-12.7)。

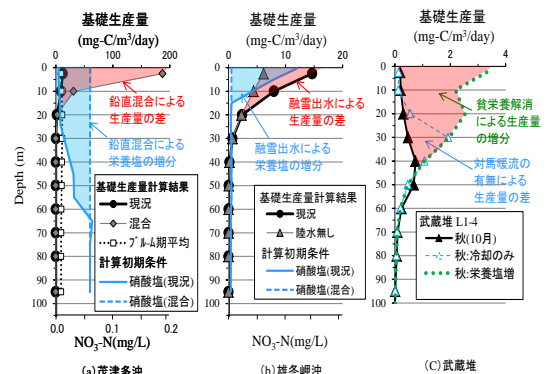


図-12.7 基礎生産量と硝酸塩濃度の鉛直分布

プロ-13 社会資本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

■ 目的

これまでの社会資本維持管理のための技術開発においては、調査・点検技術、診断・評価技術、補修・補強技術等の個別要素技術が開発されるとともに、それぞれを有機的に結合し戦略的にマネジメントするシステムが開発されてきた。しかし、今後のストックの高齢化、財政的な制約、安全確保等を踏まえた場合、社会資本に求められる管理水準を社会的な重要度等に応じて合理的・体系的に差別化していくことが求められている。

本研究では、各種社会資本について、横断的な観点から、それらの社会的影響度や要求される性能の違いを考慮し、管理水準に応じた合理的な維持管理要素技術及びマネジメント技術を開発することを目的とする。

■ 目標

- ①管理水準に応じた調査・点検手法の確立(図-13.1)
- ②健全度・安全性に関する診断・評価技術の確立
- ③ 多様な管理水準・構造条件・損傷状態に応じた効率的な補修・補強技術の確立(図-13.2)
- ④ 管理水準を考慮した社会的リスク評価技術と、これを活用したマネジメント技術の確立(図-13.3)

■ 貢献

- ① 損傷・変状の早期発見や、健全度・安全性を適切に診断・評価するためのデータ取得が可能となる。
- ② 損傷・変状に対し、求める管理レベルに応じてその安全性をより正確に、あるいは簡易に診断・評価することが可能となる。
- ③ 多様な条件に応じた適切で効率的な補修・補強工法の選択が可能となる。
- ④対象物の重要度、管理レベル等に応じた補修・補強プログラムの策定が可能となり、効率的な維持管理を計画的に行うことができる。



図-13.1 管理水準に応じた維持管理技術の確立

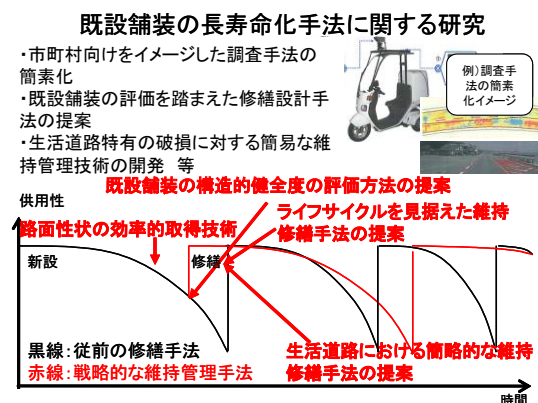


図-13.2 多様な管理水準・構造条件・損傷状態に応じた効率的な補修・補強技術の確立

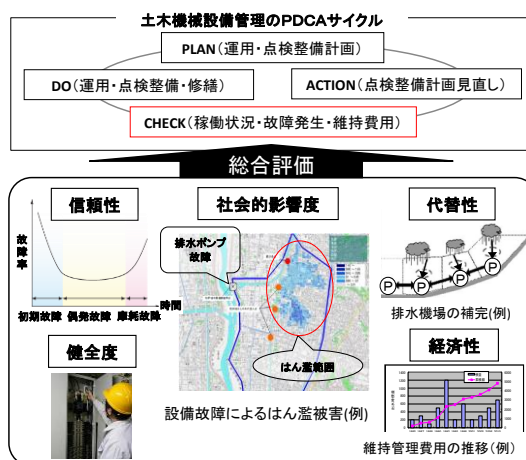


図-13.3 社会的影響度と設備状態を考慮したマネジメント技術の確立

■ 25年度に得られた成果(取組み)の概要

① 擁壁等の土工構造物の管理水準を考慮した維持管理手法の開発に関する研究

道路パトロールなどの日常的な点検における、擁壁等の異常を検出する手法の検討を行った。走行車両からの写真により壁面形状を測量し、精度の高いトータルステーションでの測量との比較検討を行った(図-13.4)。

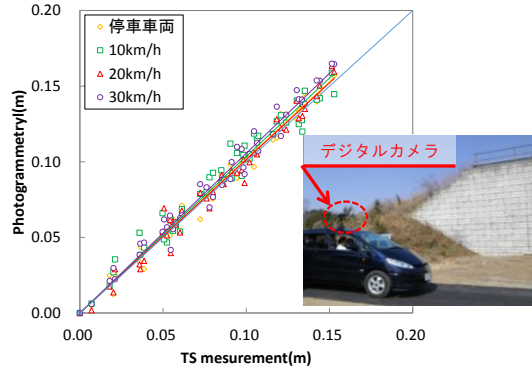


図-13.4 擁壁点検でのデジタルカメラとトータルステーションの比較の例

検討の結果、十分な写真枚数(6枚程度)を取得できれば、走行速度の影響は小さいこと等を確認した。

② 落橋等の重大事故を防止するための調査・診断技術に関する研究

撤去PC桁を対象とした載荷試験および解体調査結果を反映させたモデルを構築し、FEM解析を実施した(図-13.5)。

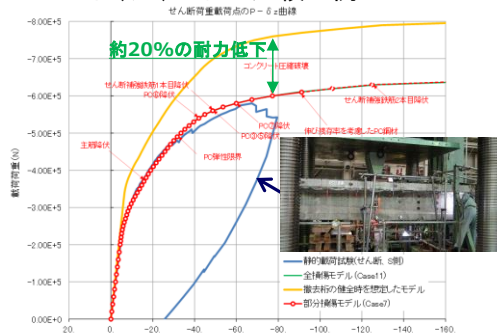


図-13.5 撤去PC桁の載荷試験結果と解析結果との比較

その結果、鋼材の断面減少を反映させたケースで健全時より約20%の耐力低下が確認され、載荷試験結果と概ね一致することが確認された。

③ 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

ひび割れ注入工法において、施工時の低温環境が注入充填性に及ぼす影響について確認するため模擬ひび割れ試験体による注入充填性試験を行った(図-13.6)。

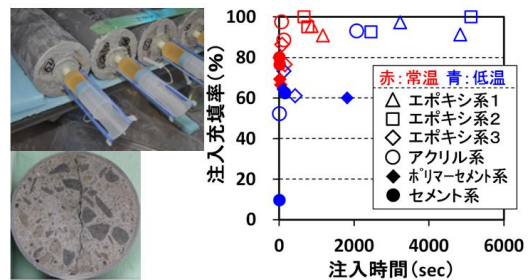


図-13.6 施工時低温環境とひび割れ注入充填性に関する検討

その結果、ひび割れ内部の低温や凍結の影響を受けて、注入材の流動性の低下等に起因する未充填が発生することから、冬期の施工管理では、躯体内部の温度管理が重要であることを確認した。

⑤ ダムの長寿命化のためのダム本体維持管理技術に関する研究

長期供用中のダムでは、計測計器の劣化・故障等により一部箇所での安全管理のための計測を中止している事例がある。

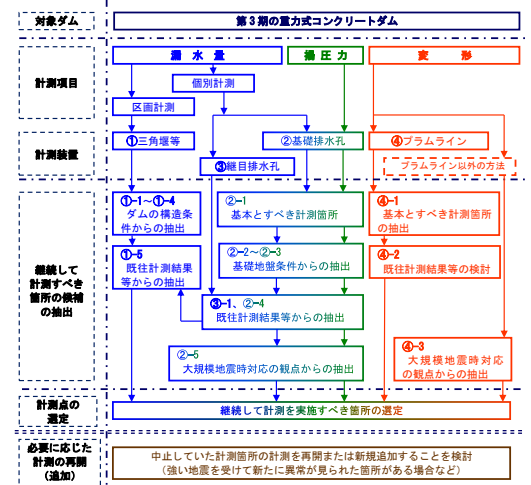


図-13.7 長期供用ダムでの安全管理計測項目・箇所の選定フロー例

その現状を踏まえ、挙動が安定したダムでも、安全管理上長期的に計測を継続すべき箇所の考え方について、実ダムでのケーススタディ結果も踏まえて提案した(図-13.7)。

プロ-14 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

■ 目的

気象条件などの厳しい積雪寒冷地における社会資本ストックは、低温、凍結融解、地球温暖化に伴う寒冷気象環境の変化および低温地域に分布する泥炭性軟弱地盤等の影響を受け、構造物の健全性や耐久性に深刻な問題を生じる場合が多く、老朽化を防ぎその機能を維持するとともに維持管理コストを削減することが重要となっている(図-14.1)。この観点から本研究は、寒冷な自然環境や特殊地盤条件下における構造物の適切な施工法、劣化診断法、性能評価法および予防保全策等の技術開発を行い、積雪寒冷地の安全・安心かつ持続可能な社会づくりに貢献することを目的としている。

■ 目標

- ① 寒冷な気象や凍害、流氷の作用に起因する構造物の劣化に対する評価技術の開発と機能維持向上のための補修・補強・予防保全技術の開発(図-14.2)
- ② 泥炭性軟弱地盤の長期沈下予測法を活用した土構造物の合理的な維持管理技術の開発(図-14.3)
- ② 積雪寒冷地における農業水利施設と自然環境調和機能を有する沿岸施設の維持管理技術の開発(図-14.4)

以上の研究成果を、関連マニュアル等に反映し、普及を図る。

■ 貢献

- ① 構造物の安全性の向上と効率的な維持管理が行われ、その機能維持に貢献する。
- ② 寒冷地における土構造物の安全性の向上及び維持管理コストの低減が図られ、社会資本ストックの機能維持に貢献する。
- ③ 積雪寒冷地における農業水利施設と自然環境調和機能を有する沿岸施設の維持管理に貢献する。

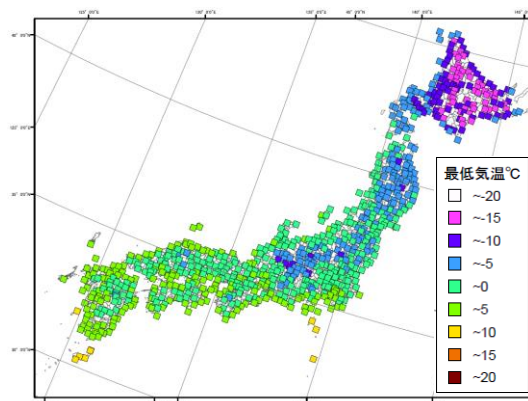


図-14.1 日最低気温の極値(1979-2000 7ヶ月平均値)



図-14.2 凍害・塩害によるRC壁高欄の複合劣化



図-14.3 泥炭地盤上の道路の不同沈下



図-14.4 開水路の内部劣化の検出

25 年度に得られた成果(取組み)の概要

① 現場調査および実験で得られた壁高欄の劣化程度と衝撃耐荷力の関係の整理

点検データを総合的に判断し、その後の対策を決定する維持管理方法の提案に向け、約 40 年間供用された壁高欄を対象に目視、圧縮強度等の劣化調査と切り出した梁型試験体の曲げ載荷試験を行った。その結果、外観上著しい剥落や広範囲での浮きがみられた試験体でも、設計値と同等以上の耐力が確保されていた。一方で、変形性能やひび割れ状況から推定したコンクリートと鉄筋の付着性能については、設計より低下している部分も確認され、凍害と塩害の複合劣化の影響が異なることがわかった(図-14.5)。

② 海水作用による鋼構造物劣化メカニズムの把握

現地調査により沖側の海水、氷内部にも固形分(砂)の混入が確認されたが、これらは日射で発熱した砂粒子の貫入過程が一因であることがわかった。低温実験室において氷中の砂による金属材料のアブレシブ摩耗試験を実施した。定常状態における単位摩擦距離当たりの損耗量は、介在砂の粒径や量に依存しないことがわかり、摩耗量の推定が可能となった(図-14.6)。また、一般的な防食工法の耐氷性確認のため、ホヅ海に面した施設で冬期間暴露試験を実施したところ、耐久性に課題があることが明らかとなった。

③ 自然環境調和機能を有する寒冷地沿岸施設の維持・管理手法の提案

自然環境調和機能のうち藻場創出に関する沿岸施設の維持管理技術に関して、現状分析および機能低下の原因の一つであるウケの食害による藻場消失を判断するための手法を提案した。また、施設の維持・管理手法(施設改良、食害対策)を策定するとともに、モデル的に現地施工を実施し提案手法によるウケの活動抑制効果と藻場の回復を確認した。さらに、自然環境調和機能の確認のための評価要素を抽出し、藻場創出機能の診断方法に関する検討を行った(図-14.7)。

試験体 No.	外観変状	性能への影響度		
		耐力	変形	付着
A	1 剥落	○	○	▲
	2 剥落	○	▲	▲
	3 剥落・ひび割れ	○	▲	▲
B	1 浮き	◎	○	◎
	2 浮き	◎	△	◎
	3 浮き	◎	△	◎

※凡例(設計値に対する比較):
◎(優) ○(同等) △(少し劣る) ▲(劣)

図-14.5 切出試験体の性能への影響度

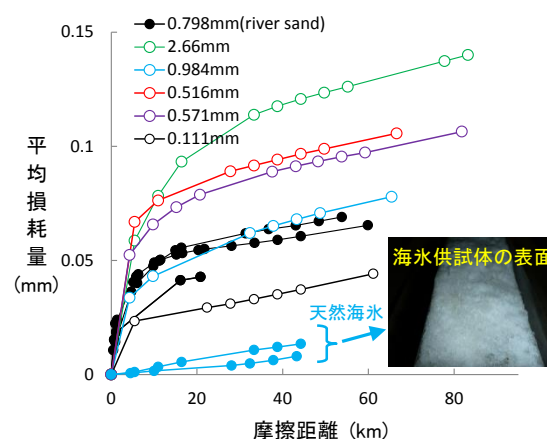


図-14.6 人工氷中の砂の粒径別のアブレシブ摩耗量変化および自然海水との比較

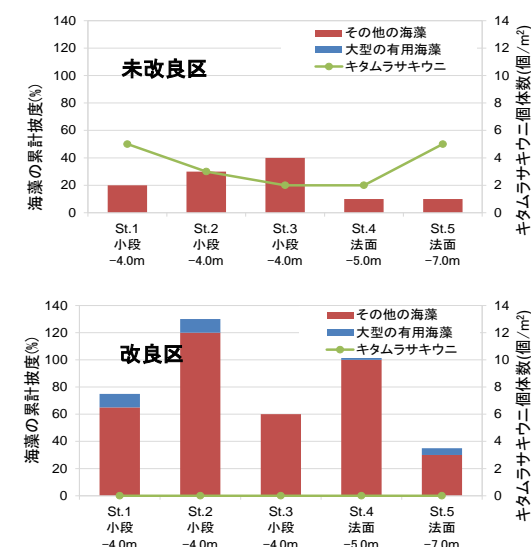


図-14.7 地点別の海藻着生状況と食害生物

プロ-15 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

■ 目的

人口減少、急激な少子高齢化や社会資本ストックの老朽化・増大に伴う維持更新費の増加などにより、新たな社会資本整備に対する投資余力が減少する状況のなか、国民生活の安定化を図り、地域経済を活性化させるためには、耐久性に優れた社会資本をより効率的・効果的に整備していくことが求められている。

本研究は、設計の信頼性と自由度を高め、新技術、新材料の開発・活用を容易にする性能設計法の導入に必要な技術及び各種構造物の耐久性を向上させる技術の開発を行い、効率的・効果的な社会資本の整備に資することを目的とする。

■ 目標

① 新形式道路構造・土工構造物等の社会資本の性能評価・性能向上技術の提案(図-15.1)

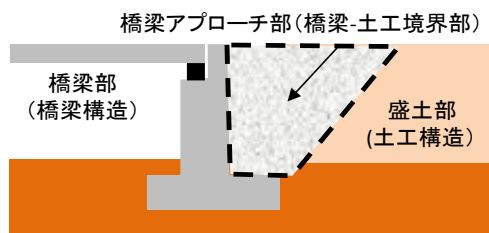
性能設計法が確立されていない新しい形式の道路構造(橋梁アプローチ部に人工材料を用いた構造体、連続加幅ト形式など)や土工構造物の性能評価法の開発を行う。

② コンクリート構造物、橋梁及び土工構造物の耐久性向上技術の開発(図-15.2)

施工時における品質を確保することによりコンクリート構造物、橋梁及び土工構造物の耐久性を向上させる技術の開発を行う。

■ 貢献

本研究成果を関連する技術基準、指針等に反映させ、普及させていくことにより、性能設計法の現場への導入が進み、効率的・効果的に社会資本を整備することが可能となる。また、各種構造物の耐久性の向上が図られ、社会資本の長寿命化を図ることが可能となる。



連続加幅ト形式の構造体



土工構造物の例：補強土壁

図-15.1 性能評価法の開発を行う構造物

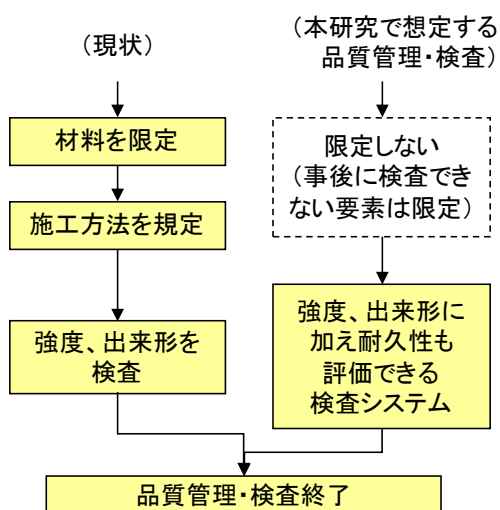


図-15.2 コンクリート構造物の耐久性を確保するための検査システム

■ 25年度に得られた成果(取組み)の概要

① 性能規定化に対応した新形式道路構造の評価技術に関する研究

地震時の橋台の応答変位は、橋台背面に EPS 盛土を設置した場合(条件1)、盛土を設置しない場合(条件2)より、むしろ普通盛土を設置した場合(条件3)に近い挙動を示した。一方、条件1の橋台天端の最大応答加速度は、条件2と同様の傾向となり、橋台本体部で応答加速度が増幅した。また、地震時に橋台に作用する土圧は、条件3に比べて条件1の中間床版位置での作用力が大きくなった(図-15.3)。

② 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

スケリング・ひび割れが複合化した凍害の進行性及び塩化物イオンの浸透性について、夏季に受ける乾燥・乾湿の影響に着目し、凍結防止剤を含む融雪水に見立てた塩水を試験水に用いた凍結融解試験と乾湿繰り返し試験を交互に行った結果、凍結融解と乾燥・乾湿の交互作用によって生じる膨張収縮挙動は、塩水と凍結融解の複合作用による凍害の進行性と密接な関係にあることを明らかにし(図-15.4)、スケリング及び相対弾性係数の予測式を検討した。

③ 積雪寒冷地における冬期土工の品質確保に関する研究

積雪寒冷地における冬期盛土に関しては、盛土の施工速度を速くすることで凍結回数が減少し、凍結深さを縮減させることで冬期に凍上した盛土の融解時間が短縮され、沈下を早期に収束できることを確認した(図-15.5)。また、断熱材の利用や非凍上性材料による盛土は、夜間休止による変状の抑制に効果的であることを確認した。生石灰系固化材による改良では、混合時の発熱を利用することで、強度発現の可能性があることを確認し、さらに凍結した部分を除去した後に転圧すると、より強度が大きくなることも明らかになった。

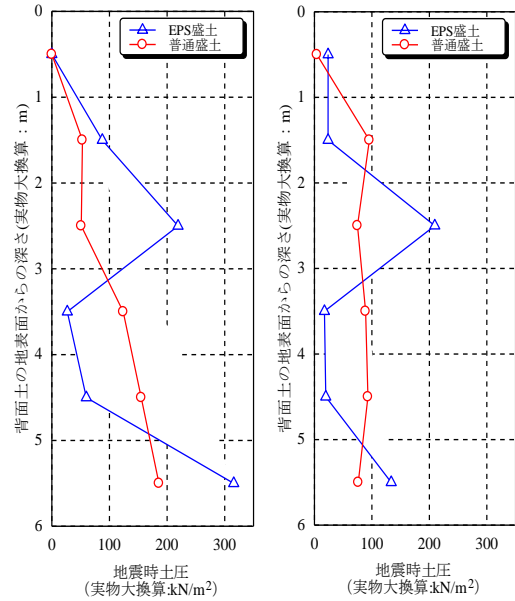


図-15.3 地震時の最大土圧 (L2 加震時)

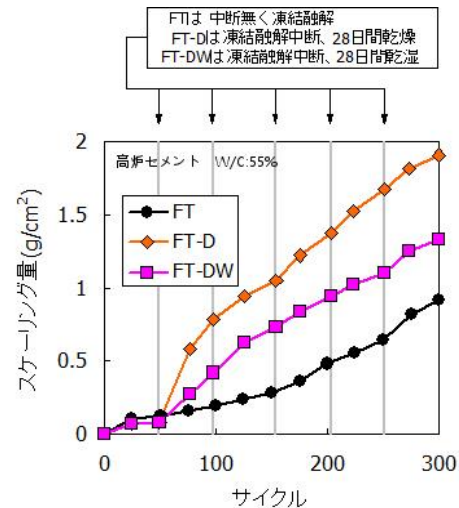


図-15.4 凍結融解乾燥とスケリング量

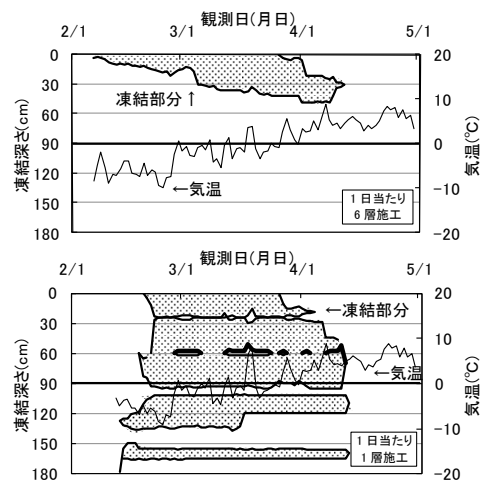


図-15.5 施工速度と凍結深さの関係

プロ-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

■ 目的

社会資本整備を取り巻く社会情勢が変化の中で、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である。特に寒冷地域では、冬期道路の機能維持・向上に向けて、投資と機能が均衡する管理技術が求められる。

本研究では、寒冷地域の冬期道路のパフォーマンスの維持・向上に最も影響を与える要素として、冬期路面水準の評価・判断支援技術の開発、除雪効率化向上のための技術開発(図-16.2)、冬期歩道の安全性・信頼性向上技術の開発および冬期交通事故対策技術の開発に取り組む。

■ 目標

- ①冬期道路管理の効率化、的確性向上技術の開発(図-16.1)
- ②冬期歩道の安全性・信頼性向上技術の開発
- ③冬期交通事故に有効な対策技術の開発(図-16.3)

■ 貢献

効率的で的確な冬期路面管理の支援技術および冬期歩道の雪氷路面処理技術等の開発を行い、その成果が「冬期路面管理マニュアル」等に反映されることにより、積雪寒冷地における冬期道路管理の効果的・効率的な事業実施および冬期の安全快適な歩行環境整備等に貢献する。

また、積雪寒冷地におけるスリップによる正面衝突事故、郊外部において重大事故に至りやすい路外逸脱事故の防止対策として、車両への衝撃が少なく、設置・維持補修が容易なたわみ性防護柵の技術開発を行い、車線逸脱事故削減に貢献する(図-16.4)。



図-16.1 連続路面すべり抵抗値測定装置(CFT)およびモニタリング結果の例

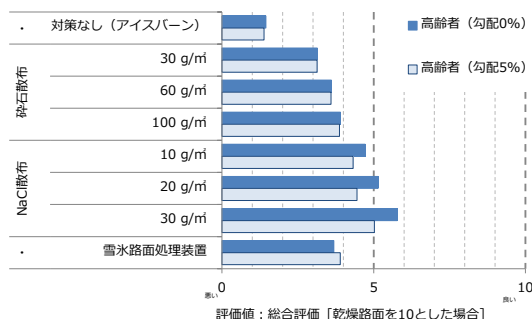
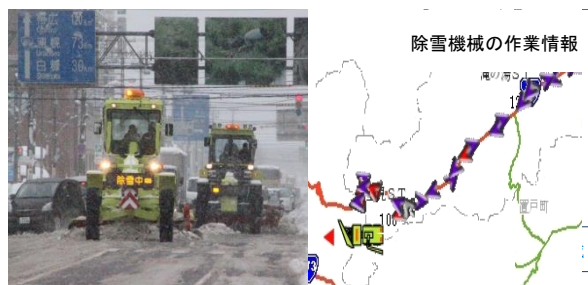


図-16.3 縦断勾配の違いと評価値の関係



図-16.4 車線逸脱防止対策技術の導入例

■ 25年度に得られた成果の概要

① 冬期路面管理水準の判断支援技術の開発

冬期路面管理水準の妥当性の検証するために、連続路面すべり抵抗値測定装置(CFT)を用いて現道における路面すべり抵抗モニタリング調査を行った。また、路線のすべり特性を説明するための基礎的分析を行い、すべり分布の再現性を気温と降雪の有無により検証した。

② 効率的な冬期路面管理のための複合的路面処理技術の開発

密粒度舗装を対象として野外走行試験を実施し、すべり抵抗値、路面氷膜厚、塩濃度等を測定し、その結果から路面氷膜厚とすべり抵抗値の関係を明らかにして散布後のすべり抵抗値を推定する手法を構築した(図-16.5)。

③ ICTを活用した効率的、効果的な除雪マネジメント技術の開発

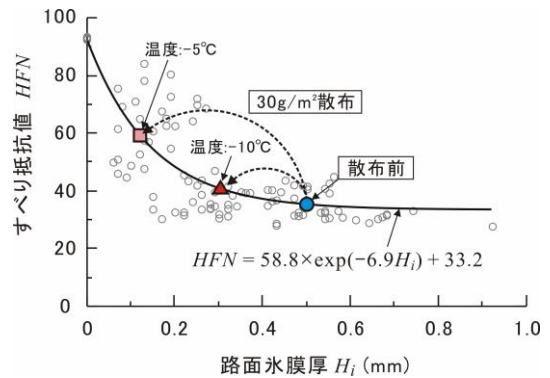
除雪機械稼働情報を可視化し、除雪作業効率を分析・評価する、「除雪作業効率分析・評価手順資料(案)」を作成した。また、除雪機械稼働情報をシステム上で可視化する「可視化機能」を開発した(図-16.6)。

④ 積雪期における安心・安全な歩道の路面管理技術の開発

バリアフリー区間の縦断勾配設計に関し歩行実験による主観的評価(図-16.3)を行った。また、雪氷路面処理装置の排雪機能と不陸追従性の向上を図り、性能確認試験を実施した(図-16.7)。さらに、すべり止め材散布技術および雪氷路面処理装置の効果を歩行実験により検証した。

⑤ 郊外部における車線逸脱防止対策技術の開発

23年度に開発した高速道路用柵に続き一般道路用柵の性能確認試験(図-16.8)を平成26年3月に実施した結果、防護柵設置基準のすべての基準値を満足し一般道路用の新たな防護柵の開発に成功した。大型車用ラブルストリップスについては冬期路面状況下での被験者走行実験を行い、警告効果と安全性の観点から技術仕様を検討した。



HFN: CFTから得られるすべり抵抗値。値が大きい程すべり抵抗が大きいことを示す。

HFN=100→乾燥路面, HFN<45→圧雪, 凍結路面

図-16.5 路面氷膜厚とすべり抵抗値

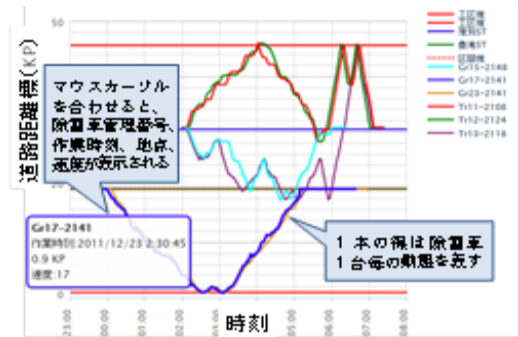


図-16.6 可視化機能を用いた除雪情報の可視化例



図-16.7 雪氷路面処理装置の性能確認試験



図-16.8 一般道路用柵の性能確認試験

【プロジェクト研究成果例】プロ-3 耐震性能を基盤とした多様な構造物の機能を確保するための研究

【津波の影響を受ける橋の挙動と抵抗特性に関する研究】

■津波に対する橋の挙動メカニズムの解明

津波が作用する時の橋の挙動を再現できるように、1/20の大規模な模型を用いた水路実験を行った(図-1)。これにより、津波が橋桁に到達する時の津波の特性や橋桁の断面特性の違いに応じた橋に生じる挙動のメカニズムを解明した。

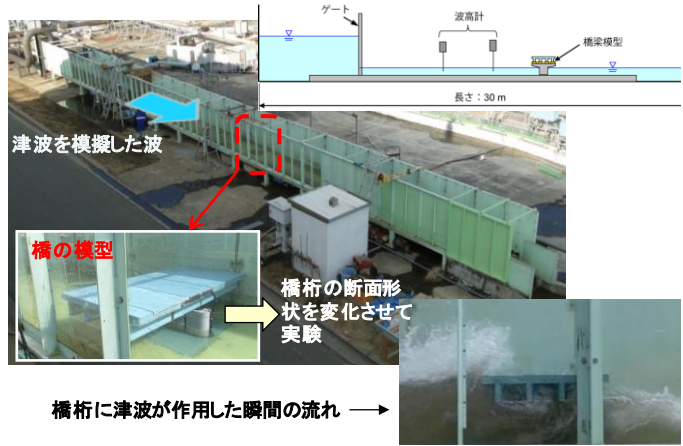


図-1 水路実験の全景と橋桁周辺での津波

■橋に影響を及ぼす津波の作用状態と橋に作用する力の評価手法の提案

上記の水路実験の結果や、橋に津波が作用したときの実際の映像等を基に、橋に大きな影響を与える津波の作用状態として、図-2に示すような3つの状態があることを明らかにした。そして、それぞれの状態に対して、津波により橋桁に作用する力を評価する手法を、水路実験の結果との比較に基づいて提案した。さらに実際に津波により浸水した橋梁(別途、津波特性と橋の構造条件が明確に判明している9橋)を対象として、提案した手法を用いて被災の判定を行った(図-3)。その結果、橋桁が流出した橋梁では、水平又は鉛直方向に生じた支承反力のいずれかが、その耐力を上回っていた。逆に橋桁が流出しなかった橋梁では、水平及び鉛直方向に作用する支承反力は、共にその耐力を上回らない結果となった。これらの結果より、提案した手法により実際の被害と整合した評価ができることを実証した。

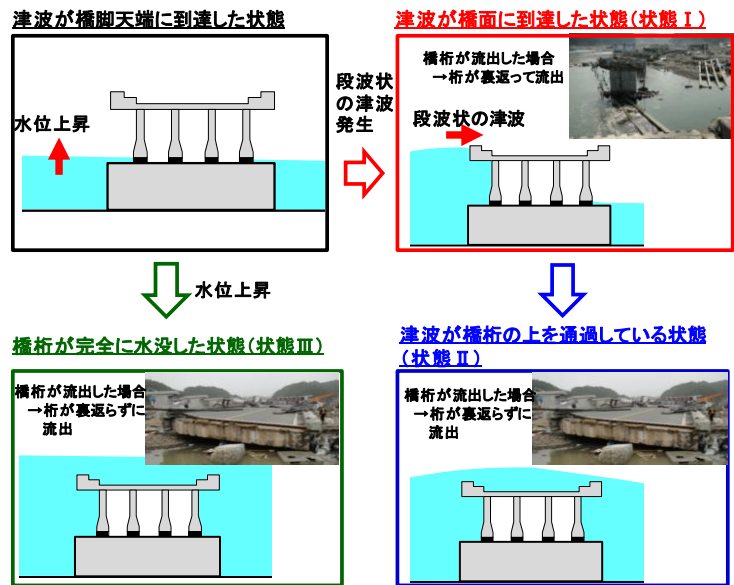


図-2 橋桁に大きな影響を与える津波の作用

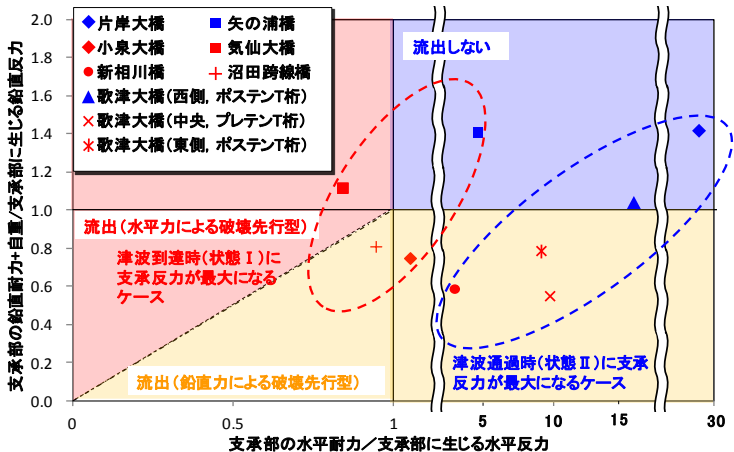


図-3 支承部の耐力評価と実橋での被災状況との整合性

【プロジェクト研究成果例】プロ-8 河川生態系の保全・再生のための効果的な河道設計・河道管理技術の開発

【河川生態系と河川流況からみた樹林管理技術に関する研究】

近年、河道内の樹林域の急速な増加は、河積阻害による流下能力の低下など治水上のリスクを高める一方で、河川特有の植物生息地の減少等生物多様性の低下が危惧される。治水上行われる樹林伐採は、河道内に樹林が顕在化し、治水上のリスクが高まった場合に対応されることが多く、伐採量が多くなりがちで、費用の増加へと繋がっているほか、伐採等を行った後、速やかに再樹林化する場合があるなど課題も多く、効果的な管理の方法が求められている。

■樹林成長や群落形成に影響を与える物理・化学的要因の解明

樹林化で問題となるハエゾに注目し、その成長・群落形成と物理環境要因・化学的要因との関連性について検討した。物理環境としては、冠水頻度が低く河床変動量が少ない安定した陸域にハエゾが侵入しやすいこと、化学的環境としては、土壌中窒素含有量が 1ug/mg 以上の区域に侵入しやすいことが判った (図-1)。

■伐採方法等の違いが河川植生に与える影響の解明

主要な河道内樹林化要因樹種であるヤギ、ハエゾ、タを対象に、伐採方法の違いが河川植生に与える影響の解明を行った結果、ヤギは環状剥皮と覆土により完全に萌芽再生を抑制でき、ハエゾは環状剥皮・伐採・除根により株萌芽を概ね抑制できること、タ類は伐採・除根・天地返しを組み合わせることにより株萌芽をほぼ抑制できることを明らかにした。

■伐採後の流況変化が周辺環境に与える影響の解明

阿賀野川水系阿賀川と五ヶ瀬川水系北川において河床変更計算を用いて大規模な出水時での樹林伐採による流況変化と周辺環境に与える影響を評価した。樹林は平面流況に大きな影響を与え、流速の増加 (阿賀川)・低減 (北川) の両方の機能を持つことを明らかにした (図-2)。また、河床勾配の大きい阿賀川では水面購買の変化に伴う流速増加に、北川の湾曲河道では流線の変化に注意して、樹林抑制の計画を立てるべきことを明らかにした。

■河川樹林管理の技術提案

伐採後の再生・成長とトータルコストを考慮し、最適な河川樹林管理方法を提案した (図-3)。

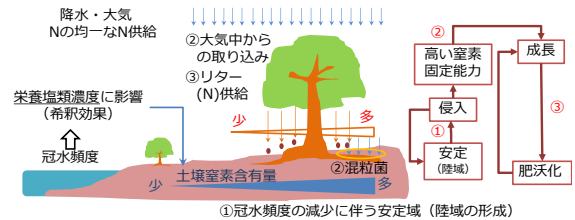


図-1 ハエゾの侵入と成長の機構

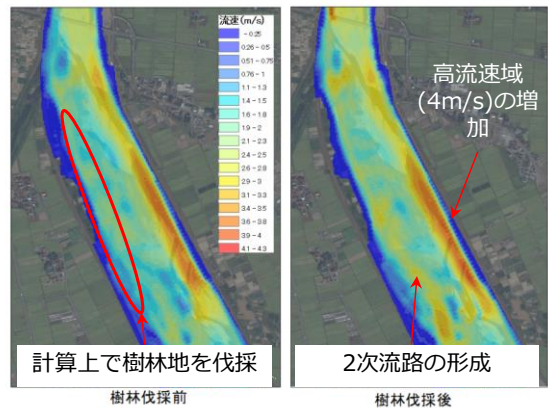


図-2 河床変動計算による阿賀川の流速変化

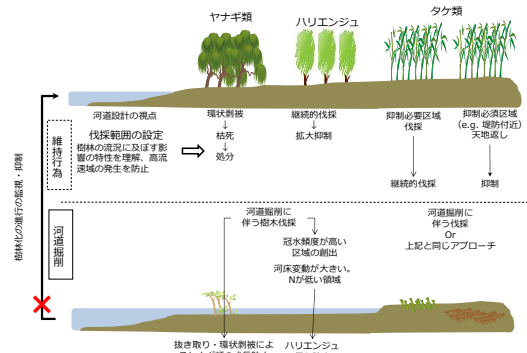


図-3 最適な河川樹林管理方法

【プロジェクト研究成果例】 プロ-12 環境変化に適合する食料生産基盤への機能強化と持続性のあるシステムの構築

【田畑輪作を行う大区画水田における灌漑排水技術と用水計画手法に関する研究】

北海道内の水田地帯では、戸当たり農地面積の拡大が進んでいる。そのため、労働生産性の向上を目指して、地下灌漑の可能な大区画水田の整備が行われている（写真-1、図-1）。整備による圃場条件の変化によって直播栽培など新たな栽培方式の導入が始まっており、水田への取水の量・時期に変化が生じている。本研究では、このような水利用特性や用水量の変化の把握と、それらの水需要に対する安定した用水供給技術の開発に取り組んでいる。

整備後の水田では、従来からの地表灌漑のほか地下からの灌漑が可能である。地下灌漑では、約10mの間隔で水田の長辺方向に埋設されている暗渠管を通じて用水が供給される（図-2）。地下灌漑時の地表面タッチによって、水田中心部でも周縁部に大きく遅れることなく湿潤状態にできることを確認した。また、地下水位の観測によって、下層土や作土での用水の移動パターンが明らかになった。水稻を連作している水田では、用水は砂利による暗渠埋戻し部を満たした後、速やかに作土層で水平方向に広がった。一方、数年間の畑地利用の後に水稻作を行った水田では、下層土に乾燥亀裂が生じているため、用水の移動パターンは連作田と異なっていた。このような用水の移動パターンの違いが用水量に与える影響は、今後定量的に分析する。

地表灌漑の場合は用水の流入部付近で圃場内に向かう水の流れが生じるのに対し、地下灌漑では圃場面で生じる水平方向の流速は小さい。地下灌漑が可能であれば、活着前の種子が流されるおそれが小さいために、直播栽培が容易になる。調査地区では直播栽培が徐々に拡大している。圃場の水管理調査結果では、移植栽培圃場と直播栽培圃場での取水の特徴の違いが明らかになった（図-3）。一般的な栽培方式である移植栽培では代かきや移植の時期に大量の用水が必要であるのに対し、直播栽培圃場では種子が活着するまでの浅水管理（作土を湿潤状態に保つための約1週間おきの灌漑）が、取水強度や1回ごとの取水量の点からみて大きいことがわかった。移植栽培と直播栽培で水需要の大きな時期が重なる場合には、地域の配水に支障が出る可能性がある。そのため、約70ha規模の配水区域を事例とした配水シミュレーションを行って、その結果を用いて配水管理技術のマニュアル案を作成した。

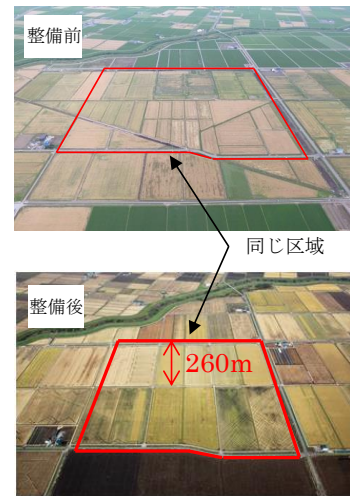


写真-1 水田の大区画化（写真は北海道開発局による）

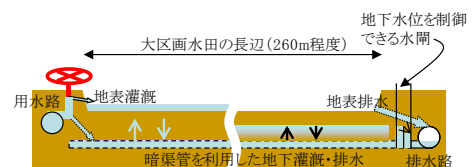


図-1 整備後の水田の灌漑排水システム

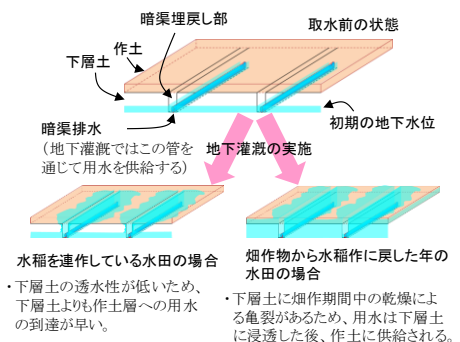


図-2 地下灌漑での用水の移動

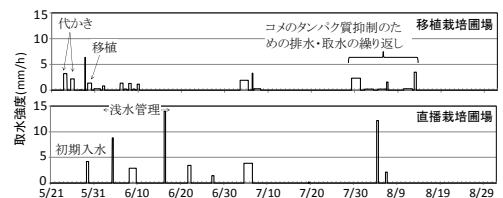


図-3 栽培方式別の圃場取水（平成23年）

