

河川砂防技術研究開発

【成果概要】

①研究代表者		氏 名 (ふりがな)	所 属	役 職					
		根岸淳二郎 (ねぎしじゅんじろう)	北海道大学 地球環境科学 学研究院	准教授					
②技術研究 開発テーマ	名称	氾濫原水域保全・再生に資する物質循環および水生生物相とその分布経緯の解明							
③研究経費 (単位: 万円)		令和 元年度	令和 2 年度	令和 3年度	総 合 計				
※端数切り捨て。		172.8万円	197.9万円	125.9万円	496.6万円				
④研究者氏名 (研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。)									
氏 名		所属機関・役職 (※令和4年3月31日現在)							
豊田 和弘		北海道大学大学院地球環境科学研究院・准教授							
小泉 逸郎		北海道大学大学院地球環境科学研究院・准教授							
石山 信雄		北海道立総合研究機構 林業試験場 森林環境部・環境グループ・研究主任							
⑤研究の目的・目標 (様式地河-1、地河-2に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。)									
背景・課題 石狩川の堤内地氾濫原水域(後背湿地や河跡湖)は歴史的に洪水時の冠水や破壊、人工的なショートカットによって形成され、陸域と水域の中間的な止水環境を有する最も生物多様性の高い生態系の一つであり、多種の生物に貴重な生息場を提供している。一方で、周辺からの栄養塩流入などの環境負荷が増加していることから生物多様性の保全等のため水域環境を向上させることが課題となっているとともに、内水を一時貯留するなどの治水機能を向上させることが見込まれることから生態系機能と治水機能を包括的に満たす水域管理が期待される場所である。特に水域内部の底泥環境の現状と水質形成への影響、そして、生息する水生生物の分布経緯やその個体群の健全性についても科学的根拠に基づく理解が不十分である。これらの知見ギャップは、複数の保全・再生対象候補水域から事業妥当性に基づく対象地の絞り込み、水域管理の目標設定、そして有効な事業評価モニタリング手法設計の障壁となっている。これらが明らかになれば、他の氾濫原管理への適用も見込まれる。 目的 水域内の物質循環と水域を特徴づける種の分布経緯との関係を基に、石狩川近傍の氾濫原水域の生態系構造に関わる基盤情報を得る。 調査・研究内容及び成果 現地調査と既存データの活用を通して、堆積底泥が水質形成に果たす役割および生物や食物網への影響の解明、そして、物質循環・食物網・生物生息環境を関連した概念・予測モデルの作成を行う。学術的新規性と河川管理上ニーズの高い科学的な情報を提供する。 研究成果の河川整備・管理への反映 当該地域の氾濫原水域の保全や再生・改善事業、維持管理及び気候変動下における内水対策などの治水機能の向上を進める際に、生態系の構造や物質循環の観点から具体的な根拠を与えることができる。									

⑥研究成果

(具体的にかつ明確に記入下さい。4ページ程度。)

本年度は、最大29の氾濫原水域を対象に、水質形成過程における底泥質の経年変化の影響経路の把握（研究課題1）、そしてイシガイ科在来種に特異的な環境DNAモニタリング手法の開発（研究課題2）およびイシガイ科在来種再生産のボトルネック要因の把握（研究課題3）について調査研究を行った。方法の詳細は報告書に記載し、ここでは、その多くを割愛した。

研究課題1：底泥質時間的变化、制限要因抽出、および水質と連環

水質および底泥特性について、2003-2006年の過去データ（MLITデータ）と本助成での取得データ（2019データ）を比較した。これにより、底泥による水質形成過程の時間変化を明らかにした。MLITと2019データセット間で時間変化傾向は、環境水の水質項目間で異なる応答を呈した（図1）。全窒素については、有意な時間変化を示さなかった、全リンは有意に増加し、クロロフィル量は減少した。同一データを対象に、季節を固定効果に含めて再解析すると、これら時間変化には季節に特有の変化があることが明らかになった。全リンは特に夏季に2019データで上昇し、秋季の時間の上昇は小さかった。一方で、クロロフィル量は季節を問わずに2019データで減少する傾向を示した。環境水中の全リンを説明する要因は夏・秋両季節ともにデータセット間変化があった。夏については、底泥中の全リンがMLITデータでは有意ではなかったが、2019データでは有意に正の説明力を呈した。秋についても、底泥中の全リンがMLITデータでは有意ではなかったが、2019データでは有意に正の説明力を呈した。また、両季節において、集水域に占める市街地の占める割合が有意に正の説明力を有する傾向は、両データセットに共通して維持された。さらに、環境水中のクロロフィル量を目的変数、底泥中の全リンを説明変数とした回帰分析により、2019年の夏季には有意な関係が見られなかった。一方で、秋季に関しては、両データセットとも正の有意な説明力が認められた。本研究では、底泥が水質形成に果たす度合いが経年的に強化されていることが示唆された。今後、窒素流入が進む場合、底泥、栄養塩類の濃度、植物プランクトン量の著しい上昇と、生態系の様相が大きく変化することも予想される。

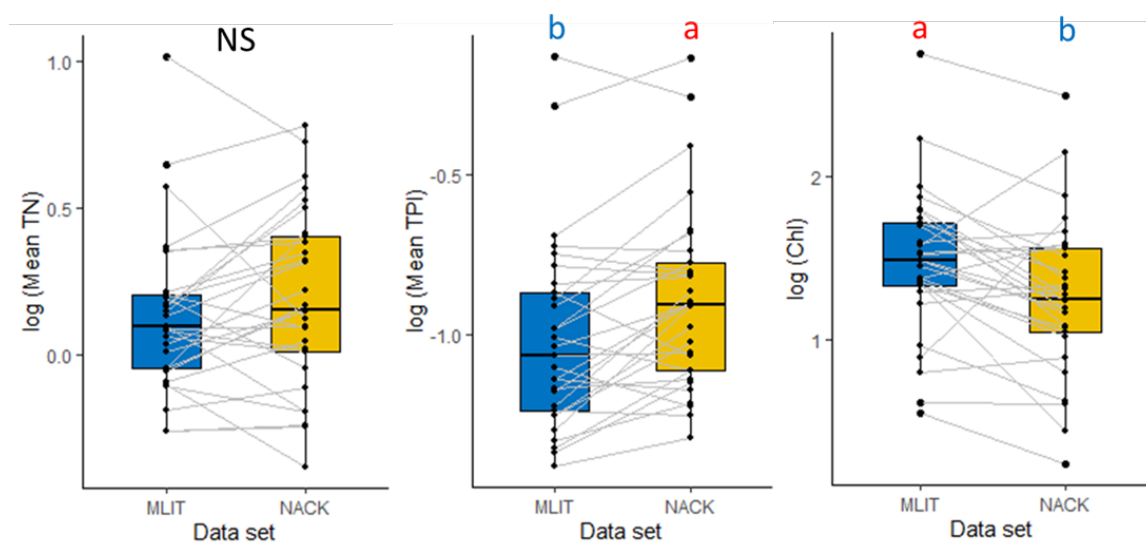


図1 全窒素、全リン、クロロフィル量の二つのデータセット間比較を示す。“Nack”は2019データに対応する。

研究課題 2：環境 DNA による生物生息場環境把握技術：分布および再生産

対象種であるカタドブガイ (*Buldotskia iwakawai*) の生息密度が異なる対象14水域を選び野外調査および室内実験を行った。野外にて採取、あるいは水槽から採取した水試料はグラスファイバー濾紙上に保持・冷凍固定したのち、DNA抽出、TaqManプローブ法を用いた定量PCRによる校正・測定を経て、単位環境水量中の対象種DNAコピー数として定量化した。14水域での環境DNA濃度は、既往のCPUEとは有意な関係を示さなかったが、著しく高い値を呈した2水域を排除し再解析を行うと、後者の増加は前者の増加を有意に説明した(図2)。野外での継続的な採水による環境水中の環境DNAの測定により、季節の進展とともに両水域でDNAコピー数は徐々に低下する傾向が見られた。同時に、水質も変化し、pHの低下やECの上昇などの時間的な変化が確認された。実験水槽中では、妊卵個体の環境DNAコピー数が有意に増加し、特に、3月の実験において非妊卵個体のコピー数に対する増加の程度が顕著であった(図3)。本種においても、分布(生息有無と生息数)の把握において、環境DNA手法の有効性が示唆された。今後、水質の影響を排除あるいは、校正するためのPCR手法の適応を検討する必要がある。

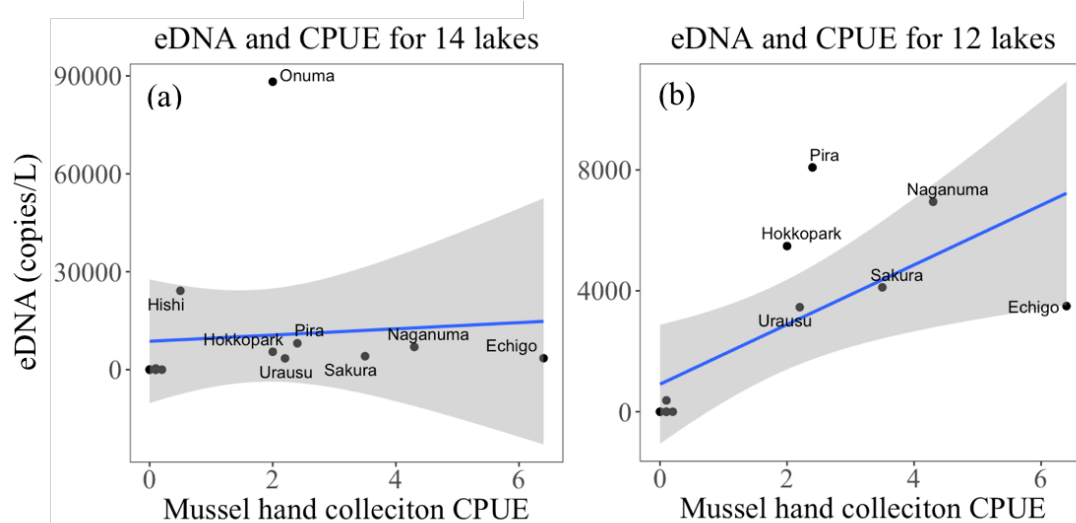


図2 既往知見に基づく CPUE (横軸) に対応した環境 DNA コピー数対応関係を示す。右図では、外れ値を示した 2 水域の値を除去して回帰分析を行った。

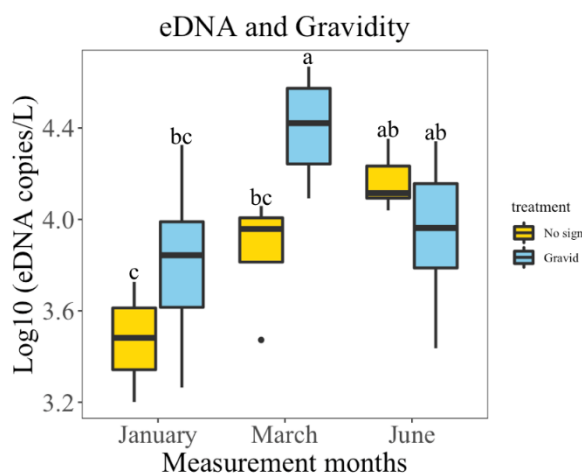


図3 実験環境下での妊卵状況(妊卵状況は実験前年の再生産ステージ初期の状態に応じて割り当てられている)に応じた水中のDNAコピー数時間変化を示す。6月にはどの個体も妊卵を終えていた。また、3月には水槽内で雌個体が幼生放出を行っていた。

研究課題3：イシガイ類の再生産状況の詳細把握：サイズ・性依存の差異残率と再生産ボトルネック

対象種であるカタドブガイ (*Buldowskia iwakawai*) の成貝が比較的高い密度で生息している二か所を対象に野外調査を行った。野外で個体採取し、全個体について、測定開始約1年後の2021年の11月に生残個体の確認を行い、性判別を同様に行い、初期に記録した個体に対しての生残率を算出した。時間とともに、幼生の成熟度が上昇し、翌年春にかけて幼生の放出による妊卵個体の割合が低下した(図4)。両調査地において、妊卵した雌個体の生残率が雄よりも低く、半数以上が一年以内に死亡した。特に、大沼においては妊卵した雌成貝の生残率が25%程度と著しく低かった(図5)。また、稚貝は、大沼でのみ確認され、その生残率は成貝のそれよりも著しく高く89%に達した。幼生の生産までには大沼においても再生産に関して著しい制限がかかっていないことを示唆する。特に、大沼での雌個体の生残率が低い理由は、貧酸素状態の強度が大沼において相対的に高い可能性が挙げられる。その結果、放出した幼生が大沼では生存できず、その後の魚類寄生、稚貝変態とその後の成長が制限されている可能性が示唆された。

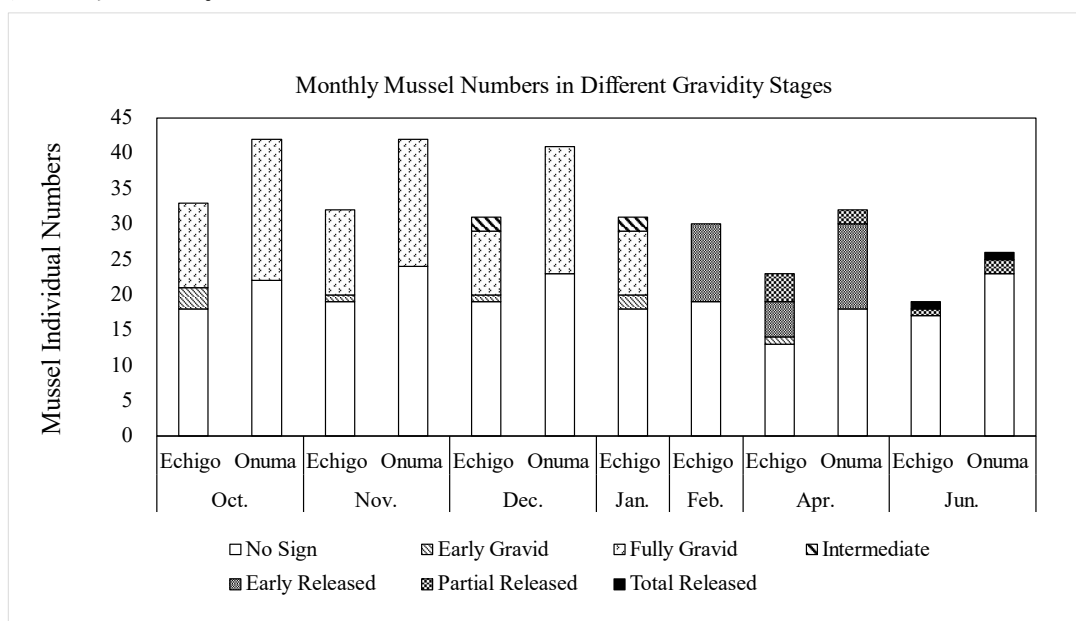
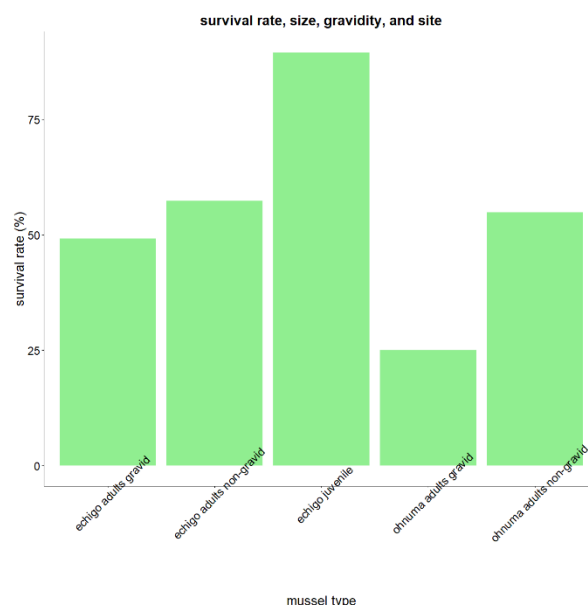


図4 野外観察による対象個体の妊卵状況の時間的变化を示す。1月2月は大沼の測定は著しい降雪のため実施できずデータが欠損している

図5 測定場所、個体サイズ、性に対応した約1年間の個体生残率を示す。縦軸は生残率(%)を示す。横軸ラベルは、左から、①越後沼・成貝・妊卵、②越後沼・成貝・非妊卵、③越後沼・稚貝、④大沼・成貝・妊卵、⑤大沼・成貝・非妊卵、を示す。



⑦研究成果の発表状況・予定

(本研究の成果について、論文や学会への投稿等又はその予定があれば記入して下さい。)(以下記入例)

- ・これまでに発表した代表的な論文
- ・著書(教科書、学会抄録、講演要旨は除く)
- ・国際会議、学会等における発表状況
- ・主要雑誌・新聞等への成果発表
- ・学術誌へ投稿中の論文(掲載が決定しているものに限る)
- ・研究開発成果としての事業化、製品化などの普及状況
- ・企業とのタイアップ状況
- ・特許など、知的財産権の取得状況
- ・技術研究開発成果による受賞、表彰等

学術論文発表

Ishiyama, N., Miura, K., Yamanaka, S., Negishi, J. N., & Nakamura, F. (2020) Contribution of small isolated habitats in creating refuges from biological invasions along a geomorphological gradient of floodplain waterbodies. *Journal of Applied Ecology* 57: 548-558.

泉北斗・根岸淳二郎・三浦一輝・伊藤大雪・Pongsivapai Pongpet (2021) 石狩川氾濫原水域におけるイシガイ目二枚貝の生息分布と生活史特性. *応用生態工学会誌* 23: 1-20

Pongsivapai, P., Negishi, J. N., Izumi, H., Garrido, P. A., & Kuramochi, K. (2021). Morphometry-Driven Divergence in Decadal Changes of Sediment Property in Floodplain Water Bodies. *Water*, 13(4), 469

Wu, J., Izumi, H., & Negishi, J.N. Glochidia survival as a bottleneck of reproduction of *Buldowskia iwakawai* in Ishikari River floodplain. *Limnology* (投稿準備中).

Pongsivapai, P. & Negishi, J. N. Seasonally variable sediment-water interactions explain eutrophication of Ishikari floodplain waterbodies. *Environmental Pollution* (投稿準備中).

学会等口頭発表

Pongsivapai, P., Negishi, J. N., & Garrido, P. A. The spatial variations of water quality and sediment characteristics in the Ishikari Floodplain water body. The 5th EnvironmentAsia International Conference on Transboundary Environmental Nexus: From Local to Regional Perspective, Chiang Mai, Thailand (June 13-15, 2019)

泉北斗 石狩川氾濫原に生息する淡水二枚貝フネドブガイの種と由来特定 北大環境科学院研究成果発表会 (2020年3月13日)

泉北斗・根岸 淳二郎・Wu Junyi・三浦 一輝・伊藤 大雪・町田 善康・秋山 吉寛・福井 翔・渥美 圭祐・小泉 逸郎 石狩川氾濫原における淡水二枚貝フネドブガイ類の分子系統解析 応用生態工学会年会 (2021年9月23日)

Wu, J., Kanbe, T., Mizumoto, H., Izumi, H., Koizumi, I., Araki, H., & Negishi, J.N. Development of eDNA detection system for evaluating abundance and reproduction of freshwater mussels in the Ishikari river floodplain; The 4th annual meeting of The eDNA Society; Online; Nov.2021; 2021

⑧研究成果の社会への情報発信

(ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。)

該当なし

⑨表彰、受賞歴

(単なる成果発表は⑦⑧に記載して下さい。大臣賞、学会等の技術開発賞、優秀賞等を記入下さい。)

令和元年度 北海道大学 環境科学院 研究成果発表会 優秀研究賞
石狩川氾濫原に生息する淡水二枚貝フネドブガイの種と由来特定 (修士課程2年泉北斗)

⑩研究の今後の課題・展望等

(研究目的の進捗状況・達成状況や得られた研究成果を踏まえ、研究の更なる発展や河川政策の質の向上への貢献等に向けた、研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。)

本年度の研究により、水質形成過程が集水域特性と内部要因の複合的な産物であることが示された。水域内部の物質循環においては底泥からのリンの溶出や夏季の窒素制限が水質形成に比較的大きな影響を有していることが示唆された。溶存酸素の詳細な把握や、溶出過程のモデル化などを行うことで将来予測などにも適用できる知見となるが、これらは今後の重要な課題である。

イシガイ類の一種に関して、環境DNAによる分布や再生産状況の把握技術が確立できた。特に、生息分布の把握についてその実用性は高く、今後他種や他時期での測定を重ねることにより、低コストで効率的な環境モニタリングのツールとしての実務レベルでの使用が可能になろう。PCR阻害を引き起こす環境水の各種特性の影響を排除する手法を確立ことが今後の研究の重要課題である。一方で、対象種の再生産過程は幼生放出のステージで制限がかかっている可能性が示された。この制限がなぜ起こるのか、水底部の水質との因果関係を解明することも必要である。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

(本研究で得られた研究成果の実務への反映等、河川政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。)

水質形成機構に関わるこれまでの成果から、水質改善に向けて、流域対策と内部底泥対策を平行して行うことによる環境改善効果の効率化が目指せると考えられた。また、リン濃度が上昇しているのが主に水温が高く窒素が律速しやすい夏季であり、この時期に窒素流入が増加した場合、リンの植物プランクトン利用が活発になり、水質劣化が著しくなることが予想されるため、水質形成機構の季節性を注意深く理解した上での環境管理への配慮が必要である。

イシガイ類の生残率の低さには底泥の貧酸素状態が関わっている可能性が高い。このことは、リン溶出を低減する、あるいは生物種の生息環境を改善するなどの複数の管理上の重要目標において、底泥環境の改善が優先度を持って実施すべき重要な項目であることを示唆している。対象種はろ過食者として現状の水質維持に大きく貢献していると考えられ、今後、本分類群の再生産停止、成貝の局所絶滅が生じると、水質の一層の劣化を含む環境の不可逆的変化が起こる可能性も否定できない。管理上の配慮が必要である。