

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
	岩崎 理樹 (いわさき としき)	北海道大学	准教授
②研究テーマ	名称	大量アンサンブル降雨－流出計算データを利用した流路変動解析による河道被災リスクの定量評価手法の構築	
③研究経費 (単位: 万円) ※端数切り捨て。	令和2年度	令和3年度	合 計
	988 万円	437 万円	1425 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)		
清水 康行	北海道大学工学研究院・教授		
泉 典洋	北海道大学工学研究院・教授		
山田 朋人	北海道大学工学研究院・准教授		
久加 朋子	富山県立大学工学部・准教授		
井上 卓也	広島大学大学院先進理工系科学研究科・准教授		
川村 里実	寒地土木研究所・主任研究員		
星野 剛	寒地土木研究所・研究員		
⑤技術研究開発の目的・目標	<p>本研究の目的は、流量や土砂供給、初期河床条件などの多様な初期・境界条件のもとに誘発される砂州や流路変動によって生じる高水敷侵食、堤防欠損、護岸破壊などの河道内における侵食リスクを定量的に評価し、従来の不定流解析等の洪水流解析をもとに検討されている河川計画・河道維持管理に十分に考慮されていない上記要素を考慮するための知見を得るものである。現況の河道計画においては、流路変動等に起因する川幅の拡大、それに伴う侵食リスクといった要素は必ずしも十分に考慮されておらず、現在の河道がどのような侵食リスクを持っているか、また将来的にそのリスクがどのように変化しうるかを明らかにすることは、今後の河道計画、維持管理にとって非常に重要である。一方、複雑な条件により発生する侵食リスクを評価する一つの方法として、生じうる多数のシナリオを想定することが有用と考えられるが、現在整理されている既往の流量等のデータのみでは必ずしも十分ではないと考えられる。</p> <p>そこで本研究では近年気候変動研究によって整備されている大量アンサンブル降雨データを流出解析して得られる大量流量ハイドログラフ群を整理・解析することにより、現況・将来で生じる流量ハイドログラフの特性について明らかにする。さらに、室内実験や現地データから検証される高精度流路変動数値解析モデルへ入力することによる数値実験や新たに構築する理論解析、並びに多様な個別要素で想起される流路変動を特徴化した室内実験、豪雨災害時に蓄積が進んでいる現地観測データと合わせて整理することで、河道内で生じる流路変動パターンを理解する。そのうえで、多数の流量ハイドログラフにより想起される流路変動シナリオから、最大侵食幅等の侵食リスク量がどの程度となるかを検討することで、侵食を考慮した河道計画、維持管理に資する知見を得ることを目標としている。以上の目標を達成するため、下記4つの達成目標を設定する。</p> <p>【達成目標1】大規模流路変動過程の理解とその予測モデルの高度化 【達成目標2】大量アンサンブル降雨－流出解析により得られる流量ハイドログラフの定量評価 【達成目標3】大規模流路変動を誘発する要因分析と河道内被災要因の整理 【達成目標4】大量河床変動－流路変動解析による現況と将来における河道被災リスクの評価</p>		

⑥研究成果

【達成目標 1】大規模流路変動過程の理解とその予測モデルの高度化

○大規模流路変動過程の理解・予測を可能とする数値計算モデルについて、より複雑な条件下の計算に耐える数値計算モデルの高精度化を行った。音更川で顕著な流路変動が見られた区間の諸元を参考した護岸を模したブロック模型を含む蛇行流路における移動床室内実験（図 1a）を行い、現地河川に見られるような護岸破壊を誘発する高水敷背面侵食現象を実験的に再現する（図 1b-c）とともに、このような急流河川に特有な流路変動—高水敷被災過程を二次元河床変動モデルによって十分精度よく再現できることを示した（図 1d）。これら室内実験、数値解析結果による検討から、高水敷侵食は高水敷に乗り上げた洪水流が高水敷の広い範囲で下流側に加速し、これが高水敷からの顕著な流砂の抜け出しを誘発することで、低水路護岸を沈下させ被災させるような高水敷の大規模侵食を引き起こすことを明らかにした。

○流量減衰時に活発に生じるといわれる流路不安定現象について、線形安定解析により理論的に検討を行った。従来の定常流量場における砂州に対する安定解析理論を、非定常流量場に適用可能とする理論を新たに構築し、流量の低減期を想定した条件において砂州不安定性がどのように変化するかを検討した。解析結果より、流量低減時には流量ピーク時よりも河床が不安定化し、砂州等が発生しやすくなることを明らかにした。これは、一般に流量減衰時に生じる強い流路不安定現象と矛盾はなく、流量減衰に伴う大規模流路変動現象を理論的に説明することができた。

○構築した数値計算モデルの流路変動現象、並びにそれに誘発される河道内被災に対する一般性を示すために令和元年台風 19 号時に千曲川で見られた砂州—流路変動に伴う上田電鉄落橋被災（図 2a-b）について再現計算を行った。計算結果は、現地で見られた堤防流失とそれに起因する落橋が、洪水前に固定化されていた砂州が流量ピーク時に発達・再移動するとともに、砂州の発達に伴い形成された水みちに流量減衰時の流れが集中することで河岸侵食と流路変動が活発化したことに起因する可能性を示した。得られた計算結果は、実際の堤防侵食位置を良好に再現しており（図 2c）、千曲川で見られた侵食による堤防流失についても急流河川で特徴的な活発な流路変動に伴うことを示すとともに、これまで音更川等北海道の急流河川において確認していた二次元河床変動モデルの一般性についても示すことができた。

○これら一連の数値・理論解析により、非定常流量時に生じる流路変動現象を力学的に合理的かつ、現地の状況と矛盾なく説明することを示すことが可能となっただけでなく、モデルの一般性についても評価でき、【達成目標 4】で実施する多数の流路変動解析に適用可能なモデル・理論体系を構築できた。

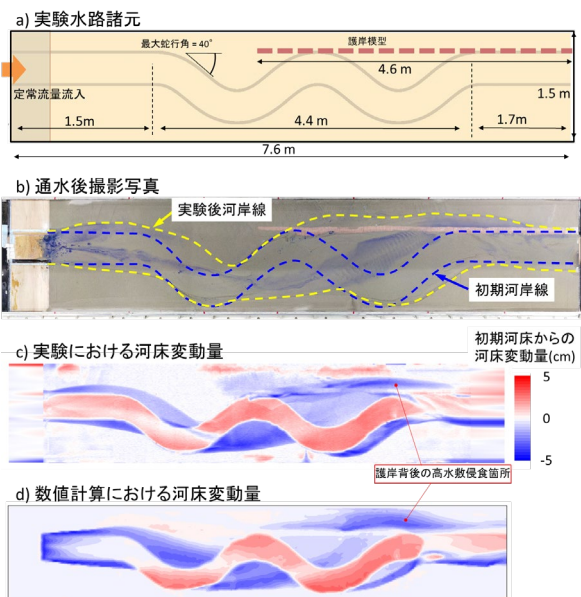


図 1 護岸を含む蛇行流路における高水敷侵食実験とその再現計算結果

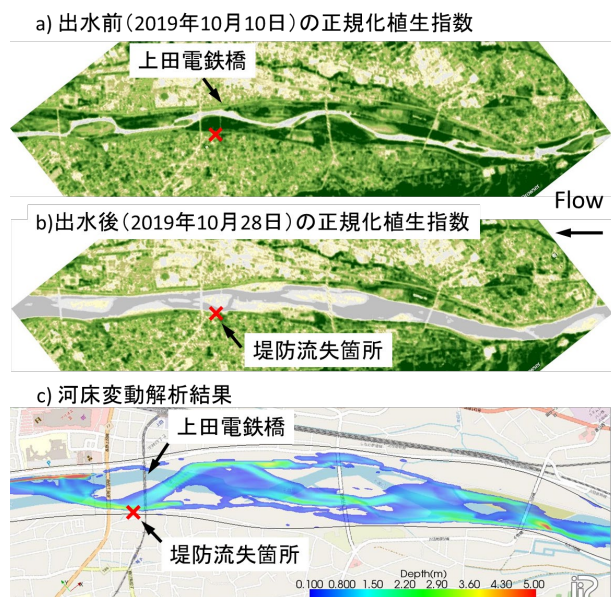


図 2 令和元年台風 19 号による千曲川上田地区の流路変動とその再現計算結果

【達成目標2】大量アンサンブル降雨—流出解析により得られる流量ハイドログラフの定量評価

○大量アンサンブル気候データである d4PDF を 5km 解像度へとダウンスケーリングしたデータを用い十勝川流域における降雨の空間分布とその空間偏差要因を明らかにした。また、d4PDF の大量の降雨波形群から大雨の時空間的な特徴に基づいたクラスター分類手法を提案し、各支川に対する危険な降雨イベントパターンを抽出した。さらに、十勝川流域内の各河川において生じうるピーク流量の地点ごとのばらつきを整理し、各河川に生じるピーク流量時間については大きなばらつきがあることを示した。これは流域内の危険度の空間分布は各降雨イベントで異なることを意味し、それぞれの降雨イベントにより生じる氾濫や流路変動現象については流域単位では様々な被害シナリオが存在することを示した。これらの検討に加えて、線状降水帯を形成する降雨セルの発達・移流が河川のピーク流量に与える影響を定量的に評価した。降雨量と保水能の両者の不確実性の影響も調べ、両者の降雨流出過程への影響を確率微分方程式により明らかにした。

○2016 年北海道豪雨時、大規模流路変動が生じた音更川上流を対象として d4PDF 降雨データを流出解析して得られた大量流量データ(図 3a-b)を解析することで、ハイドログラフのパターン分析を行った。K-shape クラスターリングにより、比較的大規模な洪水に限定した 600 程度のハイドログラフについて、ピークの卓越度合や継続時間等の波形の類似性により十数程度のハイドログラフで代表できることを示した(図 3c)。さらに、このように分類された各ハイドログラフの発生確率やピーク流量分布を現在・将来条件で求め、気候変動によるハイドログラフの変化について評価した(図 3d, e)。

○上記、単一のハイドログラフに対するクラスターリングに加えて、長期的な流路変動シナリオを考えるうえで必要となる、長期的な流量ハイドログラフ群についても検討した。現在・将来条件における各メンバーの年最大流量に対する確率水文統計より、長期的な観点から外力規模の大小を評価した。

○これらの大量ハイドログラフ群に対するクラスターリング及び確率水文統計により、従来の観測データからだけでは議論できない大量のデータをもとにして、重要と考えられる流量規模や形状特性を定量化可能となった。これらのハイドログラフを用いた流路変動解析を行うことで、より網羅的な条件における流路変動特性が把握でき、さらにそのような流路変動・侵食リスクを誘起するハイドログラフの発生確率も大量アンサンブルデータから整理可能することで、流路変動が誘発するリスクを現在、将来気候条件で評価可能となる。

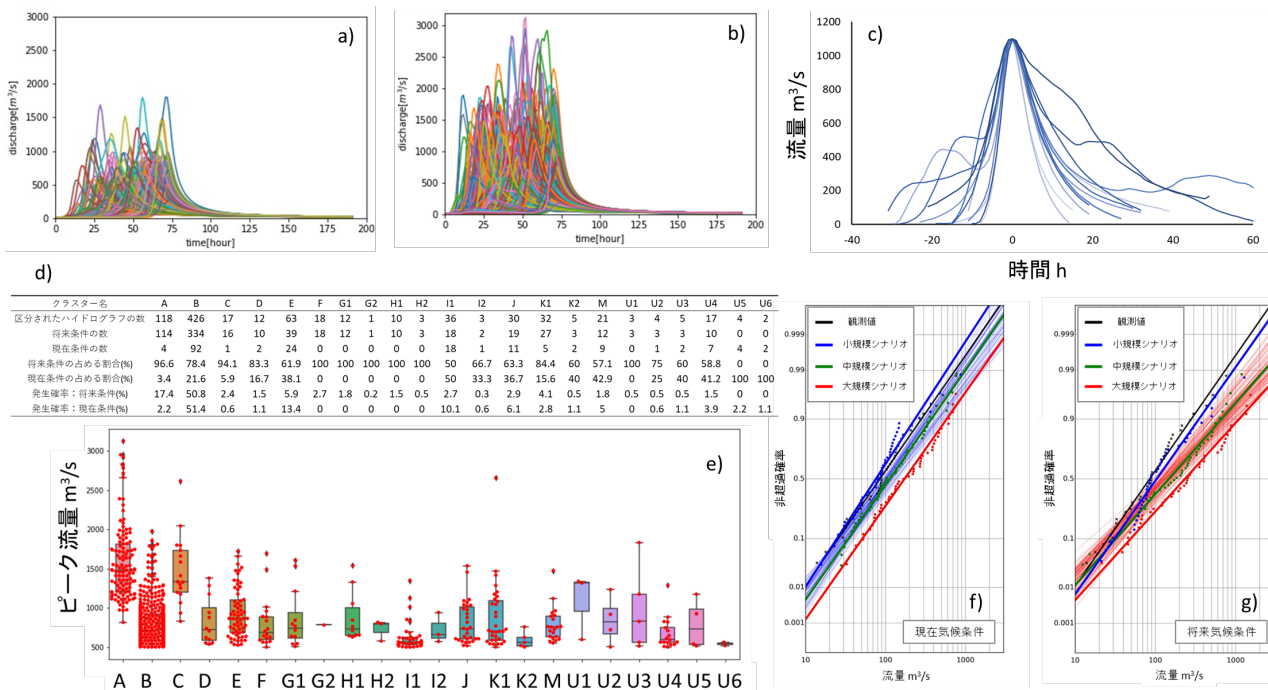


図-3 大量アンサンブル流量データの特徴化。a, b)対象とした音更川上流(士幌地点相当)での現在・将来気候条件で得られているハイドログラフ, c)クラスターリングにより代表されたハイドログラフパターン, d)各クラスターに分類されるハイドログラフの統計値, e)ピーク流量分布図, f, g)現在・将来条件において各メンバーで得られる年最大流量に対する確率水文統計結果。

【達成目標3】大規模流路変動を誘発する要因分析と河道内被災要因の整理

○急勾配河川において、ヤナギ等の河道内樹木には河岸侵食抑制効果が認められる一方で、大出水時には流れの集中する箇所等において樹木が局所的に流失し、その場所にて流路の側方移動を大規模化させることが指摘されている。この点について、札内川の1/20年確率洪水流量を模した大型水路実験を実施し、植生による河岸の耐侵食性の有無による出水時の流路変動特性の比較を行った。結果、本実験では植生の有無にかかわらず、蛇行流路は最終的に網状流路化した。しかし、流路拡幅を比較すると、出水途中に植生の流失が局所的に生じるケースの方が局所的な流路の側方移動量が大きくなることが示された(図4)。

○急流河川で生じる流路変動に伴う落橋について、2016年北海道豪雨時に生じた123例の被災橋梁事例を再解析し、多くの事例が上流側から生じる流路変動により被災していることを示した(図5)。これらの中で典型的な事例である石狩川水系九線橋の落橋事例に対して土砂追跡モデルを導入した河床変動解析を実施し、落橋地点の河岸侵食についておおむね再現することを示した。また、落橋の原因となる流路変動は、上流域からの流量-土砂供給量に強く依存し、多量の土砂供給シナリオでは、河岸侵食が増大する一方、給砂が極端に少ない場合は、河岸侵食よりも河床低下が卓越することを示した。

○上流域から発生する土砂供給量を推定する手法を開発するために、2016年北海道豪雨において多量の土砂流出が発生したペケレベツ川流域に流域型土砂動態モデルを適用し、同イベント時に見られた流出土砂量をおおむね再現できることを示した(図6)。このモデルを用いることで短期的、長期的な河道変動予測においてこれまで設定方法が不明確であった上流端の土砂ハイドロ境界条件を推定することが可能となり、多様な降雨シナリオに想起される流路変動過程、並びにそれらに起因する河道の侵食リスクを土砂流出量の観点からも議論する際に必須の知見を提供するものといえる。

○2011年音更川洪水時の侵食被災を踏まえた流路変動対策として実施されてきた低水路護岸等が2016年洪水時にどの程度効果的に作用したかについて検証した。その結果、洪水前に予測していた重点整備箇所にあらかじめ護岸等を整備しておくことで、河道内被災をおおむね抑制できた一方で、本出水が非常に長期間にわたり河道の状態が出水中に大きく変化したことで、事前判断による対策が十分でない箇所も明らかとなった。これは、長期的な管理には、時々の河道状態によって対策箇所の優先順位をその都度見直す必要があることを示唆している。

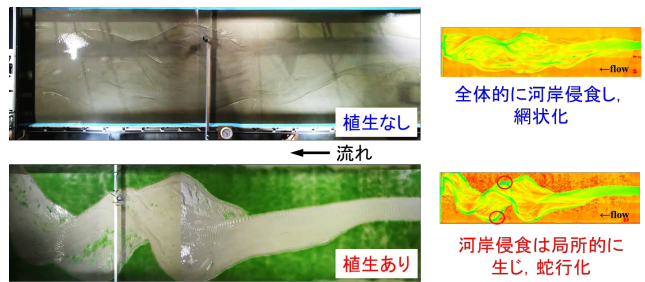


図4 河岸侵食—流路変動に対する植生の影響に関する室内模型実験結果

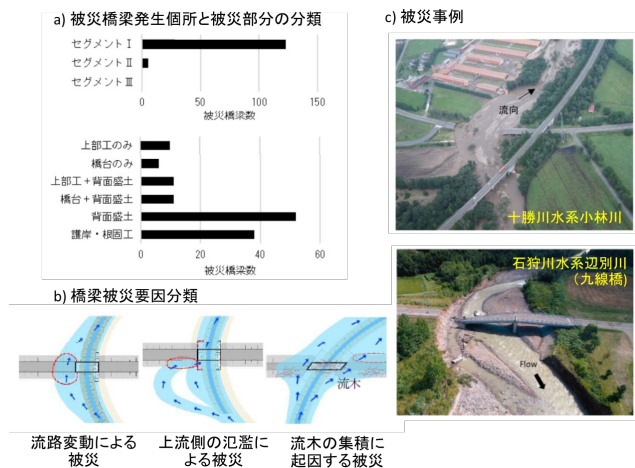


図5 2016年北海道豪雨時にみられた落橋発生箇所、要因の分類結果

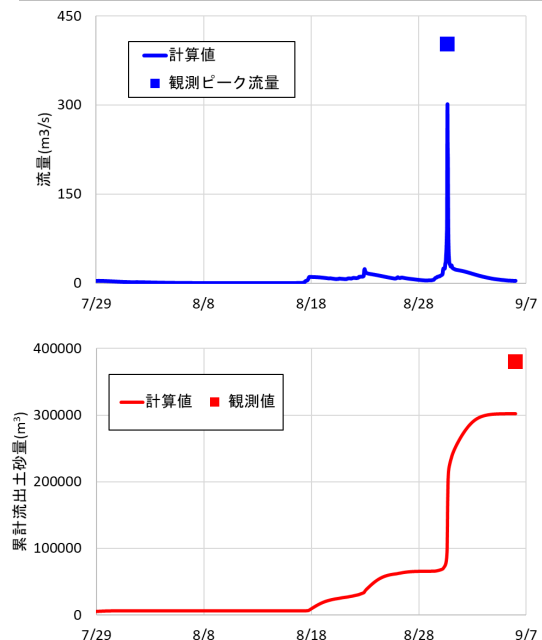


図6 2016年北海道豪雨におけるペケレベツ川の流量と流出土砂量の再現計算結果

【達成目標 4】 大量河床変動—流路変動解析による現況と将来における河道被災リスクの評価

○【達成目標 2】で定量化した代表的ハイドログラフを【達成目標 1】で構築した河床変動モデルへ入力することで、河道が持つ侵食リスクについて検討した。既に出水時における流路変動特性と流量ハイドログラフ依存性について検討されている音更川上流部（北海道管理区間）を対象とした流路変動解析を行い、計算領域内の全堤防長さに対して流路変動や河岸侵食により欠損した区間の割合を堤防欠損率として侵食ハザードを評価した。図 7a に示すようにピーク流量が同じであっても、ハイドログラフのパターンによって堤防欠損率は 0~40%程度までばらついており、ハイドログラフの特性が侵食ハザードに重要な影響を与えていることが明らかとなった。

○堤防欠損率の類似性から対象ハイドログラフを特に重要と考えられる 6 つのハイドログラフに代表させ、実績最大流量や整備目標などを基にピーク流量も変化させた系統的な侵食ハザード評価を行った（図 7b）。さらに、このようにして評価された侵食ハザードに対して、【達成目標 2】で整理した大量アンサンブルデータから算出されるそれぞれのハイドログラフの発生確率を乗じることで、気候変動を考慮した対象河道が持つ侵食リスクを評価した。これにより、気候変動によって侵食リスクがどのように変化しているかを定量的に評価できることが可能となった（図 7c, d）。

○上記短期的な侵食リスク評価に加えて長期的な流路変動が持つ侵食リスクを評価した。【達成目標 2】で評価した現在・将来気候条件における各サンサンメンバーが持つ年最大流量に対する確率水文統計結果より、長期的に見て流量が小・中・大規模のシナリオを抽出し、それらのハイドログラフ群を入力とした河床変動解析を実施し、短期的な解析と同様に堤防欠損率がどのように変化するかを解析した。その結果、現在気候においても中規模シナリオにおいても堤防欠損率は最終的に 50%が侵食することが予想されるとともに、将来気候条件においては最小シナリオにおいても高い堤防欠損率を示すことが示唆され、急流河川における侵食リスクが極めて高いことが明らかとなった。このような侵食リスクを軽減する方法として、【達成目標 3】で整理した急流河川における流路変動対策を参考に、洪水により水衝部の移動で高水敷が侵食され、堤防まで達する箇所を段階的に補修する効果を、現在気候の中規模出水シナリオの計算に適用し、無対策よりも長期的にみて侵食リスクを低減できることを示した（図 8a）。

○これらの成果により、これまで限られた降雨や流量などの観測結果から検討してきた流路変動現象に対して、大量アンサンブルデータを利用して起こりうる可能性のある現象を網羅的に検討することで、現在・将来条件下で発生しうる侵食リスクを評価する一つの枠組みを構築できたと考えている。

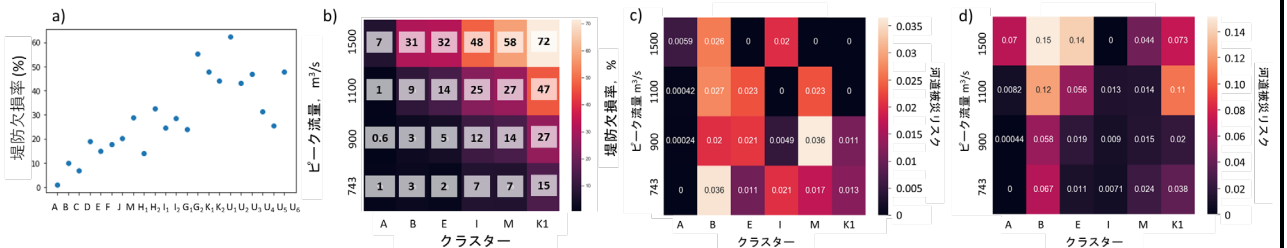


図 7 a) 定量化したハイドログラフと堤防欠損率の関係（ピーク流量 1100m³/s）、b) ピーク流量を変化させた場合の欠損率とクラスターの関係、c, d) 堤防欠損率に現在・将来気候条件で得られるハイドログラフの発生確率を乗じて評価した侵食リスク。

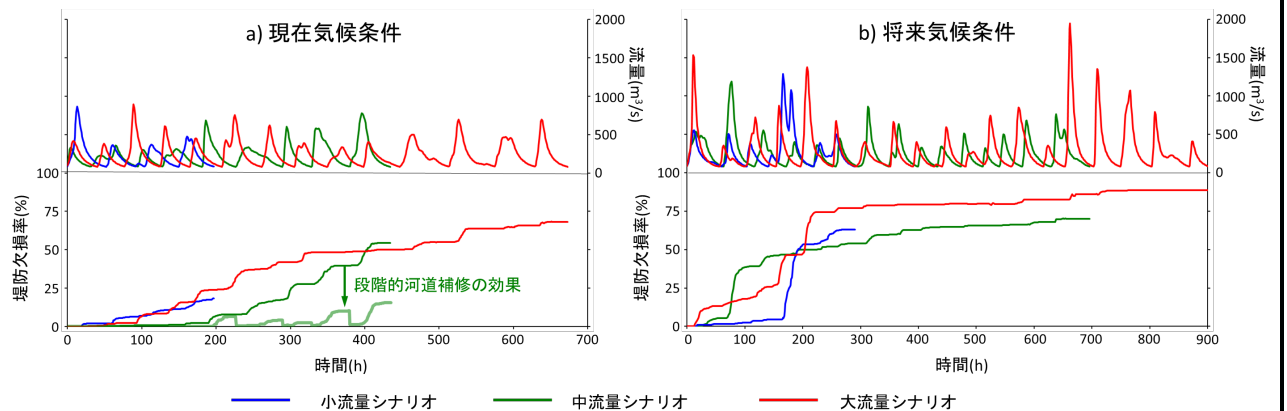


図 8 長期的な観点による現在・将来気候条件での侵食リスク。

⑦研究成果の発表状況・予定

- ・これまでに発表した代表的な論文
- ・奥田醇, 清水康行, 久加朋子, 岩崎理樹: 蛇行河道における河床変動と護岸構造物の被災に関する実験と数値計算, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 76, No.2, pp.1_589-1_594, 2020.
- ・舛屋繁和, 井上卓也, 岩崎理樹, 清水康行: 気候変動を考慮した将来気候下における川幅の推定, 河川技術論文集, Vol.26, 2020.
- ・Naito, K., Iwasaki, T., Guerrero, L., Valverde, H., Estrada, Y. and Abad, J. 2020. Can a meander cutoff-induced channel degradation be alternative for the channel dredging? Case study for the Huallaga River, Peru, Proceedings of the 22nd IAHR-APD Congress 2020.
- ・青木卓也, 井上卓也: 河川洪水の流路変動による橋台背面盛土の安定対策技術の研究, 河川技術論文集, Vol. 26, pp. 597-602, 2020.6.
- ・Takuya Inoue, Jagriti Mishra, Kazuo Kato, Tamaki Sumner, Yasuyuki Shimizu: Supplied Sediment Tracking for Bridge Collapse with Large-Scale Channel Migration, Water, Vol.12(7), 1881, 2020.7.
- ・Jagriti Mishra, Takuya Inoue: Alluvial Cover on Bedrock Channel: Applicability of Existing Models, Earth Surface Dynamics, 8, pp.695-716, 2020.8.
- ・Tomoko Kyuka, Satomi Yamaguchi, Kazunori Okabe, Yasuyuki Shimizu, Hideto Kon: Vegetation effects on the lateral channel migration during 2016 August floods in the Otofuke River, Proceedings of 22nd IAHR-APD, 2020.
- ・Tomoko Kyuka, Kazunori Okabe, Yasuyuki Shimizu, Satomi Yamaguchi, Kazuyoshi Hasegawa, Kho Shinjo: Dominating factors influencing rapid meander shift and levee breaches caused by a record-breaking flood in the Otofuke River, Japan, Journal of Hydro-environment Research, Volume 31, 76-89, 2020.
- ・Tomoko Kyuka, Satomi Yamaguchi, Yusuke Inoue, Kattia Rubi Arnez Ferrel, Hideto Kon, Yasuyuki Shimizu: Morphodynamic effects of vegetation life stage on experimental meandering channels, Earth Surface Processes and Landforms, 2020.
- ・柏谷和久, 桑村貴志, 泉典洋, 渡邊康玄, 山口里実, 横山 洋: 音更川における堤防侵食対策の効果と課題—流路変動にともなう大規模河岸侵食に対して実施した危険度評価の検証—, 河川技術論文集, 第 26 巻, pp.503-508, 2020.
- ・星野剛, 山田朋人: 力学・熱力学効果の観点での降雨の空間偏差要因の分析, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.76, No.2, pp.1_19-1_24, 2020.
- ・山田朋人: アンサンブル手法による気候変動予測・リスク評価の考え方, 雑誌「河川」, 令和 2 年 12 月号, pp.77-, 2020.
- ・山田朋人: 気候変動下における大雨の将来リスクに関する新しい解釈と提案, 総合土木技術誌土木施工, 2021 年 2 月号, 2021.
- ・山田朋人, 清水康行: 気候変動を踏まえた豪雨・洪水氾濫リスクの考え方, 日本流体力学会誌「ながれ」, 2021.
- ・Arnez Ferrel, K. R. and Shimizu, Y.: Exploring the impact of artificial cutoffs in a meandering river in the Bolivian Amazon using 2D numerical simulations, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1(Hydraulic Engineering), Vol.77, No.2, pp.1_727-1_732, 2021.
- ・Huang, D., Iwasaki, T., Shimizu, Y.: Effect of sediment supply on morphodynamics of free alternate bars: Insights from hydrograph boundary layer, Water, 13(23), 2021.
- ・平松裕基・山口里実・岩崎理樹: 置き土の設置位置がその流掃過程に与える影響に関する実験, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 77, No.2, pp.1_781-1_786, 2021.
- ・山口里実・久加朋子・南郁慧・清水康行・岩崎理樹: 河岸植生が流路形態に与える影響に関する実験—河岸高さに対して根が浅い場合—, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 77, No.2, pp.1_721-1_726, 2021.
- ・泉典洋, 高津教彰, 川村里実: 河床砂州の発達に及ぼす流量変化の影響, 土木学会論文集 A2 (応用力学), 77(2), 1_451-1_456, 2021.
- ・Sumner, T., Mishra, J., Inoue, T., & Shimizu, Y. (2022). Numerical study of the interaction between wet-dry weathering and bedload induced abrasion. Water Resources Research, 58, e2021WR030952. <https://doi.org/10.1029/2021WR030952>
- ・Inoue, T., Mishra, J., & Parker, G. (2021). Numerical simulations of meanders migrating laterally as they incise into bedrock. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 126, e2020JF005645. <https://doi.org/10.1029/2020JF005645>

- ・ Mishra, J., Inoue, T. & Pandey, A.: Continuous satellite missions, data availability, and nature of future satellite missions with implications to Polar Regions. in *Advances in Remote Sensing Technology and the Three Poles*, edited by Pandey, M., Pandey, P.C., Ray, Y., Arora, A., & Jawak, S.D. (U.S., Wiley-Blackwell, ISBN:1119787726), March, 2022. (in press)
- ・ 伊波友生, 井上卓也, 平松裕基: 局所流・上昇流の影響を考慮したブロック安定性, 土木学会論文集 B1 (水工学) 76 巻, 2 号, p. I_583-I_588, 2020,
- ・ 井上卓也, 平松裕基, 森田大詞, 濱木道大: 河岸侵食幅の推定と橋梁被災リスクの評価, 土木学会論文集 B1 (水工学), 77 巻, 2 号, p. I_403-I_408, 2021
- ・ 内田龍彦, 林勇輔, 木本祥太, 井上卓也, 鳩野美佐子: 混合粒径土砂堆積過程の定式化とその検証, 土木学会論文集 B1 (水工学), 77 巻, 2 号, p. I_625-I_630, 2021
- ・ サムナー圭希, 井上卓也, 清水康行: 岩盤河川の蛇行流路における乾湿風化の影響, 土木学会論文集 B1 (水工学), 77 巻, 2 号, p. I_745-I_750, 2021
- ・ 傳甫潤也, 井上卓也, 橋本慎一, 千葉学, 戸村翔, 川上北斗, 佐々木博文: 河道の二極化の形状指標と河岸侵食リスクの関係, 土木学会論文集 B1 (水工学), 77 巻, 2 号, p. I_373-I_378, 2021
- ・ 国際会議、学会等における発表状況
- ・ 岩崎理樹, 奥田醇, 清水康行: 2019 年出水時の千曲川における流路変動解析, 第 23 回応用力学シンポジウム, 2020.
- ・ 村上大知, 岩崎理樹, 清水康行: 流量ハイドログラフ群のばらつきによる流路変動への影響, 土木学会北海道支部年次技術講演会, 2021.
- ・ 南郁慧, 久加朋子, 山口里実, 清水康行, 今日出人, 岩崎理樹: 植生による河岸の耐侵食性が蛇行河川の流路変動に与える影響, 土木学会北海道支部年次技術講演会, 2021.
- ・ 青木一眞, 山田朋人, 成岱蔚: 降雨流出現象の不確実性に関する研究, 土木学会北海道支部年次技術講演会, 2021.
- ・ 布施拓也, 大屋祐太, 山田朋人: 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨における鬼怒川流域を対象とした降雨の時空間分布と河川水位の関係, 土木学会北海道支部年次技術講演会, 2021.
- ・ 川村里実, 久加朋子, 岡部和憲: 大規模な側岸侵食と低水護岸背後洗掘の発生プロセス—音更川における被災の要因分析と急流河川における今後の対策に向けて—, 第 64 回(2020 年度) 北海道開発技術研究発表会, 2021.
- ・ 泉典洋: 河床砂州の安定性に及ぼす流量変化の影響, 土木学会応用力学シンポジウム, 2021.
- ・ 岩崎理樹: HLL スキームを利用した自由砂州の数値計算, 第 35 回数値流体力学シンポジウム, 2021.
- ・ 村上大知・高橋広大・岩崎理樹・清水康行: 連続流量ハイドログラフのばらつきが長期流路変動過程に与える影響, 第 35 回数値流体力学シンポジウム, 2021.
- ・ 久加朋子: 沖積河川における河道内植生の新規侵入特性と出水時の植生 流失が流路変動特性に与える影響, 第 20 回多自然川づくり北陸ブロック担当者会議 2021
- ・ 久加朋子: 急流河川における樹林化に伴う 流路変動特性の変化, 富山河川研究会第 12 回研究会 2021
- ・ 久加朋子: 河道内樹林化に伴う流路変動特性の変化, 日本技術士会北陸本部富山支部第 35 回講演会 2021

⑧研究成果の社会への情報発信

- ・岩崎理樹：移動床解析による千曲川上田鉄道橋での侵食メカニズム，河道管理ワークショップ～今ある川を点検し評価する新しい河道技術にむけて～，土木学会水工学委員会・河道管理研究小委員会主催，2021年2月3日，参加人数60名程度（オンライン開催）
- ・山田朋人：近年の豪雨災害の特徴と気候変動を踏まえた今後の治水計画に係る検討，第34回寒地土木研究所Web講演会，2020.
- ・泉典洋：河床・流路変動研究における現状の課題と今後の方向性，土木学会水工学委員会基礎水理シンポジウム，2022年3月13日，オンライン開催。（参加者 約350名）（基調講演）
- ・岩崎理樹：河床・流路変動モデルによる河道被災リスク解析：現地適用への現状と課題，土木学会水工学委員会 基礎水理部会主催，基礎水理シンポジウム2021「河床変動の水理－構造物周辺の被災メカニズム解明とその対策に向けて－」，オンライン開催（参加者 約350名）

⑨表彰、受賞歴

- ・第64回（令和2年度）北海道開発技術研究発表会 寒地土木研究所長賞：伊波友生・井上卓也・平松裕基：三角波発生時におけるブロック形状と安定性－局所流と上昇流を考慮して－
- ・第65回（令和3年度）北海道開発技術研究発表会 北海道開発局長奨励賞：平松裕基・井上卓也・前田俊一：理解しやすく利用しやすい3D浸水ハザードマップ－川の成り立ちを踏まえて－

⑩技術研究開発の今後の課題・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、技術研究開発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、技術研究開発の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。）

・大量ハイドログラフの解析により、主となる代表的なハイドログラフを特徴化することができた。これらいくつかの流量シナリオを現況河道に通水し、流路変動を検討することは、現況河道における短期的な侵食リスクをより網羅的に把握することになる。また、大量アンサンブル流量データ整理することで、長期的な出水シナリオを選定可能となり、長期的視点から侵食リスクを把握できた。これまで限られたデータ数の中から外力条件を設定していたが、より自由度の大きなデータから起こりうる条件を網羅的に検討できる1つのフレームを構築できたと考えており、今後進むであろうアンサンブルデータの全国的な整備によって各河川においても同様に手法が適用可能になると考えられる。

・開発した降雨分布の時空間的な特徴分析手法を用いることで温暖化進行に伴い流域内で空間的に降雨が集中化する箇所とその要因を明らかにする。また、大雨の時空間的な分類結果に基づき、各降雨パターンが有する流量ハイドログラフや洪水リスクを流出解析ならびに河道流・氾濫解析により具体的に把握する。これまでに発生した降雨セルの発達・移流速度から洪水リスクを最も高め得る降雨パターンおよびその影響度を把握する。さらに降雨量・保水能の不確実性による確率的に幅のあるダム流入量予測結果からリスク低減につながる効果的なダム運用方法を検討する。また、大量アンサンブルデータから大雨の生じやすい気象場を特定し、数値気象予報データと組み合わせたダム流域における大雨の予測手法を開発する。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

(本技術研究開発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。)

・実験、現地スケールの流路変動現象について、構築した数値計算モデルによって大局的な高水敷侵食や堤防流失等の現象を再現することを示すことができた。これまで、本グループでは、北海道内の河川に対して同種のモデルを数多く適用してきた一方で、モデルの一般性について示すことが課題の一つであったため、本成果はもってより全国・世界的な河川に適用し、河道内の侵食現象について検討することが期待できるものである。

・本研究で特徴化できたハイドログラフについて、従来限られた観測ハイドログラフの引き延ばしにより検討してきたが、その一般性、妥当性についてより多くの流量ハイドログラフ群から示すことが可能であると考えられる。また、特徴化されたハイドログラフの発生確率を示すことにより、それを用いた流路変動現象、つまり侵食リスクが発生する確率までも議論することが可能であると考えられる。また、これまでの研究により、通常観測された流量の減衰時に堤防が流失することが多い一方で、継続時間によっては、流量ピーク前に堤防が流出する危険性が指摘されていたものの、そのようはハイドログラフが生じえる可能性については議論されていなかった。本研究をより推し進めることによって、発生可能な流量ハイドログラフをより網羅的に議論可能であり、上記危険なケースの発生確率についても示すことが期待される。

・大量アンサンブル流量データの利用により、短期的な侵食リスクを把握することだけでなく、長期的に生じえる流量のシナリオを設定することも重要な点である。設定した外力シナリオによりどのような侵食リスクが生じるかを把握するとともに、そのリスクをどのように軽減するかといった際にも必要な情報となる。本研究で設定した河道補修シナリオを現場の状況、予算、整備目標などに合わせて設定して検討することで、侵食リスク対策につながるものと考えられる。

・流量変動は、ハイドログラフだけでなく、土砂供給や河道の状況によってその進行過程が異なるが、これらの要素について本研究では既往の検討を進めることでより精緻化できた。また、上流側から供給される土砂量について評価するモデルが提案できたため、これを用いて土砂ハイドログラフの影響までも評価可能になると考える。これら知見を利用することにより、今後の河道整備、また対策後の流路変動や河道変化の応答特性の解明することにより、望ましい侵食リスク対策について具体的に検討することができると思われる。

・本研究で得られた検討結果は、いずれも洪水時にみられる河道変化に伴う高水敷侵食・堤防流失・護岸破壊などの侵食リスクが急流河川では非常に大きいものを示すものである。従来の洪水流解析をもとに進んできた河道計画や維持管理は、このような土砂の移動・河床の変化に伴う河積の変化や、砂州の変化や流路変動等による侵食を十分に勘案したものではない。全国的に気候変動に伴い流量増加が懸念される中、水の流れに着目した検討が進んでいるが、急流河川や上流域に位置する中小河川では、本研究で示したような土砂に関する侵食現象は、氾濫や河道内被災リスクを一層大きくするものであり、本研究のような検討を加えることで、より良い河川計画・河道維持管理を立案できると考える。