

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K04968

研究課題名(和文) 水害時の避難・復旧支援のための洪水氾濫由来物質の挙動解明とフィージブルな制御

研究課題名(英文) Elucidation of the behavior and feasible control of floodwater-derived materials to support evacuation and recovery in event of flood damage

研究代表者

佐藤 裕和 (Sato, Hirokazu)

島根大学・学術研究院環境システム科学系・助教

研究者番号：90609364

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：実河川における洪水氾濫物質と地形・地物の状況を調査し、水理模型実験のスケールや水理条件などを決め、洪水氾濫に伴う堤内地での流木や土砂の挙動を把握した。流木や土砂の氾濫量は河道側の橋脚などの横断構造物にも左右されることを確認した。また、破堤規模の拡大とともに堤体由来の土砂氾濫量が増加し、氾濫域での堆積土砂分布は水理条件によらず破堤口の中央より上流側で多く堆積した。破堤に伴う堤体土砂の氾濫域での拡散抑制法について、河川周辺の住民が水防活動で実行できる工法や技術を念頭に、堤内地側の堤防裏法尻付近に杭や板を設置することで、無対策の場合と比較した堤体由来の氾濫土砂量が抑制できることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

河川周辺の地域住民が水防活動で実施可能な技術・工法でも破堤規模を緩和し、堤内地への土砂氾濫を抑制できる可能性を示した意義は大きい。これにより水害時に氾濫水が引いた後の氾濫土砂の処理に費やす時間の短縮に貢献できる。また、このような工夫により洪水氾濫とともに堤内地へ流入する流木やゴミの量も、堤防付近で一定量捕捉されて減じられることが期待される。このような氾濫物質の抑制は、洪水氾濫中の避難が余儀なくされた状況において、避難中の安全性の向上に寄与できる可能性も示唆している。

研究成果の概要(英文)：The conditions of flood inundation substances and topography/geological features in a real river were investigated to determine the scale and hydraulic conditions of the hydraulic model experiments, and to understand the behavior of driftwood and sediment in the inner area of the levee during flood inundation. It was confirmed that the amount of driftwood and sediment inundation also depends on crossing structures such as bridges on the river channel side. The amount of sediment inundation from the levee increased as the size of the levee breach increased, and the sediment distribution in the inundation area was more upstream of the center of the levee mouth, regardless of the hydraulic conditions. The amount of sediment inundated by the levee due to the break was reduced by installing piles and boards near the back of the embankment on the inner side of the levee, based on methods and techniques that can be implemented by residents near the river for flood control activities.

研究分野：河川工学

キーワード：洪水氾濫 水害 氾濫土砂 氾濫流木 氾濫土砂の制御

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

水害の最も重要な外力は河川からの洪水氾濫であり、河川工学分野の国内外の多くの研究者が、現地から模型スケールの水理実験、数値シミュレーションを高度化させながら、氾濫する「水」の挙動に関する有用な知見を提供してきている。また、砂防学や地盤工学の分野における土石流や地すべりなどの動態、環境水理学分野における土砂や漂流物の河道内または海域、ダム湖などでの移動特性など、流木や土砂、ゴミといった「物質」の挙動解明に注力した研究も多い。これらの研究成果は、関連する防災・減災対策へと還元されている。

他方、そのような研究知に比して、河川からの洪水氾濫とともに氾濫域へ流入する「物質」の氾濫域での挙動に着目し、水害時の避難や復旧を阻害するこのような「洪水氾濫由来物質」の影響緩和を試みた先行研究は見られない。例えば、重要な避難支援ソフトに位置付けられている洪水ハザードマップにも、氾濫物質の影響を想定している実例はない。今後予想される豪雨外力の激化に伴い、山地崩壊による土砂や流木などの生産も増加することを念頭に置くと、「水」のみを対象にした水害対策を継続していくことには大きな懸念がある。

また、原理的には治水施設がどれほど充実しても、処理能を上回る超過洪水時には洪水氾濫が起こるため、物質の氾濫もそれ自体は完全には抑えられない。したがって、地域住民が自助・共助の技術レベルで実施可能な「氾濫物質の制御法」が、水理学の力学原則に裏打ちされた上で考究される必要がある。そのためには、洪水氾濫物質の挙動に関する知見の蓄積すら十分ではない、という学術的状況の打開に、まずは先鞭を付けておかなければならない。

以上のような背景を受け、本研究課題では「洪水氾濫由来の物質による水害時の被害軽減に貢献すること」を最大の課題に据え、① 洪水氾濫由来物質（流木、土砂、ゴミ）の氾濫域での挙動、② 洪水氾濫由来物質の挙動解明に基づく現実に実行可能な技術レベルでの制御法、③ 洪水氾濫由来物質の制御による水害時の安全な避難と速やかな復旧支援策について解明を目指す。

2. 研究の目的

洪水氾濫由来物質（以下、氾濫物質と略記）による水害を軽減するための、具体的かつ現実的な氾濫物質の制御法を検討し、水害時の安全な避難や早期復旧を支援することを最大の目的とする。ここでは、土砂、流木を検討対象とする。例えば2015年の鬼怒川水害の際にも、氾濫物質が住居などの復旧を滞らせ、被災の長期化を引き起こす一因となったことが指摘されている（坂本ら(2017)）。したがって、氾濫物質の制御は水害研究上大きな意義を持つが、現時点では氾濫域での挙動に関する知見すら少ない。

そこで、本研究では以下の段階を踏みながら、上述の最大目的の達成を目指す。すなわち、① 氾濫物質の氾濫域での挙動に関する知見を得ること、② 氾濫物質の影響を減じるための力学根拠に基づいた実現可能な制御法を考案すること、を部分的な達成目的に据える。

3. 研究の方法

水害履歴を有する現地調査を実施し、氾濫物質のストック状況とそれを規定する地形・地物の状況を確認し、ここで得られた情報を参考にして水理模型を設計する。水理模型実験により氾濫物質のフローに関する情報も獲得し、氾濫物質の動態特性に応じた制御法を検討する。具体的な制御法には、地域住民が水防活動で実施できる工法・技術を想定する。また、流出解析や洪水流解析を統合した物質氾濫に関する数値シミュレーションを実装し、多様なシナリオの検討へ資するような実験結果の蓄積を目指す。なお、実験においては土砂の氾濫域への流入ソースとして堤体由来の土砂を想定したが、この際に河川横断洪水物による水位上昇の影響も考慮することとした。ここでは一般的な河川横断構造物のひとつである橋梁を想定した。

4. 研究成果

いくつかの現地調査（水害防備林、水害実績など）で得た情報（写真1,2）を参照にし、河道と氾濫域を模した水理模型を設計した。実験では特定の河川は想定していないが、1/100スケールで河道と氾濫域の接続部に堤体模型を設置し、越流とともに堤体から土砂が氾濫するようにした。比較条件として流木の有無、河川横断構造物の影響も考慮するために橋梁の有無を組み合わせ（写真3,4）。橋梁の存在により、洪水位の上昇が早くなり越流量が増加するとともに、流木の流下が欄干へ捕捉されることでこの作用を増強することを確認し、破堤規模を大きくすることに伴って堤体由来の土砂氾濫量を増加させることが把握できた。氾濫域での堆積土砂分布は水理条件によらず破堤口の中央よりもやや上流側で多く堆積することが分かった。

氾濫物質のうち、決壊に伴う堤体土砂の氾濫域での拡散抑制方法について検討を進め、堤内地側の堤防裏法尻付近に杭や板を設置し、堤体の決壊土砂を堤防付近にとどめることを試みた。その結果、何らかの工夫を施した方が堤体の破壊を緩和し、土砂の氾濫を抑制することが示された。他方、堤体残土量や氾濫土砂量と氾濫流量との相関は見られなかった。氾濫域での土砂堆積高の空間分布を見ると、杭や板を設置することで氾濫土砂を堤体付近に厚く堆積させており、板ではその傾向がより強くなった（写真5,6）。未達成課題に数値モデルの構築が残っており引き続き検討を行い、数値計算と実験結果を活用した水害時の避難支援策を提案していく。



写真 1 : A 川水害時の土砂、ゴミの氾濫の様子



写真 2 : B 川水害時の氾濫土砂の堆積の様子



写真 3 : 土砂・流木の同時氾濫



写真 4 : 橋脚による堰上げの影響



写真 5 : 杭設置による土砂捕捉

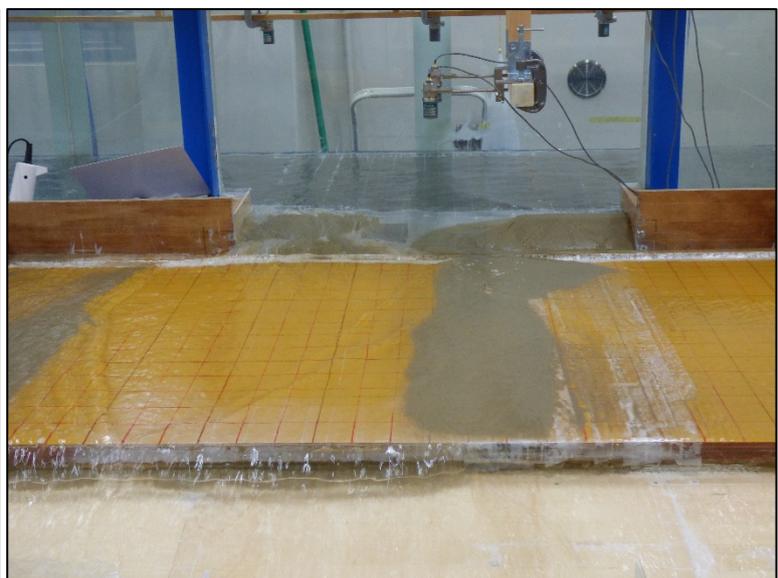


写真 6 : 板設置による土砂捕捉

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Hirokazu Sato	4. 巻 12:19938
2. 論文標題 Model experiments on hydraulic properties around multiple piers with reproduced 3D geometries	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-24588-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Sato Hirokazu	4. 巻 9
2. 論文標題 Rationality in pier geometry of Kintaikyo Bridge from viewpoint of river engineering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Heritage Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40494-021-00576-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Sato Hirokazu	4. 巻 4
2. 論文標題 Fact-finding surveys on role of flood fighting in present-day Japan and future prospects: case studies of Yodo River and Yamato River	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Discover Water	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s43832-024-00074-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 SAKAMOTO Takaaki, SHINOZAKI Yui, SATO Hirokazu, SHIRAKAWA Naoki, NAKAMURA Keigo, KAYABA Yuichi	4. 巻 76
2. 論文標題 CURRENT STATE ANALYSIS OF MUNICIPAL RIVER MANagements -EXAMPLES OF NAGASAKI PREFECTURE-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_691-I_696
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.76.2_I_691	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 坂本貴啓・篠崎由依・佐藤裕和・白川直樹・中村圭吾・萱場祐一
2. 発表標題 地方小河川の河川管理の現状分析-長崎県の準用河川を主対象に-
3. 学会等名 第65回水工学講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------