

令和 2 年 5 月 1 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K07935

研究課題名(和文) 堆砂による路床の時空間変動の予測を基礎とした魚巣・魚溜工の設計支援手法

研究課題名(英文) Decision support method for planning fish nests and fish pool based on prediction of spatiotemporal canal bed evolution caused by sedimentation

研究代表者

前田 滋哉 (Maeda, Shigeya)

茨城大学・農学部・准教授

研究者番号：00346074

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：魚巣と魚溜が設置された農業用排水路の区間を対象に、流れと路床変動の現地観測と数値計算を行った。4年間の路床標高の分布から、魚巣と魚溜での堆砂変化量を推定した。その結果、魚巣での堆砂・洗掘は1年周期で変化し、6個の魚巣全体への堆砂増加量は小さい一方、堆砂が顕著で生息可能域が減少する魚巣があることがわかった。また、左岸側魚巣への顕著な堆砂を数値計算で再現できた。さらに、魚巣の規模により堆砂・洗掘傾向が大きく変化することを示し、より有効な環境配慮工の設計に向けて対処すべき課題を明確にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

農業用排水路における環境配慮工の価値は、水路の生態系保全機能だけでなく、営農、治水、維持管理、経済性等の観点からも評価する必要がある。しかし、複数の観点から環境配慮工を評価するための方法論は確立されていない。一方、流れと路床変動の数値計算を用いれば、水深、流量、堆砂量の変化を系統的に発生させることができるため、営農、治水、維持管理性を踏まえつつ生態系保全機能を定量化できる。本研究ではこの点に着目し、環境配慮工のより良い設計のために既存の数値モデルにより何ができ、何ができないかを整理した。

研究成果の概要(英文)：Field observations and numerical simulations of flow and canal bed evolution were carried out for a section of agricultural drainage canal where fish nests and fish pool were introduced. The amount of sediment change in fish nests and fish pool was estimated from the distribution of bed elevation for four years. Sedimentation and scouring in fish nests changed in a yearly cycle. Although the increase in sedimentation in all 6 fish nests was small, there were fish nests in which sedimentation was significant and the fish habitat decreased. The remarkable sedimentation in the left bank fish nest could be reproduced by numerical simulation. Furthermore, numerical computations showed that sedimentation and scouring tended to change significantly depending on the size of fish nests, and clarified the issues to be dealt with in order to design a more effective eco-friendly structures.

研究分野：生態水理学

キーワード：生態環境 農業用排水路 数値計算 路床変動 土砂水理

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

わが国では農業農村整備事業において、農業用排水路の魚類を保全する試みがなされつつある。対象魚にとって好ましい生息場を創造するため、魚巢、魚溜工などの多様な環境配慮工が施工されている。しかし、環境配慮工の周辺は流れが緩やかになる傾向があるために堆砂が生じ、その有効性が阻害される問題が生じている。

国内の当分野の研究は、環境因子（流速、水深、底質、植生など）と魚類個体数との関係を重回帰分析することで水域の生息場としての価値を「評価」する研究、実験的に魚類の移動速度を定量化する基礎研究がほとんどである。水理環境の定量的予測に基づいた、環境配慮工の「設計」を直接的に支援する研究は極めて少ない。一方国外では、魚類生態学的知見と水理環境の数値シミュレーションを組み合わせた「生態水理学」が発展しつつある。しかしながら、現時点の生態水理学の主対象は河川のような空間的に大規模な水域であり、かつ、流砂・堆砂の数値的予測に基づく魚類生息場評価はほとんどなされていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、農業用排水路を対象に、堆砂による機能低下を大幅に抑制した魚巢・魚溜工の設計支援手法を開発することである。申請者がこれまで行ってきた流れ場の数値シミュレーションに加え、路床変動を推定する。これにより、農業用排水路における魚類生息場の評価に関する学術的研究の水準向上、有効な環境配慮事業の新規計画立案に寄与する。

3. 研究の方法

(1) 茨城県美浦村興津地区の農業用排水路（幅 3m、矩形断面コンクリート 3 面張り）において、魚巢と魚溜が設置された 15m 区間を調査対象とした。魚巢は開口部幅 1.1m、高さ 1.0m、奥行き 0.9m であり、左右両岸に 3 個ずつある。魚溜は設計段階では路床が 0.5m 掘り下げられ、礫が敷かれていたが、堆砂により路床の場所的な差が大きい。

2016～2019 年の 5, 9, 11 月を中心に合計 12 回、対象区間の横断測量（19 断面）と 15 地点での水深・流速観測を実施した。魚巢内 2 点と魚溜内 3 点での堆積土砂、対象区間上流での浮遊砂をサンプリングし、粒度分析した。また、対象地上流で水位・濁度を 10 分間隔で自動観測した。

観測した路床標高を平面 2 次元流れモデル Nays2DH(iRIC)により補間したのち、観測日の流れ分布を数値計算により再現した。観測日間の路床標高の差から各魚巢と魚溜での路床変化量を算出し、時間変化を考察した。

(2) 上記の調査区間において、魚巢規模と配置を変えた 4 つのケースを仮定し、平面 2 次元の流れと路床変動を Nays2DH で計算した。区間を 6,192 個の四辺形格子に分割し、均一粒径(0.95mm)の掃流砂のみを考慮し、芦田・道上式で流砂量を算出した。2018 年 4 月 16 日の路床標高分布を基準に、6 個の魚巢内でのみ泥上げをしたと仮定し、初期路床標高を設定した。アスペクト比の現在値 1.3 を基準（Case 1）とし、その 0.5, 0.75, 1.5 倍の場合をそれぞれ Case 2, 3, 4 とした。流量は現地の洪水時流量 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ を一様に 3 時間与えた。魚巢・魚溜への土砂の供給をモデル化するため、上流側固定床部に高さ 3cm の盛土を与えた。

4. 研究成果

(1) 対象区間の 10 分間隔の自動観測流量は $0.1 \sim 0.3\text{m}^3/\text{s}$ の期間が長く、洪水時に最大で $9.8\text{m}^3/\text{s}$ だった。観測日の水深は魚溜で約 40cm、固定床部で約 15cm だった。魚巢、魚溜の堆積土砂は

中央粒径が 0.25 ~ 0.44mm , 0.64 ~ 0.95mm だった . 路床標高および流速・水深の空間分布を Nays2DH で推定できた .

調査日の路床標高と水深・流速分布 , 水路の流量・水位・濁度の時系列データ , 現地で確認した濁水や営農状況を踏まえて総合的に考えると , 対象地における堆砂・洗掘の傾向として次のことが考えられる . 全体的に , 魚巢では田植え直前の 4 月後半頃から顕著な土砂供給が始まり 9 月の落水時まで堆砂が進行したようである . 9 月の農地からの土砂供給停止や 9 ~ 10 月の台風により , 洗掘に転じ , 翌年 5 月上旬ごろまでには堆砂の大部分が流下していた . 調査の 4 年間で台風の規模が極めて大きい年 (2019 年) とそうでない年があったが , 1 年間に夏季 (5 ~ 11 月) と冬季 (11 月 ~ 翌年 5 月) に大別すると , 魚巢での堆砂・洗掘の推移は周期的であり , 経年的な全魚巢への土砂の蓄積量は小さかった . しかし , 同規模の魚巢でも堆砂量の場所的な差が大きいことが分かった . 左岸の魚巢の堆砂量は大きく , 特に左岸最上流部の魚巢で顕著で , 生息魚 (ヌマチチブ , ウキゴリ , ヨシノボリ) が使用できる水域が相対的に小さくなっていた . 一方 , 魚溜での堆砂・洗掘には明確な周期性が見られなかった .

(2) 魚巢規模の相違が流れと路床変動に及ぼす影響を調べた数値計算では , 計算開始後 3 時間における各ケースの流れと路床標高を比較した . 6 つの魚巢のうち , 左岸最上流の魚巢の路床変化量が最大となった . 魚巢形状と配置が同じでも , 左岸と右岸で堆砂量が大きく異なることが数値計算で再現された . また , 魚溜の左岸側におけるシールズ数が右岸側より大きい傾向が見られた . これらの原因の一つとして , 現地路床が左岸側方向に傾斜していることが考えられる . また , アスペクト比の違いは魚巢内流向の違いに反映されていた . 例えば , Case 4 では右岸最上流の魚巢内流れが他の場合と異なり , 反時計回りとなった . 以上より , 同一規模の魚巢でもその置かれた場所によって堆砂状況に違いが見られたことから , 環境配慮工施工前の土砂輸送予測の重要性が示唆された .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 Maeda, S., Yoshida, K., Kuroda, H. | 4. 巻 16 |
| 2. 論文標題 Turbulence and energetics of fish nest and pool structures in agricultural canal | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Paddy and Water Environment | 6. 最初と最後の頁 493-505 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10333-018-0642-2 | 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 Maeda, S., Kuroda, H., Yoshida, K., Tanaka, K. | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 A GIS-aided two-phase grey fuzzy optimization model for nonpoint source pollution control in a small watershed | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Paddy and Water Environment | 6. 最初と最後の頁 263-276 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10333-016-0545-z | 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 Maeda, S., Ishizaki, S., Minagawa, A., Kobayashi, H., Yoshida, K., Kuroda, H. | 4. 巻 25(1) |
| 2. 論文標題 Ecohydraulic assessment of water abstraction for hydroelectric power generation in the Anegawa river, Japan | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Rainwater Catchment Systems | 6. 最初と最後の頁 7-14 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 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 - |

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件／うち国際学会 4件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 Maeda, S., Takagi, S., Yoshida, K., Kuroda, H. |
| 2. 発表標題 Canal bed evolution and current velocity distribution in artificially-created nest and pool habitats in rural area |
| 3. 学会等名 12th International Symposium on Ecohydraulics（国際学会） |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ishizaki, S., Maeda, S., Minagawa, A., Noda, K., Kobayashi, H., Yoshida, K., Kuroda, H. |
| 2. 発表標題 Effect of upstream discharge regulation on fish habitat in the Ane River, Japan |
| 3. 学会等名 37th IHAR World Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 前田滋哉・曲淵光・吉田貢士・黒田久雄 |
| 2. 発表標題 農業用排水路における魚巣と魚溜での乱流特性と魚の推定消費エネルギー |
| 3. 学会等名 平成29年度農業農村工学会講演会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 高木翔太・前田滋哉・吉田貢士・黒田久雄 |
| 2. 発表標題 魚巣・魚溜を有する排水路の堆砂状況調査と流砂の数値計算 |
| 3. 学会等名 第68回農業農村工学会関東支部大会講演会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Maeda, S., Iida, M., Yoshida, K., Kuroda, H. |
| 2. 発表標題 Turbulence and energetic characteristics of water regions created by eco-friendly physical structures in an agricultural drainage canal |
| 3. 学会等名 12th International Conference on Hydrosience & Engineering (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Takagi, S., Maeda, S., Yoshida, K., Kuroda, H. |
| 2. 発表標題 Field observation and numerical simulation of bed evolution in agricultural drainage canal with eco-friendly physical structures |
| 3. 学会等名 38th IAHR World Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 前田滋哉・高木翔太・吉田貢士・黒田久雄 |
| 2. 発表標題 農業用排水路における魚巢の規模と配置が堆砂に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 応用生態工学会第23回研究発表会 |
| 4. 発表年 2019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 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
| | | | |