

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03095

研究課題名(和文) 底質変動と魚類の餌資源分布に基づく環境配慮工の価値評価と適応型管理への応用

研究課題名(英文) Value Assessment of Eco-friendly Structures Based on Substrate Dynamics and Fish Food Distribution and Its Application to Adaptive Management

研究代表者

前田 滋哉 (Maeda, Shigeya)

茨城大学・応用生物学野・教授

研究者番号：00346074

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：農業用排水路の魚類保全を目的に導入された魚巢・魚溜を含む水路区間を対象に、(1)生息魚種、(2)藻類や底生動物等の魚類の餌資源、(3)土砂や糸状藻類の魚巢への堆積状況を現地調査した。(1)と(2)については環境DNA解析を用いることで、魚種の時空間変動、糸状藻類の種と量の時間変化の傾向について知見が得られた。また、魚巢内の土砂の管理効率化手法や糸状藻類が堆積しにくい魚巢規模について、流れの数値計算と流木挙動モデルを用いた解析手法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

農業水路の魚類保全施設の価値を評価するには、魚類の生息環境としての良さだけでなく、施設の維持管理のしやすさの視点が不可欠である。本研究では、これまで不十分だった魚類の餌資源や魚種の時空間変動と共に、堆砂、剥離糸状藻類の挙動に注目した。本研究の学術的意義は、魚巢の価値を多面的かつ長期的に評価するための生態水理学的な解析例を示した点にある。この成果の社会的意義は、より価値の高い魚類保全施設の設計に有用な点にある。

研究成果の概要(英文)：A field survey was conducted on a section of agricultural drainage channel that included fish nests and a fish pool introduced for the purpose of fish conservation. The survey focused on (1) the fish species present, (2) the fish food resources such as algae and benthic organisms, and (3) the accumulation of sediment and filamentous algae in the fish nests. For (1) and (2), we utilized environmental DNA analysis, which provided insights into the spatiotemporal variations of fish species and the temporal trends of species and quantities of filamentous algae. Additionally, we developed analytical methods using numerical flow calculations and a driftwood behavior model to devise efficient management techniques for sediment within fish nests and to explore the better fish nest size that reduces filamentous algae accumulation.

研究分野：生態水理学

キーワード：農業水路 魚類 土砂水理 環境DNA 付着藻類 維持管理 数値計算

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

農業用排水路は営農活動の基盤施設であると同時に魚類の繁殖、成長、移動経路であるため、生態系に配慮した整備がなされてきた。整備後に土砂の堆積や藻類繁茂等により、魚類の生息環境は変化するが、メカニズムが十分に知られていないため、より良い事業の設計が困難な状況である。

2. 研究の目的

(1) 農業用排水路における付着藻類とプランクトンに着目した魚類の餌資源の推定を目的とする。茨城県美浦村の農業用排水路を対象に、路床に密生する付着藻類が流れ場の時空間変動や魚類の餌の多寡に与える影響を明らかにし、付着藻類と植物・動物プランクトンのデータを基に、魚類の餌資源の量と時空間分布を推定する。

(2) 茨城県の農業用排水路において、魚巢や魚溜に堆積する糸状体藻類の量と時空間変動と共に、底生魚の胃内容物を DNA バーコーディング解析することで、どの藻類種が魚類に摂餌されているかを特定する。

(3) 数値実験を用いた魚巢内に堆積する剥離藻類が魚巢外への流出する割合（流出率）を推定する。異なる規模の矩形魚巢を対象に、既に堆積している剥離藻類が自然に排出される割合を数値実験により算出し、適正な規模や形状の魚巢を設計するための知見を得ることを目指している。

(4) 農業用排水路に存在する魚巢での過剰な堆積土砂を浚渫する「泥上げ」の効率を評価する手法を開発する。環境配慮工が設計時に意図した生物保全機能を発揮し続けるには、施工後の状況に応じた維持管理が不可欠である。本研究では、平面 2 次元流れ・路床変動モデルを実在の魚巢と魚溜のある農業用排水路区間に適用し、対象区間で堆砂傾向を再現する。次に、左岸の特定魚巢の泥上げパターンを複数仮定し、泥上げ効果減少率を算出することで、浚渫土量に対する泥上げ効果の持続性を評価する。

3. 研究の方法

(1) 調査は幅約 3m のコンクリート水路および接続河川で行い、下流から上流にかけて 7 つの測点 (S1～S7) を設定した。2020 年と 2021 年の計 7 回にわたり、S3～S6 の 4 箇所ですべて付着藻類とプランクトンの調査を実施した。付着藻類は一辺 9cm の方形枠を用いて採取し、種の同定、細胞数、クロロフィル a 量、強熱減量を測定した。プランクトンは表層水を 1L サンプルングし、種の同定と細胞数の推定を行った。さらに、日射量、水位、水温、濁度、溶存酸素量 (DO) を 10 分間隔で自動計測した。

(2) 茨城県の高橋川に接続する農業用排水路を対象に、2020年6月と9月、2021年4月から11月にかけて月1回、計10回の調査を行った。付着藻類は路床に一边9cmの方形枠を置いて採取し、プランクトンは表層水を1Lサンプル

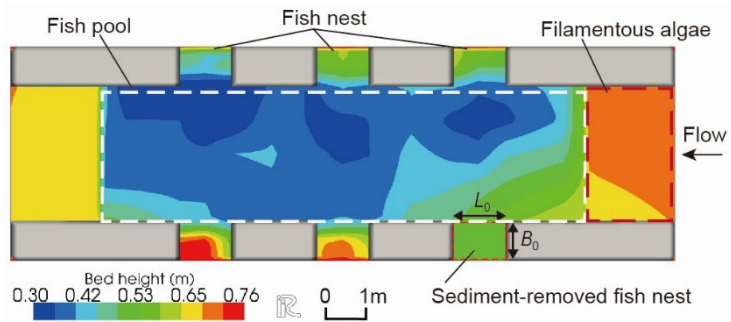


図1 解析区間の魚巣と路床標高

ングして種の同定と細胞数の推定を行った。さらに、2020年6月以降、10分間隔で日射量、水位、水温、濁度、溶存酸素量を自動計測した。2021年7月30日には、底生魚の胃内内容をDNAバーコーディング解析し、魚類の食性を分析した。

(3) 茨城県美浦村興津地区の農業用排水路を対象に、iRIC NaysCUBE を用いて流れと剥離藻類挙動の数値計算を行った。計算区間は幅3m、長さ14.9mで、区間中央部に長さ10.9mの魚溜があり、兩岸に3個ずつの魚巣が設けられている(図1)。魚巣形状は平面が矩形である。左岸上流端の魚巣について、既存の形状を含む5つの形状(入口幅、奥行き)のケースを設定し、剥離藻類の流出率を算出した。数値計算は200秒間実行し、剥離藻類の挙動を120秒間追跡した。

(4) 茨城県美浦村の農業用排水路を対象とし、幅3m、長さ18.6mの区間に設置された魚巣と魚溜の堆砂傾向を数値シミュレーションで再現した。平面2次元流れ・路床変動モデルNays2DHを用い、流砂と浮遊砂の両方を考慮した。対象区間を4つの領域に分け、各々に異なる粒径加積曲線を設定した。流れ計算は600秒後に開始し、計算時間は最大18時間とした。泥上げ効果の持続性を評価するために、複数の泥上げパターンを設定し、泥上げ効果減少率を算出した。

4. 研究成果

(1) 糸状体藻類の細胞密度は5月に最多、6月に2番目に多く、主に緑藻綱と珪藻綱が優占していた。水温が増殖適温の18~25℃である期間が長く、7月中旬以降は25℃を超えるため、藻類成長が抑制された。下流ほどクロロフィルa量が多く、特に矢作川や巴川の値よりも1オーダー大きいことが判明した。動物プランクトンの種別個体数密度は5月から6月に急増し、その後急減した。上流側の測点で個体数密度が大きい傾向が見られた。また、排水路の水温と流量の季節変動も観察され、これらのデータは魚類の餌資源の時空間分布に重要な影響を与えることが示唆された。これらの結果を基に、魚類の餌の分布実態を整理し、今後の研究において生息魚種や魚の食性データを加えることで、より包括的な餌資源量の分析が期待される。

(2) 底生魚の胃内容物解析では、ユスリカ科やトビケラ科が大きな割合を占め、珪藻綱中心目の *Melosira varians* や *Pleurosira laevis* が多く検出された。これらの結果から、魚類が選択

的に糸状体を摂餌している可能性が示唆された。また、水路の流量や水温の変動が糸状体藻類の繁茂と剥離に影響を与えることが明らかとなった。今後の課題として、糸状体藻類の細胞密度と影響因子の関係をモデル化することが挙げられる。

(3) 数値実験の結果、剥離藻類の初期 yaw 角の与え方により、その魚巢外への流出率は大きく変動した。魚巢の入口長さが大きい場合、流出率が高く、魚巢面積が小さい場合、流出率が低下した。特に、魚巢面積が同程度であっても、魚巢の形状によって流出率が異なることが確認された。また、魚巢入口長さが大きいケースでは、流出率が高く、内部の流れ場において高い鉛直方向渦度が観察された。これらの結果は、剥離藻類の自然排出を促進するための魚巢設計において、形状や規模の最適化が重要であることを示している。今後は、剥離藻類の大きさや形状、投入位置を変えた場合にも同様の結果が得られるかを検討し、さらに詳細な解析を進める必要がある。また、堆砂が進行した場合の剥離藻類の流出率の変化についても調査する必要がある。

(4) 研究の結果、流量が増大するにつれて左岸魚巢と右岸魚巢の順に堆砂が進行することが確認された。特に、流量が $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ を超えると魚溜内の中央と左岸側で洗掘が顕著になり、魚巢での路床高変化量が大きくなることが示された。また、盛土量が大きい場合、魚溜右岸側の堆砂がより顕著になった。泥上げ効果の持続性評価では、左岸魚巢 1 個の泥上げが最も効率的であることが分かった。本手法は、効果が持続しやすい泥上げ箇所を選択や浚渫土量の決定に有用な情報を提供することが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6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 2件）

1. 著者名 Maeda Shigeya, Yoshida Yuri, Yoshinari Kanuka, Takahashi Naoki	4. 巻 15
2. 論文標題 Effective Placement Strategies for Portable Fishways in Agricultural Drainage Canals: A Numerical Investigation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 16283 ~ 16283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su152316283	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 前田滋哉・黒田久雄	4. 巻 78
2. 論文標題 流れ・路床変動モデルを用いた魚巢における泥上げ効率の評価手法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 I_1087 ~ I_1092
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.78.2_I_1087	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 吉成香貫花・前田滋哉・福田信二・黒田久雄	4. 巻 35
2. 論文標題 環境配慮工が導入された農業用水路と河川における流れの数値計算	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 応用水文	6. 最初と最後の頁 41-46
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 無
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 -

1. 著者名 姫野敦行・皆川明子・前田滋哉	4. 巻 34
2. 論文標題 曲り楯における3次元流れの数値解析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 応用水文	6. 最初と最後の頁 46-49
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 無
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 -

1. 著者名 Maeda, S., Takagi, S., Yoshida, K. and Kuroda, H.	4. 巻 19
2. 論文標題 Spatiotemporal variation of sedimentation in an agricultural drainage canal with eco-friendly physical structures: a case study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Paddy and Water Environment	6. 最初と最後の頁 189-198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10333-020-00831-6	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 -

1. 著者名 前田滋哉・皆川明子・黒田久雄	4. 巻 33
2. 論文標題 付着藻類を考慮した魚巢・魚溜のある農業用排水路における路床変動の数値実験	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 応用水文	6. 最初と最後の頁 91-95
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 無
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11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Maeda, S., Miyashita, S., Lin, X., Kuroda, H.
2. 発表標題 Numerical experiment on the deposition process of detached filamentous algae on artificial fish nests introduced to an agricultural drainage canal
3. 学会等名 2023 Conference of International Society of Paddy and Water Environment Engineering (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉成香貫花・前田滋哉・福田信二・黒田久雄
2. 発表標題 流れの数値計算と生息場適性指数を用いた河川区間における魚類生息場の評価
3. 学会等名 第74回農業農村工学会関東支部講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前田滋哉・安野悠・黒田久雄
2. 発表標題 魚巢内に堆積した糸状体剥離藻類の移動の数値シミュレーション
3. 学会等名 土木学会全国大会第78回年次学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前田滋哉・南雲大熙・折笠壘・皆川明子・黒田久雄
2. 発表標題 環境配慮工のある農業用排水路における魚類とその餌資源
3. 学会等名 第72回農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前田滋哉・黒田久雄
2. 発表標題 数値計算を用いた環境における堆砂の分析
3. 学会等名 第71回農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉成香貫花・前田滋哉・黒田久雄
2. 発表標題 環境配慮工が設置された水路と河川における流れ・河床変動モデルを用いた魚類生息場の分析
3. 学会等名 第71回農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 前田滋哉・松浦拓哉・森山光
2. 発表標題 環境配慮工が導入された農業用排水路における糸状体付着藻類と魚類の食性
3. 学会等名 土木学会全国大会第77回年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐田祐正・皆川明子
2. 発表標題 魚溜工における土砂動態の水理解析
3. 学会等名 第71回農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2022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 魚巢・魚溜における路床標高分布と堆砂変化量の推定
3. 学会等名 第69回農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井風花・前田滋哉・黒田久雄
2. 発表標題 環境配慮工が導入された農業用排水路における付着藻類の繁茂
3. 学会等名 第71回農業農村工学会関東支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 姫野敦行・皆川明子
2. 発表標題 魚類の生息場として適した曲り樹の取り付け方の検討
3. 学会等名 第69回農業農村工学会大会講演会
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
研究分担者	皆川 明子 (Minagawa Akiko) (70603968)	滋賀県立大学・環境科学部・准教授 (24201)	

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
---------	---------