

令和元年6月18日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02966

研究課題名(和文) 河川工作物が底生魚類の個体群・群集に及ぼす生態的影響の多面的評価手法の確立

研究課題名(英文) Establishment of multi-faceted evaluation of ecological effects of instream obstructions on benthic fishes at population and community level

研究代表者

栗田 孝晴 (NATSUMEDA, Takaharu)

茨城大学・教育学部・准教授

研究者番号：00468993

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,500,000円

研究成果の概要(和文)：河川工作物(堰)が底生魚類の個体群・群集に及ぼす生態的影響を評価するための、PITタグ、DNAマーカー、安定同位体比による多面的手法の確立を目的とした。河川最下流部の堰上下の魚類群集組成の比較から、堰上の通り回遊魚の多様度や生息個体数の減少は、遡上阻害だけでなく、堰上の生息環境上の改変に因ることが示された。カジカ大卵型のPITタグ追跡調査から、堰の二段落差(40+75cm)による遡上阻害を明らかにした。21のマイクロサテライトDNAマーカーによる遺伝的集団構造解析の結果から、放流個体と在来個体との交雑による遺伝的攪乱が示された。非破壊的な尾鱗試料に基づく安定同位体比の有効性も9種で検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は堰の落差がもたらす魚類の遡上阻害だけでなく、堰の存在による堰上区間の生息環境の改変(湛水域の形成)が魚類群集の組成や種の生息密度に影響を及ぼすことを明らかにした。また、本研究で有効性を検証した非破壊的な試料(尾鱗)に基づく安定同位体比分析は、保全生態学領域の進展に寄与することが期待される。

研究成果の概要(英文)：This study aims to establish multi-faceted evaluation of ecological effects of instream obstructions (weirs) on benthic fishes at population and community level, based on PIT tags, DNA markers, and stable isotopes ratio. Comparison of fish community structure below and above weirs indicates remarkable decline in diversity and population number of diadromous fishes above weirs due to inhibition of upstream migration and anthropogenic modification of instream habitat features by weirs. PIT tag surveys revealed that a weir with two-segment drop in height (40+75cm) prevented Japanese fluvial sculpin to ascend a weir. Genetic population structure analysis, based on 21 microsatellite DNA markers, indicated the evidence for genetic disturbance between exotic specimens and domestic specimens. We also examined validity of stable isotopes ratio (^{13}C , ^{15}N) from non-destructive part of nine fish species (caudal fin), as an alternative of muscle tissues, conventionally used destructive part.

研究分野：魚類生態学

キーワード：河川工作物 底生魚類 遡上阻害 生息環境改変 PITタグ マイクロサテライトDNA 安定同位体比

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

河川工作物の設置により工作物の上下区間の魚類群集組成は変化し、彼らの食性や栄養段階、生息場所利用様式等に直接・間接的に影響を与え、結果的に彼らの関わる生態系全体に大きく影響する可能性が高いが、その実態を定量的に評価した研究は少なく、河川工作物が魚類の個体群や群集に及ぼす影響について、多面的な評価手法を確立する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、工作物の設置が底生魚類を中心とした群集に及ぼす影響の多面的評価手法を確立し、河川流程の連続性に立脚した群集の生物多様性の保全に資することを目的とする。具体的には、河川工作物に対する遡上能力が異なるカジカ類とヨシノボリ類に着目し、工作物が底生魚類に及ぼす影響について PIT タグ個体の移動追跡、高感度の遺伝マーカー、安定同位体などの複数のツールを用いて個体群レベルと群集レベルの双方から評価する。

3. 研究の方法

(1) 河川工作物による環境変化が通し回遊魚を中心とした淡水魚類群集に及ぼす影響

茨城県北部の4河川を対象として、各河川の流程最下流部に設置された河川工作物の上下区間で電気ショッカーによる魚類調査と物理環境(水深、流速)の調査を行った。

(2) 河川工作物が底生魚類の生息分布と生息環境に及ぼす影響評価

河川工作物が連続して出現する茨城県北部の河川において、ハゼ科の通し回遊魚(スミウキゴリ、シマヨシノボリ)2種の生息分布と生息環境について調査を行った。

(3) 河川工作物がカジカ大卵型の河川内移動と遺伝的多様性に及ぼす影響評価

河川工作物が複数存在する那珂川水系藤井川の流程において、異なる落差(21cm、40+75cm)を持つ工作物の上下区間(中流域、上流域各1か所)を対象とし、PIT タグを装着したカジカ大卵型の河川内移動調査を行った。また藤井川上流域と中流域で採捕された109個体を対象として、21種類のマイクロサテライト DNA マーカーに基づく遺伝的集団構造の解析を行った。

(4) カジカ大卵型の流程に沿った遺伝的集団構造と遺伝的攪乱実態の把握

他水系(新潟県)由来個体の放流履歴がある藤井川と塩子川の合流地点を中心とした上下流6地点で採取したカジカ大卵型(192個体)からDNAを抽出し、21種類のマイクロサテライト DNA マーカーを用いて遺伝的解析を行った。

(5) 尾鰭試料に基づく安定同位体分析の有効性の検討

底生魚類8種(カジカ大卵型、カジカ小卵型、シマヨシノボリ、オオヨシノボリ、スミウキゴリ、カマツカ、ホトケドジョウ、シマドジョウ)及び藻類食魚アユの計9種を対象として、個体の尾鰭試料と筋肉試料との炭素・窒素同位体比の関係を検証した。

(6) 安定同位体分析に基づくダム上下区間の魚類群集の食物網構造の比較

前項目で得られた知見に基づいて、藤井川ダムの上下区間における底生魚類(カジカ類、ヨシノボリ類)を中心とした魚類群集の炭素・窒素安定同位体マップを作成した。

4. 研究成果

(1) 河川工作物による環境変化が通し回遊魚を中心とした淡水魚類群集に及ぼす影響

16捕獲魚種のうち、7種が通し回遊魚、7種が純淡水魚、2種が周縁性淡水魚であった。4河川の堰上区間の全魚種及び通し回遊魚の多様度(H')は、堰下区間よりも有意に低かった。AICの値に基づくGLMのベストモデルは、堰の存在が全魚種及び通し回遊魚の多様度に有意な負の効果を及ぼすことを示した。水深と流速の2つの物理環境要因の平均値を基に算出された調査地間のユークリッド距離と魚種構成の非類似度指数(Bcd)との間には、全魚種及び通し回遊魚ともに有意な正の相関が認められ、Pearsonの相関係数の正の傾きは、通し回遊魚でより顕著であった。これらの結果から、堰上区間での通し回遊魚の多様度や生息個体数の減少が、堰の落差による魚類の遡上阻害だけでなく、堰の存在を介して生じる堰上区間での魚類の生息環境上の改変にも起因することが示唆された。

(2) 河川工作物が底生魚類の生息分布と生息環境に及ぼす影響評価

スミウキゴリとシマヨシノボリの生息密度は下流から上流に向けて減少したが、2種の生息密度を説明する重回帰式から、累積堰数が生息密度に及ぼす影響はシマヨシノボリよりもスミウキゴリで相対的に大きいことが示された。生息環境調査から、瀬ではシマヨシノボリ、淵ではスミウキゴリが多く捕獲され、2種の捕獲個体数の比率には瀬・淵間で有意な偏りが認められた。

(3) 河川工作物がカジカ大卵型の河川内移動と遺伝的多様性に及ぼす影響評価

カジカ大卵型個体の多くはそれぞれの区間内に留まっていたが、落差の小さい区間（中流域）では工作物の上下間で個体の移動が認められたのに対し、落差の大きな区間（上流域）では工作物の上流から下流への1方向流の移動のみが観察された。マイクロサテライトDNAマーカーに基づく遺伝的集団構造解析から、藤井川上流域の集団の遺伝的変異性（Allelic richness）は中流域の集団よりも小さいこと、また主座標分析による個体間の遺伝的差異の検討から、中流域の集団には上流域に由来する流下個体が含まれている可能性が示唆された。

(4) カジカ大卵型の流程に沿った遺伝的集団構造と遺伝的攪乱実態の把握

マイクロサテライトDNAマーカーに基づく遺伝的集団構造解析から、藤井川・塩子川2河川の合流地点、合流点より下流部及び塩子川下流部最初の堰の上下（地点1～4）では、新潟県産の放流個体と在来個体との間で交雑による遺伝的攪乱が生じていることが示された（図1）。

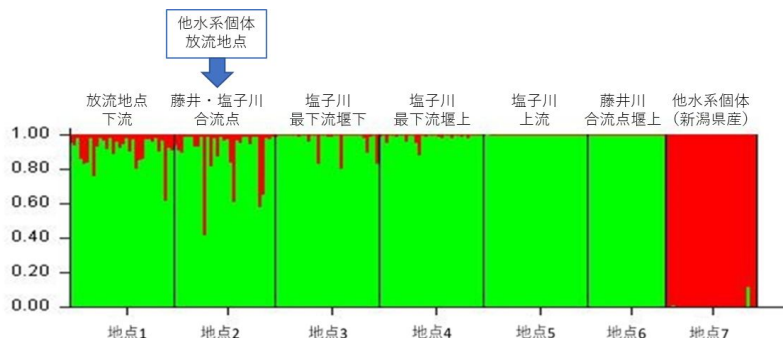


図1 STRUCTURE2.3.4によるK=2の場合のクラスタリング解析の結果
各バーがそれぞれの個体を示し、縦軸がそれぞれのクラスターに帰属する割合を示す。

(5) 尾鱗試料に基づく安定同位体分析の有効性の検討

尾鱗と筋肉試料の炭素・窒素同位体比との関係について、分析対象とした9種のうち炭素同位体比では7種、窒素同位体比では6種で高い決定係数（ $R^2 \geq 0.8$ ）を伴う回帰式を得た。

(6) 安定同位体分析に基づくダム上下区間の魚類群集の食物網構造の比較

窒素同位体比からダム下区間では両側回遊型の生活様式をもつカジカ小卵型、オオヨシノボリ、シマヨシノボリの底生魚3種がほぼ同じ高位の栄養段階を占めていることが示された。一方ダム上区間では、これら両側回遊性魚類の生息は確認されず、かわりにカジカ大卵型、カマツカ、シマドジョウ、ホトケドジョウの4種がほぼ同位の栄養段階を占めることが示された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計10件)

Matsuzaki SS, Shinohara R, Uchida K, Sasaki T, Catch diversification provides multiple benefits in inland fisheries, *Journal of Applied Ecology*, 査読有, Vol.56, 2019, 843 - 854
<https://doi.org/10.1111/1365-2664.13316>

用田悠介、鹿野雄一、阿部信一郎、井口恵一郎、棗田孝晴、河川工作物による環境変化が淡水魚類群集に及ぼす影響、*応用生態工学*, 査読有, Vol.21, No.1, 2018, 17 - 28
<https://doi.org/10.3825/ece.21.17>

Iguchi K, Matsumoto Y, Kurita U, Watanabe K, Adaptive downsizing in the piscivorous cyprinid fish, *Opsariichthys uncirostris*, facilitates rapid establishment after introduction to a small-scale habitat in Japan, *Biological Invasions*, 査読有, Vol.21, No.6, 2018, 2059 - 2066
DOI 10.1007/s10530-019-01957-3

Murase I, Kawakami T, Iguchi K, Variation in growth performance of Ryukyu-ayu, *Plecoglossus altivelis ryukyuensis*, inferred from otolith analysis, *Ichthyological Research*, 査読有, vol.65, No.4, 2018, 482 - 487
DOI: [org/10.1007/s102228-018-0638-3](https://doi.org/10.1007/s102228-018-0638-3)

阿部信一郎、棗田孝晴、黒田 暁、堀江哲也、井口恵一郎、奄美大島を流れる役勝川における付着藻類生産力の流程変化、*藻類*, 査読有, Vol.66, 2018, 105-110

MacDougall AS, Harvey E, McCune JL, Nilsson KA, Bennett J, Firm J, Bartley T, Grace JB, Kelly J, Tunney TD, McMeans B, Matsuzaki SS, Kadoya T, Esch E, Cazelles K, Lester N, McCann KS, Context-dependent interactions and the regulation of species richness in freshwater fish, Nature Communications, 査読有, Vol.9, Article No.973, 2018, 1 - 9
DOI:10.1038/s41467-018-03419-1

藤井亮史、下村雄志、田原大輔、栗田孝晴、岸 大弼、飼育環境におけるカジカ大卵型・中卵型・小卵型の卵および仔稚魚の生残状況、岐阜県水産研究所研究報告、査読無、Vol.63、2018、7 - 16
<http://www.fish.rd.pref.gifu.lg.jp/kenkyu-houkoku/pdf-61-70/63-007.pdf>

馬淵浩司、松崎慎一郎、日本の自然水域のコイ：在来コイの現状と導入コイの脅威、魚類学雑誌、査読有、Vol.64、No.2、2017、213 - 218
<https://doi.org/10.11369/jji.64-213>

Hirohiko Takeshima, Nozomu Muto, Yasuyuki Sakai, Naoya Ishiguro, Keiichiro Iguchi, Satoshi Ishikawa, Mutsumi Nishida, Rapid and effective isolation of candidate sequences for development of microsatellite markers in 30 fish species by using kit-based target capture and multiplexed parallel sequencing, Conservation Genetics Resources, 査読有、Vol.9、No.3、2017、479 - 490
<https://doi.org/10.1007/s12686-017-0730-4>

向井貴彦、Abinash Padhi、臼杵崇広、山本大輔、加納光樹、萩原富司、榎本昌宏、松崎慎一郎、日本における特定外来生物チャネルキャットフィッシュのミトコンドリア DNA ハプロタイプの分布、魚類学雑誌、査読有、Vol.63、2016、81 - 87
<https://doi.org/10.11369/jji.63-81>

〔学会発表〕(計 13 件)

阿部信一郎、合屋国祐、福原叶恵、山田陽喜、横田康平、竹門康弘、井口恵一郎、天然河川でのアユの採食が付着藻類の群落構造に及ぼす影響、日本藻類学会第 43 回大会、2019 年 3 月 17 日、京都大学吉田南構内(京都市)

Matsuzaki SS, Shinohara R, Uchida K, Sasaki T, Catch diversification provides multiple benefits in inland fisheries, ASLO 2019 Aquatic Science Meeting(国際学会)、2019 年 3 月 1 日、San Juan (Puerto Rico)

栗田孝晴、仲長康行、大澤勇人、阿部信一郎、鹿野雄一、井口恵一郎、ダム下区間における通し回遊性底生魚類の流程分布と資源利用、第 51 回日本魚類学会年会、2018 年 10 月 7 日、国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都渋谷区)

武島弘彦、小黒環、佐久間啓、久米元、米沢俊彦、西田睦、井口恵一郎、安房田智司、初めて明らかとなった奄美大島産リュウキュウアユのメタ個体群構造、第 51 回日本魚類学会年会、2018 年 10 月 7 日、国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都渋谷区)

村瀬偉紀、井口恵一郎、海洋生活期におけるアユの経験塩分履歴と成長履歴の関係：生育環境としての汽水域の重要性、第 51 回日本魚類学会年会、2018 年 10 月 6 日、国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都渋谷区)

大橋慎治、武島弘彦、田原大輔、マイクロサテライト DNA 分析によるアユカケの遺伝的集団構造、第 51 回日本魚類学会年会、2018 年 10 月 6 日、国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都渋谷区)

水嶋亨、田原大輔、耳石日周輪を用いた琵琶湖ウツセミカジカの生活史多型、第 51 回日本魚類学会年会、2018 年 10 月 6 日、国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都渋谷区)

伊藤僚祐、三品達平、武島弘彦、田原大輔、渡辺勝敏、福井県南川のカジカ集団にみられる高水温環境への適応的な遺伝子浸透、第 34 回個体群生態学会大会、2018 年 10 月 6 日、東京大学弥生キャンパス(東京都文京区)

井口恵一郎、村瀬偉紀、個体群を隔てる初期分散と成長パターン。企画集会「島嶼の希少魚リュウキュウアユの保全を考える：生態学、遺伝学、社会学の包括的視点から、第 65 回

日本生態学会大会、2018年3月15日、札幌コンベンションセンター（札幌）

村瀬偉紀、川上達也、井口恵一郎、奄美大島役勝川を遡上するリュウキュウアユの成長様式、第50回日本魚類学会年会、2017年9月16日、北海道大学函館キャンパス（函館）

田原大輔、福井県内河川における河川人工構造物が両側回遊性カジカ中卵型の分布・生息密度に与える影響、応用生態工学会 第16回北信越ワークショップ in 石川（金沢市）2017年10月20日、ITビジネスプラザ武蔵（金沢）

藤井亮吏、棗田孝晴、田原大輔、古屋康則、カジカ大卵型の産卵期の変異と水温の関係、第49回日本魚類学会年会、2016年9月25日、岐阜大学（岐阜）

武島弘彦、井口恵一郎、橋口康之、西田 睦、大規模な地点サンプリングの戦略により明らかとなったアユの遺伝的集団構造、第49回日本魚類学会年会、2016年9月25日、岐阜大学（岐阜）

〔図書〕（計4件）

井口恵一郎、丸善出版、魚類学の百科事典（日本魚類学会編）2018、718（256 - 257、264）

武島弘彦、丸善出版、魚類学の百科事典（日本魚類学会編）2018、718（480 - 481、498 - 499）

棗田孝晴、東海大学出版部、生きざまの魚類学 - 魚の一生を科学する - （猿渡敏郎 編著）2016、240（143-170）

棗田孝晴、茨城県生活環境部環境政策課、茨城における絶滅のおそれのある野生生物・動物編、2016年度改訂版（茨城県レッドデータブック）2016、327（108 - 108、113 - 113）

〔産業財産権〕

出願状況（計0件）

取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：井口 恵一郎

ローマ字氏名：IGUCHI Kei' ichiro

所属研究機関名：長崎大学

部局名：大学院水産・環境科学研究科

職名：教授

研究者番号（8桁）：00371865

研究分担者氏名：阿部 信一郎

ローマ字氏名：ABE Shin-ichiro

所属研究機関名：茨城大学

部局名：教育学部

職名：教授

研究者番号（8桁）：40371869

研究分担者氏名：田原 大輔

ローマ字氏名：TAHARA Daisuke

所属研究機関名：福井県立大学

部局名：海洋生物資源学部

職名：准教授

研究者番号(8桁)：20295538

研究分担者氏名：武島 弘彦

ローマ字氏名：TAKESHIMA Hirohiko

所属研究機関名：総合地球環境学研究所

部局名：研究部

職名：外来研究員

研究者番号(8桁)：50573086

研究分担者氏名：松崎 慎一郎

ローマ字氏名：MATSUZAKI Shin-ichiro

所属研究機関名：国立研究開発法人国立環境研究所

部局名：生物・生態系環境研究センター

職名：主任研究員

研究者番号(8桁)：40548773

(2)研究協力者

該当なし