

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 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：2013～2015

課題番号：25340063

研究課題名(和文) カジカ等の生態的移動弱者の生物多様性に配慮した河川管理方策の提案

研究課題名(英文) River management implications to consider biological diversity of ecologically-vulnerable benthic fishes such as freshwater sculpins with low mobility

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) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：河川工作物が底生魚カジカ大卵型に及ぼす影響を生態学、保全遺伝学的手法から検証し、彼らの生態的特性に配慮した河川管理方策の提案を目的とした。標識再捕調査結果は、落差80cmの河川工作物による本種の上流方向の移動阻害を明らかにした。15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解析の結果から、河川工作物が複数存在する流程に沿って、微細ながらも統計的に支持される遺伝的な異質性の存在が示された。河川流程の空間的連続性を保全する上で、石組み設置による河川工作物の落差軽減措置、簡易魚道設置による遡上援用措置に加えて、工作物で分断された河川区間内の本種の生息環境の質の保全が有効と考えられた。

研究成果の概要(英文)：This study aims to evaluate the effects on instream obstructions on populations of ecologically-vulnerable benthic fishes (e.g., freshwater sculpins) with low mobility based on ecological and conservation genetic approaches, and to propose river management implications to consider their ecological features. Results of mark-and-recapture surveys revealed that a weir with 80 cm height prevented individual sculpins to ascend weir. Genetic population structure analysis, based on 15 microsatellite DNA markers, indicated a presence of weir, but statistically significant genetic population structure along a stream course. To conserve spatial connectivity along a stream course for such ecologically-vulnerable benthic fishes, setting a ramp to mitigate the height of instream obstructions, setting simple fishways to assist individual fish passing by instream obstructions, and enrichment of instream habitat quality divided by instream obstructions, are considered as valid management implications.

研究分野：魚類生態学

キーワード：底生魚 カジカ 河川工作物 マイクロサテライト 生物多様性 種間関係

#### 1. 研究開始当初の背景

堰などの河川工作物は、魚類の上流方向への移動を阻害することが指摘されている。特に淡水カジカ属魚類のように遊泳能力の乏しい底生魚では、跳躍や吸着匍匐による工作物間の移動が出来ないため、工作物がもたらす僅かな落差による上流方向への移動阻害が懸念される。しかし河川工作物が彼らの移動阻害に及ぼす実態を具体的に検証した研究は少ない。

#### 2. 研究の目的

本研究では淡水カジカ属魚類に代表される「生態的移動弱者」に焦点を充て、河川工作物が底生魚類に及ぼす影響を生態学的、保全遺伝学手法の双方から検証し、彼らにとって遡上が可能となる河川管理方策の提案を目的とする。

#### 3. 研究の方法

##### (1) カジカ属魚類の流程分布

那珂川水系藤井川および支流西田川の流程に沿った 12 地点で、電気ショッカーによる採集を通じてカジカ属魚類の流程分布様式を調査した。

##### (2) ミトコンドリア DNA 塩基配列に基づくカジカ大卵型の遺伝的集団構造

藤井川ダム上流の本支流及び隣接する 2 河川(相川、桂川)の計 10 地点 202 個体を対象として、カジカ大卵型の遺伝的集団構造の解析を行い、ミトコンドリア DNA 調節領域前半部(406bp)の塩基配列を決定した。

##### (3) 河川工作物がカジカ大卵型の移動に及ぼす影響

茨城県那珂川水系相川の流程に設置されている落差の異なる二つの河川工作物(堰 A: 80 cm, 堰 B: 6 cm、ともに魚道なし)の上下区間(堰 A: 各 20 m × 2, 堰 B: 各 20 m × 1)を調査区として、標識再捕法によるカジカ大卵型(*Cottus pollux* LE)の 0 歳魚と 1 歳魚以上の個体の移動調査を 2 年間にわたり追跡した。魚類の捕獲は電気ショッカーを用い、2 パス法により区間ごとに個体数推定を行い、単位面積当りの密度に換算した。

##### (4) マイクロサテライト DNA マーカーに基づくカジカ大卵型の河川流程における遺伝的集団構造

河川工作物が複数存在する那珂川水系相川の流程約 4 km に沿った 4 地点 129 個体及び藤井川ダム上流 1 地点 37 個体を対象として、15 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解析を行った。

##### (5) カジカ大卵型と生息分布域が重複する底生魚アカザとの種間関係

河川性の底生魚類で生息分布域が重複するカジカ大卵型とアカザ二種の採餌行動、移

動、定位点利用及び食性を 4 つの実験池で昼夜にわたり観察した。

#### 4. 研究成果

##### (1) カジカ属魚類の流程分布

藤井川の藤井川ダムの下流部には両側回遊型の生活史を持つカジカ小卵型が生息するが、流程の最下流部に設置された農業用取水堰(落差: >1 m)によって遡上が阻害されていた。いっぽうこの堰の上流区間の瀬では、両側回遊型のハゼ科底生魚類オオヨシノボリの生息が普遍的に確認されたことから、底生魚類の中でのカジカ属魚類の遡上能力の低さが示された。

(2) ミトコンドリア DNA 塩基配列に基づくカジカ大卵型の遺伝的集団構造  
標本集団からは 9 のハプロタイプが検出され、3 河川間では、ハプロタイプ多様度やハプロタイプの出現頻度に相違が見られ、遺伝的集団構造の存在が示唆された。また藤井川ダム上流の中流区間では、他水系由来のハプロタイプを持つ移入個体の存在が確認された。他水系由来のハプロタイプは、流程内に複数の堰が存在する上流部区間では検出されなかったことから、遡上能力の乏しいカジカ大卵型では、放流による移入個体の侵入を堰などの河川工作物が結果的に防いでいる皮肉な様相が示唆された。

##### (3) 河川工作物がカジカ大卵型の移動に及ぼす影響

0 歳魚の出現は堰 A 上流の 2 区間で多く、本種の再生産上重要な区間と考えられた。同 2 区間で再捕された 66 個体のうち、50 個体(75.8%)が各区間内で定住的であったが、2 区間の間を移動した個体の比率は下流方向に偏る傾向が見られた。1 歳魚以上ではそれぞれの堰の上下区間で定住的な個体が占める比率が高く(75~90.9%)、堰 A の上流区間内および下流区間内を移動する個体の比率はそれぞれ 16.2%、25%であった。各堰の上流区間で捕獲・標識された個体の約 10%弱が堰の下流区間に落下移動していることが明らかになった。落差の小さい堰 B では、下流区間から堰を越えて移動する個体(3/19 個体: 15.8%)が確認されたが、落差が大きい堰 A では同様の移動は全く観察されなかった。除去法による推定生息密度の月別変化から、繁殖期と考えられる 3 月~5 月の期間に、堰 A の下流区間に 1 歳魚以上の個体の集中が見られた。

##### (4) マイクロサテライト DNA マーカーに基づくカジカ大卵型の河川流程における遺伝的集団構造

各地点の Allelic richness の比較では、相川の最上流部で最も低く、下流部で最高値を示した。AMOVA の結果から、相川の 4 地点

間には有意な違いが認められ、地点間の遺伝的分化の度合いを示すペアワイズ  $F_{st}$  値は、河川間（藤井川（FU1）と相川全4地点に加えて相川最上流部（UP）と中流（MID）及び下流（DOWN、AC）間で有意であった（図1）。以上のことから、河川工作物が複数存在する相川の上流から下流のわずか4 kmの流程に沿って、微細ながらも統計的に支持される遺伝的な異質性が存在することが示された。

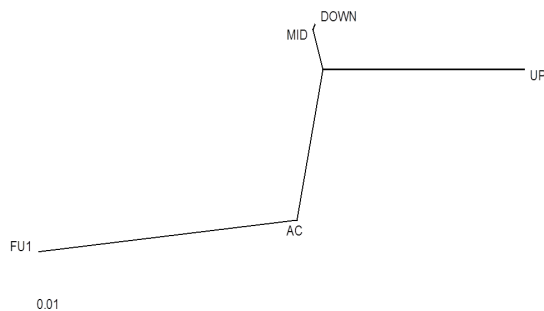


図1 藤井川（FU1）と相川流程に沿った4地点（上流から順にUP、MID、DOWN、AC）のペアワイズ  $F_{st}$  値に基づいたNJ樹

#### （5）カジカ大卵型と生息分布域が重複する底生魚アカザとの種間関係

両種とも活動性は昼間よりも夜間で活発であった。カジカ大卵型は待ち伏せ型の流下物・ベントス食者で、ユスリカ科、トビケラ目幼虫に加えてカゲロウ目幼虫も選択的に捕食した。いっぽうアカザはベントス食者で池中を広く動き回り、専らユスリカ科とトビケラ目幼虫を捕食した。これら二種間での明瞭に異なる索餌モードは、種間で食性が重複する場合においても彼らの同所的な分布を可能にし得ることが示唆された。

#### （6）カジカに代表される生態的移動弱者の生物多様性に配慮した河川管理方策の提案

本研究課題の主対象としたカジカ大卵型は、冷水環境を好むため、もともと集団が河川流程の上流域に局在しがちである。本研究では落差わずか80 cmの河川工作物によって、彼らの上流方向への移動が阻害される実態を明らかにした。本種の成魚は繁殖期に産卵に適した平瀬域に移動するが、河川工作物の存在によって上流域への繁殖適地への移動が阻害されることによって、流程内の繁殖集団の分断・孤立に伴う有効集団サイズの減少を引き起こしている可能性が示唆される。

カジカのような生態的移動弱者にとっても河川流程の移動が可能となるように、河川流程の空間的連続性を保全するには、石組み設置による河川工作物の落差軽減措置、簡易魚道設置による遡上援用措置に加えて、工作物で分断された河川区間におけるカジカの生息環境の質の保全（好適な産卵場所、摂餌場所や増水時や捕食者からの物理的な隠れ場の確保など）を継続的に行うことが有効であると考えられた。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計18件）

Takaharu Natsumeda、Hiromu Ogawa、Osamu Katano、Distinct foraging modes between two stream-dwelling benthic fishes, torrent catfish *Liobagrus reini* and Japanese fluvial sculpin *Cottus pollux* (large-egg type), Ichthyological Research、査読有、Vol.63、印刷中、2016、  
Doi : 10.1007/s10228-016-0512-0

Hirohiko Takeshima、Kei'ichiro Iguchi、Yasuyuki Hashiguchi、Mutsumi Nishida、Using dense locality sampling resolves the subtle genetic population structure of the dispersive fish species *Plecoglossus altivelis*, Molecular Ecology、査読有、2016、  
Doi : 10.1111/mec.13650

Shotaro Hirase、Hirohiko Takeshima、Mutsumi Nishida、Wataru Iwasaki、Mitogenome resequencing alleviates random rooting effect in phylogeography, Genome Biology and Evolution、査読有、2016、  
Doi : 10.1093/gbe/evw063

Takaharu Natsumeda、Noriko Takamura、Megumi Nakagawa、Yasuro Kadono、Tetsuo Tanaka、Hiromune Mitsushashi、Environmental and biotic characteristics to discriminate farm ponds with and without exotic largemouth bass and bluegill in western Japan, Limnology、査読有、Vol.16、No.3、2015、139 - 148  
Doi : 10.1007/s10201-015-0453-8

Takaharu Natsumeda、Hiroyuki Sakano、Tetsuya Tsuruta、Kayoko Kameda、Kei'ichiro Iguchi、Immigration of the common cormorant *Phalacrocorax carbo hanedae* into inland areas of the northern part of Nagano Prefecture, eastern Japan, inferred from stable isotopes of carbon, nitrogen and sulphur, Fisheries Science、査読有、Vol. 81、No.1、2015、131 - 137  
Doi : 10.1007/s12562-014-0823-x

Tsuboi J, Abe S, Fujimoto K, Kaeriyama H, Ambe D, Matsuda K, Enomoto M, Tomiya A, Morita T, Ono T, Yamamoto S, Iguchi K、Exposure of a herbivorous fish to  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  from the riverbed following the Fukushima disaster, J Environ Radioact、査読有、Vol.141、2015、32 - 37  
Doi: 10.1016/j.jenvrad.2014.11.012

Iguchi K., Tanaka H, Shinagawa T, Tsuruta T, Natsumeda T., Konishi K, Abe S, Differing wariness for approaching humans among cormorant migrants advancing into rural or a urban habitats, *Journal of Agricultural Science*, 査読有, Vol. 7, No.11, 2015, 180 - 188  
Doi : 10.5539/jas.v7n11p180

小西 繭、田崎伸一、高田啓介、井口恵一朗、絶滅危惧種シナイモツゴの生息する溜池群への地域住民の価値評価とその影響要因、*応用生態工学*, 査読有, Vol.17, No.2, 2015, 55-66  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/130004851635>

Hirokazu Tanaka, Dik Heg, Hirohiko Takeshima, Tomohiro Takeyama, Satoshi Awata, Mutsumi Nishida, Masanori Kohda, 2015,01 Group composition, relatedness, and dispersal in the cooperatively breeding cichlid *Neolamprologus obscurus*, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 査読有, Vol.69, No.2, 2015, 169-181  
Doi:10.1007/s00265-014-1830-8

Makiko Yorifuji, Hirohiko Takeshima, Kohji Mabuchi, Toshiki Watanabe, Mutsumi Nishida, Comparison of *Symbiodinium* dinoflagellate flora in sea slug populations of the *Pteraeolidia ianthina* complex. *Marine Ecology Progress Series*, 査読有, Vol.521, 2015, :91 - 104  
Doi:10.3354/meps11155

Hiroshi Takahashi, Naohiko Takeshita, Hideaki Tanoue, Shusaku Ueda, Hirohiko Takeshima, Teruhisa Komatsu, Izumi Kinoshita, Mutsumi Nishida, Severely depleted genetic diversity and population structure of a large predatory marine fish (*Lates japonicus*) endemic to Japan, *Conservation Genetics*, 査読有, Vol. 16, No.5, 2015, 1155 - 1165  
Doi:10.1007/s10592-015-0729-x

Takaharu Natsumeda, Tetsuya Tsuruta, Hirohiko Takeshima, Satoshi Awata, Kei'ichiro Iguchi, Variation in morphological characteristics of Japanese fluvial sculpin related to different environmental conditions in a single river system in eastern Japan, *Ecology of Freshwater Fish*, 査読有, Vol. 23, No.2, 2014, 114 - 120  
Doi : 10.1111/eff.12045

棗田孝晴、井口恵一朗、モツゴ *Pseudorasbora parva* を対象としたモンドリの最適設置時間の検討、*日本水産学会誌*, 査読有, Vol.80, No.4, 2014, 610 -

612  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/130004678119>

Yada T, Iguchi K., Yamamoto S, Sakano H, Takasawa T, Katsura K, Abe N, Aawata S, Uchida K, Prolactin and upstream migration of the amphidromous teleost ayu *Plecoglossus altivelis*, *Zoological Science*, 査読有, Vol.31, No.8, 2014, 507 - 514  
Doi: 10.2108/zs130181.

Tappei Mishina, Mikumi Takada, Hirohiko Takeshima, Mitsunori Nakano, Ryoichi Tabata, Mutsumi Nishida, Katsutoshi Watanabe, Molecular identification of species and ploidy of *Carassius* fishes in Lake Biwa, using mtDNA and microsatellite multiplex PCRs, *Ichthyological Research*, 査読有, Vol.61, No.2, 2014, 169 - 175  
Doi : 10.1007/s10228-014-0388-9

Takaharu Natsumeda, Masahide Yuma, Michio Hori, Variation in life-history traits of male Japanese fluvial sculpin *Cottus pollux* in relation to nest abundance along a stream course, *Environmental Biology of Fishes*, 査読有, Vol.96, No. 9, 2013, 1123 - 1133  
Doi:10.1007/s10641-013-0108-8

Kei'ichiro Iguchi, Ken Fujimoto, Hideki Kaeriyama, Atsushi Tomiya, Masahiro Enomoto, Shin-ichiro Abe, Toshinori Ishida, Cesium-137 discharge into the freshwater fishery ground of grazing fish, ayu *Plecoglossus altivelis* after the March 2011 Fukushima nuclear accident, *Fisheries Science*, 査読有, Vol.79, No.6, 2013, 983 - 988  
Doi : 10.1007/s12562-013-0666-x

酒井 明久、矢田 崇、井口 恵一朗、琵琶湖におけるアユ仔稚魚の体長組成および成長履歴の地域差、*水産増殖*, 査読有, Vol.61, No.3, 2013, 253 - 259  
<http://doi.org/10.11233/aquaculturesci.61.253>

[学会発表](計14件)

片山 暢、田原大輔、武島弘彦、棗田孝晴、落差工がカジカ大卵型の移動生態に及ぼす影響、平成28年度日本水産学会大会春季大会、2016年3月29日、東京海洋大学品川キャンパス(東京都品川区)

阿部信一郎、棗田孝晴、黒田暁、井口恵一朗、奄美大島役勝川の栄養供給源はどこにあるのか、日本藻類学会第40回大会、2016年3月20日、日本歯科大学(東京都千代田区)

棗田孝晴、宮本北斗、鶴田哲也、武島弘

彦、安房田智司、井口恵一朗、長野県千曲川水系の支流枝沢におけるカジカ大卵型 (*Cottus pollux* LE) の食性と餌料選択性の流程変異、第 48 回日本魚類学会年会、2015 年 9 月 6 日、近畿大学奈良キャンパス (奈良県奈良市)

古屋康則、森 温子、棗田孝晴、藤井亮吏、カジカ (大卵型) の生殖腺発達過程と繁殖期の多様性、平成 27 年度公益社団法人日本水産学会春季大会、2015 年 3 月 30 日、東京海洋大学品川キャンパス (東京都品川区)

Iguchi K、Historical background to the relationship between freshwater fisheries and the great cormorant in Japan. Symposium: Toward sustainable, knowledge-based cormorant management: Combining learning and experiences from North America, Europe, and Japan. In: Vth International Wildlife Management Congress、2015 年 7 月 27 日、Sapporo Convention Center (Sapporo)

倉満正矢、三品達平、武島弘彦、井口恵一朗、フナ類の倍数体間で観察された赤血球サイズ変異、第 48 回日本魚類学会年会、2015 年 9 月 6 日、近畿大学奈良キャンパス (奈良県奈良市)

武島弘彦、佐久間 啓、川原玲香、米沢俊彦、安房田智司、井口 恵一朗、西田 睦、次世代シーケンシングによるリュウキュウアユの集団ミトコンドリアゲノミクス、第 48 回日本魚類学会年会、2015 年 9 月 6 日、近畿大学奈良キャンパス (奈良県奈良市)

三品達平、武島弘彦、高田未来美、井口恵一朗、田畑諒一、西田 睦、渡辺勝敏、有性・無性の生殖サイクルを介した稀な遺伝子流動が促進するフナ類の多様化、第 48 回日本魚類学会年会、2015 年 9 月 6 日、近畿大学奈良キャンパス (奈良県奈良市)

遠藤千晴、富永浩史、三品達平、山崎 曜、武島弘彦、渡辺勝敏、琵琶湖水系における底生魚カマツカの形態的多様性と遺伝的集団構造、第 48 回日本魚類学会年会 2015 年 9 月 6 日、近畿大学奈良キャンパス (奈良県奈良市)

棗田孝晴、鶴田哲也、武島弘彦、安房田智司、井口恵一朗、長野県千曲川水系支流におけるアカザの食性と餌料選択性、第 47 回日本魚類学会年会、2014 年 11 月

16 日、神奈川県立 生命の星・地球博物館 (神奈川県小田原市)

井口恵一朗、佐古田雅哉、タムタウンフニッチサリニー、高橋鉄美、棗田孝晴、チチカカ湖産カラチ類 *Orestias luteus* から検出される形態変異、第 47 回日本魚類学会年会、2014 年 11 月 16 日、神奈川県立 生命の星・地球博物館 (神奈川県小田原市)

棗田孝晴、武島弘彦、井口恵一朗、河川工作物がカジカ大卵型の移動に及ぼす影響、第 46 回日本魚類学会年会、2013 年 10 月 5 日、宮崎観光ホテル (宮崎県宮崎市)

井口恵一朗、アユの胸鰭条数の地理的変異、第 46 回日本魚類学会年会、2013 年 10 月 5 日、宮崎観光ホテル (宮崎県宮崎市)

武島弘彦、平瀬祥太郎、岩崎 渉、田畑諒一、渡辺勝敏、西田 睦、次世代シーケンシングによる魚類の大量ミトコンドリアゲノム分析法の確立、第 46 回日本魚類学会年会、2013 年 10 月 5 日、宮崎観光ホテル (宮崎県宮崎市)

〔図書〕(計 4 件)

棗田孝晴、株式会社ぎょうせい、レッドデータブック 2014—日本の絶滅のおそれのある野生生物— 4 汽水・淡水魚類 (環境省 編) 2015、414 (350 - 350)

棗田孝晴、東海大学出版部、淡水魚研究入門 水中のぞき見学 (長田芳和 編著)、2014、373 (270-278)

井口恵一朗、朝倉書店、水辺と人の環境学 (小倉紀雄、竹松公太郎、谷田一三、松田芳夫 編) 2014、143 (66 - 69)

井口恵一朗、石田 朗、加藤ななえ、亀田佳代子、須川 恒、須藤明子、高木憲太郎、坪井潤一、長谷川 理、羽山伸一、藤岡正博、箕輪義隆、山本麻希、環境省自然環境局野生生物課鳥獣保護業務室、特定鳥獣保護管理計画作成のためのガイドライン及び保護管理の手引き (カワウ編)、2013、205

〔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

#### (2)研究分担者

井口 恵一郎 (IGUCHI Kei'ichiro)

長崎大学大学院水産・環境総合科学研究科・  
教授

研究者番号：00371865

武島 弘彦 (TAKESHIMA Hirohiko)

総合地球環境学研究所・研究高度化支援セン  
ター・特任助教

研究者番号：50573086

#### (3)連携研究者

該当なし