

RF-075 国内移入魚による生態系攪乱メカニズム究明とその監視手法の構築

(2) 国内移入魚の異環境への適応性に関する研究

九州大学大学院工学研究院

流域システム工学研究室

河口 洋一

<研究協力者> 九州大学大学院工学研究室 佐藤 真弓
九州大学大学院工学研究院 中島 淳
九州大学工学部 奥中 智行

平成19～20年度 合計予算額 5,876千円

(うち、平成20年度予算額 4,155千円)

※上記の合計予算額は、間接経費1,356千円を含む

[要旨] 国外から移入された外来生物（国外移入種）が生態系にもたらす負の影響は、魚種ではオオクチバスやブルーギルが良く知られた例であるが、国内における在来魚種の本来の分布域外への移入については、これまであまり問題視されていない。しかしながら、国内移入魚は国外移入魚と同様に、在来魚種や生態系に深刻な影響をもたらす可能性が懸念され、その定着条件を把握することは、これまで見過ごされてきた国内移入魚へのリスク対策として重要である。

ハス (*Opsariichthys uncirostris uncirostris*) は、コイ科に属する魚食性の淡水魚で、九州へは琵琶湖産アユの放流に混じって移入されたと考えられ、河川以外では有明海沿岸域のクリークと呼ばれる農業用水路で生息が確認されている。クリークには、希少種を含む多くの淡水在来魚種が生息しており、魚食性であるハスのこれら外来魚種への捕食の影響が懸念される。そこで本サブテーマでは、佐賀市内の有明海沿岸域クリークにおける本種の生息状況を調査し、出現・非出現に影響を与える環境要因を推定した。更にGIS（地理情報システム）を用いて、調査地域における出現予測マップの作成を行った。

クリーク46地点における野外調査の結果、15地点において生息が確認された。また、夏季・冬季水深、水路幅、流速、取水口までの距離、土地利用、標高、在来魚種数、外来魚種数（国内・国外移入魚）を説明変数として多重ロジスティック回帰分析を行ったところ、標高と取水口までの距離で、最もハスの出現が予測されるモデル式が得られ、また取水口までの距離が有意な負の効果を示した。このことから、クリークにおけるハスの定着には、局所的な環境要因よりも、河川との連結性の影響が大きい可能性が高く、今後、在来魚種の保全を考える上で考慮する必要があると考える。このモデル式を、筑後川周辺のクリークデータに当てはめて、AUC値から検証したところ、筑後川周辺でのハスの出現予測にも十分適用できることが示された。また、得られた出現予測マップにより将来的にハスが出現する危険エリアの推測が可能となった。

[キーワード] 国内移入種、ハス、出現予測モデル、出現予測マップ、GIS

1. はじめに

国外から移入された外来生物（国外移入種）が生態系にもたらす負の影響は「外来種問題」として近年注目されている（村上・鷲谷，2002）。魚種ではオオクチバスやブルーギルが良く知られた例であるが、国内における在来魚種の本来の分布域外への移入については、ほとんど問題視されていない。しかしながら、わが国は亜熱帯から亜寒帯までの気候帯に属し、また高山帯も含む国土は標高差が大きく、地域水域で固有の魚類相が見られる。国内移入魚は国外移入魚と同様に、新たに移入・定着した地域において、在来種の絶滅や在来種との交配による遺伝的な攪乱など、生物多様性に深刻な影響をもたらす可能性が懸念される。

国内移入魚は移入先において、どのような環境条件によって定着が促進されるのか、その定着条件を把握することは、これまで見過ごされてきた国内移入種へのリスク対策として、わが国でも早急の取り組みが必要である。

ハス（*Opsariichthys uncirostris uncirostris*）は、コイ科に属する魚食性の淡水魚で、主に、アユ、コイ科稚魚、タナゴ類、ヨシノボリ類などの小魚を捕食する（滋賀県立琵琶湖文化館，1991；田中，2001）。元来、国内における分布は琵琶湖淀川水系と福井県の三方五湖に限られていたが（田中，2001）、1923年に始まった琵琶湖産アユの県外への放流に混じって全国の河川に分布を広げ（須永，1980）、現在では九州から東北地方にかけ40都道府県に生息するようになった（環境省，2002）。九州内では、大規模河川のほか、九州北西部、有明海北部沿岸域のクリークと呼ばれる農業用水路に生息している（環境省，2002；鬼倉，2008）。矢部川水系で捕獲されたハスの消化管内容物からは、環境省版レッドリスト（環境省，2008）で絶滅危惧IA類に指定されるニッポンバラタナゴや準絶滅危惧のヤリタナゴ、アブラボテ等が観察されたが、クリークには、これら希少種を含む多くの淡水在来魚種が生息しているため（鬼倉ほか，2007）、魚食性であるハスのこれら在来魚種への食害の影響が懸念される。そのため、ハスの生態系攪乱の影響を評価するため、本種が本来の生息域外の異環境において定着するには、どのような環境条件が必要であるかを明らかにすることが重要である。また、将来的にハスが出現しやすい場所をマップとして視覚的に示すことは、本種の管理および在来魚種の保護対策に有益であると考えられる。

2. 研究目的

本サブテーマでは、有明海沿岸のクリークに生息するハスを対象に、現在の出現状況を把握し、出現予測モデルを構築することで、本種の出現に影響を与える環境要因を推定するとともに、出現予測マップ（生息適地予測マップ）を作成することを試みた。

3. 研究方法

九州北西部に位置する佐賀平野のクリークにおいて魚類調査、ヒアリング調査、および物理環境調査を行った。ハスの出現を予測するモデル式と出現予測マップの作成には、嘉瀬川周辺のクリーク46箇所を得たデータを、またモデル式の検証には筑後川周辺のクリーク25箇所におけるデータを用いた（Fig. 1）。

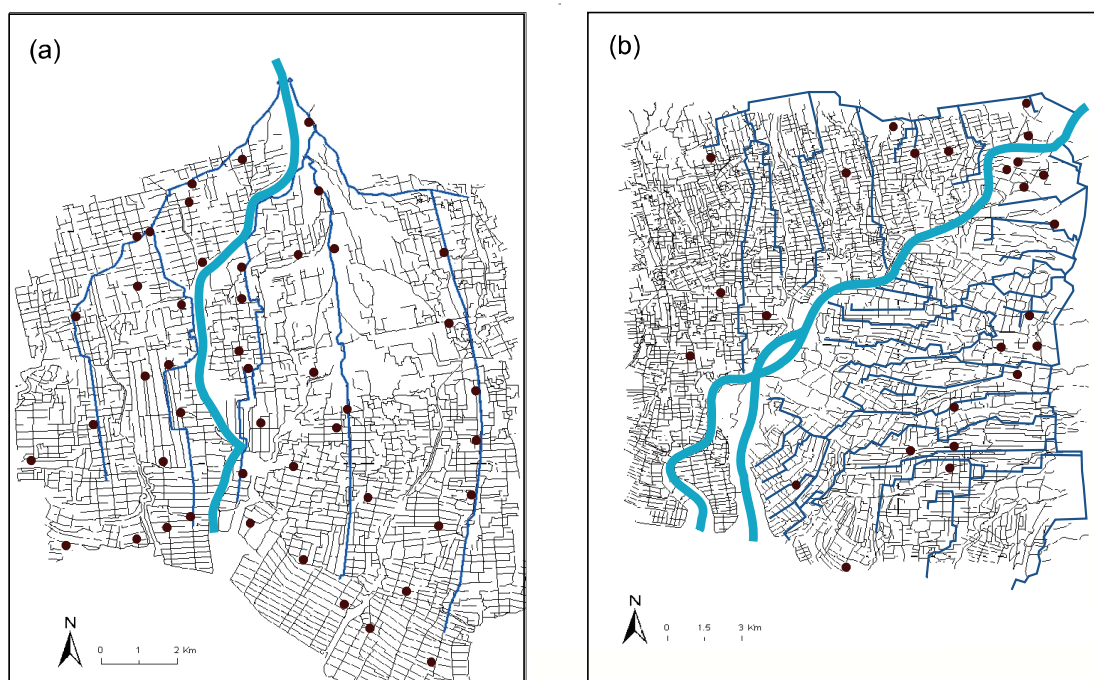


Fig. 1. 有明海沿岸のクリーク調査地点 (●) . — (a.嘉瀬川、b. 筑後川)、—— 幹線クリーク、—— クリーク.

魚類調査は投網で漁獲努力量を統一し、ハスの出現・非出現を確認すると共に出現来魚種を把握した。物理環境調査では、各調査地点における水深、水路幅、流速を測定した。水深については、クリークは取水期と農閑期で水位が変わるため、夏季と冬季の2回に分けて測定をした。また、ハスは元来、鮎の嘉瀬川への放流からクリークに広まったと考えられるため、各クリークの調査地点からハスの流入源と考えられる嘉瀬川の取水口までの距離はハスの出現に影響を与えると考えられる。各クリークの水は、嘉瀬川から取水を行い、幹線水路を通して分配される仕組みになっているが、クリークは非常に複雑な水路網を形成しているため、地図上からその水の経路を追うことは不可能である。そこで、各調査地点付近の農家と佐賀土地改良区を対象にヒアリング調査を行い、水がどのような経路で嘉瀬川から各調査地点まで運ばれてきているかを把握し(Fig. 2)、このヒアリング調査の結果を参考に、取水口までの距離(各調査地点から嘉瀬川の取水口まで水の経路に沿った距離)をGIS上で算出した。更にGIS上で、各調査地点の標高値と周囲バッファ内の土地利用割合(建物用地、幹線交通用地)を抽出した。

以上の調査結果を基に、ハスの出現・非出現 (1/0) を目的変数に、夏季・冬季水深、水路幅、流速、取水口までの距離、土地利用、標高、在来魚種数、外来魚種数 (国内・国外移入魚) を説明変数とし、多重ロジスティック解析を行い、ハスの出現にはどのような環境要因が効いているかを推定した。モデル選択にはAIC(赤池情報量規準)値を用い、また、感度と特異度を用いたROC曲線から得られるAUC値からモデル式を検証した。

次に、モデル式に選択された説明変数について、GISを用いてラスターデータを作成した。これらのデータ (レイヤ) を重ね合わせ、水路網全ての地点 (250m メッシュ) で出現確率を計算し、

ラスター地図として表すことで、ハスの出現予測マップを構築した。

また、AUC値の変化を見ることで、嘉瀬川周辺を対象に構築したハスの出現予測モデル式が、筑後川周辺にも適用できるかどうかを検証した。

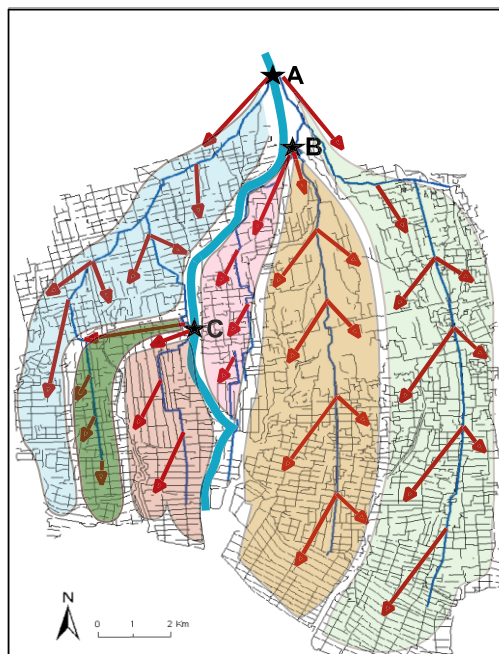


Fig.2. 嘉瀬川周辺クリークの水の流れ．★(A-C)は嘉瀬川から水をクリークに取水する地点を示す．

4. 結果・考察

嘉瀬川周辺のクリークにおいて、計46調査地中、15箇所ではハスの出現が確認され、ハスは既に地域で広く分布していることが分かった。ハスが出現する確率を $p(x)$ としたとき、以下の様なモデル式が得られ、取水口までの距離 (L) と標高 (a) とで最もハスの出現が予測でき、また取水口までの距離が有意な負の効果を示した ($p < 0.001$)。またモデル式のAUC値 (感度: 0.993、特異度: 0.758) は0.881と、高い適合性を示した。

$$\log \frac{p(x)}{1-p(x)} = 0.32609 - 0.29388 L - 0.12562 a$$

このことから、クリークにおけるハスの出現には、局所的な環境要因よりも河川との連結性が影響していることが示された。これは、嘉瀬川におけるソース個体群との連結性を示している可能性があるが、琵琶湖のハスで「産卵期に砂礫底を必要とし、近くの河川で過ごす」という報告 (田中, 2001) があることから、むしろ、止水域 (クリーク) と流水域 (嘉瀬川) の連結性がハスの

出現に重要なのではないかと考える。これまでのところ、生息地の連結性については、陸上生物で多くの研究報告があるが、魚類での報告例は少ない。定着・拡大している外来魚には、ハビタット・ジェネラリストが多く（Marvier et al., 2004）、局所的な環境要因は影響しにくい事が報告されているが、今後、外来魚の研究・管理対策では、連結性について考慮する必要があるであろう。

モデル式で得られた説明変数（標高、取水口までの距離）からGISを使って構築したハスの出現予測マップ（Fig. 3）は、セルの色が濃いエリアほどハスが出現しやすいクリークであることを表している。実際のハスの出現・非出現の情報と比べてみても、概ね結果が一致していることが分かる。出現確率が30%を超えるとハスが出現しやすくなるが、出現確率が低い数地点でもハスが出現している。このことから、標高と嘉瀬川の取水口までの距離の他にもハスの出現に関わる環境要因がある可能性が示唆される。

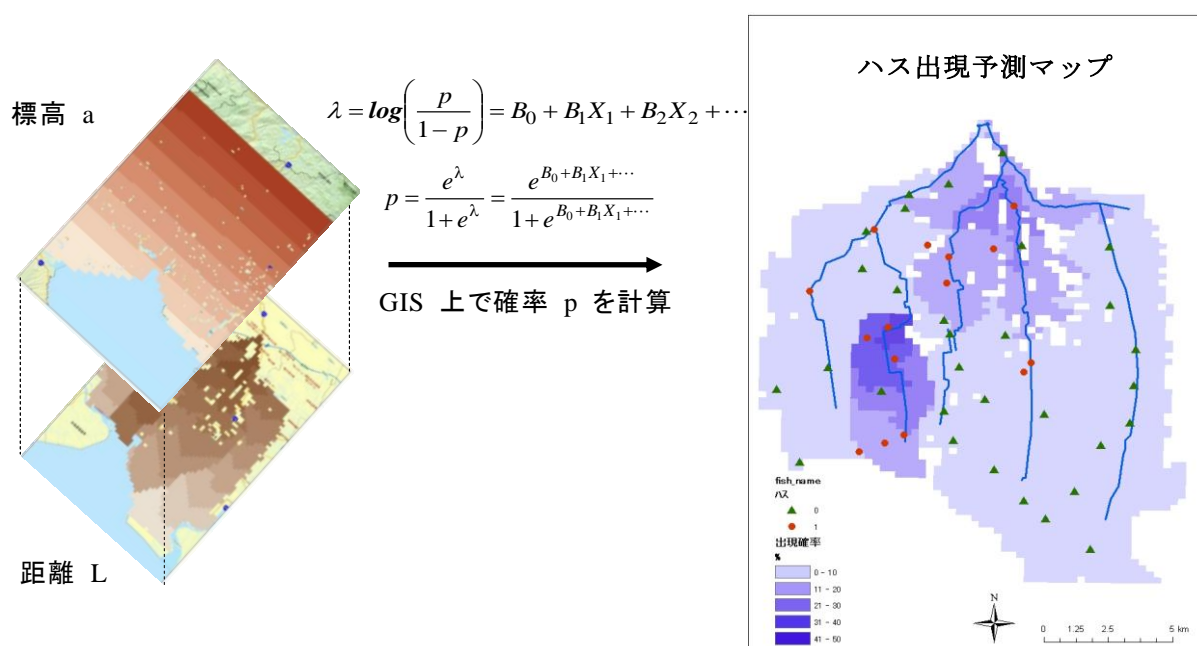


Fig. 3. 出現予測マップ作成の概要と完成した出現予測マップ。

出現予測マップは調査地点におけるハスの出現（●）、非出現（▲）と出現確率（%）を表す。色の濃い場所ほど出現確率が高いことを示す。

出現予測マップにより将来的にハスが出現する危険エリアの推測が可能となった。希少種の分布や行政管理など、他の地図情報と重ねることでハスの管理地域や希少種の保全地域の選択に利用できると思われる。

今後、調査地点や入力する変数を増やすことでより正確にハスの出現を予測するモデル式が構築でき、更にハスの生態を把握することで、河川との連結性がどのような意味を持つのか、より深く考察することが可能となるであろう。また、ハスは九州全域の大規模河川にも生息しており、広域な空間スケールでハスの出現に効いている要因の究明が求められる。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

生物多様性を保全するための取り組みが国際的・国内的に進められている中で、これまで軽視されてきた国内移入種への対策は急務である。本研究は、ハスが定着しやすい環境条件を明らかにすることで、多様な淡水魚種を有するクリークの生態系の保全に基礎情報を提供するだけでなく、国内移入魚対策のモデル研究として、調査・解析手法などを提示するものである。また、水産生物の放流事業においては、新たな国内移入種問題を引き起こす可能性があることから、水産放流事業における今後の生態系攪乱の防止に向けた対策を提言する上での科学的知見としてこれらのデータが寄与することが期待される。

(2) 地球環境政策への貢献

今後、研究成果を口頭や誌上で発表して行くことで、成果の広報・普及に努め、ハスのみならず、国内で深刻化している外来種の問題に役立て、生物多様性の保全に貢献していく予定である。

6. 引用文献

- 環境省 (2002) 生物多様性調査動物分布調査報告書(淡水魚類)、543 pp.、自然環境研究センター、山梨。
- 環境省 汽水・淡水魚類のレッドリスト
http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=9944&hou_id=8648 (2008年5月所得)
- Marvier M, Kareiva P, Neubert MG (2004) Habitat destruction, fragmentation, and disturbance promote invasion by habitat generalists in a multispecies metapopulation. *Risk Analysis* **24**: 869-878.
- 村上興正、鷺谷いづみ (2002) 外来種と外来種問題. 外来種ハンドブック(日本生態学会編)、地人書館、東京、pp. 3-4.
- 鬼倉徳雄 (2008) 有明海沿岸域の人工水路における希少魚類の保全学的研究—クリークに棲息する希少魚類、カワバタモロコを中心として— (1). 環境科学総合研究所年報 **27**: 11-22.
- 鬼倉徳雄、中島 淳、江口勝久、三宅琢也、西田高志、乾 隆帝、剣持 剛、杉本芳子、河村功一、及川 信 (2007) 有明海沿岸域のクリークにおける淡水魚類の生息の有無・生息密度とクリークの護岸形状との関係. 水環境学会誌 **30**: 277-282.
- 滋賀県立琵琶湖文化館 (1991) 湖国びわ湖の魚たち、185 pp.、第一法規出版株式会社、東京。
- 須永哲雄 (1980) ハス—猛魚の定着条件. 日本の淡水生物: 侵略と攪乱の生態学(川合禎次、川那部浩哉、水野信彦編)、東海大学出版会、東京、pp. 30-36.
- 田中 晋 (2001) ハス. 改訂版日本の淡水魚(川那部浩哉、水野信彦、細谷和海編)、山と溪谷社、東京、pp. 250-255.

7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) M. Sato, Y. Kawaguchi, J. Nakajima, T. Mukai, Y. Shimatani, N. Onikura. “A review of the research on introduced freshwater fishes: new perspectives, the need for research, and management implications.”(Landscape and Ecological Engineeringに投稿中)
- 2) M. Sato, Y. Kawaguchi, T. Okunaka, J. Nakajima, Y. Mitani, Y. Shimatani, T. Mukai, N. Onikura. “Predicting the spatial distribution of the invasive piscivorous fish, *Opsariichthys uncirostris uncirostris*, in irrigation ditches of Kyushu, Japan: a tool for risk management of biological invasions.”(Biological Invasions に投稿中)

(2) 口頭発表（学会）

- 1) 佐藤真弓・河口洋一・中島 淳・向井貴彦・鬼倉徳雄：第56回日本生態学会盛岡大会（2009）「九州における国内移入魚ハス (*Opsariichthys uncirostris uncirostris*) の定着メカニズムの解明」
- 2) 奥中智行・佐藤真弓・三谷泰浩・島谷幸宏・河口洋一：平成20年度 土木学会西部支部研究発表会（2009）「国内移入種ハスの佐賀クリークにおける定着メカニズム究明」

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

(6) その他

なし