

R F - 0 7 5 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

(1) 国内移入魚による在来魚の種の多様性攪乱メカニズム究明、リスクの予測とモデル化に関する研究

九州大学大学院農学研究院

アクアフィールド科学研究室

鬼倉 徳雄

<研究協力者> 九州大学大学院工学研究院 中島 淳

筑波大学生命科学環境研究科 栗田 喜久

平成19～20年度 合計予算額 5,873千円

(うち、平成20年度予算額 1,530千円)

※上記の合計予算額は、間接経費1,355千円を含む

〔要旨〕日本国内でも国外外来魚の取扱いは厳しく制限されているが、国内移入種問題、すなわち、在来種が本来の生息域外である国内の他地域に移入される問題は極めて軽視され、一般的認知にも乏しい。しかし、国内移入魚は国外外来魚が抱える問題に加え、交雑などの外来魚とは異なる問題を生じる可能性がある。したがって、新たな外来生物として早急にその実態を把握する必要がある。本研究課題は国内移入魚についてその現状を適切に把握し、今後の攪乱を監視し、対策を取るための技術を構築することを目的とする。本サブテーマでは、九州北部地域における移入魚類の定着状況、外来魚・在来魚間の種間関係ならびに要注意種ハスによる生態学的インパクトの把握に努めるとともに、移入魚の定着種数予測モデルの構築を試みた。

九州北部における実際の採集調査を1074地点で行い、7種の国外外来魚と7種の国内移入魚の分布を確認した。そのうち、国内移入種ではゲンゴロウブナ、ハス、ワタカ、タモロコの出現地点数が多かった。外来魚・在来魚間の種間関係解析では、移入魚との間に非共存傾向が認められた魚種の多くは元々のハビタットの好み異なるために非共存傾向が出たと判断された。唯一、外来魚の影響として非共存傾向が認められたのは、ブルーギル・カダヤシとメダカの間であった。

要注意種ハスは大河川にしか適応できないとされてきたが、九州北部では農業用水路などの細流に適応していた。消化管内容物からは在来希少淡水魚や水産有用魚種が観察されるなど、ハスの食害の実態が解明された。また、近縁種ヌマムツとハスの中間的外部形態形質を示す個体が遠賀川水系で確認され、食害と交雑という2つの生態学的インパクトを持つことが確認された。

有明海沿岸域のクリーク地帯のデータ解析により、移入魚の出現種数は標高と水路幅により予測可能となった。また、別の地域においても、移入魚の出現種数は有明沿岸域のクリーク地帯と同様の傾向が認められた。

〔キーワード〕国内外来魚、食害、雑種化、定着種数予測モデル

1. はじめに

侵略的外来生物が及ぼす環境・生態系への負の影響は世界的な問題となっており、日本国内においても外来生物法の特定外来種として指定された種の取り扱いは厳しく制限されることとなった。生態的影響が著しい特定外来種については、在来生物への影響や移入先での生態、駆除方法などが研究され（淀・木村, 1998; Maezono and Miyashita, 2003; Katano et al., 2005）、その管理手法の構築が進みつつある。北米原産の淡水魚であるオオクチバス・コクチバス・ブルーギルは、その影響が広く認知され、研究が進みつつある代表的な種である。

一方、国内の在来種が本来の生息域外である国内の他地域に移入される国内移入種の問題は極めて軽視され、一般的認知にも乏しい。そのため、国内移入種による生態的影響や遺伝的攪乱の現状を解明し、対処方法を構築する研究はほとんど行われていない。淡水魚においては、漁業・遊漁目的で琵琶湖産アユが全国の河川に放流されたことにより、そこに混入した琵琶湖産淡水魚が本来の生息域外に移入し定着する機会が非常に多かった（片野・森, 2005）。したがって、特に淡水魚類については他の生物種よりも国内移入の規模が大きく、その影響も大きい。また、淡水魚は本来、移動範囲が河川水系内に限定されるという特性上、地理的分化が進んでおり（向井, 2001; 渡辺ほか, 2006）、他地域の集団と交雑することによる、遺伝子レベルでの攪乱についても問題視しなければならない。

以上のことから、国内移入魚は生息場所や餌生物をめぐって在来種と競合する可能性を持つという、一般的に外来魚が抱える問題と同時に、同種ではあるものの地理的に異なる遺伝的集団間での交雑や、近縁類似種間での交雑などの問題が生じる可能性も持つと考えられる。すなわち、オオクチバス・コクチバスなどの国外外来魚とは異なる影響を在来生物に与えている可能性が高い。したがって、国外からの外来魚とは異なる新たな外来生物として、早急にその影響の実態を把握する必要がある。

2. 研究目的

本研究課題は新たな外来生物として位置づけられる国内移入魚について、その現状を適切に把握し、今後の攪乱を監視し、対策を取るための技術を構築することを目的とする。本サブテーマでは、九州北部地域における移入魚類の定着状況、外来魚・在来魚間の種間関係ならびに要注意種ハス（Fig. 1）による生態学的インパクトの把握に努めるとともに、移入魚の定着種数予測モデルの構築を試みた。



Fig. 1. 国内移入魚ハス.
筑後川水系産.

3. 研究方法

九州北部の主要な河川と農業用水路（全1074地点）において魚類採集を行い、九州北部の移入魚の定着状況の把握に努めた。また、有明海沿岸地域のクリーク地帯は在来の希少魚類の宝庫であり（鬼倉ほか, 2007）、保全すべき価値が高いと考えられるため、集中的に調査を行い、移入魚に加えて在来魚の生息状況も把握した。クリーク地帯での採集方法は主に投網で漁獲努力量を統

一し、河川については調査場所の環境に応じて適宜、サデ網、タモ網、潜水観察等を追加した。

矢部川水系二ツ川では要注意種ハスの生態学的インパクトを把握するために、毎月の標本収集を行った。そして、10%ホルマリン標本から消化管を摘出し、内容物を観察することで、在来生物への食害を評価した。また、ハスの生息数が多い遠賀川水系山田川でも月に1回の採集を行い、ハスならびに近縁種ヌマムツを収集し、雑種化の可能性について外部形態を観察した。

クリーク地帯の魚類相データは、種間関係の解析に用いられた。単位漁獲量当たりの採集個体数データ（CPUE）を用いて、移入魚と在来魚間の総当たりの相関関係解析（Kendallの順位相関解析）、および出現・非出現（1・0）データに基づく各魚種間のC-score（Stone and Roberts, 1990）を算出し、その値を両種の出現地点数で除して共存・非共存傾向を判断した（C-score, rate）。非共存傾向と判断された場合、標高、水路幅、水路形状等の環境構造を説明変数とした多重ロジスティック解析を行い、移入魚と在来魚のハビタット利用を比較することで、非共存傾向が環境選択の違いによるものか、移入魚の影響によるものかを判断した。

クリーク地帯の魚類相データは、移入魚の定着種数予測モデルの構築にも用いられた。標高、水路幅、水路形状等の環境構造を説明変数、移入魚の種数を目的変数としたステップワイズ重回帰分析を行い、環境情報から移入魚の定着種数を予測するモデルを構築するとともに、糸島半島周辺の平野部の水田地帯の魚類相データを用いて、モデルの検証を行った。

4. 結果・考察

九州北部における移入魚類の分布状況調査結果をFig. 2に示す。国内移入魚の中で最も多く認められたのはゲンゴロウブナであり、特に有明海沿岸域のクリーク地帯に多く出現した（Fig. 2A）。ゲームフィッシングで全国的に放流されていることは周知の事実だが、クリーク地帯に特に多く見られる理由は佐賀県でかつて水産種苗としてこの魚をクリークに放流した記録を持つことに起因すると考える（内田, 1968; 今給黎ほか, 1974）。次いで出現地点数が多かったのはハスであり、また聞き取り調査等を含めるとその出現域は長崎県を除く九州北部全域に達した（Fig. 2B）。大河川にしか適応できないとされてきたが（川那部ほか, 2005）、有明海沿岸域のクリークなどの小規模細流に比較的多く生息していることが問題視すべき新知見である。

福岡県遠賀川水系、釣川水系、熊本県緑川水系でのみワタカが確認された（Fig. 2C）。この魚は琵琶湖特産種であるが、ハスに比べると分布地点数が少なく、また局地的であることから、アユ放流に伴う移入ではなく、直接的な放流が行われた可能性が高いと判断する。実際に、遠賀川水系では遊魚を目的として過去にワタカを放流したという情報を得ている。筑後川水系のクリーク地帯の一部、八代海湾奥部のクリーク地帯、筑前海に流入する御笠川水系、瑞梅寺川水系、雷山川水系とその周辺水路、瀬戸内海に流入する竹馬川水系、貫川水系、別府湾に流入する八坂川水系および五島列島の福江島でタモロコの生息が確認された（Fig. 2D）。分布は広いものの、産地はかなり極限されかつ不連続であり、多くは移入である可能性が高い。瀬戸内流入河川の個体については、遺伝子解析等によって移入か在来か、確認を必要とする。福岡県筑後川水系、矢部川水系、熊本県菊池川水系、白川水系、球磨川水系など有明海沿岸域の河川・クリークでコウライモロコの生息が確認された（Fig. 2E）。この種は琵琶湖産のスゴモロコと近縁で、河川に適応した亜種とされている（川那部ほか, 2005）。本調査では形態からコウライモロコと同定されたが、コウライモロコそのものが放流されたとは考えにくい。恐らくアユ種苗に混入して移入され

た琵琶湖産スゴモロコが河川に適応し、外部形態をコウライモロコ型に変化させた可能性が高い。

その他、イチモンジタナゴ (Fig. 2F) とギギがそれぞれ緑川水系のクリーク地帯および筑後川水系で生息が確認された。また、国外外来魚として、ブルーギル (93地点)、オオクチバス (63地点)、カダヤシ (36地点)、カムルチー (23地点)、ナイルティラピア (5地点)、グッピー (4地点)、ジルティラピア (2地点) の生息が、このほか、外見からの識別が困難であるため正確な出現地点数については現在精査中であるが、国外外来魚としてタイリクバラタナゴ、カラドジョウが、また国内移入魚としてビワヒガイの生息が確認された。これらの分布状況から判断したとき、国外外来魚よりも国内外来魚の方が分布地点数も多く、九州では国内外来魚の方がより問題視すべきなのかもしれない。現在、琵琶湖産アユ放流はほとんど行われていないが、水産有用種の保護、増殖対策としてさまざまな淡水魚の放流が行われている。実際に聞き取り調査を行った限りでは、コイ、フナ類、オイカワ、ワカサギなどの放流が行われており、異なる地域の個体の直接的な放流および他の放流魚に混ざった形での間接的な放流は今なお継続していると判断され、問題視すべきと考える。

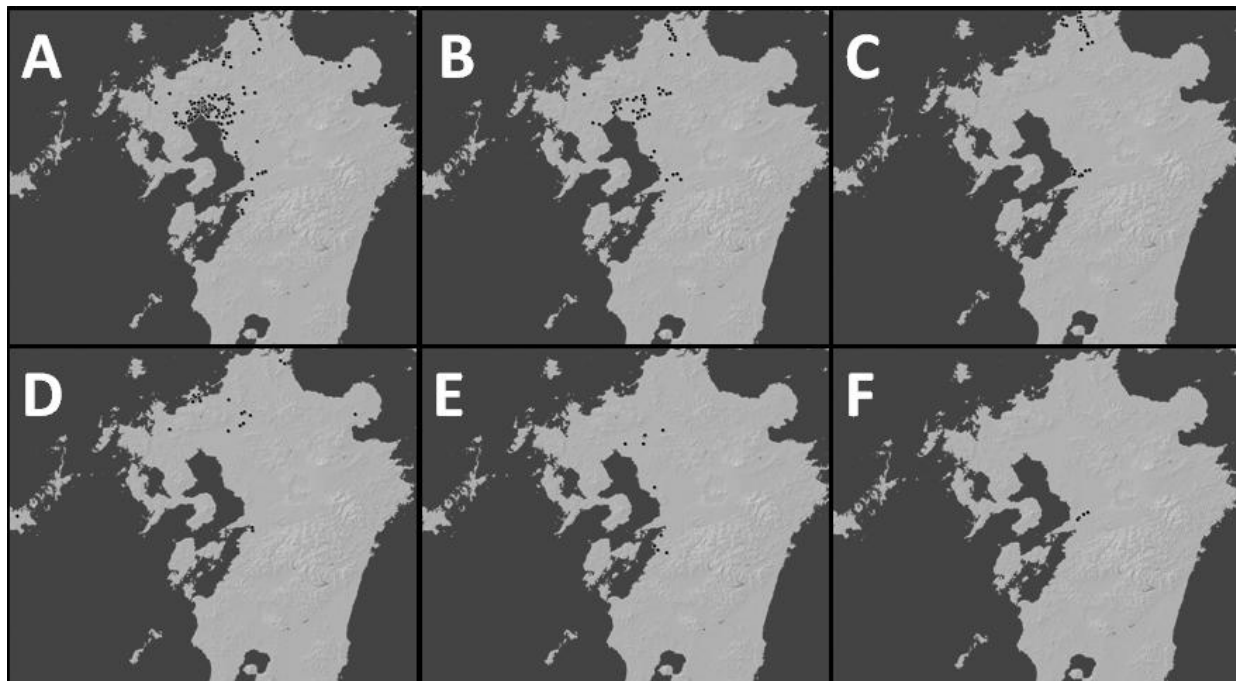


Fig. 2. 国内移入魚の分布状況. A: ゲンゴロウブナ; B: ハス; C: ワタカ; D: タモロコ; E: コウライモロコ; F: イチモンジタナゴ.

移入魚と在来魚間の種間関係解析結果について、ゲンゴロウブナとカダヤシの例をFig. 3に示す。出現地点数が全体の2割を超えた魚種のCPUEデータを用いた相関関係解析ではゲンゴロウブナ、カダヤシ、ブルーギルと数種の在来魚との間に負の相関関係が見られ、それらはC-scoreの高さからも非共存関係として理解できた。しかし、各魚種の環境選択に関する解析から、非共存傾向を示す在来魚種の多くは移入魚種とハビタット選択が相反することが分かり、環境選択が異なるために非共存傾向が出ると判断された (オイカワ・ゲンゴロウブナ間、カマツカ・ゲンゴロウブナ

間など)。唯一、移入魚の影響として非共存傾向が認められたのは、カダヤシ・メダカ間、ブルーギル・メダカ間、オイカワ・ブルーギル間であった。

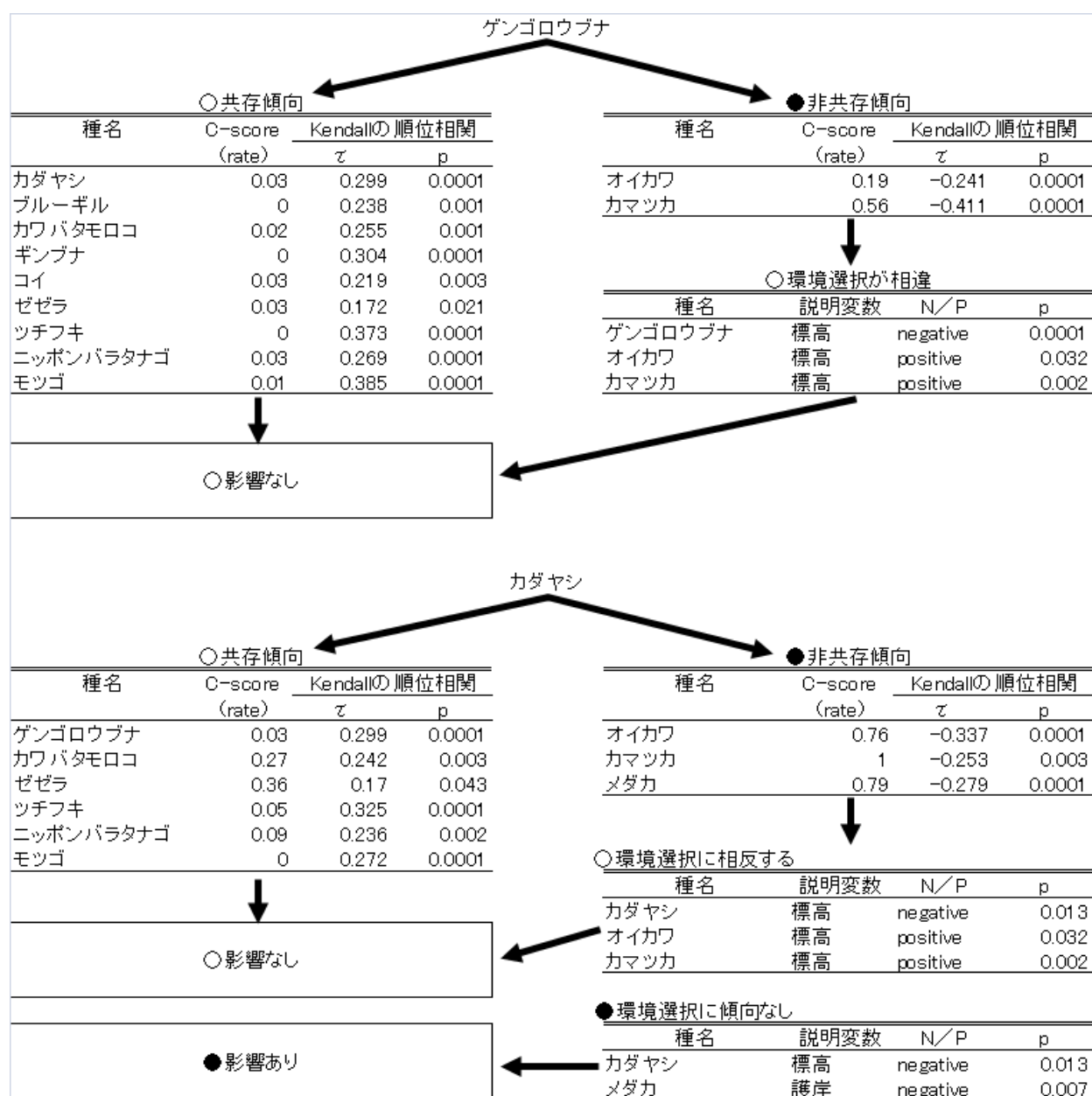


Fig. 3. ゲンゴロウブナとカダヤシを例にした、移入魚種による在来魚種の影響評価フロー。非共存傾向を示した在来魚種を影響候補魚種とし、次に環境選択を比較することで影響の有無を評価した。例えば、カダヤシの場合、非共存傾向を示したオイカワ、カマツカ、メダカのうち、オイカワとカマツカはカダヤシと環境選択が相反したため無影響と判断した。

矢部川水系産ハスの消化管内容物からは在来のコイ科魚類、ハゼ科魚類、エビ類、水生昆虫類、陸生昆虫類ならびに両生類が観察された。環境省レッドデータブックで絶滅危惧IA類に指定される在来希少淡水魚のニッポンバラタナゴ (Fig. 4a) が観察されており、希少な野生生物保全の観点

から問題となる可能性がある。また、水産有用種であるオイカワ（Fig. 4b）も内容物から観察されたことから、水産資源へ影響を与えている可能性も示唆された。また、ハスは魚食性と言われてきたが（川那部ほか 2005）、ハイロゲンゴロウ（Fig. 4c）やヌマガエル（Fig. 4d）なども内容物から観察されており、在来生物への影響は淡水魚類に留まらない可能性が高い。

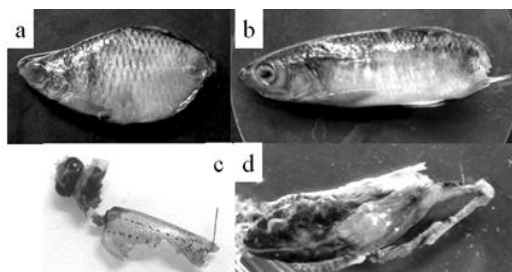


Fig. 4. 矢部川水系二ツ川産ハスの消化管内容物から見つかったニッポンバラタナゴ(a)、オイカワ(b)、ハイロゲンゴロウ(c) およびヌマガエル(d)。

遠賀川水系では在来近縁種ヌマムツとの交雑個体と思われる個体が2%程度の頻度で採集された（Fig. 5）。これらはハスとヌマムツで明らかに異なる部位において、ハスに類似した形態を示すケース（Fig. 6AB）、ヌマムツに類似した形態を示すケース（Fig. 6C-E）、両種の間間的な形態を示すケースが認められた（Fig. 6F）。遺伝子解析からはハスのmtDNAを示しており、一部の水系においてハスとヌマムツは交雑を起こしている可能性が高い。属レベルで異なるヌマムツ・ハスの交雑であるため、交雑個体は繁殖力を持たないものと考えているが、交雑という現象は確実に在来魚の繁殖の機会を奪う現象である。在来の近縁種であるヌマムツ、オイカワなどよりもハスの方が大型であり（川那部ほか 2005）、大型のハスの雄の存在は在来種の繁殖にとって大きな脅威であろう。生物多様性保全の観点から、ハスに関しては長期的な監視が必要であると判断する。



Fig. 5. 遠賀川水系で見つかったハスとヌマムツの中間的形質を持つ個体。

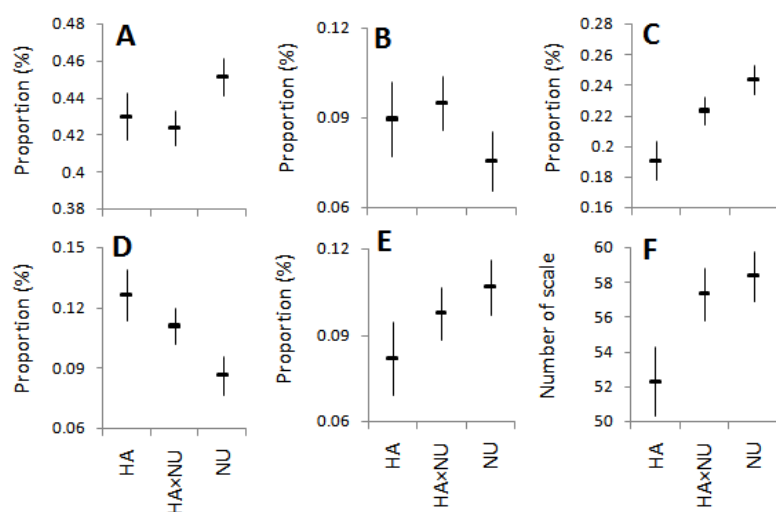


Fig. 6. 国内移入魚ハス（HA）、中間個体（HA×NU）、在来魚ヌマムツ（NU）の形態形質の比較. いずれかの間に有意な差が認められたもののみ図示した. A：胴長/体長；B：吻長/体長；C：体高/体長；D：上顎長/体長；E：尾柄長/体長；F：側線鱗数。

有明海沿岸域のクリーク地帯の調査データに基づき、標高、水路幅、水路形状等の環境構造を説明変数、移入魚の種数を目的変数としたステップワイズ重回帰分析を行ったところ、最も当てはまりの良い説明変数の組み合わせとして標高と水路幅を選択した。移入魚の定着種数（NS）は標高（A）と負の相関（ $p < 0.0001$ ）、水路幅（W）と正の相関関係（ $p < 0.05$ ）を示し、以下の重回帰式によって示された。

$$NS = -0.061 \times A + 0.047 \times W + 2.161 \quad (R = 0.494, df = 2, f = 18.391, p = 0.0001)$$

この重回帰式を糸島半島周辺の水田地帯の環境情報をあてはめて定着種数の予測値を算出し（Fig. 7）、その値と実際の野外で集積した魚類採集データと照らし合わせたところ、種数に若干の違いは見られるものの、予測値と実測値は正の相関関係を示した（Fig. 8）。この結果は他の地域においても移入魚の定着が標高と水路幅に左右されていることを裏付けるものであると同時に、このモデル式によってある程度、移入魚の定着種数を予測することが可能であることを示している。

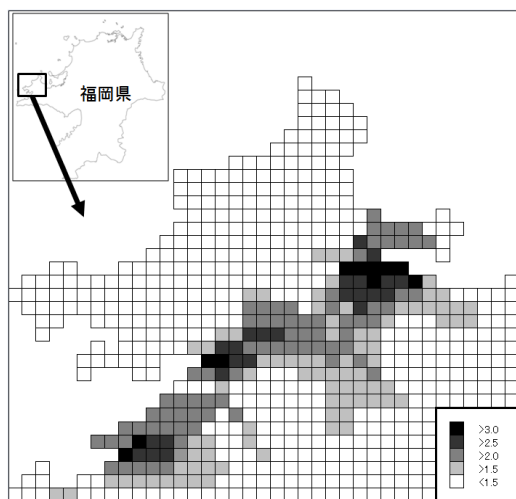


Fig. 7. 福岡県糸島半島周辺地域における移入魚類の定着種数の予測。有明海周辺のデータに基づいて構築した重回帰モデルに、糸島地域の環境情報を当てはめて予測した。

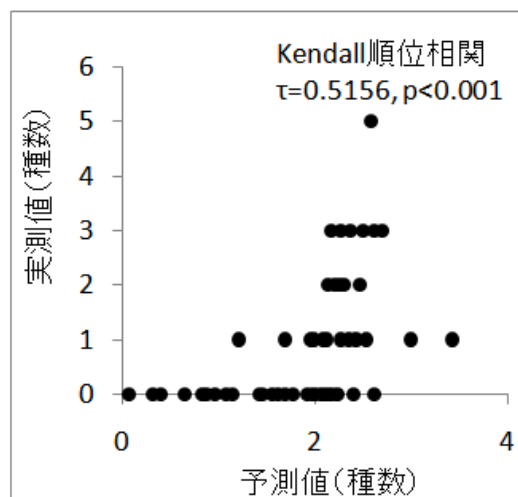


Fig. 8. 糸島半島周辺地域における移入魚類の定着種数に関する予測値と実測値の関係。予測値はFig. 7に示す重回帰モデルより算出、また実測値は糸島地区で行った魚類相データに基づいた。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

国内移入魚の分布の現状を適切に把握するとともに、要注意種ハスについて在来生物に対する食害と雑種化に関する生態学的インパクトを得ることができた。そして、本研究により集積した移入魚類の分布情報は1000地点を超えており、科学的意義が高い。特に国内移入魚の場合、分布データに基づく種間関係解析では影響が検出されておらず、交雑等の国外外来魚とは異なる影響が主たる問題であると言える。小河川には適応できないとされてきたハスが農業用水路

にも適応することが新たに確認され、今後国内移入魚に対する対策を講じていく上で重要な科学的知見となる。そして、本研究により移入魚の定着種数予測モデルが構築されたことから、今後の予防策を考える上で、定着と拡散を予見するため有効に活用できると考える。

（２）地球環境政策への貢献

国内・国際学会等での発表を通じて、本研究で明らかとなった国内移入魚問題に関する科学的知見等を提示し、成果の普及に努めた。今後、国内移入問題に関して更なる問題提起等を行うために、シンポジウムを開催することが決まっている（2009年度日本魚類学会）。

6. 引用文献

今給黎悟, 池田伸義, 岩松繁則 (1974) 魚種移入と養成試験. 福岡県有明水産試験場事業報告書 S47: 214.

片野修, 森誠一編 (2005) 希少魚類の現状と未来—積極的保全のシナリオ—. 416 pp, 信山社, 東京.

Katano O, Nakamura T, Yamamoto S (2005) Prey fish selection by Far Eastern catfish *Silurus asotus* and largemouth bass *Micropterus salmoides*. *Fisheries Science* 71: 862-868.

川那部浩哉, 水野信彦, 細谷和海編 (2005) 改訂日本の淡水魚. 719 pp, 山と溪谷社, 東京.

Maezono Y, Miyashita T (2003) Community-level impacts induced by introduced largemouth bass and bluegill in farm ponds in Japan. *Biological Conservation* 109: 111-121.

向井貴彦 (2001) 魚類の種分化プロセスにおける交雑と遺伝子浸透. 魚類学雑誌 48: 1-18.

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.

Stone L, Roberts A (1990) The checkerboard score and species distributions. *Oecologia* 85: 74-79.

内田萬二 (1968) 佐賀平野の堀の生物相の変遷. 研究紀要佐賀女子短期大学 2: 1-10.

渡辺勝敏, 高橋 洋, 北村晃寿, 横山良太, 北川忠生, 武島弘彦, 佐藤俊平, 山本祥一郎, 竹花佑介, 向井貴彦, 大原健一, 井口恵一 (2006) 日本産淡水魚類の分布域形成史: 系統地理的アプローチとその展望. 魚類学雑誌 53: 1-38.

淀大我, 木村清志 (1998) 三重県青蓮寺湖と滋賀県西の湖におけるオオクチバスの食性. 日本水産学会誌, 64: 26-38.

7. 国際共同研究等の状況

該当なし。

8. 研究成果の発表状況

（１）誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) 鬼倉徳雄, 中島淳, 江口勝久, 三宅琢也, 河村功一, 栗田喜久, 西田高志, 乾隆帝, 向井貴彦, 河口洋一: 水環境学会誌, 31, 395-401 (2008) “九州北西部, 有明海・八代海沿岸域のク

リークにおける移入魚類の分布の現状”

- 2) 中島淳, 鬼倉徳雄, 兼頭淳, 乾隆帝, 栗田喜久, 中谷祐也, 向井貴彦, 河口洋一: 日本生物地理学会報, 63, 177-188 (2008) “九州北部における外来魚類の分布状況”

<その他誌上発表(査読なし)>

- 1) Y. Kurita, J. Nakajima, J. Kaneto, N. Onikura: *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University*, 53: 429-433 (2008) “Analysis of the Gut Contents of the Internal Exotic Fish Species *Opsariichthys uncirostris uncirostris* in the Futatsugawa River, Kyushu Island, Japan”
- 2) 鬼倉徳雄: かわ, 199: 9-10 (2008) “ふくおかの身近な川とさかなを知ろう!! 「国内外来魚ってなに？」”

(2) 口頭発表(学会)

- 1) 鬼倉徳雄・中島 淳・江口勝久・三宅琢也・河村功一・向井貴彦・河口洋一・西田高志・乾隆帝・栗田喜久: 第40回日本魚類学会年会 (2007) 「九州北西部、有明海沿岸域のクリーク網における移入魚類の分布パターン」
- 2) 中島 淳・鬼倉徳雄・栗田喜久・向井貴彦・河口洋一: 第40回日本魚類学会年会 (2007) 「九州北部における移入淡水魚類の分布と現状」
- 3) 向井貴彦・早川明里・堀川まりな・中島 淳・鬼倉徳雄: 第55回日本生態学会大会 (2008) 「遺伝子解析による琵琶湖産淡水魚の人為的拡大パターンの推定」
- 4) Y. Kurita, N. Onikura, J. Nakajima, T. Mukai, Y. Kawaguchi: 5th World Fisheries Congress (2008) 「Negative effect of the exotic species, *Opsariichthys uncirostris uncirostris* on indigenous species-Report on the feeding habits of an exotic fish introduced by seed release the interior of Japan」
- 5) 栗田喜久・中島 淳・兼頭 淳・乾隆帝・向井貴彦・河口洋一・鬼倉徳雄: 第41回日本魚類学会年会 (2008) 「九州の細流に見られるハスの年齢・成長と成熟」
- 6) 早川明里・中島 淳・河口洋一・鬼倉徳雄・向井貴彦: 第41回日本魚類学会年会 (2008) 「日本産オイカワ属におけるmtDNAの系統と国内移殖の影響」
- 7) 早川明里・中島 淳・河口洋一・鬼倉徳雄・向井貴彦: 第41回日本魚類学会年会 (2008) 「ハスのmtDNA多型のもとづく人為的分布拡散過程の解析」
- 8) 鬼倉徳雄・中島淳・向井貴彦・河口洋一: 平成20年度日本水環境学会九州支部研究発表会 (2009) 「新たな外来魚問題: 九州における国内外来魚の分布の現状」
- 9) 早川明里・高村健二・中島淳・河口洋一・鬼倉徳雄・向井貴彦: 第56回日本生態学会大会 (2009) 「日本列島におけるオイカワの系統地理と国内移殖の実態」
- 10) 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」

(3) 出願特許

該当なし。

[illegible]