

熊本県境川におけるタナゴ亜科の生息場評価と これに配慮した河川改修案の提案

EVALUATION OF BITTERLING FRY HABITAT IN THE SAKAI RIVER AND PROPOSAL FOR BITTERLING-CONSCIOUS RIVER WORKS

皆川朋子¹・川野麻美²・奈須朝也³・池上龍³・川本朋慶⁴・林博徳⁵・鬼倉徳雄⁴
Tomoko MINAGAWA, Asami KAWANO, Tomoya NASU, Ryo Ikegami,
Tomoyoshi KAWAMOTO, Hironori Hayashi, Norio ONIKURA

¹正会員 工博 熊本大学大学院准教授 自然科学研究科 環境共生工学専攻社会環境マネジメント講座
(〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪2-39-1)

²非会員 大分県庁土木建築部 (〒870-8501大分県大分市大手町3丁目1-1)

³学生会員 熊本大学大学院 社会環境工学専攻 (〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪2丁目39-1)

⁴非会員 九州大学大学院 生物資源環境科学府アクアフィールド科学研究室 (〒811-3304 福岡県福津市津屋崎 4-46-24)

⁵正会員 九州大学大学院工学研究院 環境社会部門
(〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 819-0395 福岡市西区元岡 744 番地ウエスト 2 号館)

Rhodeus ocellatus kurumeus and *Acheilognathus tabira nakamurae* have been designated as an endangered species inhabit in the Sakai river, Kumamoto Pref.. In addition, there are all native species have been confirmed in Kyushu. However, the river improvement is planned, it is concerned about the influence on bitterlings and the clams. In this study, we evaluated quantitatively the habitat of bitterling fry for planning the river improvement plan in consideration for a bitterling fry. In addition, based on these result, we evaluated and predicted the appearance probability of bitterling fry. As a result, the appearance probability of bitterling fry decreased in short-cut in river improvement plan than meandering of the current, it is not suitable as habitats of bitterling fry.

Key Words : *Acheilognathinae, uninoid mussels, river improvement, meandering section*

1. はじめに

コイ科タナゴ亜科魚類(タナゴ属, バラタナゴ属, アブラボテ属, 以下, タナゴ類とする)は, 淡水魚類において極めて絶滅の可能性が高い分類群の一つである¹⁾. 日本にタナゴ類は3属11種・亜種が生息するが, 九州には, 在来種として6種(ニッポンバラタナゴ*Rhodeus ocellatus kurumeus* (環境省絶滅危惧IA類), カゼトゲタナゴ*R. smithii smithii* (環境省絶滅危惧IB類), カネヒラ*Acheilognathus rhombeus* (熊本県準絶滅危惧), セボシタビラ*Acheilognathus tabira nakamurae* (環境省絶滅危惧IA類), アブラボテ*Tanakia limbata* (環境省準絶滅危惧), ヤリタナゴ*Tanakia lanceolata* (環境省準絶滅危惧種)が生息し, このうち, カゼトゲタナゴ, セボシタビラは九州のみに分布する種である²⁾. 九州の魚類分布の生物地理区分(エコリージョン)は, 北西部, 北

東部, 南部, 奄美大島に区分されるが³⁾, タナゴ類は主に北西部に分布している⁴⁾. 近年, タイリクバラタナゴ(外来種)の侵入・拡大によってニッポンバラタナゴの存続が危ぶまれる中, 九州北西部の生息地は, 残された保全上重要な地域として位置づけられている^{5,6)}.

現在, 河川改修が計画されている境川(熊本県)は, タナゴ類が分布する九州北西部に属し, タナゴ類4種が確認されている⁷⁾. 河岸のコンクリート化や単調化はタナゴ類の生息に負の影響を与えること²⁾, さらに, 隣接する菊池川流域においてもタナゴ類の減少が報告されていることから, 改修計画立案に際しては, タナゴ類が存続できる計画を立案し, 積極的に保全を図っていくことが必要である.

タナゴ類に関してはこれまで比較的多く研究が行われており, タナゴ類の産卵床となる二枚貝との関係⁸⁾など, 九州におけるタイリクバラタナゴの侵入拡大の現状や予測^{5,6)}, ミヤコタナゴやイチモンジタナゴ等の生息環境の

モデル化がなされている⁹⁾¹⁰⁾。絶滅の危機にあるタナゴ類が生息する河川における河川改修計画立案に際しては、これらの知見を基礎情報として踏まえるとともに、対象河川や改修区間がタナゴ類を保全する上でどのような位置づけにあるか明瞭にすることが必要であると考えられる。また、近年、フリーの統計ソフトR等を用いて統計的に生物の生息環境をモデル化しGISと組み合わせることにより、生物の分布状況や生息環境としてのポテンシャルを視覚的に示すことが可能になり¹¹⁾、これらは改修案の検討、生物生息場の創出のための修復工法検討、さらに合意形成の場等において有用なツールとなる¹¹⁾。これらの普及も踏まえながら、本研究では、境川におけるタナゴ類を保全した河川改修計画立案に資することを目的に、境川及び改修区間を評価し、河川改修におけるタナゴ類保全の観点から明瞭にする。次に、タナゴ類の生息場をモデル化し、現在検討されている改修案の一つを定量的に視覚化して評価し、これらを踏まえタナゴ類が存続できる河川改修案について一考する。

2. 対象河川及び改修案の概要

境川は、熊本県玉名市北部の丸山（標高392m）に源を発し、支川山田川と合流した後、玉名平野を貫流し有明海に注ぐ、流域面積11.8km²、流路延長7.3kmの二級河川である（図-1）。流域には水田が広がり、河川水は菊池川からの取水と合わせて農業用水として利用されていたが、近年、周辺の宅地化、市街化が進んでいる。堰もかつては数多く存在したが、現在の利用は3基のみである。境川においては、10年に1度に規模の洪水流量50m³/sを流下させることを目標に河川改修が進められ¹²⁾、河口から4.0kmまでの区間（河床勾配1/1,000～1/2,000）においては、既に堤防嵩上げ等による改修が完了している。現在その上流の4.0～5.1km（延長1.1km）区間における改修計画が検討されている。

3. 研究方法

(1) 境川及び改修区間の評価

(a) 境川の評価

境川の評価を行うためには境川が属するエコリージョンを対象とした検討が本来必要となる。一級河川においては、河川水辺の国勢調査結果（国土交通省）等を用いた評価が可能であるが、境川のような中小河川の場合の多くは、データがほとんど整備されていない。そのため、ここでは、取得が可能であった熊本県が管理する県内の95河川を対象に1994年から2008年に実施した魚類調査の結果⁷⁾を活用して境川の魚類相の特徴を評価することとした。本データは、調査方法、調査時期、調査地点等が統一された調査によって得られたものではないが、河川に複数調査地点を設け実施されたものが多く、魚類分布

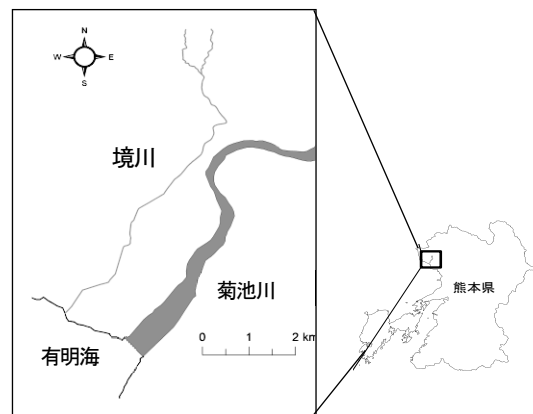


図-1 境川の位置

の傾向をある程度把握できるものと判断し用いた。分析にあたっては、淡水魚のみを対象とし、確認された魚種の在、不在データを用いてTwo-wayクラスター分析をPC-ORD ver.6で行った。

(b) 改修区間の評価

河川における魚類分布は流程区分（セグメント）に対応していることから⁴⁾、改修区間の評価においては流程を考慮し検討する必要がある。そのため、縦断的な生物の分布状況が把握できるよう調査区間を感潮域上流端から改修区間を含め河口から約5.7km地点に設け調査を行った。調査項目は、魚類、タナゴ類の産卵床となる二枚貝及び環境条件とした。調査は川幅の約10倍（50～100m）を1区間として計13区間を設け行った。二枚貝に関してはその上流にも調査区間を追加し、計18区間を対象に調査を行った。なお、ここではタナゴ類保全の観点から、具体的な調査区間の位置は示さないこととした。魚類は投網・タモ網（各1名15分間）を用い採捕し、二枚貝は鋤簾（3名30分間）を用い定量採取した。魚類および二枚貝はその場で同定し、二枚貝は殻長を測定し、魚類は種ごとに写真撮影を行い、画像から個体数及び体長を読み取った。また、各区間を4～5等分し測線を設定し、川幅、水面幅を測定した後、それぞれ1～2m間隔で水深、流速（6割水深）をスタッフとプロペラ式流速計（VR-301, KENEK Co., Tokyo, Japan）を用いて測定するとともに、各側線の中央付近で表層の河床材料を採集した。さらに、各区間の植生（抽水植物、沈水植物、浮葉植物）の繁茂状況を記録し占有面積を算出した。調査は2012及び2013年の11月～12月に実施した。

改修区間の特徴を抽出するため、各調査区間で確認された魚種データ（在・不在）を用いてTwo-wayクラスター分析を行い、魚類分布とセグメントとの関係性を評価した。また、タナゴ類や二枚貝の生息状況と環境条件との関係を考慮しながら、タナゴ類及び二枚貝保全の観点から改修区間の位置づけを考察した。

(2) タナゴ類の生息場モデルと改修案の評価

(a) 一般化線形モデルによるタナゴ類生息場のモデル化

一般化線形モデル (GLM : Generalized linear model) を用い、タナゴ類生息場モデルを構築した。分布型は二項分布型に設定した。生息場は生活史の各段階で異なるため、それぞれ評価することが必要であると考えられるが、ここではまず稚魚を対象に評価することとした。

GLMに用いるためのタナゴ類稚魚及びその生息に関与すると考えられる環境要因に関するデータの取得は、2013年8月～10月に境川の汽水域を除く118地点に調査地点を対象に行った。この期間に出現する稚魚として、7月～9月に二枚貝に産卵するニッポンバラタナゴ、カゼトゲタナゴ、ヤリタナゴ、セボシタビラ、アブラボテがあげられるが、稚魚へのダメージを考慮して同定せず、一括してタナゴ類として扱った。タナゴ類稚魚は、さで網(目合い5mm、幅50cm)を用いて2名で採捕し、直ちにスケールを入れデジタルカメラで撮影した。その後、画像を基に標準体長を計測し、2.5cm以下をタナゴ稚魚として個体数を計数した。他の魚種の稚魚(コイ科稚魚)が採捕された場合についても同様に行った。稚魚調査と併せて環境要因についても調査を行いデータを取得した。調査項目は、稚魚の生息要因に関する既往研究を参考に、稚魚調査地点における流速、水深、川幅、水面幅、川幅に占める水面の割合(川幅水面比)、標高、河床材料、DO、EC、SS、VSS、水際の植生(抽水植物、陸上植物)カバー及び水中の植生(沈水植物)カバーの有無とカバー率を選定した。水深、流速(6割水深)はそれぞれスタッフとプロペラ式流速計(VR-301、KENEK Co., Tokyo, Japan)を用いて測定した。河床材料は25cmコドラート(縦25cm×横25cm)を河床に設置し、2mm以下の粒径を砂、2mm～4 mmを細礫、4 mm～64 mmを中礫、64 mm～240 mmを大礫、240 mm以上を巨礫として目視で河床表面に占める各河床材料の割合を5%ピッチで読み取った。水際や水中の植生のカバー率は50cmコドラート(縦50cm×横50cm)におけるカバーの占める割合を目視により5%ピッチで値を読み取った。DO、ECの測定には水質計(HORIBA U-50)を用い、SS、VSSは採水し実験室にて測定した。

以上より取得したデータを用いて、タナゴ類稚魚の存在を応答変数、説明変数については、上記変数について相関係数の絶対値が0.6未満であり、多重共線性がないことが確認された流速、水深、川幅、河床勾配、川幅水面比、水中植生カバー率、水際植生カバー率を解析に用いた。なお、全地点において水質項目(DO、EC、SS、VSS)は良好であり、タナゴ類の生息に影響は生じないと判断されたため、これらは説明変数としなかった。環境要因の採用、非採用については赤池情報量準則(AIC、Akaike1974)を基準とし、すべての環境要因の組み合わせでAICを算出し、最も小さな値となったものをベストモデルとして選択した。また、作成したモデルの精度を検証するため、ROC曲線分析を実施した。さらに、モデルに選択された要因に関しても、その要因の存在、不在を

応答変数としてGLMにより解析し、タナゴ稚魚と同様の方法でベストモデルを選択し、精度を検証した。以上の解析にはR-2.14.0を用いた。

(b) 改修案の評価

改修案の一案として、改修区間の一部を捷水路化する案を対象に、(a)で得たベストモデルを改修案に適用し、タナゴ稚魚の生息確率を予測した。水理量(水深、流速)については、河川シミュレーションソフトiRIC ver.2.1¹³⁾を用いて平常時流量0.35m³/s時の平面分布を予測した。シミュレーションは、改修案、現況河道断面に適用し、横断データは、前者は計画図、後者は熊本県による測量結果にRTK-GPSで取得した結果を追加して用い、時間設定は定常状態になる時間とした。

4. 結果及び考察

(1) 境川及改修区間の評価

(a) 境川の評価

Two-wayクラスター分析の結果、境川は緑川、菊池川等と同じグループに分類された。これらの河川の特徴として生息魚種数が多いこと(緑川29種、菊池川33種、境川21種)、タナゴ類が生息していることがあげられた。一般的に河川規模が大きいほど生息種数が多いことが知られているが¹⁴⁾、境川のように流路延長が短い河川が菊池川や緑川と同じグループに分類された要因を検討するため、1914年(大正3年)から現在までに発行された地形図を全て収集し河川の変遷を把握した。その結果、1931年(昭和6年)までは、境川は現在のように有明海に注ぐ河川ではなく、菊池川に合流していたが(図-2)、1931年(昭和6年)から1951年(昭和26年)の間に有明海に注ぐ新川に付け替えられていた。境川は、かつては菊池川の支流であったことが豊富な魚種数に関与している可能性が示唆された。

(b) 改修区間の評価

調査の結果、境川では合計33種の魚種の生息が確認された。タナゴ類に関しては、これまで確認されていた4種に加え、セボシタビラ、アブラボテの生息が新たに確認された。ただし、これら2種の生息密度は極めて小さかった。バラタナゴについては、ニッポンバラタナゴとタイリクバラタナゴとの識別には遺伝子分析が必要であることから、ここではバラタナゴとして記載した。この他の絶滅危惧種として、絶滅危惧Ⅱ類のミナミメダカ、ヤマトシマドジョウ、絶滅危惧ⅠB類のアリアケスジマドジョウが確認された。外来種に関しては国外外来種であるカムルチー、国内外来種であるハス、コウライモロコが確認された。

図-3にTwo-wayクラスター分析の結果を示す。各調査地点の魚類群集はTypeA～Dの4つに分類され、これらの区分はセグメント区分と概ね対応していた(図-4)。

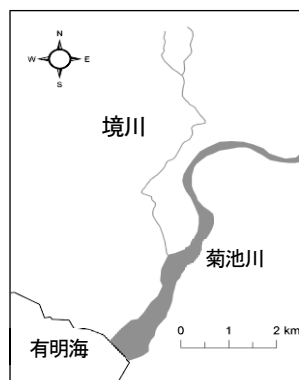


図-2 かつての境川（菊池川の支流）
（地形図「高瀬」（大正3年）を基に作成）

TypeAは最下流のセグメントにあり、ボラやハゼ等の汽水に生息する種が出現した。Type Bは、ボラやハゼ等の他、ゲンゴロウブナが出現し、タナゴに関しては、バラタナゴ、ヤリタナゴ、アブラボテは出現したが、流水性のタナゴであるカゼトゲタナゴ、カネヒラは出現しなかった。Type Cは、下流側のセグメント区間（TypeCo）と、上流側のセグメント区間（TypeCrとする）の地点が含まれ、バラタナゴ、カゼトゲタナゴ、ヤリタナゴがすべての地点で、カネヒラは上流側の区間で出現した。Type Dは調査を行った区間における最上流のセグメントの区間にあり、すべての地点でオイカワ、カマツカ等が出現し、カネヒラ及びカゼトゲタナゴについても比較的多くの地点で確認された。改修区間下流側は、4種のタナゴ類が生息するTypeCのエリアにあり、上流側は流水性のタナゴ類が生息するTypeDのエリアにあり、タナゴ類が生息するセグメント内に位置していることが読み取れる。TypeCo, Crの物理環境の特徴として、流速が小さく（それぞれ 0.02 ± 0.01 m/s, 0.05 ± 0.03 m/s）、水深が比較的大きいこと（ 0.45 ± 0.16 m, 0.41 ± 0.10 m）、TypeDはそれらより大きく（ 0.14 ± 0.14 m/s）、水深は小さく（ 0.31 ± 0.15 m）、前者は止水性のタナゴ類、後者は流水性のタナゴ類の生息に有利に作用したものと考えられた（図-5）。また、図-6に、タイプ毎に河道に占める抽水植物、沈水植物、浮葉植物の占有率を示した。TypeCo, Cr, Dではそれぞれそれらの占有率は大きく、遮蔽効果¹⁵⁾として寄与している可能性が示唆された。

二枚貝に関しては、18区間のうち7区間でイシガイ *Unio douglasiae* が確認された。イシガイはアブラボテを除く5種の産卵母貝として機能する。図-7にイシガイの個体数密度を示す。改修区間内の生息密度は大きく、タナゴ類の生息分布と対応していた。また、イシガイ内部にカネヒラの卵が確認され、本区間はタナゴ類の産卵場として機能していた。特にイシガイに関しては、本区間以外で確認された地点が少ないことから、本区間がタナゴ類の存続にとって重要な区間であることが示唆された。また、二枚貝は雄個体によって水中に放出された精子球が成熟した雌個体の入水管から取り込まれることで受精

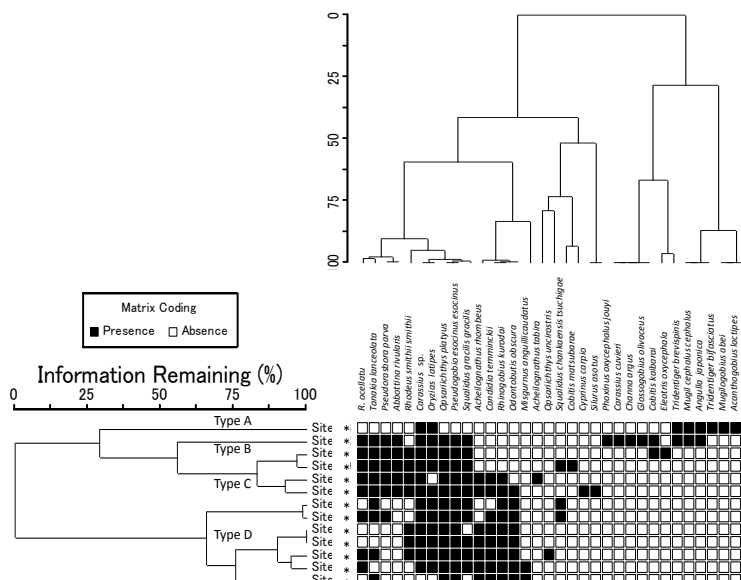


図-3 各地点の魚類確認種を用いたTwo-wayクラスター分析の結果

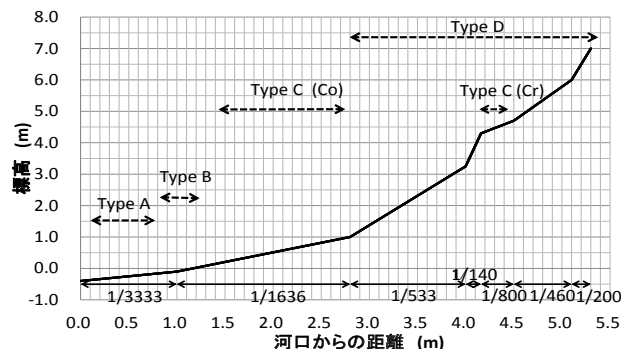


図-4 境川のセグメントと魚類群集の関係

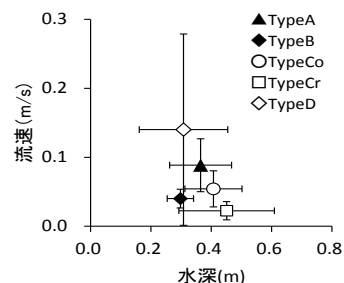


図-5 各Typeの水深・流速分布

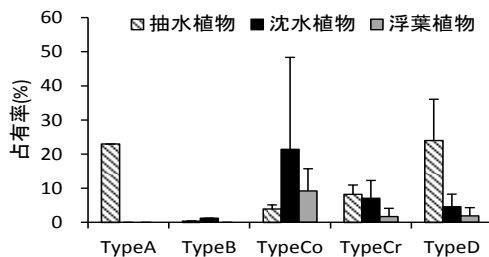


図-6 各Typeの植生の河道に占める占有率

するが、二枚貝の生息密度が低下すると、受精が成功する確率が低下することが報告されている¹⁶⁾。そのため、本区間以外では、二枚貝の再生産を期待することは難しい状況にあると考えられる。イシガイの生息環境については、生息密度が大きい区間の下流側には取水堰

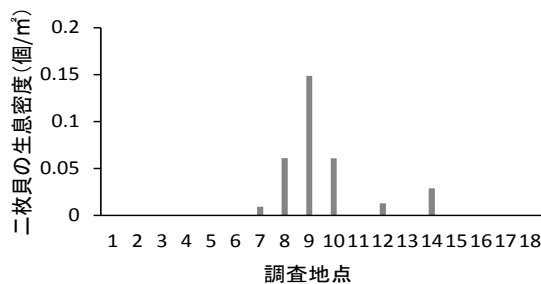


図-7 イシガイの生息密度

が設置されているケースが多く、堰上げが生息に有利に作用した可能性が考えられた。かつてタナゴ類は境川周辺の用水路に多く生息していたことが、地域住民へのヒアリングにより明らかになっているが、圃場整備や用水路のコンクリート化が進み、現在、タナゴ類は用水路においてほとんど確認できない。二枚貝の生息が確認された地点が少ないことを踏まえると、境川において堰上げられた区間はタナゴ類や二枚貝にとって残存した希少な生息場として機能している可能性があると考えられた。

(2) タナゴ類の生息環境のモデル化と改修案の評価

タナゴ類稚魚に関しては、全118地点のうち26地点において出現が確認された。GLMを用いたモデル選択の結果、ベストモデルには、流速、水中カバー、河床勾配が選択された (AIC=94.25, 表-1)。タナゴ類稚魚は、流速が小さく、河床勾配が緩やかで、水中カバー（沈水植物）が存在する地点で生息確率が大きいことを示している。モデルの精度検証ではAUCは0.83を示したことから、タナゴ類稚魚の出現をよく説明できていると判断された。流速については、稚魚は背鰭、臀鰭が未発達であり遊泳力に乏しいため、流速が遅い場所を選好したものと考えられる。また、タナゴ稚魚とコイ科（オイカワ、カワムツ）稚魚が確認された地点の水深、流速を比較すると、水深はそれぞれ $0.47 \pm 0.26\text{m}$ 、 $0.45 \pm 0.20\text{m}$ であり、有意差は検出されないが (t -test, $t=0.380$, $df=86$, $P=0.705$)、流速 $0.06 \pm 0.05\text{m/s}$ は、コイ科稚魚 $0.20 \pm 0.22\text{m/s}$ よりも有意に小さく (t -test, $t=3.188$, $df=86$, $P<0.001$)、流れのほとんどない止水域に生息が限定されていることが把握された。河床勾配に関しては、河床勾配が緩やかな区間は、流速が小さく、タナゴ類の生息に適したセグメントである他、背後地に広がる用水路との接続性等が寄与している可能性も考えられる。水中カバー（沈水植物）については、タナゴ類は遮蔽に関わる因子に対して選好性があることから¹⁵⁾、沈水植物の遮蔽効果としての機能が寄与しているものと考えられた。ここでは、水際植生カバー率は選択されなかったが、水中植生カバー率の方がより遮蔽効果の大きいことが要因として考えられた。既往の研究において、沈水植物群落がタナゴ類の生息場として重要な役割を果たしていること¹⁷⁾、水中カバーは稚魚の分布においても正に作用することが報告されている⁹⁾。

表-1 タナゴ稚魚を応答変数としたモデル選択結果

Intercept	流速	水深	川幅	河床勾配	川幅水面比	水中植生カバー率	水際植生カバー率
1.245	-19.530	—	—	-270.81	—	1.355	—

表-2 沈水植物を応答変数としたモデル選択結果

Intercept	流速	水深	川幅	河床勾配	川幅水面比
-3.306	—	-1.346	0.156	—	1.794

次にタナゴ類の生息環境モデルの要因に選択された沈水植物の在、不在を応答変数、説明変数として、水中カバーに影響がある要因として示唆された流速、水深、河床勾配、川幅、川幅水面比として、確率分布を二項定理と仮定しGLMにより解析した。その結果、ベストモデルとして水深、川幅、川幅水面比が選択された (AIC=179.8, 表-2)。AUCは0.6で精度は高くないものの、少なくとも、川幅、川幅水面比、水深が沈水植物の環境の選好性に関連すると推察できる。川幅、川幅水面比が大きい場合、流速が小さくなるため、切れ藻が定着しやすい可能性がある。水深に関しては、光量が生育に必要な不可欠であることから、水深が大きい地点では光量が不足し沈水植物の生育に正に作用する可能性が考えられた。

タナゴ稚魚生息確率式にiRICによる水深、流速分布及び沈水植物の出現確率 (図-8) を内注し、現況河道及び改修案に対するタナゴ類稚魚の生息確率を予測した。結果を図-9に示す。現況河道に対する予測は沈水植物及びタナゴ稚魚ともに現状とほぼ一致した結果が得られていた。改修後の捷水路ではタナゴ類稚魚の出現確率の低い場所が多く、タナゴ類稚魚にとって捷水路は現況河道より不適になることが予測された。捷水路区間の上流では、水際域にタナゴ稚魚の出現確率が高い場所が出現することが予測された。改修による川幅拡張に伴う流速の低下、川幅の増加、川幅水面比の増加が沈水植物の生息予測に正に作用した結果と考ええるが、現況では本区間はタナゴ類の生息や二枚貝の生息密度も小さいことを考慮すると、本区間が成魚の生息場や産卵場として機能する可能性は小さく、実際に稚魚が生息する確率は予測より小さくなるものと考えられた。

境川で水中カバーとして機能していた主な沈水植物はオオカナダモであった。本種は、「日本の侵略的外来種ワースト100」に選定されている種であり、切れ藻による無性繁殖により分布域を拡大し、それによる在来沈水植物への影響が近年報告されている¹⁸⁾¹⁹⁾。また、浮葉植物の多くは特定外来生物に選定されているブラジルチドメグサであった。今後、これらの外来生物の負の影響について評価していく必要があると考えられた。

(3) タナゴ類に配慮した河川改修計画立案にむけて

対象とした改修案において捷水化が検討されている区間で特にタナゴ類やタナゴ類の産卵床となる二枚貝の生息密度が大きいことが明らかになった。特に二枚貝にお

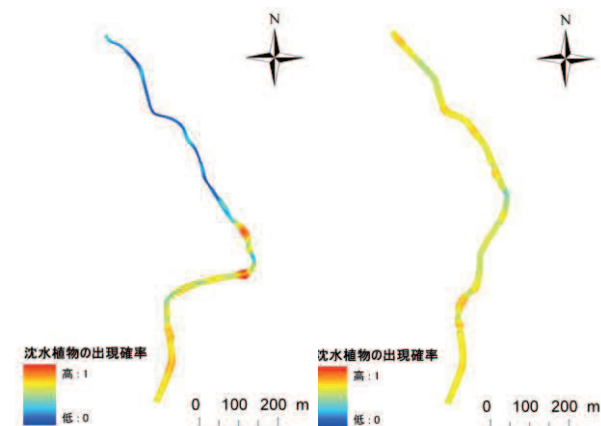


図-8 沈水植物の出現確率予測 (左:現況, 右:捷水路化)

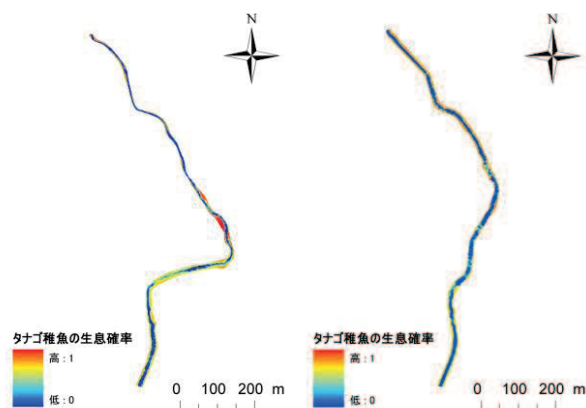


図-9 タナゴ稚魚生息確率予測 (左:現況, 右:捷水路化)

いては本区間以外の生息密度は小さく、本区間がタナゴ類を保全する上で重要な区間であることが明らかになった。また、タナゴ類稚魚の生息環境モデルを構築し、これを用いて改修案の一つを対象にタナゴ稚魚の生息確率を予測したところ、現況よりも不適になることが示された。これらを踏まえると、現況河道を保全し、出水時のみ、流水を捷水路に分流させ、必要な流下能力を確保していく案が一つの改修案として考えられた。現在のタナゴ類や二枚貝は、堰上げを受けている区間に多く生息していたため、改修後このような環境を創出するための工法についても検討していく必要があると考えられた。

5. まとめ

本研究では、危機的状況にあるタナゴ類保全の視点から境川及び改修区間を評価し、また、構築したタナゴ類稚魚生息場モデルを用いて改修案の一つを評価し、タナゴ類保全のための改修案について考察した。今後、具体的な改修計画立案にむけ、水理的検討やタナゴ類の生息環境創出のための工法等のための基礎的検討を行い、情報提供していきたいと考えている。

謝辞： 熊本県玉名振興局の方々には、境川改修に関する資料の提供、(株)原風景の竹元重博氏には境川におけるタナゴ類の生息に関する情報等の提供を頂き、熊本大学及び九州大学の学生には調査にご協力頂きました。ここに記して感謝の意を表します。なお、本研究は、平成

25年度河川整備基金助成事業25-1215-036の助成を受け実施したものである。

参考文献

- 1) 片野修, 森誠一: 希少淡水魚の分布と生態, 信山社, 2005.
- 2) 鬼倉徳雄, 中島淳, 江口勝久, 乾隆帝, 比嘉枝利子, 三宅琢也, 河村功一, 松井誠一, 及川信: 多々良川水系におけるタナゴ類の分布域の推移とタナゴ類・二枚貝の生息に及ぼす都市化の影響, 水環境学会誌, Vol.29, No.12, pp.837-842, 2006.
- 3) Itsukushima R, Shimatani Y, Kawaguchi Y: The effectiveness of delineating ecoregions in the Kyushu region of Japan to establish environmental indicators, *Landscape Ecological Engineering*, 9(1), pp.27-46, 2013.
- 4) 巖島伶, 島谷幸宏, 中島淳, 河口洋一: 環境指標のための魚類セグメントエコリージョン, 水工学論文集, 53, pp.1189-1194, 2009.
- 5) 三宅琢也, 中島淳, 鬼倉徳雄, 古丸明, 河村功一: ミトコンドリアDNAと形態から見た九州地方におけるニッポンバラタナゴの分布の現状, 日本水産学会誌, 74, pp.1060-1067, 2008.
- 6) Onikura N, Miyake T, Nakajima J, Fukuda S, Kawamoto T, Kawamura K: Predicting potential hybridization between native and non-native *Rhodeus ocellatus* subspecies: The implications for conservation of a pure native population in northern Kyushu, Japan. *Aquatic Invasions*, 8, pp.219-229, 2013.
- 7) 熊本県: 境川魚貝類現地調査票, 2008.
- 8) 北村淳一, 諸澤崇裕: 霞ヶ浦流入河川におけるタナゴ亜科魚類の産卵母貝利用, 魚類学雑誌, 57(2), pp.149-153, 2010.
- 9) 網川 孝俊, 酒井忠幸, 久保田仁志: 栃木県南東部の自然生息地におけるミヤコタナゴ保全への取り組みーミヤコタナゴ類稚魚の生息環境評価と環境改善, 応用生態工学, pp.249-255, 2012.
- 10) 大林剛史, 乾隆帝, 中島淳, 大浦晴彦, 鬼倉徳雄: 熊本県緑川水系におけるイチモンジタナゴ *Acheilobnathinae* の分布パターン, 魚類学雑誌, 第59巻1号, pp.1-9, 2012.
- 11) 鬼倉徳雄, 乾隆帝: 河川生態系保全のための淡水魚類の分布予測の試み, 環境管理, pp.20-28, 2011.
- 12) 熊本県: 境川水系河川整備計画, 2008.
- 13) <http://i-ric.org/ja/>
- 14) 佐合純造, 永井明博: 河川水辺の国勢調査結果を用いた全国河川の魚種数の特性とその評価手法, 土木学会論文集, No.727/VII-26, pp.49-62, 2003.
- 15) 関根雅彦, 浮田正夫, 中西弘, 内田唯史: 河川環境管理を目的とした生態系モデルにおける生物の環境選好性の定式化, 土木学会論文集, pp.177-186, 1994.
- 16) 近藤高貴: 淡水貝類の生息環境, 日本環境動物昆虫学会第9号, pp.166-170, 1998.
- 17) Terui A, Matsuzaki S S, Kodama K, Tada M, Washitani I: Factors affecting the local occurrence of the near-threatened bitterling (*Tanakia lanceolata*) in agricultural canal networks: Strong attachment to its potential host mussels. *Hydrobiologia*, Vol. 675, pp.19-28.
- 18) 久保優, 照井慧, 西廣淳, 鷺谷いづみ: 福井県三方湖周辺の水路・小河川における在来沈水植物の分布に対する外来生物の影響. 保全生態学研究, 17(2), pp.165-173, 2012.
- 19) Kadono Y, Nakamura T, Suzuki T: Genetic uniformity of two aquatic plants, *Egeria densa* Planch. and *Elodea nuttallii* (Planch.) St. John, introduced in Japan. *Japanese Journal of Limnology*, vol.58, pp.197-203, 1997.

(2014. 4. 3 受付)