

1-1 希少性淡水二枚貝の微生物環境に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 20

担当チーム：水環境研究グループ（自然共生）

研究担当者：萱場祐一、根岸淳二郎

【要旨】

本研究では、世界的に生息数、生息域の減少および種多様性の低下が報告されている希少性淡水二枚貝（イシガイ類）に注目し、農業水路と氾濫原水域での好適な微生物環境を抽出することを目的とした。2 箇所水路および 30 箇所の氾濫原水域を対象に、主に横断トランゼクト上に設定した方形区においてイシガイ類の生息状況と物理環境条件との関係を明らかにした。野外調査の結果から、水路では流路内の多様な流速分布が特に希少種の生息に重要であり、氾濫原水域では過剰な有機物堆積が微生物環境に負の影響を与えることが示唆された。

キーワード：絶滅危惧種、生息環境条件、氾濫原、河川、農業水路

1. はじめに

わが国には 18 種のイシガイ目淡水二枚貝（イシガイ類、図 - 1）が生息していると報告されている¹⁾。コイ科タナゴ亜科魚類が産卵母貝としてその自然繁殖に必要とすること、さらにその生活史の中で幼生が他の魚類（例えばヨシノボリなど）に寄生する期間を持つことなどから（図 - 2）、イシガイ類は共存する水生生物と深いかかわりを持っている。さらにイシガイ類は数十年以上という比較的長い寿命を持ち、移動能力が極端に小さいため、その生息が確認された場合は長期間にわたり良好な陸水生態系が維持されていることを示唆する。一方、イシガイ類の多くの種について、その生息場所環境の改変・悪化に伴う生息数・生息域の減少が全世界的に報告され、日本および北米においては約 70% の種が絶滅の危機に瀕している^{2), 3)}。今後、イシガイ類およびそれらと共生関係を持つ水生生物の生息場所保全・再生などを行う際、様々な環境因子とイシガイ類の生息状況との間にある因果関係に関する詳細な情報が提供されなければならない。しかしながら、そのような生息環境条件に関する情報は特に国内においては非常に限定的である⁴⁾。

本研究は、希少性淡水二枚貝であるイシガイ類の国内での主要な生息地とされる農業水路および河川氾濫原水域（ワンドやたまり）^{3), 5)}を対象に、イシガイ類の生息にとって好適な微生物環境条件を抽出することを目的とし、野外調査を行ったものである。



図 - 1 イシガイ類の例：イシガイ、トンガリササノハガイ、ドブガイ属が写る。

2. 研究方法

2. 1 農業水路における微生物環境

野外調査は 2006 年の 6～7 月にかけて岐阜県関市（長良川水系）および三重県松阪市（櫛田川水系）

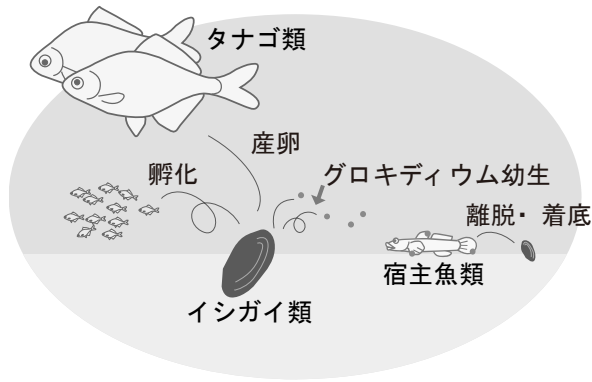


図-2 イシガイ類が持つ他の水生生物との共生関係。
を流れる農業用排水路2箇所において行った(以下、水路AおよびBと呼称、図-3)。両水路ともに良好な自然環境が残存し、水路河岸および河床はコンクリートで覆われることなく自然材料によって形成されている。両水路ともに、イシガイ亜科に属するカタハガイ (*Obovalis omiensis*、環境省レッドデータブックによる絶滅危惧Ⅱ類)、マツカサガイ (*Pronodularia japonensis*、準絶滅危惧)、オバエボシガイ (*Inversidens brandti*、絶滅危惧Ⅱ類)、トンガリササノハガイ (*Lanceolaria grayana*、準絶滅危惧)の4種が比較的高密度で生息していた。

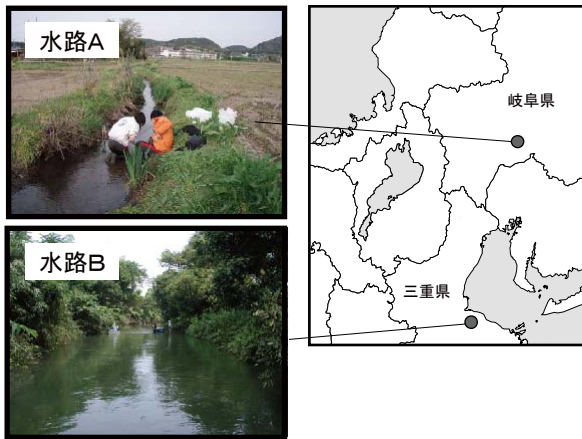


図-3 好適なイシガイ類生息地となっている農業水路。
水路AおよびBにおいてそれぞれ50mおよび120mの区間を調査対象地とした。それぞれの区間で縦断方向に一定間隔で(水路Aでは1mおきに、水路Bでは5~20mおきに)流路の横断方向にトランゼクト(以下横断トランゼクト)を設定した。各横断トランゼクト上に流路幅に応じて一定間隔で2~11点

の方形区を設け(水路Aでは420cm²、水路Bでは2500cm²)、各方形区内の河床材料を約10cmの深さまで掘り返し、そこに生息する個体を手で採捕し4種の長軸殻長および生息密度を計測した。また、各方形区を代表する底質材料特性を優占するサイズに基づいて(0:泥、1:砂、2:小礫、3:中礫、4:大礫)視覚的に評価して数値化し、流速(60%深度)、水深、および水際からの距離を計測した。

イシガイ類4種のそれぞれに対して好適な物理環境条件を抽出するために、各方形区に対して生息(個体数1以上、1として扱う)・非生息(生息個体数ゼロ、0として扱う)という生息状態を判定した。生息状態を目的変数とし、流速、水深、底質材料特性の3因子を説明変数として用い、一般化線形混合モデルにより、イシガイ類各種の生息状態を説明できる因子の抽出を行った。この際、ランダム因子として水路タイプ(水路AおよびBの2箇所)を指定し、また分布族としては二項分布を用いた。

2.2 河川氾濫原水域における微生物環境

野外調査は2007、2008両年の1月から5月にかけて岐阜県と愛知県の県境を流れる木曾川中流域(区間長約15キロ)を対象にして行った(図-4)。対象区間の中から、航空写真により識別されたものを中心に合計68個の水域を調査対象にした。これらの水域は平常時には止水環境を呈するという特徴をもつが、平常時から本流部流水域に対して開放している水域(一般的にワンドと呼称される)と、平常時に流水域から分断されており増水時の水位上昇に伴って本流に連結する水域(一般的にたまりと呼称される)の両者が含まれている。なお、事前予備調査によって、対象区間ではイシガイ(*Unio douglasiae nipponensis*、環境省レッドデータブックによる指定なし)、トンガリササノハガイ、ドブガイ属(*Anodonta* sp.、指定なし)の3種の生息が確認されており、これら3種を本研究の対象とした。また、水域内で個体の生息がまったく確認されない箇所が計38水域あり、これらを除く合計30箇所のイシガイ類の生息水域から得たデータを解析に用いた。



図 - 4 氾濫原水域の例：赤で示されたワンド、黄色で示されたたまり。

各水域において本流上下流方向に沿って横断トランゼクトを設定し、一定間隔ごとに約 4 m²の方形区を設け、方形区内の河床材料を約 10 cmの深さまで掘り返し、そこに生息する個体を手で採捕し 3 種の長軸殻長および生息密度を計測した。また、各方形区を代表する底質材料特性を優占するサイズに基づいて (0 : 泥、1 : 砂、2 : 小礫、3 : 中礫、4 : 大礫) 視覚的に評価して数値化し、水深、堆積泥厚、底質硬度、および堆積有機物量を計測した。堆積有機物量は「多い、中程度、少ない」の 3 段階で、また底質硬度は「固い、中程度、軟らかい」の 3 段階で定性的に評価した。堆積泥厚は調査員一名が片足で底質を踏み込んだ際に沈み込む厚みを計測しその指標として用いた。さらに、イシガイ類が生息する環境条件に関して解析に十分なデータを取得するために、方形区に基づく定量調査に加え、方形区間を移動する際に生息個体を見つけた場合、その各点において定量調査と同様の物理環境計測を行った (これを定性調査データと呼ぶ)。

イシガイ類 3 種のそれぞれに対して好適な物理環境条件を抽出するために、各方形区に対して生息 (個体数 1 以上、1 として扱う)・非生息 (生息個体数ゼロ、0 として扱う) という生息状態を判定した。この際、定性調査データは生息地のデータとして解析に加えた。生息状態を目的変数とし、水深、堆積泥厚、底質硬度、堆積有機物量、および底質材料特性

の 4 因子を説明変数として用い、一般化線形混合モデルにより、イシガイ類各種の生息状態を説明できる因子の抽出を行った。この際、ランダム因子として水域 (計 30 箇所) を指定し、また分布族としては二項分布を用いた。

3. 研究結果

3. 1 農業水路での野外調査結果

水路Aにおいては、合計 251 個体 (カタハガイ 45 個体、オバエボシガイ 105 個体、マツカサガイ 86 個体、トンガリササノハガイ 15 個体)が見つかった。一方、水路Bにおいては、合計 274 個体 (カタハガイ 149 個体、オバエボシガイ 89 個体、マツカサガイ 21 個体、トンガリササノハガイ 15 個体)が見つかった。

一般化線形混合モデルによる解析の結果、希少性の高い (すなわち、種の絶滅が特に危惧される) カタハガイおよびオバエボシガイの 2 種の生息状況に対してのみ、投入した生息環境因子が説明力を持った。また、AIC (赤池情報量) に基づくベストモデルを選択した場合、両種に関して流速のみが 5%水準で有意な因子として残された (表 - 1)。ただし、これらの 2 種では流速の大小が生息・非生息に及ぼす影響の方向が異なっており、カタハガイの生息確率は流速と負の関係を持つのに対して、オバエボシガイの生息確率は流速と正の関係を示した。

表 - 1 二箇所の水路に生息するイシガイ類 4 種を対象に行った一般化線形混合モデルの結果。

種類	流速
オバエボシガイ (絶滅危惧II類)	+ (速い = 生息確率↑)
カタハガイ (絶滅危惧II類)	- (おそい = 生息確率↑)
マツカサガイ (準絶滅危惧)	関係なし
トンガリササノハガイ (準絶滅危惧)	関係なし

注) +は有意な正の関係を-は有意な負の関係を表す。

さらに、各方形区における実測の流速値をモデル式に入れ逆算することで、各方形区におけるこれら 2 種の生息確率を求めた。生息確率の大小を流路内における空間的な位置に対応させて理解するためにここでは水際から流心部への距離を百分率 (各横断

トランゼクトに対して水際をゼロ、流心部を 100 とし（計算）で表したものと関係性を調べた。その結果、オバエボシガイに関しては、流心部（すなわち流速が大きい部位）で生息確率が上昇し、カタハガイの生息確率は水際部（すなわち流速が小さい箇所）で生息確率が上昇した（図 - 5）。すなわち、これらの 2 種は流路横断方向の微生息環境を棲み分けていることが示唆された。

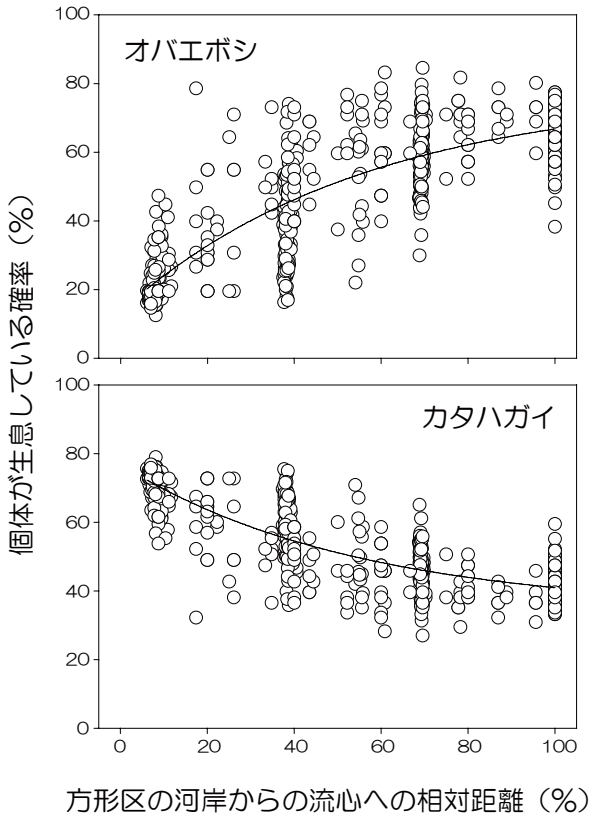


図 - 5 オバエボシ、カタハガイの流路横断方向への生息確率の変化。相対距離 0%は水際を 100%は流心部を示す。

3. 2 河川氾濫原水域での野外調査結果

30 箇所（30 箇所）のイシガイ類生息水域内の合計 859 地点において方形区データあるいは定性調査データが取得され、合計 932 個体（イシガイ 297 個体、トンガリササノハガイ 375 個体、ドブガイ属 260 個体）が見つかった。一般化線形混合モデルを用いた解析および AIC に基づくベストモデル構築の結果、イシガイ類 3 種の生息状況に対して、計測された生息環境因子のうち少なくともひとつが説明力を持った。その

結果、3 種に共通して、堆積有機物量が負の関係を示した（表 - 2）。ドブガイ属、トンガリササノハガイ、イシガイの順で生息状況を説明できる因子が増加し、トンガリササノハガイでは底質硬度が負の関係を、イシガイに関しては、水深と堆積泥厚が負の関係を示した。

表 - 2 30 箇所の氾濫原水域に生息するイシガイ類 3 種を対象に行った一般化線形混合モデルの結果。

種類	説明変量			
	水深	泥深	底質硬度	堆積有機物量
イシガイ	—	—	関係なし	—
トンガリササノハガイ	関係なし	関係なし	—	—
ドブガイ属	関係なし	関係なし	関係なし	—

注) +は有意な正の関係を-は有意な負の関係を表す。

上述の結果から、イシガイ類 3 種に関して次のことが示唆された。ドブガイ属は堆積有機物量が過剰に堆積したような生息場所を好まないと考えられた。さらに、トンガリササノハガイは堆積有機物量が少なく、ある程度の硬さを持った底質からなる生息場所を好むことが推測された。そして、イシガイは、堆積有機物量が少なく、水深が浅く、堆積泥量の少ないような生息環境を好むと思われた。

4. まとめ

4. 1 農業水路での結果に関する考察

対象としたイシガイ類 4 種の中で、計測された生息環境因子によって生息状況が説明できたのは、カタハガイとオバエボシガイという 2 種に限られた。これら 2 種はレッドデータブックでのカテゴリーにおいても、イシガイ類の中では絶滅が特に危惧されている希少種として扱われ、都道府県レベルですでに地域絶滅が報告されている³⁾。これら 2 種に対して、マツカサガイおよびトンガリササノハガイの 2 種については絶滅危惧の程度は比較的小さく、トンガリササノハガイは西日本に、マツカサガイは全国的に比較的好く見られる種である。

本研究の結果は、マツカサガイおよびトンガリササノハガイの両種に比較して、希少性の高いこれら

2種が流路内の微生物環境因子に対して特定の（狭い）ニッチを必要とする可能性を示している。ここで対象にした2箇所の水路においては、カタハガイは水際部の流速の小さな箇所で生息確率が高まった。一方、オバエボシガイは大きな流速が維持されている流心部においてその生息確率が高まった。したがって、水路の拡幅、流量減少により流路の流速が低下して、一様に小さな流速を示すようになればオバエボシガイの生息は困難になることが予想される。また、物理的な水際域の改変により、自然状態の水際域に形成される比較的流速の小さな微生物環境が消失すると、カタハガイの安定的な生息は困難になると考えられる。

したがって、オバエボシガイおよびカタハガイの生息数や生息域の急速な縮小は、流路内の好適な微生物環境の減少に起因していると仮説が立てられる。一般的に、水路の物理的構造改変の最も有力な要因として圃場整備に伴う水路の改修が挙げられる³⁾。改修の結果として、流速環境の多様性は著しく低下し、流心部の流速の一様な上昇あるいは低下、水際の直接的に伴う水際近傍の流速の上昇が起きる可能性が高い。これらの流速分布の改変に対して、流速環境に対しては幅の広いニッチを持っているマツカサガイやトンガリササノハガイは、生残する可能性が高いと推測される。

4.2 氾濫原水域での結果に関する考察

一般化線形混合モデルにより得られた結果から、ドブガイ属、トンガリササノハガイ、イシガイという順で、複数の物理環境に支配された特定の（狭い）生息場所ニッチへの依存度が高くなる可能性が示された。したがって、水域内の浅い箇所が減少する、あるいは堆積する泥量が増加するような変化がおきれば、ドブガイ属が優占するような水域へと変化していくかもしれない。

過剰な有機物の堆積は3種に共通して生息確率の減少を説明しており、この因果関係を探り、そしてその背後にある機構を明らかにすることは生息場所の保全の観点から非常に重要である。一般的に、水

域底部に生息する生物にとって、有機物分解等に消費される溶存酸素濃度の低下は、その生息条件を決定付ける大きな要因と考えられている⁶⁾。したがって、堆積有機物量が生息確率に影響を及ぼす機構は溶存酸素濃度と関係があるのかも知れない。近年、調査対象区間においても本流域の河床低下の進行に伴い、氾濫原域の著しい樹林化が進行している⁷⁾。このことから、氾濫原水域へ陸域から落葉として直接的に供給される有機物量は増加していると考えられる。このような氾濫原域全体で起きているような大きな空間スケールでの環境の変化が、徐々に各水域内のイシガイ類にとっての微生物環境を変化させている可能性が考えられる。

4.3 今後の課題

本課題では、イシガイ類にとっての好適な微生物環境条件を説明するために物理環境因子の計測を行った。しかしながら、イシガイ類は比較的複雑な生活史を有する点に特に留意する必要がある。特に、イシガイ類の安定的な生息には、その幼生時に宿主として適正な魚類が同所的に生息することが必要不可欠である。このことから、本研究で行ったような野外調査で抽出される生息分布と環境因子に関する関係には、宿主魚類の動態によって説明されるべき部分が含まれている可能性は否定できない。たとえば、水路での研究によって、カタハガイが水際部に出現する確率が高いという結果が得られたが、この分布は宿主となる魚類の分布によって決定されている可能性も考えられる。したがって、本研究の考察には生物的な要因が考慮されていない点で注意を要する。

一方、氾濫原水域に関する考察（4.2の最終部）で述べたとおり、大きな空間スケールでの要因がイシガイ類の微生物環境に影響を与える経路を今後精査する必要がある。たとえば、本課題ではイシガイ類が生息する水路および水域のみを対象にしたが、現実には生息が確認されない水路や水域が多く見られる。水路間、あるいは水域間での生息・非生息を決定付ける要因を微生物環境と同時に解析すること

で、多重空間スケールでイシガイ類の生息数、生息域の減少および種多様性の低下に影響を与える人為的要因をより全体的に理解することができるであろう。そのような理解を今後進めることで、イシガイ類にとっての好適な生息地の保全や再生に向けたより効果的・効率的な対策を施すことができるであろう。

参考文献

- 1) 近藤高貴：「日本産イシガイ類図鑑」、大阪教育大学、2007
- 2) Williams JD, Warren ML, Cummings KS, Harris JL, Neves J : “Conservation status of freshwater mussels of the United States and Canada”, Fisheries Vol.18, pp.6-22, 1993
- 3) 根岸淳二郎、萱場祐一、塚原幸治、三輪芳明：「危急種・指標種としてのイシガイ目二枚貝：生息環境の劣化プロセスと保全へのアプローチ」、応用生態工学会誌、11 巻、pp.195-211, 2008
- 4) 根岸淳二郎、萱場祐一、塚原幸治、三輪芳明：「イシガイ目二枚貝の生態学的研究：現状と今後の課題」、日本生態学会誌、58 巻、pp.37-50、2008
- 5) 根岸淳二郎、萱場祐一：「日本における氾濫原の劣化と絶滅の危機に瀕する淡水二枚貝」、土木技術資料、50 巻、pp.44-45、2008
- 6) Allan JD : “Stream ecology: structure and function of running waters”, Springer, 1995
- 7) 根岸淳二郎、萱場祐一、佐川志朗：「氾濫原の冠水パターンの変化とその生態的な影響—淡水二枚貝の生息状況の観点から」、土木技術資料、50 巻、pp.38-41、2008 年

STUDY ON MICROHABITAT ENVIRONMENTAL FACTORS IMPORTANT TO FRESHWATER MUSSEL DISTRIBUTIONS

Abstract : This study examined optimal microhabitat conditions for unionid mussels, which are globally concerned for decreases in species diversity and abundance, and shrinking habitat ranges, focusing on agricultural drainage channels and floodplain ponds along rivers. Field surveys involved quantitative examinations of mussel assemblages in relation to physical habitat environmental variables in quadrates laid out along cross-sectional transects in two drainage channels and 30 floodplain ponds. Our findings suggest that spatial heterogeneity of flow velocity within drainage channels is in particular important for highly endangered mussel species, and that excessive accumulation of detritus such as leaves and twigs provide unpreferable microhabitat conditions for resident mussels in floodplain ponds.

Key words: conservation, endangered species, floodplain, flow heterogeneity, habitat analyses, organic matter, restoration