

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 21 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24710269

研究課題名(和文)自然河川、農業用水路、および湧水に注目した流域スケールの生物多様性維持機構の解明

研究課題名(英文)Elucidating mechanisms driving regional aquatic diversity in landscapes consisting of natural rivers, agricultural drainage channels, and spring-fed creeks

研究代表者

根岸 淳二郎(Negishi, Junjiro)

北海道大学・地球環境科学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：90423029

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文):第一に、絶滅危惧種であるイシガイ類二枚貝は下流河川との連続性が高い農業用水路に高い確率で生息し、同所的に豊かな魚類相の生息が確認された。また、そのような生息地は、開発地割合の低い景観構造を有する地域に存在した。第二に、河跡湖における水草種数は水草繁茂面積と正の相関を持ち、生息地の質は、人工的にショートカットされた水域で最も低かった。第三に、湧水河川には特徴的な水生昆虫相が確認され、流域スケールでの分類群多様性に貢献していた。これらより、地形や湧水に着目して景観スケールで流水環境をタイプ分けすることで効率的な水生生物多様性保全が行える可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文):First, endangered unionoid mussels were found more in the drainage channel that had a high connectivity to the downstream rivers, and fish community with high taxonomic diversity co-occurred. Also, landscape surrounded by low levels of urbanization characterized their habitat. Second, macrophyte diversity in floodplain lakes were positively correlated with their cover area, and the quality of macrophyte habitat was the lowest in the artificially created oxbow lakes. Third, spring-fed rivers harbored unique sets of species of aquatic insects, thereby contributing to the taxonomic diversity at the watershed scale. These suggest that systematic classifications of habitat across landscapes based on landform and groundwater would facilitate efficient conservation of aquatic biodiversity.

研究分野：生態系管理および河川生態学

キーワード：景観 農地 河川 生物多様性 湧水 保全優先度 水生生物

## 1. 研究開始当初の背景

世界的に生物多様性の低下が報告され、淡水生態系は、極めて低下の度合いが顕著である (Dudgeon et al. 2006)。流域 (景観) スケールでは、一つの生態系を考えても、複数の異なる特性を有した要素から構成されていると考えることができる。たとえば、河川生態系であれば複数河川が景観スケールで存在する。景観スケールでの生物多様性の適正管理においては、景観を構成する各景観要素の生物多様性の支配要因を把握すること、そして、また、その情報を基に保全価値の相対的な評価を決定することが有効である (Moilanen et al. 2005)。そのような観点から淡水生態系を対象に複数地点の相対的な重要度を評価した研究事例はいまだ少ない。

氾濫原は一般的に河川近傍にあり歴史的に半止水環境 (洪水氾濫の影響を比較的強く受ける) であった領域である (Ward et al. 1999)。そして、氾濫原は、地球上で生物多様性が最も高い生態系の一つである (Tockner & Stanford 2002)。わが国のような低平地が極度に開発された地域においては、農地 (水田あるいは畑) が氾濫原の土地利用として卓越しており、本来の氾濫原機能を代替している可能性が指摘されている (Washitani 2007)。農地景観の中の淡水環境に着目した場合、農地の影響を受ける農業用の水路や、河跡湖 (三日月湖など) あるいは、山地から流下するような一般的な河川が考えられる。農地景観にパッチワークのように存在するこれらの系を効率的に保全管理するためには、相対的な生物多様性の状況およびそれを駆動する要因を詳細に把握する必要があるが、この観点からの既往研究知見は稀有である。

## 2. 研究の目的

淡水生態系において上位捕食者のえさ資源を提供する、あるいは物質循環 (水質浄化を含む) を駆動する、など淡水生態系において重要な機能を果たす水草や底性動物 (水生昆虫および淡水二枚貝) に注目して、生息有無および生息個体数 (淡水二枚貝)、繁茂面積 (水草)、および種多様性 (水生昆虫) を規定する要因を景観 (流域) スケールで解明することを目的とした。淡水二枚貝として、世界的にその生息環境の劣化が懸念され (根岸ほか 2008)、一方で特に魚類の多様性などの間接的な指標となる (Negishi et al. 2013) イシガイ目に属する二枚貝に着目した。さらに、水草面積は水草の種多様性と正の相関関係を有することが示されている (Rørslett 1991)。したがって、イシガイ類の生息状況および水草繁茂面積の把握も景観スケールでの生物多様性の観点から水域の保全優先度を検討する際に極めて重要な情報を提供する。一方、流水性の生物においては、その生活史などに大きな影響を与えたと考えら

れる項目に水温および流量変動が挙げられる (たとえば、Ward & Stanford 1982)。そして、水温や流量変動の特性はその河川が湧水由来であるか否かによって強く規定される (Tague et al. 2007)。したがって、景観スケールにおける生物多様性維持における湧水河川の役割を解明することは本研究での中心的な研究課題である。これに関して、特に水生昆虫に関する研究課題においては、景観スケールにおいて湧水河川が果たす役割を定量化することを試みた。以下では、第一に、農業水路ネットワーク景観でのイシガイ類の生息予測に関する成果、第二に、河川近傍の河跡湖における水草繁茂の駆動要因解明に関する成果、そして第三に、湧水河川が水生昆虫群集の種多様性維持機構解明に関する成果、を順に報告する。

## 3. 研究の方法

### (1) イシガイ類の生息状況

水田景観が卓越する濃尾平野を中心とした東海三県の伊勢湾岸の流域を流れる農業用排水路において研究を実施した。計 35 の水路において 2012 から 2013 年にかけて、イシガイ類の生息有無および周辺土地利用を定量化した。予備調査によりイシガイ類 (流水性の 4 種であるトンガリササノハガイ、カタハガイ、オバエボシガイ、マツカサガイを対象とした) の生息地を特定し、生息地の標高および勾配に合致する領域を潜在的な生息地として抽出した。この抽出エリア内に無作為で抽出された潜在的な生息水路においてイシガイ類の生息調査を行った。また、同所的に魚類調査を行い、イシガイ類の生息が魚類の群集構造の指標として機能するかを確かめた。さらに、各調査地点周辺の開発地面積割合を算出、局所生息環境 (たとえば流速や水深) と下流への水路連続性を定量化し、イシガイ類の生息状況に対する説明力を一般化線形モデルなどで検討した。

### (2) 河跡湖における水草繁茂

石狩川河畔に残存する合計 40 の水域において 2013 から 2014 年に調査を実施した。これらの水域は過去からの水域成因の違いにより大きく 3 タイプに分けた (比較的浅く小さな後背湿地、人工的な河道短絡化改変に伴い形成されたショートカット河跡湖、そして、自然の蛇行過程において形成された自然河跡湖)。ボートおよび GPS と連動した簡易ソナーによる水底地形の詳細な定量化を行った。さらに、過去の調査報告 (北海道開発局により取得済み資料) から得られた水草繁茂および各種環境条件 (水質や水草種リスト) に関する情報を加えて、総合的に解析を行った。特に、水草面積を決定する物理環境要因を水域内および水域間スケールで一般化線形モデルなどを用いて検討した。

### (3) 湧水河川と水生昆虫群集の多様性

北海道東部十勝地方を流れる十勝川支流の音更川および札内川近傍の複数河川において2012から2014年にかけて調査を行った。複数河川は、起源を湧水とするもの（湧水河川）あるいは起源を山地とするもの（非湧水河川）の両者から成る。水生昆虫群集は、水域内での幼虫採集（音更川の場合）および羽化トラップを用いた羽化成虫個体採集（札内川の場合）の両手法を用いて把握した。音更川での調査においては、複数季節において、採水し水安定同位体比を用いて水循環過程を推定し、湧水河川の由来を検討した。また、両河川において、水温、流量、有機物堆積等の生息環境条件を定量化して、水生昆虫群集構造の説明に用いた。さらに、両河川において、複数河川を想定された仮想流域において、各調査サイトにおいて実測されたデータのすべての組み合わせに対して（すなわち湧水河川の貢献度に対して）景観スケールでの総分類群多様性がどのように変化するかを検討することで、湧水河川の重要性を示した。

#### 4. 研究成果

以下前述の目的に対応させて研究成果を示す。

##### (1) イシガイ類の生息状況

イシガイ目の生息有無は、周囲の土地景観によって説明され、開発地面積が小さく水田景観が広面積で広がる地域を流れる水路において生息可能性が高かった（図1）。また、イシガイ類の生息する水路では、魚類群集の分類群数が高かった（図2）。流水性イシガイ目の生息・非生息を目的変数としたモデルではAICの小さな上位3つのモデル全てに連続性が選択され、ベストモデルでは局所要因と比較して連続性の重要性は40.1%となった。一方、生息密度を目的変数としたモデルではAICの小さな上位3つのモデルには連続性が選択されなかった。両者で結果が異なるのは、連続性がイシガイ目の移入確率に強く影響し、移入してから生息密度を増加させるか

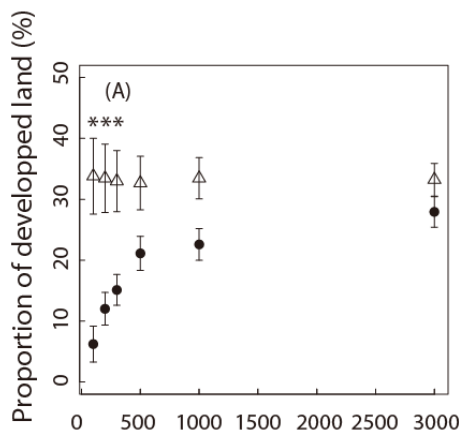


図1 開発地割合（縦軸）と算出に用いた円領域サイズ（調査地点から半径を横軸に示す）の関係。黒塗り丸と中抜き三角はそれぞれ生息・非生息を、\*は統計的有意性を示す。

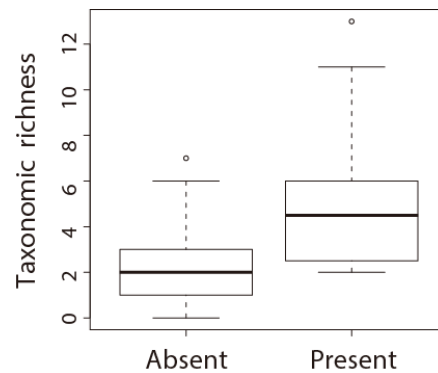


図2 魚類分類群数（主に種レベルまで同定；縦軸）とイシガイ類の生息（右）および非生息（左）。

どうかは局所要因が強く影響するためと考えられた。このことから、下流水域への連続性がなくなるとイシガイ目の移入確率が失われると考えられ、連続性をなくさないことがイシガイ目の生息を維持するために重要であろう。一方、連続性の改善が局所要因の改善と比較して容易でないことから、イシガイ目の生息地再生には、連続性がある水路で局所要因を改善することが優先されるべきだと考えられる。

##### (2) 河跡湖における水草繁茂

水域面積ではなく、水草繁茂面積が各水域における水草種数と正の相関を示した（図3）。水域総水表面積については、ショートカット河跡湖が有意にその他のタイプの水域より大きかったが、水草の繁茂面積が最小レベルとなるため、水域内に確認される水草種数は最低レベルになることが示された。

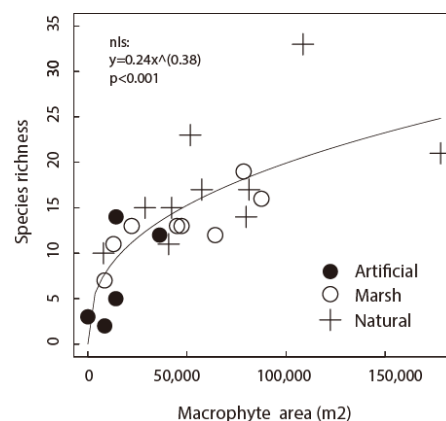


図3 水草繁茂面積（横軸）と水草種多様性（縦軸）の関係。人工ショートカット河跡湖（Artificial）、自然河跡湖（Natural）および後背湿地（Marsh）が示されている。

ショートカットで水草繁茂が小さくなる理由としては、水草の繁茂に適した浅瀬面積が少なく、また、浅かったとしても勾配がきつく風や波などから繁茂に対して負の影響を受けやすいことが示唆された。つまり、ショートカット水域は、水草繁茂にとって質が

低いと考えられた。水草の繁茂を水深などから予測するモデルを作成すると、観測される水草面積がショートカット水域では予測に対して著しく小さくなることから(図4) 前述の機構により水草面積および種数が規定されていることが支持された。

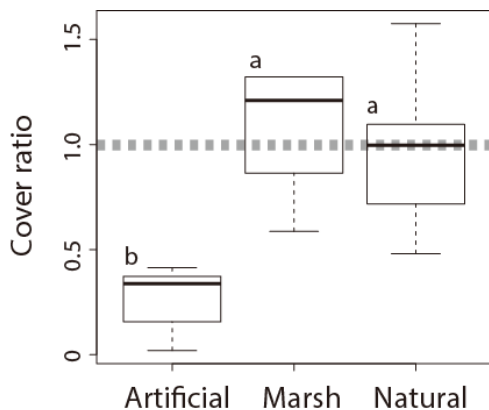


図4 人工ショートカット(Artificial) 自然河跡湖(Natural) および後背湿地(Marsh)における、モデルに基づく予測繁茂面積に対する観測繁茂面積の比(縦軸)を示す。縦軸が1であれば予測と観測値の一致を意味する。

(3) 湧水河川と水生昆虫群集の多様性

水同位体比より、湧水と非湧水河川ではその水の起源が異なり、標高の異なる高度からの降水に由来していることが示された(図5)。同位体比の大小関係より、音更川においては、湧水と非湧水河川はそれぞれ低標高および高標高の降水起源であると考えられた。音更川では、水生昆虫の群集構造の変異には、温度や流速は強い影響を持たず、両タイプの違いは、有機物量や流速など、地形の違いに起因すると示された(図6)。

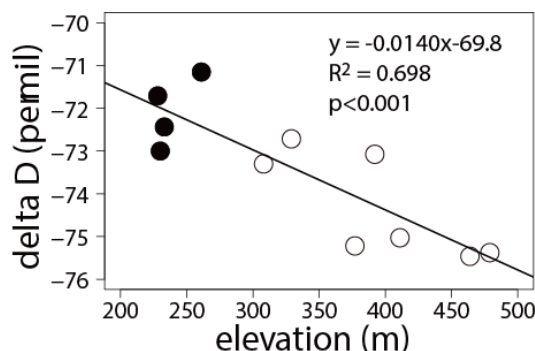


図5 各河川の源頭域標高と採取された水の水素安定同位体比の関係。黒塗り丸および白塗り丸はそれぞれ湧水および非湧水河川を示す。

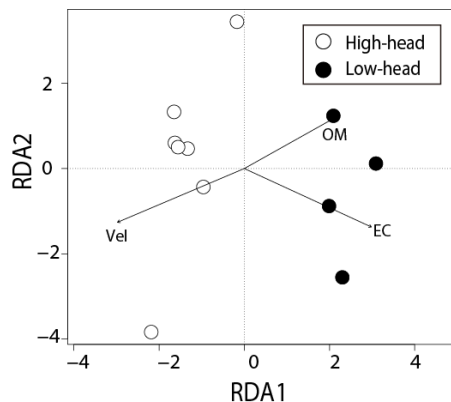


図6 冗長性解析(RDA)による水生昆虫群集構造解析。黒塗り丸および白塗り丸はそれぞれ湧水および非湧水河川を示す。湧水河川は比較的高い体積有機物量(OM)および低い流速(Vel)で特徴付けられた。

一方で、札内川では、湧水河川は非湧水河川に比較してより安定した水温や流況を呈した。このような湧水環境特性の地域間での変異は、河川サイズに依存すると考えられた(例えば流量の小さな音更川の河川は外気温により湧水河川の特徴をすぐに失う)。両地域において、湧水河川では固有種が出現し(図7) 景観スケールでの分類群多様性に湧水河川の存在が寄与していることが示された。

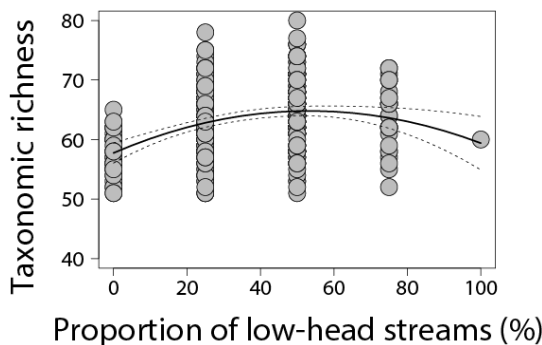


図7 4本の河川を含む仮想流域を設定し、音更川のデータから得られたすべての組み合わせにおいて流域(景観)スケールの総種数を算出した結果。横軸値は仮想流域に含まれる湧水起源の河川割合を示し、それぞれのケースにおいて算出された総種数が縦軸に示された。札内川でも同様の傾向が見られた。

<引用文献>  
Dudgeon D et al. "Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges." Biological

- reviews 81.2 (2006): 163-182.
- Moilanen A et al. "Prioritizing multiple-use landscapes for conservation: methods for large multi-species planning problems." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 272.1575 (2005): 1885-1891.
- 根岸淳二郎, et al. "指標・危急生物としてのイシガイ目二枚貝: 生息環境の劣化プロセスと再生へのアプローチ." *応用生態工学* 11.2 (2008): 195-211.
- Negishi, J. N., et al. "Unionoid mussels as an indicator of fish communities: A conceptual framework and empirical evidence." *Ecological Indicators* 24 (2013): 127-137.
- Rørslett, B. "Principal determinants of aquatic macrophyte richness in northern European lakes." *Aquatic Botany* 39.1 (1991): 173-193.
- Tague, C, et al. "Hydrogeologic controls on summer stream temperatures in the McKenzie River basin, Oregon." *Hydrological Processes* 21.24 (2007): 3288-3300.
- Tockner, K, and J A. Stanford. "Riverine flood plains: present state and future trends." *Environmental conservation* 29.03 (2002): 308-330.
- Ward, J V., and J. A. Stanford. "Thermal responses in the evolutionary ecology of aquatic insects." *Annual review of entomology* 27.1 (1982): 97-117.
- Ward, J. V., K Tockner, and F Schiemer. "Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity." *Regulated Rivers: Research & Management* 15.1 (1999): 125-139.
- Washitani, I. "Restoration of biologically-diverse floodplain wetlands including paddy fields." *GLOBAL ENVIRONMENTAL RESEARCH-ENGLISH EDITION-* 11.2 (2007): 135.

#### 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4件)すべて査読付き

Negishi JN, Tamaoki H, Watanabe N, Nagayama S, Kume M, Kayaba Y, Kawase M (2014) Imperiled freshwater mussels in drainage channels associated with rare agricultural landscape and diverse fish communities. *Limnology*, 15, 237-247.

Negishi JN, Soga M, Ishiyama N, Suzuki N, Yuta T, Sueyoshi M, Yamazaki C,

Koizumi I, Mizugaki S, Hayashida K, Nunokawa M, Yoshimura C (2014) Geomorphic legacy controls macrophyte distribution within and across disconnected floodplain lakes. *Freshwater Biology*, 59, 942-954.

Negishi JN, Nagayama S, Kume M, Sagawa S, Kayaba Y, Yamanaka Y (2013) Unionoid mussels as an indicator of fish communities: a conceptual framework and empirical evidence. *Ecological Indicators*, 24, 127-137.

Soga M, Ishiyama N, Sueyoshi M, Yamaura Y, Hayashida K, Koizumi I, Negishi JN (2013) Interaction between patch area and shape: lakes with different formation processes have contrasting area and shape effects on macrophyte diversity. *Landscape and Ecological Engineering*, DOI: 10.1007/s11355-013-0216-9.

[学会発表](計7件)

根岸淳二郎、植村郁彦、渡辺のぞみ、照井慧、中村太士、陸域への資源パルスの時空間変異: 河川羽化昆虫量および群集構造における河川・生息場タイプの影響、第62回生態学会、2015年3月22日、鹿児島大学、鹿児島市、鹿児島

根岸淳二郎、イシガイ類の生息環境と再生の可能性: 産卵母貝からタナゴを守る!、ミヤコタナゴ保全シンポジウム、2014年11月8日、御宿町公民館、御宿町、千葉

Watanabe N, Negishi JN, Nunokawa M, Nakamura F, Sugimoto A, The importance of heterogeneity of hydrological processes for aquatic biodiversity at the landscape scale、AOGS 2014 in Sapporo, Japan、2014年7月28日、ロイトン札幌ホテル、札幌市、北海道

根岸淳二郎、石狩川沿いの湖沼の自然を守る-WHY(どうして)とHOW(どのように)-、石狩川フォーラム、2014年3月28日、紀伊国屋札幌店、札幌市、北海道

根岸淳二郎、玉置弘幸、永山滋也、渡辺のぞみ、久米学、萱場祐一、農業用水路生息場保全における連続性の重要性 - 淡水二枚貝と宿主魚類の広域解析 -、第61回生態学会、2014年3月16日、広島国際会議場、広島市、広島

渡辺のぞみ、根岸淳二郎、布川雅典、中村太士、小流域における水生昆虫群集の種多様性維持に果たす湧水環境の重要性、第60回生態学会、2013年3月8日、グランシップ静岡、静岡市、静岡

渡辺のぞみ、根岸淳二郎、布川雅典、流域スケールにおける多様性維持機構の解明 水生昆虫群集と湧水河川に着目して、第16回応用生態工学会、2012年9月8日、東京農業大学、世田谷区、東京

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

特になし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

根岸 淳二郎 (NEGISHI JUNJIRO)  
北海道大学・大学院地球環境科学研究所・  
准教授  
研究者番号：90423029

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：