

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18144

研究課題名(和文)汽水性貝類を用いた河口域の生息環境評価と環境に配慮した河道改修技術の構築

研究課題名(英文) Study on habitat evaluation of molluscan fauna and river improvement technology for environmental conservation in river estuaries

研究代表者

巖島 怜 (Itsukushima, Rei)

九州大学・持続可能な社会のための決断科学センター・助教

研究者番号：30737656

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、河口域における環境に配慮した河道改修技術の構築を最終的な目標とし、河川汽水域に生息する貝類に影響を及ぼす要因について、流域スケールの物理要因と河道特性との関係を調べ、貝類の生息に影響を及ぼす河道特性要因を明らかにしたものである。貝類相による類型化の結果、70河川は貝類相の類似度から3つの区分に類型化(潮汐卓越型、波浪卓越型、弱潮汐型)され、分類結果は潮汐と波浪の2つの外力に特徴づけられた。貝類相と河道特性の単相関分析の結果、グループ毎に貝類相と相関の高い河道特性が異なることから、河川汽水域の保全や改修の際には、物理要因が類似したグループ毎に環境評価や目標設定を行う必要がある。

研究成果の概要(英文)：Estuaries are distinctive environment which fluctuates continually by mixing fresh water and sea water due to the influence of the tide and waves. However, disappearance of habitats is a serious problem in estuaries since river improvement technology in consideration of the environment has not been established. In this study, we investigated the relation between molluscan fauna and physical factors of watershed scale and river course characteristics. As a result of classification using shellfish fauna, the 70 rivers were divided into three groups and the classification result was characterized by two physical indicators (tide range and direct fetch). Further, single correlation analysis of shellfish fauna and river course characteristics suggested that the river course characteristics highly correlated with shellfish fauna differ among groups. Therefore, evaluation of ecological integrity or planning of conservation policy should be developed for each group to conserve river estuaries.

研究分野：河川工学，河川生態学

キーワード：河口域 貝類相 河道特性 ハビタット 多自然川づくり

1. 研究開始当初の背景

2006年に「多自然川づくり基本指針」が策定され、多自然川づくりがすべての川づくりの基本であることが定められた。その後、多自然川づくりに関する技術的、学術的知見が集積され、2008年に中小河川に関する河道計画の技術基準が制定された。当該基準の解説である多自然川づくりポイントブックでは、山間地のセグメントMから自然堤防帯のセグメント2河道が対象とされているが、扇状地から自然堤防帯に相当するセグメント1及び2における事例や研究成果が大部分を占めており、河川汽水域を対象としたものはほとんどみられない。河川汽水域については学術的、技術的知見が不足しており、環境に配慮した河川改修技術および自然再生技術が確立されていない。河口域は、汽水環境に耐え得る特有の種が生息する特殊な場である一方、多くの河口域が既に人為により改変されている。さらに、近年、津波災害対策等の河川汽水域における河川改修は頻繁に行われており、環境に配慮した河川改修技術の確立は喫緊の課題である。

米国や欧州では、生物相、水質、底質、ハビタット等複数の指標により河口域の環境を評価し、保全計画が策定されている。また、豪州や南アフリカを中心に河口域の外力特性とハビタットの関係、生物相と地形による河口域区分に関する研究が進められており、類似した河口域毎にリファレンスとなる環境が定められ保全や再生が進められている。一方、国内では、汽水域の環境保全を目的として潮汐、波浪、河床材料等の指標を用いた大河川河口域の類型化に関する研究や個別河川の塩水遡上や栄養塩流出特性に関する研究、河口域のハビタットと生息種に関する研究が行われている。また、河川管理の観点から河口の平衡断面形に関する研究や河川と海の条件から河口を分類した研究が行われている。

しかし、河道特性やハビタットと生物相の関係について研究が進んでおらず、当該河川の河道特性と潜在的な生息場の関係や、どのような改修を行えばハビタットが保全されるかという技術的観点から行われた研究はほとんどみられない。

2. 研究の目的

本研究は、河口域における環境に配慮した河道改修技術の構築を最終的な目標とし、河川汽水域に生息する貝類に影響を及ぼす要因について、流域スケールの物理要因と河道特性を対象に調べた。また、貝類相と河道特性との関係を調べ、生物の生息に影響を及ぼす河道特性要因を明らかにした。

3. 研究の方法

1) 対象河川

本研究は、九州に位置する70の中小河川の河川汽水域を対象とした(図-1)。調査河

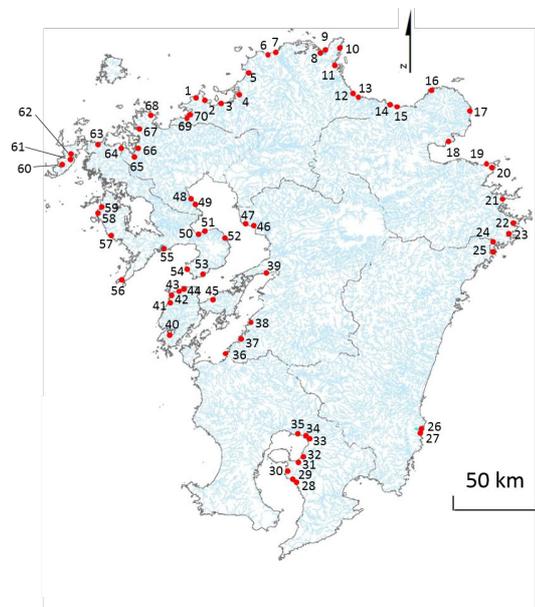


図-1 対象河川位置図

川は干満差の大きい有明海に流入する河川や波浪が大きい太平洋に流入する河川など河川環境のバリエーションを考慮し、選定した。調査は2015年4月28日から2017年11月17日にかけて実施した。

2) 調査方法

生物調査として対象河川の河川汽水域において干潮時に干出する陸域のハビタットを貝類(二枚貝網、腹足網、多板網)を採捕し同定と個体数の計数を行った。物理調査として河床材料を採取し、ふるい分けによる粒度試験により、粒度分布を求めた。ハビタットの分類は河床材料の粒度分布に基づき、D60の値が0.075mm未満を泥、0.075~2.0mmを砂、2.0~75mmを礫、75mm以上を巨石とした。また、泥と転石で構成されるハビタットを泥礫とし、人工構造物及び植生をハビタットの種類として追加した。RTK-GPSにより各河川の地形の縦横断面形及び各ハビタットの外周を測量し、縦横断面図とハビタット図から各河川の河道特性値とハビタット面積を算出した。

3) 物理指標の算出

本研究では、河川汽水域に影響を及ぼす物理要因として流域スケール及びハビタットスケールの物理要因を設定した。流域スケールの物理指標(流域指標)として、潮汐、波浪、河川の3つのエネルギーを代表する要因を用いた。潮汐の指標として潮位差、波浪の指標として吹送距離、河川の指標として摩擦速度を用いた。ハビタットスケールの物理指標(河道特性)である河道特性値は、測量を実施した42河川を対象に平面形、横断面形、縦断面形、ハビタットの4項目について指標を設定した。平面形については、蛇行度、調査区間における川幅最小最大比、調査区間の各断面における川幅標準偏差を用いた。横断面形

に関する指標として、河床の複雑度、比高差及び生起確率5年流量時における川幅水深比を用いた。これらの指標は各横断面の平均値を用いた。縦断形に関する指標として、河床勾配と河床縦断の凸凹度を用いた。ハビタットに関する指標として、調査区間で確認されたハビタットの種類、河道面積に占めるハビタット面積の割合(ハビタット率)を用いた。

4) 統計解析

各河川の貝類相に影響を及ぼす流域指標を明らかにするため、貝の生息を確認できた68河川に出現した貝類の有無データと潮位差、吹送距離、摩擦速度を用いて、各河川と物理指標の関係を非計量多次元尺度構成法(NMDS: Non-Metric Multidimensional Scaling)によって解析した。また、999回のpermutation testを行い、流域指標の有意性を $p < 0.05$ として検定した。さらに、NMDSによって類型化されたグループの流域指標について多重比較を行った。Bartlett検定により等分散である物理要因については、一元配置分散分析を行い、有意差が認められた場合、TukeyのHSDによる事後比較を行った。不等分散である場合は、Kruskal-Wallis検定を行い、有意差が認められた場合、Steel-Dwass検定を行った。有意水準は $p < 0.05$ とした。次に、河道特性と貝類相の関係を調べるため、類型化されたグループ毎に単相関分析を行った。貝類相の豊富さを示す指標として、各河川の種数、個体数及び多様度指数(Shannon-Wienerの H')を用いた。単相関分析には、Pearsonの積率相関係数を用いた。有意水準は $p < 0.05$ とした。上記の解析には統計解析ソフトR3.4.3を使用した。

4. 研究成果

1) 生物調査結果の概要

70河川で37科82種21,827個体の個体を採捕した。最も多く採捕されたのは、ウミナ(*Batillaria multiformis*)であり38河川で合計6518個体確認された。また、イソシジミ(*Nuttallia commoda*)、テリザクラ(*Moerella iridescens*)などの二枚貝は生息河川数が少なく個体数もわずかであった。最も多くの個体数が確認されたのは、豊前海に流入する伊呂波川で11種2,377個体、最も多くの種が確認されたのは佐伯湾に流入する狩生川で22種155個体であった。対象河川のうち、大原川及び橋本川では調査域内で貝類の生息が確認されなかった。

2) 貝類相による河川汽水域の類型化

貝類相による類型化の結果、対象河川はgroup A(32河川)、B(13河川)、C(23河川)の3グループに分類された(図-2)。図中のベクトルはpermutation testの結果、選択された流域指標である($p < 0.05$)。表1に各グループの流域指標の特徴を示す。流域指標毎のグループ間における有意差を検定した結果、潮

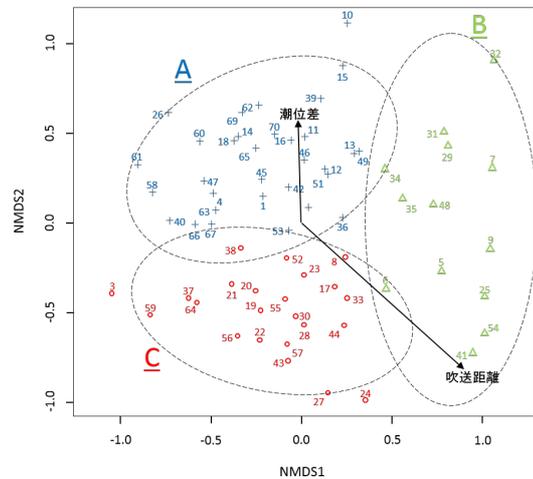


図-2 貝類相による河川汽水域の類型化

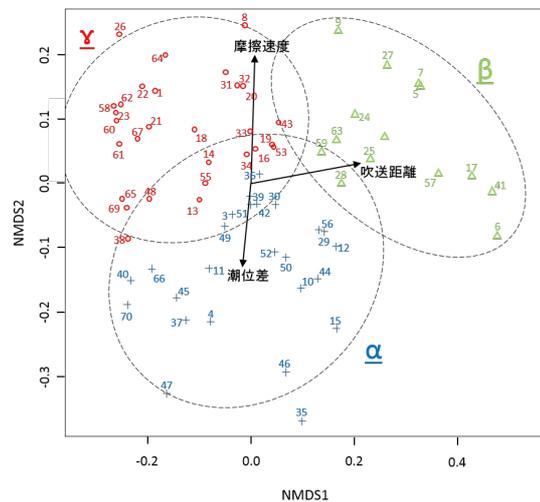


図-3 流域指標による河川汽水域の類型化

表-1 各 group の流域指標の特徴 (貝類による類型化)

	潮位差 (cm)	吹送距離 (km)	摩擦速度 (m /s)
A	339 ± 100.2	59.4 ± 66.8	30.5 ± 12.6
B	268.1 ± 105.8	264.1 ± 243.7	37.7 ± 17.8
C	271 ± 77.4	149.3 ± 195.4	33.8 ± 11.9

表-2 各 group の流域指標の特徴 (流域指標による類型化)

	潮位差 (cm)	吹送距離 (km)	摩擦速度 (m /s)
	365.3 ± 105.5	85.5 ± 62.3	22.1 ± 10.5
	237.2 ± 67	414.5 ± 209.7	37.7 ± 12.3
γ	278.1 ± 74.7	35.2 ± 38.3	39.4 ± 10.4

位差では group A に有意な差が認められ ($p < 0.05$)、吹送距離においても group A に有意な差が認められた ($p < 0.01$)。一方、摩擦速度ではグループ間に有意な差は確認されなかった。

各グループの特徴として、group A は潮汐の影響が強いグループであり、泥や砂に生息

するウミナナや植生帯に生息するフトヘナタリ (*Cerithidea rhizophorarum*) が多く確認された河川のグループである。Group B は波浪の影響が強いグループであり、オチバガイ (*Psammotaea virescens*) など二枚貝が少数見られるが、group A, C と比較すると貝類相が貧弱なグループである。Group C は潮汐と波浪の影響が大きいグループであり、飛沫帯の岩盤や人工構造物など固定された場に生息するイシダタミ (*Monodonta labio form confusa*)、イボニシ (*Thais clavigera*) が多く確認された。

3) 流域指標による河川汽水域の類型化

流域指標による類型化の結果、対象河川は Group α (25 河川), β (16 河川), γ (29 河川) の 3 グループに分類された (図-3)。表-2 に各グループの流域指標の特徴を示す。流域指標毎のグループ間における有意差を検定した結果、潮位差では group α と β ($p < 0.001$)、group α と γ ($p < 0.01$) に有意差が認められた。吹送距離では全てのグループ間に有意差が認められた ($p < 0.001$)。摩擦速度では group α と β 、group α と γ に有意差が認められた ($p < 0.001$)。Group α は潮位差が最も大きく、摩擦速度が最も小さい、潮汐の影響が強い河川のグループである。Group β は吹送距離が最も大きく、波浪の影響が強いグループである。Group γ は潮汐の影響が小さく、波浪の影響が小さいグループである。

貝類相による類型化では、各河川は 3 グループに分類され、潮汐、波浪に関するエネルギーが分類結果に関係の強い物理指標として選択された。一方、流域指標による分類では、3 グループの分類に関係が強い要因として 3 つ全ての外力が選択される結果となった。貝類相による類型化において河川の指標が選択されなかった理由は、対象河川が類似した気候帯に属し、河川の規模も同程度で流量規模に大きな違いがなかったためと考えられる。貝類相における類型化と、流域指標による類型化の比較では、group A 及び β が潮汐卓越型、B 及び γ が波浪卓越型、C 及び α が弱潮汐型として対応している。対象とした 70 河川のうち貝類相と流域指標の分類が同一の型に含まれる河川は 35 河川と全体の半数であった。一致しなかった理由として、流域スケールの物理要因では評価できていない小スケールの物理要因の影響や上流域の土地利用による間接的人為的改変、あるいは河床掘削など直接的人為的改変により環境が劣化したことが考えられる。

4) 貝類相と河道特性値の関係

貝類相によって類型化したグループ毎に貝類相の多様性を示す指標である種数、個体数、多様度と対象とした河道特性値の関係について単相関分析を行った結果を表-3 に示す。Group A では、平面形、横断面形、縦断面形、ハビタット全ての指標で有意な相関が見ら

表-3 グループ毎の生物指標と河道特性の単相関分析結果

	種類	個体数	多様度
Group A			
平面形			
蛇行度	0.59 **	0.14	0.65 **
川幅最小最大比	0.46 *	0.06	0.14
川幅標準偏差	0.43	0.12	0.02
横断面形			
河床の複雑度	0.54 *	0.16	0.34
比高差	0.56 *	0.2	0.34
川幅水深比	0.52	0.02	0.31
縦断面形			
河床勾配	0.27	0.57 **	0.03
河床の凹凸度	0.27	-0.11	0.05
ハビタット			
ハビタットの種類数	0.71 ***	0.32	0.47 *
ハビタット率	0.32	0.17	0.14
Group B			
平面形			
蛇行度	0.05	-0.06	0.06
川幅最小最大比	0.08	0.21	-0.02
川幅標準偏差	0.58	0.7 *	0.39
横断面形			
河床の複雑度	-0.26	-0.3	-0.19
比高差	-0.06	-0.17	-0.05
川幅水深比	-0.47	-0.67 *	-0.51
縦断面形			
河床勾配	0.63	0.91 ***	0.54
河床の凹凸度	-0.17	-0.33	-0.02
ハビタット			
ハビタットの種類数	0.03	0.2	-0.18
ハビタット率	-0.24	-0.17	-0.36
Group C			
平面形			
蛇行度	0.23	-0.27	0.27
川幅最小最大比	0.14	0.15	-0.04
川幅標準偏差	0.16	0.11	-0.07
横断面形			
河床の複雑度	-0.57	-0.48	0.02
比高差	0.04	-0.09	0.26
川幅水深比	0.11	-0.25	-0.23
縦断面形			
河床勾配	0.24	0	0.3
河床の凹凸度	0.21	0	-0.02
ハビタット			
ハビタットの種類数	0.44	0.72 *	0.31
ハビタット率	0.02	0.24	-0.32

*** 0.1%水準で有意, **1%水準で有意, ***5%水準で有意

れた。Group A は潮汐卓越型の河川であり、潮汐によって細粒分が供給されるため、細粒分が堆積しやすい環境である。蛇行や川幅の変化により出水時に多様な粒径の材料が堆積することで、ハビタットが多様化し、貝類相が豊富になるものと考えられる。同様に比高差や河床の複雑度は多様な塩分濃度勾配や粒径の多様性を生じると考えられる。

Group B は川幅標準偏差、川幅水深比、河床勾配、ハビタットの種類が有意な相関を示し、特に河床勾配と個体数に大きな相関があった。Group B は波浪卓越型の河川のグループであり波浪のエネルギーによって細粒分がフラッシュされるため、砂や礫のハビタットが卓越する河川である。また 13 河川で平均 3.4 種と貝類相が貧弱な河川である。個体数と河床勾配の間に有意な相関がみられるが、河床勾配が緩いことで塩水の遡上範囲が広がり、生息環境が大きくなることからこの

ような結果になったと考えられる。Group Bでは貝類相が貧弱であることから、他の分類群による汽水域の環境評価が必要である。Group Cはハビタットの種類のみ有意な相関が確認された。Group Cにおいて多く確認されたイシダタミ、イボニシ、カスリアオガイの生息場は河川汽水域下流端に位置し、今回採用した河道特性の影響を受けにくいため相関が認められなかったと考えられる。

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5件)

吉川寛朗, 巖島 怜, 森田海, 2018. 中小河川を対象とした河川汽水域の類型化に基づく河道特性とハビタット構造に関する研究, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.74, No.4, 601-606. 査読有。

巖島 怜, 吉川寛朗, 森田海, 島谷幸宏, 2017. 河川汽水域における環境に配慮した河道設計法確立のための河道特性と貝類相の関係に関する研究, 河川技術論文集, 第23巻, pp.657-662. 査読有。

Itsukushima R., Morita K and Shimatani Y., 2017. The use of molluscan fauna as model taxon for the ecological classification of river estuaries. Water 2017, 9(5), 356. 査読有。

巖島 怜, 吉川寛朗, 島谷幸宏, 2017. Ecoregion の概念に基づく底生動物相及び物理環境による河口域の類型化, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.73, No.4, 1171-1176-58. 査読有。

Itsukushima R., Shimatani Y., 2015. Relationship between Estuarine Shellfish Fauna And Physical Environmental Characteristics For Estuary Conservation In Kyushu, Japan. Current World Environment, 10, pp.715-728. 査読有。

〔学会発表〕(計3件)

森田海, 巖島 怜, 島谷幸宏, 河口域の保全に向けた貝類相及び物理環境による河口域の類型化, 応用生態工学会第20回研究発表会, 2016年9月2日, 東京大学(東京都)。

森田海, 巖島 怜, 島谷幸宏, 貝類相を用いた九州北部の河口域の類型化と河道特性, 土木学会西部支部研究発表会, 2016年3月6日, 九州産業大学(福岡県)。

巖島 怜, 島谷幸宏, 汽水性貝類による九州の河川を対象とした河口域の生息環境評価, 応用生態工学会第19回研究発表会, 2015年9月11日, 日本大学(福島県)。

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

巖島 怜 (Rei Itsukushima)

九州大学・持続可能な社会のための決断科学センター・助教

研究者番号: 30737656