

河川水辺の国勢調査を用いたイシガイ類の生息環境を支える流域特性・河川特性の把握と生息環境の維持基準の定量化に関する研究

RESEARCH ON RIVER CHARACTERISTICS MAINTAINING INHABITATION OF MUSSELS AND ITS QUANTIZATION

傳田正利¹・梅本章弘²・中西哲³・萱場祐一⁴

Masatoshi DENDA, Akihiro UMEMOTO, Satoshi NAKANISHI and Yuichi KAYABA

¹正会員 博士 (工学) (独) 土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム主任研究員
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

²正会員 修士 (農) 前: (独) 土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム交流員, 現: 復建調査設計株式会社 環境部生物環境課
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

³正会員 修士 (工学) (独) 土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム研究員
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

⁴正会員 博士 (工学) 土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム上席研究員
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

We analyzed habitat characteristics of mussels as ecological indicator species of river ecosystem using river national census on river environment. The results indicated: (1) mussels are suitable for indicator species to lower sections in large river. (2) Mussels are suitable for the indicator species of the sections where width between the levees is wide and river regime coefficient is large. (3) In order to inhabit mussels, the sections have to have flood plains where total area of back water is more than 8000m², flood frequency is a few times per a year, friction velocity is more than 0.05m/s.

Key Words : National census on river environments, mussels, generalization of habitat, geographical Information System(GIS), logistic, generalized linear model

1. はじめに

生物多様性の保全は、河川管理における一つの目標である。しかし、「生物多様性」は概念的かつ多義的である。また、生物多様性に係る全ての種を保全対象とする取り組みは、本質的であるが極めて難しい。

このような場合、代用指標の考え方が有用である。代用指標とは、特定の種群または物理環境を保全することにより、生物多様性の保全を期待できる指標をいう¹⁾²⁾。代用指標の考え方を導入することにより、生物多様性の保全・再生の目標設定が行いやすくなる³⁾。また、代用指標は生物多様性の管理基準として有用であると考えられる。代用指標の状況を経時的に観測し、その増減から生物多様性の状況を読み取り、必要時応じて、生物多様性の保全・再生事業を行うことは、適切な事業実施に大きな効果をもたらす。

代用指標の有力な候補の一つとして、イシガイ類が挙げられる⁴⁾⁵⁾。イシガイ類には、希少な種が多くタナゴ類

等との共生関係を持つ。イシガイ類の生息を保全することにより、イシガイ類を媒介とするタナゴ類をはじめ魚類群集の多様性が向上することが示されている⁴⁾。イシガイ類の生態、イシガイ類の生態・生息を支える氾濫原の物理環境特性に関する研究が活発に行われ、既往研究の対象河川においては、イシガイ類は、冠水頻度が年1回以上のわんど・たまりを主に生息場所としていることを解明した^{6)~11)}。

これらの研究成果を、河川管理の実務に活かすには、イシガイ類を指標生物として設定するのに適した河川及びイシガイ類が生息する区間の特性を河川工学の観点から評価する必要がある。同時に、イシガイ類が生息する区間に必要なわんど・タマリの特性とその量的基準を明らかにする必要がある。

このような背景から、本研究では、国土交通省水管理国土保全局の「河川水辺の国勢調査」(以下、水国と記述する。)のデータを活用し、イシガイ類が生息する河川の流域・河道特性を把握し、イシガイ類の生息に影響を与える物理環境特性の把握と必要な生息空間量を推定

すること、水国を河川生態系管理に活用する方向性を議論することを目的とする。

2. 研究の方法

(1) 対象とした河川水辺の国勢調査データの概要とイシガイ類の定義

イシガイ類の生息状況を把握するため、平成5年度（1巡目）から平成22年度（4巡目）までの河川水辺の国勢調査の底生動物データを用いた。

本研究では、イシガイ類は、水国の標準和名のイシガイ科に属する種をイシガイ類とした。水国の標準和名のイシガイ科には、既往研究で指摘されるイシガイ (*Unio douglasiae nipponensis*)、ドブガイ (*Anodonta woodiana*)、タテボシガイ (*Unio douglasiae biwae*)、カラスガイ (*Cristaria plicata*) 等の主要なイシガイ科の種と希少性の高いマルドブガイ (*Anodonta calipygos*) までが含まれ、日本における主要なイシガイ類を全て対象としていると考えられた。

(2) 地域別イシガイ類の生息状況

平成5年度（1巡目）から平成22年度（4巡目）の間で、1回以上、イシガイ類の生息が確認された河川を抽出し地方別に集計した。抽出された河川で、イシガイ類が複数回確認された。調査地点は、イシガイ類が継続的に生息する可能性は高い地点であると考えられた。

(3) イシガイ類の生息状況と流域特性・河道特性との関係性分析

イシガイ類の生息と流域特性との関係性を分析する目的で、イシガイ類が生息した河川と生息しなかった河川の間で、流域面積と流域平均幅（流域面積を流路長で除したものを）を比較した¹²⁾。

次に、イシガイ類の生息と河川の河道特性との関係性を分析する目的で、イシガイ類が生息した調査地点の河道特性（セグメント、河床勾配）を集計した。河道特性は、底生調査地区テーブルの河床勾配、セグメント区分を用いたが、補足的に河川整備計画等の資料を参照し必要に応じて修正した。

(4) 特定区間におけるイシガイ類の生息状況とわんど・タマリ状況の関係性分析

a) イシガイ類の確認された河川、調査地区の特定及び調査区間の設定

国土交通省地方整備局毎にイシガイ類の生息が確認された河川（以下、調査河川と記述する）別に、イシガイ類が確認された調査地点（以下、調査地点と記述する）を集計した。調査地点を中心に上下流へ1kmの区間、合計2kmの区間を調査区間とした。なお、2kmの区間としたのは、事前検討として水国調査地点のイシガイ類の生

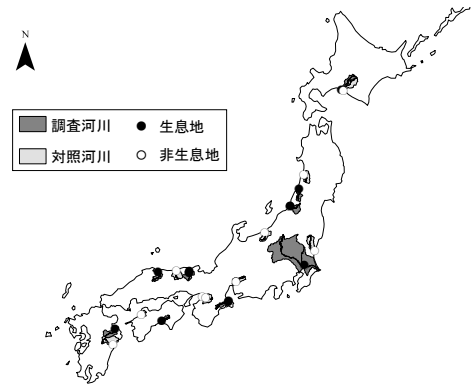


図-1 調査河川と対照河川

表-1 調査河川と対照河川

区分	地方整備局名	河川名	水国調査地区番号)	セグメント区分	直轄区間
調査河川	北海道	鶴川	鶴鶴室 1	2-2	0.6-2.6
	東北	赤川	赤赤酒 2	2-1	8.0-10
	関東	小貝川	利小下 1	2-2	5.0-7.0
	北陸	荒川	荒荒羽 1	2-1	0.25-2.25
	中部	宮川	宮宮三 2	2-1	5.0-7.0
	近畿	円山川	円円豊 4	2-2	12.4-14.4
	中国	日野川	日日日 1	2-2	0.0-2.0
	四国	物部川	物物高 3	1	8.4-10.4
	九州	大野川	大大大 3	2-1	5.0-7.0
	対照河川	北海道	沙流川		2-2
東北		子吉川		2-1	10.2-12.2
関東		久慈川		2-2	2.0-4.0
北陸		関川		2-2	4.6-6.6
中部		庄内川		2-1	28.2-30.2
近畿		大和川		2-2	2.0-4.0
中国		千代川		2-2	1.8-3.8
四国		重信川		1	7.6-9.6
九州		五ヶ瀬川		2-1	9.6-11.6

息・非生息と当該地点からの一定距離内の物理環境との関連性分析を行い、2km区間がイシガイ類の生息・非生息を最も良好に説明したからである。

次に、イシガイ類が確認されなかった河川で調査河川と同程度の流域面積の近傍の河川を特定した（以下、対照河川と記述する）。調査区間とセグメント、河床勾配が同程度の地点を対照河川内で選定し、対照地点とした。次に、各対照地点において、調査地点と同様に2km区間を設定し対照区間とした。

上記の方法により、9本の調査河川（調査地点、調査区間）と9本の対照河川（対照地点と対照区間）を選定した。

b) 調査区間・対照区間の平均堤間幅の算出と河状係数の算出

既往研究では、イシガイ類は、一定の冠水頻度を有するわんど・タマリを中心に生息すること⁶⁾が示されている。

わんど・タマリが形成されるためには、(イ)河道周辺に広い空間が必要であること、(ロ)出水による攪乱が大規模であること、が要件の候補である。このような理由から、本研究では、(イ)の指数として平均川幅、(ロ)の指数として河状係数を選定した¹²⁾。

平均川幅は、調査区間・対照区間に含まれる距離標間の距離を平均して求めた。河状係数は、調査区間・対照

区間の最寄の流量観測所の最大流量と年最小流量の約10年間のデータを平均して求めた。その後、調査区間と対照区間の間で、平均川幅と河状係数を比較した。

c) 空中写真を用いたわんど・タマリの分析

上記で選定した調査区間、対照区間内のわんど・タマリ状況を把握するため、空中写真を判読した。平成17年度～平成20年度の調査区間、対照区間の空中写真を地理情報システム（ESRI社：Arc GIS Ver.10.1, 以下、GISと記述する。）に取り込み、わんど・タマリのを判読し、GIS上でポリゴンを作成した。その後、わんど・タマリの個数の集計、面積の計測を行い、調査区間、対照区間で比較した。

d) 調査区間・対照区間におけるわんど・タマリの冠水頻度の算出と冠水時攪乱状況の推定

調査区間、対照区間における、わんど・タマリの冠水頻度・冠水時流体力を算定するため、平面流況解析を行った。平面流況解析は、土木学会水理公式集のプログラムを¹³⁾、筆者らの研究を通して改良した平面流況プログラムを用いた。平面流況計算に必要な河道地形、粗度及び上流端流量を得るために、河川横断測量データ、空中写真、水位・流量観測所データを収集し、以下の解析を行った。

河道地形データは、河川水辺の国勢調査の時期に最も近い時期の横断データとした。横断測量結果を20mグリッドの内挿計算を行い、河道内地形を推定・検証し、計算に用いた。

粗度は、植物の効果を取り込むため、空中写真を判読・分類し、樹木が優占する区域の粗度：0.12、草本区域の粗度：0.06、礫地の粗度：0.032とした¹⁶⁾。計算格子は6×6mとした。上流端流量は、100m³/sから100 m³/s刻みで増加させ2000m³/sまで増加させ、計算を行った。また、わんど・タマリの判読時に用いた空中写真と水理計算結果を比較し、可能な限り良好な精度で流況再現を行った。

各調査地点内のわんど・タマリの冠水判断は、わんど・タマリが含まれる計算格子の水深の計算値が0.3mよりも大きい場合に冠水とし、この時の上流端流量を冠水流量とした。上記により求めた冠水流量を、調査地の最寄の流量観測所の流量データと流域面積比を考慮しながら、関連づけ、冠水流量の積率法¹²⁾を用いて超過確率を算定し、各わんどの冠水頻度とし、区間で平均した。

冠水時攪乱状況の推定は、各区間のわんど・タマリのが冠水した冠水流量以上の水理計算結果を用いた。冠水流量以上の水理計算結果を対象に計算メッシュの摩擦速度の結果を内挿し、わんど・タマリの重心における摩擦速度を求め、区間で平均した。

(5) イシガイ類の生息に影響を与えるわんど・タマリ諸元の基準化

イシガイ類の生息の生息に影響を与えるわんど・タマリの物理環境特性として、わんど・タマリの区間合計面

積、各区間内の各わんど・タマリが冠水する年超過確率の平均、摩擦速度の平均を用いた。イシガイ類の生息（在・不在）を目的変数、わんど・タマリの諸元（合計面積、年超過確率、摩擦速度）を説明変数として、一般化線形モデルによるロジスティック回帰分析で評価し¹³⁾、イシガイ類の生息に影響を与えるわんど・タマリの諸元を選定し、イシガイ類の生息確率が50%となるわんど・タマリの諸元の定量化を行った。なお、対照区間には、わんど・タマリが存在しない区間があるため、調査区間9区間、対照区間5区間、計12区間を対象とした。

3. 結果

(1) 地方別のイシガイ類の生息状況

図-2に地方別のイシガイ類の生息状況を示す。東北地方、近畿地方、中国地方及び九州地方の約70%の直轄河川で、イシガイ類の生息が確認された。北海道、関東の河川では、約30%の河川に留まり、イシガイ類の生息は少なかった。

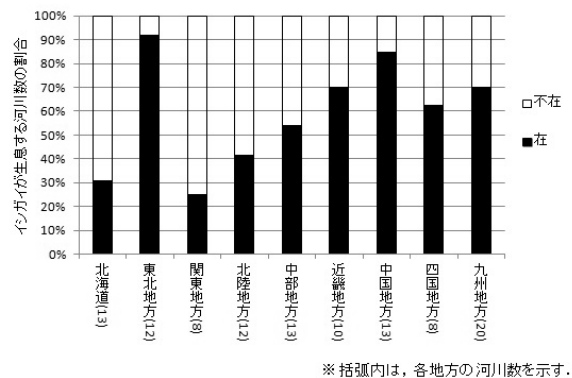


図-2 地方別のイシガイ類の生息状況

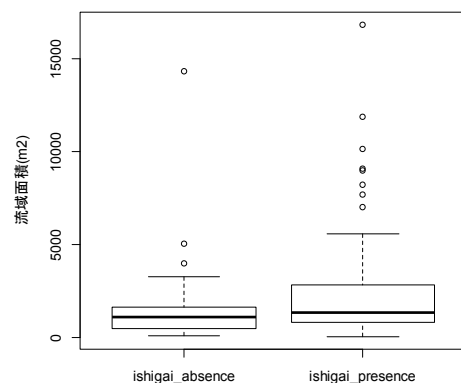


図-3 イシガイ類の生息した区間と生息なかった区間の流域面積の比較

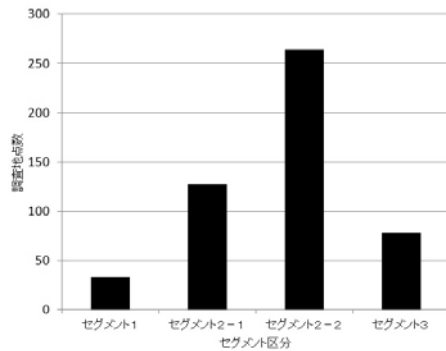


図-4 イシガイ類の生息が確認された調査地区のセグメント区分

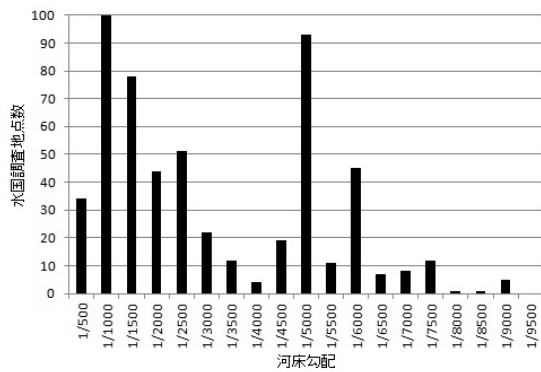


図-5 イシガイ類の生息が確認された調査地区の河床勾配

(2) イシガイ類が生息する河川の流域特性

図-3にイシガイ類の生息した河川と生息しなかった河川の流域面積の比較を示す。イシガイ類の生息する河川の流域面積は、イシガイ類の生息しない河川と比較して有意に大きかった (Mann Whitney U-test, $p=0.03$)。イシガイ類の生息する河川の流域平均幅は、イシガイ類の生息しない河川と比較して大きい傾向があった (Mann Whitney U-test, $p=0.07$)。

(3) イシガイ類が生息する河川の河道特性

図-4にイシガイ類の生息が確認された調査地区のセグメント区分を、図-5にイシガイ類の生息が確認された調査地区の河床勾配を示す。イシガイ類が確認された調査地区は、セグメント2-2、セグメント2-1に多かった。イシガイ類が確認された調査地区の河床勾配は、1/1000、1/5000、付近にピークを持つ2峰性の分布であった。

(4) イシガイ類の生息する区間のわんど・タマリの形成ポテンシャル

図-6に調査区間と対照区間の平均川幅の比較を、図-7に調査区間と対照区間の河状係数の比較を示す。調査区間の平均川幅、河状係数ともに、対照区間と比較して有意に大きかった (平均川幅: Mann Whitney U-test,

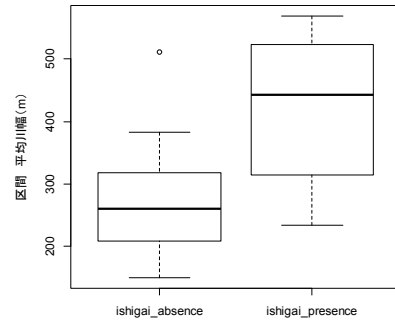


図-6 イシガイ類の生息した区間と生息しなかった区間の平均川幅の比較

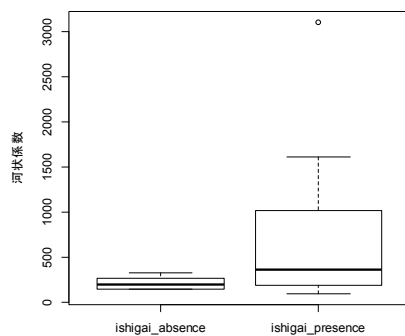


図-7 イシガイ類の生息した区間と生息しなかった区間の河状係数の比較

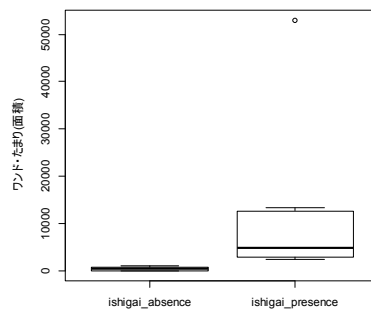


図-8 イシガイ類の生息した河川と生息しなかった河川のわんど・タマリの面積の比較

$p=0.02$, 河状係数: Mann Whitney U-test, $p=0.001$).

(5) イシガイ類の生息する区間のわんど・タマリの特性

調査区間のわんど・タマリの数は、対照区間に比べて有意に多かった。図-8に調査区間と対照区間のわんど・タマリの面積の比較を示す。調査区間のわんど・タマリの面積は、対照区間と比較して有意に大きかった (Mann Whitney U-test, $p=0.003$)。

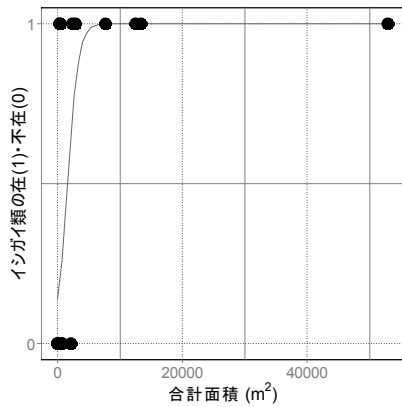


図-9 イシガイ類の在・不在と各区間内の合計面積を用いたロジスティック回帰分析

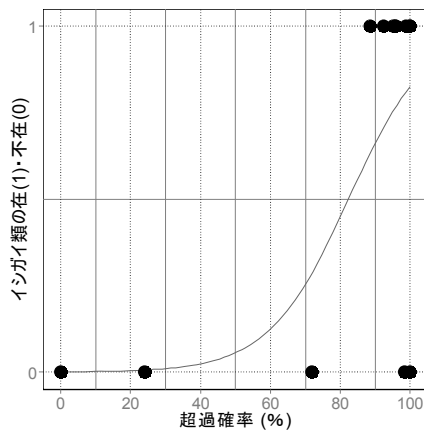


図-10 イシガイ類の在・不在と各区間内の超過確率を用いたロジスティック回帰分析

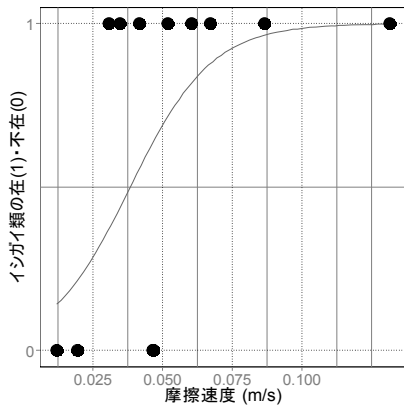


図-11 イシガイ類の在・不在と各区間内の摩擦速度を用いたロジスティック回帰分析

(6) イシガイ類の生息する区間のわんど・タマリの基準化

図-9にイシガイ類の在・不在とわんど・タマリの各区間内の合計面積（以下、合計面積と記述する。）の関係を示す。合計面積約8,000m²よりも減少するとイシガイ類が生息する可能性が減少した。イシガイ類の在・不在の確率が50%の場合、合計面積は約4,000m²であった。

図-10にイシガイ類の在・不在とわんど・タマリの年

超過確率（冠水頻度）の関係を示す。年超過確率が100の場合でも、イシガイ類の生息確率が75%以下であった。イシガイ類の生息確率が50%は、年超過確率が約80%であった。

図-11にイシガイ類の在・不在とわんど・タマリの摩擦速度の関係を示す。摩擦速度0.07m/sから生息確率が減少を始め、イシガイ類の生息確率50%となるのは、摩擦速度約0.04m/sであった。

4. 考察

(1) イシガイ類の生息と河川の地域性、流域特性及び河道特性の関係性

イシガイ類は、東北地方、近畿地方、中国地方及び九州地方の河川で多く確認された（図-2）。この結果は、(イ)東北地方は、全体的に流域面積が大きい河川が多いこと、(ロ)近畿地方、中国地方の河川は、信濃川等を除いた北陸地方の河川、木曾川等を除いた中部地方の河川、その他の地方の河川と比較して流域面積が大きいこと、以上の2点に起因するためと考えられる。イシガイ類の生息した河川の流域面積は、イシガイ類が生息しなかった河川の流域面積より有意に大きい結果は上記の考察を支持していると考えられる（図-3）。ただし、関東地方では、利根川を除いても流域面積が大きい河川があったがイシガイ類が生息しなかった。これは、グラウンド等の河川高水敷利用が進み、わんど・タマリが少ないためと考えられた。

イシガイ類は、セグメント2（河床勾配が約1/1000～1/1500）、セグメント3（河床勾配が約1/5000程度）、で多く確認された（図-4、図-5）。これらの特性は、既往研究が対象としている河川区域の特性と合致している。また、関東地方で流域面積が大きい富士川、北陸地方にイシガイ類が少なかったのは、セグメント2、セグメント3の区域が他の地方の河川と比較して少ないためと考えられる。

図-6と図-7の結果は、イシガイ類が代用指標として適している区域の要件をより明確に規定する。イシガイ類が代用指標として適している区間は、広い堤外地を有し、かつ、出水時には平水時と比較して大きな流量が流れ広いわんど・タマリが形成される区間があることを示す。調査区間内のわんど・タマリの個数、合計面積が対照区間と比較して大きいことは、この考察を裏付ける（図-8）。

以上の結果をまとめれば、イシガイ類が代用指標として適した河川は、大河川のセグメント2-2よりも下流で、河床勾配が1/1000よりも緩やかで堤間幅が広く（目安として400m以上）、河状係数が大きい（目安として、河状係数が500以上）という要件を抽出することが出来る。

(2) イシガイ類が生息可能なわんど・タマリの物理環境特性の基準化

図-9から図-11の結果は、イシガイ類が生息可能なわんど・タマリの区間合計面積、年超過確率、摩擦速度の基準を明瞭に示す。合計面積は、8000㎡以上、超過確率は、100%以上、摩擦速度は、0.07m/s程度が必要であると考えられる。

合計面積8000㎡以上は、わんど・タマリの平均面積が500㎡～2000㎡であることから考えると2km区間に1個以上のわんど・タマリが必要であることを示す⁶⁾。また、超過確率が100%以上は、1年間に複数回の冠水の必要性を指摘する既往研究の結果と合致する⁹⁾。また、摩擦速度0.07m/s程度が必要であることは、既往研究が指摘する細粒分が堆積しやすい環境は、イシガイ類の生息を困難にすることと一致する⁷⁾。

以上、1節の結果と2節の結果を組み合わせることで、イシガイ類を代用指標とするのに適した区域の選定と選定した区域のイシガイ類の生息環境保全を通じたわんど・タマリ環境保全の基準化を一定の精度で提案出来た点は、生物多様性保全研究において大きな進展である。

(3) イシガイ類を指標としたわんど・タマリの管理と水国の活用に向けて。

本研究の結果、水国を用いた分析は、既往研究の結果と良好に合致し、イシガイ類を代用指標として用いることが出来る地方、流域特性、河道特性及びわんど・タマリの物理環境の基準を概ね明らかにした。今回は、河川工学の基礎的知見を用いて、広域スケールから2km区間のスケールまで、空間の階層性を考慮した解析が出来た。水国のデータ活用が叫ばれて久しいが、水国データと河川管理のデータを組み合わせることで、環境と治水が融合した河川管理に資する解析が可能になると考えられる。

5. まとめ

河川水辺の国勢調査データを用いて、生物多様性評価の代用指標種として有力なイシガイ類の生息環境特性を分析した。その結果、大河川のセグメント2よりも下流で、河床勾配が1/1000よりも緩やかな堤間幅が広く、河状係数が大きい河川がイシガイ類の生息と代用指標としての利用に適していることを明らかにした。また、イシガイ類の生息を可能とするためには、2km区間にわんど・タマリが、合計面積は8000㎡以上、超過確率は、100%以上、摩擦速度は、約0.07(m/s)以上が必要であることを明らかにした。

謝辞：本研究を行うに際し、国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課には、多大な御協力をいただいた。ここに深謝いたします。

6. 引用文献

- 1) 中村太士・辻本哲郎・天野邦彦監修／河川環境目標検討委員会編集：川の環境目標を考える、川健康診断、技報堂、2008
- 2) Chris Margules and Sahotra Sarkar : Systematic Conservation Planning pp.19-46, cambridge university press, 2007.
- 3) Sahotra sakar, James Justus et. al: Effective of environmental surrogates for the selection of conservation area networks, conservation biology, pp.1-11 Vol. 9, No. 3, 2005.
- 4) J.N.Negishim S.Nagayama et.al: Unionoid mussels as an indicator of fish communities : A conceptual framework and empirical evidence, Ecological indicators Vol24, pp. 195-pp.127-137, 2013.
- 5) 根岸淳二郎・萱場祐一：氾濫原の環境変化と絶滅の危機に瀕する二枚貝, 土木技術資料Vol. 50, 11月号, pp. 44-pp. 45, 2008.
- 6) 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, ～淡水性二枚貝の生息状況の観点から～, pp. 38-pp. 41, 土木技術資料Vol. 50, 11月号, 2008.
- 7) 根岸淳二郎・萱場祐一・塚原幸治・三輪芳明：指標・危急生物としてのイシガイ類目二枚貝：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pp. 195-pp. 211, Vol. 11, (2), 2008.
- 8) J.N.Negishim S.Nagayama et.al: Mussels responses to flood pulse frequency : the importance of local habitat, Freshwater Biology, pp. 1500-1511, Vol57, 2012.
- 9) W. Reckendorfer, C. Baranyi, A. Funk and F. Schiemer: Floodplain restoration by reinforcing hydrological connectivity : expected effects on aquatic mollusc communities, Journal of Applied Ecology, vol. 43, pp. 474-484, 2006.
- 10) 林博徳・辻本陽琢・島谷幸宏・河口洋一：再生氾濫原におけるドブガイ属の生態と侵入システムに関する事例研究, 水工学論文集, 第53巻, pp. 1141-1146, 2009.
- 11) 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, Vol58, pp. 37- pp. 50, 2008.
- 12) 土木学会編：わかり易い土木講座 16新訂版・河川 , 1988年.
- 13) 土木学会水理委員会：水理公式集 例題プログラム集[平成13年度版] 第2編, 2002年.
- 14) 土木学会水理委員会編：水理公式集 [平成11年度版], pp. 89, 2002年.
- 15) 金明哲：Rによるデータサイエンス, 森北出版, pp. 148-246, 2007年.
- 16) 傳田正利・萱場祐一・島谷幸宏：千曲川におけるワンドの実態とその特徴に関する 基礎的研究, 土木学会環境システム論文集 vol. 25, pp611-614, 1997年.

(2014. 4. 3受付)