

環境管理を目的とした河川汽水域における 底生動物と生息場の定量的関係の把握

EVALUATION OF THE QUANTITATIVE RELATIONSHIP OF BENTHOS AND THEIR HABITATS IN THE RIVER ESTUARIES FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

前田義志¹・中村圭吾²・鈴木宏幸³・甲斐 崇⁴・服部 敦⁵
Yoshiyuki MAEDA, Keigo NAKAMURA, Hiroyuki SUZUKI, Takashi KAI and Atsushi
HATTORI

¹非会員 博(農) 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 交流研究員
(〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地) (現 株式会社パスコ 主任技師)

²正会員 博(工) 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 主任研究官(同上)
(現 福井河川国道事務所 事務所長)

³正会員 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 研究官(同上)
(現 国立研究開発法人 土木研究所 研究員)

⁴正会員 修(理) 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 交流研究員(同上)
(現 株式会社四電技術コンサルタント 課長代理)

⁵正会員 博(工) 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 室長(同上)

We aim to establish a management system for conserving river estuaries environment with a quantitative underpinning, and tried to evaluate the environment of benthos' habitats using ecological niche models (logistic regression analysis). As the results, ecological niche models for benthos showed the common environmental factors in river estuaries, salinity and sediment are the most important, then the width of habitat changing by tide (intertidal zone width) and height (relative tidal elevation), and tidal flats and loose slope itself is involved for some species. Thus, the factors in the study are applicable to assess the river estuary environment integrally, and to set the quantitative goal on the environmental managements of river estuaries.

Key Words : river estuaries, benthos, habitat, environmental management, logistic regression analysis

1. はじめに

人と自然との共生を目指した社会を実現するための社会資本整備にあたっては、自然環境や生物多様性の保全への取り組みが主要課題の一つとなっている¹⁾。平成20年5月には生物多様性基本法が成立し、その後、平成22年10月には生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)で、2020年までに生物多様性の損失をくい止めるための効果的かつ緊急の行動の必要と具体的な数値目標(愛知目標)が示された²⁾。河川分野でも、平成25年4月に社会資本整備審議会より答申が出され、具体的な河川環境目標の設定に努めることが明記された³⁾。

これまで治水・利水については具体的な目標値が設定されているが、河川環境については具体的な目標値が設

定できず、定性的な目標であったため、環境保全の程度や整備の達成率の明示が難しかった。しかし、今後の河川環境管理は、河川環境が自然の営力により変化する河道を基盤として成立していることを踏まえ、治水、利水、河川環境を統合的に取り扱うことが重要となる。

河川環境の具体的な目標設定のためには、科学的な分析と環境の定量的な評価が必要になる。その解決策の一つとして、統計学的手法による生息適地モデルの活用がある。生息適地モデルでは、生物の分布(生息が確認された位置情報)と環境要素(物理環境、土地利用、植生、地形などの生息場の数値情報)の関係を統計的に解析することで、対象とする生物にとって重要な環境要素を絞り込み、生息する可能性の高い/低い場所を予測することができる^{4),5)}。

河川汽水域は、淡水と海水が混じり合い、潮汐等の影

響により常に変動する特殊な環境であるため、海水性、淡水性生物に加え、汽水性生物の生息・生育する独特な環境となっている。また、河道掘削や干潟再生などの人為的地形改変や気候変動に伴う海面上昇の影響を大規模かつ複雑に受ける環境でもある。このような特殊な環境である汽水域において、様々な側面から影響を検討・把握する手法が必要とされている。

河川汽水域では、局所的な範囲であるが生息場ポテンシャルが検討されている。例えば十三湖では、メッシュによる流動解析及び土砂動態解析を用いてシジミの生息場ポテンシャルが検討されている⁶⁾。この研究では、数値計算モデルを使用しており、複雑な計算式で地形や気象、水温、潮位、底質など多くのパラメータの条件設定が必要であった。また、モデルによる解析結果と既知のシジミの生息条件(塩分や底質の時空間的变化)との比較により生息場の評価を行うため、種の生息を直接判断できない。このように河川汽水域の生息場の評価は行われているものの、局所的であったり、複雑なモデルによる間接的な評価であったり、実務上活用しにくいものであった。

一方、一般的な河川区域(汽水域以外)については、環境目標の設定手法の一つの試みとして、例えば多摩川では、河川水辺の国勢調査結果と社会資本整備重点計画策定のための物理環境調査⁷⁾(以下、物理環境調査という)結果を用いて、直轄区間における1km毎の淡水魚類の生息ポテンシャルを統計学的手法を用いたモデルにより評価し、その結果をマップ化しわかりやすくしている⁸⁾。

そこで本研究では、複雑な環境である河川汽水域の生物の適切な保全を目的に、既存の河川水辺の国勢調査(以下、国勢調査)の底生動物調査(以下、水国底生)結果と物理環境調査データ等、管理者が河川改修などにより調整が可能な環境要素のデータを用い、全国の指標種とその生息に重要な環境要素の定量的関係を統計学的手法により明らかにした。さらに、この結果の河川汽水域の環境管理への活用について議論した。

2. 方法

本研究に用いたデータは、水国底生の汽水域調査地区における定量調査結果(3巡目：141地区986地点、4巡目：133地区941地点、計274地区1,927地点)における地点毎の出現種及び地区又は地点毎の生息場データである。

(1) 指標種の選定

全国の指標種は、水国底生の定量調査結果から底生動物の主要4分類群(巻貝類、二枚貝類、ゴカイ類、エビカニ類)の出現バランス(1分類群につき5種以上が目安)を考慮して選定した。選定にあたっては、各分類群毎に分析可能な20データ以上を確保できる種で、生態知見から

表-1 環境要素14項目

番号	環境要素	内容	単位	スケール
1	塩分	タイダルプリズムモデルにより計算した平均塩分を1kmデータに変換	psu	1km
2	潮汐差	近傍検潮所の朔望平均満潮位と朔望平均干潮位の差の期間平均値(1994～2003年)	m	水系
3	河口からの距離	河口からの距離	km	1km 200m
4	水面幅	朔望平均満潮時の水面幅	m	1km 200m
5	潮間帯幅	朔望平均満潮時の水面幅－朔望平均干潮時の水面幅	m	1km 200m
6	断面積	朔望平均満潮時の断面積	m ²	1km 200m
7	河岸勾配	潮汐差／潮間帯幅(逆数を対数変換)	—	1km 200m
8	サブ水域	サブ水域面積(水国河川調査)	ha	1km
9	自然水際率	水際の延長距離に対する自然水際距離(水国河川調査)の占める割合	%	1km
10	水際の複雑さ	水際の延長距離／流心部の延長距離(空中写真・河川環境情報図)	—	1km
11	ヨシ原	ヨシ原面積(水国基図作成調査)	ha	1km
12	干潟	干潟面積(水国河川調査)	ha	1km
13	相対潮汐地盤高	(標高－朔望平均干潮位)／(朔望平均満潮位－朔望平均干潮位)	—	ラスデータ
14	底質	礫／砂礫／砂／泥(礫=1、砂礫=2、砂=3、泥=4のカテゴリデータに変換)	—	1km

生息場の環境要素が比較的知られている種とした。また、その他の分類群から、同様の条件で全国的に確認されている種を選定した。

(2) 汽水域における底生動物生息データ(目的変数)の整理

底生動物の生息データは、国勢調査3巡目(平成13年度～平成17年度)及び4巡目(平成18年度～平成22年度)の水国底生結果における汽水域の定量調査結果を用いた。この調査は、4月～翌年3月の期間のうち主に夏、冬、初春の3回程度、全国の直轄管理区間に設定された調査地区毎に定量、定性採集により実施されている^{9), 10)}。河川汽水域における定量調査では、横断方向に設定したライン上の4地点(満潮時に水没する岸寄りの箇所、平均潮位付近の箇所、干潮時に底面が露出する干潮線付近の箇所、干潮時にも底面が露出しない部分で水深が30cm程度までの箇所)でそれぞれ1回ずつ30cm×30cmの範囲(コドラート)の泥や砂をすくい取り、0.5mm目のフルイで砂泥を濾して生物を採取して持ち帰り室内で同定分析を行っている。

データは、以下に示す14の環境要素データが全ての項目で揃う1,031地点の確認種について、コドラート毎に季別の個体数データを集約し、1回以上確認されていれば、その種は在=1、確認されていなければ不在=0として整理した。

(3) 環境要素データ(説明変数)の整理

環境要素データは、河川汽水域における生物の生息場の物理環境特性を示す指標として表-1に示す14項目を1kmもしくは200m毎に整理した。

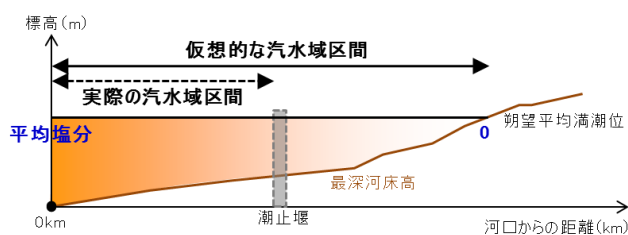


図-1 仮想塩分の計算方法

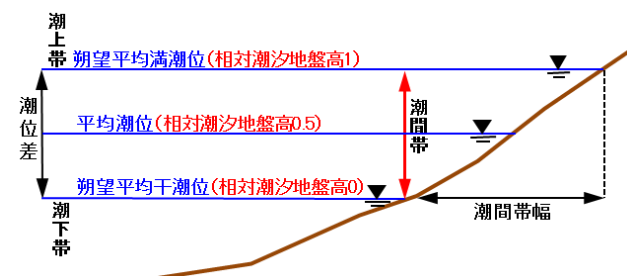


図-2 相対潮汐地盤高の考え方

塩分データは、縦断方向の塩分勾配を評価するために、朔望平均満潮位における河口部の塩分をタイダルプリズムモデルによる平均塩分、仮想的な汽水域区間上流端の塩分を0、塩分が河口からの距離に比例して減少すると仮定して、1km毎の仮想塩分を計算した(式(1)、図-1)。なお、潮止堰等が存在する場合は、河口から潮止堰等までを実際の汽水域区間として仮想塩分を計算した(図-1)。

$$\text{仮想塩分} = \text{平均塩分} - \frac{\text{平均塩分}}{\text{仮想的な汽水域区間}} \times \text{河口からの距離} \quad (1)$$

河岸勾配は、調査地区が設定してある岸側における潮汐差を潮間帯幅で除した値とした(図-2)。なお、河岸勾配は逆数を対数変換した値を用いた。

サブ水域は、国勢調査の河川調査におけるワンドやたまりの面積を1km毎に整理した。

自然水際率は、水際の延長距離に対する自然水際距離(国勢調査河川調査における水際部の状況表から算出)の占める割合を1km毎に整理した。

水際の複雑さは、水際の延長距離を流心部の延長距離(空中写真もしくは河川環境情報図を用いて流心と考えられる線の延長距離を計測)で除した値を1km毎に整理した。

ヨシ原は、国勢調査の環境基図作成調査における1kmピッチ植物群落面積データからヨシ群落面積を1km毎に整理した。

相対潮汐地盤高は、感潮域における比高の指標であり、潮間帯における比高を潮位で補正した値を式(2)により算出した(図-2)。相対潮汐地盤高の値は、朔望平均満潮位が1、平均潮位が0.5、朔望平均干潮位が0に相当する。

$$\text{相対潮汐地盤高} = \frac{\text{標高} - \text{朔望平均干潮位}}{\text{朔望平均満潮位} - \text{朔望平均干潮位}} \quad (2)$$

また、調査地点毎の相対潮汐地盤高は、下記の方法により算出した(図-3)。

1. 水国底生の調査地点を平面図に表示。
2. 距離標を表示し、調査地点を含む範囲内で、距離

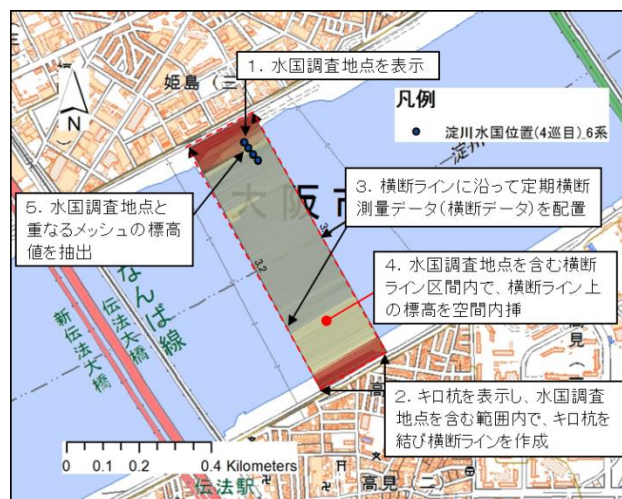


図-3 調査地点毎の相対潮汐地盤高の算出方法

標を結び横断ラインを作成。

3. 横断ラインに沿って定期横断測量データを配置。
4. 調査地点を含む横断ライン区間内で、横断ライン上の標高を空間内挿 (TIN(Triangulated irregular network)を作成し5mメッシュのラスタを作成)。
5. 調査地点と重なるメッシュの標高値を抽出。
6. 調査地点毎の標高値を(2)式を用いて換算。

なお、空間内挿処理はArcGIS 10.2.2 (Esri社製)を用いて行った。

底質は、水国底生の調査地点の属性情報から底質区分の「礫」を1、「砂礫」を2、「砂」を3、「泥」を4のカテゴリデータに変換し、整理した。

(4) 解析の方法

本研究では、河川汽水域における全国の指標種の生息が、汽水域のいずれの環境要素に依存しているのかについて、一般化線形モデル (GLM : Generalized linear model) の一種である「ロジスティック回帰分析」による生息適地モデルを用いて解析した。

解析は、データに欠損がない1,031地点について、目的変数には(1)、(2)で整理した汽水域生物の指標種の在・不在データを、説明変数には(3)で整理した環境要素を用いて行った。

モデルは、指標種毎に説明変数全てを含むフルモデルを作成し、赤池情報量基準(AIC)¹¹⁾を用いたステップワイズ減少法によるモデル選択を行い、AICが最小となる変数の組み合わせをベストモデルとして選択した。説明変数にカテゴリデータ(例：底質における泥、砂、砂礫、礫のカテゴリ区分データ)が含まれる場合は、説明因子として扱った。ここで、説明変数は変数なので、数値の大小に応じて生息ポテンシャルに対する寄与の度合いが変化し、一方、説明因子は定数(カテゴリーデータ)なので、生息ポテンシャルに対して一定の寄与となる。関数形は、説明変数の寄与の方向を判断しやすくするために、線形を選択した。なおAICは、当てはまりが良く、

表-2 選定された全国の指標種24種

No.	分類群名	種名	生態知見	ランク	
				環境省 RL	干潟 RDB
1	巻貝類	ホソウミナ	ウミナよりも低い潮位。泥底。外洋や岩礁域にも生息。干出時に乾燥しやすい砂浜にはいない。卵胎生。		
2		カワグチツボ	河口汽水域。干出しても水の残る所、潮下帯、泥底。磯下。	NT	NT
3		カワザンショウガイ	河口部汽水域のヨシ原内部。泥底。地盤が高い磯底。		
4		フトヘナタリガイ	潮間帯のヨシのはえた泥底にも小石のあるところにも棲む。北海道以外に分布。	NT	NT
5		ウミゴマツボ	河口干潟の中・低潮帯・潮下帯の泥底。カワグチツボと同所的に出る場合が多い。	NT	NT
6	二枚貝類	ホトギスガイ	内湾の泥底。潮間帯から水深10m。マツを形成。		
7		ヤマトシジミ	汽水域。砂底。	NT	NT
8		オキシジミ	淡水の影響の強い泥干潟に棲息。		
9		アサリ	潮間帯中部から水深10m。砂底。		
10		ソノガイ	淡水の影響がある場所。潮間帯から水深20m。砂底。		
11	ゴカイ類	マガキ	干潟周辺では転石上、護岸壁に付着する小型個体が多い。潮間帯～水深数mの砂礫底や泥干潟にカキ礁を形成することがある。		
12		サシバゴカイ属	—		
13		チロリ属	砂泥中に潜って生活。		
14		コケゴカイ	淡水の流れ込む内湾や干潟に生息。砂底。		
15		カワゴカイ属	カワゴカイは淡水の影響が強い場所。砂泥・泥底。		
16	その他	イトゴカイ属	<i>C. capitata</i> は有機汚濁指標種。		
17		シロスジフジツボ	潮間帯下部～中部に普通に現れ、転石、護岸壁、橋桁、貝殻、ヨシの茎、杭などに固着。		
18		キスライタス属	汽水域の軟泥底中に生息。		
19		ハバロコツブムシ	潮間帯下部。石の表面。		
20		チゴガニ	内湾や河口干潟の泥質底。コメツキガニより泥分の多い底質に生息。コメツキガニよりも上流まで生息。		
21	エビ・カニ類	コメツキガニ	内湾や河口干潟の砂質。チゴガニより高い地盤高。		
22		ヤマトオサガニ	海岸に近い河口の泥底。		
23		ケフサイソガニ	広域分布種。磯、転石・石積みや牡蠣殻の間。		
24		アシハラガニ	砂～泥質に生息。ヨシ原～潮間帯上部に生息し、ヨシ原に巣穴を掘って生活。		

注1) 環境省RL:環境省レッドリスト(第4次レッドリスト)。環境省報道発表資料、2012年8月28日、2013年2月1日
 注2) 干潟RDB:干潟の絶滅危惧動物図鑑—海岸バントスのレッドデータブック、日本バントス学会編、2012年
 ※ ランクにおけるNTは、準絶滅危惧を示す。
 確認地点数が20コドラート以下であるが、生態的特性が特徴的であることから選定した。

かつ変数が少ないシンプルなモデルを重視するモデル選択基準である。解析では、種毎にベストモデルを調べ、標準化偏回帰係数を求めた。なお、標準化偏回帰係数を用いることで、係数の絶対値によって各係数間の相対的な重要度が比較できるようになる。また、回帰係数は、Wald統計量を用いた有意性の検定(p値)も行った。これらの解析を行う際には、事前に説明変数間に多重共線性がないことを確認した。これら、本研究で用いた解析は、統計フリーソフトである“R ver. 3.0.2”¹²⁾を使用した。

3. 結果及び考察

(1) 選定された指標種

指標種の選定にあたっては、水国底生の3巡目及び4巡目の汽水域調査地区の定量調査結果から、科以上の上位分類群に同定された種、陸生種・純淡水種を除く汽水生物390種を整理した。これらの種のうち、分析に耐えるデータ数は一般に20データ以上が目安となっていることから、20地点(コドラート)以上で出現している汽水生物の代表種を88種(巻貝類11種、二枚貝類15種、ゴカイ類27種、エビ・カニ類16種、その他19種)を抽出した。全国の指標種は、これら汽水生物の代表88種から、「底生生物主要4分類群のバランスがとれること(1分類群につき5種以上が目安)」、「生態知見が得られている種又は生態知見が乏しい場合でも、現地調査における経験から生息条件が標高や物理環境特性と関連がありそうな種であること」の視点で選定した。その結果、河川汽水域

に生息する主要4分類群から各分類群5種以上、ホソウミナなどの巻貝類5種、ヤマトシジミなどの二枚貝類6種、イトゴカイ属などのゴカイ類5種、コメツキガニなどのエビ・カニ類5種の合計21種を選定した(表-2)。これらのうち、巻貝類のフトヘナタリガイ、エビ・カニ類のアシハラガニは、20地点以上の確認ではないが、生態特性が特徴的であることから選定した。また、その他の分類群としてシロスジフジツボなどの3種を選定した(表-2)。以上より全国の指標種は、合計24種(巻貝類5種、二枚貝類6種、ゴカイ類5種、エビ・カニ類5種、その他3種)が選定された(表-2)。

(2) 説明変数間の多重共線性の排除

説明変数間に相関があると適切に解析できないため、表-1に示す13要素(説明因子である底質区分を除く)に対して、変数間の相関係数を集計した。その結果、水面幅と潮間帯幅、断面積に相関係数0.7程度の相関関係がみられたことから、河川管理の実務への適用性を勘案し、水面幅及び断面積を除き、潮間帯幅で代表させた。このことから、説明変数は11の環境要素に説明因子である底質区分を加えた合計12の環境要素となった。

(3) 説明変数の選択

ロジスティック回帰分析では、在データが説明変数の10倍のデータが必要とされ¹³⁾、在データ数が110データ(説明変数11×10)を超えるのはヤマトシジミとカワゴカイ属の2種に限られる(表-3)ことから、説明変数をできるだけ少なくする必要がある。また、説明変数が多すぎると間接的な対応関係が含まれ、選定された説明変数の解釈が困難となるため、実務上活用しにくくなる。

このことから、種毎の生態特性と関連する説明変数及び環境管理における説明変数の操作性を勘案して環境要素を選定した。選定した環境要素は、水質の指標である「仮想塩分」、地形の指標である「潮間帯幅」及び「河岸勾配」、標高の指標である「相対潮汐地盤高」、底質の指標である「底質区分」、生息場の指標の「サブ水域」、「ヨシ原」及び「干潟」の8要素である。

なお、「潮汐差」及び「河口からの距離」は、「仮想塩分」で代用できること及び河川管理において操作できない要素であることから除外した。「自然水際率」及び「水際の複雑さ」は、汽水生物の生態特性との対応が不明確であると考えられることから除外した。

(4) 指標種に影響を与える環境要素

河川汽水域の環境管理を行っていくにあたり、指標種に影響を与える環境要素は何かという観点から、全国の指標種24種の在・不在データを目的変数、(3)で選定した8つの環境要素を説明変数又は説明因子として、ロジスティック回帰分析による解析を行った。その結果を表-3に示す。

表-3 ロジスティック回帰分析による解析結果（主要8環境要素）

分類群	No.	種名	在データ数 (1031データ内)	モデルの 妥当性 AUC	説明変数の寄与状況（標準化偏回帰係数）							説明因子の寄与状況			
					仮想塩分	潮間帯幅	河岸勾配	サブ水域	ヨシ原	干潟	相対潮汐地盤高	底質区分			
												礫	砂礫	砂	泥
巻貝類	1	ホソウミナ	34	0.763	0.56							0.0	26.9	8.5	1.0
	2	カワグチツボ	61	0.855		1.10		-1.60	-0.57		0.43	0.0	0.2	0.3	1.0
	3	カワザンショウガイ	40	0.849	-0.71	0.38	-0.35	0.43		-0.75	0.57	0.0	3.2	1.3	1.0
	4	フトヘナタリガイ	13	0.871			0.82			-1.09	0.96	0.0	5.6	0.6	1.0
	5	ウミゴマツボ	41	0.796	0.35	0.65	0.66			-0.82	0.39	0.0	2.4	0.4	1.0
二枚貝類	6	ホトギスガイ	102	0.703	0.65	0.25			-0.47	-0.34	-0.25				
	7	ヤマトシジミ	212	0.689	0.15		0.45	0.40		-0.24		0.0	0.6	1.3	1.0
	8	オキシジミ	10	0.773			0.85	0.69	-0.85		0.89				
	9	アサリ	88	0.796	1.07	0.24	0.20		-0.40	-0.37	-0.56	0.0	0.8	0.3	1.0
	10	ソトオリガイ	68	0.725	0.69						0.60	0.0	1.7	3.2	1.0
	11	マガキ	28	0.674					-1.22						
ゴカイ類	12	サシバゴカイ属	41	0.69	0.51					0.27	0.40	0.0	3.2	2.5	1.0
	13	チロリ属	34	0.796	0.47	0.61	0.38	0.33	-0.61						
	14	コケゴカイ	99	0.748	0.65	-0.22		0.61	-0.21	0.28	0.39	0.0	5.1	2.0	1.0
	15	カワゴカイ属	299	0.723	-0.36	-0.16		0.23		-0.51	0.37	1443801	2.6	1.6	1.0
	16	イトゴカイ属	101	0.691	0.39			-0.68	-0.53	-0.48	-0.26	0.0	0.7	0.5	1.0
その他	17	シロスジツボ	37	0.768	0.74				-0.93	0.25					
	18	キシタナイス属	60	0.832		0.40	0.26		-1.10	-1.64	0.47	3.5	16.8	2.6	1.0
	19	ハバヒロコツツムシ	61	0.779	0.24			0.51	-1.52	-0.44	0.48	0.0	8.9	1.8	1.0
	20	テゴガニ	87	0.727	-0.59	0.38		-0.52		0.26	0.35	0.0	0.7	0.5	1.0
エビ・カニ類	21	コメツキガニ	46	0.829	0.45			-0.19	0.48	0.55	1.20	0.0	3.5	8.6	1.0
	22	ヤマトオサガニ	44	0.83		0.71					0.49	0.0	0.1	0.2	1.0
	23	ケフサイソガニ	83	0.725	0.36			0.50	-1.02		0.25				
	24	アシハラガニ	12	0.784		-1.45				1.08					

注1 モデルの妥当性 AUC: 0.5~0.7 (低い) 0.7~1.0 (高い)

注2 説明変数の寄与状況 p値5%(0.05未満) p値1%(0.01未満) p値0.1%(0.001)未満

※・説明変数の寄与状況の数値は、標準化偏回帰係数で、数値が大きいほど説明変数の寄与が高い。プラスは正の寄与、マイナスは負の寄与を示し、p値5%未満を信頼できると判断した。
・説明因子の寄与状況の数値は、泥を1とした場合に、生息ポテンシャルが何倍かを示す。1未満は泥が適し、1以上は該当する底質区分が適することを示す。

生息適地モデルは、ほとんどの種でAUCが0.7以上であり、妥当なモデルが作成されたと考えられる。また、モデルからは、種毎の生息ポテンシャルが推定できる。

説明変数及び説明因子の寄与状況は、多くの環境要素でp値が5%未満となり、信頼できる結果が得られた。

いずれの環境要素が指標種の生息に影響を与えるかを知るために、AIC基準により選ばれたベストモデルの説明変数と標準化偏回帰係数に着目したところ、種によって物理環境の相対的な重要性が異なっており、各種の生態特性と一致していた(表-3)。例えば、エビ・カニ類のコメツキガニは、「仮想塩分」、「ヨシ原」、「干潟」、「相対潮汐地盤高」の4要素が正の寄与、選好する「底質区分」が砂であり、生態特性とも一致し、標準化偏回帰係数の絶対値が最大である「相対潮汐地盤高」が最も重要な要素と評価された。このことから、本種の保全には、相対潮汐地盤高が高いところが特に重要で、かつ底質が砂の干潟が重要であることが示唆された。

一方、環境要素別に指標種の寄与状況に着目すると、仮想塩分と底質区分は、多くの指標種で寄与が大きい(有意性が高く、標準化偏回帰係数の数値が他の環境要素よりも相対的に大きい)ことから、全国の指標種の生息に大きな影響を与える重要な環境要素であることが示唆された。また、相対潮汐地盤高と潮間帯幅は、多くの指標種で寄与していることから、全国の指標種の生息に影響を与える環境要素であることも示唆された。干潟は多くの指標種で寄与しているが、干潟を利用しない種で

表-4 全国の汽水域で共通して指標種に影響を与える環境要素の有効性の評価

説明変数	全国の指標種への寄与状況	評価結果*
仮想塩分	ほとんどの種に寄与し、海水性の種はプラス、低塩分を好む種はマイナスに寄与	◎
潮間帯幅	多くの種で寄与し、移動性が低い種や干潟を利用する種でプラスに寄与	○
河岸勾配	移動性が低い種でプラスに寄与するが、寄与する種は限定的	△
サブ水域	多くの種でプラスに寄与するが、生態特性との関係は不明(間接的な寄与:塩分の高い下流で増加)	※
ヨシ原	河口に生息する多くの種でマイナスに寄与(間接的な寄与:塩分の高い下流で減少)	※
干潟	干潟を利用する種でプラスに寄与するが、上流に生息する種でマイナス、下流で生息する種でプラスに寄与(間接的な寄与)	△
相対潮汐地盤高	多くの種で寄与し、水中に生息する種はマイナス、潮間帯の上部に生息する種はプラスに寄与	○
底質区分	多くの種で寄与し、種毎の底質の選好性に対応して寄与	◎

* 評価結果

◎: 特に有効、○: 有効、△: 限定的に活用可能、※: 影響がみられるが評価が困難

は、上流に生息すればマイナス、下流に生息すればプラスという間接的な寄与が含まれており、種が限定される環境要素であった。河岸勾配は、寄与する種が限定されていた。サブ水域とヨシ原は、多くの種で寄与しているが、生態特性との関係が不明瞭であった。このように、指標種の生息適地モデルと生態特性から、全国の汽水域で共通して指標種に影響を与える環境要素の有効性が評価された(表-4)。このことから、全国の汽水域の指標種は、塩分と底質が支配的な環境要素で、潮汐により変動する生息場の広さ(潮間帯幅)や標高帯(相対潮汐地盤高)が重要で、一部の種に対しては勾配の緩さや干潟そのも

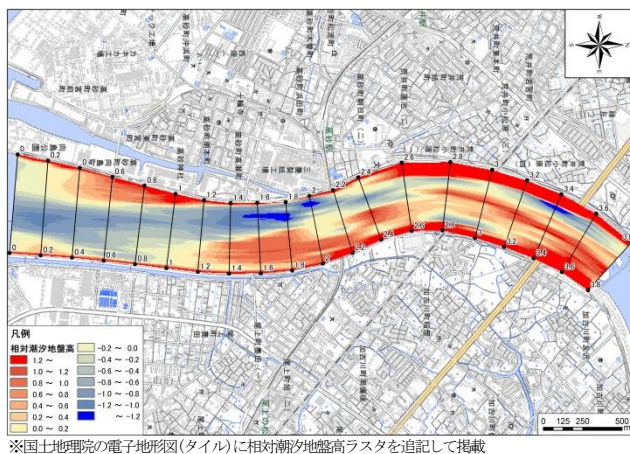


図-4 相対潮汐地盤高の表示例(加古川)

のが関係することが示唆された。

(5) 実務での活用

本研究では、生息適地モデルを用いることにより、全国の河川汽水域に共通する指標種毎の生息に考慮すべき環境要素が統計的に明らかとなった(表-3)。また、選択された環境要素の標準化偏回帰係数により定量的に生息場を評価することができた(表-3)。さらに、全国の河川汽水域に共通して重要度が高い環境要素が明らかとなった(表-4)。これらの結果は、河川汽水域の環境管理の実務をわかりやすくできると考えられる。

河川汽水域における環境管理を考えた場合、どこが重要で、その重要な環境がどれくらい存在するのかを把握する必要がある。そこで、本研究で示された重要な環境要素のうち、管理者が河川改修等で調整が可能である相対潮汐地盤高の分布を図-4に示した。この図は、生物の生息に重要な相対潮汐地盤高である0.0～1.0が、薄黄色～薄赤で視覚的に把握でき、留意すべき場所が明らかになっている。さらに、この範囲は、潮間帯に相当するため、潮間帯幅も明示されることになる。

生物の種の保全の観点からは、フトヘナタリガイの生息が確認された場合は、相対潮汐地盤高の高い場所で、底質が砂礫の場所が重要(表-3)であり、その場所がどれくらい消失するのかによって、定量的な影響の評価ができる。また、指標種に影響を与える環境要素を示すことにより、河川改修や維持管理においてどのような環境に注目すれば良いかなど、定性的な検討材料になる。

これらのように生息適地モデルを使った評価技術は、河川汽水域の環境管理に必要な基礎的な定量・定性データとなり、環境要素を平面図に示すことで客観的に汽水域の重要な環境を把握することに有効である。

4. まとめ

本研究では、生息適地モデルにより、全国の河川汽水域で共通する底生動物の指標種の生息に重要な環境要素

とその重要性が評価できることを示した。全国の河川汽水域の環境管理を考える上では、塩分と底質が最も重要で、次に潮汐により変動する生息場の広さ(潮間帯幅)や標高帯(相対潮汐地盤高)が重要で、一部の種に対しては勾配の緩さや干潟そのものが関係することが示唆された。このことから、本成果は、河川汽水域における重要な環境要素の分布に注目して、どのような管理を行えばよいかの検討に役立つと考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省：第3次社会資本整備重点計画，2012，http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/sosei_point_tk_000003.html (2016.3.25.閲覧)。
- 2) 環境省自然環境局生物多様性センター：愛知目標，2010，<http://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/> (2016.3.25.閲覧)。
- 3) 社会資本整備審議会：安全を持続的に確保するための今後の河川管理のあり方について〔答申〕，2013，http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000624.html (2016.3.25.閲覧)。
- 4) 上野裕介，栗原正夫：GISと生息適地モデルによる広域スケールでの生物の生息環境の評価と地図化の試み，土木技術資料，56(11)，pp.22-25，2014。
- 5) 前田義志，中村圭吾，上野裕介，甲斐 崇，服部 敦：河川水辺の国勢調査と緑の国勢調査を活用した流域環境管理の基礎的検討－鳥類の生息適地評価をもとに－，河川技術論文集，第21巻，pp.1-6，2015。
- 6) 望月貴文，天野邦彦，岩見洋一：十三湖における流動及び土砂動態解析とヤマトシジミの生息場評価に関する検討，土木学会論文集B1（水工学），69(4)，pp.I-1519-I-1524，2013。
- 7) 楯 慎一郎，小林 稔：物理環境からみた全国河川の状況，リバーフロント研究所報告，第19号，pp.87-95，2008。
- 8) 前田義志，上野裕介，中村圭吾，服部 敦：生物生息適地モデルと相補性解析による河川における環境保全優先箇所の選定，土木技術資料，58(4)，pp.36-41，2016。
- 9) 建設省河川局河川環境課 監修：平成9年度版 河川水辺の国勢調査マニュアル河川版（生物調査編），1997。
- 10) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：平成18年度版 河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル〔河川版〕，2012。
- 11) 久保拓弥：データ解析のための統計モデリング入門，岩波書店，2012。
- 12) R Core Team. : R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014.
- 13) Peduzzi, P., Concato, J., Kemper, E., Holford, T. R. and Feinstein, A. R.: A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis, *Journal of Clinical Epidemiology*, Vol.49(12), pp.1373-1379, 1996.

(2016. 4. 4受付)