

8.5 河川地形改変に伴う氾濫原環境の再生手法に関する研究

研究予算：運営交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：自然共生研究センター

研究担当者：萱場 祐一、大石 哲也、永山 滋也

【要旨】

氾濫原再生適地抽出手法の開発に関連して、標高と勾配から氾濫原指標種であるイシガイ類の流程分布評価モデルを構築した。また、冠水頻度を説明変数としたイシガイ類の生息可能性を示す回帰モデルの適用範囲を検証した。また、既存データセットを用いた簡易な氾濫原再生適地抽出手法を開発し、その精度を検証により確かめた。氾濫原再生に係る掘削技術の提案に関連して、掘削高さと掘削後の土砂堆積との関係を検討し、掘削後に再生したイシガイ類生息環境の時間経過に伴う機能低下について議論した。さらに、本研究全体に関わる課題として、セグメント 2-2 と 2-1 それぞれについて、明治期と現在の氾濫原水域の特性や分布を比較した。

キーワード：氾濫原生態系、自然再生、河道掘削、高水敷切下げ、低水路拡幅、

1. はじめに

河川氾濫原は物質循環や生物多様性にとって非常に重要な場である¹⁾。我が国の直轄河川区間は、主に河川中下流部に位置しており、かつて広大な氾濫原を有していた。しかし、現在、河川氾濫原は堤外地（河道内）に制限されている。また、土砂量・流量レジームの変化に伴い、氾濫原生態系は質的にも劣化が進行している²⁾。それゆえ、河川中下流部における氾濫原の保全や再生は希求の課題であり、治水対策と整合する現実的な対策や保全・再生手法の開発が求められている。

多くの直轄河川では、河床低下に由来する陸域の固定化と樹林化による流下能力の低下が大きな問題となっている。流下能力を確保するための対策案はいくつか考えられるが、氾濫原環境の整備につながり、かつ事業者も実施しやすい手法として、河道掘削（高水敷の切下げや低水路の拡幅）を挙げることができる。本課題では、①再生すべき氾濫原を有する河川および区間を抽出する技術を開発するとともに、②氾濫原の再生に資する河道掘削の方法を提案し、③個別河川への適用と手法の改善を行うことを目的とする。

平成 24 年度は、再生すべき河川区間の抽出技術の開発 ①に関連して、標高と勾配を使った氾濫原指標種イシガイ類の流程分布評価モデルの構築を試みた。また、これまでの木曽川における検討からイシガイ類の生息予測因子として重要であることが分かっている冠水頻度について、異なる河床形態の河

川でも、冠水頻度のみを用いた評価が可能であるか検討した。さらに、氾濫原再生適正地の抽出手法を提示し、精度の検討を行った。河道掘削の方法 ②については、過去約 10 年にわたり様々な高さで掘削（盤下げ）が行われている揖斐川において、土砂堆積の状況を時系列で比較・検討し、イシガイ類の生息場から見た氾濫原環境の変化について考察した。また、本研究全体に関わる課題として、明治期に作成された地形図を基に、過去と現在の氾濫原水域の特性および関連性の把握を試みた。

2. 研究方法

2. 1 再生すべき河川区間の抽出技術の開発 ①

2. 1. 1 標高と勾配に着目したイシガイ類の流程分布評価モデルの構築

水辺の国勢調査による最新(平成 24 年 12 月現在)の魚類調査データと底生動物調査データを用いて、全調査地点の座標（位置）と、各調査地点における 3 分類群（イシガイ類、タナゴ類、両者のいずれか）の生息有無を GIS 上で整理した。また、直轄河川区間をすべて含むエリアについて、標高（DEM）および勾配のラスターデータを整備した。

3 分類群の生息予測モデルを構築するため、目的変数に 3 分類群の生息有無を、説明変数に調査地点近隣の河道標高および河道勾配を用いたロジスティック回帰分析を行った。その際、どの空間スケールで定量化された説明変数がモデルの予測精度を最も高めるか検討するため、調査点からの距離を 7 段階

(バッファー半径: 50、100、250、500、1000、2500、5000m) に変化させて説明変数を算出し解析に用いた。はじめに、3 分類群それぞれについて、空間スケール毎に単変量ロジスティック回帰分析を行い、標高と勾配の有意性を検討した。続いて、標高と勾配の両者が有意な説明力を持った場合に関しては、両者を説明変量に入れた多変量ロジスティック回帰分析を行った。これらのモデルの AIC を比較することにより、各分類群の各空間スケールにおけるベストモデルを選定した。また、すべてのモデルの予測能力を比較するための指標として AUC を求めた。

2. 1. 2 河床形態が異なる河川のイシガイ類生息水域と冠水頻度の関係

本検討では、木曽川水系木曽川の中下流部 (26.2kp - 41kp の約 15km 区間) および淀川水系木津川の中下流部 (淀川合流点 0km から 37km の区間) の氾濫原水域 (ワンド・たまり) を対象とした (図 1)。木曽川の調査区間は、河床勾配が約 4000 分の 1 で、河床低下が著しく進行し、かつての砂州が固定化して樹林に覆われ、複断面化 (水域と陸域の二極化) が生じている (図 1a)。一方、比較対象とした木津川の河床勾配は約 1100 分の 1 で、河床形態は単列から複列の砂州河道であり (図 1b)、木曽川のような顕著な複断面化は生じていない。



図 1. 木曽川 (a) と木津川 (b) の景観.

各河川の調査区間に形成された氾濫原水域において、イシガイ類の生息の有無を調査した。また、これらの水域の位置情報について GPS を用いて取得した。既存データとして、調査区間内の 1m メッシュ DEM (標高)、調査区間およびその上下流に位置する水位観測所の過去 10 年間 (1991~2000 年) の水位データを収集、整理した。水位データから、各観測所における水位標高と水位の超過回数との関係をグラフ化し (以下、水位超過曲線)、描かれた 2

つの観測所の水位超過曲線から機械的に内挿処理を施し、任意の断面における水位超過曲線を生成した。これにより、各調査水域の水位超過回数 (冠水頻度) を整理した。また、木津川については、空中写真から、各水域周辺の植生 (樹木、草本) の有無を判読した。このとき、水域を取り囲むように植生が成立している場合を「植生有り」、水域の周囲の一部でも植生を欠いている場合は「植生なし」とした。

木曽川に関しては、目的変数をイシガイ類の有無、説明変数を冠水頻度として単変量のロジスティック回帰モデルを構築し、そのモデルの統計的な有意性を尤度比検定 (カイ二乗) によって確かめた。木津川に関しても、木曽川と同様の解析を行い、同じ変数によってイシガイ類の有無が説明可能であるか検討した。また、木津川については、説明変数に「植生の有無」を加え、多重ロジスティック回帰モデルを構築し、その予測性についても検討した。

2. 1. 3 河道内氾濫原における再生適正地の抽出手法

ここでは、木曽川をモデルとして開発した氾濫原再生適正地の抽出方法をプロセスに沿って順に記述し、その精度の検証については結果で述べる。

(1) 抽出手法のフロー

本手法では、まずイシガイ類の生息制限要因を取り込んだロジスティック回帰モデルに基づく生息可能性評価 (回帰モデル評価マップ) と、ワンド・たまりの平面的な分布に基づく評価 (氾濫原水域マップ) を、河道内に面的に展開し統合することでイシガイ類の生息ポテンシャル評価マップを作成する (図 2)。この評価に基づき、氾濫原の再生適正地の抽出を行う。なお、例示する木曽川では、イシガイ類の生息制限要因として冠水頻度が選ばれる (3.1.2 参照)。

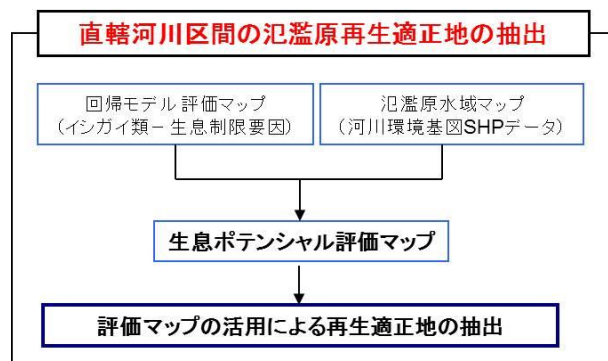


図 2. 氾濫原再生適地の抽出フロー.

(2)基礎データの収集整理

提案する評価手法は、全国河川への適用を前提としたものであるため、使用するデータは、全国の直轄河川において一般的に利用可能なものとした。

①水位観測所日水位データ

対象河川のセグメント2区間に含まれる水位観測所およびセグメント2区間の上下流端を包括する水位観測所の10年間の日水位観測値を収集し、標高値に変換する。木曾川の検討では、2002年から2011年の笠松観測所と起観測所のデータを使用した。

②河川定期横断測量、距離票の基準点測量成果

対象河川のセグメント2区間に含まれる横断測量成果を収集する。横断測量成果は、200m間隔測線を基本とし、橋梁、堰等の横断工作物の断面を除いたLHデータを対象とする。LHデータを公共座標に変換するための距離票基準点測量成果を併せて収集する。測量実施年は、可能な限り③で収集する河川環境情報図GISデータと同時期のものとする。

③河川環境情報図（河川環境基図）GISデータ

河川環境基図データに含まれる水域SHPデータを活用する。本データは、空中写真判読により開放水面がトレースされている。

(3)水位超過回数曲線の作成

生息確率モデルを使用するためには、評価対象地点における冠水頻度が与えられなければならない。本手法では、河道内の任意の地点における冠水頻度を算定するために、水位観測所の水位変動特性を縦断的に線形内挿し、任意の地点の冠水頻度を算定する簡易な手法を開発した（図3）。

まず、ある水位観測所における水位変動特性について、日水位データを基に、「水位—その水位を超過して再度下回る回数」の関係を整理する（図3）。この関係を「水位超過回数曲線」と定義する。水位超過曲線は、一定期間内にある高さを超える出水が何回あるかを示すものである。

(4)任意の地点における冠水頻度の算出

水位観測所において作成した2地点以上の水位超過曲線について、縦断的な距離に基づいた内挿を行って、任意の河川断面における水位超過曲線を生成する（図3）。この内挿では、2地点の水位観測所の間の水位変動は、2地点の水位の線形内挿で表現されるという仮定をおく。線形内挿による水位の再現

は厳密には正確ではないが、簡易な補完手法としてあえて採用している。これにより、2地点の水位観測所間の任意の断面における水位超過回数曲線を求めることができ、そこから任意の高さの冠水頻度（水位超過回数）が得られる（図3）。また、横断測量成果のLHデータに、距離票の基準点成果（公共座標によるXY座標）を適用してXYZデータに変換し、当該断面における水位超過回数曲線に標高Zを代入して、横断測線上の冠水頻度 n (回/年)を求める（図3）。このようにして求められた、木曾川34~40kpにおける冠水頻度の空間分布は図4の通りである。

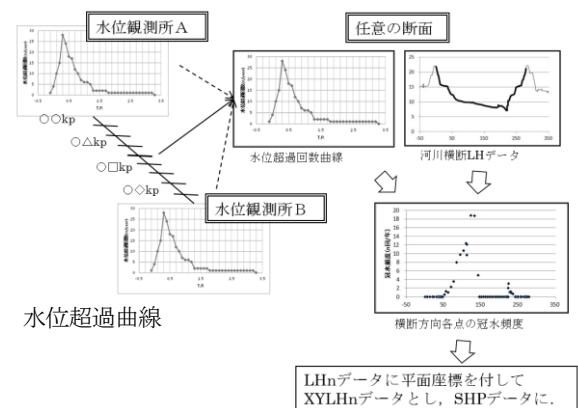
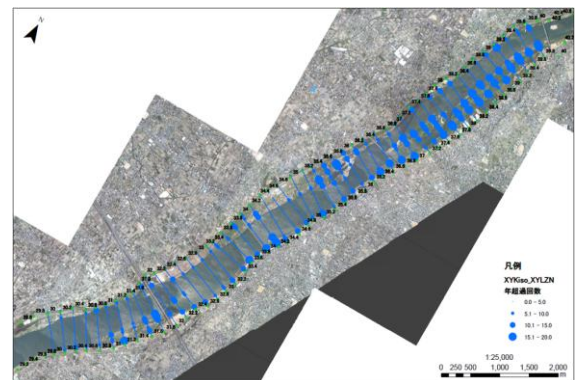


図3. 2つの水位観測所における日水位と横断測量データを用いた任意の断面における冠水頻度の作成フロー



タイルの空間スケールは試行錯誤の結果、50m とした。

データの加工手順は以下のとおりである。まず、横断測量成果の冠水頻度点データを SHP データとして GIS 上に整備し、TIN データに変換、10m メッシュラスターデータに変換した後、別途発生させた 50m メッシュタイルポリゴンにゾーン統計処理によ

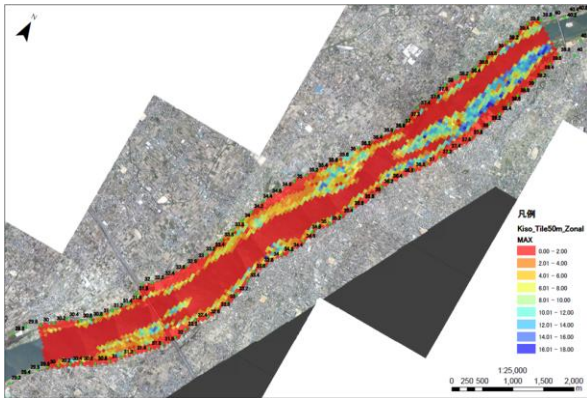


図 5. 面的に展開した冠水頻度（水位超過回数／年）マップ

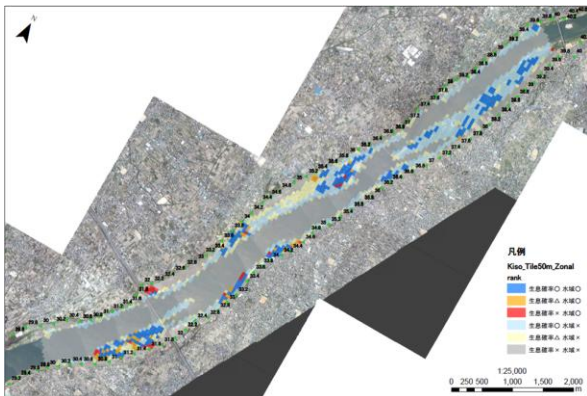


図 6. イシガイ類の総合評価（生息ポテンシャル評価）マップ

評価マップの活用

モデル評価値	氾濫原水域の有無		
	有	無	
	高	A	A'
	中	B	B'
	低	C	C'

評価	氾濫原再生	河川改修・災害復旧
A	◎保全	原則保全
B	○再生適地	要注意, 原則保全
C	×不適	改変に注意を要しない
A'	○再生適地	水域の有無に注意 確認された場合は保全
B'	○再生適地	改変に注意を要しない
C'	×不適	改変に注意を要しない

6評価区分

図 7. 3 段階のモデル評価値と氾濫原水域の有無との組み合わせからなる再生適正地に関する 6 つの評価区分

って冠水頻度の値を与えた。具体的には、50m メッシュの中で最も冠水頻度が高い地点の値を採用した（図 5）。

(6) 回帰モデルの評価値に基づく 3 段階評価

イシガイ類は、実際には水域がなければ生息し得ないが、構築されたロジスティック回帰モデルは水域の有無を無視した形で、含まれる説明変数のみからその生息可能性を確率として評価する。しかしながら、このモデル評価値は 0 から 1 の間の値をとるので、そのままでは判断基準として使いづらいことから、高・中・低の 3 段階評価に変換した。ロジスティック回帰モデル構築時の入力データを参照した結果、モデル評価値 15% から 75% の間では、同じ冠水頻度であっても生息している箇所と生息していない箇所が確認されたため、モデル評価値 15% 未満を「低」、15% から 75% を「中」、75% 以上を「高」と設定した。

(7) 氾濫原水域の有無評価

河道内におけるワンド・たまり等の氾濫原水域の有無を河川環境基図の水域 SHP データから抽出する。冠水頻度マップと同様の 50m メッシュタイルポリゴンと水域 SHP データとの重ね合わせにより、氾濫原水域を含むメッシュを機械的に抽出する。

(8) 総合評価（生息ポテンシャル評価）

回帰モデルの評価値に基づく 3 段階評価と氾濫原水域の有無の組み合わせによって、6 通りの評価区分を有する総合評価マップ（生息ポテンシャル評価マップ）が作成される（図 6）。以上の手法は、(2) に示す基礎データが整備されている河川であれば、全く同じ手順での適用が可能である。

この総合評価マップを活用して氾濫原再生適正地を判別する例を図 7 に示した。再生適正地としては、効率的な再生という観点から、B（モデル評価値：中、水域：有）、A'（モデル評価値：高、水域：無）、B'（モデル評価値：中、水域：無）が選ばれる。B では、モデル評価値をより高めるため、水域周辺の盤下げを実施する（冠水頻度を高める）ことにより再生が可能となるエリアである。A' はモデル評価値（冠水頻度）が高いので、水域を造成することで再生可能である。B' は、盤下げにより冠水頻度を高めるとともに、水域を造成することで再生可能となるエリアである。水域もあり、モデル評価値も高い A は保全エリアとして適しており、逆にモデル評価値が低く水域もないエリアは、盤下げを強度に行わね

ばならず効率的ではないので、再生には適していないと判断される。

2. 2 河道掘削の方法と提案 (②)

2. 2. 1 掘削跡地における土砂堆積とイシガイ類生息環境との関係

岐阜県揖斐川の中下流部 (Kp31-39) の左右岸には、異なる高さで掘削された高水敷 (氾濫原) が分布している (図 8)。それらのうち、渴水位～平水位 (平水以下)、平水位～豊水位 (平水～豊水)、豊水位以上 (豊水以上) の高さで、2000～2002 年および 2005～2007 年に掘削された箇所を対象として、掘削後に自然に形成されたワンドやたまりにおけるイシガイ類の生息状況と水域周辺の標高を調べた。昨年度の成果から、イシガイ類は平水以下の切り下げ面において生息量が多かったが、約 10 年経過した場所 (2000～2002 年に切り下げられた場所) では、生息量が低下している傾向にあった。これは、冠水頻度の低下による水域環境の劣化が原因であると考えられたため、本年度は水域周辺の標高を調査し、切り下げ面に堆積した土砂の厚みを比較・検討することとした。

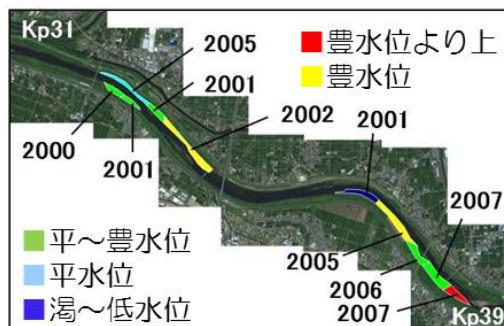


図 8. 揖斐川の高水敷掘削の実施年と掘削高さ

2. 3 過去の氾濫原環境の特性把握 (全体)

2. 3. 1 明治期における氾濫原水域と現況水域との比較

現在と過去における氾濫原水域と、過去の河道平面形状の状況を理解することは、河川中下流部における氾濫原の保全や再生の目標像を議論する上で、またこれらの水域の維持機構を理解する上で基礎的な知見を与えるものである。

我が国における地理情報のうち、現在の地形情報と比較可能な精度をもって整備された最初期の情報として、明治時代から整備された旧版地形図 (関東

においては迅速図) が挙げられる。

河道整備が十分に行われていなかった明治期の水域と現在の水域を平面的な流路形状、水域の分布から比較することを目的に、国内 11 水系の直轄河川区間について、明治期に整備された旧版地形図を収集し、そのうち、ワンド・たまりに関する調査結果を多く得られている木曽川水系及び淀川水系について、水域の輪郭をトレースした SHP データを作成し、現在の水域形状との比較検討を踏まえた考察を行った。

3. 研究結果

3. 1 再生すべき河川区間の抽出技術の開発 (①)

3. 1. 1 標高と勾配に着目したイシガイ類の流程分布評価モデルの構築

標高の単回帰モデル

3 つの分類群 (イシガイ類、タナゴ類、両者のいずれか) の生息・非生息は、すべての空間スケールにおいて、標高によって有意に説明された ($p < 0.05$ 、表 1)。イシガイ類と両者 (どちらかが生息) に関して、異なる空間スケールで作成されたモデルの AUC は空間スケールが大きくなるとともに増加し説明力が向上した (表 1)。

勾配の単回帰モデル

イシガイ類の生息・非生息は、2500m 以上の比較的大きな空間スケールにおいて、勾配によって有意に説明された ($p < 0.05$ 、表 1)。タナゴ類の生息・非生息は、1000m および 2500m の比較的大きな空間スケールにおいて、勾配により有意に説明された ($p < 0.01$ 、表 1)。両者のいずれかの

表 1. 各分類群に対して行った異なる空間スケールにおけるモデル結果のサマリー。太字は統計的有意性を示したモデルを、斜体は各ケースにおけるベストモデルを示す。

目的変数	空間スケール	単変量モデル				多変量モデル
		標高		勾配		
		AUC	P	AUC	P	AUC
イシガイ類	50	0.60	0.04	0.36	NS	
	100	0.58	0.04	0.46	NS	
	250	0.60	0.02	0.49	NS	
	500	0.60	0.01	0.54	0.12	
	1000	0.61	0.02	0.56	0.09	
	2500	0.61	0.03	0.61	0.03	
	5000	0.64	0.03	0.63	0.03	
タナゴ類	50	0.54	0.01	0.39	NS	
	100	0.54	0.001	0.47	NS	
	250	0.52	0.01	0.51	NS	
	500	0.52	0.01	0.54	NS	
	1000	0.52	0.01	0.56	0.03	
	2500	0.54	0.01	0.60	0.001	0.598
	5000	0.55	0.01	0.61	0.10	
両者 (いずれが生息)	50	0.54	0.01	0.39	NS	
	100	0.54	0.001	0.47	NS	
	250	0.53	0.001	0.51	NS	
	500	0.53	0.001	0.53	0.13	
	1000	0.53	0.001	0.55	0.02	
	2500	0.55	0.001	0.59	0.001	0.598
	5000	0.56	0.01	0.60	0.02	

生息・非生息は、1000m以上の比較的大きな空間スケールにおいて勾配により有意に説明された ($p<0.01$ 、表 1)。3 分類群すべてに関して、異なる空間スケールで作成されたモデルの AUC は空間スケールが大きくなるとともに増加し説明力が向上した (表 1)。

標高・勾配の多変量回帰モデル

どの分類群のどの空間スケールにおいても標高と勾配間で有意な相関は見られなかったことから、多変量回帰モデルにおいて説明変数の共線性の問題は生じなかった。標高および勾配の両者が分類群の生息・非生息を有意に説明した空間スケールに関して、多変量ロジスティック回帰分析を行った。その結果、2500mのタナゴ類および両者（どちらかが生息）に関してのみ、標高と勾配をどちらも含むベストモデルが統計的有意性ととも選択された。それ以外のケースに関しては、標高のみがベストモデルに残った。また、タナゴ類および両者（どちらかが生息）のそれぞれについて、異なる空間スケールにおいて統計的有意性を呈したベストモデルを比較すると、AUC は前述の 2500mスケールで作成された多変量回帰モデルでもっとも高かった (表 1)。

以上の結果から、イシガイ類の生息有無を予想する上では、標高・勾配の両者に関して、空間スケールを大きく設定した場合に、より高い説明力を示すことが分かった。多変量モデルでは、標高のみが説明変数としてベストモデルに残存したため、特に AUC が最も高い 5000mスケールにおいて算出された区間平均標高値のみを使って予測することがもっとも効率的で信頼性が高いと判断された。ただし、モデルの計算結果を見ると、deviance が基準値より小さく、モデルの当てはまりがあまり良くないことが示唆された。これは、イシガイ類に関しては、生息している地点数が非生息の地点数に比較して相対的に小さいことが原因となっている。この点に関して、タナゴ類と両者（どちらかが生息）を目的変数にしたモデルは、どのケースにおいても deviance が基準値に対して平常値をとっており、モデルの当てはまりが高くイシガイ類を対象にしたモデルに対して相対的に信頼性が高いことが示唆された。

タナゴ類と両者（どちらかが生息）を目的変数

にした単回帰モデルに関しても、イシガイ類と同様に、標高・勾配の両者に関して（タナゴ類の標高は除く）、空間スケールを大きく設定して算出された値がより高い説明力を有した。多変量モデルの解析結果からは、空間スケール 2500mにおいて標高および勾配の両者を取り込んだ場合に、もっとも効率的で信頼性が高いと判断された。

以上のことから、より信頼性の高い予測モデルを必要とする場合、『タナゴ類の生息あるいは両者のどちらかの生息が確認された箇所はイシガイ類が生息する』と仮定して、タナゴ類あるいは両者を目的変数として扱ったモデルを重要視することが一つの選択肢となり得る。そのとき、対象地点に対して 2500m半径のバッファでカバーされる程度の河川区間に対して平均標高および勾配を算出しモデル式に投入すれば、イシガイ類の潜在生息確率は求まる。ただし、どのモデルも予測能力が 0.6 程度と比較的低いので、この点に注意する必要がある。推奨される予測モデルのパラメタを表 2 に示す。

表 2. 各分類群に対して推奨される生息予測ロジスティックモデルのパラメタ。

目的変数	モデルのパラメタ			
	回帰係数	パラメタA	回帰係数	パラメタB
イシガイ類	-0.019017	標高(5000m)		-2.344
タナゴ類	-0.003159	標高(2500m)	-135.5	勾配(2500m)
両者(いずれか生息)	-0.004	標高(2500m)	-112.3	勾配(2500m)

3. 1. 2 河床形態が異なる河川のイシガイ類生息水域と冠水頻度の関係

木曽川では、イシガイ類の生息有無は冠水頻度のみによって有意に説明された (表 3) ($P<0.001$ 、ベストモデル : AIC=27.6、null モデル : AIC=62.633)。イシガイ類の生息確率は、冠水頻度が高いほど高まる正の関係にあった (表 3)。一方、木津川については、イシガイ類の生息有無を冠水頻度のみによって説明できなかった (表 3) ($P=0.72$ 、モデル : AIC=142.3、null モデル : AIC=140.4)。しかし、木津川では、多重ロジスティック回帰の結果から、冠水頻度と植生の有無を両方持つベストモデルが選択さ

表 3. 木曽川と木津川におけるイシガイ類の生息予測ロジスティックモデルのパラメタ。

河川	目的変数	モデルのパラメタ				尤度比検定	AIC
		回帰係数	パラメタA	回帰係数	パラメタB	切片	
木曽川	イシガイ類	0.1154	冠水頻度			-3.7779	$P<0.001$ 27.6
木津川	イシガイ類	0.0026	冠水頻度			-2.6693	$P=0.72$ 142.3
	イシガイ類	0.0193	冠水頻度	19.53	植生	-24.06	$P<0.001$ 109.0

れ (AIC=109.0)、冠水頻度のみのモデル (AIC=142.3) に比べて予測精度の大幅な改善が見られると同時に、統計的な有意性も確認された ($P<0.001$) (表 3)。両変数ともにイシガイ類の生息と正の関係にあり、冠水頻度が大きく、かつ、周辺植生が存在する水域で生息確率が高まることが示された (表 3)。

以上の結果は、木津川においては、冠水頻度のみではイシガイ類生息を予測できないこと、しかしながら、冠水頻度に加えて、水域周辺の植生の有無をモデルに組み込むことで、ある程度予測が可能になることを示している。また、木津川における予測モデルは、冠水頻度が高い、つまり水面からの比高が小さい地盤面に存在するが、周辺植生が存在できる程度に物理的に安定した立地の水域にイシガイ類が生息するというを示している。

木曽川では、勾配も緩く、氾濫原陸域は樹林に覆われているため、頻繁に冠水する低い地盤面に存在する水域でも、増水時に強い物理的攪乱 (掃流力) を受けにくい。そのため、冠水頻度さえ高ければイシガイ類が生息できるという単純なモデルで予測可能であったと考えられる。しかし、木津川では、低い地盤面に存在する多くの水域は、砂州に隣接するといった立地条件のため、冠水頻度が高いと同時に、大きな増水時には強い攪乱を受ける。イシガイ類は強い物理的攪乱を受ける場所では定着できない。そのため、木津川では冠水頻度だけでイシガイ類の生息有無を説明しきれなかったと考えられる。しかし、低い地盤面に存在する水域であっても、例えば河道の屈曲部内側などのように、植生が成立できる程度に増水時の攪乱を緩和できる平面的立地条件にある場合、イシガイ類が生息できたものと考えられる。

今回、調査対象とした木曽川の区間においても、1970～1980 年頃は、現在の木津川と同様の砂州河道が卓越していた。そのため、勾配によって、冠水頻度のみを氾濫原水域環境の評価指標とするか、周辺植生の有無を評価指標に加えるべきかを決定するのは適切ではない。河川景観から捉えることのできる河床形態を加味することによって、評価指標を選択すべきと考える。ただし、木曽川のように河床勾配の緩やかな砂州河道と木津川程度の相対的に急な勾配を持つ砂州河道を同様に扱ってよいか定かではなく、今後の課題である。

3. 1. 3 河道内氾濫原における再生適正地の抽出

手法

氾濫原再生適正地評価手法の精度を検証するため、イシガイ類の生息を実際に調査した 62 箇所の水域について、評価の確認を行った。水域の評価を確認する際に、1 箇所の水域が複数のタイルにまたがる可能性があることから、水域がまたがる複数のタイルの評価値の最頻値をその水域の評価として採用した。

62 箇所の生息調査水域のうち、生息確率が高いと評価された水域は 53 箇所、中程度と評価された水域は 7 箇所、低いと評価された水域は 2 箇所であり、当該区間の氾濫原水域は全体的に生息確率が高いと評価された (表 4)。しかしながら、現地には水域が存在するにも関わらず、氾濫原水域が無いと判定された箇所が 62 箇所中 18 箇所みられた (表 4)。これは、氾濫原水域の有無判定に用いた河川環境基図の水域 SHP データに必ずしも全ての水域が記載されていないためである。

62 箇所中、イシガイ類の生息が実際に確認されているのは 22 箇所あり、うち 20 箇所 (91%) は生息確率が高いと評価された地点であったことから、本手法の妥当性が示された (表 4)。また、氾濫原水域の有無判定で見逃された 18 箇所の水域うち、実際に生息していたのは 1 箇所のみであった (表 4)。これは、イシガイ類が生息する重要な水域については、ほぼ見落としがないことを示している。このことから、いくつかの水域を見落とす河川環境基図の水域 SHP データではあるが、イシガイ類を指標とした環境評価を行なう上では、その使用に支障がないと判断できる。河川環境基図で見逃された 18 箇所の水域は、いずれも小規模な水域であり、空中写真から判読不能だったと考えられる。また、それらの水域は小規模過ぎるために、イシガイ類の生息には不適であったと考えられる。

表 4. イシガイ類の生息調査を実施した水域の生息確率 3 段階評価の内訳と河川環境基図上での水域有無判定の内訳。括弧内は、生息調査によって、実際にイシガイ類の生息が確認された水域数を示す。

生息確率評価	氾濫原水域		合計
	有り	無し	
高 ($\geq 75\%$)	37(19)	16(1)	53(20)
中 (15-75%)	5(2)	2(0)	7(2)
低 ($< 15\%$)	2(0)	0(0)	2(0)
合計	44(21)	18(1)	62(22)

本評価手法は、氾濫原環境の指標種であるイシガイ類の河道内分布評価を、河川管理者が保有する既存のデータに基づいて、可能な限り簡易に行うことを目的として手法の提案を行った。精度検証の結果、木曽川下流域におけるイシガイ類の生息状況を帰納的に説明できることが確認された。本手法の情報処理手順は、全国の直轄河川及び同様の基礎データを備える都道府県管理河川に適用可能であり、有用性は高い。しかしながら、3.1.2に示したとおり、イシガイ類の生息確率を冠水頻度のみで説明するモデルの適用範囲については十分検討されなくてはならない。また、生息確率モデルに新たな変数情報が必要とされた場合、それを面的に展開する手法についても検討が必要である。

3.2 河道掘削の方法と提案(②)

3.2.1 掘削跡地における土砂堆積とイシガイ類生息環境との関係

掘削面の初期設定高さから2012年12月までに堆積した土砂の厚みは、平水以下もしくは平水～豊水の掘削面において大きかった(約0.4～1.0mの堆積)(図9)。これは、豊水以上の掘削面に比べて低い掘削面では、冠水する機会が多いこと、また規模の大きな出水ほど冠水した時の水深が大きくなり、掘削面に持ち込まれる土砂量が多くなるためと考えられる。

調査対象とした河川区間では、0.5mの比高の増大は、概ね低水位レベル(年275日冠水)から豊水位(約95日冠水)以上のレベルになることに相当する。つまり、平水位以下の高さに掘削された場所であっても、豊水位またはそれ以上の高さに水域周辺の標高が高まっており、それだけ水域の冠水頻度が低下していることが予想される。昨年度の成果である、

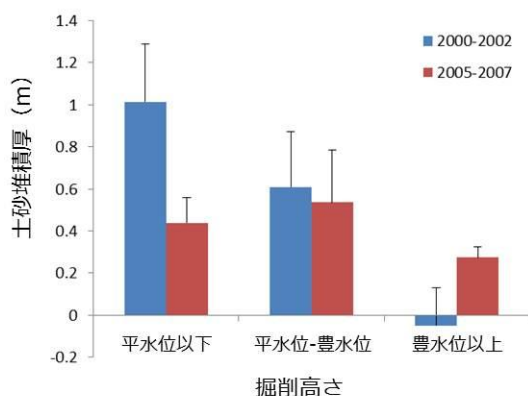


図9. 異なる高さの掘削面における土砂堆積状況

「掘削から時間が経過するとイシガイ類の生息量が低下する傾向」は、ここに示した土砂堆積による冠水頻度の低下が影響しているものと考えられる。

3.3 過去の氾濫原環境の特性把握(全体)

3.3.1 明治期における氾濫原水域と現況水域との比較

現在、イシガイ類の生息が確認されているワンド・たまりが分布する木曽川玉ノ井地区(セグメント2-2)における明治期の河道と現況河道を示す(図10)。木曽川は明治の時点で連続堤の築堤がかなり進んでおり、氾濫原の開発が行われ、農地として利用されている(図10)。本川河道には大きな変化がみられないが、かつて広大な砂礫河原であった範囲に、現在のワンド・たまりが分布していることが確認される。

木曽川玉ノ井地区と同様セグメント2-2であって、現在イシガイ類の生息が確認されている淀川下流部に着目すると(図11)、木曽川とは対照的に、明治時点では連続堤の築堤が途上であり、未開発の広大な氾濫原が確認され、後背湿地には本川河道との連絡が失われていない水域も多数確認される。このように、現在は堤間の堤外地に限定されている氾濫原的な環境は、かつては本川河道と連絡する氾濫原水域との関係で成立していたものであり、木曽川については明治時代において既に、淀川については明治以降現在までに、その連絡が失われたと考えられる。

一方、セグメント2-1の例として、淀川水系木津川を示す(図12)。当該区間は、現在、河道内にたまりが分布し、イシガイ類の生息が確認されている。しかし、明治時代の河道は滞筋が広く、氾濫域にはワンドやたまりのような水域は認められない。木津川は本来、河道内の流路変動が盛んな砂州河道であり、イシガイ類の生息に適した水域は存在しえなかったと考えられる。明治期と現在の滞筋の幅を比較すると、現在の流路は河床低下の末、滞筋が狭く固定化された結果であることが間接的に理解される。つまり、過去数十年の間に進行した河床低下に伴う氾濫域の攪乱の低下が、結果としてイシガイ類の生息場を木津川のこの区間にも生み出した可能性が指摘される。

現時点ではこれらの情報を用いた定量的な検討を行うには至っていないが、今後も代表的な水系について検討を行い、現在の河道内氾濫原の由来について類型化を進めていく計画である。

4. まとめ

本年度（平成 24 年度）は、再生すべき河川区間の抽出技術の開発に関連して、標高と勾配を使った氾濫原指標種イシガイ類の流程分布評価モデルの構築を試みるとともに、異なる河床形態の河川間でイシ

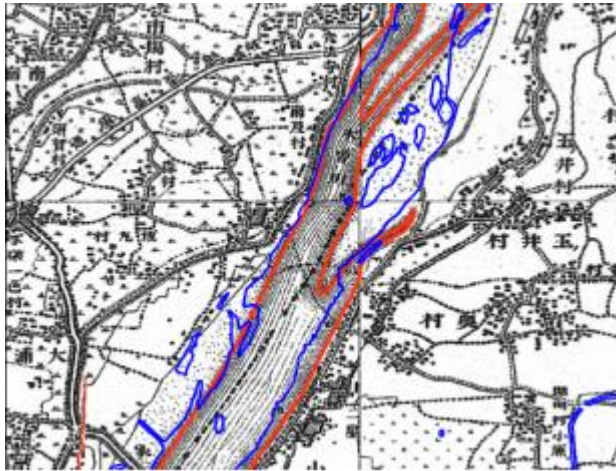


図 10. 木曽川玉ノ井地区の明治期の水域（赤）と現況（青）

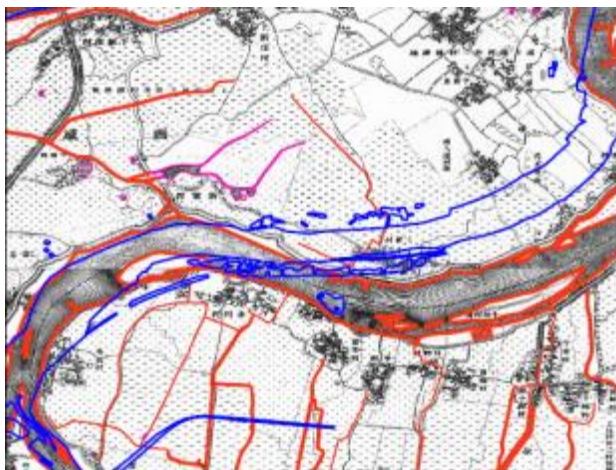


図 11. 淀川下流部の明治期の水域（赤）と現況（青）

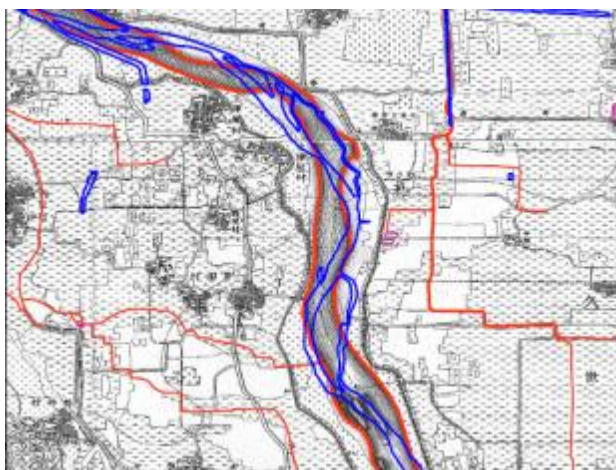


図 12. 木津川下流部の明治期の水域（赤）と現況（青）

ガイ類の生息予測因子としての冠水頻度の有効性について検証し、さらに、氾濫原再生適正地の抽出手法を提示し、精度の検討を行った。また、河道掘削の方法に関連して、様々な高さの掘削（盤下げ）面における、土砂堆積の状況を時系列で比較・検討し、イシガイ類の生息場から見た氾濫原環境の変化について考察した。さらに、本研究全体に関わる課題として、明治期に作成された地形図を基に、過去と現在の氾濫原水域の特性および関連性の把握を試みた。その結果、以下のことが分かった。

- 1) イシガイ類の生息有無を標高と勾配で説明する場合、『タナゴ類の生息あるいは両者（イシガイ類とタナゴ類）のどちらかの生息が確認された箇所はイシガイ類が生息する』と仮定して、タナゴ類あるいは両者を目的変数、2500m バッファーに含まれる河道区間の標高と勾配を説明変数に採用したモデルが適している。
- 2) 河床低下が進行し、陸域が樹林化した河川区間では、氾濫原水域の冠水頻度がイシガイ類の生息を説明するパラメタとなるが、河道内の流路変動が盛んな砂州河道では、冠水頻度に加えて水域周辺の植生の有無をパラメタとして加えることが必要である。
- 3) 木曽川をモデルとして開発した氾濫原再生適正地の抽出手法の精度は高く、同様のデータセットが確保できれば他の河川にも適用可能である。イシガイ類の生息可能性を示すロジスティック回帰モデルに新たなパラメタが必要となる場合においても、モデルを入れ替えることで適用可能である。ただし、新たなパラメタを評価単位であるタイルポリゴンに反映させる GIS 上の技術については新たに検討が必要になる。
- 4) 平水位以下、もしくは平水位～豊水位で掘削された場所で、その後の土砂堆積が多く、冠水頻度の低下を招き、イシガイ類の生息に負の影響を与えている可能性がある。
- 5) 連続堤の整備が途上であった明治期のセグメント 2-2 は、本川河道に連絡する氾濫原水域が多数存在したが、現在は断たれている。また、セグメント 2-1 では、明治期にはイシガイ類が生息し得る水域が存在せず、その後の河床低下と滞筋の固定化の結果として、現在生息可能な水域が形成されていると推定される。

今後は、開発した氾濫原再生適正地の抽出手法をより多くの河川で検証し、必要に応じて精度を高める改善を行うことが必要である。また、河道掘削の手法に関連して、氾濫原再生の際に必要な、水域の量や形状、効果的な平面配置について検討する必要がある。さらに、過去と現在の氾濫原水域を類型化し、その比較を定量的に実施する必要がある。

参考文献

- 1) Tockner & Stanford: Riverine flood plains: present state and future trends, Environmental Conservation Vol.29, pp.308-330, 2002
- 2) Negishi, Sagawa, Sanada, Kume, Ohmori, Miyashita, & Kayaba: Using airborne scanning laser altimetry (LiDAR) to estimate surface connectivity of floodplain water bodies, River Research and Applications, Vol.28, pp.258-267, 2012

DEVELOPMENT OF METHOD FOR FLOODPLAIN RESTORATION BY MANIPULATING GEOMORPHOLOGY OF RIVER

Budget: Grants for operating expenses, General account

Research Period: FY2011-2015

Research Team: Aqua Restoration Research Center

Author: Yuichi Kayaba, Tetsuya Oishi, Shigeya Nagayama

Abstract: We constructed the model using altitude and gradient as independent variables to evaluate longitudinal distribution of Unionoid mussel, an indicator species of floodplain ecosystem, in a river system. We also examined the range in application of probability model to evaluate presence/absence of Unionoid mussel, formulated the method using existing data sets for detecting sites suitable for floodplain restoration, and confirmed the accuracy of the method. In addition, we examined the relationship between the cut-down height of floodplain and the sediment accumulation after the cut-down manipulation and thereby discussed the deterioration of mussel habitat restored by cut-down manipulation. Moreover, we compared the present and the past (Meiji era) states of floodplain water bodies in each of lowland segment and alluvial-fan segment.

Key words: floodplain ecosystem, cut-down of floodplain, channel expansion, restoration