

# 地形変化・生息場・生物の関係性に着目した アユを指標とする河川環境評価手法の提案

AN EVALUATION FRAMEWORK LINKING GEOMORPHIC CHANGE,  
HABITAT STRUCTURE, AND BIOLOGICAL RESPONSE: A CASE STUDY  
USING AYU (*PLECOGLOSSUS ALTIVELIS*)

兵藤 誠<sup>1</sup>・伊東 茶宥<sup>2</sup>・中平 歩<sup>2</sup>・村山 泰明<sup>2</sup>・養田 勝則<sup>2</sup>  
Makoto HYODO, Sasuke ITO, Ayumi NAKAHIRA, Yasuaki MURAYAMA and Katsunori  
YOHDA

<sup>1</sup>正会員 工博 いであ株式会社 大阪支社 (〒559-8519 大阪府住之江区南港北1-24-22)

<sup>2</sup>非会員 いであ株式会社 大阪支社 (〒559-8519 大阪府住之江区南港北1-24-22)

近年、河川環境評価においては定量的手法の整備が進んでいるが、多くは生息場の状態把握を中心とした評価であり、洪水や土砂移動に伴う地形変化と生息場および生物応答の関係性については、必ずしも十分に整理されていない。本研究では、猪名川・藻川直轄管理区間を対象として、簡易魚道のモニタリング結果を活用し、アユを指標として地形変化・生息場・生物応答の関係性を統合的に評価する手法を検討した。遡上・蟄集調査、耳石分析、生息状況調査および地形変化の整理結果を統合し、生物応答（アユ個体数）と生息場条件（早瀬・淵の分布割合）に基づく評価マトリクスを構築した。その結果、魚道機能と生息場条件という異なる要因がアユの生息分布に影響を及ぼしていることが示唆され、両者を適切に評価することの重要性が示された。さらに、地形変化に伴う生息場構造の形成が生物応答に影響を及ぼすことを確認し、河川環境評価においては地形変化を考慮した統合的な評価の必要性和有効性を示した。

**Key Words:** geomorphic change, habitat structure, ecological evaluation, ayu (*Plecoglossus altivelis*)

## 1. はじめに

近年、我が国の河川管理においては、治水・利水に加えて河川環境の整備と保全の重要性が高まり、河川環境を定量的に把握し、その結果を保全・改善に結び付ける実践的手法の構築が求められている<sup>1)</sup>。こうした流れの中で、河川水辺の国勢調査等の既存資料を活用し、区間ごとの環境特性や経年変化を整理する河川環境管理シートの整備が進められてきた<sup>2),3)</sup>。河川環境管理シートは、生物そのものではなく生息場に着眼して河川環境を簡易かつ定量的に評価し、代表区間や保全区間を設定しながら環境改善の優先度や方向性を検討する枠組みとして位置付けられている。

また、河川環境の評価に関しては、物理環境や生物の情報を指標化する多様な研究が蓄積されてきた。例えば、RHS・HQAを用いた河川環境評価では、地形や植生等の環境要素を数値化することで河川環境の状態把握を試みており<sup>4)</sup>、魚類の生物学的指数を用いた評価では、魚類相の特性から河川環境の健全度を診断する手法が提

案されている<sup>5)</sup>。

一方で、これらの評価手法の多くは、ある時点の環境状態を把握する静的評価を基本としており、洪水や土砂移動に伴う地形変化と、それによって形成・更新される生息場の状態、さらにはそれに対する生物の応答を一体として評価する枠組みは十分には確立されていない。河川地形は、流程や空間スケールに応じて多様な形態を示し、それぞれが異なる生息場として機能することが知られている<sup>6)</sup>。また、河床環境は粒径構成、分級、浮石状態等の物理特性によって規定され、生物の生息場機能を左右する基盤として位置付けられている<sup>7)</sup>。

さらに、河川中流域においては、土砂動態が早瀬の形状、水深・流速分布、礫構造の形成に大きく関与し、微生息場の物理環境を規定することが示されている<sup>8)</sup>。また、洪水時の侵食・堆積履歴は、瀬・淵、ワンド、たまり等の生息場構造の更新や河床の軟化・硬化を通じて、生息場の好適性に影響を及ぼすことが明らかにされている<sup>9)</sup>。すなわち、河川の生息場は固定的なものではなく、洪水攪乱と土砂移動によって時空間的に変動する動的な存在である。

このような動的環境と魚類の関係については、アユの産卵床が小規模な瀬や伏流水の影響を受ける場に形成され、その成立には河床地形特性や変動履歴が密接に関与することも報告されている<sup>10)</sup>。また、河床の岩盤化が進行した区間では河川性魚類の生息環境が劣化し、礫河床の復元によって生息環境が改善する可能性も示されている<sup>11)</sup>。これらの知見は、魚類の生息・利用状況を理解する上で、魚道等による移動経路の確保のみならず、遡上後に利用される生息場の質やその形成過程を併せて把握する必要があることを示している。

淀川水系の猪名川・藻川直轄管理区間では、自然再生計画に基づき、複数の横断工作物において簡易魚道が整備され、アユ等を対象としたモニタリングが継続的に実施されてきた。その結果、簡易魚道を整備した複数地点でアユの遡上が確認されている一方で、蜆集個体数が多いにもかかわらず遡上個体数が少ない地点や、遡上先の区間でアユの生息状況に明瞭な差がみられる地点が確認されている。したがって、魚類の応答を評価するにあたっては、魚道機能の良否のみならず、魚道間に存在する早瀬・淵等の生息場構造や、その背景にある地形変化の状況を併せて評価することが重要である。

本論文では、猪名川・藻川を対象として、アユの遡上・蜆集調査、耳石分析、生息状況調査および地形変化と生息場分布の整理結果を統合し、地形変化・生息場・生物応答の関係性を統合的に評価する手法を提示することを目的とする。猪名川・藻川直轄管理区間の位置図及び以降で示す調査箇所との関係を図-1に示す。

## 2. 方法

### (1) 遡上・蜆集調査

対象区間に設置された井堰におけるアユの遡上状況および蜆集状況を把握するため、現地調査を実施した。調査対象は三ヶ井井堰および加茂井堰の2地点とし、2025年4月から6月にかけて、3日間連続の調査を3回実施した。遡上調査では、魚道直上流部に定置網を設置し、翌日の午前中に、魚種、個体数、体長等を記録した。蜆集調査では、魚道直下流部において目視および箱メガネ等を用い、6時から18時までの間に午前・午後に分けて分布範囲および個体概数を記録した。また、補足的に投網を用いて魚種、個体数、体長等を確認するとともに、水温、水深、流速等の測定および流況の記録を行った。その他、分析には、2017年の調査結果も活用した。

### (2) 耳石分析

アユ個体の由来および回遊履歴を把握するため、耳石分析を実施した。分析には、2025年5月29日から6月7にかけて、遡上調査で捕獲された個体のうち各地点3検



図-1 猪名川・藻川直轄管理区間及び調査箇所位置図

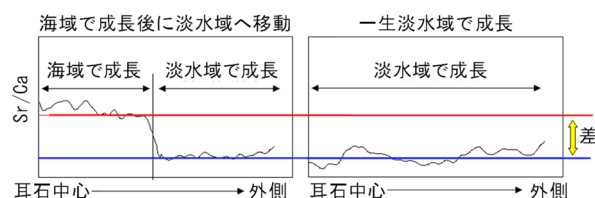


図-2 回遊型・陸封型での耳石分析結果のパターン

体 (計6検体) を用い、耳石の微量元素組成 (Sr/Ca比) を指標として海域回遊履歴の有無を、図-2に示すパターンに基づき分類して判別した。これにより、天然遡上個体と放流由来個体を識別するとともに、遡上個体の起源を明らかにした。さらに、各区間における生息個体との関係性を整理することで、魚道通過個体と生息個体の対応関係を把握し、遡上後の定着状況の評価に活用した。

なお、本分析は補助的な分析として実施した。

### (3) 生息状況調査

対象区間におけるアユの生息状況および縦断分布を把握するため、2025年8月24日から27日にかけて調査を実施し、藻川0kから余野川合流点までの複数の井堰間区間を対象とした。各区間の代表的な早瀬において投網を用いてアユを捕獲し、確認個体数を記録することで、単位区間当たりの生息状況を把握した。さらに、生息場構造

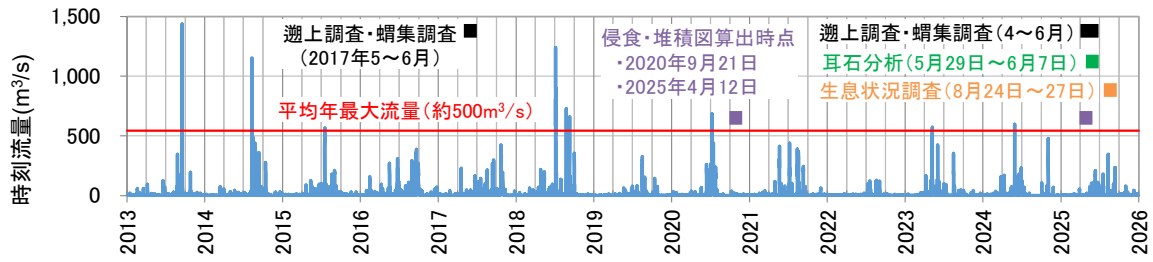


図-3 猪名川における時刻流量ハイドロ（猪名川軍行橋地点）

表-1 遡上・蜆集調査結果（2025）

| 箇所    | 回数 | 遡上調査 |     | 蜆集調査 |       |
|-------|----|------|-----|------|-------|
|       |    | 個体数  | 手法  | 個体数  | 手法    |
| 三ヶ井井堰 | 1回 | 1    | 定置網 | 0    | 潜水目投網 |
|       | 2回 | 2    | 定置網 | 0    | 潜水目投網 |
|       | 3回 | 1    | 定置網 | 1    | 潜水目投網 |
|       | 計  | 4    |     | 6    |       |
| 加茂井堰  | 1回 | 9    | 定置網 | 0    | 潜水目投網 |
|       | 2回 |      | 定置網 | 5    | 潜水目投網 |
|       | 3回 | 1    | 定置網 | 1    | 潜水目投網 |
|       | 計  | 10   |     | 6    |       |

の把握を目的として、瀬・淵・ワンド等の生息場区分を整理し、各区分における生息場の分布状況を把握した。特に、アユの主要な利用場である早瀬および淵に着目し、それぞれの面積割合を算定した。加えて、調査地点において河床材料の写真撮影を行うとともに、粒径区分（上位2位）を記録し、生息場条件の把握を行った。なお、特定時期の実施であり変動の影響を受ける可能性があるため留意されたい。また、加茂井堰～余野川落差工の区間は湛水域で早瀬が無いため、調査の対象外とした。

#### (4) 地形変化および土砂動態の把握

対象区分における地形変化および土砂動態の把握のため、既往の測量データ、空中写真、衛星画像および現地観察結果を用いて、瀬・淵構造の変遷を整理した。特に、洪水前後の2時点の河床形状の変化に着目し、侵食および堆積の分布を把握するとともに、それに伴う生息場構造の変化を整理した。これにより、各区分における生息場の形成過程およびその変動特性を明らかにした。猪名川の軍行橋地点の年最大流量図を図-3に示す。

本研究における侵食・堆積の整理は、2020年9月及び2025年4月の2時点の衛星画像に基づき、水陸境界の変化から陸域化・水域化の状況をそれぞれ判読し、距離標間（約200m間隔）の分布を面的に把握したものである（以下、本論文では侵食・堆積と表記する）。したがって、定期横断測量に基づく河積変化の解析とは異なる手法であり、地形変化の面的な分布を把握することを目的としている。また、写真判読は概ね同一流量規模の条件で取得された画像を用いて比較を行っている。さらに、これらの地形変化は図-3に示す出水履歴との関係を踏まえて

整理しており、調査前の2023年と2024年に平均年最大流量規模の洪水を受けている。

#### (5) 評価マトリクスの構築

生物応答と生息場条件の関係を統合的に評価するため、評価マトリクスを構築した。評価マトリクスは、横軸にアユの確認個体数（生物応答）、縦軸に生息場条件として早瀬および淵の分布割合（生息場構造）を設定し、各区分をプロットすることで作成した。

### 3. 結果

#### (1) 遡上・蜆集状況

各井堰における遡上・蜆集調査の結果、魚道下流部において多くのアユの蜆集が確認された一方で、遡上個体数には地点間で差が認められた（表-1）。特に、三ヶ井井堰では、蜆集個体数が加茂井堰と同じであるにもかかわらず、遡上個体数が少なく、魚道設置後においても、魚道通過に制約が存在することが示唆された。一方で、2017年の調査（後述する図-6）では、大井堰など蜆集個体数および遡上個体数ともに多い地点も確認され、魚道機能が良好に発揮されている地点の存在も明らかとなっている。

#### (2) 耳石分析結果

三ヶ井井堰及び加茂井堰の各地点3検体で計6検体の耳石分析の結果、対象区間で採捕されたアユの多くは海域由来個体であることが確認され、実際に加茂井堰まで各井堰を遡上していることが裏付けられた（図-4）。また、遡上が確認された加茂井堰を含む上流区間の生息状況調査結果においても個体の分布にはばらつきがあり（後述する図-5）、遡上後の定着状況に差が存在することが明らかとなった。これにより、単に魚道を通過するだけでなく、その後の生息場条件が個体分布に影響を与えている可能性が示唆された。

#### (3) 生息状況および生息場分布

アユは調査を実施した8区分全てで確認され、合計171個体が捕獲された（図-5）。8区分の内、区分1と区分2（藻川0k～三ヶ井井堰）での確認個体数が多く、猪名川、

藻川においてアユは全域で分布しているものの、その個体数は三ヶ井井堰より下流に大きく偏っていることが推定された。各区間の早瀬における河床材料の粒径区分の割合を見ると、第1位は粗礫、第2位は中礫が多かった（図-5）。割合についてみると区間1～6は主に粗礫であった。区間6より上流で小石、中石の割合が増加する傾向が見られた。アユの捕獲個体数が多かった区間1と区間2の河床材料をみると、粗礫と中礫が優占しわずかに小石が混ざる傾向が見られた。他区間はいずれも捕獲個体数が少なかったが、優占する粒径区分に共通の傾向はみられなかった。

#### (4) 地形変化と生息場構造

地形変化の分析結果から、瀬・淵構造は洪水に伴う侵食・堆積過程と関連して形成される傾向が認められた。本研究で整理した侵食・堆積は、主に洪水時の流況変化に伴う砂州の移動や河床材料の再配分に起因するものである。また、一部区間では井堰による流況変化や局所的な河道条件の影響、過去の河道掘削等の人為的な影響を受けて、侵食および堆積の分布に差異が生じていると考えられる。図-6に示す侵食・堆積の分布は、衛星画像に基づき判読したものであり、これらの地形変化は生息場構造の形成・更新と密接に関連している。なお、未調査区間を含む区間⑧と区間⑨は分析の対象外とした。特に、侵食と堆積がそれぞれ生じる区間（区間②）では早瀬の形成・更新がみられ、堆積が卓越する区間（区間③）では淵やたまりの発達がみられる傾向が確認された。また、図-3に示す出水履歴を踏まえ、2023年および2024年の出水前後において、生息場構造が再編成されたと考えられるプロセスが確認された。これらの結果は、生息場の分布が固定的なものではなく、土砂動態に起因する地形変化によって動的に形成される傾向があることを示している。

#### (5) 評価マトリクスによる統合結果

評価マトリクスに各区間をプロットした結果、アユの生物応答と生息場条件の関係に基づき、区間は大きく4つの類型に分類された（図-7）。

類型Ⅰ：個体数・生息場ともに良好な区間（早瀬と淵がバランスよく分布し、アユ個体数も多い区間）

類型Ⅱ：生息場条件は良好であるが個体数が少ない区間（生息場構造は整っているが、十分に利用されていない区間。魚道機能や遡上過程における制約により個体の供給が十分でない可能性や、生息場条件との適合が十分でない可能性がある）

類型Ⅲ：個体数が多いが生息場条件が不十分な区間（一時的な利用が示唆される区間）

類型Ⅳ：個体数・生息場ともに不十分な区間（生息環境としての機能が低い区間）

区間⑦では、縦断連続性は一定程度確保されているも

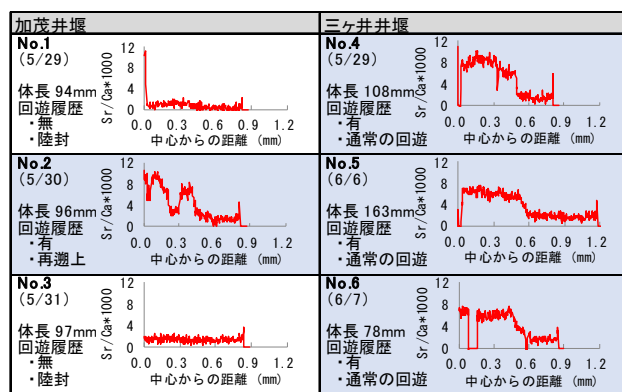


図-4 耳石分析結果（三ヶ井井堰及び加茂井堰）

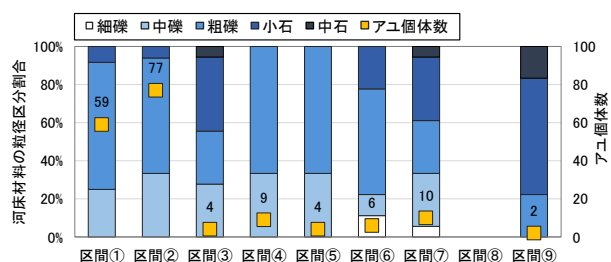


図-5 生息状況調査結果と河床材料の粒径区分の関係

の、生息場（瀬・淵）の条件が必ずしも適していない可能性があり、生息場の量だけでなく質の観点からの改善が必要と考えられる。また、区間③を例にとると、縦断連続性の機能の向上に加えて、相対的に瀬の面積が小さいことから、瀬の創出も課題となる。以上より、魚道機能と生息場条件という異なる要因がアユの生息分布に影響を及ぼしていることが示され、両者を適切に評価することの重要性が示された。なお、地形変化の動的な要素は生息場の形成過程を通じて間接的に反映されている。

#### 4. 考察

遡上・蜆集調査および評価マトリクスの結果から、魚道機能と生息場条件がアユの分布に影響を及ぼすことが示唆された。蜆集個体数が多いにもかかわらず遡上個体数が少ない地点では魚道通過に制約が存在する一方で、遡上が確認されているにもかかわらず上流区間で生息個体数が少ない場合は生息場条件が制約要因となっていると考えられる。このように、生物応答と生息場条件を統合的に評価することで、魚道機能と生息場条件の影響を分離して把握できることが明らかとなり、魚道整備の効果検証において重要な視点を提供する。

また、地形変化の分析結果から、瀬・淵の形成は、2023年・2024年の平均年最大流量規模の洪水時の侵食・堆積過程と密接に関連していることが確認された。兵藤らの既往研究<sup>9)</sup>と同様に、侵食と堆積のバランスにより早瀬が形成・更新され、堆積が卓越する区間では淵が発

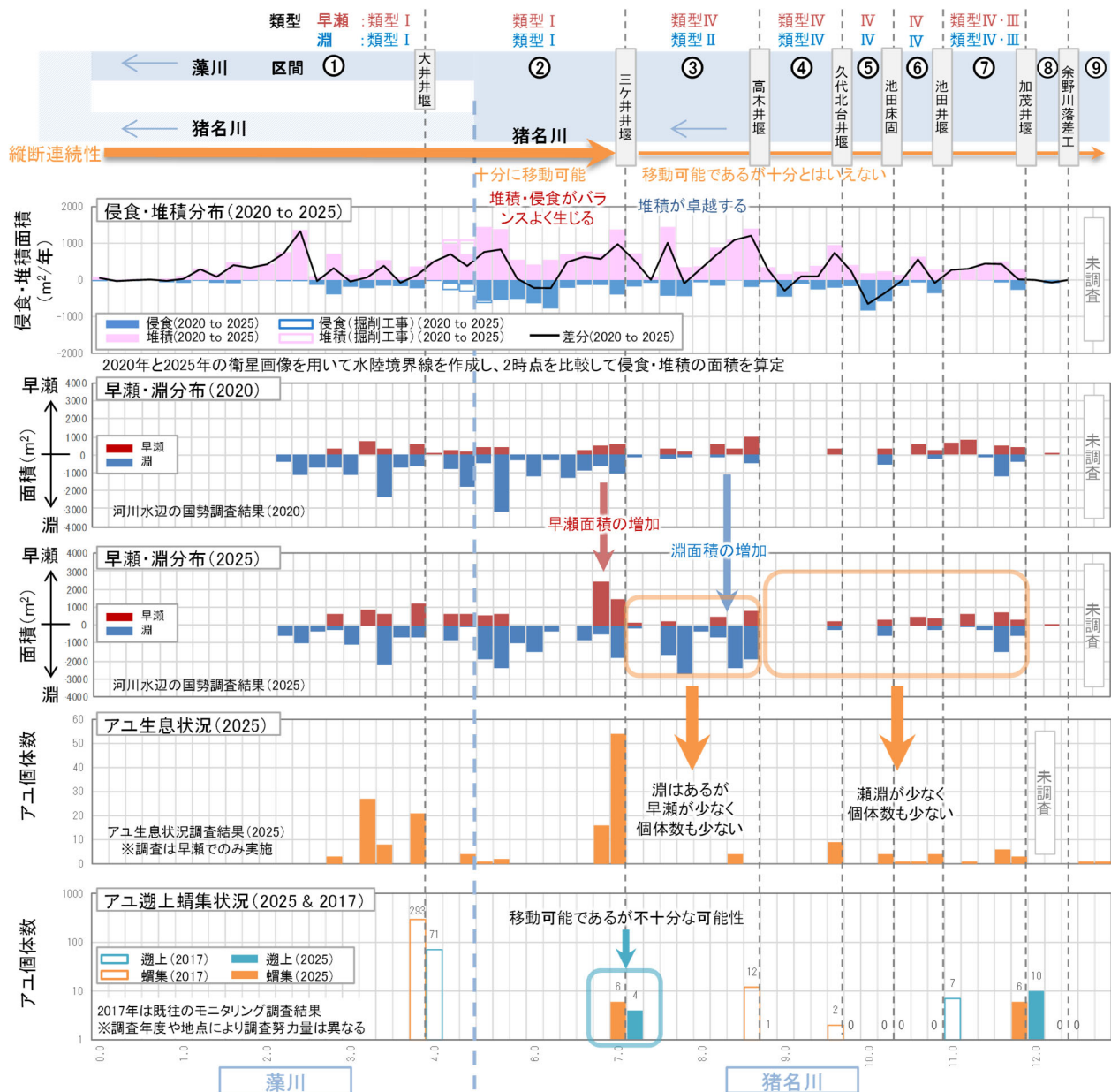


図-6 地形変化と早瀬・淵分布, アユ生息状況の関係性の整理

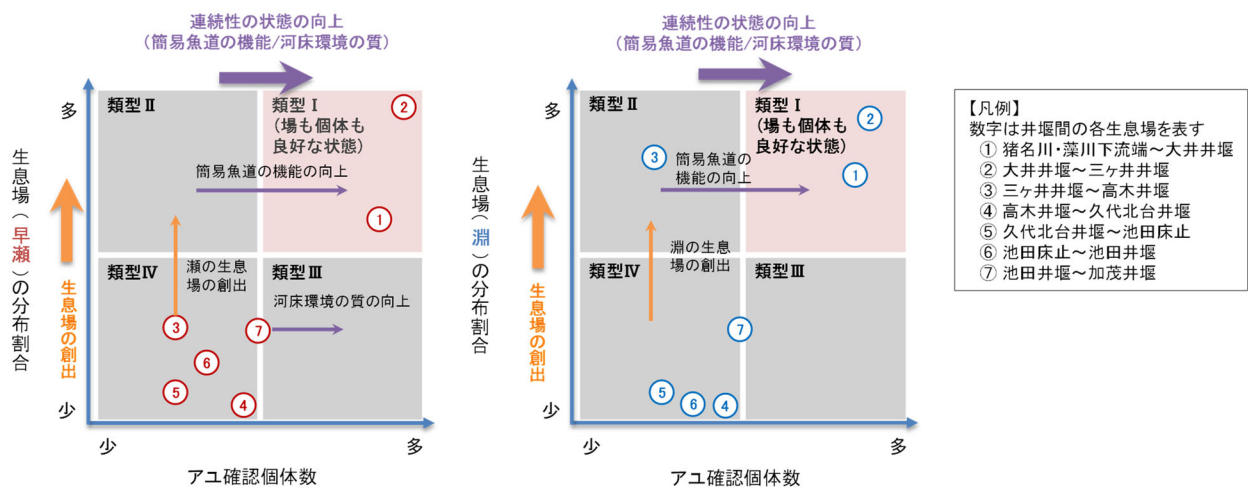


図-7 生息場の分布割合とアユ確認個体数の評価マトリクスに基づく管理方針の考え方

達する傾向が認められ、地形変化が生息場構造を規定する主要因であることが示された。さらに、土砂供給や流量条件が生息場の多様性（微生物場）を形成するとの知花らの指摘<sup>9)</sup>とも整合する結果である。

生息状況調査および評価マトリクスの結果から、アユの生息には早瀬の存在が重要である一方で、淵との組合せによる多様な生息場構造が必要であることが示唆された。アユは早瀬を主な摂餌場とするが、淵やたまりを休息・退避の場として利用するため、単一の生息場が卓越する区間では生息環境が十分に機能しないと考えられる。既往研究<sup>10)</sup>において生息場の質が河床条件や地形変動履歴に依存することが示されており、その結果と整合する。

従来の河川環境評価は、生息場の多様性や生物指標に基づく静的評価が中心であり<sup>4), 5)</sup>、河川環境管理シートにおいても生息場分布と生物との関係に基づく評価が行われてきた<sup>2)</sup>。一方、河川地形や土砂動態に関する研究では、生息場は洪水時の侵食・堆積プロセスにより生息場が変化することが示されている<sup>9)</sup>。本研究はこれらの知見を統合し、地形・生息場の変化と生物の応答を同一フレームで整理し、評価マトリクスとして可視化することで統合的な河川環境評価手法を提示することができた。

本評価結果の解釈にあたっては、区間ごとの延長や面積の違いが影響している可能性があるため、その点に留意が必要である。また、本評価マトリクスは各種調査結果を統合したものであり、魚道機能や地形変化等の影響を含めた評価として位置付けられる。さらに、本研究では放流に関する直接的なデータは扱っていないが、生息状況に影響を与えている可能性がある。なお、本研究では区間単位での整理を基本としているため、区間内における局所的な地形変化や生息場構造の差異については、代表的な傾向として整理しており、局所的な変動については十分に反映されていない可能性がある。

## 5. 結論と課題

本研究では、猪名川・藻川直轄管理区間を対象としてアユの遡上・蜉集調査、耳石分析、生息状況調査および地形変化の整理結果を統合し、生物応答と生息場条件の関係を評価するマトリクスを構築した。その結果、魚道機能と生息場条件という異なる要因がアユの分布に影響を及ぼしていることが示唆され、両者を適切に評価することの重要性が示された。特に、遡上が確認されている手も、生息個体数が少ない区間が存在し、生息場条件が生物応答を規定する重要な要因であることが示された。

また、瀬・淵構造は洪水に伴う侵食・堆積過程と関連して形成される可能性があり、地形変化が生息場構造を通じてアユの生息状況に影響を及ぼしていることが示唆された。以上より、河川環境評価においては、魚道等による縦断連続性の確保に加え、地形変化を考慮した生息

場構造の評価を統合的に行うことが重要であることを示した。本研究で提案した評価マトリクスは、魚道機能と生息場条件の影響を整理し、環境改善の方向性を検討する上で有効な手法であると考えられる。

課題として、動的な地形変化と生物応答との間にタイムラグが存在することから、検証および評価精度の向上が求められる。また、本評価手法の他河川への適用による汎用性の検証も必要である。これらにより、本手法の信頼性および実務面での適用性の向上が期待される。

**謝辞：**本研究は、国土交通省近畿地方整備局猪名川河川事務所の業務委託の成果の一部を活用した。貴重なデータの提供および活用の機会を賜り、ここに感謝の意を表す。また、猪名川自然環境委員会の委員各位には、猪名川自然再生事業報告書（案）に対して多くのご指導・ご助言をいただいております。ここに感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 中村圭吾・服部敦・福濱方哉：河川環境管理の実効性を高めるための課題と取り組み，土木技術資料57-2，pp.10-13，2015.
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：河川環境管理シートを用いた環境評価の手引き，2023.
- 3) 白尾豪宏：河川環境管理シートを用いた環境評価の考え方，リバーフロント研究所報告，第34号，pp.9-18，2023.
- 4) 大石哲也・天野邦彦・尾澤卓思：RHS・HQAの適用による円山川河川環境評価の検討，応用生態工学，8(2)，pp.179-191，2006.
- 5) 中島淳・島谷幸宏・巖島怜・鬼倉徳雄：魚類の生物学的指数を用いた河川環境の健全度評価法，河川技術論文集，第16巻，pp.449-454，2010.
- 6) 永山滋也・原田守啓・萱場祐一：河川地形と生息場の分類～河川管理への活用に向けて～，応用生態工学，18(1)，pp.19-33，2015.
- 7) 原田守啓・萱場祐一：河川中上流域の河床環境に関する研究動向と課題，応用生態工学，18(1)，pp.3-18，2015.
- 8) 知花武佳・林融・三宅基文：河川中流域における土砂の動態が早瀬の物理環境に及ぼす影響，水文・水資源学会誌，Vol.20，No.4，pp.362-372，2007.
- 9) 兵藤誠・竹門康弘・角哲也・栗津陽介・鄧朝暉：洪水時の地形の侵食堆積履歴が河川生息場の好適性に及ぼす影響，土木学会論文集B1（水工学），Vol.70，No.4，I\_1345-I\_1350，2014.
- 10) 兵藤誠・竹門康弘・角哲也：天竜川におけるアユ産卵床の河床地形特性と変動履歴の関係，河川技術論文集，第20巻，pp.67-72，2014.
- 11) 石山信雄・渡辺恵三・永山滋也・中村太士・剣持浩高・高橋浩揮・丸岡昇・岩瀬晴夫：河床の岩盤化が河川性魚類の生息環境に及ぼす影響と礫河床の復元に向けた現地実験の評価，応用生態工学，12(1)，pp.57-66，2009.