

バーストエによって創出された 微環境に応じた魚類群集

FRESHWATER FISH ASSEMBLAGE ACCORDING TO MICROHABITATS CREATED BY A BARB-STRUCTURE IN A RIVER

小野田幸生¹・永山滋也²・高岡広樹³・原田守啓⁴・
加藤康充⁵・高木哲也⁶・萱場祐一⁷・中村圭吾⁸

Yukio ONODA, Shigeya NAGAYAMA, Hiroki TAKAOKA, Morihiro HARADA,
Yasumitsu KATO, Tetsuya TAKAGI, Yuichi KAYABA and Keigo NAKAMURA

¹非会員 博(理) 土木研究所 水環境グループ 自然共生研究センター
(〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地)

²非会員 博(農) 岐阜大学 流域圏科学研究センター (〒501-1193 岐阜県 岐阜市柳戸1-1)

³会員 博(工) 八千代エンジニアリング株式会社 九州支店
(〒810-0062 福岡県福岡市中央区荒戸2丁目1-5)

⁴会員 博(工) 岐阜大学 流域圏科学研究センター (〒501-1193 岐阜県 岐阜市柳戸1-1)

⁵非会員 修(理) 株式会社建設環境研究所 (〒170-0013 豊島区東池袋2-23-2)

⁶非会員 修(工) 応用地質株式会社 茨城営業所 (〒305-0841 つくば市御幸が丘43)

⁷会員 博(工) 土木研究所 水環境グループ (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

⁸会員 博(工) 土木研究所 水環境グループ 河川生態チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

We examined whether a barb-structure can improve fish habitats by providing various physical environment and contribute to fish assemblage consist of various fish species by a field survey in the middle reach of the Katsura River, central Japan. Species diversity H' of fish assemblage and coefficients of variance of depth and velocity in the barb-structure site were compared to those in two sites of the neighboring runs. Diversity of fish assemblage in the barb-structure site was higher than in the other two sites. Also, the barb-structure site had wider range of depth and velocity than that in the two sites, suggesting that diverse physical environment should contribute to diversity of fish assemblage there. Each fish species indicated each localization at subunit scale within the barb-structure site, according to their habitat preference and needs. Therefore, a barb-structure can support diversity of fish assemblage by providing suitable habitats to many species. Additionally, installation of a barb-structure should be more effective in a straight channel with narrow range of physical environment.

Key Words : Pool-riffle structure, species diversity H' , microhabitat use, straight channels

1. はじめに

バーストエは、上流側に向けて低く設置される水制状の構造物で、流心を河岸から遠ざける一方、土砂や水の流れを変化させることによって多様な微環境を創出することができ、環境改善手法の一つとして期待されている¹⁾²⁾。特に、河道内の構造物であるバーストエは、新たな用地取得を必要としないため、都市部を中心とした中小河

川における環境改善手法として実効性を有している。

ただし、バーストエが河川技術として活用されるためには、その施工の結果として創出される物理環境に対する魚類などの生物の応答についても整理され、その効果やメカニズムについて明確化される必要がある。

これまで、バーストエ周辺の物理環境の多様性の形成メカニズムについては、土砂水理学的な検討がなされてきた¹⁾³⁾。一方、生物の応答については、少なくとも日本ではほとんど知見がない。そのため、バーストエ設置による

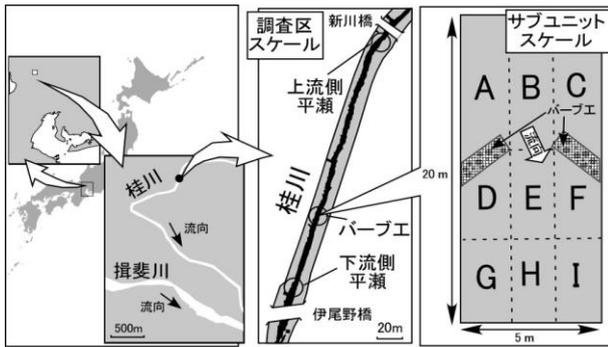


図-1 調査地（調査区スケールとサブユニットスケール）．サブユニットスケールのA-Iは調査グリッド名を表す．バープ工で挟まれた流心部分では、流れが、左岸側に傾いていた。

生物生息環境の創出効果は不明なままである。

本研究では、バープ工の直接的な影響が及ぶ範囲として川幅の4倍程度の長さを持つ調査区スケールと、微生物場を表すサブユニットスケールに着目し、バープ工による魚類生息場の創出効果を調査した。調査区スケールでは、バープ工とその周辺の区間との間で魚類群集の多様性、各魚種の確認個体数と物理環境の変異の差を検討した。調査区をグリッド状に分割するサブユニットスケールでは、バープ工周辺における各魚種の分布決定要因を明らかにするため、魚種ごとの確認個体数と物理環境との関係を検討した。以上の結果を基に、バープ工の設置によって期待される魚類群集の生息環境改善効果とその河川管理への活用について議論した。

2. 方法

(1) 調査地

木曾川水系揖斐川の支流である桂川の中流（伊尾野橋と新川橋の間、岐阜県揖斐郡揖斐川町、河床勾配：1/280）で調査を行った（図-1）。桂川中流は河道幅15 m、流路幅5 m程度の直線的な改修河道であり、単調な物理環境の平瀬が優占する。ここに、2011年10月にバープを兩岸から向かい合わせに設置し、上下流の連続性を保ちつつ河床と河岸の安定性を確保するための構造物（以下、バープ工）が施工された。バープ工は、捨て石をネットで包み、木杭で固定する方法で作られた²⁾。

バープ工とその上下流それぞれの平瀬において、縦断方向に約20 mの調査区を設定した。また、バープ工を含む調査区では、縦断方向に3つ（バープ工の上流側〔縦断方向10 m〕、直下〔5 m〕、下流側〔5 m〕）、横断方向に3つ（流心部と左右岸川に3等分）に細分化した合計9つの調査グリッド（グリッドA-G）を設定した。

(2) データ収集

魚類調査は2013年8月に実施された。下流側から順に、3つの調査区において魚類の潜水目視による定量調査を行った。バープ工を含む調査区では、グリッドごとに観察した。なお、水深が浅すぎて潜水目視が困難な領域については、深い部分に潜行して横から観察した。潜水目視では、可能な限り細かい分類まで同定し（基本的に魚種レベル）、その個体数を計測した。水中での同定が困難な魚類については、補足としてサデ網を用いて捕獲し魚種を同定した。なお、種名表記は、基本的に中坊（2013）⁴⁾に従った。

調査区の物理環境は、魚類の潜水目視調査後に計測した。水深は、各調査区の複数地点において、1 cm単位で計測された。流速は、水深を計測した地点における6割水深の流速を、3次元超音波流速計Flow Tracker（Sontek社製）を用いて、0.1 cm/s単位で計測された。さらに、サブユニットスケールについては、グリッドごとの底質を、Wentworthの粒度階級に従って記録した（砂：<2 mm、砂利：2-16 mm、礫：16-64 mm、石：64-256 mm）。物理環境の変量は、調査区およびグリッドごとに平均値を算出し、代表値とした。

(3) データ解析

バープ工区とその上下流の平瀬区における魚類群集の多様性を比較するために、Shannon-Wienerの H' を以下の式（1）により算出した：

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (1)$$

ここで、 S は群集中の種数、 p_i は群集中の全種の個体数のうちで種 i が占める割合である。この指標は極端な多数個体に対しても頑強性を有しており⁵⁾、稚魚の群れなどによる個体数の局所的な増加に対しても適用しやすい利点を有する。なお、稚魚の群れおよび外来魚が確認された際には、それぞれを含める場合と含めない場合とで、多様性指数を算出した。

調査区スケールでの水深と流速の分布については散布図を作成した。さらに、バープ工の設置によって瀬淵構造が明確化したかを調べるために、フルード数 (Fr) を以下の式（2）により算出した：

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} \quad (2)$$

ここで、 v は流速、 g は重力加速度、 h は水深である。フルード数を用いた瀬淵ユニット区分の分類の閾値はいくつかあるが、水面幅や流速が本調査地と同程度の群別川での閾値（淵： $Fr < 0.13$ 、平瀬： $0.13 \leq Fr < 0.18$ 、早瀬： $Fr \geq 0.18$ ）⁶⁾を目安として利用した。さらに、物理環境のばらつきを比較するため、水深と流速については変動係数を算出した。変動係数は、標準偏差を算術平均で除したもので、平均値が異なる集団間でばらつきを比較す

表-1 調査区スケールの魚類確認個体数と多様度指数.

| 魚種名 | 下流側 平瀬区 | バーブ工 区 | 上流側 平瀬区 |
|-------------------|------------|--------------|------------|
| アユ | 3 | 16 | 2 |
| カワムツ (稚魚) | 150 | 317 (120) | 91 |
| オイカワ | 44 | 25 | 9 |
| アブラハヤ | 0 | 25 | 3 |
| カマツカ | 12 | 23 | 5 |
| アブラボテ | 1 | 10 | 1 |
| シマドジョウ種群 | 12 | 2 | 3 |
| オオクチバス (外来魚) | 3 | 0 | 0 |
| カワヨシノボリ | 17 | 71 | 55 |
| 総個体数 | 242 | 489 | 169 |
| 全個体数を対 象とした場合 | 1.222 | 1.223 | 1.185 |
| 多様度 指数 H' | | | |
| 外来魚を除去 した場合 | 1.170 | — | — |
| 稚魚の群れを 除去した場合 | — | 1.452 | — |

るのに適している。

バーブ工周辺における魚類分布の決定要因を明らかにするため、グリッドを解析単位として、魚類の確認個体数と物理環境変数を用いた単回帰分析を行った。また、各粒径区分の在・不在によって確認個体数に違いがあるかを検証するためにt検定を用いた。なお、グリッドの面積が異なったが、観察時間は同じだったため、観察個体数をそのまま解析に用いた。また、カワムツについては、稚魚の群れによって個体数が大きく変わったため、カワムツ全体を対象にした解析に加え、稚魚の群れを除いた条件でも解析を実施した。解析には統計解析ソフトStatView5.0Jを用いた。

3. 結果

(1) 調査区スケール

魚類調査の結果、3つの調査区全体で、9種（アユ *Plecoglossus altivelis altivelis*, カワムツ *Candidia temminckii*, オイカワ *Opsariichthys platypus*, アブラハヤ *Phoxinus lagowskii steindachneri*, カマツカ *Pseudogobio esocinus esocinus*, アブラボテ *Tanakia limbata*, シマドジョウ種群 *Cobitis biwae complex*, オオクチバス *Micropterus salmoides*, カワヨシノボリ *Rhinogobius flumineus*), 900個体が確認された(表-1)。バーブ工区、上流側の平瀬区では、オオクチバス以外の8種が、下流側の調査区ではアブラハヤ以外の8種が確認された。個体数はバーブ工区で一番多く(489個体, カワムツの稚魚120個体を含む), 下流

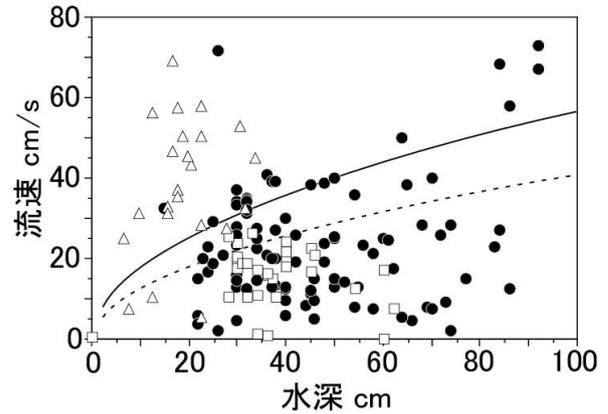


図-2 調査区内の水深と流速の分布.

△, ●, □は, それぞれ上流側平瀬区, バーブ工区, 下流側平瀬区を表す. 実線と点線の曲線は, それぞれ $Fr = 0.18$, 0.13 のラインを表す.

表-2 調査区スケールにおける瀬淵ユニット区分割合と水深と流速の変動係数.

| | 瀬淵ユニット区分% | | | 変動係数 | |
|--------|-----------|------|------|-------|-------|
| | 淵 | 平瀬 | 早瀬 | 水深 | 流速 |
| 上流側平瀬区 | 13.0 | 4.3 | 82.6 | 0.369 | 0.439 |
| バーブ工区 | 63.4 | 15.1 | 21.5 | 0.402 | 0.643 |
| 下流側平瀬区 | 90.3 | 9.7 | 0.0 | 0.308 | 0.460 |

※瀬淵ユニット区分の分類は Fr に基づく(詳細は方法を参照のこと)。

側の平瀬区(242), 上流側の平瀬区(169)と続いた。

全個体数を対象とした多様度指数は、バーブ工区で高く(1.223), 下流側の平瀬区(1.222), 上流側の平瀬区(1.185)と続いた。なお、外来魚のオオクチバスを除去した場合、下流側の平瀬区が多様度指数は1.170に減少した。また、カワムツの稚魚の群れを除去した場合、バーブ工区が多様度指数は1.452に増加した。いずれにしても、バーブ工区が多様度指数が最大だった。

水深と流速の分布を図-2に、 Fr に基づく瀬淵ユニットの分類を表-2に示す。上流側の平瀬区では、水深は34 cm以下と小さく、流速は最大で68.7 cm/sと高流速が多く見られ、早瀬の割合が82.6%と高かった。下流側の平瀬区では、水深は30 - 60 cmの範囲にまとまり、流速は26.7 cm/s以下と小さく、淵の割合が90.3%と高かった。一方、バーブ工区では、水深20 cm以下の範囲は少なかったが、上流側および下流側の平瀬区の水深と流速の範囲をカバーするとともに、水深と流速の両方が大きな領域にも分布が見られた。バーブ工区では、淵が63.4%と高かったが、他の調査区より瀬淵ユニット区分の割合の偏りが小さかった。

水深と流速の変動係数は、両方ともバーブ工区で最も大きかった(表-2)。水深は、バーブ工区で 46.8 ± 18.7 cm(平均 ± 標準偏差), 下流平瀬区で 37.3 ± 11.5 cm,

表-3 サブユニットスケール（バープ工区内）におけるグリッドごとの物理環境と魚類の確認個体数.

| グリッド | 物理環境 | | | | | | 魚類 | | | | | | | |
|------|----------|------------|---|----|---|---|----|--------------|------|-------|-------|------|--------------|-------------|
| | 水深 cm | 流速 cm/s | 砂 | 砂利 | 礫 | 石 | アユ | カワムツ (稚魚) | オイカワ | アブラハヤ | アブラボテ | カマツカ | シマドジョウ 種群 | カワ ヨシノボリ |
| A | 31.6 | 21.9 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 81 (50) | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | 7 |
| B | 36.0 | 34.9 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 16 |
| C | 31.2 | 26.0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 90 (70) | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 13 |
| D | 55.1 | 12.1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 37 | 0 | 7 | 1 | 3 | 1 | 5 |
| E | 77.5 | 42.9 | 1 | 1 | 0 | 1 | 8 | 3 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 4 |
| F | 71.2 | 34.7 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 4 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| G | 37.7 | 13.2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 40 | 2 | 10 | 0 | 10 | 0 | 1 |
| H | 52.8 | 25.8 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 9 | 13 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 |
| I | 46.4 | 20.3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 5 | 50 | 3 | 4 | 7 | 1 | 1 | 12 |

※流速, 水深は平均値を表す. ※粒径区分の1, 0は, それぞれ「有り」と「無し」を表す.

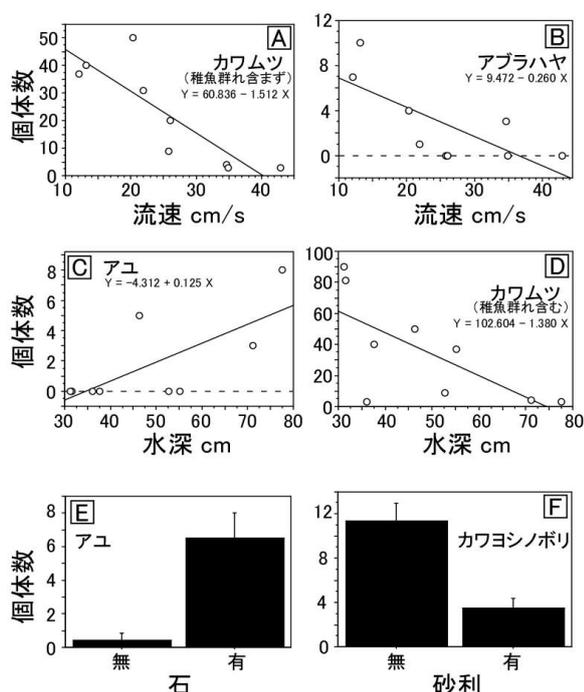


図-3 サブユニットスケールにおける物理環境と魚類の個体数との関係.

図中の直線と式は, それぞれ回帰直線と回帰式を表す. エラーバーは標準誤差を表す.

上流平瀬区で 19.5 ± 7.2 cm だった. その変動係数も, バープ工区 (0.402) の方が, 上流側の平瀬区 (0.369), 下流側の平瀬区 (0.308) よりも大きかった. 流速は, バープ工区で 23.5 ± 15.1 cm/s, 上流側の平瀬区で 37.8 ± 16.6 cm/s, 下流側の平瀬区で 16.1 ± 7.4 cm/s であり, 標準偏差は上流側の平瀬区で大きかったものの, その変動係数は, バープ工区 (0.643) の方が, 上流側の平瀬区 (0.439), 下流側の平瀬区 (0.460) よりも大きかった.

(2) サブユニットスケール

バープ工区内のグリッドの平均水深は31.2 cm (グリッ

ドC) から77.5 cm (E) の範囲で, 平均流速は12.1 cm/s (D) から42.9 cm/s (E) の範囲だった (表-3). 底質は, 上流側のグリッド (A-C) では礫が優占したが, 下流側のグリッド (D-I) では礫以外の底質も見られた.

魚類については, 種類ごとに確認数が多いグリッドが異なった (表-3). アユはグリッドE, I (それぞれ8, 5個体) で多かった. カワムツはグリッドA, C (それぞれ81, 90個体) で多く, その多くがバープ工の直上流の低流速の浅水域で確認された稚魚の群れによるものだった. 稚魚の群れを抜くとカワムツはグリッドG, I (それぞれ40, 50個体) で多かった. その他に, 魚種ごとに多くの個体数が観察されたグリッドを列挙すると, オイカワはグリッドHで13個体, アブラハヤはグリッドG, Dでそれぞれ10, 7個体, アブラボテはグリッドIで7個体, カマツカはグリッドGで10個体, シマドジョウ種群はグリッドD, Iでそれぞれ1個体, カワヨシノボリはグリッドB, C, Iでそれぞれ16, 13, 12個体だった.

魚種ごとの確認個体数と物理環境との単回帰分析の結果 (図-3), カワムツ (稚魚の群れ含まず) の個体数は, 流速の増加に伴い減少した ($F_{1,7} = 19.422, p < 0.01$, 図-3A). 同様に, アブラハヤも流速の増加に伴い減少した ($F_{1,7} = 8.274, p = 0.02$, 図-3B). アユの個体数は水深の増加に伴って増加した ($F_{1,7} = 7.276, p = 0.03$, 図-3C). 一方, カワムツ (稚魚の群れ含む) の個体数は水深が増加するほど減少した ($F_{1,7} = 6.410, p = 0.04$, 図-3D). また, アユは石の有るグリッドの方が個体数が多く ($p < 0.01, t$ -test, 図-3E), カワヨシノボリは砂利の無いグリッドの方が個体数が多かった ($p < 0.01, t$ -test, 図-3F).

4. 考察

(1) 調査区スケールの比較によるバープ工区の特徴

調査区スケールでの比較の結果, バープ工区では魚類の多様性指数が最大であり, 多様な魚類群集であることが示された (表-1). 下流側の平瀬区における多様性指

数との差はわずかだったものの、その構成魚種に外来種のオオクチバスが含まれていることを考慮する必要がある。この外来種を除くと、下流側の平瀬区の多様度指数は3つの調査区の中で最低となり、バープ工区の魚類の多様度指数が高いことが追認された。さらに、バープ工区で特徴的だった稚魚の群れによる偏りを除去した場合には、バープ工区の魚類の多様度指数はさらに増加した。これらは、バープ工区で最も多様な魚類群集が確認されたことを示す結果であり、バープ工の設置の効果と考えられる。

その要因として、詳細に調査した水深と流速に注目すると、バープ工区では水深と流速ともに、変動係数が最大であり(表-2)、環境のばらつきが大きかったことによる効果と考えられる。Frに基づく瀬淵ユニット区分の割合は、バープ工区で、淵、平瀬、早瀬のバランスが良く(表-2)、瀬淵構造が明確化されたことを示唆する。ただし、今回用いた瀬淵ユニット区分のFrの閾値が他の河川で設定されたものであり⁶⁾、本調査区に対する適用可能性について未検証であることには注意を要する。それでも、バープ工区が上流側平瀬区の早瀬的な環境と下流側平瀬区の淵的な環境の両方をカバーしたことは(図-2)、バープ工区が早瀬的環境と淵的環境の両方を含むことを意味し、バープ工の設置によって瀬淵構造が明確化された結果と考えられる。

流路の直線化は環境の均質化を通じて、魚類の多様性に影響することが報告されており⁷⁾、本調査での直線区間の平瀬(上流側、下流側の平瀬区)における狭い環境幅は、魚類群集の多様度の低さの一因と言えるだろう。逆に、水深と流速のばらつきと魚類の多様性とのある程度の相関性も確認されていること⁸⁾を考慮すると、バープ工の設置に伴う多様な物理環境の創出が、多様な魚類群集の成立に有利に働いたものと考えられる。

(2) サブユニットスケール(バープ工区内)における物理環境と魚類の多寡との関連

サブユニットスケールにおける、物理環境と魚類の多寡との解析結果は、バープ工区内の多様な物理環境が、多くの魚種の生息場所要求を満たしたことを示唆した。なぜなら、物理環境と魚種の個体数との間に有意な関連性が確認された項目については、既往研究での物理環境に対する選好性で概ね説明可能だったからである。

たとえば、カワムツの稚魚が多かったグリッドA、Cは水深が小さかったことが特徴的で(表-3)、カワムツ(稚魚の群れを含む)と水深との間に負の関連が確認された(図-3D)。既往研究では、コイ科稚魚は岸際(の浅水域)の低流速域を利用することが報告され⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾、本研究の結果もその生息場所利用を反映したのと考えられる。カワムツ稚魚が確認されたのは、バープ工で砂州が形成された浅水域であり²⁾、さらに微小スケールでは流速も低い領域だった。低流速よりも浅水域の重要性

が抽出されたのは、魚食魚の捕食からの忌避が一因かもしれない。区間スケールで低流速域が優占した下流側平瀬区ではオオクチバスが確認されており、そのような場合には、低流速のみではカワムツの稚魚の生存にとって十分ではなく、物理的に大型の魚食魚に侵入されにくい浅水域が相対的に重要になるかもしれない。

稚魚の群れを抜いたカワムツでは、流速と個体数との間に負の関係性が見られ(図-3A)、低流速域の重要性が示された。カワムツによる流速の選好性は、35 cm/sまでの低流速域で高いことが知られており¹²⁾、本研究でもその範囲で個体数が多かった。したがって、本研究の結果も流速の選好性を反映したのと考えられた。本研究では、同じ遊泳魚のアブラハヤでも、カワムツと同様の低流速域での高密度が確認された(図-3B)。アブラハヤの流速に対する選好性は30 cm/s程度を超えると急減することが報告されており¹³⁾、その低流速域に対する選好性を反映したのと考えられた。遊泳魚の流速耐性の指標として巡航速度があり、体長の倍数(通常は2-3倍)として整理されている¹⁴⁾ことを考慮すると、多くの魚種にとって高流速は好ましくないと考えられる。

ただし、アユは体サイズに対してかなり高流速まで耐えられることが知られており(体サイズの10倍程度の巡航速度)¹⁴⁾、バープ工区内で見られた流速範囲では流速が制限要因にならなかったのと考えられる。一方で、アユは、石面の付着藻類を摂食する性質を有し⁹⁾、大きな粒径の石を摂食場所として好む¹⁵⁾。本研究で、アユの個体数が石の有るグリッドの方が多かった結果は(図-3E)、この選好性を反映した結果と考えられる。

また、アユの深い水深への選好性も知られており¹⁶⁾、アユの個体数と水深との正の関係性は(図-3C)、それを反映した結果であると考えられる。ここで注目したいのは、稚魚を含めたカワムツでは浅いほど個体数が多かったのに対して、アユでは深いほど個体数が多いという逆のパターンを示したことである。つまり、魚種によって環境要因に対する反応が逆になる場合があり、したがって、ある一定の区間で多様な環境が存在しないと、これらの多くの魚種の環境要求性を満たすことは困難だと考えられる。

底生魚は河床表面を徘徊するため、底質との関連が高いと考えられ、実際カワヨシノボリは砂利がなかったグリッドで個体数が多かった(図-3F)。ヨシノボリ類は大きな河床材料を選好することが知られており¹²⁾¹⁶⁾、個体数が多かったグリッドB、Cでは礫が優占し、グリッドIでは石が存在した。これらのことから、砂利よりも大きな粒径の底質への選好の結果として、砂利の無いグリッドで個体数が高くなったと考えられる。

物理環境との明確な関係性が見られなかった種(オイカワ、アブラボテ、カマツカ、シマドジョウ)については今後の詳細な調査や検討を要するものの、関係性が確認された魚類の微小分布は、選好する微環境の存在で説

明可能であることが明らかとなった。これらのことから、バープ工区では、バープ工設置によって創出された微環境が、各魚種の選好性を満たすことによって、多様な魚類群集が形成されたと考えられる。

(3) バープ工の効果と河川管理への活用

バープ工は瀬淵を形成したり、その上流側に土砂を堆積させたりすることで、多様な環境を創出すると考えられている²³⁾。本研究では、バープ工区では早瀬的、淵的な環境の両方をカバーしたことが確認され、瀬淵構造が明確化されることで多様な環境が創出されたと考えられた。本調査対象のバープ工では流心部分で流れが傾いており(図-1)、それが瀬淵構造に及ぼした効果については検討が必要だが、バープ工が砂州を形成することを考慮すると²³⁾、瀬淵構造の明確化はバープ工設置の一般的な効果と考えられる。多様な物理環境がバープ工周辺に集中することによって、先述の通り、多くの魚種の様々な環境要求性を満たせると考えられる。それに加え、同じ魚種でも利用目的(行動モード)によって環境に対する選好性が異なることが知られており¹⁷⁾、各魚種の行動圏の中で異なる選好性を満たす物理環境が揃っていることは、各魚種の生存にとって重要であると考えられる。また、川幅が十分でなく深堀の水路状の河川では、岸際の浅水域は形成されにくいと考えられる。バープ工は、その上流側の岸際に土砂を堆積させるため²³⁾、そのような環境を創出可能である。先述の通り、低流速の浅水域は稚仔魚にとって重要な環境であるため、バープ工の設置は魚類の生活史を保障する効果もあると考えられる。

バープ工による多様な物理環境の創出が効果を発揮するのは、均質化された環境に対してであり、直線河道や平瀬化した単調な河道を対象にしたバープ工の設置は今後も効果的な手法の一つであると考えられる。さらにその効果を高めるためには、直線河道や平瀬化区間の均質化を把握し、それにより影響を受けている魚種とそれが必要とする生息環境を明確化する必要があるだろう。それが分かれば、バープ工の設置角度³⁾などの条件を変えたシミュレーション結果を参照することで、目的とした生息場所改善効果が発揮できるかを予測でき、より良い計画や設計につなげられる。

本研究は、バープ工によって創出された微環境に応じた魚類調査によって、多様な物理環境の創出が様々な魚種や成長段階の魚類の生息場所改善に貢献できることを示した貴重な知見と言える。ただし、スナップショット的な調査による成果であるため、同様の研究を通じたさらなる知見集積によって、一般性の検証を進め、魚類の応答予測の精度向上を図っていく必要があるだろう。

謝辞：本研究を行うにあたり、自然共生研究センター諸氏には有益な議論を頂きました。ここに記して感謝申し

上げます。

参考文献

- 1) 原田守啓, 高岡広樹, 大石哲也, 萱場祐一: 新しい河道安定工法の実用化に向けた調査研究の取り組み, 河川技術論文集, 19, pp. 87-92, 2013.
- 2) 高岡広樹, 原田守啓, 大石哲也, 萱場祐一: バープ工による河床変動特性と流れの多様性について, 環境システム研究論文, 41, pp. 97-102, 2013.
- 3) 原田守啓, 高岡広樹, 大石哲也, 萱場祐一, 藤田裕一郎: 設置角度の異なる越流型上向き水制の河床変動特性に関する実験的研究, 土木学会論文集 B1 (水工学), 69(4), pp. I_1189-I_1194, 2013.
- 4) 中坊徹次(編): 日本産魚類検索全種の同定(第三版), 東海大学出版会, 2013.
- 5) 宮下直, 野田隆史: 群集生態学, 東京大学出版会, 2003.
- 6) 野上毅, 渡邊康玄, 中津川誠: 急流河川における河床地形の定量的区分, 水工学論文集, 47, pp. 1087-1092, 2003.
- 7) 島谷幸宏, 小栗幸雄, 萱場祐一: 中小河川改修前後の生物生息空間と魚類相の変化, 水工学論文集, 38, pp. 337-344, 1994.
- 8) 砂田憲吾, 川村和也: 河道の物理的多様性と生息魚類の多様性に関する基礎的研究, 河川技術論文集, 9, pp. 415-420, 2003.
- 9) 宮地傳三郎, 川那部浩哉, 水野信彦: 原色日本淡水魚図鑑(全改訂新版), 保育社, 1976.
- 10) 萱場祐一, 吉田桂治, 田村秀夫, 剣持浩高, 高木茂知, 林尚: 水際における生息場所タイプと魚類の生息分布 - 砂鉄川における現地調査結果から -, 河川技術論文集, 11, pp. 31-34, 2005.
- 11) 佐川志朗, 萱場祐一, 荒井浩昭, 天野邦彦: コイ科稚仔魚の生息場所選択-人工増水と生息場所との関係-, 応用生態工学, 7, pp. 129-138, 2005.
- 12) 河村三郎: 魚類生息環境の水理学, 財団法人リバーフロント整備センター, 2003.
- 13) 辻本哲郎, 永禮大: 魚類生息環境変質の評価のシナリオ, 水工学論文集, 43, pp. 947-952, 1999.
- 14) 塚本勝巳: 17. 遊泳生理, In: 板沢靖男, 羽生功(編) 魚類生理学, 恒星社厚生閣, pp. 539-584, 1991.
- 15) 阿部信一郎, 新井肇, 荒木康男, 榎本昌宏, 原徹, 藤本勝彦, 伊藤陽人, 井塚隆, 松崎賢, 田子泰彦, 山本敏哉: 河床に露出した巨石の割合とアユの漁獲不振の関係, 水産増殖, 62(1), pp. 37-43, 2014.
- 16) 中村俊六, テリー・ワドゥル訳, アメリカ合衆国内務省/国立生物研究所著: IFIM 入門, (財) リバーフロント整備センター, 1999.
- 17) 楊継東, 関根雅彦, 浮田正夫, 今井剛: 行動モードを考慮した魚の生息環境評価手法に関する研究, 土木学会論文集, No. 671/VII-18, pp. 13-23, 2001.

(2019. 4. 2受付)