

落差構造物に適用可能なポータブル魚道システムの開発

国立高等専門学校機構 香川高等専門学校
建設環境工学科 准教授 高橋直己

1. はじめに

河川では多くの水生動物が上下流へと移動するため、河川環境の保全を考える際には河川の連続性を確保する必要がある。高橋らはこれまでの研究において、低コストで容易に作成・設置ができるポータブル魚道（可搬魚道）を開発し、魚道内部の構成と現場への設置方法に関する実験的検討を進めている¹⁾。本技術の課題は、高さ1 m程度の堰堤では容易に効果を発揮できるが、高さ2 m程度の比較的落差の大きな現場での運用事例がなく、現場での魚道設置に関する検討や、特に重量に関する構造改良が十分ではないことである。本研究では、比較的落差の大きな現場での運用を想定して、魚道構造を軽量化し、現場での遡上環境構築方法を提案する。なお本研究は、一般社団法人四国クリエイティブ協会の「2021年度建設事業に関する技術開発支援制度」による助成を受けて実施したものである。

2. 魚道構造改良の検討

既往研究で開発したV形断面可搬魚道¹⁾の寸法を1/2に縮小することで、単位長さあたりの重量を5.4 kg減少させることができ、現場での運搬が容易になった。図1に示す流況調整ブロック（より急勾配での魚道運用を可能にするためのブロック）の設置位置および隔壁設置間隔と魚道内水深・流速の関係について検討するため、表1 Case 1～Case 7にて、ピトー管および定規を用いて流速 v と水深 h を測定した。測点を図2に示す。

Case 1～Case 4の流速分布を図3に示す。ここでは、著者が研究対象とする魚種の内、比較的遊泳能力の低い希少ドジョウ類であるエゾホトケドジョウ (*Lefua nikkonis*) の遊泳速度を用いて考察する。当該魚種が遡上可能な流れ場が形成されていれば、アユなどのより遊泳能力の高い魚種の遡上も可能であると考えられる。流況調整ブロックを配置していないCase 1の流速は概ね90 cm/sを上回ったが、流況調整ブロックを配置したCase 2～Case 4では約70 cm/s以下に低減できた。特にCase 4は、既往研究におけるエゾホトケドジョウ遡上時の

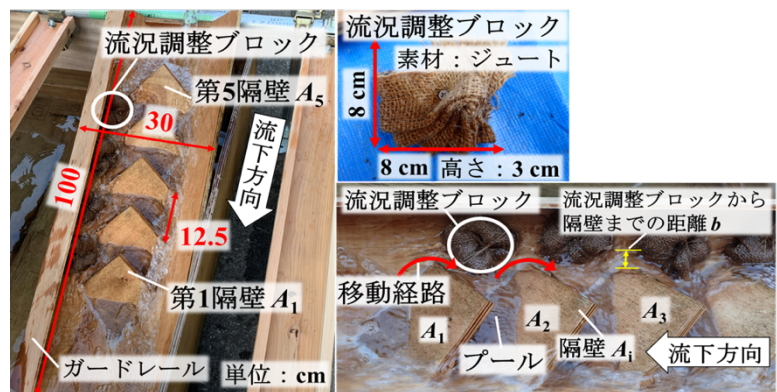


図1 提案魚道の諸元

表1 魚道構造に関する実験条件

| Case | Q (L/s) | θ (°) | L_p (cm) | L (cm) | b (cm) | 流況調整ブロックの配置 |
|------|-----------|--------------|------------|----------|----------|-------------|
| 1 | 0.92 | 23 | 12.5 | 5.5 | ブロック無し | ブロック無し |
| 2 | 0.92 | 23 | 12.5 | 5.7 | 3 | 右岸のみ |
| 3 | 0.92 | 23 | 12.5 | 4.5 | 2 | 右岸のみ |
| 4 | 0.92 | 23 | 12.5 | 4.0 | 1 | 右岸のみ |
| 5 | 0.92 | 30 | 12.5 | 7.0 | 1 | 右岸のみ |
| 6 | 0.92 | 30 | 12.5 | 7.0 | 1 | 両岸 |
| 7 | 0.92 | 30 | 7.5 | 4.0 | 1 | 両岸 |

Q : 流量, θ : 魚道設置角, L_p : 隔壁設置間隔
 L : 移動経路長, b : 流況調整ブロックから隔壁までの距離

最大流速 56 cm/s^2 と同程度かそれ以下の流速になる点が多かった。Case 4～Case 7の流速分布を図4に示す。Case 5とCase 6は、Case 4と比較して流速が大きかった。一方で、隔壁設置間隔 L_p を7.5 cmに変更したCase 7は、Case 4と同程度の流速場を創出できた。Case 4～Case 7の移動経路水深を図5に示す。全Caseにおいてエゾホトケドジョウの体高²⁾以上の水深を確保できたが、Case 5とCase 6は、Case 4と比較して水深が低い傾向にあった。一方Case 7は、 $l_2 \cdot l_3$ においてCase 4と同程度かそれ以上の水深を確保できた。

Case 1の条件を用いて、現地実験を実施した結果、ヨシノボリ属 (*Rhinogobius sp.*)、スジエビ (*Palaemon paucidens*)、テナガエビ属 (*Macrobrachium sp.*) が大量に遡上した (2022/9/28)。またCase 7の条件を用いてエゾホトケドジョウ遡上阻害地点に提案魚道を設置した結果、大量のエゾホトケドジョウが提案魚道を利用して遡上した (2021/8/28)。既往研究の現地実験¹⁾ではドジョウ類の遡上は観察されておらず、この実験で初めて、ドジョウ類が提案魚道を利用することが現場で確認された。

3. 高落差部への可搬魚道設置方法の検討

図6に本研究で提案する可搬魚道システムの概要を示す。3つのV形断面可搬魚道Unitをらせん状に組み上げ、魚道の遡上入口を堰堤に近づけることを試みた。流況調整ブロックから隔壁までの距離 b には、2章での検討結果にもとづき $b=1 \text{ cm}$ の条件を採用した。

可動堰により約2 mの落差が生じる現場に、提案魚道システムを導入し、遡上環境を構築できるかを検証した。現場に構築した魚道システムを図7に、水深・流速の測点を図8に示す。水深は定規で、流速はプロペラ式流速計 (KENEK VR-301) で測定した。ここではUnit 2での測定結果について考察する。移動経路における水深測定結果を図

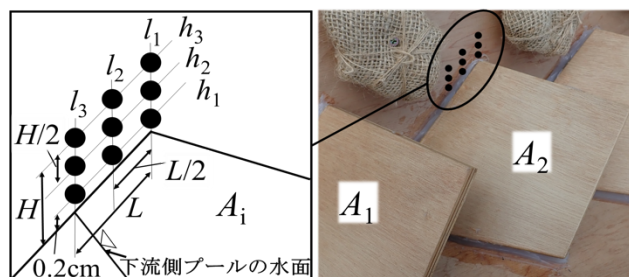


図2 魚道内での水深・流速測点

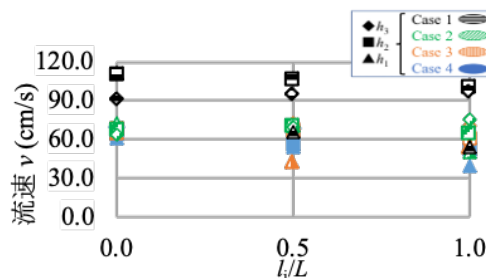


図3 流速分布 (Case 1～Case 4)

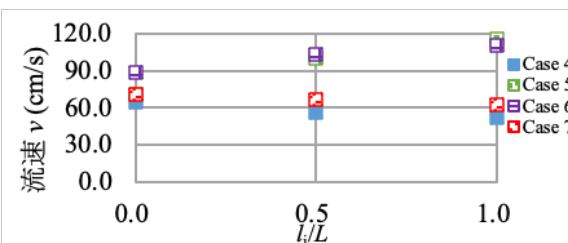


図4 流速分布 (Case 4～Case 7)

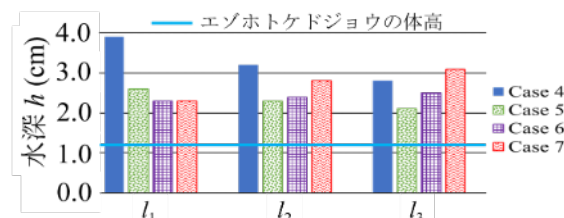


図5 移動経路水深 (Case 4～Case 7)

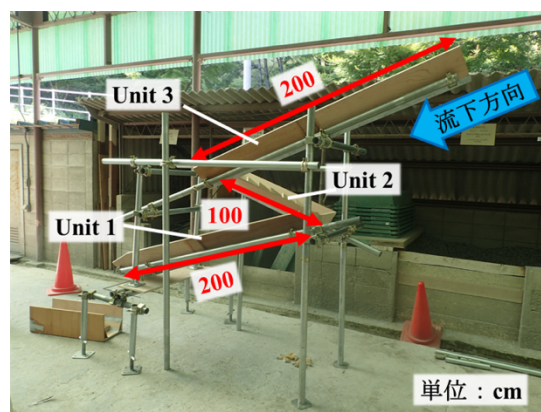


図6 提案魚道システムの構成

9に、流速測定結果を図10示す。流況調整ブロックを装着した右岸側の水深は、約6 cmだった。体高の観点から、小型魚類をはじめ、アユなどの中型魚類でも遡上可能な水深が確保されていると考えられる。流速については、移動経路では約50～70 cm/s、休憩用プール内では約8 cm/sであった。移動経路の区間長は5 cm程度であり、水生動物は遡上時にわずかな距離を進むだけで上流側の休憩用プールに到達できる状態であった。現場で魚道システム構築と撤去に要した時間は、構築時では20分、撤去時では8分であり、本システムにより落差約2 mの現場にて、可搬魚道を用いて速やかに水生動物の遡上環境を構築できることが確認された。

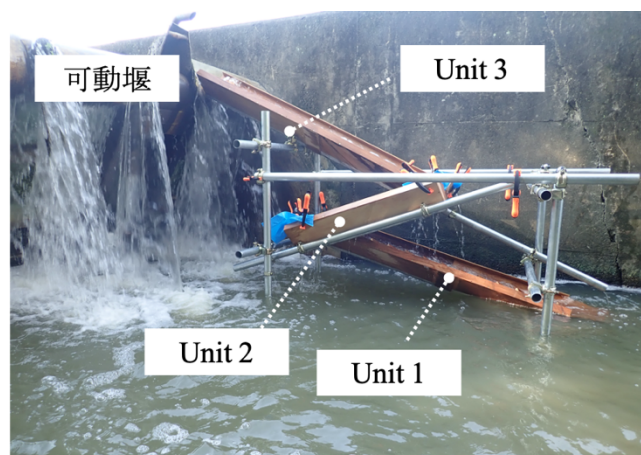


図7 現場に構築された提案魚道システム

4. 下流端流況調整方法の検討

水深が小さな現場では、魚道内に良好な流況が創出されていても、下流端の流れが剥離することで魚道の機能が著しく低下する。本研究では、図11の装置（下流端流況調整ユニット）を開発し、可搬魚道下流端の流況調整を試みた。実験条件を表2に示す。水深はポイントゲージで測定した。提案装置装着前（Case 1）は、魚道下流端水深が低いことから遡上入口において流れの剥離が発生しており、水生動物が遡上困難な流況であったが、提案装置装着後（Case 2）は、魚道下流端の水深が確保できた。図12にCase 2における提案装置内での水深分布を示す。装置内で緩やかに水深が上昇し、図13に示すように魚道下流端で流れの剥離が低減された。



図8 Unit 2の測点

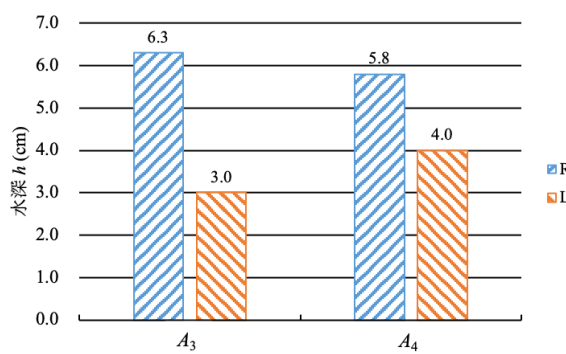


図9 Unit 2の水深
(R: 右岸, L: 左岸)

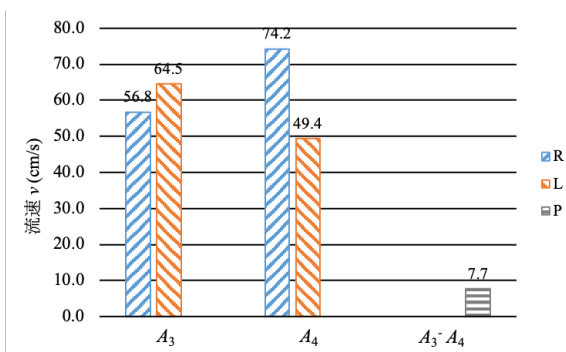


図10 Unit 2の流速

(R: 右岸, L: 左岸, P: プール)

5. まとめ

既往研究で開発した魚道¹⁾の寸法を1/2に縮小することで、単位長さあたりの重量を5.4 kg 減少させることができ、現場での運搬が容易になった。現地実験の結果、改良後の魚道にて底生魚や甲殻類の遡上が確認された。加え

て、ジュートで製作した流況調整ブロックを配置することで、魚道設置角 θ が 30° となる設置条件でも、エゾホトケドジョウなどの遊泳能力の低い魚種を遡上させることができた。また、3つの魚道Unitをらせん状に組み上げる構造にすることで、高さ2mの可動堰において、水生動物の滞留状況に合わせて速やかに可搬魚道を使って遡上環境を構築することが可能となった。加えて、魚道下流端流況調整ユニットの開発により、下流端水深を制御し、水生動物の魚道への進入を妨げる遡上入口での流れの剥離を低減することができた。

参考文献

- 1) 高橋直己，木下兼人，齋藤稔，柳川竜一，多川 正：実河川におけるV形断面可搬魚道を用いた水生動物の遡上と魚道内流速特性，土木学会論文集B1（水工学），75(2)，pp. I_565-I_570，2019.
- 2) 濱口充幹，高橋直己，柳川竜一，多川正：ドジョウ類が利用可能な可搬魚道構造の検討，2021年度土木学会四国支部第27回技術研究発表会，第VII部門，VII-11，2021.

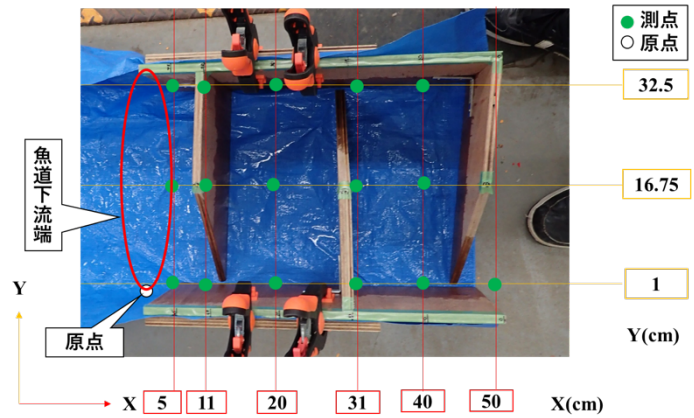


図11 下流端流況調整ユニット内での水深測点

表2 下流端流況調整ユニットに関する実験条件

| Case | 流量 Q (L/s) | 魚道設置角 θ ($^\circ$) | 下流端水深 h_d (cm) | 流況調整ユニットの有無 |
|------|--------------|-----------------------------|------------------|-------------|
| 1 | 0.86 | 15.9 | 5.33 | 無 |
| 2 | 0.86 | 15.9 | 5.33 | 有 |

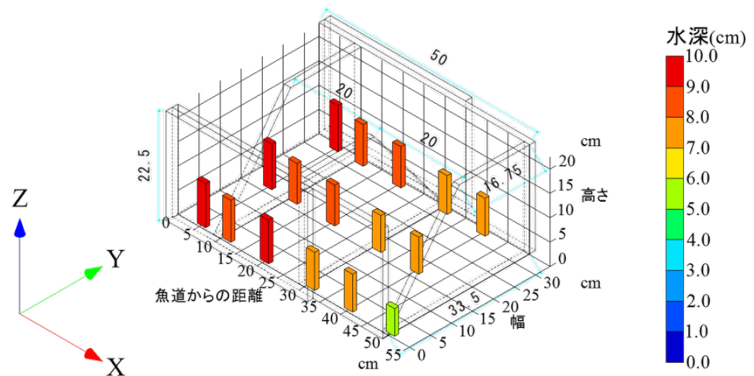


図12 下流端流況調整ユニットにおける水深分布

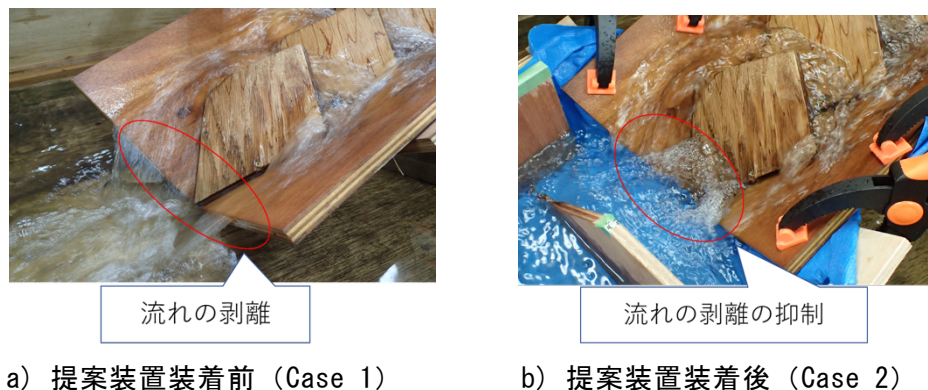


図13 提案装置の有無によるV形断面可搬魚道下流端流況の違い