

## 研究成果報告書

|         |                                        |
|---------|----------------------------------------|
| 研究開発課題名 | 農業用水路に着脱可能な可搬式魚道の開発と水田生態系保全における活用方法の確立 |
| 研究総括者   | (株) チェリーコンサルタント 代表取締役 矢野均              |
| 研究開発組合  | (株) チェリーコンサルタント<br>国立高等専門学校機構 香川高等専門学校 |
| 試験研究機関  | 農業・食品産業技術総合研究機構                        |

## 1 事業の実施内容

## 1. 1 事業の背景及び目的

土地改良法の改正（平成 13 年）により、環境との調和に配慮することが土地改良事業実施の原則とされ、水路改修時には水生動物の生息環境に配慮することが求められている<sup>1)</sup>。一方で、営農に関する水利用を主たる目的とする農業水路網の中に、恒久的な環境配慮構造物を建設することは、費用と維持管理の両面で営農者に負担を強いることにつながりやすく、現在でもこの問題を解決できる環境配慮技術は確立されていない。

本事業では、農業水路に着脱可能な可搬式魚道の開発により、事業実施後の矩形断面水路に適用可能な、低コストかつ維持管理が容易な水生動物の移動経路構築技術を提案する。加えて、現場での長期的な実証試験により、水田生態系保全における本技術の活用方法を確立する。

## 1. 2 事業の内容及び実施方法

## (1) 基礎となる魚道技術の開発

着脱式魚道技術に関する基礎的な研究については、新技術研究開発組合を構成する国立高専機構香川高等専門学校（高橋研究室）にて試作品が完成しており、現地実験により、絶滅が危惧される希少種を含むさまざまな水生動物への適用可能性が示されている。

## (2) 水工学、生態工学、水利用学にもとづく評価と改良

実証試験・室内実験から、水生動物が提案魚道に侵入した条件における魚道内流況と水生動物の挙動を解明する等、水工学、生態工学、水利用学の観点から試作魚道の評価を行う。また、同時に試作魚道の課題点を抽出し、それに対応する魚道構造の検討を行い、改良型魚道を作成する。

## (3) 実証試験・室内試験

灌漑期（およそ 6 月～9 月にかけての期間）に実証試験を実施し、水生動物の水路内での移動と魚道利用状況をモニタリングした。また、室内実験により流量、勾配、水路横断面・縦断面における魚道設置位置について、複数の実験条件を設け、魚道内および周辺流況を明らかにした。

上記の実証試験を行う現場の選定に関しては、以下の条件に適合する場所を選ぶ。

1. 特殊形状ではなく、一般的な矩形断面を有する水路であり、急勾配区間や落差部により水生動物の移動経路の分断が発生している。
  2. 生態系保全のニーズがあり、かつ施設管理者の負担を考慮し、維持管理が容易な工法が求められている。
  3. これまでの研究活動にて、申請者らと施設管理者や地元との間に信頼関係が構築されており、事業採択後直ちに現地での実証試験を実行できる。
- (4) 調査実験結果にもとづく魚道構造の改良
- 実証試験及び室内試験で得られた試作魚道の課題点を抽出し、それに対応する魚道構造の検討を行い、改良型魚道を作成する。
- (5) 提案魚道運用方法の検討
- 小規模でのモニター試験を実施し、水路への着脱方法など、魚道運用に関する機構および方法を検討する。
- (6) 運用マニュアルの作成
- 室内実験および現地での実証試験の結果をもとに、急勾配区間と落差部それぞれへの適用方法、設置位置、水田生態系に属する水生動物の移動特性に合わせた魚道着脱のタイミングについて整理し、それらに関する具体的な情報を示した本技術の運用マニュアルを作成した。

### 1. 3 事業着手時に想定した技術的問題点への対応

| 技術的問題点     | 対応                                                                     |
|------------|------------------------------------------------------------------------|
| 魚道内の流れの制御  | スポンジ状のブロックを用いて、適切に流れを分散・制御できるようにした。                                    |
| 可搬魚道の運用し易さ | 魚道構造を改良し、可搬魚道ユニットを構成するパーツを一体化することで、専門知識を持たないユーザーが、現場で簡単に魚道を設置できるようにした。 |

### 1. 4 事業の実施体制

#### (1) 研究開発組合内の役割分担

| 研究開発項目                     | 研究開発組合          |          |
|----------------------------|-----------------|----------|
|                            | (株) チェリーコンサルタント | 香川高等専門学校 |
| 1) 基礎となる魚道技術の開発            | ○               | ◎        |
| 2) 水工学、生態工学、水利用学にもとづく評価と改良 | ◎               | ◎        |
| 3) 実証試験・室内試験               | ○               | ◎        |
| 4) 調査実験結果にもとづく魚道構造の改良      | ◎               | ◎        |
| 5) 提案魚道運用方法の検討             | ◎               | ◎        |
| 6) 運用マニュアルの作成              | ○               | ◎        |

## (2) 試験研究機関と研究開発組合の役割分担

試験研究機関は、魚道開発及び開発した技術の活用方法検討に係る助言・指導を行う。また、室内実験及び現地実験における評価手法と、評価結果にもとづく技術改良に係る助言・指導を行う。

## 1. 5 事業の年度計画と実績

| 項 目                        | 平成 30 年度                                                                           |                                                                                    | 令和元年度 |    | 令和 2 年度                                                                               |                                                                                       |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | 上期                                                                                 | 下期                                                                                 | 上期    | 下期 | 上期                                                                                    | 下期                                                                                    |
| 1) 基礎となる魚道技術の開発            |   |   |       |    |                                                                                       |                                                                                       |
| 2) 水工学、生態工学、水利用学にもとづく評価と改良 |                                                                                    |  |       |    |                                                                                       |                                                                                       |
| 3) 実証試験・室内試験               |  |  |       |    |                                                                                       |                                                                                       |
| 4) 調査実験結果にもとづく魚道構造の改良      |                                                                                    |   |       |    |                                                                                       |                                                                                       |
| 5) 提案魚道運用方法の検討             |                                                                                    |  |       |    |                                                                                       |                                                                                       |
| 6) 運用マニュアルの作成              |                                                                                    |                                                                                    |       |    |  |  |

注)  は計画、 は実績。

## 1. 6 研究開発の概要と結果

本事業は、下記の 3 つの要素により構成される。

- ① 着脱式魚道技術の開発（技術開発）
- ② 水工学、生態工学、水利用学にもとづく、提案技術の評価と改良（技術開発）
- ③ 実用化に向けた、現場での長期的な調査実験（実証試験）

図 1.6-1 に、本事業の概要を示す。本事業では、現地調査・実験と室内実験により、可搬魚道システムの開発とその実証試験を行った。現場での詳細な水深・流速測定は困難であるため、現場の勾配や流況を再現した室内装置にて、魚道内の流況特性を明らかにした。図 1.6-2 に、室内実験装置を示す。本装置は、上流側水槽、下流側水槽、原型魚道により構成されており、装置内の流量および魚道勾配を調整可能である。水深測定にはピンポールおよび金尺を、流速測定には 3 次元電磁流速計（VP3500）を使用した。測定水深は、測定対象区間における水深測定値の平均  $H$  の、2 割、6 割、8 割に相当する深さ（以降、それぞれ  $H_{0.2}$ 、 $H_{0.6}$ 、 $H_{0.8}$  と呼ぶ）とした。なお、 $H$  の算出において、ブロック等の影響で局所的に水深が上昇もしくは低下している箇所の測定値は除外した。表 1.6-1 に実験条件を示す（改良前を 1 号魚道、改良後を 2 号魚道と呼ぶ）。本事業では、多くの実験的検討を行ったが、ここでは主要な成果に関する内容を抜粋して示す。

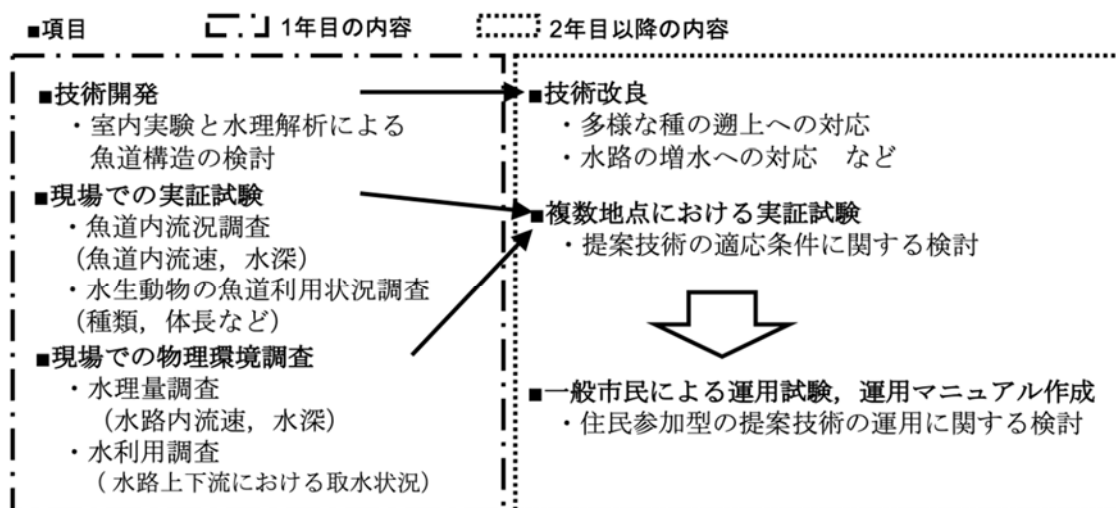
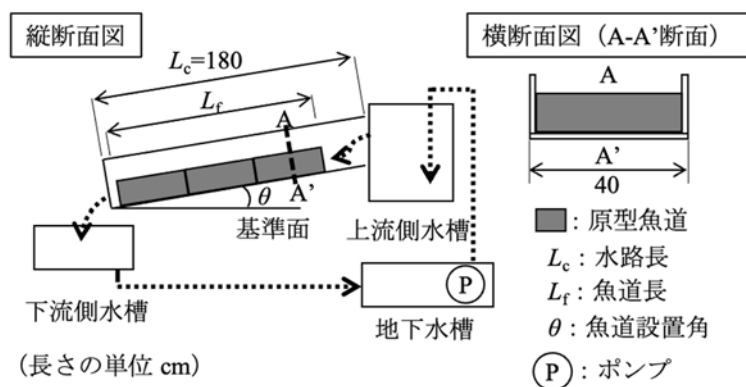


図 1.6-1 事業の概要



a) 実験装置断面図



b) 実験装置の様子

図 1.6-2 室内実験装置

表 1.6-1 室内実験の条件

| Case | 魚道タイプ       | 流量 $Q$<br>(L/s) | 魚道設置角 $\theta$<br>( $^{\circ}$ ) | 魚道幅 $B$<br>(cm) |
|------|-------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|
| 1    | 試作魚道 (1号魚道) | 3.6             | 7                                | 40              |
| 2    | 試作魚道 (1号魚道) | 6.0             | 7                                | 40              |
| 3    | 新型魚道 (2号魚道) | 3.6             | 7                                | 25              |
| 4    | 新型魚道 (2号魚道) | 6.0             | 7                                | 25              |
| 5    | 新型魚道 (2号魚道) | 6.0             | 16                               | 25              |

図 1.6-3 に、本事業で開発した可搬魚道システムの特徴を示す。図 1.6-4 に、現場に設置した試作魚道を示す。試作魚道では、産卵期のアブラボテなど、複数の魚類の遡上が確認された。

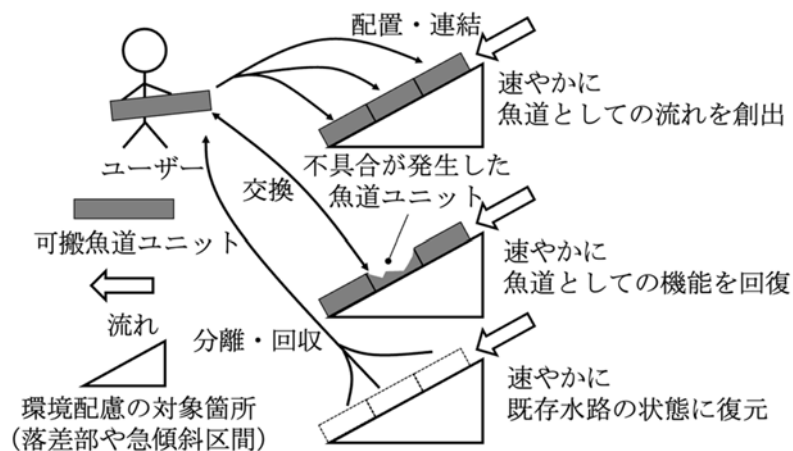
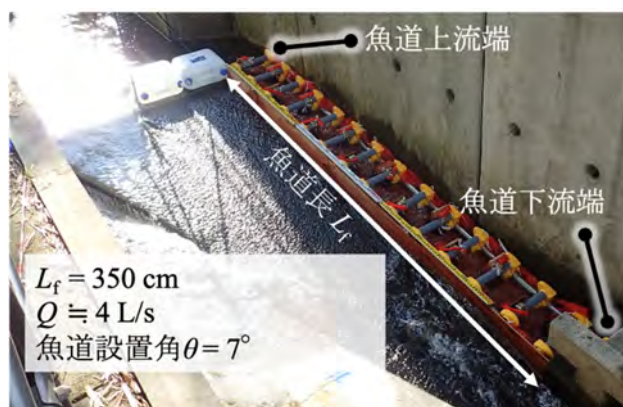


図 1.6-3 提案魚道システムの特徴



a) 現場に設置した様子



b) 魚道上流端の採捕装置

図 1.6-4 試作魚道

試作魚道を利用した魚類の一部を、表 1.6-2 に示す。魚道上流端で採捕した、産卵管を確認できるアブラボテを図 1.6-5 に示す。このように、提案魚道システムは、試作魚道の段階で、小型魚類の利用が確認された。一方で現場での実験では、図 1.6-6 に示すように魚道内を遡上していた水生動物が、ブロック直下に長時間滞留したり、流下したりする様子が観察された。

表 1.6-2 試作魚道を利用した魚類

| No. | 種類     | 体長 (cm) | 実験日       |
|-----|--------|---------|-----------|
| 1   | アブラボテ  | 2.0     | 2017/9/13 |
| 2   | アブラボテ  | 2.1     | 2017/9/13 |
| 3   | アブラボテ  | 3.3     | 2017/9/13 |
| 4   | アブラボテ  | 3.4     | 2017/9/13 |
| 5   | アブラボテ  | 3.7     | 2018/5/26 |
| 6   | アブラボテ  | 4.3     | 2018/5/26 |
| 7   | オイカワ   | 1.9     | 2017/9/13 |
| 8   | オイカワ   | 2.6     | 2017/9/13 |
| 9   | ヌマムツ   | 2.0     | 2017/9/13 |
| 10  | ヌマムツ   | 2.1     | 2017/9/13 |
| 11  | ヌマムツ   | 2.4     | 2017/9/13 |
| 12  | ヌマムツ   | 2.9     | 2017/9/13 |
| 13  | ミナミメダカ | 2.4     | 2017/6/18 |
| 14  | ミナミメダカ | 2.8     | 2017/6/18 |
| 15  | ドンコ    | 4.3     | 2017/5/13 |

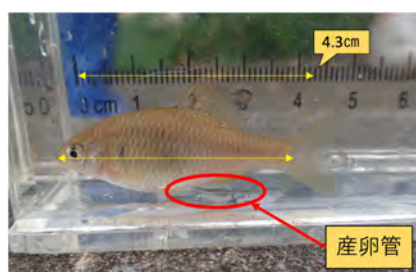


図 1.6-5 遡上したアブラボテ

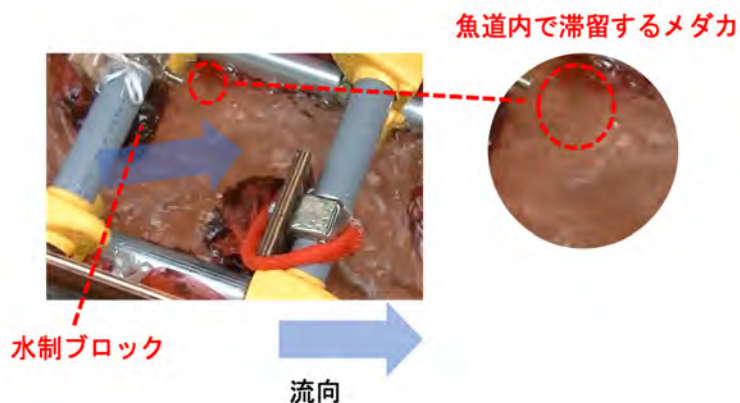


図 1.6-6 魚道内で確認された魚類の滞留

この箇所の流況特性を明らかにするため、室内実験にて現場の流量、勾配条件を再現し、原型魚道を用いて水深・流速測定を行った。図 1.6-7 a) に、6 割水深 ( $H_{0.6}$ ) における、ブロック周辺の流速ベクトル分布を示す。図より、ブロック直下流に低流速域が形成されており、図 1.6-6 に示すように水生動物が休憩しやすい流況であったと考えられる<sup>2)</sup>。一方で、下流側のブロックから、上流側のブロックまでの区間に着目すると、休憩箇所から次の休憩箇所へ遡上するためには、一様に大きな流速が発生している断面を通過する必要があることがわかる。現場にて比較的遊泳能力の大きな種であるオイカワを魚道内に放した際にも、休憩箇所間の比較的流速が大きな区間で遡上を止め、下流側の休憩箇所に引き返す行動がみられた。また、同じ勾配条件において、流量を増加させた Case2 (図 1.6-7 b)) では、休憩箇所間の流速増加がより顕著に現れていた。これらの結果から、より水生動物にとって遡上しやすい魚道にするためには、休憩箇所から次の休憩箇所へ遡上する経路上の流れの改善が必要であると考えられた。

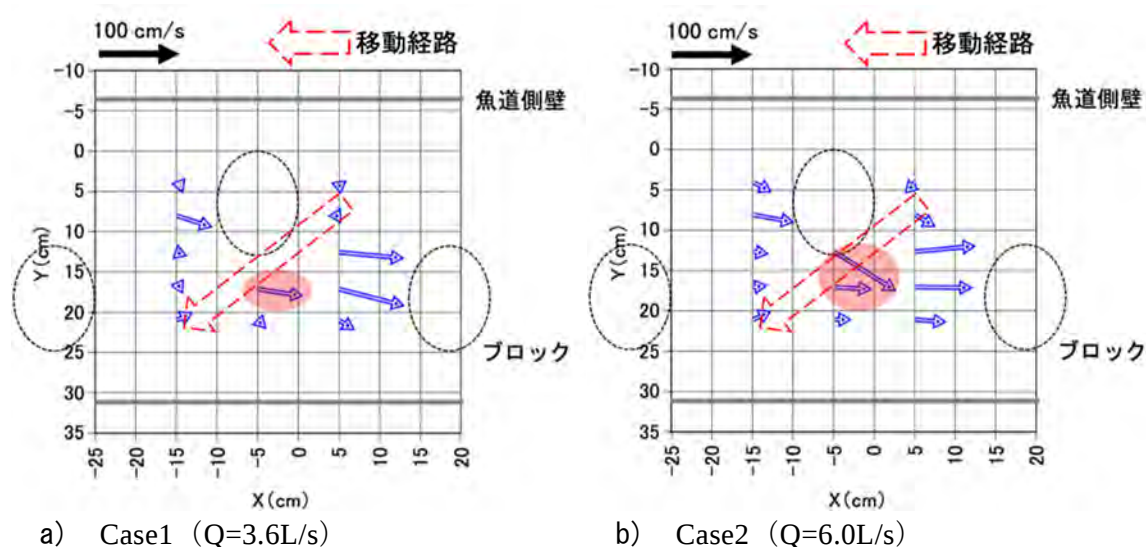


図 1.6-7 試作魚道内の平面流速ベクトル分布  
( $h/H = 0.6$ ,  $h$ :測定水深  $H$ :代表水深,  $\theta = 7^\circ$ ,  $B=40\text{cm}$ )

図 1.6-8 および図 1.6-9 に構造改良した魚道の構造を示す。図 1.6-10 に 2 号魚道の流況を示す。休憩箇所間の移動経路上に一様に大きな流速が発生する課題については、ブロックの素材・配置を工夫し、側壁に 2 : 1 の傾斜をつけることで対応した。また、魚道幅を 40 cm から 25 cm へと変更して幅の狭い水路への適用を可能にし、全てのパーツを一体化させることで運用性を向上させた。

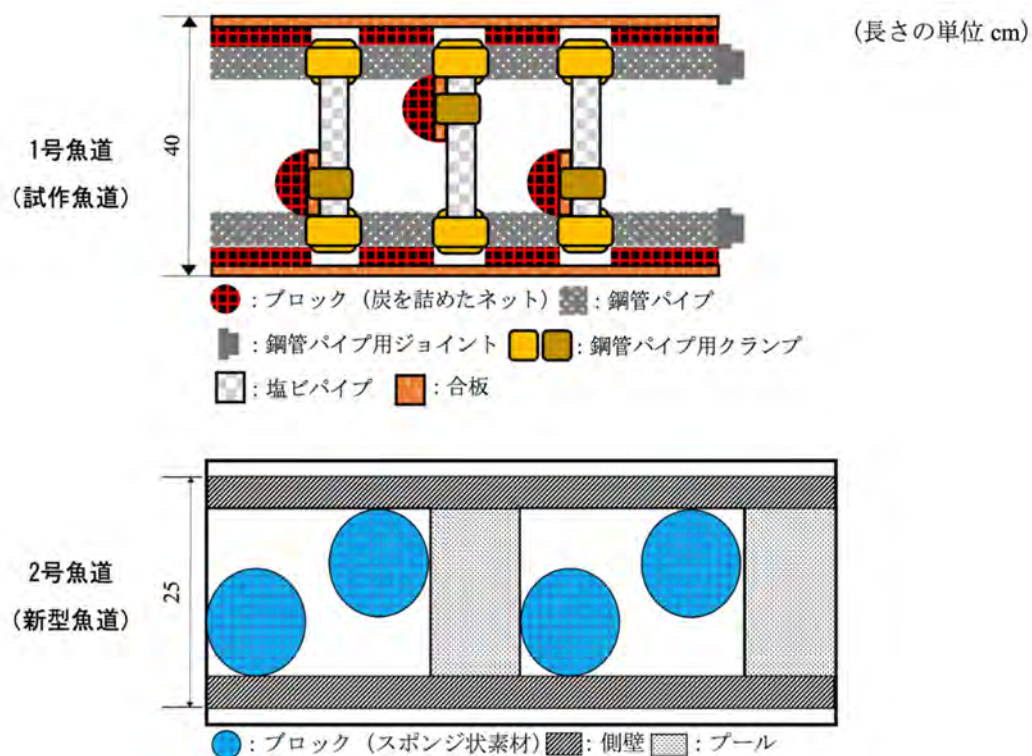


図 1.6-8 改良前後における魚道構造の違い

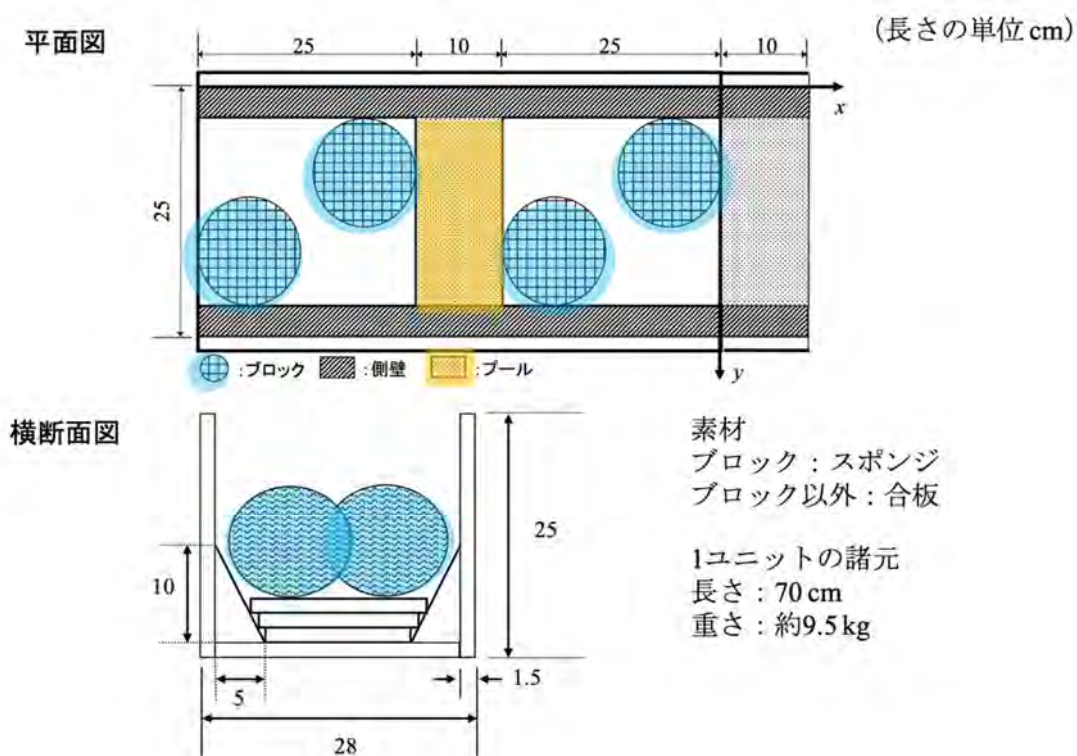


図 1.6-9 新型魚道 (2号魚道) の構造



図 1.6-10 2号魚道内の流況

図 1.6-11 に水深・流速の測点を、図 1.6-12 に 6 割水深における Case 3 ( $Q=3.6\text{ L/s}$ ,  $\theta=7^\circ$ ,  $B=25\text{ cm}$ ) の流速ベクトル分布を示す。側壁部に関しては、構造上 6 割水深での流速測定が困難であるため、2 割水深の値を示す。試作魚道では遡上経路上の流速が一樣に大きいことが課題となったが、新型魚道では、遡上経路上の流速が試作魚道に比べて小さく、かつ多様な流速場が形成されている。また休憩箇所については、ミナミメダカの 60 分間臨海遊泳速度  $V_{60\text{CSS}}$  が  $5\sim 19\text{ cm/s}$  であることが報告されていることから<sup>3)</sup>、魚道内の休憩箇所として利用できると思われる。

1 号魚道および 2 号魚道の、測点ごとの平均水深を図 1.6-13 に示す。2 号魚道に関しては測点 A～D の平均水深を、試作魚道に関してはブロックの直下流を休憩箇所、それ以外の測点を移動経路としてそれぞれの平均水深を示した。図より移動経路・休憩箇所の両方について、新型の方が大きな水深を確保できていることがわかる。2 号魚道は、休憩箇所にて水深を確保できるように設計されている。図 1.6-12、図 1.6-13 に示すように、休憩箇所では移動経路と比較して流速が小さく、かつ水深が大きい状態になっていることから、遡上中の水生動物にとって休憩しやすい環境を創出できていると考えられる。

Case 3 ( $Q=3.6\text{ L/s}$ ) と、流量を増加させた Case 4 ( $Q=6.0\text{ L/s}$ ) の流速特性、およびより急勾配な条件 (Case 5) で設置した際の流速特性を図 1.6-14 に示す。この図では、魚道内の流況を視覚的に分かりやすくするため、図 1.6-12 では分割して示していた新型魚道内の休憩箇所、ブロック区間、側壁部における測定結果を、重ね合わせて示している。なお本魚道技術は、人力で運搬して設置することを前提としている。そのため、魚道内流量の上限は、設置時における装置の安定性や、設置作業の安全性を考慮して設定する必要がある。Case 4 や Case 5 の流量は、治具を用いずに魚道を水路に設置し、水生動物の遡上を期待して運用する際の上限に近い値であると予想される。図に示されるように、2 号魚道では、流量や魚道設置角が増加してもプールや移動経路の流況（魚道横断面全体に形成された低流速域や、遡上経路の同一断面内における流れの多様性）に大きな変化が現れていないことから、流量・勾配に関する提案技術の適用範囲が拡張されたと考えられる。

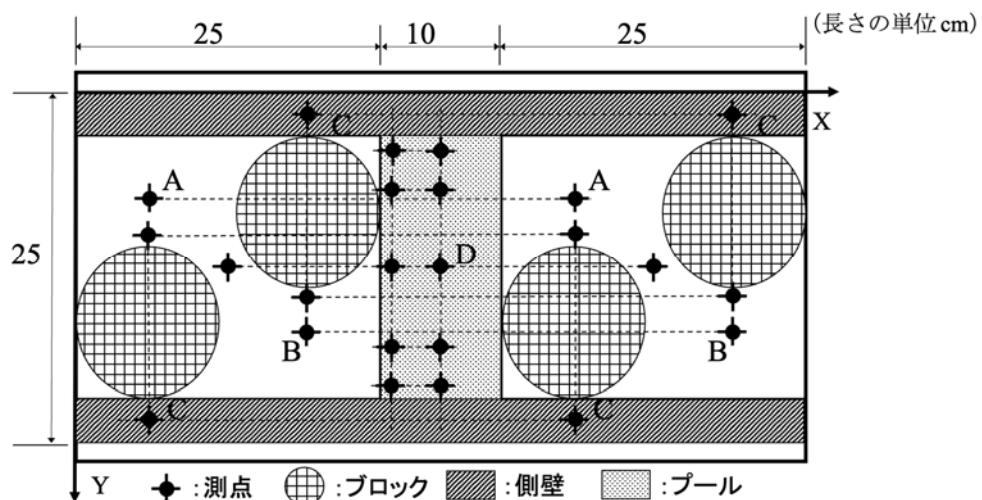
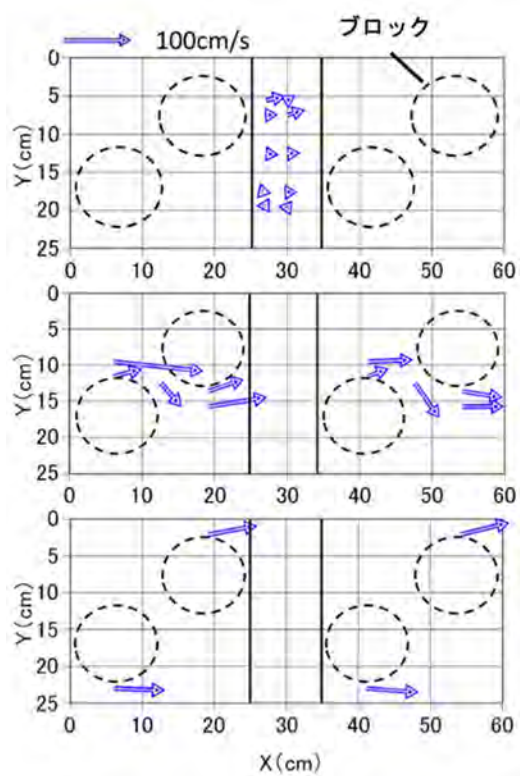


図 1.6-11 2号魚道における水深・流速の測点

図 1.6-12 2号魚道の平面流速ベクトル分布 (Case3)  
(上:休憩箇所, 中央:ブロック区間, 下:側壁部)

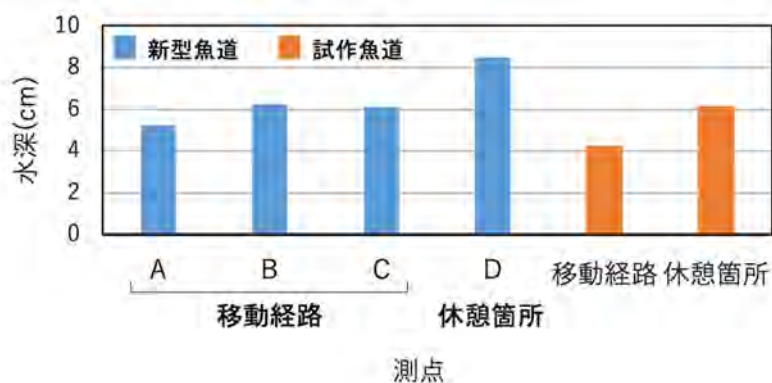
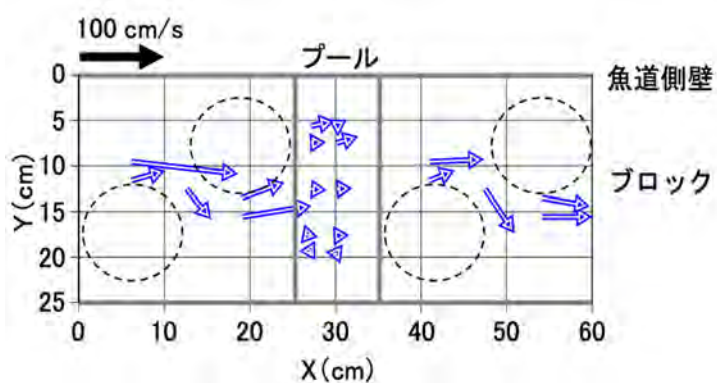
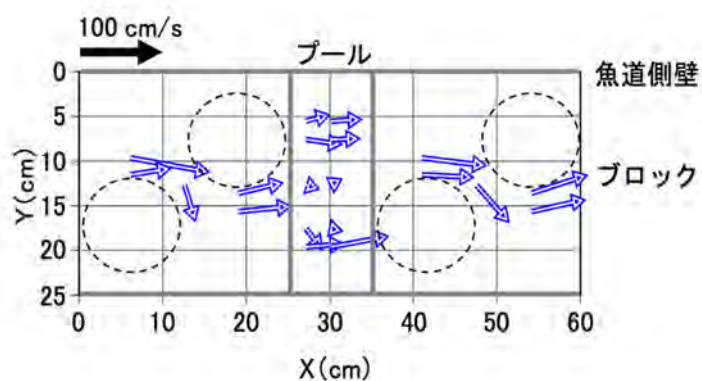
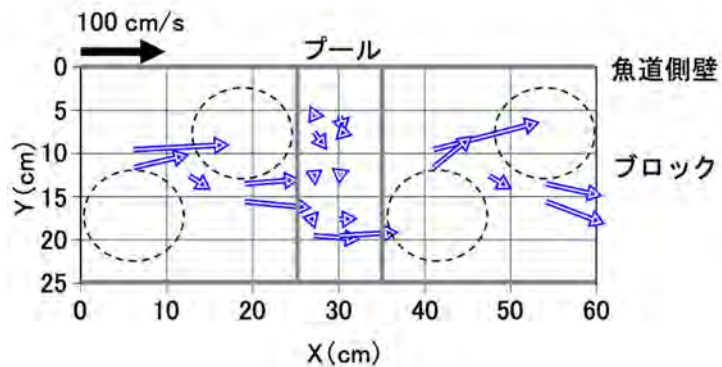


図 1.6-13 2号魚道の水深特性 (Case3)

a) Case3 ( $Q=3.6$  L/s,  $\theta = 7^\circ$ ,  $B = 25$  cm)b) Case4 ( $Q=6.0$  L/s,  $\theta = 7^\circ$ ,  $B = 25$  cm)c) Case5 ( $Q=6.0$  L/s,  $\theta = 16^\circ$ ,  $B = 25$  cm)図 1.6-14 流量増加時における 2号魚道の流速特性  
( $h/H=0.6$ ,  $h$ :測定水深  $H$ :代表水深)

## 1. 7 実証試験（現場適用）の概要と結果

実水路における 2 号魚道の設置効果を検証するため、水路勾配や生息する魚種などが異なる複数の現場で現地実験を行った。本実験は、表 1.7-1 に示す現場 A～D の落差部（急傾斜区間）にて実施した。これらの現場は、いずれも生物の存在が確認されているが、現場の急傾斜区間により移動障害が発生している地点である。また、A は上下流に、B は上流側に、C は下流側に、環境配慮工法が適用された水路が設置されている。しかし、どの現場に関しても、急傾斜区間が存在することで水生動物の移動障害が発生している。そのため、これらの地点における水生動物の移動障害を解消することで、既存の環境配慮工法が適用された水路の機能をより生かすことができると考えられる。各現場に魚道を設置した様子を、図 1.7-1 に示す。

表 1.7-1 現地実験における実験条件

| 実験対象地 | 水路幅 (m) | 魚道設置角 $\theta$ (°) | 魚道ユニット数 | 魚道長 $L_f$ (cm) |
|-------|---------|--------------------|---------|----------------|
| A     | 2.0     | 7                  | 2       | 140            |
| B     | 3.0     | 10                 | 1       | 70             |
| C     | 2.8     | 2                  | 3       | 210            |
| D     | 2.8     | 15                 | 3       | 210            |



a) 実験対象地 A



b) 実験対象地 B



c) 実験対象地 C



d) 実験対象地 D



図 1.7-1 現場に設置した 2 号魚道

現地実験にて 2 号魚道を利用して遡上した生物種を、表 1.7-2～表 1.7-4 に示す。本実験では遊泳魚や底生魚、スジエビなどの幅広い遊泳能力の水生動物が遡上したことから、2 号魚道は様々な遊泳能力の水生動物が移動できる流れを創出していると考えられる。一例として、2019/9/10 に対象地 B に設置した魚道下流端の様子を図 1.7-2 に、遡上したヨシノボリ属の体長分布を図 1.7-3 に、側壁部の様子を図 1.7-4 に示す。また、2019/7/14 に対象地 D に設置した魚道の側壁部の様子を図 1.7-5 に示す。2 号魚道における魚類の遡上経路については、ブロック間、水際の流れのすべてにおいて水生動物の遡上が確認された。底生魚、スジエビに関しては多くが水際の流れを通して遡上していた。2 号魚道では、水生動物の遊泳能力によって遡上経路を選択できるような流れが創出できていると考えられる。また、5 月に行った実験ではミナミメダカ、7 月に行った実験ではヨシノボリ属の魚類といった、季節に応じた魚類の遡上が確認された。この結果から、2 号魚道を短期間現場に設置するだけでも、遡上期の水生動物の遡上を補助できると考えられる。

表 1.7-2 2 号魚道を利用し遡上した生物種

| No. | 種類       | 学名                            | 体長(cm)  | 実験日       | 実験対象地 |
|-----|----------|-------------------------------|---------|-----------|-------|
| 1   | ミナミメダカ   | <i>Oryzias latipes</i>        | 2.5~2.7 | 2019/5/12 | B     |
| 2   | オイカワ     | <i>Opsariichthys platypus</i> | 3.4~4.5 | 2019/5/30 | A     |
| 3   | ヨシノボリ属   | <i>Rhinogobius</i>            | 2.2~2.9 | 2019/7/14 | D     |
| 4   | ヨシノボリ属   | <i>Rhinogobius</i>            | 5.5     | 2019/7/26 | C     |
| 5   | 遊泳魚（調査中） | -                             | 5.5~5.9 | 2019/7/26 | C     |
| 6   | スジエビ     | <i>Palaemon paucidens</i>     | 2.5     | 2019/7/26 | C     |
| 7   | ヨシノボリ属   | <i>Rhinogobius</i>            | 2.0~3.0 | 2019/7/28 | B     |
| 8   | ヌマチチブ    | <i>Japanese trident goby</i>  | 3.0~4.0 | 2019/7/28 | B     |
| 9   | スジエビ     | <i>Palaemon paucidens</i>     | 2.2~2.6 | 2019/7/29 | B     |
| 10  | ヨシノボリ属   | <i>Rhinogobius</i>            | 2.0~3.0 | 2019/7/28 | B     |
| 11  | スジエビ     | <i>Palaemon paucidens</i>     | 2.5     | 2019/9/10 | B     |
| 12  | ヨシノボリ属   | <i>Rhinogobius</i>            | 2.0~3.0 | 2019/9/10 | B     |
| 13  | ヨシノボリ属   | <i>Rhinogobius</i>            | 2.0~3.0 | 2019/9/10 | B     |
| 14  | ヨシノボリ属   | <i>Rhinogobius</i>            | 2.0~3.0 | 2019/9/11 | B     |

表 1.7-3 2 号魚道を利用したオイカワ

| No. | 種名   | 体長 (cm) |
|-----|------|---------|
| 1   | オイカワ | 4.0     |
| 2   | オイカワ | 3.5     |
| 3   | オイカワ | 4.5     |
| 4   | オイカワ | 3.4     |



採捕時間：2019/5/30 15:30～16:30

表 1.7-4 2号魚道を利用したミナミメダカ

| No. | 種名     | 体長 (cm) |
|-----|--------|---------|
| 1   | ミナミメダカ | 2.5     |
| 2   | ミナミメダカ | 2.6     |
| 3   | ミナミメダカ | 2.7     |
| 4   | ミナミメダカ | 2.7     |

採捕時間：2019/5/12 11:30～15:00

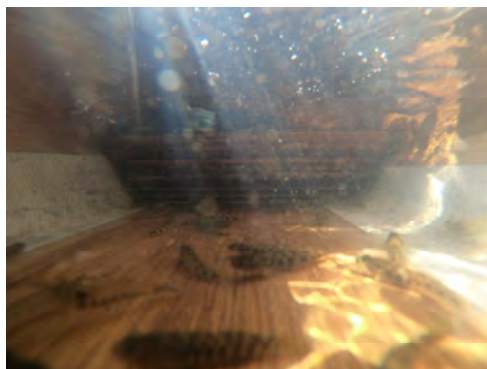
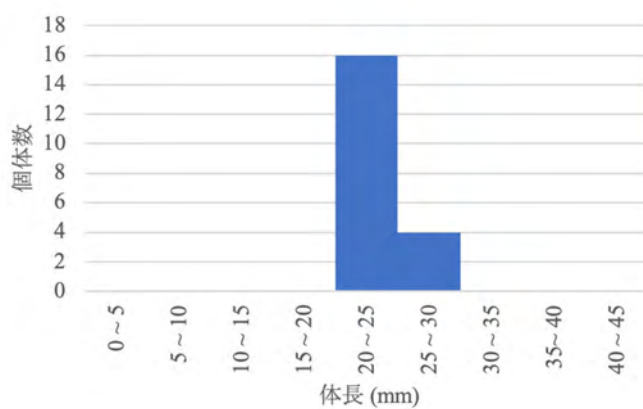


図 1.7-2 対象地 C における 2 号魚道下流端の様子 (2019/9/10)

図 1.7-3 対象地 B において 2 号魚道を利用したヨシノボリ属の体長分布  
(2019/9/10, 写真の採捕個体群から 20 個体を無作為に抽出)

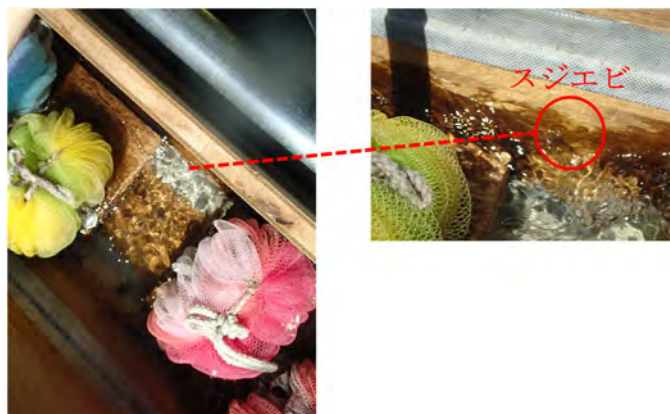


図 1.7-4 対象地 B にて 2 号魚道側壁部を移動するスジェビ (2019/9/10)

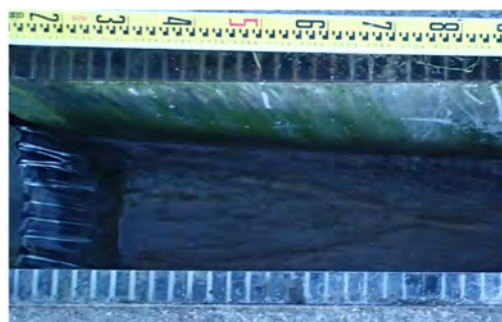


図 1.7-5 対象地 D にて 2 号魚道側壁部を移動するヨシノボリ属 (2019/7/14)

#### 1. 8 市民との共同実験の概要と結果

本事業では、地域の農家、子供達による水路観察会にて、提案技術のユーザーとなる市民との共同実験を実施している。これらの実験は、事業完了後も自社努力で継続する予定であるが、ここでは現状の成果を報告する。

地域の農家および住民と共同で設置した提案魚道を、図 1.8-1 に示す。ユニットの連結により、数分で延長 2.0m 以上の移動環境を構築した。レンコン畑と水路との間は、魚道設置前は落差と高速流により水生動物の移動が困難であったが、魚道設置後はすぐに水路からミナミメダカがレンコン畑へと移動した。魚道設置作業と合わせて、参加者は提案魚道による運用や遡上する生物の観察を楽しむことができた。また、実験後に数分で魚道を撤去することができ、水路管理者のニーズに合わせて、速やかに既存水路の状態に戻せることも確認できた。



a) 魚道設置前

b) 魚道設置後 ( $\theta = 7^\circ$ )

d) 魚道内の流況



d) 魚道内を移動するミナミメダカ

図 1.8-1 地域住民と共同で設置した提案魚道

子供達による水路観察会で提案魚道を組み立てる様子を、図 1.8-2 に示す。提案魚道は、ボルトでユニットを連結するだけの簡単な構造であるため、子供でも組み立てられる。魚道設置後は、1 時間も経たずに地域に生息する魚類が魚道を利用する様子を観察できた。運用の簡単さと、すぐに効果を確認できることから、提案技術には環境および工学や生態学を学ぶツールとしての活用も期待できる。



a) 魚道の組み立て



b) 魚道内を遡上したオウミヨシノボリ

図 1.8-2 子供達による提案魚道の組み立て

## 2 事業の成果

### 2. 1 成果の内容

提案魚道を持ち運ぶ様子を、図 2.1-1 に示す。本事業では、農業水路に着脱可能な可搬式魚道の開発により、事業実施後の矩形断面水路に適用可能な、低コストかつ維持管理が容易な水生動物の移動経路構築技術を提案した。事業の成果を以下にまとめる。

1. 人力で現場に運搬し、置くだけで、多様な水深・流速環境を創出する可搬魚道ユニット、およびそれらを連結して魚道を構成する可搬魚道システムを開発した。
2. 少なくとも  $Q = \text{約 } 3.6\text{L} \sim 6\text{L/s}$ ,  $Q = 7 \sim 16^\circ$  の範囲では、様々な移動特性の小型水生動物が利用可能であることを確認した。
3. 使用期間については、冬期を除き水生動物の利用が確認されていることから、遡上期に加え、非遡上期における移動阻害の解消にも活用可能であると考えられる。
4. 多くの生物が魚道設置後すぐに利用していることから、水生動物が提案魚道を忌避する可能性は低い。これにより、平水時における断続的な使用でも、遡上阻害を解消する効果を期待できる。着脱の容易さを追求した、本技術だからこそ可能な運用方法として、平水時に使用し、管理が難しい期間は回収するという使い方ができる。

これらの成果より本事業にて、一般的な水路内で、人力で扱える流量により、多様な流況を簡単に創出できる技術と、その活用方法を提案できたと考えられる。本事業の成果についてはマニュアルや SNS を活用した動画配信により、今後一般公開する予定である。



図 2.1-1 可搬魚道ユニット（1 ユニット）の運搬

## 2. 2 目標の達成度

### （1）成果から得られる効果

#### 1）可搬魚道の開発

人力で現場に運搬し、置くだけで、多様な水深・流速環境を創出する可搬魚道ユニット、およびそれらを連結して魚道を構成する可搬魚道システムにより、水路内の急勾配区間で発生する高速流を制御して小型水生動物の移動経路を創出する手法を開発した。

さらに、水路の急勾配区間にて、水生動物の産卵期などに魚道となる流れを創出し、水路の清掃時や非灌漑期は通常の農業水路の状態とすることを、水路の管理者が選択可能となった。すなわち、従来のような環境配慮工法を適用する、しないの二択ではなく、生態系保全上特に必要な時期に環境配慮型水路として機能させ、それ以外の時期は管理しやすい通常の水路として運用するという選択肢を創造することができる。

## 2) 環境配慮工法のコスト・維持管理削減

提案魚道は、一般的な矩形断面水路内に着脱式の魚道を設置するものであるため、従来工法のように複雑な水路断面を必要としない。よって、既存の矩形断面水路の形状をそのまま利用できるため、コスト的に有利であり、ほ場整備事業等で建設される一般的なコンクリート三面張水路との相性が良いと考えられる。また、担い手農家等にも維持管理の負担を大きくかけることなく環境への配慮が可能となり、今後の環境との調和に配慮したほ場整備事業等の推進に寄与できる技術である。

## 3) 環境教育ツールへの活用

本事業で開発した提案魚道の運用は、専門的な知識・技術を必要としない。よって水路管理者以外にも、地域の学校行事の一環で小中学生などが管理することも可能であり、環境学習などを通して環境保全や土地改良事業全般への理解を得るためのツールとして活用できる。

## (2) 従来技術との比較

水路断面の変更を伴う環境配慮型水路については、堀込や魚巣を設置する形式等、様々な工法が提案・適用されている。また、水路と水田を繋ぐ水田魚道については、カスケード M 型や千鳥 X 型魚道が提案され、現場での設置効果が報告されている。

一方で、水路内の急勾配区間で発生する高速流を制御して小型水生動物の移動経路を創出する手法について検討された事例は少なく、本技術に対する従来技術は該当するものがない。よって、ここでは矩形断面水路に適用される環境配慮工法を従来技術とし、本技術の比較対象とした。

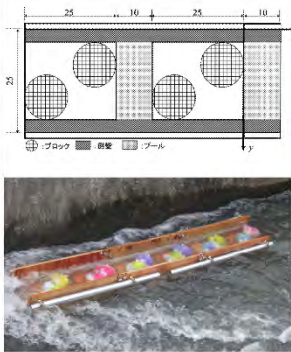
### 1) 比較する従来技術

環境配慮型水路全般

### 2) 従来技術に対する優位性

表 2.2-1 に従来技術と本技術の比較表を示す。「経済性」「工程」「施工性」「周辺環境への配慮」については本技術が優位とし、「品質」「安全性」については従来技術と同等の水準を確保できたと考える。

表 2.2-1 従来技術との比較

|            | 新技術                                                                               | 比較する従来技術<br>(当初の工法・標準案)                                                                   | 比較の根拠                                                                                                                        |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 概要図        |  | (例)<br> | 水路内の急勾配区間で発生する高速流を制御して小型水生動物の移動経路を創出する手法について検討された事例は少なく、本技術に対する従来技術は該当するものがない。よって、ここでは矩形断面水路に適用される環境配慮工法を従来技術とし、本技術の比較対象とした。 |
| 工法名        | 可搬魚道                                                                              | 矩形断面水路に適用される環境配慮工法                                                                        |                                                                                                                              |
| 経済性(直接工事費) | 約1万円/m以下                                                                          | 約12万円/m～                                                                                  | 本体費のみ                                                                                                                        |
| 工程         | 制作日数:1～2日                                                                         | 制作日数:7日以上                                                                                 | 制作日数のみ                                                                                                                       |
| 品質         | 恒久的な使用は困難であるが、老朽化や破損による速やかな交換作業が可能。                                               | 品質は高いが、老朽化や破損が生じた場合には補修工事が必要。                                                             |                                                                                                                              |
| 安全性        | ・標準的な使用方法※1の中では安全性は高い。<br>・破損した場合、速やかな交換作業が可能。                                    | 安全性は高い。                                                                                   | ※1標準的な使用方法「平水時に使用し、管理が難しい期間は回収する」                                                                                            |
| 施工性        | 既設の水路に後付けで適用可能であり、人力で設置可能。                                                        | 設置の際には土地改良工事が伴う。                                                                          |                                                                                                                              |
| 周辺環境への影響   | 堆積したごみ等を魚道を取り外して、陸上で簡易に清掃可能。                                                      | 堆積したごみ等を水路に立ち入って清掃が必要。                                                                    |                                                                                                                              |

## 2. 3 成果の利用に当たっての適用範囲・留意点

表 2.3.1 適用範囲及び留意点

|                                                                       |                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 標準的な使用方法<br>「平水時に使用し、管理が難しい期間は回収する」<br>(着脱の容易さを追求した本技術であるからこそ可能な運用方法) |                                                                                                                                                             |
| 流量                                                                    | Q=約 3.6L~6L/s                                                                                                                                               |
| 落差勾配                                                                  | $\theta = 7 \sim 16^\circ$                                                                                                                                  |
| 留意事項                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・降雨が予想される場合には、ロープ等を用いて係留することが望ましい。</li> <li>・魚道を2ユニット以上使用する場合、陸上でユニット同士をあらかじめ連結させておき、水路内での作業時間は最小限に留めること。</li> </ul> |
| 適用範囲外事例                                                               | ・台風や大雨など、水路内の流量が急激に増加することが想定される場合。                                                                                                                          |

## 3 普及活動計画

## 3. 1 想定される利用者

- 1) 地域住民（市民の環境保全活動）
- 2) 土地改良区、農家など（環境に配慮した農業・土地改良事業）
- 3) 教育機関、子供会など（環境教育）

## 3. 2 利用者への普及啓発等の方法

## 1) 可搬魚道制作・活用マニュアル

制作方法、設置方法、活用例などを記載したマニュアルを作成する。また、図 3.2-1 に示すようなマニュアルの概要版も合わせて作成し、Web や学会での新技術発表などを通じて配信を行う。当面の間は開発者とユーザーがコミュニケーションを取れる状態で提案魚道の運用を行う予定であり、一般配布される概要版を閲覧し、問合せがあった場合には開発者から詳細版を配布する。

## 2) 可搬魚道に関する動画配信

動画配信サイトや SNS を利用して可搬魚道に関する啓発動画を配信する。図 3.2-2 に示すような試作版の動画については現在配信中であり、地域の環境教育活動での利用や、視聴者から利用に関する相談の連絡が来ている。



## 水田生態系保全のための ポータブル魚道システム

水路整備により生物が移動困難になった箇所に設置することで、移動環境を改善できます。

設置・撤去はとても簡単です。  
生き物が移動に困っていたら、  
すぐに設置して移動環境を構築できます。  
生き物の移動が少ない時期は、  
取り外すことで元の水路に戻すこともできます。

[開発者連絡先]  
香川高専 高橋研究室  
ntakahashi@t.kagawa-nct.ac.jp  
チェリーコンサルタント  
honzu.mio@cherry-c.co.jp

開発者(高橋研究室)のFacebook  
(ポータブル魚道を映像で紹介しています)  
<https://fb.me/Takahashi.KagawaKOSEN>

魚道を利用する生物の様子  
[https://youtu.be/\\_Q7XFJicsPU](https://youtu.be/_Q7XFJicsPU)

図 3.2-1 可搬魚道制作・活用マニュアル（概要版）



YouTube 検索

つかってみよう！ポータブル魚道

95 回視聴・2020/9/13

3 0 共有



YouTube：つかってみよう！ポータブル魚道  
<https://youtu.be/ZvLHU0hEt4I>

図 3.2-2 普及啓発動画（試作版）

3. 3 利用者に対するサポート体制、参考資料等

研究開発組合が、制作および活用に関する全般的な相談受付を行い、ユーザーとの協議により必要に応じて現場での技術指導を実施する。

3. 4 特許・実用新案等の申請予定

本技術は、誰でも自由に利用可能なものであることを前提に開発しているが、技術の悪用防止を目的とし、提案魚道の基礎技術に関して特許出願済みである。（可搬性の魚道ユニット（特願 2019-098561））

（1）申請者

独立行政法人 国立高等専門学校機構 香川高等専門学校  
株式会社チェリーコンサルタント

（2）申請予定時期

令和 1 年 5 月 2 7 日

## 4 研究総括者による自己評価

| 審査の<br>ポイント          | 着眼点                                                                                                                                        | 申請時計画目<br>標 <sup>注1</sup> | 自己評価 <sup>注2</sup>                   | 自己評価<br>の理由 <sup>注3</sup>                |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|
| 目標の<br>達成度           | ・効果<br>(従来技術に対する優位性)                                                                                                                       | ・可搬性に特化した魚道の開発            | A: 優れている<br>B: 概ね妥当<br>C: 不十分        | ・可搬性に特化した、安価で維持管理の容易な魚道を開発した。            |
|                      | ・信頼性<br>(品質、精度、安全性、耐久性等)                                                                                                                   | ・水路増水時への対応                | A: 優れている<br>B: 概ね妥当<br>C: 不十分        | ・今後、普及に向けた運用をさらに検討し、改良できる余地がある。          |
|                      | ・適用範囲・適用条件等                                                                                                                                | —                         | A: 広範囲に適用<br>B: 概ね妥当<br>C: 限定的       | ・様々な条件の研究対象地において提案魚道の有効性を確認した。           |
| 普及の<br>可能性           | ・想定される利用者への普及啓発の方法                                                                                                                         | ・一般市民による運用試験              | A: 十分な利用が見込まれる<br>B: 概ね妥当<br>C: 限定的  | ・一部地域で想定利用者による試験的運用が開始している。              |
|                      | ・利用者に対するサポート体制<br>(設計・積算・施工等の参考資料、相談窓口等)                                                                                                   | ・マニュアル作成                  | A: 十分に整備されている<br>B: 概ね妥当<br>C: 改善が必要 | ・マニュアル作成完了。<br>・開発組合からユーザーへのサポート体制が整備済み。 |
| 総合コメント <sup>注4</sup> | 可搬性を重視した着脱式の魚道を開発し、運用マニュアルの作成までを終えることが出来た。また、事業遂行途中の段階で複数の地域で魚道の試験設置を依頼され、農家から子供会まで提案技術を通じた交流が広がり、技術普及のための基礎が構築されている。以上より、本研究の意義は高いと考えている。 |                           |                                      |                                          |

注1) 成果報告書に記載の研究開発目標を記載する。

注2) 評価結果欄は、A・B・Cのうち「A」を最高点、「C」を最低点として3段階で記入(○付け)する。

注3) 自己評価の理由を記載する。

注4) 総合的なコメントを記載する。

## 5 今後の課題及び改善方針

### 1) 魚道運用方法の発展

今後可搬魚道を幅広く普及させるため、魚道の運用を通してユーザーの意見を聞き取り、ユーザーとのコミュニケーションにより、活用方法を改善・発展させていく必要がある。一般市民による本技術の運用試験を行い、開発した魚道の最終調整を行う。また、開発した魚道や運用マニュアルの課題を抽出するためのアンケート調査を実施し、その際設問中に本技術に関連する環境保全や農業水利施設の内容を含めることで、開発した魚道を使用することによるそれらへの関心の変化を分析する。

### 2) 魚道の長期的設置の検証

可搬魚道の長期的な設置(1週間程度)を行い、平水時の継続的な使用における効果を検証する。

## 参考文献

- 1) 水谷正一（2007）：水田生態工学入門（水谷正一編），農山漁村文化協会。
- 2) 斉藤憲治：くらべてわかる淡水魚，山と溪谷社。
- 3) 清水秀成，泉 完，東 信行，丸居 篤，矢田谷健一（2016）：ミナミメダカの臨界遊泳速度に関する実験，農業農村工学会論文集，No.302 (84-2)，pp. II\_11-II\_18。