

摂南大学工学部	学生員	○清水 洋平
新日本環境調査株式会社		久加 朋子
摂津市立第三中学校		佐々木 宏展
京都大学農学部		前田 知己
兵庫県立人と自然の博物館		三橋 弘宗
摂南大学工学部	正会員	石田 裕子

## 1 はじめに

水田とそれを取り巻く水路は、ドジョウやフナ等の小型魚類にとって、生息場や産卵場として重要な役割を持つ。しかし、全国的に行われた圃場整備事業によって水田と水路のつながりが失われ、小型魚類が利用できる水田や水路は著しく減少してしまった。この状況に対し、水田と水路間に小規模な魚道を設置することによって失われたつながりを取り戻す方法が提案されている。小型魚道を設置することによって、小型魚類は水路から水田へ遡上することが可能となり、生息場や産卵場が拡張されることが期待できる。こういった小型魚道の設置は各地で行われはじめており、一定の成果を挙げている（水谷・鈴木 2009）。

しかし、こういった小型魚道は、河川などに設置される大型魚道に比べると、利用が想定される魚類の遊泳能力に応じた水理特性についての検討が不十分である。効果的な小型魚道を設置するためには、魚道の水理特性を検討した上で、利用が想定される魚類を考慮に入れた設定を施すことが不可欠である。そこで本研究では、コルゲートパイプを利用した小型魚道を作成し、その水理特性を実験的に明らかにした。具体的には2段階の魚道勾配において、堰板の枚数と角度を検討した。得られた結果から、フナ類、ドジョウ、メダカの利用を想定し、効果的な小型魚道の設定を考察した。

## 2 方法

### 2.1 実験魚道

本研究では、半円型コルゲートパイプ（全長 2.5m、内径 30cm）の内部に半円型の堰板を設置した実験魚道を用いた。近年コルゲート U 字溝が水田魚道に利用されているが、本研究では、フナ類など体高の大きい魚

類の遊泳に配慮し、同じ流量であっても最大水深が大きくなる半円型を採用した。また、堰板の低位部を交互配列とすることで流れを蛇行させ、魚道内の流速の多様化を図った（図-1）

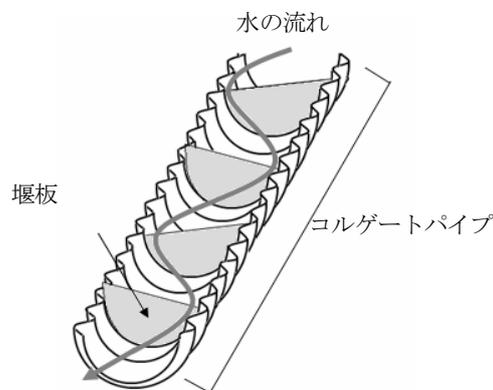


図 - 1 堰板の交互配列と流れの蛇行

### 2.2 設定条件および計測値

魚道の勾配  $i$  は緩勾配を想定した  $10^\circ$  と、急勾配を想定した  $20^\circ$  の2段階とした。堰板は 2.5m の魚道内に 10, 5, 3 枚の3段階で設置した。堰板間隔  $L$  は 10 枚のとき  $L=26\text{cm}$ 、5 枚のとき  $L=39\text{cm}$ 、3 枚のとき  $L=71.5\text{cm}$  である。堰板角  $\theta$  は  $L=39, 71.5\text{cm}$  のとき  $10, 15, 20, 25, 30^\circ$  とした。  $L=26\text{cm}$  のときには、  $\theta=20^\circ$  以下でオーバーフローが発生したため、  $\theta=25, 30, 35, 40, 45^\circ$  で設置した。流量は全国の水田の流出量の平均値  $Q_{\text{mid}}=0.4\text{l/sec}$  を基準に、増水を想定した  $Q_{\text{MAX}}=0.9\text{l/sec}$  および渇水を想定した  $Q_{\text{min}}=0.1\text{l/sec}$  の3段階とした。魚道内の流況から越流流速と魚道内の水

面形を求めるため、堰頂部の越流水深  $h_t$ 、越流幅  $B_t$  および堰板間（以下プールとした）の下流水深  $h_1$ 、上流水深  $h_2$ 、を計測した。

## 2.3 実測値からの水理計算

### 2.3.1 堰板越流部の流速

越流部分の流水断面を実測値の  $h_t$  [cm]、重力加速度  $g=9.81$  [m/sec<sup>2</sup>] より堰板越流部の越流流速  $V_c$  を計算した。なお越流流速は三角形断面と仮定し、限界流速については次式を用いた。

$$v_c = \sqrt{\frac{gA}{B}} = \sqrt{\frac{1}{2}gh_t} \quad [\text{cm/sec}]$$

### 2.3.2 プール内の水面形の計算

プール内の水面形を実測値の  $h_1$  [cm] より、標準逐次計算法によって計算した。

$$h_2 = h_1 + (z_1 - z_2) + \frac{1}{2g} \left[ \left( \frac{Q}{A_1} \right)^2 - \left( \frac{Q}{A_2} \right)^2 \right] + \left[ \left( \frac{n_1^2 Q^2}{A_1^2 R_1^{4/3}} \frac{\Delta x}{2} \right) + \left( \frac{n_2^2 Q^2}{A_2^2 R_2^{4/3}} \frac{\Delta x}{2} \right) \right]$$

[cm]

ここに、 $z$  は魚道底面の高さ、 $Q$  は流量、 $A$  は流積、 $R$  は径深、 $n$  は粗度係数である。

## 3 結果および考察

### 3.1 魚類の遡上能力からの堰板角の評価

魚類の遡上行動は、降雨などによる増水時に活発になるとされている。また、フナ類やドジョウは  $V_c=30 \sim 70$  cm/sec で盛んに遡上することが確認されている（加藤ほか 2005）。本研究の実験における  $Q_{MAX}$  では、すべての堰板角  $\theta$  で  $50 \sim 70$  cm/sec の越流流速をつくりだすことが明らかとなった。また、 $Q_{min}$  では  $i=20^\circ$ 、 $L=26$  cm 以外のほとんどの条件で水田周辺の魚類で最も遊泳能力が低いとされるメダカでも遡上可能とされる、 $V_c=20$  cm/sec 以下となった。越流流速は、 $\theta=10 \sim 45^\circ$  で設置を行えば、流量の変動に対応して、遡上能力の大きい魚類から小さい魚類まで、遡上が可能になることが明らかとなった。

### 3.2 魚類の体サイズからの勾配・堰板間隔の検討

フナ類の遊泳に必要な水深は 5cm 以上とされている

（鈴木 2009）。また、一般的な魚道の設計で水深を検討する場合は魚類の体高の 2 倍程度とされていることから、ドジョウで約 2cm、メダカで約 3cm の水深が遊泳に必要な水深と考えられる。本研究の魚道でプール上流端においてフナ類、ドジョウ、メダカの遊泳が可能な水深を確保できる条件は、勾配  $i=10^\circ$  のときの堰板間隔  $L=26$  cm の  $\theta=25 \sim 35^\circ$ 、 $L=39$  cm の  $\theta=10 \sim 20^\circ$  であった（図-2(a), (b)）。また  $i=10^\circ$  のときの  $L=71.5$  cm や  $i=20^\circ$  のときの  $L=26, 39, 71.5$  cm では、上流側の水深が 1.1cm 以下となり、フナ類、ドジョウ、メダカの遡上は困難であると考えられる。

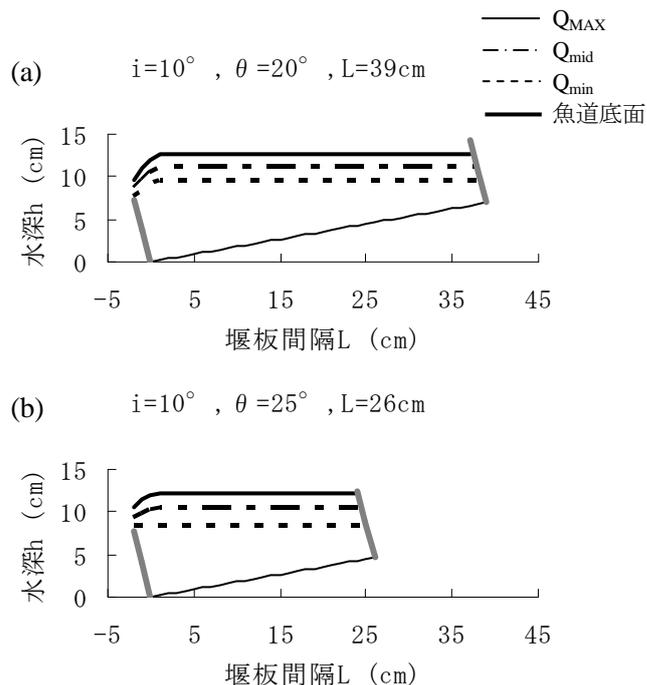


図 - 2 プール内の水面形

## 4 まとめ

本研究の結果より、堰板角  $\theta$  によって流速を変化させても、ほとんどの条件で魚類の遡上が可能なる流速をつくりだすことが出来ると考えられた。しかし、プール内の水深を魚類の遊泳が可能なるものとするためには、勾配  $i=10^\circ$ 、堰板間隔  $L=26, 39$  cm に限られた条件で設置しなければならないことが明らかとなった。

## 引用文献

- 加藤宗英・水谷正一・鈴木正貴・後藤章（2005）小規模魚道の設置諸元を検討するための小型魚類の遊泳能力。農業土木学会論文集 7 3 (1):59-65
- 水谷正一・鈴木正貴（2009）小規模魚道の利用。「田園の魚をとりもどせ！」（高橋清孝編）：6-14 恒星社厚生閣，東京