

# 階段式魚道底面の粗石配置の変化がオイカワの 遡上特性に及ぼす影響

鬼東 幸樹<sup>1</sup>・秋山 壽一郎<sup>2</sup>・定地 憲人<sup>3</sup>・緒方 亮<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 九州工業大学大学院教授 建設社会工学研究系 (〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1)  
E-mail: onitsuka@civil.kyutech.ac.jp

<sup>2</sup>フェロー会員 九州工業大学教授 建設社会工学科 (〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1)

<sup>3</sup>学生会員 九州工業大学大学院 工学府建設社会工学専攻 (〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1)

階段式魚道の底面に設置した粗石の配置の変化が魚の遊泳特性に及ぼす影響はほとんど解明されていない。本研究では、階段式魚道の底面に設置した粗石の配置を変化させ、オイカワの遡上特性への影響の解明を試みた。その結果、プール底面の上流側に粗石を配置した場合、オイカワは上流側粗石間の空隙を利用して遡上する傾向があることが判明した。これは、粗石間の空隙を利用して遡上することで高流速領域を回避し、疲労の蓄積が軽減されるためと考えられる。

**Key Words :** pool-and-weir fishway, boulders, *Opsariichthys platypus*, migration

## 1. はじめに

河川にダムや堰等の河川横断施設が建設されると、河川水位が縦断方向に不連続となり、魚類等の遡上や降下が困難になるため、一般に魚道が併設される<sup>1)</sup>。魚の遡上を促進させるためには、魚道内に休憩場所を確保する必要がある。魚に休憩場所を提供するものとして、低流速域を生成する粗石が挙げられる。魚道底面に粗石を設置することによって、(1)底面流が自然に近いものとなり部分的に流れが緩やかになる、(2)遡上魚の休憩行動および外敵からの逃避行動に有効である、(3)底生魚の遡上効果が向上する、等の効果が指摘されている<sup>2)</sup>。

金子ら<sup>3)</sup>および高崎ら<sup>4)</sup>は多摩川支流の秋川に設置された粗石付き魚道における魚の遡上調査を行った。その結果、粗石の有無が遡上する魚種および尾数を変化させることを指摘した。佐合ら<sup>5)</sup>は吉井川支流の金剛川に設置された階段式魚道において、底面の粗石密度を変化させて魚の遡上調査を行った。その結果、粗石密度の増加に伴い遡上率が増加することを解明した。桜井ら<sup>6)</sup>は粗石の存在が多様な流速場を形成し、アユ(*Plecoglossus altivelis altivelis*)などの遊泳魚だけでなく、ヨシノボリ(*Rhinogobius sp*)などの底棲魚の遡上にも有益なことを示した。Santos *et al.*<sup>7)</sup>は粒径が0.1mあるいは0.15mの粗石をそれぞれ底面に設置した魚道で遡上実験を行い、粒径が大きいと遡上時間が短縮されることを示した。青木<sup>8)</sup>も類似の結果を得ている。ただし、魚道の河床に大量の粗石が堆積し、

流水断面積が著しく減少する場合は、遡上率が低下する場合もあると青木ら<sup>8)</sup>は指摘した。以上のように、粗石の有無が遡上特性に影響を与えることは解明されたが、その原因を解明するには、魚の挙動および魚道内流況の把握と、両者の関係を明らかにしなければならない。

宮園・戸松<sup>9)</sup>は粗石を有する魚道内でのイワナ(*Salvelinus leucomaenis leucomaenis*)の挙動を撮影した結果、イワナは粗石前後を遡上経路として選択することを解明した。松木ら<sup>10)</sup>は直径0.05mの半球を魚道底面に設置し、流量を変化させてウグイ(*Tribolodon hakonensis*)の挙動を観察した。その結果、遡上率の高いケースでは、ウグイが粗石背後の低流速域で休憩していることを確認した。鬼東ら<sup>11)</sup>は階段式魚道の底面に直径0.1mの模擬粗石を最密充填で設置した場合と設置しない場合とでオイカワ(*Opsariichthys platypus*)<sup>12)</sup>の遊泳特性を比較した。その結果、底面に模擬粗石を設置すると遊泳位置が低下することや、オイカワが模擬粗石間を選好して遊泳することを解明した。また、鬼東ら<sup>11)</sup>は粗石間隔の増加に伴い、オイカワが遡上前に低流速な粗石間を利用する頻度が増加するため、高速流に接する時間が減少することを指摘した。このように、底面に設置した粗石によって発生する低流速域が魚の移動経路に影響を与えることで、魚が接する流速に変化があると考えられる。しかし、既往の研究では、階段式魚道の底面全域に粗石を配置する場合がほとんどであり、粗石の部分的配置による水理特性の変化と魚の遡上特性への影響を解明したものはほとんどない。本研

究は、階段式魚道の底面に設置する粗石の配置の変化がオイカワの遡上特性に及ぼす影響を比較、検討したものである。

## 2. 実験装置および実験条件

図-1に示すプール長 $L=0.9\text{m}$ 、プール幅 $B=0.8\text{m}$ 、隔壁厚 $\Delta x=0.2\text{m}$ 、落差 $\Delta y=0.15\text{m}$ 、切欠き幅 $\Delta z=0.16\text{m}$ のプールが3つ連結された階段式魚道を実験に用いた。プール底面から切欠き下端までの高さ $H=0.3\text{m}$ とした。この諸元は、小規模河川に設置される魚道と同スケールである。流下方向に $x$ 軸、鉛直上向きに $y$ 軸、横断方向に $z$ 軸をとった。プール番号は下流から上流に向かって1, 2, 3とする。

図-2にプール底面の粗石配置の状況を示す。粗石がない状態(non)、プール底面の全域にある配置(all)、下流側のみにある配置(lower)、上流側のみにある配置(upper)の計4通りとした。左岸側は右岸側比べて流速が遅く、粗石を設置しても、流速の低減効果という点では効果がかなり薄いと考えられるため、左岸側のみの配置は採用しなかった。また、右岸側のみの配置に関しては、切欠きからの落下流による流速の速い場所に魚を誘導することになり、本実験の遡上経路を変化させて魚の疲労を抑えながら遡上させるといった意図にそぐわないと判断したため採用しなかった。non以外のケースでは、白色に塗装した直径 $D=0.1\text{m}$ の発泡スチロール球を間隔 $d=0.15\text{m}$ で配置した。ただし、allの配置では隔壁との境界部で発泡スチロール球が部分的に切断されている場合がある。各粗石配置において、表-1に示すように流量を $Q=1, 3$ および $5(\text{L/s})$ と変化させ、計12ケースの実験を行った。水深は全ケースでほぼ $h=0.33\text{m}$ であった。なお、粗石頂部の位置は $y/h=0.3$ である。

魚道の機能を評価するためには魚が魚道内のプールに侵入してからの挙動を観察する必要がある。したがって、魚の遡上または降下も有り得る環境で挙動を観察するために第2プールを実験対象区とした。また、実験開始前にオイカワの疲労が蓄積しているのは好ましくないと考えられる。そのため、実験対象区である第2プールにオイカワを放流することで、実験対象区外での遡上による疲労の蓄積を排除した。流量 $Q$ の流れのある第2プールに平均体長 $\overline{L}_L=70\text{mm}$ のオイカワを $N=20$ 尾を放流し、3分間馴致した後、左岸側および水路上部に設置した2台のビデオカメラで30fps、30分間の撮影を行った。撮影後、オイカワの遊泳位置を10sごとに解析すると共に、第3プールへの遡上数をカウントした。また、遡上に成功した個体については、遡上の20s前から上流側切欠きに到達

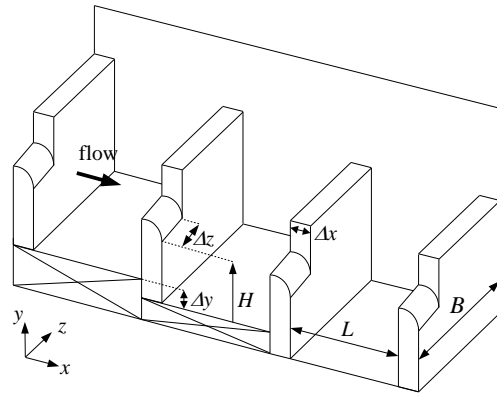


図-1 実験に用いた階段式魚道

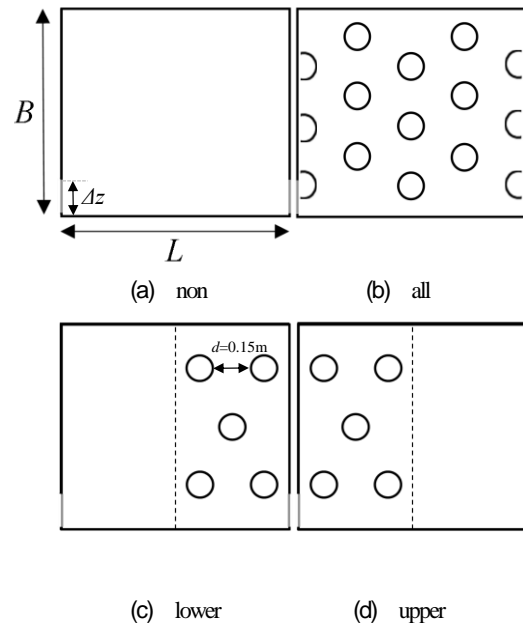


図-2 プール底面の粗石配置位置

表-1 実験条件

boulders area $Q(\text{L/s})$	1	3	5
non	noQ1	noQ3	noQ5
all	alQ1	alQ3	alQ5
lower	loQ1	loQ3	loQ5
upper	upQ1	upQ3	upQ5

するまでの遊泳位置を0.5sごとに解析して、遡上経路を求めた。

第2プール内の $x, y, z$ 軸方向にそれぞれ7, 7, 7点のメッシュで構成される点のうち、粗石が存在する点を除いた合計333点または325点において、3次元電磁流速計を用いて流速3成分を0.05s間隔で25.6s計測した。計測後、 $x, y, z$ 軸方向の時間平均流速 $U, V, W$ から3次元合成流速 $V_V = \sqrt{U^2 + V^2 + W^2}$ を算出した。なお、流速測定時には魚道内にオイカワを入れていない。

### 3. 実験結果および考察

#### (1) プール内の水理特性

図-3 に第 2 プール内における 3 次元合成流速  $V_v$  を、プール内の流速差が最大である流量  $Q=5$  (L/s) の 4 ケース(noQ5, alQ5, loQ5, upQ5)についてベクトル表示した。いずれの 4 ケースにおいても、上流側切欠き( $0 \leq z/B \leq 0.2$ )からの落下流がプール底面付近まで潜りこみ、下流側隔壁( $x/L=1.0$ )に衝突した後に左岸側水面付近に上昇し、循環流を形成していることが確認される。そのため、今回の実験では粗石配置を変化させてもプール内の流況は巨視的には類似しているといえる。

図-4にプール内の粗石頂部より下部( $y/h=0.25$ )の水平断面内における3次元合成流速  $V_v$  のコンターを、流量  $Q$  (L/s) が最小および最大である8ケース(noQ1, alQ1, loQ1, upQ1, noQ5, alQ5, loQ5, upQ5)について示した。また、図-4中の上流側および下流側の切欠き位置を白線で示した。

まず、 $Q=1$  (L/s) の場合について考察する。図-4(a)～(d)より、いずれのケースも図中の上流側および下流側切欠き付近で流れの速い領域が発生しているのが確認さ

れる。これは切欠きからの落下流とその落下流が下流側隔壁の下部で衝突することによるものだと考えられる。図-4(b)より、ケースalQ1では数箇所でケースnoQ1では見られない局所的に流れの速い領域が発生していることが確認される。これは粗石が無い場合に比べて、粗石周りの流水断面積が減少することで、局所的に流れが速くなったためと考えられる。図-4(c)より、ケースloQ1では粗石近傍で局所的に流速の速い場所が発生していることが確認される。また、図-4(d)より、ケースupQ1では粗石近傍および粗石の下流側で局所的に流速の速い場所が発生していることが確認される。

次に $Q=5$  (L/s) の場合について考察する。図-4(f), (g), (h)より、all, lower, upperでは流量 $Q=5$  (L/s) の場合、粗石近傍で低流速域が局所的に発生していることが確認される。一方、各粗石配置において最小流量 $Q=1$  (L/s) の場合と最大流量 $Q=5$  (L/s) の場合とを比較すると、 $Q=5$  (L/s) では $Q=1$  (L/s) の場合には見られなかった切欠きから右岸側側壁に沿った高速流が確認される。ここで、図-4(e)～(h)の切欠きから右岸側側壁に沿った( $0 \leq x/L \leq 1.0$ ,  $0 \leq z/B \leq 0.2$ )の範囲を高流速領域と定義する。

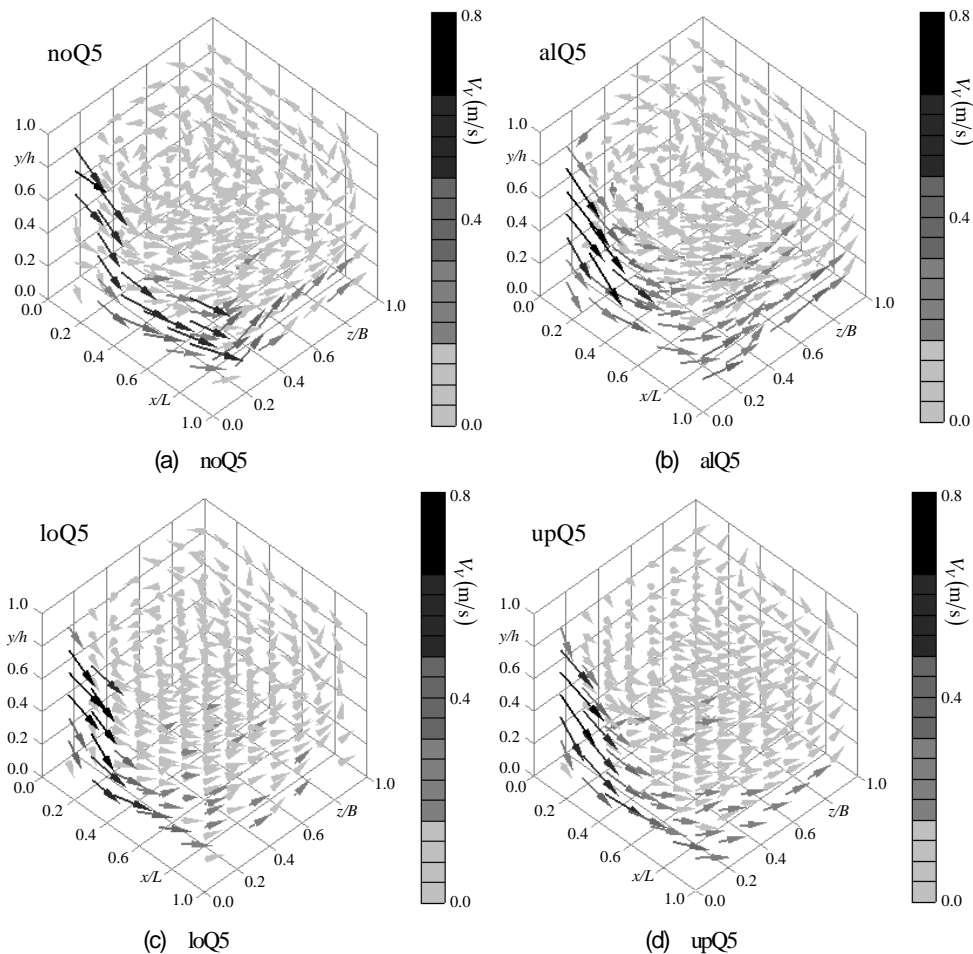


図-3 第2プール全体の3次元合成流速ベクトル

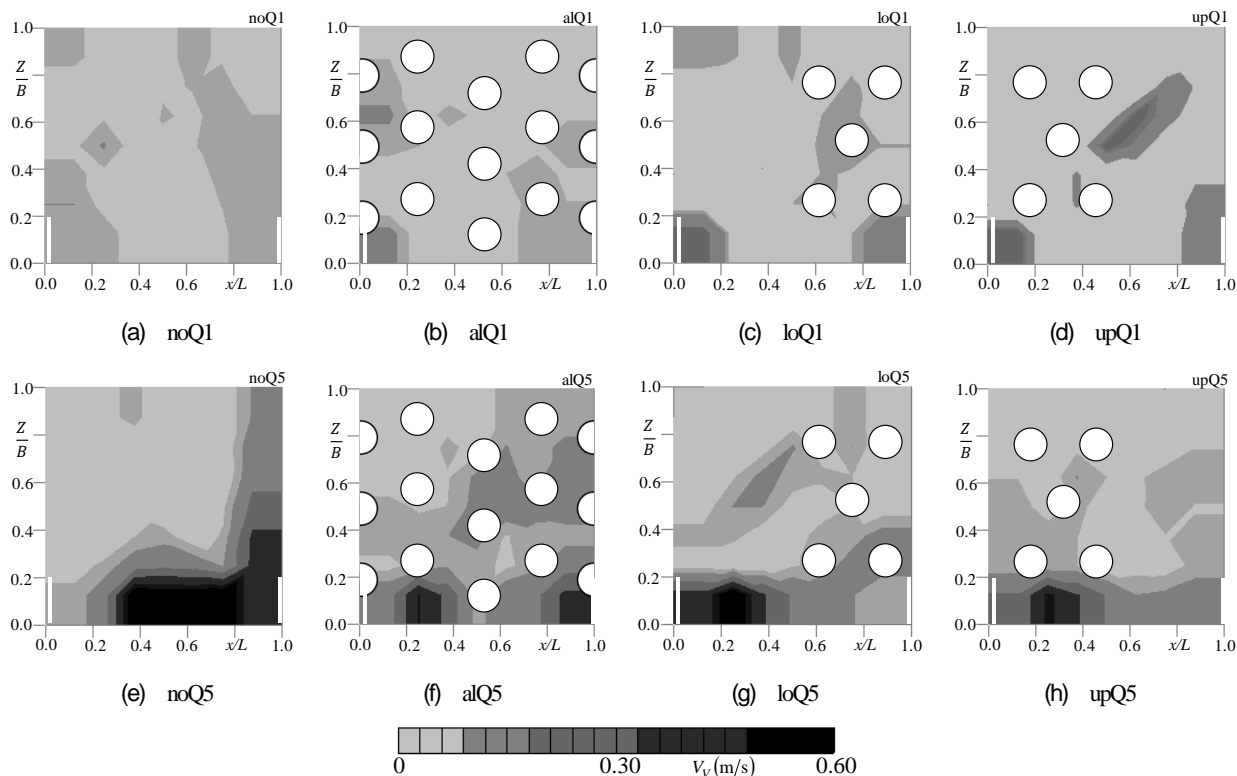


図-4 粗石頂部以下の流速コンター

## (2) オイカワの遡上率

遡上率を次式のように定義した。

$$\text{遡上率} = \frac{\text{遡上に成功した尾数 } n_m}{\text{実験に用いた尾数 } N (=20)} \quad (1)$$

図-5 に流量  $Q$  とオイカワの遡上率  $n_m/N$  との関係を示す。各粗石配置ごとに示す。non と all を比較すると、遡上率は  $Q=1, 3$  (L/s) では同様な値、 $Q=5$  (L/s) では non が all より高い値を示している。

lower と upper を比較すると、いずれの流量においても upper の方が lower よりも遡上率が高い値を示している。また、upper は他の粗石配置と比較し、全ての流量  $Q$  において遡上率  $n_m/N$  が最も高い値を示している。

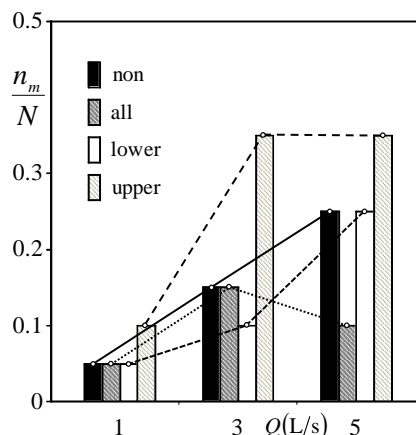


図-5 オイカワの遡上率

## (3) 粗石配置の変化によるプール内の遊泳特性の変化

第 2 プール内において、 $x$  方向に  $0.09\text{m}$ 、 $z$  方向に  $0.08\text{m}$  間隔でメッシュを区切り、各メッシュ内の  $10\text{s}$  ごとの存在尾数をカウントし、時間平均存在尾数  $\bar{n}$  を算出した。図-6 に各ケースの時間平均存在率  $\bar{n}/N$  を、 $x$ - $z$  水平断面に投影したコンターを示した。また、図-6 中の上流側および下流側の切欠き位置を白線で示した。

まず、 $Q=1$  (L/s) の場合の各ケースの存在率について考察する。図-6(a) のケース noQ1 では広範囲に  $\bar{n}/N$  の小さな値が分布しており、オイカワが散乱して遊泳していることが理解される。一方、図-6(d) のケース alQ1 ではプール中央付近に局所的に  $\bar{n}/N$  の大きな値が集中して分布しており、図-6(a) のケース noQ1 よりも遊泳位置が狭

まっていることが理解される。また、図-6(g), (j) のケース loQ1 および upQ1 については、図-6(d) のケース alQ1 ほどではないが、 $\bar{n}/N$  の大きな値が局所的に分布していることが理解される。また、ケース upQ1 ではケース loQ1 に比べて、若干  $\bar{n}/N$  の分布が上流側切欠きに接近している。

次に、流量  $Q$  と時間平均存在率  $\bar{n}/N$  との関係について考察する。図-6(a)~(c) より、non では、流量  $Q$  (L/s) が最小および最大の  $Q=1, 5$  (L/s) の場合を比べると、 $Q=5$  (L/s) の方が  $\bar{n}/N$  の分布が上流側切欠きに接近していることが理解される。一方、図-6(d)~(f) より、all では流量  $Q$  が変化しても、ケース alQ1 と同様にプール中央付近に局所的に  $\bar{n}/N$  の大きな値が集中しており、狭い範囲で

オイカワが遊泳していることが理解できる。また、図-6(g)~(i), (j)~(l)より, lower および upper については流量  $Q$  の増加に伴い  $\bar{n}/N$  の分布が  $x$  軸方向に広がっていることが理解できる。

図-7に流量  $Q(L/s)$  と各軸方向の魚群半径  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$  を平均体長  $\bar{B}_L$  で除した無次元魚群半径  $R_x/\bar{B}_L$ ,  $R_y/\bar{B}_L$  および  $R_z/\bar{B}_L$  との関係を示した。まず, 図-7(a) に示された  $x$  軸方向の無次元魚群半径  $R_x/\bar{B}_L$  について考

察する。nonについては流量が変化しても  $R_x/\bar{B}_L$  に顕著な変化は観察されない。allについても流量の変化による顕著な変化は観察されないが,  $R_x/\bar{B}_L$  の値はいずれの流量においても他の粗石配置より低い値を示した。

lower および upper については, 流量  $Q$  の増加に伴い  $R_x/\bar{B}_L$  が明確に増加する傾向があり, 流量の増加に応じてオイカワが  $x$  軸方向に散乱して遊泳していることが確認できる。

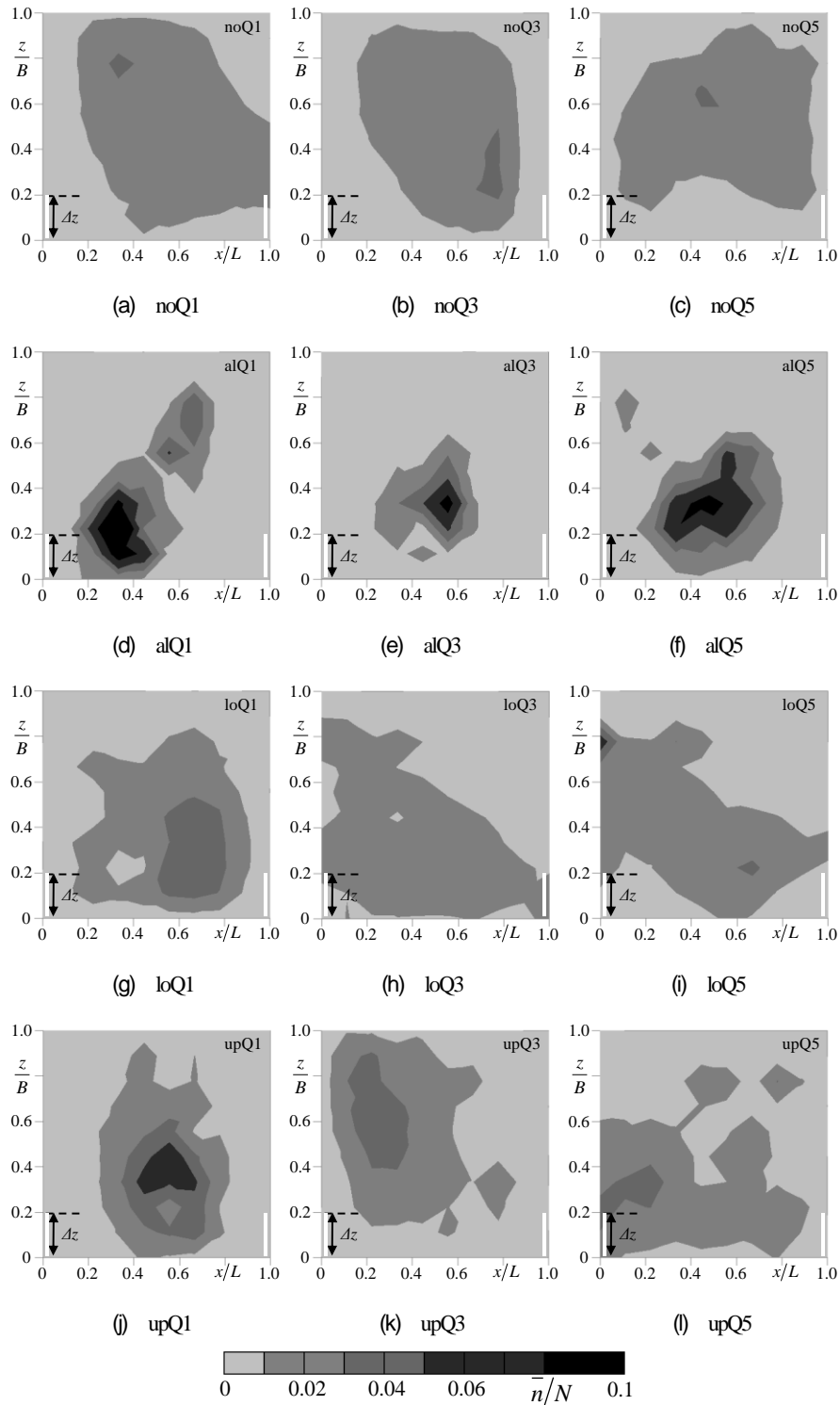


図-6 水平断面( $x$ - $z$ )における存在率コンター

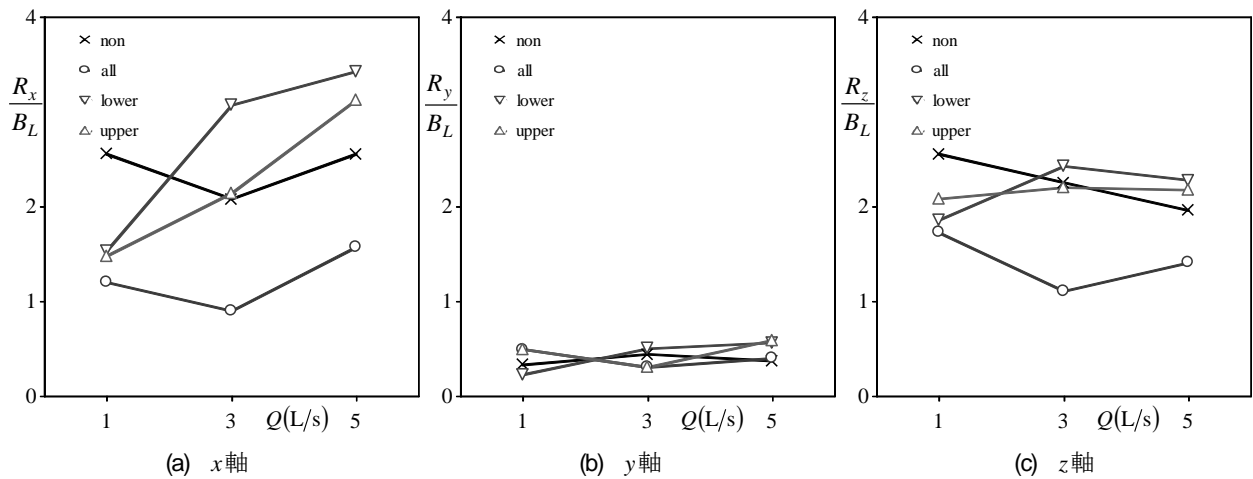


図-7 x, y, z軸方向の魚群半径

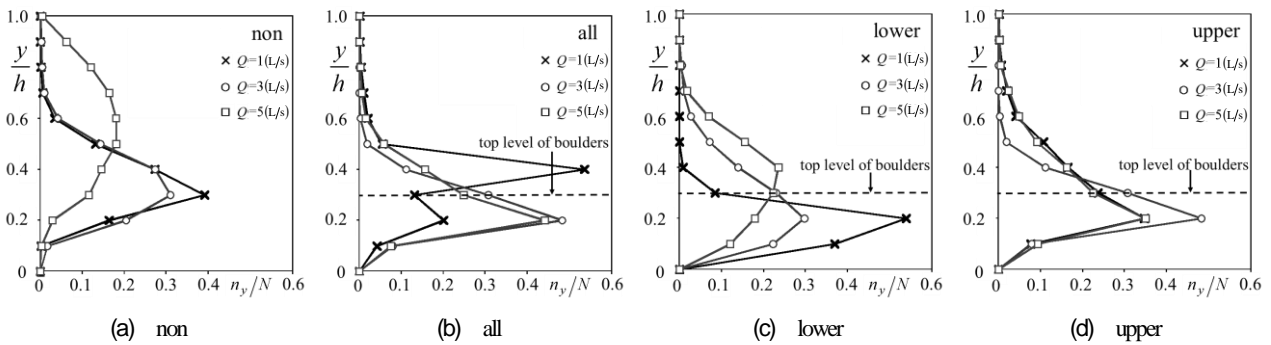


図-8 オイカワの鉛直方向遊泳頻度

次に、図-7(b)に示されたy軸方向の無次元魚群半径 $R_y/\overline{B_L}$ について考察する。いずれの粗石配置においても、流量 $Q$ の変化による $R_y/\overline{B_L}$ の明確な変化は観察されない。

図-7(c)に示されたz軸方向の無次元魚群半径 $R_z/\overline{B_L}$ について考察する。いずれのケースにおいても、流量 $Q$ の変化による $R_z/\overline{B_L}$ の明確な変化は観察されないが、allの $R_z/\overline{B_L}$ の値はいずれの流量においても他の粗石配置より低い値を示した。

以上のことから、lowerおよびupperでは流量 $Q$ の増加に伴い、x軸方向に散乱して遊泳することで切欠き付近の高流速領域での遊泳の機会が多くなることが示された。

#### (4) オイカワの鉛直方向遊泳位置

図-8にオイカワの鉛直方向の遊泳位置の頻度 $n_y/N$ を粗石配置別に示す。まず、nonでは流量の小さい $Q=1, 3$  (L/s)よりも流量最大の $Q=5$  (L/s)の方が、 $y/h=0.5$ 以上における $n_y/N$ が大きな値を示しており、流量 $Q$ が増加すると遊泳位置が鉛直方向に高くなることが理解できる。一方、allでは最小流量 $Q=1$  (L/s)では粗石頂部より高い位置で $n_y/N$ が大きな値を示しているが、流量の大きな $Q=3, 5$  (L/s)では粗石頂部以下の高さで $n_y/N$ が増加している。これは、図-4(f)から分かるように、allにおいて流量の増加によって流速が増加したプール内で、低流

速域である粗石間を利用して休憩するためと考えられる。lowerでは流量 $Q$ が増加すると粗石頂部より高い位置の $n_y/N$ が増加しており、流量 $Q$ が増加すると遊泳位置が鉛直方向に高くなり、粗石の利用頻度が減少することが理解できる。upperでは、いずれの流量 $Q$ においても粗石頂部以下の高さで $n_y/N$ が高く、オイカワが粗石間で遊泳しているのが理解できる。

#### (5) 粗石配置位置の変化による遡上経路の変化

図-9に各ケースの遡上前20s間のx-z水平断面に投影された経路の例を示す。粗石を配置した領域を灰色で示している。nonおよびlowerでは右岸側側壁に沿った遡上経路となっている。この領域は高流速領域となっている。一方、allおよびupperでは右岸側側壁に対して斜めの遡上経路となっている。そのため、allおよびupperではnonおよびlowerよりも高流速領域内の遊泳距離が短いことが理解できる。このことから、allおよびupperについては、どちらもオイカワが粗石近傍の低流速域を利用して遡上していることが理解できる。宮園・戸松<sup>12)</sup>は、イワナが粗石前後を遡上経路として選択していることを解明した。本実験でも同様の結果が得られた。

オイカワの遡上前20s間のデータを0.5s間隔で解析すると、全データ数は $N_V = 40$ となる。遡上までの20s間

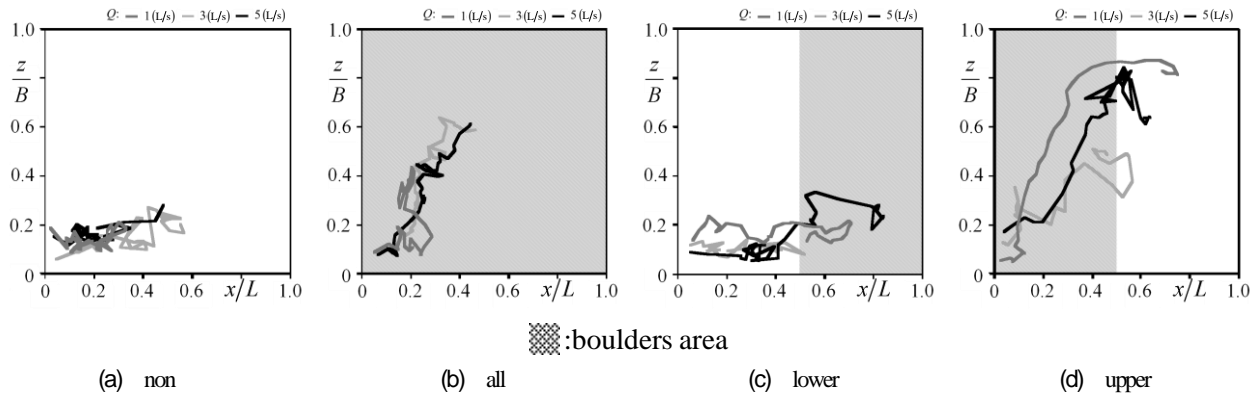


図-9 水平断面(x-z)における遡上経路

にオイカワが通過した場所の流速  $V_V$  における各データ数を  $n_V$  とする。  $Q=1, 3(L/s)$  に比べてプール内の流速差が最も大きく、遡上経路内の流速ごとの頻度分布が最も顕著な傾向を示したため、  $Q=5(L/s)$  を採用し、図-10 にケース noQ5, alQ5, loQ5 および upQ5 の遡上経路内における各流速領域ごとの遊泳頻度分布を示した。図-10 において、ケース noQ5 および loQ5 ではそれぞれ流速  $V_V = 0.25, 0.3(m/s)$  で遊泳頻度  $n_V/N_V$  が最大値を示している。一方、ケース alQ5 および upQ5 ではそれぞれ流速  $V_V = 0.15, 0.1(m/s)$  で遊泳頻度  $n_V/N_V$  が最大値を示しており、ケース noQ5 および loQ5 と比べて低流速域での遊泳頻度  $n_V/N_V$  が多い。これは、ケース alQ5 および upQ5 の方が noQ5 および loQ5 よりもオイカワが流速  $V_V$  の遅い場所を遊泳していることを意味している。また、図-4(e)~(h)、図-9 より、高流速領域 ( $0 \leq x/L \leq 1.0, 0 \leq z/B \leq 0.2$ ) の範囲内の遡上経路はケース noQ5 および loQ5 よりも alQ5 および upQ5 の方が短いことが示された。そのため、ケース upQ5, alQ5 における右岸側側壁に対して斜めの遡上経路は、オイカワにとって疲労が蓄積しにくいと言える。よって、図-5 で示すように、upper では流量が大きな  $Q=3$  および  $5(L/s)$  で non および lower よりも高い遡上率となったと考えられる。一方、all では、オイカワは疲労が蓄積しにくい遡上経路を選択しているが、いずれの流量においても低い遡上率を示している。宮園・戸松<sup>12)</sup>は粗石の配置が魚の移動障害とならないようにする必要があると指摘している。また、粗石をなるべく流線に沿って並べ、粗度として配置しないのがよいとされている<sup>17)</sup>。本実験において、all では粗石を底面全体に設置したため底面付近の粗度が最も高くなり、上流側を認識しにくく低い遡上率を示したと考えられる。

#### 4. おわりに

本実験で用いた階段式魚道は日本の魚道の80~90%を

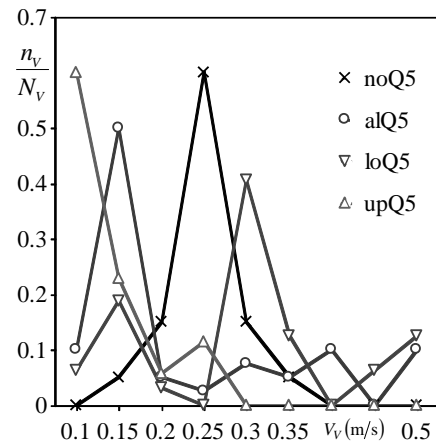


図-10 遡上経路内流速ごとの頻度分布

占めており、最適な幾何学形状を解明することは非常に重要である。また、魚道内に魚の休憩場所を確保することが求められており、本実験では粗石配置を変化させることでその解明を試みた。本研究で得られた知見は以下の通りである。

- (1) プール内において、底面全域に粗石が配置されている場合は、オイカワはプール中央付近の狭い範囲で遊泳する。
- (2) 底面に粗石無しおよび下流側に粗石が配置されている場合は、オイカワはプール壁面に沿って遡上する。
- (3) 底面の上流側に粗石が配置されている場合は、流量が増加するとオイカワは粗石間の低流速域を利用して休憩を行う。これによりオイカワは疲労の蓄積が少ない、プール壁面に対して斜めの遡上経路を選択していると考えられる。

以上の結果から、オイカワが疲労の蓄積が少ない遡上経路を選択するためには粗石をプール底面の上流側に配置するのが効果的であると分かった。今回の研究は小規模河川を対象としたものであり、今後は実河川での適用という観点から、異なるスケールでの実験を行う必要がある。

謝辞：本研究を実施するに当たり，科学研究費補助金基盤研究(C)17K06580（代表：鬼束幸樹）の援助を受けた。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局 HP：魚がのぼりやすい川づくりの手引き，pp.9-146, 2005.
- 2) (財)ダム水源地環境整備センター編：最新魚道の設計，信山社サイテック，pp.5-326, 1998.
- 3) 住谷昌宏，佐々木弘二，渡辺稔：長良川河口堰の魚道の設計と遡上状況（特に呼び水式魚道について），*Proceedings of the International Symposium on Fishways 95' in Gifu*, pp.219-224, 1995.
- 4) 金子義明，和泉清，土屋十罔，大竹義男：秋川における魚道の水理特性と遡上効果，*水工学論文集*，第 42 卷，pp.265-270, 1997.
- 5) 高崎忠勝，土屋十罔，大竹義男：秋川における複合型魚道の効果，*河川技術に関する論文集*，第 5 巻，pp.165-170, 1999.
- 6) 佐合純造，本多卓志，大木孝志，田中直也：大田原堰魚道におけるアユの遡上実験報告，*水工学論文集*，第 42 巻，pp.493-498, 1998.
- 7) 桜井力，柏井条介，佐々木國隆，岡崎克美，進藤邦雄，岡本俊策：コンクリートブロックを用いた粗石式魚道の水理および遡上特性，*水工学論文集*，第 44 巻，pp.1197-1202, 2000.
- 8) Santos, J.M., Branco, P., Silva, A.T., Katopodis, C., Pinheiro, A., Viseu, T. and Ferreira, T.: Effect of two flow regimes on the up-stream movements of the Iberian barbel (*Luciobarbus bocagei*) in an experimental pool-type fishway, *Journal of Applied Ichthyology*, Vol.29, pp.425-430, 2013.
- 9) Santos, J.M., Branco, P., Katopodis, C., Ferreira, T. and Pinheiro, A.: Retrofitting pool-and-weir fishways to improve passage performance of benthic fishes, *Ecological Engineering*, Vol.73, pp.335-344, 2014.
- 10) 青木宗之：礫堆積時における階段式魚道内の流れとウグイの遊泳行動特性について，*土木学会論文集 B1(水工学)*，Vol.73, No.4, I\_403-I\_408, 2017.
- 11) 青木宗之，向井健朗，菊池裕太，松木越：階段式魚道のプール内における礫の堆積が魚類の行動に及ぼす影響について，*土木学会論文集 B1(水工学)*，Vol.71, No.4, I\_1099-I\_1104, 2015.
- 12) 宮園正敏，戸松修：斜路式魚道における粗石の配置について，*砂防学会誌*，Vol.56, No.1, pp.3-12, 2003.
- 13) 松木越，青木宗之，菊池裕太，福井吉孝：全断面粗石付魚道の機能増進および修復について，*土木学会論文集 B1(水工学)*，Vol.71, No.4, I\_1105-I\_1110, 2015.
- 14) 鬼束幸樹，秋山壽一郎，宍戸陽，高松周平，角田裕香，有須田朋子：階段式魚道のプール底面に設置した粗石が魚の遡上特性に及ぼす影響，*土木学会論文集 B1(水工学)*，Vol.72, No.4, I\_1135-I\_1140, 2016.
- 15) 中坊徹次：日本産魚類検索，東海大学出版会，2013.
- 16) 鬼束幸樹，秋山壽一郎，有須田朋子，定地憲人，緒方亮：階段式魚道の底面に設置した粗石の間隔がオイカワの遡上特性に及ぼす影響，*土木学会論文集 B1(水工学)*，Vol.73, No.4, I\_409-I\_414, 2017.
- 17) 中村俊六：魚道のはなし，山海堂，1995.

(2017. 5. 19 受付)

## EFFECTS OF INSTILLATION LOCATIONS OF BOULDERS AT BOTTOM OF POOL-AND-WEIR FISHWAY ON MIGRATION RATE OF *OPSARIICHTHYS PLATYPUS*

Kouki ONITSUKA, Juichiro AKIYAMA, Kento JOJI and Ryo OGATA

It is important to keep suitable area by boulder in pool-and-weir fishway to make the migration rates of fish high. In this study, migrating behaviors of *Opsariichthys platypus* in pool-and-weir fishway were compared with instillation locations of boulders placed on the bottom of pool-and-weir fishway changed. Migration behaviors of *Opsariichthys platypus* were obtained with the aid of two sets of digital video cameras. It was found that *Opsariichthys platypus* migrates remarkably uses space between boulders when boulders were placed on the upper bottom in the pool. It is because the velocity of space between boulders is low compared to other space.