

既設の固定堰に設置する透過型簡易魚道の提案

PROPOSAL OF CONVENIENT FISHWAY WITH SMALL GABIONS IN A CONSTRUCTED WEIR

安田陽一¹・大津岩夫²・小出水規行³

Youichi YASUDA, Iwao OHTSU, and Noriyuki KOIZUMI

¹正会員 工博 助教授 日本大学理工学部土木工学科 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8)

²正会員 工博 教授 日本大学理工学部土木工学科 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8)

³正会員 農博 農業工学研究所農村環境部 (〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6)

The improvement of the weir without a fishway is required for fishes to migrate to upstream and downstream habitats. This paper presents a proposal of a convenient fishway set on the side of the weir. For the upstream migration of the juvenile Ayu fish, field experiments on the proposed fishway were carried out at Choufu weir located at 13 km upstream from estuary of Tama River between Tokyo Metropolitan and Kanagawa Prefecture. On a channel slope of 21.8 degrees ($\tan \alpha = 0.400$), the proposed fishway with a frame of steel pipe (6.2m long and 0.5m width) was set at the season for upstream migration of Ayu fish, and a small gabion is placed at regular intervals of 50 cm in order to decay the flow velocity and to make a small pool for the rest. The field experiments reveal that Ayu fish could migrate to upstream of fishway even if the channel slope of the fishway is 19 degrees. The velocity field and the air-concentration distribution in the proposed fishway were shown, and migration routes in the fishway could be explained on the basis of flow characteristics. Also, changes in the number of Ayu fish migrating upstream via the fishway during a 12-hour period were recorded, and 18,000 Ayu fishes could migrate upstream via the proposal convenient fishway within 12 hours.

Key words: fishway, migration, diadromous aquatic animal, gabion, drop structure, weir

1. はじめに

毎年3月から6月にかけて、東京都と神奈川県の間境に位置する多摩川ではアユ・マルタウグイなどの遊泳魚が遡上する。また、モクズガニ・スジエビ・テナガエビといった甲殻類、ハゼ科などの底生魚の遡上も見られる。

多摩川に設置された河川横断構造物による水生生物の遡上・降河への影響を調べてみると、遡上困難な箇所がいくつか存在する。

例えば、河口から13km上流側に位置する調布堰(東京都水道局玉川浄水管理事務所管轄)では、左岸(東京都)側および堰中央にしか魚道が整備されていない。魚道のない右岸側では、固定堰からの流れが呼び水となり、多くの遊泳魚、甲殻類、底生魚等が水際に集まっている。平常時の流れの速さが大きいため、遊泳魚は固定堰を遡上できない状態である。

多摩川の生態系保全を図るためには、遡上困難な河川横断構造物を下流側から整備する必要がある。工学的には、改良工事に伴う環境負荷を軽減し、構造物の機能を維持しながら遡上可能な環境を見出す必要がある。特に、稚魚、稚エビ、稚ガニの遡上・降河を可能にすることは、水生生物保全の観点から重要である。構造物の利水等の機能を維持しながら、魚

類等の遡上時期に限定した簡易魚道の設置などは、その対策の一つとして提案する価値がある。

本研究では、アユの稚魚などが遡上でき、しかも、簡単に設置可能な透過型簡易魚道を提案する。現地の遡上調査として、調布堰右岸側の固定堰と護岸との接続部(40%勾配を有する水際に)に簡易魚道を仮設し、アユの遡上実態を調べた。その結果、12時間で18,000匹をこえる遡上を記録した。魚道の流況調査として、簡易魚道内の水面形、流速、および空気混入率を測定し、魚道内の遡上経路との関連を検討した。

2. 透過型簡易魚道の提案

本研究で提案する調布堰右岸側の固定堰と護岸との接合部の水際に設置する透過型簡易魚道(写真-1, 図-1)は次の通りである。

- 1) 透過型簡易魚道の構造は安田らによる甲殻類・底生魚の遡上に配慮した魚道^{1,2)}に遊泳魚が遡上できるように蛇籠を等間隔に設置した魚道³⁾に基づく。
- 2) 簡易魚道の骨格は単管パイプと蛇籠で構成されている。魚道の幅(単管パイプの設置幅)は50cm、単管パイプ長は6.20mである。魚道幅を

固定するために、9mm 径 60cm 長の全ネジを 12mm 径のステンレスパイプ(長さ 50cm)に通し、単管パイプ上流端および下流端からそれぞれ 10cm の箇所に取りつけた。(写真-1)

- 3) 蛇籠はもじ網(2mm² メッシュ)に平均粒径 25mm の川砂利を詰めて作成した。蛇籠の厚みは 10cm、幅は 50cm 程度になるように、ステンレスの針金(1.2mm 径)を用いて縫合した。
- 4) 蛇籠の設置間隔は 50cm とし、蛇籠の直上流に休憩プールが形成されるように配置した。蛇籠の単管パイプへの取り付けには針金を使用し、取り付け箇所には前もって、パイプ横に 10mm 径の穴を貫通させ、その穴にステンレス製のボルトを通した。
- 5) 簡易魚道の固定堰への設置は、魚道上流端(単管パイプと全ネジ棒との接続部)両側および下流端の水際に 10mm 径のロープをそれぞれ括り付け、堰のステンレス製侵入防止柵の根元に結んで行った。
- 6) 写真-2 は簡易魚道を設置した時の流況である。写真に示されるように、個々の蛇籠でプールが形成され、プール内では多量の空気が混入しているように見える。また、蛇籠の両側の隙間および単管パイプと底面との隙間から流れが観察される。

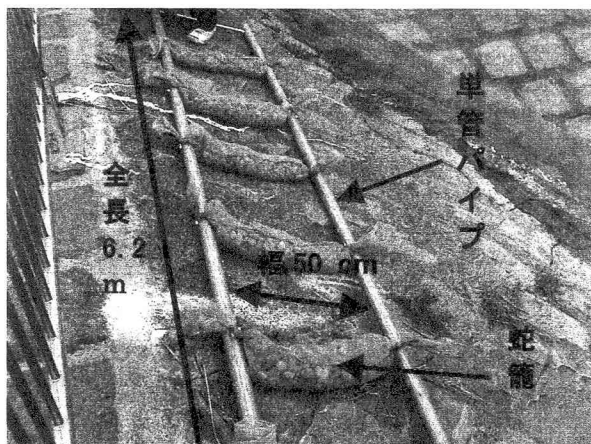


写真-1 水際に設置する前の透過型簡易魚道

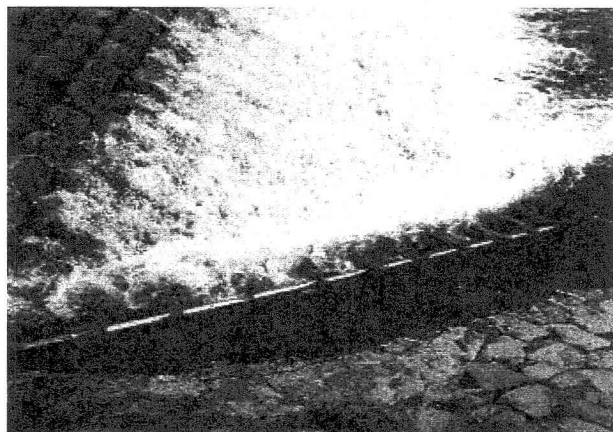


写真-2 透過型簡易魚道における流況

3. 遡上調査

(1) 方法

多摩川におけるアユの遡上時期(3 月下旬から 6 月上旬)を対象とし、簡易魚道の遡上調査は 2001 年 5 月 22 日と 25 日の両日も午前 8 時前後から午後 8 時まで行った。22 日の天候は曇り、潮回は大潮であり、25 日の天候は晴れ、潮回は中潮であった。

アユの遡上完了数(簡易魚道を遡上し、固定堰の天端を通過したアユの数)を目視で計数し、遡上経路について考察するため水面の観察およびビデオ・カメラ撮影を行った。日没以降は投光器を設置して、測定しやすい環境にした。

調査時間内の堰周辺の水温、魚道下流側の水位および魚道の流量の変化を知るため、堰下流側で水温、水位の測定を 1 時間ごとに行った。流量測定として簡易魚道上方の固定堰天端の平坦箇所では限界水深 h_c を 1 時間ごとに測定し、単位幅流量 q_c を算定した。

$$q_c = [g(h_c^3)]^{1/2} \quad g: \text{重力加速度}(g=9.8\text{m/s}^2)$$

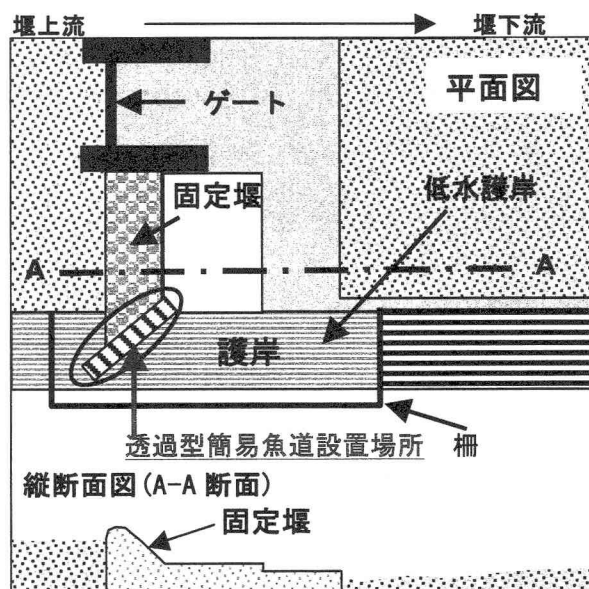


図-1 調布堰右岸側の概形図

(2) アユの遡上結果

透過型簡易魚道の設置により 34%勾配の斜面においても体長 3cm から 18cm 程度のアユを遡上させることが可能となった(写真-3)。遡上するアユを観察すると、蛇籠を乗り越えるだけでなく、蛇籠の脇からの流れを利用して遡上するのも見られた。なお、日中に遡上した遊泳魚の 9 割近くはアユであり、夕方から夜間にかけては簡易魚道の右岸外側の水際に沿ってハゼ類ならびにテナガエビが遡上⁴⁾した(写真-4)。

1 時間ごとにまとめたアユの遡上完了数を図-2 に示す。図に示されるように、5 月 25 日の 12 時間におよぶ観測では、夕方の時間帯(午後 4 時から 5 時前後)の遡上数(3840 匹)が最も多かった。また、日

没(午後 6 時 40 分)直後の段階でアユの遡上数が急激に減少した。調査時間内の遡上完了総数は 18347 匹に達した。



写真-3 透過型簡易魚道を遡上するアユ

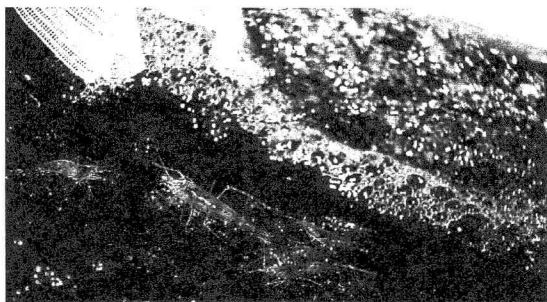


写真-4 透過型簡易魚道の右岸外側の水際に沿って遡上するテナガエビ

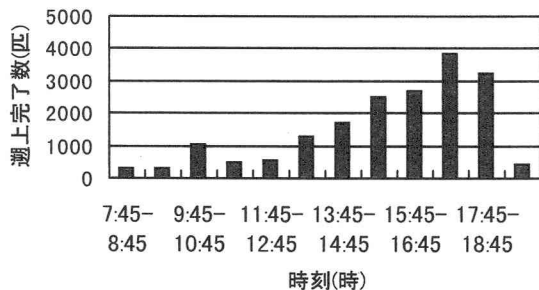


図-2 アユの遡上完了数(5月25日実測)

(3) 魚道周辺の水温、魚道下流側の水位、および単位幅流量の変化

遡上調査時(5月25日を例として)の水温、魚道下流側の水位、および魚道直上流の単位幅流量の変化について図-3,4,5に示す。図-3に示されるように、当日の最高水温は23℃であった。図-4に示されるように、午後12時45分から午後1時45分にかけて水位が潮位の影響で最も低くなり、簡易魚道下流側(水叩き上)ではせせらいだ状態が形成された。また、水位が最も高くなったのは午後7時ころであり、最低時と比べて105cmの差があった。

流量および下流水位の変化(図-4,5)とアユの遡上完了数(図-2)とを比較すると、流量がほぼ一定となり、潮汐の影響で下流水位が上昇し、水温が22℃から23℃になっている時間帯(午後1時から午後6時)にアユの遡上完了数が増加している。すなわち、

流量が安定したことによって魚道内の流況が安定し、また魚道下流側の水位が上昇したことによって魚道の入口に接近しやすく、さらに午前中に比べて水温が上昇し遡上活動が活発になったため、遡上完了数が多くなったものと考えられる。

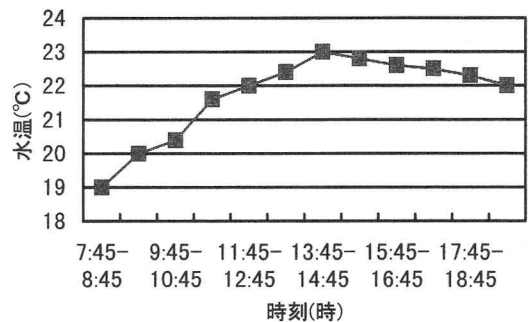


図-3 魚道周辺の水温変化(5月25日)

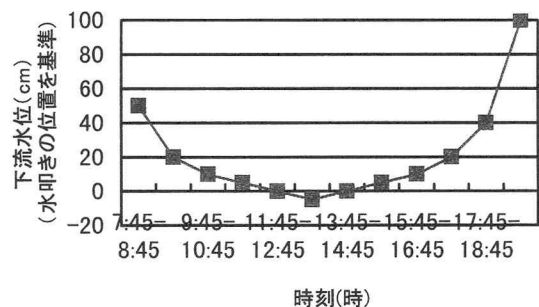


図-4 魚道下流側の水位変化(5月25日)

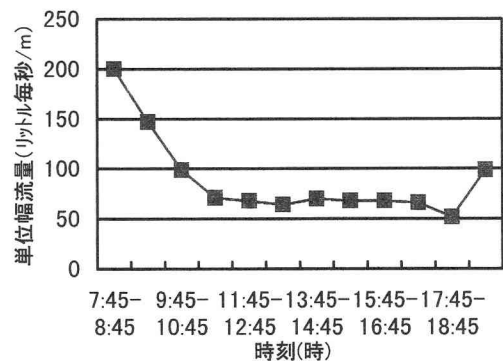


図-5 魚道に流入する流量変化(5月25日)

5. 透過型簡易魚道内の流況調査

(1) 方法

流況調査はアユの遡上時期を避け(アユの遡上行動に影響を及ぼすと考えられたため)、2001年11月7日に実施した。当日の流量は良好な遡上結果が得られた5月25日と等しく、魚道内の水面形、流速分布、および空気混入分布を計測した。

流速測定については、ケネック社製のI型2次元

電磁流速計を用い、採取間隔20ms、採取時間30sで流下方向成分と水路横断方向成分の時間平均流速および乱れ強さを測定した。空気混入率[空気量/(空気量+水の量)]については、東京計測社製の透過光式ボイド計を用いた。水深測定については、スケールを付けたピンポールを用いた。堰直上流側の水深測定にはスケールのついたポールを用いた。

(2) 簡易魚道内の水面形、流速分布、および空気混入分布

透過型簡易魚道における水面形、流速ベクトル、および空気混入率を図-6,7,8に示す。図中に示した流れは水面の観察に基づいて描いた流況であり、図中の $\square$ は気泡混入の状況を示している。図-6の太字実線は0.5cm, 1.0cm, 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm, 35cmの等水深線を示す。図-6に示されるように、左岸側よりにプールが形成されている(写真-2)。また、右岸側では簡易魚道の蛇籠と底面との隙間が形成されていることから、1cm程度の水深規模をもつ蛇籠の脇を回り込む流れが形成されている。

図-7,8は底面から5cm,1cmでの流速ベクトルおよび空気混入率の分布を示す。図中の%の値は空気混入率を百分率で表示した値である。簡易魚道を設置する前では水際近くの流速が3m/sから4m/s近くあったものが図-7,8に示されるように、魚道中央部および右岸側において4分の1以下に減衰し、1m/s以下になっている箇所が多く存在する。また、蛇籠の直上流の位置では流速の減衰に加え、逆流(流下方向の逆向きの流れ)は観察されず、33%の空隙率を有する蛇籠によって浸透する流れが生じていることが示される。すなわち、正の走流性を有することと蛇籠の直上流での浸透する流れが形成されることから、蛇籠によって形成されたプールに遊泳魚が流れに向かう方向で待機する(休憩する)ことが可能になるものと推定される。

水面の観察からは魚道によって形成されたプールにおいて多量の空気混入が観察されたが、図-7,8に示されるように、底面から5cm以下のところでは空気混入率が10%以下の箇所が多い。このことから、空気混入が魚道内の遡上経路を阻むほどにはなっていないものと推定される。

透過型簡易魚道の中央部、右岸内側断面の流速分布および空気混入率の分布の一例を図-9,10に示す。図中の→は流下方向の時間平均流速 $\bar{u}$ (m/s),

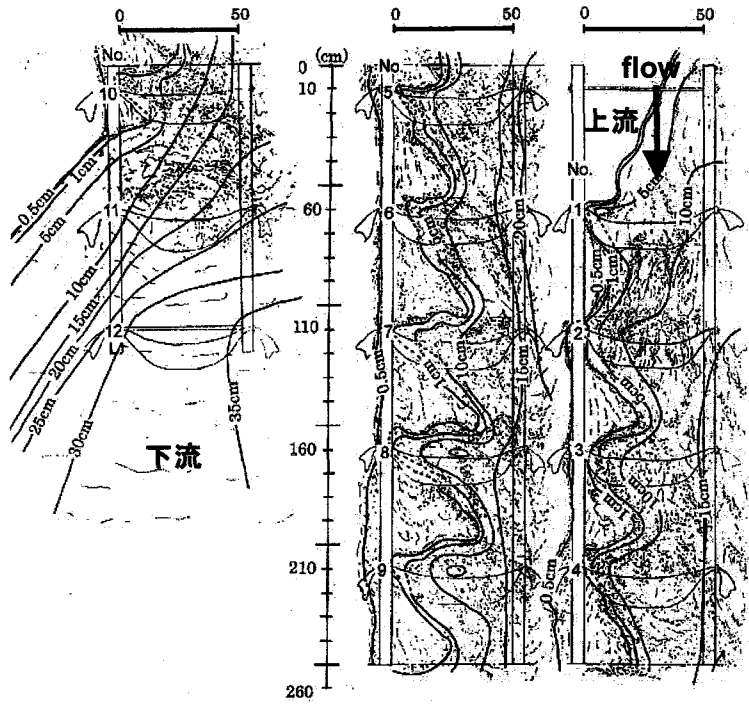


図-6 透過型簡易魚道内の水面形(等水深図)

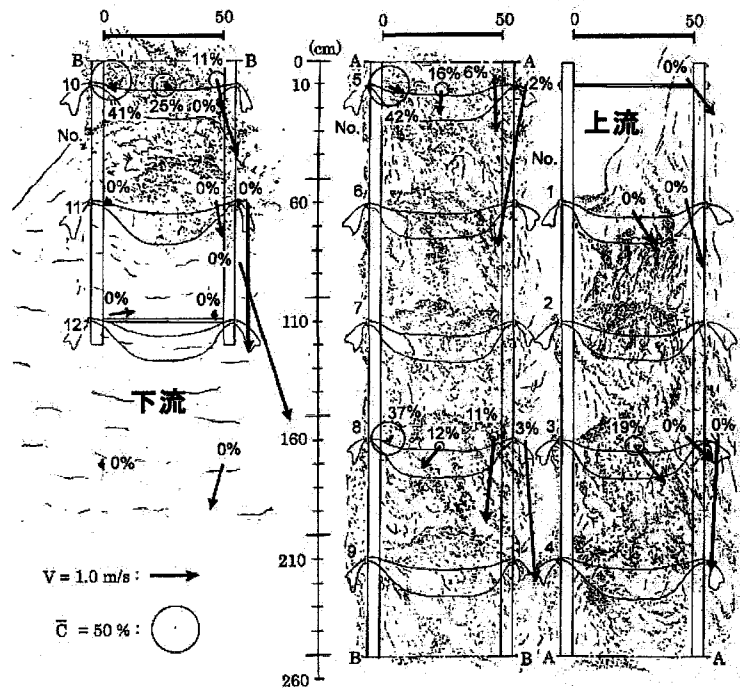


図-7 透過型簡易魚道内の流速ベクトルおよび空気混入率分布
底面から5cmの場合

○は流下方向の流速の乱れ強さ $\sqrt{u'^2}$ (m/s) (ここでは u' と置く)を示し、□は水路横断方向の時間平均流速(m/s), ●は水路横断方向の流速の乱れ強さ $\sqrt{v'^2}$ (m/s) (ここでは v' と置く)を示す。また、●は空気混入率 $\bar{C}$ を示し、水面では空気混入率 $\bar{C}=0.9$ である。魚道中央部では、図に示されるように、蛇籠の透過性の効果によって流下方向の時間平均流速

が1m/sより常に小さく、底面より5cm程度までは空気混入率が10%以下となり、遊泳魚(アユ)が流れの方向に向かって休憩することが可能となることを裏付けている。また、流下方向の乱れ強さは20cm/s以下を示し、アユが蛇籠直上流で休憩しながら遡上した結果、この程度の乱れによって休憩しているアユの体制を崩すには至らなかったものと考えられる。

魚道右岸内側では、図-10に示されるように、流下方向の時間平均流速は1m/s以下の値を示し、蛇籠と単管パイプの隙間および底面と単管パイプとの隙間からアユが遡上した結果からも、この隙間は遡上できる環境を形成していると考えられる。

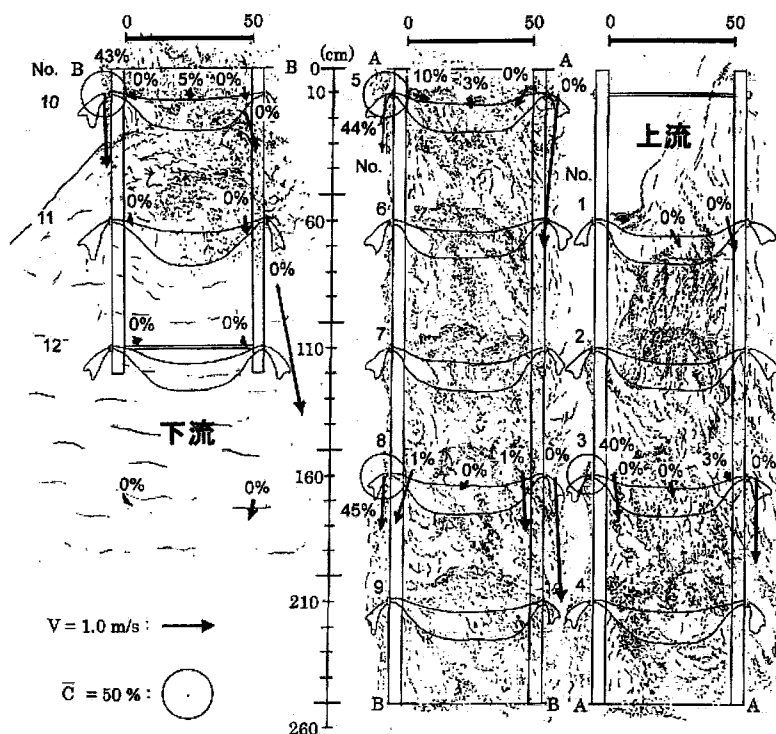


図-8 透過型簡易魚道内の流速ベクトルおよび空気混入率分布
底面から1cmの場合

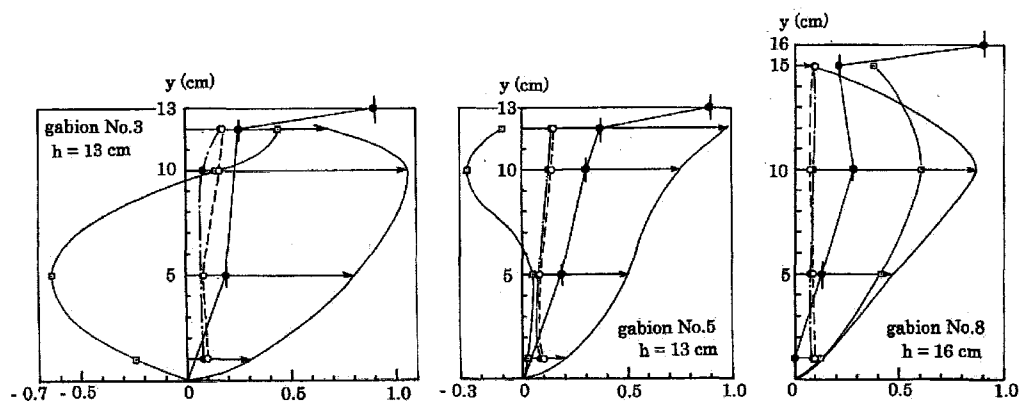


図-9 簡易魚道中央断面での流速および空気混入率の分布

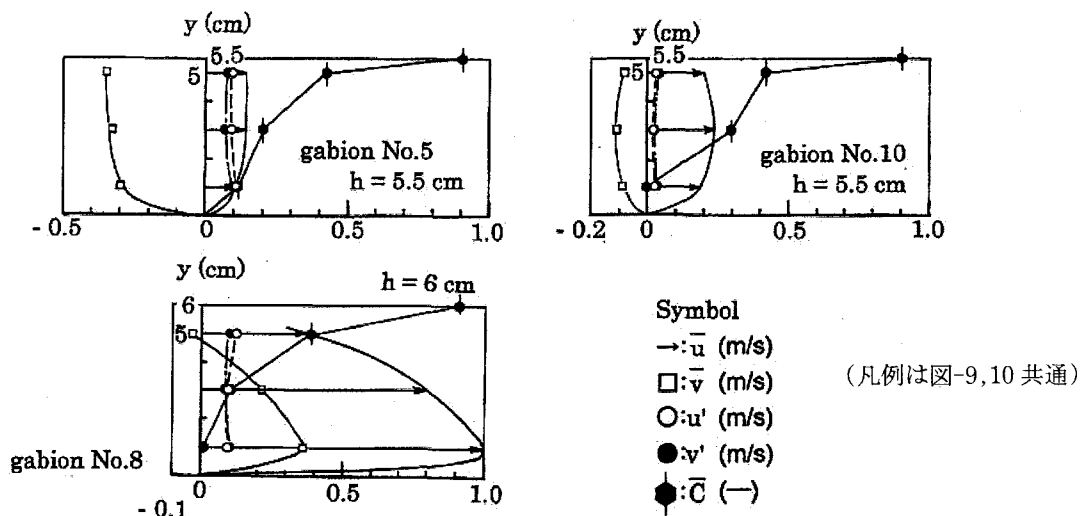


図-10 簡易魚道右岸内側断面での流速および空気混入率の分布

7. まとめ

透過型簡易魚道を提案し、調布堰右岸側の固定堰と護岸との接合部の水際(40%勾配を有する水際)に設置した場合のアユの遡上調査および簡易魚道内の水理特性をまとめたものを以下に示す。

1. 固定堰と護岸との接合部,すなわち 34%勾配を有する斜面に簡単に設置可能な幅 50cm,長さ 6.2mの透過型簡易魚道を提案した。
2. 簡易魚道を設置することによって,体長 3cm から 18cm 程度のアユが 6.2m 長の 40%勾配を有する斜面を遡上することができた。さらに,簡易魚道の水際において甲殻類・底生魚類の遡上が可能となり,多様な水生生物の遡上を可能にした環境となった。
3. 空隙率 33%を有する蛇籠を使用することによってプールが形成され,透過型になっていることから,蛇籠直上流側で浸透する流れが生じ,アユが上流に向かう姿勢で休憩することが可能となった。
4. 透過型簡易魚道によって体長に対応した遡上可能な流れを形成することができ,蛇籠を乗り越えるように遡上するばかりでなく,蛇籠の脇からの流れを利用して遡上することが判った。
5. 遡上調査の結果,午後4時から午後5時前後に遡上完了数のピークが生じ,魚道の幅が 50cm であるにもかかわらず1時間で3840匹の遡上を記録した。さらに,晴天時には12時間で18347匹の遡上を完了した。
6. 簡易魚道を設置することによって水際近くの流速が魚道設置する前の4分の1以下になり,遡上可能な環境を形成した。プール内の空気混入について,底面から5cm程度では10%以下の空気混入率となり,遊泳魚類の視界の妨げにならないことを明らかにした。
7. 蛇籠と単管パイプとの隙間からの流れおよび底面と単管パイプとの隙間からの流れを遡上経路として利用したことを示し,体長3cmから18cmのアユが遡上経路の流れの流速が 1m/s

以下であることを実験的に示した。

8. 蛇籠直上流部に形成されたプール内においてアユの体制を崩すことなくアユが上流に向かう姿勢で休憩していたときの流れの変動(乱れ強さ)を示した。

本研究によって調布堰右岸側の固定堰の水際から遊泳魚が遡上できるようにするための一つの提案として透過型簡易魚道を考案し,遡上する時期に簡単に設置可能となる工夫に加え,40%の勾配でも遡上可能な環境を与えることができることを遡上調査,魚道内およびその周辺の流況の現地計測を通じて検証することができた。

今後の対策として,データ蓄積の一環として簡易魚道の適用範囲,耐久性,管理方法等を関係有識者,関係機関,および関係団体と共有しながら検討していきたい。

謝辞: 本研究を進めるにあたり,東急環境浄化財団からの研究助成を受けた。また,東京都水道局玉川浄水管理事務所の多大なる協力を得た。さらに,水産大学校生物生産学科の浜野龍夫助教授,日本大学理工学部の後藤浩助手,高橋正行助手,学部4年稲本ひろ美氏,木暮和亮氏,山名賢明氏,森淳氏の協力を得た。ここに記して謝意を申し上げる。

参考文献

- 1) 安田陽一, 大津岩夫, 浜野龍夫, 三矢泰彦: エビ・カニ類に適した遡上水路の提案, 第6回河川技術に関する論文集, 土木学会水理委員会河川部会, pp. 149~154, 2000.
- 2) Yasuda, Y., Ohtsu, I., Hamano, T., and Miya, Y.: A Proposed Fishway to Facilitate the Upstream and Downstream Migration of Freshwater Shrimps and Crabs, *Proc. 29th IAHR Congress*, Theme B3, Beijing, pp.312-317, 2001.
- 3) 安田陽一, 大津岩夫, 浜野龍夫, 三矢泰彦: 多様な水生生物の遡上・降河に配慮した魚道の提案, 第7回河川技術に関する論文集, 土木学会水理委員会河川部会, pp. 149-154, 2001.
- 4) 浜野龍夫, 林健一: 徳島県志和岐川に遡上するヤマトヌマエビの生態, 甲殻類の研究, 日本甲殻類学会誌, No. 21, pp. 1-13, 1992.

(2002. 4. 15 受付)