

砂防堰堤、治山堰堤に設置された台形断面魚道の水理環境

日本大学理工学部土木工学科 ○安田陽一

まえがき 溪流河川に設置されている砂防堰堤および治山堰堤において、溪流河川に生息する水生生物の生態系保全に配慮して、魚道を設置する場合がある。従来、魚がのぼりやすい川づくりの手引き¹⁾、魚道のはなし²⁾、北海道砂防技術指針(案)³⁾などの資料に基づき魚道が設計・施工されている。しかしながら、洪水時に輸送される砂礫・流木が魚道に侵入した場合には堆積等が発生し魚道機能が失われる場合が多い。これは、従来魚道設計に用いられる資料には魚道内の排出機能について科学的な根拠に基づいた記載がなく、魚道内の排出機能について研究した成果もほとんどないためである。また従来、プール式魚道における隔壁間の落差およびプール水深の決定には遊泳魚の跳躍高さ和水深との関係に基づくことが多く、遊泳しながら遊泳できる環境への配慮が設計に含まれていないため、魚道内で跳躍しながら遡上行動する様子が多く見られる。さらに、底生魚および甲殻類の遡上経路についても魚道設計には考慮されていない場合がほとんどである。溪流河川において魚道整備をする場合、少なくとも魚道構造として、通常時には設計対象河川に生息する多様な水生生物の遡上・降河を可能にし、洪水時には輸送される砂礫・流木の排出可能な魚道を整備することが重要である。最近、通常時の流れにおいて遊泳魚ばかりでなく底生魚、甲殻類の遡上・降河を可能にし、洪水時には魚道内に輸送されてくる砂礫や流木が魚道内で堆積しないプール式台形断面魚道が提案されている^{4),5),6)}。長崎県、佐賀県、および北海道において砂防堰堤、頭首工、治山ダム、床固工などにプール式台形断面魚道が設置され、施工事例として約 20 箇所が挙げられる。設置されたどの現場においても魚道機能が失ったものではなく、魚道設置された河川に生息する多様な水生生物の遡上・降河が確認されている。また、出水後においても魚道内には砂礫および流木がほとんど堆積されていないことが確認されている。ここでは、実験模型で検討してきた台形断面魚道の水理環境を施工された箇所で現地調査を行い、流速測定、遡上調査、流況観測から得られた知見を示す。すなわち、通常時の流れを対象に魚道内の流速ベクトルを示し、遡上記録および流況の観測を踏まえて遊泳魚、底生魚、および甲殻類の遡上経路について水理設計に反映できる留意事項を提示する。

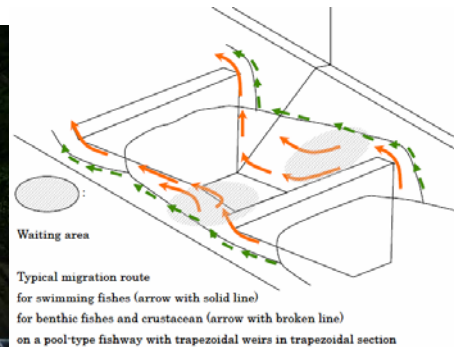


写真1 スリット砂防堰堤に設置された魚道 $Q = 0.180 \text{ m}^3/\text{s}$
切り欠き側の限界水深 約 17 cm
切り欠き以外の限界水深 約 7 cm

写真2 治山堰堤に設置された折り返し魚道 $Q = 0.400 \text{ m}^3/\text{s}$ (10月調査時)
限界水深 約 19 cm (10月調査時)
限界水深 約 17 cm (8月調査時)

図1 台形断面魚道における遊泳魚、甲殻類、底生魚の遡上経路
実線→: 遊泳魚の遡上経路
破線→: 甲殻類、底生魚の遡上経路

現地調査

原型規模のプール式台形断面魚道において流況特性および遊泳魚、底生魚、甲殻類の遡上・降河経路を知るため、長崎県 G 河川にあるスリット型砂防堰堤に設置された魚道【魚道勾配 7.8 分の 1、側壁勾配 1 : 1、隔壁越流面の勾配 1 : 1、隔壁間の落差 30 cm、プール水深(隔壁上流側の高さ) 30 cm、一部左岸側沿い台形状の切り欠き : 幅 40cm ; 深さ 10cm、総落差 3.0 m、魚道幅 2.8 m】(写真1 参照)および北海道 S 河川にある治山堰堤に設置された魚道【魚道勾配 8 分の 1、側壁勾配 1 : 1、隔壁越流面の勾配 1 : 1、隔壁間の落差 25 cm、プール水深(隔壁上流側の高さ) 50 cm、総落差 2.75 m、魚道幅 2 m】(写真2 参照)を対象に現地調査を行なった。調査日は長崎では 6 月および 9 月上旬に行ない、北海道では 8 月下旬および 10 月中旬に行なった。遡上記録を撮るためにデジタルビデオカメラを用い、流況を記録するためデジタルカメラを用いた。また、流速測定するために 2 次元 I 型ブルーブ(4 mm 径)を有するポータブル電磁流速計(採取間隔 10 ms、採取時間 30 sec)を用いた。

遡上経路

長崎県 G 河川は東シナ海に面した河川であり、甲殻類および底生魚の種類が多く、遊泳魚についてはアユやカワムツなどが生息しているため、魚道内で遊泳魚ばかりでなく底生魚および甲殻類の遡上・降河経路を確保する必要がある。魚道内では隔壁を越える流れにおいて常流から限界流を経て射流が形成され、プール内に潜り込む。遡上・降河環境の良し悪しはこの遷移過程によるところが大きい。底生魚および甲殻類の遡上・降河を考慮する場合、遡上経路の底面が 2 mm 前後の凹凸を有する面であること、また水際の流れが縦横断方向に漸近的に変化することである。台形断面魚道で側壁勾配が 1 : 1 の場合、その条件が満足され、隔壁を越える流れの近くでは水際の流れを利用して遡上・降河可能な環境となっている。特に、水際の流れが縦横断方向に漸近的に変化するため、水際に沿って遊泳して隔壁を遡上することが可能となっている。後で述べるが流速計測および遡上調査より得られた遡上経路を図1に示す。写真1で示す魚道の場合、切り欠きが設けられているため、プール内の流れが非対称となっている。この場合、切り欠き側の水際の流れを利用して遊泳魚が遡上するところを確認した。また、甲殻類については、水

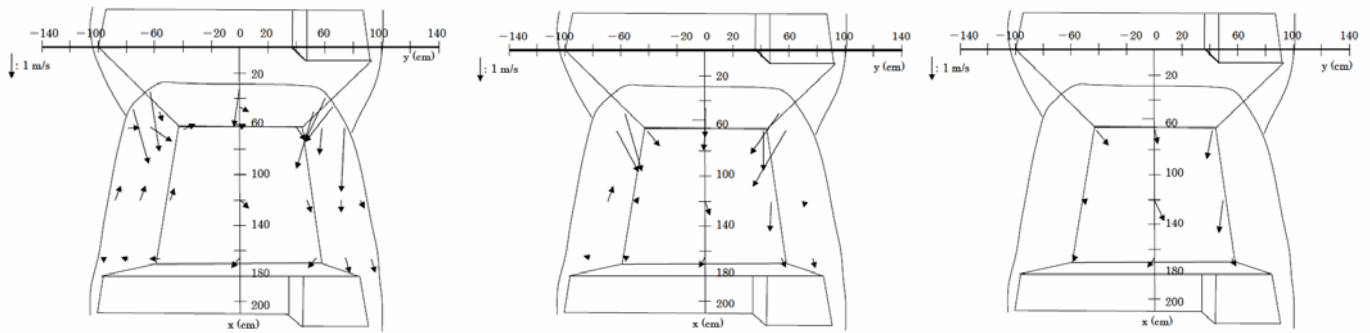


図2 砂防堰堤に設置された魚道プール内の平面流速ベクトル 左から表層(水面下3cm)、中層、底層

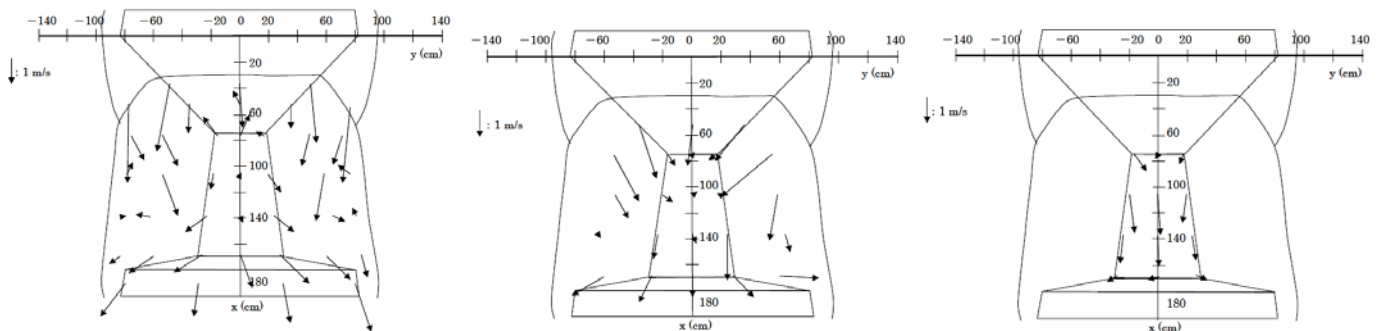


図3 治山堰堤に設置された魚道プール内の平面流速ベクトル 左から表層(水面下5cm)、中層、底層

際に沿って降河しているところを確認した。ここで遡上を確認したエビの体長は1 cm から7 cm と様々であった。また、遡上を確認した遊泳魚(アユ・カワムツ)の体長は10cm 前後であった。なお、切り欠き部の限界水深が約17cm であり、体高の2 倍以上の水深を有している状態であった。

北海道S 河川は太平洋に面した河川であり、回遊性の遊泳魚であるカラフトマスおよびシロサケの成魚が産卵目的に遡上してくる。淡水魚としてはオショロコマが生息している。この場合、体長が70cm 前後の遊泳魚から体長が10cm 前後の遊泳魚が対象となる。遡上調査の結果、体長に係わらず(魚種に係わらず)、水際の流れを利用して遊泳魚が遡上するところを確認した。すなわち、台形断面魚道の側壁勾配が1 : 1 程度傾いていれば、水際の流れが縦横断方向に漸近的に変化しているため、遊泳魚の規模に係わらず遡上可能な環境が得られる。なお、隔壁上部の断面で定義した限界水深は約17cm(8 月調査時)から19cm(10 月調査時)であり、シロサケやカラフトマスの場合で比較すると、体高の1.1 倍から1.3 倍程度の水深である。

魚道内の平面流速ベクトルとプール内の流況特性

砂防堰堤および治山堰堤に設置された魚道内の平面流速ベクトルを図2 および3 に示す。なお、砂防堰堤の副ダムに設置された魚道の場合、上流から8 番目のプールを対象に流速の計測を行なった。また、治山ダムに設置された魚道の場合、上流から5 番目のプールを対象に流速の計測を行なった。長崎県内の河川の場合、通常時においても水量変動が大きく、水量が少ない場合にある程度の水深を確保するためにプール式魚道の場合には切り欠きが設けられていることが多い。そのため、図2 に示されるように、非対称な流れが形成される。この場合、切り欠き部側においてプール内傾斜面上で順流方向の流れが卓越し、正の走流性を持つ遊泳魚にとって遡上経路が見出しやすい流れとなっている。図3 に示す魚道の場合、切り欠きは設けられていないため、ほぼ対称的な流れがプール内で形成されている。また、プール内において側壁傾斜面上で多様な流速が縦横断に分布し、矩形断面とは異なり順流方向の流れが形成される。すなわち、正の走流性を持つ遊泳魚にとって遡上経路が見出しやすい流れとなっている。このことから、プール内の遊泳魚の遡上経路として図1 の実線矢印で示す経路が推定され、遡上調査で推定経路に沿って遡上することを確認した。なお、2 分の1 の模型規模でアユおよびウグイを用いた遡上実験でも同様な結果を得ている。原型のプール式台形断面魚道の場合、写真2 で示されるように、プール中央を中心に多量の気泡が混入している。しかしながら、傾斜面上の水際側では気泡の混入は少なくなり、遡上経路を妨げることはない。

まとめ

砂防堰堤および治山堰堤に設置されたプール式台形断面魚道の水理環境について現地調査を行い、流速測定、遡上調査、流況観測から、通常時の流れを対象に魚道内の平面流速ベクトルを示し、遊泳魚、底生魚、および甲殻類の遡上経路を明らかにした。また、プール式台形断面魚道の流況特性を示し、遊泳魚、底生魚、および甲殻類の遡上環境についての留意事項を提示することができた。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局：魚がのぼりやすい川づくりの手引き，2005 年3 月発行，160 pages.
- 2) 中村俊六：魚道のはなし，リバーフロント整備センター編集，山海堂，1995 年7 月発行
- 3) 北海道土木協会：北海道砂防技術指針(案)，北海道建設部土木局砂防災害課監修，14 章魚道工，104 pages.
- 4) 安田陽一，大津岩夫，三矢泰彦，浜野龍夫：土木学会，河川部会，河川技術論文集，第9 巻，2003 年6 月，pp.487-492.
- 5) 安田陽一：土木学会，基礎水理部会，第4 回流体力の評価とその応用に関する講演集，Vol.4，pp.91-94.
- 6) Yasuda, Y., Ohnishi, T., and Ohtsu, I.: 16th IAHR-APD & 3rd ISHS, Nanjing, China, 2008, October 20-23, CD-ROM.