

長崎県河通川における エビ・カニの遡上に配慮した魚道の効果

EFFECT OF FISHWAY FOR MIGRATION OF SHRIMPS AND CRABS IN GOHTSU RIVER, NAGASAKI PREFECTURE

安田陽一¹・大津岩夫²・三矢泰彦³・浜野龍夫⁴
Youichi YASUDA, Iwao OHTSU, Yasuhiko MIYA and Tatsuo HAMANO

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農博 教授 長崎大学環境科学部環境科学科 (〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14)

⁴農博 助教授 水産大学校生物生産学科 (〒759-6595 山口県下関市永田本町 2-7-1)

In Nagasaki Prefecture, there are many kinds of animals which migrate between sea and river, as a diadromous shrimps, crabs, and fishes. But, weirs and drop structures without fishway have been obstacle to upstream migration for these animals. The improvement of such constructed weirs is significant for the conservation of their local populations, and then a proposal of economical and effective fishway is required. The authors have proposed a fishway for the migration of those animals which has been constructed at the right side of weir in Gohtsu River, Nagasaki Prefecture. This paper presents a method for setting the fishway at the constructed weir and the effect of the proposed fishway on the migration of animals. The velocity distribution around the fishway has been measured, and the field experiments reveal that juvenile shrimps and demarsal fishes migrate easily on the fishway. Also, hourly changes of the number of animals migrating upstream via the fishway during a 12-hour period are shown.

Key words: fishway, migration, shrimp, crab, demarsal fish, constructed weir without fishway

1. まえがき

エビやカニといった甲殻類・ハゼやウナギといった底生魚には、海と川とを行き来する通し回遊性の種が存在し、一生の間に一度は海に降りなければ繁殖できないことはほとんど認識されていない。また、海から遡上してくる甲殻類のほとんどは稚ガニ・稚エビである。それらが他の水生生物に餌として捕食され、河川に生息する水生生物の個体数を維持する重要な役割を果たしていることも認識されていない。

農業用の利水目的として河川に数多くの取水堰が設置されている。取水堰に魚道が設置されている場合でも、アユなどといった遊泳魚の遡上に配慮したものが多く、甲殻類や底生魚の遡上・降河に配慮したものはほとんどない。また、遡上経路が不明な段階で取水堰に魚道が設置される場合が多く、その結果、迷入や遡上困難な箇所が多い。河川横断構造物の設置によって甲殻類の遡上が出来なくなると、他の水生生物にとっての餌が激減するようになり、河川の生態系に悪影響を与える。なお、通し回遊性のエビの場合、稚エビが海から遡上し、上流部で成長

する。また、成長したエビは上流部で多くの幼生を産み、これが海へ下る。幼生は海で変態し、稚エビになって河川上流に向かって遡上する。

長崎県は東シナ海に面した河川があり、そこには通し回遊性のエビやカニや底生魚が数多く存在し、遊泳魚ばかりでなく甲殻類等を遡上させることが重要である。しかしながら、取水堰などの河川横断構造物によって甲殻類・底生魚の遡上が困難となっている。

最近、長崎県西彼杵郡大瀬戸町に位置する雪浦川水系河通川の魚道のない取水堰に、著者らが提案した甲殻類の遡上に配慮した魚道^{2,3)}(台形型小段式魚道)を施工設置した。

本研究では、魚道のない取水堰で遡上可能な環境を持たせるため、遡上経路を考慮した魚道の設置方法を提示した。また、長崎県大瀬戸土木事務所、大瀬戸町役場、取水堰管理関係者の協力のもとで河通川に施工された台形断面小段式魚道^{2,3)}での遡上調査を実施した。その結果、12時間で1300個体をこえるテナガエビ類・ヌマエビ類の遡上を確認し、エビの遡上が可能な環境になったことを明らかにした。さらに、モクズガニ・ハゼ類・イシマキガイなどの

遡上も確認することができ、台形断面小段式魚道の設置が多様な水生生物の遡上を可能することが判った。さらに、魚道周辺の流速測定を行い、水理学的側面から魚道の効果を裏付けることができた。

2. 施工された提案魚道

長崎県西彼杵郡大瀬戸町に位置する雪浦川の支川である河通川は、遊泳魚はもとより甲殻類や底生魚にとって遡上困難な取水堰があり、そこでは右岸側の洗掘がひどく治水上改修する必要があることから、平成13年2月から51日間かけて改修工事が行われた。改修工事に伴い取水堰において甲殻類や底生魚の遡上が可能な環境にするために、台形断面小段式魚道^{2,3)}A・Bを取水堰に設置することを提案した(図-1,写真-1)。堰下流部に施工された魚道(写真-1のA)は1:1勾配の台形断面を有する小段式魚道で、階段ステップの個々の高さが $S=10\text{cm}$ 、魚道の幅が $W=\text{約 } 100\text{cm}$ 、ステップ数が $N=13$ 、魚道の勾配が $I=34\%$ となっていて、魚道の側面(コンクリート表面)を粗く仕上げている^{2,3)}。

稚エビ・稚ガニは側岸近くの遅い流れに沿って遡上してくるため、迷入の少ない右岸側の水際に沿って魚道を設置することを提案した。この場合、魚道が張り出した状態となるため、迷入防止策として、魚道の脇に巨礫を扇状に配置し(写真-1)、水際に沿って魚道の入口に到達しやすい構造を提案した。

取水堰の場合、堰に角落としが設けられ、農作時期以外には取水堰から農業用水路に水を流さず角落としから全て流れるようにしている。農作時にはその角落としに板をはめて農業用水路の方へほとんどの水が流れるようにしている。河通川の平時の流量は60リットル毎秒程度であり、角落としに板が挿入されていない場合、角落としでの流れは常流となるが、その直下流で放射状に広がる。角落としに板が挿入された場合、板の上部からわずかな水が越流し、流れが放射状に広がる状態となる。

角落としに板が挿入された場合と挿入されていない場合、いずれの場合もこの堰を水生生物が遡上することが困難であるため、甲殻類が常に堰を遡上できる工夫を提案した。すなわち、板が挿入されていないときには角落としからの流れを魚道Aに誘導するための水路Cを設けた(写真-2)。また、角落としに板が挿入されたときは堰上げられた水の一部が堰下流部の魚道Aを通じて河川に流れるように堰の右岸側の頂部を一部開削して魚道B(写真-3)を設けることを提案した。つまり、堰の上を堰管理者の了解のもとで堰の頂部を一部削り、角落としに板をはめたときでも堰に設置された魚道Bから甲殻類が遡上できる構造とした。

堰上流部に設置した魚道(写真-1のB)は堰下流部に設けた魚道Aと同様な構造であり、階段ステップの個々の高さ $S=10\text{cm}$ 、魚道の幅 $W=\text{約 } 50\text{cm}$ 、ステップ数 $N=5$ 、魚道の勾配 $I=34\%$ となっている。なお、取水堰に造られた魚道頂部の高さが角落とし

に入れる板の天端より若干低くなっているが、さらに魚道の頂部の両脇にV字型の溝を流れ方向に沿って設け、水量が非常に少なくなる渇水時でもある程度の水量が水際を流れるように工夫した(写真-3)。

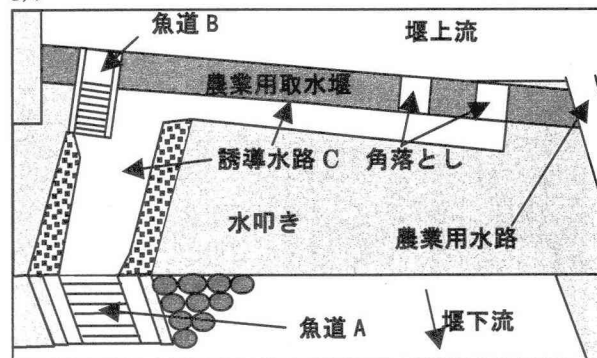


図-1 取水堰と魚道との位置関係を示した平面図



写真-1 取水堰に設置された魚道

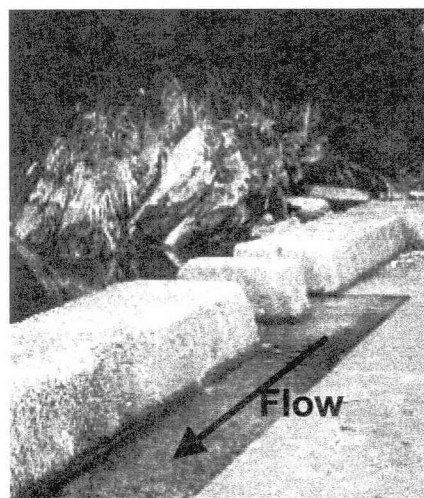


写真-2 角落としから魚道Aへの誘導水路C

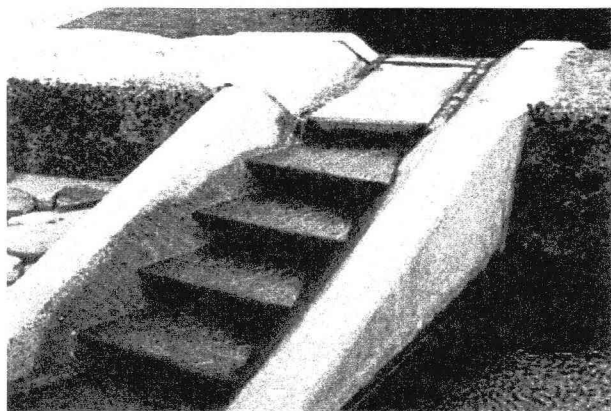


写真-3 流量が非常に少ない場合の対策として堰頂部両脇に設けたV字型の溝とそこを流れる状況(魚道B)

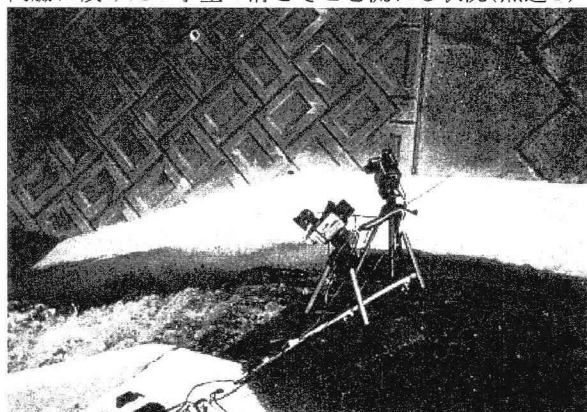


写真-4 魚道Aの天端に設置されたビデオカメラ



写真-5 魚道上流端に設けられたトラップ

3. 遡上調査および測定

施工された魚道の効果を調べるため、甲殻類の遡上期間中である平成13年8月28日から9月3日にかけて遡上調査を行った。遡上調査では、12時間にわたる水温、気温、照度、遡上完了数の変化を調べた。なお、この調査時期は稚エビの遡上時期であり、稚エビが施工した魚道を遡上できるかどうかを検討する時期として適している。また、農業用水路に水を引いている時期でもあり、堰上流側に設けた魚道の効果を調べる時期としても適している。遡上完了数を調べるため、魚道の上流端にデジタルビデオを設置し、魚道の水際で撮影を行った(写真-4)。なお、夜間では赤外線を用いて撮影を行った。

遡上完了数を調べると同時に遡上生物の種類を明らかにするために、堰上流側に設けた魚道の上流端に自作のトラップを設け(写真-5)、1時間ごとに自作トラップを引き上げ、遡上してきた水生生物の種類およびそれぞれの遡上完了数の割合を示した。魚道周辺の流況を把握するため、ケネック社製のポータブル1次元電磁流速計を用い、流向に合わせて流速(30秒間の時間平均流速)を測定した。また、東京計測社製の透過光式ボイド率計を用いて魚道入口付近の空気混入率を測定した。

4. 魚道周辺の気温、水温、および照度の変化

遡上調査時の魚道周辺の気温、照度、および取水堰直上流側の水温(魚道からの越流する流れの水温)の一例を図-2,3に示す。

図-2に示されるように、調査期間中は晴天に恵まれ、水温は22℃から24℃と遡上に適した温度であり、気温は22℃から28℃までの変化が認められた。また、照度については午後1時から3時ころにかけて曇りがかり、照度の値が減少したが、総じて日差しが強い天候であった。なお、調査日の日没は午後6時30分ころであり、午後8時には照度はほぼ0の値を示した。なお、取水堰周辺には照明はない。

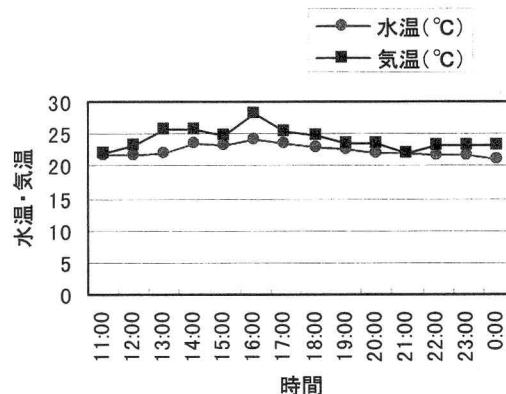


図-2 魚道周辺の気温および水温の変化

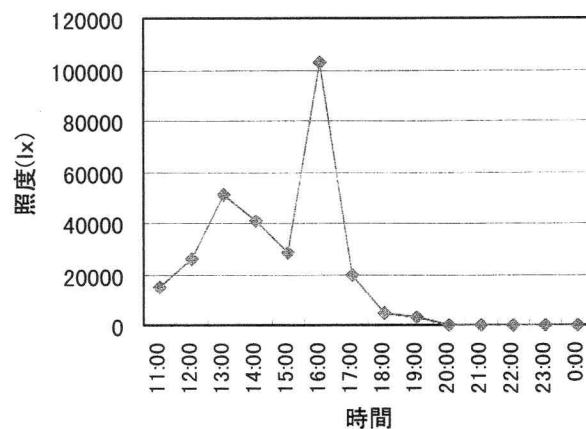


図-3 魚道周辺の照度の変化

5. 魚道周辺の流況

河通川は島部の典型的な河川のひとつであり、平水時の流量は極めて少ない。例えば、調査時の魚道からの流量は 30 リットル毎秒程度である。写真-1 で示されるように、魚道を流下するときには空気混入した流れとなり、わずかな流量でも下流側から魚道からの流れを感知することが可能な状況になっている。なお、魚道入口より 15m 下流側で人が水中に潜った場合、魚道からの流れの音(振動)を感知することができた。また、魚道の水際については、水面の観察から水際に沿った流れの流速は中央部に比べて小さく、魚道内が階段状水路の構造になっていることから水しぶきが側面に当たり、常に魚道側壁が濡れた状態となっている。

6. 提案魚道からの遡上結果

取水堰に施工された台形断面小段式魚道からの水生生物の遡上状況を示すため、魚道右岸側(川岸に沿った側)での遡上完了数(魚道最上流部を通過する数)を図-4 に示し、魚道左岸側での遡上完了数を図-5 に示す。遡上調査の結果、提案魚道の設置によって、通し回遊性の水生生物の遡上が可能となった。また、図に示されるように、魚道右岸側左岸側ともに遡上可能な環境になり、日の入り直後に遡上完了数のピークが生じ、12 時間で 1300 個体をこえる遡上を確認した。また、ビデオ撮影および堰上流側に設置したトラップで捕獲した水生生物からイシマキガイ、ハゼ類、モクズガニ、テナガエビ類およびヌマエビ類の稚エビの遡上を確認した。アユ(通し回遊性の遊泳魚)についても遡上時期(4 月から 6 月)に提案魚道を遡上したことが確認されている(大瀬戸町役場、私信)。

エビの遡上完了総数に対するエビの体長ごとの割合を示したものを図-6 に示す。体長 10mm から 20mm にかけての稚エビが全体の約 52% になり、稚エビが遡上しやすい環境であることが理解される。

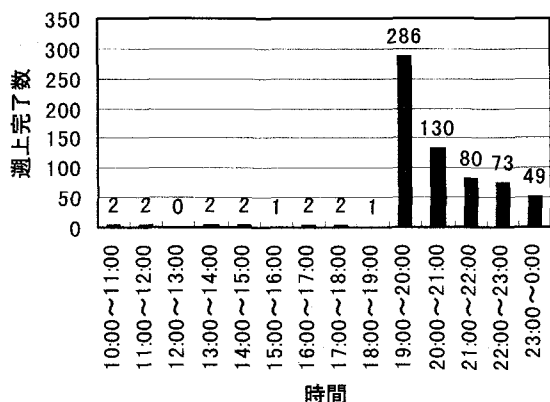


図-4 右岸側遡上完了数の変化(9月3日調査)

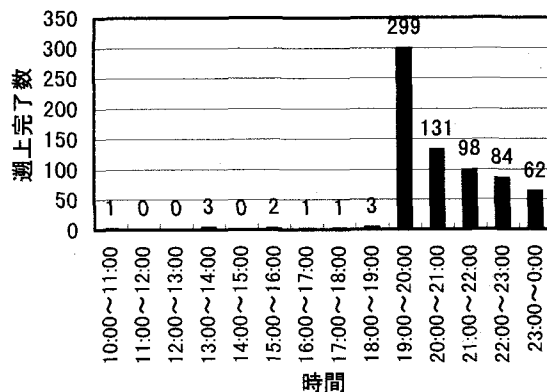


図-5 左岸側遡上完了数の変化(9月3日調査)

なお、ここで行った遡上調査時期は稚エビが遡上してくる時期である。

トラップによる捕獲総数に対する水生生物の種類とその割合を図-7 に示す。

図に示されるように、魚道を遡上し確認された水生生物はイシマキガイ・ハゼ類(ゴクラクハゼやヨシノボリ類)・モクズガニ・ミナミテナガエビ・

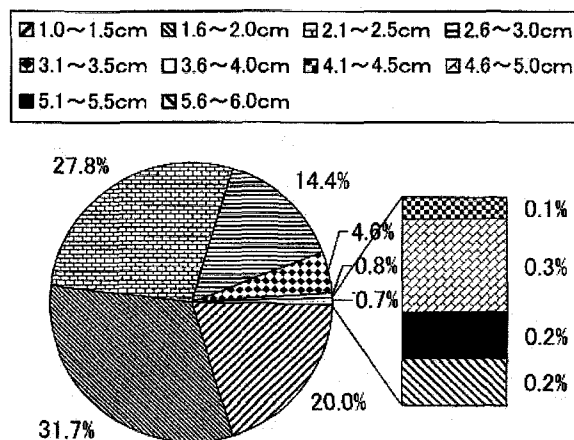


図-6 エビの遡上完了総数に対する体長の割合

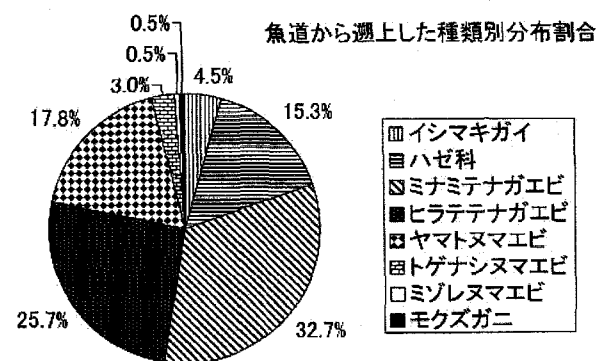


図-7 トラップによる捕獲総数に対する水生生物の種類の割合

ヒラテテナガエビ・ヤマトヌマエビ・ミゾレヌマエビ・トゲナシヌマエビであり、河通川に生息する通し回遊性生物の多くの種が遡上可能になったこと

を確認することができた。図中,ミナミテナガエビおよびヒラテナガエビの占める割合が 58.4%と大きかったが,モクズガニの遡上完了数の割合が小さかった。モクズガニは運動能力が高いため歩いてトラップから逃げた可能性が高い。なお,トラップを引き上げる直前には,トラップ内で遊泳魚であるカワムツを確認できたが捕獲できなかった。

7. 魚道周辺の流速分布

魚道設置に伴い遡上可能な環境になったことを水理学的に裏付けるために魚道周辺の流速を測定した。魚道周辺の水面下 1 cm での流速ベクトルの結果を図-8 に示す。また,魚道中央部および魚道右岸側の深さ方向の流速分布を図-9,10 に示す。魚道内が階段状水路となっていることから,魚道から流れが潜り込んだ後,直ちに水面に沿った流れとなっている。

図-8 に示されるように,階段状水路によって流速が減衰され,階段状水路からの流れが潜り込むところでは 1m/s 程度となっている。それより下流側では流速が短区間で減衰され,魚道終端では 20cm/s 程度となっている。また,階段状水路からの流れが魚道中央部で空気混入した流れとなり,水面が振動するため,魚道からの流れが水生生物にとっての呼び水の役割をしている。なお,魚道からの空気混入した流れは潜り込んだ後,直ちに水面に向かって上昇する(図-9)。このため,水面付近のみ空気混入

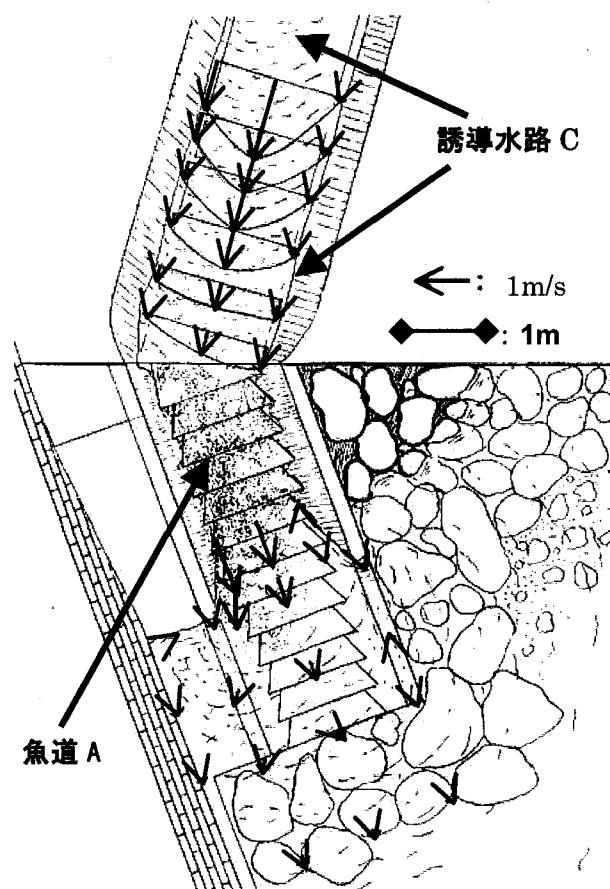


図-8 魚道周辺の平面流速ベクトル(水面下 1cm)

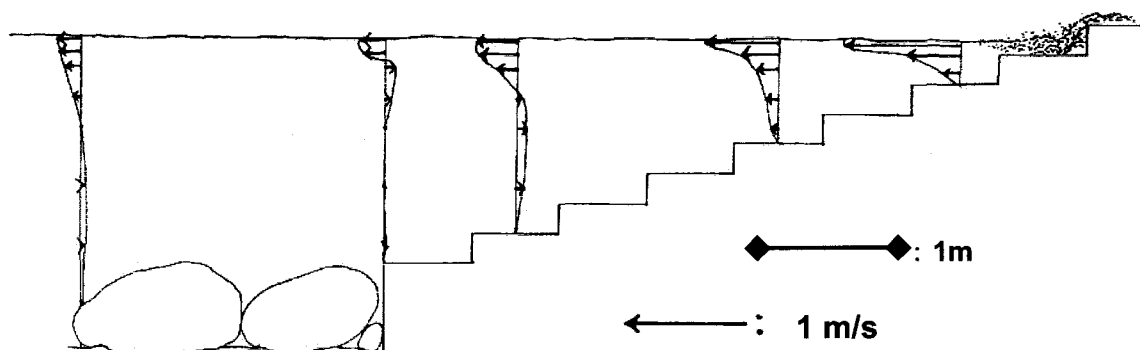


図-9 魚道中央部の深さ方向の流速分布

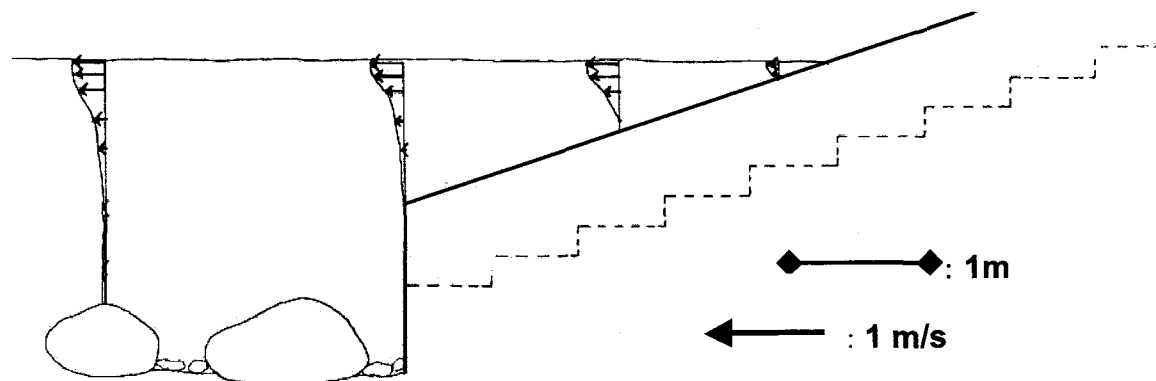


図-10 魚道右岸側の深さ方向の流速分布

した流れが形成され、水面下 2cm では空気混入率が 10%以下の値を示す。また、図-9 に示されるように、水面より下方にすすむにつれて流速の大きさは小さな値を示す。さらに、図-10 に示されるように、魚道入口の両側、特に水際近くの流速が 10cm/s 以下になっているため、甲殻類等が容易に接近し、遡上できたものと考えられる。なお、魚道中央部で観察された空気混入した流れは魚道入口の両側でほとんど観察されず、空気混入した流れは魚道の水際に接近する水生生物の遡上を遮ることはない。

8. まとめ

著者らによって提案した台形断面小段式魚道の設置の工夫および小段式魚道の効果を実験的に検討した結果を以下にまとめる。

1. 通し回遊性の水生生物の遡上・降河経路に基づき著者らが提案した台形断面小段式魚道を魚道のない取水堰の右岸側に沿って施工することを提案した。
2. 取水堰下流の右岸側に張り出した魚道における迷入防止策として、張り出した魚道の周りを巨礫で扇状に設置することを提案した。
3. 農業用水路に水を引き込む時期も引き込まない時期も遡上・降河可能な環境となるように工夫した。農業用水路に水が引き込む時期には堰上げられた水の一部が魚道を通じて堰下流の河川に流れるようにし、農業用水路に水を引き込まない時期には取水堰の角落としから誘導水路を通じて魚道に流れる構造を提案した。
4. 遡上調査の結果、魚道の右岸側からも左岸側からも通し回遊性の水生生物の遡上が可能となった。遡上完了数の観測記録からピーク時で魚道の右岸側・左岸側ともに 1 時間で 300 個体近くの遡上を確認した。また、12 時間で甲殻類を中心とした 1300 個体をこえる水生生物の遡上を確認した。
5. 施工された魚道によって、ハゼ類・モクズガニ・イシマキガイ・テナガエビ類(ミナミテナガエビ・ヒラテナガエビ)、ヌマエビ類(ヤマトヌマエビ・ミゾレヌマエビ・トゲナシヌマエビ)が遡上可能となった。
6. 遡上したエビの体長は 10mm から 20mm の稚エビが全体の約 52% 占めており、設置された魚道を稚エビが容易に遡上出来ることを裏付けた。

7. 魚道内の構造が階段状水路になっていることから、魚道内の流れは空気混入した流れとなり、魚道からの流れが潜り込んだとき、その流れが水生生物にとっての呼び水の役割をしていることがわかった。
8. 魚道内およびその周辺の流速を測定した結果、魚道を通過する流れの流速は階段状水路の凹凸の影響によって 1m/s 程度となった。また、魚道からの流れが潜り込んだことによって流速は短区間で減衰し、魚道終端付近で流速が 20cm/s 程度となった。
9. 魚道の下流側では、右岸側および左岸側ともに流速が 10cm/s 程度であり、水際に沿って容易に魚道入口に接近することが可能となり、遡上環境が良好であることを裏付けることが出来た。

河通川の取水堰に台形断面小段式魚道を設置することを提案し、甲殻類を中心とした遡上経路を考慮して設置方法および迷入防止対策を提案した。このことによって、河通川に生息する通し回遊性の水生生物の生息空間が広がり、生態系保全の一助につながることが明らかとなった。また、魚道内およびその周辺の流速測定によって魚道の効果を裏付けることができた。

謝辞：本研究を行うにあたり、長崎県建設技術研究センター(NERC)からの研究助成を受けた。また、長崎県大瀬戸土木事務所、大瀬戸町役場の多大なる協力を得た。さらに、日本大学理工学部土木工学科高橋正行助手、後藤浩助手、4年(H13年度)稲本ひろ美氏、金子健一氏、木暮和亮氏、山名賢明氏、森淳氏、長崎大学環境科学部 4年(H13年度)久保田優子氏、友清道俊氏、長崎大学水産学部 3年(H13年度)野坂俊之氏の協力を得た。ここに、記して謝意を申し上げる。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.

(2002. 4. 15 受付)