

A study on hydraulics characteristic and environment from the difference of the type of the fish way

北武コンサルタント(株) 〇正会員 長内 佑介 (Yusuke Nagauchi)

北武コンサルタント(株) 熊倉 紹二 (Shoji Kumakura)

(株) エコテック 坂本 直人 (Naoto Skamoto)

1. はじめに

北海道における従来の魚道は、サケ・マス類やアユ・ウグイなどを対象魚として設計されてきたものが大半である。これらの魚類は遊泳力や跳躍力も比較的大きく、従来型の階段式魚道でも遡上は十分可能であった。

しかし、川の中には底層を移動するハナカジカやドジョウ類、ヤツメ類、また、エビ・カニ類も生息する。

これからの魚道設置にあたっては、これらを含めた魚類の移動が可能なような工夫をすることが重要となる。

魚道は一般的に水路勾配 1/8 から 1/15 程度で設置され、魚道内流況を考えると急流タイプ、すなわち、渓流河川の流況に近いものとなっている。

渓流（自然）河川の河床には、玉石等が組み合わさって、流れの速い瀬と流れを吸収する淵を形成している。また、瀬においても、小規模な淵を多数形成させている。これが多様な流況環境を形成し、サケ・マス類などの遊泳魚類からドジョウ、ヤツメなどの底生魚類の移動を可能にしている。

そこで、本稿では、近年用いられることが多くなった石組魚道と、従来用いられているコンクリート構造の魚道について、実測した流速調査および魚類生息調査結果により底生魚類の生息環境について検討することを目的とした。以下にその概要を示す。

2. 調査概要

2.1 魚道諸元

対象とした魚道は、石狩川水系の砂防ダムにスリットと併用して設置された石組式の魚道工および長流川水系の砂防ダムに設置されたアイスハーバー型の魚道工である。

魚道工の諸元の一覧を表 1 に、正面図を図 1、2 に示す。

表 1 魚道の諸元

設 計 諸 元	石組魚道	アイスハーバー型
魚 道 勾 配	1/6	1/10
プ ール 間 落 差	30cm	30cm
プール内最小水深	60cm	50cm
越 流 幅	全面 (2.0m)	1.0m (0.5×2)
プ ー ル 長	2.0m	3.0m
主 たる 対 象 魚	ニジマス、ヤマメ、ハナカジカ、フタドジョウ	ニジマス、ヤマメ

2.2 流速調査

完成後にそれぞれの魚道内において流速調査（各 1 回）を行った。調査方法については、石狩川水系の魚道工では、プロベラ式流速計を用い、長流川水系の魚道工では、三次元式流速計を用いて流速調査を行った。

観測流量はともに平水流量程度であった。

2.3 魚類生息調査

両河川とも事前に魚類調査を行っており、その生息状況は表 2.1 に示すとおりである。

また、魚道完成後に魚道内において魚類調査を行った。

表 2 各河道内の魚類の生息状況

	石狩川水系	長流川水系
確認された魚類	スナヤマ、ドジョウ、フタドジョウ、アラウトラウト、オショロコマ、アマス、ヤマメ、ニジマス、ハナカジカ	ヤマメ、ニジマス、フタドジョウ、ハナカジカ

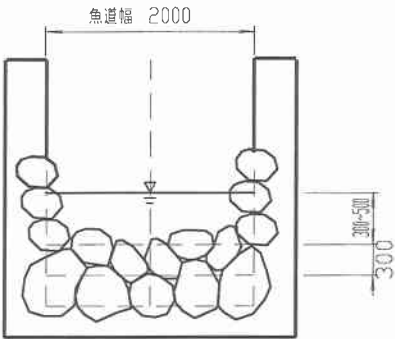


図 1 石組魚道正面図

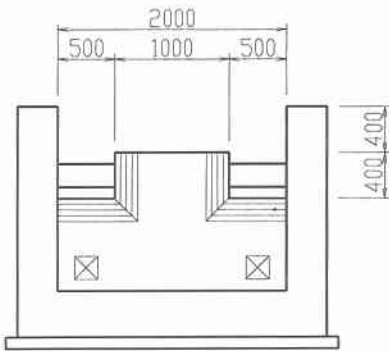
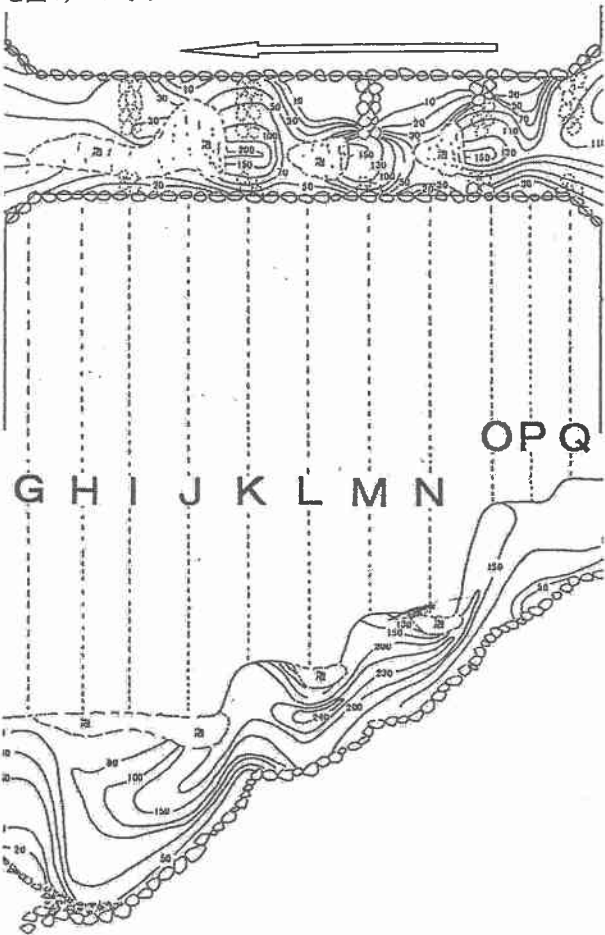


図 2 アイスハーバー型魚道正面図

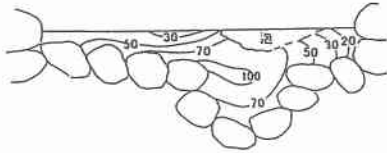
3. 調査結果

3.1 流速調査

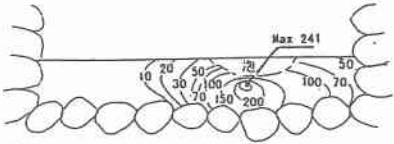
それぞれの魚道の流速調査により得られた流速分布 (m/s) を図3, 4に示す。



縦平面分布図

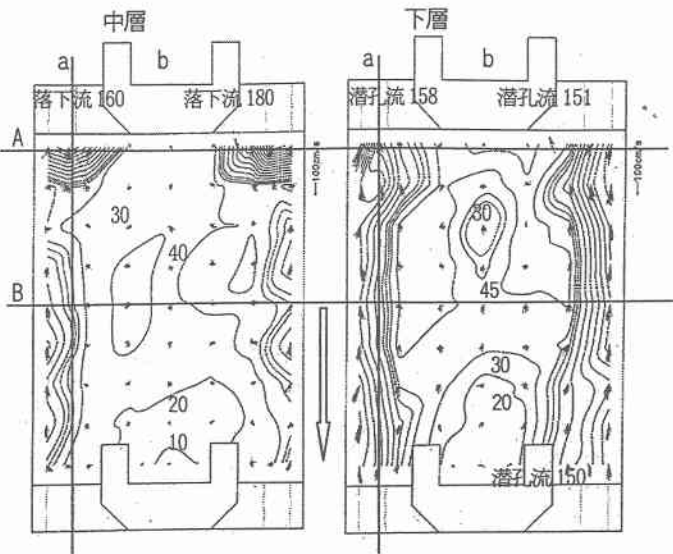


横断分布 I

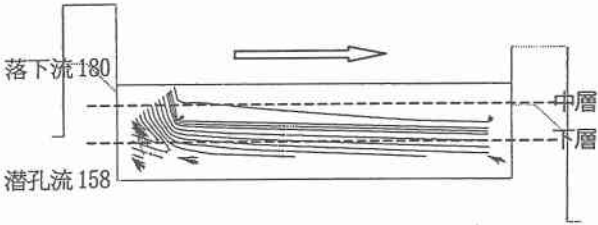


横断分布 L

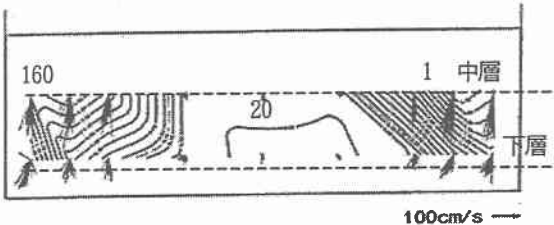
図3 流速分布図 (石組魚道)



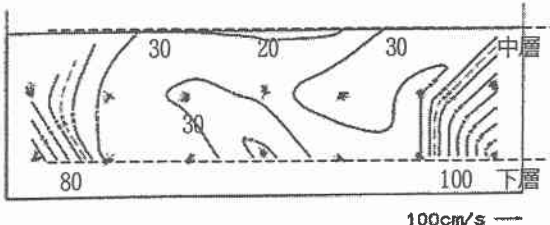
平面分布図



縦断分布図-a



横断分布図-A



横断分図-B

図4 流速分布図 (アイスハーバー型)

3.2 魚類調査

各魚道内でトラップ調査を行った。調査は、石組魚道では8月、10月に、アイスハーバー型は10月に実施した。確認された魚類は、アイスハーバー型魚道内ではアメマス、ヤマメの大型魚が、石組魚道ではヤマメ、アメマス、オシヨロコマなどの大型魚から、スナヤツメ、ハナカジカなどの底生魚類が確認された。

4. 調査結果の評価・考察

石組魚道においては、図5に示すように、魚道落差部および魚道切り欠き部の流速は1.0~2.4m/sの急流が発生していたが、粗石隙間の底層部では0.5~0.6m/s程度に流速が緩和された空間が形成されており、遡上する魚類はこの空間を利用していると考えられる。また、魚道各段プール部の側壁付近では流速0.5m/s以下の空間が形成され、流水が渦を巻き停滞しており、遡上してきた魚類の休息に適した環境となっている。魚道内調査の際、表層流速の早い箇所ではハナカジカが確認されたが、これは図6に示すように玉石の組み合わせや凹凸的作用によって底層部に流速0.5m/s以下の空間が隔壁背後のプール中央部に形成されることによるもので、ハナカジカのような底生魚類の遡上がある程度可能であるといえる。

一方、アイスハーバー型の流速分布をみると、水通し部では1.0~1.8m/s程度の早い流速が確認されたが、ヤマメ等の遊泳力からみて遡上には支障がないと判断される。また、プール内流況は、落下流の通り道となる側壁付近以外は、ニジマス、ヤマメなどの魚類が長時間無理なく泳げる速度（巡航速度）0.5m/s程度以下の緩流域が形成されており、遡上してきた魚の休息場と適していると考えられる。

また、図7に示すように、落下流、潜孔流は側壁沿いに下流側へ流れ、プール内で循環流（螺旋流）を伴い、側壁面と中央部では上昇流が発生するが、プール下流中央部は隔壁の影響で安定した流況となっている。

アイスハーバー型魚道内はヤマメ、ニジマスなどの大型魚にとっては影響のない流況ではあるが、ハナカジカなどの底生魚類にとって、遡上の入り口となる水通し部の流速が1.8m/s程度と早く、底生魚の遡上には適さない水理条件であると考えられる。また、調査時期がひとつの要因としてあげられるが、魚道内の捕獲調査においては、下流の河道内で生息が確認されたフクドジョウやハナカジカが確認されなかった。

今回、2タイプの魚道内の水理的な特性や生息調査の結果を踏まえて、魚類の生息環境について比較、検討および評価を試みたが、石組魚道は当初設計された魚道の効果が達成できたと考えられる。魚道内の流速は2.0m/sを超える空間も見られるが、底層部には玉石の凹凸の効果で0.5m/s以下の緩流域が形成され、底生魚の遡上が可能なが確認された。このようなことから、遊泳魚から底生魚までが可能な魚道形式として、石組魚道は有効な手法のひとつと考えられる。

なお、アイスハーバー型の魚道を採用する場合でも、魚道底面や側壁に玉石を配置するなどの工夫を行うことで底生魚の生息環境を改善することが可能と考えられる。

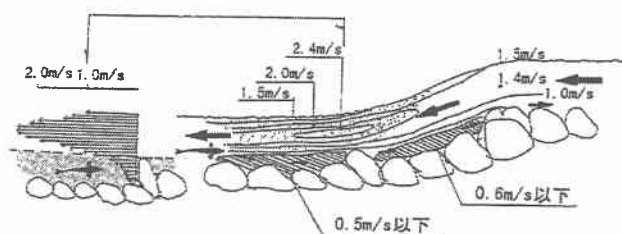


図5 魚道内の流速分布と底層部の流速

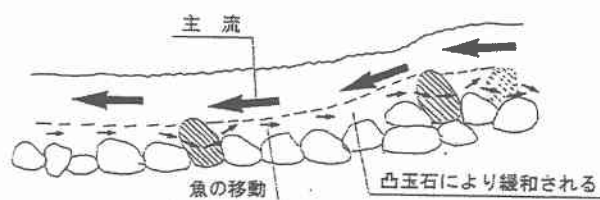


図6 玉石の凸部を利用し緩和域を形成

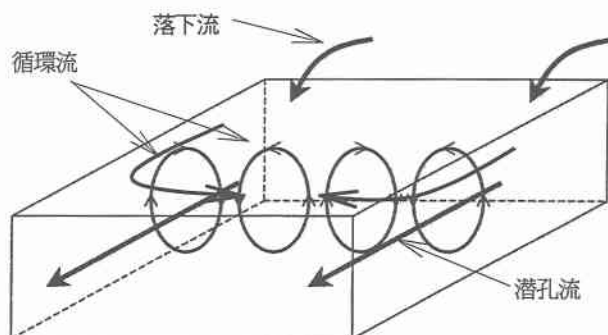


図7 プール内循環流概要図（アイスハーバー型）

また、底生魚類は、玉石の凹凸的作用によって形成された魚道内の緩流域、あるいは玉石の間の空隙に沿って遡上するものと考えられ、魚道内における移動経路や休息場などを確保するため、石組魚道の設計や施工にあたっては、次のような工夫が必要と考えられる。

①底面に緩流域の形成

図8に示すように移動時における休息ポイントとなるように粗石などを配置する。

②石と石の間に空隙（凹凸部）の形成

写真1に示すように石と石の間をモルタルなどで充填するような、「埋め込みタイプ」の石張り魚道は、コンクリート構造の魚道とならば変わりはなく、ここでいう石組魚道とは分けて考える必要がある。

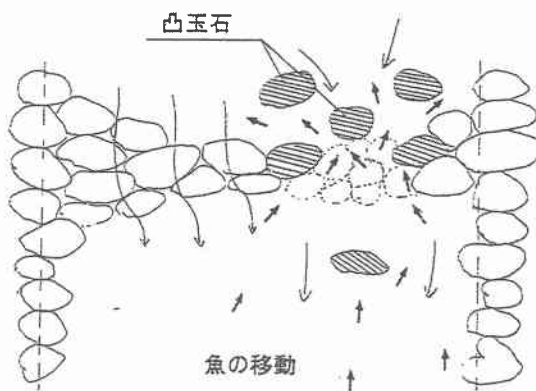


図8 底面の粗石の配置



写真1 空隙の形成

5. おわりに

今回の調査により、魚道のタイプの違いによる水理特性および魚類の生息環境について以下のような知見が得られた。

- 1) 流速分布の比較により、プール内においては両魚道とも緩流域が形成されているが、側壁付近では、流速分布に大きな違いが見られた。
- 2) ニジマスやヤマメなどの大型魚にとっては、両魚道ともプール内流況は巡航速度以下の平均流速となり、魚類の休憩場所が確保でき、魚道の機能を果たしているが、ハナカジカやスナヤツメなどの底生魚にとっては、遡上の入り口となる越流部の流速が底生魚の突進速度を上回ってしまうため、アイスハーバー型の魚道は十分に機能していないと言える。
- 3) 石組魚道は、一部急流域となる箇所もあるが、粗石隙間や玉石の組合せによって形成された凹凸により流速が緩和され、底生魚の移動や休憩場所が確保でき、魚道としての機能を果たしていることが確認できた。

今回の調査は、調査実施日が冬季であったこと、またデータ数が少ないことから今後更なるデータ収集および調査が必要である。

また、魚道の遡上が魚道断面平均流速ではなく、遡上経路の局所流速が重要であることは、魚道遡上実態調査からも明らかである。

今回、石狩川水系の魚道においてはプロペラ式流速計による計測であったが、今後水平流速および鉛直流速の実測が可能な三次元電磁流速計を用いるとともに、表面流況はデジタルビデオ撮影による映像解析（濃淡画像相関法）を用いた流況解析を行うことも有効であると考えられる。

《謝意》

本報告にあたり 流域生態研究所長 妹尾優二氏にご指導頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 中村俊六：魚道のはなし 山海堂 1995.7.
- 2) 広瀬利雄，中村中六：魚道の設計 山海堂 1994.3.
- 3) 妹尾優二：石組魚道の原理 流域生態研究所 1998.6.
- 4) 北海道立水産試験場研究員北日本海洋センター
：北のさかなたち 1992.3.
- 5) (財)北海道建設技術センター：川づくりのための魚類ガイド 2001.3.