

令和元年6月20日現在

機関番号：52501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06522

研究課題名(和文) 室内実験による水流の阻流効果を利用した魚道の水理特性の解明

研究課題名(英文) Fish pass using baffle effects of water flow without plates

研究代表者

石川 雅朗 (ISHIKAWA, MASAOKI)

木更津工業高等専門学校・環境都市工学科・教授

研究者番号：30232268

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：阻流板を廃止して、魚道の両側壁に設けたオリフィスから流出する水流の阻流効果を利用した新たな魚道形式(水流魚道)の提案を行った。水流魚道ユニットを製作して室内通水実験を行い、水流の阻流効果を用いた水流魚道の魚道水理特性として魚道内の流速分布と水深を明らかにした。また、ウグイを試魚として用いた室内遡上行動観察実験を行い、水流魚道の魚類の遡上改善効果を評価した。さらに、オリフィスの鉛直方向設置位置による水勢の抑制効果を評価するために、アクリル製水流魚道模型を製作して通水実験を行い評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

主にストリーム型の魚道で配置される阻流板は、魚道内の水流の勢いを減じて魚類の上りやすい魚道を提供する。同時に阻流板は遡上する魚類の進行を阻害するものともなる。そこで、魚類の遡上を阻害しない水流による阻流効果を利用した新たな魚道形式を提案した。阻流効果を求める魚道両側壁に設けたオリフィスからの流出は静水圧を利用して流出させた。

メンテナンスが十分に行われないことによって魚道が機能しないことが問題となっている。魚道内には流木、デブリ、土砂等が堆積するために定期的にメンテナンスを行うことが必要である。作業の効率化のために土砂等の排出にも水流の利用を提案した。

研究成果の概要(英文)：Fish passes are structures constructed on artificial barriers that facilitate the natural migration of diadromous fishes. In this study, we propose a fish pass that uses the baffle effects of water flow without baffle plates (hereafter referred to as a water flow fish pass, WFP). Based on experiments, we confirmed that a relatively slow velocity of continuous flow occurred in the cross-sectional central area of the fish pass.

研究分野：水工学

キーワード：水流魚道 魚道形式 流速分布特性 遡上魚 ストリーム型魚道 オリフィス 静水圧 ウグイ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人々の河川環境への関心の高まりによって、平成 2(1990)年から「多自然型川づくり」として、先進的な河川改修のモデル事業が開始された。その後、「多自然型川づくり」に対する評価が行われ、その問題点を明確にして、平成 18(2006)年からは、良好な川の環境を取り戻す川づくりの基本として「多自然川づくり」が全国的に展開されてきた。

ダム、堰、落差工などの河川横断構造物の建設によって、川に生息する魚類の自由な移動が阻害された場合に、魚類の正常な移動を確保するための建設物、装置として「多自然型川づくり」でも多くの魚道が設置されてきた。

魚道を設計する場合、遡上、降河を期待する対象魚の選定、魚道上下流の流況(水位や流量など)、魚道形式の選定など、現地の状況を考慮して行う必要がある。魚道は阻流板などを配置して、上流からの水流の勢いを抑制し、魚類が遡上しやすくさせるが、同時に魚道に土砂や流木などが溜まりやすくなってしまふ。多くの魚道が設置されたものの、十分なメンテナンスが行われないうちに、機能を発揮できていないと指摘された。

2. 研究の目的

各種魚道には、上流から注ぎこむ流れの勢いを抑制するために、様々な形式の阻流板が配置されている。本研究は、阻流板を廃止して水流の阻流効果を適用した魚道(以後、「水流魚道」と呼ぶ)を提案し、室内通水実験を実施して、水流魚道の水理学特性を明らかにすることを目的とする。さらに、実魚を用いた観察実験を行い魚類の遡上改善効果を評価する。水流魚道の概略図を図 1 に示す。

魚道部は阻流板を配置しない単なる水路とする。魚道部の両側面に貯水部を配置して上流からの流れが入るように貯水部上流端を開放する。貯水部下流端に堰板を設け、貯水部水位が魚道部の上流端と同じ水位にする。水流魚道の実用化に際しては、この堰板を取り外し可能な構造にして、貯水部に溜まった流木や土砂を容易に排除できるようにする。貯水部には魚道部の傾斜に沿って連続した複数のオリフィスを配置する。オリフィスから流出した水流が、魚道部の本流に直交してぶつかるようにし、魚道部本流の勢いを減衰させる。こうすることで水流による阻流効果を利用することができる。魚道部の上流で限界水深が発生し、流れは常流から射流へと変化する。魚道部の流れは射流状態となる。魚道部に阻流板がないため、魚道部の流れは流下方向に加速して速くなる。一方、貯水部の貯水深は下流に行くほど深くなる。従って、連続して配置したオリフィスからの流出の勢いは下流に行くほど強くなる。魚道部に阻流板を配置しないので、魚道部には流木や土砂が溜まらないか、溜まったとしてもその量は少ないものとなる。

この魚道形式は申請者が考案したもので、類似の形式の魚道に関する研究を見出すことは出来なかった。水流魚道の水理特性は未解明である。水流魚道を実用化するためには流出オリフィスのサイズ・配置間隔・鉛直方向設置位置などの設定根拠と水流による阻流効果を定量的に把握する必要がある。

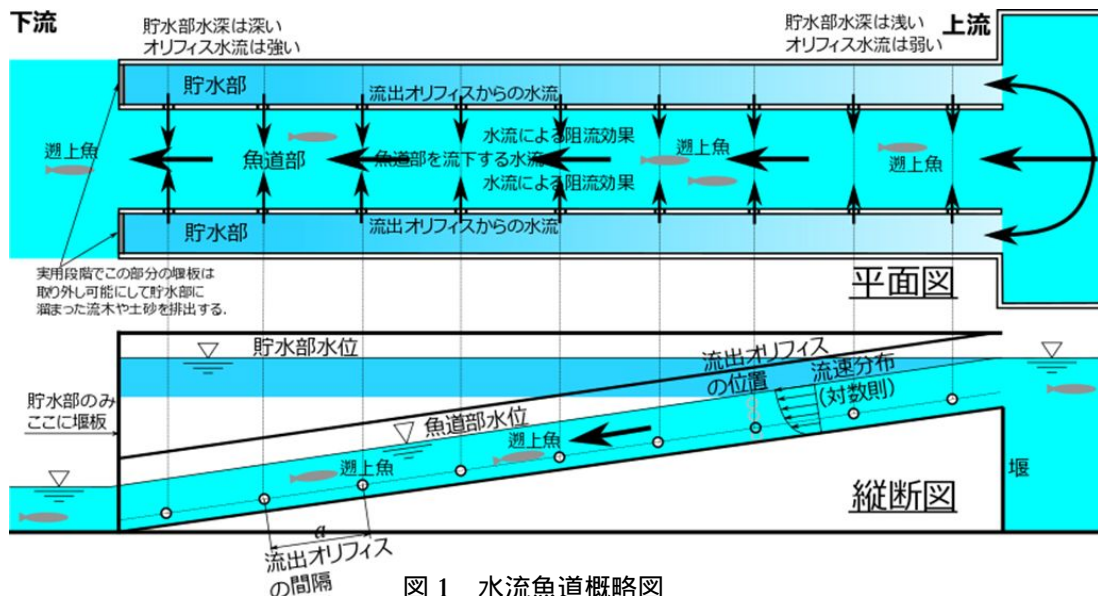


図 1 水流魚道概略図

3. 研究の方法

水流魚道の概念図(図1)に基づいて、水流魚道ユニット(延長:1.82 m,幅:0.42 m,高さ:0.459 m)を製作した。図2に水流魚道ユニットの寸法図を示す。加工の容易さを考慮して、水流魚道ユニットは耐水ベニヤ(厚さ:9mm)を用いて製作した。図3に水流魚道ユニットの3次元イメージ図を示す。貯水部下流端に堰板を設置しているので、貯水部と魚道部には水位差が生じる。この水位差によって側壁に設けたオリフィスから魚道部水路に水流が流出することになる。この水流魚道ユニットを室内実験開水路(延長:10.0 m,幅:0.8 m,高さ:0.8 m)に取り付け板を用いて上流からの水流が魚道ユニットに流れ込むように設置した。実験開水路を流れる水は地下の貯留槽に貯めた水を、インバーターで流量制御可能な電磁ポンプでくみ上げて供給する。実験水路、水流魚道ユニットを流下した水は再び地下貯留槽に戻り循環する。

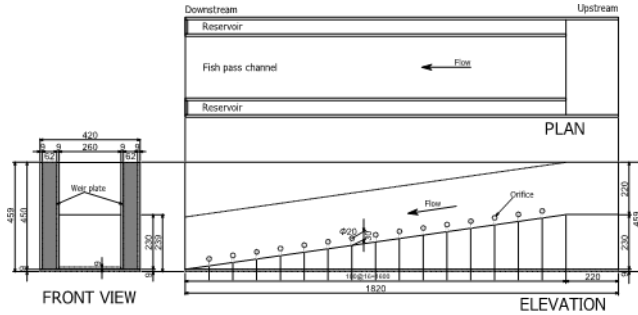


図2 水流魚道ユニット寸法図

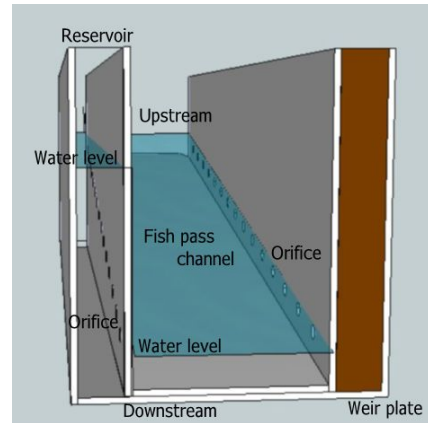


図3 水流魚道ユニット3D図

水理特性の検討では、流量 $Q = 0.030 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。この流量値を用いて、試験的にオリフィスの直径と配置(高さ)を求めた。プロペラ流速計(CR-7, KOSUMO RIKEN)を用いて、魚道部水路の流速を測定した。流速の測定は、流速計の仕様から、魚道部水路河床から高さ0.021 mの位置の流速を測定した。図4、図5に流速の測定位置を示す。

遡上行動特性を明らかにするために、供試魚としてウグイ *Tribolodon hakonensis* を用いて観察実験を行う。ウグイは養殖魚で、年齢1年5か月、平均体長10.0 cmである。遡上行動観察は水流魚道ユニットを設置した位置の天井部に取付けたビデオカメラで記録した。遡上数を計測するために、水流魚道ユニットの上下流に魚止めネットを設置した。水流魚道ユニットの下流部に20尾のウグイを放流した。観察時間は1時間として、水流魚道ユニットを遡上した尾数を上流部でカウントした。流量 Q は $0.010 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。オリフィスについてはオリフィス有り無しの場合と、オリフィスにノズルを取り付けて流出を上流側に向けたケースを実施した。

4. 研究成果

図4に魚道部の平面流速分布図を示す。中央付近($Y=0.13 \text{ m}$)の流速が、両側岸($Y=0.07, 0.19 \text{ m}$)の流速値より小さくなっていることが確認された。図5に、代表的な横断面($X=0.35 \text{ m}$)における流速分布図を示す。中央部付近の流速が相対的に小さい傾向にあることが確認された。流速測定実験により、水流魚道の横断中央部付近で、縦断方向に連続した相対的に流速が小さい流れを確認した。オリフィスからの流出によって、横断方向中央部の流速が10%程度、相対的に小さくなり、阻流板を配置した魚道と同様な水勢の抑制効果を確認した。

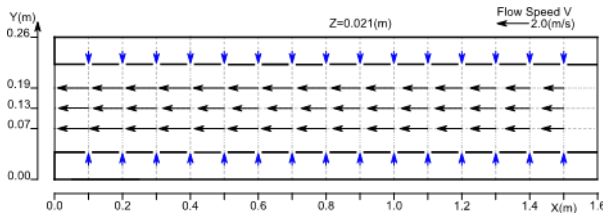


図4 魚道部の平面流速分布図

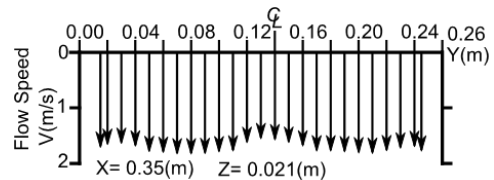


図5 横断面流速分布図($X=0.35 \text{ m}$)

表1はウグイの遡上実験結果(遡上尾数)を一覧にしたものである。オリフィス無しの場合ではウグイが遡上しなかった。オリフィス有りのケースでは4から10尾が遡上した。オリフィスにノズルを取り付けて水流を上流向きに流出させたケースでは、2尾が遡上した。

写真1に水流魚道の魚道部の流況写真を示す。オリフィスからの流出が魚道部を流下する主流と衝突し、その結果、水面が大きく変動することが確認された。魚道部中央付近に下流から上流まで連続した、流速の小さい領域が確認された。ウグイの遡上行動観察実験結果と併せて、この領域が水流魚道における魚類の遡上経路となっている。修正ラリニア型舟通し魚道など、他の魚道では魚道の両岸が魚類の遡上経路となっているのに対し、水流魚道は中央付近が遡上経路と特徴的である。



写真1 魚道部の流況写真

通水実験では、オリフィスの設置位置(河床からの高さ)を任意に定めて実施した。どのような高さに設けるのがよいかを吟味するために、更なる実験を行う必要がある。水流魚道は阻流板がなく構造はシンプルであるが水流の衝突を利用して主流の流れを減勢するなど、流れは複雑になっている。粒子法による数値解析を適用して、水理特性を解明することも必要である。

表1 ウグイの遡上行動観察実験結果(遡上尾数一覧)

ケース	年月日	開始時刻	オリフィス 流	流量Q [m ³ /s]	遡上尾数 [尾]	水温 []
1	2017.8.25	15:10	無し	0.010	0	21.6
2	2017.8.25	13:58	無し	0.020	0	21.6
3	2017.8.30	10:30	有り	0.010	10	21.7
4	2017.8.30	14:10	有り	0.010	4	21.8
5	2017.8.31	11:55	有り	0.010	10	21.4
6	2017.9.04	10:22	有り,上向き	0.010	2	21.5

観察時間は開始時刻から1時間として、この間の遡上尾数をカウントした。ケース6はオリフィスにノズルを取り付けて、オリフィスからの流出を上流方向に向けた。

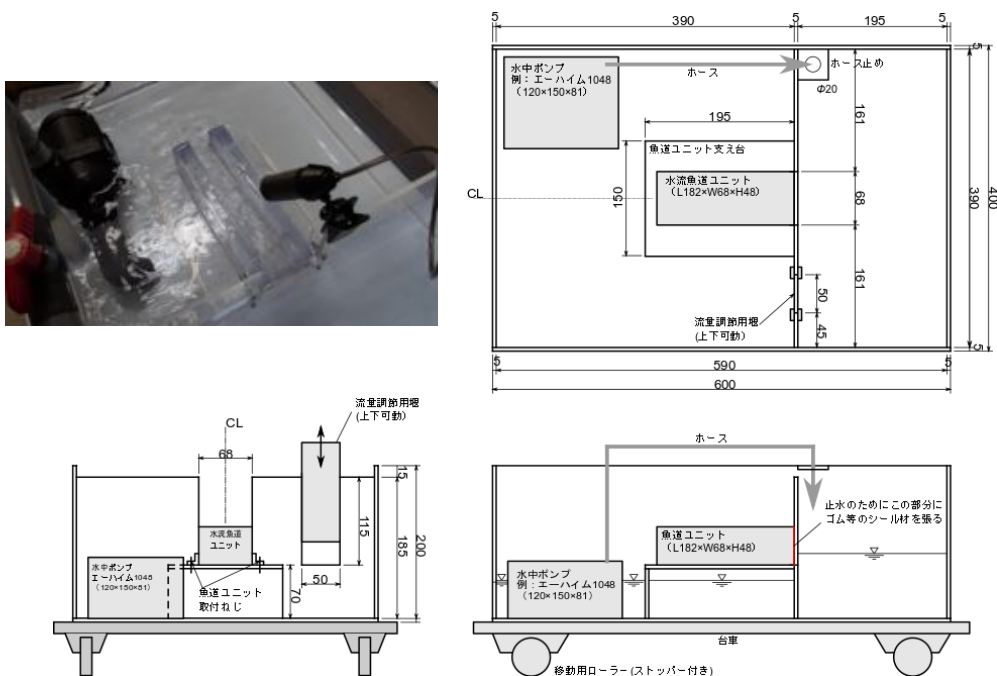


図6 アクリル製 水流魚道模型寸法図

オリフィスの鉛直方向設置位置による、水勢の抑制効果を評価するために、水流の観察が可能な透明アクリル製の「水流魚道模型(W26×L182)」を製作し、通水実験を行った。図6に製作した水流魚道模型の寸法図を示す。写真は魚道部を撮影したものである。水流魚道模型(W26)を用いたオリフィス高さ、水路床から6mm、10mmの2ケースについて通水実験を行い、水勢の抑制効果を目視で確認した。オリフィス水流による魚道部の水深増加も遡上効果に大きく作用することを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

石川雅朗、水流魚道の水理特性とウグイの遡上行動特性、木更津工業高等専門学校紀要、査読有、52巻、2019、76-79

DOI : https://doi.org/10.19025/bnitk.52.0_76

〔学会発表〕(計1件)

石川雅朗、Fish pass using baffle effects of water flow without plates、日本水産学会、創立85周年記念国際シンポジウム(次世代に向けた水産学)(国際学会)、2017

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年：

国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

水工研 / FishPass2-FC2 / 魚道：

<http://fishpass2.web.fc2.com/open/mstudy/>

6. 研究組織

(1)研究分担者 なし

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号(8桁)：

(2)研究協力者 なし

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。