

令和元年6月23日現在

機関番号：23303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K07652

研究課題名(和文) 水田周辺の魚類のための上流傾斜隔壁魚道の開発

研究課題名(英文) Development of upstream inclined weir fishways for fishes around paddy fields

研究代表者

一恩 英二 (Ichion, Eiji)

石川県立大学・生物資源環境学部・教授

研究者番号：10320912

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：隔壁傾斜角 と隔壁天端のV字ノッチ角 を変化させて、魚道のための9タイプの傾斜隔壁を製作した。1.58～14.43L/sの4種類の流量を各隔壁の実験に用いた。メダカ類、ドジョウ、フナ類の遡上率は、室内実験水路において、各種の隔壁に対して明らかにされた。私たちは、各種の魚類に適した隔壁タイプを明らかにした。私たちの実験結果から、総合的に判断して、隔壁傾斜角 $=45^\circ$ 、V字ノッチ角 $=30^\circ$ が3種の魚種に適していると推測された。また、隔壁枚数を変化させて、3種の魚類を用いた遡上実験を行ったところ、隔壁枚数と魚類の遡上率の正規化指数の間で類似の近似式を示すことを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水田周辺のフナ類、メダカ類、ドジョウを用いて、実験時間を統一して、いくつかの流量条件で室内実験を行うことで、種によって遡上数が多くなるV字ノッチ傾斜隔壁の形状が異なることと3種の遡上に総合的に高い性能を有する隔壁を示すことができた。また、隔壁枚数を変化させて、3種の魚類を用いた遡上実験を行ったところ、隔壁枚数と遡上率の正規化指数の間で類似の近似式を示すことを確認し、1～2枚の隔壁を用いた実験から、複数枚の隔壁から構成される魚道の遡上率を推定できる可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：Nine types of sloped-weirs for fishways were made by changing the angle of the weir slope () and that of the V-shaped notch on the upper surface of the weir (). Several volumetric flow rates (1.58-14.43L/s) were used in the experiments for each weir type. The ascent rates for *Oryzias sakaizumii*, *Misgurnus anguillicaudatus*, and *Carassius sp.* were determined for each type weir in the experimental flume. We identified the suitable types of weirs for each species. In addition, our results suggest that the weir with $=45^\circ$, $=30^\circ$ was suitable for all three species. In the experiments comparing the number of weirs, we obtained similar approximate expressions between the number of weirs and normalized indices for ascent rates of fishes.

研究分野：農業農村工学・農村計画学

キーワード：傾斜隔壁 V字ノッチ 農業水路 フナ類 ドジョウ メダカ類

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

1. 研究開始当初の背景

水路改修や圃場整備事業によって、近年メダカやドジョウなどのような水田周辺に生息する淡水魚類の生息数や生息種数の減少が報告されている。水路改修事業では、分土工、落差工、急流工および支線排水路と幹線排水路の接続箇所で、圃場整備事業では、水田と排水路の間で、大きな落差が生じることによって魚類の移動が阻害され、水田周辺の魚類の生息環境は悪化している。

魚類の生息環境の保全と事業を両立させるために、水田周辺の遊泳能力の低い小型魚類のための魚道の開発が行われてきた。これまでに、アイスハーバー型、千鳥X型、カスケードM型やコルゲート管を用いた魚道が開発されている。最近の傾向として、ハーフコーン型(松田ら、2005)、双翼型(田谷、2006)、台形断面型(安田、2011)のような、越流面を傾斜または曲面とした傾斜隔壁魚道が開発されているが、コンクリート量が大いものや形状が複雑なため施工に手間がかかるものが多く、水路改修や圃場整備の事業では普及が進んでいない。

一恩ら(2015)は、図1に示すような4つの隔壁の水理模型を製作し、メダカとドジョウを用いた遡上実験の結果を報告している。隔壁上下流の水位差を6cmと9cm、流量を1.9L/sと5.3L/sの各2ケースで実施した実験の結果、上流傾斜隔壁は鉛直隔壁に比べて魚類の遡上率で優れており、タイプ2はメダカとドジョウに関して他の隔壁タイプより水位差や流量の変化に対して安定した遡上率を有することが明らかになった。また、重回帰分析の結果、(i)メダカの遡上率に正の影響があった変数は、タイプ1、タイプ3、水温で、負の影響があった変数は、遡上距離、遡上角度、流量、水位差であり、(ii)ドジョウの遡上率に正の影響があった変数は、タイプ2、タイプ3、負の影響があった変数は遡上角度であった。

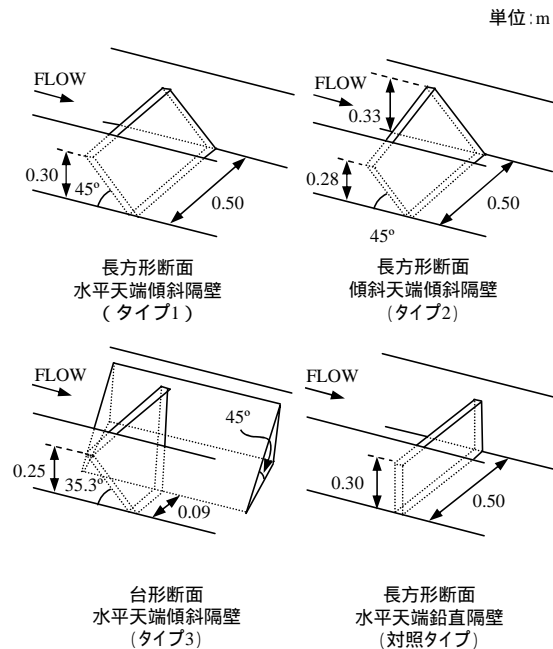


図1 隔壁形状(一恩ら、2015)

2. 研究の目的

一恩ら(2015)の傾斜隔壁魚道の性能は2つの流量で比較されたのみで、どのような流量で各隔壁の遡上性能が最大になるのか明らかでない。また、最適な隔壁傾斜角度や隔壁天端傾斜角度についての知見も得られていないのが現状である。

本研究では、図1の長方形断面の傾斜隔壁(タイプ1とタイプ2)の実験をベースにして、隔壁天端をV字型ノッチとしたV字ノッチ傾斜隔壁を中心とした魚道隔壁の形状を検討することを目的とした。これらの隔壁傾斜角度やV字ノッチ角を変化させた隔壁模型を製作し、流量を低流量から段階的に増加させる遡上実験を実施して、魚種ごとに遡上率を最大にする最適流量や隔壁形状を明らかにする。

一恩ら(2015)では、隔壁上下流の水位差は6cmと9cmで実施したが、本研究では、隔壁上下流水位差を10cmとする。隔壁上下流水位差を小さく設定すると、隔壁枚数が多くなり、経済的でないことから、高い目標値を設定して実験を行う。

次に、上記の実験結果から得られた有望な隔壁形状をいくつか用いて、魚道隔壁を1枚だけ用いた隔壁遡上実験と複数枚の隔壁から構成される魚道遡上実験を実施する。これらの結果から、隔壁遡上率と魚道遡上率の関係を明らかにする。

複数枚の隔壁から構成される魚道におけるメダカとドジョウの遡上率は当初想定していた十分な遡上率を得られなかったため、最終年度には隔壁上下流の水位差を10cmにこだわることをやめて、隔壁に設置した半球状突起物や濁水条件が魚類の遡上に与える影響をみる実験を実施した。

3. 研究の方法

(1) V字ノッチ全面傾斜隔壁の最適化についての研究

隔壁傾斜角()とV字ノッチ角()を変化させて製作した9種類の隔壁を製作した(図2)。供試魚は、野外の水路で採集した、メダカ類、ドジョウ、フナ類の3種の魚類を用いて、室内実験水路に製作した各隔壁を用いて、小(1.58-1.98 L/s)、中(5.09-5.37 L/s)、大(9.24-9.54 L/s)、特大(14.35-14.43 L/s)の流量を用いて実験を実施した。

(2) V字ノッチ傾斜隔壁魚道の隔壁形状と枚数が魚類の遡上率に与える影響

隔壁形状に関する実験は、曲線V字ノッチ全面傾斜隔壁(タイプ1)、潜孔なし曲線V字ノッ

チ上端傾斜隔壁（タイプ2） 潜孔あり曲線V字ノッチ上端傾斜隔壁（タイプ3）の3タイプ、流量は3段階、計9回の遡上実験を幅0.50mの室内実験水路で上下流の水位差を0.10mに設定して行った。隔壁枚数に関する実験は、潜孔なし曲線V字ノッチ上端傾斜隔壁（タイプ4） 潜孔あり直線V字ノッチ上端傾斜隔壁（タイプ5） 潜孔なし直線V字ノッチ上端傾斜隔壁（タイプ6）の3タイプの隔壁を用いて隔壁枚数を1~4枚に変化させて行った。供試魚は、メダカ類、フナ類、ドジョウを使用した。

(3)メダカ類の遡上経路としての潜りオリフィスの機能検証と水位差条件の検討

10個体のメダカ類を供試魚として、内径1.5cmの円形オリフィスを持つ厚さ1.2cmの隔壁を水槽に設置して、隔壁上下流の水位差を1.0、2.0、3.0、4.0、5.0cmと変化させ、水温を約25に保ち、8時間の遡上実験を各水位差条件で3回行った。

(4)全面傾斜隔壁魚道において半球突起物がメダカ類の遡上率に与える影響

メダカ類やドジョウなどの水田周辺魚類のために開発された全面傾斜隔壁魚道の越流面に半球突起物を設置した新しいタイプの魚道を考案した。全面傾斜隔壁魚道において半球突起物の効果を評価するために、半球突起物付きの全面傾斜隔壁3枚から構成される実験装置（図4）と半球突起物を持たない全面傾斜隔壁の3枚から構成される実験装置を製作し、プール間水位差2.35cm、流量0.15L/s、水温25となるように設定して、計16回の実験を行った。

(5)全面傾斜隔壁魚道においてドジョウの遡上率に濁水が与える影響

実験には全面傾斜隔壁を3枚設置した魚道模型水槽およびドジョウを使用して、水温を約25、魚道上り口と下り口の水位差を約9.3cm、各隔壁上下流の水位差を約3.1cmとして、清水を用いた実験を6回、濁水を用いた実験を6回、計12回の実験を実施した。最下流の魚道上り口から3枚目の隔壁を遡上して魚道下り口まで到達した個体を遡上魚、それ以外の個体を非遡上魚とみなして遡上率を算出した。実験結果から、一般化線形混合モデルを使用した回帰分析を行った。

4. 研究成果

(1)V字ノッチ全面傾斜隔壁の形状の最適化についての研究

各隔壁を用いた実験において得られたメダカ類、ドジョウ、フナ類の遡上率を図5に示す。実験結果から、メダカ類には $\alpha=60^\circ$ 、 $\alpha=5^\circ$ と $\alpha=45^\circ$ 、 $\alpha=30^\circ$ の2つの隔壁が、ドジョウには $\alpha=30^\circ$ の3種の隔壁が、フナ類にはすべての隔壁が適していた。遡上に適した流量は、メダカ類は一定の傾向が見られず、ドジョウ類は中以上、フナ類は大以上であると考えられた。すべての実験結果から総合的に考えると、 $\alpha=45^\circ$ 、 $\alpha=30^\circ$ の隔壁が

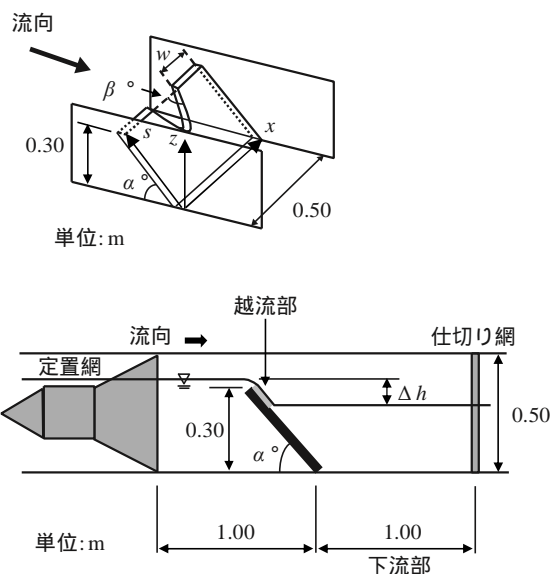


図2 研究(1)で用いた実験装置

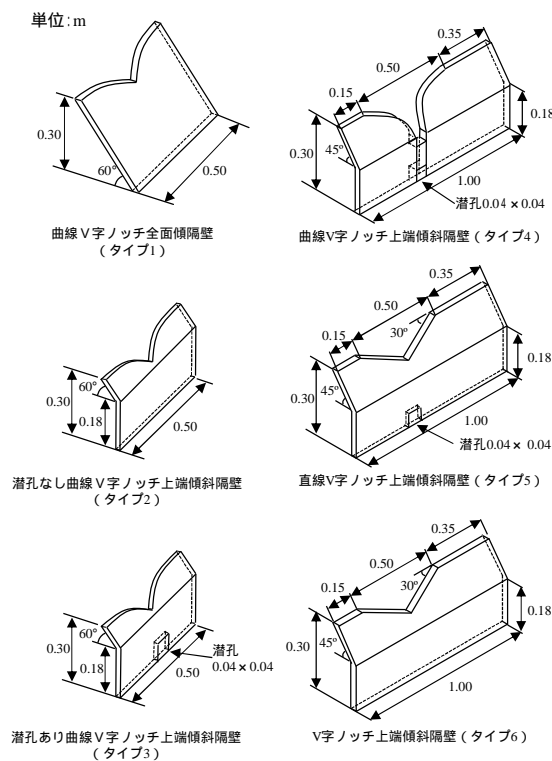


図3 研究(2)で用いた実験装置



図4 半球突起物付き全面傾斜隔壁

3種すべての遡上に適していると判断された。

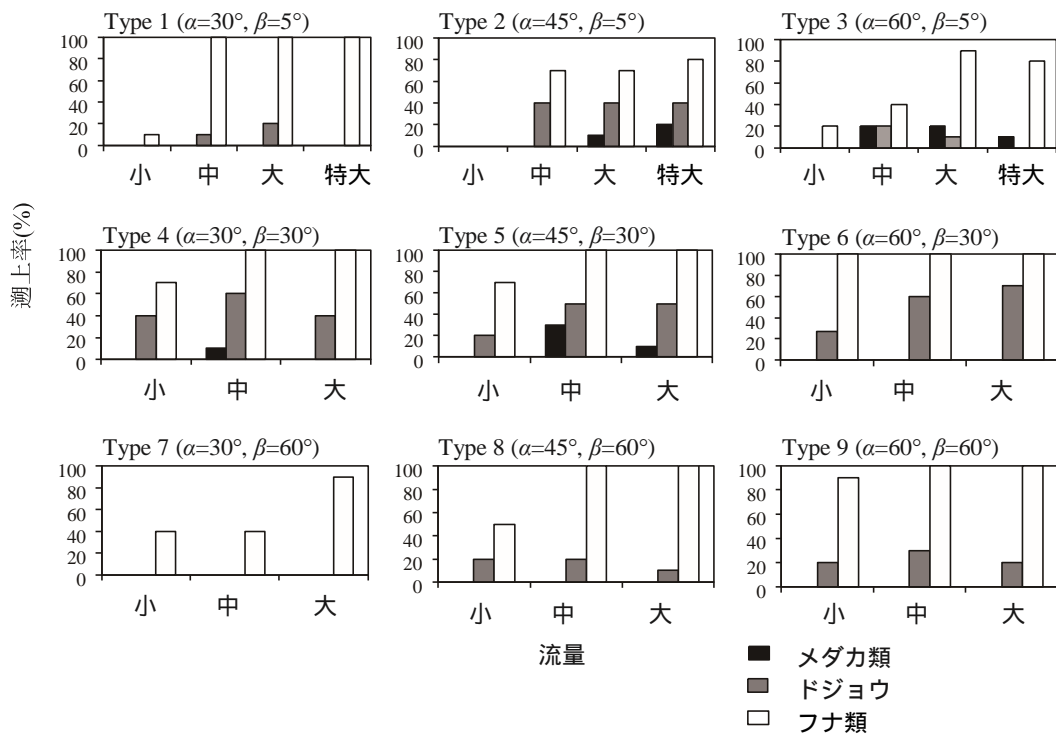


図5 研究(1)の結果

(2) V字ノッチ傾斜隔壁魚道の隔壁形状と枚数が魚類の遡上率に与える影響

隔壁形状の実験の結果、潜孔はフナ類の遡上率を低下させ、ドジョウの遡上率を上昇させたことが示唆されたが(図6)、メダカ類の遡上は確認できなかった。また、全面傾斜隔壁と上端傾斜隔壁の間で、フナ類とドジョウの遡上率に有意な差が生じなかった。隔壁枚数の実験では、魚種ごとに、いずれの隔壁タイプの実験においても隔壁枚数と遡上率の正規化指数の間で類似の近似式が得られたが、メダカ類の遡上は確認できなかった。

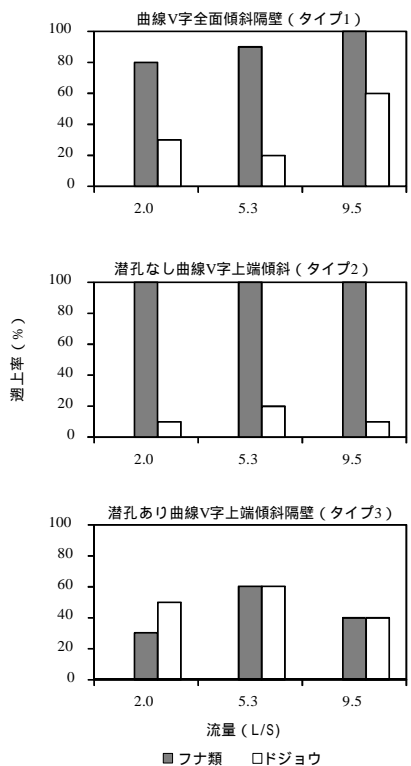


図6 隔壁形状実験結果

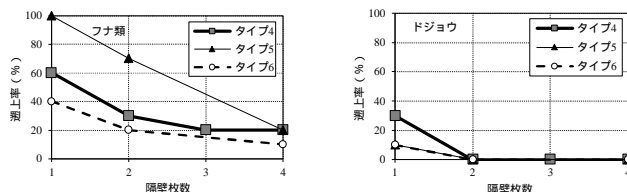


図7 隔壁枚数と遡上率

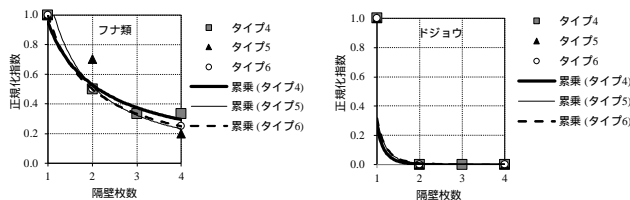


図8 隔壁枚数と正規化指数

(3) メダカ類の遡上経路としての潜りオリフィスの機能検証と水位差条件の検討

実験の結果、メダカ類の平均遡上率は、水位差が 1.0cm で 83%、2.0cm で 73%、3.0cm で 70%、4.0cm で 37%、5.0cm で 0%となった。メダカ類が潜りオリフィスを遡上する時間は 1s 以内で、そのときの遡上速度は 44cm/s 以上と、魚類の一般的な突進速度 (cm/s) の目安である体長 (cm) の 10 倍の値を上回っていた。また、実験結果を一般化線形混合モデル (GLMM) によって分析した結果、標準体長と水位差の 2 要因がメダカ類の遡上に強く影響していた。水位差と遡上率の散布図と回帰直線から、50%以上の遡上率を確保するためには、水位差を 3cm 以下にする必要があると考えられた。

(4) 全面傾斜隔壁魚道において半球突起物がメダカ類の遡上率に与える影響

全実験を通じて、メダカ類の遡上率は突起物有りで 38%、突起物無しで 16%となった。一般化線形混合モデルを用いた回帰分析を行った結果、隔壁の突起物有りのモデルが AIC が最も低いベストモデルに選ばれた。半球突起物の有無によって遡上率に有意差が見られ、半球突起物がメダカの遡上率を高めたことが示唆された。

(5) 全面傾斜隔壁魚道においてドジョウの遡上率に濁水が与える影響

実験結果から、一般化線形混合モデルを使用した回帰分析を行った。全 6 グループ清水・濁水各 1 回の遡上実験の遡上率の平均値は、清水の場合が 70%、濁水の場合が 80%であった。解析の結果、体長のみモデルがベストモデルとして選ばれた。体長と実験水のモデルは 2 番目に選ばれたが、実験水のみモデルは 4 番目に選ばれた。これらのことから、濁水の効果は示唆されたものの、不確かであった。

<引用文献>

一恩英二、前田恭平、山本秀平、中野秀平、長野峻介、藤原洋一、上流傾斜隔壁魚道の隔壁遡上率に影響を与える要因、日本雨水資源化システム学会誌、21(1)、2015、85-92

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計1件)

Eiji Ichion, Mitsunori Nakano, Kenji Tanaka, Shunsuke Chono, Yoichi Fujihara, Designs of sloped-weir fishways with V-shaped notches for freshwater fishes distributed in agricultural ditches, Journal of Rainwater Catchment Systems, 査読有, Vol.24/No.2 (印刷中)

[学会発表](計6件)

一恩英二、中野光議、田中健二、長野峻介、藤原洋一、V字ノッチ傾斜隔壁魚道の隔壁形状と枚数が遡上率に与える影響について、平成30年度農業農村工学会応用水理研究部会講演会(名古屋)、2018

加藤絢也、一恩英二、中野光議、全面傾斜隔壁魚道においてドジョウの遡上率に濁水が与える影響、第9回琵琶湖地域の水田生物研究会(琵琶湖博物館)、2018

一恩英二、中野光議、田中健二、長野峻介、藤原洋一、水田周辺魚類のためのV字ノッチ全面傾斜隔壁魚道の開発 隔壁傾斜角とノッチ角が遡上率に与える影響、農業農村工学会京都支部第74回研究発表会(金沢)、2017

一恩英二、生き物に配慮した水利施設を創造する、平成29年度こまつ水郷2020ネット第7回総会、2017

一恩英二、長野峻介、藤原洋一、田中健二、水口尚也、水田周辺魚類のためのV字ノッチ全面傾斜隔壁魚道の開発 ノッチ角5°の隔壁遡上率に影響を与える要因、農業農村工学会京都支部第73回研究発表会(大阪)、2016

一恩英二、隅山佳輝、山本潤一、中野光議、田中健二、長野峻介、藤原洋一、V字ノッチ全面傾斜隔壁魚道における魚類の遡上率に影響を与える要因と遡上経路について、農業農村工学会応用水理研究部会研究発表会(岐阜)、2016

[図書](計1件)

一恩英二、魚たちのかよう水路をつくる、石川県立大学自然丸かじり編集委員会(編)、石川の自然丸かじり、東海大学出版会、2016、pp.74-80

[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

http://www.ishikawa-pu.ac.jp/undergraduate/environmental_science/environmental_closeup/

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：藤原洋一

ローマ字氏名：(FUJIHARA, youichi)

所属研究機関名：石川県立大学

部局名：生物資源環境学部

職名：准教授

研究者番号（8桁）：10414038

研究分担者氏名：長野峻介

ローマ字氏名：(CHONO, shunsuke)

所属研究機関名：石川県立大学

部局名：生物資源環境学部

職名：講師

研究者番号（8桁）：90646978

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：中野光義

ローマ字氏名：(NAKANNO, mitsunori)

研究協力者氏名：田中健二

ローマ字氏名：(TANAKA, kenji)

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。