

布式魚道を利用するサケ科魚類の移動数

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム ○布川 雅典
新潟大学 農学部 権田 豊

地域住民が人力で魚道を設置するあるいは渇水や水温上昇時の河川連続性維持に即応的に対応するには設置が簡易な魚道が求められる。余市川支流中の川には布式簡易魚道が設置されてきたが、その効果に関するデータは知られていない。そこで、サケ科魚類の利用数を計測したところ、サケ科魚類親魚の遡上と降下が確認された。さらには布式簡易魚道はサケ科親魚の魚道として十分な機能を有しているだけでなく、小型魚類や甲殻類の遡上も可能であることがわかった。

キーワード：簡易魚道、魚カウンター、遡上数

1. はじめに

地域住民が水生生物の遡上環境の改善を目的に簡易魚道等を設置する事例がみられる¹⁾。河川構造物周辺の水理環境はさまざまであり、その状況に合わせた柔軟な形状や施工ができる魚道が必要である。また、設置作業は主に住民が人力で行うことから、安価で設置が容易なものが求められる。

また、地球温暖化による水温上昇がおよぼす冷水性魚類への影響が懸念されている²⁾。2021年の北海道の夏期は記録的猛暑で、6月と7月の降水量も記録的に少なかった³⁾。このため、北海道北部の河川構造物周辺において魚類が遡上できない事例がみられた(布川、未発表)。このような場合には即応的に設置できる魚道が遡上環境の維持に効果を発揮する可能性が高い。

北海道仁木町を流れる余市川支流中の川では、簡易に安価で即応的に設置できる単管パイプとトラックシートによる簡易魚道を、北海道河川環境研究会が試験的に3年前から設置している。しかし、この魚道の効果を明らかにする遡河性魚類の移動数データは知られていない。そこで、中の川における簡易魚道の効果を明らかにすることを目的として、サケ科親魚の遡上数および降下数を魚類遡上数自動計測装置(魚カウンター)を用いて計測した。

2. 布式魚道の設置と移動数の計測

(1) 布式魚道の設置

朝里岳(標高1281 m)を源として赤井川村や仁木町を流れる余市川は、流域面積455.1 km²、幹川流路延長50.2 kmの二級河川である。本調査河川である中の川は仁木



図-1 調査地位位置図。図の矢印は流下方向を示す。

国土地理院ウェブサイト地図

(<http://maps.gsi.go.jp/#15/43.156611/140.789739/&base=std&ls=std&isp=1&vs=c1j0h0k010u0t0z0r0s0m0f0>) を加工して作成。

町付近でこの余市川に合流する(図-1)。

この中の川には上流から合流点までの間にいくつかの落差工や床固工があり、余市川から遡上してきたサケ科魚類の遡上を妨げている。また、中の川中下流部の河畔域は農地に利用されており、河道には大規模な魚道を設置する空間がほとんどない。

北海道河川環境研究会は本河川の床固工(中の川第二号床固工)にトラックシートを用いた簡易魚道(以下布式魚道という)を2019年からサケ科魚類の遡上期に設置してきた。2020年からは布式魚道を遡上する個体数の計数に筆者らの一人権田教授らが開発してきた魚カウンター⁴⁾を用いている。

2021年のサケ科魚類の遡上期にも北海道河川環境研究会によって布式魚道が設置された(図-2a)。魚道の設置は2021年8月30日から31日に行われ、その後試験運用を行って、9月4日から魚類移動数の計測を行っている。移動数の計測は11月22日まで行い、23日に魚道が撤去さ

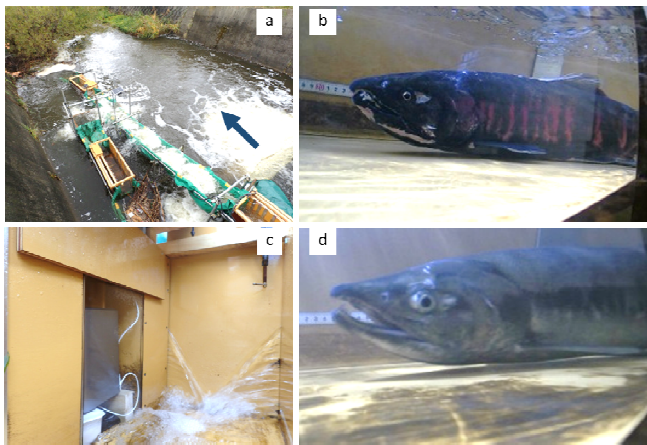


図-2 中の川第二床固工に設置された布式魚道(a)と遡上するサクラマス*Oncorhynchus masou*(b)とサケ*O. keta* (d)。上流側誘導水路側面にある撮影用アクリル窓(c)。aの矢印は流下方向を示す。

れた。

布式魚道の設置では、まず単管パイプをマルチジョイントで接続して2本用意し、単管パイプとジョイントによって作られたいくつかの足場にこの接続した単管パイプを2本固定する。それらにトラックシートをパッチンクリップ（アラオ株式会社、大阪市）を用いて単管パイプに巻き付かせて水路幅0.6 mの水路状にした。さらに、この水路状のものに「く」の字型にジョイントでつないだ単管パイプを数十センチ間隔で取り付けて段差を作ることによって魚類の遡上が容易になるような水路を作った。その水路を床固工から7.0 m下流に延長し、中間地点で魚道折り返し水路（0.9 m × 1.7 m × 0.5 m（長さ×幅×高さ））につなげた。これを布式魚道上流部と呼ぶ（図-3）。さらに、魚道折り返し水路から下流に水路を延ばし、布式魚道上流部と同様に、単管パイプによる足場によって固定して、水路を傾斜させて7.0 m下流の水面と接続した。これを布式魚道下流部（直線型）と呼ぶ。さらに、魚道折り返し水路の布式魚道上流部の接続面と同じ面の左岸側から再び上流方向に水路を水面に向けて伸長して単管パイプによる足場で固定した。これを布式魚

道下流部（屈曲型）と呼ぶ。布式魚道上流部、布式魚道下流部（直線型）および布式魚道下流部下流部（屈曲型）の大きさはすべて7.0 m × 0.6 m（長さ×幅）である（図-3）。この布式魚道上流部の最上流と、布式魚道下流部（直線型）および布式魚道下流部（屈曲型）の中間部分に1.6 m × 0.36 m × 0.55 m（長さ×幅×高さ）の魚カウンターセンサーを設置するための木製誘導水路（以下誘導水路という）を設置した（図-3）。

布式魚道の設置と誘導水路の設置は8月30日から31日に行われた。設置のうち単管パイプの運搬と組み立ておよび誘導水路、魚道折り返し水路の設置と土のう設置を4人の作業員で8月30日に行った。次に、トラックシートの布張り作業は8月31日の午前中に4人で行った。最後に魚カウターのセンサの設置作業を同日午後2人で行った。そして2日間通水して水路の状態を観察したのちに、9月3日の午前中にカメラの取り付けと水路全体の流水状態の微調整をおこなった。

カメラは遡上個体の種別を判定する目的で各誘導路につけた撮影箱に設置された（図-2c）。Brinno社（台湾）製タイムラプスカメラ（TLC200pro、TLC2020およびTLC2000）を使用して遡上する魚体を1秒間隔で撮影した。

中の川ではサケ*Oncorhynchus keta*やサクラマス*O. masou*の人工ふ化放流が行われていない。地域地域住民によると中の川にかつては多くのサケが遡上していたという（布川、未発表）。そのため、ここで確認された個体は自然産卵魚である可能性が高い。ただし、余市川ではサケおよびサクラマスのふ化放流が日本海さけ・ます増殖事業協会余市ふ化場で毎年行われている⁹⁾。中の川は余市川の親魚捕獲箇所よりも下流で合流するために、ふ化放流魚が遡上する可能性も考えられる。

(2) 布式魚道の魚カウンター

布式魚道に設置された各誘導水路に魚カウンター用のセンサー電極を上流端から30 cm間隔で3本設置し、両端に5.0 Vの電圧を印加した。計測対象魚がセンサー上を

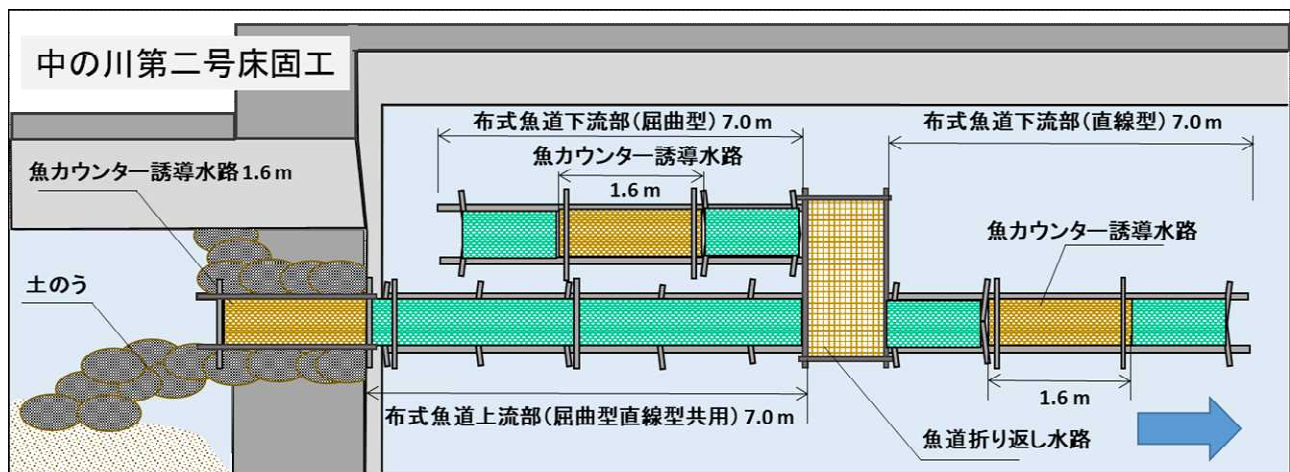


図-3 余市川支流中の川第二床固工に設置された布式魚道の模式図。矢印は流下方向を示す。

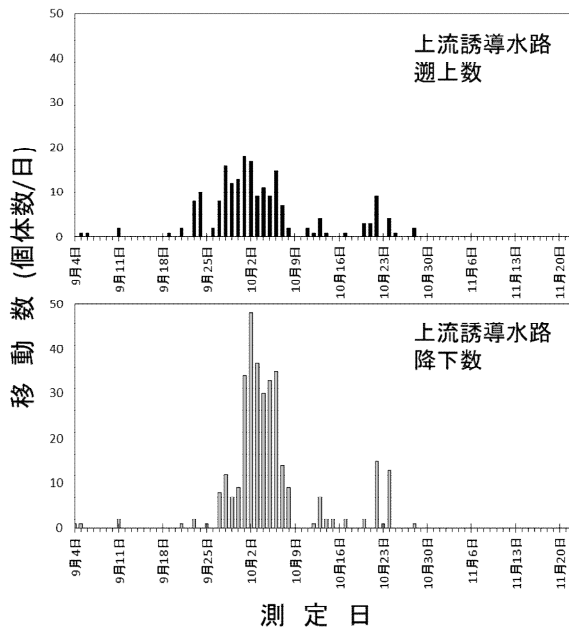


図-4 計測期間中（9月4日～11月22日）の中の川における布式魚道の1日あたりのサケ科魚類の遡上数および降下数。9月12日から16日、10月9日から10日、11月9日から11日の間はデータ無し。

通過すると電気抵抗が変化し、センサーから出力される信号がパルス状の波形を描く。パルス波の形状により遡上、降下を判定して移動数を計数する⁴⁾。このようなセンサー信号を魚類遡上数計測システム（TEAFCS-LOGS01-PC：田村電子工房製、高崎市）で記録した。

センサー信号はFishCountSystem_Anlyzer03（田村電子工房製、高崎市）を用いて読み取った。今回は読み取り閾値を800 mVに設定することで、体長30 cm以上の魚類の遡上と降下が計測できた。中の川の布式魚道では、30 cm以上の個体はサクラマスとサケが見られる。そのため、ここで計測された遡上数あるいは降下数は両種の合計の個体数である。11月17日に計測された上流側の誘導水路の流速と水深は0.64 m/sおよび0.19 cm、布式魚道下流部（直線型）の誘導水路の流速と水深は0.36 m/sおよび0.22 mであった。布式魚道下流部（屈曲型）の水深は0.27 mだった。

2021年9月4日から11月22日までの計測期間中にカウンターシステムやバッテリーの不具合により未計測となった期間は、9月12日から16日、10月9日と10日、11月9日から11日の10日間だった。

(3) 布式魚道直線型と布式魚道屈曲型での計測

布式魚道は魚道最上流の誘導水路から中間の魚道折り返し水路をへて下流に伸びた水路が水面に至る直線型と、魚道折り返し水路から上流方向の水面に水路が達する屈曲型からなる（図-3）。折り返し水路と各魚道接続部を遮蔽することで、直線型水路あるいは屈曲型水路に通水

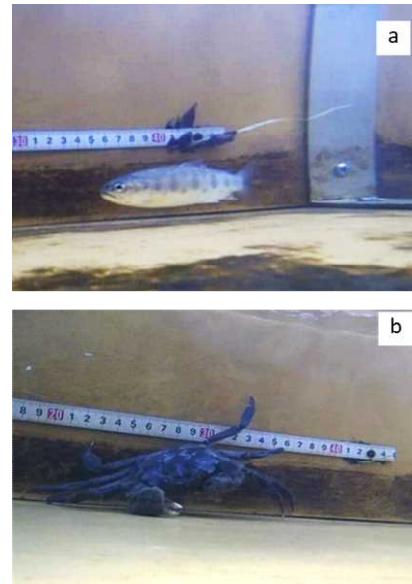


図-5 布式魚道の上流側誘導水路を遡上するサクラマス*O. masou*の小型個体 (a)とモクズガニ*Eriocheir japonica* (b)。

し、形状を変更することができる。これらの形状によるサケ科移動数の違いを明らかにするために、調査期間中最も移動数の多い時期にそれぞれ3期間を選んで、形状毎の平均移動数を比較した。布式魚道屈曲型の計測期間は9月22日から26日（5日間）、10月1日から5日（5日間）および同月13日から18日（6日間）である。一方、布式魚道直線型の計測期間は9月27日から30日（4日間）、10月6日から12日（5日間）および同月19日から25日（7日間）である。なお、10月9と10日はデータがない。

3. サケ科魚類による布式魚道の利用

(1) 布式魚道の魚類移動数

中の川第2床固工に設置された布式魚道には、2021年9月から10月にかけてサケ科親魚が遡上した。サケ科親魚の遡上数および降下数ともに9月28日ころから増加し始め、10月1日にピークを迎え10月1週目には移動数が減少して11月には移動がみられなかった（図-4）。9月4日から11月22日の間の遡上および降下数はそれぞれ195個体と330個体だった。2020年の遡上数と降下数がそれぞれ55匹と80匹だった⁶⁾。これらの計測期間は2020年が9月3日から11月18日で未計測日はなかった。2021年の計測日数と2020年のそれとはほとんど変わらなかったことから、本年で移動数が増加したことは測定日数による違いとは考えられない。

一方で、雄冬岬から神威岬までの範囲である日本海中部海区のサケ漁獲量を見ると、2021年の10月31日までの漁獲量に対する2020年の10月31日時点での漁獲量の比は110%であった⁷⁾。これはこの地域で2021年が2020年くらべてサケ親魚の回帰数が多いことを示唆している。中の

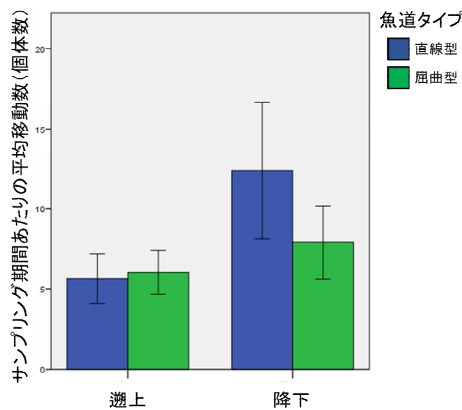


図-6 魚道タイプ毎の平均遡上数と平均降下数。エラーバーは標準誤差。サンプル数はN=3。

川を遡上する大型のサケ科魚類はサクラマスが多いものの、今回計測されたサケ科魚類の遡上数が昨年より多かったのは、サケの回帰数が増加したことがひとつの要因と思われる。

また、布式魚道は大型のサケ科魚類以外の水生生物にも利用されていた。多くのサクラマス幼魚（ヤマメ）が遡上あるいは降下する様子が撮影された。また、複数のモクズガニ *Eriocheir japonica* が遡上していることも確認された（図-5）。平水時の魚道内の流速は65 cm/sが最大であるものの、30 cm/s程度が多く段差で計測されている。また、布式魚道には単管パイプにより段差とプール状の緩流部を設けていることから小型魚や甲殻類でも遡上が可能であったと思われる。

(2) 布式魚道タイプごとのサケ科魚類移動数

遡上数には魚道形状の違いによって、大きな違いは見られなかったものの、降下数では布式魚道直線型が屈曲型より多い傾向がみられた（図-6）。布式魚道の下流端から遡上した個体の多くは、屈曲型も直線型のどちらでも数分以内に上流誘導水路を通り抜けている。2020年は屈曲型の設置だったが、遡上行動と遡上に要する時間は2021年と変わらなかったことから、遡上行動は魚道形状に関係なく行われると思われる。また、屈曲型の下流端は床固工の落水部分付近に設置した。これは、落水部まで到達した魚類が、魚道の入り口を見つけやすくなると考えたためである。しかし、今回の結果は、魚道入り口の位置は遡上数に影響を与えていないことを示唆するものである。

4. おわりに

中の川床固工に設置された布式魚道にはサケ科魚類親魚の195個体の遡上と330個体の降下が確認された。2021年のサケ親魚の回帰数は2020年より増加したと考えられ、それを反映したためか布式魚道を利用する個体数も増加した。また、小型のヤマメやモクズガニも利用していることも明らかになった。これらから布式簡易魚道は、大型のサケ科魚類の魚道として遡上数の増加を反映できるといった十分な機能を有しているだけでなく、小型魚類や甲殻類の遡上も可能であることが明らかになった。

布式魚道の設置は、4人の人力のみで1.5日間で行うことが可能である。そのため、近年多くの地域で行われる「小さな自然再生」⁹⁾で利用するのに適していると思われる。2021年夏季の高温により北海道内河川では、渇水と高水温で絶滅危惧種のイトウ *Parahucho perryi* を含む冷水性魚類が構造物周辺の落差で遡上できず個体数を減少させた（布川、未発表）。このような場合にも布式魚道であれば、即応的に設置可能であることからこれを用いて流水の連続性を確保することで魚類個体数の保全に寄与することができると思われる。

謝辞：北海道河川環境研究会には布式簡易魚道の利用やデータ提供など本研究を行うにあたり様々な便宜をいただいた。ここに深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 「小さな自然再生」事例編集委員会：できることからはじめよう 水辺の小さな自然再生事例集 第2集。日本河川・流域ネットワーク(JRRN), 東京, 2020.
- 2) 森田健太郎：水温に左右されるサケ科魚類の生活, SALMON 情報, No.9, 3-10, 2015.
- 3) 札幌管区气象台：北海道地方夏の天候, 札幌气象台 web site (<https://www.data.jma.go.jp/sapporo/tenki/kikou/weatherflush/pdf/matome20213.pdf>), 2022年1月10日確認, 2021.
- 4) 近藤康行・権田豊：魚カウンターによるサケの遡上計測に関する研究, 土木学会論文集 G (環境), Vol. 68, No. 1, 1-12, 2012.
- 5) 日本海さけ・ます増殖事業協会(2020) 第8事業年度事業報告書, 一般社団法人 日本海さけ・ます増殖事業協会 web site (<http://www.nihonkai-sake-masu.or.jp/omona.html>), 2022年1月10日確認, 2022.
- 6) 布川雅典・権田豊・中村繁人：サケの遡上数を自動計測するサケカウンター, 第64回(2020年度) 北海道開発技術研究発表会論文, 2020.
- 7) 北海道：令和3年秋さけ漁獲速報(旬報), 水産局漁業管理課 web site (<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/ggk/76979.html>), 2022年1月10日確認, 2022.