

トピックス

サケカウンターによるサケ (*Oncorhynchus keta*) 移動数計測めのかわ まきのり こんだ ゆたか なかむら しげと
布川 雅典*1・権田 豊*2・中村 繁人*3

はじめに

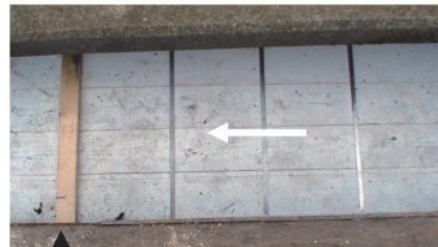
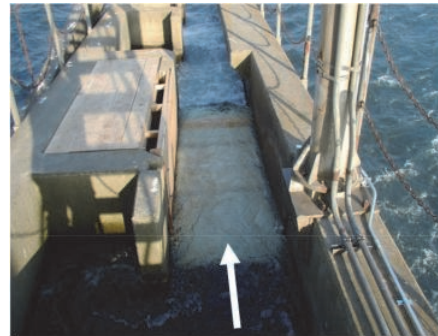
自然産卵を組み込んださけ・ます類の資源管理の必要性がこれまで求められてきました(真山 2004)。このような野生魚個体群の保全と維持には、魚道等による河川の縦断的連続性の確保は必須です。

魚道の効果は、魚類の遡上数で評価されます(Noonan et al. 2012)が、その計測はトラップ、目視およびカメラによるビデオ撮影により行われます(ダム水源地環境整備センター 1998)。しかしながら、このような調査を長期間連続して行うことは、手間と費用を考えると現実的ではありません。自動計測装置による遡上数の計測はこれらの調査に取って代わる一つの方法といえるでしょう(Welsh and Aldinger 2014)。

魚類の遡上数を計測する自動計測装置は一般的に魚カウンター(近藤・権田 2008)と呼ばれ、欧米での設置は進んでいます。種類も音響式や本稿で紹介する電極式など複数種知られ、主にサケ科魚類の移動量の測定に使われています。わが国では、サクラマス(*Oncorhynchus masou*) (権田ら 2014)やアユ(*Plecoglossus altivelis*) 稚魚(近藤ら 2013)などを対象とした魚カウンターが開発されています。サケを対象としたカウンターは、利根川の利根大堰(図1, 河林 2009; 近藤・権田 2012)や信濃川の宮中取水ダム(図2, 竹内ら 2018)の魚道に設置されています。しかしながら、これまで北海道では魚カウンターを用いて魚道におけるサケ遡上数を長期間計測したことはありません。

ところで、北海道中央部の勇払川流域美々川ではサケ野生魚の遡上が確認されていますが(帰山・真山 1996)、遡上数はわかっていません。また、北海道東部十勝川においては、千代田新水路に魚道があり、遡上数は人の手により計数されていますが、24時間計測は行われていません。

そこで、本稿では、サケ親魚を対象とした魚類遡上量自動計測装置(以下サケカウンター)の紹介をするとともに、これらを用いた遡上数計数の試みを報告します。



角材

図1. 利根川中流部(埼玉県)の利根大堰魚道に設置された魚カウンター。センサー電極上の水深を維持するためにセンサー電極の downstream 側に角材を設置しています。また、計数精度検証の際に、魚体を識別しやすくするために水路床を白く塗装しています。白色矢印は流下方向を示します。



図2. 信濃川宮中取水ダムに設置された魚カウンター。カメラ映像の自動撮影のために電極センサーが二組設置されています。映像撮影に際し、魚体の識別を容易にするために電極の下に塩化ビニル製板がはられています。白色矢印は流下方向を示します。

サケカウンター

設置したサケカウンターには、鉄骨製の架台に2.0 m×0.8 m (長さ×幅)の木製水路がついています(図3aおよび4a)。この架台を魚道内に設置しこの木製水路に通水して、木製魚道を遡上してきたあるいは降下したサケの数を計数します。このような木製水路を架台に乗せて設置しているのはいくつか理由があります。一つは、後述するセンサー電極の絶縁を施してセンサー回路からの電圧信号を確実に取得するためです。また、多数のサケが同時にセンサー上を移動したり、サケがセンサー電極上で滞留すると正確に遡上数や降下数が計測できません。そこで、木製水路で適切な水路幅にして正確なデータ取得を可能とするために魚道内に木製魚道を付帯した架台を設置しています。

この木製水路には3本のセンサー電極が、流下方向に30 cm間隔で設置されており、上流端と下流端の電極の間に5.0 Vの電圧を印加しています(図3c)。これらのセンサー電極により木製水路上の流水の電気抵抗を計測します。センサー電極上を対象魚が通過すると流水の電気抵抗が変化し、センサー回路から出力される電圧信号がパルス状の波形を描きます。この形状により遡上・降下を判定して遡上数を計数します(近藤・権田2012)。

対象魚が下流から最下流のセンサー電極に近づくにつれて電圧が正の値を示し、電極を通過したときに電圧が最大値を示すことでパルス波が描かれます。さらに対象魚が遡上するにつれて電圧は減少し、中央の電極を通り過ぎる時には電圧は0になります。つぎに対象魚が最上流の電極に達すると負の電圧値が最大になり、さらに遡上が進んで対象魚が電極から離れていくと、電圧値は再び0に戻ります(図5a)。対象魚が降下した場合はこのパルス波と逆の形状の変化がみられます(図5b)。

センサー回路から出力された信号の解析はFishCountSystem_Anlyzer03(田村電子工房、高崎市)を使用して行いました。このソフトは、センサー回路から出力された信号の中から、センサー場を対象魚が移動した際に生じるパルス波を抽出して表示することができます。さらには遡上か降下を自動判別し計数もします。そのほかに判定不能なものも抽出して表示し、そして計数します。また、パルス波の振幅に閾値を設定し、閾値以上と未満のものをそれぞれ計数することで、サケとそれ以外の小型魚を一定の精度で計数することも可能です。今回はこの閾値を1000 mVに設定して、パルス波の振幅が閾値を越えており、前述のソフトで遡上または降下と判断されたものをサケとして、これらの数を計数しました。

サケカウンターでは、原則として魚種の判定は

できません。ただし、前述したように体長が著しく異なるものについては判別することが可能です。サケ以外の魚種も遡上するような魚道では、カメラ撮影による映像を、サケカウンターが示す遡上時刻に確認することにより一定の精度で魚種判定が可能です。

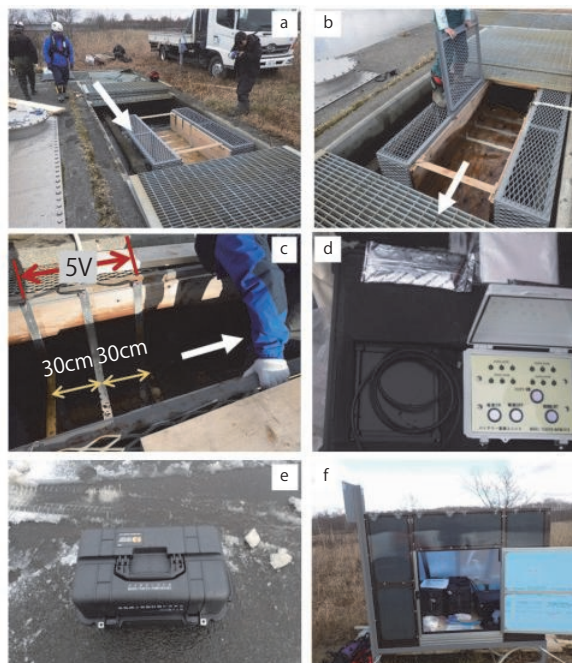


図3. 北海道中央部勇払川のウトナイ堰魚道に設置したサケカウンター。外観(a, b)、5 Vで印加されているセンサー電極(c)、システム操作盤(d)、12V密閉型鉛蓄電池バッテリーが3個が独立した状態で収納されているバッテリーボックス(e)および計測小屋内のシステムとバッテリー(f)。a, bとcの矢印は流下方向を示します。

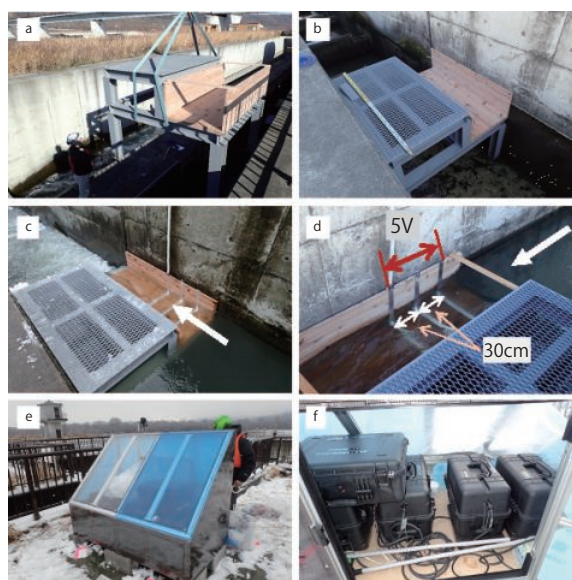


図4. 北海道東部に位置する十勝川千代田新水路の階段魚道に設置したサケカウンター。クレーンによる設置(a)。設置直後(b)、通水状況(c)、30 cm幅で取り付けられて、5 Vで印加されたセンサー電極(d)、計測小屋内(e)およびその内部のシステムとバッテリーボックス収納状況(f)。cとdの矢印は流下方向を示します。

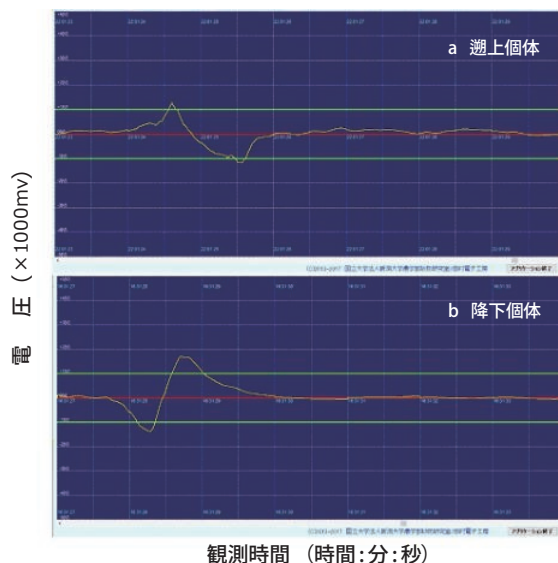


図5. 対象魚が木製魚道を遡上(a)および降下(b)した時のパルス波形。遡上個体と降下個体のパルス波形は、それぞれ2018年11月9日勇払川ウトナイ魚道および2017年11月24日十勝川千代田新水路階段魚道を通過した個体のデータを使用しています。

設置河川の概要

今回サケカウンターを設置したのは北海道中央部安平川水系勇払川（流域面積219 km²）のウトナイ堰の魚道と、北海道東部十勝川流域（流域面積9,010 km²）の千代田新水路階段魚道です。

勇払川は美々川とともにウトナイ湖へ流れ込み、ウトナイ湖からは勇払川として流れでて安平川に合流します。この合流点から5.5 km上流に、ウトナイ湖の水位調整のためのウトナイ堰が、左岸側の魚道とともに設置されています。

十勝川は十勝岳から流れでて山間地を流下して十勝平野に至り、豊頃町で太平洋に注ぐ幹川流路長156 kmの一級河川です。この河川の河口から約43 km上流に位置する千代田新水路の右岸に階段魚道が設置されています。サケカウンターは、それぞれの魚道に設置しました。

勇払川ウトナイ堰魚道（以下ウトナイ魚道）では遡上が活発になる（帰山・真山1996）11月から遡上が終了する翌年1月まで（2018年11月8日10時から2019年1月31日24時まで）サケカウンターを設置し移動数を計測しました。千代田新水路階段魚道（以下新水路魚道）調査は2017年11月22日0時から12月11日24時まで行いました。

ウトナイ魚道におけるサケ遡上数の計測は北海道室蘭建設管理部苫小牧出張所と連携して行っています。また、新水路魚道へのサケカウンター設置は、北海道開発局帯広河川事務所の協力により実現しました。

計測期間中のサケの行動

ウトナイ魚道では11月の数日間（9、10および11日）に多くの遡上があったことから、11月遡上数（899個体：図6）だけで測定期間中の遡上全個体数（1,096個体）の82%を越えていました。12月までは一定量の遡上がありますが、1月はほとんど遡上しませんでした。また、魚道を降下した個体はほとんどみられませんでした。

一方、新水路魚道では11月23日および29日で20匹を越える遡上がありましたが、12月になると降下個体および遡上個体ともに減少していました。また、この新水路魚道では、遡上に対して降下する個体が多いこともわかりました（図6）。また、近くの水位計からのデータをみると、水位が上昇した日には相対的に多くの遡上がみられていました。

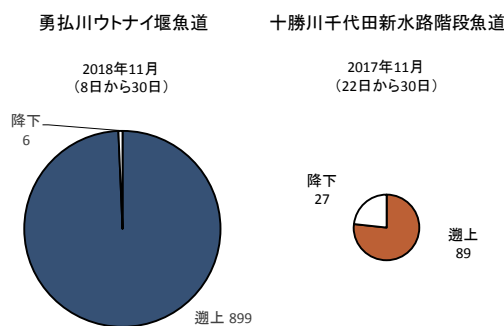


図6. ウトナイ堰魚道と千代田新水路階段魚道の遡上数と降下数。ウトナイ堰のデータは2018年11月8日から30日を、階段魚道のデータは2017年11月22日から30日を示します。それぞれの円グラフの遡上と降下の後の数字は、それぞれ遡上数と降下数を、色付きと白抜きはそれぞれ遡上と降下を表します。円の大きさの違いは移動数の違いを表しています。

夜間における移動

ウトナイ堰魚道では遡上数の多かった11月9日から11日では、全遡上数617匹のうち593匹（96%）が夜間に遡上していました。また、新水路魚道においても、11月22日から30日の遡上数の89匹のうち53匹（60%）が夜間に遡上が認められました。さらに、この魚道ではすべて夜間に降下していました。12月もこの傾向は変わりませんでした。このように、サケカウンターによる連続観測をおこなうことにより昼夜問わず遡上時間を明らかにすることができました。

おわりに

本稿で紹介したサケカウンターでウトナイ堰と千代田新水路階段魚道を移動するサケの個体数を計測することができました。勇払川でのサケ親魚遡上数の計数は、1970年代に美々川においてサケ

稚魚孵化放流が終了して以降今回の計測がおそらく初めてだと思われます。

今回の調査から夜間に遡上する個体はかなり存在することもわかりました。このようにサケカウンターは、長期間かつ24時間計測が可能で、遡上数や降下数を明らかにすることができます。さらに、河川の増水時には遡上数が増加することがありますが、目視やカメラ撮影による計数手法の場合、河川水の濁りの影響等で計数精度が下がると考えられます。このような悪条件にも強いのがサケカウンターの特徴です。

現在は岐阜県において、ここで紹介したカウンターの規模をかえて、中型魚のイワナ (*Salvelinus leucomaenis*: 体長15–20 cm) のカウンターを開発中で、データ計測が行われています。このカウンターでは、木製水路の幅を約20 cm程度に、センサー電極の幅も約10 cm程度にしています。このようにセンサーの間隔や、木製水路の大きさを工夫することで、他の魚種への適応も可能です。

このようなサケカウンターを魚道等に設置することで、これまで正確には把握できなかった魚道の評価がなされ、今まで以上に効果的な魚道の設置に役立つと考えられます。おもな河川の魚道等に多くサケカウンターや魚カウンターが設置され、遡上数という基礎的かつ重要なデータの蓄積がなされることを期待しています。

引用文献

- 河林百江. 2009. 水とともに: 水がささえる豊かな社会, 2008-2009: 26-30.
- 眞山紘. 2004. さけ・ます類の河川遡上生態と魚道. さけ・ます資源管理センターニュース, 13: 1-7.
- Noonan M.J., Grant, J.W.A., and Jackson C.D. 2012. A quantitative assessment of fish passage efficiency. *Fish and Fisheries*, 13: 450-464.
- ダム水源地環境整備センター. 1998. 最新魚道の設計—魚道と関連施設, 信山社サイテック, 東京. 581pp.
- Welsh S. A and Aldinger J. L., 2014. A semi-automated method for monitoring dam passage of upstream migrant yellow-phase American eels. *North American Journal of Fisheries Management*, 34: 702–709.
- 帰山雅秀・眞山紘. 1996. 野生産サケの復活をめざして. *魚と卵*, 165: 41-52.
- 権田 豊・近藤康行・高橋直己・宮 江介. 2014. 小規模河川内を移動するサケおよびサクラマス の自動計数の試み. *水産技術*, 7(1); 1–16.
- 近藤康行・権田 豊. 2008. 砂防堰堤魚道における魚カウンターの研究について. *河川技術論文集*, 14: 469-473.
- 近藤康行・権田 豊. 2012. 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)*, 68(1): 1-12.
- 近藤康行・権田 豊・野村 愛. 2013. 小型魚用魚カウンターを用いた魚道での小型魚計数実験—小型魚の自動計数—*農業農村工学会論文集*, 81(4): 301-308.
- 竹内洋介・榎本 拓・青木克憲・奥富 誠・空閑 徹也・金子泰通・権田 豊. 2018. 宮中取水ダム魚道におけるサケ遡上数の自動計数. *応用生態工学会 第22回研究発表会講演集*:108.