

新潟大学大学院自然科学研究科 ○近藤康行
 新潟大学農学部 松崎 健
 新潟大学農学部 山本仁志
 新潟大学農学部 権田 豊

1. はじめに

砂防ダムなどの横断的な人工構造物は河川を分断し、魚類等の移動を阻害するため、河川生態系に悪影響を及ぼすといわれている。近年、砂防ダムには魚類の遡上・降下の手段として魚道が設置されている。しかし、砂防ダムに設置される魚道は、施工後に魚類の利用実態調査がほとんど行われておらず、実際に魚道が適切な機能を果たしているかどうか十分に検討されていない。その理由の一つは、利用実態調査法に次のような問題があるためと思われる。

従来、魚道の利用実態調査には主に魚類捕獲用トラップが用いられてきた。トラップを設置する場合、定期的に人がトラップを点検する必要があり手間がかかる。また、トラップは魚道の出口を封鎖し、魚の移動を妨げ魚道の機能を損なう。このため、長期間トラップを設置することは、コスト面および環境に与える影響面から難しい。

ELECTRICAL RESISTIVITY FISH COUNTER (Lethlean 1953, 以下カウンターとする)は欧米で Atlantic salmon の現存量や遡上数を計測する用途に使用されている。この装置は、電圧をかけた三つの電極を水路内に設置し、その上を魚が通過する際に発生する電界の乱れから魚をカウントするもので、その構造は簡単かつ、魚の移動を妨げないという特徴がある。しかし、欧米で計測対象となっている Atlantic salmon は体長が 50cm 以上と大型であるのに対し、日本の砂防ダム魚道で計測対象となる渓流魚は、主に 20cm 前後のイワナ・ヤマメ、10cm 前後の底生魚（カジカ等）と小型である。また、欧米ではカウンターが主に設置されている堰は幅が数m であるのに対し、日本の砂防ダム魚道は幅 1m 程と小型である。さらにこのカウンターの日本での知名度は低く、カウンターについての情報が著しく不足している。このため、このカウンターが日本の魚道のような小型の施設での小型の魚類の計測に適しているかどうか分からず。そこで本研究では、このカウンターの砂防ダム魚道での実用性について検討することを目的として、模型水路を用いた実験により、カウンターのセンサー部の検出能について検討した。

2. カウンターの仕組みについて

カウンターの本体は、魚を感知するセンサー部分と、記録されたデータを解析し魚数をカウントする解析部分

から構成されている。本研究ではセンサー部について検討する。

カウンターのセンサー部の基本回路は、Wheatstone Bridge で、同じ抵抗値を持つ 2 つの抵抗 (R_1, R_2) と等間隔に水中に沈めた三つの電極 (D_1, D_2, D_3) で構成される（図. 1）。図. 1 の回路の C・D 間に電圧をかけ、A・B (=D₂) 間の電位差を計測する。魚体の電気抵抗は河川水に比べて小さいため、魚が電極間にいると電極間の抵抗が変化し、A・B 間の電位差が変化する。魚が図. 1 のように a → b → c → d → e と移動した時の A・B 間の電位差には図. 2 のようなパルス波が現れる。計測されたパルス波の数から魚の通過数を求めるのがこのカウンターの仕組みである。電極の形状には平棒型・コの字型・枠型の 3 種類がある（図. 3）。

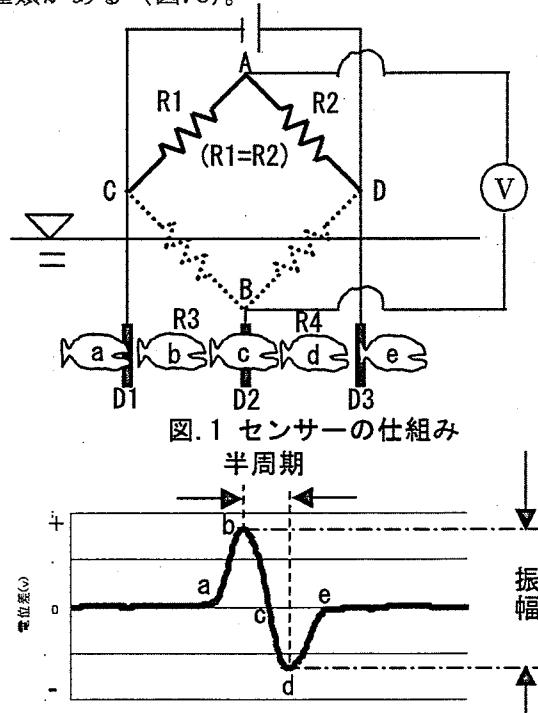


図. 2 電位差のパルス波

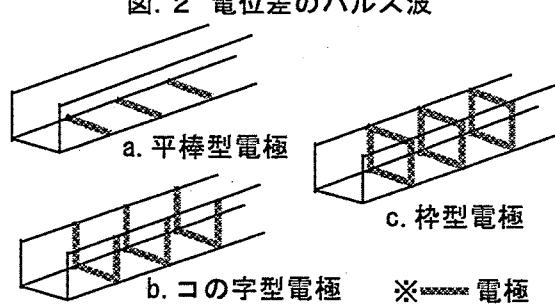


図. 3 電極の形状

3. 実験概要

幅 2cm、厚さ 0.3cm のアルミ板を用い、平棒型電極、コの字型電極、枠型電極の 3 種の電極を製作した（図.3）。実験水路に各電極を等間隔、平行に設置し、水路内に水を張り静水状態にした。魚の死体を釣り糸で引っ張り、電極上を同一高度で遊泳させ（図.4）、発生した電位差のパルス波の振幅と半周期（図.2）を計測した。表.1 のすべての実験条件を組み合わせて計測を行った。得られた結果をもとに魚カウンターの検出能について検討した。

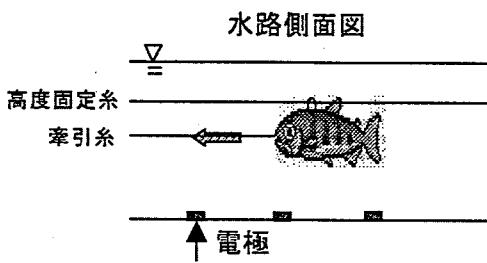


図. 4 魚の遊泳方法

4. 結果と考察

水路幅、全水深、CD 間の電圧、電極間隔、遊泳位置、遊泳速度と電位差のパルス波の関係には、各センサーに共通して以下の傾向がみられた。

- ・ 水路幅 … 狹くなるほど振幅が大きくなる。
- ・ 全水深 … 小さくなるほど振幅が大きくなる。
- ・ 電圧 … 高くなるほど振幅が大きくなる。
- ・ 電極間隔…電極間隔が広くなるほど、半周期は長くなる。また、魚が電極付近を遊泳する場合には、電極間隔が魚の体長の 1/2 の場合に振幅が最大になるが、魚の遊泳位置が電極から離れるにつれて、電極間隔が大きいほど振幅が大きくなる。
- ・ 遊泳位置…魚が電極に近くなるほど振幅が大きくなる。
- ・ 遊泳速度…早くなるほど半周期が短くなる。また、遊泳速度の違いによる振幅の違いはみられない。

半周期の長さによらず、振幅が大きいものがパルス波として明瞭で識別しやすいことから、実験より得られたパルス波の振幅が 0.1v 以上のものを検出可能、0.1v 未満のものを検出不可能とし、センサーの形状による検出能の違いを検討した。その結果、以下のことがわかった。

20cm の魚の場合、全水深 20cm、幅 50cm 以下の水路では、平棒型センサー、コの字型センサーを用いると、水路全体で検出可能である。10cm の魚の場合、平棒型センサーを用いると、幅 20cm の水路では遊泳高度 10cm まで、幅 50cm の水路では底付近でのみ検出される。しかし、コの字型センサーを用いると、幅 20cm の水路では水路全体、幅 50cm の水路では底と壁面の電極付近で検出可能になる。平棒型センサーをコの字型センサーにすることで壁面からの検出が可能になり、全体的に検出能が上がる。

対象とする魚が大きな場合、センサーの形状、水路幅によらず、水路全体で検出可能であるが、小さな魚の場合、コの字型センサーを用いる、水路幅を狭くするなどセンサーの形状、設置場所に工夫が必要となることが示された。枠型センサーは、四方に電極があるため魚が小さな場合でも水路全体で検出可能であるが、電極部がすべて水中に沈んでいる必要があるため、設置場所が潜孔部等に限定される。

5. まとめ

欧米で使用されているカウンターは、日本の魚道で使用する場合、計測場所、対象魚に応じて設置方法を変える必要があることが示された。今後は、魚の水路内の遡上経路など、対象となる魚の習性を明らかにし、より有効なカウンターの設置方法を検討する必要がある。

参考文献

Lethlean, n. g. (1953) : An investigation into the design and performance of electric fish-screens and an electric fish-counter. Transactions of the royal society of Edinburgh 62, pp. 479-526

表. 1 実験条件

	平棒型センサー	コの字型センサー	枠型センサー
電極の形状	平棒型電極	コの字型電極	枠型電極
水路幅	20, 30, 50, 100cm	20, 50cm	20cm
全水深	20cm (50cm 水路のみ 20cm と 10cm)	20cm	20cm
電圧	1.5, 5, 12v	12v	12v
電極間隔	5, 10, 20, 30cm	5, 10, 20cm	5, 10, 20cm
遊泳高度	0, 10, 20cm 地点	0, 10, 20cm 地点	0, 10, 20cm 地点
遊泳位置	水路中央部	水路中央部、水路中央部と壁面部の間、水路壁面部	水路中央部、水路壁面部
遊泳速度	0.1, 0.5, 1m/s	0.1m/s	0.1m/s
魚の体長	10, 20cm (アジ)	10, 20cm (アジ)	10, 20cm (アジ)