

34 溪流魚の魚道におけるそ上動態に関する研究

鳥取大学農学部生存環境科学大講座 ○永井 修、久保田哲也

1. はじめに

砂防ダムや床固工などに魚道が設けられるようになって久しいが、従前の魚道はほとんど形式的に設置されている程度との指摘（高橋 1991）もある上、その機能の追跡調査や溪流魚自体のそ上動態の研究はほとんどなされていない現状である。本研究では実際の魚道を使用して、溪流魚特に砂防の対象である原流域に棲息する“イワナ”について、その耐久速度及びそ上動態を研究したので報告する。

2. 研究対象魚道と研究方法

2. 1 研究対象魚道

研究対象の魚道は、大山山麓の鳥取県東伯郡天神川水系小泉谷川流路工内に設置されている床固工魚道である。これはコンクリート製のプール式階段魚道で、階段各段の落差40cm、プール長110cm、プール深30cm、幅200cmとなっており、その最下段でそ上の実験を行った（写真1）。また、イワナの耐久速度の測定には小泉川上流にある養魚場の水路を借用し、実験装置を設置した（写真2）。

2. 2 実験装置と研究方法

2.2.1 耐久速度：上記養魚場水路内に図1の実験装置を設置し、流速を装置の上下流に設けた堰で調節して行った。時期はそ上実験に合わせて10月25日（水温14℃）とした。天然魚は保管と水路への運搬が困難なため、実験に用いたイワナは体長6～24cmの養殖魚30尾とした。これを一尾ずつ装置内に入れて流速を増加させ、下流に流されてしまう又は突進速度で上流へ逃れてしまう限界の流速を小型プロペラ流速計（発光ダイオード式コスモ理研CR-7型、プロペラ直径2cm）で測定した。この際、心理的影響を与えないために魚体下流のイワナが定位する水深である水路床より2cmの位置をプロペラ中心として、10秒ごとに測定を10回実行し、その平均を取った。

2.2.2 そ上実験：先に述べた魚道最下段をアクリル板で仕切って図2のような実験装置を設置した。この上下流にはトラップをかけイワナの逃泳を避けた。流速は上流に堰を設けて調節し、落差は42cmと32cmの2種類設定した。実験時期はイワナのそ上時期であり天候も安定している10月上旬の1週間を選んだ。また、天神川漁協のご厚意で捕獲していただいた天然イワナ50尾と養殖イワナ約50尾を用意した。その中から天然・養殖別に20尾ずつ実験装置に入れて24時間放置し、上流プールへのそ上率を計測した他、アクリル板の側方よりイワナの動態をビデオ撮影した。実験の開始後数回はそ上の状況を観察するとともに水温・流速・水深・流量の測定を行った。越流流速は水深の6/10で計測する一点法で行った。また、水温は大出水や農業用水などの流入もなく、実験期間を通じて概ね一定していた。

3. 結果

3. 1 耐久速度

ここで言う耐久速度とは、長時間に定位可能な血合筋による巡航速度(cruising speed)、攻撃・回避などに短時間に見せる普通筋を使う突進速度(burst speed)の中間に当たる速度(prolonged speed)であり、

時折普通筋も用いるので乳酸の蓄積が生じ、いつかは遊泳不可能になる速度である（塚本 1991）。しかし、この耐久速度はイワナが魚道内で突進速度によるそ上行動に移る直前に見られる速度である。これは魚の体長と明確な相関があるとされる。従って、ここではこのprolonged speedを体長との関係で整理した（図3）。体長とprolonged speedとは明確な関係（相関係数 $R=0.935$ ）をもち、体長10cmで20~25cm/s、20cmで30~40cm/sぐらいである。体長10cmのヤマメの巡航速度は40~50cm/s、5~9cmのアユで40~60cm/sとされており（千田 1991）これらに比較すると小さい。天然イワナのprolonged speedはもう少し大きいのかも知れないが、ヤマメなどが流れの中に定位しているのに反し、イワナが岩陰や淵に身を隠している理由はこの速度差によるものと思われる。

3. 2 魚道でのそ上率と魚道内の動態

そ上率と越流流速の関係について図4に示した。落差によるそ上率の差は見られない一方、天然・養殖別では天然魚のそ上率がよいことが分かる。30~40cm程度の落差の差はイワナのそ上能力には影響しないのかも知れない。また、そ上率のピークは流速70cm/sに見られ、80cm/s以上ではそ上率は良くない。ただし、イワナの動態観察とビデオ解析によれば、流速の小さい時にイワナはそ上に対する反応を全く示さなかった。ところが、60cm/s以上となりプール内に盛んに気泡が連行されるようになると、気泡の周辺でそ上の機会をねらって定位し、落水により生じた渦や気泡に向かってそ上行動を起こすようになるので、そ上率が良くなって行く。この状態の時にイワナが定位している位置のプール内流速はprolonged speedに近いものとなっている（図5）。さらに、流速が80cm/s以上となるとプール内が気泡と渦で満たされ、気泡周辺の流速もprolonged speedを越えるようになることから、イワナの定位する場所がなくなってしまう。また、ビデオ解析によると、そ上行動にはプール内の渦に伴う上昇流を利用しており、「跳びはね行動」（写真3）と「水脈の逆泳行動」（写真4）の2パターンが見かけられた（図5）。また、小さなイワナはほとんど前者のパターンで、大きなものはどちらか言えば強い遊泳力を発揮して後者の行動をとることが多いことが分かった。

4. 結 語

今回の研究により、①イワナのprolonged speedはヤマメなど他の溪流魚に比較して小さいこと、②そ上率が最大となる越流流速が存在し（70cm/s）、それより小さいと気泡の混入が少ないなど流れがそ上の動機を形成しないこと、またその流速より大きいとプール内が気泡と渦で満たされprolonged speedも越えるので、そ上ができなくなること、③そ上行動にはプール内の渦に伴う上昇流を利用し、そのパターンには「跳びはね行動」と「水脈の逆泳行動」の2種類あることの3つが明らかとなったと考える。故に、源流部に棲息するイワナを対象とすることの多いと考えられる砂防施設の魚道については、越流流速がある程度大きくなってもプール内にprolonged speed以下の部分が存在する余裕のあるプール長が必要であると共に、そ上動機を与える程度の越流水深・流速の確保が必要と考えられ、併せて、上記③のそ上行動パターンについても考慮された魚道の「計画・設計」と「出水後の維持管理」が必要と思われる。

最後に、魚道の使用を快諾していただくなど多大なご協力をいただいた建設省倉吉工事事務所の皆様、水路の借用とイワナの提供にまで配慮していただいた小泉谷川養魚場の皆様、及び天然イワナの捕獲に多大なご協力をいただいた天神川漁協の皆様にご心より感謝いたします。なお、本研究の実施にあたっては、一部、(財)砂防・地すべり技術センターの研究開発助成を受けたことを付記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 千田 稔：自然的河川計画、理工図書、1991 pp42～47。
- 2) 塚本勝巳：魚からみた魚道設計、砂防学会論文集No. 2 砂防学会ワークショップ「山地溪流における自然環境の保全のあり方」、1991 pp5～21。

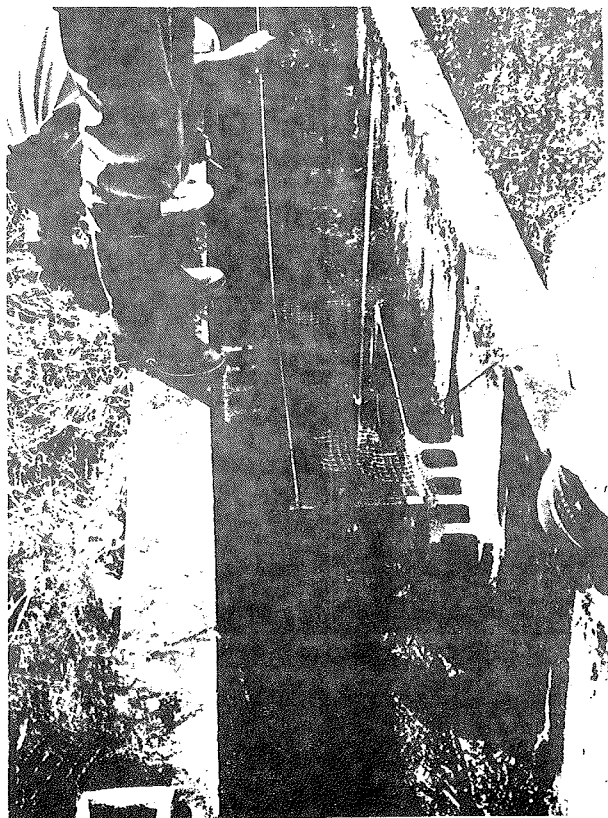


写真2 耐久速度実験装置

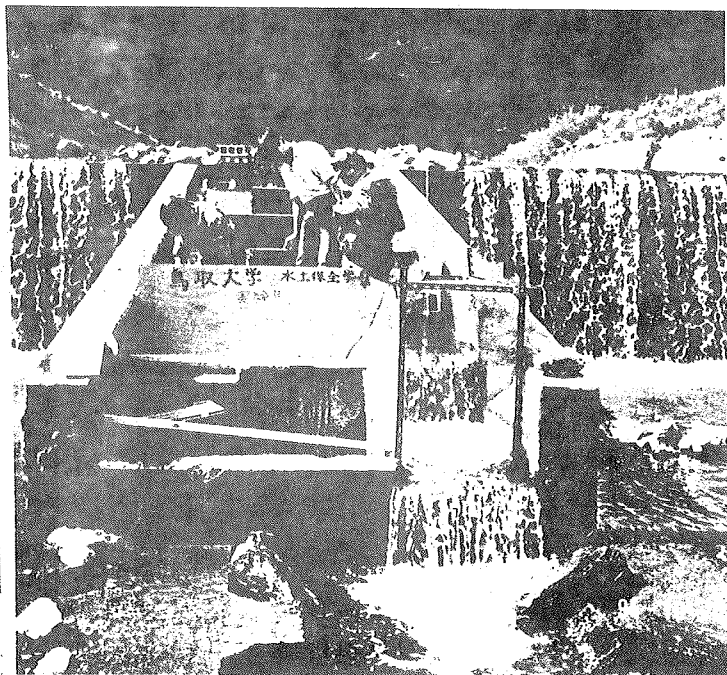


写真1 湖上実験装置

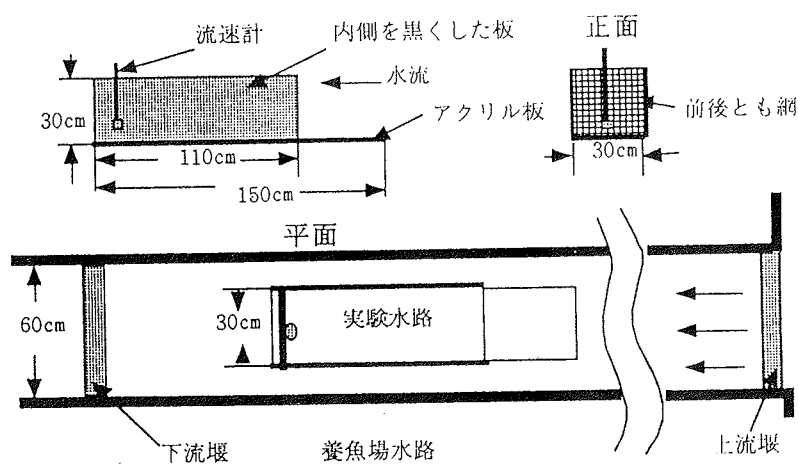


図-1 実験水路概略図

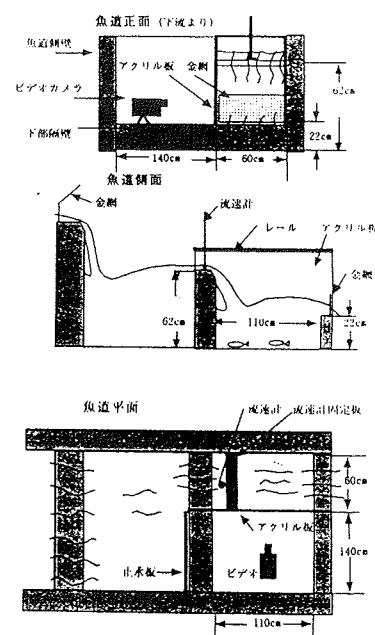


図-2 湖上実験魚道概略図

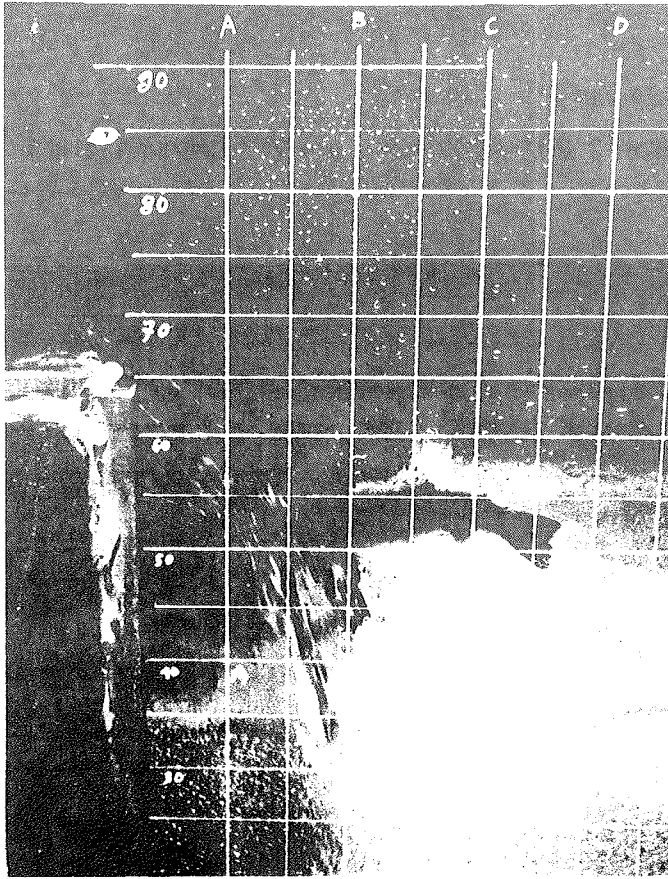


写真3 跳びはね行動

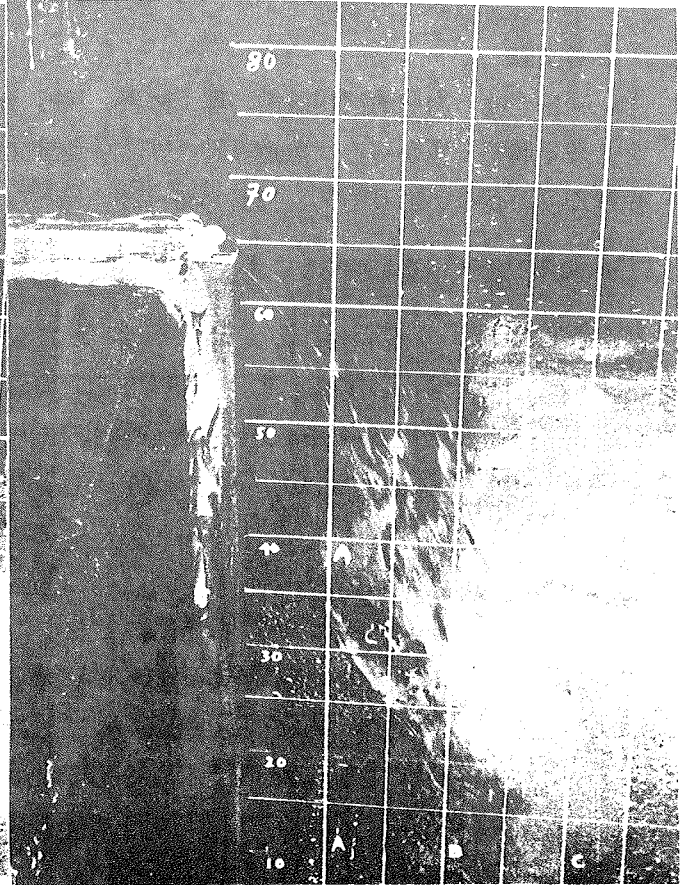


写真4 水脈の逆泳行動

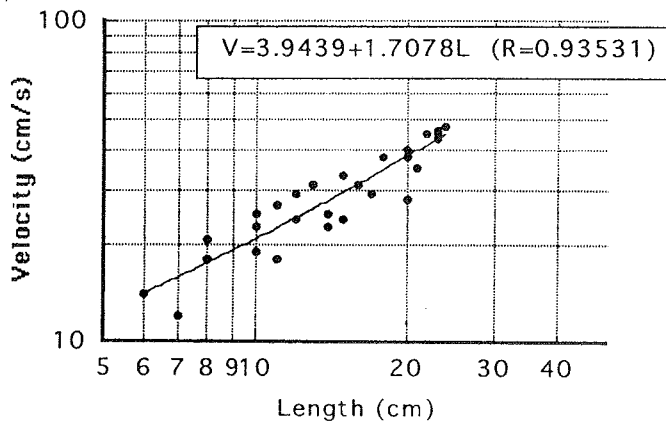
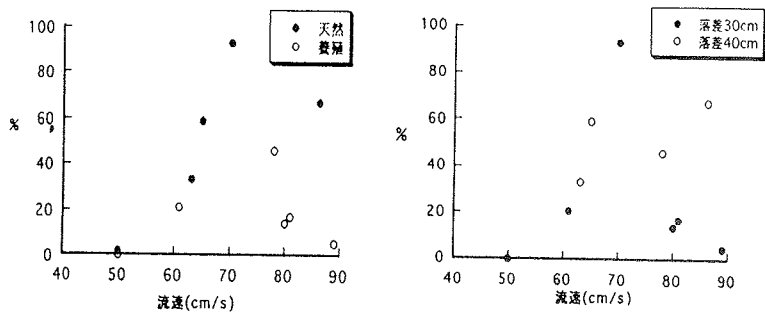


図-3 イワナの耐久流速と体長の関係



遡上率 (天然・養殖別)

遡上率 (落差別)

図4 そ上率と越流流速の関係

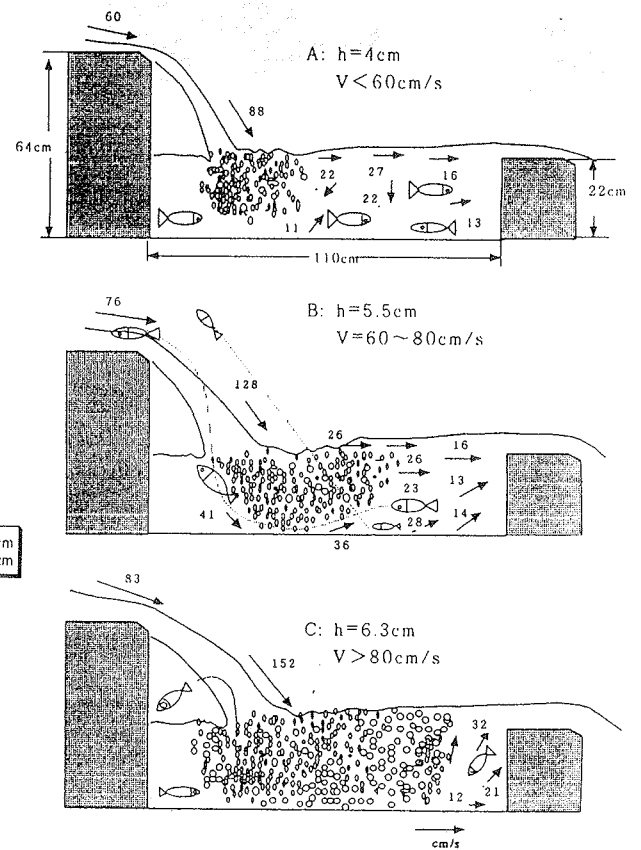


図-5 越流流速とプール内のイワナの行動