

短 報

流れの可視化法を応用した養魚池内の 水の流れの観察法について（予報）

大熊 一正

〒062 札幌市豊平区中の島2-2 水産庁北海道さけ・ますふ化場調査課

Preliminary Report on the Observation Method of Water Flow in an Alevin Raceway-Modeled Aquarium Using a Flow Visualizing Technique

Kazumasa Ohkuma

Research Division, Hokkaido Salmon Hatchery, Fisheries Agency of Japan,
2-2 Nakanoshima, Toyohira-ku, Sapporo 062, Japan

Abstract.—Supplying sufficient dissolved oxygen, and allowing faint and uniform flow are essential requirements for raceway incubation of salmonid alevin. From this point of view, it is considered necessary to observe the current flow patterns surrounding the substrates under various flow conditions. This method is viewed as an effective and helpful tool for improving alevin incubation techniques, given its easy application to help researchers visually comprehend raceway flow characteristics.

サケマス人工ふ化事業における仔魚期の管理の要点は仔魚を安静な状態に保つために流速を極力抑え、できるだけ様な流れを作り出すことが基本とされている（奈良 1981）。しかしながら仔魚のいる養魚池内で実際にどのような流れになっているかは大まかな流況の把握を除いて、仔魚の分布する池底近傍の比較的狭い範囲での流れについてはほとんど確かめられていない。特に、人工ふ化管理技術の向上と、効率化を考える上で砂利に変わる素材の開発試験が事業規模で行われてきているが（原田他 1985; 長谷川 1990）、それらの素材を用いたときの水の流れについての詳細な観察はなされておらず、結果的にそれら素材の適、不適の判定は試験を行った池での仔魚の行動や発育結果から判断されることが多くなり、池底および底質材周辺の流れと仔魚の行動を関連づけた考察には至っていない。また、より効率的な仔魚管理を図るために仔魚をとりまく環境、特に仔魚の周囲の流れ

の状況を把握することは仔魚の不必要な運動を抑制し、高い残余エネルギーをもった浮上稚魚をつくる上で重要と考えられる（富樫 1991）。そこで、主として理工学分野で用いられることの多い流れの可視化手法を用いて、養魚池を模した実験水槽を用いて流れの方向に沿った垂直断面の流況観察を行う上での問題点の抽出を試みた。

材料と方法

実験に用いた水槽は長さ1.6 m、幅12 cm、深さ16 cmの透明塩化ビニル樹脂製（厚さ10 mm）で、平均流速、水深は実際の養魚池と同じになるように設定した。流量の設定はテーパ管式フローメーター（精度±5%）を用いて行った。観察は、箔製アルミ粉末をトレーサーにしたアルミ懸濁法（流れの可視化学会 1986）を用いて行った。アルミ粉末を直接水に混ぜると表面張力のためにうまく懸濁できないため、一旦これをアルコールに混ぜてから用水に注入した。光源としてピンスポットライト

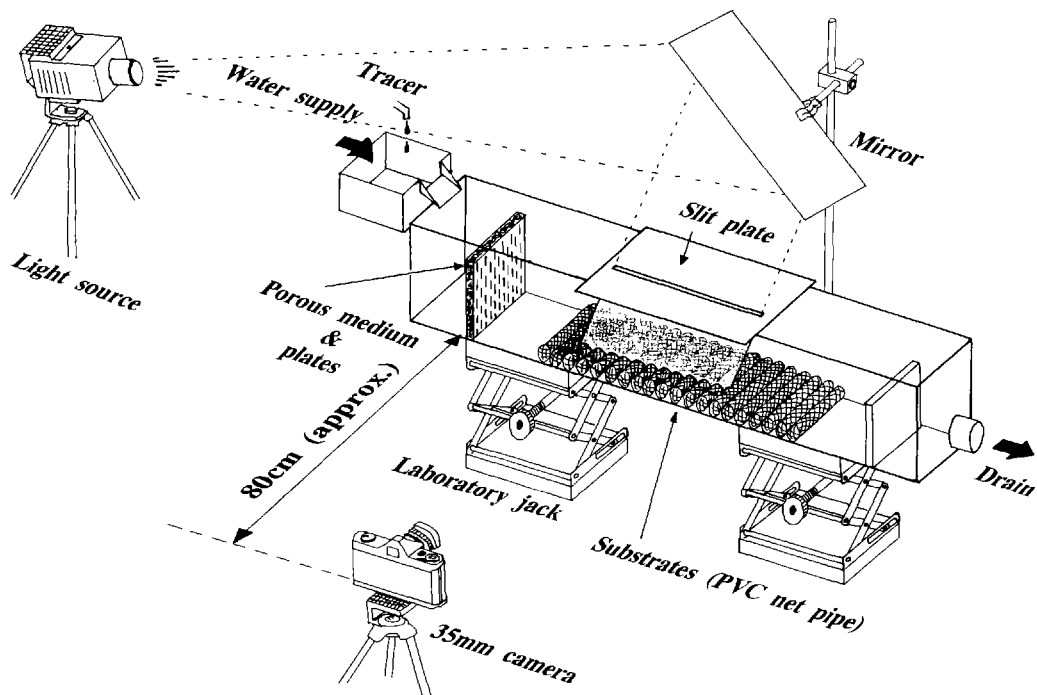


Fig. 1. Schematic depicting the flow visualizing apparatus. Inner dimensions of the experimental aquarium are 1.6 m (L) × 12 cm (W) × 16 cm (H).

図1 実験観察装置模式図

(120V, 650W) を使用し、実験水槽の横方向から照射した光が観察区域の上方の鏡により垂直下方に反射され、さらに水槽上縁の幅 2.5 mm のスリットを通過して観察水槽に届くよう調節した。このことにより流れの方向に沿った一鉛直断面内の水の動きが観察可能となる(図1)。観察面は水槽側壁による粘性の影響を避けるため流れの中央に設けるようにしたが、観察に用いる底質材の種類によっては少しカメラ側にずらして設定した。流況の記録は35mmカメラで行った。使用フィルムはISO 1,600の超高感度リバーサルフィルム(フジRSP及びRSP-II)で、現像時に増感処理(P-3処理: ISO 3,200)を行った。撮影は50 mm, F1.8またはF1.4レンズをつけたカメラを三脚に固定して行った。撮影に際して露光時間が長くなると周囲の光が画像の鮮明さに影響を与えるため、外部からの光は勿論、被写体以外への照明装置からの光の漏れも極力抑えるよう努めた。

結果と考察

現在までに砂利、ネットパイプ、ブラインドなど種々の養魚池用敷設材を用いてその流況の観察を試みているが、図2に示したように流れに平行な鉛直断面の流況を詳細に記録することができた。図示した写真の設定条件はいずれも水深10 cm, 水量6 l/min (実際の養魚池では80 l/minに相当)、平均流速0.8 cm/sであるが、使用した養魚池用敷設材によって流跡に違いがみられる。設定条件は仔魚管理上の許容範囲内であり、このような流れのもとで仔魚が収容されていると考えられるが、プラスチックサドルやネットパイプを用いた場合の流れを見るとその内部にはほとんど流れはみられないことが明らかとなった。

この方法の長所としては側面から流れの性状(流況)を容易に、しかも細部にわたって観察が可能なが挙げられる。また、種々の条件設定や新しい素材についても養魚池で試験する前にその流れの特徴を確かめること

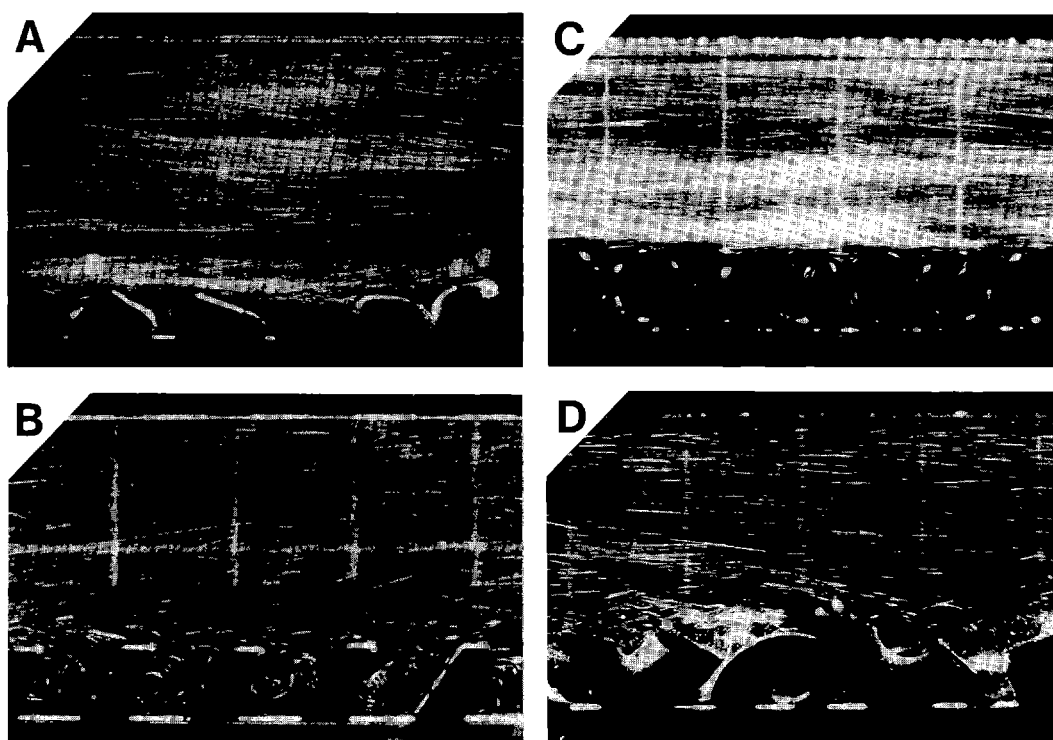


Fig. 2. Streak lines of aluminum particles in the experimental apparatus using various substrates. A, gravel (exposure time, T: 30 s, F: 2.8); B, PVC blind (T: 60 s, F: 2); C, PVC net pipe (T: 30 s, F: 2); D, Plastic saddle (T: 60 s, F: 2). Water flows from right to left. Depth, 10cm; flow rate, 6 ℓ /min, average flow speed, 0.8 cm/s. Film sensitivity, ISO 3,200 with push processing.

図2 種々の養魚池用敷設材を用いたときの流況。A, 砂利(露光時間T: 30秒, 絞値F: 2.8); B, ブラインド(T: 60s, F: 2); C, ネットパイプ(T: 30s, F: 2); D, プラスチックサドル(T: 60s, F: 2)。水は右から左に流れている。設定条件: 水深D=10cm, 水量Q=6 ℓ /min, 平均流速V=0.8 cm/s。フィルム感度: ISO3,200(増感処理)。

もできる。短所としてはトレーサー溶液の混入量が変化したり、異なる露光時間で撮影した場合などに、写真上での流跡線の長さや密度が変わるため、あたかも流況が異なっている様な錯覚をおこし易いことが挙げられる。今回の観察では大気圧を利用した定流量サイフォンを用いてトレーサーを注入したが、トレーサー粒子の粒径を揃えたり、定量ポンプを用いることなどにより、より安定した条件が確保できるだろう。実験室のスペースから今回用いた水槽は長さ1.6m、観察部分の有効長1m程度とかなり短いものであったために、水量が少なくて水深が大きくなった場合(4 ℓ /min, 15 cmなど)に流れが表層に偏る傾向がみられ、養魚池の流れを十分再現しているとはいえない場合が生じた。この実験水槽については水深12 cm程度が限界と考えられる。また、平均流速が大きくなる場合(水量大, 水深小)は生じた渦が二次元的

に広がるが、写真では流れに平行な一断面のみを記録するためにこのような部分の流れは一見とどまっているように見える。したがって、このような場合には並行して目視観察による記録が必要となる。

光の入射方向と角度が制限されると敷設材の形状によっては影となる部分が多くなり、結果的に観察できる範囲が狭くなるが、これは光源ランプの設置位置が自由に選択可能なスペースを確保することで解決される。また、同一平面内において多方向からの光を組み合わせれば影の部分はかなり減少する。粒状ではなく箔製のアルミ粉末をトレーサーとして用いたため、光の反射は大きく、少ない光量を補うことができたが、粒子の回転によってその輝度に変化するため、フィルム上の軌跡の長さから流速を推定することはできなかった。その上、今回はフィルム感度、光量などの制限からレンズ絞りをほぼ開放

状態にし、なおかつ30-60秒の露光時間が必要となり、軌跡の重複や解像度の低下などを招きやすく、精密な解析をするまでには至らなかった。

これらの問題はいずれも装置の改良等でかなり解決できる。ただ、今回の観察には仔魚が収容されておらず、仔魚収容時の流れを正確に再現しているかどうかということが重要な問題点として残されている。仔魚を収容したままこのような観察を行うには仔魚の行動に影響を与えないトレーサーを用いるか、あるいは人工的に作った仔魚の模型を用いねばならないが、現在のところこれに適した材料は見当たらない。しかしながら、運動能力の乏しい仔魚が通常の収容密度(15,000尾/m²)でほぼ一様に安静に分布していれば、底層の床材を敷いた部分の空間(隙間)に占める収容仔魚の体積の割合は小さいことや、図2で示したように仔魚の分布するであろう底付近ではほとんど流れがみられないことなどから、今回示された仔魚のいない状態で観察された流れが仔魚収容時の流れと大きく異なることはないものと予想される。

このように改善すべき点は多々あるが、今まで養魚池内の水の流れについて側方から観察したことはなく、仔

魚の分布する空間の流れの状況を視覚的に明確にできる点は評価されるべきと考えられる。今後この手法を用いて養魚池の流れについての詳細な解析を行うことができるであろう。

引用文献

- 原田 滋・松村幸三郎・藤瀬雅秀(1985): 養魚池の砂利代替品試験. 魚と卵, (155), 11-14.
- 長谷川裕康(1990): 仔魚期におけるサケの人工ふ化管理に関する技術開発試験-(予報)工業用ヘチマロンを産卵床材に用いた養魚池管理方法. 魚と卵, (159), 39-44.
- 流れの可視化学会(1986): 新版流れの可視化ハンドブック. 朝倉書店, 東京, 516 p.
- 奈良和俊(1981): 人工ふ化技術考(II). 魚と卵, (151), 22-24.
- 富樫和弘(1991): 仔魚期におけるサケの人工ふ化管理に関する技術開発試験-II.-流速の違いによる仔魚の安静状態の比較-. 魚と卵, (160), 43-46.