

落差構造物からの流れがアユ仔魚の降河に与える影響

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田 陽一
日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生会員 ○藤原 直

1. 目的

日本の河川には、アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* のように、孵化した直後に仔魚の状態で降河する回遊性魚類が多種生息している¹⁾。これらの仔魚が取水堰などの落差を伴う河川横断構造物を通過する際、落差が大きい部分（可動堰の越流部など）から落下すると、その物理的な衝撃により体に損傷を受ける可能性がある。しかし、魚類がこのような落差を伴う河川横断構造物から落下した場合に受ける影響については、成魚と稚魚を対象とした研究事例²⁾が数例あるのみで、仔魚を対象とした報告⁴⁾はほとんどなされていないのが現状である。

本研究では、アユ仔魚を対象に、落差構造物からの落下により降河する仔魚が受ける物理的影響を把握することを目的とし、下流との落差が大きい取水堰での現地調査と、室内に設置された実験用水路での水路実験を実施した。

2. 調査概要

2. 1 現地調査

現地調査は、多摩川河口から約 25.8km 上流に位置する二ヶ領上河原堰において、平成 24 年 11 月 22 日の夜間から 23 日の朝まで、降河するアユを対象に実施した。（図 1）。この堰は、全幅の 67% が可動堰であり³⁾、可動堰からの越流水は約 2m 下のコンクリートに衝突する構造になっている（写真 1）。

調査は、可動堰から落下した直後のアユ仔魚の生存率を調べる「調査区」と、可動堰から落下する直前のアユ仔魚の生存率を調べる「対照区」の 2 つの区について実施した。また、捕獲が仔魚に与える影響を把握するため、「捕獲ダメージ調査」を同時に実施した。

調査区と捕獲ダメージ調査では、可動堰直下のたたきに幅 0.7m、高さ 0.6m の鉄枠にサーバーネット（目合 0.33mm）とイセスを組み合わせた装置（以下、捕獲装置）を用いて、仔魚を捕獲した（写真 2）。また対照区では、イセスの形を変えた捕獲装置をブイで水面付近に浮かせて仔魚を捕獲した（写真 3）。

調査区では捕獲時間を 1 回 30 分間とし、4 回の捕獲を実施した。対照区では設置場所の流速が遅いため、捕獲時間を 80～280 分間とし、3 回の捕獲を実施した。

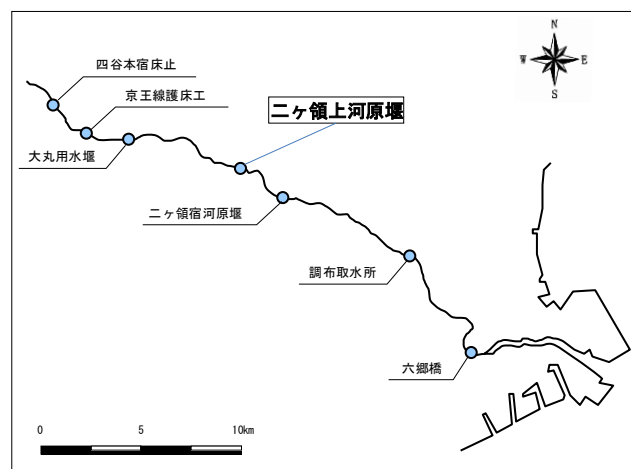


図 1 調査地点



写真 1 二ヶ領上河原堰の可動堰

キーワード 河川横断構造物, 仔アユ, 降河, 落下, 生存率

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8, TEL:03-3259-0409, E-mail:yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

捕獲した仔魚は、輸送用のタッパーに移して実験室まで輸送した。捕獲から 12 時間後に生存個体と死亡個体を計数し、生存率を求めた。また一部の個体の体長を計測した。

捕獲ダメージ調査は調査区と同じ場所、装置で実施した。捕獲装置で 6 時間かけて捕獲した仔魚に調査区と同じ操作を行い、その生存率を求めた。



写真 2 仔魚の捕獲装置（調査区）



写真 3 仔魚の捕獲装置（対象区）

2. 2 水路落下実験

水路落下実験は、長方形断面水平水路（幅 0.8m、長さ 15m、上流部の高さ 1.0m、下流部の高さ 0.6m）で実施した。この水路は、上流端に位置する落差（1.4m）を有するヘッドタンクから水路内に水が流れ込む構造となっており、ここではこの越流部を堰の越流部と想定して実験した。実験では、孵化間近のアユの受精卵を水路の水で孵化させ、供試魚として使用した。受精卵は 10 月 25 日に実験室の孵化器に投入し、10 月 28, 31 日, 11 月 1 日の計 3 回、実験を実施した。飼育中は無給餌とした。



写真 4 実験水路

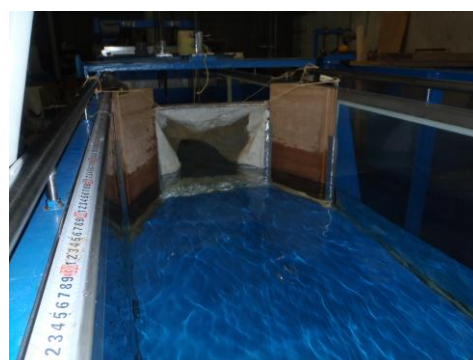


写真 5 水路での捕獲

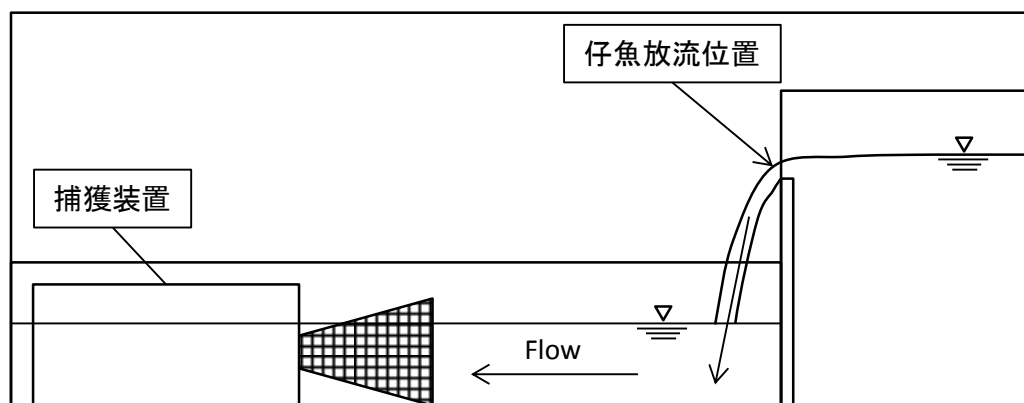


図 2 実験概要

実験方法の概要を図 2 に示した。実験では、仔魚を越流部で放流して水路に落下させた 5 分後に、現地調査と同様の捕獲装置で再捕獲して生存率を調べた。実験条件は流量（最大流量：0.126 m^3/s ・中間流量：0.063

m^3/s) と落下時の落差部直下流部での水深 (5cm (射流の状態)・30cm (常流の状態)) の組み合わせを表 1 に示す 4 通りとした。現地調査と同様に水路実験でも捕獲ダメージ調査を実施し、水路実験では捕獲ダメージ調査を対照区とした。なお、仔魚をダメージ無く捕獲するためには流速を遅くする必要があるため、水路のポンプは仔魚を放流した直後に一旦停止させ、流量を $0.015 \text{ m}^3/\text{s}$ に調整して再稼働させた。この流量は、水路を流下する仔魚が 5 分以内に捕獲装置に到達し、またイケース内の流況が緩やかとなる流量として設定した。この操作はすべての実験区で行い、対照区においても流量は $0.015 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。

表 1 実験条件

実験区名	流量(m^3/s)	水深(m)
M-5	0.126	0.05
M-30	0.126	0.30
H-5	0.063	0.05
H-30	0.063	0.30

再捕獲した仔魚はタッパーに移し、60 分後に生存個体と死亡個体を計数し、生存率を求めた。

3. 現地調査および室内実験の結果

3. 1 現地調査

可動堰を越流する単位幅流量は、 $0.11 \text{ m}^3/\text{s}$ であった。調査中に大きな流量変動はみられなかった。また落水下端の流速は、可動堰直上の流況からベルヌーイの定理を用いて 6.41m/s と推定された。

現地調査での仔魚の生存率を表 2 に、生存個体と死亡個体の体長のヒストグラムを図 3,4 に示した。

調査区での仔魚の捕獲数は 1 回目から 4 回目に向けて増加傾向を示したが、生存率に大きな変動は無く 82.1～95.5%の範囲であった。対照区では、生存率は 100%であったが、捕獲数は 4 個体のみであった。

死亡個体の体長は生存個体より小さい傾向がみられた。

表 2 現地調査結果

	生存 個体数	死亡 個体数	総個体数	生存率 (%)
調査区1回目	42	2	44	95.5
調査区2回目	34	4	38	89.5
調査区3回目	64	14	78	82.1
調査区4回目	107	13	120	89.2
対照区	4	0	4	100

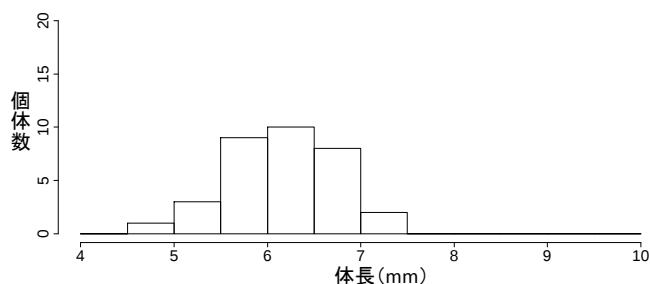


図 3 死亡個体の体長組成

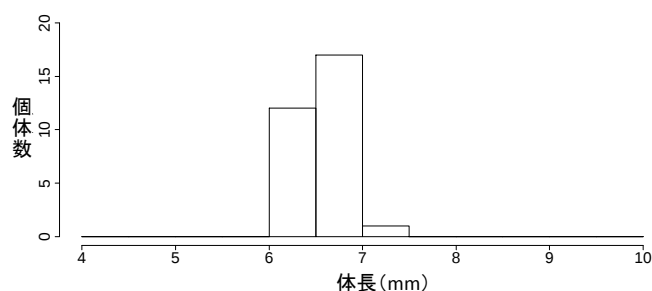


図 4 生存個体の体長組成

表 3 水路落下実験における仔魚の生存率の結果

	M-5	M-30	H-5	H-30	対照区
10月28日	69%	—	—	—	82%
10月31日	44%	—	—	—	50%
11月1日	9%	51%	48%	49%	69%

3. 2 水路落下実験

水路落下実験によって得られた仔魚の生存率の結果を表 3 に示す。

アユ仔魚は、全体的に孵化から日数が経過するにつれて生存率が低下した。この傾向は対照区でも確認された。対照区の生存率との間に大きな差がみられたのは 11 月 1 日の M-5 のみで、対照区以外の調査区と比較しても生存率が低かった。

4. 現地調査および室内実験で得られた結果の考察

現地調査では、対照区で仔魚がほとんど捕獲されなかった。そのため可動堰から落下する直前のアユ仔魚の生存率は不明である。しかし、可動堰の上流は流速が遅い湛水域であり、また、調査区では死後時間が経ったと思われる死体は確認されていない。このことから、可動堰に到達するまでに死んだ仔アユは湛水域に沈降し、可動堰を越えない可能性が考えられた。

上記の仮定に従えば、可動堰から落下する直前の仔魚の生存率は 100%に近いと考えられた。また、捕獲ダメージ調査では、捕獲による仔アユへの影響は確認できず、これらから、仔アユが可動堰から落下した際の生存率は 80~90%程度であると考えられた。

死亡個体、生存個体の比較から、体のサイズにより死亡率が異なることが明らかになった。特に体長 6mm 以下の個体は死亡率が高く、生まれた直後のサイズが小さい個体が、より影響を受けることが示唆された。

水路実験では、孵化から時間が経つにつれ、対照区においても生存率が低下した。これは、実験中に給餌を行わなかったため、時間の経過とともに卵黄の栄養を使い果たした個体が増加したためと考えられた。

落下の衝撃が一番大きい M-5 において、11 月 1 日に急激に生存率が低下した。これは、卵黄の栄養を使い果たして体力が低下した個体が大半を占めるようになり、落下の衝撃に耐えられなかったためと考えられた。

M-30, H-5, H-30 の生存率は M-5 の生存率より大きく、流量の減少と下流水深の増加が生存率増加に寄与したと考えられた。しかし M-30, H-5, H-30 での生存率はほぼ同程度であり、どの効果が高かったのかは明らかにならなかった。

現地調査と水路実験の結果を比較すると、全体的に現地調査の仔アユの方が生存率は高かった。水路実験が無給餌であったことを考慮すると、自然河川では湛水域で仔アユが動物プランクトンを摂餌できることが一つの要因となっている可能性が考えられた。さらに、可動堰の越流水は風に流脈を乱されるため、分断された水塊に仔アユが包まれることで落下の衝撃が緩和される可能性も考えられた。

5. まとめ

仔アユが落差構造物から落下した際に受ける影響について、現地調査と室内実験を実施して検討した。現地調査では、可動堰から落下する仔魚の 80%以上が生存し、6mm 以下の個体の死亡率が高いことが示された。室内実験では、孵化から日数が経ちすぎると、落下の影響を受けやすいことが明らかとなった。また、現地調査では室内実験より全体的に生存率が高く、これは野外では風の影響で越流水の流脈が乱れること、堰直上の湛水域に餌が存在することが原因である可能性が考えられた。仔魚の落下による死亡に関わる要因をより具体的に抽出するため、現地調査では対照区の捕獲数の確保、室内実験では実験回数を増やし普遍性を高める必要がある。

参考文献

- 1) 川那部浩哉・水野信彦編(1989), 日本の淡水魚, 株式会社山と溪谷社, p719.
- 2) 佐川志朗・近藤智・渡辺雅俊・三沢勝也・中森達(2004), 床固め工の改良が落下魚類の生存率へ与える影響, 応用生体工学, 6(2), 121-129.
- 3) 国土交通省 関東地方整備局 記者発表資料 (平成 24 年 11 月 25 日)
http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000065224.pdf#search='%E4%BA%8C%E3%83%B6%E9%A0%98%E4%B8%8A%E6%B2%B3%E5%8E%9F%E5%A0%B0+%E8%B5%B7%E4%BC%8F%E5%BC%8F%E3%82%B2%E3%83%BC%E3%83%88
- 4) 藤原直・安田陽一(2012), 減勢池のない落差構造物が魚類仔魚の降河に与える影響, 第 56 回日本大学理工学部学術講演会, H3-1, CD-ROM.