

秋川における魚道の水理特性と遡上効果

Hydraulic Characteristics and Ascending Effectiveness of the Fishways In Akigawa River

* ** *** ****

金子義明 ・ 和泉清 ・ 土屋十圀 ・ 大竹義男

By Yoshiaki Kaneko, Kiyoshi Izumi, Mitsukuni Tuthiya, Yoshio Otake

In recent years, it has become important to consider environment around the constructed river according to the demands of the citizens.

Now, we are constructing the fishways considering hydraulic characteristics and ascending effectiveness in Akigawa River.

This paper presents a summary of the field research according to the velocity measurement and other observation in the fishways.

Keywords: fishway, burst speed, streaming flow

1. はじめに

近年、自然に近い河川環境の整備が、広く市民から希求されるようになり、うるおいのある良好な水辺環境の保全・創出が期待されている。

建設環境行政の一つとして、「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業」が平成3年度から建設省によって創始され、この一環として、全国各地において積極的に魚道の設置が進められるようになってきた。

東京都が管理する多摩川水系の秋川においては、魚道の機能性向上の方針として、①集魚機能性②水位変化への対応③多様な魚類への対応④適切な維持管理の実施の四点を掲げ、多種類の魚道を並設することにより、機能性の分散効果を意図した魚道の設置が実施されているので、本論文では、これらの魚道の水理特性及び遡上効果について述べるものである。

-
- * 正会員 東京都土木技術研究所長
 (〒136 東京都江東区新砂1-9-15)
- ** 正会員 東京都土木技術研究所技術部長(工博)
- *** 正会員 東京都土木技術研究所技術部河川研究室長(工博)
- **** 正会員 東京都土木技術研究所(研究員)

2. 魚道の構造の概要

秋川に設置（現在、2.5 km落差工、白岩用水堰、第三堰など4ヵ所）されている三連並設型の魚道は、①粗石付斜曲面式、②アイスハーバー式、③粗石積斜路方式、の三タイプから構成されており、これらの特徴を示せば以下のとおりである。（図—1、写真—1参照）

粗石付斜曲面式は、単純な粗石付斜路を変形し、同一横断面内において勾配を変化させることによって勾配の相違に伴う速い流れと遅い流れを創出する。底面にあけられた多数の孔によって、粗石の配置を自由に変えられるような構造とし、木杭で粗石を固定することによって、粗石をコンクリート底面に埋め込まない浮かし構造を可能としている。この結果、多自然的、多孔質な流れが形成されている。

アイスハーバー式は、米国コロンビア川のアイスハーバードダムに因む¹⁾。従来の全面越流型階段式魚道を改良し、非越流部と越流部、越流部の下部に潜孔を配することによって、非越流部の下流側に静穏域を創出し、ここで魚類を休息させることを意図する。

粗石積斜路方式は、単純な斜路に野面石を敷き詰め、あたかも早瀬風の流れを創出している。粗石積部と魚窪地を隔壁によって区分し、交互に配置する構造としている。

3. 魚類の行動と流れの基本条件

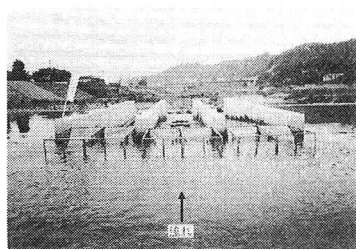
魚道においては、流れに対し魚類の行動面から見た水理学的取扱いを行う必要がある。魚道内の魚類をなるべくすみやかに通過させるための、魚類の行動性の視点から流れに求められる基本条件を下記に示す。

（1）遡上選好流

魚類の突進的行動は、白色筋（普通筋）の嫌氣的代謝に依存するので、疲労しやすく突進速度によって、数秒間以上遊泳することは困難である^{2) 3)}。このため、遡上経路として選択した流れ（ここでは、遡上選好流と呼ぶ。）が魚類の突進速度を上回れば、魚類は遡上することができない。

魚類の遊泳速度については、様々な方法によって計測されており⁴⁾、突進速度は10BL/s程度であるとされている。（ここに、BL＝体長）

図—2に遡上調査（写真—2参照）及び魚道内の流速分布の計測結果から、間接的に推定される魚類の遊泳速度（体長に対する比率）を示す。ここで、遡上調査は、籠網（1000×750×2000×2 個×3 魚道分）を魚道上流端に設置し、昼間時（10:00～17:00）において1時間毎に遡上魚の確認を行った。また、流速分布の計測は、電磁流速計（TK-105X 型）を用い、遡上調査開始前と同終了後に、流下方向の流速について各魚道の下流側入口付近、中央部、上流側出口付近の3断面において、①粗石付斜曲面式にあっては、各断面急勾配部を除く2点ずつ計6点を、②アイスハーバー式にあっては、各断面左右の越流部の2点ずつ計6点を、③粗石積斜路方式にあっては、各断面粗石積部3点ずつ計9点を計測し、それぞれの平均値を取ったものである。この方法は、各個体の突進速度を直接計測したものではないが、10BL/sよりも大きいものが多い傾向であった。



写真—2 遡上調査状況

また、別途観測時において、河川水位が低下し、アイスハーバー式の潜孔のみに流れが存在している状況において、体長51mm～91mm（6個体平均体長75mm）のウグイが流速1.7m/s～1.9m/s（平均1.8m/s）の潜孔を通して遡上していることを、同様な方法によって確認している。

（2）遡上刺激流

魚道内は、魚類にとって特殊な空間であり、鳥類等の外敵にねらわれやすいため、魚道内に進入した魚類を無為に滞留させず、すみやかに遡上を完了させることが必要である。

例えば、アユの遊泳力は付近に落下流のような刺激的な高速流があると高揚することが知られており^{5) 6)}、

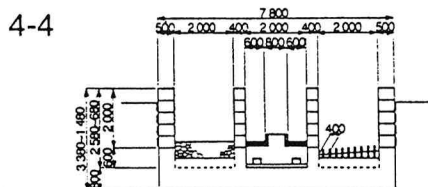
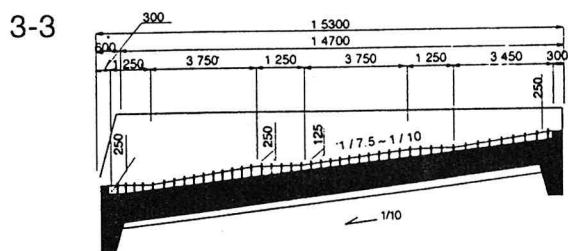
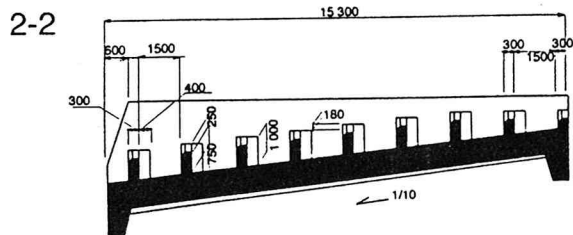
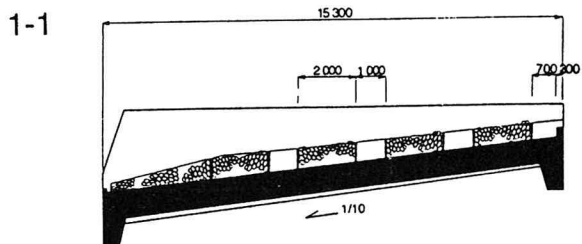
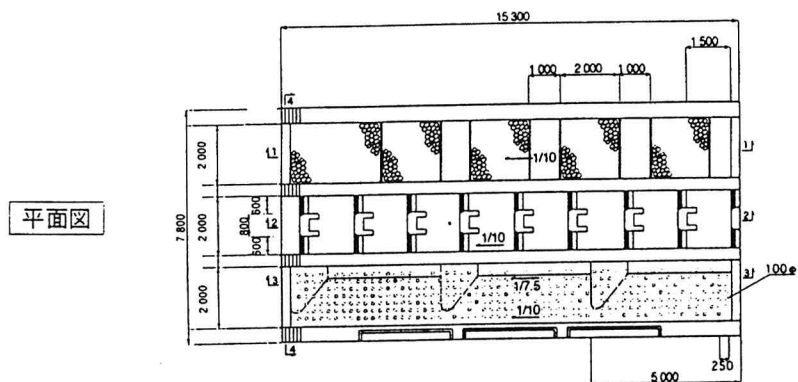


写真-1 魚道の構造

S = 1 : 200

図-1 魚道一般図 (白岩用水堰)

調査施設	魚道型式	実測流速(m/s)の平均÷標準体長(B.L./S)									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
2.5km 落差工	粗石付 斜曲面式										
	アイス ハーバー式										
	粗石積 斜路方式	8.4 21.1 32.2 49.7									
白岩 用水堰	粗石付 斜曲面式										
	アイス ハーバー式										
	粗石積 斜路方式	5.4 15.1 20.5 27.0									
第三堰	粗石付 斜曲面式										
	アイス ハーバー式										
	粗石積 斜路方式	5.6 8.7 12.0 21.7 32.0									

流速の測定位置	
粗石付 斜曲面式	粗石 配置部
アイス ハーバー式	越流部
粗石積 斜路方式	粗石積 越流部

流速の測定位置	
粗石付 斜曲面式	粗石 配置部
アイス ハーバー式	越流部
粗石積 斜路方式	粗石積 越流部

注) * 確認された魚類の個々の計算値 (実測流速(m/s)の平均÷標準体長(B.L./S))
 ここでは右の調査日に実施した結果を用いた。 2.5km落差工: '95.9.7,10,12 白岩用水堰: '95.7.20,8.2 第三堰: '95.7.25

図-2 魚道内の魚類の遊泳速度

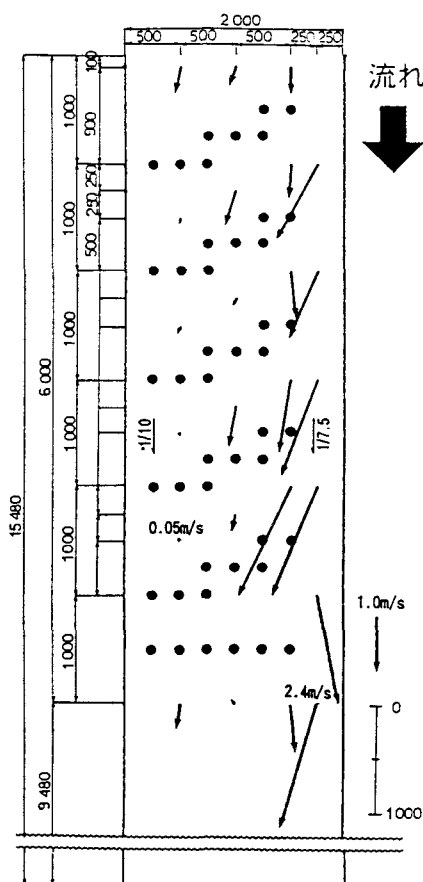


図-3 粗石付斜曲面式における流速分布 (2.5 km落差工)

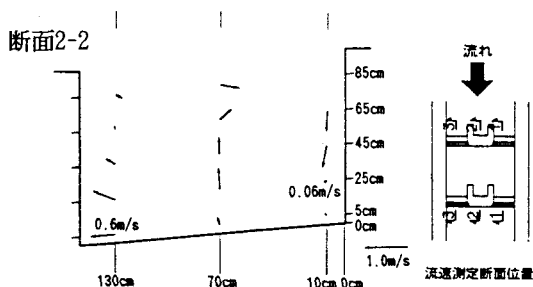


図-4 静穏域の流速分布 (白岩用水堰)

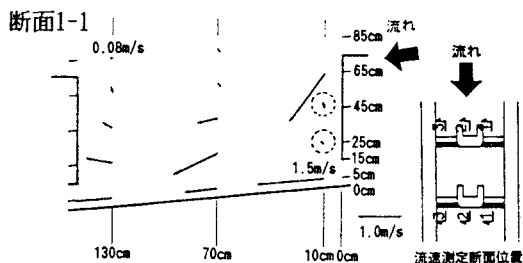


図-5 副次的な上昇流の分布

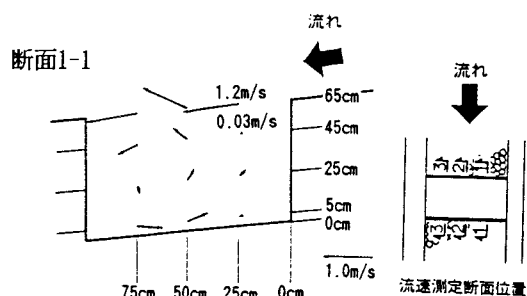


図-6 粗石積斜路方式魚道地内の流速分布 (白岩用水堰)

一般に魚類の走流性によって、遡上行動を促す刺激的な流れ（遡上刺激流と呼ぶ。）が存在することが必要である。

これまで、述べたことから魚道内の流れの基本条件として、遡上選好流と遡上刺激流の有機的な組合せを具備していることが要求される。

4. 魚道の水理特性

(1) 流況特性

①粗石付斜曲面式②アイスハーバー式③粗石積斜路方式各魚道における流れ形態の相違を、三方向成分が同時測定可能な電磁流速計（ACM-300）を用いて流況計測を行ったものを図3～図6に示す。

1) 粗石付斜曲面式の流速分布

図-3に示されるように、粗石付斜曲面式においては、斜曲面及び粗石列の効果によって、緩勾配部の流速が減勢されており、流速は、0.05m/s ～2.4 m/s となっている。急勾配部の直線的な流れや、粗石を越流する落下流が遡上刺激流となり、粗石のすきまを流れる流速の遅い流れが遡上選好流となっている。

2) アイスハーバー式の流速分布

図-4に示されるように、非越流部の下流側に形成された静穏域の流況を示す。流速は、0.06m/s ～0.6 m/s となっており、ここで魚類が休息することを意図している。

また、図-5は越流部の流況を示す。流速は、0.08m/s ～1.5 m/s となっている。越流落下流と潜孔からの強い流れに対し、アユが遡上行動のきっかけとして利用するとされる、越流落下流の背面に形成される副次的な弱い上昇流⁷⁾が捕らえられている。

3) 粗石積斜路方式の流速分布

図-6に示されるように、粗石積斜路方式においては、典型的な表面流状態となっており、この表層の主流が遡上刺激流として、内部の循環流が遡上選好流の一部としての役割を果たしているものと考えられる。流速は、0.03m/s ～1.2 m/s となっている。また主流の流速ベクトルがやや上向きとなっており、一種の波動（スタンディングウェーブ）が存在しているが、後述の遡上調査結果にも示されているとおり、この影響は少ないものと考えられる。

(2) 土砂の堆積特性（閉塞性）

プールタイプ魚道における土砂の堆積は、潜孔の閉塞等を引きし、越流落下流状態の維持等に支障をきたす原因となる。

魚窪地を有する全面越流型の粗石積斜路方式、潜孔を有するアイスハーバー式、広いスロット状の急勾配部を有する粗石付斜曲面式と、土砂や流下物等による閉塞度がそれぞれ異なっている。図-7は、アイスハーバー式における無堆積状態から2カ月経過時における土砂の堆積状況を示した一例である。

閉塞時（堆積時）においても機能性が高い魚道は、最も単純な構造の粗石積斜路方式であり、粗石付斜曲面式の急勾配部は広いスロット状になっており、閉塞性が低い。アイスハーバー式の潜孔は、魚道内の安定した流況の確保や排砂機能を目的として設けられているが、開水路ではないので最も閉塞度が高い。したがって、アユの遡上期には事前に魚道内のしゅんせつを実施すること等により、維持管理を実施することが必要である。秋川は、上流部からの土砂の輸送量が比較的多く、土砂や流下物等による閉塞が極力少ない魚道

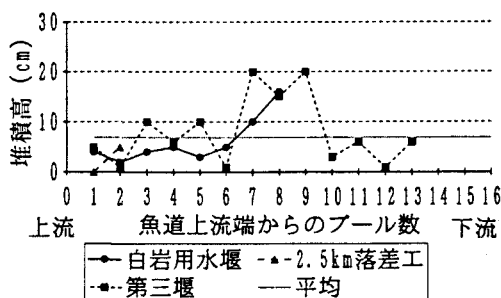


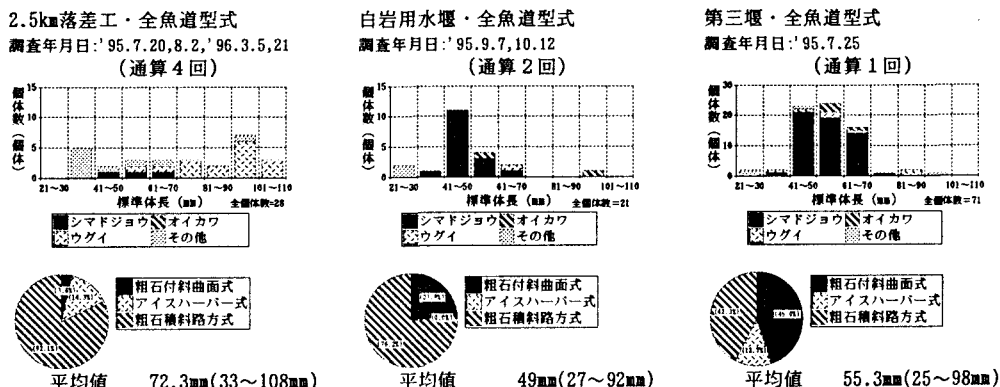
図-7 アイスハーバー式における土砂の堆積状況

の形式や構造を検討する必要がある。暫定的に簡易デニール式を用いたが、ゴミや流下物による閉塞が激しく、秋川にはそぐわない。

5. 魚類の遡上効果

図—8の遡上調査結果体長組成図に示されるとおり、良好な遡上結果を得ている。

底生魚のシマドジョウの遡上数が顕著となっており、遊泳能力の点で不利な体長50mm以下の小魚類の遡上数も少なくない。



図—8 遡上調査結果体長組成図

6. まとめ

- (1) ウグイ、オイカワ、シマドジョウなどの突進速度は、簡易的な計測方法ながら10BL/sよりも大きいものが多い傾向にあった。
- (2) 粗石積斜路方式魚道地内の流況は、表面流状態である。表面流状態は、プール内での減勢効果が期待できず、堰上の流速も速くなることなどから、魚道内の流れとしては避けなければならない状態であるとされている。しかしながら、粗石積部で流速が減勢されることにより、遡上状況は良好であり、魚類の遡上は、プール内の循環流の流向には左右されないものと考えられる。
- (3) 性質の異なる三種類の魚道を並設することにより、小魚類、底生魚等の多種類の魚類の遡上を可能とした。また、河川水位が低下した場合でも、アイスハーバー式の潜孔を通した流れや、粗石付斜曲面式の急勾配部の流れが存在していることにより、機能性の向上に寄与した。
- (4) 魚道内の土砂の堆積防止方法として、洪水時に堆積土砂がフラッシュされやすいようなプールの形状や設置形式を検討することが、今後の課題である。

参考文献

- 1) 中村 俊六 山海堂 魚道のはなし pp. 49, 1995. 7 月
- 2) 岩井 保 恒星社厚生閣 魚学概論 pp. 46~52, 1991. 3 月
- 3) 板沢 靖男他 恒星社厚生閣 魚類生理学 pp. 539 ~584, 1991. 6月
- 4) 井上 実 恒星社厚生閣 魚の行動と漁法 pp. 148 ~167, 1978. 9月
- 5) 小山 長雄 中央公論社 アユの生態 pp. 117 ~138, 1978. 5月
- 6) 小寺隆夫 土木学会第45回年次学術講演会 (H2. 9) 感潮河川におけるアユ魚道 河口堰における魚道流量流速制御型及び水放流施設付き可変勾配魚梯の提案 pp. 200 ~201, 1990
- 7) 中村 俊六他 農業土木学会誌 (第55巻第10号, 1987) 階段式魚道内の流況に関する実験について