

# アユの行動特性と迷入防止について

## RESEARCH ON METHODS FOR THE PREVENTION OF THE STRAYING OF AYU

関谷 明<sup>1</sup>・下村充<sup>2</sup>・坂本裕嗣<sup>3</sup>・甲田篤史<sup>3</sup>・福井吉孝<sup>4</sup>  
Akira SEKIYA, Mitsuru SHIMOMURA, Yuji SAKAMOTO, Atsushi KOUTA,  
and Yoshitaka FUKUI

<sup>1</sup>正会員 建設技術研究所 水理砂防部 (〒300-2651茨城県つくば市鬼ヶ窪1047-27)

<sup>2</sup>学生員 東洋大学 大学院 工学研究科 土木工学専攻 (〒350-8585埼玉県川越市鯨井2100)

<sup>3</sup>学生 東洋大学 工学部 環境建設学科 (〒350-8585埼玉県川越市鯨井2100)

<sup>4</sup>正会員 工博 東洋大学教授 工学部 環境建設学科 (〒350-8585埼玉県川越市鯨井2100)

The unexpected migrations of some living things are caused by the intake and withdrawal from rivers and lakes. Particularly serious are problems with fish straying from their normal migratory routes.

Judging from the results of questionnaires distributed to fishermen's unions, it is clear that there is no single optimal method to prevent such fish straying at present. But it is expected that methods using small, glittering ribbons made of vinyl and a pieces of colored cloth are effective to prevent fish from straying. In this paper, the authors begin by discussing their experiments to determine the characteristics of behavior of Ayu in the flow. Then by using these characteristics, some prevention methods are examined through experiments. In addition, the authors seek to clarify the behavior of these fishes using the random walk method.

**Key Words :** Ayu(*plecoglossas altivelis*), behavior of fish, straying of the fish, random walk

### 1. はじめに

近年, 既存の生態系の維持, 保全が重要視されるようになってきた. それに伴い種々の問題も注目されてきている. その中でも, 特に魚類の迷入は早急に解決しなくてはならない問題の一つである.

魚類の迷入とは, 何らかの事情で魚が他の水域へ移動し, 本来いるべき水域(河川等)にいなくなってしまうことである. 魚類の河川或は河川沿いにある施設(取, 排水口)への迷入は, 単に水産資源上の問題としてだけでなく, 水域全体の生物環境保全上の問題でもある.

この魚類の迷入対策としては, 取, 排水口等に近づかせない方法, 取, 排水口に近づいてしまった魚をその直前面で忌避させる方法, 或は迷入した魚を何らかの方法で元の水域に戻す方法が考えられるが, 具体的な有効策は明確になっていない.

著者らは, 先に全国の内水面漁業協同組合に対して, アンケートを実施した結果, ①確立された有効な迷入防止装置がないこと. ②しかし迷入防止対策への要望は高いこと. ③対象魚としてはアユが第一にあげられることが判った.<sup>1)</sup>

本研究では, アユを対象とした迷入防止対策について水理実験を行った.

その際, アンケート結果より明らかになった迷入防止装置や国内の伝統漁法等を参考にした.

### 2. 魚類の迷入と防止装置の実態

全国の漁協に対して著者等が行ったアンケートの結果, 魚類の迷入は80%の漁協で生じていることが判り,<sup>1)</sup> 河川計画上の課題であることを再確認した. これに対し, 現在, 実施されている迷入防止装置を整理したものが表-1である.<sup>1), 2), 3), 4), 5)</sup>

その中で最も多くみられる例は, 網などによる「物理的に迷入を防止する方法」であり, 「魚の行動特性を利用する方法」では, 電気スクリーンによるものが多くみられることがわかった. また, 光, 色等を利用した方策が有効であるとの回答もみられた.

このように, 対策の種類も多様化していることがわかるが, 実際の効果については不明という回答が多くみられ, 早急な対策方法の確立が必要であると考えられた. 迷入防止の対象魚種は, 水産資源としての価値が高いとされるアユが最も多く, 次いでサケ, マス, アマゴの順であることがわかった.

### 3. 伝統漁法

迷入防止装置を考える上で, 魚の生態を知ることが必要不可欠である. アユについては, その生態に関する研究は行われてきている<sup>6), 7), 8)</sup> が, 視覚, 聴覚等に対する行動特性について未解明な部分が残されている.

そこで, 日本の伝統漁法に着目し, その中にアユ

表-1 現在行われている迷入防止対策

| 対策原理  | 対策         |          |         | 件数 |
|-------|------------|----------|---------|----|
| 物理的対策 | スクリーン      | 刺し網      | 金網      | 7  |
|       |            | 欄        | 竹の欄     | 1  |
|       |            |          | 鉄欄      | 4  |
| 視覚刺激  | ウィンカーチューブ  | 赤色灯      |         | 1  |
|       |            |          | 赤色      | 2  |
|       |            | 白色       | 赤いスクリーン | 4  |
|       |            |          | 白い迷入板   | 1  |
|       | 色などにより迷入防止 | 白色       | 白いテープ   | 1  |
|       |            |          | 対策を白く塗る | 1  |
|       | 反射するもの     | エアーカーテン  | 気泡カーテン  | 3  |
|       |            | ビニールフィルム |         | 1  |
| 体感刺激  | 電気刺激による対策  | 電気スクリーン  | 交流      | 8  |
|       |            |          | 直流      | 1  |
|       | 磁気を用いた対策   | 磁気       |         | 2  |
|       |            |          |         |    |
| その他   | 流量制御       | 流量の調整    |         | 1  |
|       |            |          | 法線形の変更  | -  |
|       |            |          | 放流場所を考慮 | 2  |

表-2 各地の伝統漁法

| 名 称    | 原理 | 特 徴                | 対象魚   |
|--------|----|--------------------|-------|
| 鵜飼漁    | 光  | 篝火でアユを脅す           | アユ    |
| 夜川網漁   |    | 竿で川面をたたき篝火でアユを脅す   | アユ    |
| 火振り網漁  |    | 夜間に火と音による刺激を与え脅す   | アユ    |
| 置廻網漁   | 音  | 網をみて浮上する性質を利用      | サツキマス |
| 舟投網漁   |    | 石を投げ込み川底を竿で叩いて魚を脅す | アユ    |
| 巻網漁    |    | 水面を竿でたたき魚を脅す       | コイ、フナ |
| 瀬張網漁   | 形状 | 笹束と藁縄が水面をたたき様で魚を脅す | アユ    |
| ごろびき漁  |    | 水中で白色ロープが揺れる様を利用   | 全種    |
| 鵜縄漁    |    | 鵜縄を上流から下流に移動させ魚を脅す | アユ    |
| かきあげ漁  |    | 竿頭に黒布をつけ水面を揺すり魚を脅す | オイカワ  |
| ホイホイ網漁 |    | 水中で笹の葉が揺れる様を利用     | アユ    |
| すば網漁   |    | 白布をなびかせ仕掛けに魚を誘導    | サツキマス |
| 晩掛網漁   |    | 白布をなびかせ仕掛けに魚を誘導    | サツキマス |
| 張切網漁   |    | 白色のビニールと縄でアユを河岸に誘導 | アユ    |
| アユたも漁  |    | たも網を水面移動し、脅す       | アユ    |
| 登り落ち漁  |    | 河岸沿いを溯上する習性を利用     | 底生魚   |
| 静流し網漁  | 習性 | 流下する網で脅す           | サツキマス |
| やな漁    |    | 産卵する河床に降下する性質を利用   | アユ    |

表-3 アユの生活史

| 季節     | 春      | 夏       | 秋       | 冬      |
|--------|--------|---------|---------|--------|
| 時期     | 3～5月   | 6～8月    | 9～10月   | 10～3月  |
| 形態     | 稚魚     | 成魚      | 成魚      | 孵化、仔魚  |
| 体長     | 7.8cm  | 10～20cm | 20～30cm | 5～8mm  |
| 生息流域   | 河口～上流へ | 中、上流部   | 上流～中流へ  | 中流～河口へ |
| 行動     | 溯上     | 定位      | 降下      | 降下     |
| 迷入対象施設 | 排水施設   | なし      | 取水施設    | 取水施設   |

の行動特性を解明するヒントがあると考えた。

表-2<sup>7), 8), 9)</sup>に示すように国内では、様々な漁法があることがわかる。その中でアユを対象魚とした漁の中に布(特に白色)で忌避させる方法などが多くあることがわかった。

#### 4. アユの行動特性

アユの生態および流水に対する習性を整理すると以下のようである。

##### (1)生活史

表-3に示すように、卵から孵化した仔魚は川の流れとともに海に降下し、仔稚魚期を沿岸海域で過ごす。春になり、海と川の水温差がなくなる時期に群

表-4 アユの行動特性

|       |                                |
|-------|--------------------------------|
| 遊泳速度  | 突進速度は、体長の12.4～18.2倍程度(cm/s)を持つ |
|       | 巡航速度は、体長の6.1～7.6倍程度(cm/s)を持つ   |
|       | 静水中より流水中を高速で遊泳する               |
| 遊泳行動  | 最大泳力を発揮する流速は、体長の6～8倍程度(cm/s)   |
|       | 朝60Lx程度で活動開始                   |
|       | 12:00～14:00に採食行動が活発になる         |
| 視覚・色覚 | 昼行性、日周活動を示す                    |
|       | 日の出、日の入りの時間帯での活動が活発            |
|       | 焦点距離1m程度                       |
| 聴覚    | 視覚型の魚である                       |
|       | 広い範囲が見える                       |
|       | 物の動きに敏感である                     |
| その他   | 遠近の判断が弱い                       |
|       | 青と緑を好む                         |
|       | 紫、赤を嫌う                         |
| 聴覚    | 200～3000HZの音を内耳で感受             |
|       | 100HZ以下を側線で感受                  |
|       | 敏感な嗅覚を示す                       |
| その他   | 水温に敏感に反応する                     |
|       |                                |
|       |                                |

となり河川を溯上する。

河川の中流から上流域に達すると、一定規模の縄張りを確保し、そこを餌場とし定着する。

9月頃になると縄張りを解いて、流下をはじめ産卵場に移動する。

##### (2)行動特性

稚アユと成長したアユ或いは溯上期のアユと降下時のアユでは行動特性が非常に異なるが、一般にアユの行動特性について言われていることを表-4に示す。<sup>3), 6), 7), 11), 12), 13), 14)</sup>

#### 5. 迷入防止装置の検討

##### (1)検討概要

アユは、視覚型の魚であり、色や物の動きに敏感に反応すること、アンケートの結果から色、光を利用した迷入防止装置が有効であるという回答が寄せられたこと、および伝統漁法にも色に対する魚の反応を利用した方策がみられることより、ここでは色、光に着目した迷入防止装置を考えた。

具体的には以下に示す3項目について考えた。

- ・リボン：白、赤、レンズ模様(魚眼レンズの組み合わせ)
- ・河床の色(白と黒)
- ・照度の違い

検討は、①静水中での行動観察実験を行い、対象とした3項目がアユの行動にどのような影響を与えるかを調べ、次に②流水中での行動観察実験を行い、各種の防止装置の効果の評価を行った。

##### (2)実験条件

###### a)対象魚

実験では、図-1のように平均体長約12cm～17cmの海産アユの成魚を用いた。

###### b)実験装置

静水実験で用いた水槽は、図-2に示すような長さ1.80m、幅0.6m、高さ0.25mで、それを4領域に分割し、中央に二重の柵を設けた。なお、二重柵の外側の柵には魚が自由に動けるように開口部を設けてある。

流水実験で用いた施設は、図-3に示すような幅

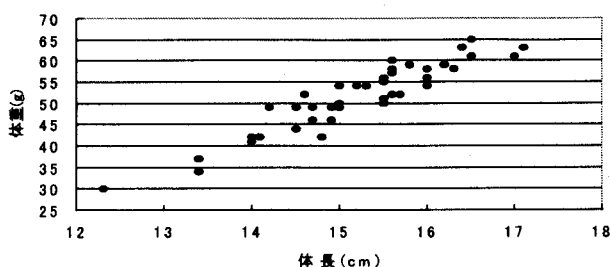


図-1 実験に用いたアユの体重と体長

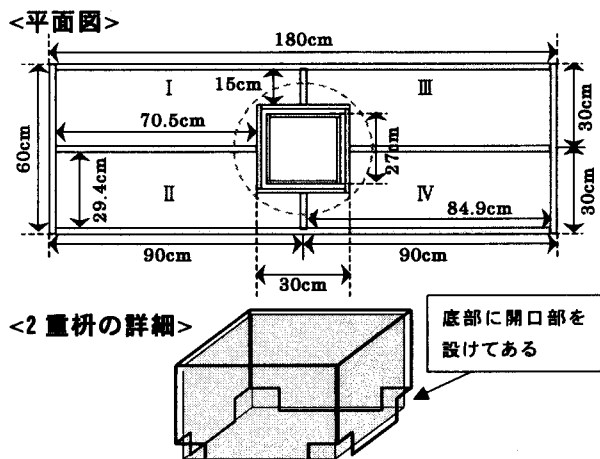


図-2 静水実験水槽図

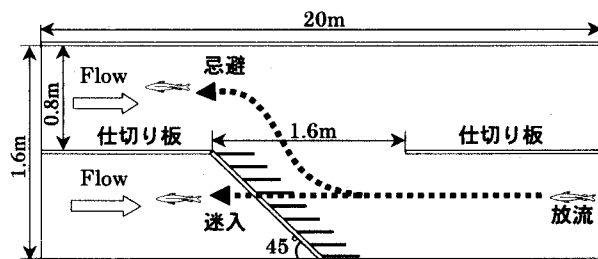


図-3 流水実験水路図

1. 6m, 長さ20mの二次元水路で, その中央に迷入防止装置を設けたものとした。

#### c) 水理条件

- ・流量: 0.042m<sup>3</sup>/s
- ・水深: 0.1m(体高の2倍以上)
- ・流速: 0.3m/s(巡航速度で移動可能な流速)
- ・水温: 18~22℃
- ・照度: 日向: 20000~30000Lx  
日陰: 50~300Lx
- ・実験実施期間: 2001年6月~7月

#### d) 迷入防止装置の諸元

- ・リボンの長さ  
長さ: 0.3m, 幅: 0.03m, 設置間隔: 0.15m
- ・河床の色のサイズ  
長さ: 2.0m, 幅: 0.8m(水路幅の1/2)
- ・照度(蓋の大きさ)長さ  
長さ: 2.0m, 幅: 0.8m(水路幅の1/2)

## 6. 静水中での行動観察実験

静水中でのアユの行動観察実験は, 図-2に示した

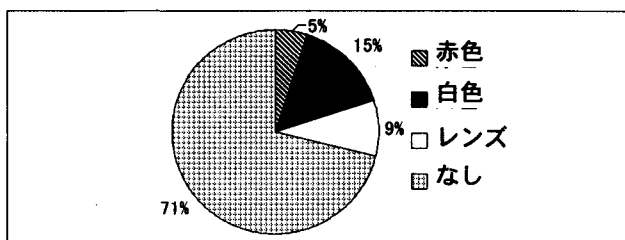


図-4 リボンを用いた場合のアユの移動領域

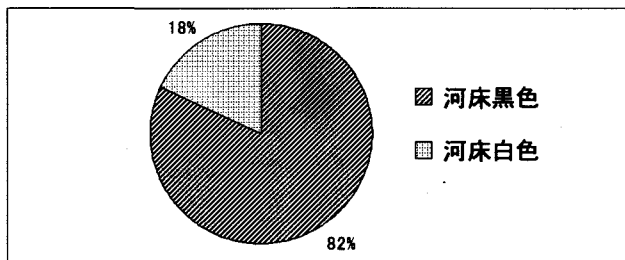


図-5 河床の色の違いによるアユの移動領域

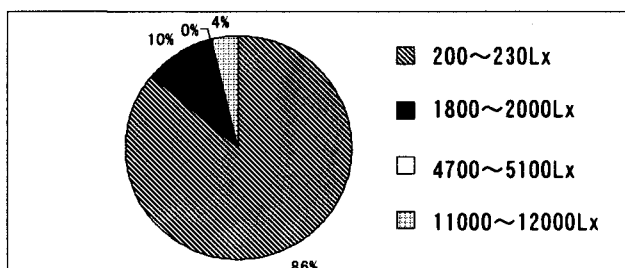


図-6 照度を変化させた場合のアユの移動領域

水槽内側の柵の中にアユを放ち, しばらく時間をおき, 水槽内の環境に充分なれた時点で, 内側の柵を引き上げ, 外側の柵の開口部から4つの内のどの領域へと移動するかをビデオで録画し観察した。

実験は, 1回に5~10尾のアユを用い, 10回程度の観察を行った。

### (1) リボンを用いての検討

ここでは, 4領域の内, 1つは何も無しとし, その他の3領域に赤, 白, レンズ模様のリボンを水中に垂らし, アユの行動観察を行った。

図-4に示すようにアユは, リボンを垂らした3箇所を避ける性質を示し, 何も無しの領域に集まったのは放流数104尾に対し74尾(71%)であった。

### (2) 河床の色による検討

ここでは, 4領域の内, 2つの領域の河床を白色, 残りの2領域を黒色としてアユの行動観察を行った。

図-5に示すように, 放流数94尾に対し77尾(82%)のアユが河床の色が白色の部分避免了。

### (3) 照度を変化させた場合の検討

ここでは, 図-2に示す4領域の内, 3つの領域に蓋をし, アユの行動観察を行った。各領域の照度は以下に示す。

- I) 200~230Lx    II) 1800~2000Lx
- III) 4700~5100Lx    IV) 11000~12000Lx(蓋なし)

図-6に示すように, 放流後, 水槽内を遊泳したアユは最終的に蓋をした最も照度の低い200~230Lxの領域に放流数98尾に対し84尾(86%)が移動する様子が観察された。

### (4) まとめ

静水中においてアユは、以下の性質を示すことがわかった。

- ・ 赤、白、レンズ模様のリボンのいずれをも嫌う。
- ・ 白色の河床を嫌う。
- ・ 蓋をした照度の低い部分を好む。

そこで流水中での行動観察実験の検討項目を上記の3点についてとした。

## 7. 流水中での行動観察実験

流水中でのアユの行動観察実験は、図-3に示した二次元水路の下流にアユを放ち、溯上したアユが水路中央片側に設けた各防止装置にどのように反応するかをビデオに収録し観察した。

実験は、1回に10尾程度のアユを用い、40回程度の観察を行った。

### (1) 迷入防止装置を設置しない場合

アユは、図-7に示すように左右岸ともに側壁沿いを溯上する様子が伺えた。

### (2) リボンを用いての検討

ここでは、図-3に示すように二次元水路の中央片側に斜め45度のラインで梁を設け、0.15mピッチにリボンの付いた支持棒を取り付け、水中にたなびかせたリボン避けるかどうかを観察した。実験施設が屋外であるため、太陽の位置関係で生じる水路内の日陰の影響により結果が偏らないよう、迷入防止装置は左右交互に設置し観察を行った。

#### a) 白色のリボンの場合

アユは、図-8に示すように側壁沿いを溯上、白色のリボンの下流側で忌避行動を示し、迷入防止装置の無い対岸に移動する様子が観察された。

迷入防止装置を通過しないアユは、放流数421尾に対し381尾(90.5%)であった。

#### b) 赤色のリボンの場合

結果、アユは、図-9に示すように側壁沿いを溯上、赤色のリボンの下流側で忌避行動を示し、迷入防止装置の無い対岸に移動する様子が観察された。

迷入装置を通過しないアユは、放流数306尾に対し278尾(忌避率90.8%)であった。

#### c) レンズ模様のリボンの場合

アユは、図-10に示すように側壁沿いを溯上、レンズ模様のリボン下流側で忌避行動を示し、迷入防止装置の無い対岸に移動する様子が観察された。

迷入防止装置を通過しないアユは、放流数379尾に対し350尾(92.3%)であった。

### (3) 河床の色による検討

ここでは、二次元水路中央片側の河床の色を白として、アユが溯上の際に白色を避ける泳ぎを示すかどうかを観察した。

アユは、図-11に示すように側壁沿いを溯上、河床を白色とした箇所では忌避行動を示し(図-10①では、左岸側側壁に日陰が形成されており、②と比較し、若干、忌避しない個体が観察された。)白色ではない対岸に移動する様子が観察された。

迷入装置を通過しないアユは、放流数411尾に対し373尾(90.5%)であった。

### (4) 照度を変化させた場合の検討

ここでは、水路の中央片側に蓋をし、アユが溯上の際、蓋により照度が下がった領域に移動するか忌避するかを観察した。この実験は、アユの忌避反応を観るのではなく、選好反応を観る目的であるため、アユは両サイド下流より放流した。

アユは、図-12に示すように静水実験時と相反する行動を示した。即ち側壁沿いを溯上したアユは、水路に蓋をし、照度を低下させた(100Lx以下)領域を避ける様子が観察された。

照度の低い領域に移動したアユは、放流数370尾に対し65尾(誘導率=17.6%)であった。

### (5) まとめ

以上の結果、赤、白、レンズ模様のリボンを設置した場合および河床の色を白色とした場合においては、アユは設置箇所近傍で90%以上忌避することが観察され、アユの迷入防止効果が期待できる方策であると考えられた。

照度に関する実験は、静水実験の結果より、取排水口対岸側水路に蓋をし照度を低くすることによって、その領域にアユの誘導を期待するものであった。しかし、静水中での性質と異なり、誘導率は、20%以下となり、極端に低い照度になると迷入防止の効果を発揮してしまう結果となった。

## 8. アユの遊泳行動のモデル化

### (1) 目的

ここでは、アユの遊泳行動のモデル化を行い、魚類の迷入防止装置の必要性および設置位置や規模、配置等の予測を行うことを最終目的とするものである。

### (2) モデルの考え方

魚の遊泳行動は、水理条件や環境条件に左右されるが、微小時間における移動は、本質的にはランダムな動きと考えられる。

ここでは、アユの遊泳行動をランダムな動きと想定し、ランダムウォークの手法を用いて計算を行った。具体的には、ある地点にいるアユが次の瞬間に移動する方向をランダムに選択させ、移動速度をその方向の特性に合わせ、変化させるものとした。

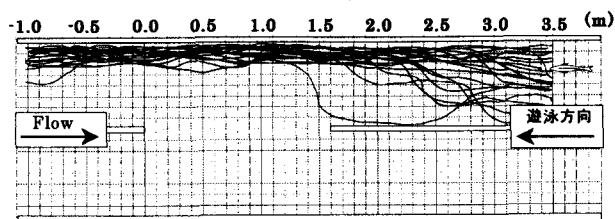
### (3) ランダムな動きをモデル化する方法

線型法により小数点以下8桁の乱数 $Z$ ( $0 \leq Z \leq 1$ )を発生させ、その乱数 $Z$ に $2\pi$ をかけることで流水中でのアユの移動方向 $\theta$ ( $\theta = 2\pi Z$ )を0から $2\pi$ の範囲で得るものとした。この時下流方向にX軸、これと直角にY軸を置いた。 $\theta$ はX座標となす角であるとする。

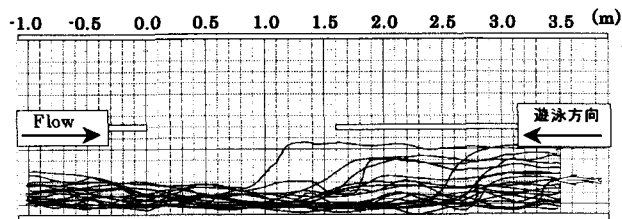
単位時間毎の移動後のアユのいる地点の座標は、(1)式により求めるものとした。

$$\left. \begin{aligned} X_n &= \Delta L \cos \theta + X_{n-1} \quad (0 \leq Z \leq 2\pi) \\ Y_n &= \Delta L \sin \theta + Y_{n-1} \end{aligned} \right\} (1)$$

ここで、 $X_n$ 、 $Y_n$ は現在の各座標を表し、 $X_{n-1}$ 、 $Y_{n-1}$ は前

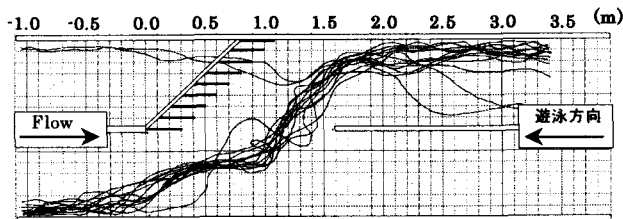


①左岸側から放流

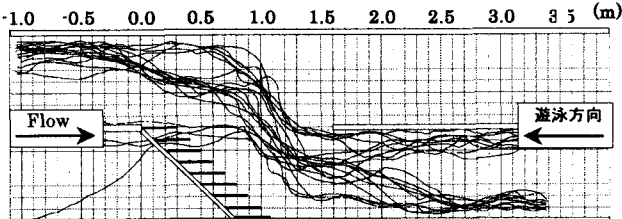


②右岸側から放流

図-7 流水中のアユの遊泳軌跡(防止装置なしの場合)



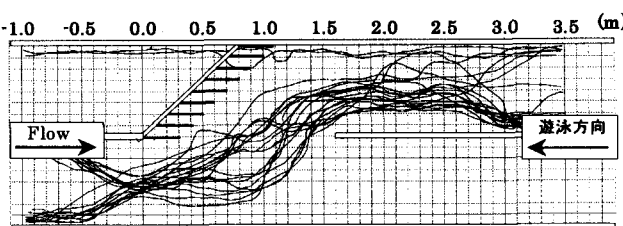
①迷入防止装置左岸設置



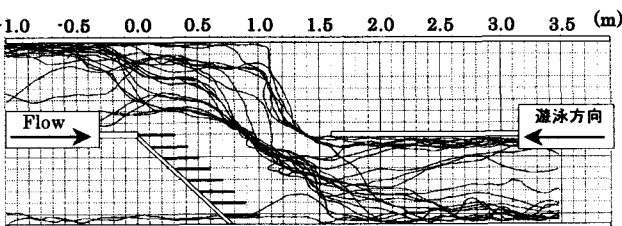
②迷入装置施設右岸設置

≡ 迷入防止装置

図-8 遊泳軌跡(白色のリボン)



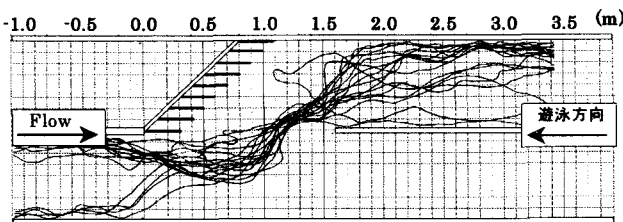
迷入防止装置左岸設置



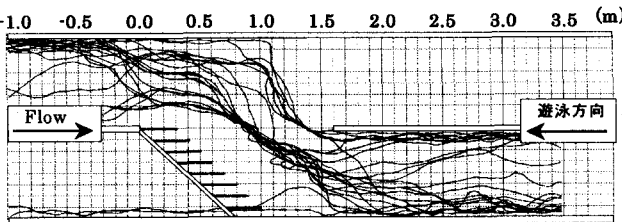
②迷入防止施設右岸設置

≡ 迷入防止装置

図-9 遊泳軌跡(赤色リボン)



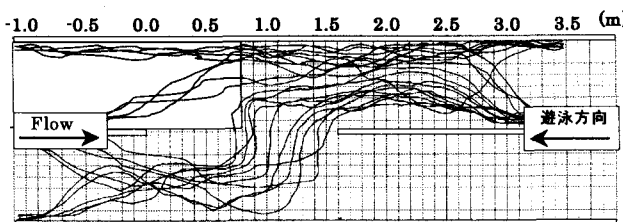
①迷入防止装置左岸設置



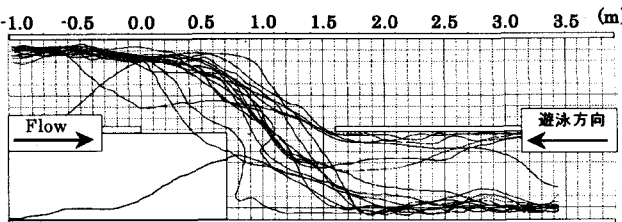
②迷入防止装置右岸設置

≡ 迷入防止装置

図-10 遊泳軌跡(魚眼状リボン)



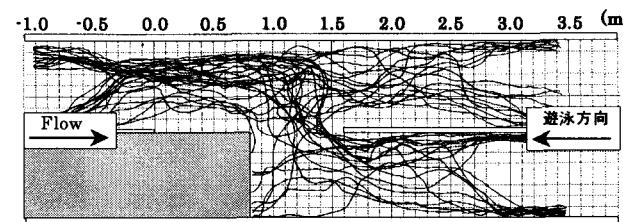
①迷入防止施設左岸設置



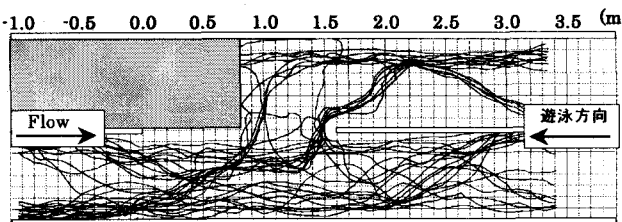
②迷入防止施設右岸設置

河床が白色の領域  
(他の領域は暗緑色)

図-11 遊泳軌跡(河床白の場合)



①右岸に低照度領域を設置



②左岸に低照度領域を設置

照度低下領域

図-12 遊泳軌跡(低照度領域を設置した場合)

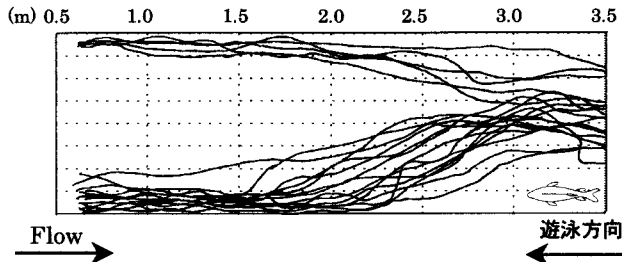


図-13.1 防止装置なしでのアユの遊泳実験結果

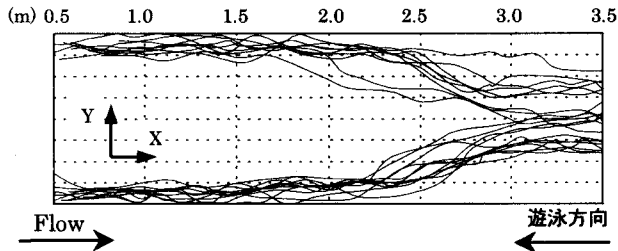


図-13.2 数値解析結果

時刻の各座標を表す。時間刻み毎の移動距離  $\Delta L = (L_m - u) \Delta t \times \alpha$  を構成する  $L_m$  と  $\alpha$  については、以下の条件から定め、 $u$  は平均流速を表している。

#### a) アユの移動距離の基準

単位時間毎の移動距離の基準値  $L_m$  には、遊泳実験より、流れとアユの相対速度  $1.4 \text{ m/s}$  を用いた。

#### b) アユの走流性

流れに逆行する習性を走流性という。実験からアユには顕著に走流性がみられたので、それを考慮した。流れる方向を  $0^\circ$ 、流れに逆行する方向を  $180^\circ$  とし、基準値  $L_m$  に角度の重み ( $\alpha$ ) をつけるものとした。例えば、 $45^\circ$  の場合、移動速度  $L$  は、 $L_m \times (45/180)$  となる。流れと逆行する即ち溯上する場合は、 $L = L_m \times (180/180)$ 、流れと同一方向即ち流下する場合は、 $L = L_m \times (0/180)$  となる。

#### c) アユの側壁選好

アユは、遊泳行動を起こす際、水路の側壁沿いを選好する様子が実験より伺えた。そこで、移動して水路の中央より左右何れかの側にきた時、次の計算でその壁面に向かう移動距離を上記b)で算出された  $L$  の1.5倍にすることにより、アユは壁面に早く到達し、その結果、アユの壁面選好性が表現できるとものとした。

### (4) 結果

照度の影響を排除したアユの遊泳実験結果が図-13.1であり、計算始点を実験結果と合わせて  $x=3.5 \text{ m}$  の位置にした数値解析の結果が図-13.2である。これより、解析では、アユが放流地点から上流へ1.5m近傍で両側壁沿いに移動し溯上する遊泳軌跡が得られ、実験結果と比較的近い遊泳軌跡を示すモデルが構築できたと考えられた。

## 9. まとめ

a) 取、排水口にアユを近づかせない方法として、取、排水口の近くにリボンを複数設置して、流れの中で漂わせる

方策が有効であると考えられた。リボンの色は、白、赤、レンズ模様がいずれも有効である。

b) 取、排水口の直前面で忌避させる補助的な方策として、取、排水口の入口部および周辺を白色とすることが有効である。

c) 静水中では、照度の低い場所に集まる習性がみられたが、流水中では、日陰に集まる習性がみられるものの、極端に照度が低い部分は避ける習性がみられた。このことはアユの遊泳に適した照度が存在する事を示唆している。この性質も迷入防止を考える上での一指標となりうる。

d) アユの遊泳行動のモデル化については、ランダムウォークの手法を用いることで、実魚の遊泳軌跡に近い動きを数値計算で再現できた。

## 10. おわりに

アユを取、排水口に近づかせない方策としてリボンを流水中に漂わせる方策が有効であること、また、補助的ではあるが、白色がアユの忌避を誘発することがわかった。

今後はリボンの長さや設置間隔等、実運用に向けた検討を行う必要がある。

また、アユの遊泳行動のモデル化についても実際の遊泳軌跡をより良く再現できる解析モデルを構築し迷入防止装置の諸元設定に役立てたい。

## 参考文献

- 1) 関谷明, 福井吉孝, 坂本裕嗣, 湯目吏吉也: 魚類の迷入の実態と防止策について, 河川技術に関する論文集, 第7巻, pp. 233-238, 2001.
- 2) 全国内水面漁業協同組合連合会: 魚の迷入の実態とその対策へのアプローチ, pp. 157-185, 1996.
- 3) (財) ダム水源地環境整備センター編: 最新魚道の設計, 信山社サイテック, pp. 353-368, 1998.
- 4) 関谷明, 漆山啓二, 福井吉孝, 鈴木辰規: 魚類の迷入防止対策について, 河川技術に関する論文集, 第6巻, pp. 137-142, 2000.
- 5) 本田晴朗: アユの溯上行動におよぼす濁りおよび水温低下の影響, 月刊海洋, vol. 15, No. 4, pp. 223-225, 1983.
- 6) 脇田, 坂野: 長良導水取水口における魚類迷入防止施設的设计検討, 木曾川用水総合事務所報告, 1998.
- 7) 和田吉弘: 長良川のアユづくり, 治水社, pp. 51-55, 1993.
- 8) 和田吉弘: 木曾三川の伝統漁, (財) リバーフロント整備センター編集, 山海堂, pp. 26-113, 1995.
- 9) 芦原修二: 川魚図志, 崙書房, pp. 120-183, 1997.
- 10) 廣瀬利雄, 中村中六: 魚道の設計 (財) ダム水源地環境整備センター, 山海堂, pp. 167-179, 1991.
- 11) 和田吉弘: アユの遊泳活動の日周変化について, 岐阜大学教育学部研究報告第6巻第5号別冊, 1981.
- 12) 宮地伝三郎, 川那部浩哉, 水野信彦: 原色日本淡水魚類図鑑, 保育社, pp. 48-52, 1992.
- 13) 玉井信行, 水野信彦, 中村俊六編: 河川生態環境工学 東京大学出版会, pp. 68-76, 1993.
- 14) 石田力三: アユその生態と釣り, つり人社, pp. 31-38, 1988.

(2001. 10. 1受付)