

魚類の迷入防止対策の実態とその迷入防止について

THE ACTUAL STATE OF THE STRAYING OF FISH AND METHODS FOR THE PREVENTION OF THE STRAYING OF AYU

関谷 明¹・福井吉孝²・湯目吏吉也³・坂本裕嗣⁴

Akira SEKIYA, Yoshitaka FUKUI, Rikiya YUNOME, Yuji SAKAMOTO

¹正会員 建設技術研究所 水理部 (〒300-2651茨城県つくば市鬼ヶ窪1047-27)

²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)

³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)

⁴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)

The unexpected migrations of some living things are caused by the intake and withdrawal from river and lakes. As a result, this sometimes exerts severe influences on the original environment. Particularly serious are problems with fish straying from their normal migratory routes.

Having collected questionnaires, we understand that there is no single optimal method to prevent such fish straying at this time. But we believe that better methods to prevent fish straying include using small, glittering ribbons made of vinyl, and the method of using the change of temperature in rivers.

From our experiments using small open channels, we have determined that ayu are sensitive to these small glittering ribbons, and to changes in flow temperature. When a method of using the glittering ribbons and a method considering the changes of flow temperature are used at the same time, it will be an effective means to prevent the straying of ayu.

Key Words : Ayu, behavior of fish, straying of fish, water temperature in a river

1. はじめに

ダムや放水路を用いた流域間の取水、放水事業が計画、実施されているが、既存の生態系の維持、保全が重要な問題となっている。その中の一つに魚類の他流域への移動(迷入)がある。

魚類の取、排水口等への迷入は、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となる。

この魚類の迷入の防止対策には、取、排水口に近づけない方法、取排水口前面で忌避させる方法、迷入した魚を元の流域に戻す方法等が考えられるが、現時点において具体的な有効策が不明である。¹⁾

ここでは、全国の漁業協同組合に対してアンケートを実施し、迷入防止対策の効果と問題点について整理した。さらにアンケートで得られた結果を参考にして、魚に優しい迷入防止法の検討を行った結果を報告する。

2. 研究目的

本研究は、全国の漁業協同組合に対し、アンケート調査を実施し、魚類の迷入の実態、すでに実施されている防止策の効果および問題点の把握を第1目的とする。さらにその結果を参考に、魚に優しい迷入防止策として①ビニール片を用いる方法、②流れの水温差を利用する方法の有効性を検討するとともに、現場への適用を探ることを目的とする。

3. 魚類迷入の実態と防止策の必要性

ここでは、全国の内水面漁業協同組合に対し、アンケート調査を行い、魚類迷入の実態と防止策の有無、効果、問題点について調査した結果を述べる。なお、本調査の回答率は、56% (回答数366/発送数651) であった。

(1) 魚類の迷入の実態と対策の有無

魚類の迷入の実態は、アンケートの結果取排水口共に80%を示すことがわかり、迷入が依然として河川計画上の課題であることが明確であることがわかった。また、迷入

表-1 迷入対策の有無

	取水	排水
取排水口有	161(46%)	107(30%)
魚類迷入有	128(80%)	84(79%)
迷入防止策有	43(27%)	22(26%)
迷入防止策の効果あり	19(44%)	9(41%)

表-2 迷入対策の種類

対策原理	対策		
物理的対策	スクリーン	刺し網	金網
		柵	竹の柵
			鉄柵
視覚刺激	ウインターチューブ	赤色灯	
	色などにより迷入防止	赤色	赤いスクリーン
		白色	白い迷入板
			白いテープ
			対策を白く塗る
	反射するもの	エアーカーテン	気泡カーテン
		ビニールフィルム	
		オイルフェンス	ポリ銀幕
	トラベリングスクリーン	回転網	
体感刺激	電気刺激による対策	電気スクリーン	交流 直流
	磁気を用いた対策	磁気	

表-3 防止効果

具体的な対策	効果あり	効果無し	不明
柵(網)	12	12	9
光の反射	2	0	0
色	4	4	1
エアーカーテン	1	2	0
回転網	1	0	0
電気スクリーン	6	2	1
磁気	0	2	0
流量の調整など	3	0	2

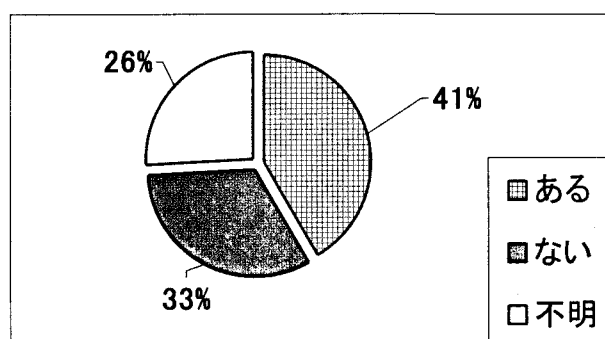


図-1 迷入対策効果の有無(排水口)

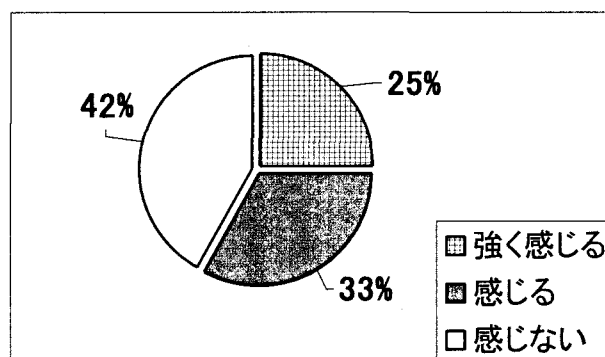


図-2 迷入防止策の必要性

のタイプは、次に示す4パターンとなることがわかった。

- ① 遡上魚の排水口への迷入
- ② 降下魚の取水口への迷入
- ③ 放流魚の取水口への迷入
- ④ 淡水魚の取水口への迷入

これらの魚類の迷入に対しての対策の有無についてみると表-1に示すように、対策を施していない箇所が全体の約70%と高い割合を占めることがわかった。

(2) 迷入対策の実態と効果

現在、実施されている迷入防止策を整理すると表-2のようになる。^{2,3,4,5)}

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、「魚類の体感刺激を利用する方法」として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。中には、光の反射や色などを利用した迷入防止も実施されており、有効であると判断されている方策もみられた。

このように、迷入防止対策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、表-3及び図-1に示すように、「効果不明」、「効果ない」という回答が少なくなく、早急な対策、方法の確立が必要であると考えられる。

(3) 対象魚種

迷入防止の対象と考える魚種は、水産資源としての価値が高いアユが最も多く、次いで、サケ、マス、アマゴの順であることがわかった。

表-4 天然アユの一生¹²⁾

季節	春	夏	秋	冬
時期	3～5月	6～8月	9～10月	10～3月
成長	稚魚	成魚	成魚	孵化、仔魚
体長	7.8cm	10～20cm	20～30cm	5～8mm
生息	河口～上流へ	中、上流部	上流～中流へ	中流～河口へ
行動	遡上	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

(4)まとめ

図-2に示すように対策への要望が高いにも拘らず、迷入に対し、現時点では効果が期待できる方策が明確でないことがわかった。

4. アユの行動特性^{2,6,7,8,9,12)}

本研究は、アユを対象として迷入防止について考えているのであるが、前以てアユの基本的な生活史、行動特性を認識しておくことが対策を立てる上で重要である。表-4はそのアユの一生を各種の文献を参考にして簡単にまとめたものである。

(1)生活史^{2,6,12)}

表-4に示すように、天然のアユは、秋に卵から孵化、仔魚となり、川の流れとともに海に降下し、沿岸海域で過ごす。海と川の水温差がなくなる春、稚魚となり、群をなして河川を遡上する。河川の中流から上流域に達すると、一定規模の縄張り確保し、そこを餌場とし定着する。8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。^{2,6)}

(2)行動特性^{7,8,9)}

a) 遊泳速度

一般にサケ、マス、アユなどの回遊魚は、適当な速さの流水中のほうが静水中よりも高速で遊泳することが知られている。

稚アユに関しては、体長に合わせ、次の値が最適流速であるとされている。

- ・体長5～6cm：最適流速30～50cm/s
- ・体長8～9cm：最適流速50～70cm/s
- ・突進速度は、体長(cm)の12.4～18.2倍程度の数値(cm/s)。
- ・巡航速度は、体長(cm)の6.1～7.6倍程度の数値(cm/s)。

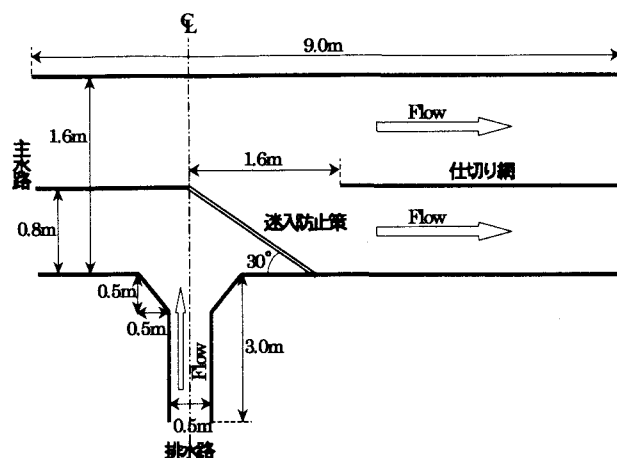


図-3 実験水路図

- ・静水中より流水中を高速で遊泳する。
- ・最大泳力を発揮する流速は、体長(cm)の6～8倍程度の数値 (cm/s)。

b) 視覚、色覚

- ・昼行性である。（しかし、日陰を好む）
- ・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。
- ・遠近の判断が弱い。
- ・赤、黄等を好む。
- ・紫、赤紫には反応しない。

c) 聴覚

- ・内耳のみである。
- ・200～3000Hzの音を内耳で感受。
- ・100Hzの音（振動）を側線で感受。

d) その他

- ・嗅覚が発達している。
- ・水温差に敏感に反応する。

5. 迷入防止策の検討

(1)検討概要

アンケートの結果、迷入防止の対象と考える魚は、アユが第1に上げられることがわかった。そこで、本研究では、遡上期の稚アユを対象に、排水路への迷入防止策について検討した。

対策法は、まず、効果ありとの回答の内、魚類へのダメージを考慮して光の反射に着目した方法とアユの行動特性より効果が期待できると判断した流れの水温度差に着目した方法の2タイプとした。

実験施設は、図-3に示す主水路および排水路よりなる模型開水路とした。また、下流に放流したアユを迷入防止装置に誘導でき、更に、その後の迷入、忌避の分類が可能となるよう主水路は、排水路との合流部上下流を水路中央で仕切った。

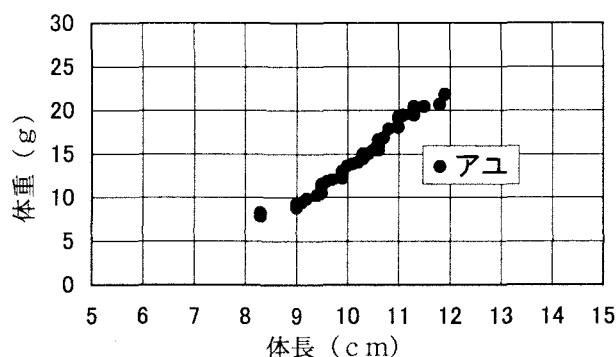


図-4 実験に用いたアユの体重と体長の関係

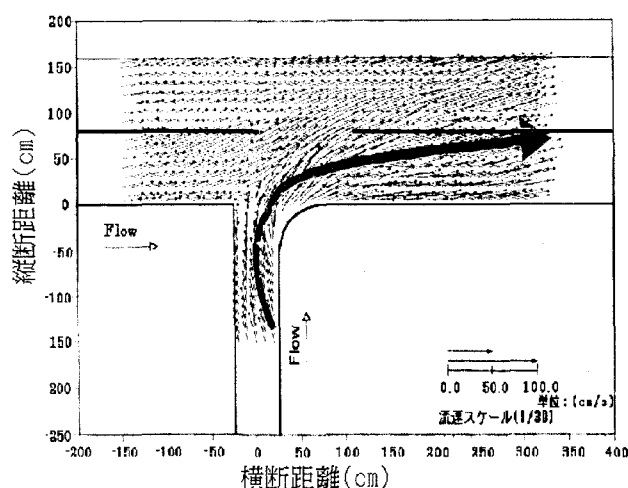


図-5 流速分布図と最大流速(主流速)線

実験は、水路下流で稚アユを一回の実験につき約10尾程度放流し、ビデオカメラと目視で排水路と主水路の合流部近傍での稚アユの行動観察を行うものとし、以上の実験を数回繰り返し行い、最終的に放流数に対する忌避率(忌避数÷放流数)により、効果を評価するものとした。

なお、実験は、アユの遊泳活動が活発とされる4月の16:00～18:00に行った。⁸⁾

(2) 実験条件

a) 対象魚

実験に用いた稚アユは、図-4に示す平均体長約9cm～12cmの個体とした。

b) 水理条件

水理量は、主水路下流に放流した稚アユが、排水路に迷入し易いよう、排水路からの流れが最大流速線を形成する、つまり排水路からの流れが、いわば呼び水となるような条件とした。¹⁰⁾ また、排水路内の流速が、アユの最大泳力を発揮するとされる体長(cm)の約6～8倍の流速値(cm/s)となるよう設定した。

実験時の流量は、以下のとおりである。また、迷入策を設ける前の流速分布は、図-5に示すとおりである。

- ・ 主水路流量：0.075m³/s
- ・ 排水路流量：0.033m³/s

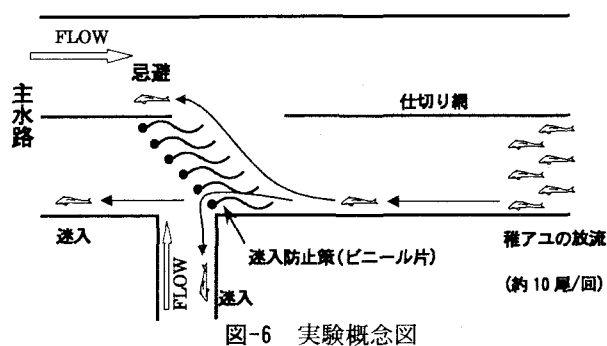


図-6 実験概念図

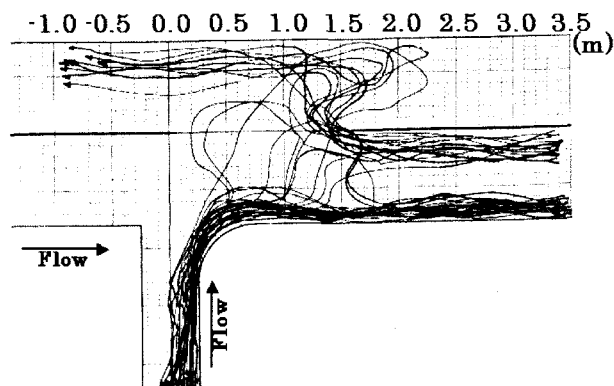


図-7 アユの遊泳軌跡図 防止策なし

(3) ビニール片の検討

この方法は、排水口の前面の主水路の水中に複数の短冊状のビニール片を設置し、それによる光の反射と流水中での動きにより稚アユを排水口から忌避させることを期待したものである。

図-6に示すように合流部の下流側に等間隔でビニール片を設置し、下流に放流された稚アユの行動調査を行った。なお、ここでは防止対策装置を通り抜けて主水路上流及び排水路へ入っていった場合を迷入と呼ぶ。

実験は、以下の3タイプを対象とした。

- ・ ケース1：ビニール片なし
- ・ ケース2：銀色のビニール片
- ・ ケース3：魚眼レンズ模様のビニール片

また、ビニール片の諸元は、次のとおりとした。

- ・ 幅：0.05m
- ・ 長さ：0.3m
- ・ 設置間隔：0.15m

a) ケース1の結果

ビニール片を設置しない場合、図-7に示すように右岸沿いを遡上した稚アユは、水路側壁に沿って排水口に迷入し、水路中央の仕切り沿いを遡上した稚アユは、左岸側に移動するものと排水路に迷入するものが観察された。放流数51尾に対し、排水路内迷入が44尾、忌避が7尾であり、忌避率は、約14%であった。

迷入防止対策を施さないと多くの稚アユが迷入してしまう。つまり本実験の水理量は迷入しやすい水理条件であると言える。

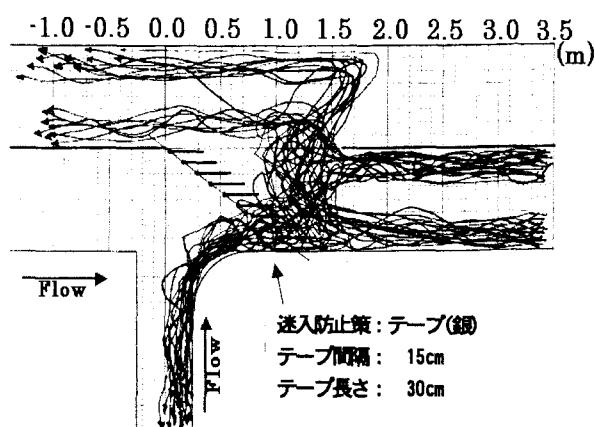


図-8 アユの遊泳軌跡 テープ(銀)

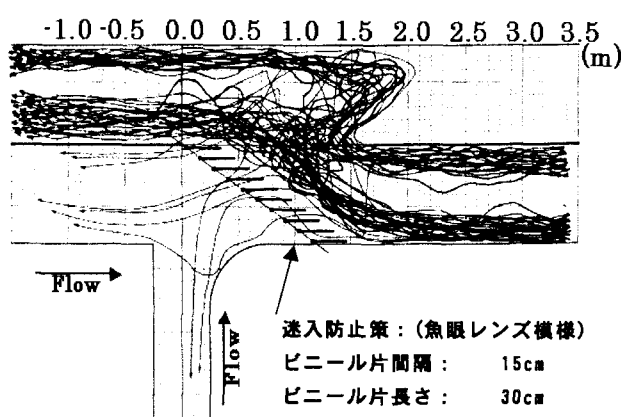


図-9 アユの遊泳軌跡 ビニール(魚眼レンズ模様)

b) ケース2の結果

銀色の短冊状のビニール片を設置した場合、図-8に示すように、下流に放流された稚アユは、中央の仕切網沿いと日陰が形成される右岸沿いを遡上し、中央仕切網沿いを遡上した個体は、ビニール片に反応し、忌避する個体が見られたが、右岸沿いを遡上した個体は、水中に吊るされたビニール片の下流で一時、定位した後、側壁に沿って排水路内に迷入する様子が観察された。このことはアユは日陰及び最適な流速を好む性質が大きい、銀色のビニール片を嫌う性質もあるということである。約10尾程度の放流を5回行った結果、放流数48尾に対し、排水路内迷入が29尾、忌避は19尾で、忌避率は40%であった。

本実験の結果銀色のビニール片は、日向部では、効果が期待できる。ただし、日陰部については、工夫を要する。

c) ケース3の結果

上記の結果を踏まえ、日射条件の影響を受けず、光を屈折させる魚眼レンズ模様のビニール片を用いた場合、図-9に示すように排水路内に迷入する個体もみられたが、ビニール片下流で停滞し、その後、忌避する個体が多く観察された。

約10尾程度の放流を7回行った結果、放流数77尾に対し、

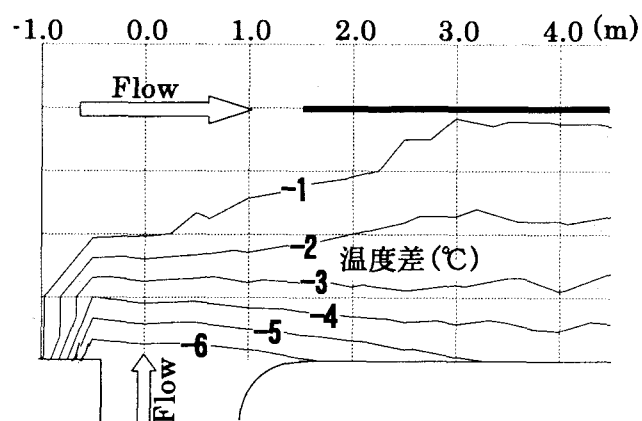


図-10 温度分布図

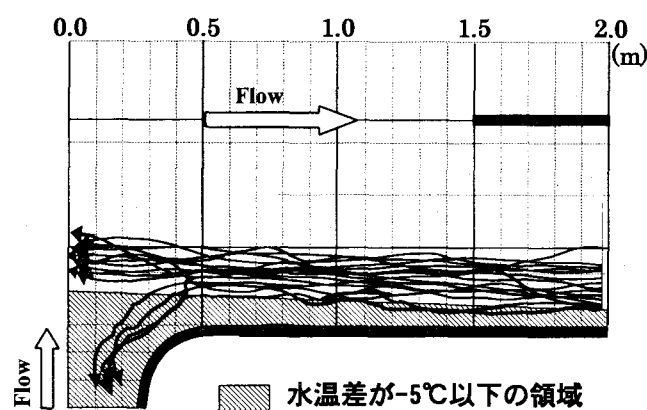


図-11 アユの遊泳軌跡

迷入が9尾、忌避68尾で、忌避率は88%を示した。以上の結果、遡上期の稚アユに対し、光を反射するビニール片がその忌避を誘発することがわかった。また、光を屈折するレンズ模様のビニール片が特に効果が高いと考えられた。これより、ビニール片の長さ、設置間隔等について今後の具体的な検討が必要となるが、迷入防止策として活用できる方法の一つと位置づけられると考えられた。

(4) 水温差の検討

著者等は、静水中においてアユが水温差に敏感に反応することを確認し、さらに流水中における反応についても検討を行い、流水中においても水温差に反応すること、また、流速に対する反応が極めて高い事を確認した。^{10), 11), 12)}ここでは、ビニール片での検討(ケース1)と同様の模型、水理条件で、主水路に対し約7°C低い水温の水を排水路から流す条件で稚アユの行動調査を行った。

図-10に主水路と排水路との合流部近くの流れの水温差分布図を示す。

結果、図-11に示すように、下流に放流された稚アユは、主流速線に乗って排水路内へ入っていきってしまうものがあつた(4尾)が、その他の稚アユは、放流された後、極端な温度差を嫌って、日陰になっている右岸側壁部を通らず

に遡上した。そして、そのまま迷入せずに主水路の温度差の少ない領域を遡上していった。約10尾程度の放流を3回行った結果、放流数30尾に対し、排水路内迷入が8尾、忌避22尾で、忌避率は71%を示した。この忌避率は、迷入防止策なし、水温差なしの実験ケース1)と比較すると極めて大きな値であり、アユは流水の温度差を嫌うことが確認できた。

このケースにおいて、アユは排水路から主水路に流れ込んで形成される呼び水となる最大流速線上を遡上しない。これはアユが水温差の方により敏感に反応するためである。

河川沿いの施設から排出される排水の実態（流速、水温等）を把握し、それらの利用を考えれば、新たに施設を作らなくても迷入防止の良い結果が得られる可能性を示唆している。

5. 結論

1) 全国の内水面漁業協同組合に対して行ったアンケートの結果、魚の、特にアユの迷入は依然として深刻な問題である。しかしそれに対し、魚に優しい適切な対策が明確で無いことがわかった。

2) 実際に魚（稚アユ）を用いた水理実験を行った結果、稚アユの迷入防止には、複数のビニール片を水路中に設置することは有効であることがわかった。

3) そのビニール片を魚眼レンズ模様状のものにすると、迷入防止の効果はさらに上がる。

4) アユは流れの水温の急激な変化を嫌うことが確認された。このことは、流れの水温差を考慮に入れた迷入防止策の可能性を示唆している。

6. おわりに

ビニール片を用いる方法、流水の温度差を利用する方法とともに迷入の防止に有効であることがわかった。さらにそれらを組み合わせることにより迷入防止効果が上がると考えられる。

今後の課題としては、実際の運用時の諸元設定に向けたビニール片の種類、幅、量、長さ、設置間隔、設置深さ等についての検討を行う必要があると考えられる。

また、それと同時に河川沿いの施設から排出される排水の利用の可能性について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 全国内水面漁業協同組合連合会：魚の迷入の実体とその対策へのアプローチ，1996
- 2) (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，1998
- 3) 木曾川用水総合事務所報告：長良川導水取水口における魚類迷入防止施設の設計検討，1998
- 4) 寺園勝二，上篠勝彦：仔アユの誘導方法（特許2023470号），1995
- 5) 関谷明，漆山敬二，寺園勝二，上篠勝彦：魚類の電気に対する反応について，1997年土木学会年次講演会，1997
- 6) 財団法人リバーフロント整備センター編：川の生物図典，山海堂，1996
- 7) (財)ダム水資源地環境整備センター，廣瀬利雄，中村中六：魚道の設計，山海堂，1994
- 8) 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，1993
- 9) 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
- 10) 須賀堯三：水理模型実験，山海堂，1990
- 11) 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，2000年河川技術に関する論文集，第6巻，2000
- 12) 関谷明，福井吉孝，坂本裕嗣，湯目史吉也：アユの迷入防止対策について-水温差の迷入防止効果-，土木学会関東支部，2001

(2001. 4. 16 受付)