

魚類の魚道内における遡上特性について

Characteristics of fish runup in fishway

山口 昌志* 吉井 厚志**

Masashi YAMAGUCHI and Atsushi YOSHII

これまで日本では、魚類の遡上が河川横断構造物で妨げられることによる内水面漁業への影響対策として魚道が設置されてきたため、対象魚を限定している場合が多い。生態系保全のためには、多様な魚種を遡上可能にする必要があるが、遊泳力の弱い魚種、底生魚等の遡上特性に関する知見が少ないのが現状である。

本報では、遡上特性の内、魚類の遡上に影響が大きい流速、各プール間の水位差に着目した。実際の魚道において、流速、水位差を変化させ遡上調査を行い、遊泳力の弱い魚種、底生魚等の遡上特性について検討した。その際、遡上経路として、越流部、潜孔部のどちらを利用しているかについても検討した。その結果、各魚種に対して、呼び水効果がありなおかつ遡上容易な流速、遡上可能な最大水位差、遡上経路が概ね把握できた。

《魚道、遡上、遊泳力、河川生態系》

In Japan, fishways have been constructed as countermeasures to ease the negative effects of river improvement works on inland water fisheries. From the aspect of ecosystem preservation, it would be necessary for various fish species to have the possibility of using a fishway. However, little is known about run up ability of fish with less swimming capability, as well as the bottom fish.

In this study, we researched the flow velocities and differences in water levels between pools set within a fishway as they have a relatively large effect on the run up of fish. We conducted a test at an actual fishway. Flow velocities and levels of pools were varied to examine run up characteristics of fish with less swimming capability as well as bottom fish. We also researched whether they run up overflows or through tunnels under water level. From the results, we found the maximum flow velocity and the maximum water level difference that will allow all varieties of fish to run up and that will attract addition to the fishway.

Keywords: fishway, runup, swimming ability, ecosystem in river.

1. はじめに

これまで日本では、アユ、サケ等が河川横断構造物により遡上困難となることによる内水面漁業への影響対策として魚道が設置されてきた。ところが近年では、もっと広い意味で河川生態系の保全に配慮した川づくりが求められており、多様な魚種を遡上可能にするための魚道の機能、有効性が注目されている。

北海道においては、サケ、サクラマスなど遊泳力の強い魚種を対象として魚道が設置されてきた経緯があり、流速、落差等が遊泳力の弱い魚種に合っていない魚道も多く見られる。すなわち、遊泳力の強い魚類には、遡上可能な魚道でも、遊泳力の弱い魚類や底生魚などのように川底を遊泳する魚類にとっては、遡上困難な場合が多々ある。底生魚の中には回遊する魚種、河川の広範囲に渡って分布している魚種がいる。このような魚種の生息範囲が拡大する可能性を高める点からも遡上を容易にする必要があるといえる。

そこで、本研究では、1994年、1995年に実際の魚道において実施した流速等の条件ごとの遡上調査に基づき、遊泳力の弱い魚種、底生魚等についての遡上特性を把握し、今後の魚道づくりに資することを目的とした。

2. 調査地点および調査方法

本研究では、2級河川貫気別川水系貫気別川（図-1）に設置されている、豊浦町有のインディアン水車公園内の魚道において調査を行った（写真-1）。この魚道は、サケの遡上期に本川をウライによって締め切り、遡上してきたサケを捕獲するために設置されたものである。

調査方法としては、魚道において流速、水位差の条件を設定して、各魚種ごとに遡上限界の把握を行った。ここで流速は、魚道に通水する取水口からの流量と魚道上流の余水吐の流量により調節した。また水位差は、魚道のプールにベニヤ板を設置し、下流水位を調節することによって設定した（図-2）。

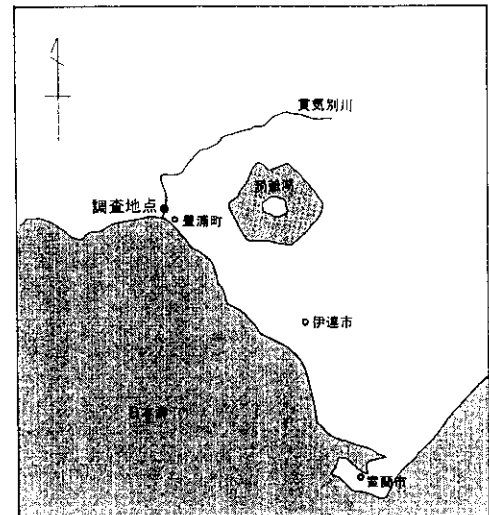


図-1 調査地点

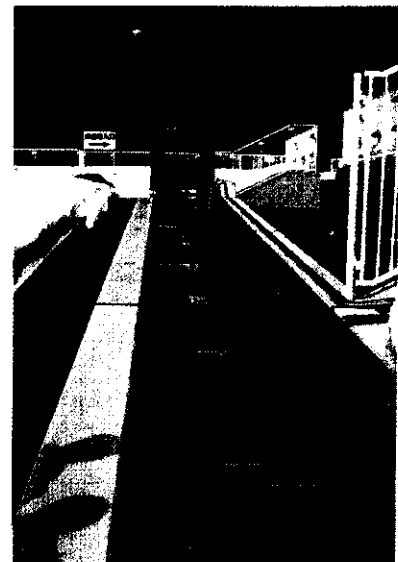


写真-1 現地魚道（階段式）

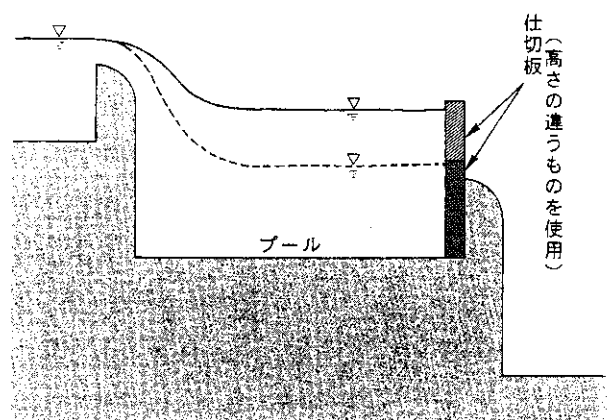


図-2 水位差の設定

表-1 対象魚の生態^{1) 2) 3)}

魚 種 名	分 類 (科属)	体長	産卵期	備 考
イバラトミヨ	トゲウオ科 トミヨ属	5 cm	4月～7月	湿原をはじめゆるやかに流れる川の中、下流域湖沼に生息する淡水魚。特に岸よりの草に多い。水中でスーッと泳いではピタリと止まる独特な泳ぎ方をする。
フクドジョウ	ドジョウ科 フクドジョウ属	20 cm	4月～7月	北海道では、湖沼や川の流程全体など広範囲に生息する。石礫底を好み、礫の隙間に生息する。雑食性で水生昆虫を好む。
ハナカジカ	カジカ科 カジカ属	15 cm	4月～6月	河口から内陸部のかなり上流まで広く分布。孵化後、直ちに海に下る両側回遊型と河川にとどまる残留型がいる。
ウキゴリ	ハゼ科 ウキゴリ属	13 cm	5月～7月	川の汽水域から上流域、山間や湿原の湖沼など広く生息。両側回遊だが残留型もいる。孵化後、海や湖に下り3～4 cmに成長して大群で遡上し生活を始める。
ヨシノボリ	ハゼ科 ヨシノボリ属	10 cm	5月～9月	学名決定が遅れており正確にはヨシノボリ属。今回用いたのはルリヨシノボリ。両側回遊と陸封型がある。孵化直後、海へ下り2 cm程で遡上し、かなり上流まで遡上する。

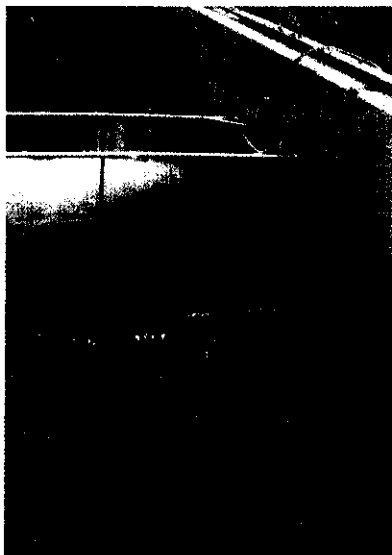


写真-2 通水状況とトラップ

遡上魚は、トラップにより捕獲することによって、越流部からの遡上と潜孔部からの遡上を確認した（写真-2）。また、魚類のプール内の遊泳状況、遡上行動については、魚道側壁に設けられたガラス窓から観察した。

魚種ごとの遡上特性については、流速と水位差の条件を設定した上で、1魚種、あるいは数種類の魚種を一緒にした1グループごとに調査を行った。条件設定の変更は、魚類の遡上状況、体力の消耗具合を見ながら行った。調査時期は魚類の遡上期あるいは、産卵期

といった行動の活発になる時期を考慮し、1994年は5・6・8月、1995年は7・8月の計5回である。

遡上特性の把握のためには、室内実験も行われているが、できるだけ実際の空間環境で調査することが必要と考えられるので、実際の魚道を使用した。

3. 調査魚種

今回、調査を行った魚種は、イバラトミヨ、イトヨ、フクドジョウ、ハナカジカ、ウキゴリ、ヨシノボリ、ヌマチチブ、ジュズカケハゼ、ワカサギ、ヤマベ、ウグイの12種類である。この内ヤマベ、ウグイは、遡上特性を把握するための、予備調査的な魚種として扱った。この2種は、比較的遊泳力の強い魚種であり、この2種類にとって遡上不可能な条件では、他の魚種にとっても遡上は困難であると考えられる。また、調査時の気象条件、魚種の個体差による活動期の違いから、イトヨ、ヌマチチブ、ジュズカケハゼ、ワカサギについては、遡上魚数が十分ではなく、明確な結果が得られなかった。したがって、本報で遡上特性を解明する対象魚は、イバラトミヨ、フクドジョウ、ハナカジカ、ウキゴリ、ヨシノボリの5種類とした。これら5種についての生態の概要を表-1に簡単に示す。イバラトミヨは、回遊性の魚種ではないが、遊泳力の小さい魚種で近年の環境変化により生息域が狭め

られているのが現状である。フクドジョウも回遊性の魚種ではないが、河川の広範囲にわたり生息しており、魚道を使った遡上の例も報告されている⁹⁾。ハナカジカ、ウキゴリ、ヨシノボリは回遊性の魚種であり河川を遡上する。

用いた魚類は、全て天然魚とした。養殖魚を用いた場合、いけすなどで成長したために天然魚に比べて遊泳力が弱いこと、環境の変化に対応する能力が低いことが考えられる。そのため、正確に遡上特性を把握するには、天然魚を用いることが重要である。また、捕獲した魚類を現地の河川水温へ適応させるための水温馴致を行っている。

4. 各魚種の遡上結果

魚種ごとの調査結果を以下に述べる。ここで、放流魚のうち何尾遡上したかについて検討するのが一般的であるが、前述のように気象条件、個体差等により遡上意欲を持たない魚類がいる可能性がある。すなわち放流数を基準にしてしまうと、遡上意欲の小さい魚類が多い場合は、遡上率が小さく表れてしまう。また本調査は、天然魚を用いているため、各魚種間で放流数にばらつきがあり、単純な比較が難しい面もある。そこで、遡上意欲のある魚類に着目し、遡上に成功した魚数と失敗した魚数について明らかにした。

今回は、魚類の遡上に構造的に影響の大きい項目として、流速と水位差について検討した。流速について

は、遡上数から最高流速と最適流速を判断した。ここで述べる最適流速とは、魚類の遡上を誘因する呼び水効果があり、なおかつ遡上が容易な流速である。また最適流速は、本調査の条件設定内の最適を意味する。水位差については、差が小さい方が遡上容易であるのは当然であり、遡上の際の限界値として捉えた。また、遡上経路として越流部、潜孔部のどちらを利用しているかについても調べた。

(1) イバラトミヨ

図-3～図-5に遡上結果を示す。調査時の水温は、12.8～17.6℃であった。図-3から流速については、0.8～1.0m/sでの遡上が多く、流速が速くなるにつれて遡上数が減っている。最高で1.2～1.4m/sにおいて若干遡上しているが、失敗数が大きく上回っており、0.8～1.0m/sが最適流速と考えられる。

図-4から水位差については、5～10cmでの遡上が圧倒的に多い。水位差が10cm以上になると遡上数は極端に少なく、遡上に失敗している数が多いことがわかる。遡上数の多い水位差5～10cmにおいても、多数が遡上に失敗しており、魚体の小さい魚種であるため水位差の影響が大きいといえる。

図-5から遡上経路では、越流部、潜孔部共に利用しており、底生魚ではないが、潜孔部の利用が多いことがわかった。潜孔部では遡上に成功している魚種が多いのに対し、越流部では遡上失敗数が多く、水位差

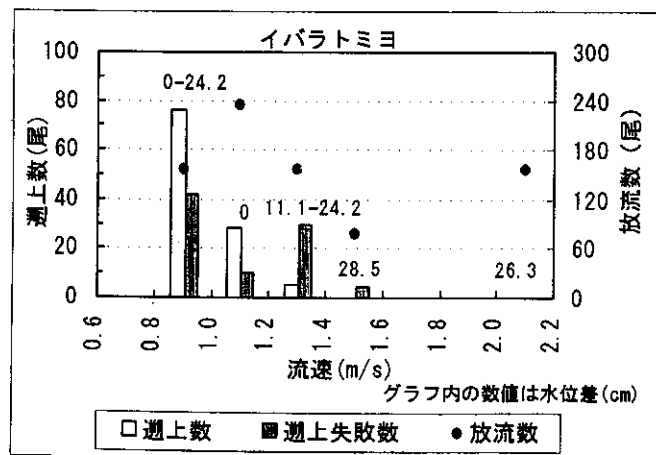


図-3 イバラトミヨの遡上結果 (流速)

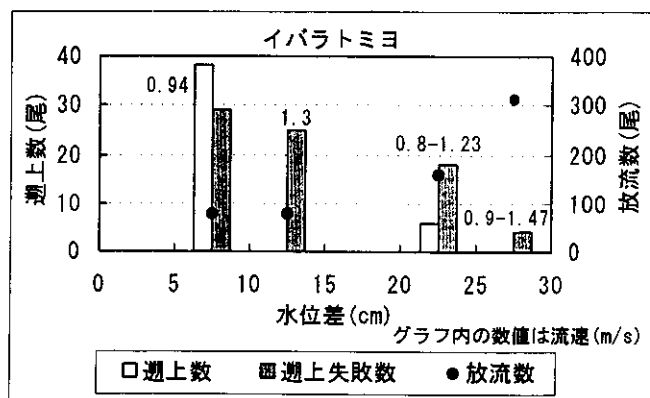


図-4 イバラトミヨの遡上結果 (水位差)

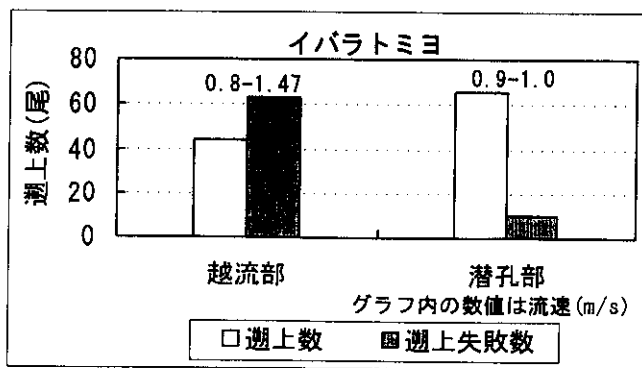


図-5 イバトミヨの遡上結果 (遡上経路)

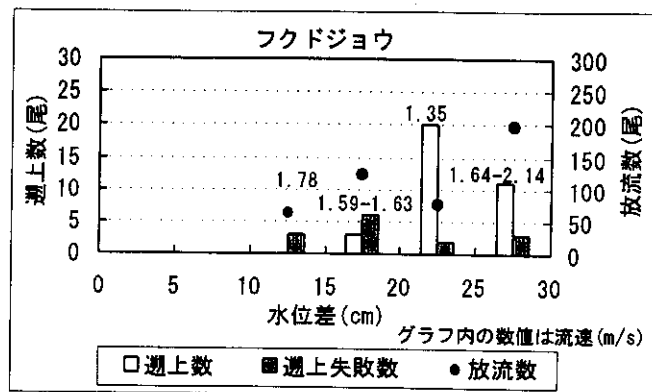


図-7 フクドジョウの遡上結果 (水位差)

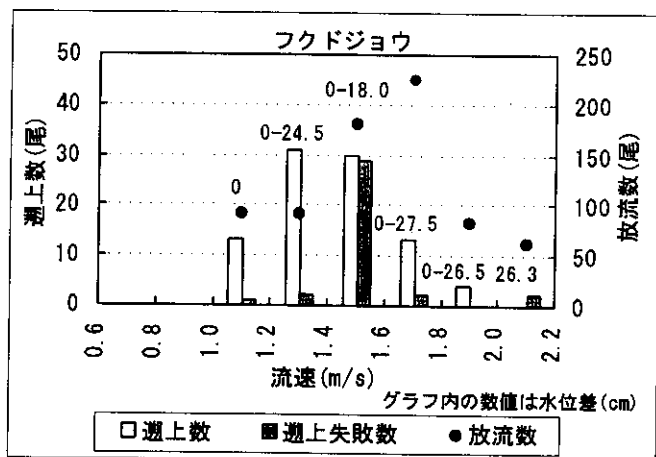


図-6 フクドジョウの遡上結果 (流速)

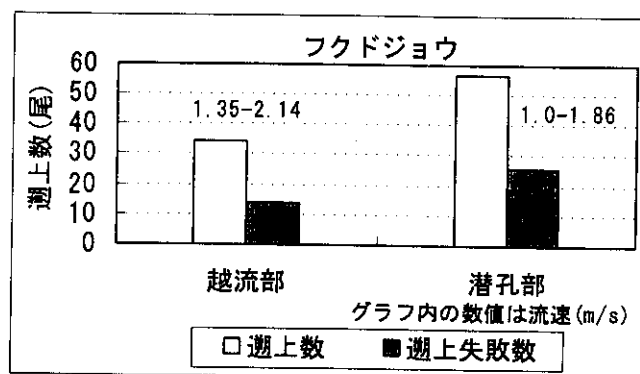


図-8 フクドジョウの遡上結果 (遡上経路)

の発生しない潜孔部を積極的に利用させる工夫を施すのが得策である。

(2) フクドジョウ

フクドジョウの遡上結果は図-6～図-8に表すとおりである。水温については、12.6～19.3℃であった。流速については、図-6に見られるように1.0～2.0m/sの間で遡上しており、1.2～1.6m/sに集中している。しかし、1.4～1.6m/sでは遡上数とほぼ同数が遡上に失敗しており、1.2～1.4m/sが最適流速と考えられる。最高遡上流速は、1.8～2.0m/sで若干数が遡上した。

図-7から水位差については、20～25cmが多く、25cm～30cmにおいても遡上している。これは、最適流速時の水位差が20～25cmであったためであるが、水位差30cm位までであればそれ程影響はないように思われる。流速についても1.8m/sまでは遡上可能であり、底

生魚としては遊泳力が強いことがわかった。

図-8から遡上経路は、越流部より潜孔部からの遡上が多く、遡上失敗数も含めて潜孔部を利用しようとする傾向があり、底生魚の特徴が表れている。しかし、水位差の発生する越流部からの遡上も多く、越流部と潜孔部の両方から遡上を試みていることが明らかになった。これらから、フクドジョウは、水位差よりも流速を適切に設定することにより遡上を容易にすることができるが、ある程度流速に幅を持たせても遡上は可能であると考えられる。

(3) ハナカジカ

図-9～図-11にハナカジカの遡上結果を示す。調査時における水温は、12.6～19.9℃であった。図-9から流速については、0.8～1.0m/sと1.2～1.4m/sで遡上数が多い。1.4～2.0m/sの間においても少数ではあるが遡上している。1.0～1.2m/sの間で遡上数が少ないのは、調査回数が少なかったためと考えられ、調

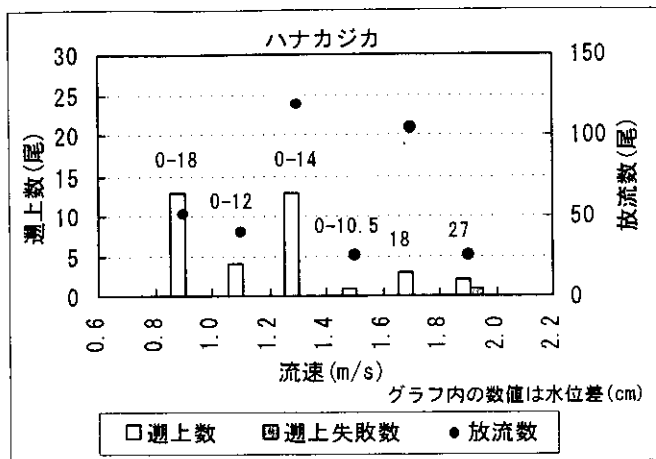


図-9 ハナカジカの遡上結果（流速）

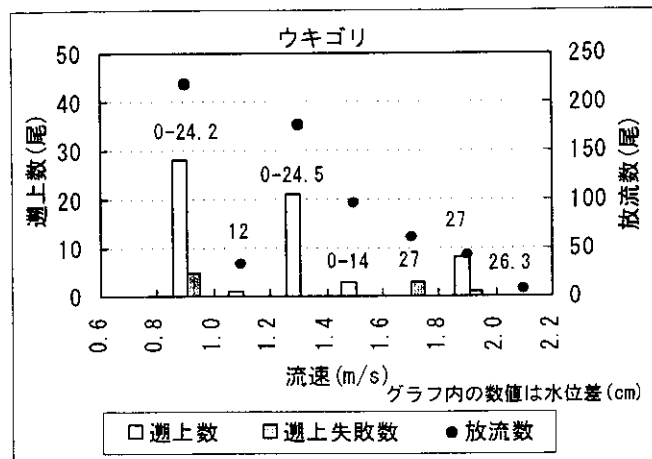


図-12 ウキゴリの遡上結果（流速）

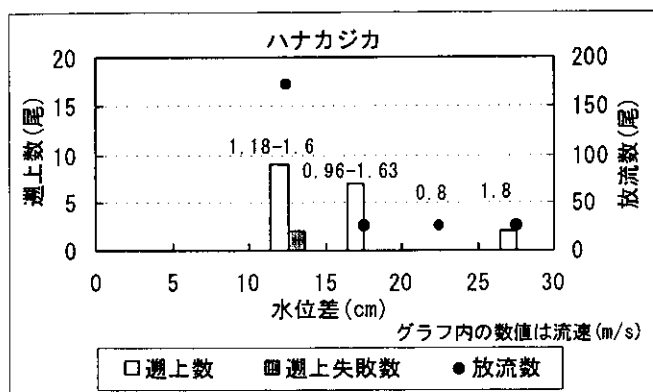


図-10 ハナカジカの遡上結果（水位差）

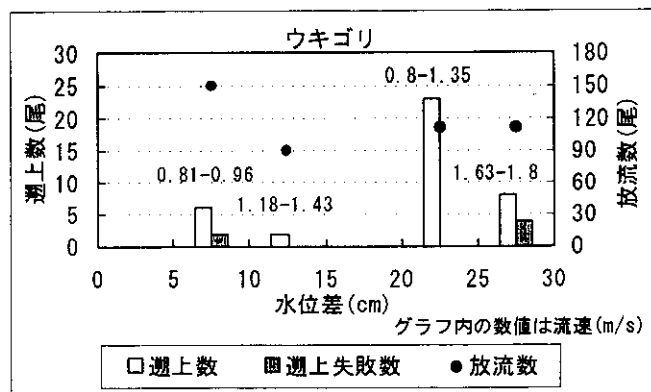


図-13 ウキゴリの遡上結果（水位差）

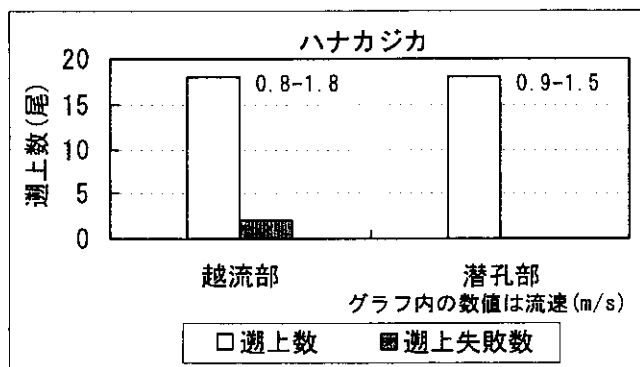


図-11 ハナカジカの遡上結果（遡上経路）

査回数を増やすことにより1.0～1.2m/sでの遡上も増加すると考えられる。遡上数から判断すると0.8～1.2m/sが最適流速と思われる。

図-10に示すとおり水位差については、25～30cmにおいて若干の遡上が見られるが10～20cmに集中しており、水位差の変化により影響を受けやすく、高水位差

では遡上が困難であると考えられる。

図-11のように遡上経路は、越流部、潜孔部において同数が遡上しており、差がないことがわかった。しかし、水位差の影響を受けやすく、底生魚であることも考慮すると潜孔部から遡上させる方が遡上率を高めると考えられる。全体として遡上失敗数が少なく、遡上意欲を持った魚類のほとんどが遡上しているが、放流数に比べて遡上意欲を持った魚類数が少なく、調査時の気象や魚類の行動期が合わなかった可能性がある。

(4) ウキゴリ

ウキゴリの遡上結果を図-12～図-14に示す。調査時の水温は、13.4～17.6℃であった。図-12から流速については、0.8～1.0m/sと1.2～1.4m/sで遡上数が多く、最も遡上数の多い0.8～1.0m/sが最適流速と思われる。最高で1.8～2.0m/sの流速で遡上が見られたが、

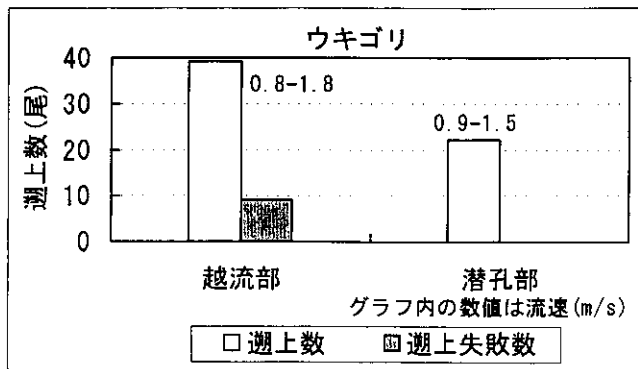


図-14 ウキゴリの遡上結果 (遡上経路)

速い流速を苦手とする傾向があるように思われる。

図-13の水位差については、20～25cmに集中しており、25～30cmにおいても遡上が確認された。これは、フクドジョウと同様に最適流速時の水位差が20～25cmであったためであるが、水位差25cm位までであればそれ程影響はないように思われる。

図-14に表すように遡上経路は、潜孔部に比べて越流部からの遡上が多く、底生魚でありながら越流部を利用していることがわかった。潜孔部からも越流部の50%以上の遡上が見られ、両方を利用している。このことから、水位差よりも流速を適切に設定することで遡上率を高めることができると考えられる。

(5) ヨシノボリ

図-15～図-17にヨシノボリの遡上結果を示す。水温は、15.4～15.8℃と比較的差が小さい範囲での調査であった。図-15から流速については、0.8～1.0m/sに集中している。1.8～2.0m/sの比較的速い流速においても遡上が認められた。しかし、遡上数から判断すると流速の影響を受けやすく、0.8～1.0m/sが最適流速と考えられる。

図-16に表すように水位差については、20～25cmが多数を占めている。25～30cmの高水位差においても遡上が確認された。ハナカジカ、ウキゴリと同様に最適流速時の水位差が20～25cmであったためであるが、水位差25cm位までであればそれ程影響はないように思われる。

遡上経路については、図-17のように潜孔部と比べ

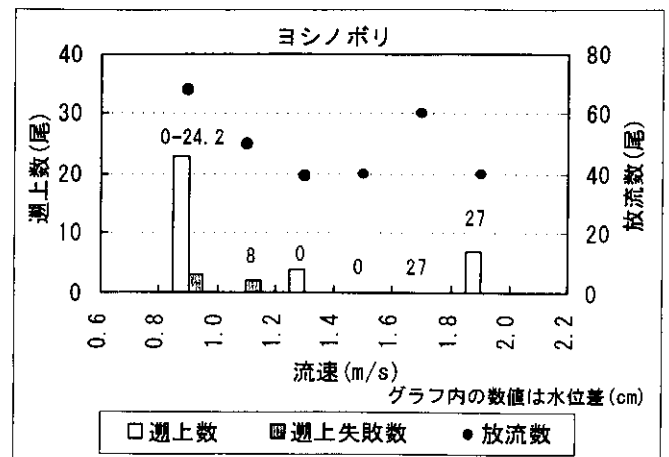


図-15 ヨシノボリの遡上結果 (流速)

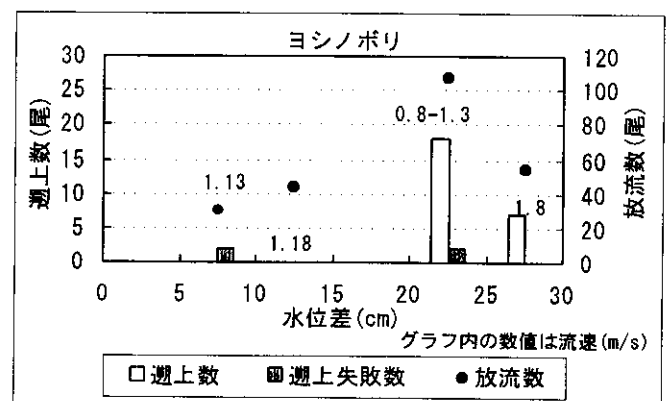


図-16 ヨシノボリの遡上結果 (水位差)

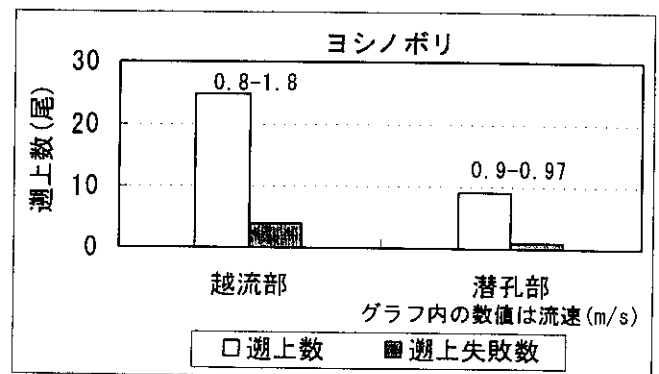


図-17 ヨシノボリの遡上結果 (遡上経路)

て越流部からの遡上が多いことがわかった。底生魚でありながら越流部から遡上を試みている。以上よりヨシノボリの影響を受けやすいのは流速であり、適切に設定する必要がある。これは、同じハゼ科であるウキゴリと似たような結果となった。

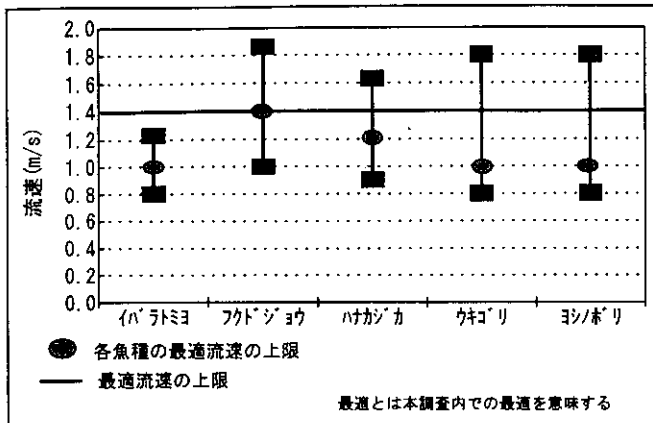


図-18 各魚種の最適流速

5. 遡上魚を多様にするための流況

以上の調査結果から、各魚種が越流部、潜孔部を含めて遡上した時の流速の範囲を図-18に示す。流速データの最高値、最低値は越流部と潜孔部の流速を比較し、大きい（小さい）流速を採用した。また、魚種ごとの遡上可能水位差の最大値を図-19に示す。これから流速、水位差の最大値は、遡上限界の指標となる。

今回調査した5種全てを遡上容易にするためには、図-18の直線で示す各魚種の最適流速を含んだ流速1.4m/s以下を分布させればよいと考えられる。流速が遅いことは、遡上を容易にするが、その反面、呼び水効果が低くなり、魚道の発見率、遡上行動の誘発力が低下する。多様な魚種に対して、呼び水効果を発揮し、なおかつ遡上率を高めることを考えると、それぞれの魚種に見合った遡上のための流速が要求される。したがって、様々な魚種に対応させた魚道を考えて、対象とする全ての魚種の最適流速を分布させる必要がある。単一な形状では単一な流れしか形成できないので、多様な流速分布を持った流況を形成するためには、形状に工夫をする必要がある。特に越流部の底面の形状を平らではなく、横断的に高低差を付け、水深の変化による流速分布の多様化も効果的と考える。この流速を今回示した遊泳力の弱い魚種に適用できるように設定すればよいわけである。今回の調査では、最適流速の上限値については、概ね把握することができた。しかし、最適流速の下限値については、データ

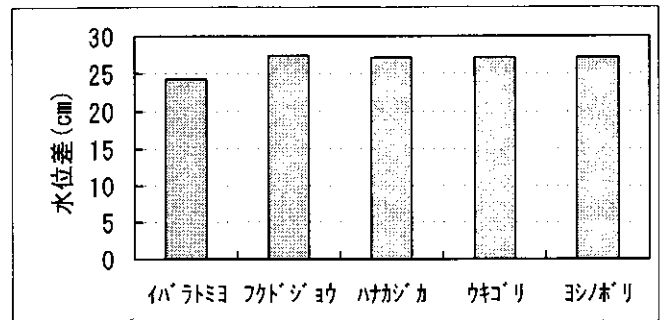


図-19 各魚種の最大遡上水位差

として不十分であり、明確な下限値の把握までには至っていない。このことについては今後の課題である。

水位差については、水位差自体を苦手とする魚種や、25～30cm程度であれば影響が少ない魚種がいることがわかった。水位差は小さい方が遡上容易であるが、最大で30cm位が限界と考えられる。ここでの水位差とは、水脈が隔壁から剝離しない流況下のことである。

遡上経路については、越流部と潜孔部両方を利用しているが、潜孔は、魚道内の土砂堆積防止の役割で設けられるケースが多く、また潜孔部からの流入水により、プール内流況を乱す要因として否定的に扱われる面もあった。しかし、今回の結果から潜孔を使っでの遡上が確認され、遡上能力の小さい魚類、川底を遊泳するような魚類には潜孔が有効と考えられる。潜孔部においては、水位差がないため、好んで利用する魚種もある。そのような魚種については、積極的に利用させる工夫をした方が得策といえる。その際には、流況を乱さない潜孔の縦断的、横断的な配置の検討が必要となる。

6. おわりに

今回対象とした魚種は、今まであまり取り上げられることがなかった魚種であるが、実際多くの道内河川で生息している。多様な河川生態系を保全するためには、このような魚種の移動についても積極的に考慮すべきである。

調査の結果、魚種ごとの遡上限界、越流部・潜孔部

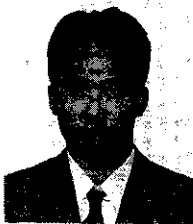
といった遡上経路が概ね明らかとなった。しかし、調査の頻度、設定条件による魚類の放流数のばらつき、気象条件等による行動期のずれがあるため、今後のデータの積み重ねが必要となる。また、調査方法、評価方法についても改善すべき点があると考えられる。

魚道を設置する場合、迷わず魚道入口に集魚し、速やかに通過させ上流を目指せるようにすることが不可欠である。魚道内において必要以上に滞留させてはいけなく考えられる。そのためには、今回のような魚道内における呼び水効果の考え方を進め、遡上容易な流速帯の研究が進むことにより、今後の魚道設計に活用できると考えている。

調査にあたり、豊浦町インディアン水車公園内の魚道を豊浦町の好意で使わせて頂いた。豊浦町の関係各位にこの場を借りて謝意を表す。

参考文献

- 1) 稗田一俊著 久保達郎監修：北海道の淡水魚、北海道新聞社、1984
- 2) 川那部浩哉、水野信彦 編、監修：日本の淡水魚、山と溪谷社、1990
- 3) 川那部浩哉、水野信彦 共著：川と湖の魚①、②、保育社、1989、1990
- 4) 山口昌志、矢部浩規他：魚類の遡上調査による魚道機能について、第37回北海道開発局技術研究発表会発表概要集、1994
- 5) 廣瀬利雄、中村中六 編著：魚道の設計、山海堂、1991
- 6) 山口昌志、谷昭彦：魚道における魚類の遡上特性、第38回北海道開発局技術研究発表会発表概要集、1995



山口昌志*

開発土木研究所
環境水工部
環境研究室室員



吉井厚志**

開発土木研究所
環境水工部
環境研究室長