

魚道形式選定のプロセスに関する考察

Studies on Determining the Type of Fish Ways

研究第一部 部長 古川 博一
研究第一部 主任研究員 片沼 弘明

This report discusses the design method determining the types of fish ways, including gathering data, establishing the design conditions, and choosing the location of fish ways. It also reviews the strengths and weaknesses of the main fish way and the various factors that affect the decision process, such as the type of fish way is different depending on the objectives; the location and fish species .

Keywords: design process, design criteria, weir, classification of fish ways, selection of type

1. はじめに

現在、魚がのぼりやすい川づくりモデル事業等により魚類の遡上環境の改善を図るため、全国で魚道の新設や改善が実施されている。

しかしながら、これまで魚道の設計手法が確立されていなかったり、慣例的に取り入れている方法にも問題点が見受けられることから、近年、これらの問題点や解決策が各方面から指摘されてはいるものの体系的な整理が行われていないため、設計に活かされていない現状にある。

さらには、近年、新しいタイプの魚道が用いられるようになり、魚道の設計に関する指針の確立が望まれるようになってきている。

このため、本研究は設計・計画者が魚道の設計を行うにあたっての指針として、魚類の生態的特性や魚道に関する最新の知見を取り入れた設計手法の確立を目指したものであり、本報告では魚道形式選定までのプロセスについて概説する。

2. 魚道形式選定のプロセス

2-1 魚道の設計手順

魚道の設計における手順を図-1に示す。

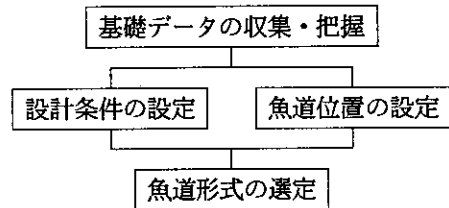


図-1 魚道設計の手順

Figure 1 Procedure for Construction of Fish Ways

以下、項目毎に検討内容や留意点について概説する。

2-2 基礎データの収集・把握

(1) 対象魚の生態把握

魚道の設計及び効果の検証に際し、その河川に生息する魚介類の中から代表魚種を選定する。これは、魚介類が多種にわたり、それぞれについて検討することが非効果的であることから、設計、検証を有効に行うため便宜上魚種を絞り込み代表魚種を選定する。

代表魚種を選定にあたっては、以下に示す項目などを考慮して選定する。

- ① 生活を全うするために河川内移動が不可欠であるもの

- ② 生活型別の代表種
- ③ 遊泳形態（遊泳魚、底生魚）の違い
- ④ 水産上重要な魚介類
- ⑤ 天然記念物等の貴重種
- ⑥ 流域分布（上流域、下流域）の違い

次に、選定した代表魚種について、以下に示す項目を主体に生態の把握を行う。

- ① 遡上時期、遡上目的、遡上量、産卵場など生活史に関するもの
- ② 体長及び体高
- ③ 遊泳特性

(2) 地形的特徴の把握

魚道設置対象構造物のデータ（堰・落差工の形態、諸元、落差、勾配、取水データ）や構造物設置場所の地形・地質及び河床変動経歴を把握する。

(3) 水文諸量の把握

魚道設置対象構造物の流況・位況資料を基に、水位変動幅や流量（特に魚介類遡上期）及び送流土砂量、流木等浮遊物量を把握する。

また、魚道設置対象構造物周辺の流向、流速の状況を把握しておくことも重要である。

(4) その他のデータ

魚の生態、地形諸元、水門諸量のほかにも以下に示す項目について把握しておく必要がある。

- ① オペレーション機能を持たすことの可能性（特にメンテナンスの可能性）
- ② 漁業権の設定状況や稚魚の放流実態等
- ③ 親水機能や景観面における配慮の必要性

2-3 設計条件の設定

(1) 対象河川流量の範囲設定

魚道設計において対象とする河川流量の範囲は、以下に示す項目などを考慮して決定する。

- ① 遡上期の取水条件及び河川流量
- ② 遡上の緊急性
- ③ 遡上を促す引き金

取水堰の場合、取水条件によって河川流量に余裕がなくなることもあり、また、季節的に湛水位が変位する場合もあるため、こうした条件を十分に考慮したうえで、河川流量を時系列で

検討し設計対象河川流量の範囲を決定する。

また、穏やかな流況が長時間続いている時よりも、むしろ増水などによって流況が変化する時に大量の遡上行動を起こす魚も珍しくないため、このような魚を対象とする時には、そうした流況変化も包含するような範囲とする必要がある。

(2) 魚道入口水位の設定

魚道入口の水位（下流河川水位）及びその変動範囲は、設計対象河川流量の範囲が設定されれば、下流河道における水理計算などから自ずと導かれるが、必要に応じて以下に示す項目にも考慮する必要がある。

- ① 干満による潮位変動の影響
- ② 将来の河床低下あるいは堆砂の影響
- ③ 護床工等の影響
- ④ 河川改修等の計画の有無

(3) 魚道出口水位の設定

魚道出口の水位は、設計取水水位（上流側湛水位）を基準として設定する。

一般に取水堰上流側の湛水位は、平常時においてもある程度変動しているため、魚道は水位変動に調節装置なしでも対応可能な構造とする必要があるが、水位変動が大きすぎて遡上困難な状況になり得る場合は、魚道通水量の調節が必要となる。

ただし、洪水時の水位変動による流量変化が、遡上の引き金となる場合も多いので、通水量調節は必要最小限にすべきである。

(4) 魚道流量の設定

魚道流量は、一般的には多いほど良いが、以下に示す項目などを考慮して決定する。

- ① 取水条件
- ② 遡上期の河川流量
- ③ 代表魚種
- ④ 設計対象河川流量

(5) 対象魚介類の遡上能力限界値の設定

対象魚介類について、体長、体高及び遊泳特性から遡上能力の限界値を設定する。

(6) 立地条件及び経済的条件の確認

地形的立地条件、構造物の形状より魚道設置が可能な場所及び規模の限界を設定する。

2-4 魚道位置の設定

(1) 魚道位置の設定

魚道設置位置の選定にあたっては、以下に示す項目などを考慮して決定する。

- ① 河川管理施設等構造令
- ② 遡上経路
- ③ 集魚場所
- ④ 周辺地形などの立地条件

遡上経路を推定するには、多様な流況下において遡上魚が選好する流れを見出せればよいが、一般的に大型魚であれば河道の最深部を好んで遡上し、小型魚であれば側岸寄りの比較的浅い部分を選択して遡上することが多いことから、代表魚種に応じた遡上経路を設定し魚道位置を決定することもできる。

また、横断構造物下流に集魚場所が存在する場合には魚道位置をその場所にすることも可能である。

しかし、魚の遡上経路や集魚しやすさから考えて適地であっても、魚道勾配が取れなかったり、上流側に取水口があるなど、魚道設置が困難な場合も少なくないため、総合的に勘案して決定する必要がある。

(2) 魚道入口の設定

魚道入口の設定は、以下に示す項目を考慮して決定する。

- ① みお筋（遡上経路）
- ② 深掘れ箇所
- ③ 集魚場所

河川横断施設の集魚の状態は、堰床止の構造・越流状況によるが、放流方法によって大きく異なる。

例えば、可動堰の場合で堰下流部に相当な水深があり調節ゲートから放流すれば、放流部に流れが集中して両端に少し流れの緩やかな場所が生じることとなり、入口がこの場所に面していれば、魚類はその習性から入口に集魚し進入

する。

したがって、魚道入口はできるだけ堰に近づけた方がよいこととなるが、ゲートの構造やゲートの放流管理あるいは魚道入口の構造を十分に考慮したうえで決定しなければならない。

なお、魚道の開口方向は、魚介類を魚道入口に誘導・進入し易くするよう検討しなければならない。

また、既設頭首工に魚道を設置する場合は、遡上魚が集魚している場所に魚道入口を設ければよいこととなる。

ただし、立地条件などによって、魚道入口を集魚場所に設置できない場合には、魚道入口へ誘導する施設を設けるか、集魚場所を魚道入口に変更するなどの工夫が必要である。

なお、一つの魚道に対して複数の入口を設け、複数の集魚場所に対処することが有効な場合もある。

(3) 魚道出口の設定

魚道出口の位置の選定にあたっては、下記の項目などに考慮する必要がある。

- ① 取水口への迷入・吸引
- ② 土砂等の堆積による閉塞
- ③ 堰からの越流・放流への迷入・吸引

一般的に、取水口への迷入を避けるためには取水口の近くに魚道出口を設置しないほうがよいが、土砂等の堆積による閉塞を避けるためには取水口近傍の方が有利である。

したがって、取水口近傍ではあるが、取水の流れによる流速が、魚道出口において巡航速度程度以下であるような場所がよいことになる。

また、堰を越流する流れがある場合には、堰の越流部からある程度離れていることも必要である。

いずれにしても、魚は側方からの流れを突然受けた場合には流され易いため、取水口周辺における流速の絶対値よりも、流向の方が重要な意味を持つことになる。

2-5 魚道形式の選定

魚道形式は、使用目的や使用場所、対象魚種などにより、さまざまな形式が用いられている

現状にある。ここでは、主な形式の長所や短所及び検討すべき対象施設について概説する。

(1) プールタイプ

① 階段式：この形式の最大の難点は、上流側湛水位の水位変動によって流速や流量が著しく変動することである。

この難点をカバーする方法としては、最上流部に流量調節装置を付けて、流量や流速の両方をコントロールする方法が考えられるが、調節装置に維持管理費が高くなるなど別な問題の発生も考えられる。

他の方法としては、適度な大きさの潜孔を設けることにより、魚道内の流量を安定させる方法も考えられるが、隔壁の越流流速までコントロールすることはできないと思われる。

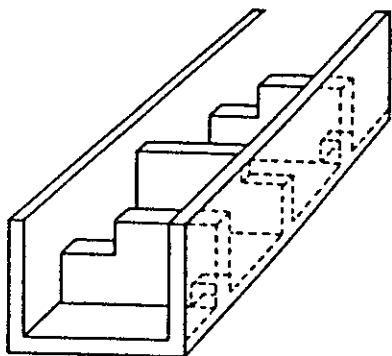


図-2(1) 全面越流式

Figure 2-1) Full-overflow type

この形式を選定するには、以下に示す項目などに留意すべきである。

- ・水位変動の影響を強く受けること
- ・プール間の水位差を大きくすると遡上しづらくなること
- ・水表面近くを遊泳する魚以外には不適当なこと
- ・プール間の水位差を小さくし過ぎると流況が不安定になり易いこと
- ・プール内に土砂等が堆積しやすいこと

なお、こうした欠点を克服するために改善されたものとしてアイスハーバー型がある。

ただし、欠点もあるが、我が国では最もがピュラーなタイプであり、以下に示すような長所も考えられるため、必ず形式選定の対象に入れておくべき形式である。

- ・実績が多くデータの蓄積も多くあること
- ・流量調節が可能であること
- ・遡上状況が簡単に観察できること
- ・他の形式との組合せが可能であること

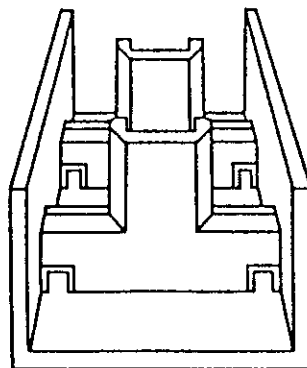


図-2(2) アイスハーバー型

Figure 2-2) Ice Harbor weir type

② 潜孔式：流量も流速も各プール間の水位差で決まるため、水位そのものに影響されないのが、この形式の最大の特徴である。

留意点としては、以下に示す項目などが考えられる。

- ・水位差を小さくしないと潜孔流速が大きくなり過ぎること
 - ・潜孔がある程度大きくないと遡上魚の通過に支障が起きる可能性があること
 - ・水表面を遊泳する魚には不向きであること
- したがって、流量の安定性を重視する発電用ダムなどでは有力な候補として検討対象とすべき形式である。

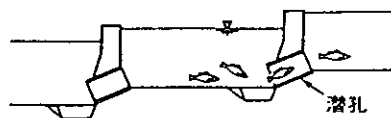


図-2(3) 潜孔式

Figure 2-3) Orifice type

- ③ バーチカルスロット式：潜孔式と同様、最大流速が発生するスロット部の流速は各プール間の水位差で決まるが流量は水深によって変化するのだが、この形式の特徴である。

留意点としては、潜孔式の場合とほぼ同じと考えられるが、水表面を遊泳する魚にも有効である点が大きな違いといえる。

したがって、低落差で水位変動が激しく、流量調節装置の設置やメンテナンスが困難な堰などで検討対象とすべき形式である。

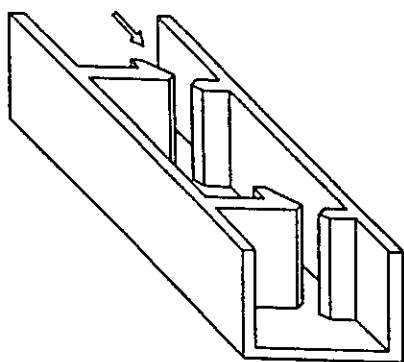


図-2(4) バーチカルスロット式
Figure 2-(4) Vertical slot type

(2) 水路タイプ

- ① 緩勾配バイパス式：上流側の水位変動に応じて流速や流量が変化するが、その量的把握を行うことが難しいのがこの形式の難点である。

また、この形式では相当緩い勾配にすることで、目的とする緩い流速が得られることになるが、一方で水温の上昇や鳥類による食害対策などに気を付ける必要がある。

したがって、高水敷が広く、親水性を重視するような場合には、さまざまな工夫ができる点において有効なタイプであり、検討対象とすべき形式である。

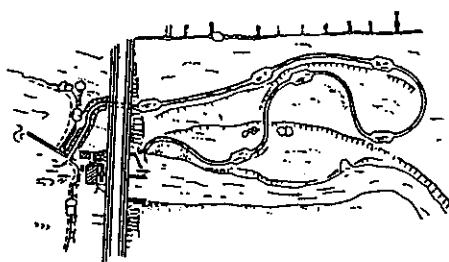


図-2(5) 緩勾配バイパス式
Figure 2-(5) Slow-slope by-pass type

- ② 粗石付斜路式：緩勾配バイパス式と同様、流量や流速、あるいは流況を量的に把握できない難点がある。

しかし、斜路を曲面化することで、水深や流速にある程度の幅を持たすことが可能となりえる利点もある。

したがって、通常のメンテナンスがほとんど期待できない低落差の堰や川幅が小さい河川などで検討対象とすべき形式である。

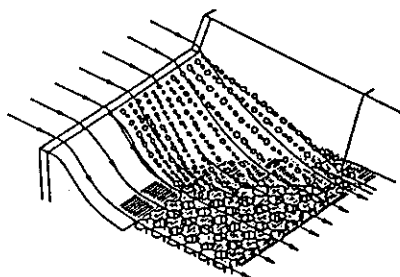


図-2(6) 粗石付斜曲面式
Figure 2-(6) Sloped fish way with cobble stones type

- ③ デニール式：標準型やスティープパス型は、本来、急勾配用の魚道として開発されたものであるため、かなりの急勾配でも使用できるという利点がある。

また、比較的幅の狭いものでも十分に魚道として機能できることも評価できる点である。

舟通し型は、文字通り舟通しを兼ねることが出来るものであるが、急勾配では大型魚（遊泳力のある魚）しか通過できなくなる難点もある。

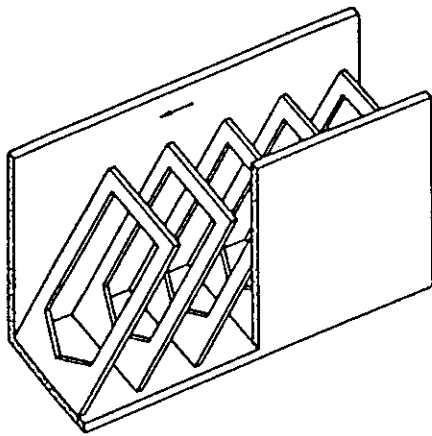


図 2-(7) 標準型デニール
Figure 2-(7) Standard Denil type

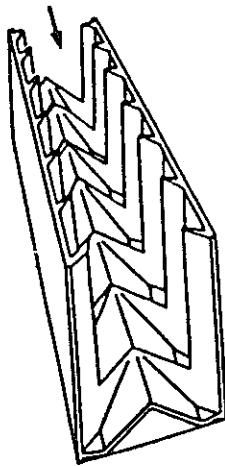


図- 2(8) スティープパス型デニール
Figure 2-(8) Steep path Denil type

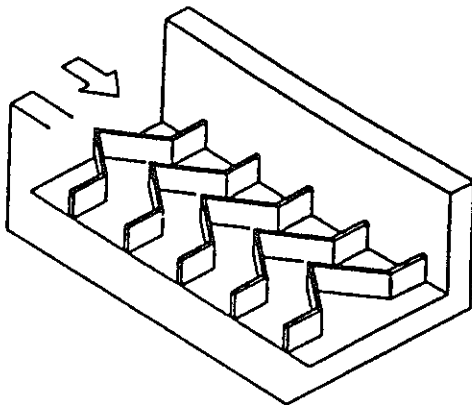


図- 2(9) 舟通し型デニール
Figure 2-(9) French type Denil

いずれにしても、地形的、構造的な制約により十分な勾配や延長が確保できない場合または、流量を比較的多く必要とするので呼び水水路を兼ねるような場合において検討対象とすべき形式である。

(3) オペレーションタイプ

- ① 閘門式：水位変動とは無関係に遡上させることができる反面、特殊操作が日常的、半永久的に必要であり、維持管理費も高むなどの欠点が挙げられる。

しかし、必要な時に全開して遡上魚を通過させることができたり、底生魚や遊泳能力の小さい魚類の遡上についても対応できることは評価できる点である。

したがって、可動堰や河口堰などで検討対象とすべき形式である。

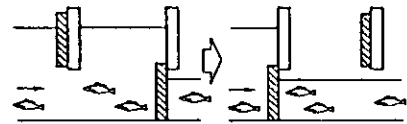


図- 2(10) 閘門式
Figure 2-(10) Canal lock type

- ② リフト、エレベーター式：この形式は、堤高の高いダムにおいて検討対象とすべきであるが、閘門式と同様、特殊操作が日常的、半永久的に必要であり、維持管理費も高むなどの欠点がある。

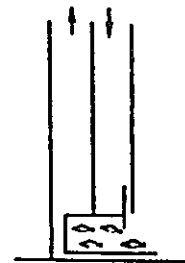


図- 2(11) エレベーター式
Figure 2-(11) Elevator type

一般的には上流部にダム湖が存在するため、遡上魚がダム湖に入った場合、捕食されたり、環境の変化に順応できずに減耗したりすることが考えられる。また、環境の変化による遡上意欲の喪失や遡上の遅れも懸念される。

したがって、ダム湖が遡上魚に与える影響は、今後も検討すべき課題であると考えられるが、当面は運搬と併用して、ダム湖上流の河川や種苗生産施設まで採捕、運搬するのが有効と思われる。

3. おわりに

魚道形式選定までのプロセスについて、一般的に行われている設計手順に従い取りまとめたが、まだ新しい分野である「魚道」には未知の部分が多く、実際の設計にあたっては設計条件に応じた柔軟な対応が必要と思われる。

また、河川に生息する魚介類の生態についても特定魚種を除いて不明な点が多いため、今後更に遊泳形態や生活形態等に関する研究が進むことを期待する一方、その成果が魚道の設計に反映され、すべての魚にとって、優しく、移動しやすい魚道へ改善されていく必要があると思われる。

<参考文献>

- 1) 廣瀬利雄・中村中六編著：魚道の設計：山海堂：1991
- 2) 農林水産省構造改善局設計課：「頭首工の魚道」設計指針：1994
- 3) 中村俊六著：(財)リバーフロント整備センター編集：魚道のはなし：山海堂：1995