

第 章 魚がのぼりやすい川づくりの進め方と事例

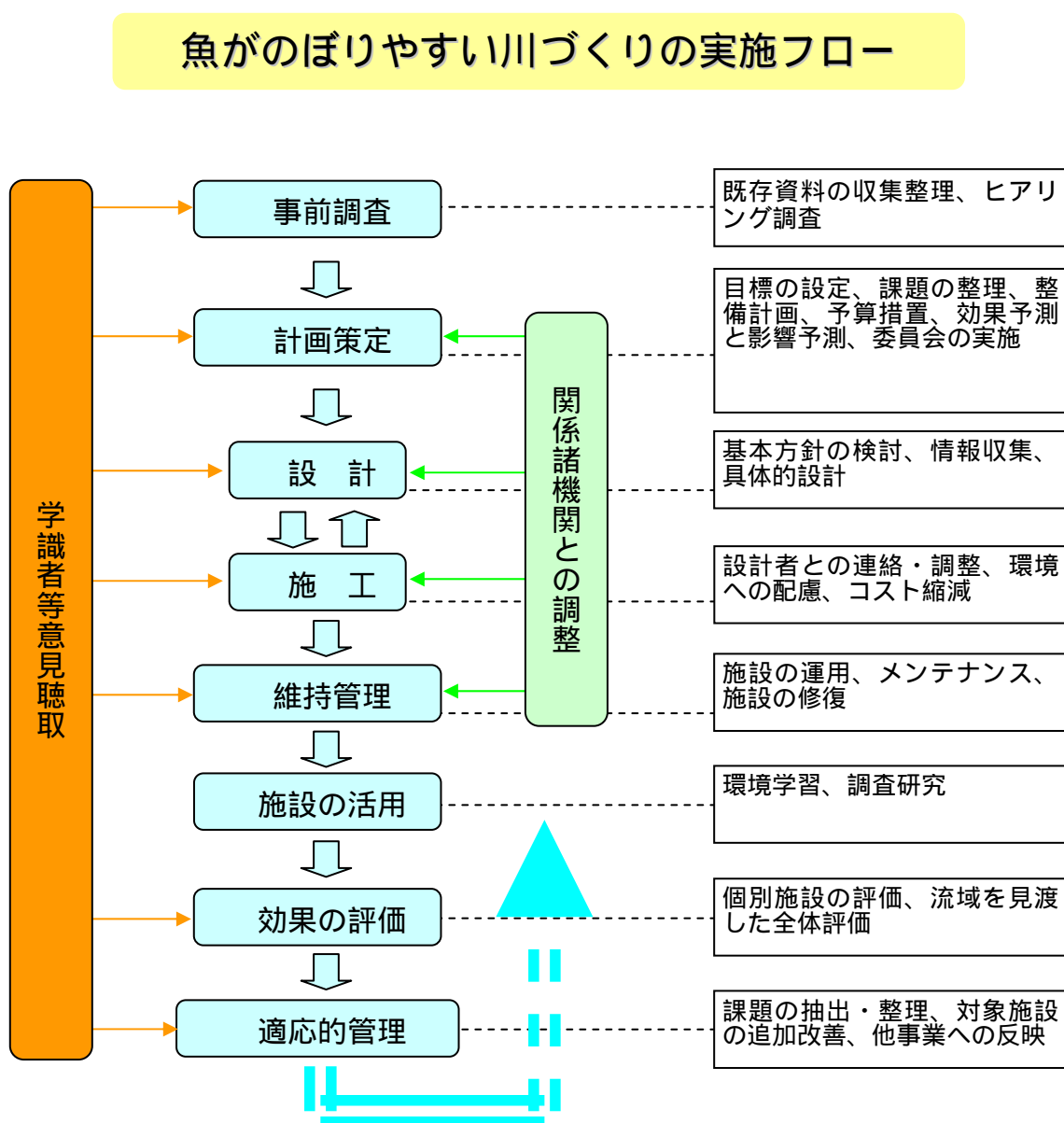
本章では、魚がのぼりやすい川づくりにおける留意点と主な実施例をとりまとめた。

なお、魚の移動障害要因として問題視される場合が多い河川横断施設（堰、砂防堰堤、頭首工等）について、その改善及び魚道の改築、新築について記述した。

また、魚の生息環境を改善した事例（流量・流況改善、周辺域との連続性改善、生息環境改善等）は第 章にとりまとめた。

-1 魚がのぼりやすい川づくりの実施フロー

魚がのぼりやすい川づくりは、概ね下記の実施フローに沿って進める。



-2 事前調査

事前調査は、魚がのぼりやすい川づくりの計画策定に必ず必要である。

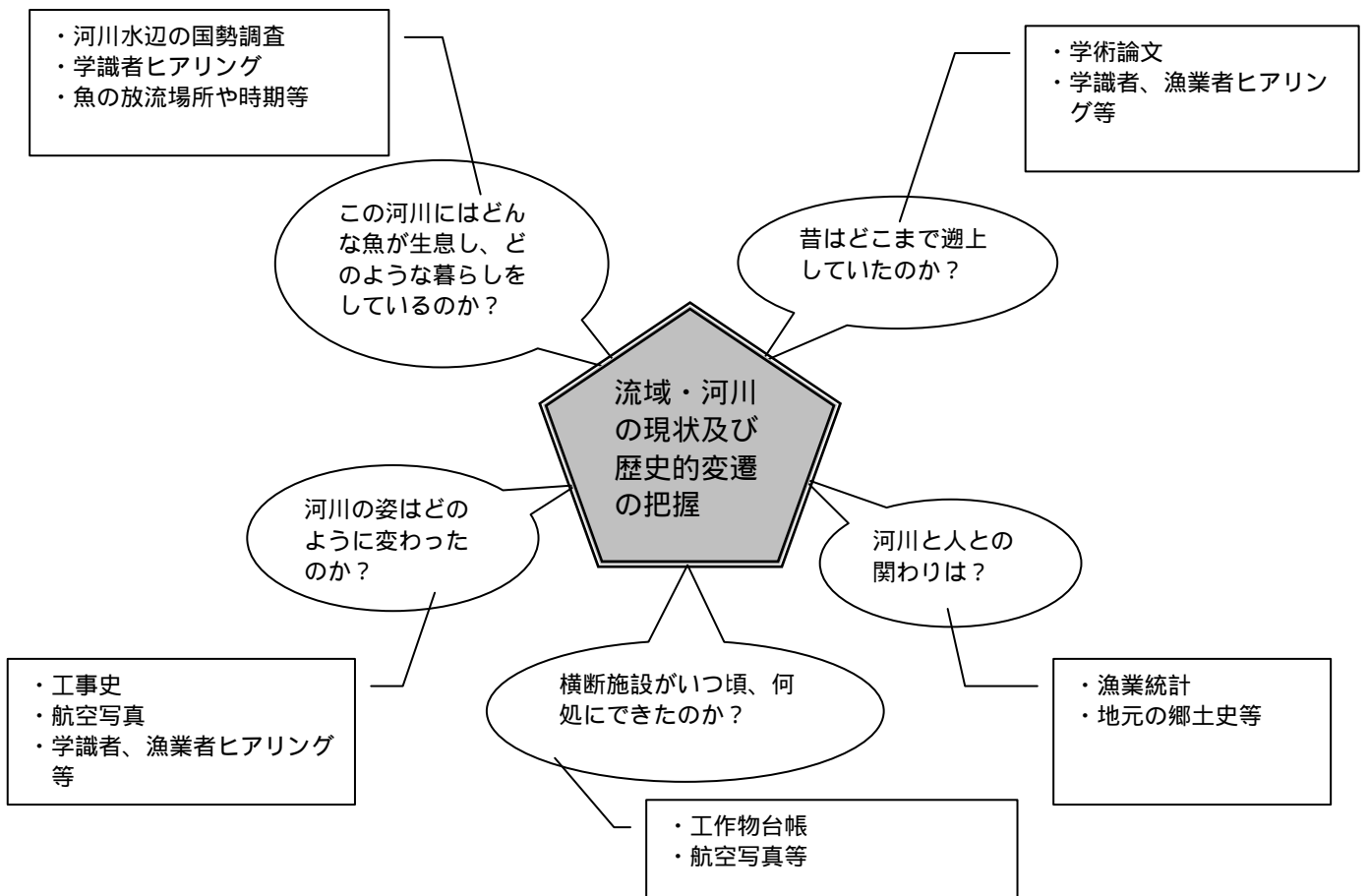
調査の項目は、河川について把握すべき事項、魚について把握すべき事項の2つである。

既存資料や学識者等へのヒアリング等により、対象とする河川の環境及び魚の生息状況等を整理し、計画策定のための基礎資料とする。

事前調査は流域の視点に立った広い範囲を対象とし、また、現況のみでなく、変遷の把握も併せて行う。

事前調査で把握すべき事項は、魚の生息状況、河川環境の変遷、魚の移動阻害となる横断施設の建設年や位置、河川と人との関わり方等、幅広いものであるが、このうち、河川環境と魚の生活に係る事項は最も重要である。

収集データは経時的、縦断的に整理し、魚がのぼりやすい川づくりの対象範囲の設定や魚の移動阻害要因の分析等に用いる。



ヒアリング先は、大学関係の学識者（魚類生態、河川工学等）、地元の教育者（理科教諭、生物教諭等）、水産試験場等の地元研究機関、水族館、自然史博物館、漁業従事者、釣具店、フィッシングクラブ、沿川の住民及びNPO等の中から、当該河川の情報に明るい機関、人を選定する。

ヒアリングを実施する際には、既存資料を事前に整理し、単に「川についてお話を聴かせて下さい」ではなく、既存資料では不足している情報を中心にポイントを絞り込んで行う。

1. 河川について把握すべき事項

河川について把握すべき事項は、河川環境、河川利用（取排水の状況等）及び河川事業（河道計画等）の状況である。

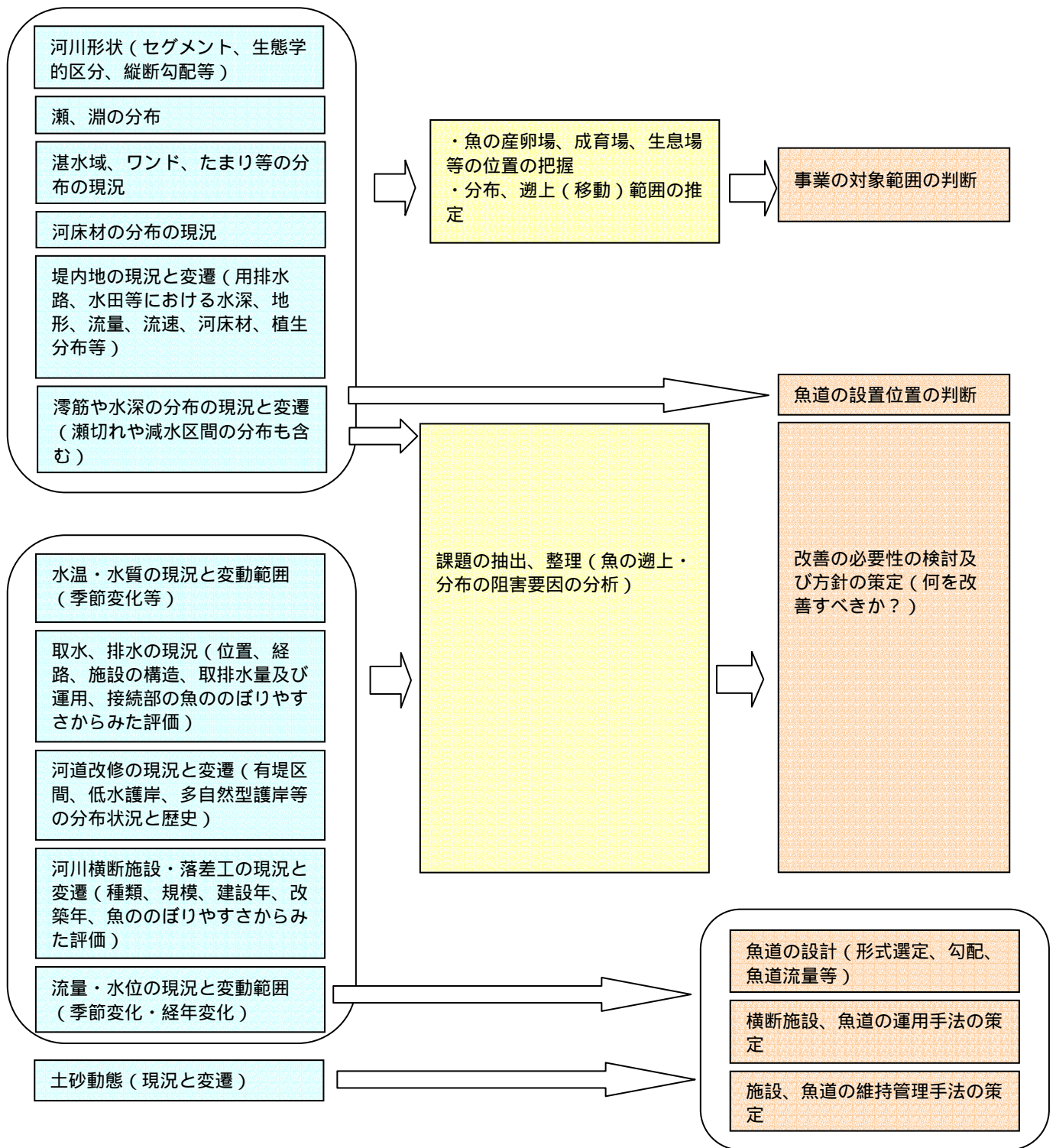
このうち、河川環境は、水温・水質、地形・流況（河川形状、瀬・淵の分布、湍筋・水深の分布、河床材、流量・流況、湛水域やワンドの分布）、土砂動態、河川横断施設・落差工及び堤内地の状況を対象とする。

以上は既存資料により整理するが、水温・水質、地形・流況、河道改修、河川横断施設・落差工及び堤内地の状況は魚の生活に直接的に関与し、土砂動態は施設や魚道の設計及び維持管理に必要とする情報であり、魚がのぼりやすい川づくりにとって欠かせない。

【補足調査について】

事前調査では、河川環境と魚の遡上・分布範囲との関係や生活史の現況と変遷を整理するが、河川によってはこれらの情報が不足している場合があり、必要に応じて補足の現地調査等を行う。

また、遡上・降下の生態が明らかにされている魚種は多いが、モクズガニやテナガエビ等のように、遡上・降下期間が長期間にわたるもの、あるいは、時期が明らかにされていないものもある。できるだけこれらの実態把握に努めるが、調査によっても明らかにならないと判断される場合には、これらと同様の生活史を持つ他の魚種で代表させる。



河川について把握すべき事項とその必要性（用途）

2.魚について把握すべき事項

魚について把握すべき事項は、魚の生活型（回遊魚、純淡水魚、汽水・海産魚等の区分）、遡上・分布範囲（移動範囲）の現況と変遷、産卵場・成育場等の分布の現況と変遷、遡上・降下期（移動期）、移動方向、遊泳形態（遊泳性、底生性等）、遡上・降下期の魚体の大きさ及び遡上力（あるいは遊泳力）である。

魚の生活型、遡上・分布範囲及び産卵場・成育場等の分布は、魚がのぼりやすい川づくりの対象範囲を定めるために必要とする（魚の生活史を完結させるために連続性を確保しなければならない範囲を決める）情報である。

また、遡上・降下期、移動方向、遊泳形態、体の大きさ及び遡上力は、施設や魚道の設計及び維持管理に必要とする情報である。例えば、遡上・降下時期の把握により魚道の適切な運用時期を定め、施設の効率的な運用を行って、運用コストの縮減等にもつなげることもできるため、魚がのぼりやすい川づくりにとって欠かせない。

【魚の生活は変化に富む】

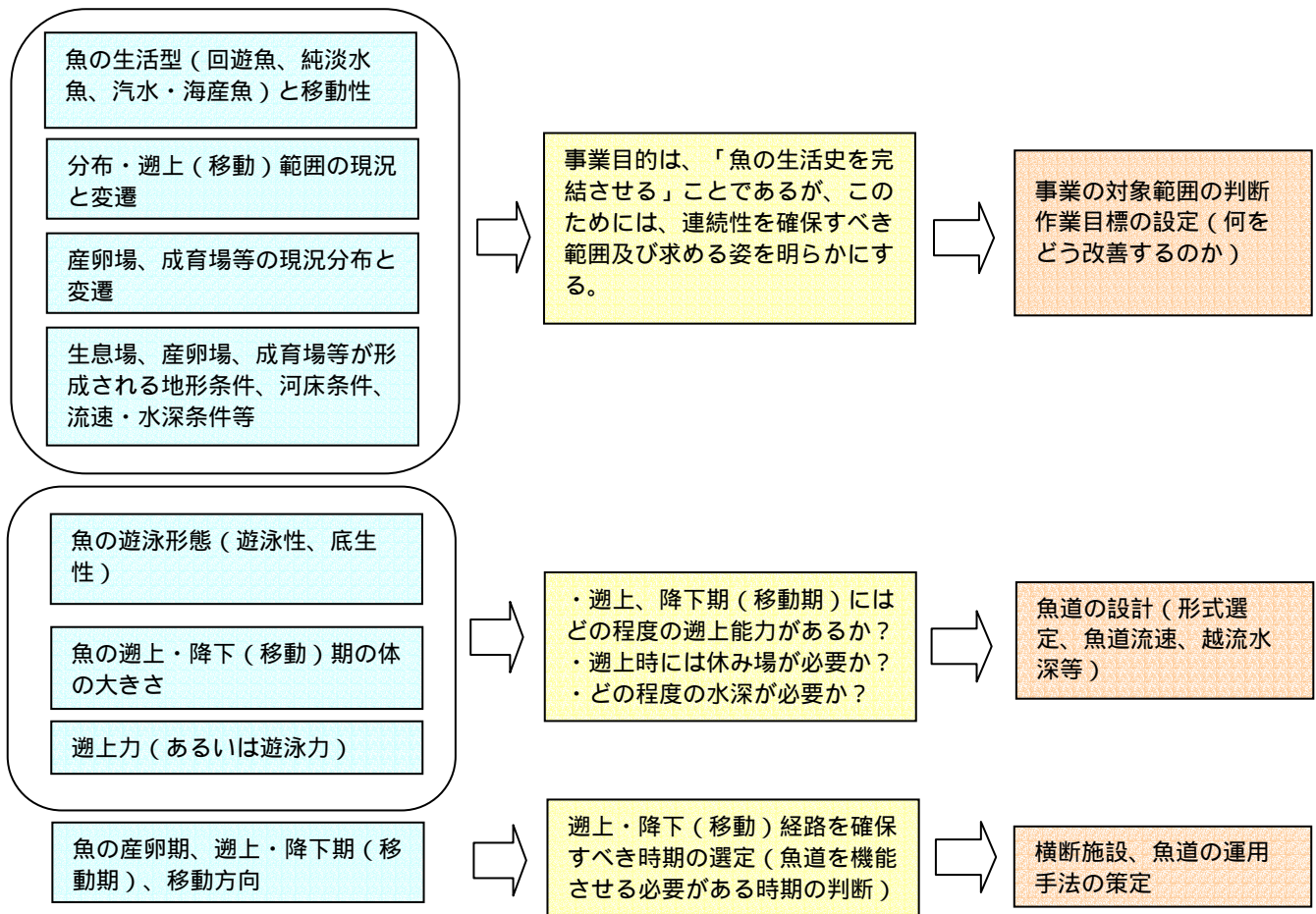
産卵や成長のために河川と海とを行き来する魚の中にも、サケ・マス類のように成魚が遡上して河川内では摂餌しないものや、アユのように稚魚が付着藻類を摂餌しながら遡上するものもある。同じカジカ科に属するウツセミカジカとアユカケ（カマキリ）では、ウツセミカジカはふ化した仔魚が流れにのって河川を降下するのに対し、アユカケは成魚が産卵のために河川を泳いで降る。

アユのように海域生活時代（仔魚期）の生残率が遡上期や量に大きく影響するものにとっては、河川環境のみではなく、沿岸域の水温、海流及び餌料プランクトン等の海域環境も重要である。

一方、物理化学環境のみではなく、他の生物の存在が生活に必要なものもある。例えば、タナゴ類やヒガイ類は二枚貝の体内に産卵するため、繁殖にはイシガイ科の二枚貝類の生息が不可欠である。

以上のように、魚の生活は変化に富むことに留意する。





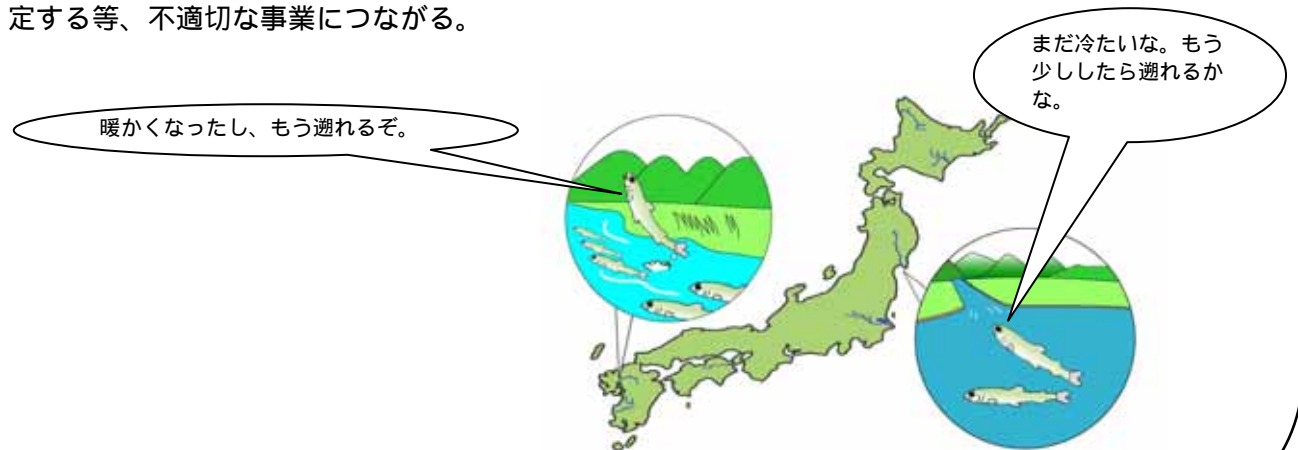
把握すべき魚の生態とその必要性（用途）

【魚の遡上量や遡上期には地域差や年変動がある】

魚の遡上量や遡上期間には地域差や年変動があることに留意する。

例えば、アユの遡上量には年変動があり、遡上期も南日本では早く、北日本では遅い傾向があるため、対象河川におけるこれらの実態を把握する。

これらの特性を理解せず、一般的な知見のみに基づき画一的な施設の運用等を行うと、魚道流量が必要な期間に水がないというような事態が生じ、また、遡上調査の際に誤った調査期間を選定する等、不適切な事業につながる。



河川

使用した文献その他の資料

- 地形図
- 管内図
- 植生図
- 環境省 自然環境保全基礎調査
- 都道府県版レッドデータブック
- 学術論文
- 空中写真
- 現地踏査 等

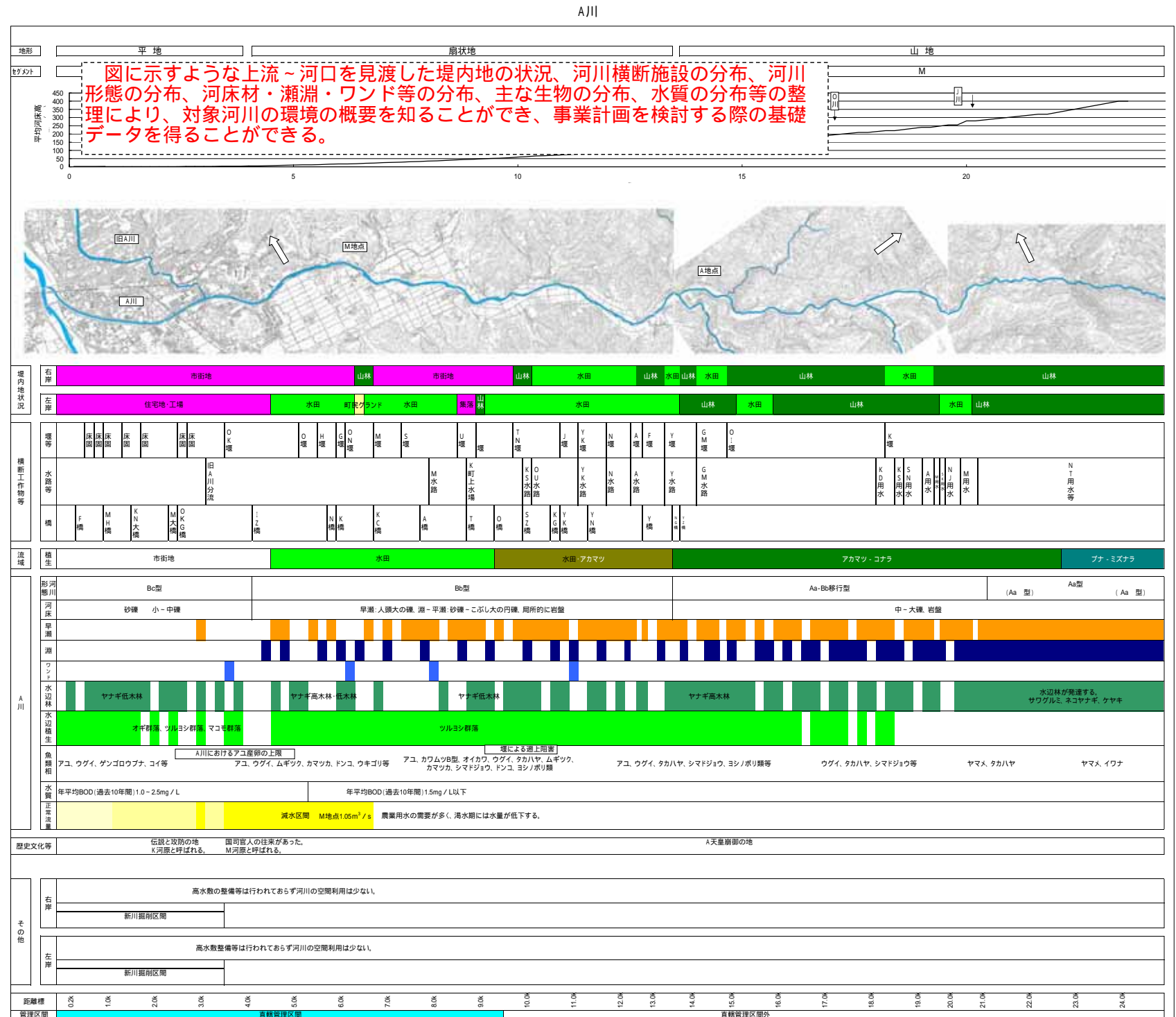
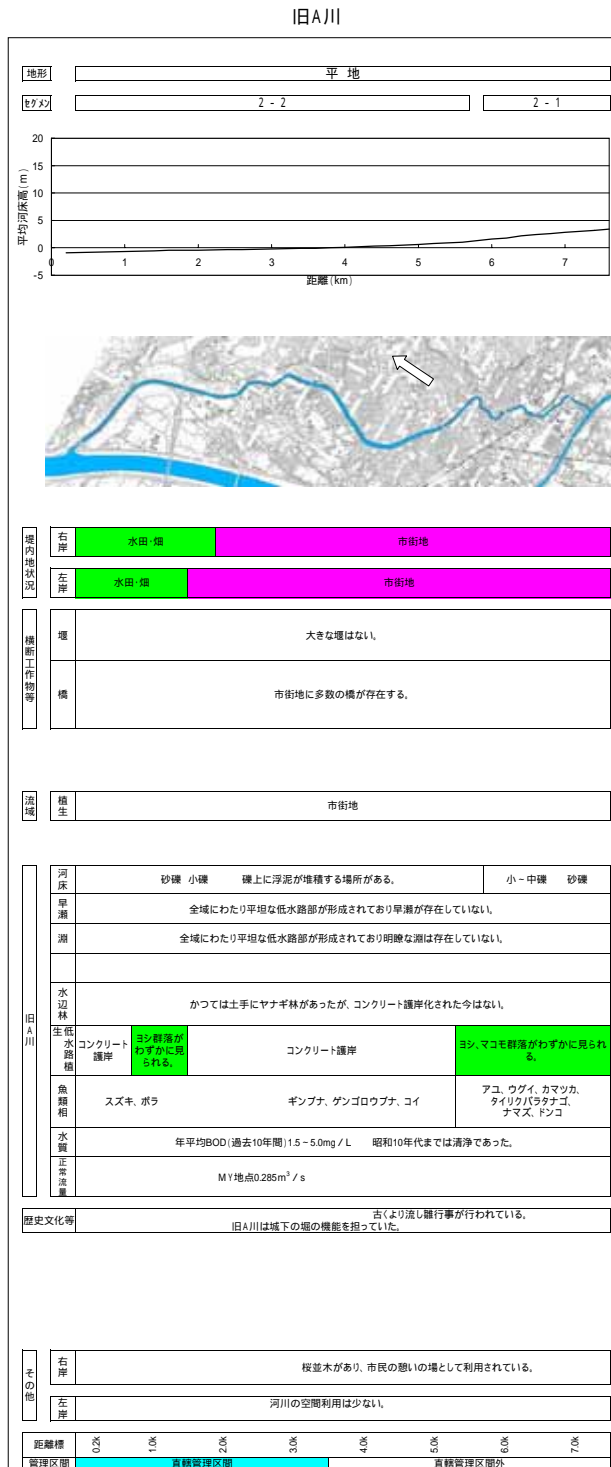
視点

- 堤内地状況
- 横断工物(堰、橋 等)
- 流域の植生、河川植生
- 河川形態
- 河床構成材料
- 早瀬・平瀬
- 魚類・底生生物等
- 水質
- その他の事象 等

河川の区分

- 地形区分
 - 土地利用
 - 河川形態
 - 河床構成材料
 - 魚類相 等
- により以下のように区分した。

- ・山地（A地点より上流域）
山間地を流れる溪流・渓谷で河川形態はAa型、Aa-Bb移行型である。水辺林がよく発達し、ヤマメ、イワナが生息する。
- ・扇状地（A地点～H地点）
山間地から扇状地を流れる清流で河川形態はBb型に該当する。浮き石や藻類が着生する巨礫が多く、アユやヨシノボリが多く生息する。
- ・平地（H地点～B川合流点、旧A川）
扇状地下端から平地を流れる区間で河川形態はBc型で流れも穏やかである。市街地付近では両岸が急傾斜の護岸で固められており、水質は良好ではない。主にコイ、ゲンゴロウナ等の止水性の魚類が優占する。



< 河川環境の縦断的整理の例 >

(データは架空のものである)

出典) 河川事業の計画段階における環境影響の分析方法の考え方

歴史の変遷の把握

図に示すような水害、治水・利水、土地の利用状況、流域環境及び河川環境等の変遷の整理により、魚の遡上阻害要因分析のための基礎的なデータを得ることができる。



1898年(明治31年)

・直轄事業着手以前の状況。B川、A川の状況。B川、A川の
下流は大きく蛇行しており、頻繁に氾濫していた。
・特に市街地を貫通するF川による洪水被害は多大なものであった。



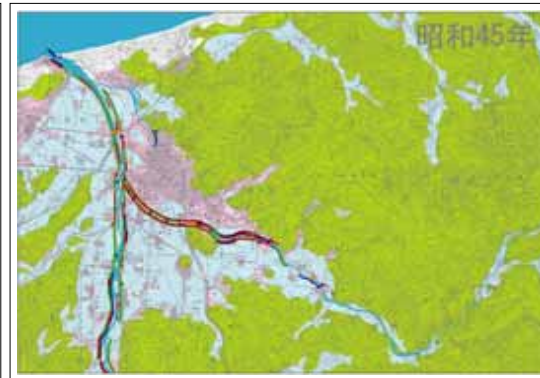
1932年(昭和7年)

・B川下流付替工事により、下流部の大蛇行が直線に近い捷水路に付替えられた。
・A川下流付替工事により、市街地を通らない捷水路が造られた。



1953年(昭和28年)

・B川、A川の堤防建設が進行している。



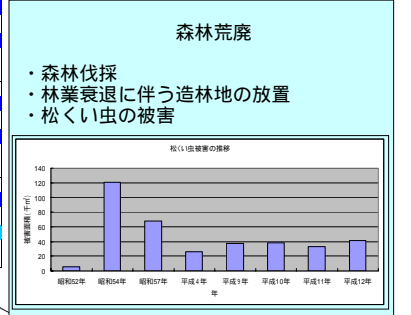
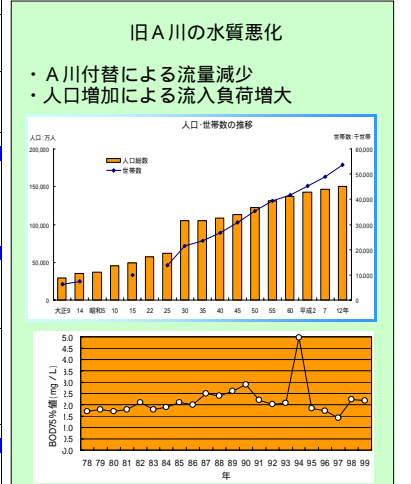
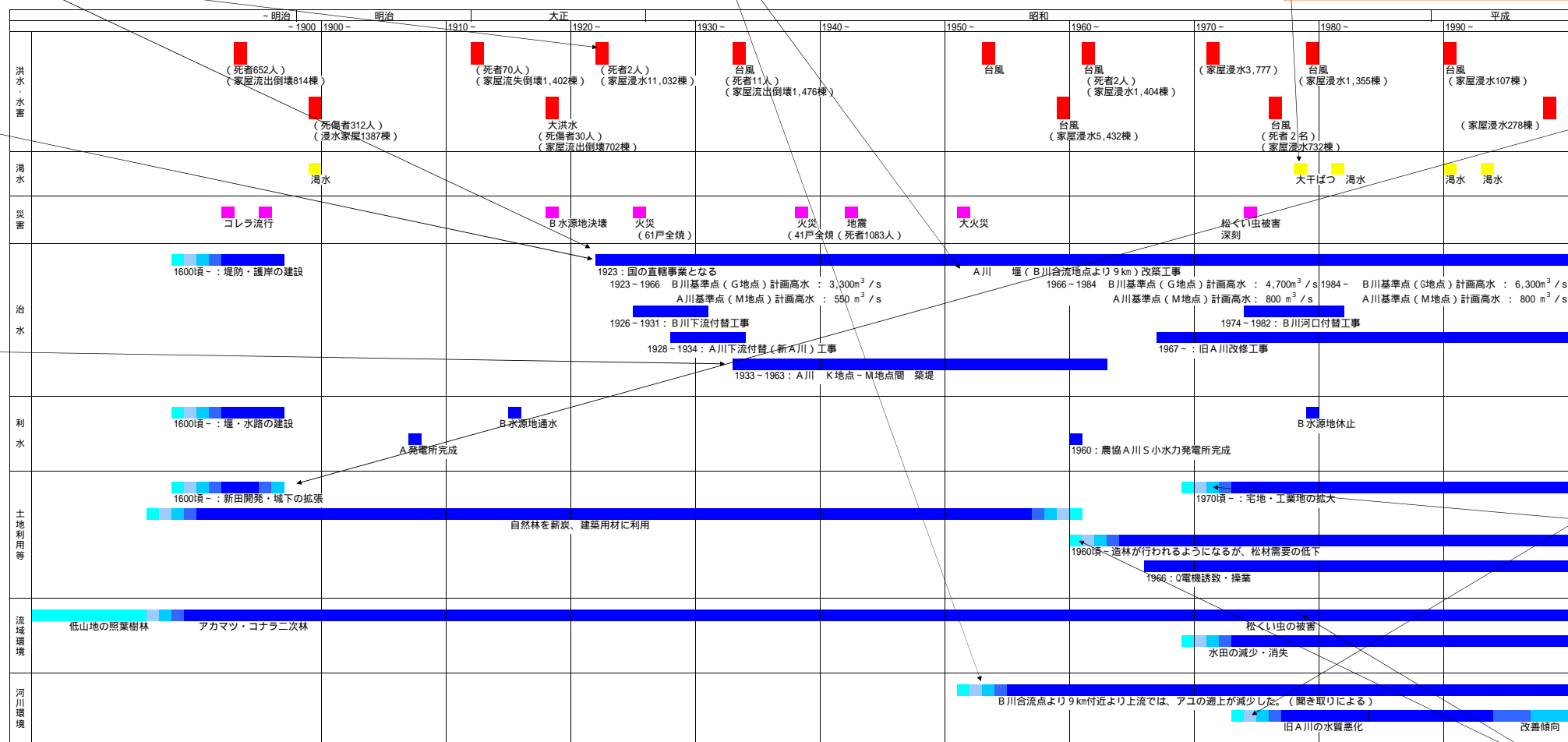
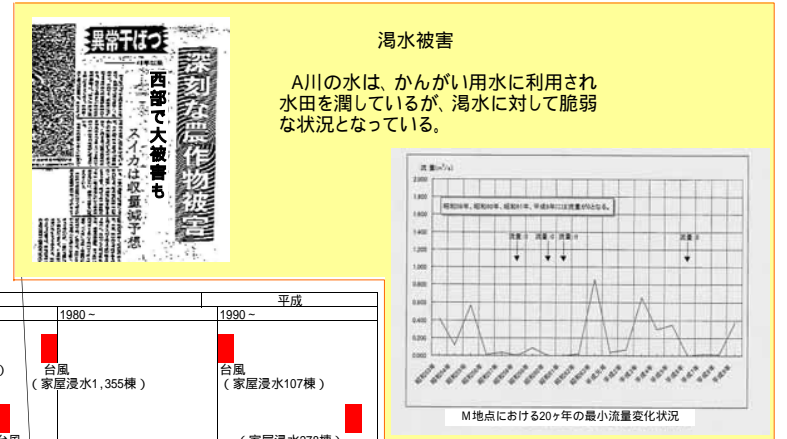
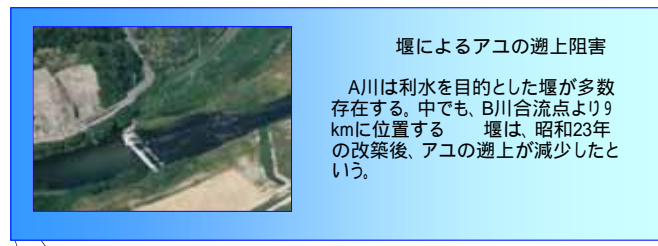
1970年(昭和45年)

・B川、A川の堤防建設がさらに進行した。
・市街地が拡大した。



1988年(昭和63年)

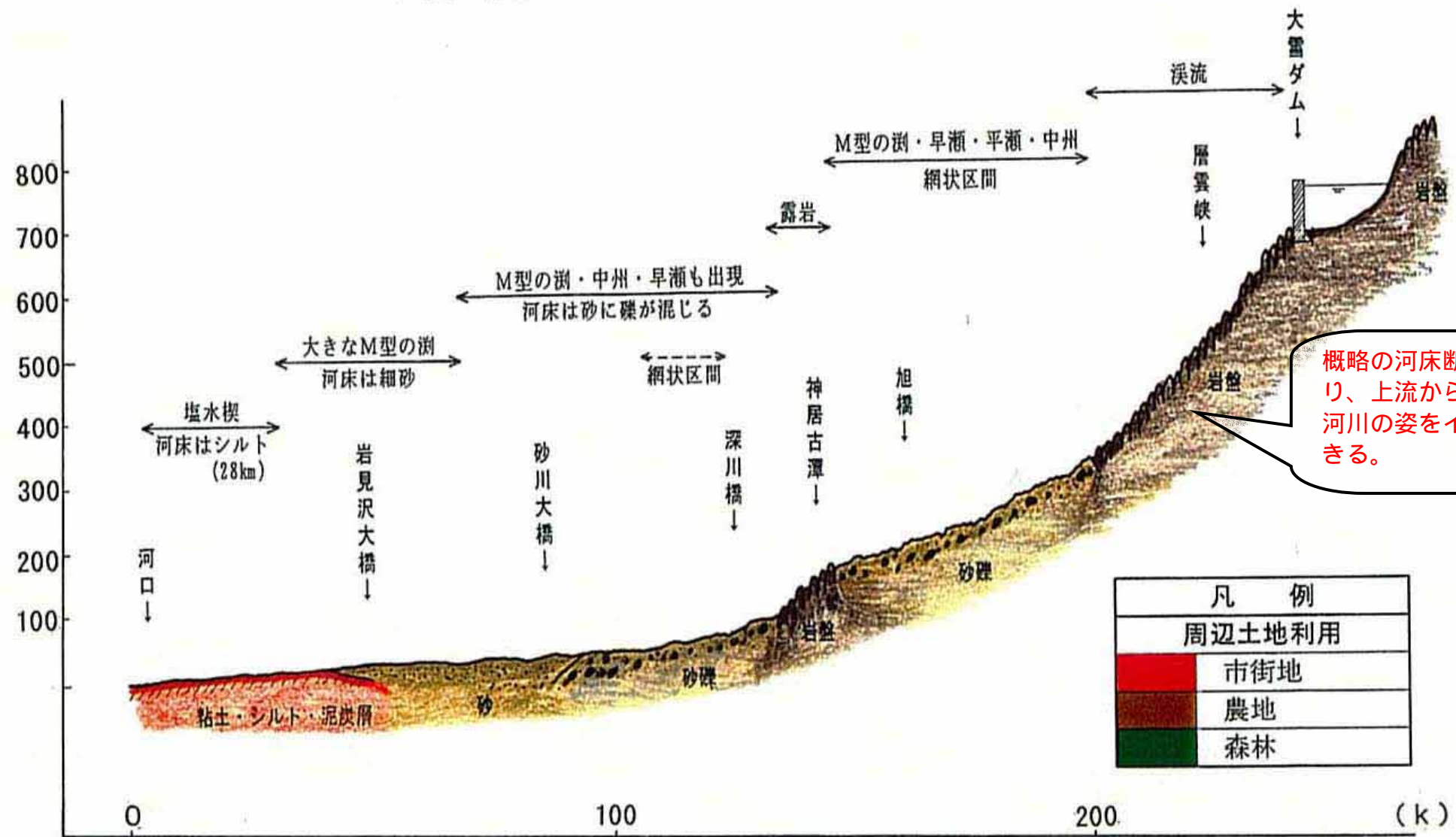
・B川河口閉塞対策として河口付替工事が行われた。
・旧A川下流の堤防建設が行われた。
・市街地が急速に拡大し、水田が減少した。



< 河川環境の経年的整理の例 >

出典) 河川事業の計画段階における環境影響の分析方法の考え方

石狩川の河川形状模式図



概略の河床断面形状の整理により、上流から河口までを見渡した河川の姿をイメージすることができる。

勾配	1/7,000~1/4,000	1/3,000~1/1,000	1,000~1/600	1/600~1/300	1/100~1/50
河川形態型	Bc型	Bc~Bb型	Aa型	Bb型	Aa型
河川形状概要	ショートカットによる直線河道	中州・淵・瀬	溪流	中州の移動・淵・早瀬	溪流
流域区分	下流域	中流域		上流域	
周辺土地利用	農地	農地	農地	農地	森林
河川横断施設	石狩川頭首工	花園頭首工 北空知頭首工	神竜頭首工	永山床止工 近文頭首工 大雪頭首工 石狩川愛別頭首工 愛別頭首工 中愛別頭首工	中愛別発電所取水堰 安足間発電所取水堰 上川発電所取水堰 真駒別発電所取水堰 層雲峡発電所取水堰 大雪山ダム

河川横断施設の竣工年の整理により、魚の過去の遡上範囲と併せて施設が遡上の阻害要因になっているか否かを知ることができる。

出典) 石狩川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

< 河川環境の縦断的整理の例 >

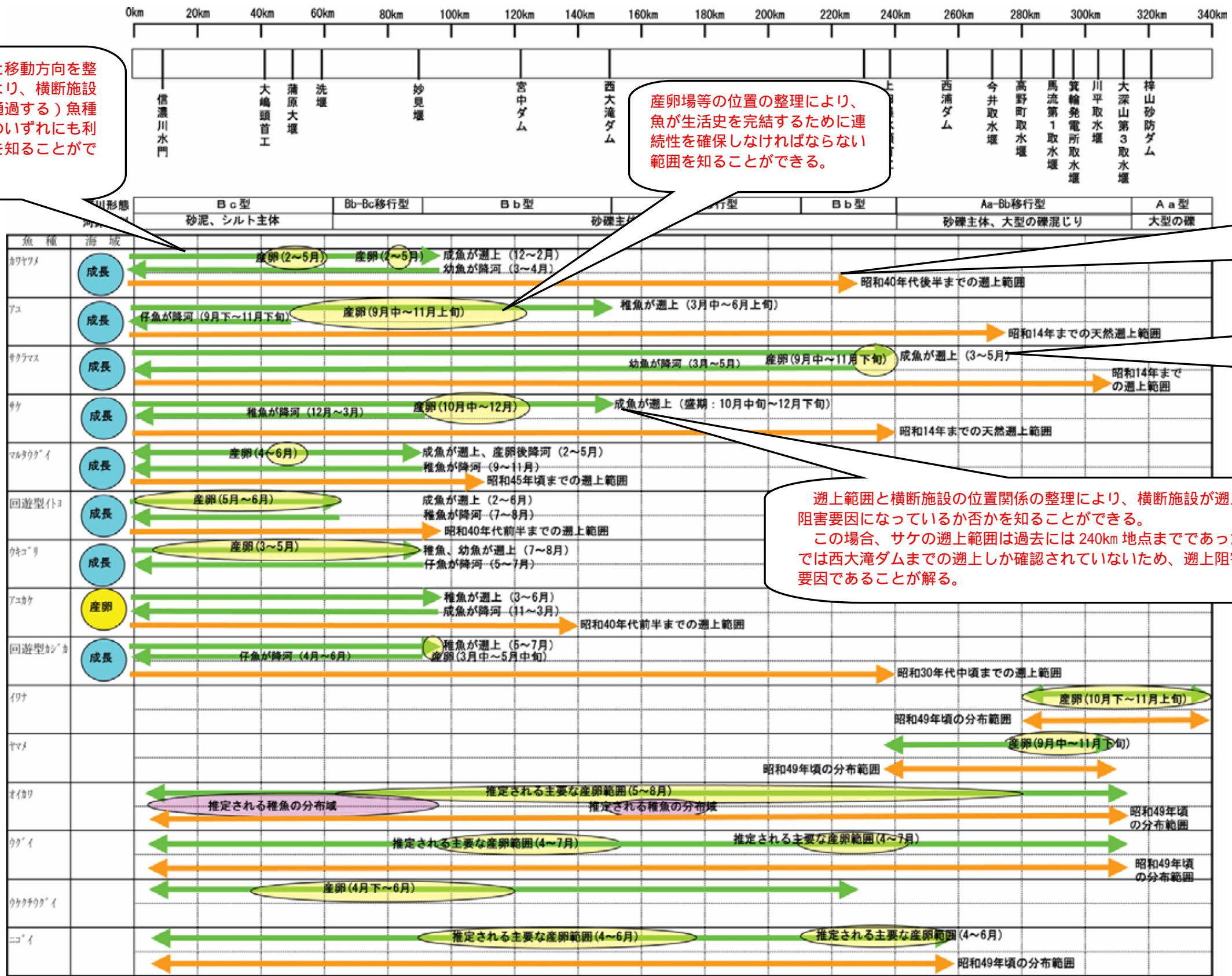
魚の分布範囲と移動方向を整理することにより、横断施設を利用する（通過する）魚種や遡上、降下のいずれにも利用されるのかを知ることができる。

産卵場等の位置の整理により、魚が生活史を完結するために連続性を確保しなければならない範囲を知ることができる。

過去の遡上範囲の整理により、元来の分布範囲を回復する場合の対象範囲を知ることができる。

遡上・降下の時期や魚の大きさの整理により、魚道の諸元や運用期間、流量等を決めるデータとなる。

遡上範囲と横断施設の位置関係の整理により、横断施設が遡上の大きな障害要因になっているか否かを知ることができる。
 この場合、サケの遡上範囲は過去には240km地点までであったが、現況では西大滝ダムまでの遡上しか確認されていないため、遡上障害の大きな要因であることが解る。



凡例
 緑線: 現況分布範囲
 赤線: 潜在分布範囲

注: 河川内回遊魚(イナ、ヤマ、イナ、ウツリ、ウツリ)は、河川内移動の方向及び時期が明らかではない。

出典) 信濃川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

< 魚類の生息・分布範囲の経年的・縦断的整理の例 >

-3 計画策定

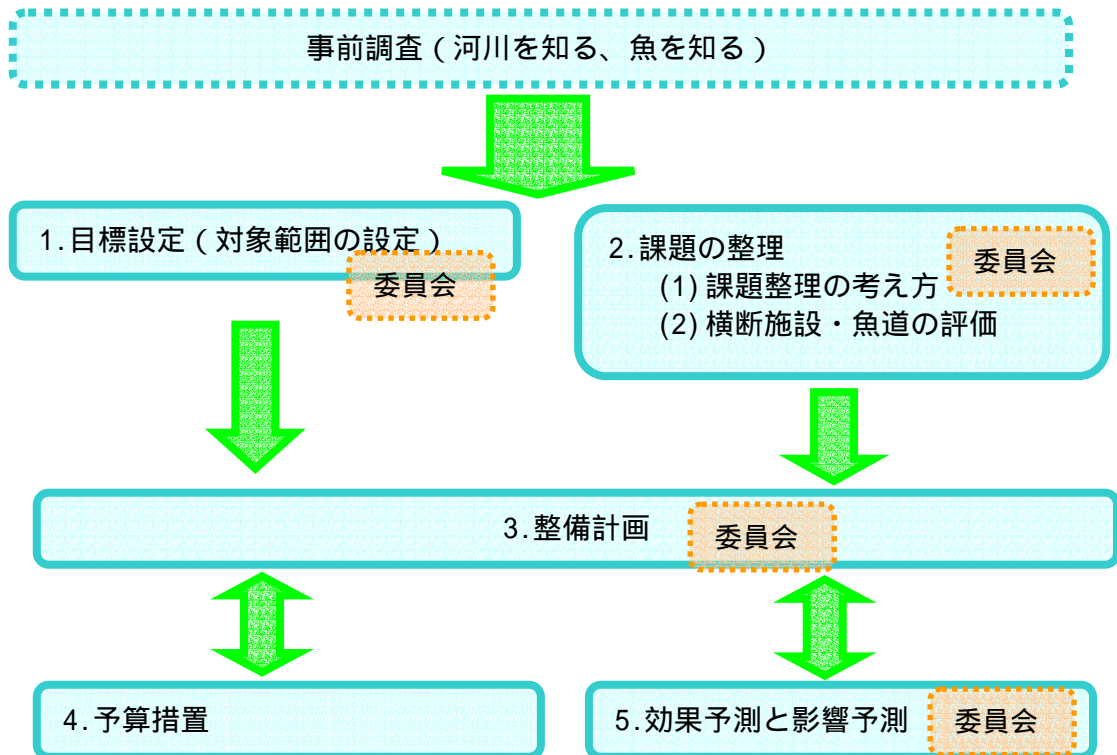
目標設定（対象範囲の設定）：河川に生息する魚の生活史や遡上・分布範囲の現況及び変遷を踏まえ、事業対象とする範囲を設定する。

課題の整理：事前調査により当該河川における魚の遡上・降下（移動）上の課題（移動の阻害要因）を抽出し、阻害要因が横断施設（堰、砂防堰堤、頭首工等）と判断される場合には、詳細な施設の評価を行う。

整備計画：阻害要因が明らかになった後、その要因を解消するための改善方針を定め、具体的な事業計画（段階的な整備計画）を決定する。

効果予測と影響予測：計画段階で事業の効果予測及び周辺環境への影響予測を行い、必要に応じて環境保全対策を検討する。

委員会の実施：計画策定からの各段階において、学識者や関係者等で構成する委員会を開催すると効率的に事業を進めることができる。



計画策定の実施フロー

【計画策定時の配慮事項（外来生物への配慮）】

我が国では、既に多くの河川、湖沼にブラックバス、コクチバス及びブルーギル等の外来種が生息しているのが現状である。これらは在来の水域生態系や水産業に被害を及ぼす危険性が指摘されている。

河川等において既設の横断施設が魚類の移動を阻害し、この結果、外来生物の分布の拡大が抑制されていることがある。このような場合、連続性の確保が外来生物の分布を拓げる恐れがある。従って、事業計画の検討に際しては当該地域における外来生物の生息状況を確認し、連続性の確保に伴い外来生物が拡大する可能性を検討し、影響が大きいと判断される場合には適切な対策を講ずる。

なお、外来生物対策については、法規制として「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律（平成 16 年 6 月 2 日法律第 78 号、平成 17 年 6 月施行）」があり、また、参考資料として「河川における外来種対策の考え方とその事例（平成 15 年、（財）リバーフロント整備センター）」、「ブラックバス・ブルーギルが在来生物群集及び生態系に与える影響と対策（平成 16 年、環境省自然環境局 編）」があげられる。

1. 目標設定（対象範囲の設定）

魚がのぼりやすい川づくりの目的は、当該河川における魚の生活史を完結させることのため、これを念頭に置いて対象範囲を設定する。魚の遡上、分布範囲と産卵場の位置等に注目し、産卵場、成育場及び索餌場と生息場との間の連続性を確保できるように対象範囲を定める。

【連続性を確保すべき範囲を整理した例】

イワナにとっては 取水堰～源流部の範囲、オイカワにとっては河口～ 町取水堰の範囲の整備が必要のため、両種の範囲を重ねると河口～源流部が対象範囲となる。

また、現況の遡上・分布範囲を拡大させて過去の範囲を復元する場合には、過去の分布・遡上範囲を現況と同様に整理する。

魚の生活史を完結させるために整備が必要な範囲を整理した例

魚種	生活型	生活史を完結させるために連続性の確保が必要な範囲
カワヤツメ	回遊	河口～ 堰。主要な産卵場は 頭首工から 堰の範囲にあるため、河口からこの範囲がとくに重要である。
アユ	回遊	河口～ ダム。主要な産卵場は 大堰から ダムの範囲にあるため、河口からこの範囲がとくに重要である。
サクラマス	回遊	河口～ 頭首工。本川における主要な産卵場は 用水取水堰から 頭首工の範囲にあるため、河口からこの範囲がとくに重要である。
回遊型カジカ	回遊	河口～ 堰上流部。本川における主要な産卵場は 堰上流部にあるため、河口からこの範囲の全てが重要である。
イワナ	純淡水	取水堰～源流部。本川における主要な産卵場がこの範囲にあるため、全てが重要である。
オイカワ	純淡水 (河川内を大きく移動する)	河口～ 町取水堰。本川における主要な産卵場は 堰から 町取水堰にあり、稚魚の成育場が河口から 堰及び ダム～180km 地点にあるため、河口～ 堰の範囲がとくに重要である。

【対象範囲設定の留意事項】

- ・ 事業の対象範囲は一級河川及び二級河川を基本とし、必要に応じて用排水路等を追加する。
- ・ 対象範囲は上流部から河口までとするが、魚種によって遡上・降下及び分布の範囲が異なるため、これらを十分に踏まえた上で範囲を設定する必要がある。例えば、アユの生活史を完結させるために事業を行う場合、アユの遡上範囲は上流部（渓流域）までは及ばないことが多いため、上流部における遡上環境の改善は必要ない。
- ・ 用排水路等については、魚の行き来がみられる（あるいは過去にはみられた）ような水路を対象とする。対象は、魚の遡上・分布範囲の現況と変遷を整理した結果により選定するが、併せて、流量が豊富であること（運用時の流量）、あるいは堤内地側にも魚が生息でき、産卵が行える環境があること等を参考とする。
- ・ 源流域や砂防区間に生息する魚種（イワナ等）には、小規模な沢等に生息するにもかかわらず思いのほか移動する場合もあるため、事前にその移動性や生活史をできるだけ把握した上で源流域や砂防区間を事業範囲に含めることを検討する。
- ・ 地域の歴史や文化の立場から注目すべき魚種や場所が存在する場合には、これらも必要に応じて対象範囲に含める。



2. 課題の整理

(1) 課題整理の考え方

魚の遡上・降下における課題整理の視点は以下のとおりである。

施設・魚道の構造、瀬切れや水質の悪化等、何らかの理由により、生息場、産卵場及び成育場等との連続性（移動経路）が分断されている魚種や区間はないか？

多くの魚種の移動経路上にあるにもかかわらず、遡上・降下しにくい（できない）施設はないか？

連続性は確保されているものの、流量、河岸形状、水温・水質及び河床材等、産卵場、成育場及び生息場等として環境が不十分な区間はないか？

事前調査の結果から、魚の遡上・降下環境における課題（移動の阻害要因）を抽出する。

手法としては、過去と現在における魚の遡上・分布範囲と横断施設の位置及び設置年、河道改修の履歴や減水区間の分布等を重ね合わせることで、移動の阻害となっている横断施設や、流況から魚が移動できない区間等を整理する。

阻害要因の分析手法の例

< 阻害要因 >	< 把握の手法 >
横断施設存在	過去と現在における魚の遡上・分布範囲と横断施設の位置及び設置年との重ね合わせ
瀬切れ（流量の減少）	魚の分布範囲と瀬切れ区間との重ね合わせ
水質悪化	魚の分布範囲と水質の縦断分布との重ね合わせ
生息環境の悪化	魚の分布範囲と生息環境の状況（瀬・淵、水際植生等）との重ね合わせ

(2)横断施設・魚道の評価

横断施設（堰、砂防堰堤、頭首工等）及び魚道は、個々に事前のチェックを行い、魚ののぼりやすさからの評価を行う必要がある。

評価手法には、統一的な手法として点検マニュアル（「魚ののぼりやすさからみた河川横断施設の概略点検マニュアル（案）」、平成5年1月、建設省河川局治水課）に従う方法があるが、必要に応じて学識者等の助言や遡上調査等により詳細な評価を行う。

なお、既設魚道の評価に当たっては、「河道特性、流況、対象魚種等からみて、現在採用されている魚道形式は適切か？」という視点に立つことも必要である。

横断施設の評価の視点

評価区分	評価の視点
横断施設の評価	施設下流側に遡上できない魚が滞留していないか？
	主要な遡上経路はどこか？（横断方向の位置）
	魚道を含め、遡上・降下可能な経路が存在するか？
	施設の設置場所にどのような特徴があるか？（水深、河床低下が発生しやすい、土砂が堆積しやすい等）

既設魚道の評価の視点

評価区分	評価の視点
既設魚道の評価	遡上魚が魚道下流端に容易に到達できるか？
	遡上魚が魚道内に進入可能か？（魚道下流端の状況）
	遡上魚が魚道内を遡上可能か？（魚道内の状況）
	遡上魚が魚道から通過可能か？（魚道上流端の状況）
	故障、破損等による機能低下は起きていないか？
	魚道の設置場所にどのような特徴があるか？（澗筋との関係、河床低下が発生しやすい、土砂が堆積しやすい等）

【魚道評価の視点（階段式魚道の例）】



評価結果の整理例

番号	河川名	距離	種別	施設名	施設管理者	落差(m)	魚道の有無	本体評価	魚道評価	総合評価	魚類の遡上環境評価	
101	× × 川	283.0	堰	取水堰	電力(株)	4.7	無	×	-	×	落差が大きく、また、流れが伏しているため、魚類の遡上は不可能。	×
102	× × 川	289.8	堰	取水堰	電力(株)	1.2	有	×	×	×	魚道入口の落差が大きく、また、魚道内の流況も悪いため魚類の遡上は不可能。	×
103	× × 川	302.3	堰	サイホン	省	0.9	無		-		落差が大きく、また、水量も少ないため、魚類の遡上は困難。	
104	× × 川	302.8	堰	頭首工	村	1.0	無	×	-	×	落差が大きく、また、水量も少ないため、魚類の遡上は困難。	
105	× × 川	305.3	堰	頭首工	省	3.7	有	×	×	×	魚道の入口と出口の落差およびプール間の落差が大きく、魚類の遡上は不可能。	×
106	× × 川	308.7	ダム	ダム	電力(株)	46.7	無	×	-	×	落差が大きく、魚類の遡上は不可能。	×
107	× × 川	310.7	ダム	ダム	電力(株)	66.5	無	×	-	×	落差が大きく、魚類の遡上は不可能。	×
108	× × 川	314.1	ダム	ダム	電力(株)	128.5	無	×	-	×	落差が大きく、魚類の遡上は不可能。	×
109	× × 川	321.9	堰	堰堤	電力(株)	1.5	有	-	-	-	H8に魚道新築	-
110	× × 川	326.6	堰	堰堤	電力(株)	4.5	有	-	-	-	H8に魚道改築	-
111	× × 川	328.9	砂防ダム	ダム	省	31.0	無	×	-	×	落差が大きく、魚類の遡上は不可能。	×
112	× × 川	330.5	堰	堰堤	電力(株)	1.4	有	×	-	×	落差が大きく、魚類の遡上は不可能。	×

本体評価： "魚ののぼりやすさからみた河川横断施設概略点検マニュアル(案)"の「様式3本体点検」に基づく調査結果を、以下の4つのランクで評価したもの。
 : 当面魚道の設置が必要ない : 魚道の設置が望まれる : 魚道の設置が必要である × : 魚道の設置が特に必要である
 魚道評価： "魚ののぼりやすさからみた河川横断施設概略点検マニュアル(案)"の「様式6魚道評価」に基づく調査結果を、以下の4つのランクで評価したもの。
 : 当面魚道の改善の必要ない : 魚道の改善が望まれる : 魚道の改善が必要である × : 魚道の改善が特に必要である
 総合評価： 本体評価と魚道評価のどちらか良い方を採用
 「魚類の遡上環境評価」は、上記の結果を踏まえた上で、現地の状況などを考慮して、専門家が再評価したもの。以下の4つのランクに分けられる。
 : 遡上に支障なし : 遡上が容易でない : 遡上が困難 × : 遡上が不可能

出典) 信濃川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

3. 整備計画

段階的な整備計画を検討する視点は以下のとおりであり、これらを総合的に勘案する。

効果度：「魚がのぼりやすい」という視点から課題が存在し、事業によって大きな改善効果が得られる（改善の必要性が高い）地点、区間。

難易度：技術的及び施工費用等の観点から、改善しやすい地点、区間。

要望度：流域住民等からの改善の要望が大きい地点、区間。

魚がのぼりやすい川づくりの効果は、その予測に不確実性が多いため、近隣における類似事例の結果等を参考とし、あるいは適切なモニタリングを行って改良を加えながら段階的に事業を進めるほうが、事業を一度に行うよりも効率的である。

【段階的な整備計画の考え方の例】

段階的な整備計画の検討には、対象範囲をいくつかに分け、これに優先順位をつける。

各区分には以下の視点で順位付けをし、項目 A を重視して総合的に優先順位を決定する。

A. 効果度からみた優先順位

魚の生活史を完結させるために連続性を確保しなければならない範囲をとりまとめ、整備の緊急性から優先順位を決定する。すなわち、現状では生活史を完結できていない魚種を優先することで効果度を上げることができる。

魚の分布・遡上範囲からみた優先順位策定の例

魚種	生活型	生活史を完結させるために連続性の確保が必要な範囲	満足度（生活史が完結できている）	整備の優先順位
カワヤツメ	回遊	河口～堰。主要な産卵場は頭首工から堰の範囲にあるため、河口からこの範囲がとくに重要である。		-（現況でも生活史は完結できている）
アユ	回遊	河口～ダム。主要な産卵場は堰からダムの範囲にあるため、河口からこの範囲がとくに重要である。	×（堰には魚道がないため、産卵場まで移動できない）	1
サクラマス	回遊	河口～××頭首工。本川における主要な産卵場は××取水堰から××頭首工の範囲にあるため、河口からこの範囲がとくに重要である。	（××頭首工の魚道は遡上しにくいいため、産卵場まで移動しにくい）	2

B. 難易度

技術的な難易度から優先順位を決定する。

堤高が大きい施設や、土砂の移動が大きい場所等では技術的な難易度が高い。

C. 要望度

遡上・降下環境の改善に関する住民等からの要望度により優先順位を決定する。

また、地域を特徴付ける魚であること、あるいは文化財等として昔から大切にされてきた魚であること等の理由により、優先して遡上・降下環境の改善を必要とするものがある場合には、これらも考慮する。

【工夫が大切】

事業に際しては、最新の知見や事例を参考とし、より優れた技術を採用するのが有効であるが、河川には個々の特性があるため他河川の事例を参考とするのみでは不十分な場合があります、その場の特性を踏まえた独自の創意工夫が必要である。

遡上・降下環境の改善効果はもとより、安全性及び施工費用等の観点からも工法及び素材等を選定、工夫することで事業コストの縮減や工事期間の短縮が可能となる。

4. 予算措置

魚がのぼりやすい川づくりの推進は、河川環境整備事業（平成 17 年度より直轄総合水系環境整備事業、統合河川環境整備事業費補助）、砂防環境整備事業、一般河川改修事業、河川総合開発事業、砂防事業、河川修繕事業及び災害復旧事業等、種々の予算措置が可能である。

【モデル事業における予算措置の実績】

魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業において、新改築された施設及び魚道の事業種類（費目）及び施設管理者と事業主体との関係（費用負担）の実績を下表に示す。

モデル事業では、河川改修事業での実施例が最も多く、次いで砂防事業であるが、このほか河川環境整備事業や災害復旧事業での実施例もある。

また、施設管理者と事業主体が一致する事例、すなわち直営の事例が多いが、都道府県、市町村及び利水組合（用水組合）の施設に対して国土交通省が費用負担を行った事例や利水組合の施設に対して都道府県が費用負担を行った事例も多い。

モデル事業における事業種類
（費目）別の新改築施設数（実績）

事業種類（費目）	施設数
直轄河川改修事業	
一般河川改修事業	40
一般河川改修事業（災害）	1
特定構造物改修事業	1
河川改修事業（補助）	
中小河川	16
局部改良	15
河川工作物関連応急対策	4
河川修繕事業（補助）	6
都市河川改修事業	
中小河川改修事業（一級河川）	7
小規模河川改修事業（一級河川）	8
局部改良事業	2
河川環境整備事業	
河道整備事業	9
直轄砂防事業	8
通常砂防事業（補助）	26
砂防環境整備事業	2
河川総合開発事業	1
災害復旧事業	2
直轄堰堤維持費	1

モデル事業における施設管理者と事業主体
との関係（数値は新改築施設数）

施設管理者		事業主体				
		国土交通省	都道府県	市町村	発電事業者	土地改良区
施設管理者	市町村	7	4	3		
	都道府県	8	73			
	土地改良区	3	13	1	1	1
	電鉄会社	1				
	利水組合・用水組合	7	21		1	
	発電事業者	2			4	
	国土交通省	35	1			
	農業協同組合		2			
	製鉄会社	1				

施工費用の事例

種別	施工内容	施工年度	工期	事業費
魚道の改築	既設の階段式魚道 1 基をパーチカルスロット式魚道（折り返し型）に改築	平成 8 年度	約 3 ヶ月	約 1,100 万円
魚道の新築	落差約 1.3mの木工沈床の堰にパーチカルスロット式魚道を設置	平成 9 年度	約 3 ヶ月	約 2,600 万円
	落差約 1.2mの床止めに延長約 25mのプレキャスト型階段式魚道を 1 基設置	平成 12 年度	約 3 ヶ月	約 5,200 万円

注) ここに示した事業費用はあくまでも 1 例であり、事業費の基準を示すものではない。

5. 効果予測と影響予測

(1) 効果予測

魚の遡上・降下環境の改善に係る効果予測は、個々の横断施設や魚道及び流域の視点に立って行う。

横断施設や魚道の改善に伴う遡上可能距離の延長効果：事業の進捗に伴い、遡上可能となる距離を数値で示す手法であり、効果を直接的に表現できることから事業の PR に良い。

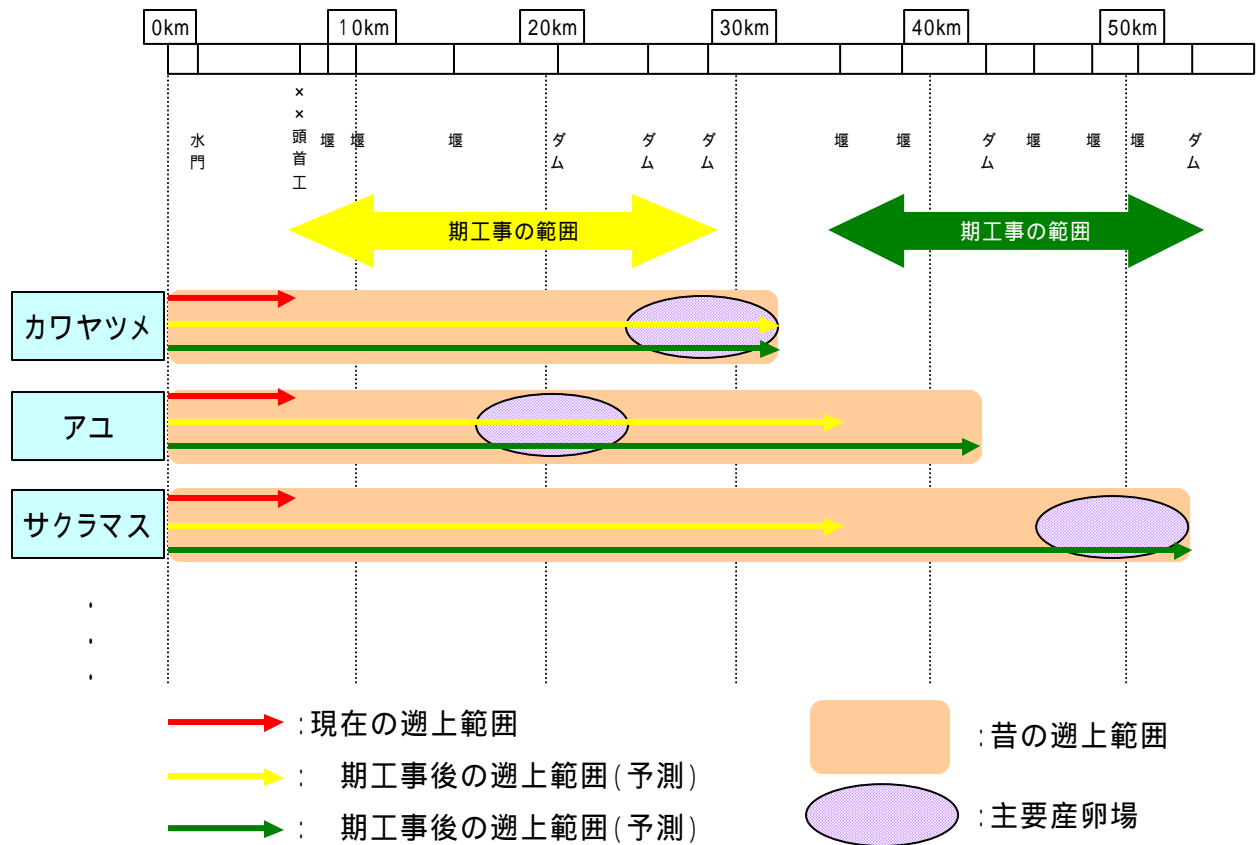
魚の遡上・分布範囲に基づく効果：魚の遡上・分布範囲及び産卵場の位置等の現況を図化し、事業後に想定される遡上・分布範囲を重ね合わせることにより、その効果を確認する手法である。この手法により、事業によって「魚の生活史を完結させる」（産卵場等への移動経路が確保されている）ことが確認できる。

効果予測により、十分な効果が得られないと判断される場合には、計画を見直す。

予測は遡上可能距離の延長等、定量的に予測を行う手法もあるが、魚の生活史を完結させる（例えば、サケが産卵場まで到達できるようになる等）視点からの予測が重要である。

ただし、現状では予測手法に不確実性が多いため、近隣における類似事例の結果を参考とする、あるいは適切なモニタリングを行いながら効果を確認する。

【効果予測の例】

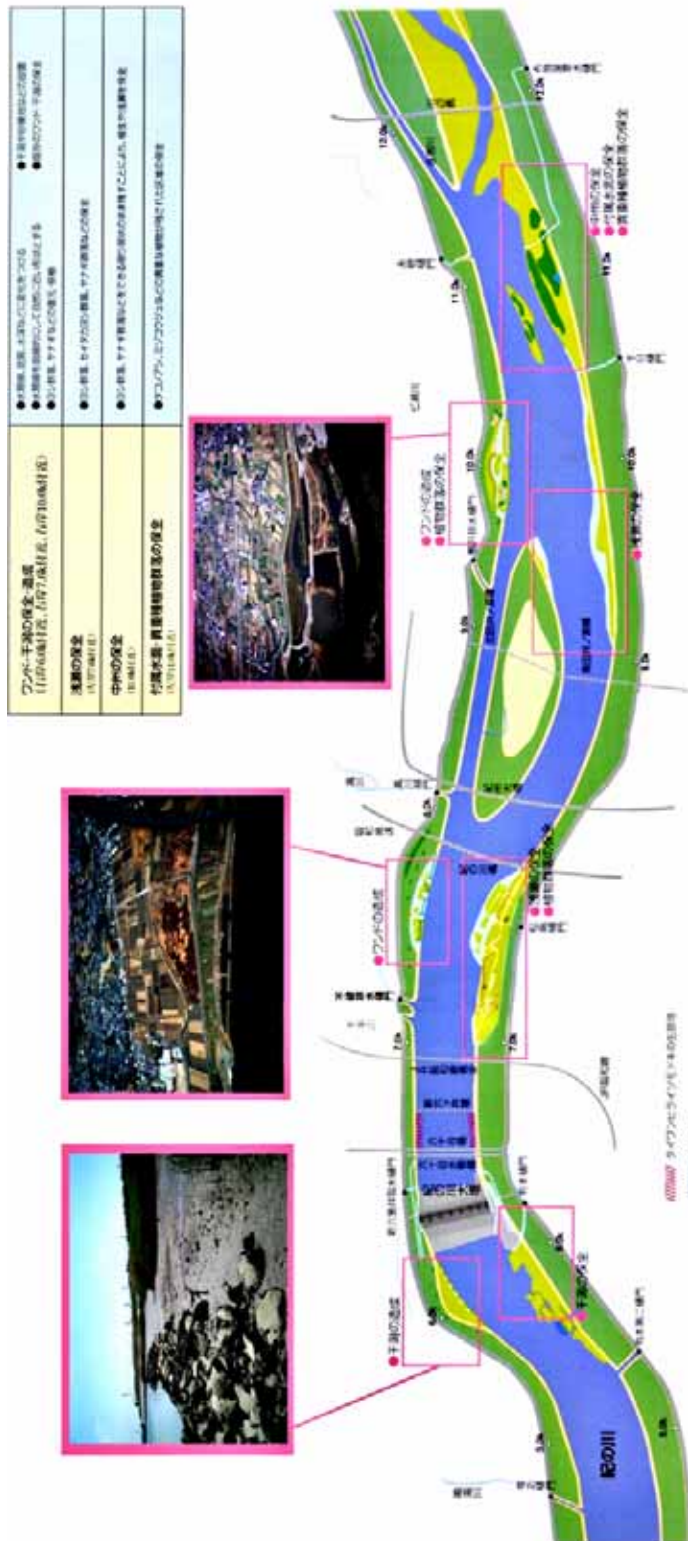


魚種	期工事による効果	期工事による効果
カワヤツメ	河口から遡上範囲及び遡上範囲から主要産卵場までの連続性が確保されるため、生活史が完結できるようになる。また、過去の遡上範囲までの連続性が確保されるため、昔の遡上範囲を復元できる。	-
アユ	河口から遡上範囲及び遡上範囲から主要産卵場までの連続性が確保されるため、生活史が完結できるようになる。	過去の天然遡上範囲までの連続性が確保されるため、昔の遡上範囲を復元できる。
サクラマス	主要産卵場までの連続性は確保できない。	河口から主要産卵場までの連続性が確保されるため、生活史が完結できるようになる。
サケ	河口から主要産卵場までの連続性が確保されるため、生活史が完結できるようになる。	過去の天然遡上範囲までの連続性が確保されるため、昔の遡上範囲を復元できる。
マルタウグイ	河口から遡上範囲及び遡上範囲から主要産卵場までの連続性が確保されるため、生活史が完結できるようになる。また、過去の遡上範囲までの連続性が確保されるため、昔の遡上範囲を復元できる。	-
回遊型イトヨ	河口から主要産卵場までの連続性が確保されるため、生活史が完結できるようになる。また、過去の遡上範囲までの連続性が確保されるため、昔の遡上範囲を復元できる。	-
ウキゴリ	河口から主要産卵場までの連続性が確保されるため、生活史が完結できるようになる。	-
アユカケ	河口から遡上範囲までの連続性が確保されるため、生活史が完結できるようになる。また、過去の遡上範囲までの連続性が確保されるため、昔の遡上範囲を復元できる。	-
回遊型カジカ	河口から主要産卵場までの連続性が確保されるため、生活史が完結できるようになる。	過去の遡上範囲までの連続性が確保されるため、昔の遡上範囲を復元できる。

(2)影響予測と環境保全対策

魚がのぼりやすい川づくりでは、魚の遡上・降下環境の改善のために施設や魚道の工事をを行うが、その際、周辺の自然環境に及ぼす影響に配慮する。

事業によって魚の遡上・降下環境は改善されたものの、周辺の河川環境や生態系へ大きな影響を及ぼしては本末転倒である。このため、事業実施により周辺環境への大きな影響が想定される場合には、環境保全対策を講ずる。



旧堰の老朽化に伴い河口堰及び魚道を新設することとなったが、これらの工事により、周辺に分布するワンドや干潟等への影響が想定されたため、環境保全措置として、ワンド・干潟の保全・造成、浅瀬・中洲の保全、付属水面・貴重植物群落の保全が行われている。
(紀の川大堰)

出典) 紀の川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

6. 委員会の開催

委員会は主に以下の目的で開催する。

- ・ 学識者等から技術的な助言を得る。
- ・ 関係者等との調整を図り、事業を円滑に進める。

(1) 学識者等の助言

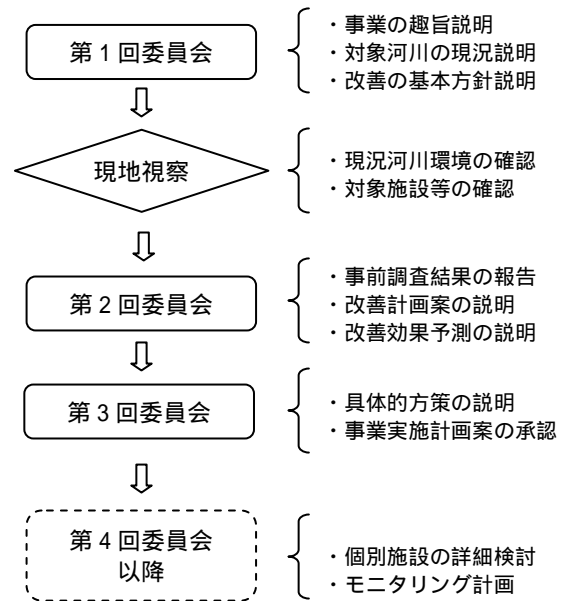
委員会を通じて事業を進める場合には、学識者等からの意見の聴取は事前調査、計画検討や個別施設の設計・施工のほか、維持管理や効果確認の手法、適応的管理の手法等についても行う。

なお、特定の意見のみに依存するのではなく、様々な意見を幅広く聞くことに留意する。また、事業者自身の考え方や方針を明確に示すことが重要である。

< 委員会等構成メンバーの例 >

学識経験者	魚類生態学者 河川工学者 等
利水者	電気事業者 農業従事者 (土地改良区)等
漁業者	漁業従事者 等
地元住民	流域住民 地元NPO 地元自治会 等
地元行政	農政関係 水産関係 土木関係 等
事業者代表	事務所長 等

< 委員会等の議事の例 >



< 学識経験者として複数のモデル事業委員会に参画された主な方々 >

石田 力三 (水産環境研究所総合顧問)
 河村 三郎 (岐阜大学名誉教授)
 塚原 博 (九州大学名誉教授)
 中村 俊六 (河川生態環境工学研究所代表)
 西谷 隆巨 (法政大学教授)
 水野 信彦 (愛媛大学名誉教授)
 和田 吉弘 (中部学院大学短期大学部副学長)

(所属は平成16年度現在、並び順は五十音順、敬称略)

(2)関係者等との調整

委員会では、関係者（施設管理者、漁業従事者、住民等）の意見も聞きながら調整を図る。魚がのぼりやすい川づくりは、利水や漁業活動に大きな影響を及ぼさないことを前提とするが、関係者に事業の目的を理解して頂き、合意形成の上、協力を得る。

関係者の河川に対する考え方及び立場は様々であるが、事業を独善的に行うことなく、関係者への十分な情報提供に努めるとともに、アンケート等も併用して意見を広く聴取した上で、事業が関係者の生活環境の向上にもつながることを説明して合意形成を図りながら事業を推進する。なお、事業計画に関係者の意見を取り込む場合には、あくまでも科学的、客観的な視点が必要である。

施工費用の分担や施設・魚道の財産区分及び維持管理については、施設管理者との事前の取り決めが必要であり、このためには綿密な調整を行う。

調整の不足により、問題が生じやすい事項には以下のようなものがあげられる。

- ・ 魚道流量の確保、維持流量の増加に伴う利水障害。
- ・ 施設管理者と河川管理者との間の施工費用の負担、財産区分。
- ・ 施設管理者と河川管理者との間の維持管理の分担、費用負担。

< 調整先と調整内容の例 >

	< 施設管理者 >	< 漁業者 >	< NPO 等の住民 >
計画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業目的の説明（魚がのぼりやすい川づくりが、河川環境のためにも、漁業のためにも、住民の生活環境の改善にも役立つことを説明する）と協力体制の確立 ・ 事業全体に対する要望、意見等の聴取 		
設計	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設計内容の説明、調整（取水量と魚道流量等） ・ 事業後の施設の財産区分、費用分担の調整 	<ul style="list-style-type: none"> 設計内容の説明、調整（迷入防止対策、鳥害対策、環境保全対策等） 	<ul style="list-style-type: none"> 設計内容の説明、調整（環境保全対策等）
施工	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工方法の説明、調整（仮締め切り工、濁水対策、環境保全対策等） ・ 施工時期の説明、調整（施工期間、時期等と漁期、遡上期等） 		
運用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施設の運用方法の調整（分担等） ・ 維持管理方法の調整（分担等） 	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理作業の協力依頼、調整 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 維持管理作業の協力依頼、調整 ・ 施設活用の提案

-4 設 計

本章では、横断施設や魚道の改善計画に係る設計上の留意点を記述した。

設計に際しては、まず、各施設の現況の課題等を踏まえ、設計の基本方針（改善の考え方）を策定する。

魚道の改築や新規設置が必要と判断される場合には、設計に必要とする基礎情報を収集し、与条件を整理する。

1. 設計の基本方針

2. 魚道の設計作業の流れ

3. 設計に必要とする情報

- (1) 河道の状況
- (2) 対象施設における魚の利用状況
- (3) 水文諸量
- (4) 対象施設の諸元

4. 魚道設計上の留意点

- (1) 魚道を設置する場所
 - 1) 横断位置
 - 2) 複数の魚道を併設する場合の横断方向の配置
 - 3) 魚道の上流端・下流端の位置
 - 4) 被災を防ぐには
- (2) 魚道形式の選定
 - 1) 主な魚道の種類と特徴
 - 2) 形式選定上の留意点
- (3) 魚道の流況と設計流速
 - 1) 魚道の流況
 - 2) 設計流速
- (4) 魚道の諸元
 - 1) 魚道勾配・延長・落差
 - 2) 幅員・プール長
 - 3) 水深と隔壁形状
 - 4) 魚道上流端・下流端の長さ
- (5) 降下魚及び魚以外への配慮
 - 1) 降下魚への配慮
 - 2) 魚以外への配慮
- (6) 付帯施設
 - 1) 流量調節
 - 2) 呼び水
 - 3) 魚道内の休息プール
 - 4) 土砂・転石対策
- (7) その他の留意点
 - 1) 景観への配慮
 - 2) 複合式魚道
 - 3) 魚道周辺への配慮

1.設計の基本方針

設計に際しては、まず、「簡易的な対策で魚の遡上・降下環境を改善できないか？」を考える。

現況の課題や制約条件等を踏まえ、まず、横断施設本体の構造や運用方法を変更する、あるいは既設魚道の流量を見直す等、既設の施設及び魚道を活用する改善方を検討する。また、既設魚道の部分改築や仮設魚道の設置等、簡易的な対策も検討し、それでも適切な改善方策が見出せない場合は、抜本的対策として魚道の全面的な改築を行う。

既設の横断施設に対して魚道を設置せずとも、施設本体の簡易な改築により遡上・降下環境を改善できる場合があり、また、近い将来に改築や撤去を予定する施設では、短期的で即効性を求める手法として仮設魚道等がある。

基本方針の設定

横断施設本体の構造や運用方法の変更により改善できないか？

- ・施設天端の嵩下げ、天端の面取りやR化、堤体のスリット化及び部分撤去等
- ・放流量の変更、遡上期のゲート開放等
- ・目的を終えた施設の撤去等

簡易的な対策により改善できないか？

- ・既設魚道の部分改築、仮設魚道の設置等

上の改善手法では、十分な効果が得られないと判断された場合には、抜本的な対策を検討する。

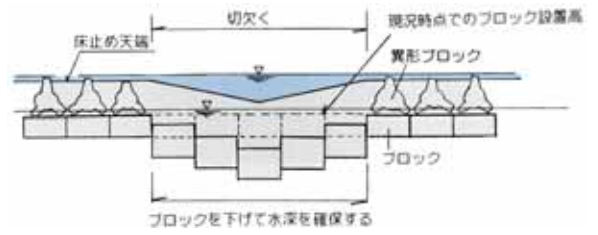
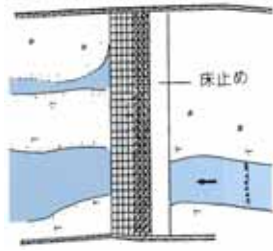
- ・魚道の全面改築（魚道形式の変更等）、魚道の新設

【目的を終えた施設の撤去】

一級河川の河川横断施設数は、平成5年度から14年度までに3,626基から3,665基に増加したが、この間には30基の施設が撤去されている。これらの撤去は、施設の老朽化や取水施設の統合等による。

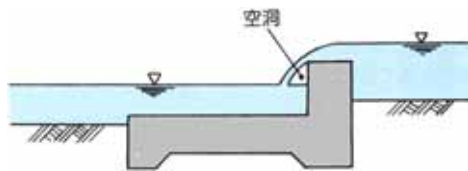
横断施設の撤去は、河川の連続性を回復する視点からは効果が大きいいため、事業計画の検討の際には、目的を終えた施設の撤去も視野に入れる。

【横断施設の本体構造や運用方法を変更した例】

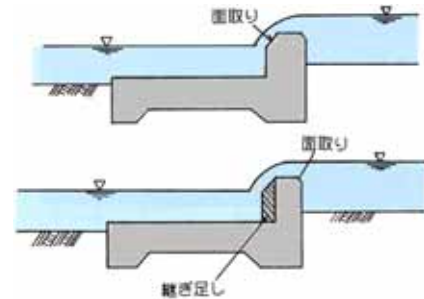


出典) 魚類のそ上降下環境改善上のワンポイントアドバイス

本体天端の水深が浅いため魚が遡上できない場合や、水叩き部で伏流が生じて遡上できない場合には、魚の遡上経路に当たる本体天端に切り欠きを設け、水叩き部の河床のブロックを部分的に下げることにより、魚の遡上に必要な水深を確保することができる。その際、遡上経路となる部分の横断形状は、水位変動に対して適切な水深・流速が得られるようV字型にする等の工夫を施す。



< 改善前 >



< 改善後 >

出典) 魚類のそ上降下環境改善上のワンポイントアドバイス

堰等の越流部で剥離した流れによる空洞の形成により魚が遡上できない場合、本体天端の面取りを行うことにより剥離した流れを防ぐことができる。面取りにより本体構造に影響が出る場合は、本体への継ぎ足しにより形状を確保する。



< 改善前 >



< 改善後 >

出典) 飯豊山系砂防事務所資料

砂防堰堤の構造をクローズタイプからスリットタイプに改造し、連続性の確保及び下流への土砂供給が図られている。

(飯豊山系砂防事務所・足水川・足水川第1砂防えん堤)

【簡易的な対策の事例】



落差が大きく魚が遡上できない横断施設に、試験的に簡易な木製魚道が設置されている。
主にアユを対象とし、遡上期間に設置して遡上期以外や出水時には撤去されている。

(埼玉県・荒川・明戸サイフォン)



魚道のない固定堰にアユ等の遡上期に簡易な魚道(梯子型)を設置された。アユの遡上が確認されている。

出典) あらいひろし氏提供

(東京都・多摩川・調布取水堰)



仮設型のデニール式魚道。取り付け、取り外しが容易であり、アユの遡上期に設置され、台風シーズンの前に撤去される。

出典) 魚道の設計

(福島県・吉田川・粕川堰)



試作された簡易魚道。H鋼及び鋼板の組み合わせに自然石を配置している。魚道勾配は約1/7であるが、甲殻類がよく遡上する。

(長崎県 雪浦川、長崎大学環境科学部・水産大学校・日本大学の共同開発)

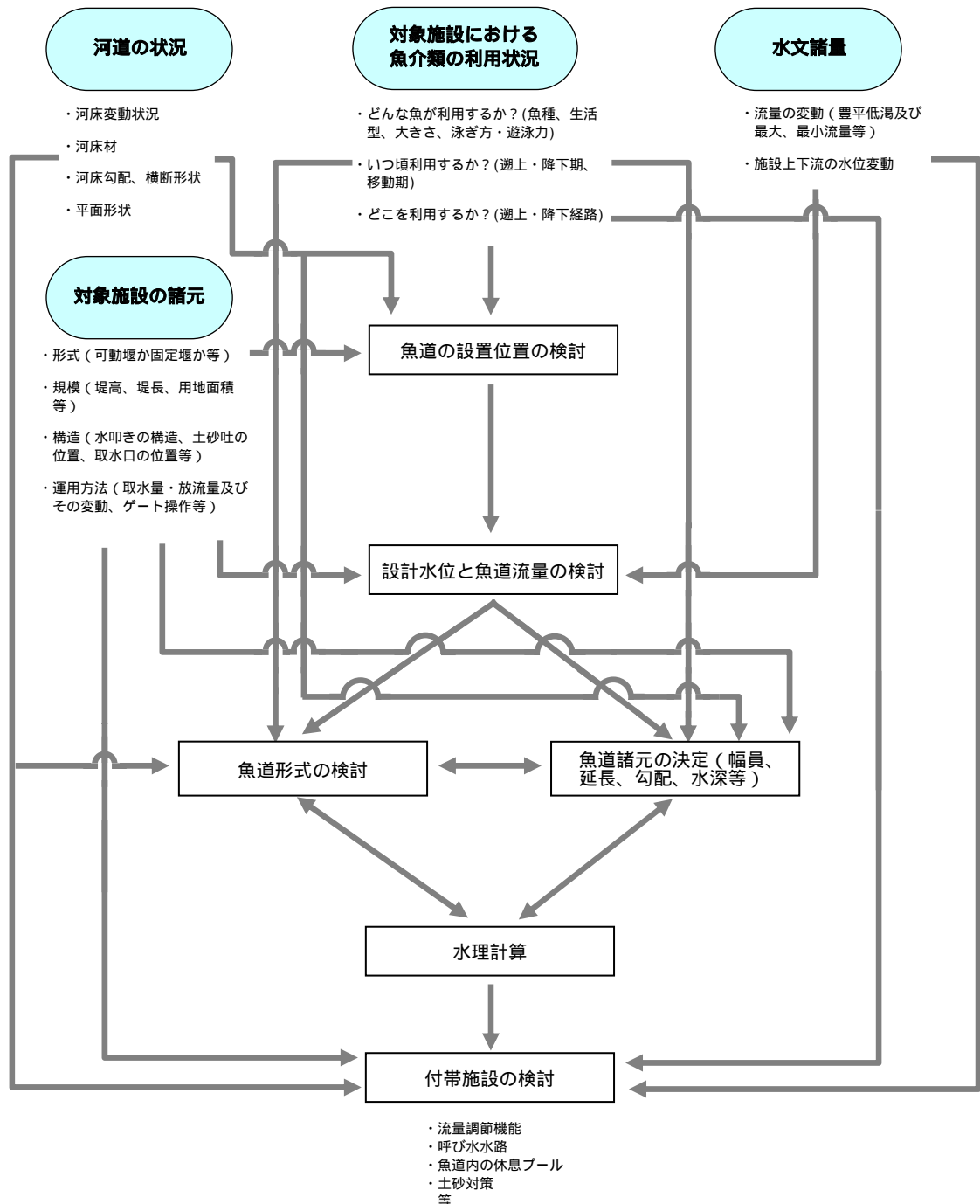
出典) 「エビ人生」HP

2. 魚道の設計作業の流れ

魚道の設計作業の一般的な流れは下図に示すとおり複雑である。

基本的には、対象施設における魚の利用状況を想定した上で、魚体の大きさ、遊泳力及び遊泳形態等の生態から求める条件（流速、水深等）をベースとし、施設の諸元、水文諸量及び土砂動態等の特性や制約条件を照合して、フィードバックさせながら適切な魚道形式及び諸元等を決定する。

設計には用地、流量及び事業費用等、種々の制約条件が関わる場合が多いが、常に魚の遡上機能の確保を優先し、制約条件を満たしながらこの機能を確保できるように形式や諸元の設計に工夫を凝らす。



< 魚道設計の一般的な作業フロー >

3.設計に必要とする情報

魚道の設計に必要とする情報は以下のとおりである。

河道の状況：河床変動状況、河床材、河床勾配及び平面・横断形状等。

対象施設における魚の利用状況：魚種（生活型、大きさ、泳ぎ方、遡上力）、施設を通過する時期、施設上下流での通過経路（遡上・降下経路）等。

水文諸量：施設上下流における水位とその変動状況、豊水・平水・低水・渇水流量とその発生時期、最大流量・最小流量とその発生時期。

対象施設の諸元：形式（可動堰、固定堰等）、規模（堤高、堤長等）、構造（水叩き、土砂吐、取水口等）、運用方法（取水量・放流量、ゲート操作等）。

(1)河道の状況

河床変動、平面・断面形状の整理は、澁筋の位置やその変動、すなわち魚の遡上経路とその変動及び土砂が堆積しやすい場所の把握につながり、これは魚道の設置位置の決定（例えば、土砂が堆積しやすい水裏部には魚道を設置せず、呼び水等によって魚を誘導する等）や魚道形式の選定（遡上経路が大きく変動する場合には、全断面魚道の採用を検討する等）に必要である。

また、土砂が移動しやすい場所では土砂対策が必要となる。

(2)対象施設における魚の利用状況

魚の遡上・降下経路は、魚道の設置位置の決定に必要な情報であり、魚種、生活型、大きさ、遊泳形態（泳ぎ方）、遡上力（あるいは遊泳力）は、魚道形式の選定及び諸元の決定（例えば、大型の遊泳魚は水深を必要とし、小型の底生魚には流速の小さい遡上経路が必要である等）に必要な情報である。

また、これは降下魚対策（水叩きで確保すべき水深等）や迷入防止対策（例えば、魚の大きさと遊泳力との関係により、必要な迷入防止装置の構造が決まる等）の検討にも必要である。

【対象魚種について】

魚道の設計は、原則として対象施設を利用する（可能性を含む）全魚種を対象とするが、遡上力が不明な魚種については、その泳ぎ方や魚体の大きさ、生活型等を勘案して遡上力が既知の魚種に代表させる。なお、この際、生活型等が類似する魚種の中から遡上力が弱いもので代表させる。

また、河川により生息する魚種は異なるが、以下に示すような大型で遡上にはある程度の水深を必要とする魚及び遡上力が弱い魚が遡上できることが高い魚道機能の目安となる。

- ・ 遡上に水深を必要とする大型の遊泳魚（上・中・下流域）：サケ、サクラマス等のサケ・マス類の成魚
- ・ 遡上力の弱い底生魚（中・下流域）：アユカケ（カマキリ）の稚魚～成魚、カジカ類の稚魚～成魚、ヌマチチブの稚魚、シマドジョウ類の成魚
- ・ 小型のため遡上力が弱い遊泳魚（中・下流域）：アユ、ウグイ、オイカワ等の稚魚、イトヨ類の稚魚～成魚
- ・ 遡上力が弱い遊泳魚（水田・農業用水路）：メダカの成魚

【魚による施設・魚道の利用状況の整理例】

魚の遡上・分布範囲の現況からみて当該施設を通過する魚種

各魚種を代表させる既知の遡上力データ

施設名： 堰
現況の魚類の生活史に占める位置（魚道整備を必要とする魚種）
 稚魚の遡上（回遊魚）：アユ
 成魚の遡上（回遊魚）：サクラマス、サケ
 産卵場への移動（回遊魚）：アユ、サケ
 仔稚魚・幼魚の降下（回遊魚）：サクラマス、サケ
 成魚の降下（回遊魚）：該当魚種なし
 稚魚の移動（河川内回遊魚）：オイカワ
 成魚の移動（河川内回遊魚）：オイカワ、ウグイ、ウケチウグイ、ニゴイ
 産卵場への移動（河川内回遊魚）：オイカワ、ウグイ、ウケチウグイ、ニゴイ

魚類の遊泳速度

魚種	体長 (cm)	巡航速度 (cm/s)	突進速度 (cm/s)
アユ	11.4	110	178
	6.6	40	120
ニジマス	17.2	80	170
コイ	15.3	70	150
ウギ	9	15	80
ドジョウ	7.1	10	112

魚道の設計及び管理への配慮事項

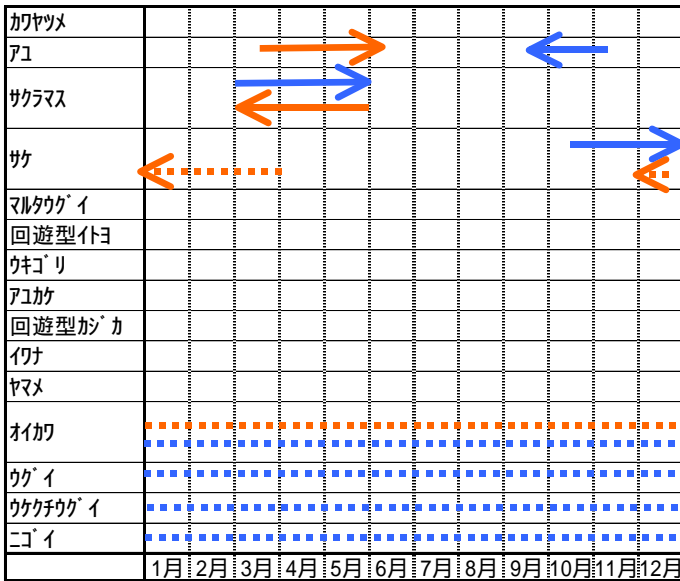
少なくともアユ稚魚が遡上でき、サクラマス幼魚及びサケ稚魚が降下できる魚道形式が必要である。

3～6月上旬の期間はアユ稚魚、サクラマス成魚の遡上及びサクラマス幼魚の降下が行われるため、サクラマス成魚が遡上できる魚道流量（越流水深）が必要である。

9月中～12月の期間はアユ成魚の産卵に伴う移動及びサケ成魚の遡上が行われるため、サケ成魚の遡上ができる魚道流量（越流水深）が必要である。

12～3月の期間はサケ稚魚の降下が行われる可能性が高く、サケ稚魚の降下ができる魚道流量（越流水深）が必要である。

設計への配慮事項



凡例

1. は上流方向への移動、 は下流方向への移動、.....は移動方向が明らかではないが、魚道利用を行う可能性があることを示す。
2. 色は成魚、色は稚魚が利用することを示す。

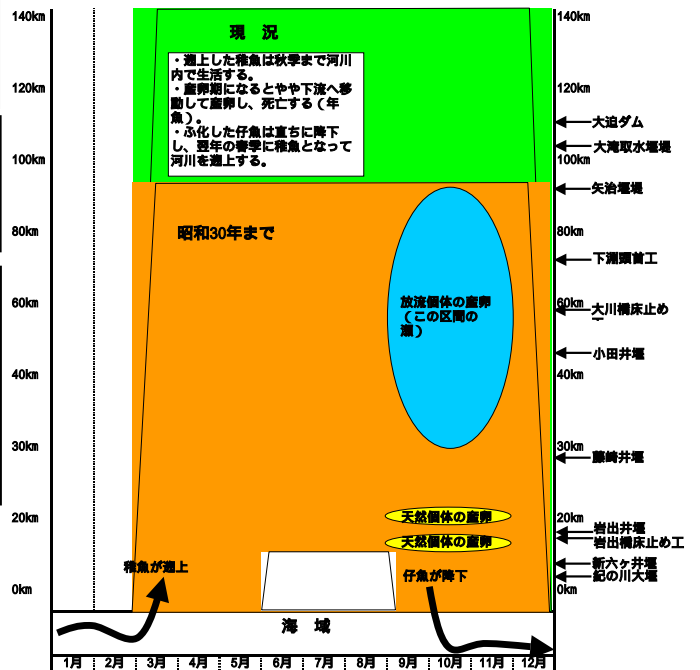
注：1. オイカワ、ウグイ、ウケチウグイ及びニゴイの移動時期は明らかではない。

2. 宮中ダムの上流域にサケの産卵場があるという情報は得られていないが、成魚が西大滝ダムまで遡上するため、宮中ダムも稚魚の降下経路に当たる可能性がある。

潜在分布範囲からみて魚道整備が望ましい魚種

稚魚の遡上（回遊魚）：アユカ、回遊型カガカ
 成魚の遡上（回遊魚）：カヤツム
 産卵場への移動（回遊魚）：該当魚種なし
 仔稚魚・幼魚の降下（回遊魚）：カヤツム、回遊型カガカ
 成魚の降下（回遊魚）：アユカ
 稚魚の移動（河川内回遊魚）：該当魚種なし
 成魚の移動（河川内回遊魚）：該当魚種なし
 産卵場への移動（河川内回遊魚）：該当魚種なし

過去の魚の遡上・分布範囲からみて当該施設を通過する魚種



(3)水文諸量

水文諸量の把握は既存資料や現地調査により行うが、降水量（季節変化や継続期間）等を勘案しながら一定期間にわたって整理し、対象地点の流況特性を明らかにする。その際、対象とする魚の移動時期を踏まえて整理対象期間を設定する。

水文諸量の把握は魚道流量の設定に必要であり、また、魚道形式の選定や諸元の決定（例えば、流量変動が大きい場合には魚道流量の調節が必要となり、また、上下流の水位によって魚道上下流端の敷高が決まる等）にも必要である。

(4)対象施設の諸元

対象施設の諸元は、魚道の設置位置の決定、魚道形式の選定、魚道諸元の決定及び付帯施設の検討等に必要とする情報である。

とくに魚道流量の決定に係る情報は必須であり、施設管理者から年間を通じた取水量、放流量及びその変動等に関する情報を入手する。また、舟運航路等、取水の他にも魚道の他に必要とする流量の有無を確認する。

なお、魚道流量の確保のため、利水者や施設管理者等と調整の上、必要に応じて取水量及び放流量の変更も検討する。

4.魚道設計上の留意点

(1)魚道を設置する場所

魚道の設置場所に係る留意点は以下のとおりである。

魚道を置く横断方向の位置は、全断面魚道を除き、基本的には魚の遡上経路に合わせて岸沿いとする。

複数の魚道を併設する場合には、流速が速い形式の魚道を流心側に置く。

魚道の下流端（魚道の入口）は魚が発見しやすい場所に置き、下流端と堤体との間に魚が滞留しないように留意する。

上流端（魚道の出口）は取水口を避けて置き、魚が安全に遡上できるように配慮する。

1)横断位置

魚道を設置する位置は、魚類の遡上経路に合わせることを基本とする。

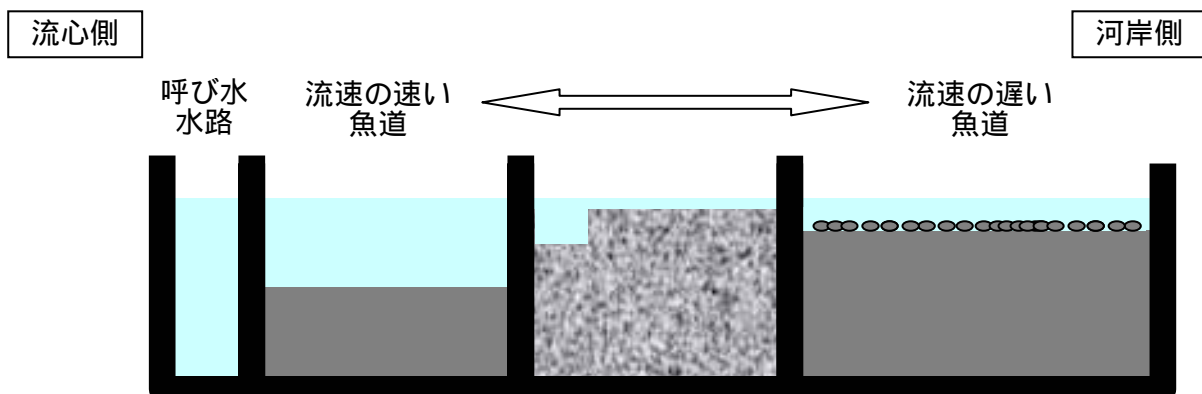
遡上力の弱い小型の魚類は岸沿いの緩流域を遡上することが多いため、通常、魚道は岸沿いに設置する。

蛇行部等において、透筋が左右岸のいずれかに寄っている場合は、流れの緩やかな水裏部が遡上経路となるため、ここに魚道を設置する。しかしながら、水裏部では砂洲が発達して魚道が閉塞する可能性があるため、土砂の移動が大きい場所では呼び水水路等を設置して魚を魚道へ誘導しながら、遡上経路とは異なる位置に設置する必要がある。

2)複数の魚道を併設する場合の横断方向の配置

魚道形式にはそれぞれの特徴があるため、複数の形式の魚道を並列して設置することにより、多様な魚種の遡上に対応させる場合がある。

この場合、魚道の横断方向の配置は、自然河川の流速分布と同様に、流速の速い魚道を流心側、遅いものを河岸側とする。また、呼び水水路を併設する場合には、最も流心側に配置することが多い。

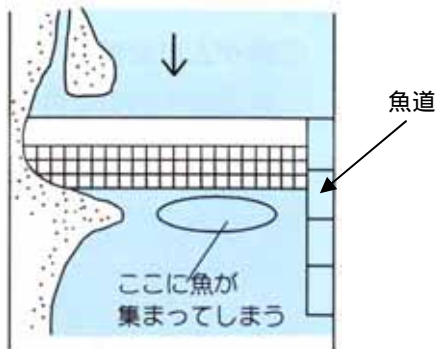


3) 魚道の上流端・下流端の位置

魚道の下流端（遡上魚の入口）は、遡上魚が発見しやすく、魚が自然に導かれる位置に設置することを基本とする。

魚道下流端が横断施設本体または水叩きの下流端より突出している場合には、遡上魚が魚道を見えずに施設直下に滞留するため、留意する。また、遡上経路と魚道下流端との間に、堰柱や導流堤等の障害物がないように留意する。

魚道の上流端（遡上魚の出口）は、遡上魚が安全にかつ速やかに上流側へ移動できる位置に設置し、遡上魚にとって危険な場所となる取水口の前面や隠れ場のない単調な場所は避ける。



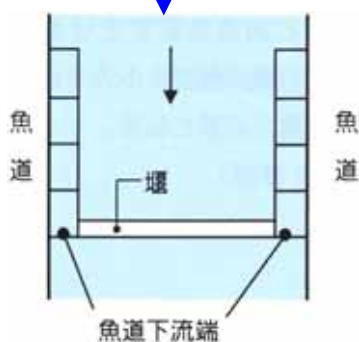
突出型魚道の模式図



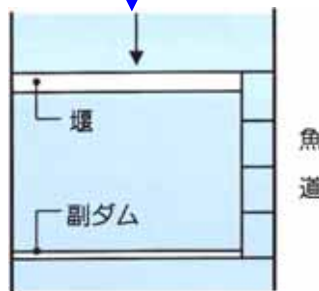
遡上魚が魚道下流端を見つけやすくするために、副ダムを設け、魚道の下流端を上流側に引き込んだ魚道の例

(東京都・多摩川・二ヶ領宿原堰)
出典) 京浜河川事務所資料

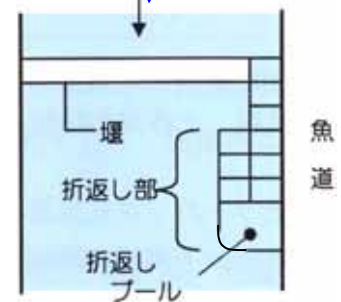
対策



< セットバック式 >



< 副ダム式 >



< 折り返し式 (スイッチバック式) >

出典) 魚類のそ上降下環境改善上のワンポイントアドバイス

4)被災を防ぐには

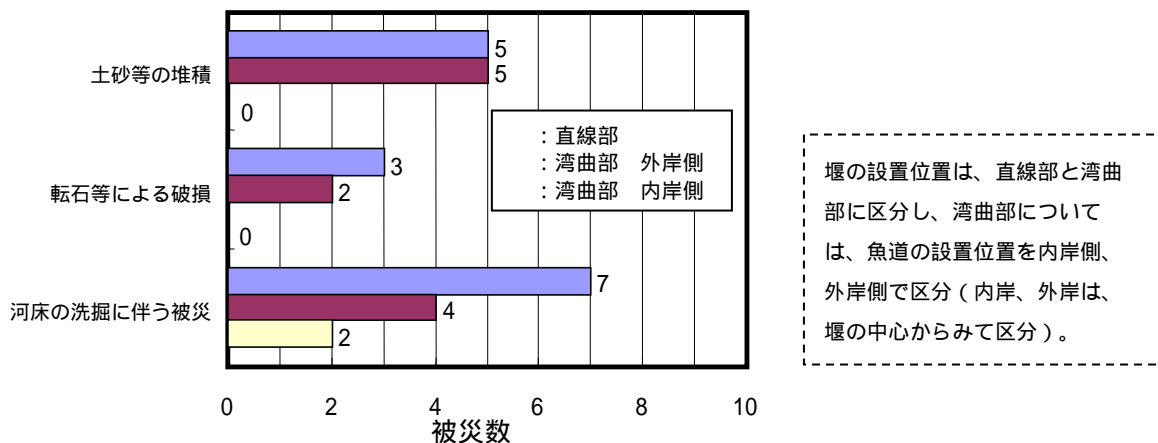
魚道は洪水等による災害や維持管理も踏まえて設置位置を検討する。

一般的には、河道の直線部や湾曲部の外岸側に設置された魚道における被災事例が多い傾向がみられるが、洪水時の流況や土砂動態は河川及び地点により異なるため、魚道の被災を避けるためには、対象河川や施工場所の特性を踏まえる必要がある。

【過去の被災事例】

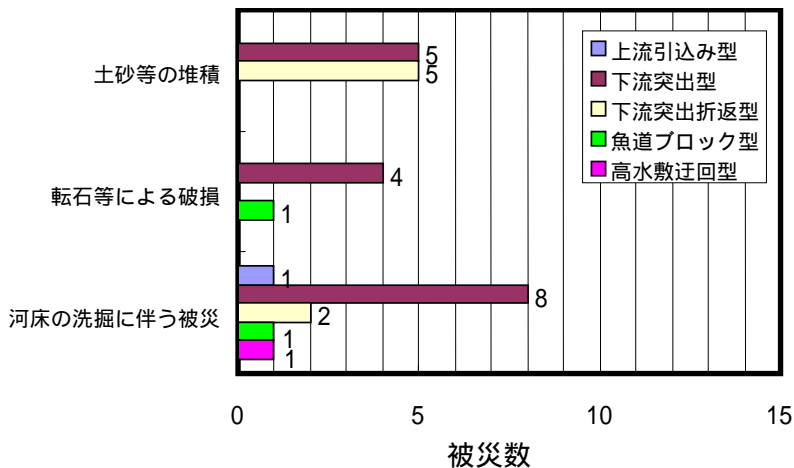
魚道の被災事例（全国の一級河川及び二級河川から報告された15河川、計24事例）について調査した結果によれば、魚道が河道の直線部や湾曲部外岸側に設置されている場合の被災事例が多い。

一般的には、湾曲部では内岸側で土砂が堆積しやすいために土砂堆積や転石による被災が多いと考えられるが、この被災事例は内岸側ではみられず、河道の直線部及び外岸側の魚道が被災している。これは、洪水時に外岸側へ運ばれた土砂が、魚道が粗度要因となって流速低減が生じ、このため堆砂したことが原因の一つとして考えられる。

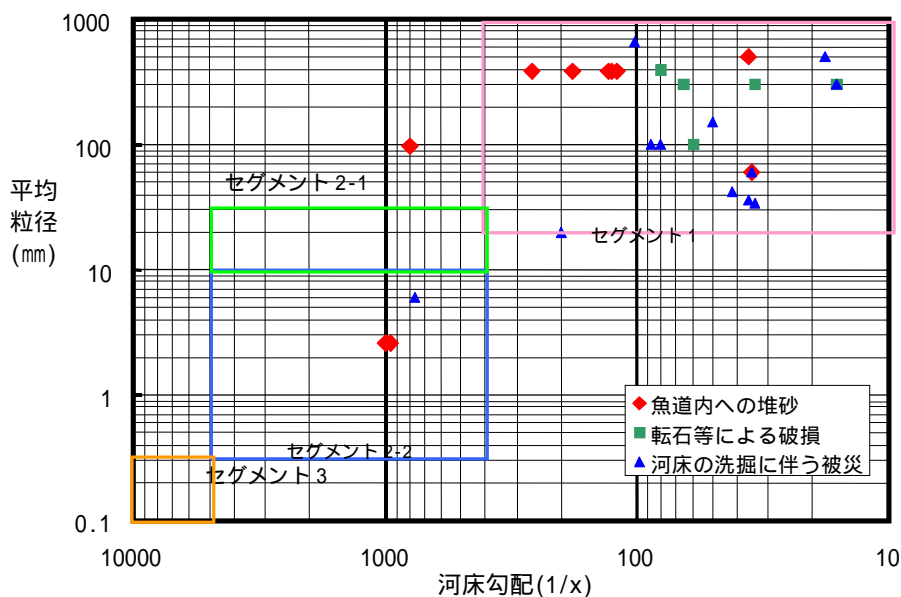


魚道の設置形式別にみると、全般に下流突出型魚道での被災事例が多い。

土砂等の堆積は折返し型魚道で多く、折返しプールでの流向変化に伴う流速の低下、堤体から越流した流れと魚道の流れの干渉による流速低下が原因と考えられる。



流程別にみると、セグメント1区間での被災事例が多く、設置位置の河床勾配別にみると、転石等による破損及び河床の洗掘に伴う被災は勾配 1/100 より急な区間に集中して発生している。



(2) 魚道形式の選定


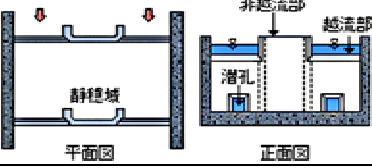
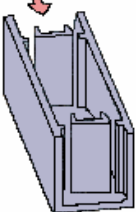
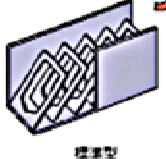
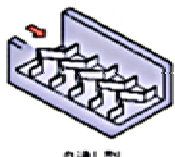

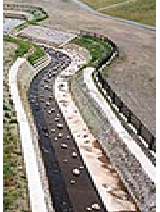

1) 主な魚道の種類と特徴

魚道はその水理学的特性の差により、大きく以下のようなタイプに分類することができる。

< 魚道のタイプ分け >

魚道タイプ	我が国における代表的な魚道形式
プールタイプ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 階段式魚道 ・ バーチカルスロット式魚道 ・ アイスハーバー式魚道 ・ ハーフコーン式魚道 ・ 棚田式魚道 ・ 潜孔式魚道
水路タイプ	<ul style="list-style-type: none"> ・ デニール式魚道（標準型、舟通し型） ・ 粗石付き斜路式魚道 ・ 粗石付き斜曲面式魚道 ・ 緩勾配バイパス水路式魚道（人工河川式魚道）
閘門タイプ	<ul style="list-style-type: none"> ・ ロック式魚道

< 代表的な魚道形式と特徴 >

魚道タイプ	代表的な魚道形式	方式	特徴	
プールタイプ	階段式	<p>平面水路に隔壁を設け、水溜（プール）と越流を生じさせる魚道である。隔壁に切り欠きや潜孔を設ける場合がある。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・遊泳魚用及び底生魚用として国内での適用事例が多い。 ・魚道流量が少なくても機能するように設計できるが、逆に水位変化に対応させるためには、流量の調節機能を持たせる必要がある。 ・土砂が堆積しやすいため、対策あるいは管理が必要である。 	
	アイスハーバー式 ¹⁾	<p>階段式魚道の一形式であり、隔壁の一部を水上に突出させて非越流部を設けたものである。隔壁に潜孔が設けられる場合が多い。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・魚は非越流部の裏側に形成される静穏域を遡上途中の休息場として利用することができる。 ・遊泳魚用として適用事例が多い。 ・水位変化に対応させるためには、流量の調節機能を持たせる必要がある。 ・土砂が堆積しやすいため、対策あるいは管理が必要である。 	
	パーチカルスロット式 ¹⁾	<p>平面水路に隔壁を設け、プールの底部まで切り込んだ開口を設けた魚道である。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・水位変化の影響が比較的小さく、魚は遡上する水深（深度）を選ぶことができる。 ・遊泳魚用として適用事例が多い。 ・堆積した土砂の排砂機能が比較的高い。 ・プール間の水位差（落差）を大きくすると魚道流速が大きくなる（水位差で流速が決まるため）。 	
水路タイプ	デニール式	標準型 ²⁾	<p>水路にU字型の阻流板を前方に向かって斜めに配置し、水を逆流させて水流を制する魚道である。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・水勢を弱める方式としては最良であり、急勾配（1/10以上）でも機能する。 ・遊泳魚用として適用事例が多い。 ・水位変化にもある程度は対応でき、施工が容易であり、施工費用も小さい。 ・可搬型も開発されている。 ・魚は一気に遡上する必要があるため、延長の大きい魚道の場合は、途中で休息プールを設ける等の工夫が必要である。
		舟通し型 ²⁾	<p>水路の底面に阻流板を配置し、水流を制する魚道である。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・特徴は標準型デニール式魚道とほぼ同様であるが、底生魚の遡上には標準型よりも適するとされている。
	粗石付き斜路式 ³⁾	<p>粗石を魚道底面に配置し、水深を増し流速を押さえ、魚類の休息場所を与える魚道である。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・自然河川の形状に近い魚道となり、多様な流速場を創出することができるため、底生魚から遊泳魚まで広い魚種に向く。 ・急勾配（1/20以上）にすると水が一気に走り、長所が生かない。 ・流速や流況を精度よく予測できない。 ・水位変化への対策が必要である。 	
	緩勾配パイパス水路式 ⁴⁾	<p>緩勾配で瀬、淵を創出した魚道である。自然石や土砂を配置した例が多く、植栽したこともある。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・自然河川の形状に近い魚道となり、多様な流速場を創出することができるため、底生魚から遊泳魚まで幅広い魚種に向く。 ・急勾配にすると減勢効果が低下し、長所が生かない。 ・水位変化への対策が必要である。 	
開門タイプ	ロック式 ⁵⁾	<p>門扉を操作して上下流のゲート操作により遡上魚を上流に導く魚道である。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・魚の収容力が大きく、遊泳力の弱い魚も遡上させることができる。 ・常時管理操作が必要であり、ランニングコストが大きく、集魚装置（あるいは魚を集める工夫）も必要である。 	

出典)

- 1)国土交通省河川局 HP
- 2)信濃川河川事務所資料
- 3)魚道事例集 魚がのぼりやすい川づくり
- 4)福井河川国道事務所資料
- 5)水資源機構 長良川河口堰管理所資料

2)形式選定上の留意点

魚道形式を選定する主な視点は以下のとおりである。しかしながら、魚道形式のみで魚道機能が決まるわけではなく、魚道を折り返し、延長を稼いで勾配を緩くする等、構造の工夫により機能を高めることができる場合も多いため、留意する。

横断施設の種類と規模：固定堰、可動堰の区別及び落差の大きさ。

水位変動：水位変動の大きさ。

魚道流量：魚道から放流できる水量の多寡。

施設上下流の流路や土砂：変動及び移動の大きさ。

用地や地形：勾配や面積の制限。

魚種：対象とする魚種の遡上力、遡上形態（遊泳性、底生性）。

各魚道形式の特徴から施工場所の特性（河川や魚の特性）に合った魚道形式を選定するが、その際、選定根拠を明確にすることが重要である。

【全断面魚道について】

魚道の幅員は大きいほど良いというものではないが、全断面魚道には一般的に以下のような長所があるとされている。

横断施設の全面が遡上経路として利用できるため、流路が安定しないために魚の遡上経路が変化しやすい場所に適している。

横断施設の全面から越流するため、降下魚が降下経路を探す必要がない。

部分的な破損や土砂の堆積が発生しても、その他の部分が機能するため、致命的な影響を受けにくい。また、水位の変動に対してもある程度は対応可能である。

魚道の幅員が広く、遡上経路が狭い場所に限定されにくいいため、魚食性外来魚や魚食性鳥類等に捕食される危険が少ない。

一方、短所としては、

- ・高い落差には対応困難である。
- ・施設の幅が広い場合には施工費用が高くなる。
- ・可動堰には適用できない。

ということ等があげられる。



（山口県・榎野川・岩富落差工）

出典）魚道事例集 魚がのぼりやすい川づくり

(3)魚道の流況と設計流速

魚道の流況と設計流速に係る留意点は以下のとおりである。

魚道の流況：階段式魚道では、流れが安定し、多量の気泡（白泡）や横波、縦波及び渦流等が発生しないように留意する。

設計流速：遊泳力の弱い魚種に配慮する。また、構造の工夫や形式の異なる魚道の併設等により、全体として多様な流速場を創出し、魚が選好する流速帯を選べるように配慮する。

1)魚道の流況

魚道内の流況は、遡上魚が方向を見失うことがないように、また、必要以上に体力を消耗しないように安定させる。

階段式魚道の場合、隔壁から水が落ち込むことによる多量の気泡（白泡）の発生や、横波、縦波及び渦流等が発生する場合には魚が遡上しにくい。

2)設計流速

魚道の設計流速は、対象とする魚種の遊泳力に基づき設定する。

魚道内の最大流速は、対象とする魚種のうち最も遊泳力の弱い魚の突進速度以下になるように設定することを基本とするが、流速が極端に遅い場合には、魚が遡上意欲を欠くという知見もあるため、適度な流れが必要である。

遊泳力が様々な魚種を対象とする場合には、魚道内に多様な流速場を創出し、魚が遡上経路を選べるように配慮する。

流速の設定に際しては、遡上魚が突進速度を継続できる時間（スタミナ）も考慮する。

なお、階段式魚道の場合、隔壁から落ち込む流れの最大流速により魚の遡上の可否が決まるが、この流速は隔壁の落差に支配されるため、この落差に留意する。

以下は、魚の遊泳力に関する代表的な知見であるが、現状では乏しいため、水路実験等によりできるだけ新しい知見の集積に努めることが望ましい。

魚種別の遊泳力

魚種	体長(cm)	巡航速度(cm/s)	突進速度(cm/s)
アユ	14.4	110	178
ニジマス	17.2	80	170
コイ	15.3	70	150
ブルーギル	10.3	55	120
アユ	6.6	40	120
キンギョ	10.1	35	113
ウナギ	9.0	15	80
クサフグ	2.3	15	30
ゴンズイ	4.9	15	36
コトヒキ	2.1	13	47
ドジョウ	7.1	10	112
グッピー	3.0	10	30
グッピー	0.88	8	16
カワムツ	0.80	8	16.5
キス	0.76	6	17

出典)「魚類生理学」恒星社厚生閣

【魚道流量について】

魚道からの放流は下流側の流水の維持につながり、健全な河川環境の維持に寄与することができる。

一方、サケやサクラマス等、大型の魚類を対象とする魚道の場合、魚道にはある程度の流量が必要となるが、魚道流量は多ければ良いというものではない。

少ない流量であっても設計上の工夫や運用手法により、魚道を機能させることができる。

魚道流量は、確保可能な流量と魚道諸元とのバランスを十分に検討し、両者をフィードバックさせながら効率的、効果的に設定することが重要である。

(4)魚道の諸元

1)魚道勾配・延長・落差

魚道の勾配、延長及び落差に係る留意点は以下のとおりである。

魚道勾配：階段式魚道では $1/10 \sim 1/20$ 程度、隔壁を設けない粗石付き斜路式魚道では $1/20$ 以下が適切とされ、デニール式魚道はやや急な勾配 ($1/10$ 以上) まで対応可能とされている。

魚道延長：必要な勾配を確保できる範囲内でなるべく短くすることが望まれる。

プール間落差（プールタイプ魚道の場合）：階段式魚道では $10 \sim 20\text{cm}$ 程度が適切とされている。

魚道勾配は魚道を設置する施設の落差と確保できる魚道延長により決定される。

勾配は、既往の実験結果等から、階段式魚道では $1/10 \sim 1/20$ 程度が適切であるという知見が得られている。また、隔壁を設けず粗石により流速を抑える粗石付き斜路式魚道では $1/20$ 以下の勾配を必要とし、逆に水路タイプのデニール式魚道は、一般的にやや急な勾配 ($1/10$ 以上) まで対応可能とされている。

魚道延長は、魚道形式によって魚が一度に容易に遡上できる距離（延長）が異なるため一概には言えないが、一般的には維持管理や施工コスト及び魚食性鳥類による食害を考慮すると、必要な勾配を確保できる範囲内でなるべく短くすることが望まれる。

プールタイプ魚道のプール間落差は、施設の落差、魚道延長及びプールの個数により決定される。プール間落差については、階段式魚道の場合、既往の実験結果等から $10 \sim 20\text{cm}$ 程度が適切とされている。

2)幅員・プール長

魚道幅員及びプール長に係る留意点は以下のとおりである。

魚道の幅員：河床（澗筋）の安定しない場所に全断面魚道を設置する等の場合を除き、さほど大きな幅員は必要としない。

プール長（プールタイプ魚道の場合）：プール長が短く、横長の場合には流れが乱れることがあるため留意する。

魚道の幅員は大きいほど良いというものではなく、魚の遡上経路に合った適切な幅に設定する。

幅の広い魚道は規模が大きくなり、流量や大きな施工費用を必要とするため、河床（澗筋）の安定しない場所に全断面魚道を設置する等の場合を除き、必要以上に幅員を大きくしない。

なお、プール長が短く、プールが横長の場合には、横波が増幅されて流れが乱れることがあるため留意する。

【どの程度のプール長が適切か？】

階段式魚道では、既往の実験結果から幅員に対して概ね 1.5～2 倍程度のプール長が適切という知見がある。

3)水深と隔壁形状

魚道の水深及び隔壁形状に係る留意点は以下のとおりである。

魚道の水深：最浅部（階段式魚道の場合は隔壁越流部）の水深は魚の体高の2倍以上を確保する。

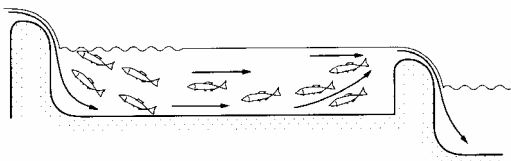
隔壁の形状：階段式魚道では隔壁天端の断面形状を傾斜型やR型とし、厚みは20～30cm程度が適切とされている。

水 深

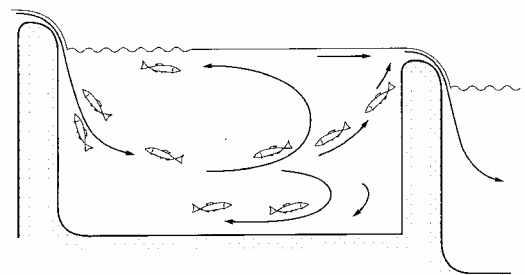
魚道の水深は、最浅部（階段式魚道の場合は隔壁越流部）において、対象とする魚が遊泳可能な水深（体高の2倍以上が目安）が確保されていることが基本である。また、サギ类等、陸上の捕食者による食害を避けるためには、水路タイプの魚道ではある程度水深が必要である。

ただし、プールタイプ魚道の場合は、プール水深が深すぎると鉛直方向の渦流が発生し、魚（特に遊泳魚）が遡上方向を見失う場合があるため留意する。また、浅すぎると減勢効果が低下するため、適切な流況及び流速に留意する。

< プール水深が適切な魚道 >



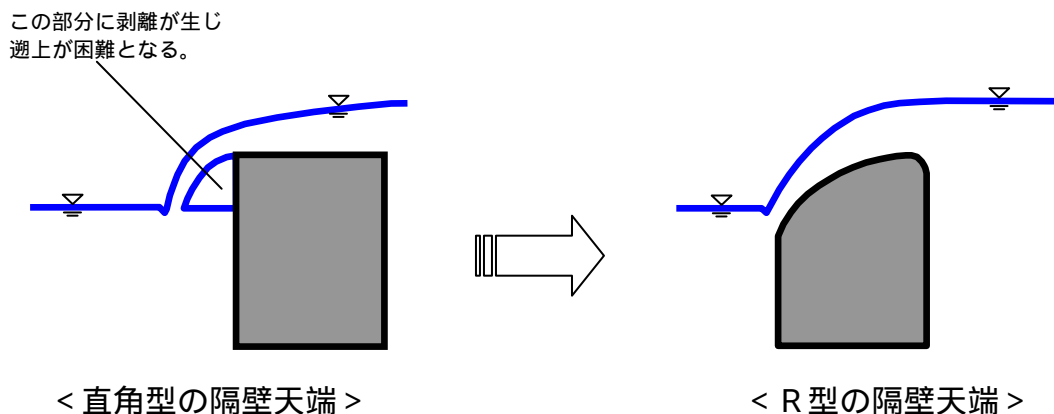
< プール水深が深い魚道 >



出典) 言いたい放題 魚道見聞録

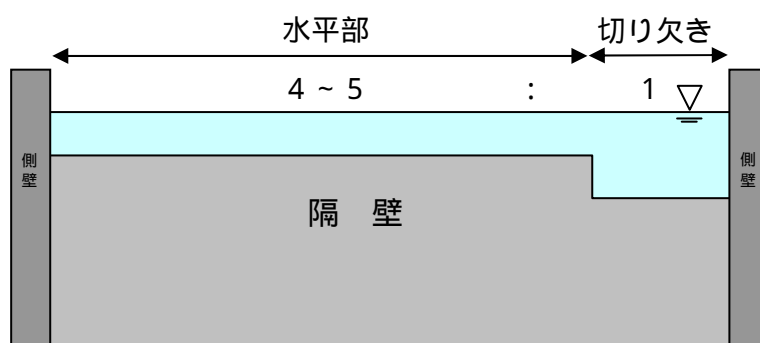
隔壁形状

階段式魚道においては、隔壁天端の断面形状が直角型の場合、下流側に剥離した流れ（隔壁との間に空隙が生じる流れ）が発生して魚の遡上が困難となるため、天端の断面形状を傾斜型やR型等として剥離した流れの発生を抑える。



また、隔壁の厚さについては、厚さが増すほど斜面距離が長くなり魚の遡上が困難となるため、強度にもよるが20～30cm程度が一般的である。なお、厚さが薄すぎる場合には剥離した流れが発生するため留意する。

隔壁部の切り欠きについては、魚道内の流況を安定させるためには水平部対切り欠き幅の比は4:1または5:1程度、切り欠き位置は全ての隔壁で同じ側に設けることが適切との知見がある。



4)魚道上流端・下流端の高さ

魚道上流端及び下流端の高さに係る留意点は以下のとおりである。

上流端の高さは、基本的には上流側の低い水位に合わせる。

下流端は、河床の洗掘等に備えて根入れ等を行う。

魚道上流端・下流端の敷高は、それぞれ横断施設の下流側及び上流側の水位変動を踏まえて決定する。

基本的には対象とする魚種の遡上時期の水位に合わせるが、洪水後の復帰遡上等、季節に係わりのない遡上もあるため、年間を通じた水位変動も考慮する。

対応させる水位の範囲は、対象河川の水位変動により異なるが、極端に流量が多い時には魚は遡上しないとされているため、上流端の高さは基本的には低い水位に合わせる。

また、農業用の施設の場合は、灌漑期と非灌漑期で水位が大きく変化する場合が多いため、高さの異なる魚道上流端を2箇所設ける等して、水位変動に対応させることもある。

なお、魚道下流端は将来的な河床の洗掘等にも備え、十分な根入れ等を行う。

(5)降下魚及び魚以外への配慮

1)降下魚への配慮

設計に際しては、遡上魚だけでなく降下魚にも配慮する。

回遊魚は海域と河川を行き来するため、必ず降下もある。ただし、遡上時と降下時には体の大きさが異なるものが多く、例えば、アユでは稚魚が遡上し、仔魚が降下する。

従来、魚道設計においては、魚の遡上が重視され(このため、魚道の下流端を入口、上流端を出口と呼ぶことが多い)、降下について配慮されるようになったのは近年になってからである。

魚の降下は魚道を利用する場合もあるし、出水時に堤体を越えて降る場合もある。また、アユの仔魚のように、遊泳力がほとんどないために水流に乗って降下するものもある。このため、設計に際しては、魚の種々の降下様式にも配慮する。

魚の降下への一般的な配慮事項としては、横断施設や魚道を通過する際の落下衝撃の緩和、淡水域から汽水域・海域へという急激な水質の変化に伴う生理的障害の緩和(河口堰の場合)、取水口における迷入防止対策、湛水区間における魚の滞留及び迷走防止対策等があげられるが、これらには研究段階のものが多いため、学識者等の意見を参考としながら対応する。

2)魚以外への配慮

河川を行き来する生物は魚ばかりではない。テナガエビやモクズガニ等の甲殻類、オオサンショウウオ等の両生類等にも河川内を大きく移動するものがある。

従って、魚以外の生物の生活史や分布・移動範囲を把握し、生活史が完結できるように配慮する。

(6)付帯施設

魚道の付帯施設の設計上の留意点は以下のとおりである。

流量調節：必要に応じて、魚道上流端の角落し、機械式の流量調節ゲート、流量調節柵及び溢流式魚道等により魚道流量を調節する。

呼び水：呼び水の流速は、一般的に魚道流速の2倍以上とする。

魚道内の休息プール：魚道の途中に置く魚の休息用プールは、他のプールよりも勾配を緩く、容積も大きくする。設置する間隔は階段式魚道では20～30m程度が目安とされている。

土砂対策：グレーチング蓋や上流端の土砂吐き等により、土砂の流入を防止する。

1)流量調節

魚道上流側の水位変動が大きい場合には、魚道流量を安定させるために流量調節機能を持たせることを検討する。

階段式魚道等の場合、よく用いられるのは魚道上流端に角落しを設け、ここに厚板や木柱を落とし込んで流量を調節する手法である。この場合、角落し部に剥離した流れが発生しないように、厚板や木柱の天端の断面形状を傾斜型やR型とする。

角落しの他にも機械式の流量調節ゲート、流量調節柵及び溢流式魚道等、様々な流量調節の手法が開発されており、対象とする魚道の特徴や施工条件に合わせて適切な手法を選定する。



魚道上流端の角落しによる魚道流量の調節

出典) 言いたい放題 魚道見聞録

2) 呼び水

呼び水水路は、魚の遡上経路とは異なる位置に魚道を設置せざるを得ない場合において、魚道下流端に魚を誘導するために設置する。呼び水の流速は一般的に魚道流速の2倍以上が必要とされている。呼び水の流速が遅い場合には魚の誘導効果が低下するだけでなく、呼び水水路内に魚が迷入することもあるため、流速は適切に保つとともに、水路の下流端に落差を設けて迷入を防止する等の工夫が必要である。

なお、呼び水は上中流部においては強い流れを発生させ、魚に上流を感知させて魚道へ誘導するが、汽水域では、魚は流速差よりも塩分差を感知して遡上するため、河口堰等の感潮域における呼び水には強い流れは必要としない。



呼び水水路の例

中央の呼び水水路で速い流れを創出することで下流端付近に遡上魚を誘導し、両側の階段部から遡上させる。

(三重県・長良川・長良川河口堰)

出典)水資源機構 長良川河口堰管理所資料

3) 魚道内の休息プール

横断施設の落差が大きいため、魚道延長を長くする場合には、魚道の途中に魚の休息用プールを設置する。

休息プールは魚が休息できるように他のプールよりも勾配を緩くし、容積も大きく確保する。

休息プールを設置する間隔についてはとくに基準はないが、階段式魚道では既往の実験結果等から20～30m程度が目安とされている。

4) 土砂・転石対策

魚道への土砂や礫の流入により、流れの乱れ等が生じ、魚道機能が低下する場合がある。このため、土砂の移動が大きい場所では土砂対策を講ずる。

土砂対策の手法には、土砂の流入を防ぐ、あるいは流入した土砂を排砂するという考え方があり、前者ではグレーチング蓋等による流入の防止、後者では魚道上流端に土砂吐を設ける等の手法がある。

(7)その他の留意点

その他の留意点には以下のような事項があげられる。

景観への配慮：魚道は、周辺景観との調和に配慮する。

複合式魚道：複数形式の魚道を組み合わせた複合式魚道では、各形式の長所が生かせるように留意する。

魚道周辺への配慮：魚道を陸域と水域との移動経路として利用する生物もあるため、これにも配慮する。

1)景観への配慮

魚道は魚の移動経路の確保を第一の目的とするが、周辺環境との景観上の調和にも配慮する。

魚道側壁や床等は、コンクリート面よりも施工地周辺の水辺環境に合わせた自然石張り等とするほうが、景観上及び機能的に好ましい場合がある。

【自然石を用いる場合の留意事項】

魚道の側壁や床に自然石を用いる場合には、以下の事項に留意する。

設計図面：自然の河川にみられるような石の大きさの組み合わせや配置を設計図面で正確に表現することは困難である。無理に図面に落とそうとはせず、設計の意図（流れが乱れないように配置したい・・・等）を分かりやすい言葉で記す工夫が必要である。

材料の調達：使用する自然石には、なるべく施工地の周辺で産するものを用いる。その際、石材の採取に伴う環境への影響に留意するとともに、石材のリサイクルも積極的に取り入れる。

景観上の配慮：河川の中流域や下流域において、本来上流域でみられるような大岩を設置したり、暗色系の魚道に白色の石を敷き詰めること等は、不自然な外観につながるため留意する。

自然石の配置：魚道は、自然河川とは異なり勾配が急となる場合が多いため、自然石のみで構成する魚道では流れが乱れて魚の遡上が困難になる場合がある。このため、自然石の利用に際しては、コンクリートブロックの併用等、ケースバイケースの検討が必要である。

2)複合式魚道

魚道の設置スペースが限定される条件下において、多様な魚種や水位変動等に対応させる目的から、複数の魚道形式を組み合わせた複合式魚道が開発されている。

例えばパーティカルスロット式魚道と舟通しデニール式魚道を組み合わせ、平水～高水位時にはパーティカルスロット式、低水位時にはデニール式魚道が機能する魚道がある。

複合式魚道は、例えば高水位時に流れが干渉し合ってそれぞれの長所を相殺する可能性があるため、互いの流れが影響し合わないよう留意する。



複合式魚道の例

遊泳魚を対象とするパーティカルスロット式魚道と底生魚を対象とする舟通し型デニール式魚道を鉛直方向に組み合わせ、狭い幅員内で多様な魚種に対応できるようにしたデニール付パーティカルスロット式魚道。デニール部分はボックス状になっている。

(和歌山県・紀の川・紀の川大堰)

出典)紀の川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

3)魚道周辺への配慮

魚道は河岸部に設置されることが多いが、河岸部は河川を横断的に見た場合、水域と陸域とが接する移行帯に当たる。

両生類（サンショウウオ類やカエル類等）や爬虫類（カメ類等）には陸上と水中を行き来するものが多いため、それらにとって移行帯は重要な移動経路となる。

愛知県籠川では、落差工を全断面魚道化し、河岸部を自然石積みとすることにより河川の連続性の改善に併せて河岸部の生息環境及び移動経路の改善が図られている。

以上のように、移行帯の保全、創出にも配慮する。



愛知県 豊田市 籠川の事例

出典)愛知県河川課資料

-5 施 工

設計の思想や方針を確実に施工に反映させることに留意し、このためには設計者と施工者間の綿密な連絡、調整を行う。

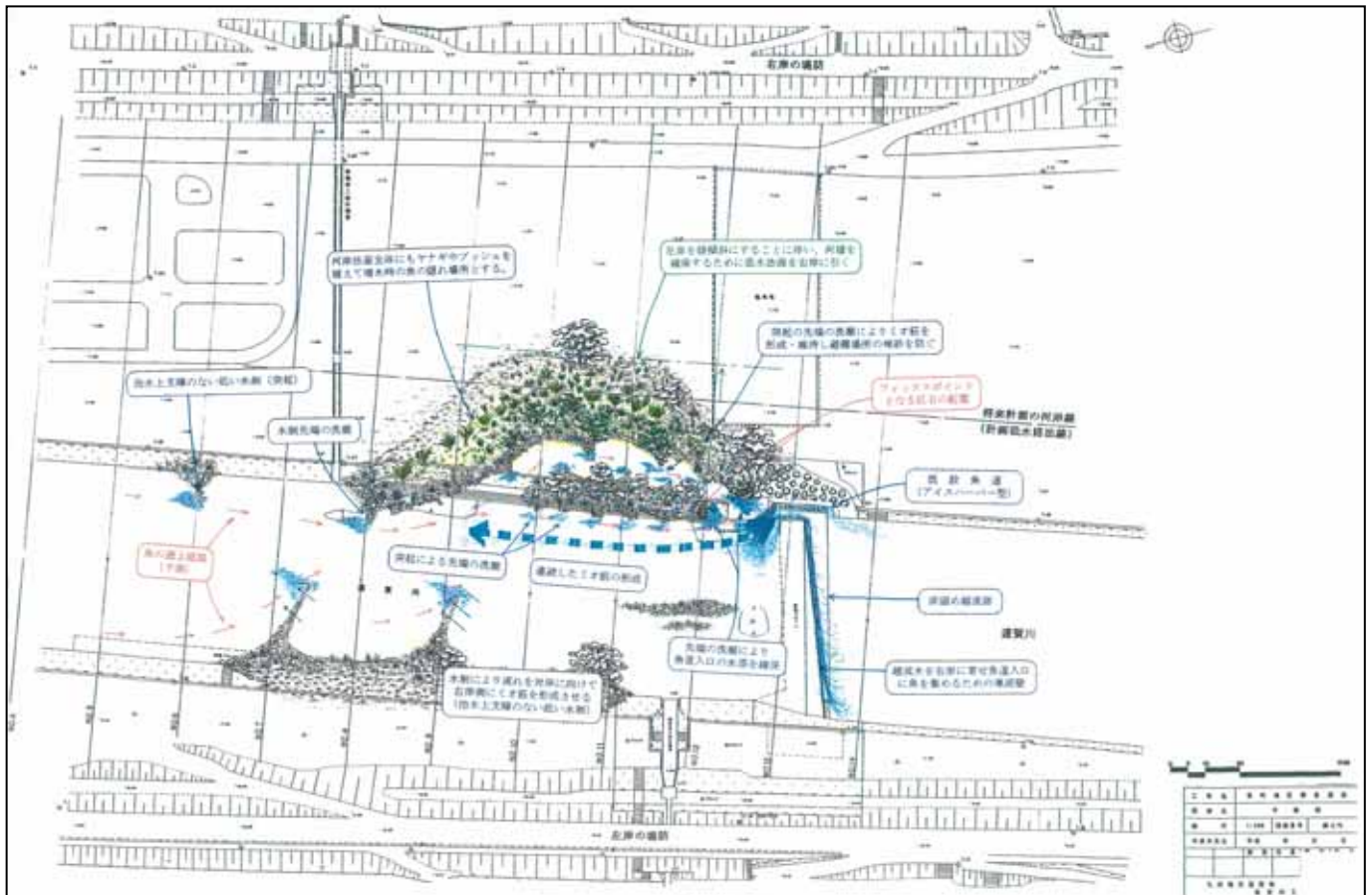
また、施工に際しては、環境への配慮やコスト縮減等をはじめ、種々の工夫を凝らす。

1. 設計者との連絡・調整

施工者は設計者とは異なる場合が多く、設計者の意図が現場に伝わらない、あるいは現場における課題が設計者に伝わらないという問題が生じることがある。

これを防ぐには、設計者と施工者が互いに緊密な連絡をとり合い、設計の思想及び方針を確実に施工へ反映させるように努め、逆に、現場における課題を設計にフィードバックさせることも必要である。

施工要領図の作成事例



設計者の意図を施工者に伝えるために、施工要領図を作成し施工者に配布した。施工要領図には、施工時の配慮事項や施設機能の説明等通常の施工図面では伝わりにくい留意点が記載されている。

2. 環境への配慮

施工においては、周辺環境に影響を及ぼさないように配慮が必要である。

例えば、濁水防止対策や施工時期の調整により、魚の遡上やその他の生物の生息に影響が生じないように留意する。

【施工時期を調整した事例】



奄美五河川では、絶滅危惧種（A類）に指定されているリュウキュウアユの遡上期及び産卵・孵化期を避けた工事可能期間を設定し、工事を行うようにしている。

出典）奄美五河川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

（鹿児島県・奄美五河川）

3. コスト縮減対策

施工においては、VE（Value Engineering）の考え方を常に意識し、品質向上や工期短縮により総合的なコスト縮減に心がける。

【コスト縮減対策の事例】

<プレキャスト魚道ブロックの特徴>

<プレキャスト魚道ブロックの施工上の特徴>

- ・ 据え付けが速いため、工期短縮を図ることができる。
- ・ 機能損失箇所のみを部分的に施工することができるため、施工規模が小さくて済む。
- ・ コンクリートの現場打ちを最小にできるため、仮締切工や転流工等が縮小できる。
- ・ 維持管理、補修、交換等が比較的容易にできる。
- ・ 設置場所や施工方法が適切でない場合、隙間等が生じる場合がある。

【VE（Value Engineering）とは】

VEとは米国で考案、実用化されている管理手法であり、価値工学と訳されている。

一つの目的を達成するための手段がいくつかある中で、機能を低下させずにコストを低減できる手段を積極的に採用することを狙いとし、さらに同等のコストで機能を向上させる手段の考案をも含む手法である。現在では、国際的に広く用いられている。

原設計、あるいは採用を予定している工法・技術に対し、品質・コスト・工期・安全・維持管理等全ての要素を考慮して、最善な改善案を考案し、それを実施することがVEである。

-6 維持管理

施設の管理に際しては、事前の調整を踏まえて適切な維持管理計画を策定する。

また、施設や魚道の定期的なメンテナンスを行うとともに、老朽化や洪水等により破損（機能低下）した場合には、適切に修復する。

1. 施設の運用

魚の遡上時期の年変動や河川流量の変動等に留意しながら、施設及び魚道を運用する。

頭首工等の農業用取水施設では、魚の遡上・移動時期を考慮して非灌漑期にも適切な魚道流量を確保する。

また、渇水時にもできるだけ魚が利用できるような運用に配慮する。

2. メンテナンス

現在の技術では、完全にメンテナンスフリーとできる魚道の設計は困難であり、定期的な堆積土砂、流木及びゴミ等の撤去等が必要である。

また、メンテナンスを施設管理者のみが行うのではなく、魚道にたまったゴミの撤去等、住民等の協力を得て行う場合もある。

< 土砂等が堆積し機能低下を起こしている魚道の事例 >



3.魚道の修復

老朽化して機能低下や破損した魚道等は修復する。

また、洪水や河床低下等によっても魚道は破損（機能低下）することがあるため、定期的に点検し、必要に応じて修復する。

< 魚道の継ぎ目に亀裂が生じ漏水を起こしている魚道 >



< 魚道下流部で河床低下が生じている魚道 >

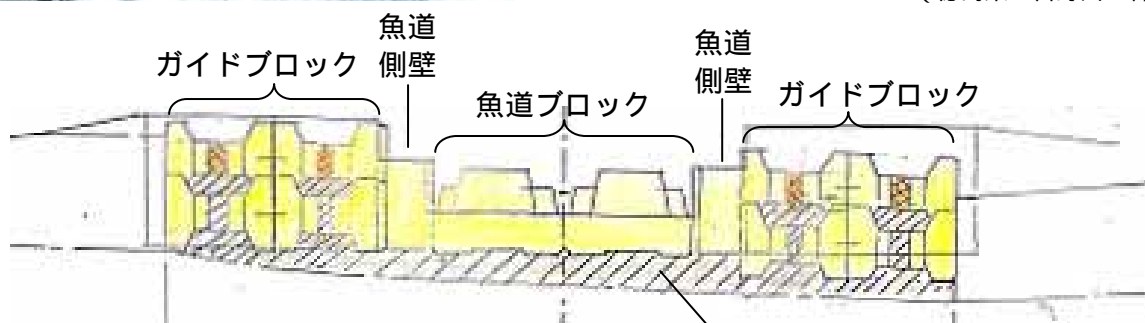


< 魚道下部洗掘に対する応急対策事例 >



洪水により魚道下部の土砂が吸い出されて魚道が大きく沈下したため、応急的対策として魚道下部にできた空隙約 100m³ に栗石を充填した。

(徳島県・吉野川・柿原堰)



< 横断面図 >

長さ約 15mの区間にわたり、ブロック底面と河床面に最大 50cm 程度の間隙が生じていたため、この部分に栗石を充填する等の応急的対策を施した。

-7 施設の活用

魚がのぼりやすい川づくりで整備した魚道等を、住民や関係者に広く公開し、活用を図ることで事業 PR や河川環境に係る意識啓発等につなげることができる。

活用の事例としては、環境学習や調査研究の場として提供すること等があげられる。

1. 環境学習

近年は、小中学校において総合学習の時間が設けられ、その中で環境についても学ぶ機会が増えている。

また、流域住民の河川環境に対する関心も高まっているため、魚がのぼりやすい川づくりで整備した魚道等を環境学習の場として提供することを検討する。

とくに、魚道観察室は、魚道内を安全に見学できるため、環境学習の場として適している。

【環境学習の場としての施設の活用事例】

< 魚道観察室の見学 >



(和歌山県・紀の川・紀の川大堰)

出典) 紀の川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

< 魚道における自然観察会 >



(熊本県・球磨川・球磨川堰)

【魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業の進展による住民意識の啓発の事例】

鹿児島県の奄美五河川は平成5年に「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル河川」の指定を受け、魚道の設置・改築等、魚介類の遡上・降下環境の改善に取り組んでいる。

奄美五河川には環境省のレッドデータブックで絶滅危惧 A類に指定されているリュウキュウアユが生息しているが、本土のアユとは異なり、遊漁の対象にもなっていないことなどから、モデル事業開始当時はリュウキュウアユに対する住民の関心は必ずしも高いとはいえなかった。

しかしながら、事業を進めるにつれて、リュウキュウアユや河川環境に関する関心が徐々に高まり、奄美リュウキュウアユ保存研究会の呼びかけにより、現在ではリュウキュウアユの産卵場の改善が行われるようになった。



小学生等によるリュウキュウアユの産卵場の改善
(鹿児島県・奄美五河川・川内川^{かわうちがわ})

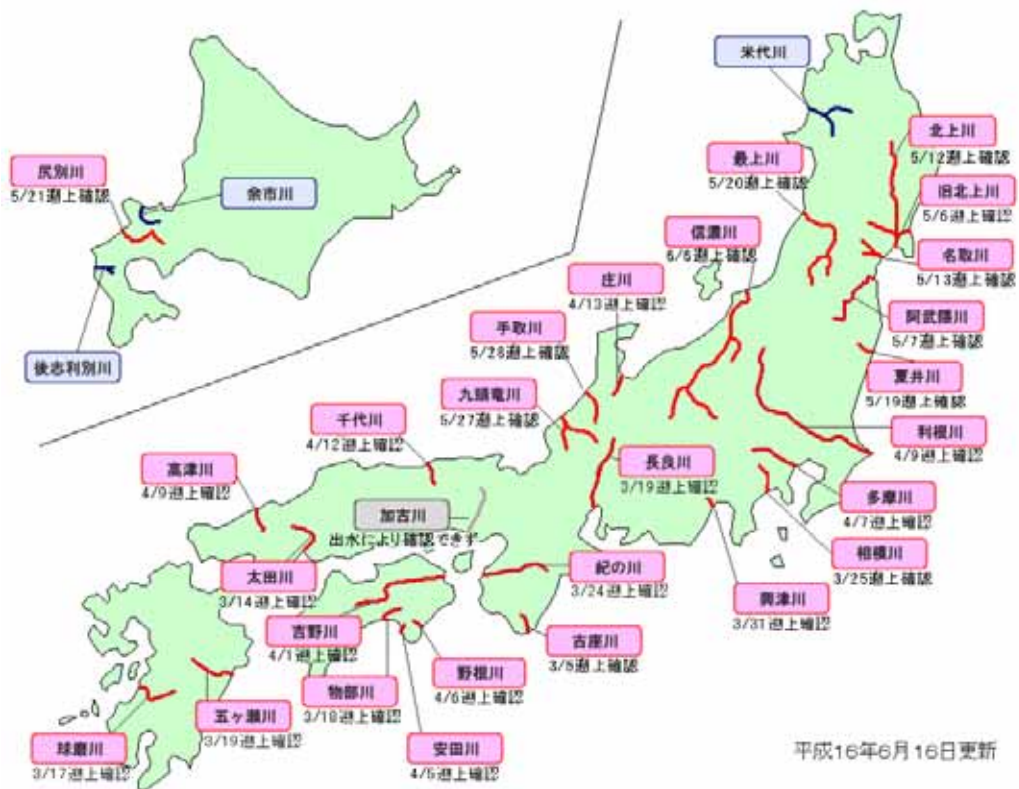
出典) 奄美五河川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

2. 調査研究

研究者にとっても、魚の遡上・降下行動を観察できる機会は多くはないが、魚道観察室等では容易に観察できる。

また、行動観察により、魚道技術の将来的な発展につなげることもできるため、このような調査研究の場として施設を積極的に活用することも重要である。

< アユ遡上時期の調査及び情報提供 >



国土交通省は、魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業で整備した魚道等のある全国 27 の河川において、各都道府県の水産試験場や漁業協同組合の協力を得ながらアユ遡上状況の情報提供を行っている。

なお、アユの遡上状況は「アユの遡上前線」としてホームページ上で公開されている。

出典) 国土交通省河川局 HP

<http://www.mlit.go.jp/river/ayu/index.html>

-8 効果の評価

事業効果の評価の主な視点は以下のとおりである。

【魚道個々の評価】

魚道を利用する魚種：魚道利用を想定した魚種が魚道を遡上、降下していることを確認する。

魚道を利用する魚の遡上力：魚道を利用している魚の遊泳力に偏りがなく、遊泳力の弱いものから強いものまでに利用されていることを確認する。

魚道を利用する魚の大きさ：魚道を利用している魚の大きさに偏りがなく、小型のものから大型のものまでに利用されていることを確認する。

【全体的な評価（広い範囲を見渡した上での評価）】

魚の分布、遡上範囲がどこまで拡大したか。

魚の産卵場、索餌場及び成育場として利用されると予測した場所まで魚が到達し、それぞれの利用が確認されるか。

1. 評価の視点

(1) 個々の施設の評価

1) 魚道を利用する魚種

事業計画の策定時に整理された魚の分布・遡上範囲の結果に基づき、魚道を利用することを想定した魚種が該当する場所の魚道を利用していることを確認する。

この時、分布・遡上範囲の事前整理では、移動する時期も整理するため、これに基づき魚道利用の時期も確認する。

2) 魚道を利用する魚の遡上力

遊泳魚から底生魚までを対象とする魚道の場合、遡上力の強い遊泳魚のみが魚道を利用している場合には、魚道の効果は不十分である。このため、魚道を利用している魚の遡上力に注目し、幅広く魚道が利用されていることを確認する。

3)魚道を利用する魚の大きさ

稚魚から成魚までを対象とする魚道の場合、遡上力の強い成魚のみが魚道を利用している場合には、魚道の効果は不十分である。このため、魚道を利用している魚の大きさを把握し、種々の大きさの魚に利用されていることを確認する。

(2)全体評価

回遊魚や河川内を移動する魚の場合、確実に回遊・移動が行われていることを確認し、分布・遡上範囲がどの程度拡大したかを把握する。また、産卵場や成育場等、生活史を完結するために必要な場まで魚が到達していることを確認する。

【今後の評価に向けて】

現状では、魚の遡上・分布範囲の拡大については、河川水辺の国勢調査等を用いて評価が行われている。

しかしながら、調査内容によっては調査地点が限られる等、評価に用いるには不十分な場合があり、この場合には追加調査を行って魚の生活史が完結できるようになったことを確認する。また、遡上・降下環境を改善した効果の発現にはかなりの時間を要する場合もあるため、長期的な視点から事業効果を評価することにも留意する。

以上のような評価を行うには、調査手法の開発が必要である。また、場合によっては、漁業生産等の河川利用や親水性も重要な評価軸となる。

【生活史を完結できるようになったことを確認する手法】

- ・魚の産卵場、索餌場等として利用されると予測した地点において、生活史を考慮した調査時期を設定し、魚類を採集して体長組成等を把握するとともに、産卵状況等を調査する。
- ・代表的な魚種を選定して標識放流を行い、定期的に再捕して移動状況を確認する。
- ・地元の学識者や漁業従事者にヒアリングする。

【調査上の課題】

上記の調査結果を評価する場合、その結果が天然魚の遡上・分布によるものか、あるいは人為的な放流個体によるものなのかの判断がつかない場合があり、評価を難しくしている現状にある。このため、天然個体と放流個体との識別手法が課題となっているが、例えば、放流個体には標識を付し、採集時に標識個体の割合をみて推定する等の手法が考えられる。

2. 個々の施設の調査手法

改善した魚道等については遡上状況等の調査を行い、機能を評価する。

調査には下表に示すような手法があるが、調査に際しては、魚の遡上期には年変動があることに留意し、適切な調査期間を設定する。

また、機能が低い魚道とは、遡上しようとする全ての魚が遅滞なく遡上できるものであるが、現時点ではこれを正確に把握できる手法は確立されていないため、学識者等から助言を受ける等して、適切な評価に心がける。

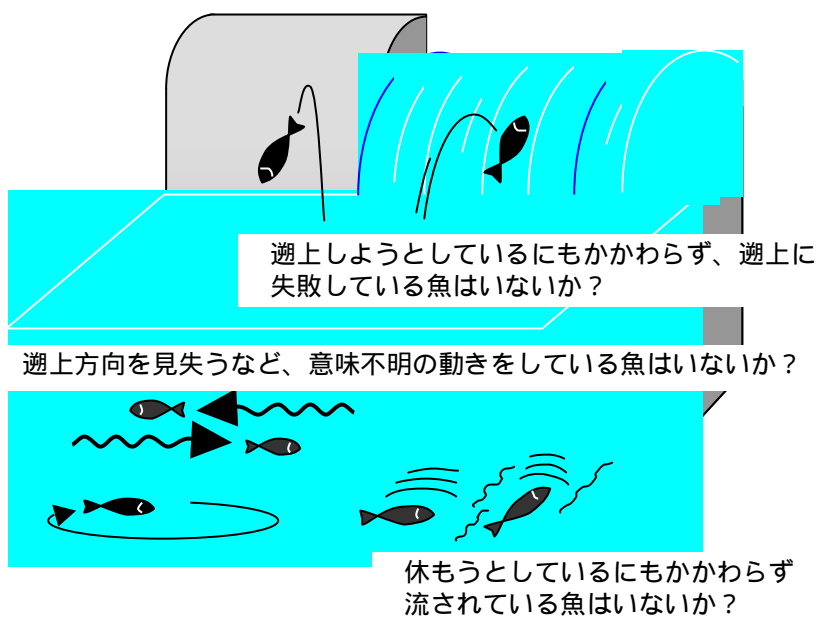
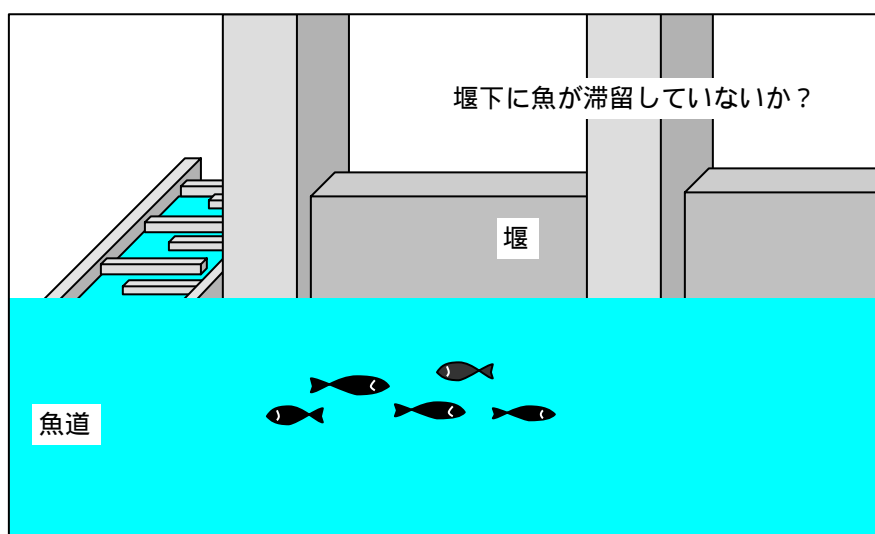
過去に実績がある魚道の調査手法

種 類		手 法	留意点
目視観察	施設（魚道）	施設及び魚道の構造や流況について、チェックポイント（P.30に示した施設及び魚道評価の視点）に基づき目視観察で機能を評価する。	<ul style="list-style-type: none"> ・簡便に評価できるが、観察者の主観で左右される。 ・魚道機能を正確に評価できない。
	遡上状況	魚道に調査員を配置し、目視観察により遡上魚種及び遡上量を調査する。	<ul style="list-style-type: none"> ・調査が容易であり、事例が多い。 ・魚種の確認及び遡上量データの精度が落ちる。 ・遡上しようとする個体数の把握ができないため、魚道機能を正確に評価できない。
標識放流	再捕調査	供試魚に標識を付けて魚道下流に放流し、上流で再捕して遡上率を把握する。	<ul style="list-style-type: none"> ・遡上率から魚道機能を評価できるため、他の手法よりも精度が高いが、遡上しようとする個体数の把握ができないため、魚道機能を正確には評価できない。 ・多くの魚種を対象とする場合には調査費用が大きくなる。また、小型魚では標識を付けることが困難である。 ・標識魚にはなるべく現地で採集された個体を用いる。また、養殖個体を用いる場合には、あらかじめ現地の流れに馴致させる。
	バイオテレメトリ	供試魚に発信機を付けて放流し、遡上行動を追跡する。	<ul style="list-style-type: none"> ・魚の遡上速度や滞留状況等の精度の高いデータが取得でき、遡上行動の把握ができる。 ・多くの魚種を対象とする場合には調査費用が大きくなる。また、小型魚では標識を付けることが困難である。
捕獲調査		魚道内にトラップや網を設置し、遡上する（降下する）個体を捕獲する。	<ul style="list-style-type: none"> ・調査が容易であり、事例が多い。 ・魚種、個体数及び大きさに関するデータの精度は高いが、遡上しようとする個体数の把握ができないため、魚道機能を正確には評価できない。

【魚道個々の調査について】

個別の施設や魚道については、これまでに前頁の表に示すような手法で調査されてきたが、表に示すように種々の課題がある。

このため、今後は以下に示すような視点に立った調査が必要と考えられる。



【個別施設の調査と評価の事例（多摩川）】

A. 評価の視点と調査内容

多摩川では、魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業により改善された個々の施設につき、以下のような視点で評価が行われている。

<p>【施設評価の視点】</p> <p>魚種の比較 施設下流には多くの魚種数が確認されているにもかかわらず、遡上魚種数が少ないということはないか。</p> <p>小型魚、底生魚の有無 施設下流には小型魚、底生魚がいるにもかかわらず、遡上魚は遊泳力の強い体長の大きいものや遊泳魚ばかりということはないか。</p> <p>遡上魚の最小体長 下流側で確認されている魚の最小体長と遡上魚の最小体長に大きな差はないか（遊泳力の強い大型の個体のみが遡上していることはないか）。</p> <p>施設下流の魚の状況 施設あるいは魚道下流に魚が滞留していることはないか。</p>

出典) 多摩川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

以上の視点に基づき、以下のような調査が実施されている。

調査内容（多摩川での事例）

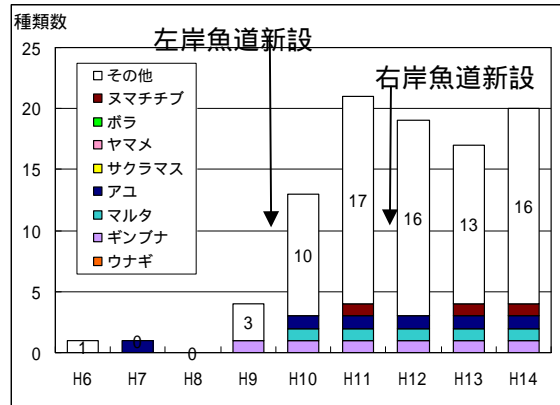
目的	調査項目	調査方法
・遡上魚種の把握 ・遡上魚の大きさの把握	魚道での採集調査	魚道上流端に定置網を設置し、魚道を遡上した魚を捕獲し、同定及び体長の計測を行った。定置網は17時までに設置し、翌朝9時から17時まで2時間毎に遡上魚の確認を行った。
	魚道での目視観察	魚道を遡上する魚類を目視により観察・計測した。また、遡上状況をビデオに撮影した。目視調査は9時から1時とし、10分間隔で10分間計測した。
	施設上下流における採集調査	堰周辺に生息する魚類を投網、タモ・サデ網により捕獲し、同定及び体長の計測を行った。
魚道の機能に係る調査	魚道下流端の集魚状況（魚道下流端は魚がみつけやすい状況にあるか、または、魚が滞留していないか）	目視観察により以下のランクで調査した。 ・かなり集まっている。 ・集まっているが、数えられるくらい。 ・全く集まっていない ・透視度が低く、確認できない。
	魚道内の泡立ちの状況	目視観察により以下のランクで調査した。 ・泡立っており、プール全面を泡が覆っている。 ・泡立っており、プールの半面を泡が覆っている。 ・泡立ちはほとんどない。
	魚道内の水位、流速	魚道内の最小流速、最大流速及び最上流部の水深を計測した。
	魚の遡上時の泳ぎ方	目視観察により以下の事項を調査した。 ・魚はジャンプして遡上している。 ・魚は水中を泳いで遡上できている。 ・魚が魚道プール内に滞留している。 ・魚が遡上できていない。
その他	魚道及び施設の破損状況	目視観察
	施設下流での鳥の採餌状況	目視観察
関係機関等による魚道、施設の評価		漁業協同組合、水産試験場、学識者、流域住民等にヒアリングを行い、当該魚道が機能しているか否かを評価した。
マスコミによる魚道、施設の評価		新聞、雑誌等による評価を収集整理して、魚道評価の参考とした。

出典) 多摩川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

B. 調査結果と評価（多摩川 二ヶ領宿河原堰の例）

a) 魚道利用が確認された魚種数

堰改築前は、重点対象魚種はアユしか確認できなかったが、改築後は4種の重点対象魚種がほぼ毎年確認されている。また、その他の魚種も10種以上確認されており、魚種から見ると二ヶ領宿河原堰の魚道は機能を発揮しているといえる。

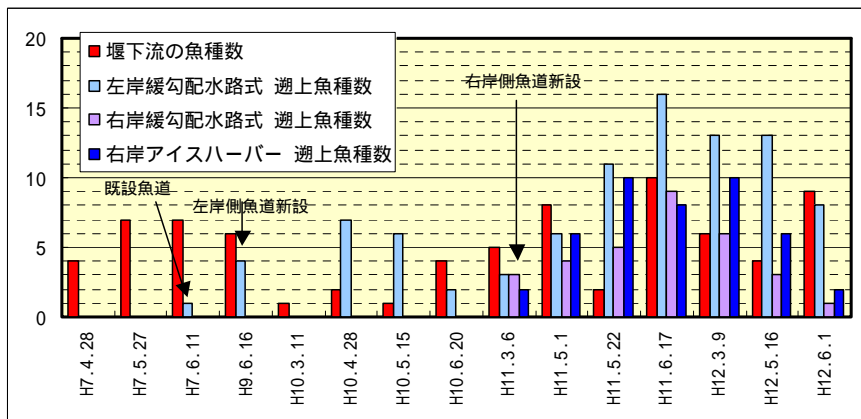


遡上魚種数

出典) 多摩川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

b) 堰下流の魚種数と遡上魚種数の比較

堰改築前は、堰下流で4~7種の魚種が確認されていたにもかかわらず、遡上魚は1種だけであった。魚道改築以後は、概ね遡上魚種数が堰下流の魚種数を上回っているため、問題はないと考えられる。

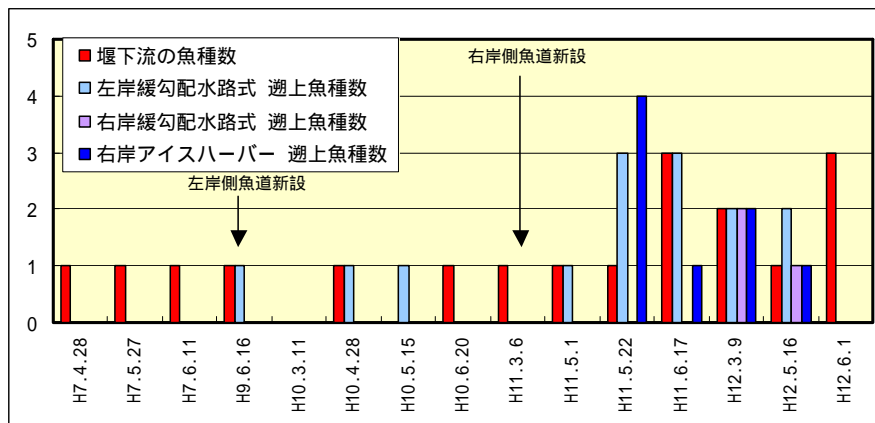


堰下流の魚種数と遡上魚種数の比較

出典) 多摩川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

c) 堰下流の魚種数と遡上魚種数の比較（底生魚）

堰改築前及び右岸魚道新設前までは底生魚の遡上は1種のみであったが、右岸魚道新設後は1~4種の遡上が確認されている。重点対象魚種であるヌマチチブも確認されていることから、ニヶ領宿河原堰魚道は機能を発揮しているといえる。

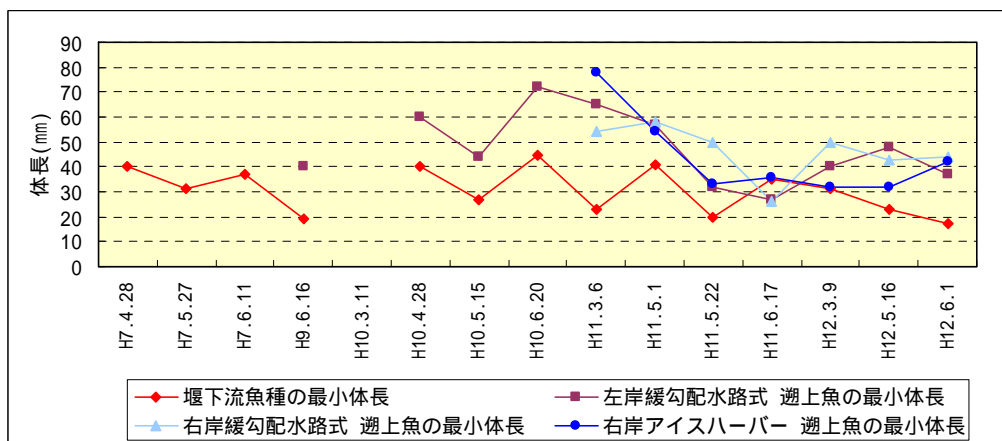


堰下流の魚種数と遡上魚種数の比較（底生魚）

出典) 多摩川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

d) 堰下流の魚の最小体長と遡上魚の最小体長の比較

堰下流に生息する魚種の最小体長は概ね20~40mmであるが、魚道を遡上した魚種の最小体長は30~80mmとなっており、遡上個体が大きい傾向がみられた。



堰下流魚種の最小体長と遡上魚種の最小体長の比較

出典) 多摩川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

e) 魚道下流端における集魚状況

堰改築前は、堰下流側での個体数に対して遡上数が少なく、また、魚道下流端以外の場所で鳥の採餌が見られたことから、集魚状況は良好でなかったものと考えられる。

堰改築後は、魚道下流端付近に魚は見られないが、遡上数が多いことから、魚道下流端に魚は滞ることなく速やかに遡上しているものと考えられる。また、魚道下流端以外の場所で鳥がさほど見られないことから、堰下等への魚の滞留は少ないものと考えられる。

以上より、二ヶ領宿河原堰の魚道への集魚状況は良好であるといえる。

g) 関係機関等による評価

評価者	評価の結果
学識者（魚道専門家）	<p>（右岸緩勾配水路式魚道）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・魚止め堰を設置してあることは良い。 ・1/20 勾配にしては、流れが走りすぎている。 ・越流水深は5～10cm程度でよい。現況は流量が多すぎる。 ・プール内にフトン籠を設置する方法は良い。 ・隔壁上部形状はR付してあり良い状態である。 ・隔壁を越えた水が跳ね上がっている状況から、石の間に土砂、砂利がたまって空隙がなくなり、減勢効果が小さくなっていると思われる。 ・緩勾配水路式魚道は、正方形プールであり、ローリングの発生が懸念される。 <p>（右岸アイスハーバー型）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・魚類の遡上は可能であるが、やや流勢が強い。 <p>（左岸緩勾配水路式魚道）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プールが5m×3mの横長になっており、ローリングを起こしやすい。
学識者（魚類生態学専門家）	<ul style="list-style-type: none"> ・近年の全面改築により遡上環境が著しく改善されたが若干の改善が望まれる。 ・右岸のアイスハーバーは潜孔がしばしば詰まってしまう。 ・緩勾配水路式魚道は水深が浅く、大型魚には不向きである。 ・左岸側魚道は魚道上流側高水敷が張り出し、魚道の上流側に土砂が溜まりやすい。
東京都水産試験場奥多摩分場	<ul style="list-style-type: none"> ・堰改築前は宿河原堰でアユの遡上が止まっていたが、現在は宿河原堰の遡上環境には大きな問題はない。
流域住民	<p>二ヶ領宿河原堰が全面改築され、堰上流側の魚類相が一変したことから非常に良い魚道であると言える。</p> <p>具体的には以下のような状況があげられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ウキゴリ、チチブ等の底生魚が上河原堰の下流で見られるようになった。 ・マルタの産卵は、かつては10匹程度だったが、最近は大量に見られる。 ・上河原堰と宿河原堰との間でアユが大量に産卵している。

出典) 多摩川魚のぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

h) マスコミによる評価

評価者	評価の結果
朝日新聞東京地方版 (2002.04.29)	<p>河口から25キロの道のりをのぼってきたマルタウグイが、ここ調布市の二ヶ領上河原堰（ぜき）の下（しも）に集結したのは、終日の雨降りが増水した川のブラッシングされた新鮮な玉砂利に、産卵の本能を呼び起こされたからのようだ。</p> <p>そもそも横田さんの「じいさん」が現役だった70年から100年前以来というマルタウグイの大量遡上（そじょう）は、3キロほど下流の二ヶ領宿河原堰のわきにあった魚道が4年前に改築されたから、というのが、淡水魚類研究者の君塚芳輝さんの見立てだ。</p> <p>「魚のぼりやすい川づくり」を目指している君塚さんは今月初め、上河原堰あたりに設置されている水中カメラで、記憶にないほどのアユの群れを見た。40年代にアワがたっていた多摩川も、その後の水質改善で83年には初めてアユの遡上が確認され、88年以降は毎年確認されるようになった。ただ上河原より上流にアユが上るには、魚道未整備・不備のハードルがなお多い。</p>

出典) 多摩川魚のぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

i)総合評価

遡上調査結果は良好であり、集魚状況にも問題がない。

学識者、関係機関及び住民等からも良い評価を受けている。

以上より、ニヶ領宿河原堰魚道は良好に魚道機能が発揮されていると評価できる。

3.全体評価の手法

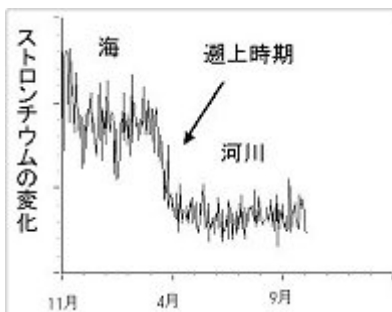
魚がのぼりやすい川づくりの評価に際しては、改善した個々の施設のみではなく、流域を広く見渡した上で魚の分布や遡上範囲がどのように拡大したか、また、当該河川における魚の生活史が完結できるようになったか、という視点からの評価が必要である。

これには、河川水辺の国勢調査等の結果を活用するが、魚の分布範囲等の拡大には時間を要するため、すぐには改善の効果が現れない場合もあるということ認識し、長期的なモニタリングを念頭に置く必要がある。

さらに、魚類の分布範囲等は、河川内の連続性が確保されるだけでなく、生息場や産卵場等の生息環境及び水質等の改善と複合して拡大していくものであるということも認識する。

過去に実績がある全体評価の手法

種類	手法	留意点	
分布・遡上範囲が拡大したことを確認する	定期調査結果の活用	河川水辺の国勢調査（魚介類編）等、定期的実施される調査結果を用いて魚の分布・遡上範囲がどれだけ拡大したかを確認する。	調査地点数及び位置によっては、分布・遡上範囲の拡大の度合いが明らかにできない場合がある。
	聞き取り調査	地元の学識者や漁業従事者へヒアリングを行い、魚の分布・遡上範囲がどれだけ拡大したか、また、魚が産卵場等へ到達できるようになったことを確認する。	・河川によっては、得られる情報が少ない場合がある。 ・漁業上の重要種以外の魚種については情報が少ない場合が多い。
	統計学的な手法	魚類相のクラスター解析等によって河川を区域に分け、この区域が事業によってどの程度拡大したかを確認する。	クラスター解析を用いるには、ある程度のデータ量を必要とし、かつ、データの標準化（調査手法や努力量を統一する等）が必要である。
回遊が確実に行われていることを確認する	魚の回遊履歴を把握する	アユでは、耳石のカルシウムやストロンチウム濃度を分析し（海域生活時代と河川生活時代で濃度が異なる）、一日一本作られる耳石の日周輪を照合すれば、海域で生息していた期間、遡上した時期、河川に生息していた期間が解読できる。	分析に要する費用と時間が大きい。
	標識放流	A L C（アリザリン-コンプレクソン溶液）を用いて仔魚の耳石を染色して放流し、成長後に再捕して移動状況を確認する手法。アユ等で調査事例がある。	



【全体評価の事例1（多摩川）】

A. 魚の分布域等からの評価

多摩川では河川水辺の国勢調査（魚介類編）等の活用や、クラスター解析により魚の分布範囲の拡大状況を評価している。

- ・ 重点対象魚種では、マルタが二ヶ領宿河原堰、二ヶ領上河原堰の改築により分布を広げ、産卵場まで到達している。
- ・ アユは宿河原堰の改築後、四谷本宿堰まで分布が拡大した。さらに上流域でも日野用水堰から小作堰においても各堰の魚道改善後に連続して分布するようになった。アユの産卵場は調布取水堰～大丸用水堰間に分布しており、事業によって再生産が可能になったといえる。ギンブナもアユと同様に下流域と中流域でそれぞれ分布範囲が広がっている。
- ・ 以上の結果より、事業実施によって河口から大丸用水堰付近、昭和用水堰から小作堰でアユ、ウグイ、オイカワ等の分布が拡大し、アユやマルタは産卵場まで遡上が可能となり、再生産が可能になったものと考えられる。

B. 関係機関等による評価

ヒアリング相手	内容
学識者（魚道専門家）	モデル事業の付加価値的な効果として、堰の維持放流量 $2\text{m}^3/\text{s}$ が確保できたことが上げられる。
東京都水産試験場 奥多摩分場	事業実施により、天然アユの分布域が大丸用水堰まで広がり、産卵も行われている。ただし、四谷本宿堰等がネックになっていることもあり、上流へ行けず、餌場のキャパシティーが不足しているといった問題もある。
東京都水産試験場 大島分場	天然アユの標識魚を調布取水堰下流で放すと、以前は80%以上が宿河原堰下流で見つかったが、最近は日野用水堰付近でも確認されるようになった。これは事業の効果と言える
多摩川漁業協同組合	アユは関戸橋あたりまで遡上してきている。
流域住民	二ヶ領宿河原堰が全面改築され、堰上流側の魚類相が一変した。具体的には以下のような状況があげられる。 <ul style="list-style-type: none">・ ウキゴリ、チブ等の底生魚が上河原堰の下流で見られるようになった。・ マルタの産卵は、かつては10匹程度だったが、最近は大量に見られる。・ 上河原堰と宿河原堰との間でアユが大量に産卵している。

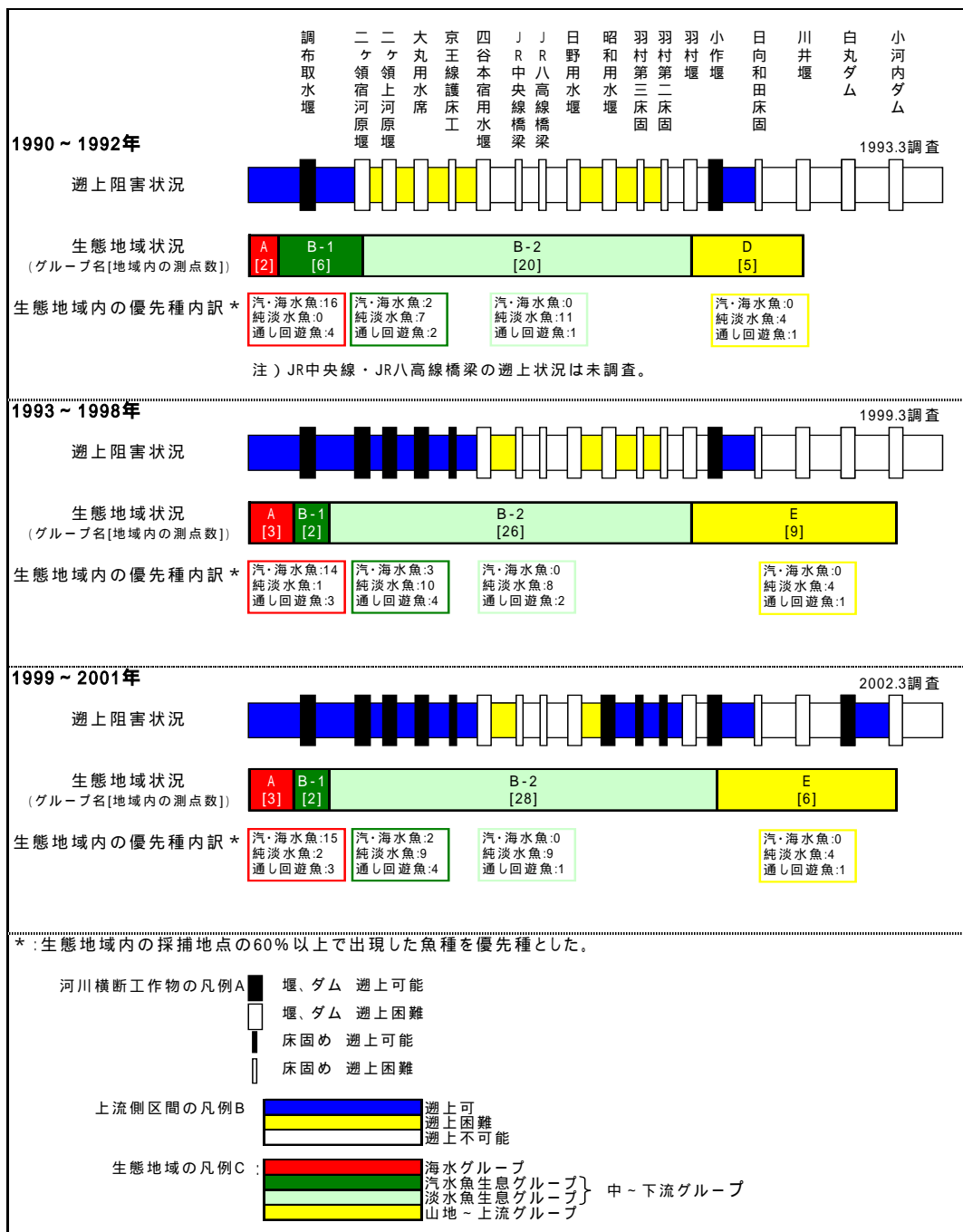
出典）多摩川魚のぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

C. クラスタ解析による全体評価

多摩川では、全体評価の統計学的手法としてクラスタ解析が用いられ、現地調査結果に基づく魚類相を分析して河川をいくつかの区域（生態地域）に区分し、モデル事業によってこの区域の拡大の度合いの検討により評価が行われている。

クラスタ解析の結果、魚類相からみた生態地域は海水グループ、汽水魚生息グループ、淡水魚生息グループ及び山地～上流グループに区分された。

魚道の改善状況と生態地域の変遷をみると、魚道改善の進捗と連動して、多摩川最大の生態地域グループである中～下流グループの範囲が上流、下流側ともに拡大し、事業効果がうかがえる。



出典) 多摩川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート

【クラスター解析】

クラスター解析とは、異なる性質のものが混ざりあっている集団の中から互いに似たものを集めて集落（クラスター）を作り、集団を分類しようとする方法を総称したものである。

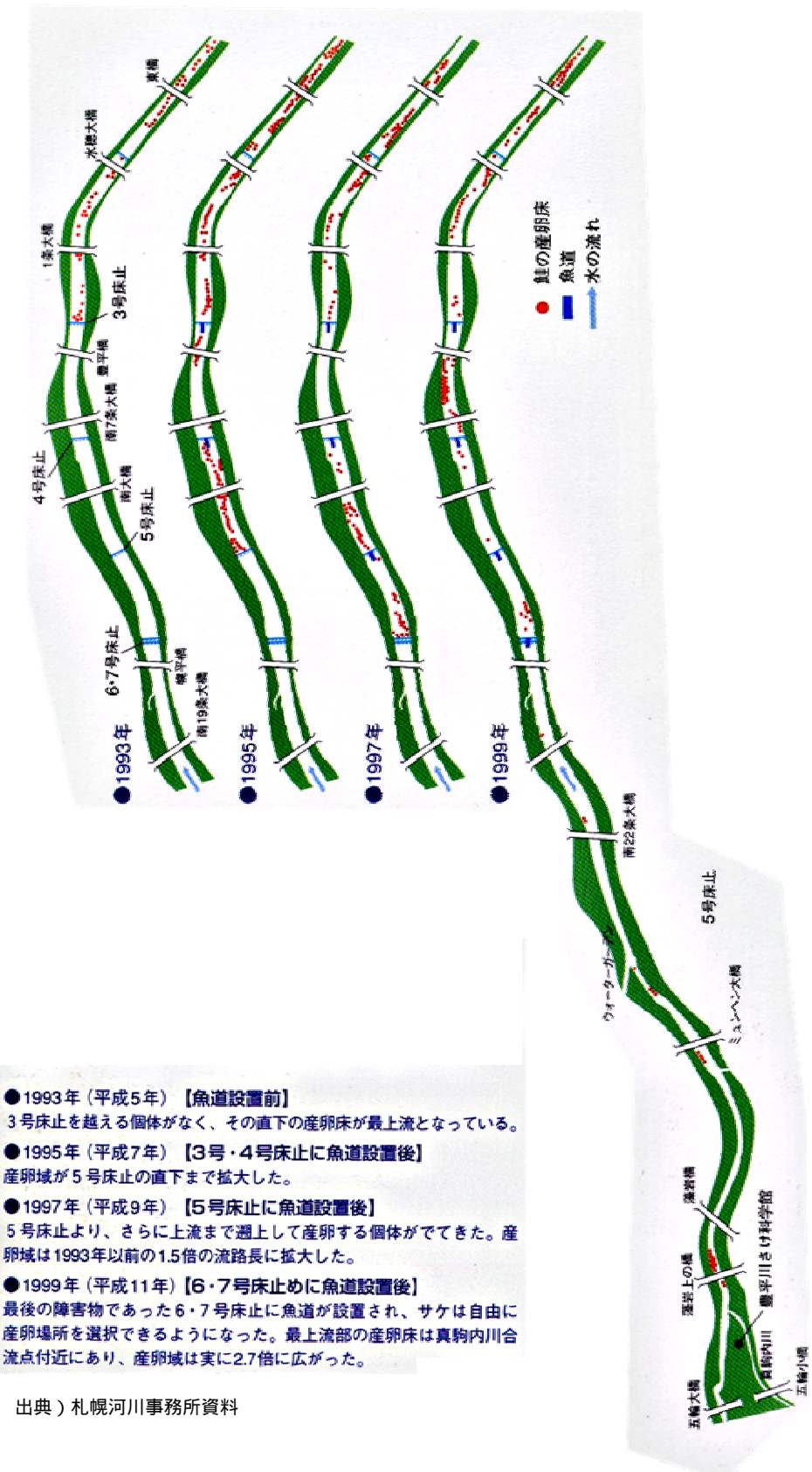
クラスター分析を用いると客観的な基準に従って科学的に分類ができるため、種々の解析に用いられている。

魚類調査結果等でクラスター解析を行う場合は、地点別の種組成に基づき計算を行い、類似する地点をグルーピングしてクラスターを作り、いくつかのグループに分類できるかを調べる。

なお、計算にはいくつかの手法があるが、市販の統計学や群集生態学に関する書籍に詳しい。

【全体評価の事例2（豊平川）】

北海道豊平川では、毎年9月から翌年1月にかけて数千尾のサケが産卵のために遡上する。豊平川では下流から順次、床止工に魚道を設置しているが、サケの産卵場が次第に上流側へ拡大していることが確認されており、事業効果が顕著に現れた好例である。



- 1993年（平成5年）【魚道設置前】
3号床止を越える個体がなく、その直下の産卵床が最上流となっている。
- 1995年（平成7年）【3号・4号床止に魚道設置後】
産卵場が5号床止の直下まで拡大した。
- 1997年（平成9年）【5号床止に魚道設置後】
5号床止より、さらに上流まで遡上して産卵する個体ができた。産卵場は1993年以前の1.5倍の流路長に拡大した。
- 1999年（平成11年）【6・7号床止めに魚道設置後】
最後の障害物であった6・7号床止に魚道が設置され、サケは自由に産卵場所を選択できるようになった。最上流部の産卵床は真駒内川合流点付近にあり、産卵場は実に2.7倍に広がった。

出典) 札幌河川事務所資料

-9 適応的管理

魚がのぼりやすい川づくりは、様々な工夫を凝らしながら実施するが、施工後に不測の事態が生じることもあるため、適応的管理の視点から事業を進める。

魚がのぼりやすい川づくりは、自然を対象とするため、設計どおりの魚道流速が再現できない場合や、期待どおりに魚が遡上しない等、想定とは異なる結果が生じることがある。

また、施工後の河床変動等により、魚道が正常に機能しなくなる場合もある。

このような場合にはまず課題を整理してその原因を究明し、必要に応じて施工の手直しや設計の見直しを行う等の適応的な管理を行い、当初の目的を達成する。

魚道の設計・施工技術には発展段階の部分もあるため、魚がのぼりやすい川づくりは今後も様々な工夫を凝らしながら進め、事例と知見を蓄積して以後の事業に反映する。

【適応的管理】

不確実性を伴う対象を取り扱うための考え方、システムである。

河川における事象は、十分な情報を得にくい不確実性を有し、絶えず変動する非定常性がある。

適応的管理とは、当初の予測どおりの結果が得られない場合をあらかじめ管理システムに組み込み、常にモニタリングを行いながらその結果に合わせて対応を変えるフィードバック管理を行うことである。

【適応的管理の事例】



< 改修前 >



< 改修後 >

当該魚道は過去に一度改修を行ったが、その後河床低下に伴い魚道下流端に落差が生じたり、流量調整設備の不備で魚道内流量が過剰になる等、魚道機能の低下が発生した。このため再度改修を行い、魚道プールを3段延長することで下流端落差を解消し、さらに魚道上流端に流量調節板を設置することで適切な流量を確保できるように改善された。

(宮城県・広瀬川・郡山堰)
出典) 広瀬川 HP



既設魚道では魚の遡上が困難であったため、既設魚道の上に簡易デニール式魚道が設置された。施工期間は一カ月程度、経費は数百万円程度に収まった。稚魚や底生魚の遡上も確認されている。

(北海道・売買川・サケのふるさと公園落差工)

出典) 十勝毎日新聞社 HP



水叩き部の落差が大きく、遡上魚が既設魚道の下流端に達することができないため、水叩き下流側から魚道下流端にかけて一時的に仮設型のデニール式魚道(後付けが可能で、設置も容易なもの)を設置した。

(和歌山県・紀の川・小田井堰)

出典) 紀の川魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業 技術レポート