

## -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。

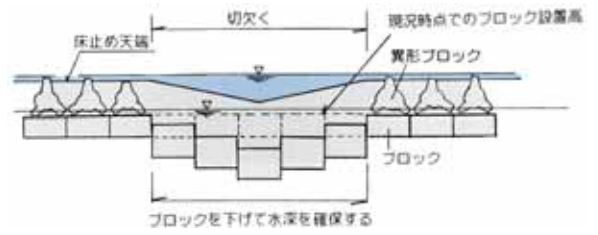
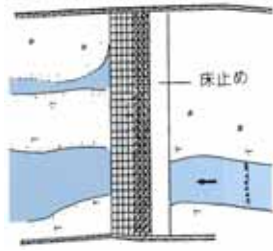
- ・魚道の全面改築（魚道形式の変更等）、魚道の新設

#### 【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。

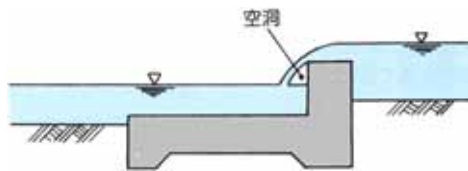
横断施設の撤去は、河川の連続性を回復する視点からは効果が大きいいため、事業計画の検討の際には、目的を終えた施設の撤去も視野に入れる。

【横断施設の本体構造や運用方法を変更した例】

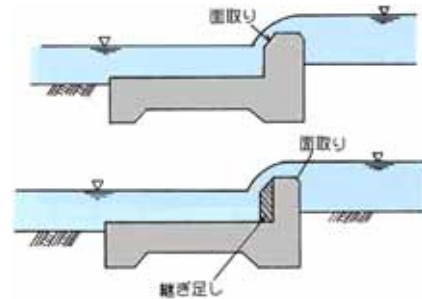


出典) 魚類のそ上降下環境改善上のワンポイントアドバイス

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)

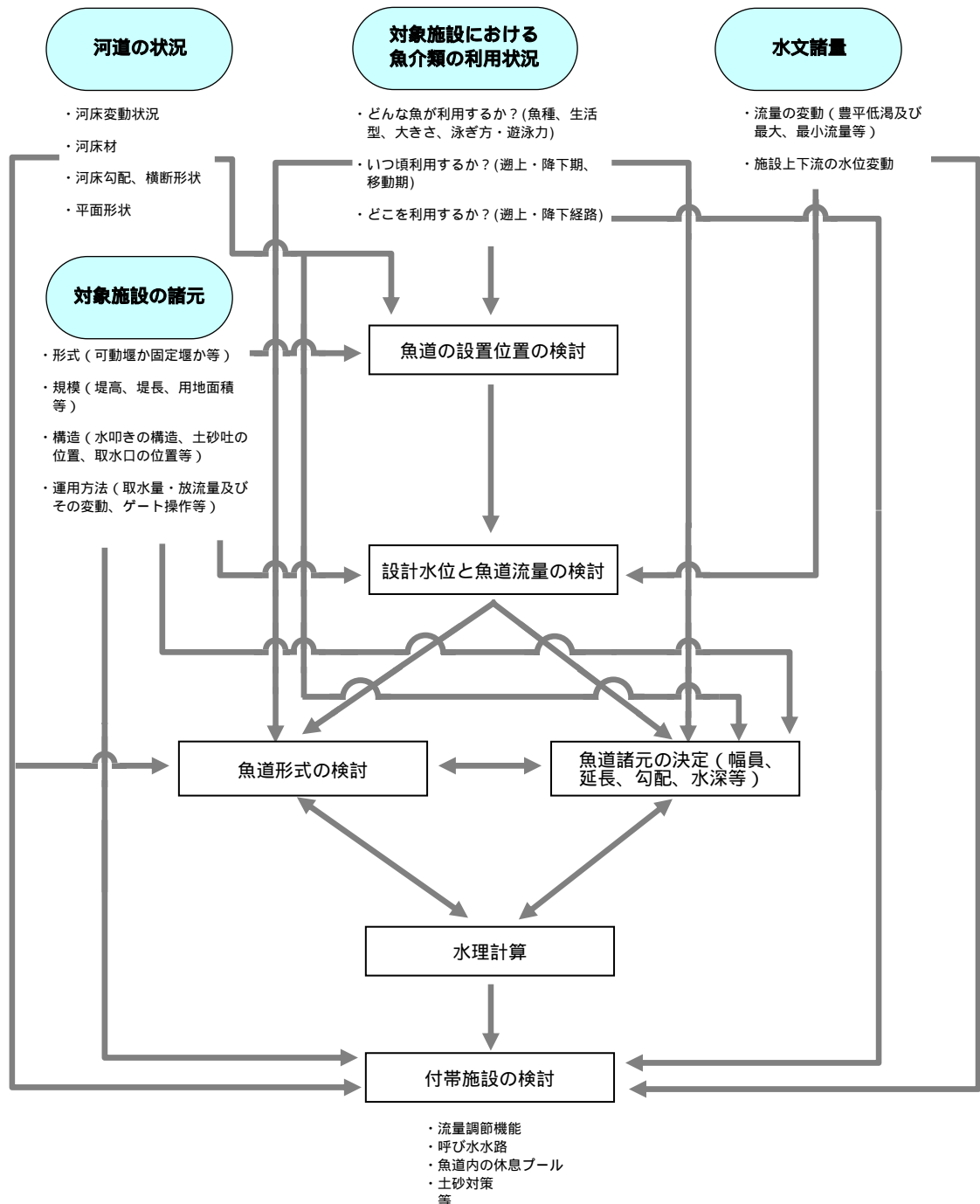
出典) 「エビ人生」HP

## 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

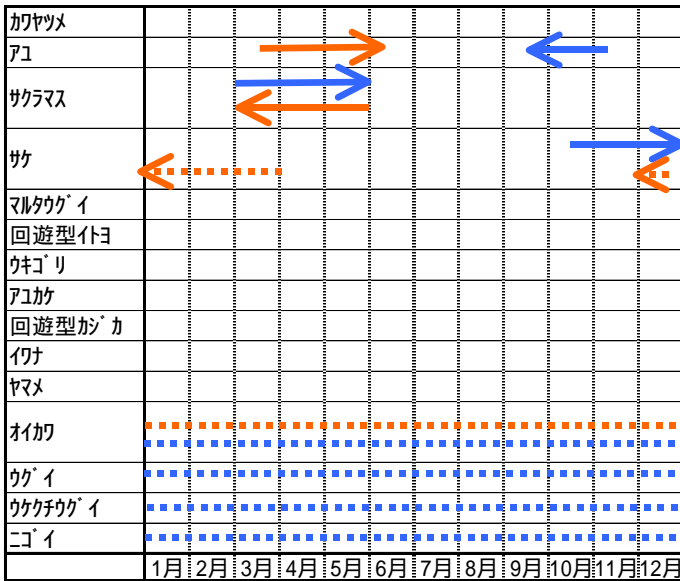
少なくともアユ稚魚が遡上でき、サクラマス幼魚及びサケ稚魚が降下できる魚道形式が必要である。

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。

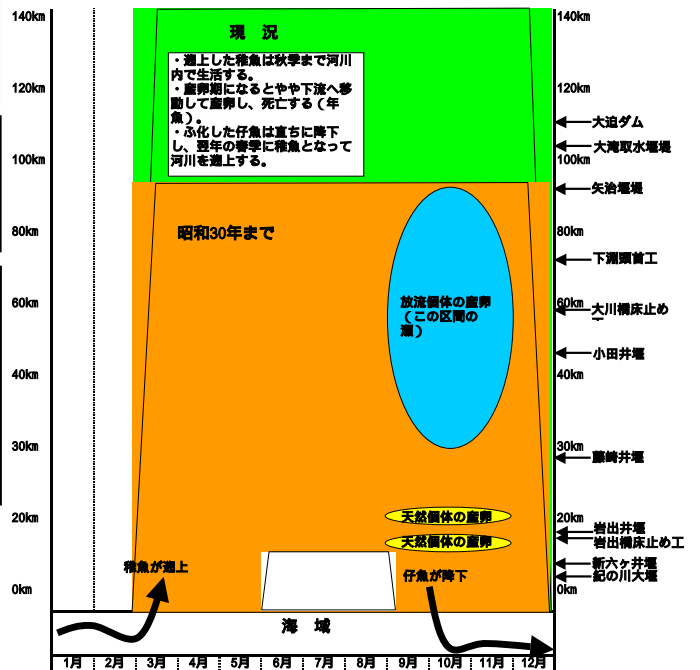
注：1. オイカワ、ウグイ、ウケチウグイ及びニゴイの移動時期は明らかではない。

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。

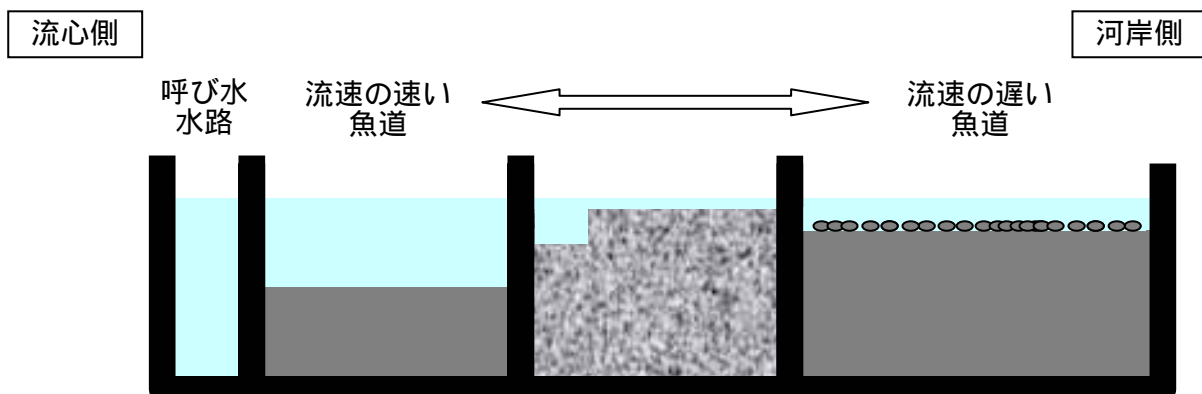
遡上力の弱い小型の魚類は岸沿いの緩流域を遡上することが多いため、通常、魚道は岸沿いに設置する。

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。

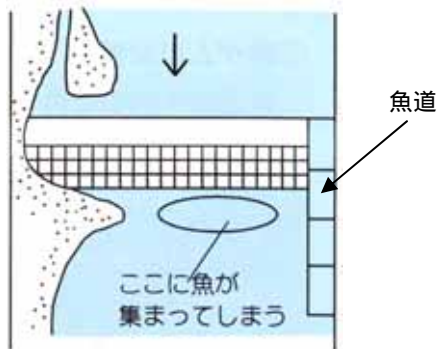


### 3) 魚道の上流端・下流端の位置

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。



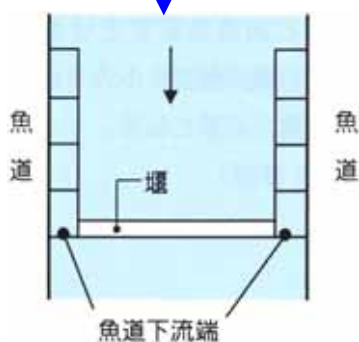
突出型魚道の模式図



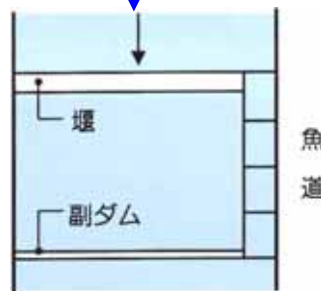
遡上魚が魚道下流端を見つけやすくするために、副ダムを設け、魚道の下流端を上流側に引き込んだ魚道の例

(東京都・多摩川・二ヶ領宿原堰)  
出典) 京浜河川事務所資料

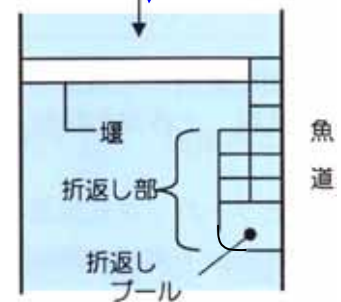
対策



<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

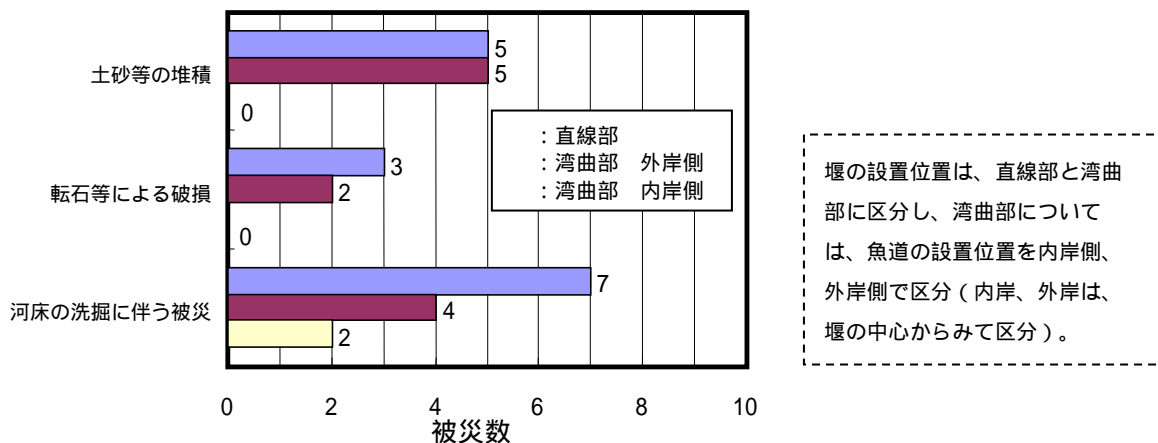
魚道は洪水等による災害や維持管理も踏まえて設置位置を検討する。

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】

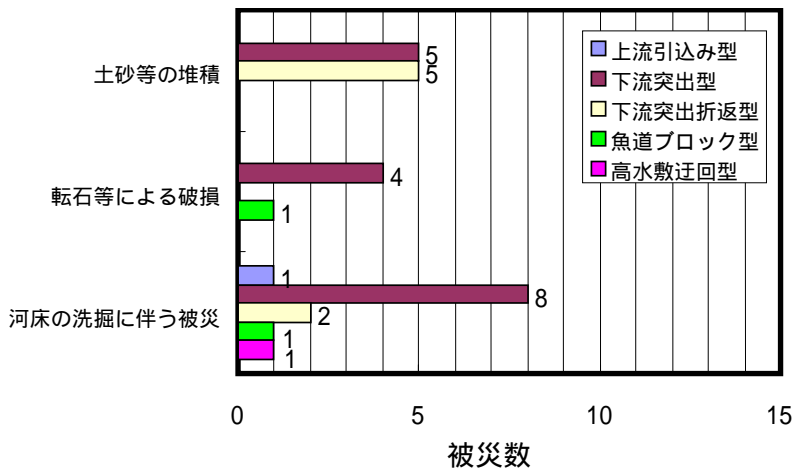
魚道の被災事例（全国の一級河川及び二級河川から報告された15河川、計24事例）について調査した結果によれば、魚道が河道の直線部や湾曲部外岸側に設置されている場合の被災事例が多い。

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。

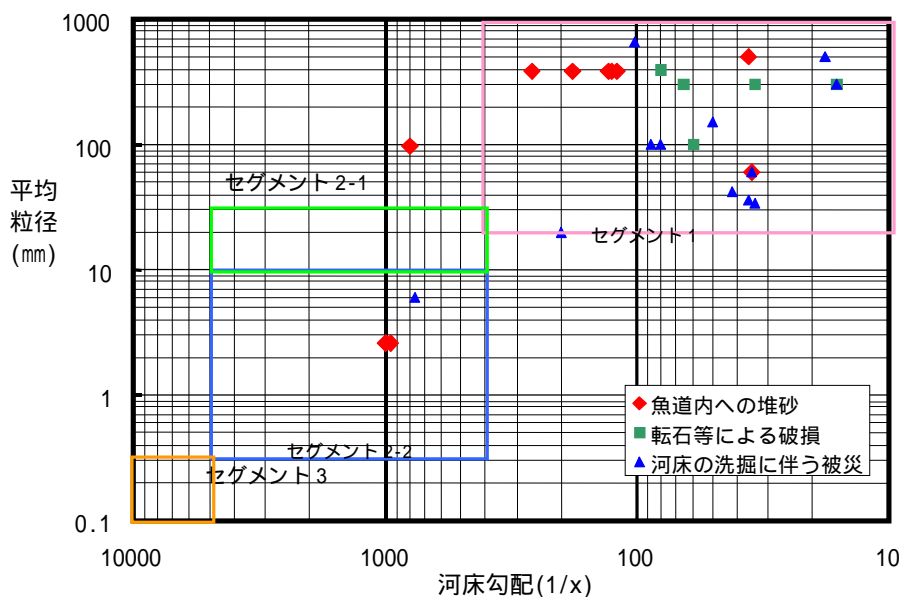


魚道の設置形式別に見ると、全般に下流突出型魚道での被災事例が多い。

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


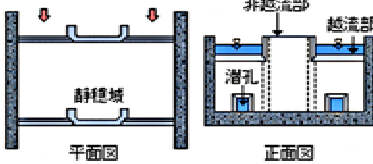
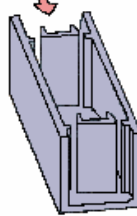
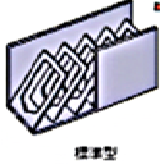




### 1) 主な魚道の種類と特徴

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

< 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"> <li>・遊泳魚用及び底生魚用として国内での適用事例が多い。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>	
	アイスハーバー式 <sup>1)</sup>	<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"> <li>・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。</li> <li>・遊泳魚用として適用事例が多い。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>	
	パーチカルスロット式 <sup>1)</sup>	<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"> <li>・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。</li> <li>・遊泳魚用として適用事例が多い。</li> <li>・堆積した土砂の排砂機能が比較的高い。</li> <li>・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）。</li> </ul>	
水路タイプ	デニール式	標準型 <sup>2)</sup>	<p>水路にU字型の阻流板を前方向に斜めに配置し、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"> <li>・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。</li> <li>・遊泳魚用として適用事例が多い。</li> <li>・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。</li> <li>・可搬型も開発されている。</li> <li>・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。</li> </ul>
		舟通し型 <sup>2)</sup>	<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"> <li>・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。</li> </ul>
	粗石付き斜路式 <sup>3)</sup>	<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"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・流速や流況を精度よく予測できない。</li> <li>・水位変化への対策が必要である。</li> </ul>	
	緩勾配パイパス水路式 <sup>4)</sup>	<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"> <li>・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。</li> <li>・急勾配にすると減勢効果が低下し、長所が生かない。</li> <li>・水位変化への対策が必要である。</li> </ul>	
開門タイプ	ロック式 <sup>5)</sup>	<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"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>	

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。

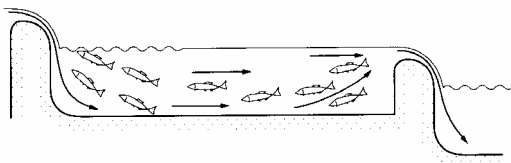
隔壁の形状：階段式魚道では隔壁天端の断面形状を傾斜型やR型とし、厚みは20～30cm程度が適切とされている。

#### 水 深

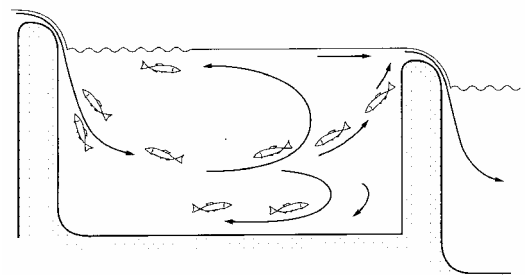
魚道の水深は、最浅部（階段式魚道の場合は隔壁越流部）において、対象とする魚が遊泳可能な水深（体高の2倍以上が目安）が確保されていることが基本である。また、サギ類等、陸上の捕食者による食害を避けるためには、水路タイプの魚道ではある程度の水深が必要である。

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 >



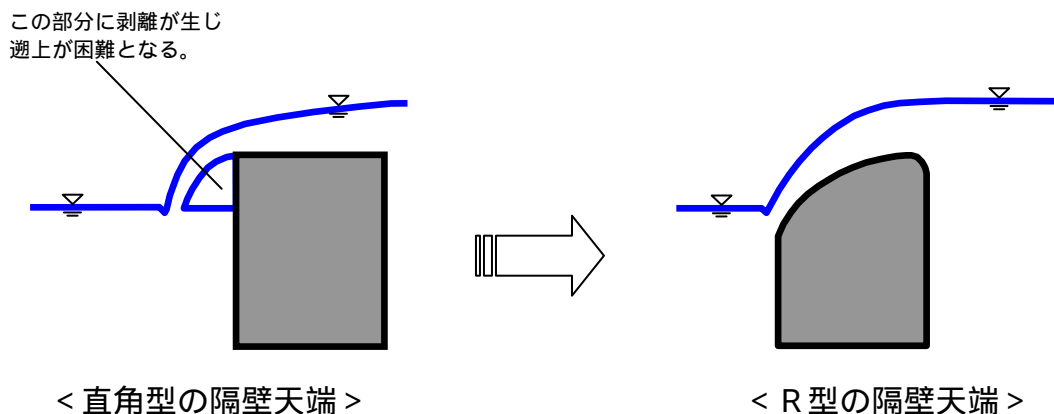
< プール水深が深い魚道 >



出典) 言いたい放題 魚道見聞録

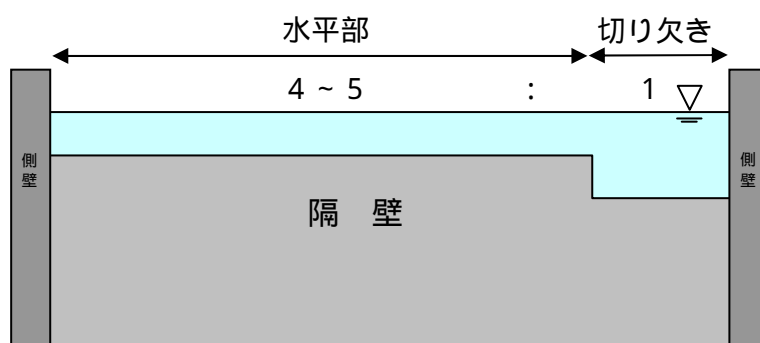
## 隔壁形状

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