

北海道の魚道実態について

— 魚道機能と今後の方向 —

矢部 浩規* 谷 昭彦**

1. はじめに

魚道は、自然や人工的な障害物があっても魚類が上流と下流を自由に移動可能とするための水路のことである。

日本で最初に魚道が設置された記録があるのは、栃木県鬼怒川の魚梯（明治21年、1988年）である。本格的な魚道の設置は、大正から昭和初期にかけて各地で農業用の頭首工やダムが作られることによる内水面漁業への影響対策として盛んに進められた。わが国で最も重要な対象魚であるアユに対応して魚道の開発が始まっている。その後、ダム建設の活発化により堰高が高くなって魚道設置が技術的に困難になったこと、種苗放流技術などで漁獲が確保されるようになったことから、戦中・戦後期、高度成長時代をとおして魚道の設置や研究、その必要性などはほとんど取りあげられていないようである。

近年、魚道の機能や有効性などが再び注目され、その設置が進められてきているのは、海から川へ遡上するといった魚類の通行障害の除去など河川生態系の保全、創出といった環境に配慮した河川づくりの観点が背景にある。しかしながら、魚道空白の時代があったことなどから、その機能についての追跡調査や効果の把握を行った事例は少ない。今後の魚道を考えていく上で、既存の魚道が当初考えられたような機能を発揮しているのかどうか、また、発揮していないとすればどこに問題点があってどのように改善していかなければならないのかを明確にする必要性が生じている。さらに、河川条件や横断施設に応じて、どのような魚道を設計・開発

し、設置していけばよいのかといった検討をさらに進めていかなければならない。

本報告は、以上のことを踏まえて今後の魚道の整備方向を明らかにすることを目的に、北海道の魚道実態を中心に記述し、まとめたものである。

2. 北海道における魚道の沿革

(1) 概要

北海道における魚道設置の年代別の数は、大正11年～15年に5カ所、昭和2年～25年に3カ所、昭和33年～52年までに70カ所である。昭和52年以降、魚道の設置が急増し、現在（平成4年3月時点）425カ所ある。そのうち、サクラマス資源保護河川（水産資源保護法に基づく保護水面32河川、北海道内水面漁業調整規則に基づく資源保護水面12河川）を主たる対象に、152カ所で魚道の整備を行っている。魚道がついている施設の種別は、落差工・床止め・床固めが54%、頭首工・堰20%、砂防ダム13%、治山ダムが10%を占める。

また、昭和62年に北海道水産部で行った調査によれば、北海道内の河川における各種ダム（治山・砂防・取水・発電・多目的）および頭首工、落差工など河川工作物の全体数のうち魚類の移動を妨げている数は約9,700カ所あって90%をも占めている。

このように、近年の魚道建設の努力や期待が高いことはわかるが、まだまだ整備水準は低い状況といえる。

(2) 魚道型式

北海道の魚道型式（図-1）は階段式が77%、水路の型（図-2）は直線式、折返し式が70%を占めており、階段式による直線式（バイパス、

*環境研究室研究員 **同室員

折返し式を含む), 全幅式, らせん式の3型式に大別される。らせん式は, 河川工作物の有効高が大きいときと用地面積が狭い場合に有効である。また, 魚道の諸元のうち取り付け位置, 段差, 勾配 (図-3~5) について集計¹⁾した。

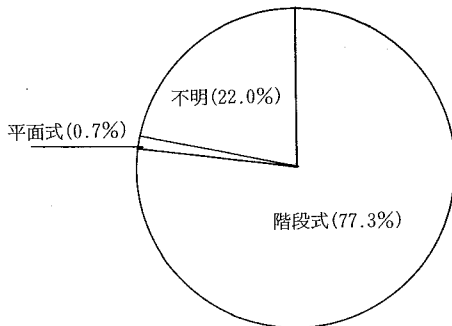


図-1 魚道の形式

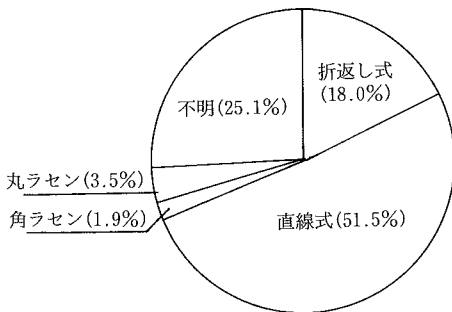


図-2 水路の型

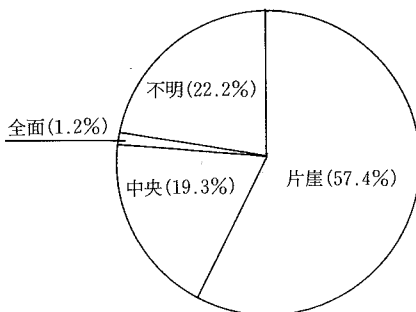


図-3 魚道の取り付け位置

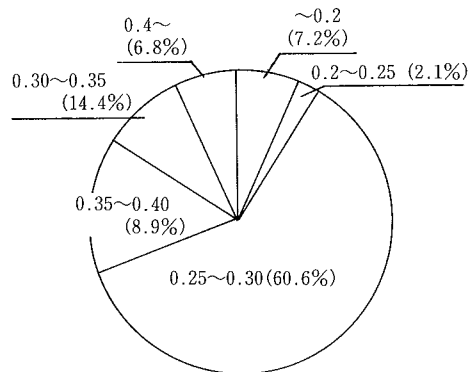


図-4 段差 (m)

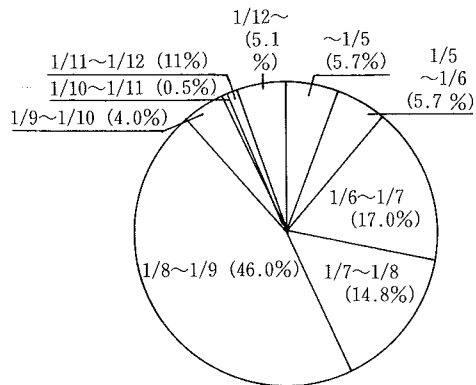


図-5 勾配

3. 北海道の魚道設計指針

前述したように, 北海道の魚道設計は対象魚をサクラマスとしたものがほとんどである。サクラマスの産卵のための海から河川への遡上は, おおむね4月から6月にかけて行われるが, 河川に入った親魚はただちに上流に向かうのではなく, 本流や支流の深みで過ごし, 8月中旬ごろから産卵場に遡上移動を始め10月に産卵を終える。河川遡上の時期において, 魚道がその機能を発揮できるように設計するためには, 魚類の遡上行動や流況変化などの魚道周辺環境条件に適應することが重要である。

以下, 北海道における魚道を設計するにあたっての基本的な考え方²⁾について, 主な項目を対象に記述する。

(1) 魚道流速

硬骨魚類の定常遊泳時の速度は, およそ体長の2~3倍/秒で, この程度であれば1時間以上持続的に泳ぐことが可能である。一時的に高速

で泳ぐときは体長の10倍/秒に達するが、この速さでは数秒以上継続して泳ぐことは困難であるとされている。魚の遊泳速度は大きさや種類によって、あるいは魚のそのときの体調（シロザケの場合、海域から河川に入った直後では遊泳力が落ちるといわれていることなど）や心理状態、さらに測定方法によって異なる。サクラマスを対象とする魚道整備において、取水口切り欠き部・遡上口の流速をおおむね1.1 m/秒以下、潜孔部の流速を1.5 m/秒以下を目標として設計されている。

(2) 魚道内流量

魚道内流量は、0.3 m³/秒以下としている。これはサクラマス遡上の河川の多くは小河川で、魚道設置の大部分が上流域であり、流量をむやみに多くすることは水路のかくらん状態を招く。また、魚自体が、魚道入口を容易に感知発見できる位置に取り付けてあれば、本能的に遡上する親魚にとって流量はそれほど必要ではない。

(3) 魚道勾配

サクラマス（ヤマベ）についての勾配は、跳躍力だけの面からいうと1/5～1/10の範囲で十分と考えられるが、全般的には1/8～1/10を採用（アユは、1/10～1/16程度の例が多い）している。その設定のためには、河川工作物の規模、河川条件などの要素や魚が跳躍するに必要な助走路と水深の確保を考慮する必要がある。

(4) プール

プールの大きさは、その水深との関連で同時通過魚の数、魚体の大きさに適合し、その助走と跳躍に有効な規模が必要である。北海道では、サケ・マス以外の遊泳力の弱い魚種の遡上利用も考慮し、幅1.5 m、長さ2.5 m、水深0.5 mとしている。

(5) プール間落差および越流水深

マス類の跳躍力からすれば、落差1～2 mは決して越えられない高さではないが、遡上をより容易にするためには、プール間落差をできるだけ小さくすべきものと考え30～50 cmとし、越流水深を15～30 cmとしている。

(6) 潜孔

プール内の流量、流速調節の他、越流流量が

多いもしくはプール間落差が大きい場合に魚の有効な通路になる。潜孔の位置は床面上0 m、形状は一辺15～20 cmの正方形で片側とし、切り欠きの反対側とする。

(7) 切り欠き部

越流水深を維持する意味から半径15～30 cmの半円形とし、片側に潜孔と反対側に設置する。

(8) その他

- ・昇り口—可能な限り流水の落下点に近づくことを原則とし、左右岸どちらかに沿った流心のよどみに取りつける。
- ・取水口—渇水時においても継続的に魚道内の流水が維持できるように取りつける。
- ・塗色—明度の低い赤味紫を昇り口と側壁に塗装する。

4. 魚道現地調査による実態

魚道機能に不可欠な条件として「①魚道を必要とする魚ができるだけ早く、無理なくその入口に到達して魚道内に入るように工夫されていること②魚道に入った魚はできるだけ容易に、速やかにその出口からでていくように工夫されていること③魚道の出口からでた魚が、魚道周辺でその後の本来の方向からそれて危険な状態に陥ることのないように工夫されていること²⁾」の3条件があげられる。

北海道の魚道もこのような条件や前述の設計指針に基づいて設置されているが、対象魚をアユとした基準を基本にして、サクラマスについて考えている。そして、設置当初に想定された魚道の機能について継続調査された例が少ない。そこで、既存の魚道について実際に魚類が遡上するかを把握するために、設計基準（設置位置や構造）などを参考に、以下の評価項目を設定して適合しているかどうかを中心に、現地調査（平成4年7月下旬より10月下旬に尻別川、後志利別川の魚道を対象に27ヵ所）を実施した。

(1) 魚類生息状況からの評価

生息魚類の状況を既存調査、目視観察などにより整理した結果、15種前後の魚が生息している。魚道を遡上しているかどうかの判定の目安として、対象魚道の上流に生息する魚類のうち

遡河性回遊魚（淡水域で産卵し海水域で生息する種、産卵のため河川を遡上し、淡水域にもどる）、両側回遊魚（淡水域で産卵し稚魚の一時期を海水域で生活した後、淡水域で生息する種）、海産淡水魚（淡水域と海水域の間を不定期に行

き来する海水域生まれの淡水魚）の存在があげられる。しかし、遡河回遊型でも一生淡水域で過ごすものもあり、現魚道が十分機能しているかどうかの判断は一概にはできない。

(2) 構造・維持管理上からの評価

表-1 魚道機能評価集計結果

設	問	判定適（ ）は割合
1. 魚道入口（出水口）まで遡上可能か。		
A. 遡上できる水深であるか。		27(100%)
B. 遡上できる流速であるか。		27(100%)
C. 遡上時に障害物がないか。		8(30%)
2. 魚道入口（出水口）が発見しやすいか（魚道入口、呼び水）。		
A. 魚道入口が魚の遡上路または魚の溜り場にあるか。		24(89%)
B. 河川幅、河川流量を考えた場合入口は片側でよいか。		25(93%)
C. 魚道入口の河床が低下していないか。		19(70%)
D. 魚道入口の河床に堆砂していないか。		9(33%)
E. 魚道入口の水深は確保されているか。		23(85%)
F. 魚道入口の流量は確保されているか。		24(88%)
G. 工作物と入口の離れは適当か。		24(88%)
H. 魚道入口からの放水量が呼水効果を発揮できるような方向にあるか。		17(63%)
I. 魚道外からの流量、流速が卓越していないか。		18(67%)
J. 魚道入口の設置位置は河川の流心側にあるか。		19(70%)
3. 魚道内を容易に遡上できるか。		
A. 落差（30 cm 以下）はよいか。		17(63%)
B. 魚道内の流速はよいか。		23(85%)
C. プール水深は適切か。		23(85%)
D. 魚道内の流量はよいか。		17(63%)
E. 魚道全体（プール）の長さはよいか。		23(85%)
F. プール内に土砂などの堆積物はないか。		6(24%)
G. 溢流水深は適切か。		20(74%)
H. 魚道幅はよいか。		26(96%)
I. 隔壁の天端の厚さ（30 cm 以下）はよいか。		19(70%)
J. 側壁の高さはよいか。		24(92%)
K. 切り欠きは適当か。		25(96%)
L. 潜孔は適当か。		19(79%)
M. 勾配（1/10 以下）はよいか。		9(90%)
N. 密漁、鳥獣類などの危険はないか。		0(0%)
4. 魚道出口（取水口）の容易な通過。		
A. 魚道出口の水深はよいか。		18(67%)
B. 魚道出口の流速はよいか。		21(78%)
C. 魚道出口の流量はよいか。		21(78%)
D. 他の水路に迷入しないか。		25(93%)
E. スクリーンは目詰りしないか。		2(29%)
5. 付属施設・流量調整施設		
A. 維持管理に必要な施設は整備されているか。		3(11%)
B. 流量調整機能はあるか（角落としなど）。		5(19%)

表-1に調査項目と適合結果を示すが、以下に各々について説明を加える。

1) 魚道入口(出水口)までの遡上可能性

調査項目としては遡上可能な水深、流速と遡上時の障害物である。水深、流速についてはすべて満足されていたが、遡上時の障害物に対し問題がある箇所が19地点と特に多い。河口付近から30kmに設置されている堰に魚道が設置されていないため、海から遡上してくる魚の障害となっていたり、数多く設置されている魚道のうち下流にあるひとつの魚道出口落差が大きいため、それよりも上流の魚道が機能を発揮していない例がある。また、上流域にいくつか魚道が設置されていない取水堰などがあって閉鎖区域を出現させており、遡上魚のみでなくその区間に生息するウグイ類や放流されたニジマスなどの生息域をせばめていることが予想された。複数の魚道が設置されている場合、連続的な整備がなされていないと意味がないといえる。

2) 魚道入口(出水口)の発見しやすさ

魚の水の流れに対しての反応は水流方向に誘導され、小さな流速より大きな流速に誘導される習性がある。したがって、魚道入口への円滑な魚の侵入を考えた場合に魚道幅員を広げたり、呼び水水路を設けることが重要である。他に魚道入口の河床低下で大きな落差を生じさせたり、河床堆砂により水深が浅くなり遡上できなくなってしまう必要がある。魚道の入口位置は魚の遡上路に設置し、その際、流心位置や流量によって設置位置を考慮しなければならない。調査結果、魚道入口の河床堆砂が全体の2/3、魚道入口の河床低下、魚道入口からの放水流の呼び水効果を発揮できるような方向、魚道外の流量などの卓越、魚道位置の流心とのずれの項目についてはそれぞれ全体の約1/3近く問題があった。

3) 魚道内の遡上容易性

魚道の構造、維持管理状況について調査を行った。プール内の土砂などの堆積状況が全体の3/4強の箇所では問題がある。また、魚道内に落差・流量、隔壁天端の厚さは全体の約1/3に問題があった。その他の項目(魚道内最大流速、

プール長・水深、越流水深、魚道幅、側壁高さ、切り欠き、潜孔、魚道勾配)については、基準はおおむね満足されている。

4) 魚道出口の通過容易性

魚道内に流入した土砂が、取水口と最上段の隔壁の間に堆積しているかどうかを中心に、魚道出口の水深・流速・流量について調査した。その他、魚道取水口近くに利水目的の取水口などがある場合の魚類の吸引、迷入する恐れと、取水口スクリーンの構造欠陥による目詰りも同様に調査を行った。魚道出口の水深に約1/3に問題があり、スクリーン目詰りも問題が多い。今回調査した施設は砂防ダムが多いため、堆砂のほか枯れ枝、枯れ葉が詰まっている状況がみられた。

5) 付属施設、流量調節施設の存在

維持管理に必要な施設として管理用道路、立入り防止柵、通路、昇降用タラップがあるか、また、遡上期が特定可能な魚類の場合遡上期間の流量を対象に考えればよいが、対象魚類が多い場合や豊水流量、渇水流量にも対応した流量調節装置(角落とし構造、切り欠き、魚道用ゲート、砂防ダム取水口ゲート、横越流によるものなど)の存在について調査した。これらの施設はほとんど設置されておらず、今後これらの問題をどのように解決するかが課題といえる。

5. 今後の魚道整備について

今後の魚道整備についての方向を簡単に述べるが、今回の調査に加えて遡上調査などを積み重ねて魚道機能の有効性を検討する必要がある。

(1) 連続性の確保と維持管理

実際の魚類遡上調査を除く今回の現地調査からは、魚道を遡上してきたにもかかわらず、出口が通過できないという割合が多いことがわかる(図-6)。魚道出口を通過できなければ、魚類が魚道の入口を発見・遡上してきても総合的な魚道評価としては機能を発揮していないとみなされ、魚道施設自体の最低限度の連続性の確保が重要である。

また、魚道機能が発揮されていない魚道の大半は、魚道が設置されている河川条件など周辺

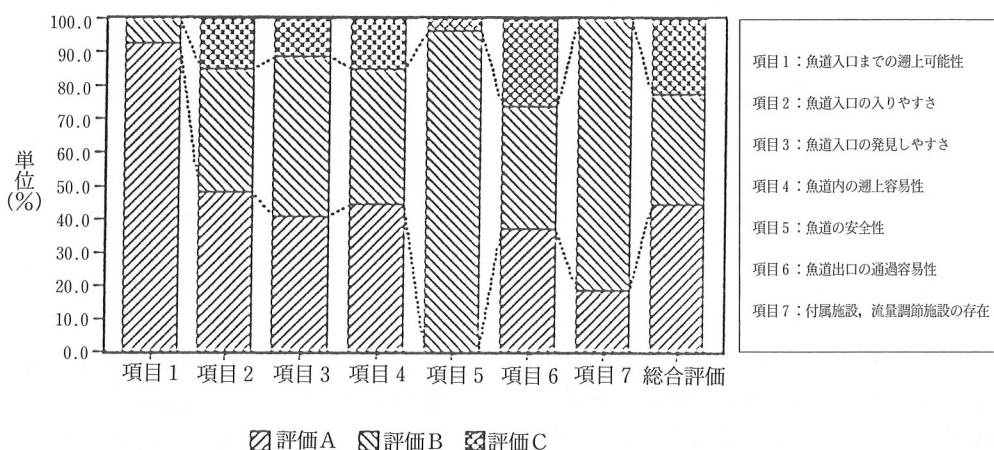


図-6 魚道評価項目の評価結果

の自然条件と魚道位置、構造の関係が対応しておらず、土砂などが堆積して維持管理が不十分なことが原因としてあげられる。維持管理についてどこまですべきかとの議論はあるが、既存の魚道の改良も含めた維持管理体制を考えなければならない。

(2) 様々な魚類への対応

河川生態系の保全という要望は、今後ますます高まっていくと予想され、アユ、サクラマス、サケ以外の他の魚種についても対応する必要がある。また、魚類の遡上行動をみると跳躍するよりも水脈を泳ぎ切る方が魚にとって都合がよいといわれており、単純な水脈を落下させる階段式ではその対応に限界があると思われる。

今回の調査で新たな試みの例として、低落差であれば巨石などにより魚道効果をなすもの、プール内に巨石を配置した全面階段式魚道（写真-1,2）があった。このような自然石などを用いた魚道では、魚は水量に応じて通水部分のうちその遡上能力にあった場所から遡上するため様々な魚種に対応可能であり、また、土砂の堆積など維持管理がなされていなくてもある程度水量があれば遡上可能であるとの報告もある。

様々な魚種や維持管理の問題などを考慮すると、今後自然石の組合わせによる溪流河川タイプの魚道が増加すると思われるが、落差が大きい場合の対応方法の検討が望まれる。

(3) 魚類の生息環境としての魚道の位置づけ



写真-1 巨石投入による魚道

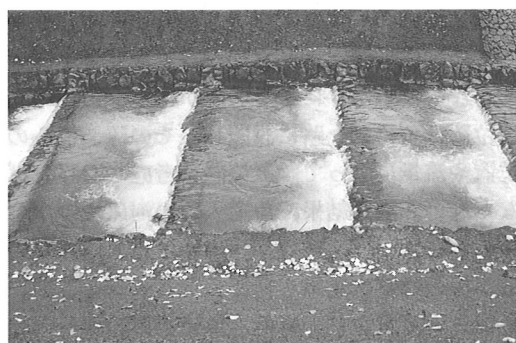


写真-2 自然石を配置した全面階段式魚道

の明確化

魚道施設自体の連続性の他に複数の魚道の連続性を確保することは重要であるが、どんな場合でもすべての河川横断施設に魚道を設置するというのではなく、魚類の生息環境としての位置づけ、必要性を明確にしなければならない。

対象河川の生息魚種はもちろん、回遊魚が生息する場合の産卵場所、生息場所などを調査したり、養殖のための放流魚により、現在の生態系が過去のものとは違ってないかなどを把握することによって、魚道設置の代わりに生息場所、産卵場所の確保で代用した方が効果がある場合もでてくると思われる。

6. ダムに設置する魚道について

今までは、主に落差が最大でも 10 m 程度の魚道を対象に話を進めてきた。しかし、近年ダムのようなそれ以上の落差がある構造物についても魚道を設置する動きが見られる。北海道では、沙流川の二風谷ダムに上流貯水池の水位変動に対応する可動式の魚道（階段式）が建設中である。ただし、落差の大きいダムへの魚道設置については低落差の魚道とは規模が大変違うし、その効果、必要性については十分検討することが重要である。

ここでは、ダムに設置するのに有効であると考えられる代表的な型式を紹介し、魚道設置にあたりその留意点を簡単に述べる。

ダムに魚道を設置する場合の形状的問題点として、ダムは堰と異なり堤高が高く落差が大きい。また、貯水池の利用水深が大きいため、貯水位変動が大きい。堤高が高い場合、ある勾配の魚道を設置すると、落差が大きくなるほど魚道の延長が大きくなり、魚類の遡上に必要な距離が長くなることから、遡上率の低下が懸念される。貯水位変動が大きい場合は、階段式魚道では魚道内の水理条件を魚道などの遡上に適した状態に保つため、上流水位変動に対応するゲートなどの流量調節装置を設置するが、規模に限界があり対応しきれない可能性がある。しかし、これらの問題に対処する魚道として現在設置されている魚道にポーランド式、エレベーター式がある。そこで、この 2 つの魚道についての事例と問題点を以下に記する。

ポーランド式の魚道は魚道内に魚を呼び込んだ後、入口部のゲートを閉じて内部に水を充滿し、上昇する水面とともに内部の魚を遡上させる形式である（図-7）。

ポーランド式魚道は、欧米でその事例を見ることができ、スコットランドの発電公社では、

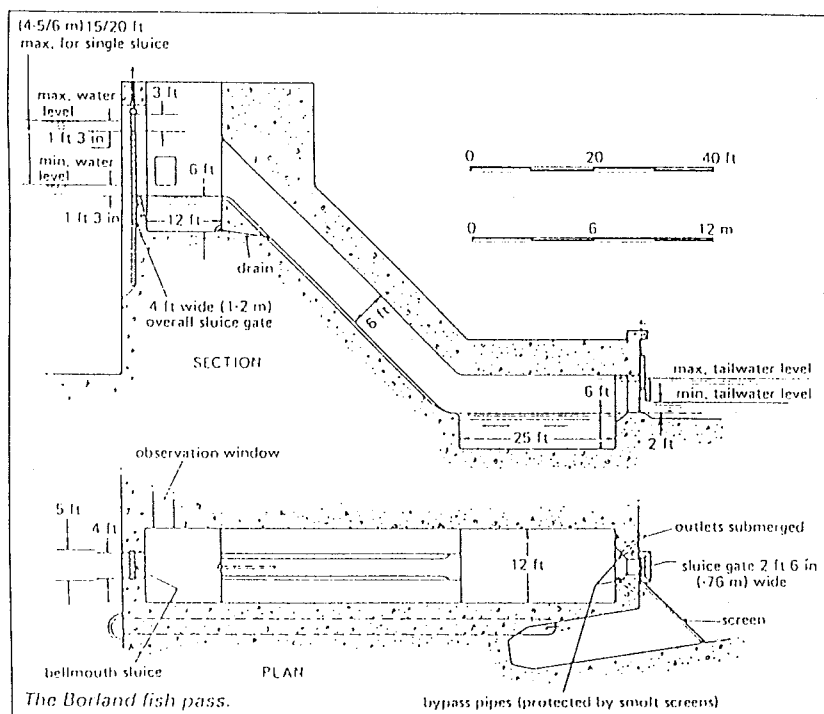


図-7 ポーランド式魚道

17 基のポーランド式魚道の建設にいたっている。設置における最大の問題点として貯水池の大きな水位の変化があるが、この魚道の場合上流側の樋門の最大有用範囲は5~6 m あり、また、これ以上の水位差がある場合は、一つ以上の上流樋門および樋室を使うことで対応が可能である。しかし設備が大きくなるため高価なものとなる⁴⁾。

エレベーター式魚道は呼び水などを用いて遡上魚を一ヵ所に集めた後、エレベーターで上にあげ上流に放流する。この魚道はフランスで見ることができ、形状としてはサケ用として魚を直接梁の中に捕らえ、この梁は下部がタンクになっていて、自動化されたエレベーターによって一定間隔で梁を上昇させ、上流区間とつながっている連絡水路に魚を放流する。また、地形的制約で広い面積を必要とする施設が建設できない場合この魚道は有効である。この魚道の場合、降河魚用には使いがたいが、対策としては下流で集魚するための呼び水を流すパイプラインなどをこのフィッシュ・バイパスとして利用することも可能である⁵⁾。

ダムに魚道を設置する場合の有効的な形状としてポーランド式、エレベーター式があるが、両形状に共通していえることは、こういった形式の魚道は対象魚種の遊泳力に係わらず遡上可能なことである。よって、階段式魚道などを遡上できない場合こうした魚道は有効的、かつ実用的である。しかし、機械操作の必要な形式で、その操作の繁雑性や設備のメンテナンスなど、設置後の管理が課題となる。また、遡上だけに

限らず降河魚対策についても水位変動による対応、降河用バイパスへの誘導方法の検討が必要である。

ダムに魚道を設置する場合の魚の生息上の問題点として、遡上に関しては両形式の魚道でも多少の形状改良を行う必要があるが、ある程度の遡上は見込むことができる。しかし、遡上した魚に関しては、今までの生息環境とは違う広く、流速がほとんどないダム湖といった急激な環境変化への適応など、遡上後の生息が問題となり、魚の生息環境を考慮したダム湖の環境改善が今後必要となってくる。

最後に、環境研究室では簡易式のデニール型魚道を豊平川に設置して遡上調査を行っていません。是非見に来て下さい。

参考文献

- 1) 村上裕子ほか：北海道の魚道機能について、第35回（平成3年度）北海道開発局技術研究発表会講演概要集，平成4年2月。
- 2) 柳原邦男ほか：北海道における魚道の概要，fishways "90 講演集"，平成2年10月。
- 3) 全内魚連：内水面魚場環境利用実態調査報告書 魚の住み良い川への設計指針(案)，昭和62年3月。
- 4) P. L. Aitken: Dams and salmon in Scotland Int Water Power Dam Conf, 1980年10月。
- 5) M. Larinier：回遊魚のダム通過，Houille Blanche, 1992年2月。