

1 はじめに

これまでの治山事業では、国土保全に比べ環境保全への配慮が小さかったため、一部を除き溪流における治山ダム等の横断施設に対し、魚道を付設して来なかった。

その結果、治山ダム等の数が増えるに伴い、溪流を往来する魚の行動範囲も狭められてきて、種の保存の観点から、溪流環境が好ましい状況でなかった。

青森分局に於いても、平成5年度までは治山ダムに対し魚道を付設していないので、溪流を往来する魚の行動範囲が狭められて来ていた。

当局では、平成6年度から必要に応じて治山ダムに対し魚道を付設するようになり、国土保全に加えて環境保全にも配慮する治山事業となったが、問題点を挙げれば、当初（平成6～9年度）の魚道形式は既往魚道であったことにある。

既往魚道形式では、土砂や浮遊物（流木・枝・葉・ほか）が魚道本体を通過する構造であるから、土砂や流木等が魚道本体の障害物となり、魚道が機能不全となるものが大半で、魚道本体から土砂や流木等の排除を伴う、所謂、維持管理が必要な魚道であった。

治山・砂防ダムは本来が土砂・流木等を堆積させる施設であるから、そのダムに付設した魚道が土砂・流木等で埋没・閉塞するのは自然であり、魚道の維持管理は避けられないと一般に言われてきた。

それに対して、報告者は、溪流における水の流れ、土砂の流れ、流木等の流れにはそれぞれ独自性・特徴があり、その性質を生かして魚道本体の周辺構造を工夫することで、3つの流れ成分の分離が可能と判断した。

そこで報告者は、3つの流れ成分の中から水のみを魚道本体に導くように工夫し、それ以外の流れ成分の土砂・流木等は放水路天端へ誘導する魚道周辺構造のあり方の開発に努めることとした。

本研究の成功は、魚道に投資した公共事業費が有効となる（費用対効果が1以上となること）とともに、運用後の維持管理費が不要となることから、経費縮減に貢献することが期待される。

この研究成果は、科学技術振興事業団が実施する地域研究開発促進拠点支援事業の成果である。

2 研究の方法及び経過

(1) 既往魚道の実態調査

研究のはじめは、既往魚道に対する現地調査であるが、調査期間は平成7～9年の3年間で、調査地は北海道から岐阜県までの東日本である。

調査の結果、既往魚道の設計では水理（水量）計算のみから成立っていることが判明した。すなわち、溪流では、流水に加えて土砂及び流木等が流下しているにもかかわらず、既往魚道の設計の基本は、水理計算に終始していることが確認でき、土砂及び流木等の対策は不十分であることを確認した。

表-1 既往魚道とIM式魚道の基本的な相違点

	水量計算	土砂対策	流木等対策
既往魚道	考慮	無視・放棄・不十分	無視・放棄・不十分
IM式魚道	考慮	考慮	考慮

土砂及び流木等の無視又は放棄は、既往魚道の機能不全の主因であるので、報告者は水量に加えて土砂及び流木等を考慮した魚道設計に取り組むこととした。

既往魚道とIM式魚道の基本的な違いを表-1に示した。

(2) IM式魚道の基本的考え方

報告者は、魚道設計には、第1に、魚道本体に流木等を流入させない構造とすること（第1の条件）、第2に、魚道本体に土砂を流入させない構造とすること（第2の条件）、第3に、魚道本体で適量な水量を確保すること（第3の条件）、の3点を満足させることとし、その条件を満たした構造を平成9年に考案した（以下、考案した魚道周辺構造を、「IM式魚道」と呼称する）。

開発したIM式魚道は2種類あるが、その一つが対象魚を本堤の直下から遡上させる場合（「IM-A型」と呼称、図-1・3参照）で、二つ目が遡上対象魚を副堤の直下から遡上させる場合（「IM-B型」と呼称、図-2・4参照）である。

(3) IM式魚道の特長

既往魚道に比べてIM式魚道の特長を以下に挙げる。

a) IM式魚道の設計での特長の第1は、魚道側の放水路天端に切り欠き（「みお筋」と呼称、記号：Y）を設けたことである。このみお筋から土砂や流木等を流下させ、魚道本体への混入を防ぐこととなる。

b) 特長の第2は、魚道出口（Z）を袖天端に設けたが、その魚道出口とみお筋の高さ関係が重要であることを発見した。その発見とはみお筋の高さ（記号：Y_h）と魚道出口の高さ（Z_h）を等しくすることが魚道成功の原点としたことである。ただし、実際の施工では、 $Y_h - Z_h = 0 \text{ cm}$ とすることが困難の場合は、 $Y_h - Z_h \leq 5 \text{ mm}$ 、を満たしたときに合格とする条件を工事仕様書に明記することとした点である。

c) 特長の第3は、魚道出口を保護する役目となる魚道出口プールを設けたことである。この魚道出口プールによって、魚道本体への直接的な土砂・流木等の流入を防げるがさらに、袖天端に魚道出口を設けた堤体強度の低下の補強の役目とした点である。

d) 特長の第4は、魚道出口プールへの土砂等の巻込みを防ぐために、魚道出口プールの先端にみお筋（Y_h）より10~20cm高い仕切盤（S_h）を設けたことである。

さらに、治山ダムが満砂に至ったら、以下の追加工事が必要とした点である。

e) 特長の第5は、魚道出口プールの上方に4m以上の護岸を設けて、乱流を防ぎ、魚道出口プールへの土砂・流木等の混入を防止したことである。

f) 特長の第6は、魚道出口プール及び護岸の前面の川底をコンクリート張として、その部分の流れを層流・整流として、魚道出口プールへの土砂・流木等の混入を防止させたことである。

既往魚道に比べて、a～f以外にも特長はあるが、ここではそれを省略する。

3 IM式魚道の施工実績と状況

IM式魚道の有効性の検証は、平成10年から北海道、青森県、岩手県、秋田県内の各地で実施してきた。青森分局管内では平成10年度から始まり、そのはじめは大滝沢1号魚道（青森県新郷村）と産女川魚道（岩手県一関市）であった。

表一2 IM式魚道に準拠した青森分局管内の魚道一覧

No.	魚道名称	魚道の型	設置場所	森林管理署名等
1	大滝沢1号魚道	IM-A	青森県新郷村	三八上北森林管理署三戸事務所
2	〃 2号 〃	IM-B	〃 〃	〃 〃
3	近藤川魚道	IM-A	〃 大畑町	下北森林管理署
4	清水股沢魚道	IM-A	〃 蟹田町	青森森林管理署
5	西ノ股沢魚道	IM-A	〃 〃	〃
6	滝の沢1号魚道	IM-A	〃 鯨ヶ沢町	津軽森林管理署鯨ヶ沢事務所
7	〃 2号 〃	IM-A	〃 〃	〃 〃
8	産女川魚道	IM-B	岩手県一関市	岩手南部森林管理署

(1) 青森分局管内におけるIM式魚道の実績

当局管内におけるIM式魚道に概ね準拠した魚道は表一2に示したように8か所であり、ここでは大滝沢1号魚道と清水股沢魚道についての検証経過を述べる。

表一3 大滝沢1号魚道の改修の推移

	I 期 (完成時)	II 期 (一次改修)	III 期 (二次改修)	IM式魚道の 標準値
	H10.11～	H12.7～	H15.11～	
集水面積(A)	10.48km ²			
堤体上流部	湛水状態	湛水状態	満砂状態	
$y_h = X_h - Y_h$	15.0cm	25.6cm	30.5cm	30cm
$z_h = X_h - Z_h$	30.0cm	30.0cm	30.3cm	30cm
$s_h = X_h - S_h$	5.0cm	5.0cm	20.5～10cm	20～10cm
みお筋の幅 Y_w	100cm	100cm	100cm	105cm
護岸の設置	なし	あり	—	湛水状態：なし
	—	—	あり	満砂状態：あり
川底の状況 (コンクリート)	なし	なし	—	湛水状態：なし
	—	—	あり	満砂状態：あり

(2) 大滝沢1号魚道の場合

大滝沢1号魚道は、IM-A型であるが、当該魚道は、平成10年11月に治山ダムの設置と同時に付設したが、魚道開設当初（I期）ではIM式魚道の標準値との違いが認められた（表-3参照）。

その違いの第1は、「 $y_h = X_h - Y_h$ 」が30cmとなるべきところ、その値が15cmとなっていた点であった。

y_h が30cmで、しかも z_h が30cmであれば、治山ダムが湛水時では、流木等の流下は、魚道出口プール前面→みお筋、となるが、 y_h が15cmで、しかも z_h が30cmであれば、流木等の流下は、魚道出口プール→魚道本体、と予想された。

予想が的中し、I期の場合、流木等が魚道本体に混入していたので、流木等の流れをみお筋からの流下とさせるように、みお筋の改修（ $y_h = 30\text{cm}$ ）を要請した。

報告者の要請に応じて、三戸事務所は、平成12年7月に、みお筋の切り下げと護岸の設置を行なった（II期）。

しかし、みお筋の切り下げを15cmとすべきところ工事の切り下げ高が10.6cmであったため、II期の y_h は25.6cmであった。一次改修後も、 y_h と z_h には4.4cmの違いがあるので、その影響が満砂後の問題発生に結びつくこととなる。

平成12年7月に行なった一次改修での護岸の設置とみお筋の切り下げ工事によって、湛水時では、魚道本体への流木等の巻込みの量が大幅に減少することとなった。

その後、湛水状態であった平成12・13年には特段な問題は認められなかったが、満砂状態に至った平成14年から新たな問題が発生した。

その新たな問題とは、魚道出口プールへの土砂堆積であるが、この現象は湛水時では発生しなかったことである。

そこで、魚道出口プールへの土砂混入防止のため、三戸事務所に対し改修の要請を行なったが、改修内容は、第1に y_h を z_h と一致させること、第2に護岸と仕切盤の前面の川底をコンクリート張とすること、第3にみお筋（ Y_h ）と仕切盤（ S_h ）の高さの差を10~20cmとすること、の3点であった。

その要請に応じて、三戸事務所は平成15年11月に二次改修を行なった（表-3のIII期）が、その二次改修で当該魚道はIM式魚道の標準範囲に全て入ることとなった。

二次改修によって当該魚道はIM式魚道を準拠するに至ったので、今後は維持管理不要な魚道な維持できるかの検証を引き続き行なう予定である。

(3) 清水股沢魚道の場合

清水股沢魚道は、大滝沢1号魚道と同様にIM-A型であるが、当該魚道は、昭和55年度に設置した治山ダムに対し平成13年11月に至って魚道を後付けしたものである。

当該魚道はIM式魚道と一部異なる点が認められ（表-4参照）、その違いの第1は、みお筋の幅（ Y_w ）であって、IM式魚道の標準値より20cm程度広いことである。このことから、当該魚道では、濁水時において魚道本体での水量不足が考えられる。

違いの第2は、当該治山ダムが満砂しているが、川底コンクリートを設けていない点である。このことから、魚道出口プールに土砂堆積も予想されたが、これまでの追跡調査では、土砂混入は認められない。

当該魚道では上記の2点が注意点であるから、魚道出口プールに土砂堆積が認められ

るようになったら、川底コンクリート張を、また、渇水時における魚道本体での水量不足の場合は、みお筋の幅の縮小工事が必要となる。

表-4 清水股沢魚道の諸元

	I 期	将 来	I M式魚道の 標準値
	H13.11~	H00.00~	
集水面積(A)	7.76km ²		
堤体の上流部	満砂状態	満砂状態	
$y_h = X_h - Y_h$	30.3cm	30.3cm	30cm
$z_h = X_h - Z_h$	30.3cm	30.3cm	30cm
$s_h = X_h - S_h$	10.3cm	10.3cm	20~10cm
みお筋の幅 Y_w	100cm	80cm	78cm
護岸の設置	—	—	湛水状態：なし
	あり	あり	満砂状態：あり
川底の状況 (コンクリート)	—	—	湛水状態：なし
	なし	あり	満砂状態：あり

4 あとがき

溪流における土砂・流木等の対策は不可能であるとされて、既往魚道の設計では土砂・流木等の対策は無視・放棄されてきた。

そこで、報告者は、溪流魚道における土砂・流木等対策を正面から取組んできたが、水の流れ、土砂の流れ、流木等の流れの現象を忠実に反映すると、土砂・流木等から魚道本体を保護することが可能と思われた。

そこで、報告者は上記3つの流れ成分の特徴を考慮しつつ、既往魚道の問題点把握の現地調査から、維持管理不要な魚道周辺構造を考案した（「I M式魚道」と呼称）が、そのI M式魚道の有効性の検証を平成10年から各地（北海道、青森県、秋田県及び岩手県）で行なってきた。

本報では、青森分局の事例を示したが、調査の結果、I M式魚道が維持管理不要な魚道であることが確認でき、既往魚道の欠点であった土砂埋没・流木等閉塞から魚道本体を守ることに成功した。

報告者は引き続きI M式魚道の有効性の検証を行なうが、さらに、宮城県以南の魚道は既往魚道形式のままであるから維持管理が必要な魚道である。そこで、I M式魚道を全国の魚道関係者に伝えて、わが国全体の溪流環境保全に寄与したい。

参考文献

- 1) 石井正典(1999)：砂防ダム魚道設計のポイント、岩手県土木技術振興協会
- 2) 石井正典(2003)：維持管理不要を目指した魚道設計について、北海道水産林務部治山課

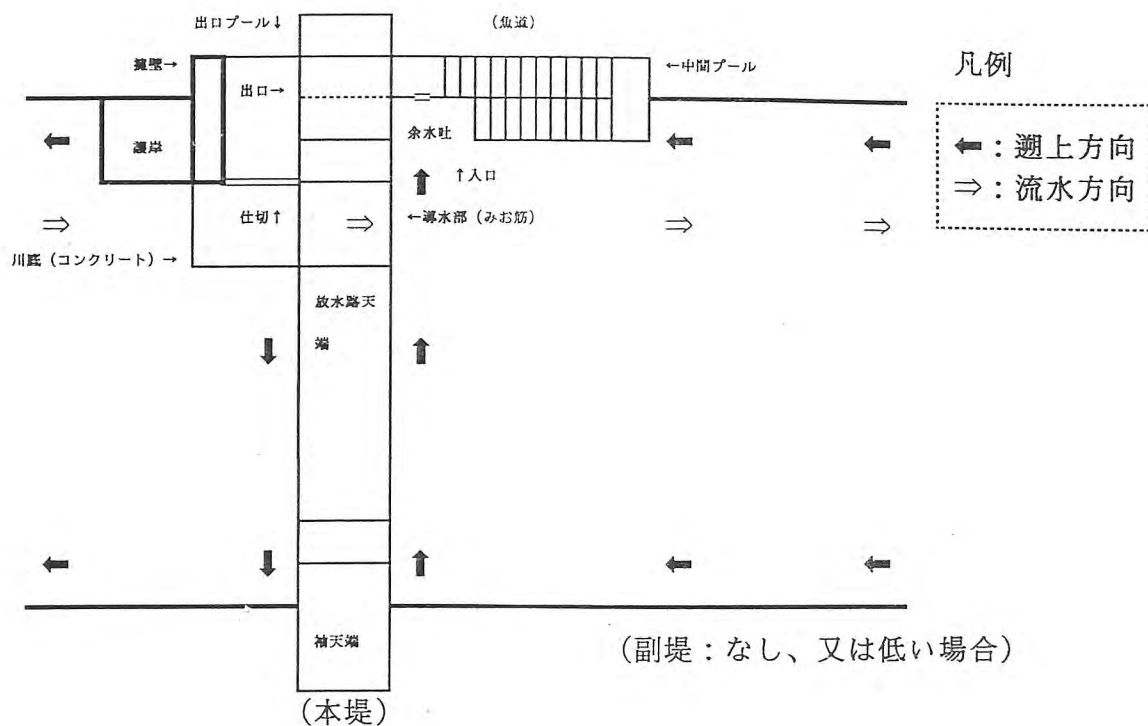


図-1 IM-A型魚道の概念図

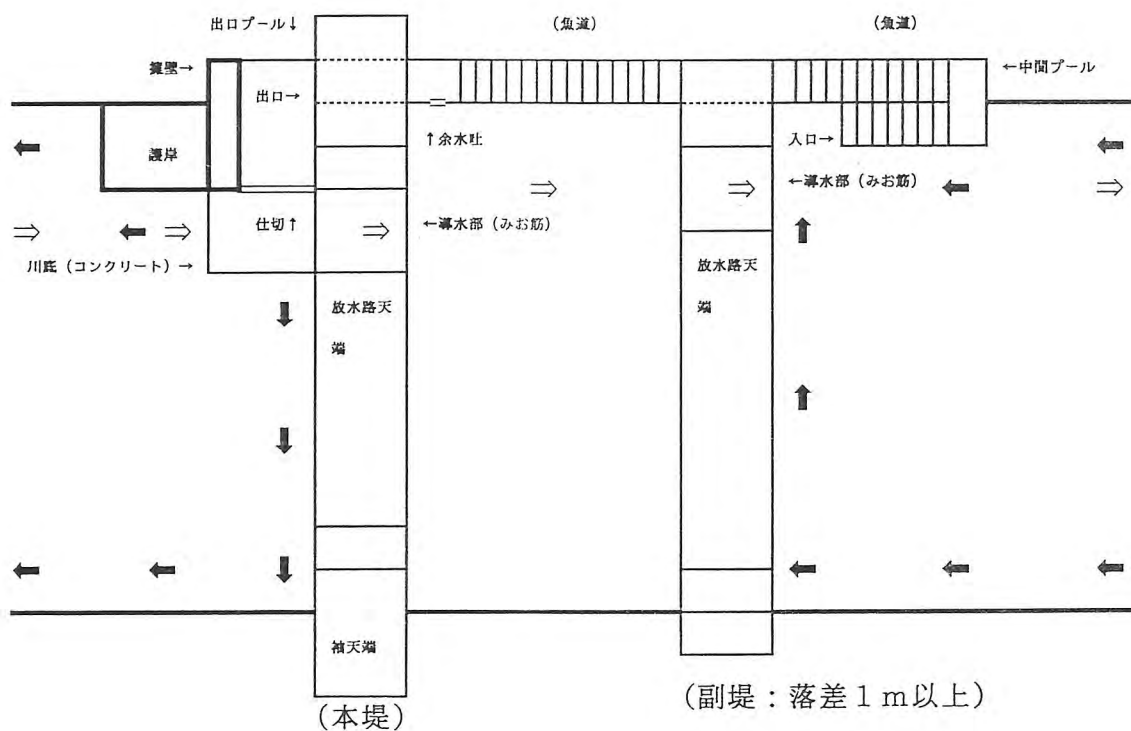
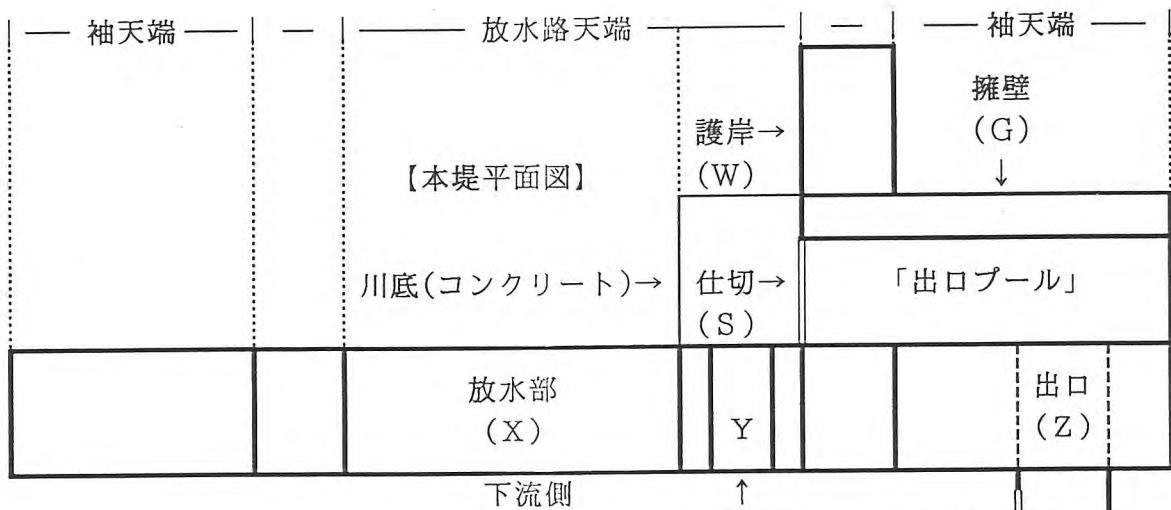
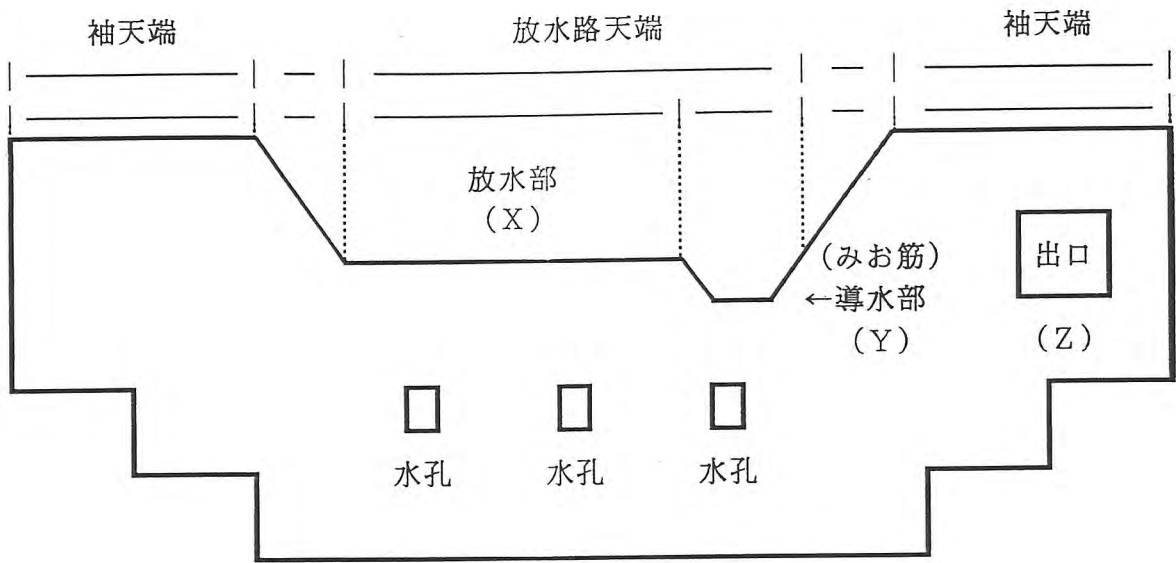


図-2 IM-B型魚道の概念図

【本堤正面図】



【IM式溪流魚道の標準値】

$X_h - Y_h$: 30 (cm)
$X_h - Z_h$: 30 (cm)
$X_h - S_h$: 10~20 (cm)
Y_w	: $10 \times A$ (cm)
S_w	: 2~3 (m)
w_L	: 4 (m) 程度

注) A : 流域面積(km²)

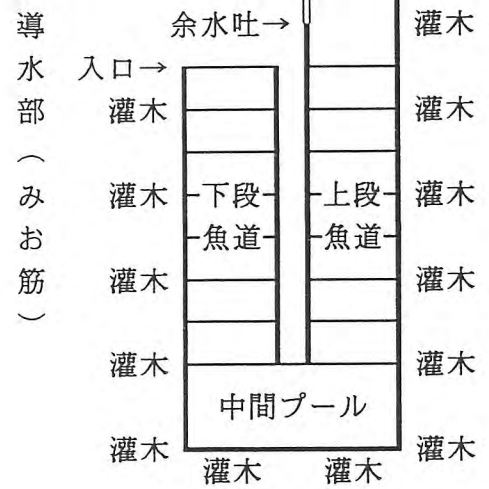
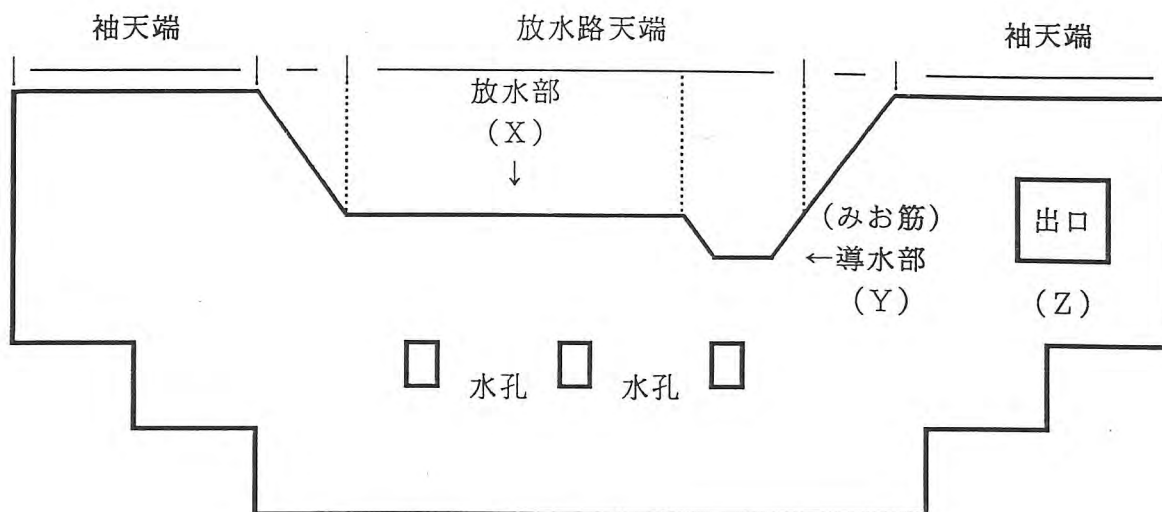
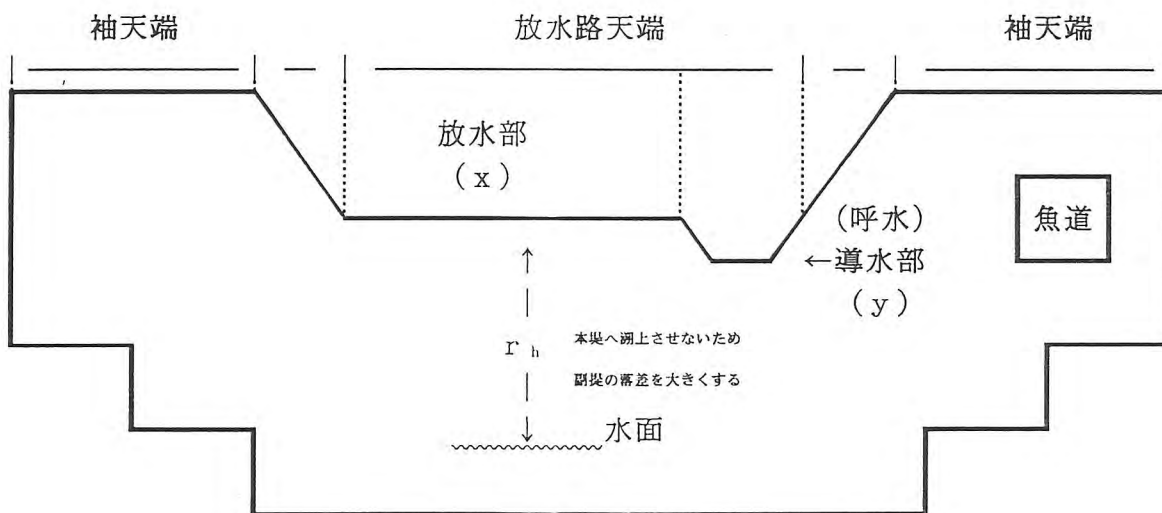


図-3 IM-A型魚道の正面・平面の概略図

【本堤正面図】



【副堤正面図】



【IM式溪流魚道の標準値】

$X_h - Y_h$: 30 (cm)
$X_h - Z_h$: 30 (cm)
$X_h - S_h$: 10~20 (cm)
Y_w : $10 \times A$ (cm)
S_w : 2~3 (m)
W_L : 4 (m) 程度

$x_h - y_h$: 30 (cm)
y_w : 1 (m)
r_h : 1 (m) 以上

注) A : 流域面積(km²)

図-4-1 副堤から溯上するときの正面の概略図

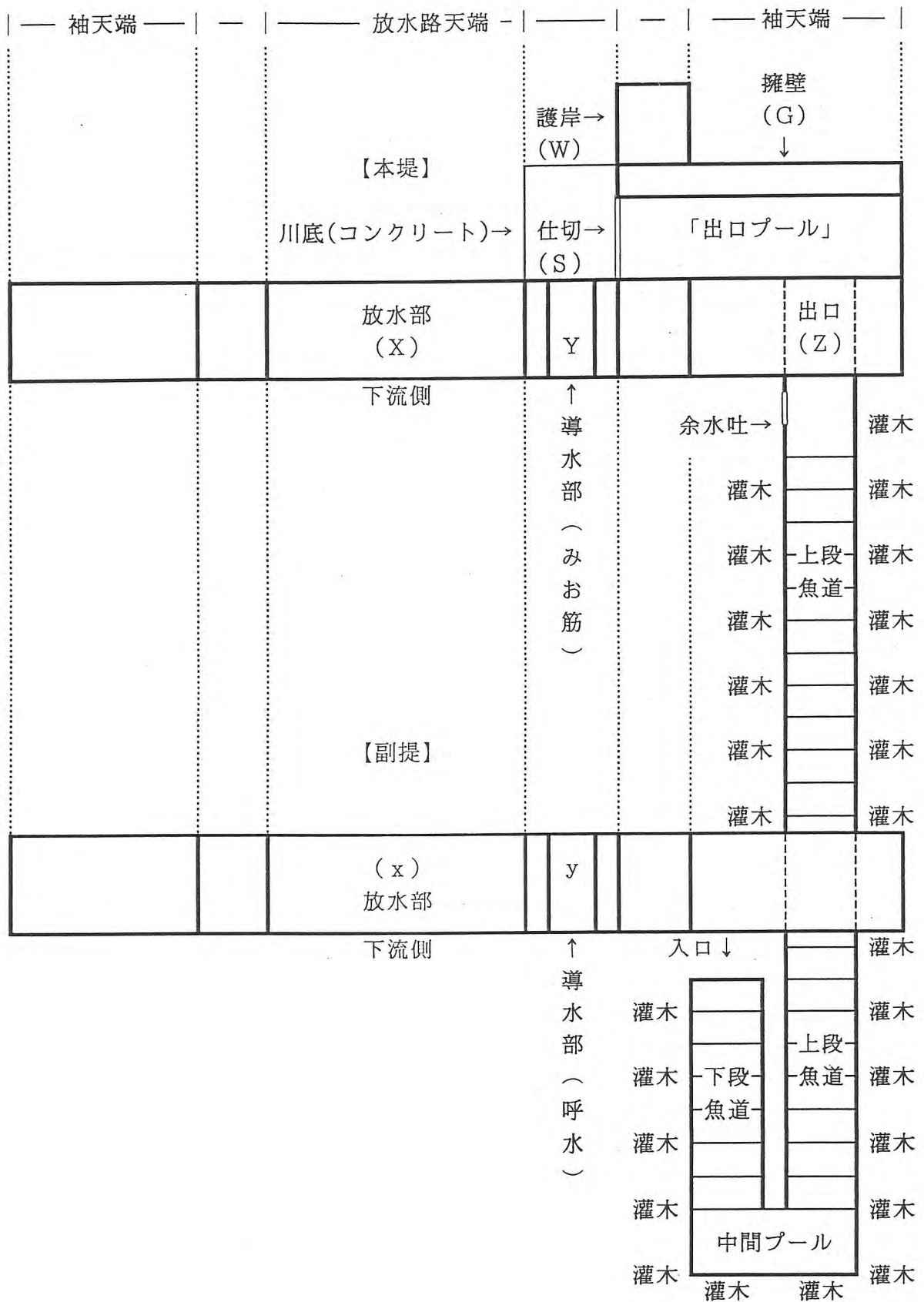


図-4-2 副堤から湖上のときの平面の概略図

[(図-3) の補足説明]

X_h : 放水路天端の高さ
Y_h : 放水路天端の導水部 (みお筋) の高さ
Y_w : 放水路天端の導水部 (みお筋) の幅
Z_h : 魚道出口の高さ
S_h : 仕切の高さ
S_w : 仕切の幅
W_L : 護岸の長さ
A : 流域面積 (km ²)

[(図-4) の補足説明]

本堤関係
X_h : 本堤放水路天端の高さ
Y_h : 本堤放水路天端の導水部 (みお筋) の高さ
Y_w : 本堤放水路天端の導水部 (みお筋) の幅
Z_h : 魚道出口の高さ
S_h : 仕切の高さ
S_w : 仕切の高さ
W_L : 護岸の長さ
A : 流域面積 (km ²)
副堤関係
x_h : 副堤放水路天端の高さ
y_h : 副堤放水路天端の導水部 (呼水) 高さ
y_w : 副堤放水路天端の導水部 (呼水) の幅
r_h : 副堤放水路天端から水面までの落差