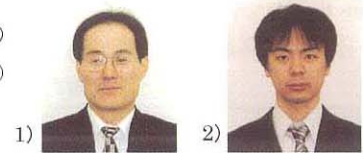


水工事業本部 水工第2部 横山 篤¹⁾
新造 太郎²⁾

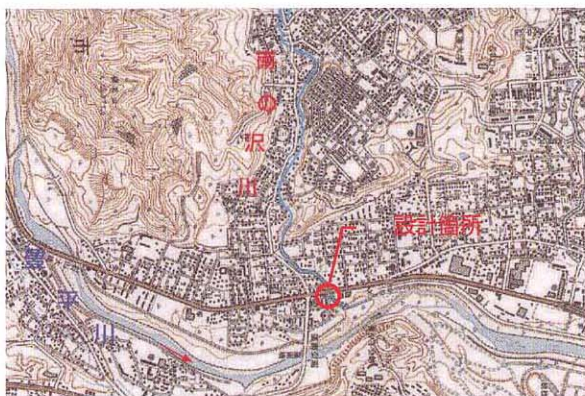


1. はじめに

近年、安全で自然豊かな地域環境が、国民全般から広く求められている。

このため、治水事業においては、多自然型川づくり等を進めるとともに、堰、床固、落差工、砂防ダム等とその周辺の改良、魚道の設置、改善などを行い、魚類の遡上環境を改善し、豊かな水域環境の創出を積極的に推進している。

本稿は、このような治水事業の動向を背景として、豊平川水系の1級河川である、南の沢川に設置されている第1号及び2号落差工を改良した、魚道施設の設計について報告するものである。



図一1 設計位置図

2. 落差工の概要

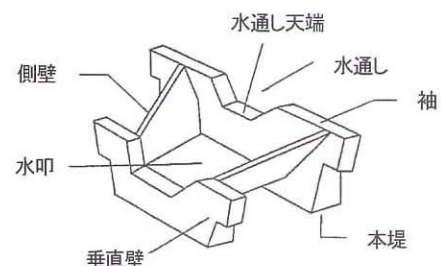
豊平川支川である南の沢川では、昭和56年の災害を契機に国道230号付近の下流部から床固工群の整備に着手し、これまでに基幹床固工、流路工、帯工、落差工等の砂防施設が建設されている。

このような施設のうち、初期に工事を行った落差工には魚道が設置されておらず、魚類の移動に対して障害となっていた。このため、適宜、落差工に魚道を設置するなどにより、魚類の遡上環境の改善が図られてきた。

第1号及び2号落差工は、昭和59年に建設された南の沢川の最も下流の落差工であるが、上流側を交通量の多い国道230号線が横断し、下流側が藻南公園、川沿が住宅地となっているなど非常に狭隘な施工環境であること、落差が2.0m及び3.0mと大規模であることなどから、魚道の設置が最も遅れていた施設である。第1号及び2号落差工の諸元は表-1に示すとおりである。

表一1 落差工の諸元

名 称	第1号	第2号
落 差 高 (m)	2.0	3.0
水 叩 き 長 (m)	8.0	10.0
水 叩 き 厚 (m)	0.5	0.5
水 通 し 幅 (m)	12.0	12.0
水 通 し 高 (m)	2.8	2.8



図一2 落差工各部の名称



写真一1 既設落差工の前景

3. 設計の対象魚

(1) 魚類の生息状況

設計箇所が生息すると考えられる魚類は、石狩川開発建設部が実施した調査により、表-2 に示す 4 科 6 種であり、魚類別固体数組成では、ウグイ、フクドジョウが多数を占めている。

表-2 計画点の魚類

目	科	種	生活分類
コイ目	コイ科	コイ	淡水魚
		エゾウグイ	淡水魚
		ウグイ	遡河性回遊魚
	ドジョウ科	フクドジョウ	淡水魚
サケ目	サケ科	ヤマメ	遡河性回遊魚
	トゲウオ科	イトヨ	遡河性回遊魚

また、落差工下流の河道内の深みや岩盤の窪みなどに流れ込みが生じた箇所では、豊平川から遡上したエゾウグイやヤマメが多く見られ、堆積した浮き石の隙間や、水中に水辺の植物が被覆した隙間などにフクドジョウが多数見られた。特に、落差工直下流の岩盤の窪みに形成された深い淵には、遡上を阻まれたヤマメとエゾウグイが多く入り込んでいた。

(2) 対象魚の選定

魚道の設計においては、当該箇所が生息が確認されている魚類全ての遡上が可能となるよう考慮するが、魚道内の流況等の遡上効果を検討する重点対象魚を次のように選定した。

表-3 設計対象魚

魚種	特性	備考
エゾウグイ (ウグイ)	・中間的な遊泳力を有する。計画箇所にも多数生息する。	重点対象魚
ヤマメ	・サケ科に属し、比較的遊泳力が大きい。	
フクドジョウ	・底棲魚で遊泳力が弱く、落差域において遡上に対する影響が大きい。	

4. 魚道形式の検討

(1) 魚道の種類と設計上の留意点

魚道は水理構造、形状等により、主に図-2 のように分類される。また、河川条件、施工条件、施工実績等より、当該落差工に設置する魚道の設計上の留意点を次のように考えた。

①魚道中に土砂が流入しても、魚道としての機能

確保が可能であること。

②設置に際して既設構造物に及ぼす影響が小さいこと。

③経済的で、かつ施工性が良いこと。

④魚種に好ましい流況となること。

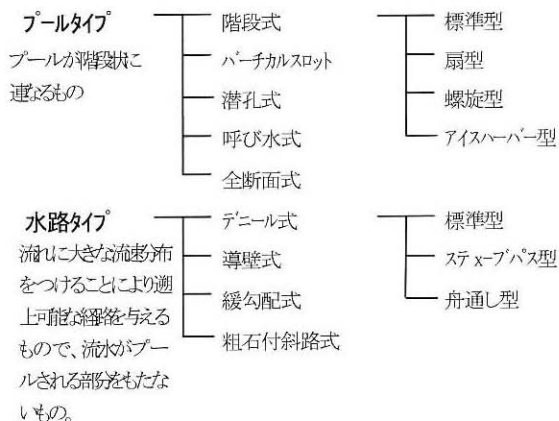


図-3 魚道形式の分類

(2) 魚道形式の選定

魚道形式の選定では、前述した設計上の留意点より、デニール式、潜孔式、バーチカルスロット式等の魚道は規模が大きくなること及び土砂・流下物等により機能確保が困難であること、緩勾配バイパス式は迂回させる用地がないことから採用は困難と判断した。

したがって、階段式、粗石付き斜路、石組みによる階段式斜路、階段式石組について比較検討を行い（表-4）、機能性及び魚道施工箇所における魚類調査結果による遡上効果が良好であることから、階段式石組魚道を採用した。

(3) 魚道の平面・縦断計画

魚道の縦断勾配は、全国の既往事例における調査結果と豊平川砂防施設内の施工事例を勘案して、1/10 を基準とした。

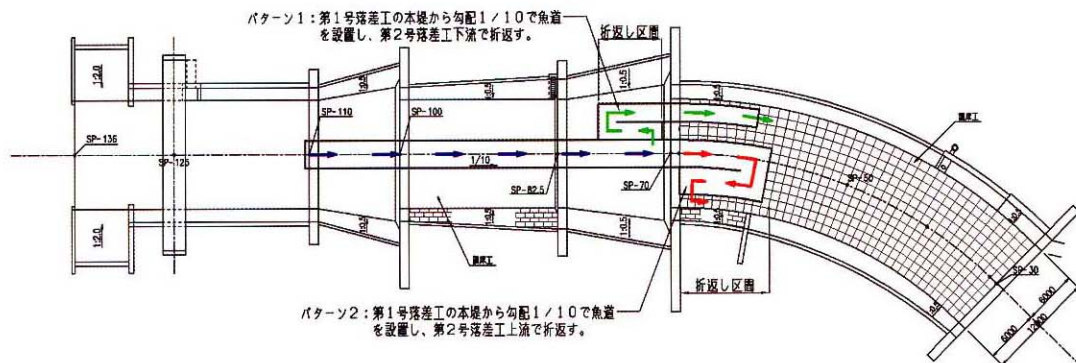
また、平面形状は第1 落差工と第2 落差工の設置間隔が近いこと、落差の合計が 5.0mと大きいことから、1号落差工の下流側にも魚道を設置することを考慮し、魚道を直線とする場合と折り返しを設ける場合について各々検討を行った。

図-3 に示す検討パターンに対して、平面形状は魚道内の流況等を考慮して直線とし、魚道が長くなることに対しては中間地点に休憩場所を設ける計画とした。

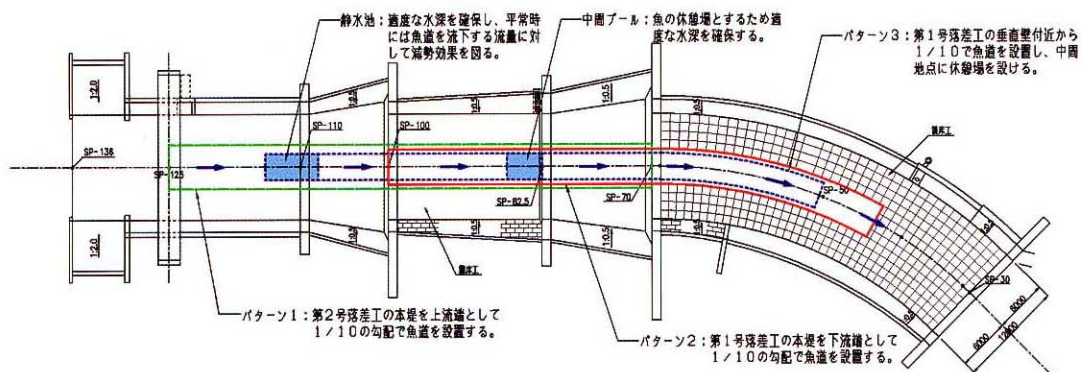
表－4 魚道形式の比較表

形 式	石組階段式斜路魚道	階 段 式 魚 道	粗石付斜路魚道	階 段 式 石 組 魚 道
概 略 図				
遡上方法	斜面に石組みを行い、階段形状をつくり遡上させる。	プールを階段状に配置し遡上させる。	粗石を斜面に配置し多様な流況を確保し遡上させる。	玉石を用いた石組みで階段形状をつくり遡上させる。
長 所	- 粗石の配置により遡上時の休憩場所の確保が容易である。 - 底生魚の遡上に有効	- 埋塞に強く、維持管理が容易である。 - 他形式の魚道との組み合わせが可能。	粗石の配置により遡上時の休憩場所となる。	- 粗石の配置により遡上時の休憩場所となる。 - 底生魚の遡上に有効
短 所	- 水深確保のため切欠き形状の設定が重要である。 - 傾斜面であるためコンクリート打設等の施工が面倒である。	- 流量変動に対して魚類の遡上に適した流況確保が困難となる場合が多い。 - プール間の水位差が大きいと遡上が困難。	横断方向にも勾配があり、流量や流速を予測できない。	水深確保のため切欠き形状の設定が重要である。
考 察	- 施工事例はあるが、応急対策的に採用される場合が多い。 - 階段式石組みに比べ施工性が悪い。	最も一般的な形式であるが、石組みをおこなうことにより魚道機能の向上が期待できる。	河床幅が狭い場合には、多様な流況の創出が困難となる。	- 施工実績があり、遡上効果も良好である。 - 生息が多数確認されているフクドジョウ等底棲魚の遡上が最も期待できる。
評 価	○	○	△	◎

(魚道を折り返して設置する場合の平面配置)



(魚道を直線的に設置する場合の平面配置)



図－4 魚道の平面配置計画

6. 魚道の構造検討

(1) 隔壁間の落差と幅員

隔壁間の落差は、魚類の跳躍力との関係から容易に遡上できる落差とする必要がある。

一般的に、現在実施されている魚道では 0.15 m～0.30m のものが多く、北海道では 0.30m が平均的であることから、本魚道においてもこの値を採用することとした。また、魚道の幅員は以下の事項を考慮して 3.0m を基準とした。

- ① 魚道設置時の根掘りが護岸工の支持地盤に影響しない幅とする。(図-5 参照)

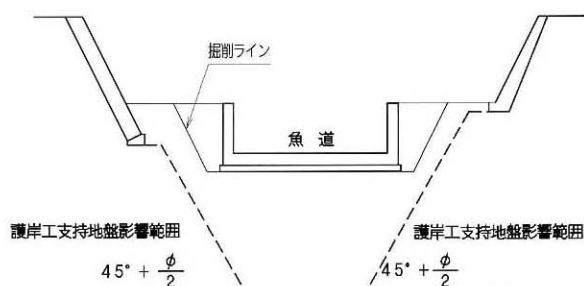


図-5 護岸工支持地盤影響範囲

- ② 施工事例を勘案し 3m 以上とする。ただし、魚道の側壁は、自然環境、景観、親水性等に配慮しコンクリートを露出しない構造を採用するため、この形状に対しても 3m 以上の幅員(水面幅)を確保する。(図-6 参照)

(2) 側壁の構造

側壁は、コンクリート面が露出しないように石張構造とした。また、石組の布設勾配を 1:0.5～1.5 程度として水際線に変化を与え、魚道内において多様な流況を創出することで魚類の遡上効果を高めることに配慮した。

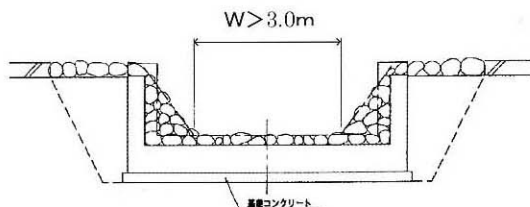


図-6 側壁の構造

(3) 底部の構造

底部は、フクドジョウなどの底生魚が河床面の石の間を縫って休憩しながら移動できるよう、自

然石の下部に「空間」を作る必要があると考え、底面の石組みを図-7 に示すように、下流側へ寝かせるように配置しながらモルタルで固定する計画とした。また、石の粒径を均一としないことで、石の陰に静水域を創出し、底生魚がこの間隙を利用して遡上できるように考慮した。使用粒径は、水深、対象魚の大きさ、現況河床材料状況から 10cm～30cm とした。

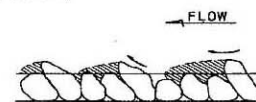
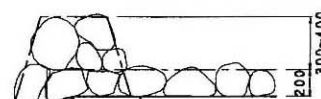


図-7 底部の構造(石組の方向)

(4) 隔壁の構造

隔壁は 50cm 程度の石で構成するものとし、必要な切欠き形状を確保するとともに、切欠きの下流側には大きめの玉石を配置して流速を緩和する構造とした。

(非越流部)



(越流部)

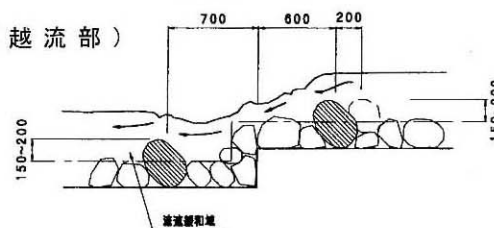


図-8 隔壁の構造

(5) 切欠きの構造

魚道全幅で通水した場合には、魚類の遡上に必要な水深を確保することは困難であることから、隔壁には切欠きを設けた。切欠きの形状は、魚道内の流況、石等による閉塞が起こらないことに配慮して、下幅 0.3m、上幅 0.6m とした。

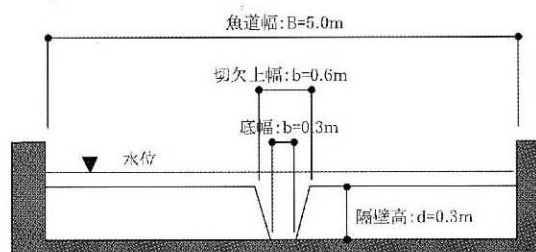


図-9 魚道の断面形状

6. 魚道の水理検討

(1) 魚道内の流量状況

計画箇所における期別の流量に対する魚道内の流量状況を次のように推定した。

流量と水深の関係は越流公式により算出した。

$$Q = C \cdot B \cdot H^{1.5} \text{ (越流公式)}$$

ここに、 H : 越流水深(m)

B : 水路幅(m)で切欠きでは底幅と上幅の平均とする。

C : 流量係数で1.7を用いる。

また、魚道の隔壁部(越流部)及びプール内の流速は次のように算出した。

$$\text{(隔壁部)} \quad V = \sqrt{2gh/3}$$

$$\text{(プール内)} \quad V = Q/(B \times h)$$

ここに、 V : 流速(m/s)

Q : 流量(m³/s)

h : 越流水深(m)

各期別の流量に対する魚道内の水深及び流量は表-5 に示すものとなり、魚道内の流速の目安(表-6)を満足する。

表-5 期別流量と魚道内の水深・流速

期 別		豊水	平水	低水	渇水
流 量	(m ³ /s)	0.19	0.11	0.07	0.04
水 深	(m)	0.34	0.28	0.22	0.16
流速	切欠き (m/s)	1.50	1.35	1.19	1.02
	プール (m/s)	0.19	0.13	0.11	0.09

表-6 魚道内の流速の目安

区 分	流 速	摘 要
プ ール	0.7m/s	サケ・コイ科の魚類の巡航速度
隔 壁	1.5m/s	サケ・コイ科の魚類の突進速度

(2) 静水池の水理検討

魚道内が満水の流量状況に対して、下流端に設置した静水池内で跳水を発生させ、池内が常流状態となるように敷高、池長を下図に示すように設定した。

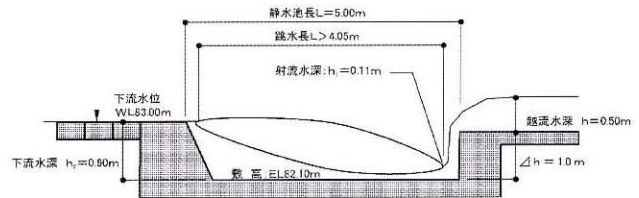


図-10 静水池の流量状況

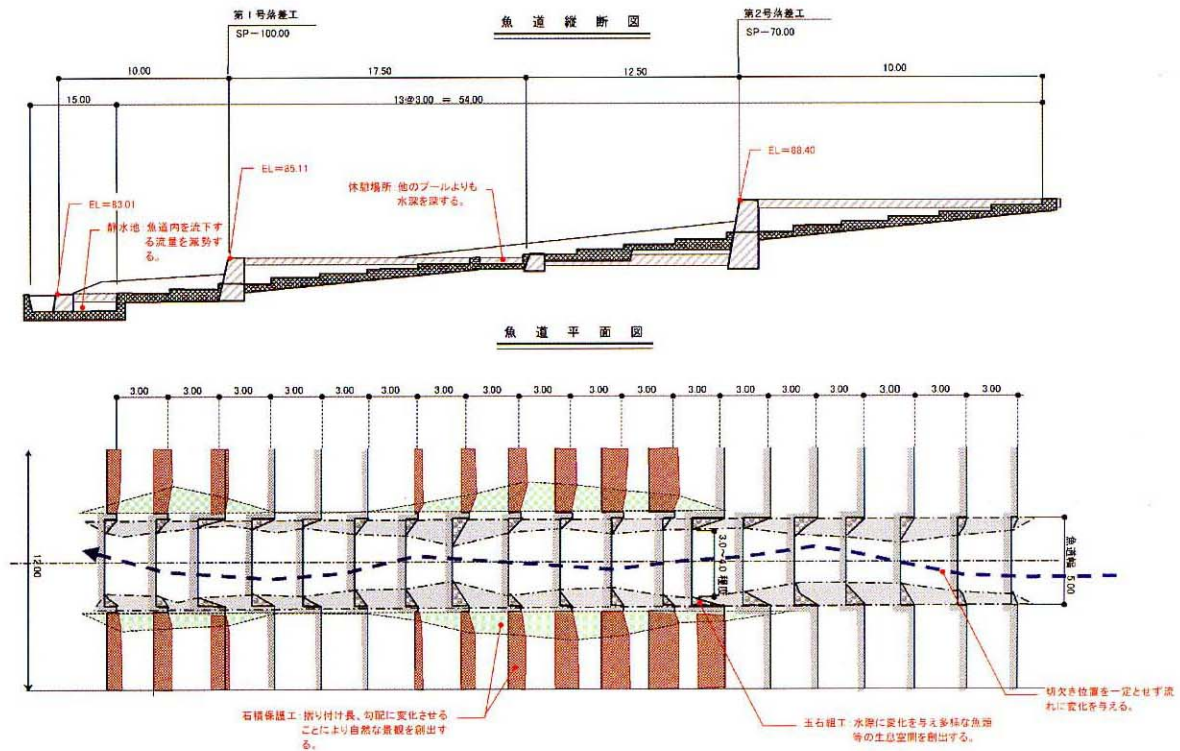


図-11 南の沢第1号・2号落差工魚道整備イメージ図

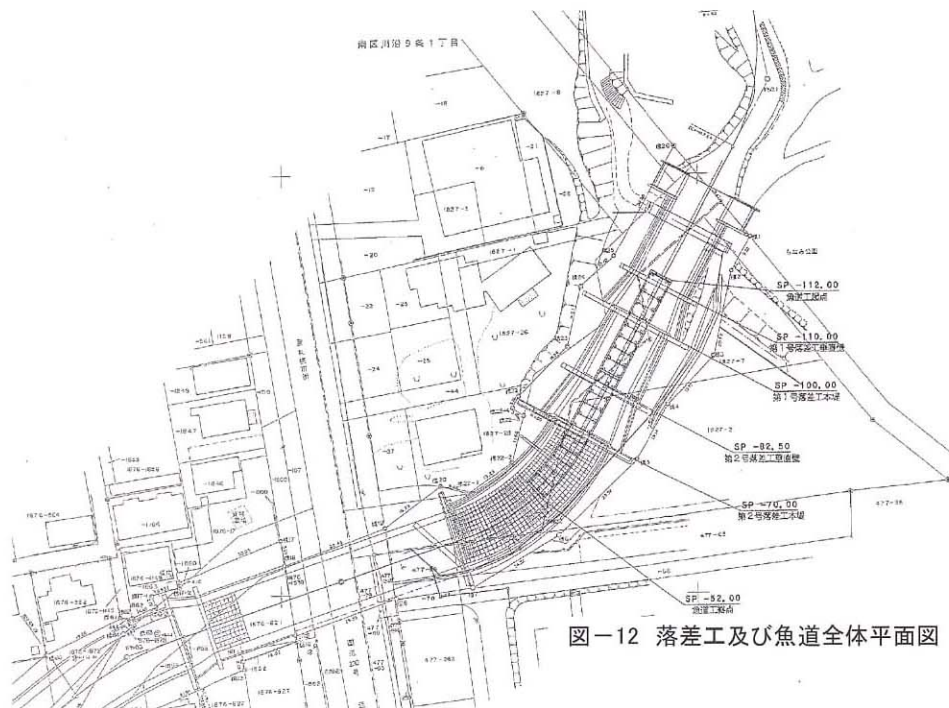


図-12 落差工及び魚道全体平面図

7.おわりに

設計では、景観・親水性等を考慮し魚道側部を埋設して緑化を促進する計画としたが、工事実施においては土砂の堆積による植生の自然回復を期待することとした。

南の沢川では、第1、2号落差工を改良した魚道の設置により、河川横断工作物による魚類の遡上障害が解消され、これにより更に豊かな水域環境が創出されることが予想される。魚道を利用した魚類の遡上、降下、生息状況等に関する事後調査等により、その効果が検証されることを期待するものである。



図-13 完成予想 CG

参考文献

- 1) 建設省河川砂防技術基準：日本河川協会
- 2) 河川管理施設等構造令：日本河川協会
- 3) 砂防技術指針：(社)北海道土木協会：
- 4) 床止めの構造設計手引き：
(財)国土開発技術センター
- 5) 多自然型魚道マニュアル：
(財)リバーフロント整備センター
- 7) 平成 11 年度施行 豊平川砂防事業の内 豊平川溪流魚道等調査業務報告書：
石狩川開発建設部

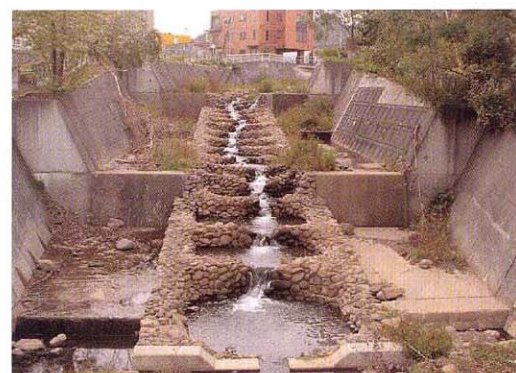


写真-2 工事完成後の落差工と魚道