魚類の移動・生息環境の保全を目指した全断面魚道の整備推進について
～流路工 でのグリーンインフラ推進～

永井　直岐[1]・菊地　秀二[1]・馬場　雅明[1]・松本　直樹[2]

[1]湯沢砂防事務所　工務課　（〒949－6102　新潟県南魚沼郡湯沢町大字神立23）

[2]湯沢砂防事務所　（〒949－6102　新潟県南魚沼郡湯沢町大字神立23）

登川では，過去幾度となく土砂災害が発生しており，その対策として昭和50年代から流路工の整備が進められてきた.整備にあたっては，生態系に配慮して，魚類の遡上を考慮した魚道を整備してきた.一方，土砂の堆積により，魚道の閉塞が起こったこと，平成23年新潟･福島豪雨を始めとした度重なる出水により，流路工の深掘だけでなく，魚道の一部が損傷したことで，機能の低下が発生した.そこで，湯沢砂防事務所では，流路工の深掘対策として，床固工の整備を行うとともに，従来の魚道よりも魚類の遡上効果をより期待できる全断面魚道への改築を実施してきた.本稿では，全断面魚道への改築及び全断面魚道の有効性の検証について報告する.

キーワード　登川，魚道，全断面，モニタリング調査

1. はじめに

信濃川水系登川は，信濃川水系魚野川の右支川で，新潟・群馬県境の朝日岳や巻機山など標高 2,000 m級の山地に源を発し,平均河床勾配約 1/16 の急流河川である.また,登川はこれまで度々出水してきたことから,湯沢砂防事務所では,昭和 51 年より,登川流路工に着手し,現在全長約 5.7㎞ にわたり 46 基の床固工を整備している.また,登川流域では内水面漁業が盛んであることを踏まえ,着工当初より水生生物に配慮し魚類が流路工を遡上できるよう水路階段式魚道を併せて整備してきた．一方，土砂の堆積による魚道の閉塞，流路の固定化による樹林化,度々の出水や経年劣化による損傷等が確認された．更に,「平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨」による出水で，深掘による流路工の被害に加え魚道も損傷し，その結果，魚類の遡上を阻害する状況となった．そこで，当事務所では，　流路工の深掘対策として，床固工の改修を実施するとともに，従来の水路階段式魚道と比較し魚類の遡上効果がより期待できる全断面魚道への改築を実施してきた．また，魚道の施設効果を確認するため平成 21 年から登川流路工内の魚類のモニタリング調査を行っている.本稿では，全断面魚道への改築及び全断面魚道の有効性の検証について報告する.

2. 水路階式魚道の課題

登川流路工は当初，水路階段式魚道(図 2)を採用し整

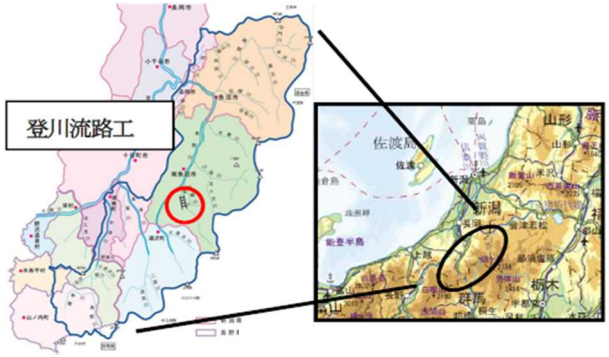


図 1　位置図

備を行ってきた．水路階段式魚道は，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．施工実績が多く，隔壁間の高さや勾配などを変化させることにより流速をコントロールできることから魚種別に設計しやすく，また，構造物の高さの制限を受けにくい構造となっている．これにより，澪筋が安定し，施工直後は裸地だった河床に一年生草本が芽吹き，草地が形成された.また，時間の経過とともに一年生草本に代わって多年生草本が侵入し草地の面積を拡大させるとともに，ヤナギ類等も成長し樹林地が形成されていった．しかし，樹林地が形成されたことにより澪筋はさらに固定化され，床固工の中央に位置している魚道部に集中的に流水が流れるようになった．また，登川上流では土砂生産が著しいこともあり，土砂の流出によって魚道内に土砂が堆積しやすく，機能保持にはするのが難しく維持管理も，必要

となる．（図 3）さらに，魚道が床固工よりも下流側へ突出している場合，魚が魚道入口を発見しづらくなり，また、澪筋が変化して流水が魚道を流下しなくなった場合も魚道入口を発見しづらくなると考えられる．(図 4)
以上のような理由から，魚道内への土砂の堆積，河床局所の深掘，魚道の摩耗等の経年劣化がみられるようになったと考えられる．

図 2　水路階段式魚道

図 3　魚道内に土砂が堆積し，平常時，流水が流下していない．

図 4　魚道以外からの越流も多いため，床固工直下に迷入した魚は魚道入口を発見することが困難．

3. 平成23年 新潟・福島豪雨による被災

草地・樹林化が進んだ河道内であったが，平成23年7月に発生した新潟・福島豪雨の出水により，地形の平坦化及び植物の消失が生じ，裸地化した．また，出水により既存の魚道施設が著しく損傷した（図 5）ため，魚道の機能低下がより顕著になった．平成 23 年新潟・福島豪雨での被害を受け，流路工改築と魚道の改築を行うこととなった．魚道の改築には，全断面魚道を採用した．

図 5　損傷した水路階段式魚道

4. 全断面魚道の有効性

①全断面魚道の特徴

全断面魚道（図 6）は，河川の横断方向全面が魚道として機能するため，部分的な摩耗・破損や土砂堆積が発生しても，その他の部分が機能することで，魚道機能として致命的な影響を受けにくい．また，澪筋や流量が変化しやすい河川においても，流況に応じて遡上経路が確保されることが期待できる．これにより，機能保持の為の維持管理コストが軽減される．一方，水路階段式魚道と比較して，建設費が高くなること（特に川幅の大きい箇所に整備する場合）また，落差の大きくなる設備には対応できない場合もある．しかし，登川は，流砂量が多く，出水時の流体力が大きい，河床(みお筋)変化が大きい，流量変化幅が大きいという特徴がある．そのため，従来の水路階段式魚道では，土砂の除去や，破損時の修繕などの維持管理に係るコストが大きくなる．そのため，ライフサイクルコスト低減の観点からも，登川流路工の魚道としては，水路階段式魚道よりも全断面魚道の方が適していると言える．

図 6　全断面魚道

②全断面魚道の有効性について

当事務所では，全断面魚道の有効性を検証するため，新たに評価基準を設定し，評価した．

(1) 魚道機能評価基準の設定

魚道機能評価を行うためには渓流の特性に応じた評価基準が必要になる．一般的に用いられている魚道点検の手引きとしては，「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）」（建設省河川局治水課（平成５年）がある，しかし，上述の手引きは，主に中下流域の河川を対象として作成された点検基準となっており，渓流や砂防設備の特性を十分に評価しきれていないと考えられる．そのため，既往の遡上調査結果等を踏まえ，管内渓流の特性に応じた新たな魚道点検の手引きとして，「魚がのぼりやすい川作りの手引き，平成 17 年」（以下，「マニュアル（案）という.」）を設定した．例えば，評価項目である「魚道への入りやすさ」は遡上可能な落差の上限値を 40 ㎝から 50 ㎝に，「魚道内の上りやすさ」は遡上可能な越流流速値の上限値を 1.2 m/s から 2.5 m/s に変更する見直しを行った．さらに，魚道の機能を遡上段階別に「魚道入口の見つけやすさ」，「魚道への入りやすさ」，「魚道内の上りやすさ」，「魚道からの出やすさ」，「流水の取り込み状況とその他」の５つに分類し，点検項目と評価基準（◎，○，△，×）を設けた（表 1.1，表 1.2）．そして，項目別の評価基準（◎，○，△，×）の組み合わせにより，総合評価として，魚道ごとに A（容易に遡上可能），B（遡上可能），C（困難であるが遡上可能），D（遡上不可能）の４つに区分できる基準を作成した，流路工における魚道機能評価にあたっては，この新たに設定した基準を適用している．

表１　湯沢砂防事務所で見直しを加えた評価項目

評価項目	
魚道入口の見つけやすさ	a.魚道入口と遡上してきた魚が集まる場所（魚溜まり）の位置
	b.魚道の通水状況
	c.魚道入口までの障害
魚道への入りやすさ	a.入口の流況
	b.入口付近の土砂堆積状況・破損状況
	c.入口の隔壁等破損状況
魚道内の上りやすさ	a.最大流速箇所の越流水深・流速・落差
	b.最小流速箇所の流速・水深
	c.流れの状態
	d.土砂等の堆積状況・破損状況
魚道からの出やすさ	a.出口の流況
	b.出口付近の土砂等の堆積状況
	c.出口の隔壁等破損状況
流水の取り込み状況とその他	a.上流側の澪筋位置
	b.流量調節施設
	c.増水傾向時の想定流況

表２　評価基準の一例(魚道入口の見つけやすさ)

点検項目		予備評価の基準		
魚道入口の見つけやすさ	a.魚道入口と遡上してきた魚が集まる場所（魚溜まり）の位置	魚道入口の直下流に魚溜まりが位置する。		◎
		魚溜まりと魚道入口は離れているが、遡上すれば迷わずに魚道入口にたどり着ける。		○
		遡上すれば魚道入口にたどり着くが、本堤直下などに迷入する可能性がある。		△
		魚溜まりから魚道入口までの移動経路がない。		×
	b.魚道の通水状況	魚道が流れの主体である。		◎
		水通し全体又は一部を流れ、魚道にも十分導水されている。		○
		水通し全体又は一部を流れ、魚道には十分に導水されていない。		△
		魚道に水が通水していない。		×
	c.魚道入口までの障害	障害はない		◎
		落差	直下流の水深	
		10cm未満	(関係なく)	◎
		10cm～30cm以下	30cm以上	◎
			30cm～10cm	○
			10cm未満	△
		30cm～40cm以下	30cm以上	○
			30cm～10cm	△
			10cm未満	×
		40cm～50cm以下	30cm以上	△
			30cm未満	×
		50cm超	(関係なく)	×

(2) 水路階段式魚道と全断面魚道の比較

①魚道機能評価の比較

水路階段式魚道と全断面魚道の各評価の内訳をレーダーチャートに整理した（図 7）．

レーダーチャートは，各魚道の評価結果を基に，◎：3 点，○：1 点，△：－1 点，×：－3 点として点数を設定し，魚道タイプごとの平均値を整理した．水路階段式魚道は，全項目で全断面魚道に比べて低い評価となった．一方，全断面魚道は全ての項目で，総合的な機能に優れ有効性は高いと考えられる．

②「平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨」前後における総合評価の比較「平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨」に伴う出水前後の総合評価について比較した（図 8），水路階段式魚道（36 箇所）は，豪雨前は，A 評価または B 評価はそれぞれ 1 割，D 評価が 4 割程度であったが，豪雨後は，D 評価が 6 割，残り全てが C 評価となった．一方，全断面魚道（3 箇所）は，豪雨前は，全て A 評価であり，豪雨後は，植石が流出したことにより，高速流が発生し，D 評価となった箇所（1 箇所）を除き全てが A 評価のままであった．高速流が発生した理由としては植石の設置間隔が広い場所では，浅く速い流れが発生することから，植石の流された魚道では，高速流が発生したものと推測される．以上より，比較箇所としては少ないものの全断面魚道は，大きな出水後においても水路階段式魚道に比べ，一定の機能が保持され，出水の影響を受けにくいものと考えられる．

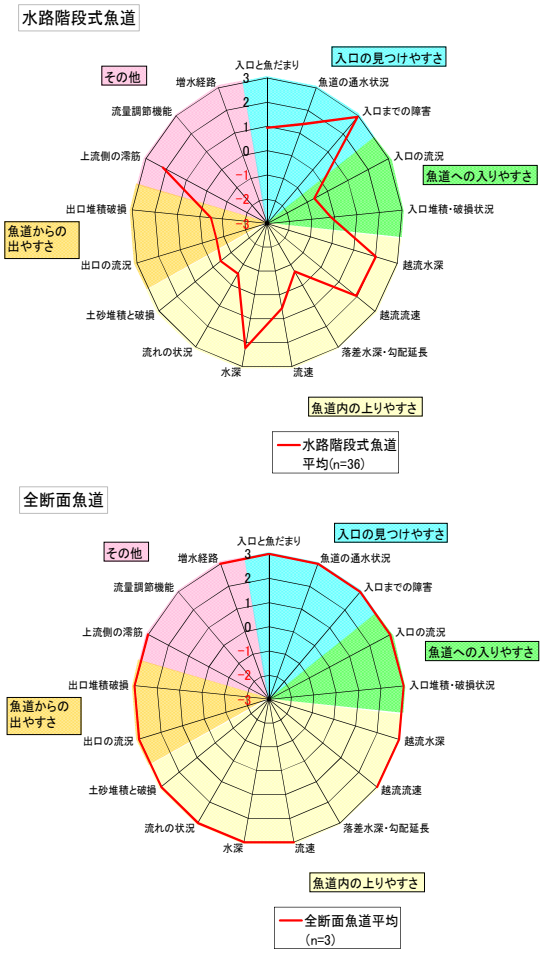


図 7　登川流路工における魚道機能評価結果
(平成 21 年度結果)

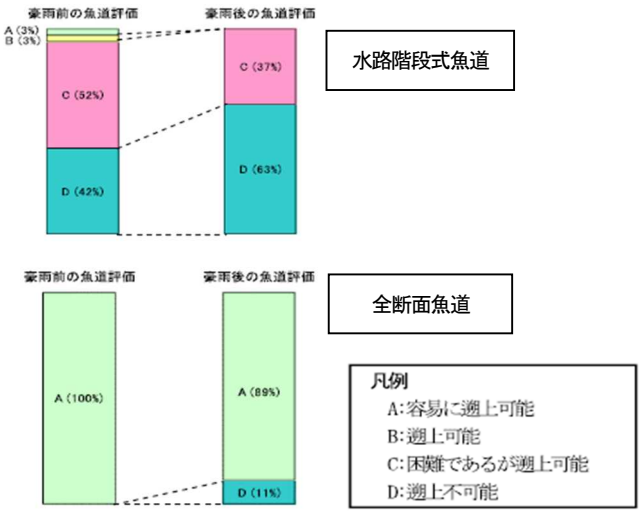
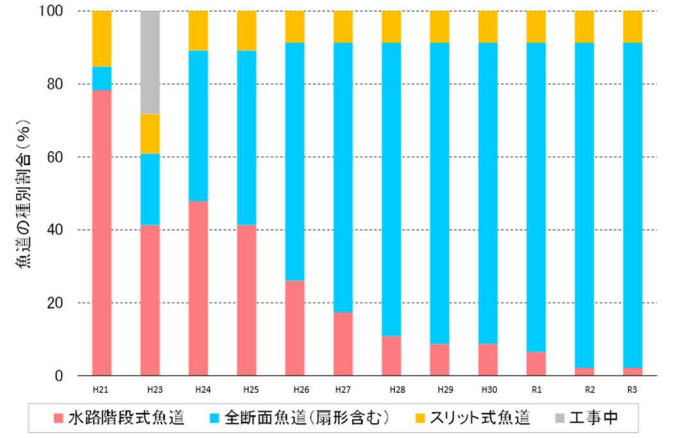


図 8　水路階段式魚道の変化状況と
全断面魚道の変化状況

5. 魚道機能の改善状況

魚道機能評価は，目視確認や落差・水深・流速などの計測により，前述の当事務所の新たな評価基準に基づき毎年，実施している．平成 23 年度以降は，全断面魚道への改良が進み，全断面魚道が増加した(図 9)．魚道の総合評価は，平成 21 年度ではC評価，D評価の魚道が大半を占めていたが，その割合は年々減少し令和 3 年度には魚道の 70%程度がA評価となった(図 10)．これは，床固工の補強対策に併せた全断面魚道への改良整備進捗に伴い魚道機能も改善しているものと考えられる．



(基)

	H21	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3
水路階段式魚道	36	19	22	19	12	8	5	4	4	3	1	1
全断面魚道（扇形含む）	3	9	19	22	30	34	37	38	38	39	41	41
スリット式魚道	7	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
工事中	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46

図 9　魚道の種類の経年変化

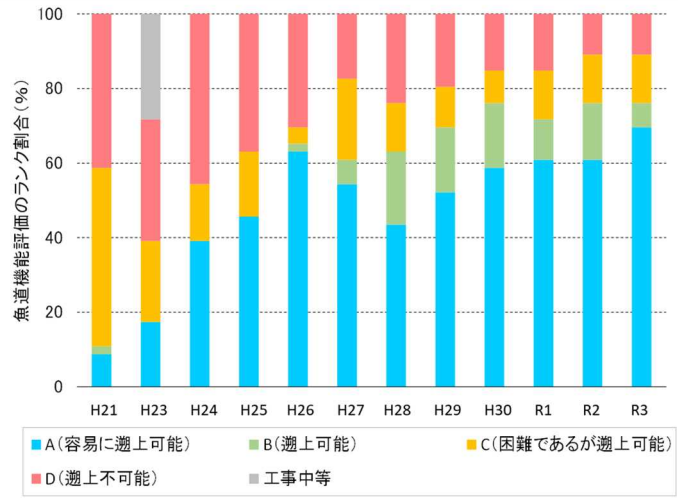


図 10　魚道機能評価のランク割合

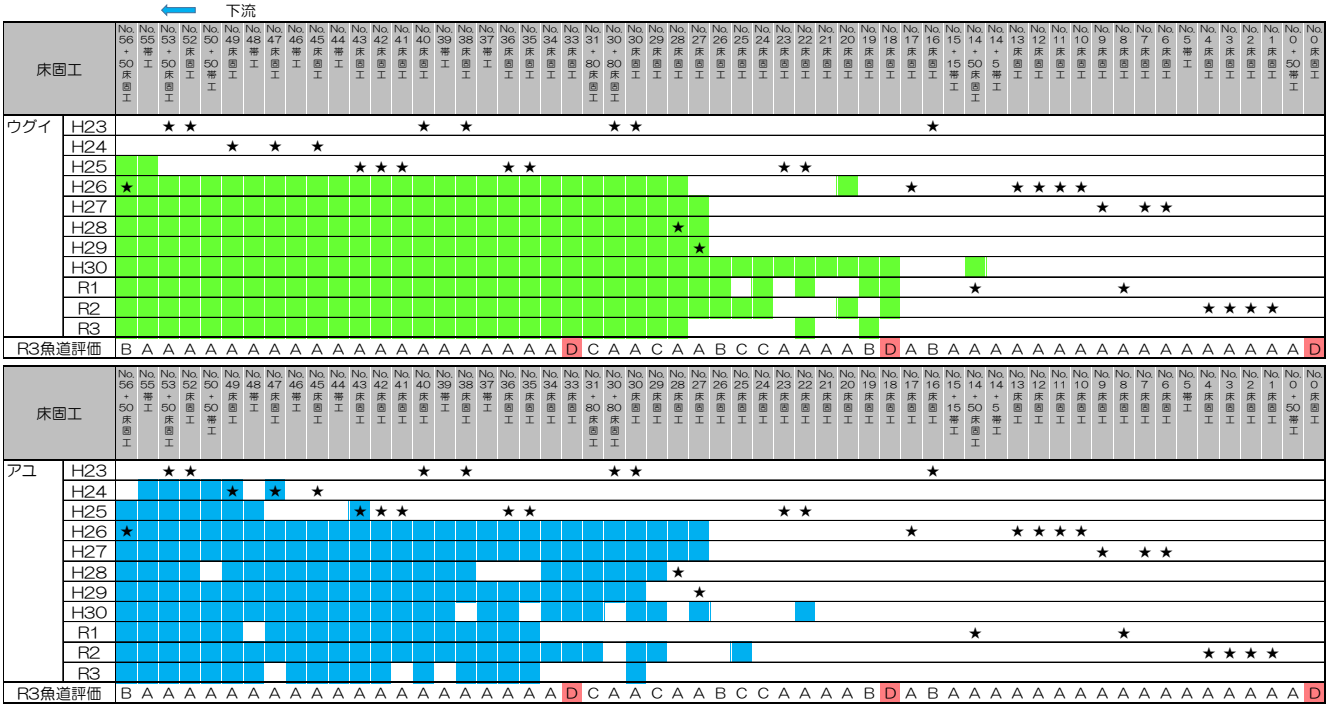
6. 全断面魚道の改築に伴う生態系の改善について

平成 21 年度以降，床固工に整備した魚道の機能評価とは別に流路工内の魚類の分布状況調査も実施している．

① 改修工事と魚類の遡上状況

平成 26 年度に，最下流である No.56+50 床固工の改築工事が行われた．その結果，登川流路工河道内で放流されていないウグイやアユの遡上数の増加及び分布範囲の拡大が確認された（図 11）．さらに、ウグイに関しては，平成 28 年度から平成 29 年度にかけて実施した中流部

No. 28 床固工及び No. 27 床固工での全断面魚道改良整備により，更に分布範囲が上流へ拡大したことが確認された．アユに関しては，前述のとおり平成 30 年度に上流への分布拡大がみられたものの，その後は魚道改良整備が進んでも分布拡大はほとんどみられなかった．これは，魚道機能だけでなく，河川水温も制約要因として考えられることから，平成 30 年度からは河川水温を連続的に計測している．アユ成長期の最適水温は 20～25℃とされているが，登川では No. 24 床固工から No. 29 床固工までの区間の流水は適温限界となる 20℃程度であり，それより上流の水温は適温より低いことが確認された．このため、魚道を遡上しにくいこととは別の要因により上流には遡上しない可能性が考えられる．



表中の着色部は当該魚種が確認された区間を，★印は当該年度に魚道改良整備が実施されたことを示す。

図 11　登川流路工におけるウグイ，アユの分布状況の経年劣化

7. まとめ

登川では，「平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨」以後，床固工の補強対策と併せて本格的に水路階段式魚道から全断面魚道への改良整備を進めてきた．これまで実施してきた魚類の遡上に関する新たな魚道機能の評価より，中小規模の出水が発生しても遡上不可能と評価された箇所が殆どなく，魚道機能が長期的に保持されていることが確認できた．更に，モニタリング調査により本格的な全断面魚道の整備が進められた後に施工された No. 56+50 床固工で，ウグイやアユの生存個体数の増加がみられたことや，ウグイに関しては，平成 28 年度から平成 29 年度にかけて実施した No. 28，No. 27 床固工での魚道改良整備により，更に上流側への分布拡大がみられたことから，全断面魚道の施工によって，河川の横断方向全面が魚道として機能することで，様々な流況に応じた多様な遡上経路が確保されたと考えることができる．そのことから，全断面魚道の施工により，河川の連続性の回復及び魚類生息状況の一定の回復がみられたものと考えられ，全段面魚道は，魚類の遡上や生息範囲の拡大に，より効果のある魚道であると考えられる。今回のように，魚道改修によって具体的に魚類の生息状況の改善が確認された事例は少なく登川路工における全断面魚道の機能状況は，今後，同様の渓流において魚道の整備を進める上で，重要な知見となるだろう．

参考文献

1) (株)建設環境研究所：平成 24 年度　魚道調査業務報告書

2) (株)建設環境研究所：令和 3 年度湯沢砂防事務所環境調査業務　報告書

3) 建設省河川局治水課（1993）：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），p. 1-20

4)国土交通省河川局（2005）：魚がのぼりやすい川づくりの手引き，p29-30，p. 53