

既設魚道の改善方針について

Improvement method for existing fishways

岐阜分室 主任研究員 浅野 智仁

岐阜分室 室長 大竹 良昌

揖斐川水系の根尾川では、平成5年度から平成15年度に実施した「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業」により、流域の河川横断施設に魚道が設置され、遡上環境が改善されてきた。

本稿は、改善の必要性が高い既設魚道の中で堰直下への迷入が確認されている「根尾川第2床固工」に対し、魚道改善方針の検討を行ったものである。

なお、改善対策案の比較検討において、アユの遡上期間における魚道が機能する期間のカバー率を指標とすることにより、効率的かつ経済性が高い対策案を選定した。

キーワード：魚道改善、河川横断施設、遡上環境、魚道機能期間、パノラマ式魚道

The upstream migration environment for migratory fish in the Neo River, a branch of the Ibi River, has been improved as a result of fishway installation on the river-crossing structures in the river basin under the “Model Projects for the Creation of Rivers Friendly to Anadromous Fish” implemented from 1993 to 2003.

The purpose of this study is to propose an improvement policy for the Neo River Groundsill No. 2, which is one of the existing fishways in urgent need of improvement and which has at times failed to properly guide fish in the area immediately downstream of the weir.

To select efficient and economically superior improvement measures in comparing improvement alternatives, an index covering the fishway operation period in the upstream migration period of sweetfish has been used.

Keywords : fishway improvement, river-crossing structure, upstream migration environment, fishway operation period, panoramic-entrance fishways

1. はじめに

揖斐川の一次支川である根尾川では、平成5～15年度に実施された「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業」より河川横断施設に魚道が設置され、遡上環境が改善されてきた。

本研究は、改善の必要性が高い「根尾川第2床固工」(以下第2床固工という)の改善基本方針の立案に際し、アユの遡上期間における改善後の魚道の機能効率期間のカバー率を指標とし、効率的かつ経済的な工法案の選定を行ったものである。

2. 遡上環境の現状と条件整理

2-1 河道特性

根尾川は、揖斐川(幹川流路延長121km、流域面積1,840km²)の左支川で47.0km付近で合流する一級河川である。

第2床固工は合流点から4.6km上流に位置し、河床勾配は1/400程度の急勾配で、河道平面形状は、床固工上流でやや左岸側に低水路が湾曲している状況にある。滯筋は左岸から右岸に変遷する遷移区間と考えられ、過去の航空写真からも、床固工付近の滯筋は中央部にほぼ固定されている。



写真-1 第2床固工付近の河道形状と滯筋 (H4)

2-2 流況

第2床固工地点におけるアユの遡上期(3～7月の5ヶ月間)の換算流況は、表-1のとおりである。また、根尾川の月別流況結果から、アユの遡上期は年間平均流量に対して1.35倍の流況となっている。(根尾川山口で年間平均流量35.42m³/s、遡上期平均流量47.76m³/s表-4参照)

表-1 第2床固工地点の換算流況

単位: (m ³ /s)			
豊水流量	平水流量	低水流量	渇水流量
32.47	12.24	9.00	6.04

2-3 対象魚種

揖斐川・根尾川では、モデル事業において設計対象魚種及び効果確認魚種として遊泳魚と底生魚を併せて代表魚種12種を選定している。

表-2 揖斐川・根尾川代表魚種12種

		魚種名	遊泳形態
河川内を移動する魚	回遊魚	アユ	遊泳魚
		ウナギ	底生魚
		ヌマチチブ	底生魚
	淡水魚	ヨシノボリ属	底生魚
		カジカ(小卵型)	底生魚
		ウグイ	遊泳魚
溪流魚	オイカワ	遊泳魚	
	イワナ	遊泳魚	
	カジカ(大卵型)	底生魚	
地域特性のある魚	サツキマス	遊泳魚	
	アマゴ	遊泳魚	
	カマツカ	底生魚	
	アジメドジョウ	底生魚	

今回第2床固工魚道の検討にあたっては、設計対象魚種を基本に、学識経験者の意見も踏まえ、以下の理由からアユを対象魚として検討を行った。

- ・アユ以外の魚類の遊泳力の知見が乏しい。
 - ・アユは遊泳力の大きな魚種ではあるが、遡上期のアユは体長が小さく遊泳力も乏しいため、遡上期の稚アユを対象魚とすることで、河川に生息するかなりの範囲の魚類をカバーできると考えられる。
- アユの遊泳特性を表-3に示す。

表-3 設計対象魚種(アユ)

魚種名	遊泳形態	生息場所		巡航速度 (cm/s)	突進速度 (cm/s)	体長 (cm)
		中・上流	溪流			
アユ	遊泳魚	○		40	120	7-8

3. 魚道改善基本方針

3-1 地元ヒアリング結果による課題

第2床固工に関して地元漁協のヒアリングを実施した結果、以下のとおり課題が指摘された。

- ・アユは左岸側パノラマ式魚道を遡上し、カニ・ウナギは右岸側階段式魚道を利用する。
- ・左岸側パノラマ式魚道は、渇水時に流量が減少し、魚道に十分な水量が確保できないため、機能しない期間がある。

3-2 現状の魚道特性

第2床固工の現状の特性は以下のとおりである。

- ・本体工天端と水叩きとの落差が大きく(H=1.77m)アユは遡上出来ない。
- ・中央右岸側の階段式魚道の入口では、魚道が見つけやすくなるよう水叩き部先端に魚止めとしての2次落差創出のために本体工ブロックを設置し

た。しかし、土砂の堆積により落差が小さくなり、現状ではアユは遡上している。

- ・左岸側のパノラマ式魚道は、突出した右岸側階段式魚道に比べて、本体工地点まで遡上してきた魚を対象に設置されている。
- ・滯筋は概ね床固工の中心部が主流となっている。
- ・床固工天端高には横断方向に傾斜があり、中央部が最も低くなっているが、パノラマ式魚道は斜面の高い位置に設置されている。

3-3 魚道機能に関する課題の整理

上記より課題を整理すると以下のとおりである。

- ・パノラマ式魚道では、床固工の天端が高い部分に設置されており、河川流量が少ない時期において魚の遡上可能な流況とならず、水叩き部に滞留した魚の遡上ができず、機能低下を生じる。
- ・パノラマ式魚道の勾配が急なため、流況の乱れがみられる。(勾配1/5程度)
- ・階段式魚道は流量調節機能がないため、流量変動の影響を受けやすいが、流量が少ない流況においては機能している。
- ・アユは主に左岸側パノラマ式魚道を遡上している。

以上のように課題を整理した結果、第2床固工の魚道改善では、パノラマ式魚道に注目し、流量変化対応が可能で、アユの遡上期における魚道が機能する期間のカバー率が改善される方針を立案する。

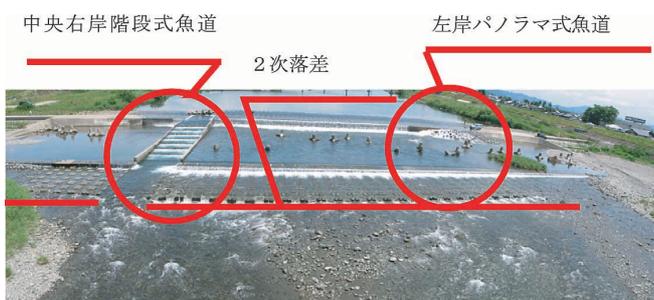


写真-2 第2床固工の全景写真

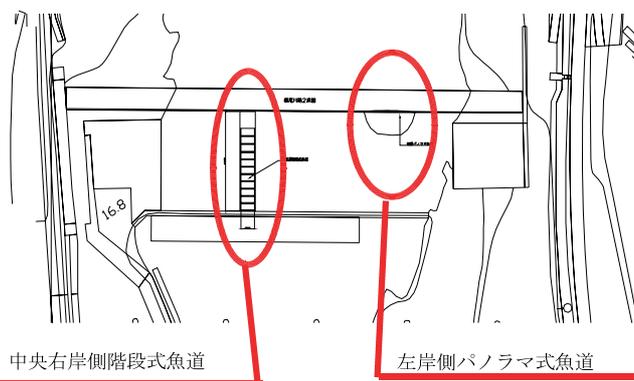


図-1 第2床固工平面図

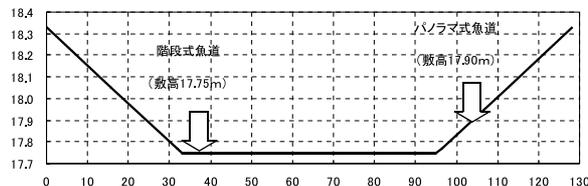


図-2 第2床固工概略横断面図

パノラマ式魚道の流況

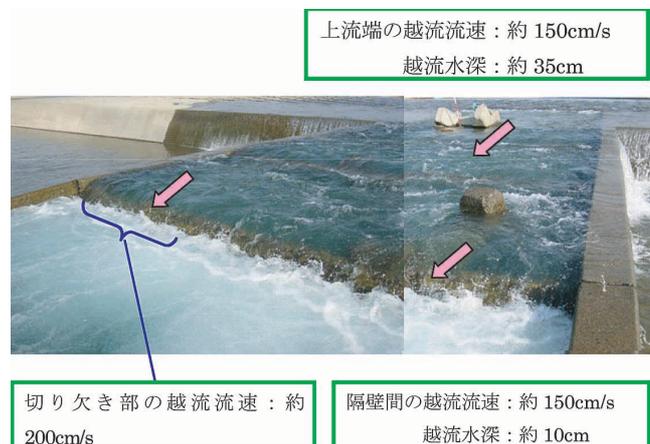
渇水期には流量が減少し、床固工中央のみ越流する状況となり、水深不足により遡上が困難となる。



流量不足

遡上可能流況

写真-3 パノラマ式魚道の流況



上流端の越流流速：約 150cm/s
越流水深：約 35cm

切り欠き部の越流流速：約 200cm/s

隔壁間の越流流速：約 150cm/s
越流水深：約 10cm

写真-4 階段式魚道の流況

3-4 魚道改善方針

(1) 現況魚道機能の評価

第2床固工左岸に設置された魚道について以下の視点で現況評価を行う。

- ・越流水深5cmが確保できること。
(アユの体高の2倍で、越流箇所における限界水深(5cm) 流速70cm/s相当)

- ・魚道内の流速が150cm/s以下であること。
ただし、魚道内の流速については、魚道は一般的に下流に行くにつれ流れが加速し、高流速となることから、平成15年度現地調査時における魚道の出口と入口との流速比を求め、これを魚道出口における限界流速に乗じて算出した。

(階段式魚道1.12、パノラマ式魚道1.22)

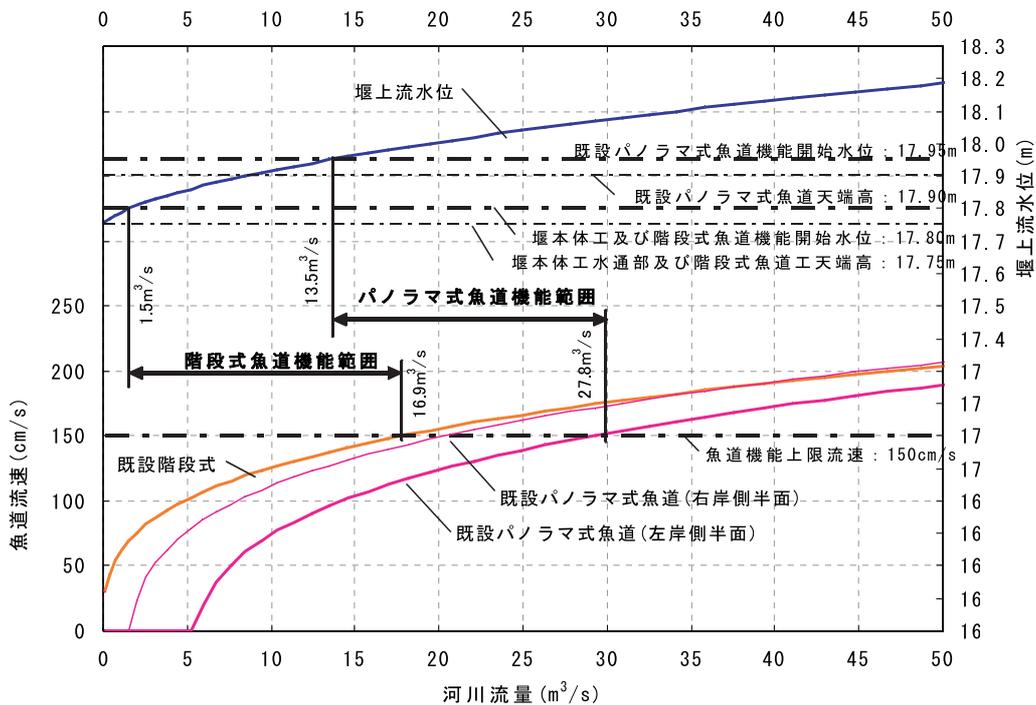


図-3 魚道形式別河川流量－魚道越流水深・流速関係図

表-4 第2床固工の遡上期に換算した流況

	通年流況 (m³/s・1991～2000)			遡上期換算流況 (m³/s・3～7月)			
	基準日数	①山口堰地点	②取水量考慮	基準日数 (遡上期換算)	③山口堰地点 (①×平均流量比)	④取水量考慮 (②×平均流量比)	⑤伏没流量考慮 (④-3m³/s)
豊水流量	95	41.28	26.30	40	55.67	35.47	32.47
平水流量	185	26.34	11.30	78	35.52	15.24	12.24
低水流量	275	18.58	8.90	115	25.06	12.00	9.00
渇水流量	355	11.67	6.70	149	15.74	9.04	6.04
最低流量	365	8.38	0.00	153	11.30	0.00	0.00
平均流量	365	35.42	-	153	47.76	-	-

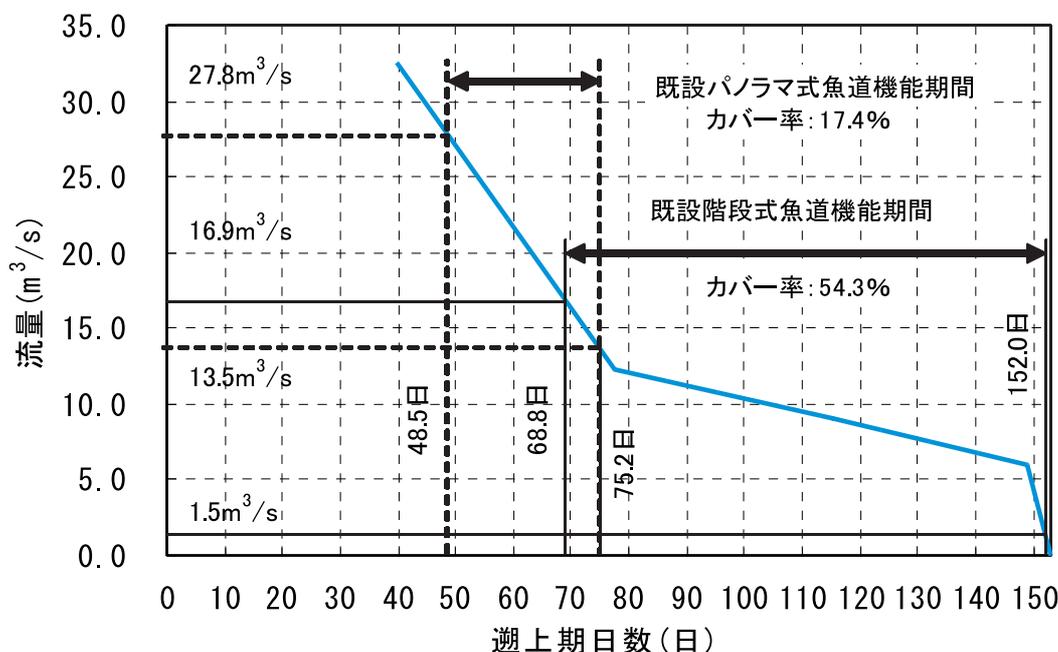


図-4 河川流量－魚道別機能期間関係図

以上の条件を基に、魚道形式別の河川流量に対する越流水深と魚道流速を求めると図-3のとおりとなる。(上段のグラフは越流水位、下段は魚道流速と河川流量のの関係を示している。)

- ・魚道が機能する区間（越流水深5cm確保～流速150cm/s以下）において、階段式魚道では河川流量が1.5～16.9m³/sとなり、機能する河川流量幅は、15.4m³/sとなる。
- ・パノラマ式魚道では、13.5～27.8m³/sとなり、機能する河川流量幅は14.3m³/sとなる。
- ・各魚道で機能する流量レンジが相違しており、階段式魚道が平水流量から低水流量にかけての少流量で機能し、パノラマ式魚道は平水流量以上で機能している。

第2床固工におけるアユの遡上期（3～7月の5ヶ月間）の流況は、通年流況を基に算出した遡上期換算流量（表-4）により想定する。その流況条件で両魚道形式における遡上期の実質的機能期間を求め（図-4）、この実質機能期間と遡上期5ヶ月の比率（カバー率）を魚道改善案を評価する指標とする。

魚道機能期間のカバー率を求めると階段式魚道が54.3%に対し、パノラマ式魚道は17.4%となり、カバー率が低いことが確認された。

表-5 魚道形式別の機能期間比較表

	流量下限値 (越流水深確保)	流量上限値 (流速150cm/s以下)	機能期間 カバー率
階段式魚道	1.5 m ³ /s	16.9 m ³ /s	54.3%
パノラマ式 魚道	13.5 m ³ /s	27.8 m ³ /s	17.4%
合計	1.5 m ³ /s	27.8 m ³ /s	67.6%

(機能期間カバー率：機能期間／対象期間(5ヶ月))

(2) 魚道改善方針

以上の検討結果より、第2床固工においては左岸パノラマ式魚道が少流量時に魚類の遡上が困難となり、遡上期の実質的な機能期間カバー率が17.4%と低いことから、本魚道施設の改善方針については以下の方向で対策案を検討するものとする。

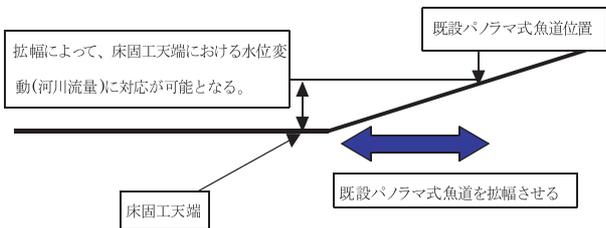
- ・階段式魚道は少流量時で機能しており、改善検討はしない。(3-3参照)
- ・パノラマ式魚道の機能期間カバー率が向上する施設改善を目標とする。なお、階段式魚道本体についてもアユの遡上が比較的難しいことから、階段式魚道の機能期間も包括して遡上検討の期間に入れる。

(3) 対策案の抽出

既設のパノラマ式魚道の改善策として、流量変動に対応させ、機能期間のカバー率が向上可能な改善案として以下に示す3案について比較検討を行う。

表一6 対策案一覧表 (3案)

	切欠き案	拡幅案	新設案
概要	既設パノラマ式魚道の床固工天端を切欠く。	既設パノラマ式魚道を拡幅させる。	既設床固工の天端高が低い箇所パノラマ式魚道の新設する。
流量変動への対応	天端工を切欠くことで、パノラマ式魚道の機能レンジを平水流量以下とし、機能比率を向上させる。	床固工天端のスロープ形状を利用し、拡幅により流量変動に対応する。(図-5参照)	2施設のパノラマ式魚道によって、床固工天端高の相違する施設として流量変動に対応させる。
流況への対応	なし	パノラマ式魚道の勾配を緩傾斜とする。(1/10程度)	新設パノラマ式魚道の勾配を緩傾斜とする。(1/10程度)



図一5 拡幅案参考図

(4) 対策案の比較検討

上記の3案に対して、先に示した指標(機能期間カバー率=機能期間/対象期間(5ヶ月))を基に比較検討を行う。

対策案に対して、河川流量と越流水深及び魚道流速の関係を図にすると図-6のとおりになる。

ここで、拡幅案および新設案の新設魚道を評価する際、魚道縦断勾配の緩勾配化により流況の改善が見込めるため、上記の流速比をやや低減(5%)した値を用いている。

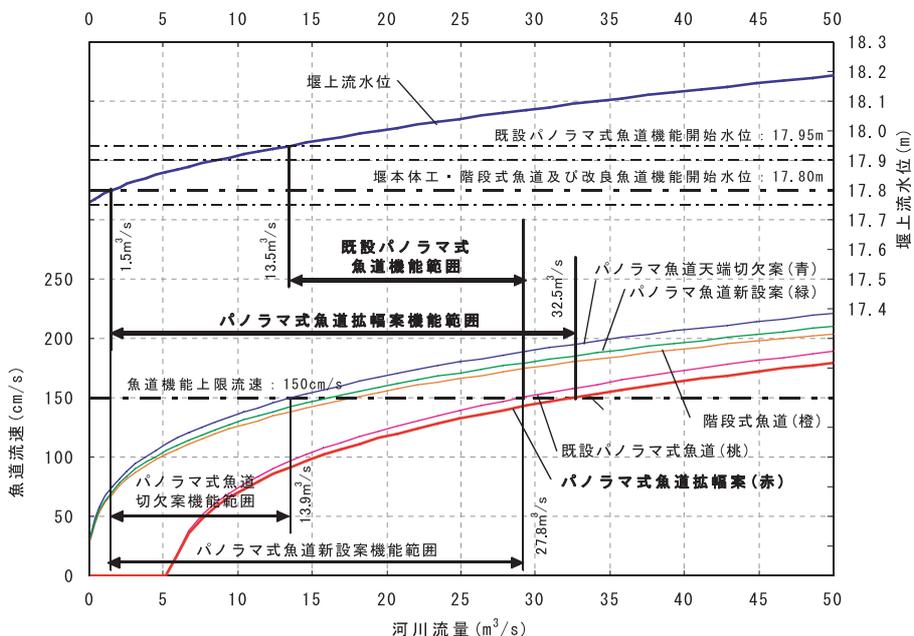
なお、パノラマ式魚道新設案に対しては、新設機能期間に加え、既設機能期間も対象期間となる。

各対策案の機能期間カバー率(機能期間/対象期間(5ヶ月))を算定した結果は、表-7のとおりとなり、拡幅案が78.4%と最も機能期間が長くなり、続いてパノラマ新設案の67.6%となる。

既設魚道に対する改善効果(既設魚道に対する対策案のカバー率向上分)については、拡幅案で61.0%向上し、最も効果が高い結果となった。

表一7 対策案の機能期間カバー率比較表

	流量下限値 (越流水深5cm確保)	流量上限値 (流速150cm/s以下)	機能期間 カバー率	改善効果
既設魚道	13.5 m ³ /s	27.8 m ³ /s	17.4%	—
切欠き案	1.6 m ³ /s	13.9 m ³ /s	50.6%	33.2%
拡幅案	1.5 m ³ /s	32.5 m ³ /s	78.4%	61.0%
新設案	1.5 m ³ /s	27.8 m ³ /s	67.6%	50.2%



図一6 対策案別河川流量一魚道越流水深・流速関係図

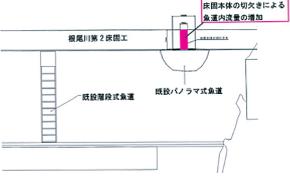
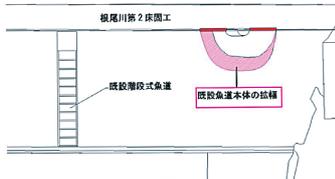
(5) 魚道改善方針の決定

果となった。

以上3対策案を改善効果や経済性の観点から比較検討すると、総合的に拡幅案が最も優れているという結

評価について整理し取りまとめると、表-8の比較表のとおりとなる。

表-8 対策案の比較表

案	対策案-1 本体工天端の切欠き	対策案-2 既設パノラマ式魚道の拡幅	対策案-3 パノラマ式魚道の新設
概要	<ul style="list-style-type: none"> 本体工天端の一部を切欠き、パノラマ式魚道への流入量を増加させる。 	<ul style="list-style-type: none"> 既設パノラマ式魚道を拡幅し、流量変動に対応できるようにする。また、魚道勾配を緩勾配化する。 	<ul style="list-style-type: none"> 既設魚道の間にはパノラマ式魚道を設置。魚道出口の敷高は既設パノラマ式魚道より低く設定し、既設魚道が利用困難となる小流量時に機能するようにする。 
長所	<ul style="list-style-type: none"> 施工が簡易である。 	<ul style="list-style-type: none"> 既存施設を生かした整備であるため、コンクリートボリュームが小さくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 既設パノラマ式魚道と合わせて、豊水～渇水時までの幅広い流量に対応する魚道とすることができる。
短所	<ul style="list-style-type: none"> 魚道への流量を増加させるため、豊水時には流量が大きすぎ、流況が乱れる可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 水叩き工上に設置することになるため、既往施設との取り合わせについて検討する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 水叩き工上に設置することになるため、既往施設との取り合わせについて検討する必要がある。 新規魚道は洪水時の主流部に設置することにより越流落水、転石等によって、損傷を受けやすくなる。 他案に比べ整備が大規模となる。
機能期間	50.6% (33.2%の向上)	78.4% (61.0%の向上)	67.6% (50.2%の向上)
経済性	3,000千円	21,000千円	30,000千円
費用対効果	90千円 機能期間カバー率を1%向上させるに必要となる金額	340千円 機能期間カバー率を1%向上させるに必要となる金額	600千円 機能期間カバー率を1%向上させるに必要となる金額
備考	パノラマ式魚道は両袖部に越流落水が当たらないよう、本体工の一部かさ上げを行うことが望ましい。	既設魚道と一体化するよう、施工時に配慮が必要である。	越流落水、転石等により石が欠落することのないよう、配慮が必要である。また、パノラマ式魚道は両袖部に越流落水が当たらないよう、本体工の一部かさ上げを行うことが望ましい。
総合評価	費用対効果・経済性において最も優れているが、改善効果としては機能期間比率が33.2%向上と十分な効果が得られないものと考えられる。	施設の改善効果が最も高く（機能期間比率61.0%の向上）、かつ費用対効果が対策案-3に対して大きく、経済性に優れている。	施設の改善効果（機能期間比率50.2%の向上）、費用対効果において有望案となる対策案-2に対し低い。
	△	◎	○

(6) 学識経験者からの意見

また、学識経験者からも以下のご指導を受けた。

1) 魚道本体部

- ・魚道改善は、左岸パノラマ魚道の拡幅案とし、階段式形式を基本とする。
- ・改修魚道は既設魚道より緩勾配とし、流況の安定化を図る。縦断勾配を1/10程度とする。
- ・魚道内の礎石は越流部と非越流部を設け、水収支に配慮した配置とする。越流部については水深が5cm～20cmの範囲を確保する。
- ・魚道出口両脇に高さ30cm程度の隔壁を設け、本体内下端に沿って遡上する魚類上に越流する水が落ち込まないようにする。

2) 魚道一般部

- ・魚道内の水深は、魚道機能が見込まれる最低流量時でも隔壁遡上時に跳躍できるよう、最低限10cmを確保する。
- ・魚道最上流部の出口隔壁は床固工天端高と同じ高さとし、出口流況を安定させる。

3) 越流部

- ・越流部は千鳥配置を原則し、整流の機能も持たせる。

4) 粗石部（隔壁部）

- ・粗石は出水時に剥がれないよう、径の1/2以上はコンクリート内に埋め込む。
- ・隔壁部には粗石を使用し、石が小さい場合には、コンクリートで土台を設けて石を設置する。
- ・流量調整も可能であることから、粗石隙間を天端高を揃えるような間詰は必要ない。

6. おわりに

「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業」が進められ、魚道に関する多くの知見や新しい技術、工夫の積み重ねがなされ、昨年度末に国土交通省において魚道に関する手引き書がまとめられたことにより、今後ますます効率的かつ経済的な魚道整備が促進され、遡上環境が向上するものと期待される。

本研究では、魚道の改善の一つの事例として新設も含め既設魚道の改築による対策案を検討し、遡上期の機能期間カバー率の向上という定量的な評価指標により採用案を検討した手法を紹介したものである。

魚道改善の基本方針を決める際には、新設魚道の設置案の検討に偏ることなく、既設魚道を工夫し改善することで効率的かつ経済的な対応が可能なケースもあることから、対策案については幅広く検討していく必要がある。

最後に、本研究の作成にあたり国土交通省木曾川上流河川事務所及び岐阜大学名誉教授（水辺共生体験館技術顧問）の和田先生からの多大なご支援ご協力に対して、深く感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 木曾川上流河川事務所：平成15年度揖斐川魚にやさしい川づくり効果検討業務、p2-12- 2-13、2004
- 2) (財)ダム水源地環境整備センター編：魚道設計、p197、1995
- 3) 河川局治水課：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）、p4、1993
- 4) 中村俊六：魚道のはなし、山海堂、p187、1995