

# 大河津分水路新第二床固に新設される魚道について

## ～検討状況の報告～

### The Fishway to be Built in the New Second Groundsill in Ohkouzu Diversion Channel Status Report

河川・海岸グループ 研 究 員 小峯健太郎  
河川・海岸グループ グループ長 坂之井和之  
河川・海岸グループ 研 究 員 阿部 充  
生態系グループ グループ長 中村 徹立  
生態系グループ 研 究 員 寺尾 貴志

大河津分水路は通水以来、幾多の洪水を日本海へと流し、信濃川下流域の洪水を軽減し、越後平野の発展の基礎となってきた。しかし、上流に比べ河口部の川幅が狭いため流下能力が不足しており、床留群周辺での経年的な深掘による河床安定性の低下や施設の老朽化等さまざまな課題を有している。

これらの課題の抜本的対策として、河口部の拡幅、現第二床固の改築等の分水路改修事業が2015年より着手されている。

本稿は、現在実施されている大河津分水路改修事業のうち、学識経験者、有識者等で構成される「大河津分水路新第二床固魚道検討委員会」の指導の下、検討を進めている新第二床固に新設される魚道の検討状況について報告する。

**キーワード：大河津分水路、床固、魚道、水理模型実験**

Ohkouzu Diversion Channel, since it was built, numerous floods were flown down through in it out to the Sea of Japan, thereby reducing the impact of the floods in the lower reaches of Shinano river and helped support the foundation for the development of Echigo plain. However, the mouth of the river is narrow as compared with that of the upper river and therefore flow capacity is less than desired, leading to the channel having various issues because of the reduced stability in the river bed due to deeply dug bottom as well as the old facilities.

Drastic measures to solve these issues were started in 2015, an improvement on Diversion Channel to widen the river mouth and to rebuild the current second groundsill.

This paper updates the status of consideration on the fishway newly built in the new second groundsill in the Ohkouzu Diversion Channel currently being implemented.

**Keywords: Ohkouzu Diversion Channel, groundsill, fishway, hydrological model experiment**

## 1. はじめに

大河津分水路は、1907年に着手し、1922年に開削された延長約10kmの放水路である。その後、自在堰(旧可動堰に該当する)陥没に伴い、現第二床固工の設置などの補修工事が行なわれ、1931年に竣工した。

大河津分水路区間の現況流下能力は、河口部で8,500m<sup>3</sup>/s程度、上流部で9,000~10,000m<sup>3</sup>/s程度と下流ほど流下能力が小さく、整備計画目標流量9,800m<sup>3</sup>/s)に対し流下能力が不足している。

これは、河口山地部が狭窄部となっており、信濃川区間への水位のせき上げが要因である(図-1参照)。

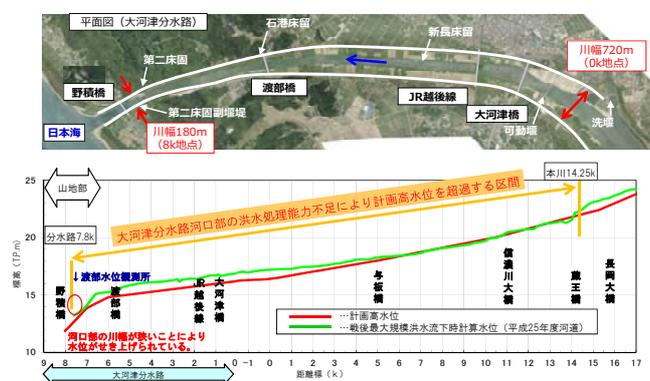


図-1 戦後最大規模洪水流下時の水位縦断面

そのため、分水路改修事業では河口部の山地掘削により川幅を拡げ、河積の確保を行なうこととなっている。

この事業に伴い新たに設置される新第二床固魚道は、越流落差が5mと大きく、水位調整機能を持たない床固に設置される魚道である。

なお、工事施工中も現状の魚道機能を確保しながら工事を実施していく必要があることから、新第二床固魚道の計画立案及び構造設計にあたり、魚道の機能が十分発揮されるよう学識経験者、有識者等で構成される「大河津分水路新第二床固魚道検討委員会」(以下「魚道検討委員会」と言う)の指導の下、検討を進めている。

本稿は、机上検討により設定した魚道の基本諸元の考え方、模型実験による確認状況について報告する。

## 2. 机上検討による魚道の基本諸元の設定

模型実験による魚道諸元の妥当性の確認に先立ち、机上検討により魚道の基本諸元を設定した。

検討にあたっては、現地の状況等から留意点を整理した後、既往の論文、事例等をもとに、魚道の基本諸元を設定した。

### 2-1 検討にあたっての留意点

新第二床固の魚道計画検討にあたっては、次に示す点について留意する必要がある。

#### (1) 魚道設置位置

現在の第二床固の魚道は左岸側にのみ設置されており、右岸側には設置されていない。

これより、魚類の遡上経路に配慮した位置に設置する必要がある(図-2参照)。

#### (2) 魚道下流端位置

現在の第二床固の魚道入口は床固の下流に突出しており、遡上魚が魚道入口を発見できずに床固直下に滞留している可能性がある。これより、遡上魚が魚道入口を発見しやすい位置に設置する必要がある(図-2参照)。



図-2 現在の第二床固魚道の位置

#### (3) 魚道形式

現在の魚道は階段式魚道1種のみであり、幅広い魚種が遡上できる魚道形式を選定・配置する必要がある。

#### (4) 設計対象河川流量の設定

新第二床固は流量調節施設を持たない施設となることから、流量変動幅は、ゲート形式の堰に付帯する魚道に比べ大きくなる。これより、流量変動を考慮した、設計対象河川流量を設定する必要がある。

#### (5) 下流河道の水深と遡上・降下魚への影響

新第二床固は越流落差が5mと大きく、床固下流部の水深は4mと深い。これより、底生魚の遡上や、新第二床固工からの越流落下による降下魚への影響について検討する必要がある(図-3参照)。

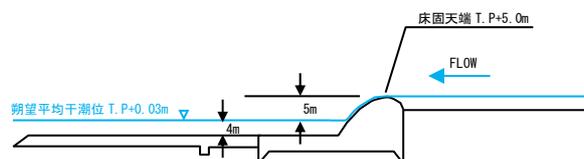


図-3 床固下流部の状況(イメージ図)

## 2-2 魚道位置の設定

魚道を設置する位置は、魚類の遡上経路に合わせることを基本とし、信濃川の他魚道の配置事例や<sup>1)</sup>既往の文献を踏まえ設定する。

信濃川の既設横断工作物の魚道は、左右両岸に設けられている事例が多い(表-1参照)。また、既往の文献では遡上力の弱い小型魚類は岸沿いの緩流域を遡上することが多いとされている。

通常、魚道は岸沿いに設置することが望ましいとされていることから、新第二床固魚道においても両岸に魚道を設置する。

表-1 信濃川における魚道の設置状況

河川名	施設名称	魚道位置	
		左岸	右岸
大河津分水路	(新)第二床固	○	○
	(現)第二床固本堰堤	○	×
	(現)第二床固副堰堤	○	×
	大河津可動堰	○	○
信濃川	大河津洗堰	○	○
	妙見堰	○	○
	宮中取水ダム	×	○
	西大滝ダム	×	○

## 2-3 魚道下流端位置の設定

魚道の下流端位置は、遡上魚の滞留を防ぐためセットバック式を基本とする(図-4参照)。

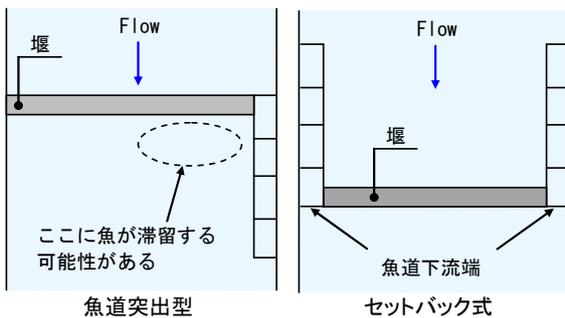


図-4 <sup>1)</sup>魚道の平面系タイプ

## 2-4 魚道形式の選定

魚道形式の選定にあたっては、魚道設計条件を与えるための代表魚種を先に選定する必要がある。

そのため、既往の調査結果等から代表魚種(設計検証魚種)を設定した後、魚道形式を選定する。

### (1) 設計検証魚種の選定

魚道形式を選定するにあたり、大河津分水路で生息する魚種から魚道設計条件を与えるための代表魚種(設計検証魚種)を選定する。具体には、生息魚種から順に絞込みを行う(図-5参照)。

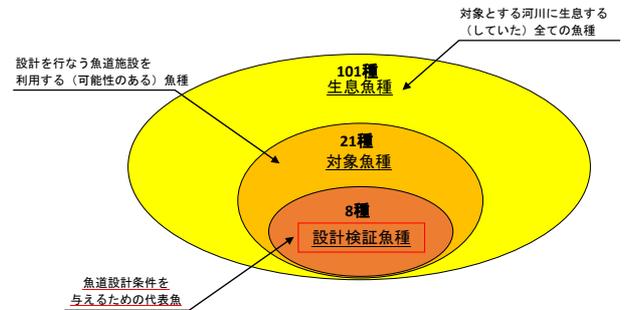


図-5 魚種の選定・考え方

既往調査で確認された大河津分水路に生息している生息魚種(101種)の中から、次の①と②を条件に、魚道を利用する(可能性のある)対象魚種(21種)を選定する。

- ① 海と川とを行き来する魚介類  
⇒回遊性の魚種  
(遡河回遊、降河回遊、両側回遊)  
⇒広塩性魚
- ② 天然分布種⇒外来種、移入種以外の種

対象魚種21種の中から「信濃川魚のがのぼりやすい川づくり技術レポート」で設定された「設計検証魚種の選定基準」に基づき、遊泳形態、遊泳速度の各区分から代表魚種を1種以上選定し、8種を設計検証魚種として選定する(表-2参照)。

### 【設計検証魚種の選定基準】

- ① 遊泳型、遊泳速度(体長)：各区分から1種以上を選定
- ② 回遊性：回遊魚の中から選定
- ③ 水産：水産価値の高い魚種
- ④ 調査：魚道の設計実績資料のある種
- ⑤ 持続性：底生魚で吸盤を持たず、遡上期に体長が小さい魚種
- ⑥ 重要種：レッドリスト記載種(環境省、新潟県)
- ⑦ 緊急性：生態的特性から遡上時に緊急性を要する魚種

表－２ 設計検証魚種の選定結果（対象魚種21種の中から選定）

No.	種名	①		②	③	④	⑤	⑥		⑦	新第二床固魚道の設計検証魚種
		遊泳形態	遊泳速度	回遊性	水産	調査	持続性	重要種		緊急性	
								環境省RL	新潟県RL		
1	サケ	遊泳	大	遡河回遊	○	○	-			○	○
2	サクラマス			遡河回遊	○	○	-	準絶滅	準絶滅		○
3	ウケクチウグイ			純淡水			-	危惧 I B	準絶滅		○
4	ウグイ			広塩性	○	○	-				○
5	アユ		小	両側回遊	○	○	-				○
6	ワカサギ			遡河回遊	○		-		準絶滅		
7	ニホンイトヨ			遡河回遊			-	地域	危惧 I		○
8	カワヤツメ	底生		大	遡河回遊				危惧 I I	危惧 I I	
9	ニホンウナギ		降河回遊		○	○		危惧 I B	危惧 I I		○
10	カマキリ		両側回遊			○	○	危惧 I I	準絶滅		
11	カジカ中卵型		両側回遊		○	○	○	危惧 I B	準絶滅		○
12	ウツセミカジカ（回遊型）		両側回遊				○	危惧 I B	準絶滅		
13	スミウキゴリ		両側回遊								
14	ウキゴリ		両側回遊								
15	オオヨシノボリ		両側回遊								
16	トウヨシノボリ（縞鱒型）		両側回遊								
17	トウヨシノボリ（型不明）		両側回遊								
18	ヌマチチブ		両側回遊			○					
19	チチブ		両側回遊							地域	
20	シロウオ		遡河回遊						危惧 I I		
21	ミミズハゼ	両側回遊									

□：設計検証魚種

(2) 魚道形式の選定

現在の第二床固は階段式魚道1種類が設置されており、流況によっては遊泳力の弱い小型遊泳魚、底生魚の遡上が困難な状況も想定される。これより、新第二床固魚道には、遡上させる魚種や流況に応じた複数タイプの魚道が必要である。

前述の設計検証魚種の設定結果及び、新第二床固が水位調節機能を持たない施設になることを踏まえ、対象とする魚種毎に、水位変動に強いとされている以下の魚道形式を選定する。

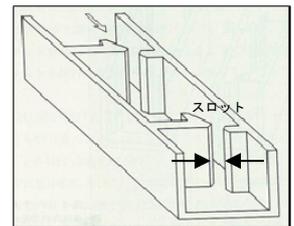
- ①バーチカルスロット式魚道  
⇒遊泳力が相対的に強い魚種用  
(サケ等の大型魚用)
- ②アイスハーバー型魚道  
⇒遊泳力が相対的に中間の魚種用  
(アユ等の小型魚用)
- ③緩傾斜隔壁式魚道  
⇒遊泳力が相対的に弱い魚種用  
(イトヨ等の小型魚・底生魚用)

主な、選定理由を以下に示す。

a) バーチカルスロット式魚道の選定理由

水位変化に強いことが最大の特徴と言われている魚道形式である（プール間の水位差で魚道内の流速が決まるため、上流側で水位変動が生じても魚道内の流況はほとんど変化しないとされる）。

また、サケ用に開発された魚道であり、国内では大型の遊泳魚用として適用事例が多い魚道形式である。

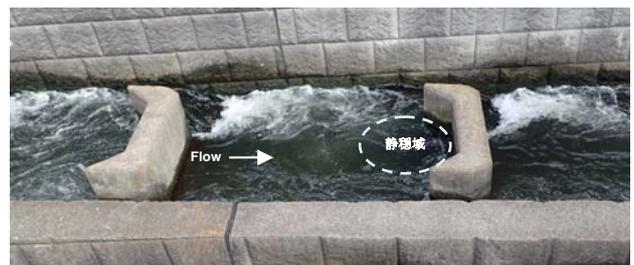


図－6 2) 3) バーチカルスロット式魚道

b) アイスハーバー型魚道の選定理由

左右隔壁の高さを変えることで、魚種に応じた水深と流速を設定可能である。また、流量変動がある場合でも、潜孔からの流れが落下流状態を保持し、流れが安定する。

隔壁中央部に非越流部と上流側に障壁を設けることで、プール内の流況が安定し、魚の休息場となる静穏域が形成される。



図－7 アイスハーバー型魚道  
(多摩川、二ヶ領宿河原堰)

c) 緩傾斜隔壁式魚道の選定理由

隔壁が横断方向に傾斜しており、越流水深が魚道横断方向に変化する。そのため、多様な流速、水深が形成される。

また、隔壁は下流に向けても斜面になっており、底生魚等の遡上に配慮されている。

緩傾斜隔壁式魚道が設置されている、大河津可動堰及び洗堰魚道では、小型魚、底生魚及びモクズガニ等甲殻類の遡上が確認されている。

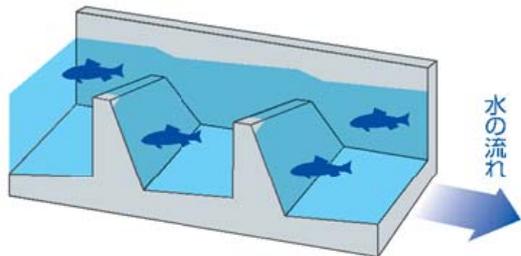


図-8 緩傾斜隔壁式魚道イメージ図(大河津可動堰)

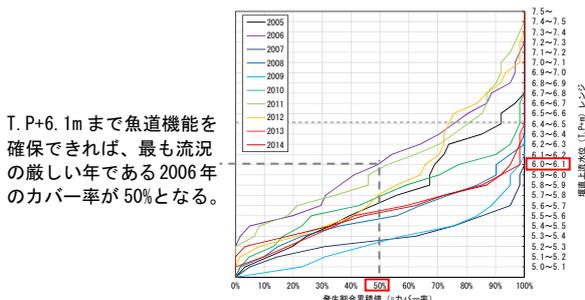
2-5 設計対象河川流量の設定

選定した魚道形式別に、設計対象とする河川流量を設定する。設定は「魚道の設計(廣瀬・中村1991)」の考え方「対象魚種の遡上期および降下期の平均的な流量・最小流量」を基本とする。ただし、信濃川では融雪期に遡上する魚種(稚アユ等)もいることから、融雪期に相当する流量を設計対象河川流量として考慮する。

なお、降下魚の降下経路は、堰堤を越流落下する経路と考えられること、堰堤越流落下時の衝撃は小さい(詳細は後述する)ことから、遡上期のみを対象とした。

具体には、魚道形式毎に主対象としている魚種の遡上期における最小流量から融雪期相当流量までを設計対象河川流量とした。

融雪期相当流量の設定については、融雪期における実績の流量を対象に、最も流況が厳しい年(流量の多い年)においても魚道が機能する範囲(カバー率)が50%となる流量(750m<sup>3</sup>/s≒堰堤上流水位T.P+6.1m)を設定する。なお、カバー率は検討上の目安であることに注意されたい。実際はカバー率以上に機能することも想定される。



T.P+6.1m まで魚道機能を確保できれば、最も流況の厳しい年である2006年のカバー率が50%となる。

過去10年間の渡部観測所の流量をもとに算定した、二床改築後の堰直上流水位の年間の発生割合(稚アユ遡上期を対象に整理した例)

図-9 カバー率の考え方

これらの流量をもとに隔壁部の詳細諸元を設定することにより、流量変動への対応に加え、各魚道で主対象とする魚種が遡上し易くなる環境が形成されると考えられる。

2-6 下流河道の水深と降下魚への影響

(1) 底生魚等への配慮

底生魚の移動(遊泳)は、小刻みに川底から10cm程度の高さを飛び跳ねるように着底を繰り返し移動するタイプであり、遊泳魚のように水中の様々な高さを自在に泳ぐ形態ではない。これより、魚道入口と河床の間に10cm以上の垂直落差が生じると、底生魚が魚道へ到達しにくくなると懸念される。

新第二床固の水叩き部はT.P.-4.0m程度となることから、魚道入口敷高との間には3m程度の垂直落差が生じる。そのため、底生魚の遡上へ配慮した魚道入口及び出口の縦断形状として、魚道上下流端にすり付け部を設定する。

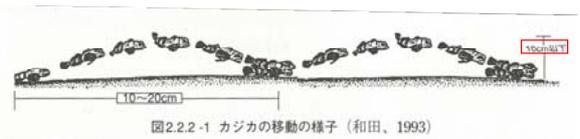


図2.2.2-1 カジカの移動の様子(和田, 1993)

図-10 4) 底生魚(カジカ)の遊泳特性

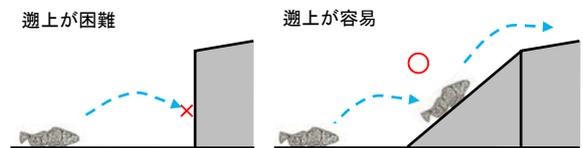


図-11 底生魚等の遡上とすり付け部の関係

(2) すり付け形状の設定

魚道上下流端のすり付け部の形状は、勾配によっては魚道延長が長くなり、工費が増大する。そのため、<sup>5)</sup>既往の文献や他魚道の事例を参考に、底生魚の遡上に必要な勾配を1:2に設定し、極力延長を短くする(図-12参照)。

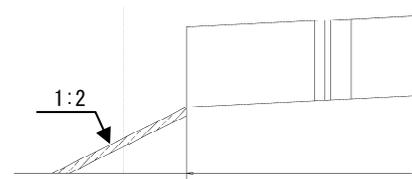


図-12 魚道入口部の縦断形状

(3) 降下魚への影響

新第二床固を通過する降下魚は、そのほとんどが新第二床固天端を越流落下する経路を通るものと考えられる。

新第二床固工から降下魚が越流落下する際、落下時の衝撃はウォータークッション（床固下流の水深）により緩和され、降下魚への影響は小さいと考えられる（図-13参照）。また、新第二床固は標準越流形状となり、垂直落下でなく滑らかに滑り落ちていくことも、降下魚への衝撃が小さい理由として挙げられる。

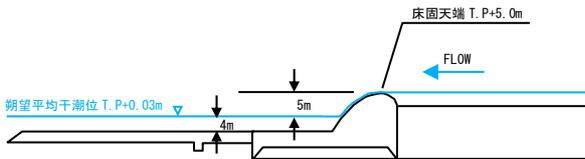


図-13 床固下流部の状況

2-7 机上検討による魚道の横断・平面形

前述の設定結果を踏まえた、新第二床固魚道の横断・平面形状を以下に示す。

なお、これらの図面は検討途中のものであり、最終的な確定案ではないことに注意されたい。

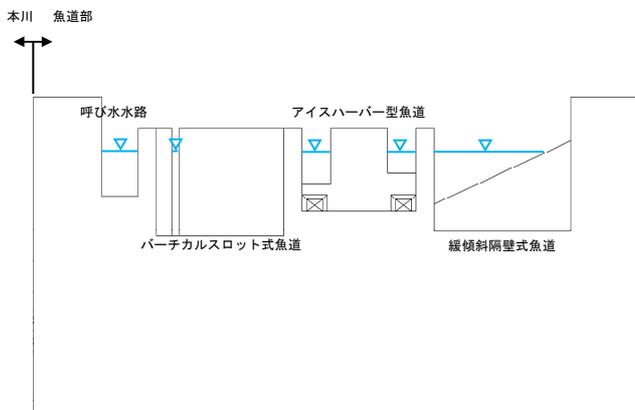
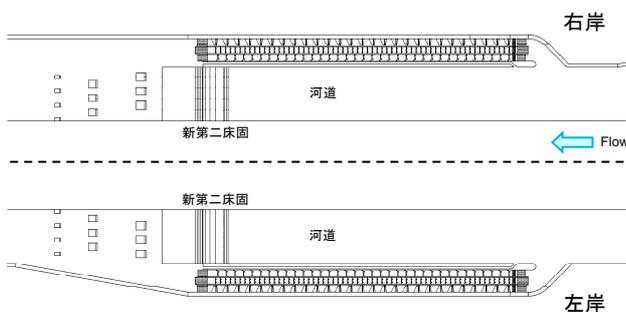


図-14 新第二床固魚道横断図（机上検討結果）



※河道中央部分は省略して記載

図-15 新第二床固魚道平面図（机上検討結果）

3. 模型実験による魚道諸元の妥当性の確認

机上検討で設定した魚道の基本諸元は、現地条件、既往事例、最新の知見等をもとに設定していることから、設計対象流量流下時の流況等の把握ができていない。

そのため、水理模型実験により、魚道部分のみの流況、魚道本体構造、新第二床固本体との関係性等を把握し、魚道諸元・形状の妥当性を確認する。

水理模型実験は、全体模型実験（S=1/10）と部分抽出模型実験（S=1/5）の2種類を用いる。全体模型実験では、魚道入口部や減勢工、堰堤下流の状況を確認し、部分抽出模型実験では、各魚道タイプの隔壁形状の最終案の設定を行う。

図-16に模型実験実施フローを示す。

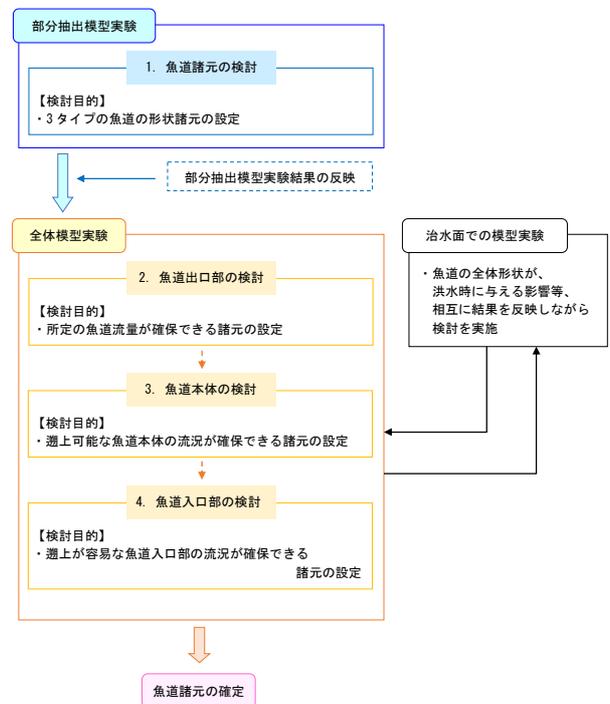


図-16 模型実験実施フロー

なお、現時点においては、抽出模型実験の実施が完了し、全体模型実験については検討途中である。

そのため、これ以降は抽出模型実験のみについて記載する。

### 3-1 抽出模型実験

#### (1) 実験目的

魚道全体模型 (S=1/10) より大きい模型縮尺で再現した抽出模型を用いて、各魚道タイプの本体内に形成される詳細な流況 (流速分布等) を調査し、妥当性を確認した上で最終諸元の設定を行うことを目的とする。

#### (2) 検討フロー

抽出模型実験は、机上検討で設定した原案をもとに、下記フローのもと実施する。

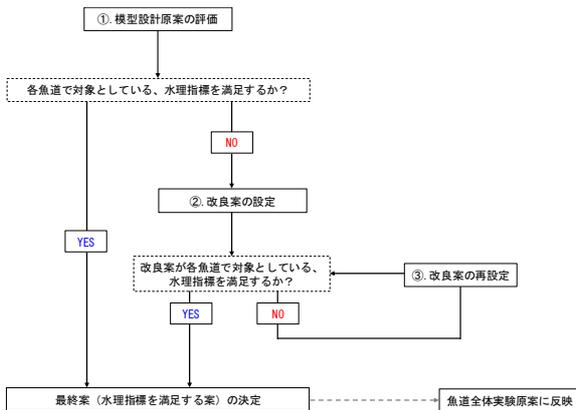


図-17 抽出模型実験実施フロー

#### (3) 実験模型

##### a) 模型の再現範囲

抽出模型の再現範囲は、模型上流端、下流端で形成する実験上の境界条件の影響を受けない区間を再現する必要がある。

これより、隔壁部を5枚再現し、中央部分を計測する。

##### b) 模型の相似

模型の相似は、現地と模型のフルード数 (運動エネルギーと位置エネルギーの比率) を合致させる、フルード相似則に従うものとする。

#### (4) 評価の視点

抽出模型実験にあたり、以下に示す観点を評価の視点とした。表-3に魚道毎の水理指標を示す。

- ① 対象魚の水理量 (遡上に最低限必要な水深、遡上可能な流速の上限値) を確保できているか。
- ② 対象魚が、遡上時に定位・休息できる空間が確保できているか。

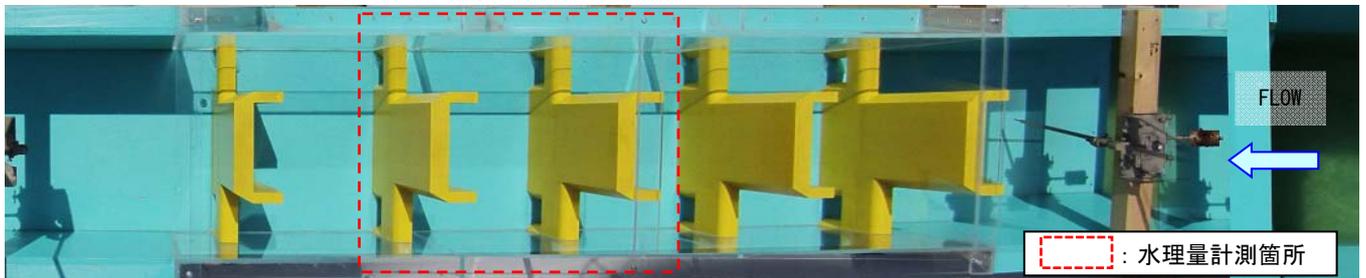


図-18 作成した抽出模型の一例 (アイスハーバー型魚道)

表-3 魚道毎の水理指標

魚道形式	対象魚種	遡上に最低限必要な水深	遡上可能な流速の上限値 (突進速度)	休息可能な流速の上限値 (巡航速度)	設定根拠
パーチカルスロット式	サケ等の大型遊泳魚	0.90m以上 <sup>※1</sup>	3.0m/s以下	0.90m/s以下	水深: サクラマス 流速: ウグイ
アイスハーバー型	アユ等の小型遊泳魚	0.10m以上	1.5m/s以下 <sup>※2</sup>	0.75m/s以下 <sup>※2</sup>	水深・流速: アユ
緩傾斜隔壁式	イトヨ等の小型魚 底生魚	0.20m以上	1.0m/s以下 <sup>※3</sup> (参考値)	0.20~0.60m/s <sup>※3</sup> (参考値)	水深: 可動堰、洗堰の実績

※1 「魚道設計参考資料 (案) (基礎知識&ケーススタディ) より 平成9年11月九州地方整備局 P.59」では、パーチカルスロットのプール水深について、以下のように記載されている。

魚類が遡上するためには、アユ・ウグイ等の小魚で60~70cm、サケ・マス等の大型魚で90cm内外とされている。

これより、パーチカルスロット式については、遡上に最低限必要な水深を90cmとする。

※2 アユの突進速度・巡航速度は個体差があるため、体長6.6cmと14.4cmの個体の平均値 (1.5m/s、0.75m/s) を使用する。

※3 可動堰・洗堰では多様な流速が形成されるという観点から、流速の指標は設定されていない。

しかし、本検討ではニホンイトヨの突進速度・巡航速度 (1.0m/s、0.2~0.6m/s) を対象に参考値として使用する。

(5) 抽出模型実験の実施

各魚道を対象に、机上検討で設定した設計対象河川流量をもとに、渇水期相当流量 (8m<sup>3</sup>/s)、平水期相当流量 (330m<sup>3</sup>/s)、融雪期相当流量 (750m<sup>3</sup>/s) を流下させ、遡上経路、定位空間の水理量 (水深と流速) を計測した。

(6) 抽出模型実験結果

対象とした流量流下時における水理量を評価した結果、全ての流量で評価指標を満足したのは、パーチカルスロット式魚道のみであった。一例として、アイスハーバー型魚道の評価結果を図-19に示す。

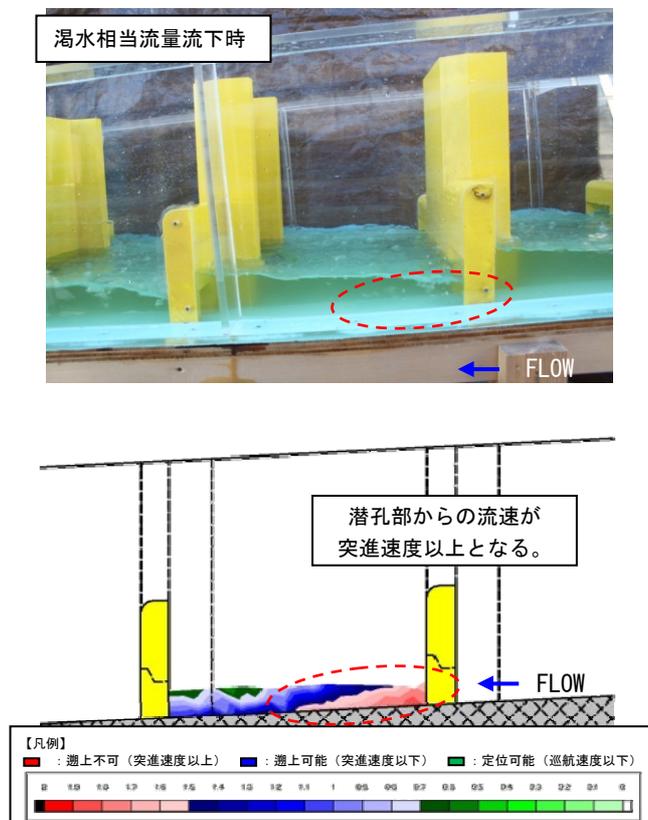


図-19 アイスハーバー型魚道の評価例

これより、パーチカルスロット式魚道については、原案を最終案として設定する。しかし、残りの魚道 2 形式については、原案では水理指標を満足しないため、以下の改良を行った。

アイスハーバー型魚道
⇒流速の低減を目的に床版に粗石を配置
緩傾斜隔壁式魚道
⇒流速の低減を目的に、隔壁、床版に粗石を配置
⇒遡上、定位空間の明確化を図るため、横断方向の傾斜を同一方向に設定

以上の改良を行ったことにより、アイスハーバー型、緩傾斜隔壁式魚道についても、3 流量において水理指標を満足する結果となった。

以下に、魚道隔壁形状の最終案を示す。

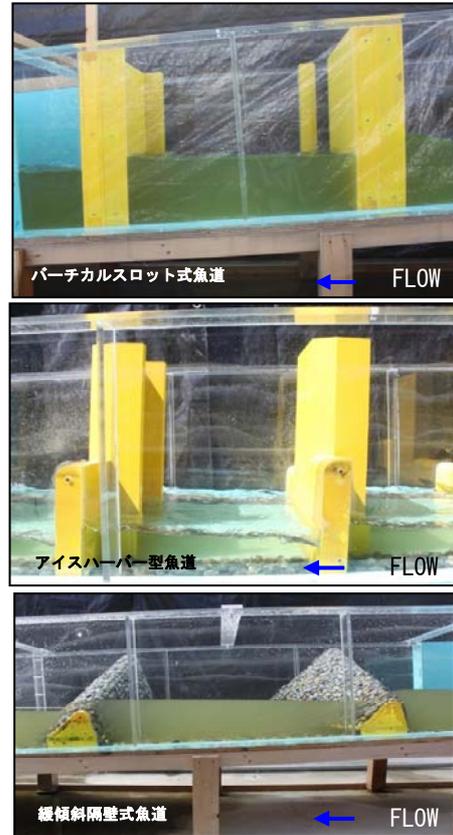


図-20 各魚道隔壁の最終形状

4. おわりに

本稿は、現在も検討中である「大河津分水路新第二床固魚道」の検討状況を取りまとめたものである。

今後、全体模型実験結果を踏まえ、魚道の全体形状が確定する予定となる。

本報告の作成にあたって、ご指導・ご助言をいただいた国土交通省 北陸地方整備局 信濃川河川事務所計画課の方々に深く感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 国土交通省河川局：魚がのぼりやすい川づくりの手引き (2005年3月)
- 2) 和田吉弘 (著) 財団法人ダム水源地環境整備センター (編)：言いたい放題 魚道見聞録, (株)山海堂(2003)
- 3) 中村俊六 (著) 財団法人リバーフロント研究所 (編)：魚道のはなし, (株)山海堂(1995)
- 4) 和田吉弘 (著)：長良川のアユづくり (1993)
- 5) 「水辺の小わざ」プロジェクトチーム：水辺の小わざ