

多摩川に設置したハーフコーン型魚道における溯上効果

EFFECT OF INSTALLATION OF HALF-CONE FISH LADDER IN TAMA RIVER

渡辺 仁*・後藤 勇*・長崎 均*・松田寛志**

Hitoshi WATANABE, Isamu GOTO, Hitoshi NAGASAKI and Hiroshi MATSUDA

A new half-cone fish ladder was installed in an intake weir for irrigation in Tama river. The half-cone fish ladder was designed for generating various flow rates. As a result of survey, various flow rates were really generated and anadrome of fish such as sweetfish was observed.

Thus, it was validated that the half-cone fish ladder is effective for anadrome of fish.

Key Words: half-cone fish ladder, sweetfish, anadrome

1. はじめに

多摩川は、平成4年度に建設省によって「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル河川」に指定されている。

大丸用水堰の位置を図-1に示す。多摩川河口から32.4kmの距離にある大丸用土地改良区が管理する農業用水堰（可動堰）であり、階段式の魚道が設置されていた。しかし、魚道設置時に1.8mであった落差は、その後の堰下流部の河床低下により5.6mと拡大し、魚道は機能を果たせていない。

東京都は平成8年度より、関係者および学識経験者からなる検討委員会を設け、その検討結果を受けて、平成10年4月にアイスハーバー型および、新型であるハーフコーン型魚道の2タイプの並列魚道を設置した。

今回、流況調査および溯上調査を実施し、アイスハーバー型およびハーフコーン型魚道において、アユをはじめとする魚類の溯上が確認できたので報告する。

2. 魚道改築計画

(1) 既設魚道の問題点

1) 落差の拡大

堰下流護床部の河床低下のため、魚道下端部で落差3.8mが生じており、魚道の下流端まで、魚類が到達できなかった。

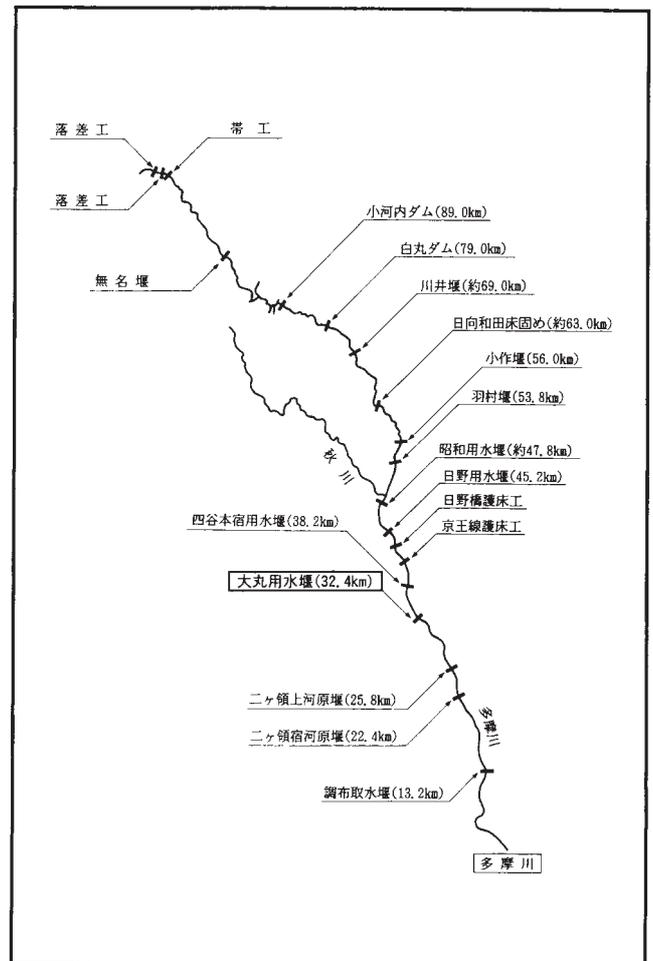


図-1 大丸用水堰位置図

* 首都圏事業部 環境部

** 首都圏事業部 河川・水工部

2) 過大な流速

現状の魚道は階段式で、勾配 1/7 により、低水量においても流速が大きくなり、アユなどの比較的遊泳力の大きな魚類でも溯上が困難な状況であった。

3) 魚道延長の不足

魚道長の不足により魚道より下流側のエプロン部で流れが分散して薄層流となり、サギ類などの鳥類による過剰な食害の原因となっていた。



写真 - 1 改築前の魚道

(2) 魚道改築にあたっての前提条件

1) 魚道位置・規模等

今回の魚道整備事業では、既設魚道を大幅に改築することは河川管理上（治水ならびに利水機能）できないので、魚道の位置および魚道幅は既設魚道と同様とし、魚道延長も占用範囲内に収めるといった条件の中で行った。

2) 対象魚種

魚道の対象魚種は、多摩川水系に天然分布し、河川の横断構造物上を移動する可能性のある全種を対象とすることが望ましい。一方、建設省は、実施に当たっての努力目標と到達目標、実施後の効果の検証等の作業を平易に進めるために重点対象魚種を選定している。建設省選定の多摩川大丸農業用水堰の重点対象魚種を表 - 1 に示す。

(3) 魚道形式の選定

重点対象魚に対して、以下に示す 2 タイプの魚道を選定した。

一つ目の魚道に対して、アユやサクラマスなどの遊泳魚を対象に、全国で実績があり、多摩川においても設置例の多いアイスハーバー型の魚道を選定した。

二つ目の魚道として、ヌマチチブなどの底生魚も溯上が可能な多様な流況を創出するために検討委員の魚類研究者君塚芳輝先生の提案により、越流部を横断方向に傾斜させたハーフコーン型魚道（越流部隔壁が円錐形を半分に切断

表 - 1 大丸用水堰魚道における重点対象魚種

科名	種名	生活型	選定理由の概要
ウナギ	ウナギ	降河回游魚	特有な体型と遊泳を行う回游魚。
サケ	サクラマス	溯河回游魚	溯上復帰が望まれるサケ科回游魚。
アユ	アユ	両側回游魚	上流域～海域を結ぶ回游魚。
コイ	ギンブナ	純淡水魚	中流～下流まで広く分布。復帰溯上を考慮。
ハゼ	ヌマチチブ	両側回游魚	回游性ハゼ型底生魚の代表。

した形状をしていることから命名)を選定した。また、ハーフコーン型魚道は、突起部がなく曲面で構成されるため、降下魚に対する擦過衝撃等を緩和させる効果も期待された。

魚道は、この 2 タイプを並列に設置する計画とした。

(4) 魚道設計における留意点

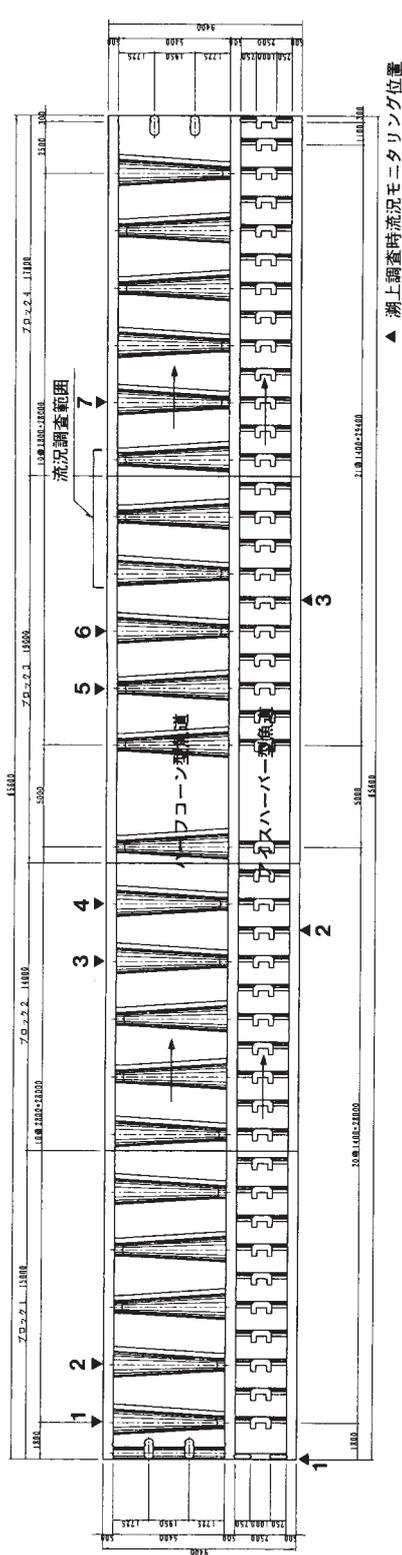
魚道の設計にあたっては、以下の点に留意した(図 - 2、写真 - 2)。

- (a) 占用範囲内で最大限の魚道延長を確保し、勾配は 1/10.5 とする。
- (b) 魚道延長が 65.6m と長くなったため、中間地点に休憩プールを設けた。
- (c) ハーフコーン型魚道においては、ハーフコーンの向きを一定にして、流況の乱れを最小限に抑えるとともに、魚類の直線的な溯上を阻害しないようにするのが望ましい。しかし、平面 2 次元(浅水流モデル)解析の結果、ハーフコーンの向きが一定の場合には、流れが加速され下流で射流状態となり、流速が 3.0m/秒を越える予測となったため、ハーフコーンを 2 本毎に反転し、間隔を 2.8m とする計画とする。
- (d) 設定後見込まれる河床低下に対応できるように、魚道下流端を河床高より低く設置する。

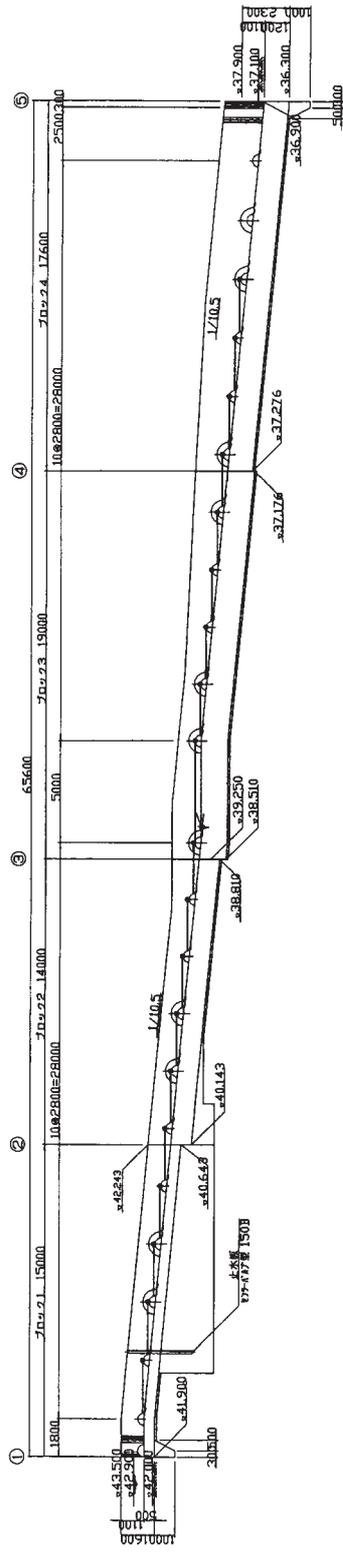


写真 - 2 魚道全景(改築後)

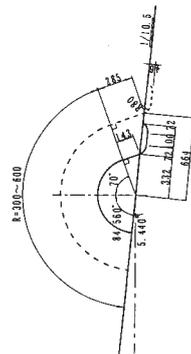
魚道全体平面図 S=1/300



ハーフコーン型魚道縦断面図 S=1/300



ハーフコーン断面詳細図 S=1/50



ハーフコーン正面図 S=1/50

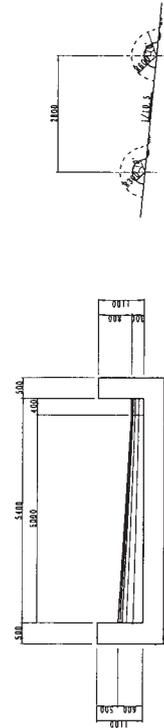


図-2 魚道全体図および調査位置図

3. 溯上調査

(1) 調査手法

1) 調査時期

アユの溯上時期である平成11年4月19日～26日に実施した。

2) 魚道の適水量の調節

設計条件を再現するために、大丸用水堰の可動ゲートを利用して、上流端の越流水深が、平水時の値である30cm前後（ハーフコーン型魚道の最大越流水深22cm程度）になるよう調節した。

3) トラップの設置

採捕用のトラップを図-3に示すようにアイスハーバー型魚道とハーフコーン型魚道の上流端へ設置した。このうち、アイスハーバー型魚道上流端では越流部分と潜孔部分をカバーするように2ヶ所、ハーフコーン型魚道では上流端の越流部3ヶ所に設置した。

トラップの構造は、アイスハーバー型魚道では網口にカゴを、ハーフコーン型魚道では網口に木枠をつけてそれぞれ魚道上流端に固定した。網の目合はいずれも1mmである。

4) 標識アユの放流

調査1日目（4月20日）に、江戸川で採捕された稚アユを麻酔したのち右腹鰭を切除して標識とした。標識後、麻酔から回復したアユ合計2,597尾（標準体長54～105mm・平均76mm）を魚道の直下流の澗筋に放流した。

5) 溯上魚の採捕

トラップによって魚道を溯上する魚類を全て採捕し、種類の同定および、種毎の溯上数を計数し、全長、体長、体重の測定を行った。

溯上魚の採捕は、8時、11時、14時、17時の4回を原則とし、稚アユ放流当日から4日間実施し、この間にのべ11回の採捕を行った。

6) 流況モニタリング

溯上調査時に、流速および越流水深のモニタリングを行

った。溯上魚への影響を避けるため、最小限の頻度とし、上流端の越流水深（1日4回）と魚道の代表的な地点（図-2）での流速・水深の測定（1日1回）とした。

(2) 調査結果

調査結果を表-2および図-4、5に示す。

ハーフコーン型魚道でアユ、コイ、ナマズ、オイカワ、ウグイ、ビワヒガイの5種の溯上が確認された。アイスハーバー型魚道では、アユ、コイ、ナマズ、オイカワ、ウグイ、ギンブナの5種の溯上が確認された。

アユについてはほとんどが標識アユであったが、無標識アユ（多摩川の天然アユ）も確認された。

溯上数の多い魚類では、アユは、アイスハーバー型魚道3尾、ハーフコーン型魚道241尾で、ほとんどの個体がハーフコーン型魚道を利用している。コイは、アイスハーバー型魚道で60尾、ハーフコーン型魚道で7尾で、約9割の個体がアイスハーバー型魚道を利用した。ナマズは、アイスハーバー型魚道で11尾、ハーフコーン型魚道で1尾であり、ほとんどの個体がアイスハーバー型魚道を利用した。

魚類の標準体長で見ると、コイやナマズなどの大型の魚類はアイスハーバー型を、アユ等の小型の魚類はハーフコーン型魚道を利用する傾向がみられた。

アユの溯上が調査前期に多いのは、放流したアユのうち溯上意欲の強い個体が一気に溯上したためと考えられる。4月22日に若干コイの溯上数が増えているのは、越流水深が小さくなり流速が低減したためと考えられる。これは、調査終了後魚道中間の休憩プール付近で、流速低減後に魚道に進入したと考えられる多くのアユ滞留魚が確認されたことから推定される。

コイおよびナマズは8時の捕獲が多い。魚類の活動期が夜間および薄明時であるためと考えられる。

調査時の魚道上流端の越流水深および流速は、図-4、5に示すよう変動している。

4. 流況調査

(1) 調査手法

1) 調査期日

調査は平成11年8月25日に行った。

2) 流量調節

魚道上流端の角落としを利用して、下流から7～9番目のハーフコーン最大越流水深が約30cm（大流量時）、約20cm（中流量時）、約10cm（小流量時）となるように設定した。

3) 調査手法

ハーフコーン上を壁面から1.0m間隔で越流水深および

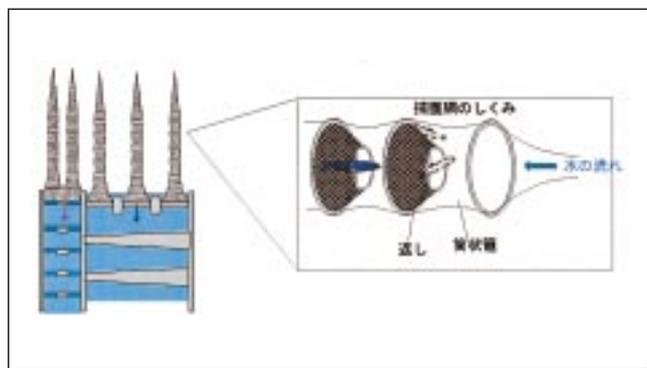


図-3 溯上調査用トラップの構造

表 - 2 魚類溯上数

項目	アユ	コイ	ナマス	オイカワ	ウグイ	サシブナ	ヒケ	
溯上回数	241	7	1	2	3	0	1	
標準体長 (mm)	最小	57	395	560	31	93	-	123
	平均	79	428	560	38	135	-	123
	最大	118	513	560	109	201	-	123

アイスハーバー型魚道

項目	アユ	コイ	ナマス	オイカワ	ウグイ	サシブナ	ヒケ
溯上回数	3	60	11	3	1	1	-
標準体長 (mm)	最小	76	334	425	53	71	261
	平均	83	426	478	45	71	261
	最大	96	569	596	82	71	261

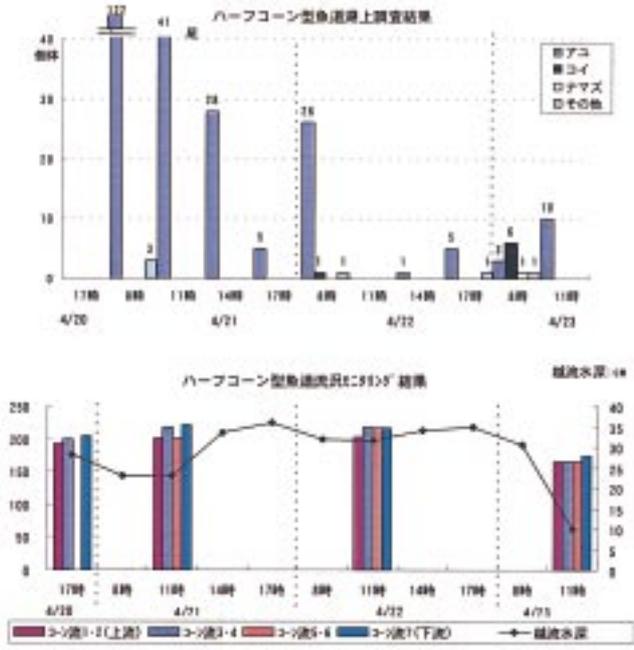


図 - 4 ハーフコーン型魚道遡上調査結果

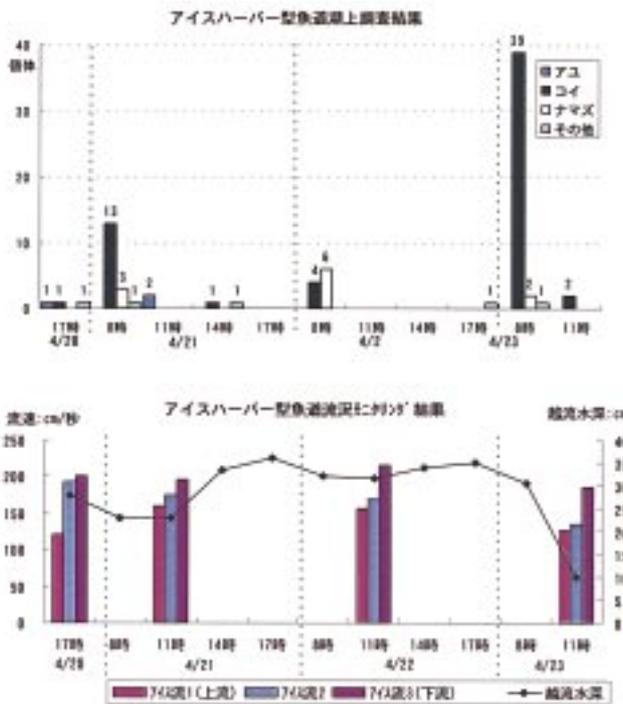


図 - 5 アイスハーバー型魚道溯上調査結果

流速の観測を行った。流速については、それぞれの地点で、水面から5、10、15cmの3層の深さで測定を行った。

(2) 調査結果

流況調査結果を図 - 6 に示す。

1) 大流量時

最大越流水深が28~29cmの状況では以下の特徴を示した。

- ・ 順転部(ハーフコーンが連続して同じ向きの越流部)では、越流水深が大きくなることに伴って、越流部の最大流速1.8m/秒程度となるが、非越流部から最大流速部までの越流水深の変化に伴う流速(1.8m~0.6m/秒)が観測された。
- ・ 反転部(ハーフコーンの向きが反転する越流部)においては、最大流速が1.5m/秒程度であるが、流れに乱れが生じ、ハーフコーンの特徴である非越流部が失われ全面越流が起こる。また、場所、水深にかかわらず1.0~1.2m/秒と概ね一様な流速となった。

2) 中小流量時

中流量時(平水相当)は最大越流水深が22~24cm、小流量時は最大越流水深が13cm程度であった。両ケースともに概ね同様で安定した傾向を示した。

- ・ 順転部においては、最大流速は中流量時が約1.5m/秒、小流量時が約1.0m/秒となった。ハーフコーンの特徴である非越流部から最大流速部までの越流水深の変化に伴う流速(中流量時:約1.5~0.9m/秒、小流量時:約1.1~0.9m/秒)が観測された。
- ・ 反転部においても、非越流部が形成され、順転部と概ね同様な流速分布となり、反転に伴う流況の乱れはみられなかった。

5. 溯上と流況の関係および魚道形式の比較

溯上調査結果と流況調査結果から、以下のことが示唆された。

ハーフコーン型魚道でアユの溯上が多かった理由としては、アイスハーバー型魚道の流速が下流部で流速2.0m/秒以上と大きすぎたため溯上に適さなかったことおよび、ハーフコーン上で流速勾配が形成されて、アユが上りやすい流速帯を選んで溯上できるような状態であったことが考えられる。

ただし、ハーフコーンの反転部において、全面越流が生

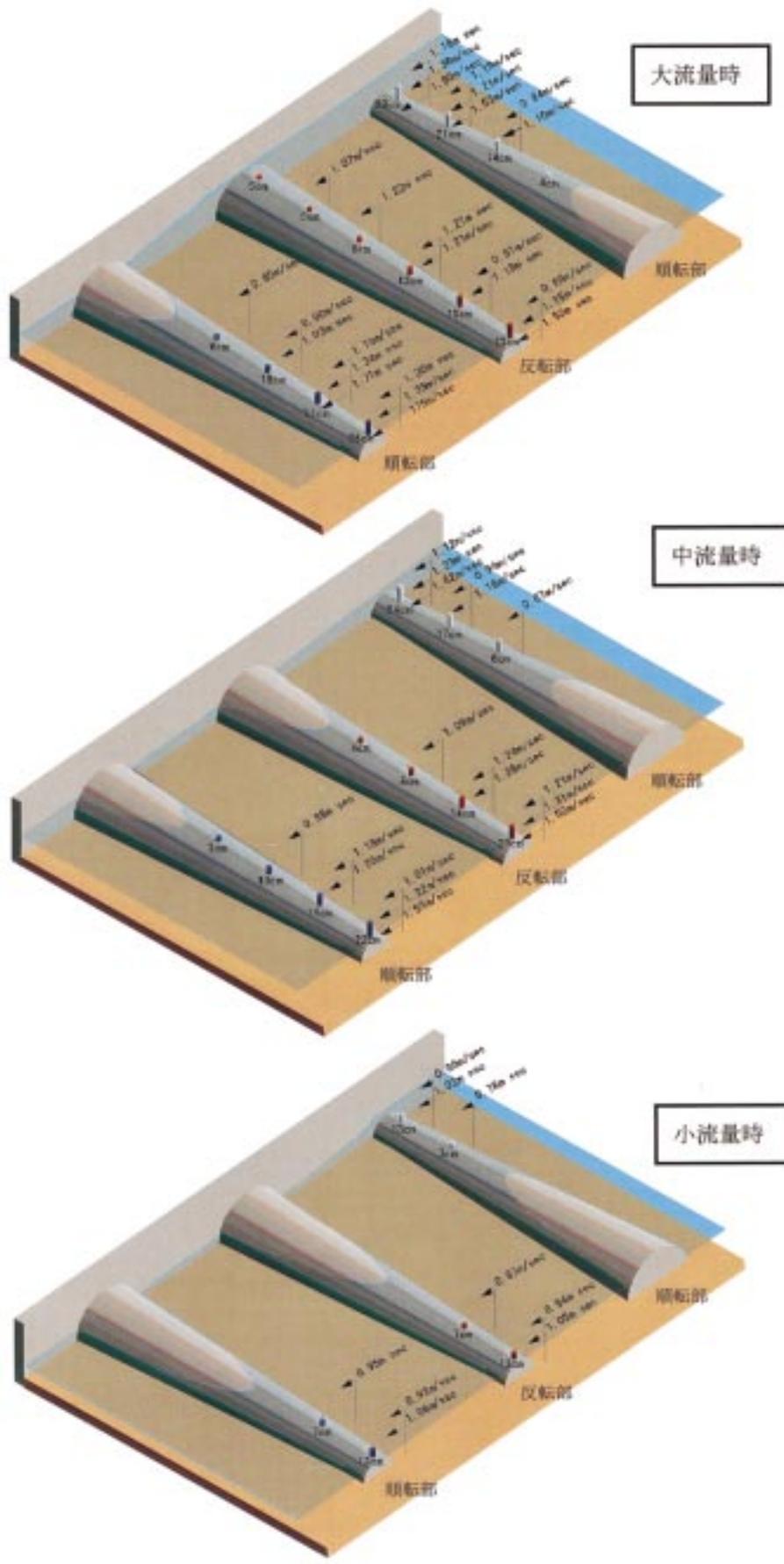


図 - 6 ハーフコーン型魚道流況調査結果



写真 - 3 ハーフコーン型魚道の流況

じる流量になった場合には、溯上数が少なくなっていた。
アユ稚魚の突進速度の限界は120～130cm/秒、好む流速は、40～60cm/秒とされており、ハーフコーン型魚道において中流量以下の流況の安定した状況であれば、好ましい流速帯を選択して溯上することができたと考えられる。

コイやナマズの大型魚については、アユ等の小型魚に比べ溯上能力が大きいことがアイスハーバー型魚道での溯上を可能にしたと考えられる。一般に魚類の突進速度は魚の体長に比例して大きくなることが知られており、アユやコイなどの紡錘形の魚種では10B.L./cm/秒（B.L.は体長（cm））が目安とされる。アイスハーバー型魚道を溯上したコイの体長は最小でも334mmであり、約330cm/秒の流れに抗して溯上する能力があると推測される。また、コイやナマズなどの大型魚の多くがアイスハーバー型魚道を溯上した理由としては、アイスハーバー魚道の越流水深がより大きかったことが考えられる。

なお、今回アイスハーバー型魚道については、下流部に土砂が堆積し、潜孔が閉塞することにより下流部越流水深が増大し、流速が過剰となっていた。一方、ハーフコーン型魚道にはほとんど土砂の堆積がなかった。

両形式の魚道の比較表を表 - 3 に示す。

6. まとめと今後の課題

多摩川において新型であるハーフコーン型魚道を設置し、その魚類の溯上調査および流況調査を実施した。

その結果、当初の目的通りハーフコーン越流部に多様な流況が創出されており、本魚道は、稚アユ等の小型魚の溯上に有効であることがわかった。しかし、最大越流水深28cm程度以上になると、ハーフコーンの反転部において全面越流により流況が乱れ、アユ等の溯上が減少することが示唆された。コイ等の大型魚の溯上は流量が大きい時に確認されたものの、個体数は少なかった。

表 - 3 魚道形式比較表

調査要素	ハーフコーン型	アイスハーバー型
実績	大丸用水堰が初めての例	多摩川流域で実績が多い。アメリカ、日本など各地で実績が多い。 ○
小型魚（アユ稚魚）の溯上	溯上することが実証できた。流況が安定しているときに溯上が多かった。 ○	溯上したが個体数は少なかった。
大型魚（コイ、ナマズ）の溯上	流量の多いときに溯上したが個体数は少なかった。 △	溯上することが実証できた。 ○
鳥類による食害	プール及び越流部の水深が小さい部分があるため、食害されやすい。 △	プール部分は深いため逃避可能。越流部分は食害を受けやすいが、隔壁の厚さは比較的小さい。 ○
河川利用者の安全性	プールが浅いことから、比較的安全 ○	プールが深いことから、比較的危険。 △
土砂の流入・堆積	土砂の堆積は確認されなかった。 ○	魚道下流部において、土砂の流入により潜孔が閉塞し、流速が過剰になり魚道機能が低下した。 △

したがって、ハーフコーン型魚道の設置の際には、極力勾配を小さく設定し、ハーフコーン部を反転させないのが望ましい。しかし、1/10程度の勾配しか確保できない場合には、ハーフコーン部の横断方向の傾斜を若干大きくして、反転部における非越流部を確保することが必要と考えられる。

コイ等の大型魚を溯上可能とするには、越流水深を大きく設定する必要があるが、反転部における非越流部を確保するためには、ハーフコーンの傾斜を大きくとるか、魚道幅を広くとる必要がある。

ハーフコーン型魚道は、曲面的な構造により降下魚にも配慮しているが、その効果の検証はまだ行っていない。今後、降下魚の調査を実施する必要がある。

また、構造上サギ類による食害が多く発生することが予想されることから、防鳥ネット等の対策が必要である。

なお、今回の調査検討結果を、多摩川昭利用水堰の魚道改築に反映する予定である。

7. おわりに

本魚道の設計・調査にあたっては、東京都労働経済局農林水産部を事務局とする「魚道会議」の検討委員である法政大学西谷隆巨教授、魚類研究者君芳輝先生、建設省京浜工事事務所、地元漁業組合・土地改良区、東京都水産試験場の方々の多大なるご指導・ご助言を受けて実施した。記して感謝する次第である。

参考文献

- 1) 中村俊六：魚道のはなし、1995
- 2) (財)ダム水源環境整備センター編：最新魚道の設計、1998