

秋川における複合型魚道の効果

EFFICIENCY OF THE COMPLEX STYLE FISHWAYS FOR FISH MIGRATION BEHAVIOR IN AKI-KAWA RIVER

高崎忠勝¹・土屋十圀²・大竹義男³

Tadakatsu TAKASAKI, Mitsukuni TSUCHIYA and Yoshio OTAKE

¹正会員 東京都建設局河川部（〒163-8001 東京都新宿区西新宿二丁目8-1）

²正会員 前橋工科大学建設工学科（〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460）

³正会員 東京都水道局豊島営業所（〒171-0021 東京都豊島区西池袋一丁目7-7）

東京都建設局が多摩川の支川である秋川に整備した魚道は，3種類の魚道形式を併設したものと擬岩を用いたものなど，特徴のある構造となっている．こうした5カ所の魚道を対象に，平成6年度から4年間，魚道周辺の魚種分布，遡上魚の種類・数・体長・体重，魚道内の流速分布，魚道内の堆積状況について調査を行った．

調査の結果，全施設の各魚道形式で遡上が確認されたが，魚種の確認状況から河川横断施設がいくつかの魚種の移動を阻害している可能性が示された．また，魚道形式の特徴と遡上魚が利用した魚道形式から，異なる特徴をもった魚道形式の併設が，遡上対象魚種を拡げるとともに遡上個体数を増加させる効果があることが分かった．

Key Words : 魚道，遡上，魚種

1. はじめに

東京都建設局では多摩川水系の一級河川である秋川において平成5年度から平成8年度までに5箇所の河川横断施設に魚道を整備した．このうち4箇所の魚道では多種にわたる魚種の遡上を目的として，幅7.8mの魚道の中に3種類の魚道形式を併設しており，このような構造は全国的にみても例が少ないものと思われる．これまで造られてきた魚道に対して構造的な研究はあるが魚の遡上にどの程度の効果があるのか，継続的で定量的な調査及び評価はあまり行われていない¹⁾．秋川に設置した魚道の機能の検証を目的として，平成6年から平成9年までの4年間にかけて追跡調査を実施した．各魚道の遡上状況と複数の魚道形式を併設する効果と魚種の動態について知見を得たので報告する．

2. 複合型魚道の構造

下流側から2.5km落差工，白岩用水堰，第三堰，山田用水堰の4箇所の魚道は，粗石積斜路方式，粗石付斜曲面式，アイスハーバー式の3種類の魚道形

式を併設させたものである．魚道延長は2.5km落差工が15.48m，白岩用水堰が15.3m，第三堰が29.6m，山田用水堰が19.0mと異なるが，幅，勾配，構造については同じものとなっている．10.9km落差工は，階段式と扇状式の2種類の魚道形式を併設しており，自然の岩の一部と擬岩を用いることにより景観に配慮した魚道である．

粗石付斜曲面式は，勾配1/10～1/7.5のコンクリート斜曲面に25cm間隔で直径10cmの穴を設けて粗石を任意に固定できる構造である．アイスハーバー式は，全面越流型階段式魚道を改良し，非越流部と越流部を設け，越流部の下部に潜孔を設置した勾配1/10の魚道である．粗石積斜路方式は，斜路に隔壁を設け，粗石積部2mとプール部1mを交互に配置した勾配1/10の魚道である．階段式は，全面越流型階段魚道に，切り欠き，潜孔を設けた勾配1/20の屈曲型魚道である．扇状式は，既設の堰の破損している箇所を利用した勾配1/10の魚道である．

3. 調査結果

(1) 魚種の遡上状況

表-1 魚道別遡上確認個体数

目名	科名	種名	粗石付 斜曲面式	アイス ハーバー式	粗石積 斜路方式	階段式	扇状式	合計
ウナギ	ウナギ	ウナギ	0	0	0	3	4	7
サケ	キュウリウオ	アユ	2	66	21	5	12	106
		ニジマス	1	1	0	0	0	2
		ヤマメ	0	0	0	0	1	1
コイ	コイ	カワムツB型	3	7	22	15	5	52
		オイカワ	43	16	69	17	25	170
		ウグイ	48	73	115	6	104	346
		アブラハヤ	1	0	3	0	0	4
		タモロコ	15	6	25	0	0	46
		モツゴ	1	1	2	0	0	4
		カマツカ	3	2	6	0	1	12
		コイ	0	0	1	0	0	1
		キンブナ	0	0	1	0	0	1
		ゲンゴロウブナ	0	4	0	0	0	4
		キンブナ	1	1	0	1	1	4
		タイリクバラタナゴ	1	0	0	0	0	1
		ドジョウ	81	21	433	0	0	535
ナマズ	ギギ	ギバチ	0	0	2	0	3	5
スズキ	ハゼ	トウヨシノボリ	2	5	4	0	0	11
		ヨシノボリ属	2	0	2	0	0	4
カサゴ	カジカ	カジカ	3	0	3	0	0	6
個体数合計			207	203	709	47	156	1322
種類数合計			15	12	15	6	9	—

魚類の遡上調査は平成6年9月13日から平成9年7月25日まで合計27回行った。魚道上流端に籠網を設置し、1時間毎に遡上魚を捕獲した。捕獲した魚類については、種の同定、全長、体重を計測した。調査時期は主に5月末から7月までとした。

遡上調査では表-1に示したとおり21種類 1,322個体の遡上が確認された。また、魚道形式別では、粗石積斜路方式で709個体、粗石付斜曲面式とアイスハーバー式はそれぞれ207、203個体であった。

以下に各施設の遡上状況を述べる。

最下流の2.5km落差工では、アイスハーバー式の遡上が顕著であった。特に5月の調査時におけるアユの遡上が多数確認された。白岩用水堰では、粗石積斜路方式の遡上が突出して良好だった。特にシマドジョウの遡上が活発であった。第三堰は、通常時の魚道内流量が少ない状況であった。アイスハーバー式において、潜孔のみ通水し越流部の通水がない状況下で、ウグイ6個体の遡上が確認されたことから潜孔が遡上経路としての機能を有していることが確認できた。遡上状況は、粗石積斜路方式が良好であり、シマドジョウの遡上が多数確認された。山田用水堰の遡上状況は、粗石積斜路方式が良好であり、シマドジョウの遡上が活発であった。10.9km落差工においては、階段式より扇状式の方が遡上が良好であった。扇状式でウナギの遡上が確認された。

27回の遡上調査で確認できた魚種を対象として魚種と遡上する時刻について検討した。魚種による時刻別の遡上状況を図-1に示した。アユについては6:00~7:00に最も多くの遡上が確認され、午後より

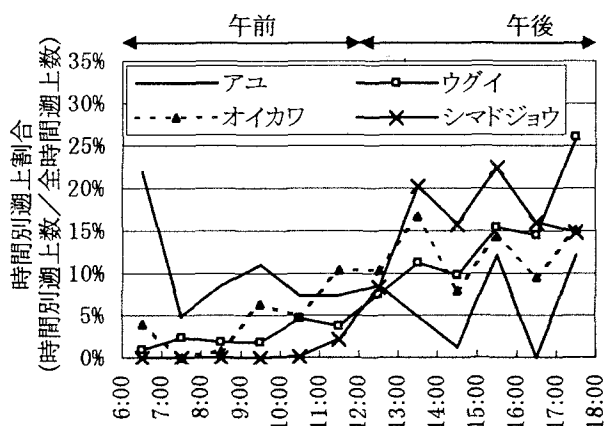


図-1 時刻別遡上状況

も午前によく遡上する傾向がみられた。小山によるとアユは1日に3つの活動ピークがあり、それらは日の出直前と日没前および11:00~13:00である²⁾。秋川においても朝と夕に遡上のピークが確認された。

ウグイ、オイカワ、シマドジョウについては、午前より午後に多く遡上する傾向がみられた。24時間調査を行った10.9km落差工では、夜間から早朝にかけて、夜行性のウナギ、ギバチ、昼行性のウグイの遡上が確認された。

遡上魚の体長については、粗石付斜曲面式では、最小25mm、最大125mm、平均59mm、粗石積斜路方式では、最小18mm、最大420mm、平均57mm、アイスハーバー式では、最小25mm、最大153mm、平均で77mmであった。

表-2 魚種分布確認個体数一覧

目名	科名	種名	2.5km 落差工	白岩 用水堰	第三堰	山田 用水堰	10.9km 落差工	合計
サケ	キュウリウオ	アユ	15	1	0	4	0	20
コイ	コイ	カワムツB型	8	2	6	0	8	24
		オイカワ	120	34	73	50	72	349
		ウグイ	63	4	15	39	30	151
		アブラハヤ	20	5	4	7	3	39
		タモロコ	9	1	3	0	0	13
		モツゴ	7	0	6	18	1	32
		カマツカ	4	1	5	0	1	11
		ツチフキ	1	0	0	0	0	1
		ニゴイ	2	3	0	0	0	5
		コイ	0	0	0	1	0	1
		キンブナ	2	0	0	2	0	4
		ギンブナ	4	1	0	2	2	9
		フナ属	1	1	1	3	0	6
	ドジョウ	ドジョウ	0	1	0	0	0	1
		シマドジョウ	18	2	7	4	5	36
ナマズ	ギギ	ギバチ	4	4	4	4	1	17
		アカザ	1	0	0	0	0	1
スズキ	ハゼ	ジュズカケハゼ	9	2	1	0	0	12
カサゴ	カジカ	カジカ	0	0	0	1	0	1
個体数合計			288	62	125	135	123	733

表-3 魚道中央部の流速分布

施設	魚道形式	最小	最大	平均
2.5km落差工	粗石付斜曲面式	0.90	2.49	1.32
	アイスハーバー式	0.90	1.88	1.32
	粗石積斜路方式	0.73	1.80	1.16
白岩用水堰	粗石付斜曲面式	1.23	1.88	1.51
	アイスハーバー式	0.99	1.61	1.23
	粗石積斜路方式	0.76	1.65	1.15
第三堰	粗石付斜曲面式	0.64	1.48	1.03
	アイスハーバー式	0.40	1.90	0.87
	粗石積斜路方式	0.22	0.62	0.36
山田用水堰	粗石付斜曲面式	0.30	1.10	0.72
	アイスハーバー式	0.52	1.32	0.87
	粗石積斜路方式	0.35	1.70	0.92
10.9km落差工	階段式魚道	1.15	1.58	1.31
	扇状式魚道	1.38	2.26	1.72

(2) 魚種分布調査結果

魚道の上下流域で投網、タモ網により魚類を捕獲し、種の同定、全長、体重を計測した。調査時期は8月から10月とし、範囲は魚道の上下流各約50m計100mとした。

魚種分布調査では、表-2に示したとおり19種類733個体確認された。この中で本来、秋川に生息していて遡上調査により確認されていない魚種は、ツチフキ、ニゴイ、ドジョウ、アカザ、ジュズカケハゼの5種類であった。

上下流域ともにオイカワ、ウグイが広い範囲で出現しており、優先魚種となっている。

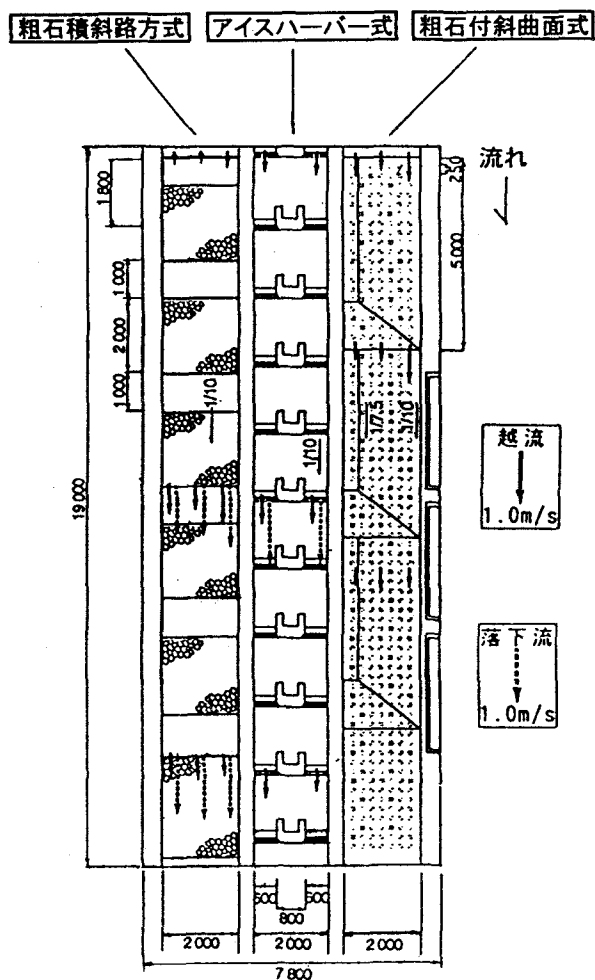


図-2 魚道内流速ベクトル（山田用水堰）

(3) 魚道内の流速分布

魚道中央部の流速分布を表-3に、山田用水堰の流速ベクトルを図-2に示した。最大流速では粗石付斜曲面式の流速が、2.0m/s以上を観測することが多く、21回の調査で13回観測した。中央部流速の平均についてもアイスハーバー式、粗石積斜路方式と比較して、魚道内流速が速い結果となった。10.9km落差工では、階段式、扇状式ともに最大流速は2.0m/s程度であった。中央部流速の平均をみると、流速が2.0m/sを越えたのは、粗石付斜曲面式で1回、扇状式で1回であった。各調査日ごとの流速をみると、最も流速が大きいのは、粗石付斜曲面式、ついでアイスハーバー式、粗石積斜路方式の順であった。

(4) 魚道内の堆積状況

2.5km落差工のアイスハーバー式の上流側から1個目のプールの堆積状況については平成8年1月には堆積がみられなかった。その後、約半年後から徐々に堆積がみられ、平成9年7月以降、約40cmの堆積が確認された。上から3つ目のプールでは、平成8年1月に54cmの堆積がみられ、その後も継続的に約50cmの堆積がみられた。

白岩用水堰のアイスハーバー式では、平成8年1月に上流側から1個目のプールで20cmの堆積が認められ、その後浚渫したもの、約半年で、30cmの堆積が認められた。その後も13~30cm程度の堆積であった。上から3個目のプールでは、初めはほとんど堆積が認められなかったが、約1年半後の平成8年9月以降堆積が認められ、約2年後には、56cmの堆積があった。粗石積斜路方式の上流側から1個目の魚窪地では、浚渫後4ヶ月で既に40cmの堆積があり、その後も20~50cmの堆積であった。

第三堰のアイスハーバー式の上流側から1個目のプールでは、平成8年1月からあまり堆積がみられなかったが、出水後の平成8年9月25日においては、大きな堆積がみられた。上から3個目のプールにおいては、10~38cmの堆積がみられた。粗石積斜路方式においても出水後の堆積がみられたが、その後排出される傾向がみられた。

山田用水堰のアイスハーバー式、粗石積斜路方式は、ともに魚道の設置後間もなく堆積が認められ、プールのほとんどが埋没してしまう状況であった。

10.9km落差工の階段式では、上流側から1個目、3個目のプールとともに堆積が確認され、それぞれ約10cm、30~40cm程度であった。扇状式においても1個目、3個目ともに約20cm程度の堆積が確認された。

(5) 魚道上下流域の魚種分布と遡上

魚道の下流域、魚道内、上流域の縦断的な魚種の

表-4 魚種と確認状況

	下流←					→上流				
	2.5km 落差工	白岩 用水堰	第三堰	山田 用水堰	10.9km 落差工	2.5km 落差工	白岩 用水堰	第三堰	山田 用水堰	10.9km 落差工
	下魚上 流道流 域内域	下魚上 流道流 域内域	下魚上 流道流 域内域	下魚上 流道流 域内域	下魚上 流道流 域内域	下魚上 流道流 域内域	下魚上 流道流 域内域	下魚上 流道流 域内域	下魚上 流道流 域内域	下魚上 流道流 域内域
カワムツ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
オイカワ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ウグイ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
カマツカ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
シマドジョウ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
アユ	○	○				○	○			
ギバチ	○	○	○			○	○	○	○	○
モツゴ		○	○	○	○	○	○	○	○	○
トウヨシノボリ			○	○						
ツチフキ	○									
アカザ	○									

表-5 魚道形式別魚道内流速と突進速度の幅

施設	魚道形式	V/L	
		最大	最小
2.5km落差工	粗石付斜曲面式	20.9	4.9
	アイスハーバー式	39.1	7.3
	粗石積斜路方式	22.5	3.8
白岩用水堰	粗石付斜曲面式	29.5	8.8
	アイスハーバー式	17.3	7.5
	粗石積斜路方式	27.0	1.9
第三堰	粗石付斜曲面式	30.0	2.9
	アイスハーバー式	20.4	0.5
	粗石積斜路方式	32.0	2.8
山田用水堰	粗石付斜曲面式	20.6	1.8
	アイスハーバー式	31.2	8.3
	粗石積斜路方式	34.2	4.3
10.9km落差工	階段式	23.3	5.8
	扇状式	27.6	5.4

確認状況について表-4に示した。特定の魚種が、魚道の上下流域で確認できた場合、若しくは魚道内で確認できたとき、その魚種は河川横断施設を移動していると予想される。カワムツ、オイカワ、ウグイ、カマツカ、シマドジョウの5種は、調査区間全域で出現を確認できたことから自由に移動している可能性が高いと考えられる。

これに対してツチフキ、アカザに関しては、2.5km落差工の下流以外で確認できないことから河川横断施設によって移動が阻害されている可能性がある。

4. 魚類の突進速度

魚類は、瞬間的に出すことのできる最大速度によって遡上すると考えられ、一般にこの最大速度は突進速度と呼ばれている。魚道内流速Vを、遡上が確

表-6 魚種及び魚道形式と遡上割合

	アイスハーバー式		粗石積斜路方式		粗石付斜曲面式		合計	
	遡上数	割合	遡上数	割合	遡上数	割合	遡上数	割合
シマドジョウ	21	4%	438	81%	81	15%	540	100%
ウグイ	67	31%	100	47%	48	22%	215	100%
オイカワ	15	12%	68	54%	43	34%	126	100%
アユ	64	75%	20	23%	2	2%	86	100%
タモロコ	6	14%	24	53%	15	33%	45	100%
カワムツ	7	22%	22	69%	3	9%	32	100%
トウヨシノボリ	5	46%	4	36%	2	18%	11	100%
カマツカ	1	10%	6	60%	3	30%	10	100%
カジカ	0	0%	3	50%	3	50%	6	100%
ゲンゴロウブナ	5	100%	0	0%	0	0%	5	100%
アブラハヤ	0	0%	3	75%	1	25%	4	100%
モツゴ	1	25%	2	50%	1	25%	4	100%
ヨシノボリ属	0	0%	2	50%	2	50%	4	100%

認された魚種の体長 L で割った値を求め、魚種の突進速度について検討した。魚道内流速については、アイスハーバー式の落下流と粗石付斜曲面式の急勾配部が遡上経路となっていないため、この流速を除外した値を用いた。表-5に計算結果を示した。

一般に魚種の突進速度は標準体長の5~10倍程度といわれているが、秋川では、体長の30倍程度の流速でも、魚道内を遊泳し、遡上していることが確認された。よって、アイスハーバー式の落下流速と粗石付斜曲面式の急勾配部の流速を除いた魚道内の流速が、遡上魚の標準体長の30倍以下であれば、遡上が期待できることが分かった。

5. 分散型魚道の効果

調査対象の魚道の特徴である複数の魚道形式を併設する効果について検証した。なお、10.9km落差工で設置された階段式と扇状式の魚道はデータ数が少ないため検討対象から除いた。

遡上調査で確認できたタモロコ、アユ、ウグイなどの遊泳魚13種522個体が利用した魚道形式の割合は、粗石積斜路方式46%、粗石付斜曲面式32%、アイスハーバー式22%であった。遡上調査で確認できた底生魚カマツカ、シマドジョウなど6種572個体が利用した魚道形式の割合は、粗石積斜路方式79%、アイスハーバー式16%、粗石付斜曲面式5%となっており、粗石積斜路方式が多く利用されていた。しかし、確認できた底生魚の内訳はシマドジョウが94%を占めており、シマドジョウを除いた割合では粗石積斜路方式50%、アイスハーバー式31%、粗石付斜曲面式19%となっており、各魚道形式の利用の割合は遊泳魚と大きな差はないことが分かった。こうしたことから、遊泳魚、底生魚という魚の遊泳形態にとって優位な魚道形式を見つけることはできなかった。

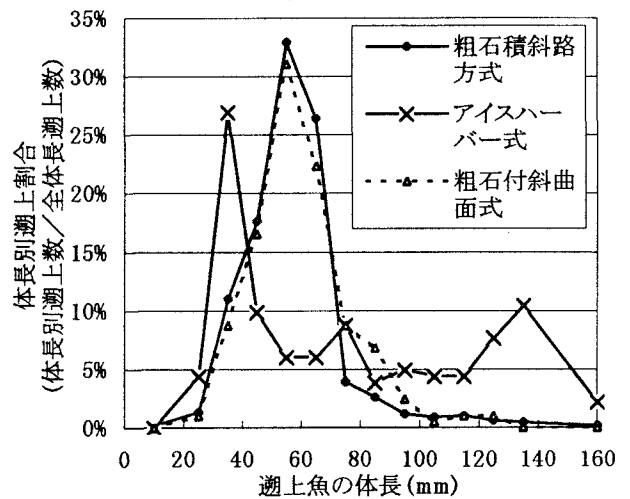


図-3 魚道形式と遡上魚の体長

シマドジョウの粗石積斜路方式の利用率が非常に高いことから個々の魚種に着目し、魚種と魚道形式について検討した。魚種と魚道形式の関係を表-6に示した。シマドジョウでは81%、カワムツでは69%の割合で粗石積斜路方式の魚道を遡上し、アユは75%がアイスハーバー式の魚道を遡上した。従ってシマドジョウ、カワムツでは粗石積斜路方式が、アユではアイスハーバー式を選好して遡上していることが予想される。それに対してウグイ、トウヨシノボリなどは1種類の魚道がなくなっても他の魚道を利用して遡上することが予想されるので、魚道形式を選ばない魚種といえる。魚道形式を選好して遡上する魚種に対しては魚道形式の選定は重要である。

図-3に、魚道形式と遡上魚の体長の関係を示した。体長別遡上割合は、個々の魚道形式毎に遡上魚の体長別遡上数を全体長遡上数で割ったものである。粗石積斜路方式と粗石付斜曲面式による遡上魚の体長は55mmを中心に30~100mmの範囲である。

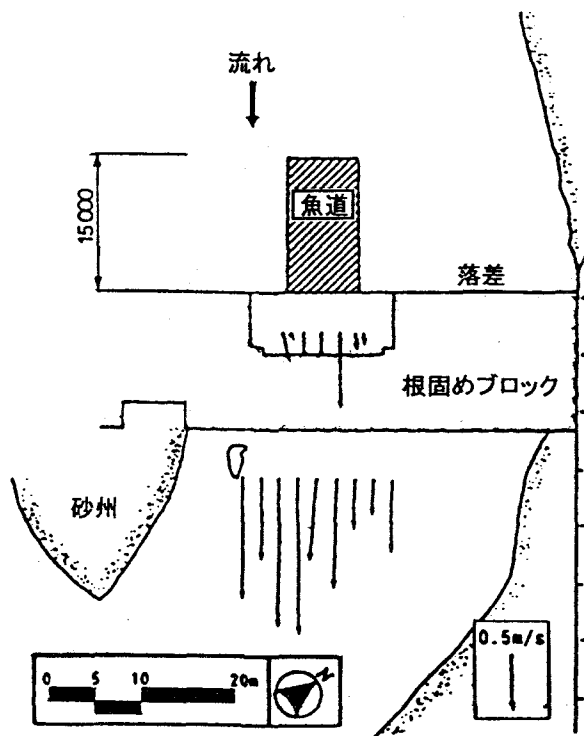


図-4 魚道下流部の流速ベクトル（白岩用水堰）

アイスハーバー式による遡上魚の体長は35mmに山があるものの30mm以上では均等に分布している。粗石積斜路方式と粗石付斜曲面式は遡上魚の体長に対して類似性の高い特性を持っているといえる。

魚道を設置した周辺に生息する魚種にとって有用な魚道形式は異なる。よって、魚道設置の際に事前調査を十分に行うことで効果のある魚道形式を選定することができるが、単独形式で全ての魚種を遡上させることは困難である。従って、異なる特徴をもった魚道形式を複数設置する方が魚類の遡上効果が大きいといえる。

アイスハーバー式と粗石積斜路方式は対象とする魚種や体長が異なることから、互いの弱点を補い魚道全体の機能を高めている。一方、粗石付斜曲面式では、適した特定の魚種が確認できなかった。

粗石付斜曲面式の特徴である早い流速は呼び水水路の機能に適している。図-4に魚道下流部の流速ベクトルを示した。右岸側に設けられた粗石付斜曲面式の下流に強い流れがあることが分かる。粗石付斜曲面式は魚を遡上させるより遡上魚を魚道に誘導する呼び水としての効果が大きく、単体での設置は効果が小さい。よって、魚道整備の際にはアイスハーバー式と粗石積斜路方式の併設を検討し、更に流況によって呼び水水路が必要な場合に、粗石付斜曲面式を取り入れることが望ましい。このように異なる魚道形式を併設することにより対象とする魚種を拡げる効果と遡上個体数を増加させる効果があることが分かった。

6. まとめ

アユをはじめ21種 1,322個体の遡上が確認された。24時間調査により、夜間から早朝にかけて、夜行性のウナギ、ギバチ、昼行性のウグイの遡上が確認された。こうした結果から全体として分散型魚道が機能していることが確認された。

また、魚道形式を選好して遡上する魚種と選好しない魚種があることがわかった。魚道形式と魚種の関係から異なる魚道形式を併設した効果をみると、アイスハーバー式と粗石積斜路方式の組み合わせは、各魚道形式に適した魚種が異なることから、互いの弱点を補い魚道全体の機能を高めている。粗石付斜曲面式は、他の形式と比べ早い流速分布を示し、遡上魚を魚道に誘導する呼び水水路としての効果が大きいことがわかった。

以上のことから、異なる特徴をもった魚道形式の併設により、対象とする魚種を拡げるとともに遡上個体数を増加させる効果があることが分かった。

7. あとがき

秋川では魚道整備と並行して平成6年から平成9年まで継続的に魚道調査を実施してきた。その結果、良好な遡上実績を確認するとともに魚道に関する多くの知見を得ることができた。

以前の魚道はアユ、サケ等の商業価値のある魚種を対象に造られていたが、最近では、川に生息するすべての魚種を考慮するようになっている。魚道は、魚類や水生生物等の多様な河川環境を上流域、下流域にわたって持続的に継承して行くべき役割を有しており、多自然型の河川工法の実施により、魚道の役割は一層高くなった。今回、検証した異なる特徴をもった魚道形式の併設は、こうした目的に合致する手法の一つであると考えられる。

参考文献

- 1) 森誠一：自然への配慮としての復元生態学と地域性、応用生態工学1(1)、43-50、1998
- 2) 小山長雄：魚道をめぐる諸問題 II。解説編、木曾三川河口資源調査団、1967
- 3) 渡瀬利雄、中村中六編著：魚道の設計、(財)ダム水源地環境整備センター編集、山海堂
- 4) 加藤精一：魚道および魚梯、(財)日本水産資源保護協会、1968
- 5) 大竹義男、和泉清、山本弥四郎：秋川における分散系の魚道、平成8年東京都土木技術研究所年報、75-86、1996

(1999.4.26受付)