

溪流河川における魚道流入口上流部の 土砂堆積防止対策に関する研究と実用事例

寒地土木研究所 水環境保全チーム
日本大学理工学部 土木工学科
寒地土木研究所 水環境保全チーム

○森田 茂雄
安田 陽一
矢部 浩規

本論では、溪流河川の堰堤工作物などに設置された魚道流入口上流部において、魚道流入口環境を維持するための構造設計の一例を提示するため、寒地土木研究所が実施した水制工を用いた模型実験の研究事例を紹介し、この研究成果が実用化された事例について報告する。

研究では、魚道流入口環境を維持するにあたり①魚道流入口での水位は洪水中においても開口高さ以下とすること②水制を堰堤袖部擁壁から魚道流入口幅 b の1.5倍の位置に設置し、水制先端を堰堤袖部擁壁先端の延長線上に位置させることが重要であることを明らかにした。また、この成果が魚道流入口環境を維持するための構造設計として実用化された事例について示した。

キーワード：溪流河川、魚道流入口環境、土砂堆積防止、水制工

1. はじめに

溪流河川に施工された堰堤工作物に魚道を設置した場合、洪水時における砂礫の生産等により魚道上流端にこれが堆積し、魚道としての機能を失う場合がある。現在の対策としては魚道流入口上流部に護岸工やスクリーンを設置するなどしているが、逆に堆積を促進させてしまう事例が多く見受けられる（写真-1,2）。一方、魚道流入口上流部の法面对策として擁壁工が設置された場合、これが水制工として機能し、魚道流入口上流部で土砂堆積が抑制される事例も少数ではあるが見受けられる（写真-3）。洪水後における魚道の機能維持や魚道に対する維持管理費の縮減を考える場合、魚道流入口上流部において、土砂が堆積しにくい構造の把握は重要である¹⁾。

従来の魚道の機能維持に関する研究事例としては、魚

道断面を縦横断に台形断面とすることで洪水時に砂礫が魚道から排出されやすくなることを見いだされており、

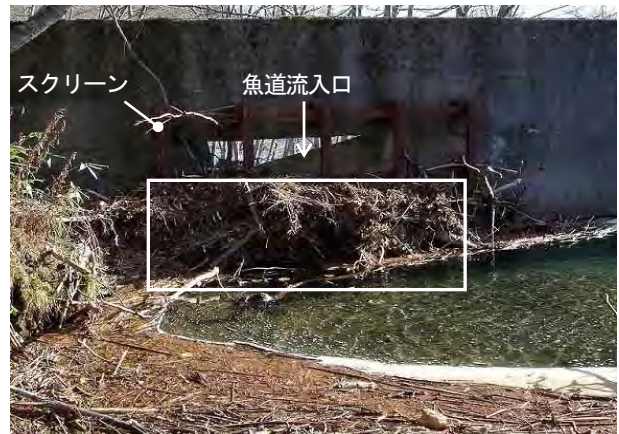


写真-2 流木が堆積した魚道流入口上流部

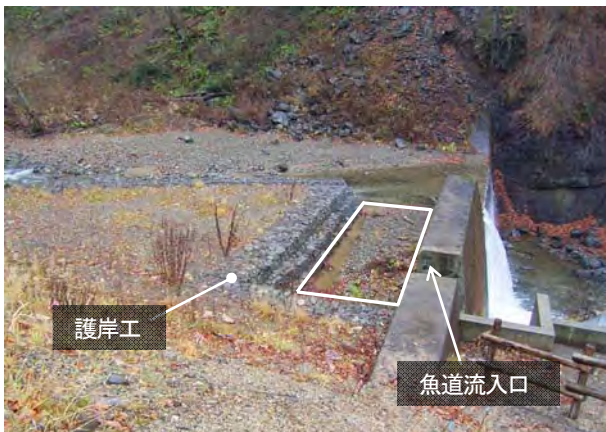


写真-1 土砂が堆積した魚道流入口上流部



写真-3 擁壁工が水制工として機能し土砂堆積が抑制

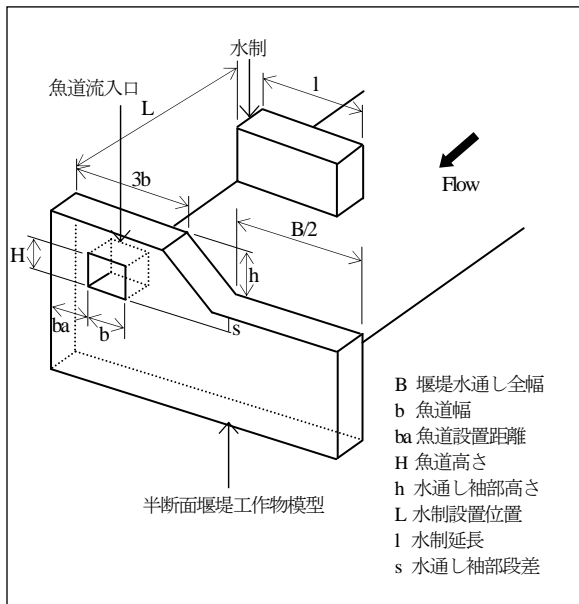


図-1 堰堤工作物模型

表-1 固定床実験における条件および水量

水制設置位置	水制長	魚道流入口構造			流量
		(H-s)/h	s/h	b/B	
L/b	(l-ba)/b	(H-s)/h	s/h	b/B	hc/b
1.5	0.2	0.33	0	0.134	0.31-1.04
3.0	2.0	0.67	0.1		
4.5		1.00			

・ 実験流量は3ケースである (図-3 参照)
 hc: 魚道および水通しから流出する全流量から算定される
 限界水深

これら研究成果は実際の魚道設計において実用化されている²⁾。一方、魚道流入口上流部に関しては研究事例が少なく、洪水時における魚道流入口周辺の流況特性が明らかになっていないため、魚道流入口環境を維持するための構造設計は確立されていない。

本論では、溪流河川の堰堤工作物などに設置された魚道流入口上流部において、魚道流入口環境を維持するための構造設計の一例を提示するため、土砂堆積防止対策として水制工を用いた模型実験の研究事例を紹介し、この研究成果が実用化された事例について報告する。

2. 模型実験研究事例

堰堤工作物などに設置された魚道流入口上流部における土砂堆積防止対策として、著者らは水制工を用いた模

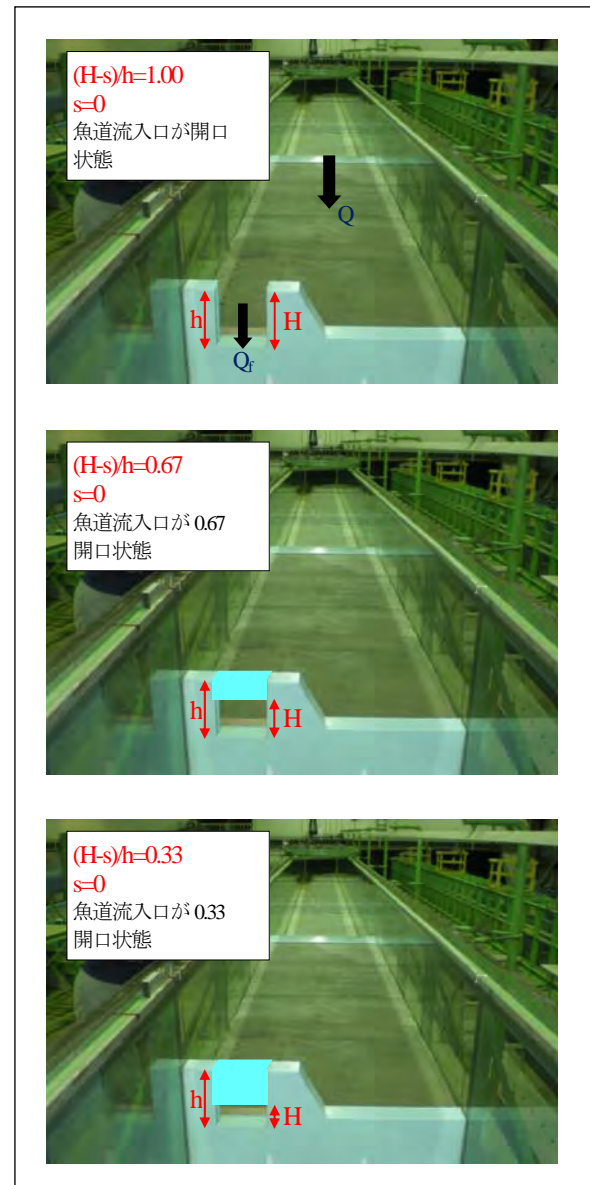


図-2 魚道流入口断面の状態(Q: 堰堤工作物に接近する全流量、Q_f: 魚道流入口を流下する流量)

型実験において①魚道流入口周辺の流況特性②魚道流入口上流部での土砂の移動③魚道流入口上流部での流木の移動について検討した³⁾⁴⁾⁵⁾。

(1) 魚道流入口周辺の流況特性

水制工を設置した場合の洪水時における魚道流入口周辺の流況は魚道流入口断面、水制工の設置位置、長さ、流量に影響を受けると考えられる。このため、模型実験では半断面の堰堤工作物模型を用い (図-1)、これらを変数とした108ケースの模型実験 (固定床実験) が実施され (表-1)、洪水時における魚道流入口周辺の流況特性が明らかになっている³⁾⁴⁾。

具体的には、魚道流入口断面が開口状態の場合 (図-2: (H-s)/h=1.00)、実験流量 (hc/b) が変化してもQ_f/Qの

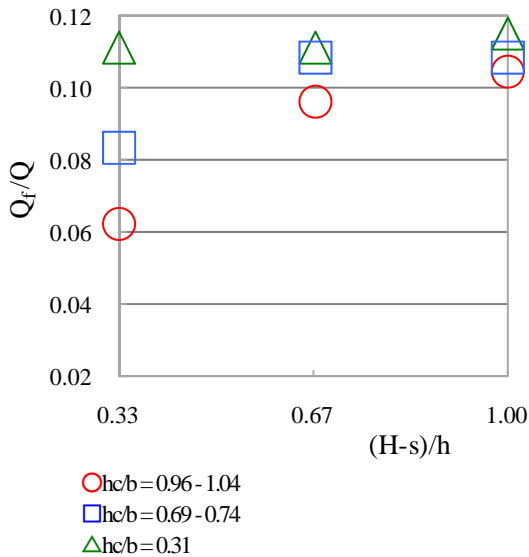


図-3 魚道流入口断面を通過する流量特性 (hc/b は実験流量を、 hc は限界水深を示す)

値はほとんど変化しないこと (図-3)、魚道流入口断面が0.33開口状態の場合 (図-2 : $(H-s)/h=0.33$)、実験流量 (hc/b) が大きくなるにつれ Q_r/Q の値は減少することが見出されている (図-3)。これは魚道流入口断面が0.33開口状態の場合、流量の変化に対し、魚道流入口の水位が魚道開口高以上となり魚道流入口がオリフィス構造となるためと考えられる。安田は、既往論文において河川横断工作物における遡上・降河経路と河川との接続を良好にするためには、魚道流入口上流部では流れが急変しない工夫が重要となることを示している¹⁾。このことより、洪水時に魚道流入口がオリフィス構造とならない開口構造は堰堤工作物の魚道流入口上流部において土砂堆積を抑制する上で有効であると考えられる。また、これらの研究では水制工を設置した場合の魚道流入口周辺の流況特性として、水制設置位置 $L/b=1.5$ と $L/b=3.0, 4.5$ を比較すると (図-4)、魚道流入口に接近する流況は大きく異なることが確認されている³⁾⁴⁾。

(2) 魚道流入口上流部での土砂の移動について

魚道流入口上流部での土砂の移動については、水制設置位置や水制先端位置が特に重要になると考えられる。このため、魚道流入口は流量の変化に対し流れが急変しない開口構造とし (図-2 : $(H-s)/h=1.00$)、魚道流入口に接近する流況が大きく異なる水制設置位置 2 ケース ($L/b=1.5, 4.5$) と水制先端位置 2 ケース ($(l-ba)/b=0.2, 2.0$) を組み合わせた合計 4 ケースにおいて、模型実験 (移動床実験) が実施され、洪水時における魚道流入口上流部での土砂の移動形態が明らかにされている⁵⁾。

具体的には、水制先端が袖部擁壁先端の延長線上に位置した場合 (図-4 : $(l-ba)/b=2.0$)、 $L/b=1.5$ と $L/b=4.5$ を比較すると、魚道流入口上流部での土砂堆積状況は大きく異

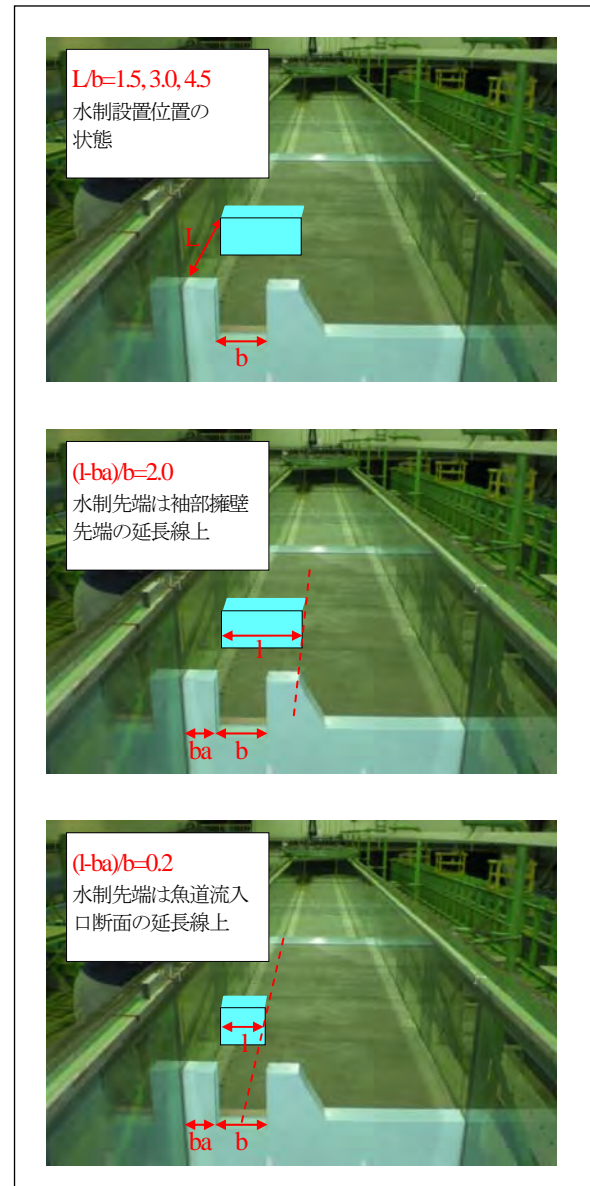
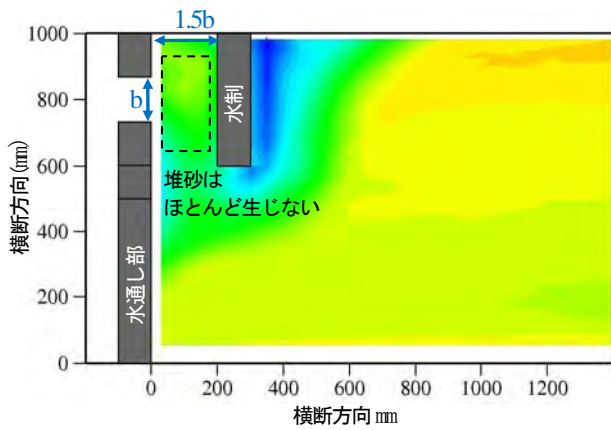
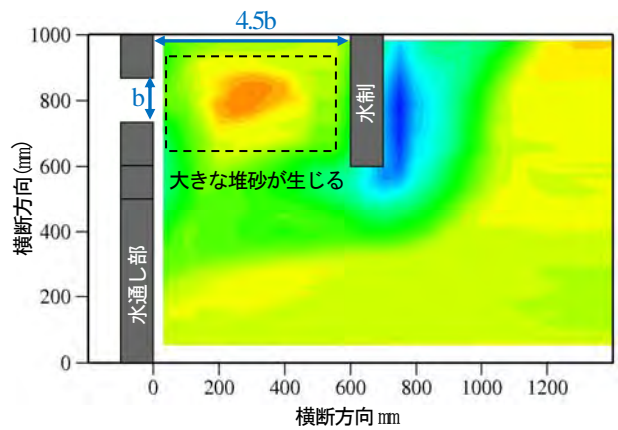


図-4 水制工の状態

なり (図-5)、 $L/b=1.5$ (図-5a) では、魚道流入口上流部で大きな堆砂が生じなく、 $L/b=4.5$ (図-5b) では、魚道流入口上流部で大きな堆砂が生じることが見出されている。これは $L/b=1.5$ (図-5a) では、水制設置位置が魚道流入口に接近していたため、水制と袖部擁壁間で形成される循環流が小さくなり、これによって形成される滞留域に土砂が供給されにくくなったことや魚道流入口断面から土砂が良好に排出されたため魚道流入口上流部に土砂が堆積しなかったと考えられる。また、水制先端が魚道流入口断面の延長線上に位置した場合においても (図-4 : $(l-ba)/b=0.2$)、同様の結果が確認された。このことより、水制と袖部擁壁間で形成される滞留域の大きさを小さくする (ここでは魚道流入口幅 b に対する相対的な水制設置位置 L/b を 1.5 程度とする) ことは、堰堤工作物の魚道流入口上流部において土砂堆積を抑制する上で



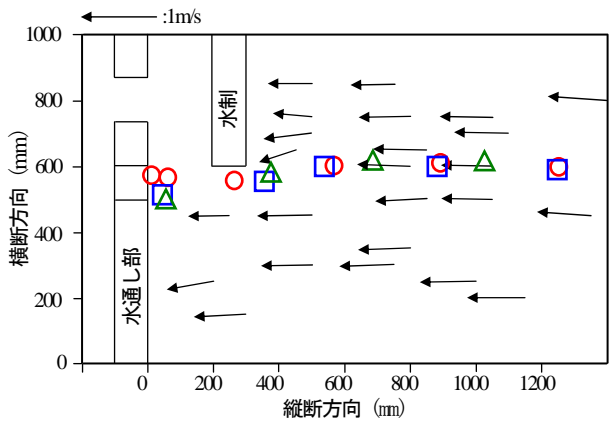
a) 水制先端を袖部擁壁の延長線上に位置させ魚道流入口幅 b の 1.5 倍の位置に水制工を設置 ($(l-ba)/b=2.0, L/b=1.5$)



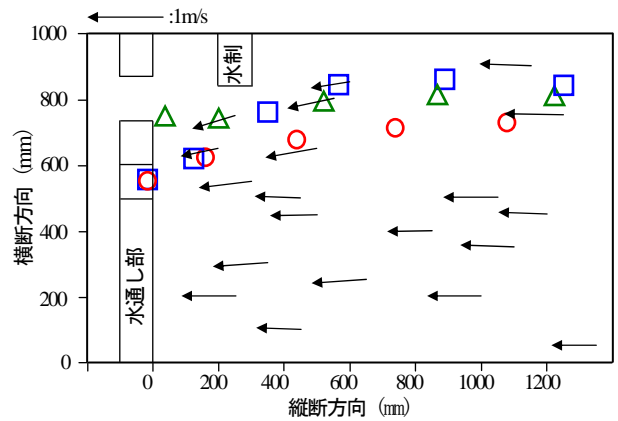
b) 水制先端を袖部擁壁の延長線上に位置させ魚道流入口幅 b の 1.5 倍の位置に水制工を設置 ($(l-ba)/b=2.0, L/b=4.5$)

初期河床からの変化量(mm), マイナスは河床低下を示す
 -300 -200 -100 0 100

図-5 模型実験通水後における河床コンター図



a) 水制により剥離した水流は直接水通し部に向かうため流木模型は魚道流入口に接近しない状態 ($(l-ba)/b=2.0, L/b=1.5$)



b) 水制により剥離した水流は水通し方向に向かうが流木模型の一部が魚道流入口に接近する状態 ($(l-ba)/b=0.2, L/b=1.5$)

図-6 移動床実験時における表面流速ベクトルと流木模型の流下軌跡
 (図中の○□△は流木模型の中心の軌跡を示す)

有効であると考えられる。

(3) 魚道流入口上流部での流木の移動について

魚道流入口上流部での流木の移動については土砂の移動と同様、水制設置位置や水制先端位置が特に重要になると考えられる。このため、魚道流入口は流量の変化に対し流れが急変しない開口構造とし (図-2 : (H-s)h=1.00)、魚道流入口に接近する流況が大きく異なる水制設置位置 2 ケース ($L/b=1.5, 4.5$) と水制先端位置 2 ケース ($(l-ba)/b=0.2, 2.0$) を組み合わせた合計 4 ケースにおいて、模型実験 (移動床実験) が実施され、洪水時における魚道流入口上流部で流木の移動形態が明らかにされている³⁾。

具体的には、水制が袖部擁壁から魚道流入口幅の 1.5

倍の位置に設置された場合 (図-4: $L/b=1.5$)、 $(l-ba)/b=2.0$ と $(l-ba)/b=0.2$ を比較すると、魚道流入口上流部での流木の移動形態は大きく異なり (図-6)、 $(l-ba)/b=2.0$ (図-6a) では魚道流入口に流木が接近しなく、 $(l-ba)/b=0.2$ (図-6b) では魚道流入口に流木の一部が接近することが見出された。これは $(l-ba)/b=2.0$ (図-6a) では、水制先端が袖部擁壁先端の延長線上に位置したため、水制先端で剥離した水流が直接堰堤水通し部に向かい魚道流入口に流木が接近しなかったと考えられる。このことより、水制先端を袖部擁壁先端の延長線上に位置させる (ここでは $(l-ba)/b=2.0$ とする) ことは、堰堤工作物の魚道流入口上流部において流木の接近を抑制する上で有効であると考えられる。



a) 改良前



b) 改良後

図-7 魚道流入口断面の改良事例（函館市周辺における治山堰堤）



a) 改良前（上流より撮影）



b) 改良後（上流より撮影）



c) 改良後（下流より撮影）

図-8 水制工を用いた魚道流入口上流部の改良事例（増毛町周辺における治山堰堤）

3. 実用事例

(1) 魚道流入口断面の改良事例

魚道流入口上流部の土砂堆積防止対策として、魚道流入口断面を改良した事例を図-7に示す。

これは魚道流入口断面をボックスカルバート型から開口型に改良した事例である。こうすることにより、魚道流入口での水位は洪水においても開口高さ以下となる。これにより、魚道流入口周辺で流れの変化が抑制され、土砂が堆積しにくい流況が洪水でも形成されることが考えられる。また、施工後の状況を見ると魚道流入口環境は良好に維持されている。

(2) 水制工を用いた魚道流入口上流部の改良事例

魚道流入口上流部の土砂堆積防止対策として、水制工を用い魚道流入口上流部を改良した事例を図-8に示す。

これは2010年7月29日洪水後に滞筋が大きく変化し、魚道流入口に流水が供給されなくなった治山堰堤におい

て、堰堤周辺に点在する巨石（径1.0m以上）を用い、これを水制工の材料として活用し魚道流入口上流部を改良した事例である。巨石（水制工）は堰堤袖部擁壁より魚道流入口幅の1.5倍の位置に設置し、先端を堰堤袖部擁壁の先端の延長線上に位置させた。こうすることにより、洪水時における魚道流入口上流部での堆砂の抑制、流木の接近防止が図れると考えられる。また、施工後の状況を見ると水制先端で滞筋が形成されつつあり、魚道流入口環境は良好に維持されている。

4. まとめ

本論では、渓流河川の堰堤工作物などに設置された魚道流入口上流部において、魚道流入口環境を維持するための構造設計の一例を提示するため、土砂堆積防止対策として水制工を用いた模型実験の研究事例を紹介し、この研究成果が実用化された事例について報告

した。

本論で得られた成果を以下にまとめる。

1. 模型実験の研究事例より、溪流河川の堰堤工作物などに設置された魚道流入口上流部において、魚道流入口環境を維持するためには①魚道流入口での水位は洪水中においても開口高さ以下とする②水制を堰堤袖部擁壁から魚道流入口幅 b の1.5倍の位置に設置し、水制先端を堰堤袖部擁壁先端の延長線上に位置させることが重要であることを示した。
2. 魚道流入口断面をボックスカルバート型から開口型に改良した事例や巨石（水制工）を堰堤袖部擁壁より魚道流入口幅の1.5倍の位置に設置し、先端を堰堤袖部擁壁の先端の延長線上に位置させた事例において、魚道流入口環境は良好に維持されることを示した。

以上のことより、本論で示した模型実験の研究事例は、溪流河川の堰堤工作物などに設置された魚道流入口上流部において、魚道流入口環境を維持するための構造設計の一例としての有効性を示唆するものである。

今後はこれら改良がなされた箇所において、洪水後どのように魚道流入口上流部の環境が維持されるのかを確認することが必要である。特に、水制工を用いた魚道流入口上流部の改良事例は極めて少なく、魚道流入口環境を維持するための構造設計を確立するために洪水後のモニタリング調査が必要である。

参考文献

- 1) 安田陽一：魚道整備における工学と生態学との連携, 日本水産学会誌, Vol.73(1), pp.116-119, 2007
- 2) 安田陽一, 大津岩夫, 高橋正行, 三村進二, 原口哲幸：長崎県千綿川に設置された台形断面魚道の特徴と魚道設置の効果, 河川技術論文集, Vol.11, pp.435-440, 2005
- 3) 森田茂雄, 安田陽一, 新目竜一, 山下彰司：出水時の溪流河川における魚道直上流部の流況特性に対する水制工設置の影響, 土木学会北海道支部論文報告集, Vol.64, CD-ROMB-18, 2008
- 4) 森田茂雄, 安田陽一, 新目竜一, 山下彰司：出水時の溪流河川における魚道直上流部の土砂堆積に対する水制工設置の影響, 土木学会北海道支部論文報告集, Vol.66, CD-ROMB-7, 2010
- 5) 森田茂雄, 安田陽一, 浜本聡：溪流河川における魚道直上流部の設置された水制工の効果, 河川技術論文集, Vol.16, pp.161-166, 2010