

北陸の溪流環境に配慮した魚道の研究 ～維持管理の軽減を図る砂防堰堤用魚道の研究～

岩手大学農学部 井良沢道也

1. 背景と目的

現在の砂防にあっては、災害に結び付く土砂移動や河床変動を防止するだけでなく、生態系への悪影響をなくし、生物が生息できる環境を保全して豊かな自然空間を創り出すことが求められている。そのための手法の一つとして砂防堰堤における魚道の設置がある。これまで既設魚道については機能面・維持管理面から問題点が指摘されているが、後者においては魚道内部における土砂堆積の問題が挙げられている。北陸地方は日本でも土砂生産の最も高い地域の一つであるため、土砂災害が多い。一方で年間を通じて降水量が多いため良好な溪流・河川環境を有しており、多くの砂防堰堤に魚道が設置されている。本研究では北陸地域を対象としてアンケート及び現地調査から溪流における魚道の実態を明らかにするとともに、土砂や流木の流入減少を目指した水理模型実験によって魚道内に土砂が流入しにくい構造の研究を行った。

2. 研究方法

①国土交通省北陸地方整備局管内の砂防事務所を対象にアンケートを行い、1999年(土木研究所 2001)及び2006年(高橋 2007)に行なわれた実態調査と比較し、また新たに設問項目を設けたものについて分析した。アンケートは16項目からなり、魚道構造に関わる定量的な質問と、魚道管理者から見た魚道への満足度や魚道の問題点など定性的な質問に分けられる(図 2-2)。また、アンケートで回答のあった魚道から12基ほど現地調査を行った。

②魚道出口に仕切り板を設ける構造を基本に、(1)仕切り板直下に土砂溜めプールを設ける実験及び(2)仕切り板を波返し状の曲面にする実験を行った。前者ではプール長さ(2ケース)、給砂材料(3ケース)、プール出口高さ(3ケース)を変化させて行い、後者では仕切り板(3ケース)を変化させて行った。

3. アンケート調査及び現地調査

魚道管理の実態をさらに詳しく調べ現状を把握するため、昨年行った東北6県におけるアンケート調査(高橋 2006)の結果を踏まえて、アンケート調査を行った。今回は、国土交通省北陸地方整備局管内の砂防系事務所6事務所(飯豊山系砂防、神通川水系砂防、金沢、立山砂防、湯沢砂防、松本砂防)に依頼した。質問内容は、魚道の設計、機能面について把握するため、魚道付近の河川の状況や砂防施設の概要、そして魚道構造に関わる定量的な質問を7つ、アンケート記入者から見た魚道に対する考え方を把握するため、魚道の満足度とその理由、今後の魚道に求めるものなど定性的な質問を9つ行った。アンケートの質問をまとめると、表-1のようになる。

表-1 アンケート質問一覧

質問項目		回答形式	質問系統	過去アンケートでの実施
河川の状況	河床勾配、滞筋の有無など	自由記入式	定量的質問	1999年
砂防施設について	施設設置年、流域面積など	自由記入式		2000年
魚道概要	魚道設置理由、対象魚	複数回答		1999年、2006年
	魚道形式	単一回答		1999年、2006年
	平均流速、平均流量	単一回答		1999年、2006年
維持管理について	遡上確認方法	単一回答		2006年
	維持管理回数	単一回答	2006年	
	魚道の満足度、その理由	単一回答	一部(2006年)	
	維持管理の問題点	複数回答	一部(2006年)	
	今後の魚道に求めるもの	部分順位回答	一部(2006年)	
スリット式魚道用質問	今後の維持管理の在り方	複数回答	一部(2006年)	
	スリット部の魚道形式	単一回答	定量的質問	2006年
	スリット式の採用理由	単一回答	定性的質問	2006年
	スリット式の利点、欠点	部分順位回答		2006年

なお、単一回答とは選択肢の中から1つだけ選ぶもの、複数回答とは選択肢の中から2つ以上選べるもの、部分順位回答とは上位3つまでというように部分的に順位をつけるものである。

満足度は「遡上状況」「土砂や流木の堆積」「魚道内流量」「魚の集まりやすさ」の各評価項目と総合満足度の5項目を設けた。総合満足度は、各評価項目を踏まえた上でトータル的にどの程度今の魚道に満足しているかを聞いたもので、魚道の満足度評価において何が特に重視されているかを調べるため設けた。加えて、満足・不満足である理由を問う質問を設けた。

①総合満足度

魚道の総合満足度は、「満足」とした回答は1件もなく、「やや満足」が31%、「やや不満」・「不満」が35.6%と二分する結果となり、同時に、「把握していないため評価できない」という結果も34%と同程度の割合を占める結果となった。昨年の調査においては、「満足」・「やや満足」43%、「やや不満」・「不満」38.6%と若干「満足」上回る結果となっている。1999年の調査では、「やや満足」以上が70.7%、「やや不満」以下が18%であったことから、近年の魚道満足度の低下が分かる。この理由としては、十年ほど前に比べると魚道設置におけるマニュアルや指針が多く作成されるようになったことや、地球環境問題などの観点から派生して、魚道に対する関心が高くなってきたことが考えられる。

②満足理由

総合満足度「満足」「やや満足」と回答した場合に限りその理由を聞いたところ、満足理由として維持管理の必要がないことを挙げたのは9.5%と少ないが、この回答を得た魚道では堆積状況について「やや満足」との回答を得た。魚道に何らかの問題は抱えるものの対処できる範囲であるからと答えたのは47.6%だが、これは後述の維持管理回数が他の回答よりも多いことから、こまめに管理しているために対処できる、としたと推測される。なお、魚道の抱える何らかの問題とは、全10件とも「堆積物が多い」であった。

③不満足理由

総合満足度「やや不満」「不満」と回答した場合に限りその理由を聞いたところ、「維持管理しなければ魚道機能に支障が出るから」と答えた割合が37.5%と最も多い。この回答を得た魚道では、維持管理上の問題として主に堆積物が多いことが挙げられており、これが維持管理の支障となる原因であると推測される。次いで「魚道として機能していない」という回答が29.2%であり、管理すれば魚道機能を発揮するものがある一方で、機能面などの原因から魚道として機能していないものも多くあるということが分かる。この回答を得た魚道では、維持管理上の問題として予算不足が多く挙げられており、このことから、機能面もしくは堆積物など維持管理の作業や対処をするにあたり、予算不足のため対処できないことが明らかになった。なお、その他の理由は、「定期的な維持管理や施設効果の検証ができていないから」であった。

④総合満足度と各項目の比較

横軸に各評価項目の満足度をとり、総合満足度を色別の棒グラフで表した(図-1)。ここから主に読み取れるのは、堆積状況で評価が高い場合には、総合満足度でも評価が高いことが多いこと、遡上状況や魚の集まりやすさについて把握していない場合が多いが、これは総合評価にはあまり影響していないことである。これには、以下の理由が考えられる。

前述の②満足理由、③不満足理由からも見受けられるように、特に堆積状況に満足している魚道での総合満足度は高い。これは堆積状況が、魚道が機能しているかを把握する際に最も分かりやすい指標であるためと思われる。遡上状況、魚の集まりやすさはその検証において魚を放す必要があるなど時間もお金も要するが、堆積状況・魚道内流量は現場の目視あるいは計測によって一目で分かる。また、堆積物は人力によって除去することが多いことから労力を必要とするため、現場での負担の大きい作業となっているため、この労力が少ない＝満足度が高い、となっていると考えられる。このように考えた場合、また遡上状況、魚の集まりやすさが把握されずに魚道が評価されている傾向にあることから、満足度が高いとされている魚道でもそれは管理者の立場から見ると満足度が高いということであり、実際に魚の遡上が可能かという観点から見た場合、魚道として機能していないものももっと多くあるのではないかと考えられる。

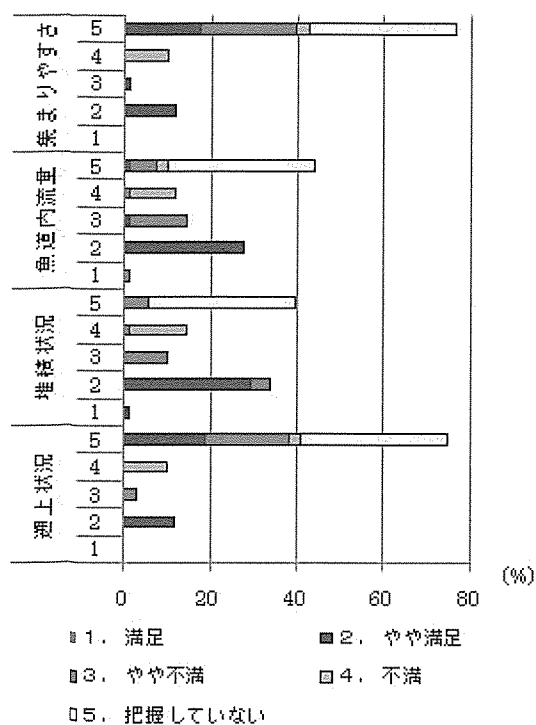


図-1 各評価項目満足度と総合満足度

4. 維持管理の低減を目指した水理実験

土砂流入の少ない魚道構造を構築するため、水理模型実験を行った。模型は、維持管理軽減を目指したIM式魚道(石井 2002)を参考に幾つかの改良を加えて行った。

①想定河川

1999年に土木研究所が実施したアンケートの報告書(砂防研究室 2001)によると、魚道が多く設置されている河川の条件は流域面積が5.0 km²まで、河床勾配1/20~1/50であったため、流域面積5.0 km²、河床勾配1/40の河川を想定して実験を行った。粗度係数については0.04と設定した。

②実験装置

実験は魚道の出口部分における部分実験で行った。実験模型は図-2のようになり、図においてAが放水部、Bが導水路、Cが魚道部分に相当する。流域面積は、1999年のアンケート調査において河川の流域面積では最も回答の多かった5 km²として設定した。水理実験装置の水路幅は15 cmであり、この半分を漕筋として使用することから、模型の漕筋の広さは7.5 cmとなった。この漕筋の関係から模型の縮尺を決定し、縮尺は1/7となった。図-2におけるゲートから土砂及び水を回収する。実験風景を写真-1に示す。

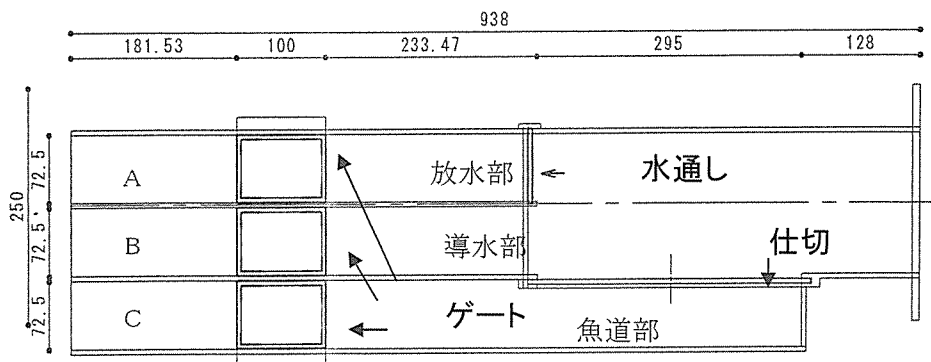


図-2 水理実験模型平面図



写真-1 水理実験風景

③給砂材料

今回、実験パラメータの出しやすさと一般的な傾向を調べるため、粒度分布の広いもの（現地換算平均粒径 3.6 mm）、粒径の大きなもの（現地換算平均粒径 4.5 mm）、粒径の小さなもの（現地換算平均粒径 3.2 mm）の3つのパターンを想定して試料を作成した（図-3）。

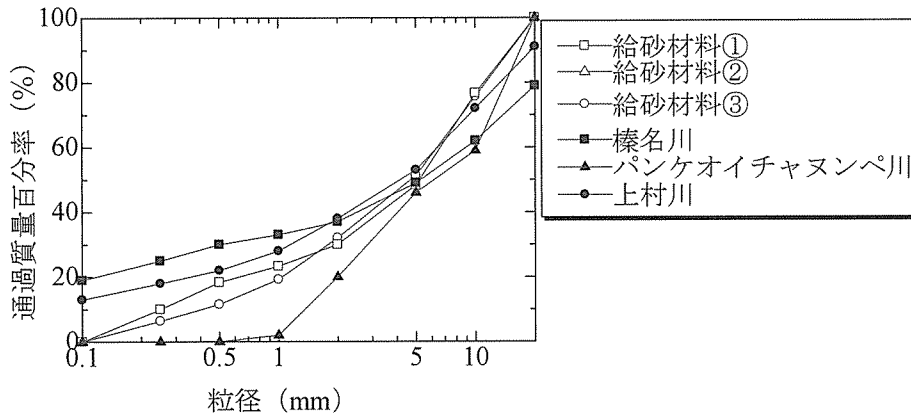


図-3 給砂材料粒径加積曲線

④実験ケース

大別して次の2タイプの条件で実験を行った。

- (1) IM 式魚道模型+土砂溜めプール
- (2) IM 式魚道模型+曲面型仕切り板

このうち、(1) IM 式魚道模型+土砂溜めプールは IM 式魚道模型の導水部上流部、仕切り板直下に土砂溜めプールを設けた実験である。プールは縦 19.8cm、横 7.3cm とし、高さは 7cm に設定した。プールの長さは、ベントナイトや板を使って埋めることにより、長さを自由に変えることができる。また、プールの下流部側の縦側面は可動式となっており、下流部側のみプール高さを調節することにより、プール入口との落差を設けることができる。

この実験の変化条件は、プール長さ、プール高さ、プール入口傾斜、給砂材料の4条件である。プール長さは仕切り板下流側から 9.9cm、14.6cm の2条件に設定した。プール高さは、落差のない状態（7cm）、半分落差を設けた状態（3.5cm）、2/3 落差を設けた状態（2.3cm）の3条件に設定した。プール入口傾斜は、90° と 60° の2条件に設定した。この実験では、昨年実験で最も土砂流入の少ないとされた水通し高 4.5cm、仕切り高 1.5cm で行った。

次に、(2) IM 式魚道模型+曲面型仕切り板の実験は IM 式魚道模型の仕切り板の条件を変えた実験である。改良点は、仕切り板上部に曲面を設けたことである。変化条件は、仕切り板の形状を変えて 3 ケース行った (図-4)。

- ①従来型 (昨年と同様の、曲面のない板状のもの)
- ②曲面小 (A 幅が 0.5cm)
- ③曲面大 (A 幅が 1.0cm)

この実験では、昨年の実験で最も土砂流入の多かった水通し高 4.5cm、仕切り高さ 1.0cm における給砂材料①を実験試料として用いた。

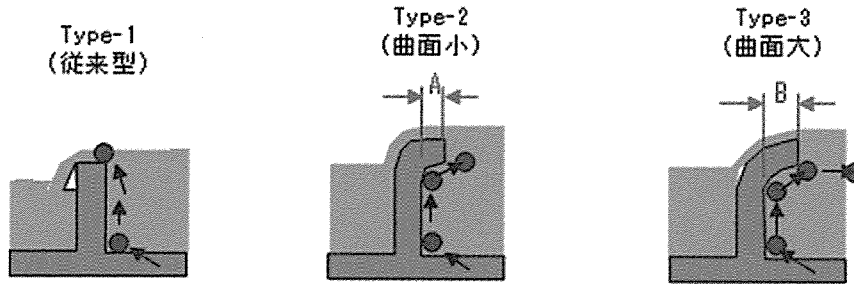


図-4 仕切り板の条件

⑤実験結果

水理実験では、(1)のケースの実験では、プールの入口と出口に高低差を設けることで魚道部流入土砂量が減少し、またプール入口に傾斜を設けることで溜まった土砂が排砂しやすくなる結果となった (図-5)。(2)の実験では曲面型魚道出口部に設置した仕切り板を波返し型に変えることで、土砂量の大幅な減少と細粒化が見られた。実験模型に設けられた魚道部仕切り板の越流水深は、魚の遡上能力からみて 0.8cm 以上必要であるが、1.0cm(曲面大)では 0.5cm と不足したため、今回実験においては 0.5cm (曲面小) が最適な結果となった (図-6)。

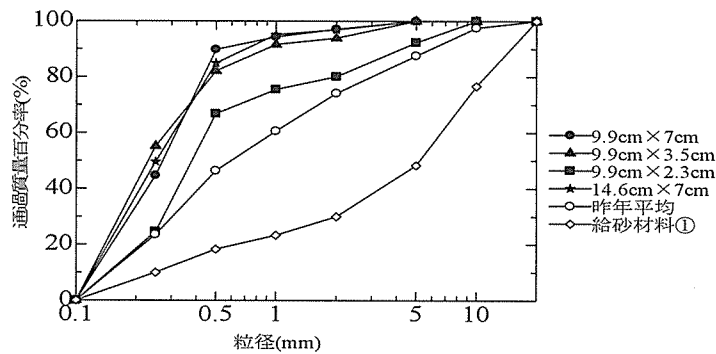


図-5 入口傾斜 90° 給砂材料①粒径加積曲線

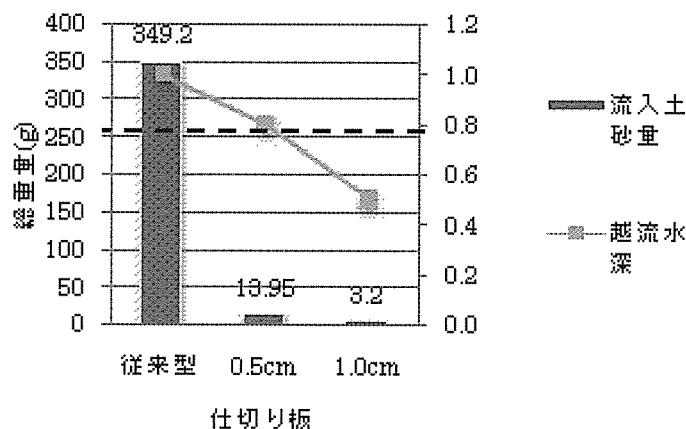


図-6 曲面型別仕切り板流入土砂量

5. まとめと課題

北陸地域を対象として砂防堰堤に設置されている魚道のアンケート調査、現地調査そして維持管理の低減を目指した水理模型実験を行った。

①アンケート調査では、構造面では適した設計であるものが多かった。これは魚道設置マニュアルなどの浸透によるものと考えられる。維持管理については、定期的な巡視を行っている割合が94%を占めたが、回数は65%が年1回であり、堰堤の点検時に行っている例が多い。遡上確認は84%が行っていない。施工後に遡上する魚道であるかの調査がほとんどされていないことが分かった。これは、堰堤設置時もしくは魚道のない堰堤に魚道を設置する例が68件中62件だったのに対し、魚道を改良した例が6件しかないことから分かる。また、遡上状況や魚の集まりやすさなどは把握されていないことが大半であるが、これらは魚道の満足度に反映されていない。一方、土砂堆積が少ない場合では満足度が高いという傾向がみられた。このことから、今まで行われてきた魚道満足度調査の満足度評価は、必ずしもその魚道が魚が遡上するかどうかではなく、堆積が少なく管理しやすい魚道か否かで決定されている可能性がある。

②現地調査では、実際に魚道を視察することにより、アンケートだけでは分からなかった魚道管理の現状が明らかになった。機能面では、特に勾配や落差に問題があることが多く、そのため剥離流や気泡流の発生が多くみられた。維持管理面では土砂・流木の堆積が問題であったが、特に大きな流木は人力による除去ができず、地理上の問題から重機の搬入も不可能な状況が見られた。なお、スリット式魚道については、今回調査では評価が高いとは言えず、スリットには流れを遮断しないなどの利点もあるが、魚道機能を持つという観点からでは通常の魚道と変わらず問題を抱えているものもあることが明らかになった。

③土砂の入りにくい砂防魚道部構造を目指すための水理実験を行った。仕切り板直下に溜めプールを設ける実験では、設置により流入土砂が昨年より減少、細粒化し、設けたプールの出口高さによって流入土砂量、越流水深は変化することが明らかになった。また、土砂溜めプール入口に傾斜を設けることでプールの排砂が促進されることも分かった。同様に仕切り板を曲面型に変える実験でも、土砂量が減少・細粒化することが明らかになった。これらの適応条件は、流量や曲面幅の大きさによって左右される。

今後の課題としては、アンケートにおいて今後の維持管理方法について地域住民やボランティアとの協力という回答が最も多かったことから、こうした施策の推進が必要である。さらに、管理者側の根本的な管理方法にも何らかの変化が必要である。同時に、土砂堆積については、今後も引き続き魚道内に流入する土砂の軽減を目指し、研究する必要がある。

本研究を進めるにあたりご多忙中にも関わらずご協力を頂きました国土交通省北陸地方整備局河川部広域水管理官古川正幸氏、同部建設専門官山本悟氏、飯豊山系砂防事務所長岡村幸弘氏、調査課長山崎忠氏、新庄河川事務所長田井中治氏らをはじめとする皆様には大変お世話になりました。また水理模型実験の実施にあたり、(株)建設技術研究所長井齋氏の助言が大きい。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

なお、本研究を進めるにあたり、卒業論文として取り組んだ岩手大学農学部農林環境科学科4年生中屋典子(群馬県庁勤務)によるところが大きい。本研究は(社)北陸建設弘済会の第12回「北陸地域の活性化に関する研究助成事業」の助成を受けることができました。北陸地方整備局管内に8年半勤務させて頂いた私にとって、6年ぶりに北陸の砂防堰堤を対象に本格的に調査できましたことに対して厚く感謝申し上げます。今後も北陸地域の砂防魚道の維持管理の現状を把握すると共に、構造及び管理方法の両面から維持管理を軽減する研究を行っていきたいと思います。なお、参考までに本研究の詳細なレポート(全111ページ)を希望者に送付させていただきます。

参考文献

- 高橋 健.(2007). 溪流に適合した魚道に関する研究. 岩手大学卒業論文
- 国土交通省国土技術政策総合研究所砂防研究室.(2001). 魚道に関する実態調査の解析業務報告書, 未発表.
- 井良沢道也ら(1992). 砂防における魚道の実態調査. 砂防学会誌 Vol. 44, No. 6, 12-20.