

粗石付き斜路魚道の設計法の確立のための遡上・流況調査

山口大学大学院	学生会員	○勝部伸一		非会員	東 幸佑
山口大学教授	正会員	関根雅彦	山口大学助教	正会員	神野有生
山口大学教授	正会員	山本浩一	山口県庁	非会員	小澤武範

1. 研究背景及び目的

近年、落差工を撤去して粗石付き斜路などの全断面魚道に置き換えたり、生物の生息条件を向上させるために河床に礫を敷設したりするなどの工事が行われ始めた。しかし、粗石付き斜路の設計は単に石の配置などの定性的な指針に留まっており、実際にどのような流量の時どのような魚が遡上できるのかは明らかになっていない。このため、投資効果の適切性が評価できていない。そこで本研究では、粗石付き斜路と階段式魚道が併設されている山口市の樫野川上流部（図1）において魚類遡上調査と流況調査を行い、粗石付き斜路魚道の遡上効果の検討と魚類の遡上を妨げる働きをする気泡の影響および発生条件についての検討を目的とする。



図1 粗石付き斜路と階段式魚道

2. 遡上調査

2-1. 調査方法 調査日時は、増水時である2010年8月19日20時から翌日11時にかけてと、平水時である2010年9月29日12時からその翌日13時にかけての二回である。粗石付き斜路上流側出口において、水中カメラ等を用い連続ビデオ撮影した。また、比較検討するために、隣接した階段式魚道においても同様の調査を行った。

2-2. 調査結果 一回目の遡上調査では、粗石付き斜路魚道出口では三个体、階段式魚道出口では二个体の遡上を確認した。調査魚道直上流の河川流量は20日10時30分時点で $0.622\text{m}^3/\text{s}$ である。どちらの魚道においても遡上個体数が少ないため、この魚道は増水時には遡上に適さない状態となることが考えられる。二回目の遡上調査では、調査魚道直上流の河川流量は29日13時時点で $0.32\text{m}^3/\text{s}$ 、30日13時時点で $0.27\text{m}^3/\text{s}$ であった。遡上した魚の総個体数は粗石付き斜路魚道が90個体に対して、階段式魚道は32個体と少ない。ただし、粗石付き斜路式魚道において、遡上の確認された魚類の大きさは底生魚と遊泳魚のどちらも全て10cm未満と小さい。隣接してある階段式魚道では10cmを超える魚類の遡上を複数個体確認できたが、逆に5cm未満の魚類の遡上個体数は少なかった。

3. 流況調査

3-1. 調査方法 現場の流況を三次元的に解析するため、トータルステーションを用いて魚道の三次元座標測定を行った。得られた測量データはArcGISを用いて平面図、立体図とした。また、調査魚道の流況を、粗石付き斜路側を2011年1月28日、階段式魚道側を2011年2月4日に調査した。どちらも平水時であり、二回目の遡上調査時と河川流量に大きな差は無い。微視的にみれば、粗石付き斜路も小さなスロープとプールのネットワークと考えることができる。ここでは、粗石付き斜路のスロープの流速、水深、気泡の混入状態とプールの水深、泡の状態をそれぞれ測定した。気泡の混入状態は、0：泡なし、1：表面に泡、2：中層に泡があるが泡のない部分もある、3：全層に泡が存在、の4段階で表現した。

3-2. 調査結果と考察 粗石付き斜路のスロープ流速と、プールの泡を図2に示す。本魚道では水流が主に扇形の外縁に沿って流下し、外縁部で高流速、泡の混入も多くなっている。このような部位は魚にとって遡上困難であると考えられる。

図3に階段式魚道も含めたプールとスロープのオイカワ成魚に対する総合選好値CSIを示す。CSIは各プール、スロープ毎に、流速の選好値×水深の選好値×気泡の選好値で求めた。オイカワの水深、流速の選好値を図4に示す。気泡の選好値は気泡の混入状態が0または1のとき1.0、2のとき0.5、3のとき0と仮定した。これより、階段式魚道はプールの大部分は良好な流況ではあるものの、落差部とその直下の流況が好ましくなく、より遊泳力の高い魚のみ遡上できるものと推測された。一方、粗石付き斜路では多様な流況が構成されており、より小型の魚でも遡上できたと考察された。ただし粗石付き斜路は全体的に水深が浅いため、大型の魚の遡上は少なかったものと推測される。

4. 気泡の発生条件の検討

粗石付き斜路では気泡の存在により魚の遡上が阻害されるケースが多いように考えられた。気泡の発生条件を定量的に評価するため、Wilks のラムダを用いてステップワイズ法により判別分析を行うこととし、グループ化変数は、プールの泡 P_Bubble, 独立変数として、スロープ落差 S_Gap, スロープ斜距離 S_Length, スロープ幅 S_Width, スロープ勾配 S_Slope, スロープの投影面積 S_Parea, プールの流量ゼロ水深 P_Zdepth, プールの面積 P_Area, プールの容積 P_Volume を用いた。

分析の結果、表1に示す3変数が抽出された。スロープの形状にかかわる変数は判別関数に含まれず、プールの形状のみが抽出されたことが興味深い。表1によれば、水深が浅い、容積が小さい、または面積が小さい形状のプールにおいて泡が少ないことになる。ただしそのようなプールでは流速や水深が魚の移動に適さない状態になることが予想される。

5. 結論

本研究では、山口市榎野川上流部の粗石付き斜路と階段式魚道において魚類遡上調査と流況調査を行うことで、これらの魚道の遡上効果等の検討を行った。旧来の階段式魚道は落差部において、高流速および気泡の混入がみられ魚類の遡上の阻害原因となっていると考えられ、流況改善が必要であった。粗石付き斜路はその扇状の形状によって多様性に富んだ流況となっており、扇状の壁面側においては流れの乱れより気泡の混入が多くみられ、魚類の遡上に適していないと考えられた。流量の少ない中央部においては魚類の遡上に関して好適な環境を示す部分が多くみられたが、全体的に水深が浅いため大型魚類の遡上には利用されていない。以上の結果より、それぞれの魚道で高流速・低水深・気泡が遡上の障害になっている可能性を示した。

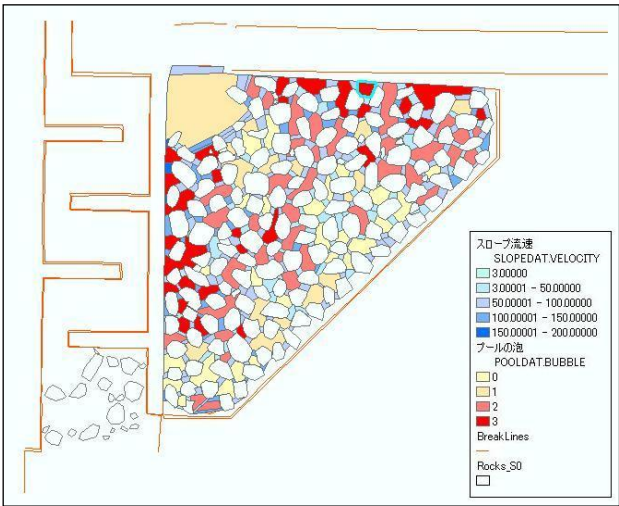


図 2 スロープ流量とプールの気泡状態

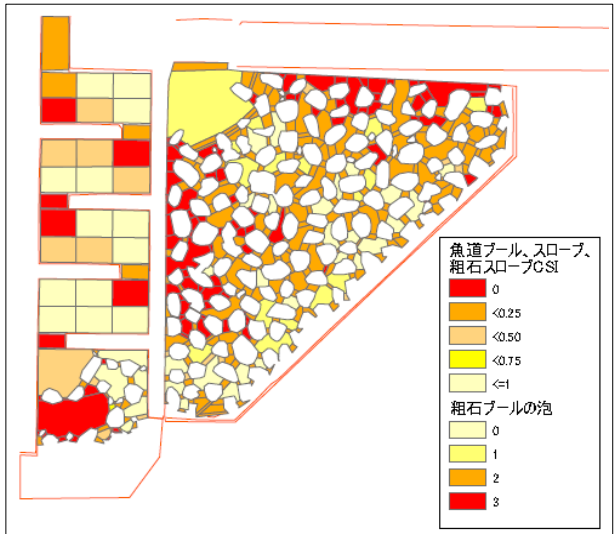


図 3 魚道の総合選好値 CSI

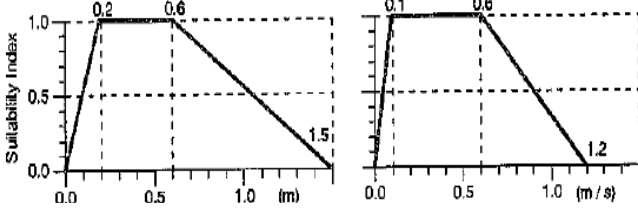


図 4 オイカワの流速、水深の選好曲線

表 1 抽出された変数と標準化された正準判別関数係数

	関数		
	1	2	3
P.ZDEPTH	.656	1.113	-.236
P.AREA	-2.603	4.124	-1.100
P.VOLUME	2.165	-4.337	2.160