

## 牧田川における魚道の縦断的連続性と土砂流入対策に関する研究

(独)国立高専機構 岐阜工業高等専門学校 専攻科 学生会員 ○橋口 喬太  
(独)国立高専機構 岐阜工業高等専門学校 正会員 和田 清

### 1. はじめに

岐阜県内の河川には673箇所の魚道が設置されているものの、経年的に機能低下が著しい箇所が多く、2012年の調査によると良好な魚道は全体の2割にとどまり、約4割の魚道は改修が必要とされた。主な機能低下の要因の中で、土砂の堆積は維持管理の必要性を示すものであり、対策工の設置等により比較的早期の機能回復が見込める。本研究では、岐阜県管理の魚道において、フィッシュウェイサポーター制度の魚道点検結果を可視化し、流域における魚道機能を縦断的な連続性の観点から評価する。また、土砂移動の大きい山地河川の牧田川中流部に位置する田村頭首工を対象にして、洪水前後における河道の土砂変化量と魚道への流入土砂の実態を把握し、数値モデルを用いて洪水流が魚道本体へ及ぼす流れの集中度、さらに、魚道プール内を対象にした流体解析により、洪水時における魚道の流れ場の特性(流速、渦流など)を把握する。

### 2. 研究方法

岐阜県の主要な流域における縦断的な魚道の機能評価を行うために、河道の水際線のファイルをArcGISに取り込み、フィッシュウェイサポーター制度の魚道点検結果(5年間)の経年的な推移を可視化した。また、調査対象魚道は、牧田川中流部に位置する田村頭首工(川幅50m, 落差1.5m, 平均河床勾配1/100)である。右岸に設置された魚道は、越流した流水のエネルギーをプール部で減勢するプールタイプとなっている(図-1参照)。台風接近等による洪水規模を把握するために、メモリ式水位計(S&DLmini)を河道上流の左岸側に設置し、大気圧補正計を併設して水位データに換算した(計測間隔:10分)。洪水前後の河床変化量の算定には、UAVによる空撮(PhotoScanPro, ArcGISによる3次元地形情報化を含む)およびトータルステーションによる地形測量(Geotagging, GNSSを含む)を実施した。下流側の微地形(巨岩や凹地など)による河道から魚道への流れの集中度を明らかにするために、洪水時の流況を再現した平面2次元数値解析(iRICNays2DH)を行った。上述した地形測量から得られた3次元座標DEMデータを数値モデルの地形情報として設定し、計算条件は粗度係数(移動床: $n=0.03$ , 固定床: $n=0.02$ ), 河床勾配: $i=1/100$ とした。

### 3. 結果および考察

#### (1) 経年的な魚道評価と縦断的な連続性の可視化

2012年度および2016年度における牧田川の魚道点検評価を図-2に示す。2012年にはC判定(改修が必要)の魚道が多く見られたが、経年的に魚道の機能は改善され、2016年ではA判定(良好)およびB判定(経過を観察)へと魚道評価は向上した。しかしながら、各魚道を単体で見ると評価は向上しているものの、連続性の観点からは、下流の魚道機能が低下しているために結果的に魚類の遡上を妨げている。田村頭首工では2015年に新設工事により一度は機能が回復したが、2018年現在では、巨礫(粒径15~30cm)の流入により隔壁の破損が顕在化している。縦断的に見ると魚道が機能低下している場合や、対策が施された魚道においても再び機能低下に陥る箇所もあるため、継続的なモニタリングと簡易補修等が必要である。

#### (2) 洪水履歴および河道の河床変動量

大気圧補正を行った2016年および2018年の洪水前後の水位変化を示したものが図-3である。なお、水位の基準点は魚道出口側壁の天端としている。同図より、平水時には0.1~0.2m程度の水深である。2016年は9月に発生した台風16号(930hPa)の影響による増水が一度だけ確認されたが、2018年は7月~9月にかけて大規模の台風(915hPa~960hPa)が通過したことで、間欠的な出水が複数回確認されている。

対象領域の縦断方向120mの範囲における洪水前後の流れ方向の河床断面図を図-4に示す。2016年の結果では、洪水後は掃流力の増大により堰上流30m以上では河床低下が生じた。2018年の洪水前後で比較すると、2016年と同様に上流において洗堀量が増加する結果となっている。さらに、同じ上流60m地点において

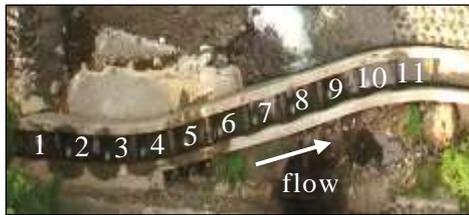


図-1 牧田川の田村魚道

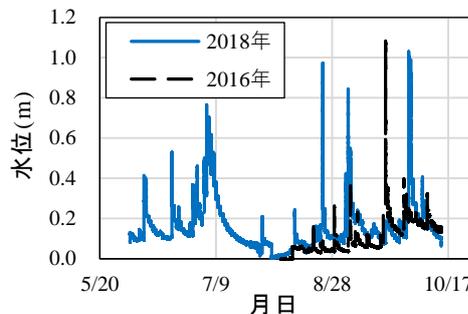


図-3 洪水前後の水位変動

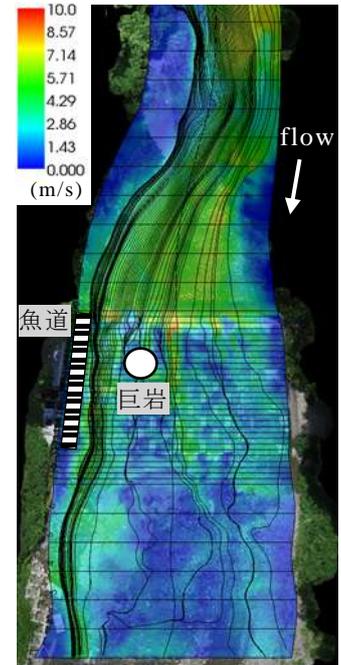


図-5 洪水時の流線(Q=100m<sup>3</sup>/s)

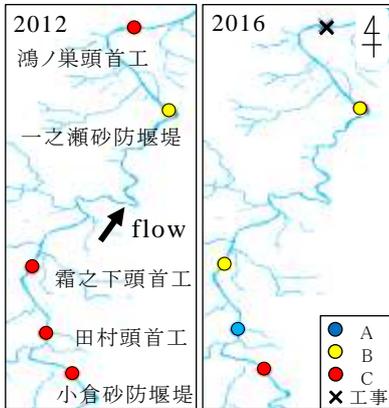


図-2 牧田川の魚道評価(2012, 2016)

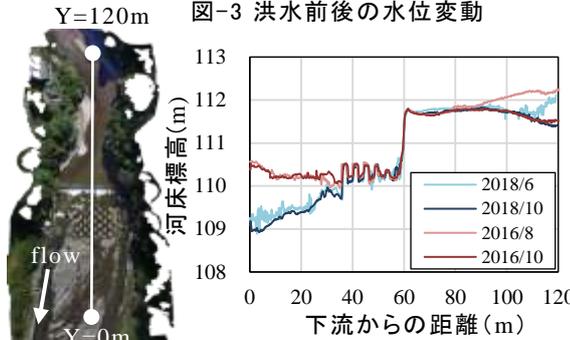


図-4 河川縦断方向の河床標高

も、右岸部より左岸部の洗堀量が多い結果が得られている。これは、河道の地形的要因によるものと考えられ、堰上流40~50m地点の河道湾曲により上流からの流れが左岸側に集中し、局所洗堀量が大きく生じた可能性が高い。また、堰下流に着目すると、堰直下~下流20mには護床工ブロックが設置されているため河床変化は見られないが、20mより下流では調査期間(2年間)で大幅に河床が低下していることが分かる。洪水時の掃流力の増大により、堰上流部で洗堀された土砂の多くは堰下流部に流送されて、その一部が右岸側の魚道方向にも流入したことが示唆される。また、水位上昇1m程度の規模の洪水が複数回発生したことで、堰下流域の堆積土砂は堰上流からの供給土砂量とともに、さらに下流へと流送されたことが明らかとなった。

(3) 魚道周辺の洪水流の数値解析

洪水時の河道および魚道周辺の流れを模擬し、河道の主流部から偏向する流れの分布を把握するために、平面2次元数値解析を行った(図-5参照、流量:100m<sup>3</sup>/s、瞬間値の流速値と流線)。同図から、堰上流部での流線に着目すると、河道の主流軸が偏向して流向が堰に対して直交ではなく魚道方向に向いていることが確認できる。また、一部の流れが魚道出口や取水口に流入する傾向が見られ、上流からの流送土砂が魚道出口より流入する可能性を示唆している。堰下流に着目すると、巨岩に沿って速い流れが左右に分流して魚道方向に偏向しており、魚道側方の約1mの凹地や護床工の有無による河道中央との高低差の影響により、魚道側方に高速流(流速:5~7m/s)が集中している。これらより、洪水時には魚道側方から高速流が流入し、上流からの流送土砂が側壁を越えて直接魚道に流入することが示唆される。現地調査において、下段のプール部(No.7~11)で巨礫(粒径15~30cm)の堆積が数多く確認された。洪水時には魚道側方や魚道出口から巨礫がプール内に運ばれ、これらの巨礫を含む洪水時の強い渦流の衝撃力によって魚道隔壁が損傷・破壊を受けたものと考えられる。

4. おわりに

洪水後の現地観測より、上段のプール部(No.1~6)の土砂は一掃され、下段のプール部(No.7~11)に土砂が多量に堆積することが確認されている。さらに、巨礫などの流入によるプール内の隔壁の破損が見られたことから、プール内には洪水時に巨礫を含めた大きな外力が発生することが想定される。今後は、洪水時において魚道プール内で発生している流れ場の特性を把握するために、オープンソースソフトウェアであるOpenFOAMを使用して流体解析(自由表面流れ、非圧縮性流体)を行い、プールタイプのモデルを再現し、魚道形状(プールタイプ、アスペクト比など)を変化させた解析により、維持管理しやすい魚道形式を検討する予定である。