

3次元点群モデルを用いた 全断面魚道評価手法の提案

林田 寿文¹・阿部 謙三²・萱場 祐一³

¹正会員 博士 (環境科学) 国立研究開発法人 土木研究所 自然共生研究センター
(〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地)

E-mail: hayashida-k573bs@pwri.go.jp (Corresponding Author)

²非会員 土木研究所 自然共生研究センター (同上) E-mail: abe-k574ck@pwri.go.jp

³正会員 博士 (工学) 名古屋工業大学大学院 工学研究科 社会工学専攻
(〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町) E-mail: kayaba.yuichi@nitech.ac.jp
(前 土木研究所 水環境研究グループ)

UAVの空撮写真から作成した3次元点群モデルを活用し、全断面魚道における機能評価手法の提案を行った。魚道の機能として重要な要素であるプール間落差について、現状の状況を短時間で把握し、魚類遡上の可能性を評価できた。全断面魚道内の多様な移動経路の確保に寄与するプール面積、各プールの水脈角度、水脈数、流入・流出プール数について、魚道内における遡上経路の多様性に関する評価ができた。本手法は、物理環境面から全断面魚道の機能評価を行うことができ、全断面魚道の魚類遡上のしやすさを簡易的に判断できると結論した。

Key Words: fishway, pool area, migration route, water flow, UAV, 3D point cloud model

1. はじめに

河川内を制限なく移動するための水域連結性の確保は、多くの水生生物が生活史をまっとうする上で必要不可欠である¹⁾。一方でダムや堰などの河川横断工作物による水域連結性の欠如は、生物の生息場の分断、個体群の減少、本来の生活史の改変、空間的な生物構造の改変²⁾など生態系へ悪影響を及ぼす³⁾。個体群の絶滅⁴⁾などを招くとともに、集団レベルで遺伝子構造を変えてしまう可能性もある⁵⁾。その分断期間が長いほど上流の生息場の質は低下してしまう⁴⁾。魚類の中でも水域連結性分断の影響を大きく受けるのは、アユ (*Plecoglossus altivelis*) やサケ科 (*Salmonidae*) という通し回遊魚と呼ばれる産卵や成長のため海と河川を往来するタイプの種である。その対策として、河川横断工作物には魚道が設置されてきた。

我が国の魚道整備は1880年代に始まったと言われ⁶⁾、近年では生態系ネットワーク⁷⁾、小さな自然再生⁸⁾、小わざ魚道⁹⁾などの活発化も相まって魚道がますます注目されている。これまでは、魚がのぼりやすい川づくり事業などにより大河川において階段式魚道の様な河川流量の一部を利用する水路タイプの研究や設置が主であった¹⁰⁾が、近年では川幅全体を流下する全断面魚道の設置事例も増加している⁷⁾ (図-1)。水路タイプは、魚道幅

の狭さも相まってプールが一つでも閉塞すると魚類の遡上は困難となる一方、全断面魚道は土砂などで一部が埋没しても魚類は別ルートから遡上できるメリットがある¹¹⁾。設置場所や予算の制約がなければ景観にも配慮できる全断面魚道の設置が望ましい¹¹⁾。特に中小河川においては、川幅が狭いことから全断面魚道の設置に適しており、魚道形式を決定する検討の1案となる。しかしながら、全断面魚道は水路タイプ魚道と比べて明確な機能評価方法や設計方法が確立していない²⁾。施工に関しても石工の職人技に頼らざるを得ない部分もあり、性能が安定していないと考えられる。そのため、効果的に魚類が遡上できているか不明な全断面魚道が全国の河川で散見される。

全断面魚道は、同一形状のプールが一定の落差で連続する多段式タイプや、斜面に粗石を配置した粗石付き斜



図-1 魚道タイプの違い

(左図: 流量の一部を流用する水路タイプ魚道, 右図: 河道幅いっぱい設置され河川の全流量を流下させる全断面魚道)

路タイプなどの施工実績が複数あり、魚類の遡上実験¹²⁾などが行われてきた。一方、近年では、小割したランダムな形状のプールに落差をつけたウロコタイプ全断面魚道（以下、ウロコとする）が景観性に優れ、流況も多様であることから注目を集めている（図-1 右）。ただし、ウロコは、構造の複雑さから流況計算も困難であり機能評価が難しい。また、設置した粗石が出水時に流出することも多く、当初の設置状況から経年的に劣化が進む。そのため、設置されているウロコが、現状で魚道として機能しているかは不明である。

本研究は、全断面魚道のうちウロコを対象として、調査が比較的簡単な物理環境面から魚道の機能評価手法の提案を目的とした。つまり、魚道の既往評価で行われてきた魚類の遊泳行動や遡上数の調査をすることなく、簡易的に魚道評価が可能となる。具体的には近年普及が進むドローン（UAV）による空撮写真から、対象魚道の3次元点群モデルを作成し、水面標高、プール形状、水脈方向のばらつきなどにに基づき、魚道の機能評価を行うことを試みた。また、対象魚道の機能評価結果を参考に、ウロコを設計する際の留意点を取りまとめた。

2. 調査方法

調査は岐阜県中央部の T 川に設置されているウロコ（図-2）を選定した。魚道延長 29.9 m、総落差高 2.87 m（勾配 1/10.4）であり、全 21 個のプールから構成されている（図-2）。ここで、水面標高のほぼ同じ範囲を1つのプールとして設定した。最上段を1番プールとし、下流側に向かって番号を振った（図-2 赤ライン）。魚道の機能評価としてプール形状や流況の把握を行うため、以下のデータ取得・解析を行った。UAV 空撮、測定の現地調査は、令和2年11月6日に実施した。

（1）ドローン（UAV）を用いた3次元点群モデル作成

a) ドローン（UAV）による空撮

魚道の3次元点群モデルを作成するため、UAV（DJI社製 Mavic 2 Pro）による空撮を行った。撮影はUAV付属のカメラを使用した。撮影する際、カメラレンズの向きを鉛直下向きと鉛直下向きから20度の角度をつけた2パターンを設定した。UAVの飛行高度は約15mおよび約30mとし、各写真の重なりが半分程度確保出来るように撮影を行った。レンズ角度2パターンと飛行高度2パターンの各組合せで撮影し、本魚道については116枚の写真を取得した。

b) 基準点の測量方法

写真測量（SfM解析）の基準点とするため、魚道内および魚道周辺に対空標識を5か所設置した。SfM解析の精度を上げるため、各対空標識は標高がなるべく異なる



図-2 評価に用いたウロコタイプ全断面魚道
（右下図は水脈の設定角度）

位置に設置した。各対空標識の緯度経度・高度は、RTK測量にて計測した。測量機器はW-band RTK-GNSS（ビズステーション社製）を用い、解析には近傍の電子基準点（国土地理院：下呂）データを使用した。詳細な測量方法については、ビズステーション社が提供している方法¹³⁾を参照した。

c) 3次元点群モデルの作成方法

UAVによる空撮写真と基準点の測量データを用いたSfM解析により、3次元点群モデルおよびオルソ画像の作成を行った。データ解析にはAgisoft社のソフトウェアMetashape Professionalを用いた。本ソフトウェアの操作については、3Dモデル作成マニュアル「ドローン測量の方法」¹⁴⁾を参照した。

（2）プール間落差の評価

全断面魚道において魚類の遡上に重要である隣接するプール間落差を評価するため、(1)で作成した3次元点群モデルから、各プールの水面標高を求めた。水面よりも上に出ている粗石の乾燥と湿潤部分の境界線を水面と設定した。1プールにつき10点を測定し、その平均値を各プールの水面標高とした。プール間落差は、魚道の直上流地点の水位を基準として、隣接して水の流入出があるプール間の水面標高の差を算出することで求めた。

(3) プール間を流下する水脈の角度評価

(1)で作成したオルソ画像より、プール間を流下する水脈の角度を算出し、移動経路の多様性にどのように寄与しているかを評価した。水脈角度の算出は、以下の手順で行った。①下流プールと隣接する辺において、水面よりも上に露出している礫と礫の間の流れを1つの水脈とする。②平面的に見た場合、下流に向かって広がる水脈は台形状であるため上辺と下辺の各中心点を結んだ線における角度を求めた。そして、面積や水脈数が異なるプール間での水脈角度のバラツキの比較評価を可能にするため、各プールから流出する水脈角度の変動係数(CV)を求めた。また、各プールにおける流出水脈角度を求めた水脈の数を算出した。平面で見た水脈角度は、円の角度の始線に対して動径が180°の位置を便宜上0°として半時計回りで割り振った。下流に流下する流れは90°となる(図-2右下)。変動係数が大きいほど、また、水脈数が多いほどプール間で多様な移動経路が形成されているといえる。すなわち、変動係数の大きさは遡上可能なプールの下流横断方向の角度の広がりに関連し、水脈数の多さはプール間の遡上経路数に関連する。この2つの違いを具体的に示す。例えば、一列の水路タイプである階段式魚道は全プールにおいて変動係数が小さく、水脈数も1つになる。また、多段式魚道は水脈数が魚道の全幅にいくつか形成される可能性があるが、水脈角度はほぼ90°であり変動係数は0に近づく。ウロコの場合は、水脈が下流横断方向に拡散するため変動係数が大きく、かつ、水脈数も多くなる特徴を有する。変動係数が小さい魚道は遡上経路が一对のプール間に形成されるため、1つのプールが土砂閉塞などにより機能しなくなると遡上困難となるが、変動係数が大きく水脈数が多い場合には、あるプールが土砂閉塞などにより機能しなくなった場合でも、いくつかの代替経路が存在するため魚道全体としての機能は維持されるメリットがある。このように変動係数と水脈数の双方で魚道の評価をすることにより、魚道の遡上機能の頑強性をある程度評価することが可能になると推察される。

各プールに対して水が流入してくるプール数、および、水が流出していくプール数を算出した。隣接する標高の高いプールから水が流れ入ってくることを流入、標高の低いプールへ水が流れ出ていくことを流出と定義した。加えて、正六角形(ハニカム型)の形状を想定し、1つのプールから3つのプールへ流出水脈がある場合の変動係数を算出した。正六角形は相対する2つの頂点が0°と180°にある位置の場合を設定した。水脈角度は、正六角形の最上流端の辺の中心点を始点として0°から180°の間にある各辺の中央点に向かう水脈が各1本ある場合(水脈角度:60°, 90°, 120°)を想定して、正六角形の変動係数を算出した。この値と各プールの変動係数を比

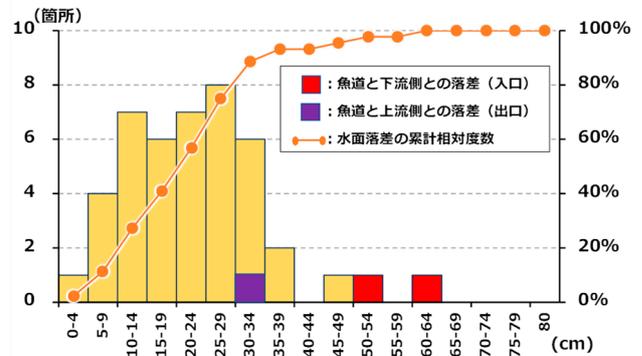


図-3 プール間落差の分布

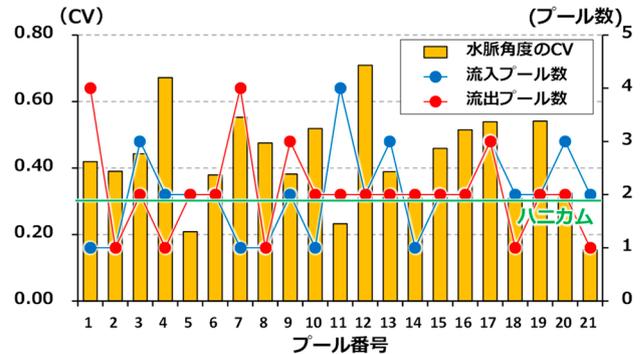


図-4 水脈角度の変動係数(CV)、流入・流出プール数、水脈数の比較(図中の数字が流下する水脈数)

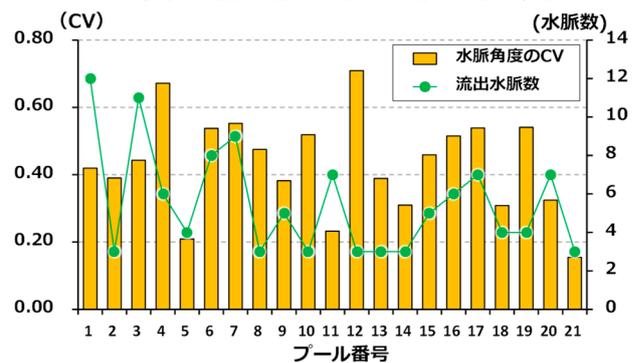


図-5 変動係数と水脈数の比較

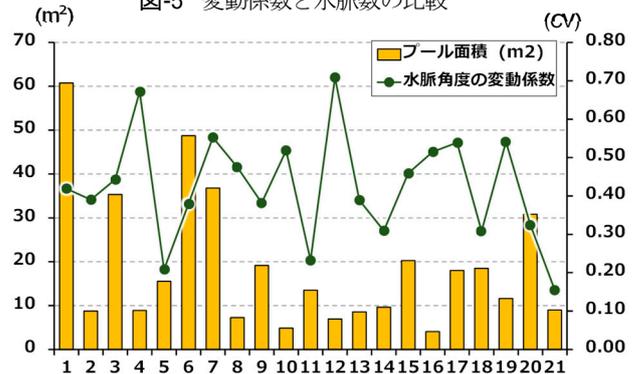


図-6 プール面積と水脈角度変動係数(CV)の比較

較することで、移動経路の多様性を評価することとした。

(4) 全断面魚道におけるプール面積からの評価

(1)で作成した3次元点群モデルから、各プールの面積を算出し、プール形状の評価、プール面積と水脈角度の変動係数の比較から面積の大きさが遡上ルートが多様性に寄与するかの評価、プール面積から魚類の定位空間の評価を行った。

3. 結果

(1) プール間落差の評価

図-3 は、プール間落差の分布を示す。魚道の下流から魚道内へ遡上するための落差（魚道入口：20番，21番プールへ）は、それぞれ約 52 cm と約 63 cm であった（図-3 赤色）。魚道全体でのプール間落差は、25～29 cm に最も多く分布しており 8箇所あった。落差 10 cm 以内は全体の約 11%，落差 20 cm 以内は全体の約 38%，落差 30 cm 以内は全体の 71% を占めていた。魚道内からの出口の落差は約 31 cm であった（図-3 紫色）。

(2) 水脈角度・流入・流出プール数・水脈数

下流プールへの水脈角度の変動係数を図-4 に示す。最も大きいプールは 12 番，続いて 4 番，7 番であった。最も小さいプールは 21 番，続いて 5 番，11 番であった。

3 方向の水脈がある場合（正六角形（ハニカム型））の変動係数（0.272）を参考値として図-4 緑線で示した。この値と本魚道の値を比較すると、ほとんどのプールでこの数値を上回っていた。また各プールに対する水脈の流入・流出プール数を図-4 に示した。流入・流出プール数はともに 1～4 個の範囲にあった。変動係数と流入・流出プール数の相関性は確認できなかった。

変動係数と水脈数を図-5 に示す。水脈数が最も大きかったのは 1 番の 12，続いて 3 番の 11，7 番の 7 であった。水脈数は各プールとも 3 以上であった。変動係数と水脈数を比較すると、12 番の様に変動係数が大きく水脈数が少ない場合や、21 番の様に両方小さいプールもあり、変動係数と水脈数の相関性は確認できなかった。

(3) 流下する水脈の角度とプール形状と面積の関係

プール面積と水脈角度の変動係数の比較を図-6 に示す。1 番，6 番などのように面積が大きいプールの水脈角度の変動係数が大きいとは限らなかった。一方，12 番，4 番，16 番などのようにプール面積の小さいプールの変動係数が大きい傾向にあった。

4. 考察

(1) プール間落差の評価

UAV の空撮写真より作成した 3 次元点群モデルから、全断面魚道の機能評価に重要な要素であるプール間落差を効率的に評価できた。つまり、魚類が魚道内の遡上を成功させるにはプール間落差が大きなポイント¹⁰⁾ であるが、このデータを短時間で把握できる。

次に、本魚道のプール間落差の具体的な評価を行う。魚類が魚道内へ遡上できるかを考えた場合、入口落差が重要になる。本魚道の場合、魚道入口での落差は 50 cm

以上あり、明らかに大部分の魚類が魚道内へ遡上することが困難もしくは不可能であると評価できる¹⁵⁾。魚道内全体のプール間落差を見ても 20 cm 以上あるプールは全体の約 6 割におよび、遊泳力の小さい魚が容易に遡上出来る環境ではない可能性がある¹⁵⁾。魚道から上流への出口プールについても落差が 30 cm 以上あり、魚類は魚道内から魚道上流へ遡上しづらいことも明らかになった¹⁵⁾。本魚道の場合、主に遊泳力の大きい魚類（例えばサケ科魚類成魚）であれば遡上可能だと考えられる。このように設計時から様々な要因を受け、形状が刻々と変化するプール間落差の現状における評価を行うことができた。

(2) 水脈角度とプール形状と面積・水脈数の評価

本魚道は、3 方向（正六角形型）を基準とした水脈角度の変動係数を用いて評価した場合、多くのプールがこの数値を上回っていた。変動係数の大きさは、流入・流出プール数の多寡と関係する。また、水脈数の多さは各プールの形状に関係する。変動係数が大きく、流入プール数が多い場合には上流プールへの多様な遡上ルート確保に寄与している。また、流出プール数や流下水脈数が多い場合にはプールに対する集魚効果に寄与していることになる。仮に流入プール・水脈数が少なく流出数が多いプールを考えた場合、プールの中に魚が集まる一方で遡上経路の選択機会が乏しい状況だと考えられる。しかしながら、流入・流出プール数は、どちらかのみを増やすことが困難であり、魚道全体では流入・流出数は概ね近づく傾向にある。一方、水脈数は、水脈が流下する箇所の形状の工夫次第で増やすことが可能となる。そのため、変動係数が縦断方向に高く推移、もしくは、水脈数が多いほど、当該魚道の遡上経路は魚道全体で確保されているといえる。ウロコ以外は、変動係数が小さいため、魚道全体で魚類の遡上経路に関する評価を行う上では、水脈数で行うことが適していると考えられる。水脈を 90° で流下させるタイプ同士の比較では、階段式よりも多段式の方が水脈数（遡上経路）が多く、魚に遡上ルートの選択性を与えているといったことも理解することができる。

本魚道は、下流方向への水脈数は 3 つ以上の経路が形成されていることが分かった。本結果は、魚類の遡上という観点では、1 つもしくは複数のプールから魚類遡上が可能であることを示すものであり、ウロコの優位性を示す結果であると考えられた。ただし、水脈角度の変動係数を詳細に見ると、変動係数が小さく下流方向への水脈が少ないプールも散見された。これらのプールの平面形状を見ると、形状は四角状で構成され、水脈が下流側の直線部分からのみ流下するため、変動係数が 0 に近くなることが理解できた。例えば、5 番，18 番のプールはこのような平面形状に近く、水脈が下流側の直線部を中

心に通過するため変動係数は小さかったが、4番、12番などのように平面形状が四角状ではなく、多角形や円形に近い形状で、水脈が通過する辺が2辺以上ある場合には変動係数が大きくなっていった。これらの事実は、ウロコを評価する場合には、個々のプールの平面形状に着目することが重要であることを示唆している。

ところで、プール面積と水脈角度の変動係数を比較すると、水脈角度の変動係数は小さい面積のプールで大きい傾向にあった。つまり、本魚道では、プール面積が大きいと、後述するように横方向に空間スケールが大きくなって、四角形状に近くなり、水脈の変動係数も小さくなっていることが分かった。

以上より、プール間落差に起因するプール間の遡上の容易さに加えて、プール形状も評価対象とすることにより、遡上経路の多様性を評価できることが示唆された。そのため、遊泳能力や遊泳タイプの異なる様々な魚類に対する遡上可能性を、ある程度推定することが可能であると考えられた。また、面積が小さいプールは、辺の長さの関係もあり水脈数は小さい傾向にある。前述したように変動係数では小さいプールが良い評価だが、加えて水脈数を多くするための工夫の必要性を示唆している。

(3) 全断面魚道におけるプール面積からの評価

得られた各プールの面積より、全断面魚道内におけるプール面積の大きさの役割について考察を行う。本魚道では、面積の大きいプールが上流側に多く位置していた。魚道の総面積に対して、面積の大きいプールが数多くあることのデメリットとして以下の2点が主に考えられる。

1点目は、プール面積が大きくなるほど、魚道全体におけるプール数が減少し遡上経路の減少につながる事が挙げられる。この場合、面積の大きいプールの周辺には、面積の小さいプールを配置するなどの対応が必要になるだろう。本魚道で面積の大きいプールの例として6番をみると、上下流に3番、7番と大きめのプールが配置され、流入・流出プールがともに2個しかない。そのため、6番の面積が大きいことによる遡上経路減少の解消には至っていなかった。つまり、移動経路の多様性には、面積の大きいプールを集めないことが重要であることが示唆された。一方、17番は形状が六角形に類似しており、流入・流出プールはいずれも3個ある。このように本魚道の下流側では、17番を中心としたプール配置が水脈角度の変動係数を上げ、結果として遡上経路の多様性を生んでいると考えられる。ただし、プールが過度に小さい場合、プール容積もそれに追随する。そのため、上流からの水脈はプール内で減勢されず、流向も乱れるため、プール内における魚類の定位空間が減少してしまうと想定される。この点について留意が必要である。

2点目は、縦断方向に面積が拡大した場合、プール間

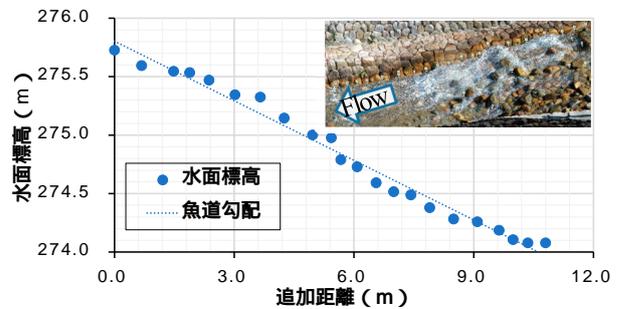


図-7 魚道の3次元点群モデルによる水位縦断図の作成

落差が大きくなり魚類の遡上が困難になることが考えられる。本魚道で面積の大きいプールは1番や6番などであるが、ほかのプールと縦断距離はほぼ変わらない。そのため、これらプールの直上下流でプール面積が起因となるプール間落差の増大は確認することが出来なかった。

以上より、プール形状の複雑さによる水脈数の増加に加え、魚道の総面積に対する各プールの面積規模の重要性が示唆された。

(4) 3次元点群モデルを活用した魚道評価

魚道の点検項目については、マニュアル¹⁶⁾が整備されている。しかしながら、現状では目視調査による魚道評価として、魚道内における土砂や流木の堆積の有無、魚道の上下流河川での砂州の堆積の有無、魚道内に水が流れているか、魚道自体の損傷の有無などが主に行われている。これらの項目は魚道タイプを問わず実施されているが、全断面魚道の機能を的確に評価できていないと推察される。つまり、各点検項目の評価が低かったとしても全断面魚道の一部は機能するはずだからである。このように魚道タイプに適した評価項目を設定・実施するにも時間やコストがかかり、かつ、評価項目が煩雑になるという課題もある。本研究で提案した手法は、短時間で面的な情報を取得することが可能であり、簡易的ではあるが、低コストである程度の魚道機能評価を可能とする有効な手法であると考えられた。

本研究で設定したウロコに限らず、魚道における機能評価を行う場合、和田¹⁰⁾の研究では①プール間落差、②プール面積、③水脈の流速、④プール水深の項目が挙げられている。しかしながら、これらはあくまで水路タイプの魚道を意識したものである。そこで筆者らはこれらの項目に加え、⑤水脈の角度、⑥流入・流出プール数、⑦水脈数の評価に関する3項目について追加することを提案するものである。ただし、このうち③と④については、三次元点群モデルでは算出が困難である。流速評価を行うためには、実測や流況に追従可能なツールの使用による測定も視野に入れるべきである。また、水深評価については、実測か魚道底面まで測定し水深の算出が可能なグリーンレーザドローンなどの活用による評価を期待したい。

本研究では、UAVによる空撮写真から魚道の3次元点

群モデルを作成することで、魚道形状や流水状況などの物理環境的側面から、ある程度の機能評価を可能にする手法を示した。3次元点群モデルは、魚道全体に対して視点位置や拡大縮小などを自在に操作することで様々なデータ取得ができるようになる。例えば、図-7 に示したプールを持たない魚道でも、最大傾斜方向の魚道勾配は15.2% (1/6.6) であり、かつ、局所的に水面勾配が変化している個所の把握なども可能となる。そのため、全断面魚道以外にも、水路タイプ魚道などで機能評価が可能となり、土砂や流木のつまりによる異常な水位上昇なども感知できる。また、魚道の維持管理を視野に入れた経年変化などを把握するため、プール形状や水脈角度など物理データのデジタル化も可能となる。

5. まとめ

本研究では上述した5項目について全断面魚道の機能評価方法を提案し、ウロコの機能評価を事例的に行った。この結果、今回対象としたウロコは、1) 魚道入口でのプール間落差が大きい、2) 面積が大きく四角形状であったプールは、水脈角度の幅が狭く移動経路の多様性が確保できていない、3) 大きいプール以外では水脈角度にばらつきがありプールでの減勢効果が高い、といった特徴が明らかになった。ウロコに限らず全断面魚道を設計する際には、魚道内に配置するプールは減勢効果を低下させないことなどを配慮しつつ、かつ、水脈角度に幅が生じるよう四角形以上の多角形の形状のプールを設置すべきことが重要であることが示唆された。これらを配慮することにより、移動経路の多様性が増し、経路延長が大きくなるほど移動経路の勾配を緩やかすることも可能となる。また、様々な流向を形成し遡上経路の多様性に寄与している魚道は、景観的にも優れているといえる。

謝辞：本研究遂行にあたり、自然共生研究センター各位には調査の協力、日本工営(株)佐藤隆洋氏には測量機器をご紹介いただいた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 川那部浩哉, 水野信彦, 中村太土. 河川生態学, 2013.
- 2) Morita K, Yamamoto S, Hoshino N.: Extreme life history change of white-spotted char (*Salvelinus leucomaenis*) after damming. *Can J Fish Aquat Sci.* Jun; 57(6): 1300-6, 2000.
- 3) Layman CA., et al., Allgeier JE.: Niche width collapse in a resilient top predator following ecosystem fragmentation. *Ecol Lett.* Oct; 10(10): 937-44., 2007.
- 4) Morita K, Yamamoto S.: Effects of habitat fragmentation by damming on the persistence of stream-dwelling char populations. *Conserv Biol.* Oct; 16(5): 1318-23., 2002.
- 5) Yamamoto S, Morita K, Koizumi I, Maekawa K.: Genetic differentiation of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) populations after habitat fragmentation: Spatial-temporal changes in gene frequencies. *Conserv Genet.* Aug; 5(4): 529-38., 2004.
- 6) 鬼束幸樹ら：階段式魚道におけるプール間落差と遡上率の関係, 応用力学論文集 Vol.11, pp677-688, 2009.8.
- 7) 石山信雄ら：河川生態系における水域ネットワーク再生手法の整理：日本における現状と課題. 応用生態工学会, 19(2), 143-164, 2017.
- 8) できることからはじめよう水辺の小さな自然再生事例集, 日本河川・流域再生ネットワーク, 2015.3
- 9) 山口県河川課：水辺の小わざ 改訂増補第二版, フロム・ワン, 2017.
- 10) 和田吉弘：魚道の設計で知っておきたいこと, 応用生態工学3(2), 225-230, 2000.
- 11) 水野信彦ら：魚の生態からみた魚道の見方, 応用生態工学, 第3巻, No.2, pp.209-218, 2000.
- 12) 桜井力ら：コンクリートブロックを用いた粗石式魚道の水理および遡上特性, 水工学論文集, 第44巻, pp. 1197-1202, 2000.
- 13) ビズステーション株式会社ブログ：<https://drogger.hatenadiary.jp/entry/static>
- 14) 清川勝一土地家屋調査士事務所 HP：https://note.com/note_kakuyo/n/n08753a2bbd38
- 15) 鬼束幸樹ら：階段式魚道におけるプール間落差と遡上率の関係, 応用力学論文集 Vol.11, pp677-688, 2009.8
- 16) 例えば, 国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課: 大河川における多自然川づくり—Q&A 形式で理解を深める—Q7-2, HP: https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/tashizen/qa.html

(Received June 30, 2021)

(Accepted September 3, 2021)

PROPOSAL OF EVALUATION METHOD ON FULL SECTION FISHWAY USING 3D POINT CLOUD MODEL

Kazufumi HAYASHIDA, Kenzo ABE and Yuichi KAYABA

We proposed a method to evaluate the function of a full-section fishway using a 3D point cloud model created from aerial photographs taken by a UAV. In this study, we were able to quickly assess the current condition of the drop-off between fishway pools, which is an important factor in the function of a fishway, and evaluate the potential for fish migration. The area of the pools, the angle of the water vein in each pool and the number of water vein, and the number of inflow and outflow pools, which contribute to securing various migration routes in the full-section fishway, were evaluated for the diversity of upstream routes in the fishway. It was concluded that this method can evaluate the function of the fishway from the viewpoint of the physical environment, and that it is easy to evaluate the ease of fish migration in the fishway.